



UNIVERSITAT
ROVIRA I VIRGILI

Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

Maniobras de Máquinas Eléctricas Mediante el Relé Programable ZELIO

AUTORS: Xavier López Martínez .
DIRECTORS: Lluís Guasch Pesquer .

DATA: Juny 2001.

1

MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE

1.1 Objeto del proyecto	4
1.2 Antecedentes	4
1.3 Automatización de maniobras	5
1.3.1 Lógica cableada	5
1.3.1.1 Evolución histórica	5
1.3.1.2 Características	6
1.3.1.3 Alimentación	6
1.3.1.4 Receptor	7
1.3.1.5 Contacto	7
1.3.1.6 Contacto temporizado	7
1.3.1.7 Álgebra de Boole	9
1.3.2 Lógica programada	9
1.3.2.1 Evolución histórica	9
1.3.2.2 Características	10
1.3.2.3 Ventajas e inconvenientes del PLC	11
1.3.2.4 Arquitectura interna del PLC	11
1.3.2.5 Memorias	12
1.3.2.6 Unidad central de proceso, CPU	13
1.3.2.7 Unidad de entrada-salida (E/S)	15
1.4 Pequeños autómatas programables	16
1.4.1 Introducción	16
1.4.2 Módulo lógico LOGO! de Siemens	17
1.4.2.1 Características básicas	17
1.4.2.2 Programación	18
1.4.2.3 Modelos	19
1.4.3 Módulo de control Easy de Klockner Möeller	20
1.4.3.1 Características básicas	20
1.4.3.2 Programación	21
1.4.3.3 Modelos	22
1.4.4 Relé programable Zelio de Telemecanique	23
1.4.4.1 Características básicas	23
1.4.4.2 Programación	23
1.4.4.3 Modelos	25

1.4.5 Comparativa	26
1.4.5.1 Características básicas	26
1.4.5.2 Programación	26
1.4.5.3 Modelos	27
1.5 Maniobras con el relé programable Zelio	27
1.5.1 Introducción	27
1.5.2 Entradas	27
1.5.2.1 Pulsadores	27
1.5.2.2 Interruptores de protección	29
1.5.2.3 Entradas analógicas	30
1.5.2.4 Contactos internos	30
1.5.2.5 Teclas de simulación Zx	31
1.5.3 Bloques de función	31
1.5.3.1 Bloque función reloj	31
1.5.3.2 Bloque función contador	32
1.5.3.3 Bloque función temporizador	32
1.5.3.4 Bloque función analógico	33
1.5.4 Salidas	34
1.5.4.1 Contactores	34
1.5.4.2 Bobina	35
1.5.4.3 Bobina Set-Reset	35
1.5.4.4 Bobina telerruptor	36
1.5.4.5 Relé auxiliar	36
1.5.5 Alimentación	36
1.5.5.1 24 V corriente continua	37
1.5.5.2 100/240 V corriente alterna	38
1.5.6 Transferencia de datos	39
1.5.6.1 PC	39
1.5.6.2 Memoria EEPROM	40
1.5.7 Control dinámico	40
1.5.7.1 Puesta a punto y seguimiento	40
1.5.7.2 Visualización detallada y parametrización dinámica	41

1.6 Simulación de maniobras con PSIM	42
1.6.1 Régimen transitorio	42
1.6.2 Simulación dinámica	42
1.7 Metodología y diseño de prácticas	43
1.7.1 Elaboración	43
1.7.2 Estructuración	45
1.7.2.1 Título	45
1.7.2.2 Introducción	45
1.7.2.3 Funcionamiento	45
1.7.2.4 Componentes	45
1.7.2.5 Ensayo	45
1.7.2.6 Programación	46
1.7.2.7 Comentarios	46
1.7.2.8 Anexo	46
1.7.3 Presentación	46

1.1 OBJETO DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto es el desarrollo de un manual de prácticas aplicable en la docencia de la asignatura “Control de máquinas eléctricas” impartida en el tercer curso de Ingeniería Técnica Industrial Eléctrica de la ETSE. En este manual de prácticas se incluirán las maniobras necesarias para un aprendizaje práctico del funcionamiento de las máquinas eléctricas, en el que se reflejen todos los aspectos básicos del conocimiento recibido en las clases teóricas de la asignatura.

El proyecto define el entorno del manual de prácticas y su contenido, ajustándose a las posibilidades ofrecidas por las instalaciones y el material docente disponibles para el desarrollo de las prácticas.

1.2 ANTECEDENTES

La elaboración del presente proyecto surge de la combinación de dos factores primordiales.

De un lado, se observa que las prácticas de la asignatura “Cálculo de máquinas eléctricas” incluyen la programación de maniobras mediante pequeños autómatas programables o relés programables. Esta parte del programa de prácticas cada vez va asumiendo más peso en detrimento de la clásica lógica cableada ya que los relés programables ofrecen posibilidades mucho más avanzadas.

Por otra parte, cabe destacar la voluntad de mantener el desarrollo de las prácticas de laboratorio de la asignatura de acuerdo con la evolución de las últimas novedades técnicas ofrecidas por los fabricantes y la intención de contemplar la diversidad de posibilidades disponibles en el mercado.

Estos dos factores se unen a la reciente aparición en el mercado del relé programable Zelio de la casa Telemecanique. Después de comprobar que las características del relé se adaptan a las necesidades de la asignatura, se expresa la necesidad de la elaboración de un manual de prácticas para el ensayo de maniobras con máquinas eléctricas mediante el uso del relé programable Zelio.

1.3 AUTOMATIZACIÓN DE MANIOBRAS

1.3.1 LÓGICA CABLEADA

1.3.1.1 *Evolución histórica*

En el inicio de los procesos industriales no existía ningún tipo de automatización de las acciones a realizar.

Debido a que ciertas etapas en los procesos de fabricación se realizan en ambientes nocivos para la salud, con gases tóxicos, ruidos, temperaturas extremadamente altas o bajas, etc., unido a consideraciones de productividad, llevó a pensar en la posibilidad de delegar ciertas tareas tediosas, repetitivas y peligrosas a un ente al que no pudieran afectarle las condiciones ambientales adversas, se había instaurado el uso de máquinas.

Con el avance en el tiempo, el progreso y las necesidades conducen hacia procesos industriales cada vez más complicados. Paralelamente al aumento en la complejidad de los procesos industriales surge la necesidad de establecer un control sobre estos. El control de un proceso sencillo permite el planteamiento de un hipotético proceso más complicado y así sucesivamente.

Al aumentar la complejidad del proceso industrial se hacen necesarios una regulación y un control que en un principio fueron realizados de manera manual por operarios de planta.

Debido a que las máquinas eran diferentes y diferentes las maniobras a realizar, se hizo necesario crear unos elementos estándar que, mediante combinaciones, permitiesen al usuario realizar la secuencia de movimientos deseada para solucionar su problema de aplicación particular.

Con la implantación del uso de la energía eléctrica, se abren nuevas vías gracias a algunas aplicaciones concretas como:

- *actuadores*: son elementos que realizan una función al recibir una señal eléctrica.
- *sensores*: son elementos que en función de parámetros a los que son sensibles emiten una señal eléctrica.
- *interruptores*: permiten controlar elementos de potencia a distancia.
- *relés*: son mecanismos electromagnéticos con una bobina y un núcleo magnético en el interior que actúan directamente sobre los interruptores.
- *instrumentación de panel*: instrumentos de control en un lugar lejano a la planta donde se actúa.

- *instrumentación de campo*: instrumentos de control cercanos a las partes importantes de la planta.

Todas estas aplicaciones permiten que entre 1940 y 1950 aparecieran los primeros controladores automáticos.

1.3.1.2 Características

La lógica cableada se ha usado en la automatización de procesos discontinuos o por bloques (tipo batch) y de procesos discretos.

Al principio en la lógica cableada se automatizaba mediante el uso de relés, después se pasó a automatizar mediante circuitos integrados.

Este tipo de automatización tiende al desuso debido a su complejidad y poca flexibilidad. Actualmente se puede encontrar esta solución en:

- Algunos lenguajes de programación de PLCs.
- Instalaciones antiguas.
- Automatizaciones simples.

Los elementos básicos de un automatismo eléctrico son la alimentación, el receptor y el contacto.

1.3.1.3 Alimentación

La alimentación es la línea eléctrica que alimentará al circuito proporcionando una tensión adecuada para el funcionamiento de los elementos que lo componen.

Una alimentación mediante línea monofásica está constituida por dos hilos que transportan corriente alterna. Uno de los hilos corresponde a la línea y el otro al neutro. Las tensiones más usuales son 127 V y 220 V.

La alimentación mediante línea trifásica se compone de tres hilos denominados líneas que transportan corriente alterna. Las tensiones entre hilos más habituales son de 220 V, 380 V y 660 V. Existe una variante de este tipo de alimentación en la que encontramos cuatro hilos. En este caso, tres de los hilos son líneas y el cuarto es neutro. Entre líneas dispondremos de las tensiones habituales arriba citadas y entre línea y neutro obtendremos, en cada caso, la tensión entre líneas dividida por $\sqrt{3}$.

La alimentación mediante una línea de corriente continua está compuesta por dos hilos que transportan corriente continua. Uno de los hilos será el positivo y el otro será el negativo o masa. Las tensiones más habituales proporcionadas por este tipo de alimentación son 12 V, 24 V, 48 V y 110 V.

1.3.1.4 Receptor

El receptor eléctrico es todo aquel elemento eléctrico que necesita de una tensión para funcionar. Los receptores típicos son motores, resistencias o calefactores, bobinas o solenoides y lámparas o señaladores aunque existen infinitud de tipos de receptor.

1.3.1.5 Contacto

El contacto es un elemento que permite abrir o cerrar un circuito eléctrico, permitiendo activar o no el receptor conectado en serie en el mismo.

Básicamente un contacto es un interruptor o un pulsador que puede ser activado manual o automáticamente. La activación automática puede ser mecánica/hidráulica (finales de carrera), por relé, electrónica (triac o tiristor) o por temporizador.

Los contactos se definen, básicamente, mediante dos variables:

- *valor lógico del contacto*: si el contacto permite el paso de corriente su valor lógico es 1, si no lo hace su valor lógico es 0.
- *valor lógico de la variable de activación*: si se actúa sobre el contacto el valor lógico de la variable de activación es 1, si el contacto está en reposo el valor lógico de la variable de activación es 0.

Teniendo en cuenta este criterio podemos encontrar dos tipos de contactos:

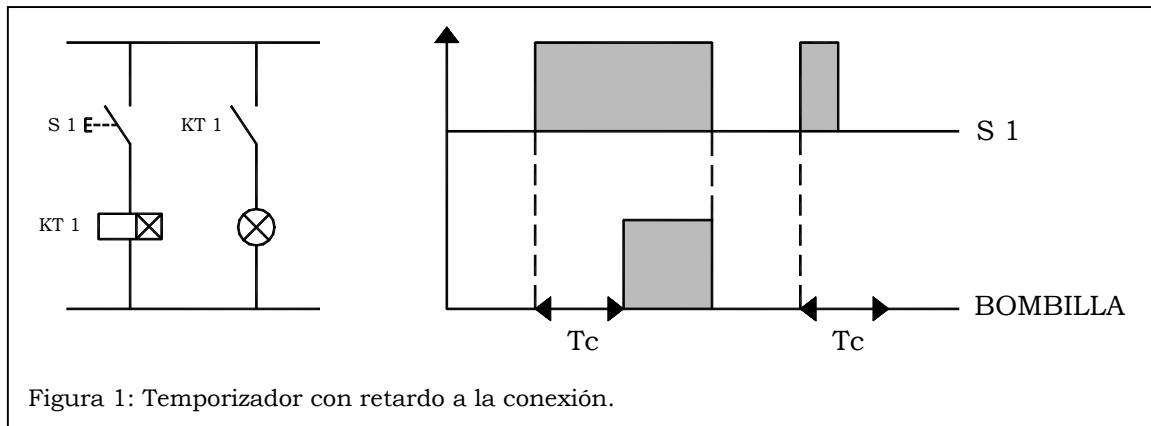
- *Contactos normalmente abiertos o NA*: la variable del contacto es igual a la de activación.
- *Contactos normalmente cerrados o NC*: la variable del contacto es opuesta a la de activación.

1.3.1.6 Contacto temporizado

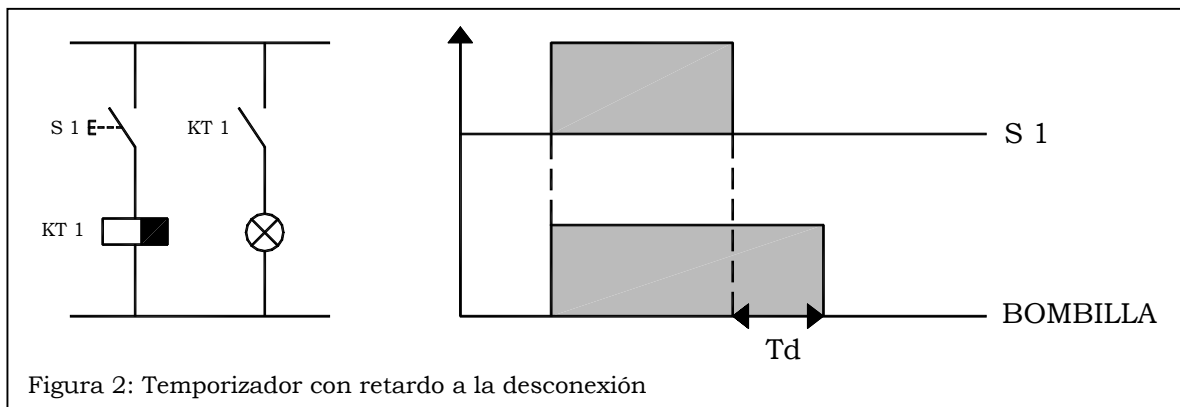
Son contactos en que el valor lógico de la variable de activación depende de un tiempo.

Básicamente existen tres tipos, aunque partiendo de estos tres patrones y realizando modificaciones y combinaciones se pueden obtener infinitud de variaciones.

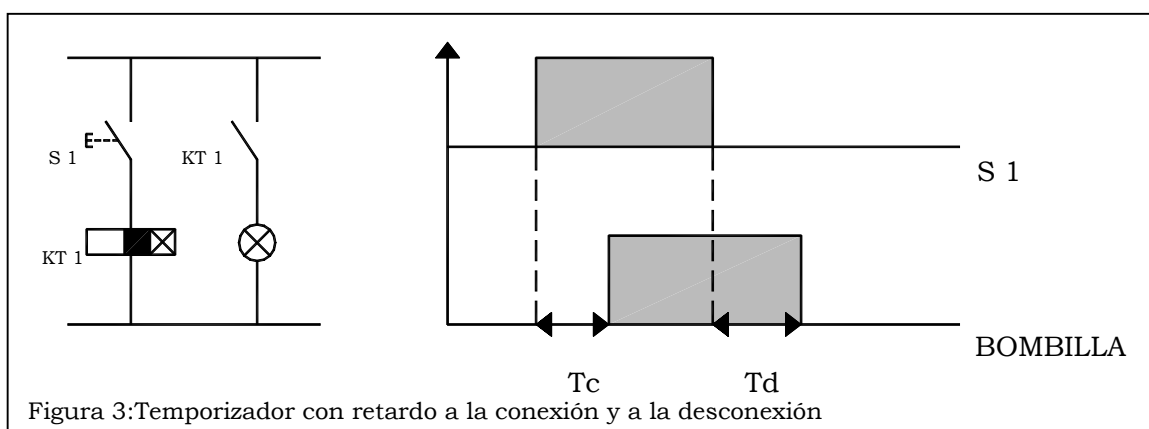
La *figura 1* muestra el funcionamiento básico de un contacto mandado mediante un temporizador con retardo a la conexión. En la representación se consigue que la bombilla se encienda un tiempo después de iniciarse la pulsación en el pulsador S 1. Tc representa el tiempo de retardo a la conexión preseleccionado. Si el tiempo de pulsación en S 1 no es superior a Tc la bombilla no se enciende.



La figura 2 muestra el funcionamiento básico de un contacto mandado mediante un temporizador con retardo a la desconexión. La bombilla se apaga un tiempo después de finalizar la pulsación en S 1. Td representa el tiempo de retardo a la desconexión preseleccionado.



La figura 3 muestra el funcionamiento de un contacto mandado mediante un temporizador con retardo a la conexión y desconexión. La bombilla se enciende un tiempo después de iniciarse la pulsación en S 1 y se apaga un tiempo después de finalizar esta pulsación. Tc representa el tiempo de retardo a la conexión y Td el tiempo de retardo a la desconexión.



1.3.1.7 *Álgebra de Boole*

El álgebra de Boole es una herramienta muy utilizada para el cálculo y diseño de esquemas de contactos.

Las variables que definen a un contacto (variable de contacto y variable de activación) son variables de tipo booleano.

Si se dispone un conjunto de contactos, el valor lógico del conjunto puede ser descrito por una función booleana que dará como resultado un número booleano que dependerá de las variables de actuación asociadas a los contactos que forman el conjunto.

Dos contactos en paralelo corresponden a la suma lógica del álgebra de Boole. Dos contactos en serie corresponden al producto lógico. La negación corresponde a la inversión lógica. Con estas tres premisas básicas y aplicando los postulados del álgebra de Boole y algunas reglas de simplificación se puede proceder a la resolución de problemas derivados del uso de esquemas de contactos eléctricos.

1.3.2 LÓGICA PROGRAMADA

1.3.2.1 *Evolución histórica*

Relés, temporizadores, contadores..., fueron y son los elementos con que se cuenta para realizar el control de cualquier máquina. Debido a la constante mejora de la calidad de estos elementos y a la demanda del mercado, que exigía mayor y mejor calidad en la producción, se fue incrementando el número de etapas en los procesos de fabricación controlados de forma automática.

Comenzaron a aparecer problemas: los armarios de maniobra o cajas en donde se coloca el conjunto de relés, temporizadores, etc., constitutivos de un control, se hacían cada vez más y más grandes, la probabilidad de avería era enorme, su localización larga y complicada, el stock que el usuario se veía obligado a soportar era numeroso, y el costo del mismo se incrementaba cada vez más.

El desarrollo tecnológico que trajeron los semiconductores primero y los circuito integrados después intentaron resolver el problema sustituyendo las funciones realizadas mediante relés por funciones realizadas por puertas lógicas.

Con estos nuevos elementos se ganó en fiabilidad y se redujo el problema de espacio, pero no así la detección de averías ni el problema del mantenimiento de un stock. De todas maneras, subsistía un problema: la falta de flexibilidad de los sistemas.

Debido a las continuas modificaciones que las industrias se veían obligadas a realizar en sus instalaciones para la mejora de la productividad, los armarios de maniobra tenían que ser cambiados, con la consiguiente pérdida de tiempo y el aumento del costo que ello producía.

En 1968, Ford y General Motors impusieron a sus proveedores de automatismos unas especificaciones para la realización de un sistema de control electrónico para máquinas transfer. Este equipo debía ser fácilmente programable, sin recurrir a las computadoras industriales ya en servicio en la industria.

A medio camino entre estas microcomputadoras y la lógica cableada aparecen los primeros modelos de autómatas, también llamados controles lógicos programables (PLCs). Limitados originariamente a los tratamientos de lógica secuencial, los autómatas se desarrollaron rápidamente, y actualmente extienden sus aplicaciones al conjunto de sistemas de control de procesos y de máquinas e incluso al ámbito doméstico.

1.3.2.2 Características

La utilización del PLC se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario realizar procesos de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industrial de cualquier tipo al de transformaciones industriales, control de instalaciones, domótica, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

Algunas aplicaciones generales típicas son:

- Maniobras de máquinas eléctricas.
- Maniobras de instalaciones.
- Señalización y control.

1.3.2.3 Ventajas e inconvenientes del PLC

Los siguientes puntos remarcan las principales ventajas del PLC:

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos.
- Posibilidad de introducir modificaciones fácilmente.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor coste de mano de obra de la instalación.
- Economía de mantenimiento.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el cableado.
- Posibilidad de reutilización.

Los principales inconvenientes del PLC se resumen en los siguientes puntos:

- Necesidad de adiestramiento del programador.
- Dependiendo del automatismo, elevado costo inicial.

1.3.2.4 Arquitectura interna del PLC

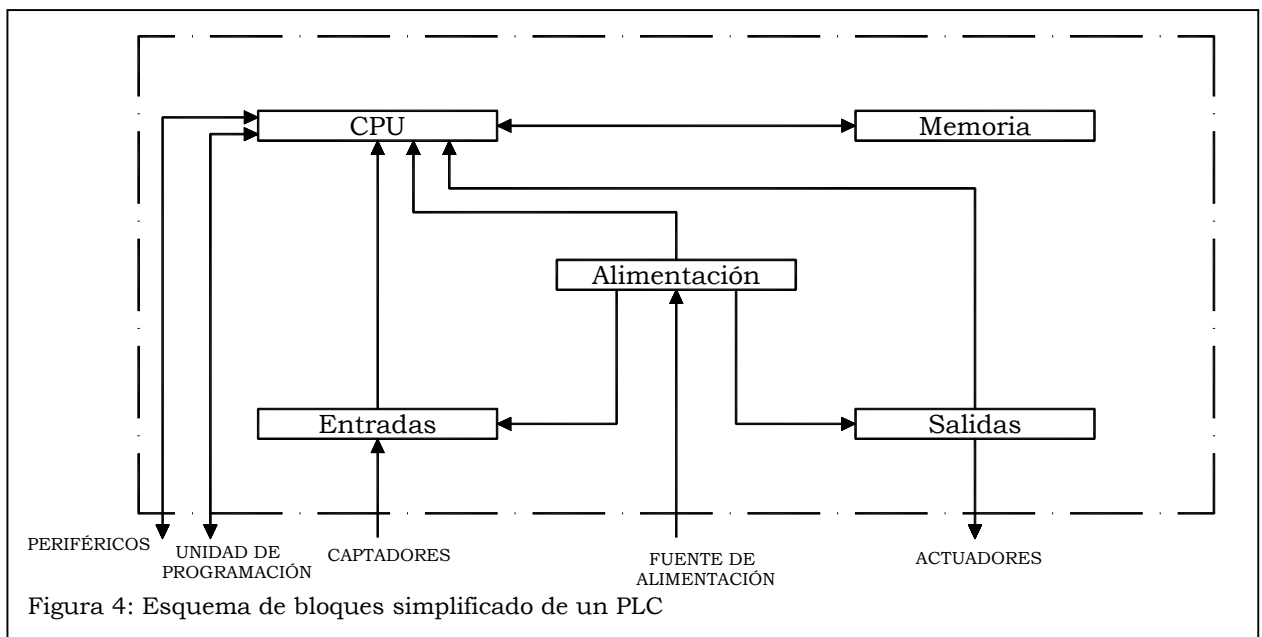
Los autómatas programables se componen esencialmente de tres bloques:

- *Sección de entradas*: Este bloque se encarga de adaptar y codificar las señales procedentes de los dispositivos de entrada o captadores (pulsadores, finales de carrera, sensores, etc.) para que sean comprensible para la CPU. También tiene la misión de proteger los circuitos internos del autómata, realizando una separación eléctrica entre éstos y los captadores.
- *Unidad central de proceso (CPU)*: Su misión consiste en, interpretando las instrucciones del programa de usuario, activar las salidas deseadas en función de los valores de las entradas.
- *Sección de salidas*: Trabaja de forma inversa a la de entradas, es decir, decodifica las señales procedentes de la CPU, las amplifica y manda con ellas los dispositivos de salida o actuadores (lámparas, relés, contactores, arrancadores, electroválvulas, etc.).

Para que un autómata sea operativo se deben añadir otros elementos a los componentes básicos ya descritos. Estos elementos son:

- *Unidad de alimentación:* Adapta la tensión de red a la de funcionamiento de los circuitos electrónicos internos del autómata, así como de los dispositivos de entrada.
- *Unidad de programación:* Se utiliza para cargar en memoria el programa de usuario necesario para el funcionamiento de la CPU. Hay diferentes modalidades que van desde consolas de programación hasta ordenadores.
- *Periféricos o equipos periféricos:* Son los elementos auxiliares, físicamente independientes del autómata, que se unen al mismo para realizar su función específica y que amplían su campo de aplicación o facilitan su uso. Como tales no intervienen directamente ni en la elaboración ni en la ejecución del programa.
- *Interfaces:* Son circuitos o dispositivos electrónicos que permiten la conexión a la CPU de los elementos periféricos descritos.

En la figura 4 se puede observar el esquema de bloques simplificado de un PLC.



1.3.2.5 Memorias

Se denomina como memoria a cualquier dispositivo que nos permita almacenar información en forma de bits. En el caso de los PLCs, las memorias utilizan como soporte elementos semiconductores.

Se distinguen dos tipos fundamentales de memorias fabricadas con semiconductores:

- *Memoria RAM (Random Access Memory):* Memoria de acceso aleatorio o memoria de lectura-escritura. En este tipo de memoria se pueden realizar los

procesos de lectura y escritura por procedimiento eléctrico, pero su información desaparece al faltarle la corriente.

- *Memoria ROM (Read Only Memory)*: Memoria de sólo lectura. Estas memorias permiten la lectura de su contenido pero no se puede escribir en ellas; los datos e instrucciones son grabados por el fabricante y el usuario no puede alterar su contenido. En la memoria ROM la información se mantiene ante la falta de corriente.

Además de estas memorias principales existen otros tipos como las memorias PROM, EPROM y EEPROM que se diferencian por los sistemas de programación, borrado y volatilidad o permanencia de la información.

La utilización de las memorias depende de la función asignada:

- *Memoria de usuario*: El programa de usuario normalmente se graba en memoria RAM, ya que no sólo ha de ser leído por el microprocesador, sino que ha de poder ser variado cuando el usuario lo desee, utilizando la unidad de programación. En algunos autómatas, la memoria RAM se auxilia de una memoria sombra del tipo EEPROM. La desconexión de la alimentación o un fallo en la misma borraría esta memoria, ya que al ser la RAM una memoria volátil necesita estar constantemente alimentada y es por ello que los autómatas que la utilizan llevan incorporada una batería tampón que impide su borrado.

- *Memoria de la tabla de datos*: La memoria de esta área también es del tipo RAM y en ella se encuentra, por un lado, la imagen de los estados de las entradas y salidas y, por otro, los datos numéricos y variables internas, como contadores, temporizadores, marcas, etc.

- *Memoria y programa de sistema*: Esta memoria, que junto al procesador componen la CPU, se encuentra dividida en dos áreas: la llamada memoria del sistema que utiliza memoria RAM, y la que corresponde al programa del sistema o firmware, que lógicamente es un programa fijo grabado por el fabricante y, por tanto el tipo de memoria utilizado es ROM. En algunos autómatas se utiliza únicamente la EPROM, de tal forma que se puede modificar el programa memoria del sistema previo borrado del anterior con rayos UV.

- *Memorias EPROM y EEPROM*: Independientemente de otras aplicaciones, algunas ya mencionadas en los párrafos anteriores, este tipo de memorias tiene gran aplicación como memorias copia para grabación y archivo de programas de usuario.

1.3.2.6 Unidad central de proceso, CPU

La CPU está constituida por el procesador, memoria y circuitos auxiliares asociados.

El procesador está compuesto por una placa de circuito impreso sobre la que se montan el microprocesador (μ P) y otros circuitos integrados, principalmente memorias ROM del sistema o firmware. En algunos autómatas también se sitúan los chips de comunicación con periféricos o de interconexión con el sistema de entradas/salidas.

El microprocesador es un circuito integrado a gran escala de integración que realiza una gran cantidad de operaciones de tipo lógico, de tipo aritmético y de control de transferencia de información dentro del autómata.

Los circuitos internos del microprocesador son de cuatro tipos:

- *Circuitos de la unidad aritmética y lógica:* Es la parte del μ P donde se realizan los cálculos y las decisiones lógicas para controlar el autómata.
- *Circuitos de la unidad de control:* Organiza todas las tareas del μ P.
- *Registros:* Los registros del μ P son memorias en las que se almacenan temporalmente datos, instrucciones o direcciones mientras necesitan ser utilizados por el μ P. Los registros más importantes son los de instrucciones, datos, direcciones, acumulador, contador de programa, de trabajo y el de bandera o estado.
- *Buses:* Son zonas conductoras en paralelo que transmiten datos, direcciones, instrucciones, y señales de control entre las diferentes partes del μ P.

El μ P accede a los programas ejecutivos fijos grabados en la memoria ROM para realizar las funciones ejecutivas que correspondan en función del tiempo en que trabaje.

El software de sistema de cualquier autómata consta de una serie de funciones básicas que realiza en determinados tiempos de cada ciclo: en el inicio o conexión, durante el ciclo o ejecución del programa y en la desconexión. Este software, en general, contiene las siguientes funciones:

- Supervisión y control de tiempo de ciclo (watchdog), tabla de datos, alimentación, batería, etc.
- Autotest en la conexión y durante la ejecución del programa.
- Inicio del ciclo de exploración de programa y de la configuración del conjunto.
- Generación del ciclo base de tiempo.
- Comunicación con periféricos y unidad de programación.

El ciclo básico de trabajo en la elaboración del programa por parte de la CPU comienza con una consulta previa al ciclo de ejecución por parte del procesador del estado de la señal de cada una de las entradas y un almacenamiento en los

registros de la memoria de entradas, es decir, en la zona de entradas de la memoria de la tabla de datos. Esta situación se mantiene durante todo el ciclo del programa. A continuación, el procesador accede y elabora las sucesivas instrucciones del programa, realizando las concatenaciones correspondientes a los operandos de estas instrucciones. Seguidamente asigna el estado de señal a los registros de las salidas de acuerdo a la concatenación anterior, indicando si dicha salida debe o no de activarse, situándola en la zona de salida de la tabla de datos.

Al final del ciclo, una vez concluida la elaboración del programa, asigna los estados de las señales de entrada a los terminales de entrada y los de salida a las salidas, ejecutando el estado correspondiente en estas últimas. Esta asignación se mantiene hasta el final del siguiente ciclo, en el que se actualizan las mismas.

Dada la elevada velocidad con que se realiza cada ciclo, se puede decir que las salidas se ejecutan en función de las variables de entrada prácticamente en tiempo real.

1.3.2.7 *Unidades de entrada-salida (E/S)*

Son los dispositivos básicos por donde se toma la información de los captadores, en el caso de las entradas, y por donde se realiza la activación de los actuadores, en las salidas.

En los autómatas compactos, las E/S están situadas en un solo bloque junto con el resto del autómata. En los modulares son módulos o tarjetas independientes con varias E/S y que se acoplan al bus de datos.

Sus funciones principales son adaptar las tensiones e intensidades de trabajo de los captadores y actuadores a las de trabajo de los circuitos electrónicos del autómata; realizar una separación eléctrica entre los circuitos lógicos de la potencia, generalmente a través de optoacopladores, y proporcionar el medio de identificación de los captadores y actuadores ante el procesador.

Las entradas pueden ser de tres tipos según la tensión que permitan:

- Libres de tensión.
- A corriente continua.
- A corriente alterna.

Dependiendo del tipo de señal que reciben, las entradas pueden ser:

- *Analógicas*: La magnitud que se acopla a la entrada corresponde a una medida analógica. Estas entradas se basan en la conversión de la señal analógica a código binario mediante un convertidor analógico-digital.

- *Digitales*: Son las más utilizadas y corresponden a una señal de entrada todo o nada, es decir a un nivel de tensión o a la ausencia de la misma.

Las salidas pueden alimentar a tres tipos de actuadores:

- A relé.
- A triac.
- A transistor.

Las salidas también pueden ser analógicas o digitales en función del tipo de señal que entregan. Las salidas analógicas se basan en la transformación de un código binario en una magnitud analógica mediante un convertidor digital-analógico.

1.4 PEQUEÑOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES

1.4.1 INTRODUCCIÓN

Desde un principio, los PLCs fueron diseñados para aplicaciones industriales, siendo capaces del control de complicadas instalaciones y procesos productivos. En los últimos años y gracias a la evolución técnica en los materiales de construcción y al desarrollo de la electricidad en cualquier ámbito de la vida moderna, se ha optado por el diseño de pequeños autómatas programables con características bien diferenciadas de los clásicos autómatas industriales.

Los pequeños autómatas programables son PLCs diseñados para un uso sencillo sobre instalaciones de pequeño calibre. El propósito de estos PLCs es ampliar el abanico de consumidores de este tipo de controladores mediante:

- *Adaptación de la funcionalidad a tareas cotidianas fuera de la industria*: Tomando como base un PLC de aplicación industrial, estos pequeños autómatas reducen las prestaciones adaptando las posibilidades del autómata a pequeñas instalaciones. Mediante esta adaptación se conservan únicamente las prestaciones necesarias para los ámbitos de aplicación previstos y se incluyen algunas otras pensadas especialmente para estas aplicaciones.
- *Facilidad de montaje, uso y mantenimiento del autómata*: Se producen pequeños PLCs compactos que ocupan muy poco espacio, son fáciles de instalar y programar y necesitan muy poco mantenimiento. Todas estas características acercan los PLCs a usuarios externos al ámbito industrial.
- *Disminución de los costes de compra*: Al fabricar PLCs de menores prestaciones, más compactos y de menos potencia, el coste de fabricación disminuye. Esto permite a los fabricantes ofrecer al mercado un producto

atractivo con un precio competitivo ante las otras posibles soluciones disponibles.

- *Amplia gama de modelos:* Además de reducir los costos de cada unidad, esta característica permite delimitar claramente el modelo de PLC necesario para cada aplicación determinada.

Algunas de las aplicaciones básicas de este tipo de autómatas se encuentran en alumbrados interiores y exteriores, instalaciones de ventilación, controles de acceso, bombeo de agua, domótica, control de pequeña maquinaria, instalaciones agrícolas, etc.

1.4.2 MÓDULO LÓGICO LOGO! DE SIEMENS

1.4.2.1 *Características básicas*

El módulo lógico LOGO! Es un pequeño autómata programable comercializado por la casa Siemens desde el año 1996.

En la *figura 5* podemos observar el aspecto exterior de un módulo lógico LOGO!.

Las funciones básicas de LOGO! permiten cambiar el estado del autómata, transferir programas de manera bidireccional, programar el reloj interno y la edición o el borrado del esquema programado.

En el frontal de LOGO! se encuentran 6 teclas de función de fácil acceso. Las combinaciones de teclas permiten el desplazamiento y la gestión de menús, la entrada de valores y la edición de los esquemas de contactos necesarios para la programación. Para el uso de las teclas se hace necesario conocer algunas combinaciones que permiten realizar ciertas acciones.

La pantalla LCD o display de LOGO! permite al usuario la gestión del sistema de menús que controla las funciones del autómata. Mientras el autómata se encuentra en funcionamiento aparece una pantalla de estado donde se muestra el funcionamiento dinámico de las entradas y salidas. La pantalla también permite la parametrización necesaria para las funciones programadas en el esquema de contactos y la gestión del programa de usuario.

En la parte frontal LOGO! dispone de una interfaz que permite la transferencia bidireccional de programas desde un PC equipado con el software LOGO!Soft o un módulo de programa o tarjeta de memoria.



Figura 5: Módulo lógico LOGO!

1.4.2.2 Programación

LOGO! se programa mediante unos bloques funcionales propios del autómata. El esquema de contactos se introduce a través de las teclas frontales o bien se transfiere desde una tarjeta de memoria o desde un PC. La introducción del esquema se inicia desde la salida, es decir, desde el final.

Un bloque es en LOGO! una función que convierte informaciones de entrada en informaciones de salida. En la programación se enlazan bornes con bloques, y las variables se tratan mediante las funciones especiales. Las funciones básicas incluidas por LOGO! se basan en el álgebra de Boole.

El esquema de bloques usado para programar LOGO! se compone de las siguientes constantes o bornes:

- Entradas.
- Entradas analógicas.
- Entradas ASI.
- Salidas.
- Marcas.
- Marca inicial.

Las funciones básicas que permiten la programación de LOGO! son las siguientes:

- Función Y (conexión serie).
- Función Y-NEGADA.
- Función Y con evaluación de flanco.
- Función Y-NEGADA con evaluación de flanco.
- Función O (conexión paralelo).
- Función O-NEGADA.
- Función O-EXCLUSIVA.
- Función INVERSOR.

LOGO! permite la programación de las siguientes funciones especiales:

- Retardo de activación.

- Retardo de desactivación.
- Retardo de activación-desactivación.
- Retardo de activación memorizable.
- Relé de parada automática.
- Relé de impulsos.
- Relé disipador.
- Relé disipador activado por flancos.
- Temporizador semanal.
- Temporizador anual.
- Contador adelante/atrás.
- Contactor de horas de servicio.
- Emisor de cadencias simétrico.
- Generador de impulsos asíncrono.
- Generador aleatorio.
- Discriminador para frecuencias.
- Discriminador analógico.
- Comparador analógico.
- Interruptor de alumbrado para escalera.
- Pulsador de confort.

Los parámetros que definen a los relés de función se pueden modificar en el instante de programación o posteriormente mediante la opción parametrización incluida en el menú de inicio.

1.4.2.3 Modelos

A continuación se muestran los modelos comercializados con las características básicas que los diferencian:

- *LOGO! 230RC y 230RCo*: Alimentación a 115/230 V corriente alterna, con 6 entradas y 4 salidas digitales.
- *LOGO! 230RCL y 230RCLB11*: Alimentación a 115/230 V corriente alterna, con 12 entradas y 8 salidas digitales. Incluye batería tampón y reloj interno. El modelo 230RCLB11 permite la conexión de un esclavo ASI.
- *LOGO! 24*: Alimentación a 24 V corriente continua, con 8 entradas y 4 salidas digitales y 2 entradas analógicas.
- *LOGO! 24RC Y 24RCo*: Alimentación a 24 V corriente continua, con 6 entradas y 4 salidas digitales. Incluye batería tampón y reloj interno.
- *LOGO! 24L*: Alimentación a 24 V corriente continua, con 12 entradas y 8 salidas digitales.
- *LOGO! 24RCL y 24RCLB11*: Alimentación 24 V corriente continua, con 12 entradas y 8 salidas digitales. Incluye batería tampón y reloj interno. El modelo 24RCLB11 permite la conexión de un esclavo ASI.
- *LOGO! 12RCL*: Alimentación 12 V corriente continua, con 12 entradas y 8 salidas digitales. Incluye batería tampón y reloj interno.
- *LOGO! 12/24RC y 12/24RCo*: Alimentación 12/24 V corriente continua, con 8 entradas y 4 salidas digitales y 2 entradas digitales. Incluye batería tampón y reloj interno.

Las entradas analógicas se deben entender como pseudo-analógicas ya que la señal de entrada sólo se puede procesar mediante un comparador analógico que proporcionará un valor digital en función del resultado de la comparación del valor de entrada con un valor patrón.

Además de estos modelos de autómata, el fabricante también ofrece 1 modelo de autómata sin pantalla o display, 4 modelos de fuente de alimentación y 2 de extensiones que permiten conectar el autómata directamente a los receptores.

1.4.3 MÓDULO DE CONTROL EASY DE KLÖCKNER MOELLER

1.4.3.1 Características básicas

El módulo de control Easy es un pequeño autómata programable que la firma Klöckner Moeller comercializa desde el año 1998.

Easy permite proteger la información mediante password, cambiar el estado del autómata entre (run/stop), transferir programas de manera bidireccional, escoger el idioma de los menús, programar el reloj interno y la edición o el borrado del esquema programado.

La *figura 6* muestra el aspecto del módulo de control Easy.

Easy incluye 5 teclas (4 simples y 1 multiuso) de función de fácil acceso y uso intuitivo que permiten la gestión de menús, la entrada de valores, la edición de los esquemas de contactos necesarios para la programación y la utilización como simuladores de pulsadores en los esquemas.

El display de Easy permite gestionar un sencillo sistema de menús para controlar todas las funciones del autómata además de incluir una pantalla de estado donde se muestra el funcionamiento dinámico de las entradas y salidas y de los parámetros que definen a las funciones programadas en el esquema de contactos.



Figura 6: Módulo de control Easy

Easy dispone de una interfaz que permite la transferencia de programas hacia o desde un PC equipado con el software Easy-Soft o una tarjeta de memoria.

1.4.3.2 Programación

El módulo de control Easy se programa mediante un intuitivo esquema de contactos con una notación especial del autómata. El esquema de contactos se introduce a través de las teclas frontales o bien se transfiere desde una tarjeta de memoria o desde un PC.

Para la programación de Easy basta con trasladar el esquema de contactos que deseamos programar al display del módulo de control.

El esquema de contactos necesario para programar Easy permite usar los siguientes elementos como contactos de conmutación:

- Conexión de entrada “easy”.
- Tecla de cursor como entrada.
- Relé de salida “easy”.
- Relé auxiliar (marcador).
- Relé de función Contador.
- Relé de función Temporizador.
- Relé de función Reloj programable.

- Relé de función para el procesamiento de valores analógicos.

Easy permite programar en el esquema de contactos los siguientes relés:

- Relé de salida con activación por estado, de impulso o enclavados.
- Relé auxiliar (marcador).
- Relé de función temporizador retardo a la conexión, retardo a la desconexión, pulso retentivo o parpadeante.
- Relé de función contador reversible.
- Relé de función Reloj programable.
- Relé de función para el procesamiento de valores analógicos.

Los parámetros que definen a los relés de función se pueden modificar en el instante de programación o posteriormente mediante una opción incluida en el menú de inicio.

1.4.3.3 Modelos

EASY 412-DC-R: Alimentación a 24 V corriente continua, con 8 entradas digitales (2 de ellas pueden funcionar como analógicas también) y 4 salidas de relé. Incluye pantalla LCD y teclas de función.

EASY 412-DC-RC: Alimentación a 24 V corriente continua, con 8 entradas digitales (2 de ellas pueden funcionar como analógicas también) y 4 salidas de relé. Incluye pantalla LCD, teclas de función y reloj programable.

EASY 412-AC-R: Alimentación a 115/230 V corriente alterna, con 8 entradas digitales y 4 salidas de relé. Incluye pantalla LCD y teclas de función.

EASY 412-AC-RC: Alimentación a 115/230 V corriente alterna, con 8 entradas digitales y 4 salidas de relé. Incluye pantalla LCD, teclas de función y reloj programable.

Las entradas analógicas se deben entender como pseudo-analógicas ya que la señal de entrada sólo se puede procesar mediante un comparador analógico que proporcionará un valor digital en función del resultado de la comparación del valor de entrada con un valor patrón.

Además de estos modelos de autómata, el fabricante también ofrece tarjetas de memoria EASY-M-8K, interfaces o cables de conexión EASY-PC-CAB y clips de fijación ZB4-101-GF1.

1.4.4 RELÉ PROGRAMABLE ZELIO DE TELEMECANIQUE

1.4.4.1 *Características básicas*

El relé programable Zelio es un pequeño autómata programable que la firma Telemecanique comercializa desde el año 2000.

La *figura 8* muestra el aspecto del relé programable Zelio.

Las funciones básicas de Zelio permiten actualizar fecha y hora del reloj interno, introducir el esquema de mando, borrar el esquema contenido en el relé programable, visualizar y modificar los parámetros de los bloques de función, cambiar el estado del autómata entre (run/stop), configurar las opciones básicas del relé programable, transferir programas de manera bidireccional, y visualización de los elementos necesarios para la introducción de un esquema de mando.



Figura 8: Relé programable Zelio

Las opciones básicas del relé configuran el uso de una contraseña para la protección de la información, la elección del idioma, el filtrado de las entradas para aumentar la sensibilidad, la activación/desactivación de los botones Zx como pulsadores y la activación/desactivación de la ayuda automática.

En el frontal de Zelio se encuentran 8 teclas de función accesibles y de uso intuitivo, que permiten la gestión de menús, la entrada de valores, la edición de los esquemas de contactos necesarios para la programación y la utilización como simuladores de pulsadores en los esquemas.

La pantalla frontal de Zelio permite gestionar un sencillo sistema de menús para controlar todas las funciones del autómata además de incluir una pantalla de estado donde se muestra el funcionamiento dinámico de las entradas y salidas, una pantalla de estado dinámico de los parámetros que definen a las funciones programadas en el esquema de contactos y una pantalla de estado dinámico del esquema de contactos programado.

Zelio dispone de una interfaz que permite la transferencia de programas hacia o desde un PC equipado con el software ZelioSoft o una memoria EEPROM amovible.

1.4.4.2 *Programación*

El relé programable Zelio se programa mediante un intuitivo esquema de contactos con una notación especial del autómata. El esquema de contactos se

introduce a través de las teclas frontales o bien se transfiere desde una memoria EEPROM o desde un PC.

Para la programación de Zelio basta con trasladar y adaptar el esquema de contactos que deseamos programar al display del módulo de control. Cada línea de programa se compone un máximo de tres posiciones a ocupar por contactos y obligatoriamente de una bobina, cuando son necesarios más de tres contactos se pueden usar relés auxiliares para memorizar el estado.

En el programa del esquema de contactos de Zelio se pueden usar los siguientes elementos como contactos:

- Entradas todo o nada TON.
- Salidas todo o nada TON.
- Teclas de navegación como pulsadores.
- Relés auxiliares.
- Bloques de función.

El esquema de contactos del relé programable permite programar las siguientes salidas TON:

- Bobina.
- Bobina Set-Reset.
- Bobina telerruptor.

Zelio incluye los siguientes bloques funcionales:

- Bloque función reloj.
- Bloque función contador.
- Bloque función temporizador.
- Bloque función analógico.
- Relé auxiliar.

Los parámetros que definen a los relés de función se pueden modificar en el instante de programación o posteriormente mediante una opción incluida en el menú de inicio.

1.4.4.3 Modelos

SR1-B121BD: Alimentación a 24 V corriente continua, con 6 entradas TON (2 de ellas pueden funcionar como analógicas también) y 4 salidas TON. Incluye pantalla LCD, teclas de función Zx como pulsadores y reloj.

SR1-A101BD: Alimentación a 24 V corriente continua, con 6 entradas TON y 4 salidas TON. Incluye pantalla LCD y teclas de función Zx.

SR1-B101FU: Alimentación a 100/240 V corriente alterna, con 6 entradas TON y 4 salidas TON. Incluye pantalla LCD, teclas de función Zx como pulsadores y reloj.

SR1-A101FU: Alimentación a 100/240 V corriente alterna, con 6 entradas TON y 4 salidas TON. Incluye pantalla LCD y teclas de función Zx como pulsadores.

SR1-A201BD: Alimentación a 24 V corriente continua, con 12 entradas TON y 8 salidas TON. Incluye pantalla LCD y teclas de función Zx como pulsadores.

SR1-A201FU: Alimentación a 100/240 V corriente alterna, con 12 entradas TON y 8 salidas TON. Incluye pantalla LCD y teclas de función Zx como pulsadores.

SR1-B201BD: Alimentación a 24 V corriente continua, con 10 entradas TON (2 de ellas pueden funcionar como analógicas también) y 8 salidas TON. Incluye pantalla LCD, teclas de función Zx como pulsadores y reloj.

SR1-B201FU: Alimentación a 100/240 V corriente alterna, con 12 entradas TON y 8 salidas TON. Incluye pantalla LCD, teclas de función Zx como pulsadores y reloj.

SR1-E121BD: Alimentación a 24 V corriente continua, con 6 entradas TON (2 de ellas pueden funcionar como analógicas también) y 4 salidas TON. Incluye pantalla LCD y reloj.

SR1-D101BD: Alimentación a 24 V corriente continua, con 6 entradas TON y 4 salidas TON. Incluye pantalla LCD.

SR1-E101FU: Alimentación a 100/240 V corriente alterna, con 6 entradas TON y 4 salidas TON. Incluye pantalla LCD y reloj.

SR1-D101FU: Alimentación a 100/240 V corriente alterna, con 6 entradas TON y 4 salidas TON. Incluye pantalla LCD.

SR1-B122BD: Alimentación a 24 V corriente continua, con 6 entradas TON (2 de ellas pueden funcionar como analógicas también) y 4 salidas TON. Incluye pantalla LCD, teclas de función Zx como pulsadores y reloj.

Las entradas analógicas se deben entender como pseudo-analógicas ya que la señal de entrada sólo se puede procesar mediante un comparador analógico que proporcionará un valor digital en función del resultado de la comparación del valor de entrada con un valor patrón.

1.4.5 COMPARATIVA

1.4.5.1 *Características básicas*

LOGO! tiene como desventajas ante Easy y Zelio que carece de la posibilidad de seleccionar el idioma de menús y no permite la protección de los datos mediante el uso de una contraseña.

Zelio es el único de los PLC que dispone de una filtrado de entradas para aumentar su sensibilidad, de una ayuda automática y de una función de visualización de los elementos disponibles para crear un esquema.

LOGO! se programa mediante 2 teclas de función (además de las teclas direccionales). Esto hace que se programe con muy pocas teclas pero provoca que para realizar ciertas acciones sea necesaria una combinación de teclas que el usuario debe recordar.

Se puede considerar que los teclados de Easy y Zelio tienen el mismo diseño. Estos teclados disponen de 4 teclas de función además de las de desplazamiento, lo que supone el manejo de más teclas, aunque cada una realiza una función más sencilla y no son necesarias las combinaciones de teclas.

Tanto en Easy como en Zelio las teclas direccionales se pueden utilizar como simulación de pulsadores. LOGO! no ofrece esta opción.

1.4.5.2 *Programación*

LOGO! se programa mediante unos bloques funcionales lógicos y unas funciones especiales propias del autómatas. Easy y Zelio se programan con un esquema de contactos donde los elementos introducidos tienen la notación especial de cada uno de los autómatas. La manera de programar Easy y Zelio permite que cualquier esquema eléctrico se adapte fácilmente para ser programado, mientras que en LOGO! se debe realizar una transformación más complicada.

Se puede considerar que Easy y Zelio permiten programar los mismos elementos. LOGO! incluye todos los elementos programables en Easy y Zelio junto con varias funciones especiales que no están disponibles en los otros dos autómatas.

La programación es un factor de discriminación importante a la hora de escoger uno de los autómatas presentados. En el apartado **Programación de**

pequeños autómatas programables incluido en la memoria de cálculo se observa las diferencias entre la programación de cada módulo.

1.4.5.3 Modelos

Los tres PLC están disponibles en versiones de 220 V AC y 24 V DC.

LOGO! se comercializa en 13 modelos diferenciados, Easy dispone de 4 modelos y Zelio se puede encontrar en una gama de 13 modelos.

En este apartado Easy sufre una desventaja importante ante los otros dos. Cabe destacar que LOGO! dispone de interfaz ASi para la ampliación con módulos de entradas/salidas.

1.5 MANIOBRAS CON EL RELÉ PROGRAMABLE ZELIO

1.5.1 INTRODUCCIÓN

En el proyecto se ha utilizado el relé programable Zelio para el control de maniobras realizadas sobre máquinas eléctricas. Pese a que esta aplicación no es una de las previstas a priori por el fabricante, características del relé programable como facilidad de programación, precio o flexibilidad hacen posible que su utilización para fines educativos sea óptima.

Para el desarrollo de las prácticas se hacen necesarios conocimientos previos sobre la alimentación del relé programable, la conexión del relé con los elementos que intervienen en cada maniobra y la transferencia de datos.

1.5.2 ENTRADAS

Las entradas son los contactos externos al relé programable que se utilizan en las maniobras. Los contactos incluidos en las maniobras que no son externos, son contactos propios del relé programable asociados a las funciones internas que se han programado.

Normalmente, las prácticas se realizarán utilizando como contactos pulsadores mecánicos de retorno automático por muelle y interruptores de protección. Puede ser útil, en algún caso, la sustitución de los pulsadores externos por las teclas de simulación Zx del autómata.

1.5.2.1 Pulsadores

Un pulsador es básicamente un botón que actúa sobre un contacto eléctrico accionable mediante una pulsación manual que cierra o abre el circuito durante el tiempo que dura la pulsación.

Podemos encontrar dos tipos de pulsadores definidos por sus variables de activación. En la *figura 9* se observa la tabla de la verdad que define a un pulsador según sea del tipo normalmente abierto (NA) o normalmente cerrado (NC).

PULSADOR NA		PULSADOR NC	
Variable de activación	Valor lógico del contacto	Variable de activación	Valor lógico del contacto
1	1	1	0
0	0	0	1

Figura 9: Tabla de la verdad de un pulsador

El valor lógico de la variable de activación es 1 mientras se está pulsando y 0 mientras el pulsador está en reposo. El valor lógico del contacto es 1 cuando deja pasar intensidad y 0 cuando no deja pasar intensidad.

Es usual encontrar botoneras compuestas por dos pulsadores, uno NA de color verde y otro NC de color rojo. Estas botoneras también son conocidas como paro-marcha, siendo el botón verde utilizado para la puesta en marcha de receptores y el botón rojo para su paro.

La *figura 10* muestra la representación normalizada del pulsador manual de retorno automático.

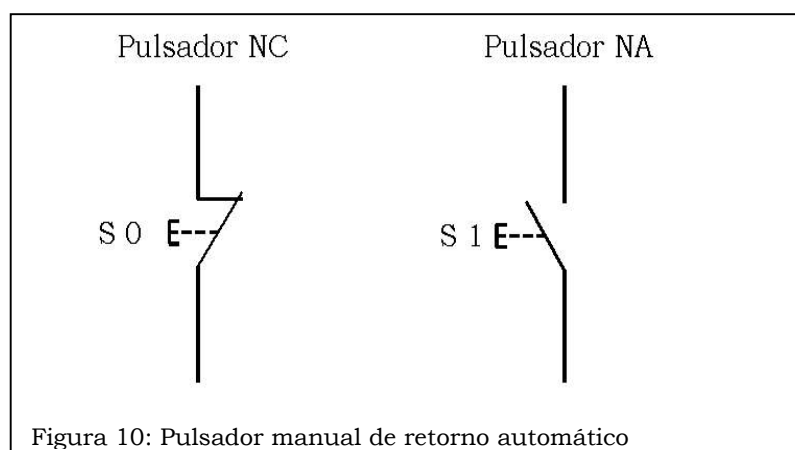


Figura 10: Pulsador manual de retorno automático

La representación que aparece en la figura es la utilizada en los esquemas de maniobra de las prácticas.

Los pulsadores se suelen distinguir por la notación S junto con el número que lo define, es decir: S0, S1, S2, ...

Para conectar un pulsador a las entradas del relé programable se conectará uno de sus terminales a la línea de alimentación en alterna o al positivo en continua y el otro a un borne de entrada disponible en el relé programable. No se ocuparán bornes que ya estén utilizados.

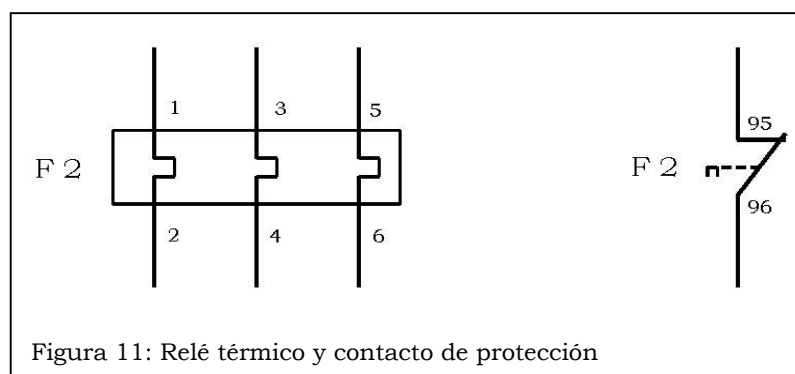
Para la programación en el autómata se deberá introducir en la posición ocupada por un pulsador NA un símbolo **I** seguido del número correspondiente al borne de entrada donde se ha conectado, mientras que en la posición ocupada por un pulsador NC se introducirá un símbolo **i** seguido del número de la entrada. Se pueden programar tantos contactos como entradas tiene el módulo del autómata que se programa.

1.5.2.2 *Interruptores de protección*

En las prácticas se realizarán maniobras sobre máquinas eléctricas. Estas máquinas deben ser conectadas a la red mediante protecciones que aseguren que la máquina no sufrirá daños si se producen anomalías. En la mayoría de casos se han incluido fusibles y protecciones térmicas en los esquemas de potencia.

Las protecciones térmicas actúan sobre un contacto asociado a ellas cuando el valor de la intensidad absorbida de la línea sobrepasa los límites de seguridad aconsejables para la máquina. El contacto asociado se programa en el esquema de maniobra del autómata para que la máquina deje de alimentarse cuando éste se acciona.

La *figura 11* muestra la representación normalizada de un relé térmico y de un contacto de protección asociado. Esta es la representación que se ha utilizado en la confección del manual de prácticas.



Para la notación del relé térmico se ha usado la letra **F** acompañada de un número, el contacto se ha representado mediante la misma notación que el relé que lo comanda.

Para conectar un interruptor de protección a las entradas del relé programable se conectará uno de sus terminales a la línea de alimentación en alterna o al positivo en continua y el otro a un borne de entrada disponible en el relé programable. No se ocuparán bornes que ya estén utilizados.

En la programación del autómata, el contacto de protección se programa como cualquier otro contacto con el número correspondiente al borne de entrada donde se ha conectado. Se puede programar como máximo un número de contactos igual al número de entradas de que dispone el módulo que estamos programando.

1.5.2.3 Entradas analógicas

Las entradas analógicas sólo están disponibles en algunos modelos del relé programable Zelio.

Las entradas analógicas del relé son circuitos internos sensibles a una variación analógica de la tensión que reciben. Este tipo de entradas será útil cuando se quiere realizar una determinada acción ante una magnitud exterior variable que se puede transformar en una señal de tensión analógica mediante sensores o cualquier otro tipo de captador. Los valores de tensión analógicos tratados se deberán encontrar entre 0 y 10 V.

Zelio dispondrá como máximo de dos entradas analógicas denominadas **Ib** e **Ic**. Para habilitar una entrada analógica, se conectará el terminal donde se dispone de la tensión que se desea controlar a un borne de entrada marcado con **Ib** o **Ic** que se encuentre disponible.

Si se programan las entradas **Ib** e **Ic** como cualquier otro contacto dentro del esquema de maniobra de Zelio, éste las interpretará como entradas digitales todo o nada. Para hacer un uso analógico de las entradas se deberá utilizar el bloque de función analógico.

1.5.2.4 Contactos internos

Los contactos internos son todos aquellos que intervienen en el esquema de maniobra programado en el relé programable y no son contactos externos como pulsadores o interruptores de protección. Todos estos contactos no existen físicamente sino que están programados en el interior del relé programable.

Cada uno de los contactos internos se encuentra asociado a una bobina o a un bloque de función:

- *Bobina, bobina set-reset, bobina telerruptor, relé auxiliar*: Los contactos NA asociados se programan con el mismo nombre que la bobina, mientras que los NC asociados se programan con el nombre en minúscula. Es decir, para la bobina Q1, un NA se programa como Q1 y un NC como q1. La variable de activación de los contactos es igual al estado de la bobina.
- *Bloque función reloj*: La notación es un reloj grande acompañado del número que define al bloque si el contacto es NA y un reloj pequeño acompañado del número correspondiente si el contacto es NC. La variable de activación de los contactos es 1 en los periodos de funcionamiento fijados.
- *Bloque función contador*: La notación es **C** acompañada del número del contador al que está asociado el contacto si éste es NA y **c** con el número correspondiente si el contacto es NC. La variable de activación es 1 cuando el número de impulsos contabilizados por el contador es igual al valor de preselección.

- *Bloque función temporizador*: La notación es **T** junto al número de temporizador en contactos NA y **t** junto al número de temporizador en contactos NC. La variable de activación depende del estado del bloque funcional y de un tiempo preseleccionado.

- *Bloque función analógico*: La notación es **A** con el número de bloque analógico para contactos NA y **a** más el número de bloque temporizador en contactos NC. La variable de activación depende de la comparación del valor de la tensión de las entradas analógicas con un valor de tensión de referencia.

1.5.2.5 Teclas de simulación Zx

Las teclas de simulación Zx es una función de Zelio que permite simular pulsadores mediante las 4 teclas de navegación disponibles en el frontal del relé programable.

Una de las opciones disponibles en el menú de configuración de Zelio permite habilitar o deshabilitar la función teclas de navegación Zx. Cuando la función se encuentra desactivada las teclas sólo pueden ser utilizadas para el desplazamiento por los menús del relé programable. Si la función está activada, las teclas se pueden programar en los esquemas de mando como si se tratase de pulsadores externos.

En la programación Z1 corresponde a la flecha arriba, Z2 a la flecha derecha, Z3 a la flecha abajo y Z4 a la flecha izquierda. Las teclas se pueden programar como NA (**Zx**) o NC (**zx**).

Esta opción resulta muy práctica para realizar maniobras sobre esquemas que necesitan cuatro o menos pulsadores para su mando. De esta manera, los pulsadores se hacen prescindibles y se puede desarrollar el funcionamiento de la maniobra únicamente con el autómata y los relés accionados.

1.5.3 BLOQUES DE FUNCIÓN

1.5.3.1 Bloque función reloj

El bloque se programa como un contacto dentro del esquema de maniobra programado. Su notación es un reloj grande si el contacto es NA y pequeño si lo es NC junto al número de identificación del bloque.

Zelio dispone de 4 bloques función reloj que permiten validar horarios durante los cuales será posible ejecutar acciones. Cada bloque permite programar el periodo de días semanales de funcionamiento y 4 franjas horarias de funcionamiento en cada día.

El bloque de función reloj servirá para activar o desactivar salidas durante periodos de tiempo fijados.

1.5.3.2 Bloque función contador

El bloque se programa como una bobina. En el esquema de maniobra se podrán usar contactos asociados a la bobina contador con la notación **C** o **c** junto al número del bloque.

Zelio dispone de 8 bloques función contador que permiten modificar el estado de contactos asociados cuando el recuento que llevan a cabo adquiere un valor igual al que se ha preseleccionado.

Las notaciones del bloque función contador son:

- CC: Representa la entrada del recuento del bloque. Con cada impulso recibido por la bobina el contador se incrementa o disminuye una unidad. Al programarlo permite escoger el valor de preselección que debe alcanzar el contador para cambiar de estado los contactos que lleva asociados. Cuando el valor del recuento es igual al de preselección la variable de activación de los contactos asociados es 1.
- RC: Representa la puesta a cero del bloque contador. Al recibir un impulso, el recuento que está efectuando el contador pasa a 0.
- DC: Representa la selección de sentido de recuento del contador. Si la bobina está alimentada el contador descuenta, si, por el contrario, la bobina no recibe alimentación el contador recuenta. Por defecto el contador recuenta.

1.5.3.3 Bloque función temporizador

El bloque se programa como una bobina. En el esquema de maniobra se podrán usar contactos asociados a la bobina temporizador con la notación **T** o **t** junto al número del bloque.

Zelio dispone de 8 bloques función temporizador que permiten la variación de los contactos asociados en función de unos tiempos de retraso preseleccionados.

Las notaciones del bloque función contador son:

- TT: Representa la entrada del mando del bloque temporizador. Permite escoger el tipo de temporización realizada y el tiempo de preselección.
- RT: Representa la entrada de puesta a cero del bloque temporizador. Cuando la bobina se excita el valor de la temporización se pone a 0, la variable del contacto asociado es 0 y el temporizador está preparado para realizar una nueva temporización.

Los tipos de temporización que permite un bloque de función temporizador son:

- A: Retraso en la conexión.

- *a*: Retraso en la conexión por flanco subida con puesta a cero.
- *C*: Retraso en el disparo.
- *B*: Impulso calibrado en flanco descendente de la entrada de mando (contacto de paso).
- *W*: Impulso calibrado en flanco descendente de la entrada de mando.
- *D*: Luz intermitente simétrica.
- *d*: Luz intermitente simétrica en frente montante de la entrada de mando con puesta a cero.
- *T*: Totalizador con puesta a cero.

El valor de preselección que se puede fijar en un bloque función temporizador permite fijar las unidades de la cantidad introducida en centésimas de segundo (s), décimas de segundo (S), minutos y segundos (M:S) y horas y minutos (H:M).

1.5.3.4 Bloque función analógico

El bloque se programa como un contacto dentro del esquema de maniobra programado. Su notación es **A** si el contacto es NA y **a** si lo es NC junto al número de identificación del bloque.

Zelio dispone de 8 bloques función analógico que permiten comparar los valores de las dos entradas analógicas con valores de referencia o entre si. Dependiendo del resultado de las comparaciones lógicas cambiará la variable de activación del contacto.

El bloque de función analógico permite las siguientes configuraciones:

- *Analog 1* ($Ib \leq Ref$): La variable de activación del contacto es 1 cuando el valor de la entrada Ib es inferior o igual a la tensión de referencia introducida.
- *Analog 2* ($Ib \geq Ref$): La variable de activación del contacto es 1 cuando el valor de la entrada Ib es igual o superior a la tensión de referencia introducida.
- *Analog 3* ($Ic \leq Ref$): La variable de activación del contacto es 1 cuando el valor de la entrada Ic es inferior o igual a la tensión de referencia introducida.

- *Analog 4 ($I_c \geq Ref$)*: La variable de activación del contacto es 1 cuando el valor de la entrada I_c es igual o superior a la tensión de referencia introducida.
- *Analog 5 ($I_b \leq I_c$)*: La variable de activación del contacto es 1 cuando el valor de la entrada I_b es inferior o igual al valor de la entrada I_c .
- *Analog 6 ($I_b \geq I_c$)*: La variable de activación del contacto es 1 cuando el valor de la entrada I_b es igual o superior al valor de la entrada I_c .
- *Analog 7 ($I_c-H \leq I_b \leq I_c+H$)*: La variable de activación del contacto es 1 cuando el valor de la entrada I_b está comprendido entre I_c-H e I_c+H . H es un valor introducido por el usuario.

1.5.4 SALIDAS

1.5.4.1 Contactores

Como ya se conoce, el relé programable se va a utilizar para realizar maniobras con máquinas eléctricas. Zelio no actúa directamente sobre la máquina. Esto se debe a que las máquinas accionadas suelen trabajar con grandes potencias que el relé programable no es capaz de soportar en sus contactos. La solución es utilizar el relé programable para comandar contactores capaces de actuar directamente sobre los receptores.

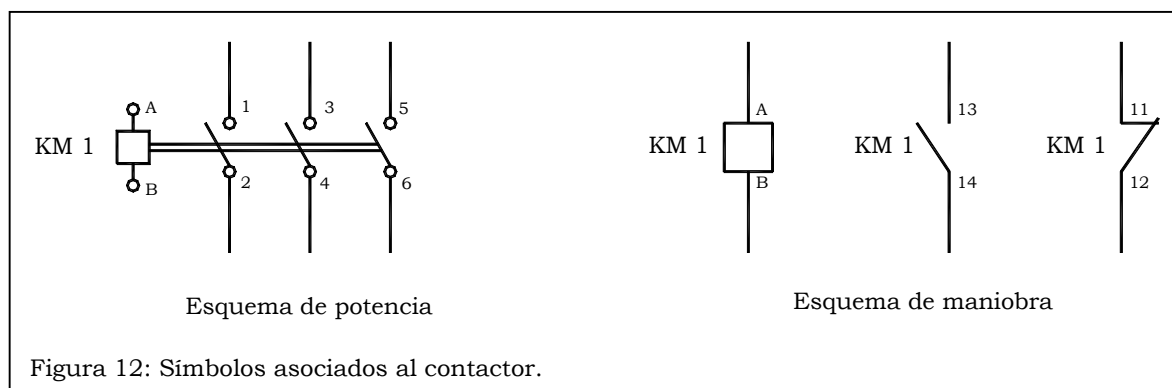
El relé programable comanda un esquema de potencia mediante la excitación y desexcitación de las bobinas de los contactores que realizan las funciones de interruptores de mando de la máquina accionada en la potencia. Para la excitación de las bobinas de los contactores se toma la tensión que el relé programable suministra en los bornes de las salidas. Estas salidas reciben tensión cuando las bobinas Q programadas están activadas.

El mando del esquema de potencia se programa en el relé mediante el esquema de maniobra que introducimos. Esto quiere decir que cada bobina Q que programamos en el esquema de maniobra del módulo lógico, se corresponde con la bobina de un contactor.

Los contactos NA asociados a un contactor se representan con el nombre del contactor y sus terminales están marcados con $x3$ y $x4$, donde x corresponde al número de contacto.

Los contactos NC, como los NA, se representan con el nombre del contactor pero sus terminales están marcados con $x1$ y $x2$, donde x corresponde al número de contacto.

En la *figura 12* se observa la representación de la bobina de un contactor con sus contactos asociados en un esquema de maniobra y de un contactor en un esquema de potencia.



Zelio dispone de un número variable de bobinas a programar dependiendo del número de bornes de salida de que disponga el módulo sobre el que se trabaja. Cada par de bornes que compone una salida está marcado con **QN°** de acuerdo a la bobina que le proporciona tensión. Además, cada borne está individualmente marcado con 1 ó 2.

El borne 1 de la salida que deseemos conectar estará ocupado por la línea en una alimentación con alterna, o por el positivo si la alimentación es de continua. Al borne 2 se conectará uno de los terminales de la bobina del contactor comandado, mientras que el otro se conectará al neutro si trabajamos en alterna o a la masa si lo hacemos en continua.

1.5.4.2 Bobina

El valor lógico de la activación de la bobina es igual al valor lógico de la ecuación lógica que define al grupo de contactos de que depende la bobina. El valor de la bobina es 1 cuando está excitada y 0 cuando está en reposo.

Cuando la bobina está activada los bornes de la salida de Zelio marcada con el mismo nombre reciben una tensión.

La notación de la bobina es **[QN°** siendo la notación de los contactos NA que dependen de ella **QN°** y la de los NC **qN°**.

1.5.4.3 Bobina Set-Reset

El valor lógico de la bobina set se mantiene en 1 a partir de que ha sido excitada y no cambia hasta que la bobina reset se excita.

El valor lógico de la bobina reset se mantiene en 0 a partir de que ha sido excitada y no cambia hasta que la bobina set se excita.

Si las dos bobinas son excitadas conjuntamente predomina la acción del reset.

Cuando la bobina está activada los bornes de la salida de Zelio marcada con el mismo nombre reciben una tensión.

La notación de la bobina set es **SQ^{Nº}** mientras que la de la bobina reset es **RQ^{Nº}**. La notación de los contactos NA que dependen de ellas es **QNº** y la de los NC es **qNº**.

1.5.4.4 Bobina telerruptor

El valor lógico de la bobina telerruptor cambia cada vez que recibe un impulso o es excitada. El valor lógico de partida es 0.

Cuando la bobina está activada los bornes de la salida de Zelio marcada con el mismo nombre reciben una tensión.

La notación de la bobina telerruptor es **┘Q^{Nº}** siendo la notación de los contactos NA que dependen de ella **QNº** y la de los NC **qNº**.

1.5.4.5 Relé auxiliar

Los relés auxiliares se pueden entender como bobinas internas propias del relé programable. Estos relés se comportan exactamente igual que las bobinas Q pero no tienen bornes de salida.

Zelio dispone de 15 relés auxiliares que van de 1 a 9 y de A a F y permiten su manejo como bobinas elementales, como bobinas set-reset y como bobinas telerruptor. Su notación es **MNº** incluyendo delante uno de los cuatro signos vistos anteriormente dependiendo de la utilización que se le de al relé auxiliar. La notación de los contactos NA comandados por el relé auxiliar es **MNº** y la de los NC es **mNº**.

Los relés auxiliares son una herramienta bastante usual puesto que cada línea del esquema de maniobra de Zelio se compone por un máximo de tres contactos y obligatoriamente una bobina. Si se necesita programar una bobina alimentada a través de más de 3 contactos se utilizará el relé auxiliar como puente; esto significa que se guardará el resultado de la combinación de los tres primeros contactos en un relé auxiliar y se alimentará la bobina de salida a través de un contacto asociado al relé auxiliar más los contactos que no se habían programado.

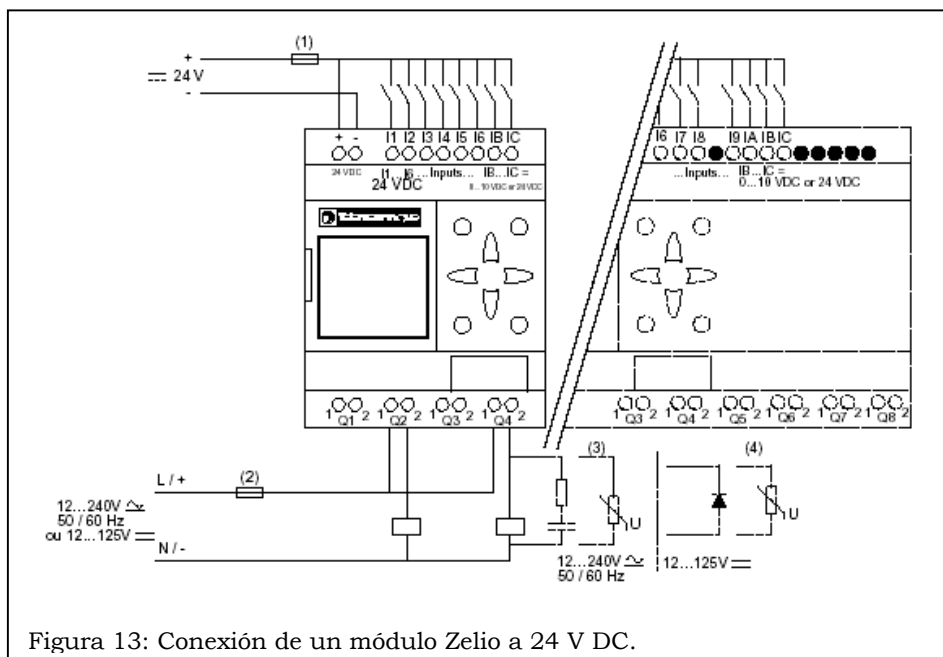
1.5.5 ALIMENTACIÓN

Para el funcionamiento del relé programable es necesario la conexión del módulo a una fuente de alimentación que proporcione la tensión necesaria para el funcionamiento de los circuitos interiores.

La gama disponible de relés programables Zelio permite la alimentación con dos tipos de tensión; 24 V corriente continua y 100/240 V corriente alterna.

1.5.5.1 24 V corriente continua

Para alimentar un relé programable Zelio que indica que funciona con 24 V DC deberemos disponer de una línea de corriente continua con una tensión entre 19,2 y 30 V y capaz de suministrar la intensidad nominal de entrada del relé programable que es de 67 mA. La *figura 13* muestra el esquema de la conexión de un módulo Zelio de 24 V DC.



Una vez se dispone de la línea adecuada, se deberá conectar el borne marcado con + visible en el frontal al hilo correspondiente al positivo de la línea (rojo) mientras que el terminal marcado con – se conectará al hilo correspondiente a la masa (negro).

En los módulos alimentados con este tipo de tensión, los contactos de entrada se conectan entre el positivo de la línea de 24 V DC y el borne correspondiente a la entrada.

Las entradas todo o nada del autómata trabajan a una corriente nominal de 3 mA y una tensión nominal de 24 V DC.

Los bornes de las bobinas de salida se pueden alimentar con 12/125 V DC o con 12/240 V AC, dependiendo de las necesidades de las bobinas de los contactores que comandarán. El borne 1 de la bobina se conectará en alterna a la línea de alimentación o en continua al positivo. El borne 2 se conectará a la entrada de la bobina del contactor comandado.

En corriente continua, las salidas del autómata aceptan una tensión entre 5 y 150 V. Con una tensión nominal en la salida de 24 V DC, la intensidad puede oscilar entre 0,6 y 13 A.

En corriente alterna, las salidas del autómata aceptan una tensión entre 24 y 250 V. Con una tensión nominal en la salida de 230 V AC, la intensidad puede oscilar entre 0,9 y 15 A.

1.5.5.2 100/240 V corriente alterna

Un relé programable Zelio que indica que funciona con 100/240 V AC se deberá alimentar de una línea de corriente continua con una tensión entre 85 y 264 V. La línea debe ser capaz de suministrar una intensidad nominal máxima de entrada al relé programable de 46 mA si la tensión es de 115 V y de 36 mA si la tensión es de 240 V. La *figura 14* muestra el esquema de la conexión de un módulo Zelio de 100/240 V AC.

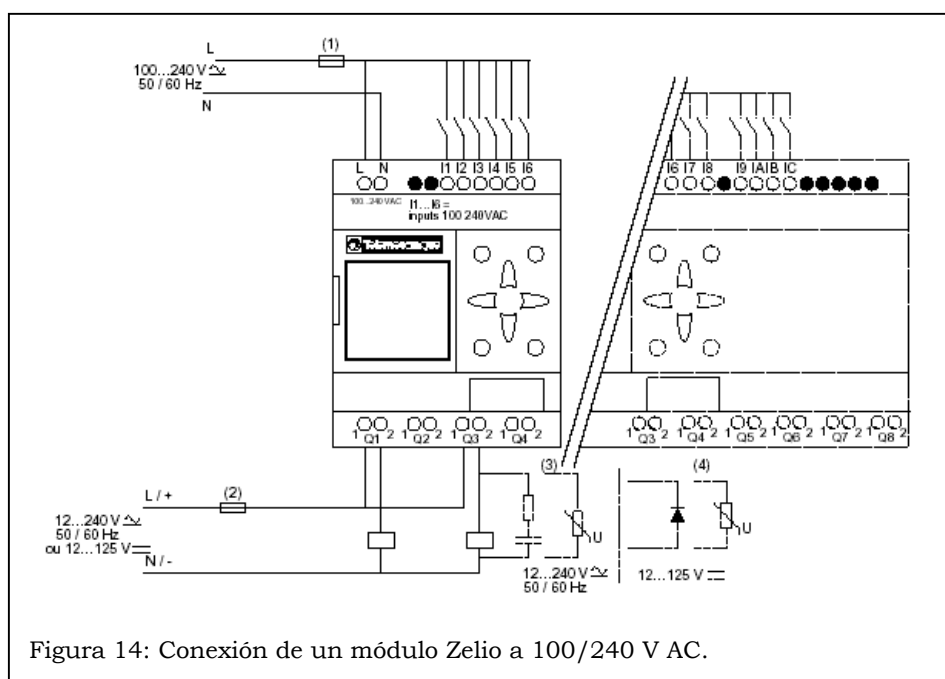


Figura 14: Conexión de un módulo Zelio a 100/240 V AC.

Si las características de la línea se adaptan a las necesidades del relé programable, se podrá dar alimentación al módulo. El borne marcado con L visible en el frontal se conectará al hilo correspondiente a la línea de alimentación (negro o marrón) mientras que el borne marcado con N se conectará al hilo correspondiente al neutro (azul).

En los módulos alimentados con este tipo de tensión, los contactos de entrada se conectan entre la línea de alimentación (L) y el borne correspondiente a la entrada.

Las entradas todo o nada del autómata trabajan a una corriente nominal de 11 mA y una tensión nominal entre 100 y 240 V AC.

Los bornes de las bobinas de salida se pueden alimentar con 5/150 V DC o con 24/250 V AC, dependiendo de las necesidades de las bobinas de los contactores que comandarán. El borne 1 de la bobina se conectará en alterna a la línea de alimentación o en continua al positivo. El borne 2 se conectará a la entrada de la bobina del contactor comandado.

En corriente continua, las salidas del autómata aceptan una tensión entre 5 y 150 V. Con una tensión nominal en la salida de 24 V DC, la intensidad puede oscilar entre 0,6 y 13 A.

En corriente alterna, las salidas del autómata aceptan una tensión entre 24 y 250 V. Con una tensión nominal en la salida de 230 V AC, la intensidad puede oscilar entre 0,9 y 15 A.

1.5.6 TRANSFERENCIA DE DATOS

La transferencia de datos es una de las funciones ofrecidas por el relé programable que puede resultar muy práctica.

Mediante esta función, Zelio permite la transferencia bidireccional de contenidos entre el módulo programable y un PC o una memoria EEPROM amovible.

1.5.6.1 PC

Para poder trabajar con un PC sobre Zelio se debe disponer del software de programación ZelioSoft instalado en el ordenador y de un interfaz de transferencia que permite el intercambio de información entre PC y autómata y a la inversa.

El software ZelioSoft permite la programación de esquemas de maniobra simulando el proceso de programación y todas las posibilidades de que dispone Zelio. Además, incluye opciones suplementarias como la posibilidad de simulación, la representación en diferentes lenguajes de los esquemas de maniobra, el seguimiento dinámico de las simulaciones, múltiples opciones de visualización de parámetros, etc. También se debe destacar la facilidad de manejo con un interfaz de usuario atractivo y sencillo y la comodidad que supone la programación de esquemas en el ordenador frente a la programación sobre el mismo relé programable.

Todas estas ventajas aportan un valor añadido a la programación sobre PC que hace que sea una opción recomendable para la programación continuada de Zelio.

La gestión de la transferencia de datos se realiza desde uno de los menús básicos incluidos en Zelio o desde una de las aplicaciones de ZelioSoft.

1.5.6.2 Memoria EEPROM

Existe la opción de conectar una memoria EEPROM con el relé programable Zelio. Esta memoria es una pequeña pastilla que se inserta en el frontal del módulo y permite la transferencia del programa entre la memoria de Zelio y la EEPROM y a la inversa.

La utilización de la memoria EEPROM es práctica para el traslado de un programa cargado en el relé programable hacia otro relé. De esta manera se evita tener que crear continuamente un programa que ya existe, por lo tanto es útil en aplicaciones en que se repita habitualmente el programa de control.

La gestión de la transferencia de datos se realiza desde uno de los menús básicos incluidos en Zelio.

1.5.7 CONTROL DINÁMICO

1.5.7.1 Puesta a punto y seguimiento

Cuando se ha introducido el programa del esquema de maniobra en la memoria de Zelio, es recomendable realizar tests de puesta a punto. Estas pruebas previas se realizan para asegurar que el esquema introducido obedece a la funcionalidad que debe satisfacer. Es importante probar el esquema previamente a la conexión definitiva. Si se conecta directamente el relé programable con los elementos sobre los que actúa se pueden sufrir los problemas derivados de equivocaciones en la conexiones o de algún fallo en la confección o en la introducción del programa.

El primer paso a seguir después de haber finalizado la introducción del esquema es cambiar el estado del relé programable de STOP a RUN. A partir de este momento, el relé programable organiza las entradas y las salidas físicas según las instrucciones introducidas en el esquema.

Mientras el estado del autómata es RUN no se pueden modificar las líneas del esquema de maniobra programado.

Si se han utilizado las teclas de navegación Zx como simulación de pulsadores, se puede proceder directamente a la ejecución de las simulaciones necesarias para asegurar que las pulsaciones de entrada ejercen el efecto deseado sobre las bobinas de salida. Si, por el contrario, se han usado pulsadores o interruptores externos como entradas se deberán conectar los pulsadores al módulo previamente a la realización de las pruebas.

Las comprobaciones se pueden ejercer desde la pantalla de inicio donde, en la parte superior e inferior, aparecen unos números correspondientes a las entradas y salidas disponibles en el relé programable. Estos números invierten el color cuando el borne que representan está activo.

Utilizando pulsadores externos nos deberemos asegurar que la pulsación en el contacto activa el borne deseado. En el caso anterior o usando las teclas Zx se realizarán las pruebas necesarias para comprobar que las pulsaciones de entrada surten el efecto deseado sobre las bobinas de salida.

Si se ha utilizado el software ZelioSoft para confeccionar el esquema programado, todas estas pruebas y simulaciones se pueden realizar sobre el programa en el ordenador.

Con las comprobaciones iniciales realizadas y el relé actuando con normalidad se puede ejercer un seguimiento del comportamiento de las entradas y las salidas desde la pantalla de inicio.

1.5.7.2 Visualización detallada y parametrización dinámica

Zelio ofrece la posibilidad de realizar un seguimiento detallado del comportamiento dinámico de todos los componentes del esquema durante su funcionamiento. Las opciones de visualización y parametrización permiten la detección de problemas en la estructura del programa y el seguimiento y parametrización de los bloques de función mientras el autómatas se encuentra ejecutando el programa.

Los elementos visibles son:

- El valor actual y el valor de preselección de un contador.
- El estado de las entradas y de las salidas de un contador.
- El valor actual y el valor de preselección de un temporizador.
- Todos los parámetros de un bloque de función reloj.
- La tensión de referencia de un bloque de función analógico.
- El valor de la histéresis H de un bloque de función analógico.
- Los valores medidos en las entradas analógicas.

Las manipulaciones autorizadas para la parametrización en estado RUN son:

- Modificación del valor de preselección de un contador.
- Modificación del valor de preselección de un temporizador.
- Modificación de los parámetros de un bloque de función reloj.
- Modificación de la tensión de referencia en un bloque de función analógico.
- Modificación del valor de histéresis de un bloque de función analógico.

Durante el funcionamiento de Zelio en estado RUN los menús de borrado de programa, transferencia, filtrado de entradas y teclas Zx permanecen inaccesibles y por lo tanto los parámetros modificables desde estos menús, así como las modificaciones sobre el esquema de maniobra introducido, se deben realizar con el autómata en modo de funcionamiento STOP.

1.6 SIMULACIÓN DE MANIOBRAS CON PSIM

1.6.1 RÉGIMEN TRANSITORIO

El régimen transitorio o dinámico recoge todo lo relacionado con el funcionamiento dinámico de la máquina. En este régimen de funcionamiento se pueden incluir el arranque y el frenado de las máquinas, así como cualquier anomalía que desestabilice el funcionamiento de una máquina.

El régimen dinámico expresa las variaciones sufridas por las magnitudes definitorias de las máquinas a través del uso de un modelo matemático que simula el comportamiento de una máquina eléctrica. Este modelo matemático es complicado de obtener y de resolver y requiere un extenso desarrollo matemático.

En el programa de la asignatura “Control de máquinas eléctricas” se realiza una aproximación al régimen dinámico de las máquinas eléctricas a partir del esquema simplificado en régimen permanente. Esta aproximación permite una comprensión básica del funcionamiento transitorio de la máquina, aunque sea bastante distorsionada. Utilizar únicamente el régimen permanente para estudiar el comportamiento de la máquina supone una simplificación considerable y, por lo tanto, ayuda a los alumnos en la comprensión de los contenidos de la asignatura.

La orientación de las prácticas diseñadas, basándose en los contenidos de las clases teóricas de la asignatura, no incluye el estudio del modelo de las máquinas eléctricas en régimen transitorio.

Las prácticas realizadas están, en su mayoría, basadas en el arranque y el frenado de las máquinas. Estos dos estados corresponden al régimen transitorio, que no se ha estudiado en profundidad. Para ofrecer una idea más real de todo lo que sucede durante el arranque y el frenado de las máquinas se decide el uso de un simulador que permite la representación de sus características en régimen transitorio.

1.6.2 SIMULACIÓN DINÁMICA

Como se anuncia en el apartado anterior el contenido de las prácticas se basa en el régimen transitorio de funcionamiento de las máquinas eléctricas. Este régimen es un punto difícil de tratar en profundidad debido a su complejidad.

Para orientar al alumno acerca del comportamiento real de la máquina en régimen dinámico se incluyen gráficos fruto de simulaciones de maniobras mediante un paquete informático.

El paquete informático usado para la simulación de maniobras es el PSIM 4.1 con el módulo de máquinas 2.0 y el módulo de control digital 1.01. El programa es comercializado por la compañía Powersim Technologies Inc. en el año 1999.

PSIM es un paquete de simulación diseñado específicamente para la simulación de electrónica de potencia y control de motores. PSIM proporciona una rápida simulación, un interfaz de usuario agradable y procesamiento gráfico de magnitudes.

El paquete informático PSIM se compone de tres programas:

- *SIMCAD*: Se encarga de la edición de esquemas de circuitos.
- *PSIM*: Usado para el cálculo de las simulaciones.
- *SIMVIEW*: Se utiliza para la obtención de gráficos.

Mediante PSIM se han obtenido los gráficos que ilustran el manual de prácticas. Estos gráficos intentan orientar al alumno sobre el patrón de comportamiento de la máquina ensayada ante la maniobra que se va a realizar. Mediante los gráficos se ofrece una visión detallada del comportamiento de la máquina en los regímenes transitorios que atraviesa durante las maniobras.

La instrumentación utilizada en el laboratorio no permite una lectura suficientemente detallada para observar el comportamiento dinámico de las máquinas en profundidad. Los gráficos ofrecidos en las prácticas servirán para complementar las observaciones prácticas realizadas.

1.7 METODOLOGÍA Y DISEÑO DE PRÁCTICAS

1.7.1 ELABORACIÓN

Las prácticas se han diseñado sobre un soporte informático. El software utilizado en la elaboración de las prácticas incluye:

- *Editor de texto*: Utilizado para la redacción del manual de prácticas.
- *Software de simulación de maniobras sobre máquinas eléctricas*: Utilizado para la simulación de las maniobras realizadas en cada práctica.
- *Hoja de cálculo*: Se ha usado para el tratamiento y la conversión en gráficos utilizables por el editor de texto de los datos obtenidos mediante el software de simulación.

- *Programa de dibujo asistido por ordenador*: Utilizado para la elaboración de los esquemas y los dibujos representativos incluidos en el manual de prácticas.
- *Software de programación del autómatas*: Utilizado para la elaboración y simulación de las prácticas y para la obtención de los esquemas de maniobra programables en el autómatas.
- *Convertidor y gestor de formatos PDF*: Se ha usado para transformar el manual de prácticas resultante en el formato estándar PDF. Esta medida se toma ante la previsión de colgar el manual de prácticas en internet.

Con el uso de las mencionadas herramientas informáticas se ha procedido a la elaboración de las prácticas. Cada práctica está dividida en varios puntos, siguiendo una estructura común a todo el manual. De esta manera se consigue una homogeneidad entre las diferentes prácticas, que si bien tratan diferentes maniobras, se estructuran de la misma manera facilitando la orientación del alumno.

Cada práctica se compone de los siguientes apartados:

- Título.
- Introducción.
- Funcionamiento.
- Componentes.
- Ensayo.
- Programación.
- Comentarios.
- Anexo.

El apartado de comentarios no se ha incluido en todas las prácticas.

Se ha procurado ordenar las prácticas de una manera meditada. Con el orden establecido se pretende obtener una familiarización progresiva del alumno con el entorno del laboratorio y las máquinas sobre las que realizará las maniobras. Para obtener este fin, se agrupan las prácticas según la máquina accionada en la maniobra y se ordenan desde la más sencilla, que permita un contacto básico con las características de la máquina, hasta la más complicada, donde se deban utilizar elementos de conexión y funcionamiento más complicados.

1.7.2 ESTRUCTURACIÓN

1.7.2.1 Título

Cada práctica está encabezada por un título explicativo. El título incluye el número de práctica y la maniobra que se tratará en ella.

1.7.2.2 Introducción

La introducción a cada práctica incluye una explicación sobre los objetivos perseguidos por la elaboración de la misma, así como algunas justificaciones básicas sobre los fines de la práctica.

En este apartado se incluye el esquema de potencia de la práctica. Sobre este esquema se realizan las observaciones oportunas para destacar la singularidad de cada práctica.

Mediante el esquema de potencia se realiza una explicación sobre el proceso de evolución que seguirá la maniobra realizada sobre la máquina y se hace un comentario sobre la función de cada uno de los contactores que intervienen en la potencia.

1.7.2.3 Funcionamiento

Este apartado incluye una serie de explicaciones sobre el funcionamiento del proceso de maniobra. Estas explicaciones junto el esquema de potencia son suficientes para la elaboración del esquema de maniobra.

Además de las explicaciones necesarias para elaborarlo, el apartado también incluye dos esquemas de maniobra en lenguaje de contactos tradicional. Uno de los esquemas se elabora con bobinas convencionales mientras que el otro se elabora con bobinas set-reset. De esta manera el alumno puede observar dos soluciones diferentes.

Es importante destacar que los esquemas de maniobra facilitados son dos de las múltiples posibles soluciones que suele tener la elaboración de cada maniobra.

1.7.2.4 Componentes

En este apartado se enumeran los diferentes componentes que serán necesarios para el montaje de la práctica.

1.7.2.5 Ensayo

En el apartado de ensayo se enumeran las actividades a llevar a cabo para considerar que una práctica se ha realizado satisfactoriamente.

Hay varios de los puntos que se repiten en todas las prácticas como la programación sobre Zelio de uno de los esquemas de maniobra facilitados, la conexión del relé programable con los elementos que intervienen en la maniobra y la conexión del esquema de potencia.

Además de los puntos comunes se incluyen otros pensados para que el alumno obtenga conclusiones sobre la realización de la práctica. En estos puntos se incluyen mediciones, elección de elementos, etc.

1.7.2.6 Programación

El apartado de programación proporciona al alumno una relación de entradas salidas del relé programable, donde se relacionan los elementos que se programarán en Zelio con los dispositivos físicos a los que representan.

1.7.2.7 Comentarios

En este punto se ofrecen explicaciones de interés sobre la práctica que se realiza.

En el apartado se suelen incluir gráficos explicativos del proceso de maniobra donde se pueden observar ejemplos obtenidos mediante la simulación con ordenador.

Mediante los gráficos se explica la reacción de la máquina ensayada a la maniobra que se va a realizar sobre ella. En algunas prácticas también se establecen comparaciones explicativas y conclusiones sobre la maniobra realizada.

1.7.2.8 Anexo

Este apartado no estará a disposición del alumno.

El anexo incluye los esquemas de maniobra en el lenguaje y la notación de Zelio resultado de la programación de los esquemas de maniobra facilitados al alumnado.

1.7.3 PRESENTACIÓN

El manual de prácticas junto con los demás documentos que componen este proyecto se presentarán en un CD con los siguientes contenidos:

- Memoria descriptiva.
- Memoria de cálculo.
- Manual de prácticas.

- Manual de usuario del relé programable Zelio de Telemecanique.
- Manual de usuario del módulo de control Easy de Klockner Möeller.
- Manual de usuario del módulo lógico LOGO! de Siemens.
- Manual de usuario del software PSIM.
- Software de programación ZelioSoft (demo).
- Software de programación EasySoft (demo).
- Software de programación LOGO!Soft (demo).
- Software de simulación de maniobras PSIM (demo).

2

MEMORIA DE CÁLCULO

ÍNDICE

2.1 Programación de pequeños PLC	3
2.1.1 Introducción	3
2.1.2 Módulo lógico LOGO! de Siemens	4
2.1.2.1 Programa resultante	4
2.1.2.2 Proceso de programación	4
2.1.3 Módulo de control Easy de Klockner Möeller.....	8
2.1.3.1 Programa resultante	8
2.1.3.2 Proceso de programación	9
2.1.4 Relé programable Zelio de Telemecanique	11
2.1.4.1 Programa resultante	11
2.1.4.2 Proceso de programación	12
2.2 Programación del relé programable Zelio mediante el software Zelio-Soft	15
2.2.1 Introducción	15
2.2.2 Interfaz gráfica	17
2.2.2.1 Barra menús desplegables (primera barra)	17
2.2.2.2 Barra iconos principales (segunda barra)	17
2.2.2.3 Barra opciones programación/visualización (tercera barra)	17
2.2.2.4 Barra opciones programación/visualización 2 (cuarta barra)	18
2.2.2.5 Pantalla central	18
2.2.2.6 Barra inferior	18
2.2.3 Barra menús desplegables	18
2.2.3.1 Menú desplegable Archivo	18
2.2.3.2 Menú desplegable Edición	21
2.2.3.3 Menú desplegable Módulo	22
2.2.3.4 Menú desplegable Transferencia	22
2.2.3.5 Menú desplegable Ver	24
2.2.3.6 Menú desplegable ?	24
2.2.4 Barras opciones programación/visualización	25
2.2.4.1 Editor Zelio	25
2.2.4.2 Editor Libre	26
2.2.4.3 Textos y etiquetas	28

2.2.4.4 Ver	28
2.2.5 Barra inferior	30
2.2.6 Programación	33
2.2.6.1 Editor Zelio	33
2.2.6.2 Editor Libre	34
2.3 Software de simulación PSIM	34
2.3.1 Introducción	34
2.3.2 Diseño de esquemas de circuitos mediante SIMCAD	35
2.3.2.1 Elementos programables	35
2.3.2.2 Elementos utilizados en las prácticas	36
2.3.2.3 Proceso de diseño con SIMCAD	38
2.3.2.4 Control de simulación	39
2.3.3 Cálculos de simulación mediante PSIM	39
2.3.3.1 Resultados obtenidos	39
2.3.3.2 Tratamiento de los resultados	40
2.3.4 Procesamiento gráfico de magnitudes mediante SIMVIEW	40
2.3.4.1 Gráficos en SIMVIEW	40
2.3.4.2 Opciones principales	41

2.1 PROGRAMACIÓN DE PEQUEÑOS PLC

2.1.1 INTRODUCCIÓN

Los pequeños autómatas se diseñan con el propósito de que sean accesibles a personas que no estén especialmente preparadas para programarlos. La notación de los esquemas, el lenguaje utilizado para la programación y el interfaz de usuario deben proporcionar la máxima facilidad de comprensión.

Se puede considerar que la programación es uno de los puntos diferenciales más importantes cuando se comparan los pequeños autómatas programables. Este es un aspecto determinante para la elección de un autómata de este tipo, ya que un usuario no familiarizado con el producto que va a comprar debe buscar la máxima simplicidad de programación.

En los diferentes apartados de este punto de la memoria, se realizará la programación de un mismo esquema de maniobra con diferentes autómatas programables. De esta manera se puede establecer una comparación sobre la dificultad que entraña la programación sobre cada PLC.

Para la programación se ha escogido un sencillo esquema de maniobra que pueda ser representativo. La *figura 15* muestra el esquema de maniobra programado. Este esquema debe conseguir que KM 1 esté conectado durante 2 segundos después de la pulsación en S1 y que pueda ser desconectado en cualquier momento.

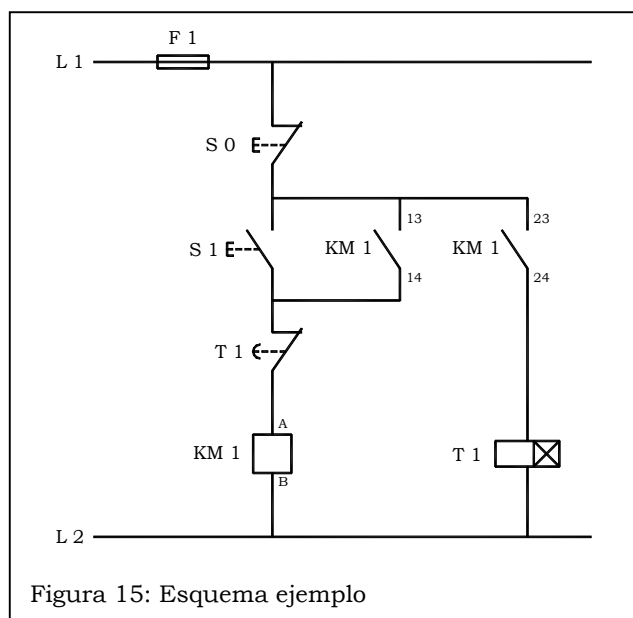


Figura 15: Esquema ejemplo

La asignación de contactos es la siguiente:

ELEMENTO	LOGO!	EASY	ZELIO
S 0	I 0	I 0	I 0
S 1	I 1	I 1	I 1
KM 1	Q 1	Q 1	Q 1
T 1	B03	T 1	T 1

El temporizador T 1 proporciona un retardo a la conexión de 2 segundos.

Para cada uno de los autómatas se tendrán en cuenta dos puntos:

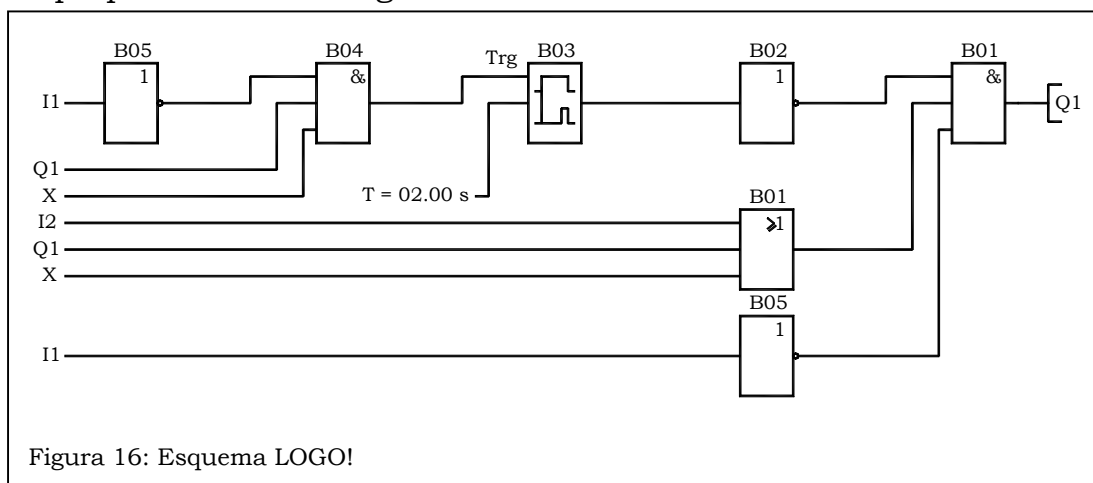
- *Programa resultante:* Ofrece el esquema programado según la notación utilizada por el autómata tanto para la programación como para la representación.

- *Proceso de programación*: Explica todos los pasos necesarios para introducir el programa en el autómata programable.

2.1.2 MÓDULO LÓGICO LOGO! DE SIEMENS

















2.1.2.1 *Programa resultante*

















En la *figura 16* se observa el esquema resultante de convertir la *figura 15* a la notación propia del módulo lógico LOGO!.






















2.1.2.2 *Proceso de programación*

ACCIÓN	COMENTARIO
	En la pantalla aparece el mensaje No Program.
	Acceso al menú principal donde el símbolo > marca Program.
	Acceso al menú de programación donde el símbolo > marca Edit prg.
	Acceso a Q1, la primera salida a programar, el cursor está situado bajo Q .
	Aceptación de Q1 como salida. Aparece el símbolo ↓ Co (contacto) con el cursor en la flecha.
	Aparece el símbolo ↓ GF (funciones básicas) con el cursor en la flecha.
	Aceptamos introducir la primera función. Aparece una función & (serie) con la denominación B01 cuya salida es Q1. El cursor parpadea en el espacio a la izquierda del símbolo &.
	Validamos la utilización de la función serie. El cursor se coloca en la primera de las tres entradas disponibles en la función.

	Aceptación de la primera entrada del bloque B01. Aparece el símbolo ↓Co con el cursor en la flecha.
	Aparece el símbolo ↓GF con el cursor en la flecha.
	Aceptación para introducir una función básica en la entrada. Aparece una función & con la denominación B02 cuya salida es B01. El cursor parpadea en el espacio a la izquierda del símbolo &..
2 VECES 	Aparece 1 (inversión) como símbolo de la función B02. El cursor está parpadeando a la izquierda de 1.
	Validamos la utilización de la función inversión. El cursor se coloca en la entrada de la función.
	Aceptación de la entrada del bloque B02. Aparece el símbolo ↓Co con el cursor en la flecha.
2 VECES 	Aparece el símbolo ↓ SF (funciones especiales).
	Validamos la introducción de la función especial. Aparece una función temporizador retardo a la conexión con la denominación B03 cuya salida es B02. El cursor parpadea sobre el símbolo superior del bloque.
	Validamos la utilización de la función temporizador retardo a la conexión. El cursor se coloca en la bajo Trg (trigger o disparo).
	Aceptamos introducir el elemento que dará la señal de activación o disparo del temporizador. Aparece el símbolo ↓Co con el cursor en la flecha.
	Aparece el símbolo ↓ GF con el cursor en la flecha.
	Aceptamos introducir la función. Aparece una función & (serie) con la denominación B04 cuya salida es B03. El cursor parpadea en el espacio a la izquierda del símbolo &.
	Validamos la utilización de la función serie. El cursor se coloca en la primera de las tres entradas disponibles en la función.
	Aceptación de la primera entrada del bloque B04. Aparece el símbolo ↓Co con el cursor en la flecha.
	Aceptación para introducir un contacto en la entrada. Aparece una x con el cursor parpadeando encima.
6 VECES 	Aparece Q1 con el cursor parpadeando sobre Q.

	Validamos Q1 como la primera entrada del bloque B04. El cursor se coloca en el espacio reservado a la segunda entrada.
	Aceptación de la segunda entrada del bloque B04. Aparece el símbolo ↓Co con el cursor en la flecha.
	Aparece el símbolo ↓ GF con el cursor en la flecha.
	Aceptación para introducir una función básica en la entrada. Aparece una función & con la denominación B05 cuya salida es B04. El cursor parpadea en el espacio a la izquierda del símbolo &..
2 VECES 	Aparece 1 (inversión) como símbolo de la función B05. El cursor está parpadeando a la izquierda de 1.
	Validamos la utilización de la función inversión. El cursor se coloca en la entrada de la función.
	Aceptación de la entrada del bloque B05. Aparece el símbolo ↓Co con el cursor en la flecha.
	Aceptación para introducir un contacto en la entrada. Aparece una x con el cursor parpadeando encima.
	Aparece I1 con el cursor parpadeando sobre I.
	Validamos I1 como la entrada del bloque B05. Aparece en pantalla el bloque B04 con la primera entrada ocupada por Q1 y la segunda por B05 en la salida está B03. En la tercera entrada aparece ? con el cursor parpadeando a su lado.
	Aceptación de la tercera entrada del bloque B04. Aparece el símbolo ↓Co con el cursor en la flecha.
	Aceptación para introducir un contacto en la entrada. Aparece una x con el cursor parpadeando encima.
	Aceptamos dejar vacío (x) el tercer contacto del bloque B04. Aparece en pantalla el bloque B03 con B04 en el trigger y B02 en la salida. El cursor se encuentra bajo la entrada T (tiempo).
	Validamos la introducción del tiempo de retardo del temporizador B03. El cursor parpadea sobre el primer 0 de la expresión T = 00.00.
 ,2 VECES 	Nos colocamos sobre la segunda cifra y la colocamos en 2 segundos.

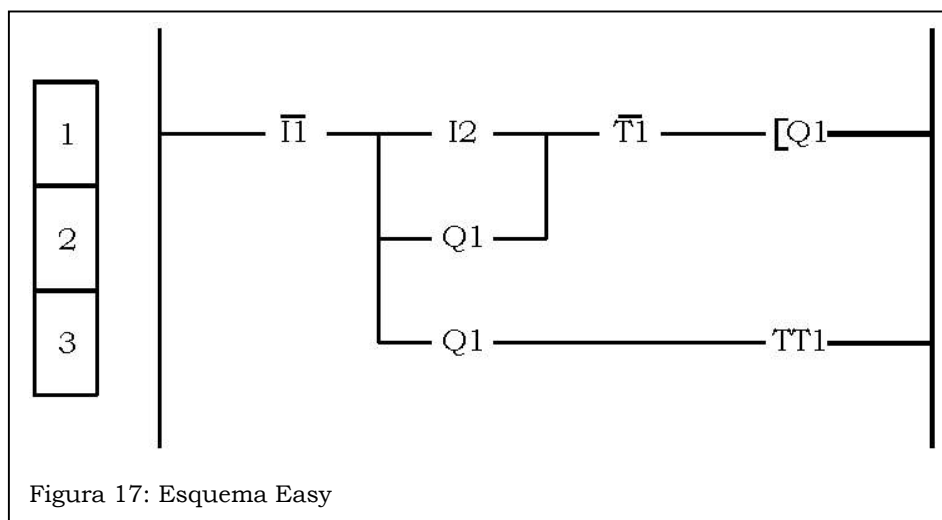
	Validación del tiempo del temporizador del bloque B03. Aparece en pantalla el bloque B01 con B02 en la primera entrada y Q1 en la salida. El cursor se encuentra en la segunda entrada.
	Aceptación de la segunda entrada del bloque B01. Aparece el símbolo $\downarrow Co$ con el cursor en la flecha.
	Aparece el símbolo $\downarrow GF$ con el cursor en la flecha.
	Aceptación para introducir una función básica en la entrada. Aparece una función $\&$ con la denominación B06 cuya salida es B01. El cursor parpadea en el espacio a la izquierda del símbolo $\&$.
	Aparece el símbolo ≥ 1 (paralelo) con el cursor parpadeando bajo \geq .
	Validamos la utilización de la función paralelo. El cursor se coloca en la primera de las tres entradas disponibles en la función a la izquierda de $\&$.
	Aceptación de la primera entrada del bloque B06. Aparece el símbolo $\downarrow Co$ con el cursor en la flecha.
	Aceptación para introducir un contacto en la entrada. Aparece una x con el cursor parpadeando encima.
2 VECES 	Aparece I2 con el cursor parpadeando sobre I.
	Aceptación de I2 en la primera entrada del bloque B06. El cursor se coloca en la segunda entrada de B06 a la izquierda de $\&$.
	Aceptación de la segunda entrada del bloque B06. Aparece el símbolo $\downarrow Co$ con el cursor en la flecha.
	Aceptación para introducir un contacto en la segunda entrada. Aparece una x con el cursor parpadeando encima.
6 VECES 	Aparece Q1 con el cursor parpadeando sobre Q.
	Validamos Q1 como la segunda entrada del bloque B06. El cursor se coloca en el espacio reservado a la tercera entrada, a la izquierda de $\&$.
	Aceptación de la tercera entrada del bloque B06. Aparece el símbolo $\downarrow Co$ con el cursor en la flecha.
	Aceptación para introducir un contacto en la tercera entrada. Aparece una x con el cursor parpadeando encima.

OK	Aceptamos dejar vacío (x) el tercer contacto del bloque B06. Aparece en pantalla el bloque B01 con B02 en la primera entrada, B06 en la segunda y Q1 en la salida. El cursor se encuentra en el espacio de la tercera entrada, a la izquierda de ?.
OK	Aceptación de la tercera entrada del bloque B01. Aparece el símbolo \downarrow Co con el cursor en la flecha.
	Aparece el símbolo \downarrow BN con el cursor en la flecha
OK	Aceptación para introducir un bloque en la tercera entrada. Aparece el bloque B01 con el cursor parpadeando sobre la B.
2 VECES 	Aparece B05 (I1 negado) con el cursor sobre la B.
OK	Aceptamos B05 como la entrada del tercer contacto del bloque B01. Aparece en pantalla La salida Q1 alimentada por el bloque B01. El cursor se encuentra bajo Q.
ESC	Vuelve al menú de programación donde el símbolo > marca Edit prg.
ESC	Vuelve al menú principal donde el símbolo > marca Program.
2 VECES 	> marca Start .
OK	Puesta del módulo lógico en start.


















2.1.3 MÓDULO DE CONTROL EASY DE KLÖCKNER MOELLER







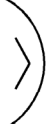










2.1.3.1 *Programa resultante*





















En la *figura 17* se observa el esquema resultante de convertir la *figura 15* a la notación propia del módulo de control Easy.



2.1.3.2 Proceso de programación

ACCIÓN	COMENTARIO
	La primera vez que se inicializa Easy aparece la pantalla de selección de idioma donde seleccionaremos el idioma deseado mediante las teclas de desplazamiento.
	Acceso a la pantalla de estado.
	Acceso al menú de programación donde está resaltado Programa...
	Acceso al menú de programación donde está resaltado Programa.
	Acceso al esquema a introducir. El display está en blanco.
	Aparece I1 con la I resaltada.
	Cambiamos el contacto a NC.
	El cursor se desplaza al 1.
	Aceptación del primer contacto I1 . El cursor se desplaza al lugar del siguiente contacto, quedando I1 como primer contacto.
	Aparece I1 con la I resaltada en el espacio del segundo contacto.
	Aceptamos introducir un contacto. El cursor se desplaza al 1.
	Cambiamos de 1 a 2
	Aceptación de I2 como segundo contacto en serie. El cursor aparece en el lugar del tercer contacto y aparece una línea horizontal entre I1 e I2 .
	Aparece I1 con la I resaltada en el espacio del tercer contacto.
2 VECES 	Aparece T1 con la T resaltada.
	Cambiamos el contacto de temporizador a NC.
	Validamos el contacto de temporizador negado T1 . El cursor se coloca sobre el número del contacto.
	Validamos 1 como número del contacto del temporizador. Aparece la pantalla de parámetros del temporizador T1 con retardo a la conexión (X). El cursor se encuentra sobre la T del temporizador.

	Nos situamos sobre la cifra de unidades que aparece en el campo T.
2 VECES 	Aumentamos las unidades hasta 2 para que el temporizador tenga un retardo de 2 segundos.
2 VECES 	Validamos el temporizador. Aparece una línea horizontal entre I2 y $\bar{T}1$. El cursor pasa a la última posición de la primera línea del esquema donde se debe colocar una bobina.
	Validamos la última posición. Aparece el símbolo de bobina convencional y la bobina Q1 con la Q resaltada.
	Validamos Q y el cursor se desplaza a 1.
	Validamos Q1 como bobina. $\bar{T}1$ y el símbolo de bobina se unen por una línea horizontal. El cursor se desplaza a la primera posición de la segunda línea.
	El cursor se desplaza a la segunda posición de la segunda línea.
	Aparece I1 con la I resaltada en el espacio del segundo contacto.
	Cambiamos I por Q.
	Validamos la entrada correspondiente a una bobina. El cursor se encuentra sobre 1.
	Validamos la entrada correspondiente a Q1 .
	Aparece un símbolo con una flecha en la posición del cursor. Este símbolo se utiliza para dibujar conexiones.
	Conectamos la parte derecha de Q1 con la línea 1.
	Nos desplazamos hacia la segunda posición de la tercera línea.
	Aparece I1 con la I resaltada en el espacio del segundo contacto.
	Cambiamos I por Q.
	Validamos la entrada correspondiente a una bobina. El cursor se encuentra sobre 1.

	Validamos la entrada correspondiente a Q1 . El cursor se encuentra en la tercera posición de la línea 3.
	Nos desplazamos sobre el contacto Q1 que acabamos de crear.
   	Unimos la parte derecha de los dos contactos q1 con la línea 1.
   	Nos situamos en la tercera posición de la línea 3.
  	Dibujamos una línea hasta la última posición de la tercera línea. El cursor parpadea sobre est última posición.
	Validamos la última posición. Aparece el símbolo de bobina convencional y la bobina Q1 con la Q resaltada.
	Aparece el símbolo TT1 correspondiente a la activación de l temporizador T1.
2 VECES 	Validamos el temporizador y su número.
	Salimos de la pantalla de introducción del esquema hacia la pantalla de menú de programación.
 	Nos situamos sobre RUN y activamos el módulo. La palabra RUN cambia a STOP .
	Salimos a la pantalla de estado donde se puede comprobar como actúan entradas y salidas.

2.1.4 RELÉ PROGRAMABLE ZELIO DE TELEMECANIQUE






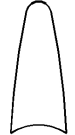




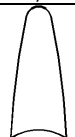

2.1.4.1 *Programa resultante*















En la *figura 18* se observa el esquema resultante de convertir la *figura 13* a la notación propia del módulo de control Zelio.

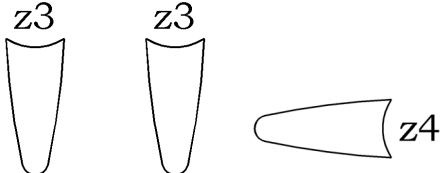

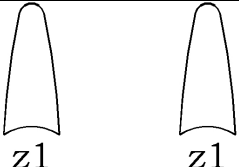
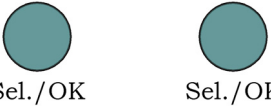


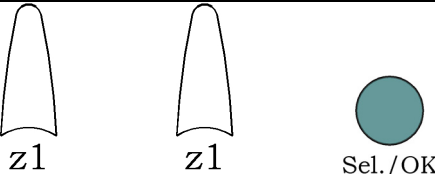
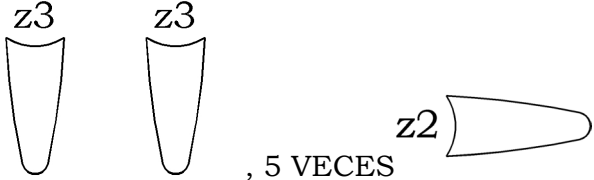

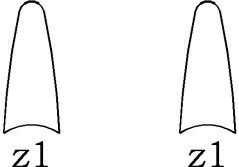
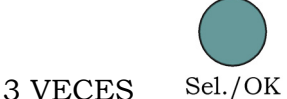
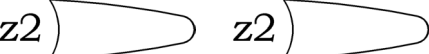

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	i 1	I 2	T 1	[Q 1	
02		Q 1			
03		Q 1	TT 1		


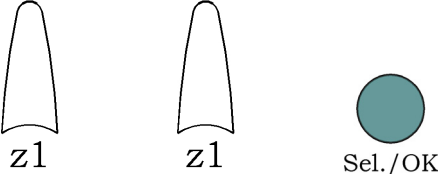
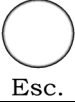
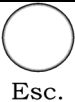
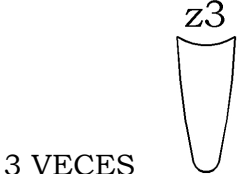


Figura 18: Esquema Zelio

2.1.4.2 Proceso de programación

ACCIÓN	COMENTARIO
	Zelio se inicializa con la pantalla de selección de idioma. Con las teclas de navegación nos desplazaremos hacia arriba y hacia abajo hasta que el símbolo > indique el idioma deseado. Pulsamos OK y el idioma seleccionado queda marcado con un rombo.
 Esc.	Acceso a la pantalla de regulación del reloj.
 Esc.	Acceso a la pantalla de estado.
 Sel./OK	Acceso al menú principal donde parpadea PROGRAM..
 Sel./OK	Acceso a la pantalla de introducción del esquema de maniobra. Durante unos instantes aparece LINE 1, después queda la pantalla en blanco con el cursor parpadeando.
 Sel./OK	Introducción del primer contacto en la primera posición. Aparece I1 con la I parpadeando.
 z1	Cambiamos I por i.
 Sel./OK	Validamos el contacto. Parpadea el número.
 Sel./OK	Validamos el primer contacto como i1 . El cursor se sitúa en la segunda posición de la primera línea.
 Sel./OK	Validamos la introducción del segundo contacto. Aparece I1. I parpadea
 Sel./OK	Validamos I. El número 1 parpadea.
 z1	Cambiamos 1 por 2.
 Sel./OK	Validamos el segundo contacto como I2 . Aparece una línea horizontal entre i1 e I2. El cursor se sitúa en la tercera posición de la línea 1.

 Sel./OK	Validamos la introducción del tercer contacto. Aparece I1. I parpadea.
7 VECES  z1	Cambiamos I por t.
 Sel./OK	Validamos el contacto NC del temporizador. Parpadea el número 1.
 Sel./OK	Validamos el tercer contacto como t1 . Aparece una línea horizontal entre I2 y t1. El cursor se desplaza a la última posición de la línea 1 donde debe ir una bobina.
 Sel./OK	Validamos la introducción de bobina. Aparece el símbolo de bobina convencional acompañado de Q1. Parpadea Q.
3 VECES  Sel./OK	Validamos Q, el número 1 y el símbolo de bobina. Queda como salida de la primera línea Q1 . Ha aparecido una línea horizontal entre t1 y el símbolo de bobina. Al cursor se desplaza a la primera posición de la segunda línea.
2 VECES  z2	Desplazamos el cursor a la segunda posición de la segunda línea.
 Sel./OK	Validamos la introducción del segundo contacto de la línea 2. Aparece I1. I parpadea
2 VECES  z1	Cambiamos I por Q.
2 VECES  Sel./OK	Validamos el contacto q y el número 1. En la segunda posición de la segunda línea queda el contacto Q1 . El cursor se sitúa en la tercera posición de la segunda línea.
 z4	Retrocedemos hacia la posición intermedia posterior al contacto que acabamos de validar. El cursor parpadea con forma de redonda.
 Sel./OK	Validamos la introducción de un línea de unión. El cursor parpadea con forma de cruz (+).
 z1  Sel./OK	Unimos la parte derecha de 1 contacto segundo de la línea 2 con la línea horizontal que une I2 y t1.El cursor vuelve a parpadear con forma de redonda.

	Desplazamos el cursor hasta la segunda posición de la tercera línea.
	Validamos la introducción del segundo contacto de la línea 3. Aparece I1. I parpadea
	Cambiamos I por Q.
	Validamos el contacto Q y el número 1. En la segunda posición de la segunda línea queda el contacto Q1 . El cursor se sitúa en la tercera posición de la segunda línea.
	Desplazamos el cursor hacia la posición intermedia anterior al último contacto colocado. El cursor parpadea con forma de redonda.
	Validamos la introducción de un línea de unión. El cursor parpadea con forma de cruz (+).
	Unimos las partes izquierdas de los contactos Q1 con la línea horizontal que une i1 e I2. El cursor vuelve a parpadear con forma de redonda.
	Desplazamos el cursor hasta la última posición de la tercera línea donde parpadea en forma de cuadrado.
	Validamos la introducción de bobina. Aparece el símbolo de bobina convencional acompañado de Q1. Parpadea Q.
	Aparece el símbolo TT (temporizador con retardo a la conexión) acompañado del número 1.
	Validamos la introducción del temporizador, su número y su tipo (T). Entramos en la pantalla de parametrización del temporizador T1 .
	Nos desplazamos hasta la cifra de decenas del campo t.
	Validamos la introducción del tiempo de retardo del temporizador.

	Nos situamos en la cifra de las unidades.
	Aumentamos el tiempo a 2 segundos y validamos. El cursor se sitúa sobre un candado abierto.
	Salimos de la pantalla de parametrización del temporizador. En la línea 3 ha quedado como salida TT1 .
	Salimos de la pantalla de programación al menú principal.
	Nos desplazamos hasta RUN/STOP .
	Entramos en una pantalla con el mensaje RUN PROG. La opción SI está marcada.
	Ponemos el relé programable en modo RUN. Estamos en la pantalla de estado donde veremos el comportamiento de las entradas y las salidas.

2.2 PROGRAMACIÓN DEL RELÉ PROGRAMABLE ZELIO MEDIANTE EL SOFTWARE ZELIO-SOFT

2.2.1 INTRODUCCIÓN

Zelio-Soft es el software de programación diseñado por Telemecanique para realizar la programación del relé programable Zelio desde un PC.

La versión comentada en este apartado es Zelio-Soft versión 1.4 con copyright del 2000.

El programa se inicia con una pequeña pantalla de presentación donde constan todos los datos informativos del software.

Después de unos segundos la pantalla desaparece y nos encontramos ante una ventana de entorno Windows con las opciones:

- *Crear un nuevo programa:* Al seleccionar esta opción se abre la pantalla mostrada en la *figura 19* donde deberemos seleccionar el modelo de Zelio que deseamos programar. En la mitad superior de la pantalla aparece una tabla con los modelos disponibles y algunas características básicas. En la mitad

inferior aparece la información del modelo escogido dispuesta de una manera más comprensible, junto con una fotografía del modelo. No para todos los modelos aparece la fotografía. Una vez validamos el modelo que deseamos programar, Zelio-Soft abre un nuevo archivo denominado Zelio y pasamos a la pantalla editor Zelio/programación de Zelio-Soft donde podemos programar el módulo seleccionado. En el display de la representación de Zelio aparece la primera pantalla de selección de idioma.

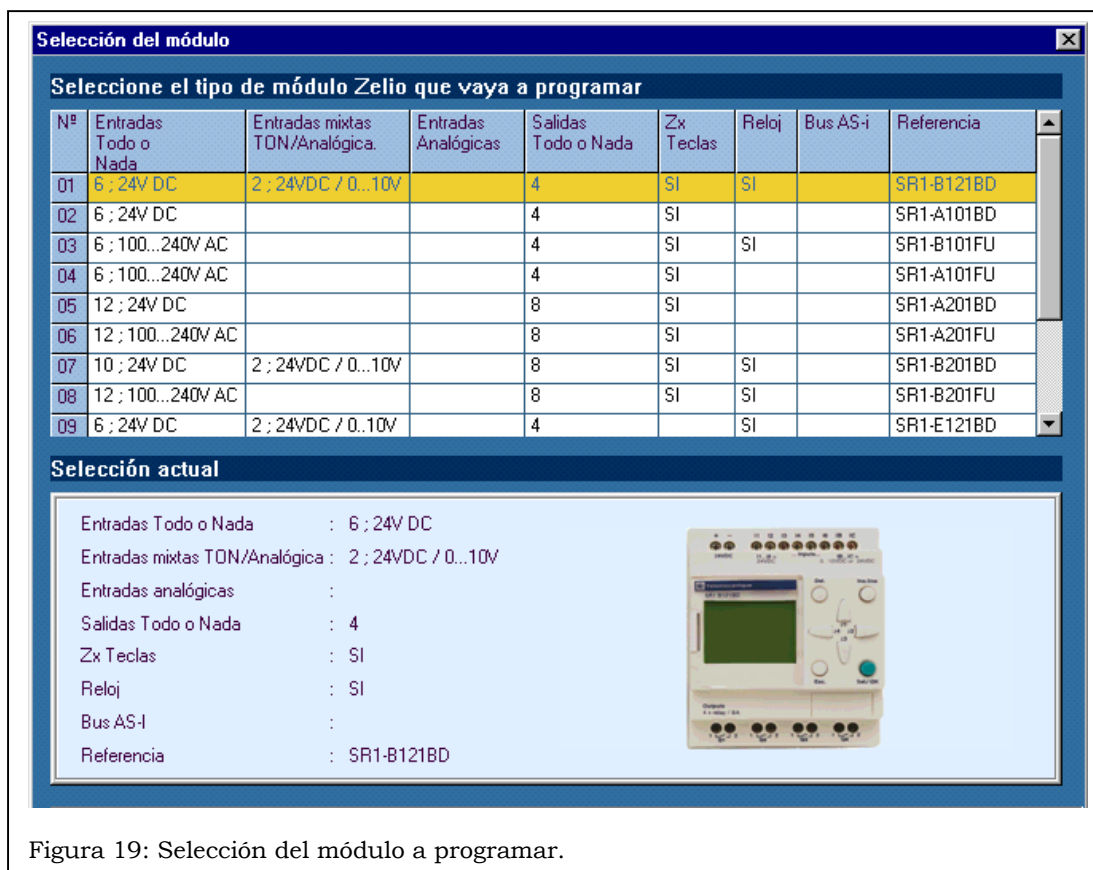


Figura 19: Selección del módulo a programar.

- *Abrir un programa existente:* Cuando se valida esta opción aparece una ventana de Windows que permite explorar el PC en busca del programa que deseamos abrir. Una vez seleccionado y validado el programa que deseamos recuperar, se pasa a la pantalla editor Zelio/programación de Zelio-Soft. En el display de la representación del relé programable aparece el programa almacenado en el archivo que hemos seleccionado.

- *Descargar un programa desde un módulo:* Al escoger esta opción aparece una ventana donde se representan el PC y el relé programable con un cable que los conecta. La pantalla pretende cerciorarse de nuestra elección. Si volvemos a aceptar aparece una pantalla con dos barras denominadas proceso global e inicialización de la transferencia. Las barras se van coloreando y aumenta el número de porcentaje que se encuentra dentro de ellas a medida que se realiza la descarga del programa desde el módulo. Al finalizar la descarga aparece una ventana de aceptación y seguidamente se pasa a la pantalla editor Zelio/programación de Zelio-Soft donde en el display aparece el programa que se ha transferido desde el relé programable.

2.2.2 INTERFAZ GRÁFICA

Zelio-Soft es un software integrado sobre Windows, por lo tanto es necesario disponer de este sistema operativo instalado en el PC para poder instalar Zelio-Soft.

2.2.2.1 *Barra menús desplegables (primera barra)*

La interfaz gráfica de Zelio dispone de la clásica barra superior de menús desplegables que aparece en la mayoría de software basado en Windows.

La *figura 20* muestra la barra de menús desplegables de Zelio.

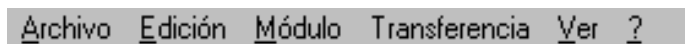








Figura 20: Barra de menús desplegables

2.2.2.2 *Barra iconos principales (segunda barra)*

Debajo de la barra de menús desplegables se encuentra la barra de iconos de funciones principales. Se disponen los siguientes iconos:

ICONO	FUNCIÓN
	<i>Nuevo</i> - Abre un nuevo programa.
	<i>Abrir</i> - Abre un programa existente.
	<i>Guardar</i> - Guarda un programa Zelio.
	<i>Imprimir</i> - Da acceso al menú de impresión.
	<i>Coherencia</i> - Contrasta la coherencia del programa.
	<i>Ayuda</i> - Proporciona acceso a la ayuda de Zelio.

Zelio-Soft incluye una opción de ayuda a la utilización de iconos. Si mantenemos el puntero del ratón unos segundos sobre un icono aparece una pequeña ventana explicativa de la función del icono. Además, el puntero del ratón cambia de forma al pasar por encima de un icono cuya acción se encuentra disponible.

2.2.2.3 *Barra opciones programación/visualización (tercera barra)*

Situada en la parte superior, en la tercera barra de Zelio se encuentran opciones de programación y visualización propias del programa.

Las opciones permiten tratar un mismo programa desde diferentes visualizaciones y modos de programación.

La *figura 21* muestra las opciones disponibles en la tercera barra de Zelio-Soft.

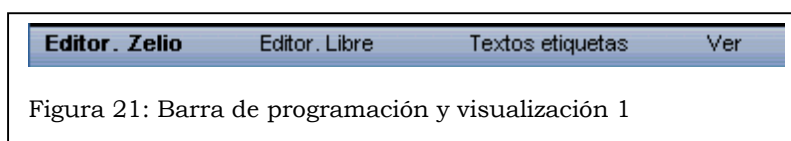


Figura 21: Barra de programación y visualización 1

2.2.2.4 Barra opciones esquema programación/ visualización 2 (cuarta barra)

Situada en la parte superior, en la cuarta barra se encuentran las opciones disponibles para la programación y visualización del esquema programado.

Estas opciones se encuentran vinculadas a la opción escogida en la tercera barra.

La *figura 22* muestra las opciones de la cuarta barra de Zelio-Soft.

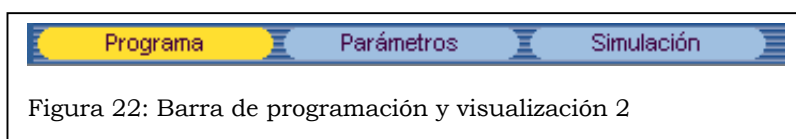


Figura 22: Barra de programación y visualización 2

2.2.2.5 Pantalla central

La pantalla central de Zelio-Soft es el espacio donde se llevan a cabo las acciones principales de Zelio-Soft como la programación, la parametrización, etc.

2.2.2.6 Barra inferior

Ocupa la parte inferior de la pantalla de Zelio-Soft. En ella se indican la cantidad de líneas de esquema ocupadas por el programa en curso mediante una barra que se va coloreando a medida que se ocupan nuevas líneas. En la parte derecha se observa el modelo de módulo Zelio que se está programando.

La *figura 23* muestra la barra inferior de Zelio-Soft.



Figura 23: Barra inferior

2.2.3 BARRA MENÚS DESPLEGABLES

2.2.3.1 Menú desplegable Archivo

Las opciones incluidas en este menú inciden sobre la gestión de archivos y la impresión.

Al pulsar en el campo Archivo de la barra de menús desplegables aparecen las siguientes opciones:

- *Nuevo*: La acción se puede realizar directamente presionando **Ctrl+N**. Permite programar un nuevo esquema de mando. Al seleccionar esta opción se abre la pantalla de la *figura 19* donde deberemos seleccionar el modelo de Zelio que deseamos programar. En la mitad superior de la pantalla aparece una tabla con los modelos disponibles y algunas características básicas. En la mitad inferior aparece la información del modelo escogido dispuesta de una manera más comprensible junto con una fotografía del modelo. No en todos los modelos aparece la fotografía. Una vez validamos el modelo que deseamos programar, pasamos a la pantalla editor Zelio/programación de Zelio-Soft donde podemos programar el módulo seleccionado. En el display de la representación de Zelio aparece la primera pantalla de selección de idioma.
- *Abrir...*: La acción se puede realizar directamente presionando **Ctrl+O**. Permite abrir un programa ya existente almacenado previamente. Cuando se valida esta opción aparece una ventana de Windows que permite explorar el PC en busca del programa que deseamos abrir. Una vez seleccionado y validado el programa que deseamos recuperar, se pasa a la pantalla editor Zelio/programación de Zelio-Soft. En el display de la representación del relé programable aparece el programa almacenado en el archivo que hemos seleccionado.
- *Guardar*: La acción se puede realizar directamente presionando **Ctrl+S**. Guarda el archivo en uso con la misma ruta que tenía dentro de la memoria del ordenador. Si no habíamos guardado el archivo previamente realiza la misma acción que la opción Guardar como...
- *Guardar como...*: Esta opción permite guardar el archivo en uso con la ruta dentro de la memoria del ordenador que nosotros especifiquemos. Cuando se valida esta opción aparece una ventana de Windows que permite explorar el PC en busca de la ruta donde deseamos guardar el archivo y guardarlo con el nombre deseado. Si el archivo se guarda por primera vez (es nuevo) Zelio-Soft ofrece una ruta y nombre por defecto, si el archivo no es nuevo Zelio-Soft ofrece por defecto la ruta donde se había guardado con anterioridad. Esta opción es útil para guardar archivos nuevos o para guardar modificaciones realizadas sobre archivos creados previamente.
- *Presentación preliminar*: Se abre una ventana de aceptación que permite visualizar la presentación preliminar de las páginas del archivo en uso que Zelio-Soft enviará a imprimir.
- *Imprimir...*: La acción se puede realizar directamente presionando **Ctrl+S**. La opción da acceso a la pantalla de impresión donde se puede escoger la configuración de la impresora donde se imprimirán las páginas seleccionadas correspondientes al archivo en uso.

- *Imprimir la carpeta...*: Al escoger esta opción aparece una pantalla de selección con diferentes campos marcados. En esta pantalla podemos escoger en qué tipo de representación se imprimirá el programa almacenado en el archivo y qué documentos relacionados con el programa imprimiremos. Al validar la ventana se inicia la impresión de los campos marcados. La *figura 24* muestra las opciones disponibles en la ventana imprimir carpeta.

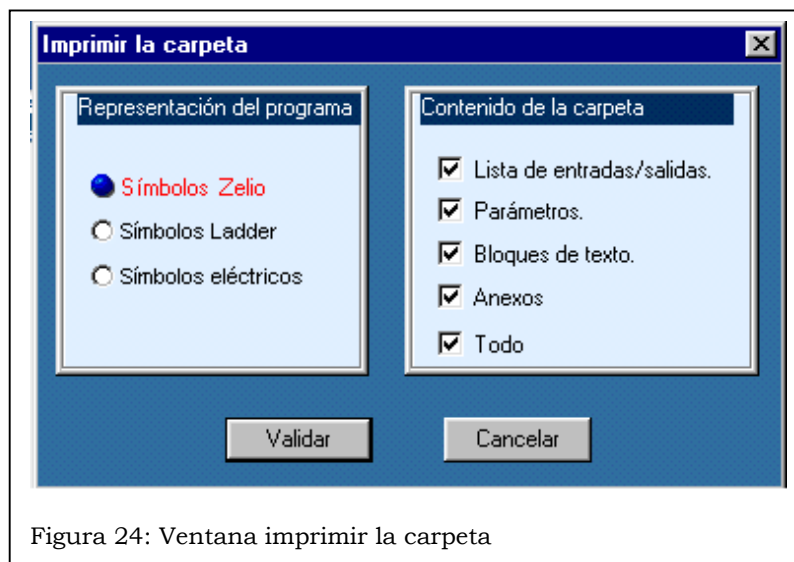


Figura 24: Ventana imprimir la carpeta

- *Personalizar la carpeta...*: Permite personalizar la información que aparece en las páginas impresas. En la *figura 25* observamos los campos que permite personalizar la ventana.

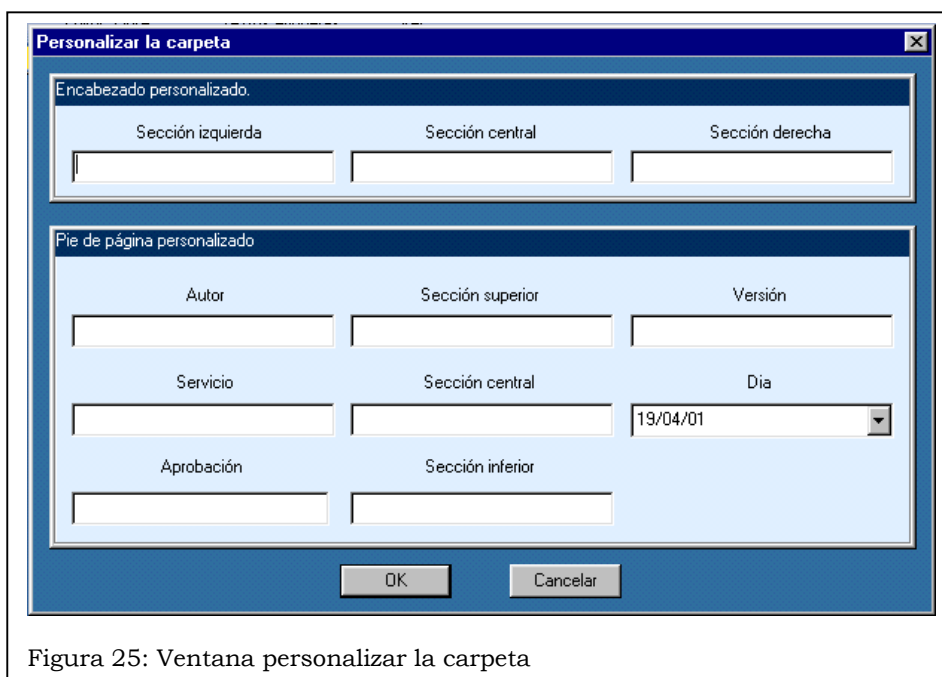


Figura 25: Ventana personalizar la carpeta

- *Configuración de la impresión*: Da acceso a la pantalla donde se puede configurar la impresora y el papel que se utilizará para la impresión del archivo. Al aceptar las configuraciones de esta pantalla se inicia la impresión.

- *Acceso a los últimos archivos abiertos:* Bajo la opción configuración de la impresora aparecen cuatro líneas con el nombre de los cuatro últimos archivos consultados. Al pulsar sobre uno de los nombres, Zelio-Soft abre el archivo a que designa. Esta opción permite el acceso rápido a los últimos archivos a los que se ha accedido.

- *Salir:* Al pulsar sobre esta opción se sale del programa Zelio-Soft.

2.2.3.2 Menú desplegable Edición

Este menú incluye las opciones relacionadas con la edición del programa. Para más información sobre algunas de estas opciones consultar el apartado dedicado a las **barras de programación/visualización**.

Al pulsar en el campo Edición de la primera barra se despliega un menú en el que aparecen las siguientes opciones:

- *Editor Zelio:* Al poner el puntero del ratón sobre esta opción, nos da acceso a tres opciones más relacionadas con el editor Zelio:

a) *Programa:* Si seleccionamos esta opción accedemos directamente al programa en el editor Zelio.

b) *Parámetros:* Da acceso directo a la parametrización del programa introducido mediante el editor Zelio.

c) *Simulación:* Pasa a la pantalla de simulación mediante el editor Zelio.

- *Editor libre:* Al poner el puntero del ratón sobre esta opción, nos da acceso a tres opciones más relacionadas con el editor libre:

a) *Programa:* Si seleccionamos esta opción accedemos directamente a la programación mediante el editor libre.

b) *Parámetros:* Da acceso directo a la parametrización del programa introducido mediante el editor libre.

c) *Simulación:* Activa la simulación mediante el editor libre.

- *Prueba de coherencia:* Mediante el uso de esta opción Zelio-Soft repasa el programa realizado y muestra una pantalla con los posibles fallos realizados teniendo en cuenta la coherencia del programa.

- *Identificación de entradas/salidas:* Esta opción permite la edición de las “etiquetas” que se pueden utilizar para identificar las entradas y salidas programadas.

- *Definición de bloques de texto:* Se utiliza para editar los bloques de texto programables y los comentarios asociados a las entradas y salidas utilizadas en el programa.
- *Cortar:* La acción se puede realizar directamente presionando **Ctrl+X**. Permite cortar la selección, es decir, suprime lo seleccionado y lo guarda en la memoria del portapapeles de Windows.
- *Copiar:* La acción se puede realizar directamente presionando **Ctrl+C**. Permite copiar la selección en la memoria del portapapeles de Windows.
- *Pegar:* La acción se puede realizar directamente presionando **Ctrl+V**. Permite pegar la selección almacenada en la memoria del portapapeles de Windows en el lugar ocupado por el cursor.

2.2.3.3 Menú desplegable Módulo

Este menú incluye las opciones relacionadas con el módulo de Zelio escogido para la programación.

Si se selecciona el campo Módulo de la primera barra se despliega un menú con las siguientes opciones:

- *Selección del módulo...:* Permite cambiar el módulo de Zelio que se está programando mediante la pantalla de selección de la *figura 19*.
- *Configuración del módulo:* La opción da acceso a la pantalla mostrada en la *figura 26* donde se pueden modificar las características básicas del módulo Zelio que se está programando.
- *Regulación del Reloj:* La elección de esta opción da acceso a una ventana que permite escoger la fecha, la hora y la estación registrada por el reloj del módulo programable.

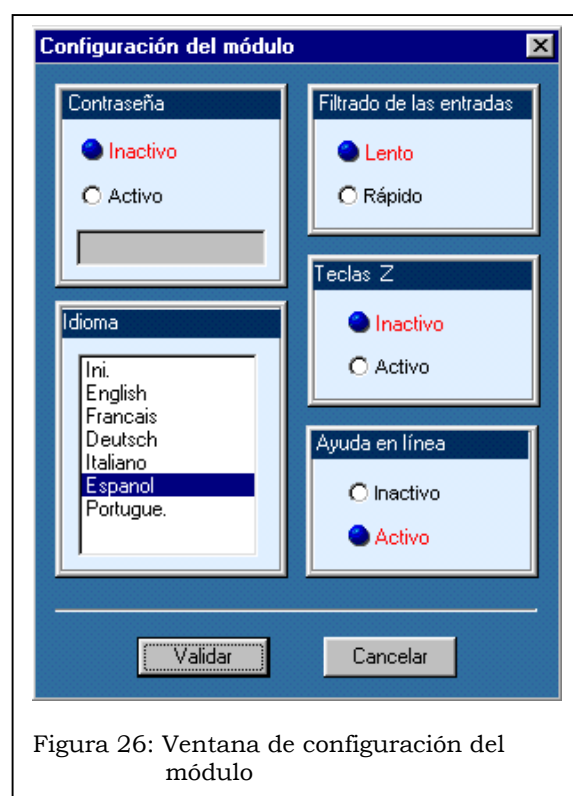


Figura 26: Ventana de configuración del módulo

2.2.3.4 Menú desplegable Transferencia

En el menú se disponen las opciones relacionadas con la transferencia de datos con el relé programable.

Al pulsar en el campo Transferencia de la primera barra se despliega un menú en el que aparecen las siguientes opciones:

- *Transferir programa*: Al poner el puntero del ratón sobre el enunciado aparece un sub-menú con las siguientes opciones:

a) *PC -> Módulo*: Realiza la transferencia del programa abierto en el PC hacia el relé programable. Durante la transferencia aparece una pantalla de control.

b) *Módulo -> PC*: Realiza la transferencia del programa abierto en el PC hacia el relé programable. Al escoger la opción aparece una pantalla de aceptación. Durante la transferencia aparece una pantalla de control.

- *Transferir parámetros*: Esta opción permite la transferencia de los parámetros de un programa desde un relé programable. Durante la transferencia vemos una pantalla de control. Una vez se realiza la transferencia aparece una pantalla que muestra los parámetros transferidos.

- *Run Módulo*: Hace que el relé programable conectado al ordenador pase a modo Run.

- *Stop Módulo*: Cambia el modo de funcionamiento del relé programable conectado con el PC a Stop.

- *Borrar Programa*: Permite borrar el programa del relé programable conectado con el PC.

- *Configuración puerto COM...*: Con esta opción se puede configurar el puerto de comunicaciones que se utilizará para conectar el relé programable. Al pulsar sobre la opción da acceso a una pantalla donde se puede elegir el puerto de comunicaciones que se desea utilizar. Esta ventana cuenta con una opción denominada **Avanzado>>** que da acceso a la ventana de propiedades avanzadas del puerto seleccionado que muestra la *figura 27*. Esta ventana permite cambiar algunas opciones relacionadas con el puerto de comunicaciones escogido.



Figura 27: Ventana configuración avanzada del puerto de comunicaciones.

2.2.3.5 Menú desplegable Ver

Este menú incluye las opciones de visualización. Para más información sobre algunas de estas opciones consultar el apartado dedicado a las **barras de programación/visualización**.

La pulsación en el campo Ver de la barra de menús desplegables abre un menú en el que aparecen las siguientes opciones:

- *Programa*: Contiene las opciones de visualización del programa que se ha realizado. Al poner el puntero del ratón sobre el enunciado aparece un sub-menú con las siguientes opciones:
 - a) *Símbolos Zelio*: Abre una pantalla que permite la visualización del programa en la notación del relé programable Zelio.
 - b) *Símbolos Ladder*: Abre una pantalla que permite la visualización del programa en la notación Ladder.
 - c) *Símbolos eléctricos*: Abre una pantalla que permite la visualización del esquema eléctrico con símbolos convencionales que corresponde al programa realizado.
- *Barra de herramientas*: Una pulsación en este campo selecciona o deja sin seleccionar la opción. Mientras está seleccionada la pantalla cuenta con las barras de iconos principales, programación visualización y opciones del programa. Cuando no está seleccionada las barras citadas desaparecen de la pantalla.
- *Barra de estado*: Una pulsación en este campo selecciona o deja sin seleccionar la opción. Mientras está seleccionada la pantalla cuenta con barra inferior. Cuando no está seleccionada esta barra desaparece.
- *Idioma de Zelio-Soft...*: La opción da acceso a una pantalla donde aparecen las banderas de los países junto a los nombres de los idiomas en que se puede visualizar el entorno de Zelio-Soft. Los idiomas disponibles son inglés, francés, italiano, castellano y portugués.

2.2.3.6 Menú desplegable ?

Este es el menú de ayuda e información. Las opciones de que dispone son:

- *Ayuda Zelio-Soft*: Pone en marcha la ventana de la ayuda del programa donde se pueden consultar los contenidos y las funciones del software.
- *Buscar...*: Da acceso a una ventana denominada **Temas de ayuda: Ayuda Zelio-Soft** donde existe un índice de temas y opciones de personalización de la búsqueda.

- *Acerca de Zelio-Soft...*: Muestra la pantalla de presentación con los datos del software Zelio-Soft.

2.2.4 BARRAS OPCIONES PROGRAMACIÓN/VISUALIZACIÓN

2.2.4.1 *Editor Zelio*

Mientras la opción Editor Zelio permanece activada aparece una consola gráfica como la mostrada en la *figura 28*, que imita el frontal del módulo de Zelio que se ha escogido para programar.

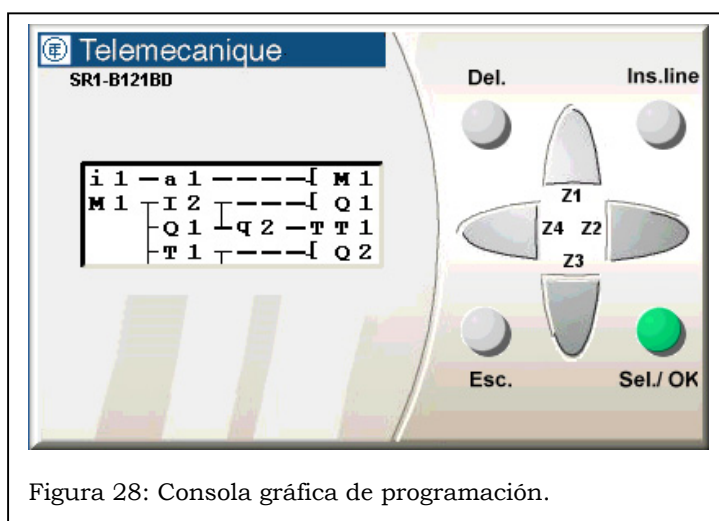


Figura 28: Consola gráfica de programación.

Esta consola es una interfaz gráfica de actuación creada a semejanza del frontal de Zelio. Las teclas y el display poseen la misma funcionalidad que en el relé. Se puede considerar la interfaz como el módulo Zelio que se está programando puesto que Zelio-Soft nos permite simular sobre el gráfico todas las acciones que realizaríamos sobre un relé programable.

Cuando Editor Zelio está activado, en la **barra de opciones de programación y visualización 2** aparecen las siguientes opciones:

- *Programa*: Permite actuar sobre el módulo a programar como si se tratase del relé programable. Podemos realizar todas las acciones que permite el módulo que estamos programando y disponer de todas las opciones de que dispone actuando sobre el módulo que aparece en pantalla. Las teclas y el display actúan como en la programación de un módulo real.
- *Parámetros*: Da acceso directo, a través del display, a la pantalla de parametrización del esquema de contactos programado en el módulo. Podemos realizar esta acción desde Programa accediendo al menú principal del módulo y escogiendo la opción de parametrizar.
- *Simulación*: Aparece la pantalla de simulación con el módulo programado situado en la parte superior izquierda de la pantalla central. El display se

encuentra en la pantalla de estado. En la parte superior derecha encontramos dos iconos que simulan la puesta en run o en stop. Para una información más detallada consultar el apartado dedicado a la **barra inferior**.

Las opciones de Editor Zelio también son accesibles desde la opción Editor Zelio del **menú desplegable Edición**.

2.2.4.2 Editor Libre

Proporciona todas las opciones de programación del módulo sobre plantillas que se pueden programar con varias simbologías.

Mientras Editor Libre está activado, en la **barra de opciones de programación y visualización 2** aparecen las siguientes opciones:

- *Programa*: Cuando la opción está activada la pantalla central permanece ocupada por una plantilla como la mostrada en la *figura 29*, sobre la que se dibuja el esquema de contactos programado.

























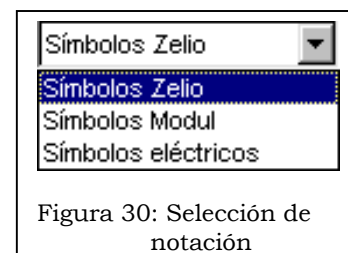
Nº	Contacto 1	Vínculo 1	Contacto 2	Vínculo 2	Contacto 3	Vínculo 3	Bobina	Notas
01								
02								
03								
04								
05								
06								

Figura 29: Plantilla de editor Libre










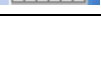
La plantilla se dispone en forma de tabla. En las columnas se encuentran los campos correspondientes a los contactos, los vínculos, la bobina y los comentarios. Las filas corresponden a las líneas del esquema de contactos.

Cuando nos encontramos dentro de esta opción, en la parte inferior de la pantalla aparece una barra que permite escoger los elementos a programar e introducir las notas que se crean necesarias para cada elemento.

La barra se compone de un pequeño menú desplegable como el mostrado en la *figura 30* junto con unos iconos. El menú permite seleccionar la simbología o notación de la representación escogida para todas las opciones incluidas en Editor Libre. Para más información consultar el punto **Ver** dentro de este mismo apartado.



Los iconos de la barra representan los elementos programables. Son los siguientes:

ICONO	FUNCIÓN
	<i>Entradas todo o nada</i> – Da acceso a las entradas TON programables.
	<i>Entradas mixtas</i> – Permite insertar entradas analógicas.
	<i>Teclas Zx</i> – Programación de teclas de simulación Zx.
	<i>Salidas todo o nada</i> – Da acceso a las salidas TON programables.
	<i>Bobinas auxiliares</i> – Da acceso a las bobinas auxiliares programables.
	<i>Temporizador</i> – Permite programar temporizadores.
	<i>Contador</i> – Permite programar contadores.
	<i>Comparadores analógicos</i> – Programación de salidas activadas con valores analógicos.
	<i>Relojes</i> – Permite programar los relojes de salida del módulo.
	<i>Bloques de texto</i> – Da acceso a los bloques de texto programables.

Al situar el puntero del ratón sobre uno de los iconos aparece una pequeña pantalla de selección. En esta aparecen los elementos disponibles para la programación distinguidos por sus etiquetas junto con un campo de notas para cada elemento. Para programar el elemento se sitúa el puntero sobre la etiqueta que lo define en la ventana de selección. Se pulsa el botón izquierdo del ratón y sin soltarlo se arrastra el elemento hasta la casilla de la plantilla que deseamos que ocupe. Para introducir las notas correspondientes a cada elemento pulsamos dos veces con el botón izquierdo del ratón sobre el campo de notas.

- *Parámetros*: Aparece una pantalla con una tabla ocupada por los bloques funcionales programados que se pueden parametrizar junto con los parámetros actualmente programados y alguna información adicional. Existen dos métodos para acceder a la parametrización, el doble click sobre el elemento que queremos parametrizar o pulsar en un icono situado en la parte inferior izquierda de la pantalla identificado con el nombre **Editar**. Cuando hemos realizado una de estas acciones aparece una pantalla de parametrización característica de cada elemento que permite variar los parámetros programados. Al aceptar la pantalla de parametrización, volvemos a la anterior donde en la tabla aparecen los nuevos parámetros introducidos.

- *Simulación*: Aparece la pantalla de simulación con el esquema de contactos de fondo y los iconos run/stop. La notación del esquema programado es la elegida en el apartado programación de Editor Libre. Para una información más detallada consultar el apartado dedicado a la **barra inferior**.

Las opciones de Editor Zelio también son accesibles desde la opción Editor Libre del **menú desplegable Edición**.

2.2.4.3 Textos etiquetas

Permite la redacción de comentarios referentes a los elementos utilizados en el esquema programado.

Mientras Editor Libre está activado, en la **barra de opciones de programación y visualización 2** aparecen las siguientes opciones:

- *Entradas/Salidas*: La opción da acceso a una pantalla donde aparecen 5 cuadros correspondientes a los elementos que se pueden programar como contactos (entradas todo o nada, entradas mixtas, teclas Zx, salidas todo o nada y bobinas auxiliares). Cada cuadro se divide en tres columnas y múltiples filas. Las columnas tienen la siguiente denominación:
 - *Nº*: Indica el número de elemento dentro del cuadro. Esta columna ya está completado por el programa.
 - *Etiqueta*: Indica el nombre del elemento en el programa. Esta columna ya está completado por el programa.
 - *Notas*: espacio para que el usuario escriba las notas asociadas a cada elemento. Para comenzar a escribir se debe realizar un doble click sobre el espacio con el botón izquierdo del ratón.
- *Bloques texto*: Permite crear 4 bloques de texto. Estos bloques son una función programable de Zelio (TX) que permite mostrar el texto programado en el display cuando la función está activada. En la pantalla aparecen 4 cuadros con 1 etiqueta asociada a cada cuadro. Las filas 1 y 3 de los cuadros se pueden ocupar con el mensaje mientras las filas 2 y 4 pueden contener parámetros del bloque de funciones.

Las opciones de Textos etiquetas también son accesibles desde las opciones **Identificación de entradas/salidas** y **Definición de bloques de texto** del **menú desplegable Edición**.

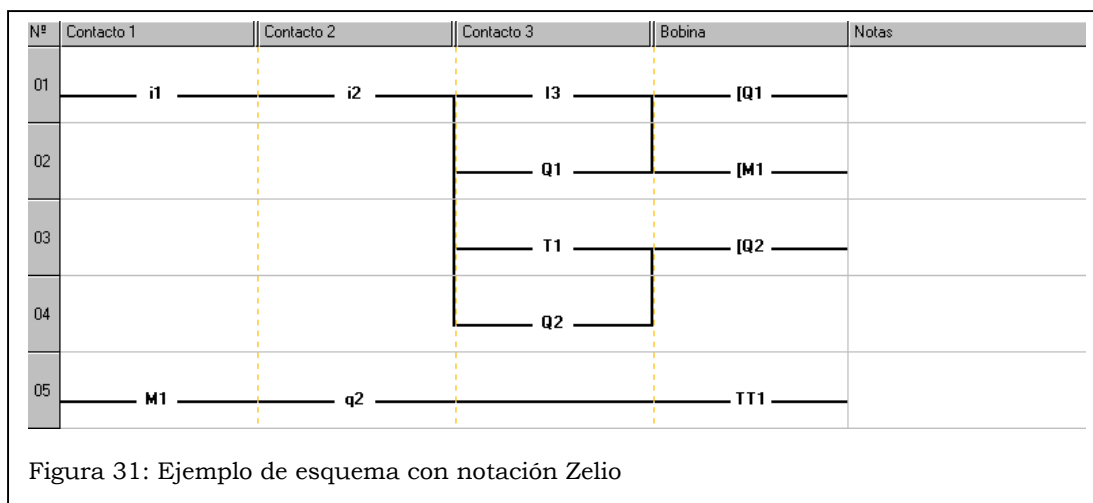
2.2.4.4 Ver

Permite la visualización del esquema de maniobra programado en diferentes notaciones.

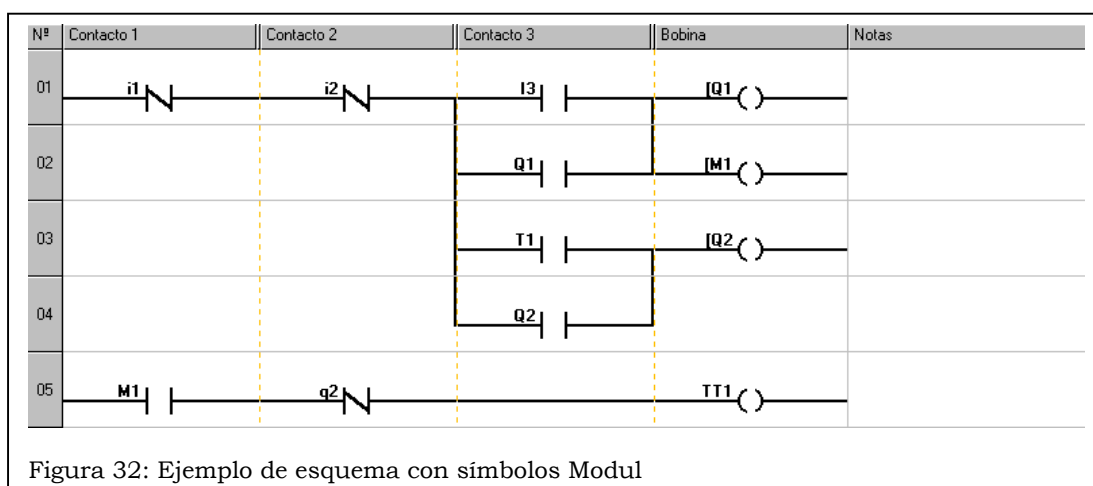
Mientras Ver está activado, en la **barra de opciones de programación y visualización 2** aparecen las siguientes opciones:

- *Símbolos Zelio*: En la pantalla central de Zelio-Soft se puede ver el esquema de contactos correspondiente el programa realizado, dibujado con la notación

propia del relé programable Zelio. La *figura 31* muestra un ejemplo de esquema realizado con notación Zelio.

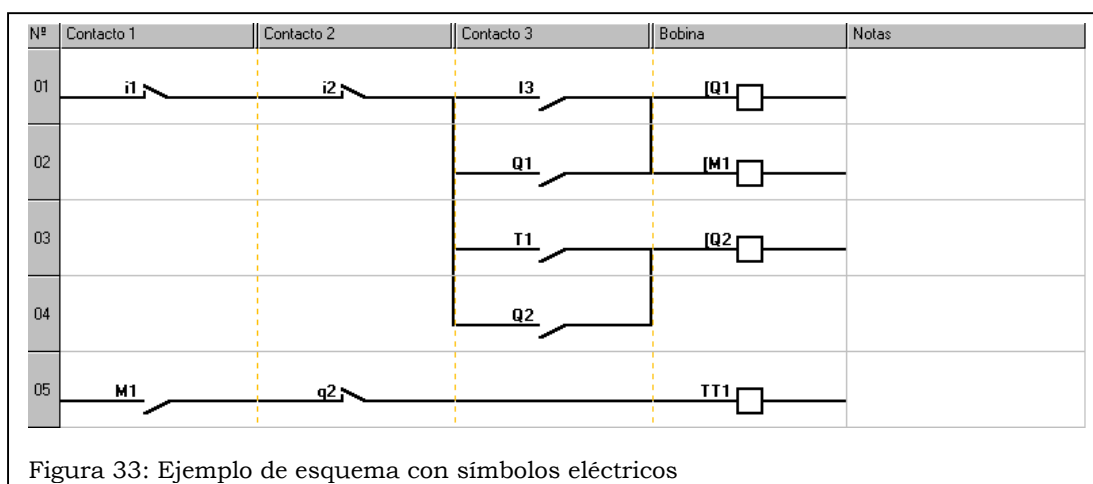


- *Símbolos Modul*: En la pantalla central aparece el esquema de maniobra programado dibujado con símbolos Modul (también conocidos como símbolos ladder). La *figura 32* muestra el esquema de la *figura 31* realizado con símbolos Modul.



- *Símbolos eléctricos*: En la pantalla central aparece el esquema de maniobra programado dibujado con símbolos eléctricos convencionales. En la *figura 33* se observa el esquema de la *figura 31* realizado con símbolos eléctricos convencionales.

Las opciones de Ver también son accesibles desde la opción Programa del **menú desplegable Ver**.








2.2.5 BARRA INFERIOR

Como se muestra en la *figura 23*, en esta barra normalmente siempre está ocupada por dos elementos básicos:

- Una pequeña barra donde se indican la cantidad de líneas de esquema ocupadas por el programa en curso tanto numérica como gráficamente. La porción coloreada de la barra aumenta a medida que se añaden líneas. Además, en su interior se indican el número de líneas ocupadas del total disponible (60).
- Un rótulo que indica el modelo de módulo Zelio que se está programando.

Cuando las opciones **Editor Zelio/Simulación** o **Editor Libre/Simulación** de las barras de opciones de programación y visualización se encuentran activadas, en la barra inferior aparecen los siguientes iconos.

ICONO	FUNCIÓN
	Mostrar/ocultar el magnetoscopio – Activa o desactiva la ventana Simulación de reloj.
	Mostrar/ocultar las entradas – Activa o desactiva la ventana Entradas todo o nada.
	Mostrar/ocultar la información de los bloques de función - Activa o desactiva la ventana Bloques de función.
	Mostrar/ocultar las salidas - Activa o desactiva la ventana Salidas todo o nada.
	Mostrar/ocultar las entradas analógicas – Activa o desactiva la ventana Entradas analógicas.

Los iconos sólo aparecen cuando los elementos a los que hacen referencia se encuentran programados en el esquema.

Cada icono posee un pequeño círculo en su parte superior izquierda. Cuando el círculo se encuentra coloreado de verde la ventana que activa el icono se muestra en pantalla. Si, por el contrario, el círculo está coloreado en rojo, la ventana asociada al icono no se muestra visible.

Las ventanas asociadas a los iconos que encontramos en la barra inferior durante el proceso de simulación son las siguientes:

- *Simulación reloj*: Esta ventana permite controlar los parámetros del reloj interno durante la simulación. La parte superior de la ventana se compone de varias celdas que permiten variar el periodo de simulación. La barra central muestra gráficamente cual es el periodo de simulación seleccionado. En la parte inferior de la ventana se encuentra un reloj digital que cuenta el tiempo de simulación, y junto a él los controles que permiten detener la cuenta de tiempo, ponerlo al principio o al final del periodo de simulación y adelantar o retrasar la cuenta. La *figura 34* muestra la ventana Simulación reloj.

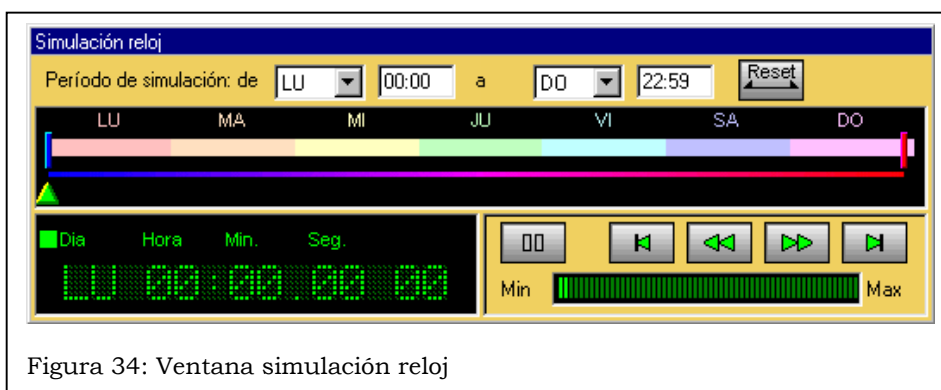


Figura 34: Ventana simulación reloj

- *Entradas todo o nada*: En esta ventana aparecen un número de iconos igual al de entradas programadas en el módulo. Cada icono representa un pulsador y está marcado con la etiqueta correspondiente. Durante la simulación, una pulsación sobre el icono activa la entrada del relé programable asociada. En la *figura 35* se observa la ventana Entradas todo o nada.

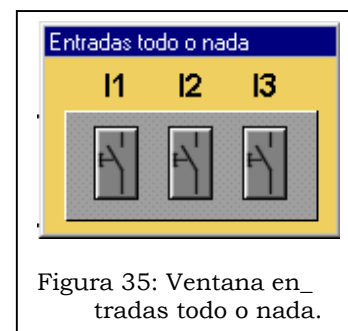


Figura 35: Ventana en_ tradas todo o nada.

- *Bloques de función*: La ventana muestra las características y los parámetros de los bloques de función programados en el esquema introducido en el relé programable. Durante la simulación se observa la variación dinámica de los parámetros. Los datos se muestran en una tabla donde cada fila corresponde a un bloque de función diferente y donde las columnas son:

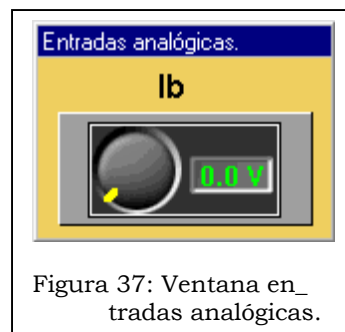
- *Etiqueta*: Etiqueta que corresponde al bloque funcional.
- *Tipo*: Tipo de bloque funcional.
- *Referencia*: Valor de referencia del bloque.
- *Corriente*: Cuenta o valor interno del bloque funcional.

La figura 36 muestra la ventana Bloques de función.

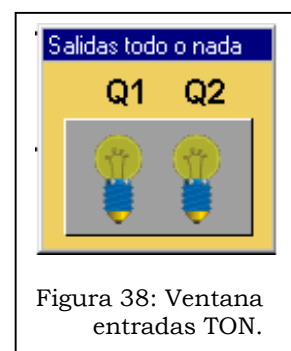
Bloques de función					
Nº	Etiqueta	Tipo	Referencia	Corriente	Designación
01	T1	A: On Delay	T1=02.00s	T1=00.00s	
02	T2	A: On Delay	T2=03.00s	T2=00.00s	

Figura 36: Ventana bloques de función

- *Entradas analógicas:* En la ventana se encuentran unos diales circulares marcados con el nombre de la entrada a que representan y acompañados de una pantalla con números digitales que muestra el valor seleccionado. Manteniendo pulsado el botón izquierdo del ratón sobre el círculo y moviéndolo conseguimos un desplazamiento en el dial circular que hace variar el número que aparece en el display digital. El dial permite simular el valor de tensión que recibe la entrada analógica durante la simulación del programa. En la figura 37 se muestra la ventana Entradas analógicas, en este caso sólo se habría utilizado una de las entradas analógicas.



- *Salidas todo o nada:* La ventana está ocupada por un número de bombillas igual al número de salidas programadas. Cada bombilla está marcada con la etiqueta de la salida con la que se corresponde. Cuando la salida está activa la bombilla se enciende. Si la salida no recibe alimentación la bombilla permanece apagada. La figura 38 muestra la ventana Salidas todo o nada cuando hay dos bobina programadas.



Además de las ventanas de simulación, en la pantalla central aparecen otros elementos dependiendo de la opción de programación/visualización escogida:

- *Editor Zelio:* En la parte superior derecha y en un segundo plano respecto a las ventanas de simulación aparece el frontal del módulo Zelio. En el display se observa la pantalla de estado y podemos acceder a todas las opciones disponibles en el relé programable durante la simulación. Se puede realizar la visualización de estados y parámetros en el display de la consola gráfica.
- *Editor Libre:* Ocupando el fondo de la pantalla central aparece el esquema programado con la notación que esté activada. Al pulsar sobre los iconos de las ventanas de entradas todo o nada y entradas analógicas, los contactos del esquema asociados a ellas actúan. Cuando el estado del relé programable es Run el esquema se colorea con los siguientes colores:

- *Rojo:* Representa el paso de corriente a través de los elemento y de las uniones.

- *Amarillo*: Representa los contactos NC no alimentados.



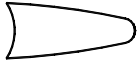
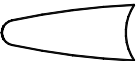



2.2.6 PROGRAMACIÓN


Para la programación de un esquema de maniobra mediante el software Zelio-Soft existen diferentes alternativas. Todas ellas dan como resultado un programa que se puede guardar en la memoria del ordenador y que puede ser transferido al módulo de Zelio programado.

2.2.6.1 *Editor Zelio*

Es la opción que permite la programación de un esquema sobre la consola gráfica que se puede observar en la *figura 28*.

La consola simula la programación y las opciones disponibles en un relé programable real. Las teclas tienen las mismas funciones y los menús son los mismos. Para pulsar las teclas de la consola gráfica se hace necesario desplazar el puntero del ratón por encima de ellas y pinchar cuando el puntero tiene forma de mano. Esta manera de programación puede resultar bastante incomoda cuando se tiene que introducir un esquema bastante largo. Frente a este problema podemos recurrir a una segunda solución, utilizar las teclas de función desde el ordenador. La correspondencia es la siguiente:

RELÉ PROGRAMABLE	PC
 z1	Tecla de desplazamiento hacia arriba.
 z3	Tecla de desplazamiento hacia abajo.
 z2	Tecla de desplazamiento hacia la derecha.
 z4	Tecla de desplazamiento hacia la izquierda.
Del. 	Tecla Del o Supr
Ins.line 	Tecla Insert
Esc. 	Tecla Esc

 Sel./OK	Tecla Return
--	--------------

2.2.6.2 Editor Libre

Esta opción permite programar el esquema de maniobra dibujándolo sobre una plantilla.

Podemos dibujar el esquema con la notación de Zelio, con símbolos ladder o con símbolos eléctricos convencionales.

Para desplazarnos por la plantilla que se observa en la *figura 29* se utilizarán las teclas direccionales del ordenador. Además se utilizará la tecla Supr. para eliminar algún elemento ya programado.

Los elementos se programan arrastrándolos desde las ventanas de selección asociadas a los iconos de la parte inferior de la pantalla, hacia los espacios disponibles en la plantilla de programación. Para acceder a las características del elemento programado se debe pulsar sobre él con el botón derecho del ratón. En la ventana de características podemos escoger si el contacto es NA o NC.

Los enlaces entre elementos se introducen pulsando sobre las líneas discontinuas de la plantilla de programación. Al pulsar sobre una de estas líneas se transforma en un enlace.

En la parte derecha de la plantilla se pueden incluir las notas pertinentes para cada línea del esquema introducido.

2.3 SOFTWARE DE SIMULACIÓN PSIM

2.3.1 INTRODUCCIÓN

El software de simulación PSIM está diseñado para un uso principalmente desde el punto de vista electrónico. Esto se entiende observando que la mayoría de los componentes que simula el programa son elementos electrónicos de potencia y maniobra. Muchos de estos elementos quedan fuera del alcance y el conocimiento de los alumnos de la asignatura “Control de máquinas eléctricas”.

En la elaboración del manual de prácticas se ha seguido el contenido de la asignatura. Significa esto que para la elaboración de las simulaciones se han utilizado los elementos de PSIM al alcance del conocimiento del alumnado. Puesto que, tanto la asignatura como la carrera en que se imparte, no se basan en el conocimiento de la electrónica, sino que este es complementario, este enfoque ha provocado que la mayoría de componentes electrónicos simulados por PSIM no sean utilizados, quedando el uso del software limitado a unas áreas bastante restringidas respecto a la cantidad de posibilidades que ofrece el programa.

Pese a las limitaciones observadas, utilizando las opciones ofrecidas por PSIM al alcance de los conocimientos del alumno se consiguen simulaciones con una aportación importante al desarrollo de las prácticas y por tanto se estima conveniente la utilización del software PSIM.

2.3.2 DISEÑO DE ESQUEMAS DE CIRCUITOS MEDIANTE SIMCAD

2.3.2.1 *Elementos programables*

SIMCAD es una herramienta de diseño de circuitos de esquemas eléctricos. Los elementos que se pueden incluir en los circuitos diseñados con SIMCAD se encuentran dentro del menú desplegable **Elements** (Elementos).

Básicamente los elementos disponibles en el menú se dividen en 5 subgrupos:

- *Power (potencia)*: Incluye los elementos propios del diseño de circuitos electrónicos de potencia:

a) *RLC Branches (ramas RLC)*: Componentes de naturaleza resistiva, inductiva o capacitiva por separado o combinados, monofásicos y trifásicos. Bobinas acopladas.

b) *Switches (interruptores)*: Diodos, tiristores y transistores monofásicos y trifásicos. Interruptores comandados y actuadores sobre interruptores simulando bobinas de relé.

c) *Transformers (transformadores)*: Transformadores ideales, monofásicos y trifásicos.

d) *Motor Drives (componentes motor)*: Motores de inducción, de continua, brushless, de reluctancia y cargas para acoplar al eje.

- *Control*: Componentes de supervisión y control de circuitos:

a) *Filters (filtros)*: Elementos de filtrado de señales.

b) *Function blocks (bloques de función)*: Bloques con funciones de transferencia y funciones de computación

c) *Logic elements (elementos lógicos)*: Puertas lógicas, biestables y generadores de impulsos.

d) *Discrete elements (elementos discretos)*: Elementos de control digital como bloques de función de transferencia en dominio z, filtros digitales, etc...

e) Otros bloques funcionales como multiplexados, limitadores, comparadores,...

- *Other (otros)*: varios componentes con funciones diversas:

a) *Switch controlers (control de disparo)*: Elementos de control para los interruptores incluidos en el circuito. Controlador on-off, retraso del ángulo de disparo y controlador PWM.

b) *Sensors (sensores)*: Sensores electrónicos con un valor de tensión variable en función de la tensión la intensidad, el par y la velocidad.

c) *Probes (sondas)*: Amperímetros, voltímetros y vatímetros.

d) Otros elementos como transformadores ABC/DQO, bloques DLL externos programados por el usuario, etc...

- *Sources (fuentes)*: fuentes de alimentación:

a) *Voltage (voltaje)*: Fuentes de tensión independientes y controladas.

b) *Current (corriente)*: Fuentes de intensidad independientes y controladas.

c) *Time (tiempo)*: Fuente de tensión en función del tiempo.

- *Symbols (símbolos)*:

a) *Arrow (flecha)*: Inserción de una flecha.

2.3.2.2 Elementos utilizados en las prácticas

Como se observa en la introducción de este apartado, sólo una pequeña parte de los elementos ofrecidos por PSIM han sido utilizados en la elaboración de las prácticas. Estos elementos son:

- *R*: El elemento es una resistencia. Se encuentra en Elements/Power/RLC Branches. El programa permite escoger el valor de la resistencia **Resistance** una vez se ha insertado.

- *R3*: El elemento es una resistencia trifásica. Se encuentra en Elements/Power/RLC Branches. El programa permite escoger el valor de la resistencia **Resistance** una vez se ha insertado.

- *SSWI*: Interruptor con accionamiento exterior o comandado. Se ha utilizado para la simulación de los contactos de potencia de los contactores. Se encuentra en Elements/Power/Switches. El programa permite escoger la posición inicial **Initial position** (NA o NC).


- *GATING*: Accionador externo sobre interruptores. Se ha utilizado actuando sobre SSWI, simulando la bobina de un contactor que activa los contactos de potencia del contactor. Se encuentra en Elements/Power/Switches. El programa permite escoger la frecuencia de la señal **Frequency** (se recomienda que sea 0) el número de veces que cambia de estado **No. of points** y en qué momentos se produce el cambio de estado **Switching points**.
- *TF_3YY*: Transformador trifásico. Se encuentra en Elements/Power/Transformers. El programa permite escoger el valor de la resistencia, la inductancia y el número de espiras de primario (**Rp, Lp, Np**) y secundario (**Rs, Ls, Ns**), así como la inductancia magnetizante (**Lm**).
- *INDM_3S*: Motor de inducción trifásico con rotor en jaula de ardilla. Se encuentra en Elements/Power/Motor Drive. El programa permite escoger la resistencia y la inductancia de rotor (**Rr, Lr**) y estator (**Rs, Ls**), la inductancia magnetizante **Lm**, el número de polos **No of poles P** y el momento de inercia **Moment of inertia**.
- *DCM*: Motor de corriente continua. Se encuentra en Elements/Power/Motor Drive. El programa permite escoger la resistencia y la inductancia de inducido (**Ra, La**) e inductor (**Rf, Lf**), el momento de inercia **Moment of inertia**, la tensión **Vt (rated)** y la corriente **Ia (rated)** nominales de alimentación, la velocidad nominal *n* en rpm (**rated in rpm**) y la intensidad en el inductor nominal **If (rated)**.
- *MLOAD*: Carga mecánica. Se encuentra en Elements/Power/Motor Drive. El programa permite escoger el valor de par constante **Tc**, las constantes lineal **K1**, cuadrada **K2** y cúbica **K3** y el momento de inercia **Moment of inertia**.
- *MLOAD_P*: Carga mecánica a potencia constante. La encontramos en Elements/Power/Motor Drive. Se puede escoger el valor de par máximo **Maximum torque**, la velocidad de referencia **Base speed** y el momento de inercia **Moment of inertia**.
- *MLOAD_T*: Carga mecánica a par constante. La encontramos en Elements/Power/Motor Drive. Se puede programar el valor de par constante **Constant torque** y el momento de inercia **Moment of inertia**.
- *WSEN*: Sensor de velocidad. Se conecta en el eje y proporciona una tensión en la salida. Se encuentra en Elements/Other/Sensors. El programa permite modificar el valor de la ganancia **Gain**. Se recomienda que sea 0.1.
- *TSEN*: Sensor de par. Se conecta en el eje y proporciona una tensión en la salida. Se encuentra en Elements/Other/Sensors. El programa permite modificar el valor de la ganancia **Gain**. Se recomienda que sea 1.
- *VP*: Voltímetro con una entrada a tierra. Se encuentra en Elements/Other/Probes. Se ha utilizado como voltímetro para medir la señal de sensores.


- **VP2:** Voltímetro con los dos terminales disponibles. Se encuentra en Elements/Other/Probes.
- **IP:** Amperímetro. Se encuentra en Elements/Other /Probes.
- **Ground:** Toma a tierra. Se encuentra en Elements/Other. Se ha utilizado para poner a tierra fuentes de alimentación trifásicas.
- **VDC:** Fuente de tensión continua. Se encuentra en Elements/Sources/Voltage. El programa permite escoger el valor de tensión **Amplitude**.
- **VSIN:** Fuente de tensión alterna monofásica. Se encuentra en Elements/Sources/Voltage. Se puede programar la tensión **Peak amplitude**, la frecuencia **Frequency**, el ángulo inicial **Phase angle**, la tensión continua base **DC Offset** y el momento de inicio de funcionamiento **Tstart**.
- **VSIN3:** Fuente de tensión alterna trifásica. Se encuentra en Elements/Sources/Voltage. Permite programar la tensión de línea **V(line-line-rms)**, la frecuencia **Frequency** y el ángulo inicial **Init.Angle**.




2.3.2.3 Proceso de diseño con SIMCAD

La pantalla central de SIMCAD presenta un espacio en blanco con puntos formando una cuadrícula. La cuadrícula de puntos es una especie de plantilla de apoyo en la elaboración de los esquemas. Las verticales y horizontales de un esquema siempre discurrirán por encima de los puntos marcados en pantalla. Además el punto de inserción de un elemento siempre coincide con uno de los puntos marcados.

Para elaborar un esquema se insertan los elementos que lo componen mediante su selección a través del menú desplegable **Elements** o a través de la barra de pantalla inferior que contiene los iconos de algunos de los elementos más usados. Una vez insertados los elementos y dispuestos correctamente mediante la selección y arrastre con el ratón, se unen mediante hilos. Las opciones usadas principalmente para la edición de un esquema son:

- **Selección:** Esta opción permite seleccionar los elementos de pantalla (elementos insertados e hilos) mediante un click en el botón izquierdo del ratón cuando el puntero en forma de flecha se encuentra sobre ellos. La opción de selección se activa a través del icono **Select**  de la barra superior. Al posar el puntero del ratón sobre un elemento seleccionado previamente, aparece una cruz con flechas en los extremos. Esto indica que al pulsar el botón izquierdo del ratón en esta posición y desplazar el puntero, el elemento seleccionado se desplazará junto con el puntero.
- **Dibujo de hilos:** Es la opción que permite dibujar los hilos conductores que unen los elementos insertados mediante el menú Elements. Cuando la opción está activa el puntero del ratón toma forma de lápiz. Al pulsar el botón

izquierdo del ratón y desplazar el puntero, aparece una línea entre el punto más cercano a la situación inicial del puntero y el más cercano a la situación final. La opción de dibujo de hilos se activa a través de la opción **Wire** del menú desplegable **Edit** o a través del icono con el mismo nombre .

- *Rotación, giro*: Estas funciones permiten rotar o girar el elemento seleccionado para colocar los terminales en la disposición adecuada para su colocación en el esquema. Las acciones se pueden realizar mediante el icono **rotate**  que rota el elemento seleccionado un ángulo de 90°. El icono **flip horizontal**  que reemplaza el elemento por su proyección simétrica horizontal y el icono **flip vertical**  que reemplaza el elemento por su proyección simétrica vertical. Estos iconos se encuentran en la barra superior de la pantalla o se pueden activar mediante las órdenes **Rotate**, **Flip L/R** y **Flip T/B** contenidas en el menú desplegable **Edit**.

- *Atributos*: Es la opción que permite variar los atributos del elemento seleccionado. Esta opción es importante para otorgar valores a las variables que definen a los elementos insertados. También permite variar el nombre del elemento por defecto y hacer que se muestren en la pantalla del esquema algunas de las características del elemento. La opción se puede activar haciendo doble click sobre el elemento seleccionado o mediante la opción **Attributes** del menú desplegable **Edit**.

2.3.2.4 *Control de simulación*


El control de la simulación del esquema dibujado se lleva a cabo mediante la inserción del elemento **Simulation control** (control de simulación) que se encuentra en el menú desplegable **Simulate**.

Al acceder a la ventana de atributos del elemento insertado el programa nos permite variar el tiempo transcurrido entre lecturas en segundos **Time Step** y el tiempo total que durará el ensayo en segundos **Total Time**.

Los motores, en su ventana de atributos incluyen una casilla denominada **Torque flag**. Es recomendable otorgar a esta casilla el valor 1 para que en el gráfico de SIMVIEW se pueda disponer del par interno del motor.

2.3.3 CÁLCULOS DE SIMULACIÓN MEDIANTE PSIM

2.3.3.1 *Resultados obtenidos*

Cuando el esquema sobre el que se realiza la simulación se ha finalizado se pone en marcha PSIM para que realice los cálculos de la simulación. Para activar PSIM se pulsa el icono  o se accede a la opción **Run PSIM** que se encuentra en el menú desplegable **Simulate**.

Si el esquema se ha realizado correctamente y los valores de los elementos incluidos son aceptables, se abre una pantalla donde aparece un porcentaje

creciente que expresa el avance en el proceso de cálculo seguido de una pantalla de aprobación cuando el PSIM ha terminado. El resultado de las operaciones que realiza PSIM son tres archivos almacenados junto al del esquema que se ha programado. Uno de ellos denominado message.doc contiene los mensajes de error, otro con extensión .CCT es un archivo de control mientras que el último con extensión .txt contiene los resultados de las lecturas de la simulación estructurados en filas y columnas.

2.3.3.2 *Tratamiento de los resultados*


Para la realización de los gráficos que ilustran las prácticas se ha procesado el archivo de texto proporcionado por PSIM mediante una hoja de cálculo. Con las magnitudes fruto de la simulación adaptadas al formato de una hoja de cálculo, se ha procedido a la creación de los gráficos que se pueden observar en las prácticas.

2.3.4 PROCESAMIENTO GRÁFICO DE MAGNITUDES MEDIANTE SIMVIEW

2.3.4.1 *Gráficos en SIMVIEW*

SIMVIEW representa los valores medidos por los aparatos de medida incluidos en el esquema de SIMCAD junto con algunos valores internos variables de los elementos insertados que han sido marcados para que PSIM los calcule.

Existen dos maneras de acceder a un gráfico a través de SIMVIEW:

- *Abrir SIMVIEW desde SIMCAD:* Para realizar esta operación, previamente se debe de haber diseñado un esquema y haber realizado los cálculos de simulación con PSIM. Cuando PSIM ha finalizado los cálculos, se puede acceder directamente a SIMVIEW accionando el icono  o a través de la opción **Run SIMVIEW** que se encuentra en el menú desplegable **Simulate** de SIMCAD. El resultado es que la aplicación SIMVIEW se abre accediendo a los gráficos correspondiente a los datos de la simulación del esquema abierto en SIMCAD.
- *Abrir un gráfico desde SIMVIEW:* Con la aplicación SIMVIEW abierta, se accederá a la opción **Open** del menú desplegable **File**. En la ventana de abrir archivo escogeremos el archivo de texto almacenado por PSIM correspondiente al esquema del que queremos obtener los gráficos de simulación.

Al abrir un gráfico nuevo, SIMVIEW ofrece la ventana de diálogo mostrada en la figura 39.

En la parte izquierda aparece una ventana que contiene todas las variables calculadas por PSIM. En la ventana de la derecha aparecen las variables que serán representadas gráficamente por SIMVIEW. Mediante los botones **Add** (añadir) y **Remove** (quitar) se pueden elegir las magnitudes que se representarán en el gráfico de SIMVIEW.

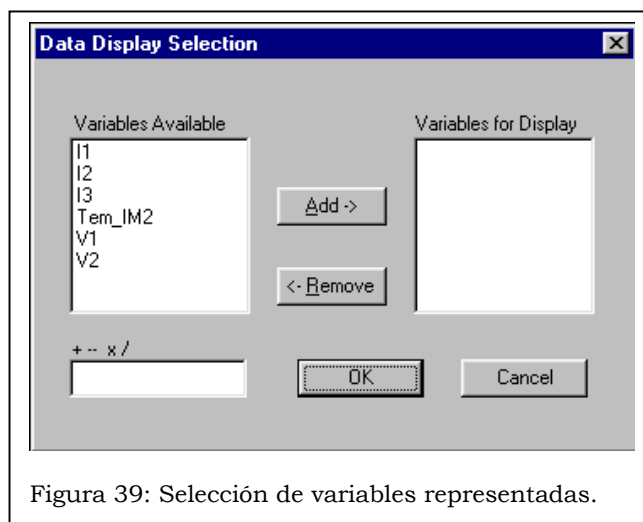







Figura 39: Selección de variables representadas.


Al escoger las magnitudes representadas en el gráfico se debe tener en cuenta el orden de cada una. Si los valores de una de ellas es mucho mayor, las demás magnitudes se verán representadas a muy pequeña escala. Es recomendable representar en un mismo gráfico magnitudes del mismo orden.

2.3.4.2 Opciones principales

Las opciones básicas que se han utilizado para la obtención de gráficos mediante SIMVIEW son:

- *Re-Load Data*: Disponible en el menú **File** o mediante el icono , esta opción permite recargar los datos del archivo de texto. Es útil cuando se han realizado modificaciones con SIMCAD y se ha recalculado con PSIM.
- *Add/Delete Curve*: La opción aparece en el menú desplegable **Screen** o es accesible mediante el icono . Al activar la opción aparece la ventana mostrada en la figura 39 referida al gráfico en pantalla. Permite añadir o quitar curvas del gráfico.
- *Add Screen*: Es una de las opciones del menú desplegable **Screen**. También se puede activar mediante el icono . Al activar la opción aparece la ventana mostrada en la figura 39. Todas las variables medidas se encuentran en la parte izquierda, las variables que sean desplazadas a la derecha será representadas en un nuevo gráfico insertado en pantalla. Al añadir el nuevo gráfico la pantalla se divide verticalmente.
- *Measure*: Se encuentra en el menú desplegable **Measure** o se activa mediante el icono . Al activar la opción aparece una ventana con una tabla con las filas ocupadas por el valor de tiempo y las magnitudes representadas. Si hacemos click en el gráfico, la ventana muestra el valor del tiempo en el instante de gráfico escogido y el valor de las variables representadas en ese instante. Con otras opciones del menú Measure que también tienen su icono en la barra superior de la pantalla, se pueden obtener los valores de los máximos y mínimos del gráfico.

- *Zoom*: Opción del menú desplegable **View**. Está representada en el icono . Permite efectuar un zoom sobre una zona del gráfico. Para escoger la zona basta con marcar la opción y arrastrar el puntero del ratón mientras pulsamos el botón izquierdo creando una ventana en la zona que se desea aumentar.

- *Re-draw*: Disponible en el menú desplegable **View** o en el icono . La opción retorna a la vista inicial de gráfico.

Además de estas opciones, la aplicación permite algunas acciones interesantes como la representación de la respuesta frecuencial de variables, que por la naturaleza de las prácticas realizadas no se ha tenido que utilizar.

3

MANUAL DE PRÁCTICAS

ÍNDICE

1. Arranque directo con selección del sentido de giro de un motor de inducción trifásico	2
2. Arranque con conexión estrella-triángulo de un motor de inducción trifásico	10
3. Arranque con conexión estrella-triángulo con transición cerrada de un motor de inducción trifásico	18
4. Arranque de un motor de inducción trifásico con resistencia en conexión Kusa	28
5. Arranque con resistencias estatóricas de un motor de inducción trifásico ..	35
6. Arranque con autotransformador de un motor de inducción trifásico	43
7. Regulación de velocidad de un motor de inducción tipo Dahlander por variación del número de polos	50
8. Arranque y frenado de un motor de inducción trifásico mediante resistencias rotóricas	64
9. Frenado a contracorriente de un motor de inducción trifásico con selección de sentido de giro	71
10. Frenado por inyección de corriente continua de un motor de inducción trifásico.....	80
11. Arranque directo con selección de sentido de giro de un motor de inducción monofásico	88
12. Arranque directo con resistencia limitadora de un motor de corriente continua con excitación independiente	92
13. Arranque y frenado dinámico reostático de un motor de corriente continua con excitación independiente	101
14. Arranque y frenado a contracorriente de un motor de corriente continua con excitación independiente	109
15. Protección ante sobre intensidades de arranque de un motor de corriente continua con excitación independiente.....	117

1. ARRANQUE DIRECTO CON SELECCIÓN DEL SENTIDO DE GIRO DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO

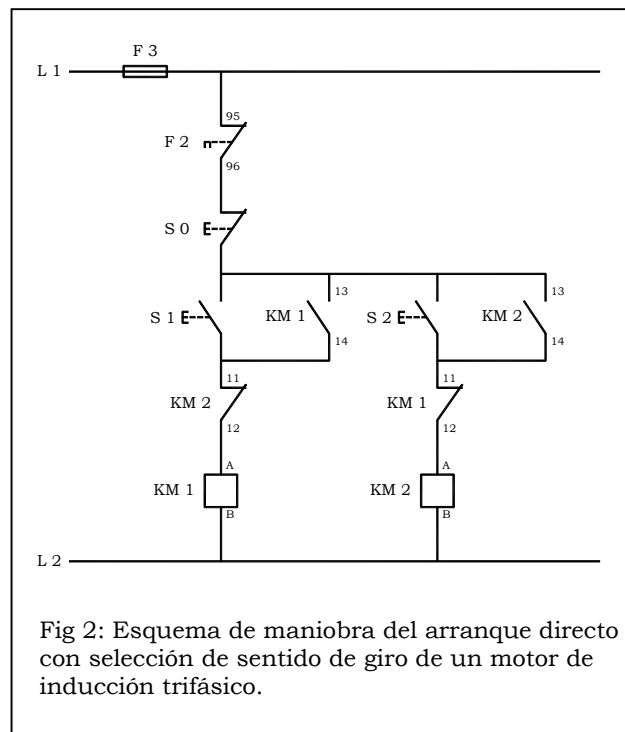
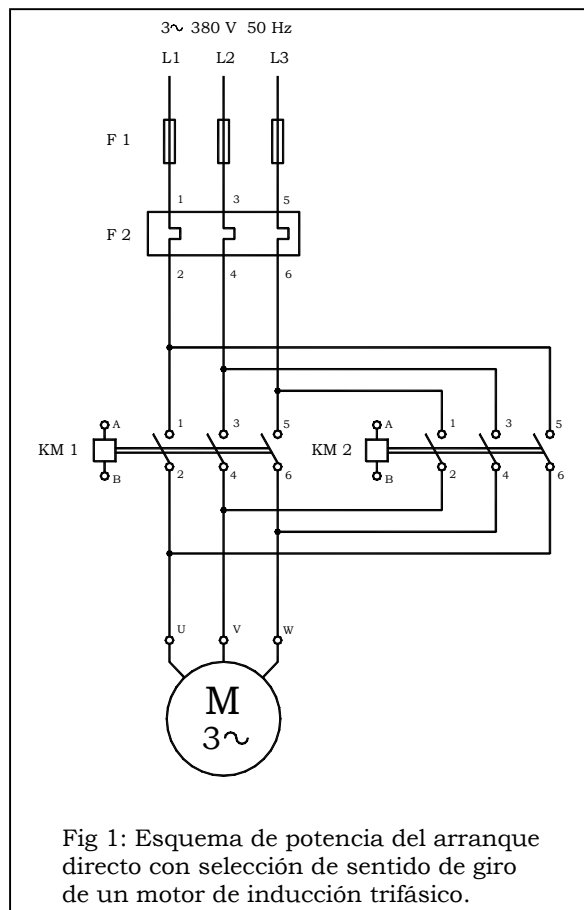
INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de la práctica que nos ocupa se obtendrá una familiarización con el conexionado y las características del arranque del motor de inducción trifásico.

La *figura 1* muestra el esquema de potencia que es necesario para obtener un arranque directo con selección del sentido de giro de un motor de inducción trifásico. El montaje permite escoger el sentido de giro en función de la entrada en funcionamiento del contactor KM1 o del contactor KM2. El cambio de sentido se realiza mediante una sencilla conmutación de las fases de alimentación del motor.

FUNCIONAMIENTO

Para comandar el esquema de potencia representado en la *figura 1*, será necesario el montaje de un circuito de maniobra que cumpla las siguientes condiciones:



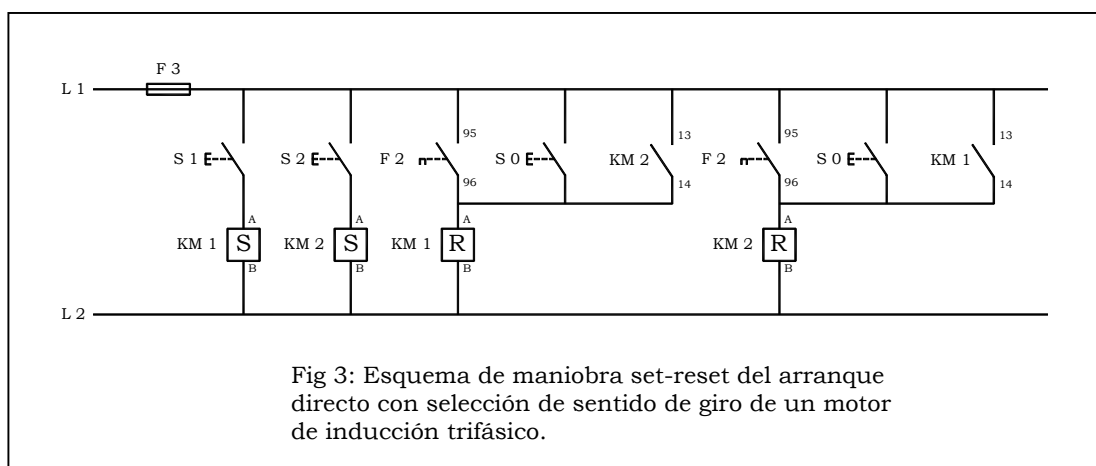
- El mando se realiza con un pulsador de marcha en sentido de giro 1, un pulsador de marcha sentido de giro 2 y un pulsador de paro.

- El giro del motor se inicia con la activación de uno de los pulsadores de marcha. Mientras el motor está recibiendo tensión, las pulsaciones en cualquiera de los pulsadores de marcha se mantienen inactivas (no producen cambios). El motor sólo se detiene con la activación del pulsador de paro.

- Jamás deben poder funcionar los dos contactores que controlan la inversión a la vez, esto evitará cortocircuitos.

En la *figura 2* se representa el esquema de maniobra necesario para comandar el circuito de potencia del arranque del motor. Este esquema permite controlar el funcionamiento del motor accionado según se ha explicado.

En la *figura 3* se puede ver un esquema de maniobra equivalente al de la *figura 2* pero con un control set-reset sobre las bobinas de los contactores.



COMPONENTES

Para realizar el montaje serán necesarios:

- 3 pulsadores simples.
- 2 contactores.
- 1 relé programable Zelio.
- 1 motor de inducción trifásico.

ENSAYO

Para la realización del ensayo se procederá a seguir los siguientes pasos:

1. - Programar un esquema de maniobra, que cumpla con las condiciones de funcionamiento descritas con anterioridad, en el relé programable Zelio utilizando el software Zeliosoft. Realizar las simulaciones pertinentes que aseguren que el funcionamiento del programa se ajusta a la descripción de funcionamiento dada.
2. - Realizar las conexiones del relé programable con los dispositivos físicos que intervienen en el esquema de maniobra (pulsadores y bobinas de contactores). Se comprobará el correcto funcionamiento de la maniobra antes de iniciar el montaje del circuito de potencia.
3. - Realizar el conexionado del esquema de potencia conectando un amperímetro en una de las fases de alimentación del motor. Se debe asegurar que la conexión del devanado del motor es la adecuada para la tensión de la línea que lo alimentará.
4. - Medir intensidad máxima en el arranque, y los tiempos aproximados de puesta en marcha y paro del motor.

PROGRAMACIÓN

Relación entradas/salidas del relé programable:

ENTRADAS	DESCRIPCIÓN
I 1	Interruptor protección F 2
I 2	Pulsador paro S 0
I 3	Pulsador marcha en sentido 1 S 1
I 4	Pulsador marcha en sentido 2 S 2

SALIDAS	DESCRIPCIÓN
Q 1	Bobina contactor KM1 sentido de giro 1
Q 2	Bobina contactor KM2 sentido de giro 2

COMENTARIOS

Los gráficos de las *figuras 4, 5 y 6* muestran el comportamiento teórico de un motor trifásico en el arranque. La simulación se ha realizado con el motor moviendo una carga a par constante.

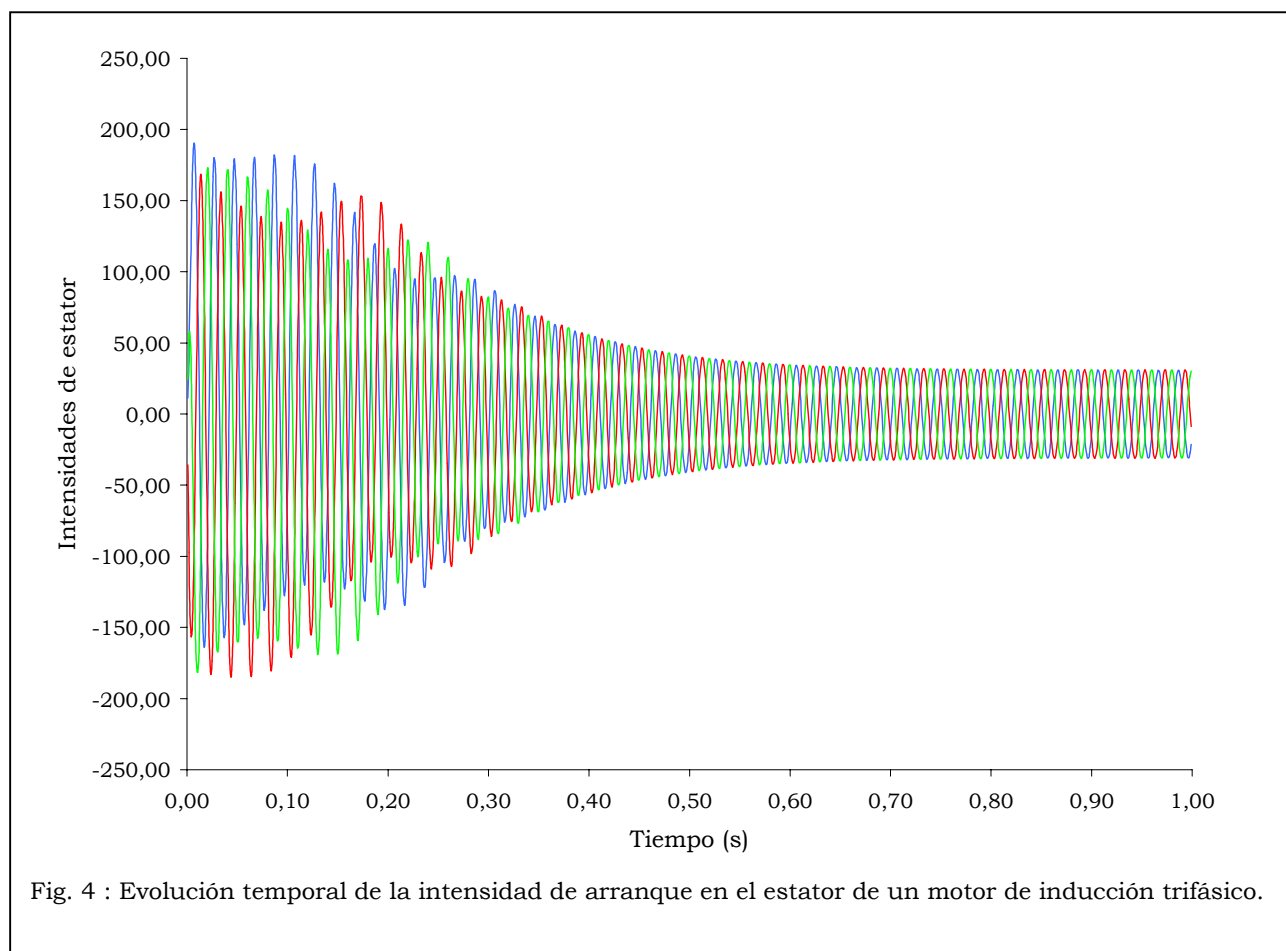


Fig. 4 : Evolución temporal de la intensidad de arranque en el estator de un motor de inducción trifásico.

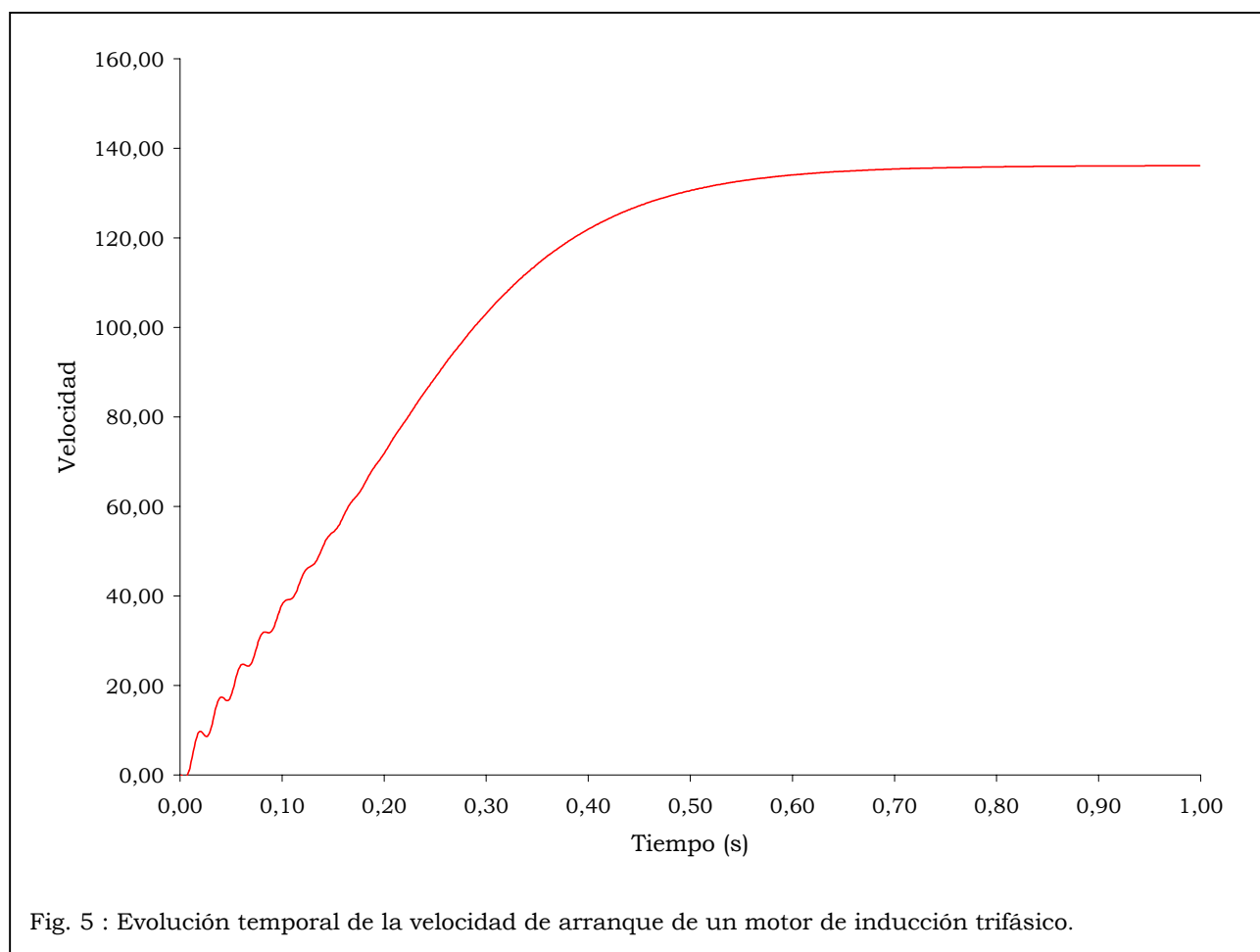
La *figura 4* muestra la evolución de las intensidades absorbidas por el motor durante el arranque. Se pueden observar tres partes diferenciadas en el gráfico.

La primera parte se inicia en 0 segundos y se prolonga hasta unos 0,4 segundos. Esta fase de funcionamiento es la de arranque propiamente dicha. Al principio la intensidad parte de valores muy grandes disminuyendo progresivamente hasta prácticamente alcanzar valores nominales.

En la segunda parte, que ocuparía el lapso entre 0,4 y 0,6 segundos, la intensidad deja de decrecer tan rápidamente a medida que se acerca a su valor nominal.

La tercera parte se inicia en 0,6 segundos y se prolonga hasta el final del gráfico. Durante esta fase la intensidad se estabiliza en su valor nominal de consumo del motor. Todo el funcionamiento nominal del motor se llevaría a cabo dentro de los parámetros marcados por esta fase de funcionamiento, exceptuando las posibles perturbaciones producidas por variaciones en la carga o en la línea de alimentación.

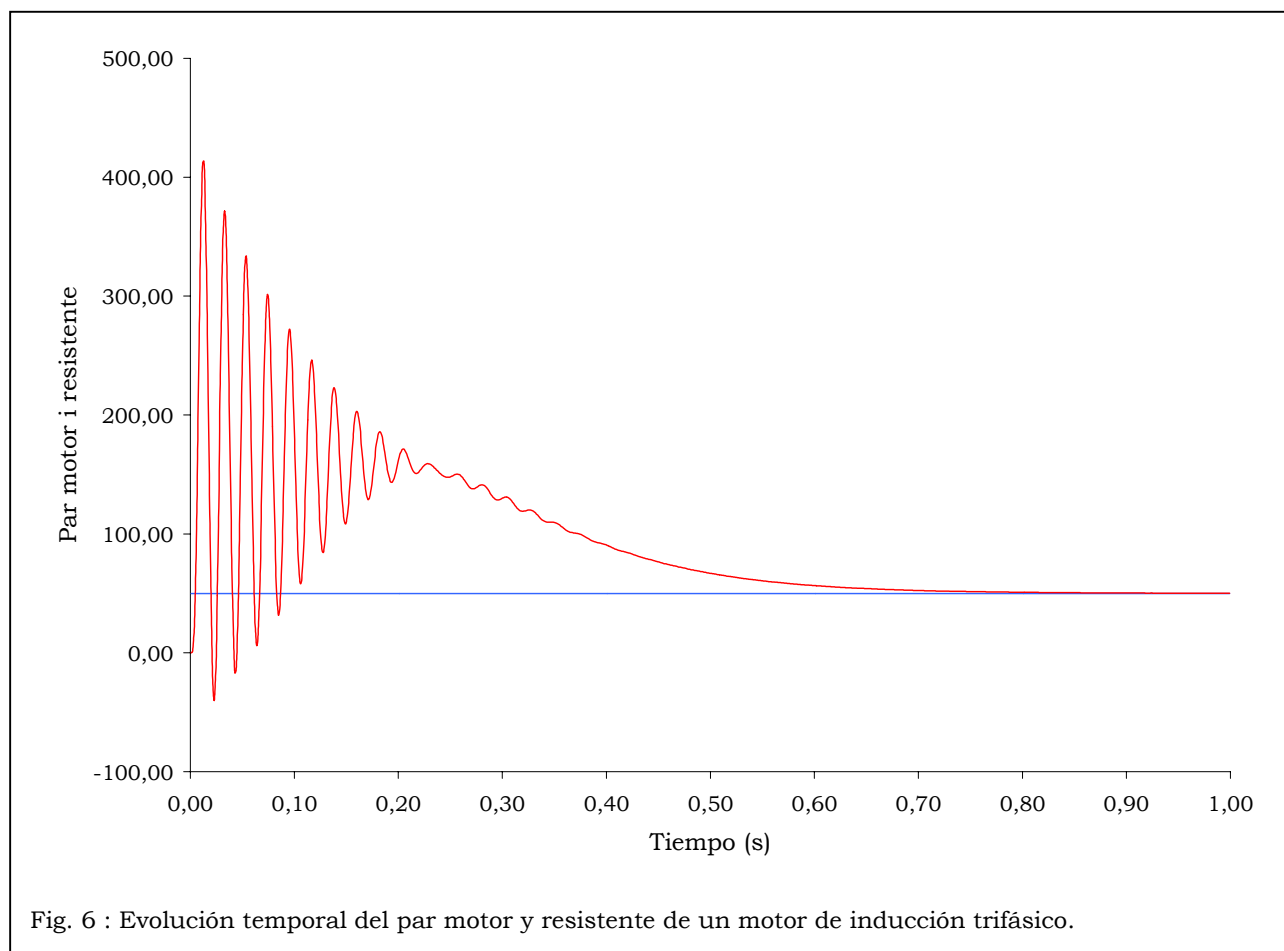
Cabe destacar que los valores iniciales de intensidad son del orden de 4 veces los valores nominales.



En la *figura 5* se observa la evolución temporal de la velocidad en el arranque del motor de inducción trifásico. Como es lógico, se parte del reposo (velocidad 0) hasta alcanzar la velocidad nominal del motor. El aumento de velocidad es progresivo y cada vez se suaviza más con el paso del tiempo. Durante la rampa inicial se pueden observar unas fluctuaciones en la velocidad debidas a la variación en el par.

En este gráfico también se puede observar un comportamiento análogo al de la intensidad. Entre 0 y 0,4 seg. la velocidad crece aunque cada vez menos. Entre 0,4 y 0,6 seg. La rampa de velocidad pierde mucha inclinación progresivamente acercándose al valor nominal de velocidad. A partir de los 0,6 seg. El valor de velocidad se estabiliza entorno al nominal.

La *figura 6* ofrece la evolución del par. En ella podemos observar como el par del motor fluctúa fuertemente en el período que va desde el inicio hasta los 0,2 segundos. Durante este periodo el motor debe vencer la inercia que intenta mantener la carga en el estado de reposo. A partir de este instante el par se estabiliza disminuyendo hacia el par de la carga. En este caso el motor está actuando sobre una carga de par constante.



Las fluctuaciones del inicio del arranque afectan a la velocidad y provocan vibraciones, ruidos y efectos mecánicos indeseables.

En la *figura 7* se puede contemplar la evolución de la intensidad absorbida por el motor en caso de que se realice una inversión brusca del sentido de giro. En esta figura se inicia el arranque del motor mediante un arranque normal, al cabo de un segundo se para el giro y rápidamente se pulsa para obtener la marcha en sentido contrario. Se puede comprobar que el resultado es un pico de intensidad que puede resultar peligroso.

La gráfica obtenida se puede considerar como la de dos arranques consecutivos en la que en el segundo arranque se absorbe un pico de intensidad del orden de 2 veces el del primer arranque.

Si se realiza la inversión de giro con una gran inercia del rotor en el sentido contrario al del giro que se le pretende dar, se puede obtener un pico de intensidad absorbida que haga actuar las protecciones del motor. Este supuesto se dará si accionamos el pulsador de giro 2 inmediatamente después de parar el giro 1 y a la inversa. Por lo tanto, es recomendable no accionar los pulsadores de marcha hasta que el rotor no esté completamente detenido.

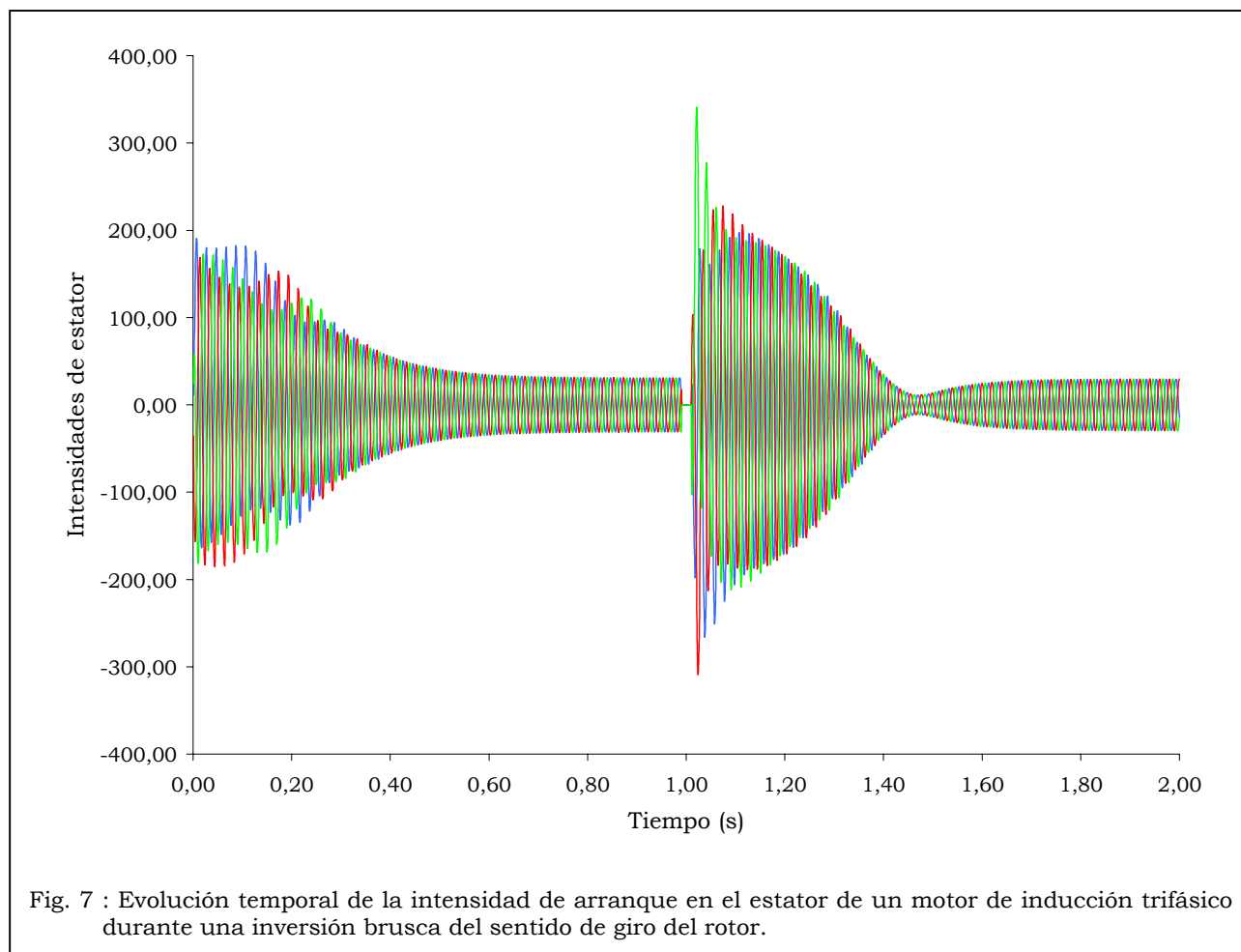


Fig. 7 : Evolución temporal de la intensidad de arranque en el estator de un motor de inducción trifásico durante una inversión brusca del sentido de giro del rotor.

ANEXO

Programa del esquema de la *figura 2* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	i 1	i 2		[M 1	Memoria de apoyo 1
02	M 1	I 3	q 2	[Q 1	Bobina contactor KM 1 giro en sentido 1
03		Q 1			
04	M 1	I 4	q 1	[Q 2	Bobina contactor KM 2 giro en sentido 2
05		Q 2			

Programa del esquema de la *figura 3* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	I 3			SQ 1	Set bobina contactor KM 1 giro en sentido 1
02	I 4			SQ 2	Set bobina contactor KM 2 giro en sentido 2
03	I 1			[M 1	Memoria de apoyo 1
04	I 2				
05	M 1			RQ 1	Reset bobina contactor KM 1 giro en sentido 1
06	Q 2				
07	M 1			RQ 2	Reset bobina contactor KM 2 giro en sentido 2
08	Q 1				

2. ARRANQUE CON CONEXIÓN ESTRELLA-TRIÁNGULO DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO

INTRODUCCIÓN

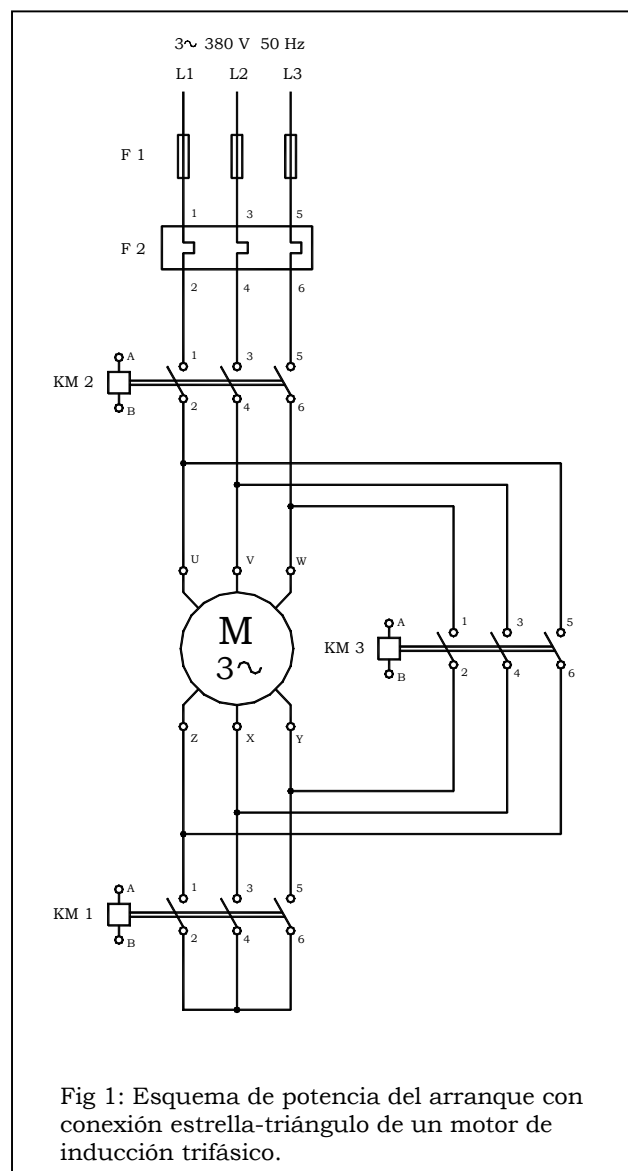
Uno de los principales inconvenientes en el uso de motores de inducción trifásicos es la alta intensidad absorbida en el arranque hasta obtener un par estable en el eje. Esta intensidad está limitada según reglamentos oficiales como muestra la siguiente tabla:

POTENCIA (Kw)	Ia/In
0.75 a 1.5	4.5
1.5 a 5	3
5 a 15	2
>15	1.5

Ia: Intensidad máxima en el arranque
In: Intensidad nominal del motor

En este ensayo se muestra un modo de arranque del motor de inducción trifásico que permite reducir la intensidad de arranque. En contrapartida, este método disminuye sustancialmente el par de arranque.

Para conseguir la reducción de intensidad deseada se arrancará el motor con el devanado inductor conectado en estrella, de esta manera disminuye la tensión entre bobinas inductoras y, por tanto, la intensidad que éstas consumen. Una vez el motor haya arrancado se procederá a conectar el devanado en triángulo, para que este desarrolle su funcionamiento normal.



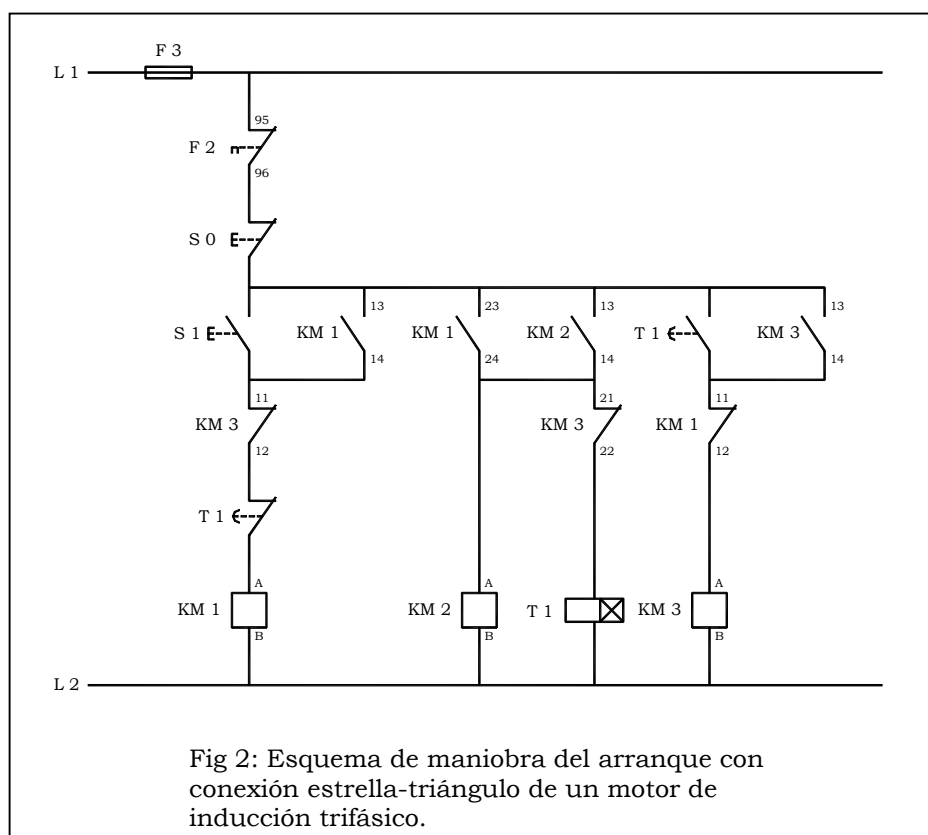
En la *figura 1* se puede contemplar el esquema de potencia necesario para el arranque estrella-triángulo de un motor de inducción trifásico. La estrella se obtiene mediante el accionamiento de KM1 que cortocircuita los terminales secundarios (X, Y, Z) del devanado inductor, mientras que el triángulo se obtiene mediante el accionamiento de KM3 que une los terminales primarios de las bobinas con los secundario de las adyacentes. El contactor KM2 sirve para controlar la alimentación del motor.

FUNCIONAMIENTO

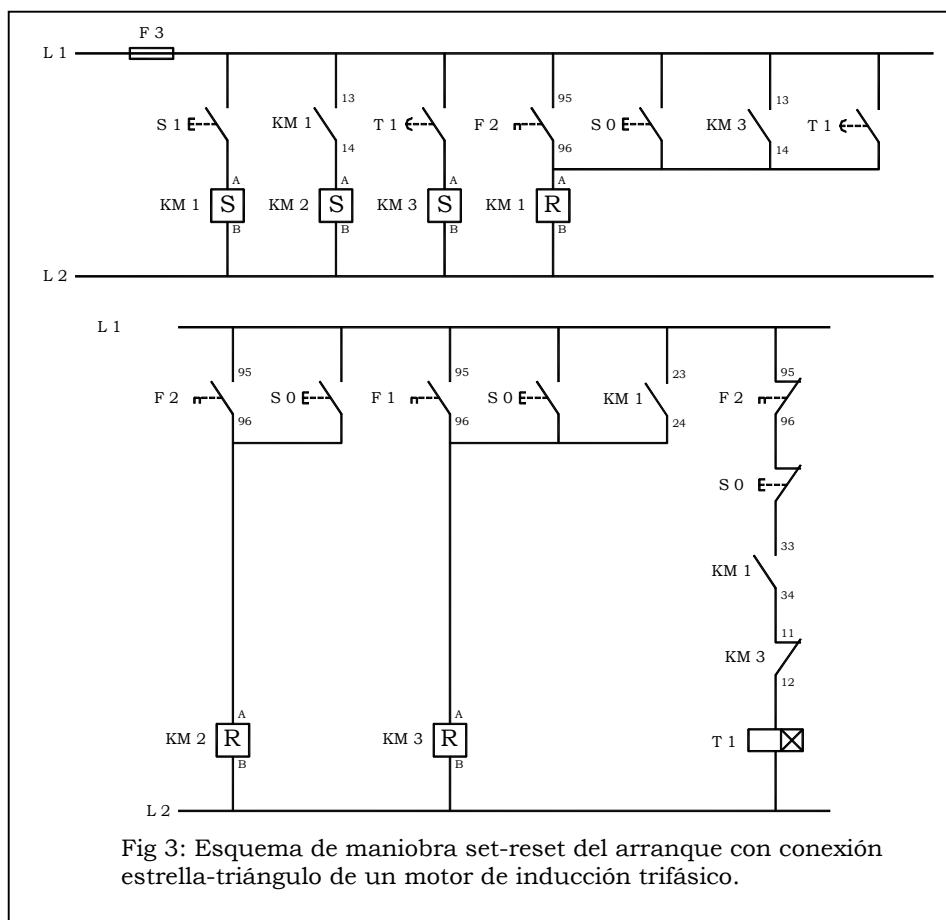
El esquema de maniobra necesario para comandar el esquema de potencia representado en la *figura 1* deberá cumplir las siguientes directrices:

- El circuito se comanda con un pulsador de marcha y un pulsador de paro.
- El orden de funcionamiento de los contactores después de pulsar en el pulsador de marcha es el siguiente: primero se acciona el contactor de la estrella KM1, después el contactor de alimentación KM2 y, por último, se abre KM1 y se acciona el contactor del triángulo KM3, quedando accionados el contactor KM2 y el contactor KM3 hasta una pulsación en el pulsador de paro.
- El paso de estrella a triángulo (desconexión KM1 y conexión KM3) se realiza automáticamente después de un tiempo preestablecido. Conseguiremos este efecto gracias a un temporizador.
- Se evitará que los contactores KM1 y KM3 funcionen a la vez. De esta manera no se producen cortocircuitos.

En la *figura 2* se puede contemplar el esquema de maniobra necesario para comandar el circuito de potencia del arranque del motor. Este esquema adapta el funcionamiento del motor accionado a los puntos anteriores.



La *figura 3* muestra un esquema de maniobra equivalente al de la *figura 2* pero con un control set-reset sobre las bobinas de los contactores.



COMPONENTES

Son necesarios para realizar la práctica:

- 2 pulsadores.
- 3 contactores.
- 1 relé programable Zelio.
- 1 motor de inducción trifásico.

ENSAYO

Para realizar el ensayo se llevarán a cabo las siguientes tareas:

1. - Programar un esquema de maniobra que cumpla con las condiciones de funcionamiento descritas con anterioridad en el relé programable Zelio, utilizando el software Zeliosoft. Realizar las simulaciones pertinentes que aseguren que el funcionamiento del programa se ajusta a la descripción de funcionamiento dada.

2. - Realizar las conexiones del relé programable con los dispositivos físicos que intervienen en el esquema de maniobra (pulsadores y bobinas de contactores). Se comprobará el correcto funcionamiento de la maniobra antes de iniciar el montaje del circuito de potencia.

3. - Realizar el conexionado del esquema de potencia conectando un amperímetro en una de las fases de alimentación del motor. Se debe prestar especial atención al conexionado del triángulo.

4. - Modificar el tiempo del temporizador para intentar conseguir un arranque óptimo, donde la estrella funcione el menor tiempo posible y la punta de intensidad al entrar el triángulo no supere lo establecido en el R. E. B. T.

5. - Medir intensidad máxima para la estrella y para el triángulo y los tiempos aproximados de puesta en marcha y paro del motor.

PROGRAMACIÓN

Relación entradas/salidas del relé programable:

ENTRADAS	DESCRIPCIÓN
I 1	Interruptor protección F 2
I 2	Pulsador paro S 0
I 3	Pulsador marcha S 1

SALIDAS	DESCRIPCIÓN
Q 1	Bobina contactor KM 1 estrella
Q 2	Bobina contactor KM 2 alimentación
Q 3	Bobina contactor KM 3 triángulo

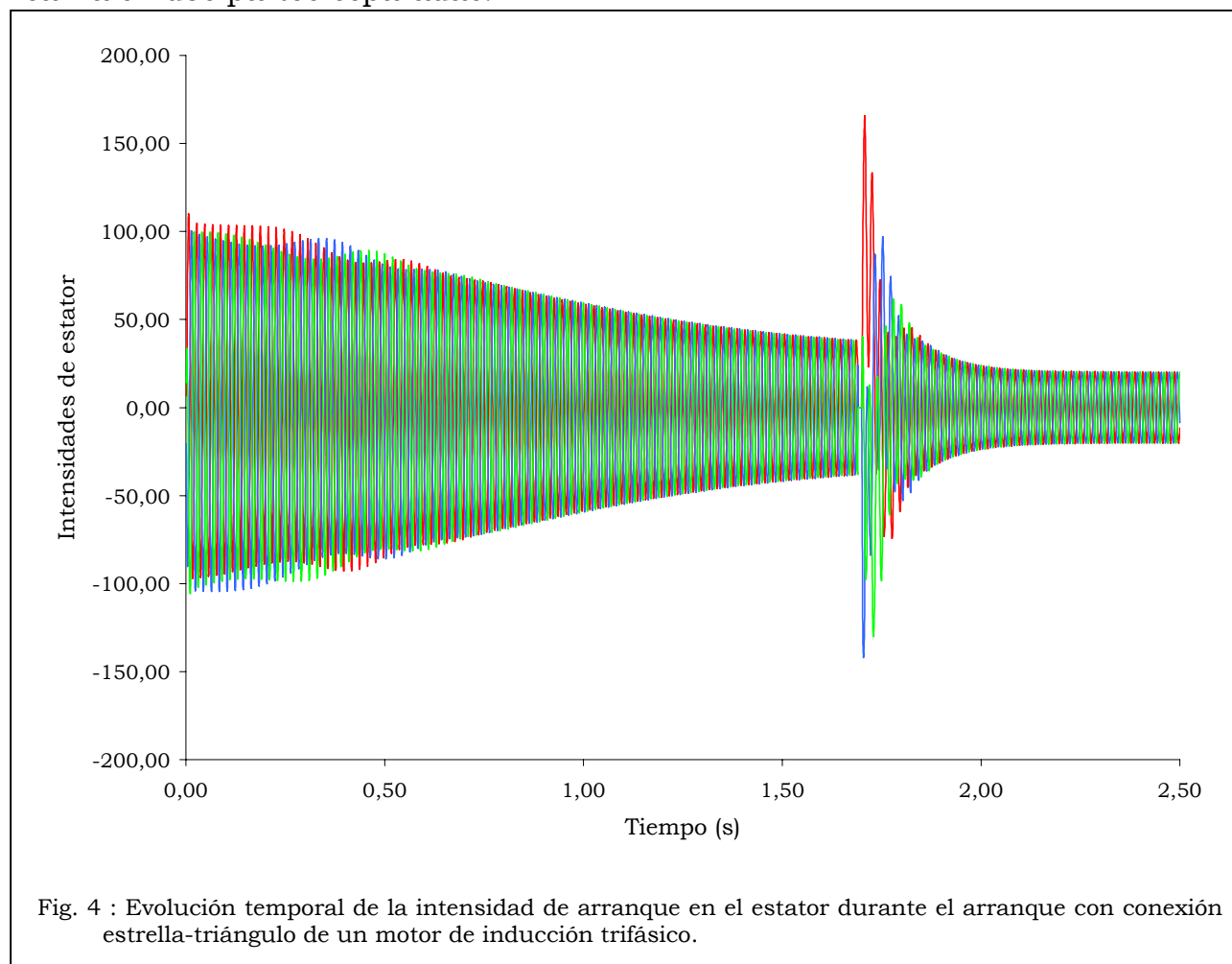
COMENTARIOS

Es importante para la realización de la práctica tener en cuenta que el motor que se utiliza para realizarla debe tener una tensión de funcionamiento en triángulo igual a la de la red donde se conectará. Esta tensión es la menor de las dos que aparecen en la placa de características.

Los gráficos de las *figuras 4, 5 y 6* muestran el comportamiento teórico de un motor trifásico en un arranque con conexión estrella-triángulo. La simulación se ha realizado con el motor moviendo una carga a par constante.

La *figura 4* muestra la evolución de las intensidades absorbidas por el motor durante el arranque con conexión estrella-triángulo.

Al contemplar la evolución de la intensidades se observa que el arranque se realiza en dos partes separadas.

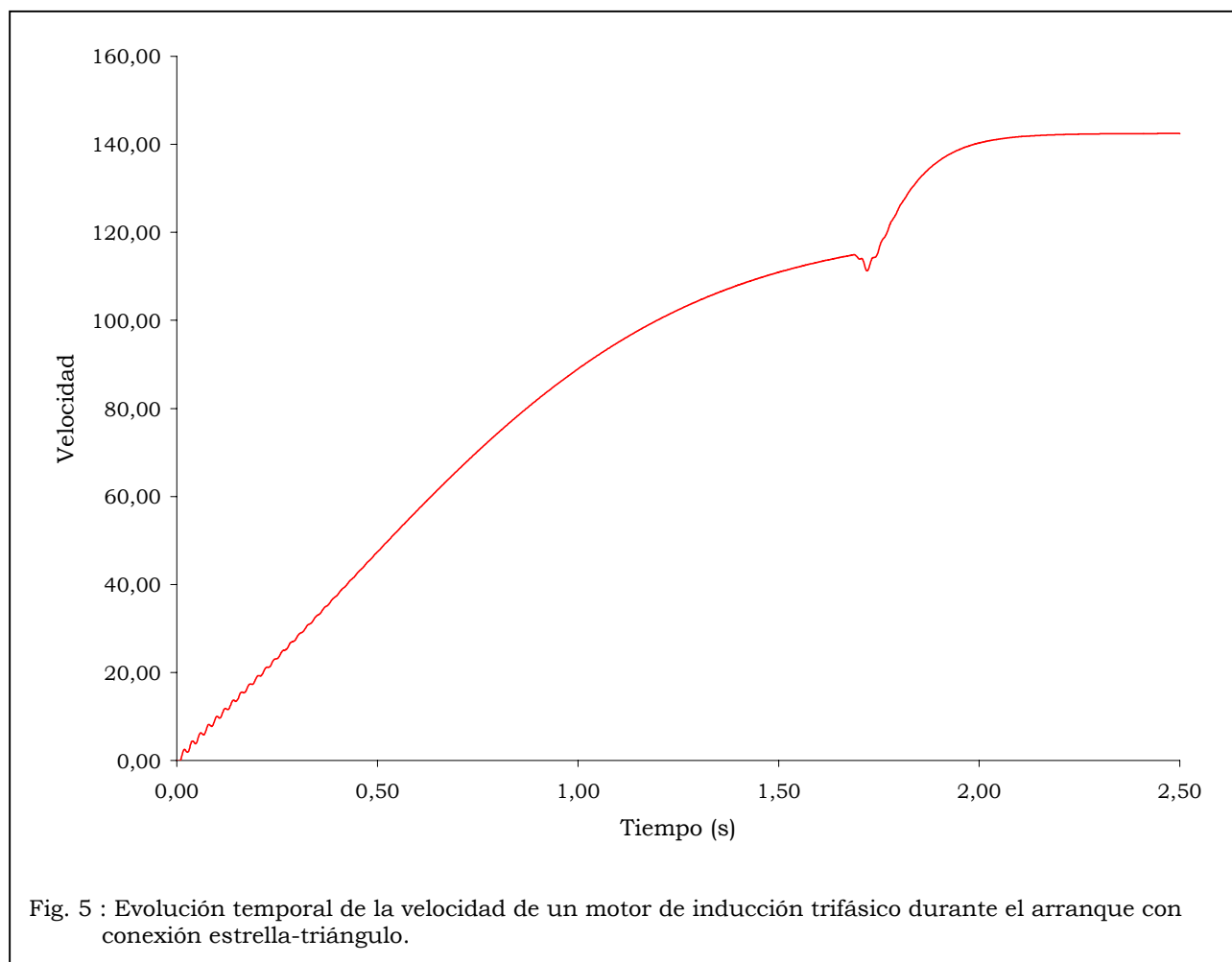


Al arrancar en estrella se consume una punta de intensidad asumible. Después de esto se va reduciendo gradualmente la intensidad con el paso del tiempo. Esta intensidad tiende hacia el valor nominal de intensidad consumida con el devanado conectado en estrella.

Desde el inicio hasta 1,7 segundos el devanado del motor está conectado en estrella. A partir de los 1,7 segundos y hasta el final el devanado del motor funciona en triángulo.

Cuando a los 1,7 segundos se cambia la conexión del inductor a triángulo aparece un elevado pico de intensidad del orden de 1,5 veces la intensidad de arranque. Se debe procurar que este pico de intensidad no supere los valores determinados por el R.E.B.T., para ello se puede modificar el tiempo de funcionamiento en estrella durante el arranque. Durante el proceso de arranque cuanto más tiempo se funcione en estrella menor será el pico de intensidad al pasar a triángulo.

La *figura 5* muestra la evolución temporal de la velocidad en el arranque del motor de inducción trifásico con conexión estrella-triángulo.

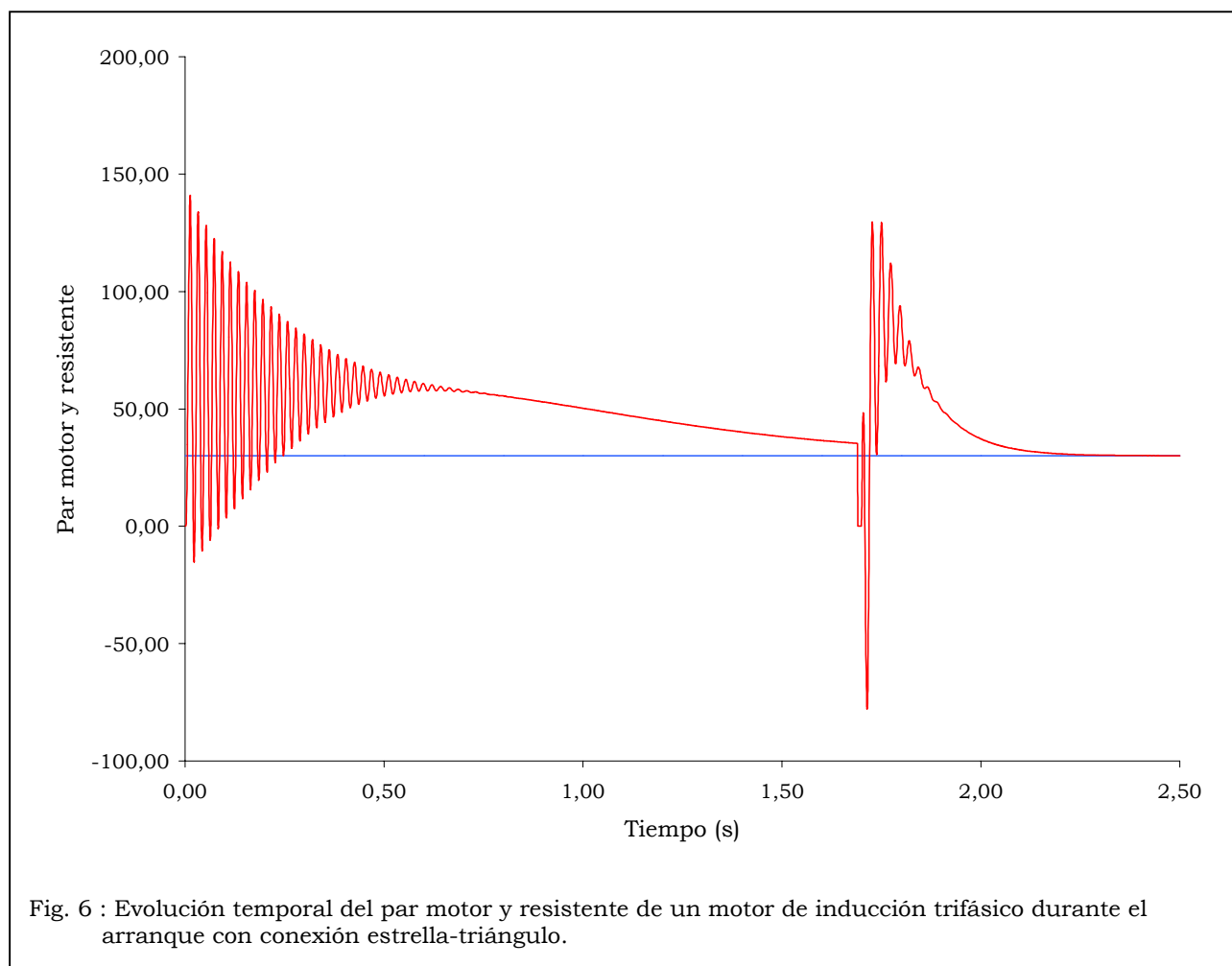


Entre 0 y 1,7 segundos la evolución de la velocidad corresponde al funcionamiento en estrella. Durante este periodo la velocidad aumenta con una rampa más o menos constante. Cuando el crecimiento de la curva empieza a disminuir se produce el cambio a triángulo. Si se compara la rampa del arranque en estrella con la rampa del arranque en triángulo convencional de la práctica 1 (figura 5) se observa que la del arranque en triángulo es mayor. Esto significa que el arranque en triángulo es más rápido.

A los 1,7 segundos se observa que la velocidad desciende produciéndose un pequeño pico de descenso. Este descenso de velocidad en mitad del proceso de arranque es perjudicial.

Una vez pasados los 1,7 segundos se pasa al triángulo. En el corto espacio entre este punto y el codo que conduce a la estabilización de velocidad se observa como la rampa de velocidad es mayor en triángulo que en estrella.

La *figura 6* ofrece la evolución temporal del par en un motor de inducción trifásico durante un arranque con conexión estrella-triángulo.



En la *figura 6* se puede contemplar como el par de arranque de la estrella oscila evolucionando hacia el par resistente constante. Cuando se conecta el devanado en triángulo el par vuelve a sufrir una fuerte oscilación que supera la del arranque. Esta fuerte oscilación provoca esfuerzos mecánicos internos.

De la observación de las *figuras 4, 5 y 6* podemos extraer que surgen problemas en la transición de cambio de conexión entre estrella y triángulo del devanado inductor del motor de inducción trifásico. Estos problemas se resumen en la aparición de un pico de intensidad, una ligera disminución de la velocidad y una fuerte oscilación del par de arranque. Estos problemas se deben fundamentalmente a que en la transición transcurre un corto espacio de tiempo, entre que el contactor de estrella está abierto y el contactor de triángulo se cierra, durante el cual las bobinas del motor dejan de estar alimentadas en sus secundarios, y el motor no produce par en el eje (aunque éste sigue girando debido a la inercia).

ANEXO

Programa del esquema de la *figura 2* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	— i 1 —	— i 2 —		[M 1 —	Memoria de apoyo 1
02	— M 1 —	— I 3 —	— q 3 —	[M 2 —	Memoria de apoyo 2
03		— Q 1 —			
04		— Q 1 —		[Q 2 —	Bobina contactor KM 2 alimentación
05		— Q 2 —	— q 3 —	TT 1 —	Temporizador T 1 estrella a triángulo
06		— T 1 —	— q 1 —	[Q 3 —	Bobina contactor KM 3 triángulo
07		— Q 3 —			
08	— M 2 —	— t 1 —		[Q 1 —	Bobina contactor KM 1 estrella

Programa del esquema de la *figura 3* mediante el software Zeliosoft:

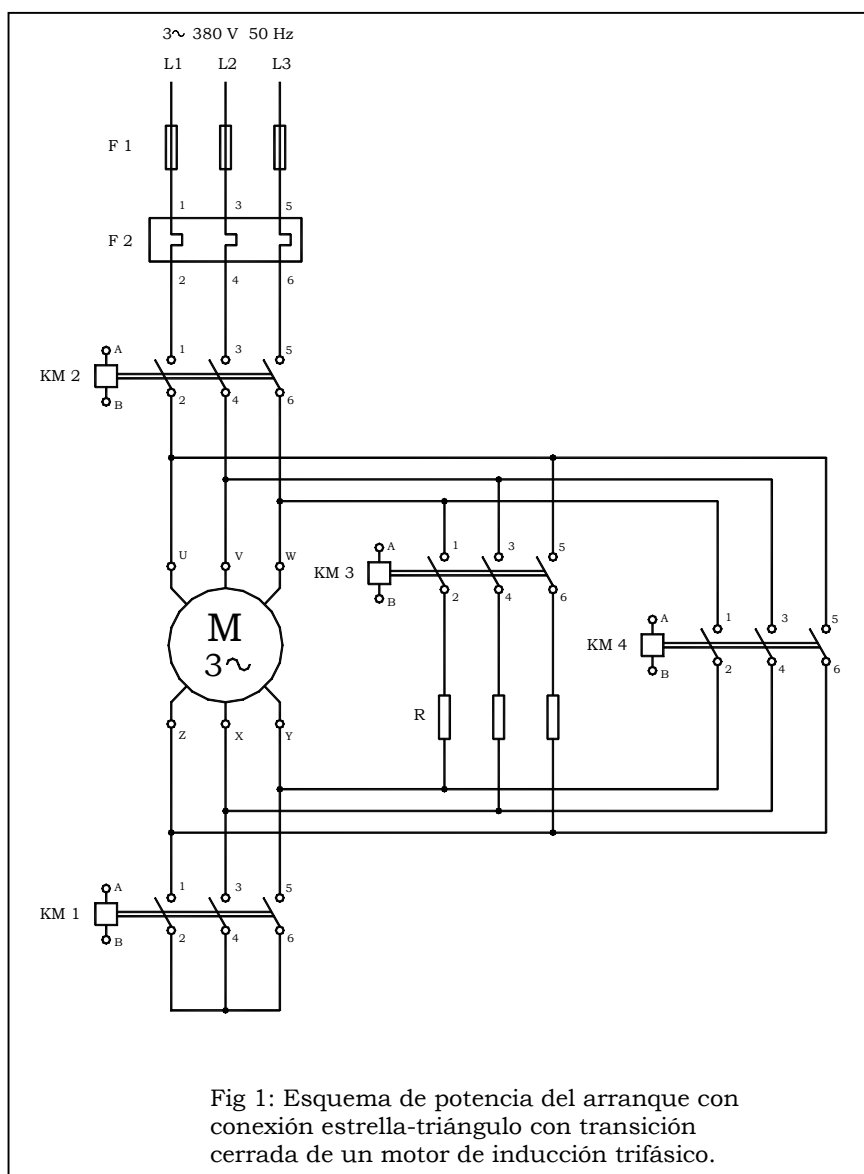
Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	— I 3 —			S Q 1 —	Set bobina contactor KM 1 estrella
02	— Q 1 —			S Q 2 —	Set bobina contactor KM 2 alimentación
03	— T 1 —			S Q 3 —	Set bobina contactor KM 3 triángulo
04	— I 1 —			[M 1 —	Memoria de apoyo 1
05	— I 2 —			R Q 2 —	Reset bobina contactor KM 2 alimentación
06	— M 1 —			R Q 1 —	Reset bobina contactor KM 1 estrella
07	— Q 3 —				
08	— T 1 —				
09	— M 1 —			R Q 3 —	Reset bobina contactor KM 3 triángulo
10	— Q 1 —				
11	— i 1 —	— i 2 —	— Q 1 —	[M 2 —	Memoria de apoyo 2
12	— M 2 —	— q 3 —		TT 1 —	Temporizador T 1 estrella a triángulo

3. ARRANQUE CON CONEXIÓN ESTRELLA-TRIÁNGULO CON TRANSICIÓN CERRADA DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO

INTRODUCCIÓN

Como hemos comprobado anteriormente, en el ensayo del arranque con conexión estrella-triángulo de un motor de inducción trifásico, aparecen ciertos problemas derivados de la transición entre la conexión en estrella y en triángulo del devanado.

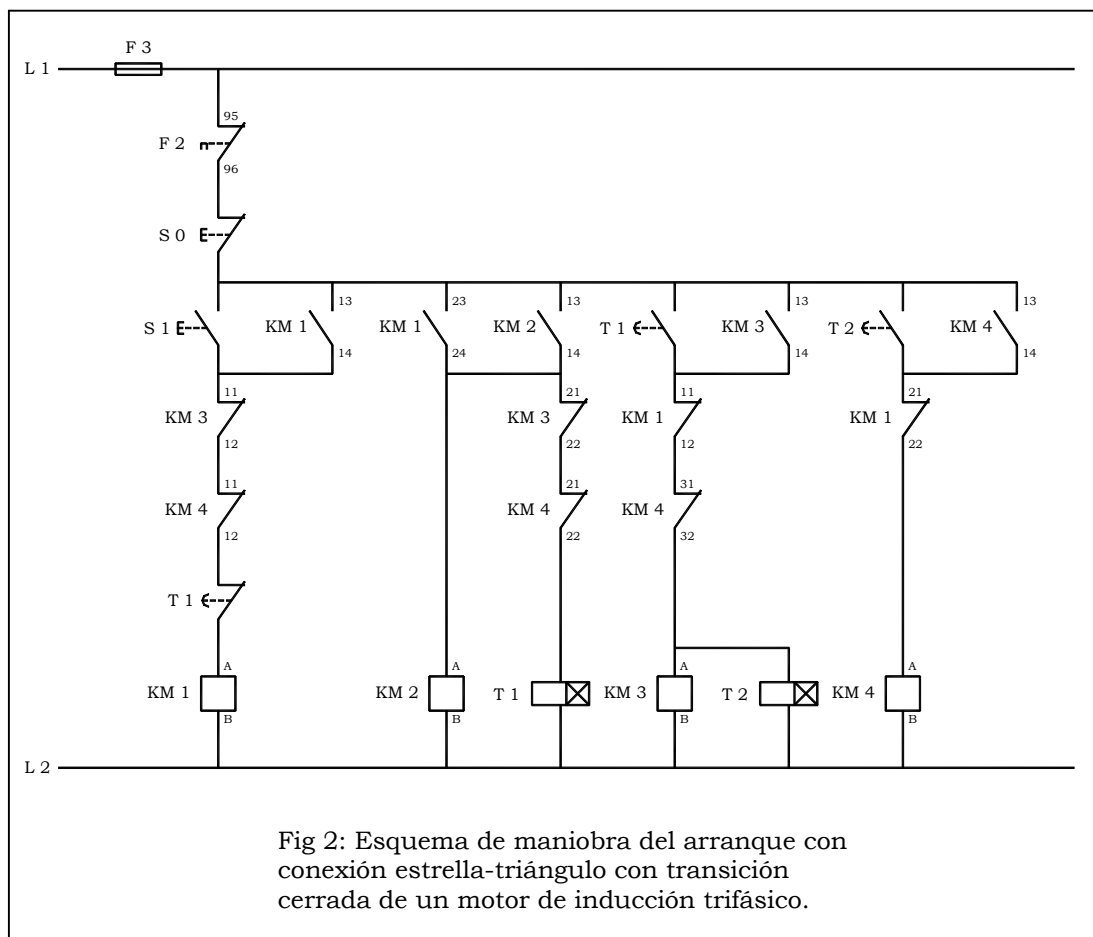
El arranque estrella-triángulo con transición cerrada (o estrella-resistencia-triángulo) tiene la misma utilidad que el arranque estrella-triángulo convencional, pero intenta solventar algunos de estos problemas.



Para mejorar la transición entre la estrella y el triángulo se realiza un paso intermedio. Este paso consiste en conectar cada bobina del inductor en serie con una resistencia y hacer el conexionado en triángulo. Por tanto, el arranque consta de tres pasos; estrella, triángulo con resistencias y triángulo. Las resistencias disminuyen la punta de intensidad producida en la transición de estrella a triángulo.

La *figura 1* muestra el esquema de potencia de un arranque estrella-triángulo con transición cerrada, donde KM1 es el contactor que cierra los secundarios de los devanados en estrella, KM3 es el contactor encargado de conectar el triángulo con resistencias y KM4 es el contactor que mantiene el inductor conectado en triángulo. El contactor KM2 controla la alimentación general de los primarios del devanado inductor.

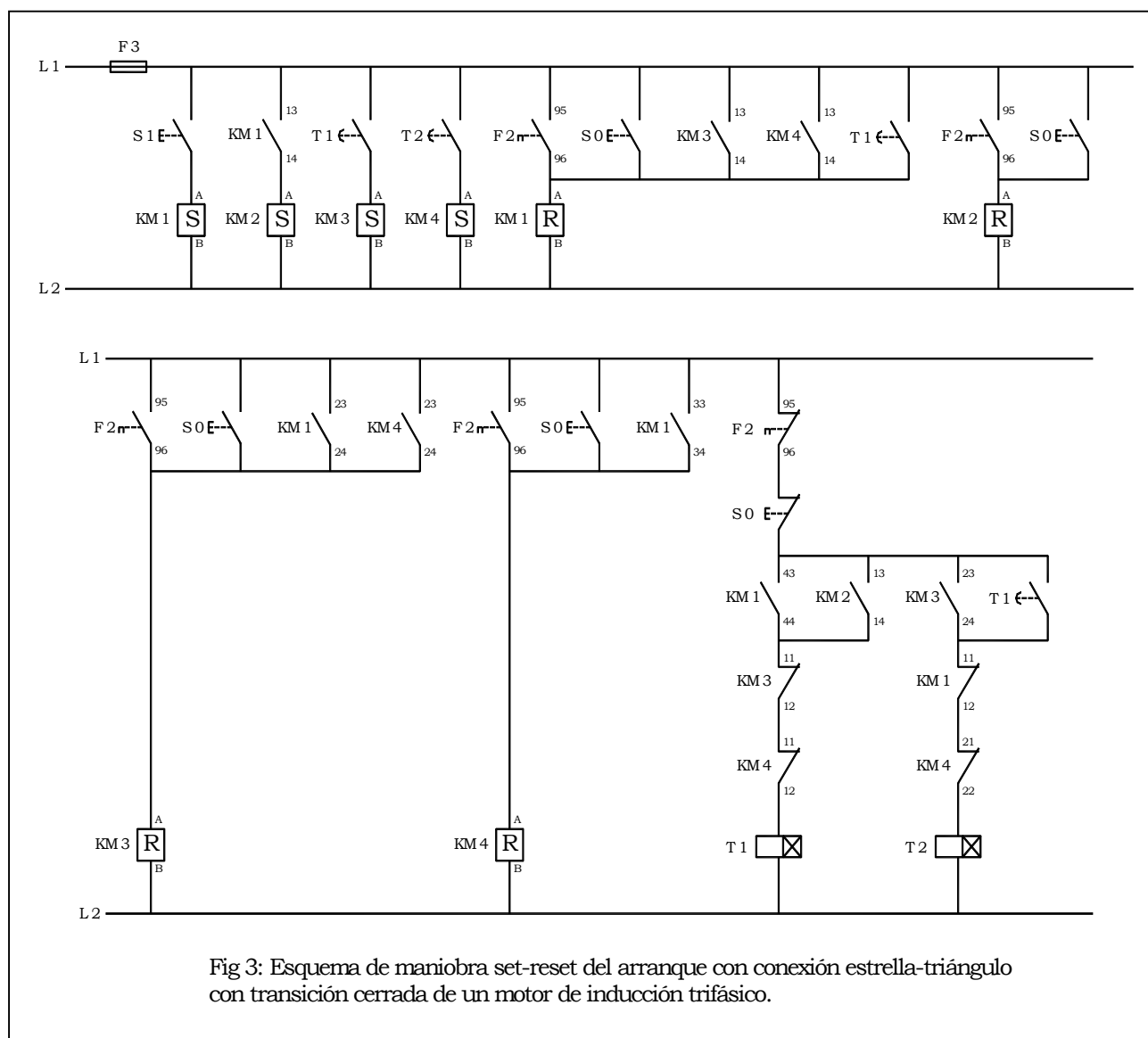
FUNCIONAMIENTO



La *figura 2* muestra el esquema de maniobra necesario para controlar el esquema de potencia de la *figura 1* ajustándose a los siguientes puntos:

- El circuito se comanda con un pulsador de marcha y un pulsador de paro.
- Al pulsar marcha entra en funcionamiento KM1 y seguidamente KM2, al cabo de un tiempo predeterminado se abre KM1 y se cierra KM3, quedando en funcionamiento KM2 y KM3, después de otro tiempo prefijado se cierra KM4 y se abre KM3, quedando finalmente en funcionamiento KM2 y KM4 hasta producirse una pulsación de paro.
- Para evitar cortocircuitos nunca podrán estar cerrados a la vez KM1 y KM3 o KM1 y KM4.

La *figura 3* muestra un esquema de maniobra equivalente al de la *figura 2* pero con un control set-reset sobre las bobinas de los contactores.



COMPONENTES

Se montará el ensayo con:

- 2 pulsadores.
- 4 contactores.
- 3 resistencias monofásicas o 1 resistencia trifásica.
- 1 relé programable Zelio.
- 1 motor de inducción trifásico.

ENSAYO

Los trabajos a realizar para la consecución del ensayo son:

1. - Programar un esquema de maniobra que cumpla con las condiciones de funcionamiento descritas con anterioridad en el relé programable Zelio, utilizando el software Zeliosoft. Realizar las simulaciones pertinentes que aseguren que el funcionamiento del programa se ajusta a la descripción de funcionamiento dada.
2. - Realizar las conexiones del relé programable con los dispositivos físicos que intervienen en el esquema de maniobra (pulsadores y bobinas de contactores). Se comprobará el correcto funcionamiento de la maniobra antes de iniciar el montaje del circuito de potencia.
3. - Realizar el conexionado del esquema de potencia conectando un amperímetro en una de las fases de alimentación del motor. Se debe prestar especial atención al conexionado de las resistencias y de KM3 y KM4.
4. - Modificar el tiempo de los temporizadores y el valor de las resistencias para intentar conseguir un arranque óptimo, donde la estrella y el triángulo con resistencias funcionen el menor tiempo posible y las puntas de intensidad al entrar el triángulo con resistencias y el triángulo no supere lo establecido en el R. E. B. T.
- 5.- Medir intensidad máxima para la estrella, para el triángulo con resistencias y para el triángulo, así como los tiempos aproximados de puesta en marcha y paro del motor.

PROGRAMACIÓN

Relación entradas/salidas del relé programable:

ENTRADAS	DESCRIPCIÓN
I 1	Interruptor protección F 2
I 2	Pulsador paro S 0
I 3	Pulsador marcha S 1

SALIDAS	DESCRIPCIÓN
Q 1	Bobina contactor KM 1 estrella
Q 2	Bobina contactor KM 2 alimentación
Q 3	Bobina contactor KM 3 triángulo con resistencias
Q 4	Bobina contactor KM 4 triángulo

COMENTARIOS

En los gráficos de las *figuras 4, 5 y 6* se muestra el comportamiento teórico de las magnitudes básicas de un motor de inducción trifásico durante el arranque con conexión estrella-triángulo con transición cerrada. La simulación se ha realizado con el motor moviendo una carga a par constante.

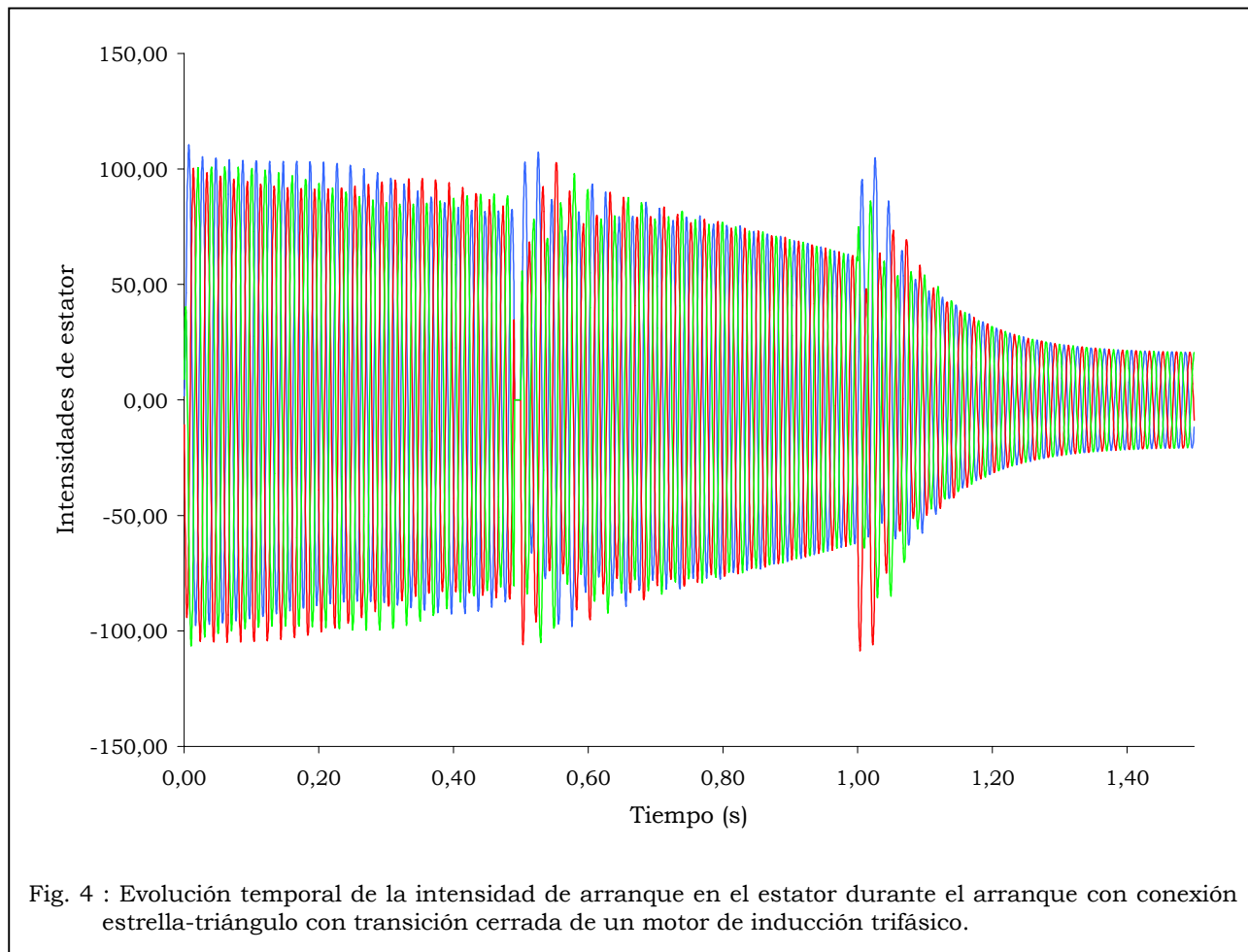
La *figura 4* muestra la evolución de las intensidades absorbidas por el motor durante el arranque. La longitud del gráfico se compone de tres partes diferenciadas que se corresponden con las fases seguidas en el arranque.

La primera parte transcurre desde el inicio hasta 0,5 segundos. En este periodo el motor vence la inercia estática con el estator conectado en estrella. Se observa que la punta de intensidad consumida en el instante de arranque no es demasiado elevada. Después de este instante la intensidad disminuye gradualmente tendiendo hacia la nominal.

La segunda parte, que ocupa el tiempo entre 0,5 y 1 segundo, es la parte correspondiente al funcionamiento en triángulo con resistencias. Al iniciarse esta parte y debido al salto desde la estrella, se produce un ligero aumento de intensidad, que no es excesivamente preocupante ya que es del orden de la intensidad de arranque.

La última parte se desarrolla entre 1 y 1,5 segundos y es la correspondiente al funcionamiento en triángulo. En el inicio de este periodo se vuelve a producir un aumento de intensidad al dejar de usar las resistencias. Este aumento es mayor que el que se produce al pasar de estrella a triángulo con resistencias, pero aún así, la intensidad máxima alcanzada sigue siendo del orden de la de arranque y, por tanto, asumible.

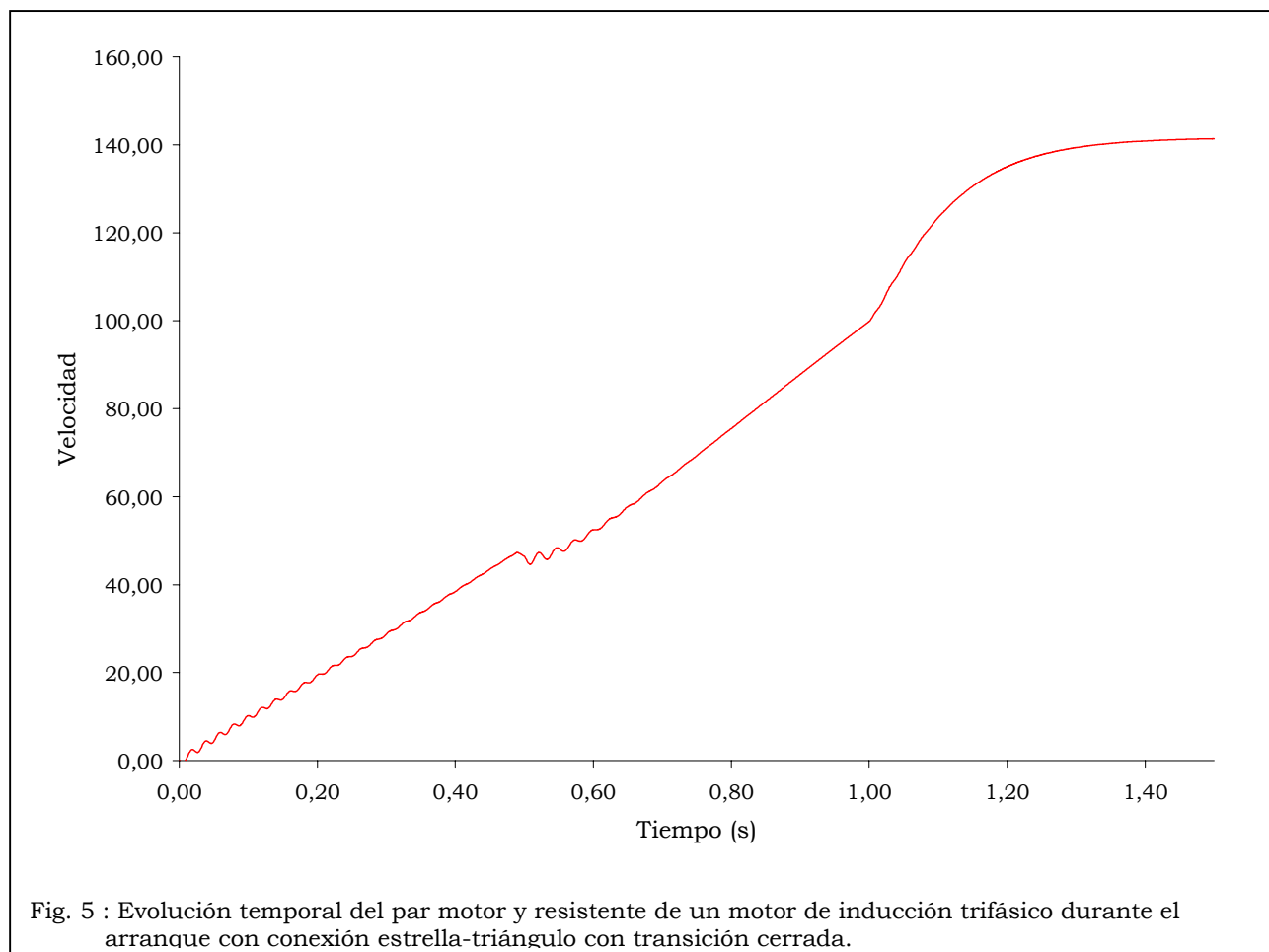
Se puede considerar que los pasos entre la conexión en estrella, la transición con resistencias y el triángulo se realizan de una manera bastante suave que no repercute excesivamente en el consumo de intensidad.



La *figura 5* muestra la evolución temporal de la velocidad en el arranque del motor de inducción trifásico con conexión estrella-triángulo con transición cerrada.

Se observa que durante la parte correspondiente a la conexión en estrella la velocidad aumenta de una manera más o menos constante. Al principio aparecen las pequeñas oscilaciones características de estos motores en el arranque.

En el paso hacia la transición con resistencias se produce un pequeño descenso en la velocidad y vuelven a aparecer oscilaciones. Después de un corto periodo de tiempo se vuelve a producir un aumento constante de la velocidad con una rampa ligeramente más inclinada que en la parte de estrella. Esto supone un aumento de velocidad más rápido.



Finalmente se entra en la zona del triángulo donde se produce un claro aumento de la inclinación de la rampa de velocidad hasta llegar al codo de estabilidad. Pasado el codo la velocidad tiende a estabilizarse entorno a su valor nominal.

Por último, en la *figura 6* aparecen las representaciones del par en el arranque del motor de inducción trifásico durante un arranque con conexión estrella-triángulo con transición cerrada.

En la *figura 6* se observan las fuertes fluctuaciones de par que se producen al cambiar las conexiones del inductor, sobretodo en el paso de estrella a transición con resistencias aparece una oscilación muy grande del par motor que supera la que se produce en el instante de arranque. Este es el mayor problema de este tipo de arranques.

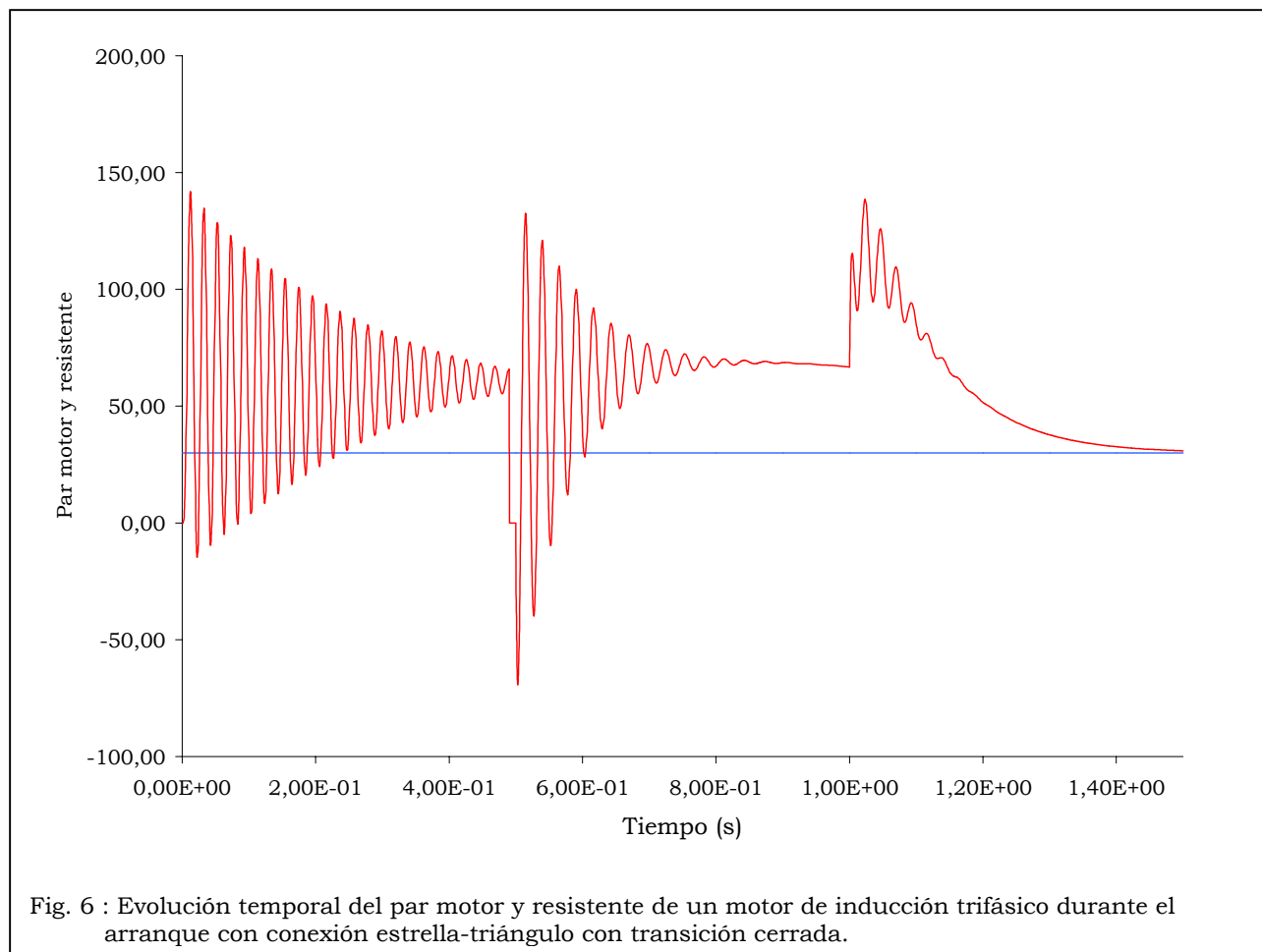


Fig. 6 : Evolución temporal del par motor y resistente de un motor de inducción trifásico durante el arranque con conexión estrella-triángulo con transición cerrada.

Con la observación de los gráficos ofrecidos, se puede observar las mejoras que proporciona este arranque respecto al de conexión estrella-triángulo, sobretudo en el aspecto del consumo de intensidad. En velocidad y par sigue afectando bastante el hecho de que al producirse la transición entre estrella y triángulo con resistencias el motor se tenga que quedar sin alimentación durante unos instantes para evitar el cortocircuito.

ANEXO

Programa del esquema de la *figura 2* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	— i 1 —	— i 2 —		[M 1 —	Memoria de apoyo 1
02	— M 1 —	I 3 —	q 3 —	[M 2 —	Memoria de apoyo 2
03		Q 1 —			
04		Q 1 —		[Q 2 —	Bobina contactor KM 2 alimentación
05		Q 2 —	q 3 —	[M 3 —	Memoria de apoyo 3
06		T 1 —	q 1 —	[M 4 —	Memoria de apoyo 4
07		Q 3 —			
08		T 2 —	q 1 —	[Q 4 —	Bobina contactor KM 4 triángulo
09		Q 4 —			
10	— M 2 —	q 4 —	t 1 —	[Q 1 —	Bobina contactor KM 1 estrella
11	— M 3 —	q 4 —		TT 1 —	Temporizador T 1 estrella a triángulo con resistencias
12	— M 4 —	q 4 —		[Q 3 —	Bobina contactor KM 3 triángulo con resistencias
13				TT 2 —	Temporizador T 2 triángulo con resistencias a triángulo

Programa del esquema de la *figura 3* mediante el software Zeliosoft:

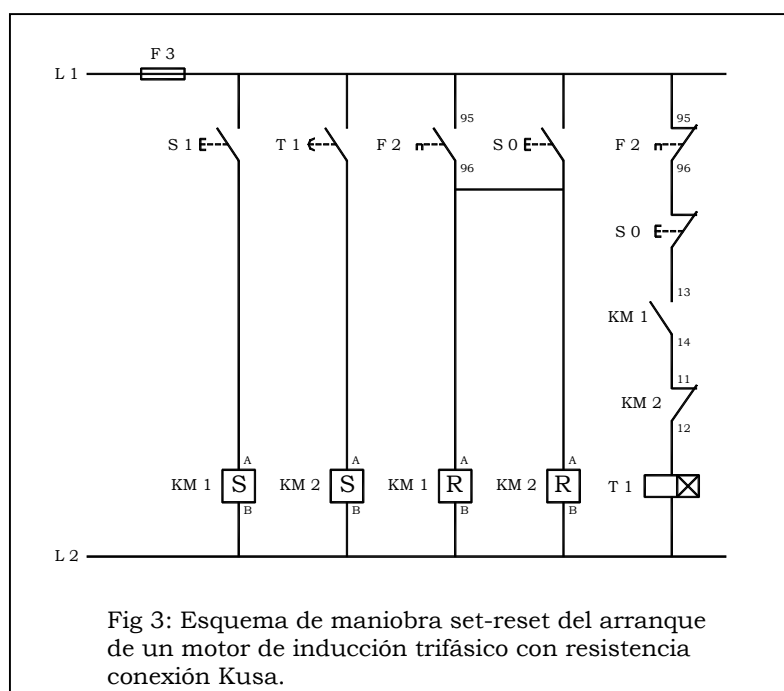
Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	I 3			SQ 1	Set bobina contactor KM 1 estrella
02	Q 1			SQ 2	Set bobina contactor KM 2 alimentación
03	T 1			SQ 3	Set bobina contactor KM 3 triángulo con resistencias
04	T 2			SQ 4	Set bobina contactor KM 4 triángulo
05	I 1			[M 1	Memoria de apoyo 1
06	I 2			RQ 2	Reset bobina contactor KM 2 alimentación
07	M 1			RQ 1	Reset bobina contactor KM 1 estrella
08	Q 3				
09	Q 4				
10	T 1				
11	M 1			RQ 3	Reset bobina contactor KM 3 triángulo con resistencias
12	Q 1				
13	Q 4				
14	M 1			RQ 4	Reset bobina contactor KM 4 triángulo
15	Q 1				
16	i 1	i 2	Q 1	[M 2	Memoria de apoyo 2
17			Q 2		
18			Q 3	[M 3	Memoria de apoyo 3
19			T 1		
20	M 2	q 3	q 4	TT 1	Temporizador T 1 estrella a triángulo con resistencias
21	M 3	q 1	q 4	TT 2	Temporizador T 2 triángulo con resistencias a triángulo

FUNCIONAMIENTO

La *figura 2* muestra el esquema de maniobra necesario para controlar el esquema de potencia de la *figura 1*. La maniobra se ajusta al siguiente funcionamiento:

- El circuito se comanda con un pulsador de marcha y un pulsador de paro.
- Al pulsar marcha entra en funcionamiento KM 1 alimentando al motor con la resistencia en tensión. Al cabo de un tiempo predefinido KM 2 se cierra cortocircuitando la resistencia. El motor queda funcionando con KM 1 y KM 2 accionados hasta que se produce una pulsación de paro.

La *figura 3* muestra un esquema de maniobra equivalente al de la *figura 2* pero, en este caso, se realiza un control set-reset sobre las bobinas de los contactores.



COMPONENTES

En la realización del ensayo se utilizarán:

- 2 pulsadores.
- 2 contactores.
- 1 resistencias monofásica.
- 1 relé programable Zelio.

- 1 motor de inducción trifásico.

ENSAYO

Las actividades a desarrollar durante el ensayo son:

1. - Programar un esquema de maniobra que cumpla con las condiciones de funcionamiento descritas con anterioridad en el relé programable Zelio, utilizando el software Zeliosoft. Realizar las simulaciones pertinentes que aseguren que el funcionamiento del programa se ajusta a la descripción de funcionamiento dada.
2. - Realizar las conexiones del relé programable con los dispositivos físicos que intervienen en el esquema de maniobra (pulsadores y bobinas de contactores). Se comprobará el correcto funcionamiento de la maniobra antes de iniciar el montaje del circuito de potencia.
3. - Realizar el conexionado del esquema de potencia conectando dos amperímetros. Uno en la fase con la resistencia intercalada y el otro en cualquiera de las fases de alimentación del motor restantes.
4. - Dimensionar adecuadamente la carga resistiva y modificar el tiempo del temporizador para intentar conseguir un arranque óptimo, donde el tiempo de arranque sea el menor posible y las puntas de intensidad de arranque no superen lo establecido en el R. E. B. T.
5. - Medir y comparar intensidad máxima en cada uno de los amperímetros durante el arranque y los tiempos aproximados de puesta en marcha y paro del motor.

PROGRAMACIÓN

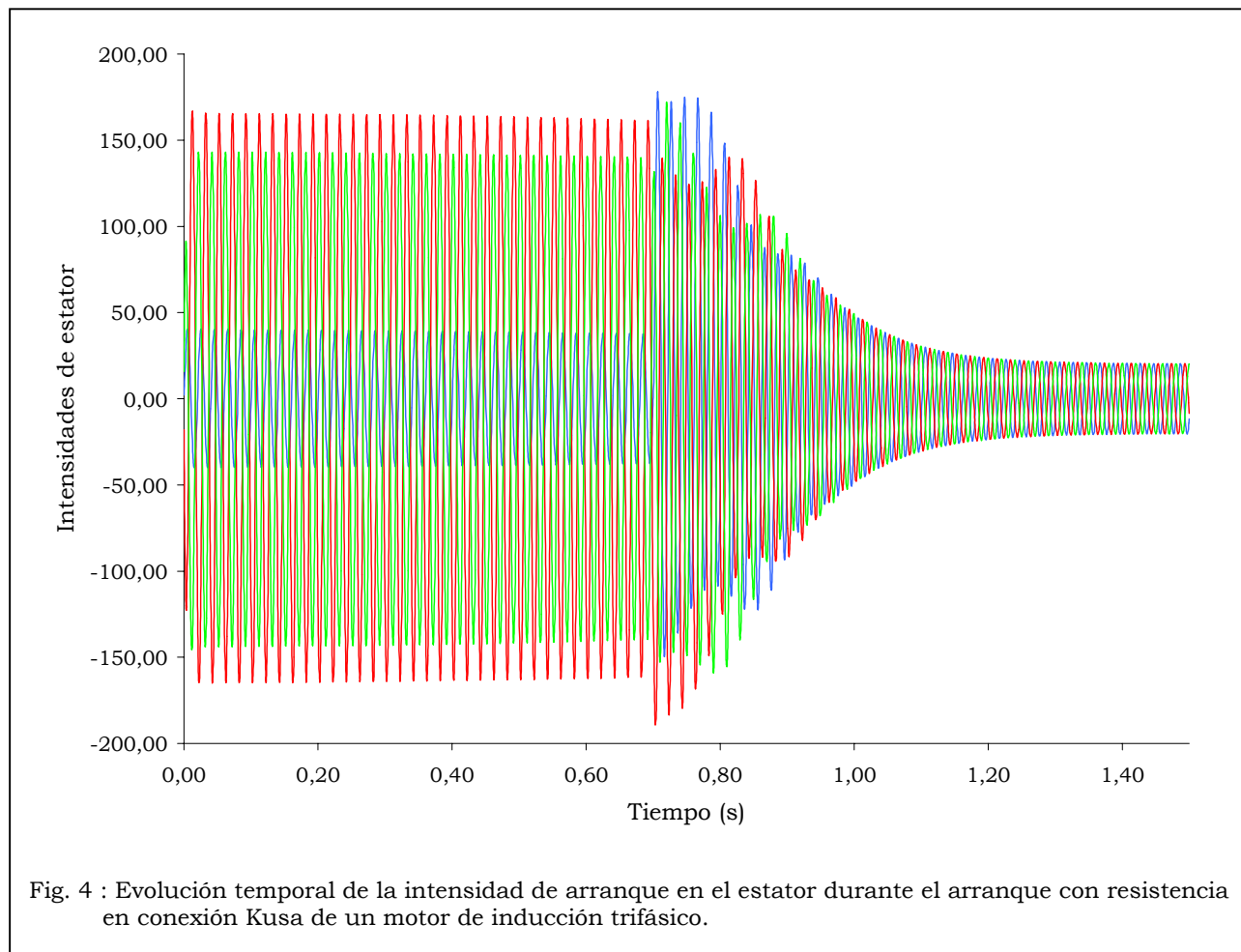
Relación entradas/salidas del relé programable:

ENTRADAS	DESCRIPCIÓN
I 1	Interruptor protección F 2
I 2	Pulsador paro S 0
I 3	Pulsador marcha S 1

SALIDAS	DESCRIPCIÓN
Q 1	Bobina contactor KM 1 alimentación
Q 2	Bobina contactor KM 2 supresión resistencia

COMENTARIOS

Los gráficos de las *figuras 4, 5 y 6* muestran el comportamiento teórico de un motor trifásico en el arranque. La simulación se ha realizado con el motor actuando sobre una carga a par constante.



La *figura 4* muestra la evolución temporal de las intensidades absorbidas por un motor de inducción trifásico durante un arranque con resistencia en conexión Kusa.

Se puede dividir el gráfico en dos partes diferenciadas.

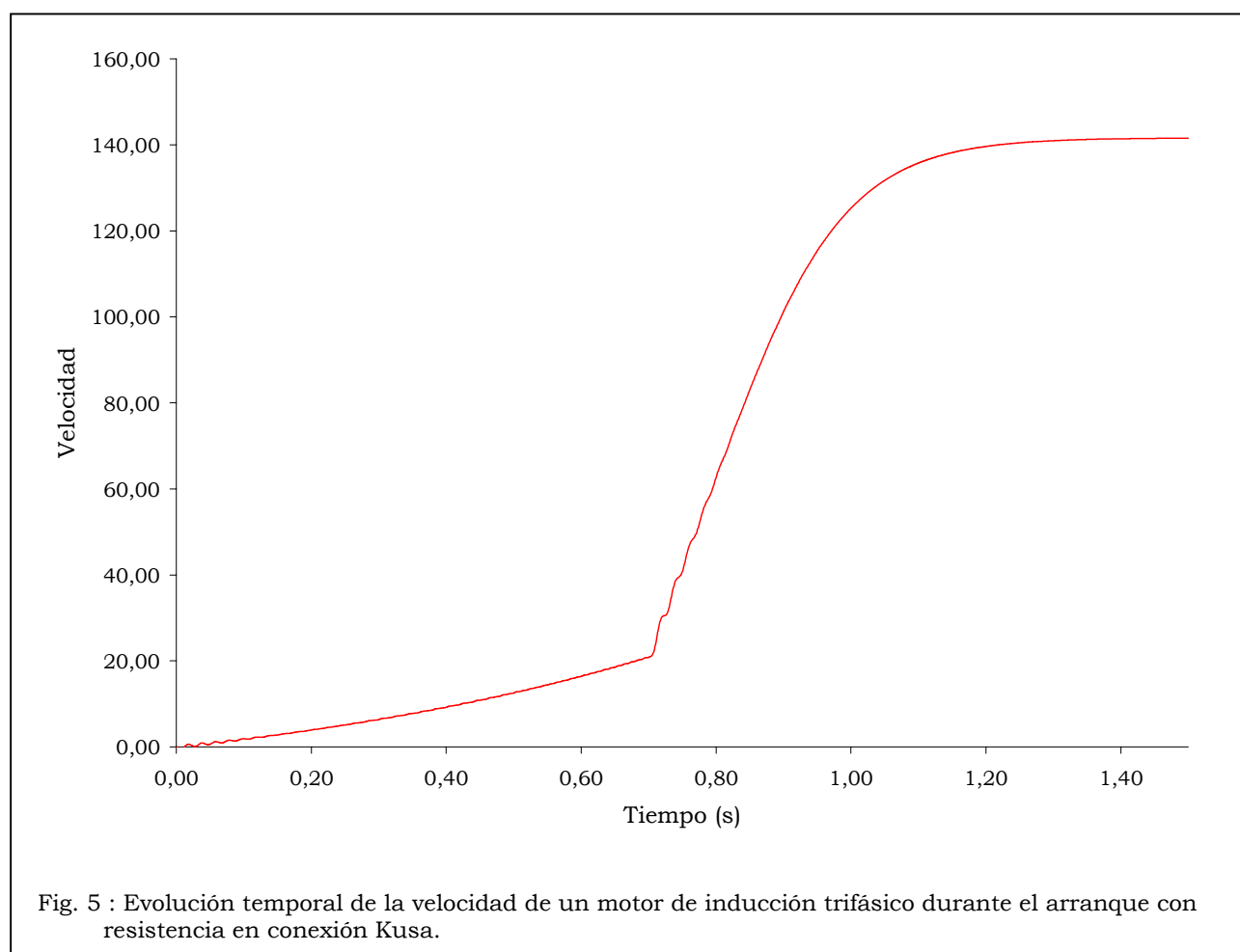
La primera parte ocupa el tiempo desde el instante de arranque hasta los 0,7 segundos. Durante este periodo una de las fases del motor se alimenta a través de una resistencia. Esta resistencia provoca un desequilibrio de las intensidades absorbidas por fase. El desequilibrio provoca una disminución del valor eficaz del total de intensidad absorbida que alcanza un valor asumible.

Durante la primera parte del arranque la intensidad de la fase que tiene la resistencia intercalada (color azul) está limitada a un valor muy por debajo del de las otras dos fases. Esto provoca un desequilibrio sobre las dos fases restantes,

como se puede comprobar en el hecho de que la amplitud de la oscilación de la línea de color rojo es superior a la del color verde.

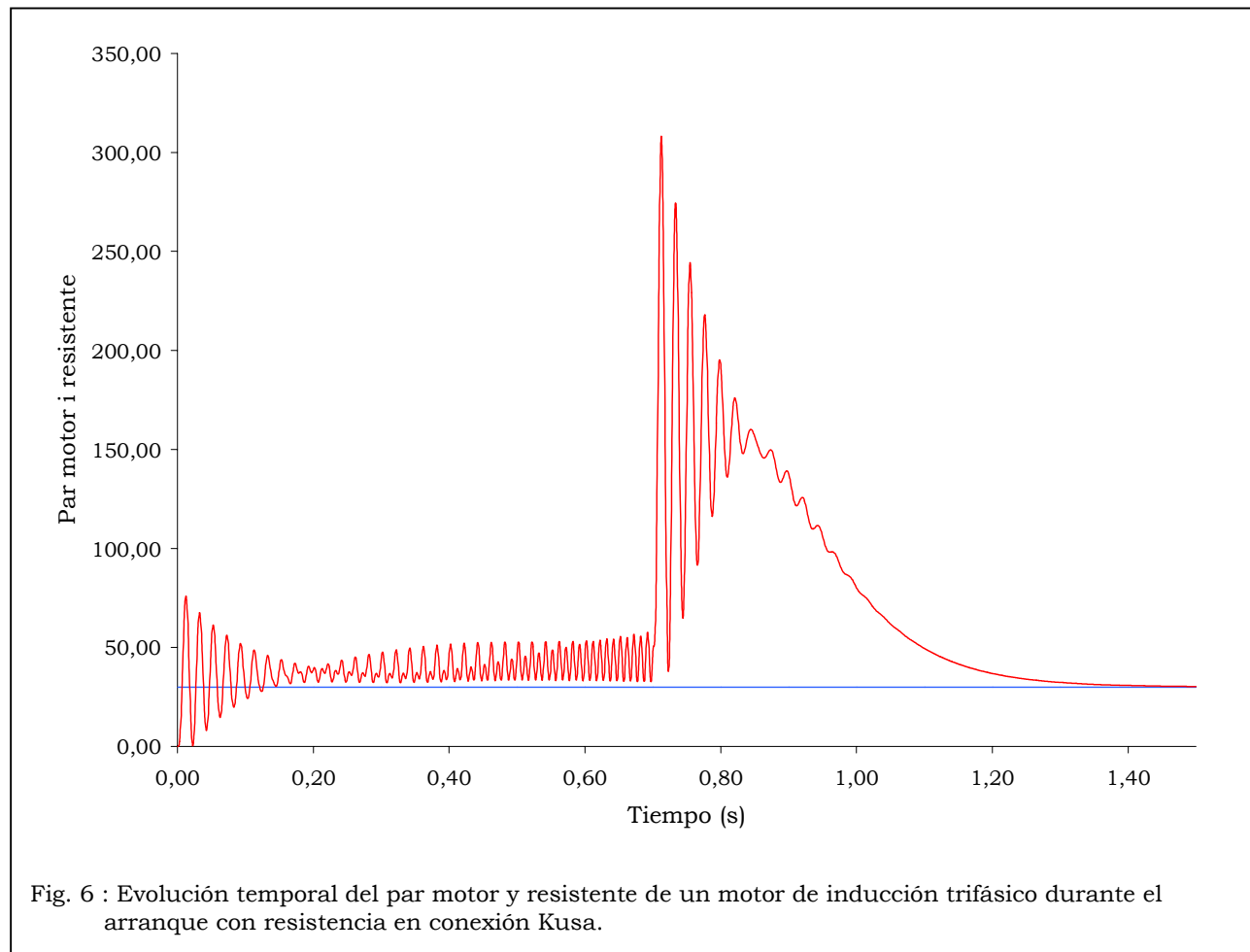
En la segunda parte, que transcurre a partir de los 0,7 segundos el motor se alimenta directamente de la línea. Esta parte final se inicia cuando se cortocircuita la resistencia. Esto provoca un aumento brusco de la intensidad en la fase que se alimentaba a través de la resistencia. Después de que las intensidades se equiparen, evolucionan disminuyendo hacia el valor nominal.

En la *figura 5* se observa la evolución temporal de la velocidad durante el arranque de un motor de inducción trifásico con resistencia en conexión Kusa.



En el gráfico de la *figura 5* es fácil diferenciar los dos periodos del arranque. Durante el funcionamiento con la resistencia conectada la rampa de velocidad es extremadamente baja y la velocidad crece muy lentamente con el tiempo. Después de cortocircuitar la resistencia, la rampa de velocidad aumenta de inclinación bruscamente acelerando el proceso de puesta en marcha, para acabar evolucionando, como es normal, con un codo de estabilidad y una aproximación al valor nominal.

En la *figura 6* se representa la evolución temporal del par motor en el eje de un motor trifásico durante un arranque con resistencia en conexión Kusa y el par resistente de la carga accionada.



La primera parte del gráfico de la *figura 6* debe sus oscilaciones al desequilibrio provocado por la conexión de una resistencia en una de las fases de alimentación.

Al cortocircuitar la resistencia se produce un gran aumento del par motor que, tras oscilar brevemente, acaba igualándose al par resistente.

El arranque con resistencia en conexión Kusa se caracteriza por los desequilibrios iniciales debidos a la resistencia en serie con una de las fases y por la gran aceleración y punta de par que aparece al cortocircuitar la resistencia.

ANEXO

Programa del esquema de la *figura 2* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	— i 1 —	— i 2 —	— I 3 —	[Q 1 —	Bobina contactor KM 1 alimentación
02			— Q 1 —	[M 1 —	Memoria de apoyo 1
03			— T 1 —	[Q 2 —	Bobina contactor KM 2 supresión resistencia
04			— Q 2 —		
05	— M 1 —	— q 2 —		— TT 1 —	Temporizador T 1 supresión resistencia

Programa del esquema de la *figura 3* mediante el software Zeliosoft:

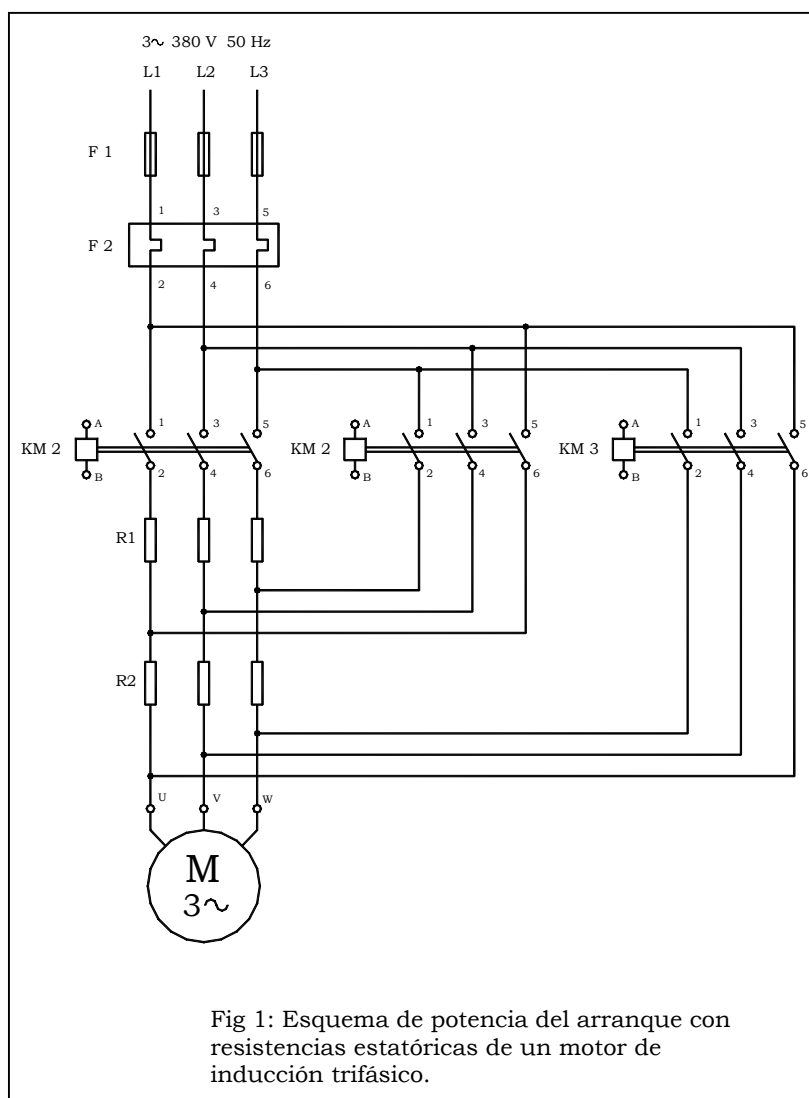
Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	— I 3 —			— SQ 1 —	Set bobina contactor KM 1 alimentación
02	— T 1 —			— SQ 2 —	Set bobina contactor KM 2 supresión resistencia
03	— I 1 —			— RQ 1 —	Reset bobina contactor KM 1 alimentación
04	— I 2 —			— RQ 2 —	Reset bobina contactor KM 2 supresión resistencia
05	— i 1 —	— i 2 —	— Q 1 —	[M 1 —	Memoria de apoyo 1
06	— M 1 —	— q 2 —		— TT 1 —	Temporizador T 1 supresión resistencia

5. ARRANQUE CON RESISTENCIAS ESTATÓRICAS DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO

INTRODUCCIÓN

Al igual que los arranques con conexión estrella-triángulo, este arranque se utiliza para obtener una tensión reducida en el inductor que disminuya la punta de intensidad consumida durante el arranque.

Para conseguir la reducción de tensión durante el arranque, se conectan en serie con el devanado del estator unas resistencias que reciben el nombre de resistencias estatóricas. Estas resistencias provocan una caída de tensión que hace que disminuya la tensión en bornes de las bobinas inductoras. Una vez se ha superado el arranque se desconectan las resistencias y el motor adquiere su funcionamiento nominal.



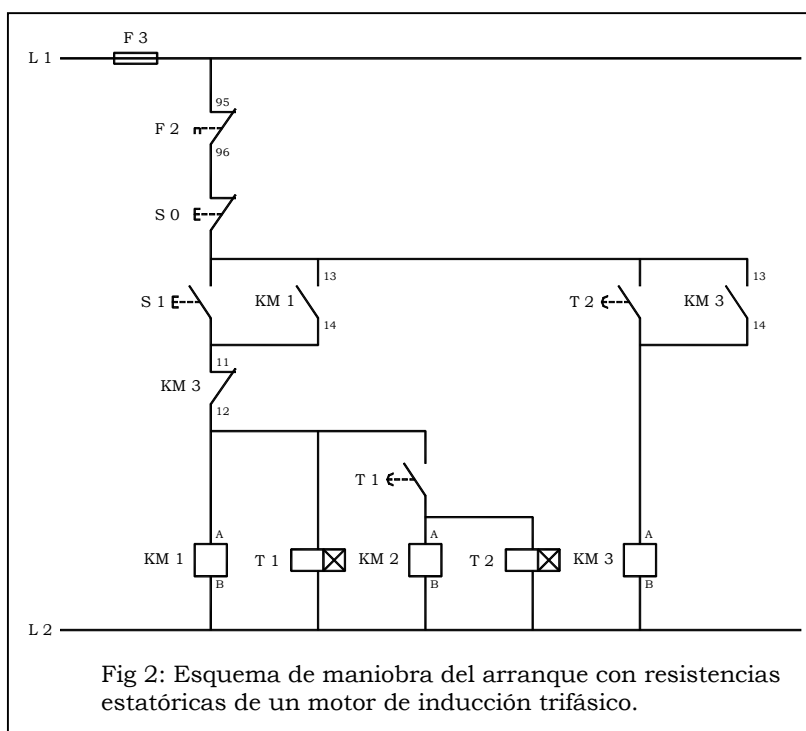
La *figura 1* muestra el esquema de potencia necesario para el arranque con resistencias estatóricas de un motor de inducción trifásico. En este caso, el

arranque se realiza con dos tramos de resistencias. Los tramos de resistencias contribuyen a obtener un arranque más gradual de la máquina mediante escalones en la reducción de resistencia en el estator. Con KM 1 accionado el motor recibe alimentación a una tensión reducida debido a la caída de tensión provocada por el total de las resistencias. Al actuar KM 2, la resistencia y la caída de tensión disminuyen aumentando la tensión en bornes del motor. Cuando KM3 está accionado, las resistencias no provocan caída de tensión, el motor se alimenta a la tensión de la línea y proporciona su funcionamiento normal.

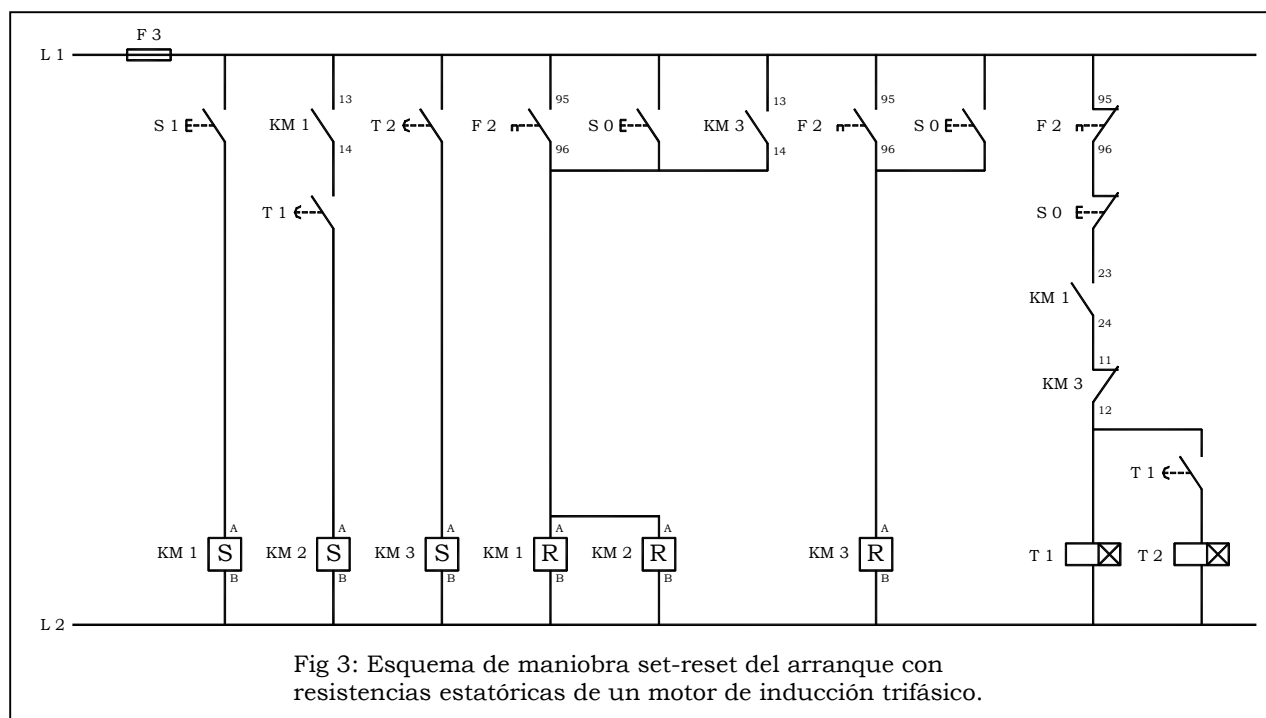
FUNCIONAMIENTO

La *figura 2* muestra un circuito de maniobra para controlar el esquema de potencia de la *figura 1*. Para su diseño se ha tenido en cuenta lo siguiente:

- El circuito se comanda con un pulsador de marcha y un pulsador de paro.
- Después de pulsar marcha entra en funcionamiento el contactor KM1, al cabo de un tiempo prefijado se conecta KM 2 y después de actuar KM 2 pasa otro tiempo preestablecido hasta que se acciona KM 3. Después de conectarse KM 3 se desconectan KM 1 y KM 2 quedando sólo cerrado KM 3 hasta una pulsación de paro.



La *figura 3* muestra un esquema de maniobra equivalente al de la *figura 2* pero, en este caso, se realiza un control set-reset sobre las bobinas de los contactores.



COMPONENTES

Se montará el ensayo con:

- 2 pulsadores.
- 3 contactores.
- 6 resistencias monofásicas o 2 resistencias trifásica o una resistencia trifásica con tomas o 3 resistencias monofásicas con tomas.
- 1 relé programable Zelio.
- 1 motor de inducción trifásico.

ENSAYO

Para realizar el ensayo se desarrollarán las siguientes actividades:

1. - Programar un esquema de maniobra que cumpla con las condiciones de funcionamiento descritas con anterioridad en el relé programable Zelio, utilizando el software Zeliosoft. Realizar las simulaciones pertinentes que aseguren que el funcionamiento del programa se ajusta a la descripción de funcionamiento dada.
2. - Realizar las conexiones del relé programable con los dispositivos físicos que intervienen en el esquema de maniobra (pulsadores y bobinas de contactores). Se

comprobará el correcto funcionamiento de la maniobra antes de iniciar el montaje del circuito de potencia.

3. - Realizar el conexionado del esquema de potencia conectando un amperímetro en una de las fases de alimentación del motor.

4. - Dimensionar adecuadamente las cargas resistivas y modificar el tiempo de los temporizadores para intentar conseguir un arranque óptimo, donde el tiempo de arranque sea el menor posible y las puntas de intensidad no superen lo establecido en el R. E. B. T.

5. - Medir intensidad máxima en el arranque y los tiempos aproximados de puesta en marcha y paro del motor.

PROGRAMACIÓN

Relación entradas/salidas del relé programable:

ENTRADAS	DESCRIPCIÓN
I 1	Interruptor protección F 2
I 2	Pulsador paro S 0
I 3	Pulsador marcha S 1

SALIDAS	DESCRIPCIÓN
Q 1	Bobina contactor KM 1 mínima tensión
Q 2	Bobina contactor KM 2 mediana tensión
Q 3	Bobina contactor KM 3 tensión de línea

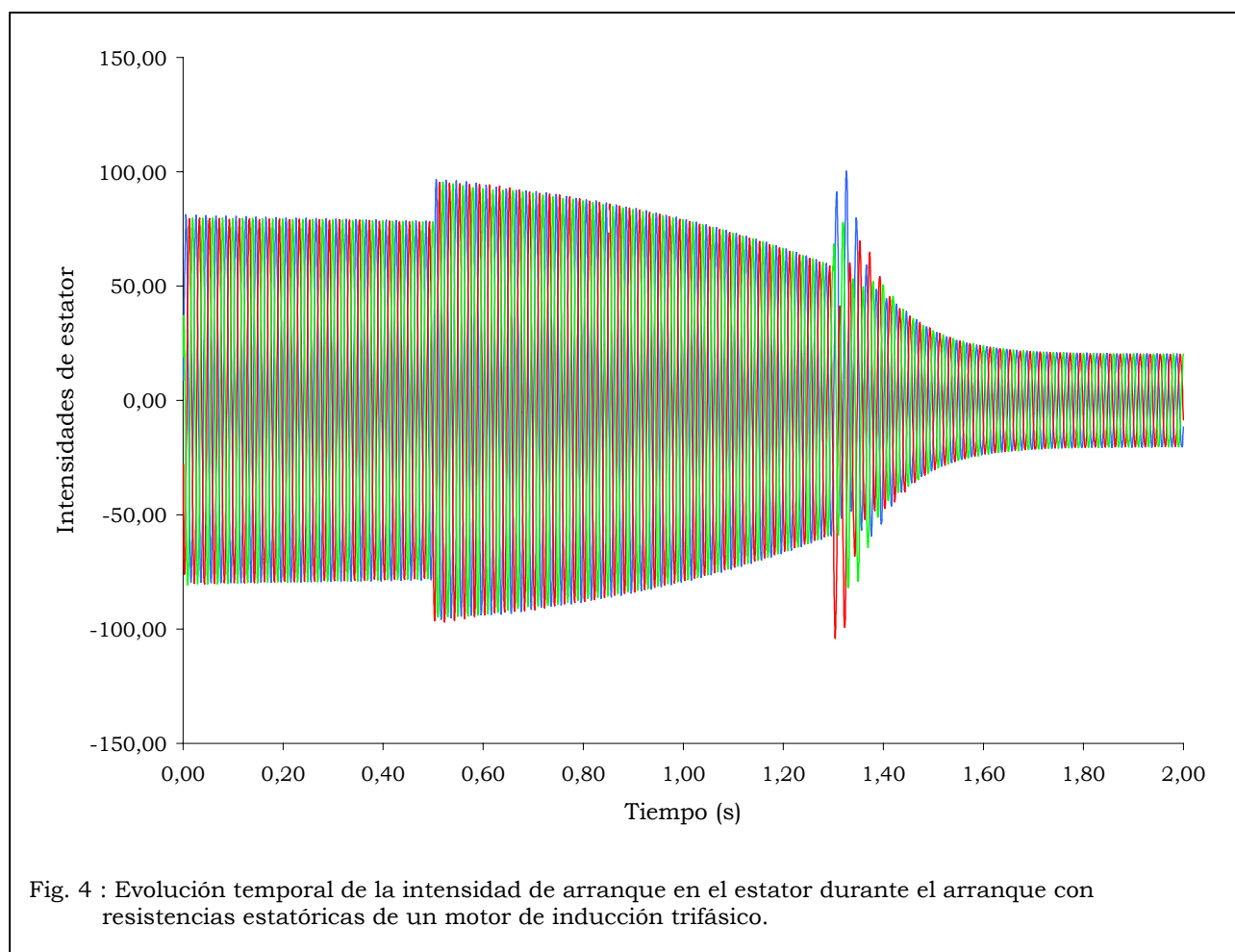
COMENTARIOS

En los gráficos de las *figuras 4, 5 y 6* se muestran las características fundamentales de un motor de inducción trifásico durante el arranque con resistencias estáticas. La simulación se ha realizado con el motor moviendo una carga a par constante.

La *figura 4* muestra la evolución temporal de las intensidades absorbidas por el motor durante el desarrollo del arranque.

En el gráfico se observan fácilmente tres partes diferenciadas.

La parte inicial, que transcurre desde el instante inicial hasta los 0,5 segundos, es la correspondiente al arranque del motor con todas las resistencias en serie con el inductor. Durante este periodo la intensidad de arranque se encuentra limitada a un valor máximo asumible. La corriente absorbida disminuye de una manera casi imperceptible.

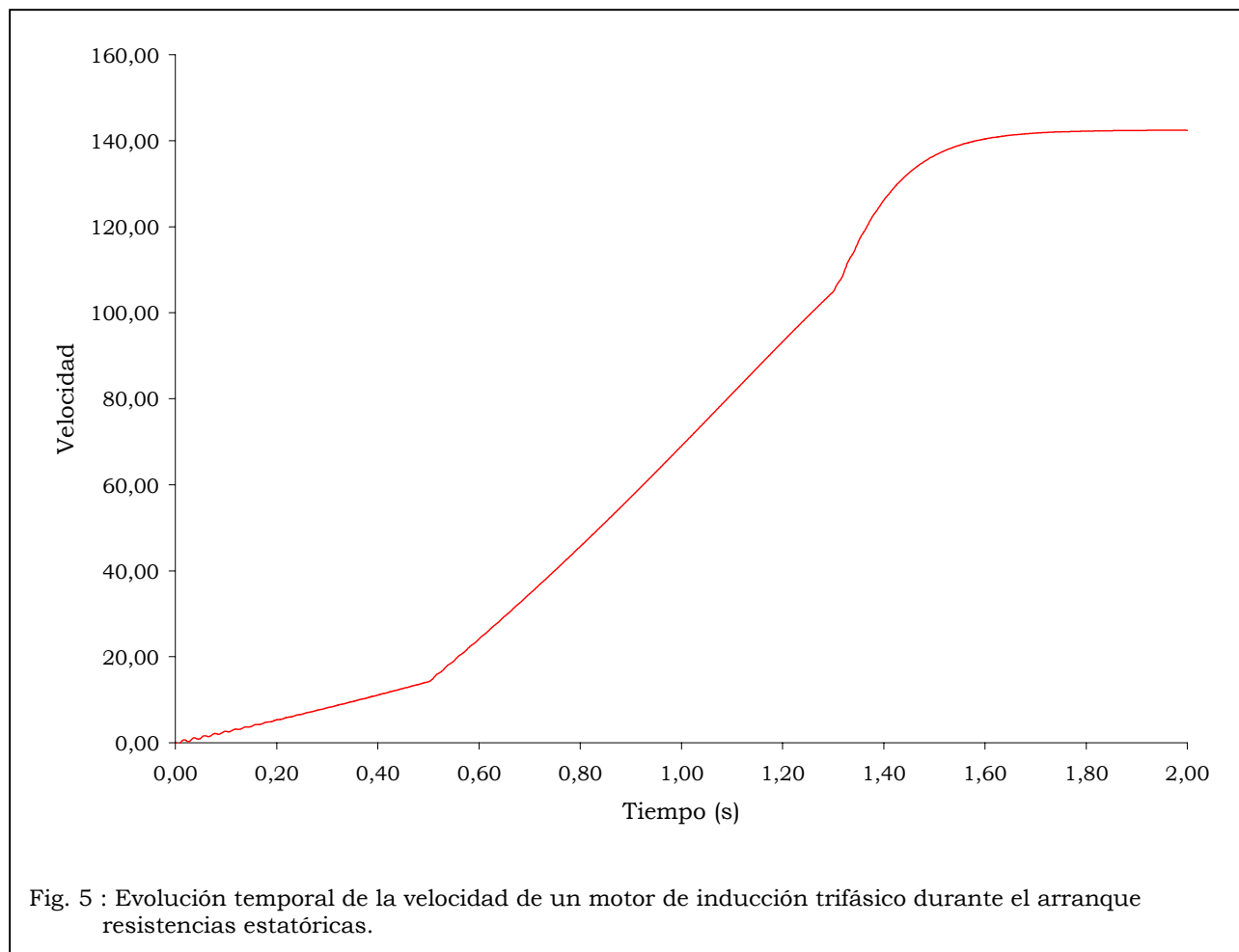


En la parte central, que transcurre desde los 0,5 segundos hasta los 1,3 segundos, se ha desconectado el primer tramo de resistencias. En el momento de desconexión de parte de la resistencia, la intensidad aumenta bruscamente alcanzando un valor superior al del arranque pero no peligroso. Después evoluciona disminuyendo progresivamente.

La parte final corresponde al funcionamiento del motor sin resistencias añadidas al estator. Al desconectar el último tramo de resistencias la intensidad sufre un aumento considerable. El tiempo de funcionamiento con un solo tramo de resistencia es suficiente para que la intensidad máxima adquirida en este punto sea del orden del valor máximo alcanzado con anterioridad. El motor queda funcionando de esta manera y la intensidad evoluciona disminuyendo hasta su valor nominal.

Comparando este gráfico de intensidad con el del arranque con conexión estrella-triángulo con transición cerrada podemos encontrar ciertas similitudes.

En la *figura 5* aparece la evolución temporal de la velocidad en el arranque del motor de inducción trifásico con resistencias estatóricas.



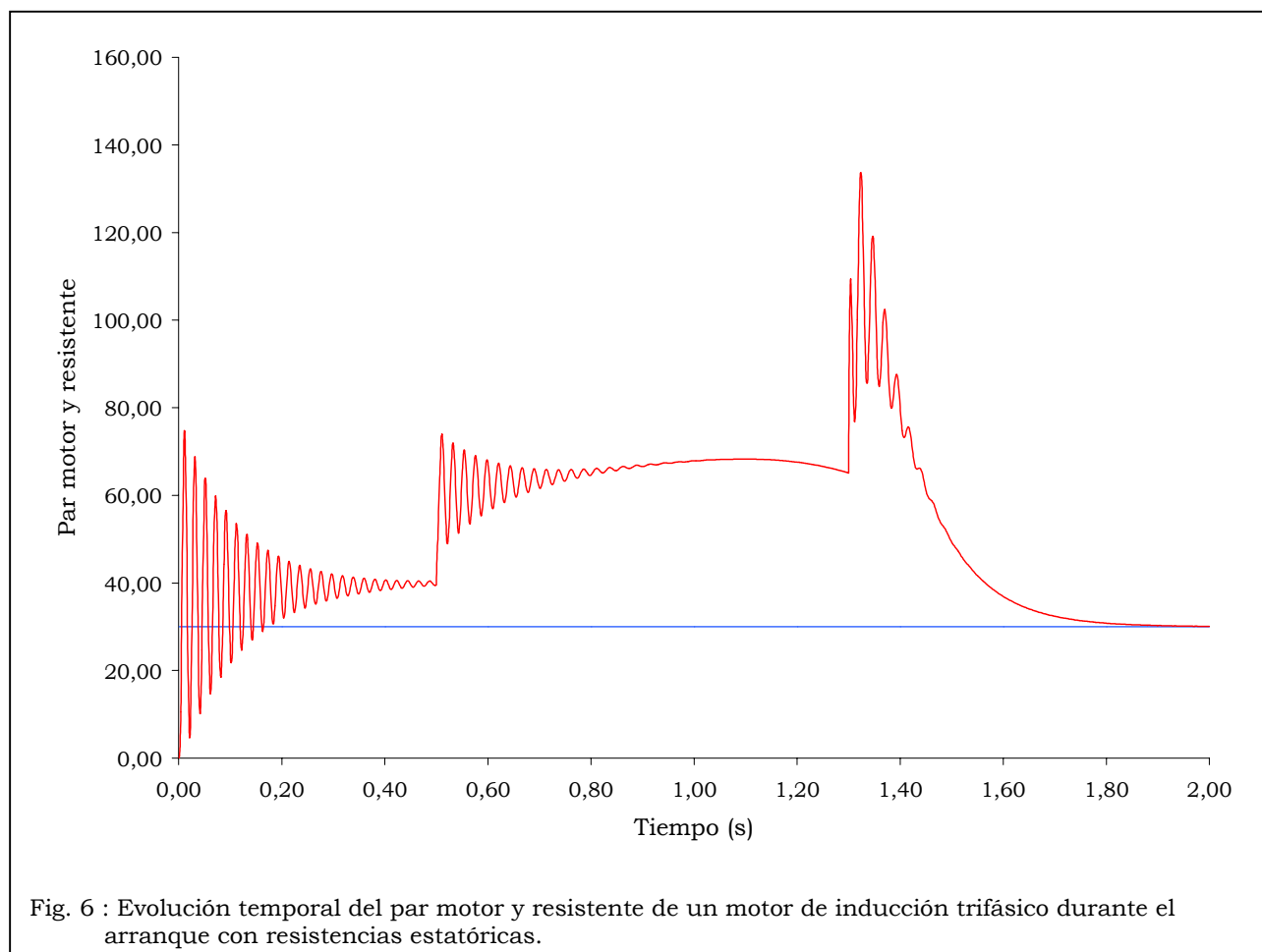
En este gráfico vuelven aparecer las tres zonas del funcionamiento en el arranque claramente diferenciadas.

Durante el periodo de funcionamiento con toda la resistencia conectada se observa como la velocidad crece muy lentamente con una rampa con muy poca inclinación que retarda el proceso de arranque.

Al desconectar el primer tramo de resistencia aumenta bastante la inclinación de la rampa de velocidad y el proceso de arranque se acelera.

Finalmente, al desconectar toda la resistencia se pasa al funcionamiento normal del motor. La velocidad aumenta más rápidamente durante un pequeño tramo anterior al codo de estabilidad. Al final, la velocidad se estabiliza entorno a su valor nominal.

En la última figura, la *figura 6*, aparecen representados el par en el arranque del motor de inducción trifásico con resistencias estáticas, junto con el par resistente constante accionado.



En este arranque el mayor problema con el par surge al desconectar toda la resistencia y pasar al funcionamiento nominal. A parte de las oscilaciones características del momento de arranque y las que se producen al desconectar el primer tramo de resistencias, que no son demasiado importantes, se puede observar que al desconectar toda la resistencia aparece una fuerte punta de par que puede ser perjudicial para la máquina.

Los principales inconvenientes de este tipo de arranque vuelven a residir en la variabilidad del par durante el arranque. En este caso, también aparece un nuevo problema derivado de la pérdida de energía provocada por la conexión de las resistencias durante el arranque. La energía disipada por las resistencias se desaprovecha.

ANEXO

Programa del esquema de la *figura 2* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	i 1	i 2		[M 1	Memoria de apoyo 1
02	M 1	I 3	q 3	[Q 1	Bobina contactor KM 1 mínima tensión
03		Q 1		TT 1	Temporizador T 1 mínima a mediana tensión
04				[M 2	Memoria de apoyo 2
05	M 2	T 1		[Q 2	Bobina contactor KM 2 mediana tensión
06				TT 2	Temporizador T 2 mediana tensión a tensión de línea
07	M 1	T 2		[Q 3	Bobina contactor KM 3 tensión de línea
08		Q 3			

Programa del esquema de la *figura 3* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	I 3			SQ 1	Set bobina contactor KM 1 mínima tensión
02	Q 1	T 1		SQ 2	Set bobina contactor KM 2 mediana tensión
03	T 2			SQ 3	Set bobina contactor KM 3 tensión de línea
04	I 1			[M 1	Memoria de apoyo 1
05	I 2			RQ 3	Reset bobina contactor KM 3 tensión de línea
06	M 1			RQ 1	Reset bobina contactor KM 1 mínima tensión
07	Q 3			RQ 2	Reset bobina contactor KM 2 mediana tensión
08	i 1	i 2	Q 1	[M 2	Memoria de apoyo 2
09	M 2	q 3		TT 1	Temporizador T 1 mínima a mediana tensión
10			T 1	TT 2	Temporizador T 2 mediana tensión a tensión de línea

6. ARRANQUE CON AUTOTRANSFORMADOR DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO

INTRODUCCIÓN

Este es uno de las modalidades de arranque utilizadas para disminuir la intensidad de arranque. Esta disminución se obtiene mediante la reducción de la tensión de alimentación producida por un autotransformador.

La *figura 1* muestra el esquema de potencia de un arranque con autotransformador de un motor de inducción trifásico. Este tipo de arranque permite el uso de autotransformadores con tomas intermedias que facilitan un arranque más suave y progresivo. En este caso se ha utilizado un autotransformador sin tomas intermedias.

El contactor KM 1 controla el funcionamiento de la alimentación a través del autotransformador. El contactor KM 2 acciona la alimentación directa del motor desde la red.

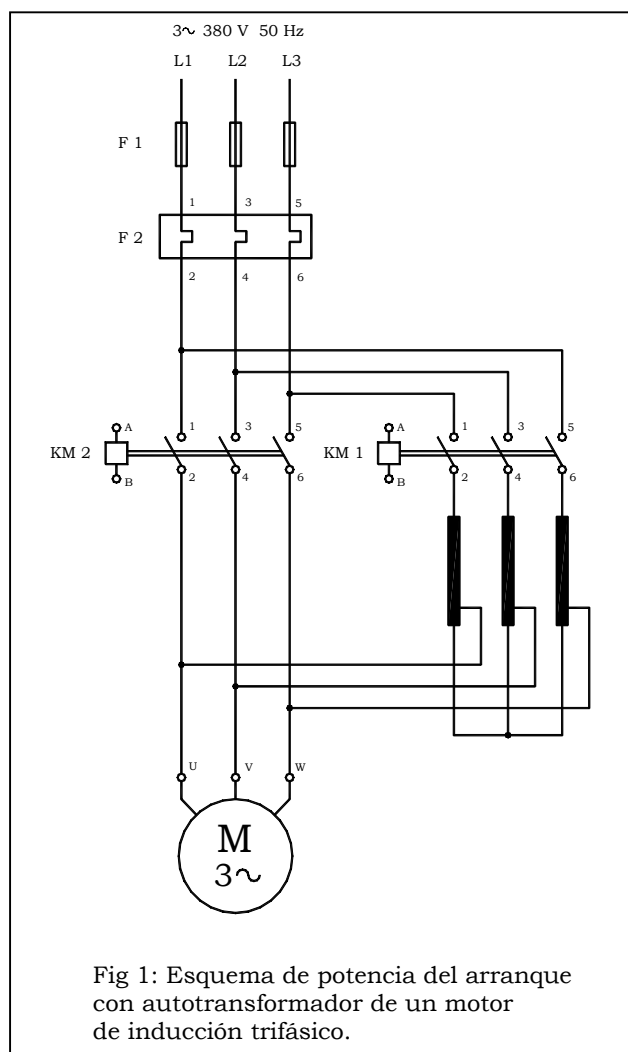


Fig 1: Esquema de potencia del arranque con autotransformador de un motor de inducción trifásico.

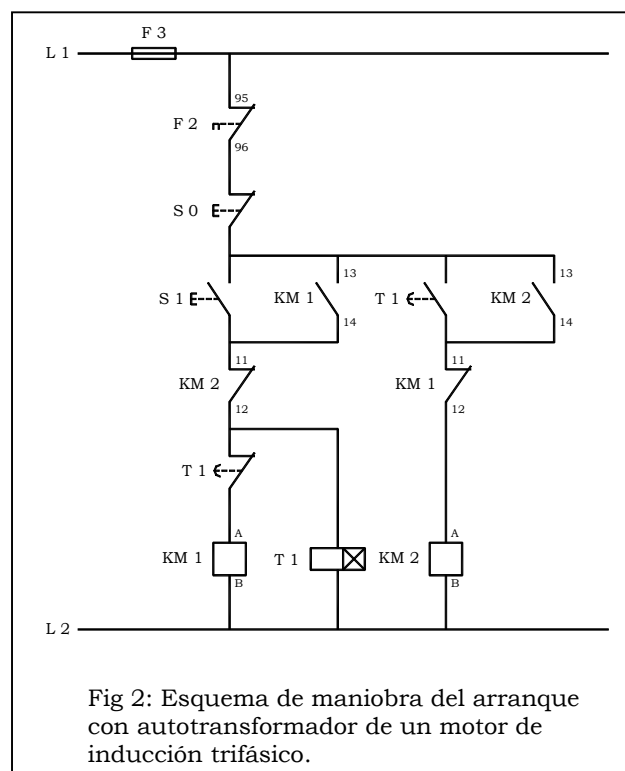


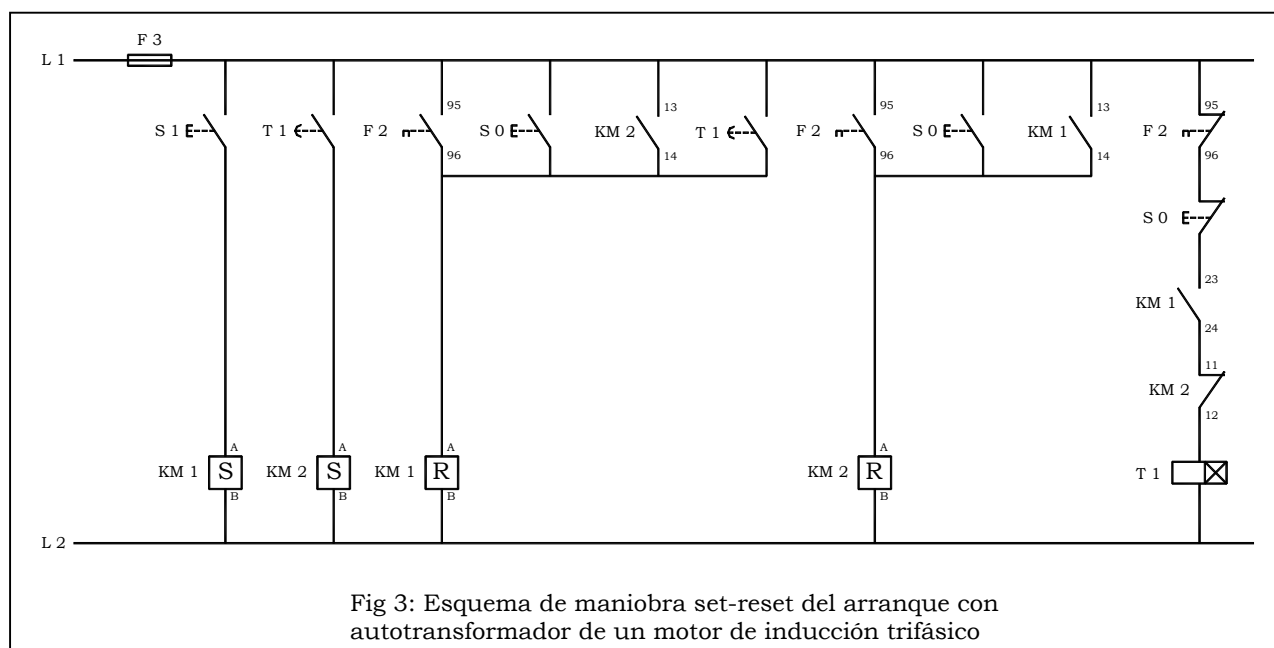
Fig 2: Esquema de maniobra del arranque con autotransformador de un motor de inducción trifásico.

FUNCIONAMIENTO

En la *figura 2* se observa el esquema de maniobra que controla el esquema de potencia de la *figura 1* ciñéndose al cumplimiento de las siguientes bases:

- El montaje se controla mediante 1 pulsador de marcha y 1 pulsador de paro.
- Al pulsar marcha entra se acciona KM 1. Después de un tiempo predeterminado se abre KM 1 y a continuación se cierra KM 2, quedando el motor alimentado de la red hasta una solicitud de paro.
- Una pulsación de paro provoca la apertura de los contactores accionados.
- Se evitará que KM1 y KM 4 se puedan accionar simultáneamente para que no se produzcan cortocircuitos.

En la *figura 3* se ofrece un esquema de maniobra equivalente al de la *figura 2* en el que se realiza un control set-reset sobre las bobinas de los contactores.



COMPONENTES

Se montará el ensayo con:

- 2 pulsadores.
- 2 contactores.
- 1 autotransformador.
- 1 relé programable Zelio.

- 1 motor de inducción trifásico.

ENSAYO

Para realizar el ensayo se desarrollarán las siguientes actividades:

1. - Programar un esquema de maniobra que cumpla con las condiciones de funcionamiento descritas con anterioridad en el relé programable Zelio, utilizando el software Zeliosoft. Realizar las simulaciones pertinentes que aseguren que el funcionamiento del programa se ajusta a la descripción de funcionamiento dada.
2. - Realizar las conexiones del relé programable con los dispositivos físicos que intervienen en el esquema de maniobra (pulsadores y bobinas de contactores). Se comprobará el correcto funcionamiento de la maniobra antes de iniciar el montaje del circuito de potencia.
3. - Realizar el conexionado del esquema de potencia conectando un amperímetro en una de las fases de alimentación del motor.
4. - Dimensionar adecuadamente el autotransformador y modificar el tiempo de los temporizadores para intentar conseguir un arranque óptimo, donde el tiempo de arranque sea el menor posible y la punta de intensidad no supere lo establecido en el R. E. B. T.
5. - Medir intensidad máxima en el arranque y los tiempos aproximados de puesta en marcha y paro del motor.

PROGRAMACIÓN

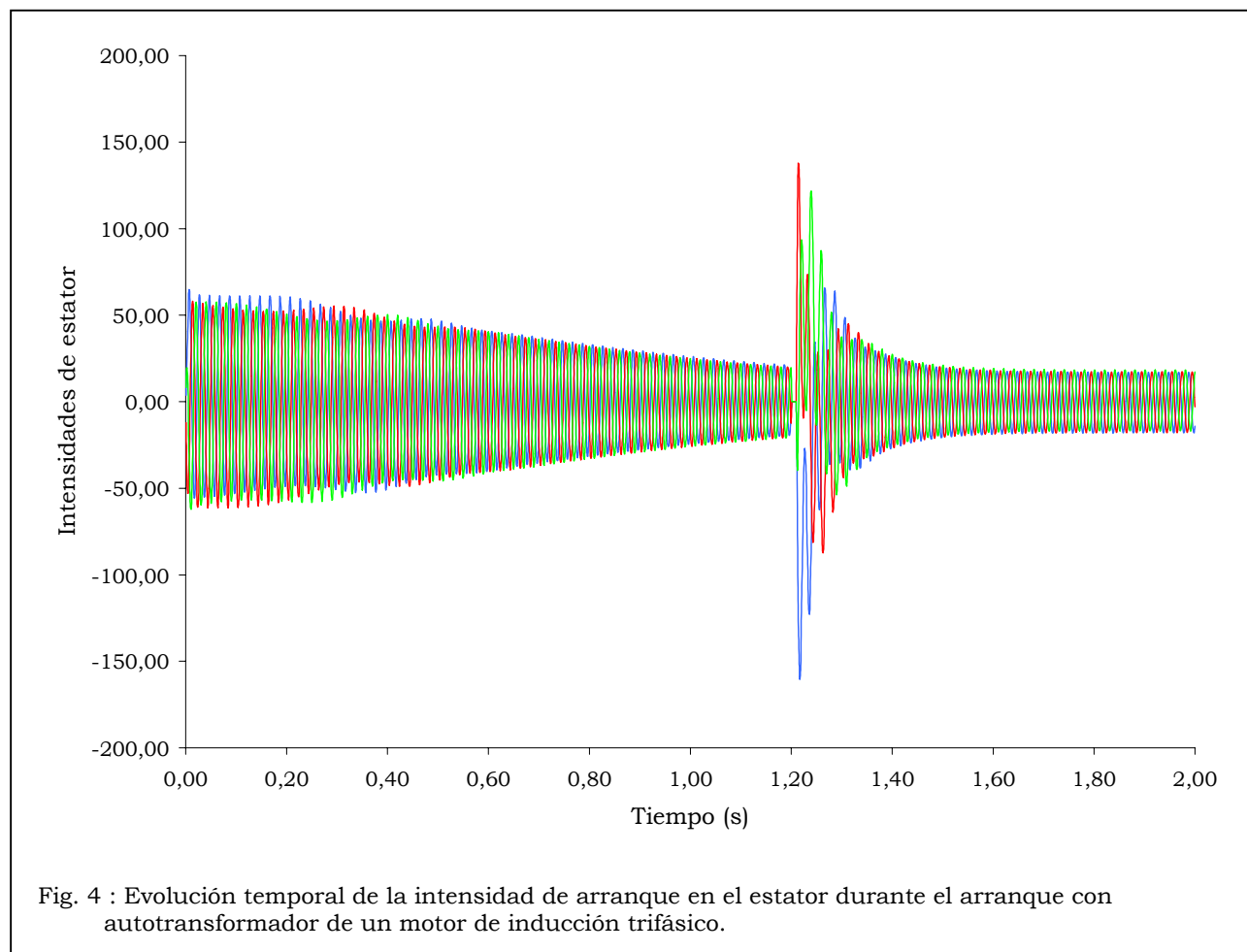
Relación entradas/salidas del relé programable:

ENTRADAS	DESCRIPCIÓN
I 1	Interruptor protección F 2
I 2	Pulsador paro S 0
I 3	Pulsador marcha S 1

SALIDAS	DESCRIPCIÓN
Q 1	Bobina contactor KM 1 autotransformador
Q 2	Bobina contactor KM 2 línea

COMENTARIOS

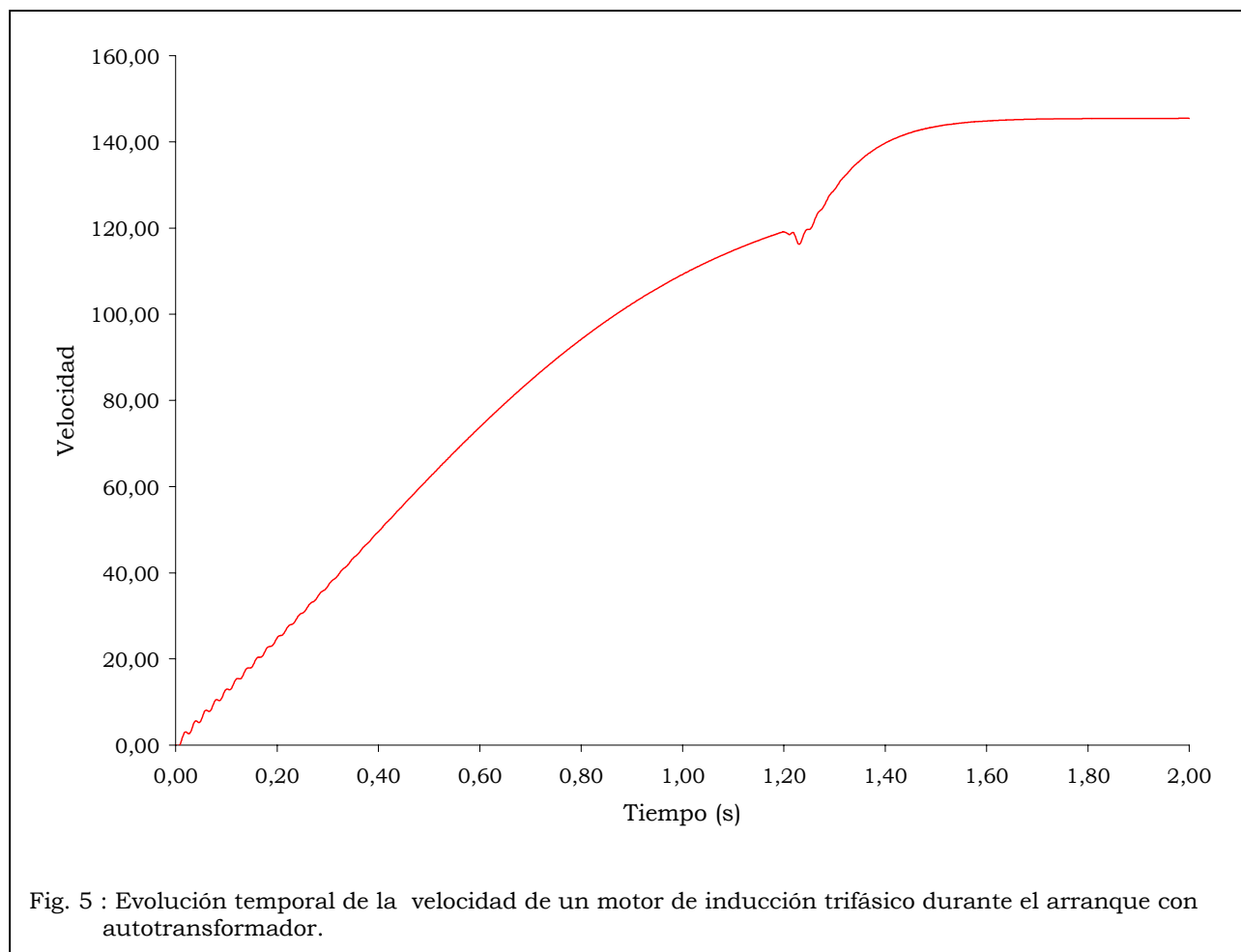
En los gráficos de las *figuras 4, 5 y 6* se muestran las características básicas del comportamiento teórico de un motor trifásico en un arranque con autotransformador. La simulación se ha realizado con el motor moviendo una carga a par constante.



La *figura 4* ofrece la evolución de las intensidades absorbidas por el motor durante el arranque. Se pueden observar dos partes diferenciadas en el gráfico.

Durante la primera parte, que ocupa el transcurso del tiempo desde 0 a 1,2 segundos el motor se alimenta con la tensión reducida proveniente del autotransformador. La intensidad consumida en el momento del arranque adquiere un valor asumible que evoluciona disminuyendo hacia el valor nominal de corriente.

La segunda parte se desarrolla a partir de 1,2 segundos y corresponde al funcionamiento del motor alimentado directamente de la línea. En el momento de cierre del contactor de alimentación directa de la línea, aparece una fuerte punta de intensidad del orden de 3 veces la intensidad de arranque. Esta punta de intensidad deberá ser menor a lo establecido en el R. E. B. T.

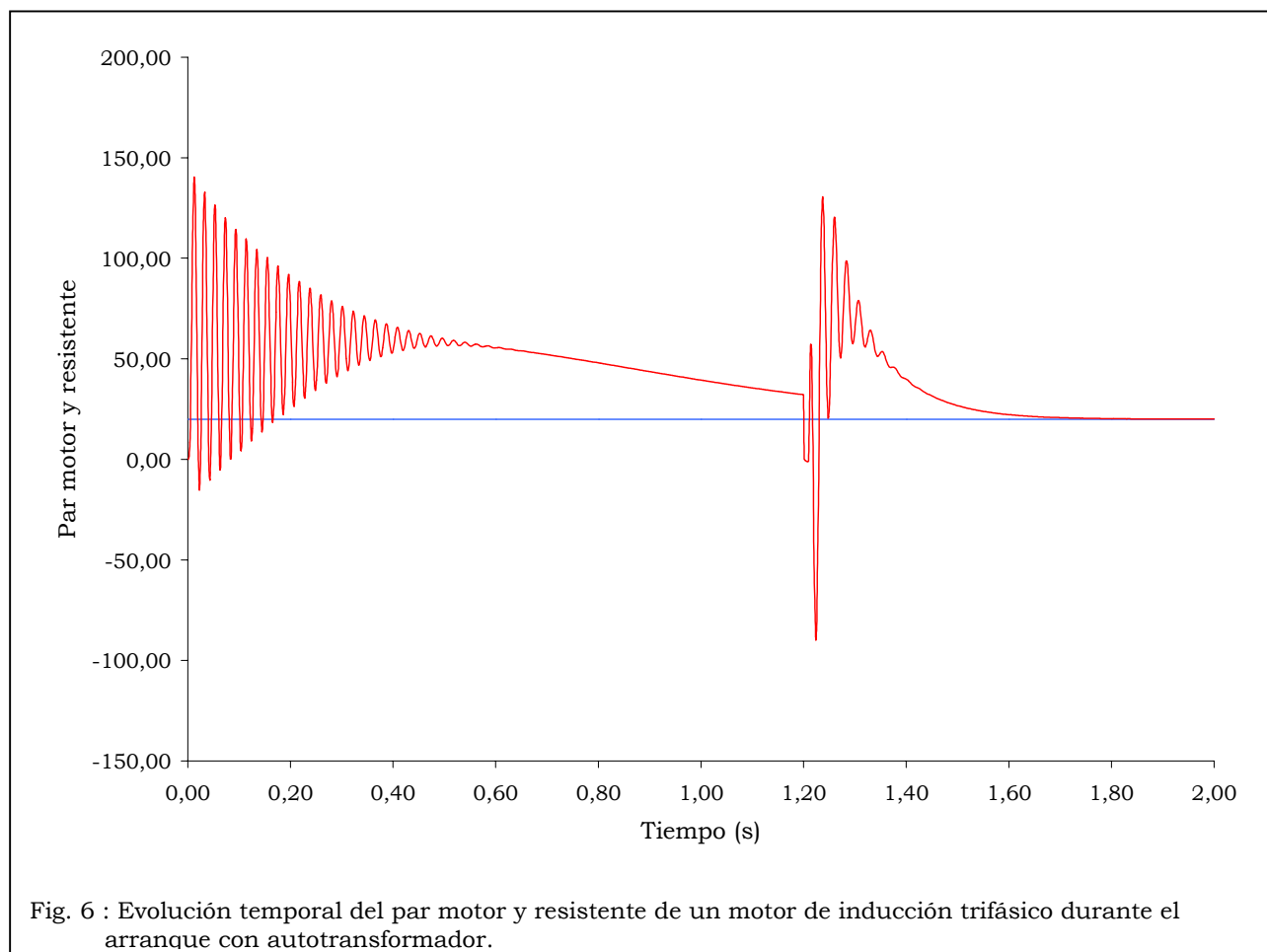


La *figura 5* muestra la evolución temporal de la velocidad del eje de un motor de inducción trifásico durante un arranque con autotransformador.

En el gráfico se observa como durante el periodo de alimentación a tensión reducida la velocidad aumenta de una manera más o menos constante. Cuando la rampa empieza a suavizarse se cambia la alimentación del motor. En el momento de desconexión del motor del autotransformador la velocidad desciende ya que el motor se queda sin alimentación y no produce par en el eje. Debido a este descenso de velocidad aparece el pico de velocidad inverso que se observa sobre los 1,2 segundos.

Justo después de la desconexión del autotransformador, cuando se conecta el motor directamente a la línea, la velocidad vuelve a ascender hasta llegar al codo de estabilidad, esta vez con una rampa más inclinada. Finalmente, la velocidad se estabiliza entorno al valor nominal.

En la *figura 6* se observa la evolución temporal del par motor de un motor de inducción trifásico y del par resistente de la carga accionada durante un arranque con tensión reducida mediante autotransformador.



En este último gráfico cabe destacar, además de las características oscilaciones del par en el instante de arranque, la gran fluctuación que aparece en el instante de desconexión del autotransformador y conexión a la línea. Este problema provocará grandes esfuerzos internos en el motor.

Como se puede observar, la mayoría de problemas del arranque con autotransformador se derivan del espacio de tiempo que el motor pasa sin alimentación mientras se desconecta del autotransformador y se conecta a la línea. Este es el mismo problema que ataca el arranque con conexión estrella-triángulo.

ANEXO

Programa del esquema de la *figura 2* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	— i 1 —	i 2 —		[M 1 —	Memoria de apoyo 1
02	— M 1 —	I 3 —	q 2 —	[M 2 —	Memoria de apoyo 2
03		— Q 1 —		TT 1 —	Temporizador T 1 autotransformador a línea
04		— T 1 —	q 1 —	[Q 2 —	Bobina contactor KM 2 línea
05		— Q 2 —			
06	— M 2 —	t 1 —		[Q 1 —	Bobina contactor KM 1 autotransformador

Programa del esquema de la *figura 3* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	— I 3 —			SQ 1 —	Set bobina contactor KM 1 autotransformador
02	— T 1 —			SQ 2 —	Set bobina contactor KM 2 línea
03	— I 1 —			RQ 1 —	Reset bobina contactor KM 1 autotransformador
04	— I 2 —				
05	— Q 2 —				
06	— T 1 —				
07	— I 1 —			RQ 2 —	Reset bobina contactor KM 2 línea
08	— I 2 —				
09	— Q 1 —				
10	— i 1 —	i 2 —	Q 1 —	[M 1 —	Memoria de apoyo 1
11	— M 1 —	q 2 —		TT 1 —	Temporizador T 1 autotransformador a línea

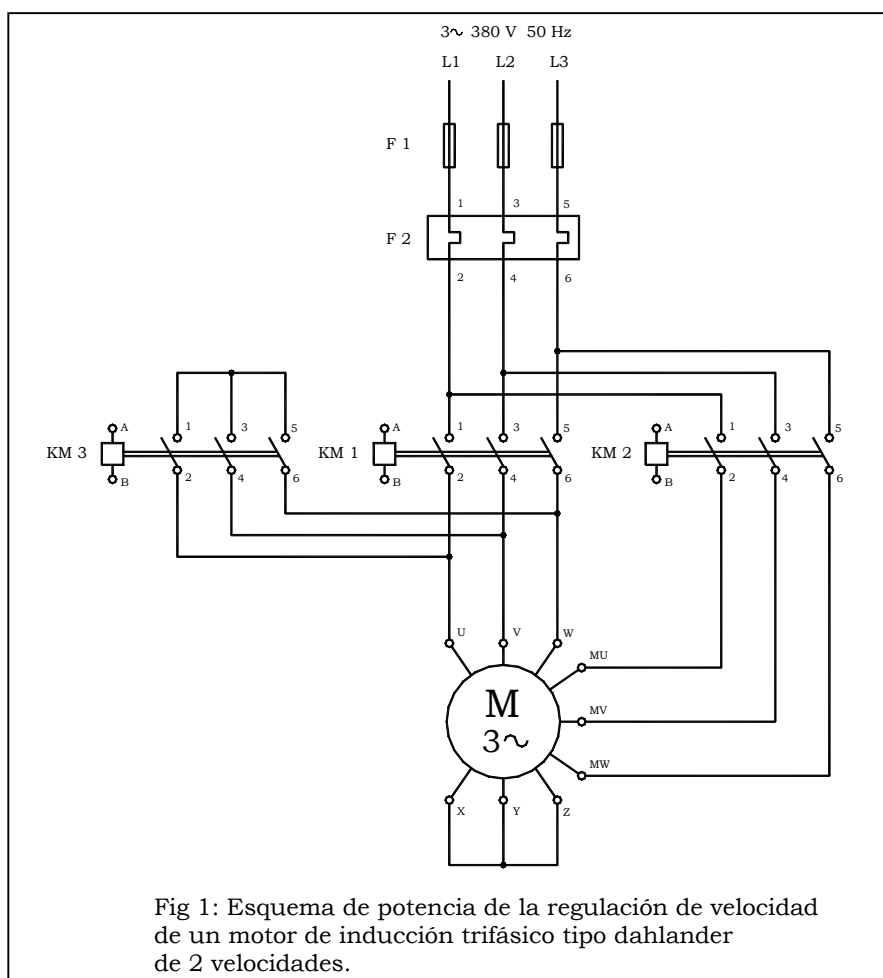
7. REGULACIÓN DE VELOCIDAD DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN TIPO DAHLANDER POR VARIACIÓN DEL NÚMERO DE POLOS

INTRODUCCIÓN

En este ensayo se conseguirá la variación de la velocidad de rotación de un motor de inducción mediante un cambio del número de polos que crean el campo magnético giratorio. Para ello serán necesarios motores especialmente diseñados para realizar estas maniobras, denominados motores dahlander.

Los motores dahlander se caracterizan por albergar en las ranuras de su estator un devanado inductor con toma intermedia o varios devanados inductores con o sin toma media. Para cada posible conexión de estos bobinados se obtiene un número diferente de polos magnéticos. La variación del número de polos de una máquina de inducción incide directamente sobre la velocidad que alcanza su eje.

MOTOR DAHLANDER DE 2 VELOCIDADES



En la *figura 1* se observa el esquema de potencia necesario para la regulación de velocidad de un motor dahlander de 2 velocidades. Este motor cuenta con un único devanado inductor con una toma intermedia albergado en su estator.

En este esquema KM 1 es el contactor que acciona la velocidad lenta. KM 2 y KM 3 cerrados a la vez accionan la velocidad rápida.

FUNCIONAMIENTO

La *figura 2* muestra el esquema de maniobra necesario para controlar el esquema de potencia de la *figura 1*. Se ha diseñado siguiendo los siguientes puntos:

- El circuito se comanda con un pulsador de paro, un pulsador de velocidad lenta y un pulsador de velocidad rápida.

- Al pulsar en velocidad lenta entra en funcionamiento KM 1. Sólo se detiene si pulsamos paro.

- Al pulsar en velocidad rápida entran en funcionamiento KM 2 y KM3 que sólo se detienen si pulsamos paro.

- KM 1 no puede funcionar simultáneamente con KM 2 y KM 3.

La *figura 3* muestra un esquema de maniobra equivalente al de la *figura 2* pero, en este caso, se realiza un control set-reset sobre las bobinas de los contactores.

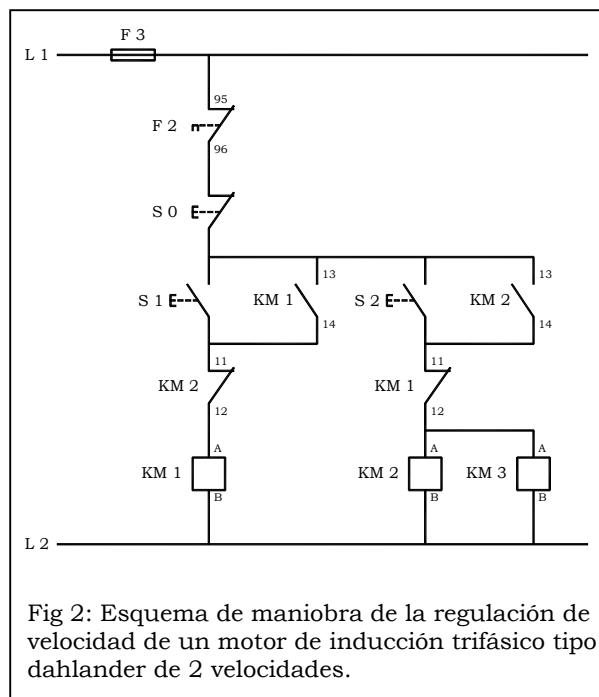


Fig 2: Esquema de maniobra de la regulación de velocidad de un motor de inducción trifásico tipo dahlander de 2 velocidades.

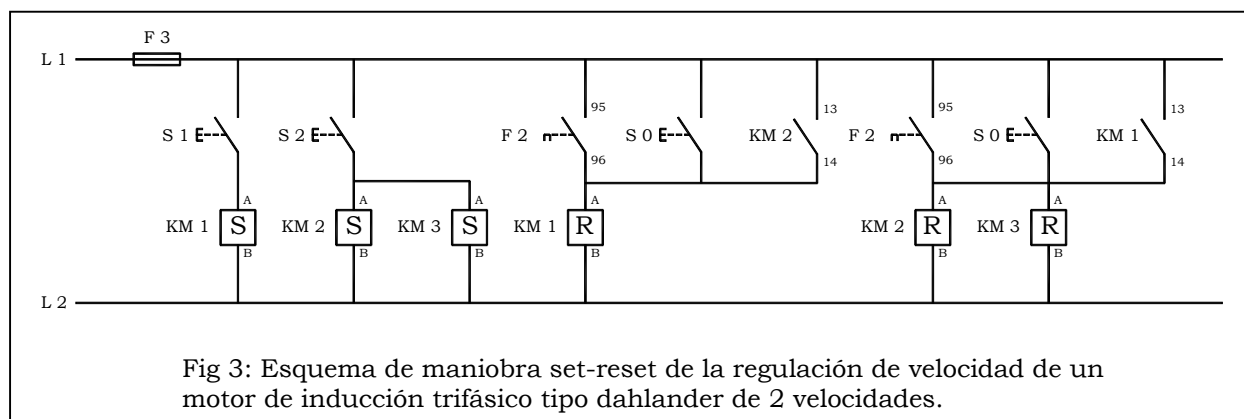


Fig 3: Esquema de maniobra set-reset de la regulación de velocidad de un motor de inducción trifásico tipo dahlander de 2 velocidades.

COMPONENTES

Se montará el ensayo con:

- 3 pulsadores.
- 3 contactores.
- 1 relé programable Zelio.
- 1 motor de inducción trifásico de tres velocidades.

ENSAYO

Para realizar el ensayo será necesario:

1. - Programar en el relé programable Zelio un esquema de maniobra que cumpla con las condiciones de funcionamiento descritas con anterioridad, utilizando el software Zeliosoft. Realizar las simulaciones pertinentes que aseguren que el funcionamiento del programa se ajusta a la descripción de funcionamiento dada.
2. - Realizar las conexiones del relé programable con los dispositivos físicos que intervienen en el esquema de maniobra (pulsadores y bobinas de contactores). Se comprobará el correcto funcionamiento de la maniobra antes de iniciar el montaje del circuito de potencia.
3. - Realizar el conexionado del esquema de potencia.
4. - Medir las velocidades en el eje del motor mediante un tacómetro.

PROGRAMACIÓN

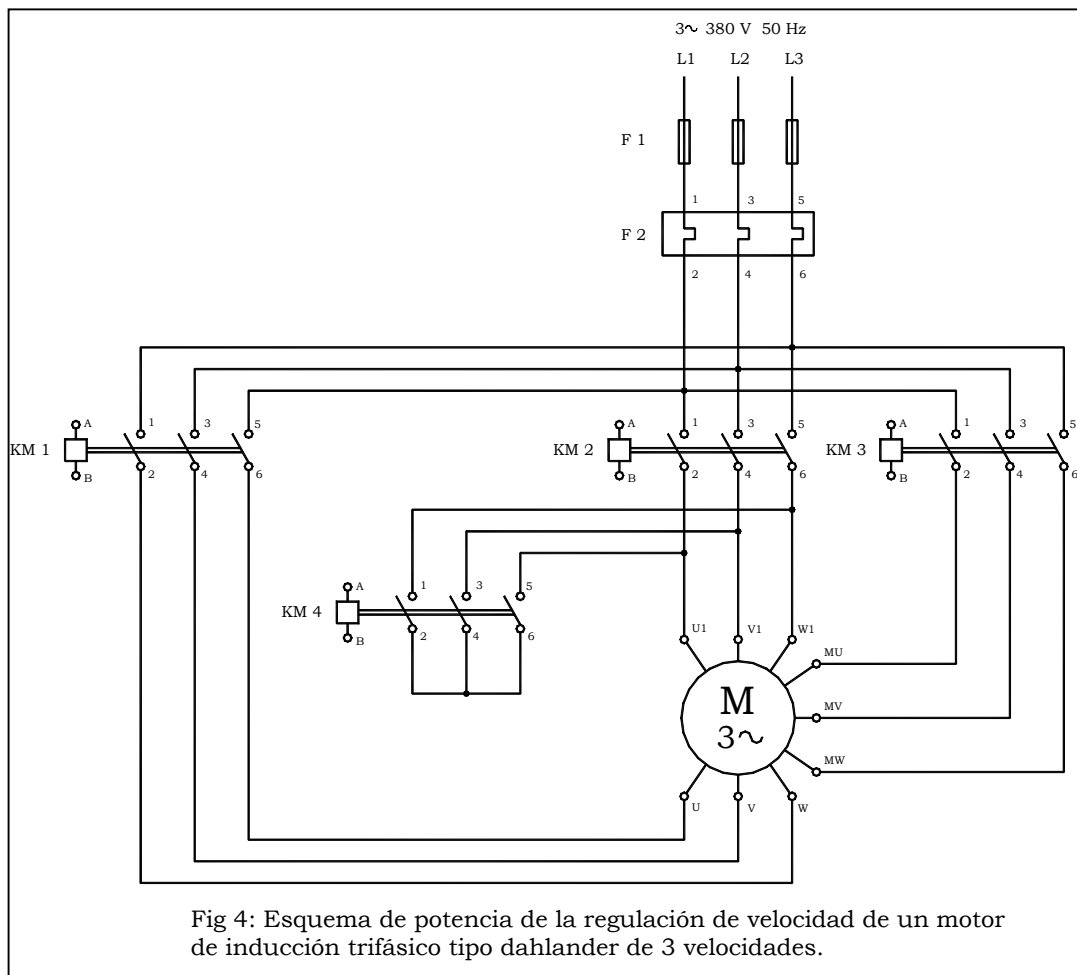
Relación entradas/salidas del relé programable:

ENTRADAS	DESCRIPCIÓN
I 1	Interruptor protección F 2
I 2	Pulsador paro S 0
I 3	Pulsador marcha lenta S 1
I 4	Pulsador marcha rápida S 2

SALIDAS	DESCRIPCIÓN
Q 1	Bobina contactor KM 1
Q 2	Bobina contactor KM 2
Q 3	Bobina contactor KM 3

MOTOR DAHLANDER DE 3 VELOCIDADES

La figura 4 muestra el esquema de potencia para realizar la regulación de velocidad de un motor dahlander de 3 velocidades. Este motor posee un inductor compuesto de dos devanados. El primero es un bobinado convencional con los terminales secundarios conectados en estrella internamente. El segundo bobinado tiene una toma intermedia y los secundarios conectados en estrella internamente.



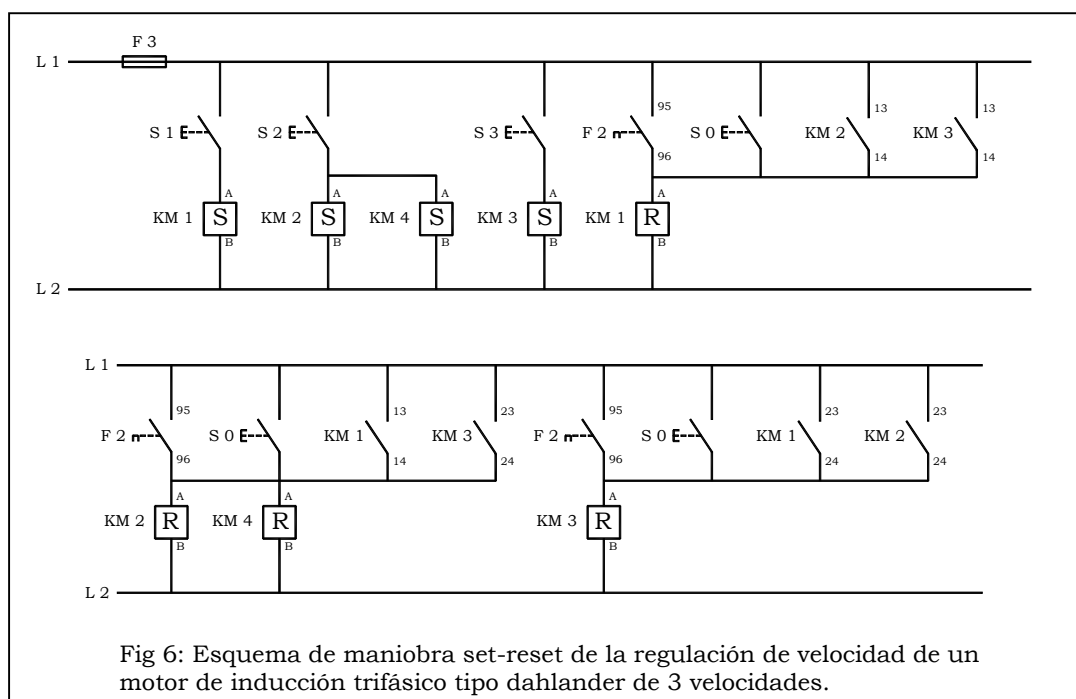
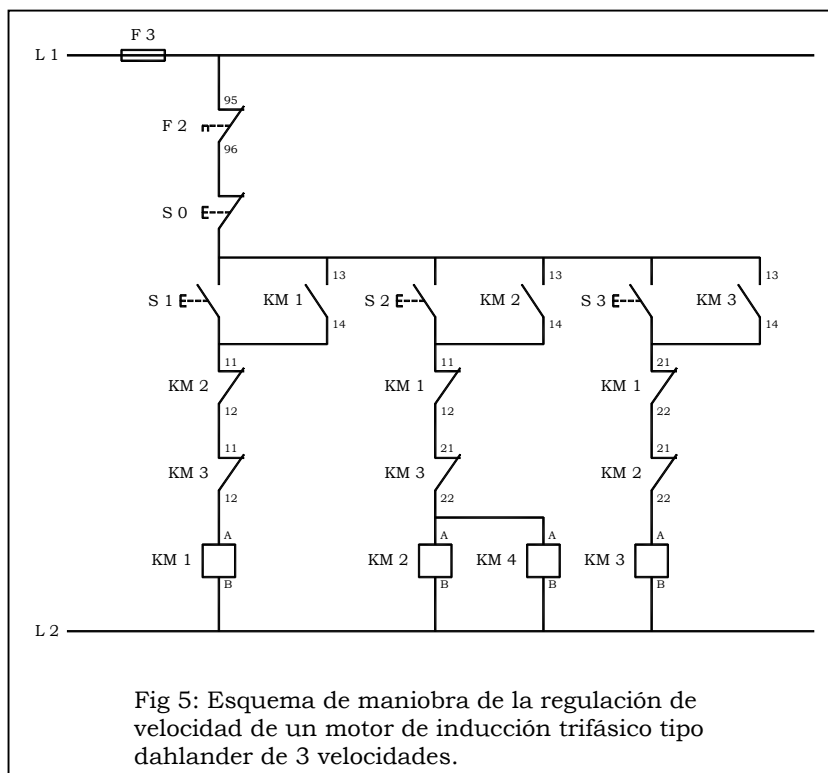
En el esquema, el contactor KM 1 acciona la velocidad lenta, KM 2 la velocidad intermedia y KM 3 junto con KM 4 la velocidad rápida.

FUNCIONAMIENTO

La figura 5 muestra el esquema de maniobra necesario para controlar el esquema de potencia de la figura 4. Se ha diseñado siguiendo los siguientes puntos:

- El circuito se comanda con un pulsador de paro, un pulsador de velocidad lenta, un pulsador de velocidad intermedia y un pulsador de velocidad rápida.
- Si funciona una velocidad no pueden funcionar el resto.

- Al pulsar en velocidad lenta entra en funcionamiento KM 1. Sólo se detiene si pulsamos paro.
- Al pulsar en velocidad intermedia entra en funcionamiento KM 2. Sólo se puede detener si pulsamos paro.
- Al pulsar en velocidad rápida entran en funcionamiento KM 3 y KM4 que sólo se detienen si pulsamos paro.



La *figura 6* muestra un esquema de maniobra equivalente al de la *figura 5* pero, en este caso, se realiza un control set-reset sobre las bobinas de los contactores.

COMPONENTES

Se montará el ensayo con:

- 4 pulsadores.
- 4 contactores.
- 1 relé programable Zelio.
- 1 motor de inducción trifásico de tres velocidades.

ENSAYO

Para realizar el ensayo será necesario:

1. - Programar en el relé programable Zelio un esquema de maniobra que cumpla con las condiciones de funcionamiento descritas con anterioridad, utilizando el software Zeliosoft. Realizar las simulaciones pertinentes que aseguren que el funcionamiento del programa se ajusta a la descripción de funcionamiento dada.
2. - Realizar las conexiones del relé programable con los dispositivos físicos que intervienen en el esquema de maniobra (pulsadores y bobinas de contactores). Se comprobará el correcto funcionamiento de la maniobra antes de iniciar el montaje del circuito de potencia.
3. - Realizar el conexionado del esquema de potencia.
4. - Medir las velocidades en el eje del motor mediante un tacómetro.

PROGRAMACIÓN

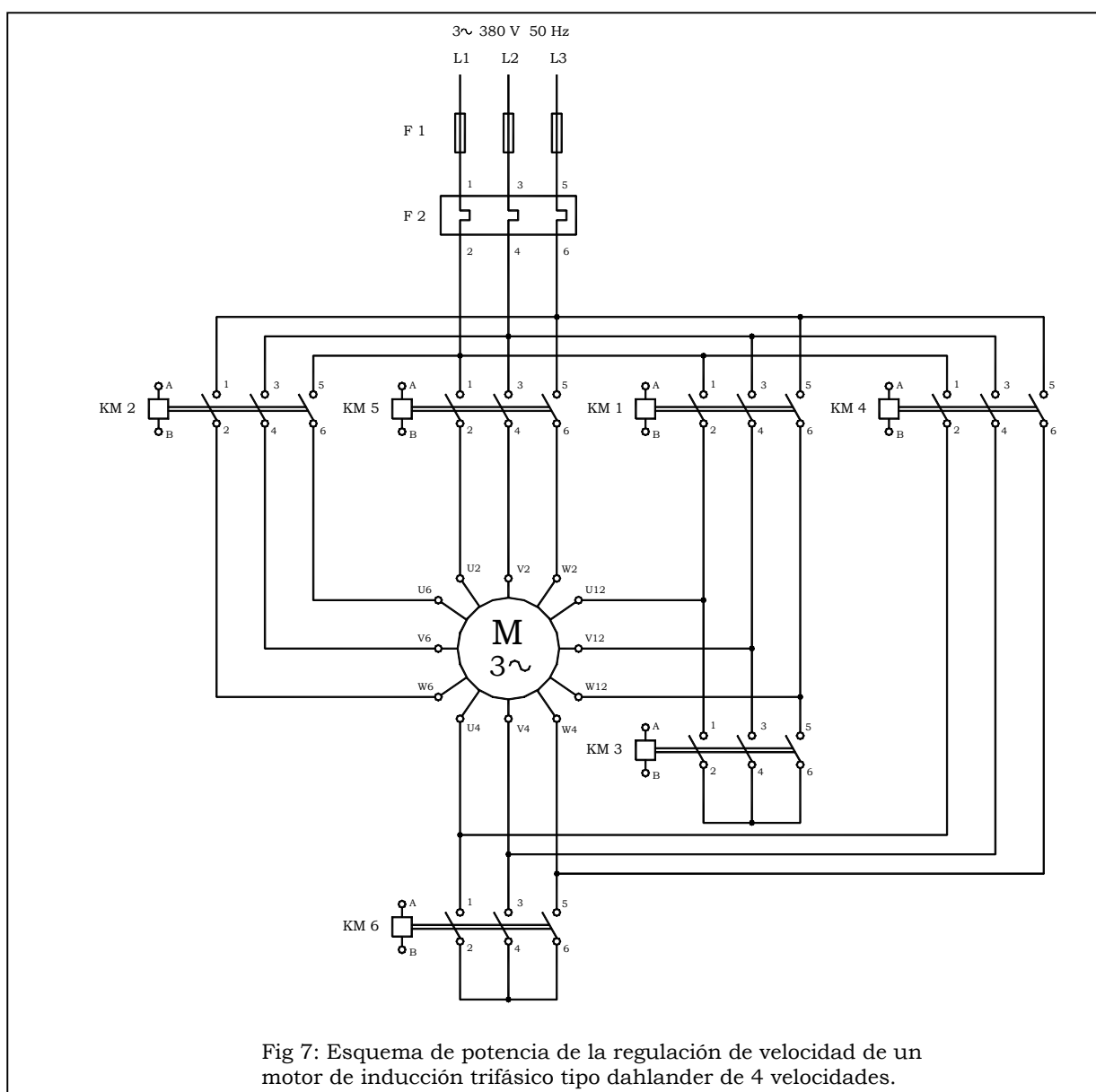
Relación entradas/salidas del relé programable:

ENTRADAS	DESCRIPCIÓN
I 1	Interruptor protección F 2
I 2	Pulsador paro S 0
I 3	Pulsador marcha lenta S 1
I 4	Pulsador marcha intermedia S 2
I 5	Pulsador marcha rápida S 3

SALIDAS	DESCRIPCIÓN
Q 1	Bobina contactor KM 1
Q 2	Bobina contactor KM 2
Q 3	Bobina contactor KM 3
Q 4	Bobina contactor KM 4

MOTOR DAHLANDER DE 4 VELOCIDADES

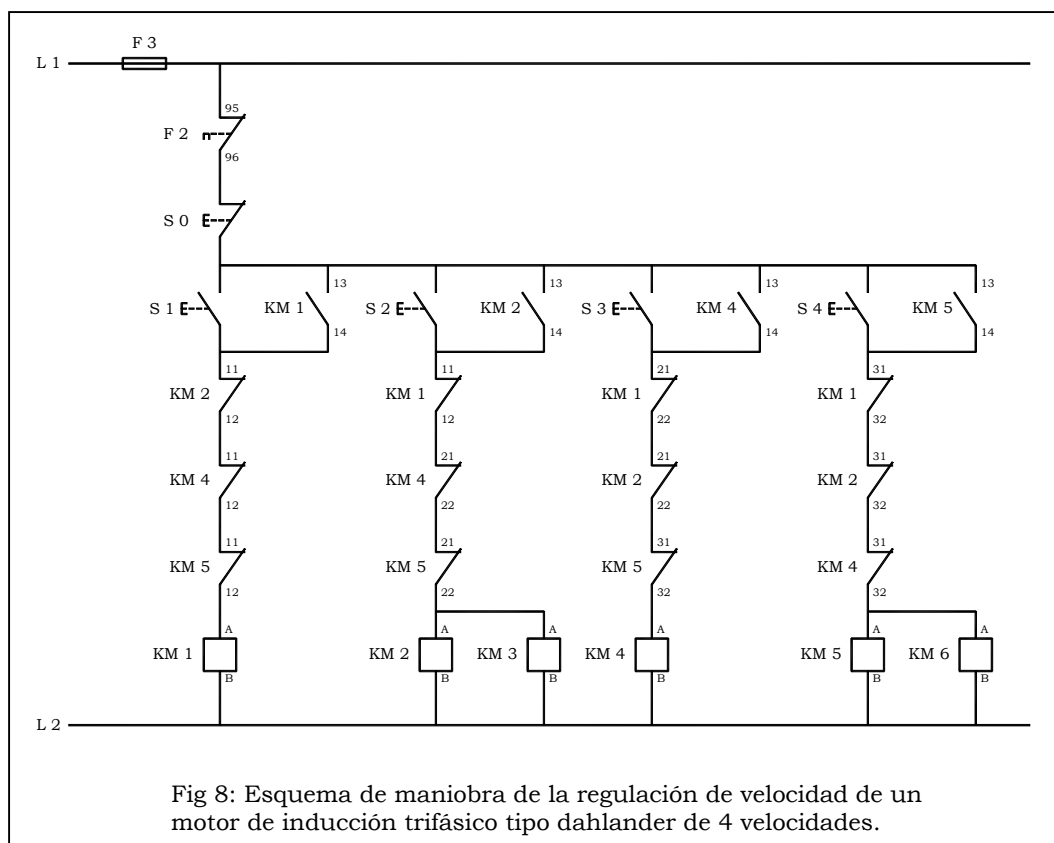
Se observa en la *figura 7* el esquema de potencia que regula la velocidad de un motor dahlander de 4 velocidades. El inductor del motor está constituido por dos devanados con toma intermedia. Los terminales secundarios de cada devanado se encuentran puenteados en estrella internamente.



El contactor KM 1 tiene la función de activar la velocidad lenta, KM 2 y KM 3 accionados a la vez hacen que el motor proporcione una velocidad semi-lenta, KM 4 activa la velocidad semi-rápida y, por último, KM 5 y KM 6 cerrados conjuntamente accionan la velocidad rápida.

FUNCIONAMIENTO

La figura 8 muestra el esquema de maniobra necesario para controlar el esquema de potencia de la figura 7. Se ha diseñado siguiendo los siguientes puntos:

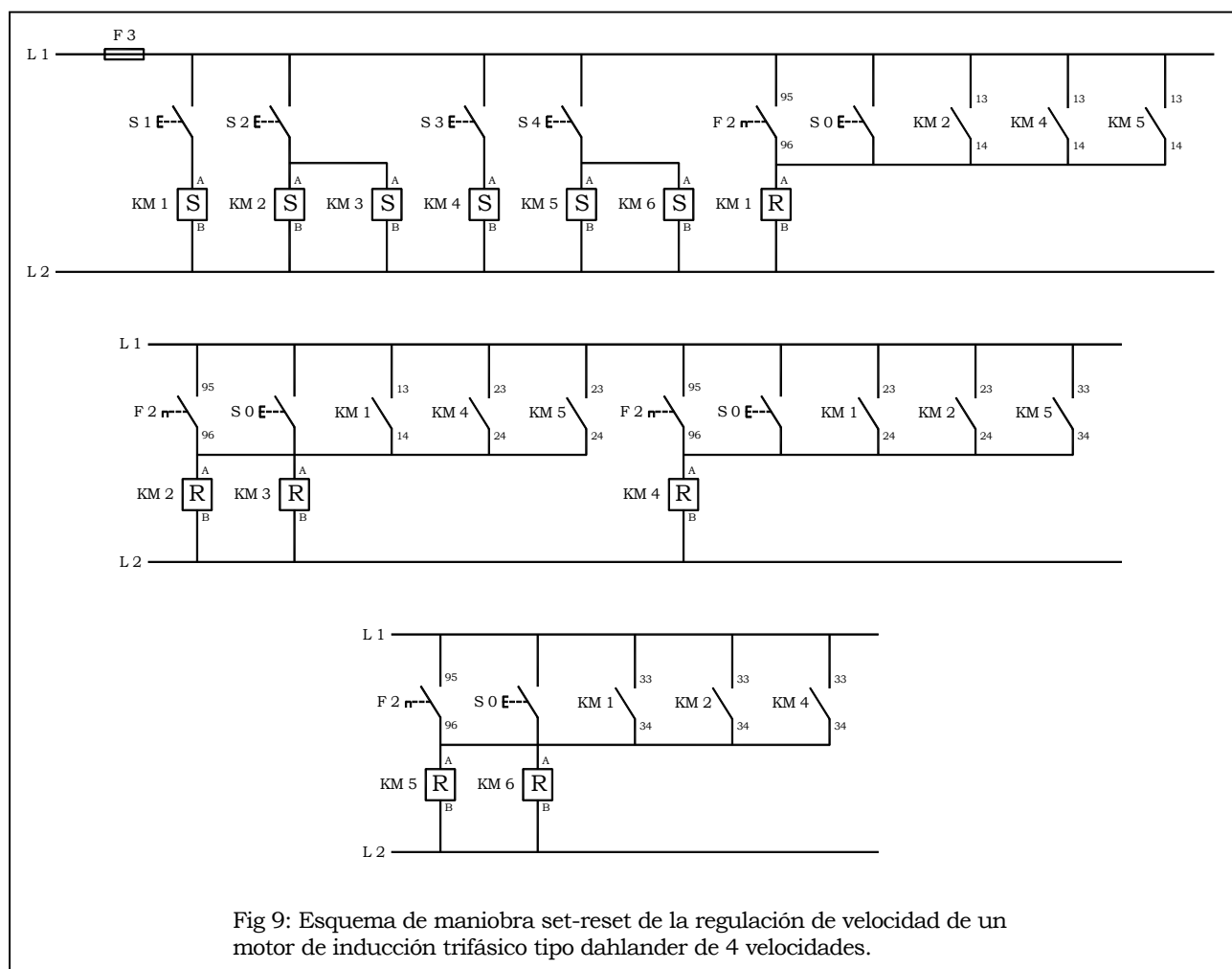


- El circuito se comanda con un pulsador de paro, un pulsador de velocidad lenta, un pulsador de velocidad semi-lenta, un pulsador de velocidad semi-rápida y un pulsador de velocidad rápida.
- Al pulsar en velocidad lenta entra en funcionamiento KM 1. Sólo se detiene si pulsamos paro.
- Al pulsar en velocidad semi-lenta entran en funcionamiento KM 2 y KM 3. Sólo se pueden detener si pulsamos paro.
- Al pulsar en velocidad semi-rápida entra en funcionamiento KM 4. Sólo se abre si pulsamos paro.

- Al pulsar en velocidad rápida entran en funcionamiento KM 5 y KM6 que sólo se detienen si pulsamos paro.

- Si funciona una velocidad no pueden funcionar el resto.

La *figura 9* muestra un esquema de maniobra equivalente al de la *figura 8* pero, en este caso, se realiza un control set-reset sobre las bobinas de los contactores.



COMPONENTES

Se montará el ensayo con:

- 5 pulsadores.
- 6 contactores.
- 1 relé programable Zelio.
- 1 motor de inducción trifásico de cuatro velocidades.

ENSAYO

Para realizar el ensayo será necesario:

1. - Programar en el relé programable Zelio un esquema de maniobra que cumpla con las condiciones de funcionamiento descritas con anterioridad, utilizando el software Zeliosoft. Realizar las simulaciones pertinentes que aseguren que el funcionamiento del programa se ajusta a la descripción de funcionamiento dada.
2. - Realizar las conexiones del relé programable con los dispositivos físicos que intervienen en el esquema de maniobra (pulsadores y bobinas de contactores). Se comprobará el correcto funcionamiento de la maniobra antes de iniciar el montaje del circuito de potencia.
3. - Realizar el conexionado del esquema de potencia.
4. - Medir las velocidades en el eje del motor mediante un tacómetro.

PROGRAMACIÓN

Relación entradas/salidas del relé programable:

ENTRADAS	DESCRIPCIÓN
I 1	Interruptor protección F 2
I 2	Pulsador paro S 0
I 3	Pulsador marcha lenta S 1
I 4	Pulsador marcha semi-lenta S 2
I 5	Pulsador marcha semi-rápida S 3
I 6	Pulsador marcha rápida S 4

SALIDAS	DESCRIPCIÓN
Q 1	Bobina contactor KM 1
Q 2	Bobina contactor KM 2
Q 3	Bobina contactor KM 3
Q 4	Bobina contactor KM 4
Q 5	Bobina contactor KM 5
Q 6	Bobina contactor KM 6

ANEXO

Programa del esquema de la *figura 2* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	— i 1 —	— i 2 —		[M 1 —	Memoria de apoyo 1
02	— M 1 —	I 3	q 2	[Q 1 —	Bobina contactor KM 1
03		Q 1			
04		I 4	q 1	[Q 2 —	Bobina contactor KM 2
05		Q 2		[Q 3 —	Bobina contactor KM 3

Programa del esquema de la *figura 3* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	— I 3 —			SQ 1 —	Set bobina contactor KM 1
02	— I 4 —			SQ 2 —	Set bobina contactor KM 2
03				SQ 3 —	Set bobina contactor KM 3
04	— I 1 —			[M 1 —	Memoria de apoyo 1
05	— I 2 —				
06	— M 1 —			RQ 1 —	Reset bobina contactor KM 1
07	— Q 2 —				
08	— M 1 —			RQ 2 —	Reset bobina contactor KM 2
09	— Q 3 —			RQ 3 —	Reset bobina contactor KM 3

Programa del esquema de la *figura 5* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	— i 1 —	— i 2 —		[M 1 —	Memoria de apoyo 1
02	— M 1 —	I 3	q 2	[M 2 —	Memoria de apoyo 2
03		Q 1			
04		I 4	q 1	[M 3 —	Memoria de apoyo 3
05		Q 2			
06		I 5	q 1	[M 4 —	Memoria de apoyo 4
07		Q 3			
08	— M 2 —	q 3		[Q 1 —	Bobina contactor KM 1
09	— M 3 —	q 3		[Q 2 —	Bobina contactor KM 2
10				[Q 4 —	Bobina contactor KM 4
11	— M 4 —	q 2		[Q 3 —	Bobina contactor KM 3

Programa del esquema de la *figura 6* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	I 3			SQ 1	Set bobina contactor KM 1
02	I 4			SQ 2	Set bobina contactor KM 2
03				SQ 4	Set bobina contactor KM 4
04	I 5			SQ 3	Set bobina contactor KM 3
05	I 1			[M 1	Memoria de apoyo 1
06	I 2				
07	M 1			RQ 1	Reset bobina contactor KM 1
08	Q 2				
09	Q 3				
10	M 1			RQ 2	Reset bobina contactor KM 2
11	Q 1			RQ 4	Reset bobina contactor KM 3
12	Q 3				
13	M 1			RQ 3	Reset bobina contactor KM 4
14	Q 1				
15	Q 2				

Programa del esquema de la *figura 8* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	i 1	i 2		[M 1	Memoria de apoyo 1
02	M 1	I 3	q 2	[M 2	Memoria de apoyo 2
03		Q 1			
04		I 4	q 1	[M 3	Memoria de apoyo 3
05		Q 2			
06		I 5	q 1	[M 4	Memoria de apoyo 4
07		Q 4			
08		I 6	q 1	[M 5	Memoria de apoyo 5
09		Q 5			
10	M 2	q 4	q 5	[Q 1	Bobina contactor KM 1
11	M 3	q 4	q 5	[Q 2	Bobina contactor KM 2
12				[Q 3	Bobina contactor KM 3
13	M 4	q 2	q 5	[Q 4	Bobina contactor KM 4
14	M 5	q 2	q 4	[Q 5	Bobina contactor KM 5
15				[Q 6	Bobina contactor KM 6

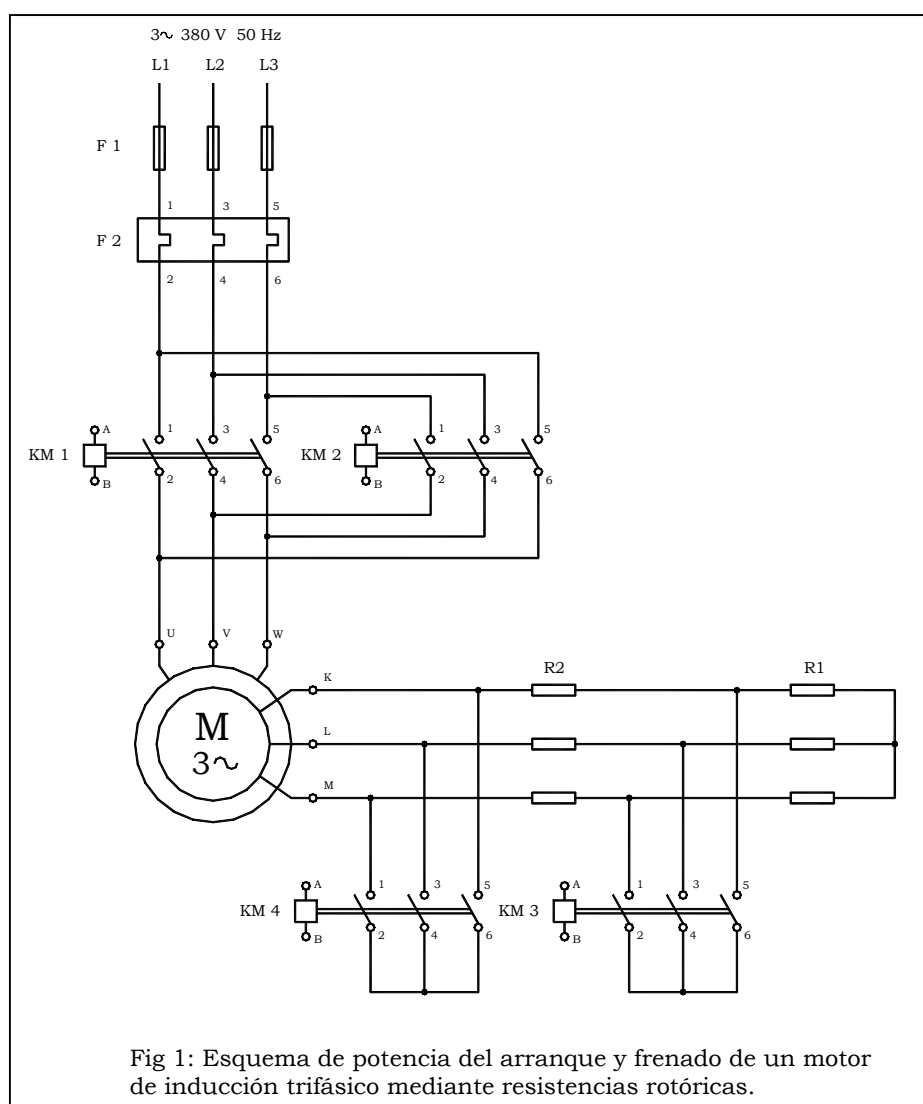
Programa del esquema de la *figura 9* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	I 3			SQ 1	Set bobina contactor KM 1
02	I 4			SQ 2	Set bobina contactor KM 2
03				SQ 3	Set bobina contactor KM 3
04	I 5			SQ 4	Set bobina contactor KM 4
05	I 6			SQ 5	Set bobina contactor KM 5
06				SQ 6	Set bobina contactor KM 6
07	I 1			[M 1	Memoria de apoyo 1
08	I 2				
09	M 1			RQ 1	Reset bobina contactor KM 1
10	Q 2				
11	Q 4				
12	Q 5				
13	M 1			RQ 2	Reset bobina contactor KM 2
14	Q 1			RQ 3	Reset bobina contactor KM 3
15	Q 4				
16	Q 5				
17	M 1			RQ 4	Reset bobina contactor KM 4
18	Q 1				
19	Q 2				
20	Q 5				
21	M 1			RQ 5	Reset bobina contactor KM 5
22	Q 1			RQ 6	Reset bobina contactor KM 6
23	Q 2				
24	Q 4				

8. ARRANQUE Y FRENADO DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO MEDIANTE RESISTENCIAS ROTÓRICAS

INTRODUCCIÓN

Al analizar las posibilidades existentes para reducir la intensidad de arranque consumida por un motor de inducción trifásico, una de las opciones que surge es el aumento de resistencia en el rotor. La única manera de aprovechar esta posibilidad es contar con un motor con rotor bobinado que permita realizar conexiones en el rotor. Este tipo de motores, además, permiten acelerar el proceso de frenado de la máquina.



Para reducir la intensidad consumida por el motor en el arranque, se conectarán unas resistencias en serie con los bobinados del rotor. Se cerrarán los secundarios de las resistencias en estrella. El aumento de resistencia en el rotor,

además de reducir la intensidad absorbida por el motor en el arranque, también proporciona un aumento del par de arranque.

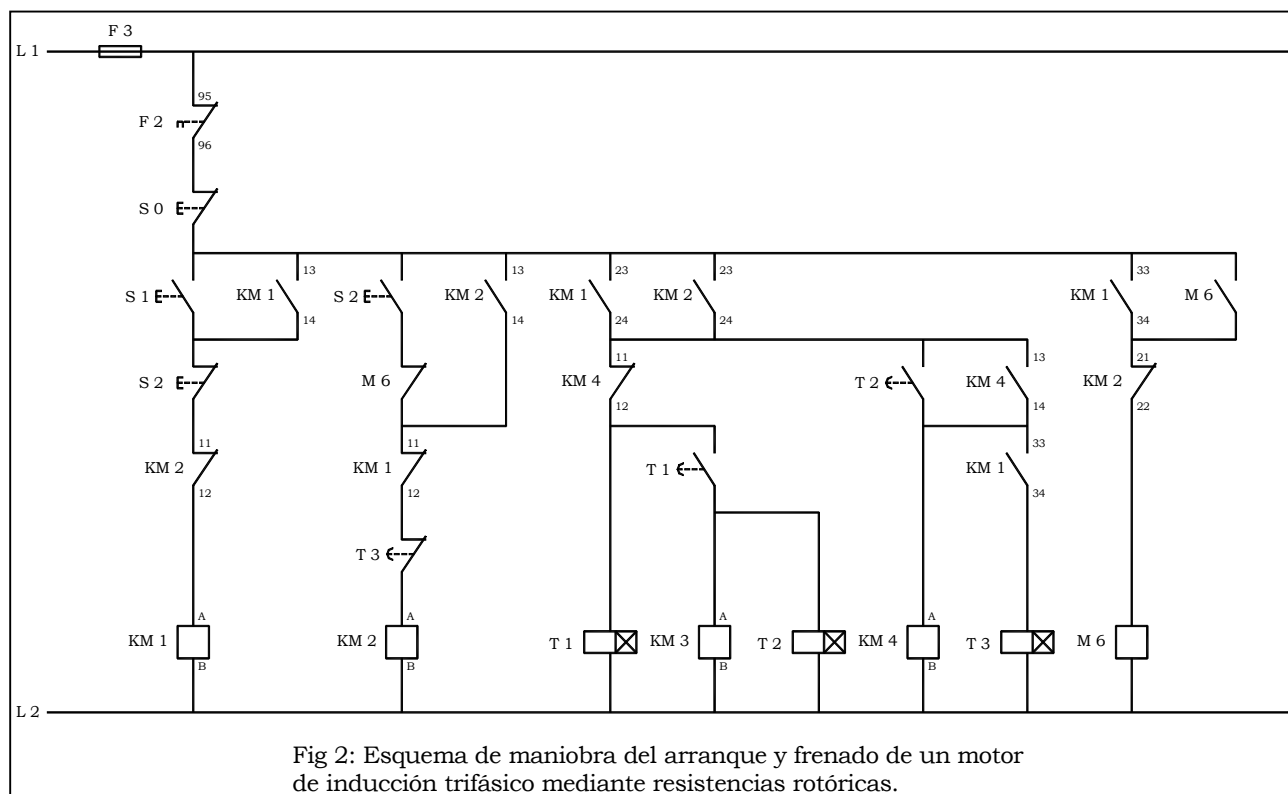
Como en el arranque, en el proceso de frenado se añadirá resistencia al rotor. Mediante esta operación se consigue un aumento en el par de frenado que concluye en una disminución del tiempo de frenado.

El esquema de potencia de la *figura 1* muestra el montaje necesario para el arranque y frenado mediante resistencias rotóricas de un motor de inducción trifásico. En este caso se han utilizado resistencias de 2 tramos para conectar en serie con el rotor, de esta manera se consigue un arranque más progresivo y escalonado.

En la *figura 1*, KM 1 es el contactor encargado de alimentar el motor, KM 3 y KM 4 controlan los escalones de resistencia en el arranque y en el frenado y KM 2 es el contactor que acciona el frenado mediante una conmutación en las fases de alimentación del motor.

FUNCIONAMIENTO

La *figura 2* ofrece el esquema de maniobra necesario para controlar el esquema de potencia de la *figura 1*. Esta maniobra tiene en cuenta que:



- El circuito se comanda con un pulsador de marcha, un pulsador de paro convencional y un pulsador de frenado.

- Al pulsar paro se detiene cualquier acción que se esté realizando abriendo todos los contactores.

La *figura 3* muestra un esquema de maniobra equivalente al de la *figura 2* pero, en este caso, se realiza un control set-reset sobre las bobinas de los contactores.

COMPONENTES

Para la realización del ensayo serán necesarios:

- 3 pulsadores.
- 4 contactores.
- 6 resistencias monofásicas o 2 resistencias trifásica o una resistencia trifásica con tomas.
- 1 relé programable Zelio.
- 1 motor de inducción trifásico con rotor bobinado.

ENSAYO

Durante el ensayo se llevarán a cabo las siguientes actividades:

1. - Programar un esquema de maniobra que cumpla con las condiciones de funcionamiento descritas con anterioridad en el relé programable Zelio, utilizando el software Zeliosoft. Realizar las simulaciones pertinentes que aseguren que el funcionamiento del programa se ajusta a la descripción de funcionamiento dada.
2. - Realizar las conexiones del relé programable con los dispositivos físicos que intervienen en el esquema de maniobra (pulsadores y bobinas de contactores). Se comprobará el correcto funcionamiento de la maniobra antes de iniciar el montaje del circuito de potencia.
3. - Realizar el conexionado del esquema de potencia conectando un amperímetro en una de las fases de alimentación del motor.
4. - Dimensionar adecuadamente las cargas resistivas y modificar el tiempo de los temporizadores para intentar conseguir un arranque y un frenado óptimos, donde el tiempo de arranque sea el menor posible y las puntas de intensidad de arranque no superen lo establecido en el R. E. B. T. y el frenado sea lo más rápido posible y concluya con el eje parado.

5. - Medir intensidad máxima en el arranque y los tiempos aproximados de puesta en marcha y paro del motor.

PROGRAMACIÓN

Relación entradas/salidas del relé programable:

ENTRADAS	DESCRIPCIÓN
I 1	Interruptor protección F 2
I 2	Pulsador paro S 0
I 3	Pulsador marcha S 1
I 4	Pulsador frenado S 2

SALIDAS	DESCRIPCIÓN
Q 1	Bobina contactor KM 1 alimentación
Q 2	Bobina contactor KM 2 alimentación inversa
Q 3	Bobina contactor KM 3 escalón de resistencias 1
Q 4	Bobina contactor KM 4 escalón de resistencias 2

ANEXO

Programa del esquema de la *figura 2* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	i 1	i 2		[M 1	Memoria de apoyo 1
02	M 1	i 4	I 3	[M 2	Memoria de apoyo 2
03			Q 1		
04		M 6	I 4	[M 3	Memoria de apoyo 3
05		Q 2			
06		Q 1	q 4	TT 1	Temporizador T 1 escalones 1 y 2 a escalón 2
07		Q 2		[M 4	Memoria de apoyo 4
08			t 2	[Q 4	Bobina contactor KM 4 escalón de resistencias 2
09			q 4	[M 5	Memoria de apoyo 5
10		Q 1	q 2	[M 6	Memoria de apoyo 6
11		M 6			
12	M 2	q 2		[Q 1	Bobina contactor KM 1 alimentación
13	M 3	q 1	t 3	[Q 2	Bobina contactor KM 2 alimentación inversa
14	M 4	T 1		[Q 3	Bobina contactor KM 3 escalón de resistencias 1
15				TT 2	Temporizador T 2 escalón 2 a ninguna resistencia
16	M 5	q 1		TT 3	Temporizador T 1 ninguna resistencia a parada

Programa del esquema de la *figura 3* mediante el software Zeliosoft:

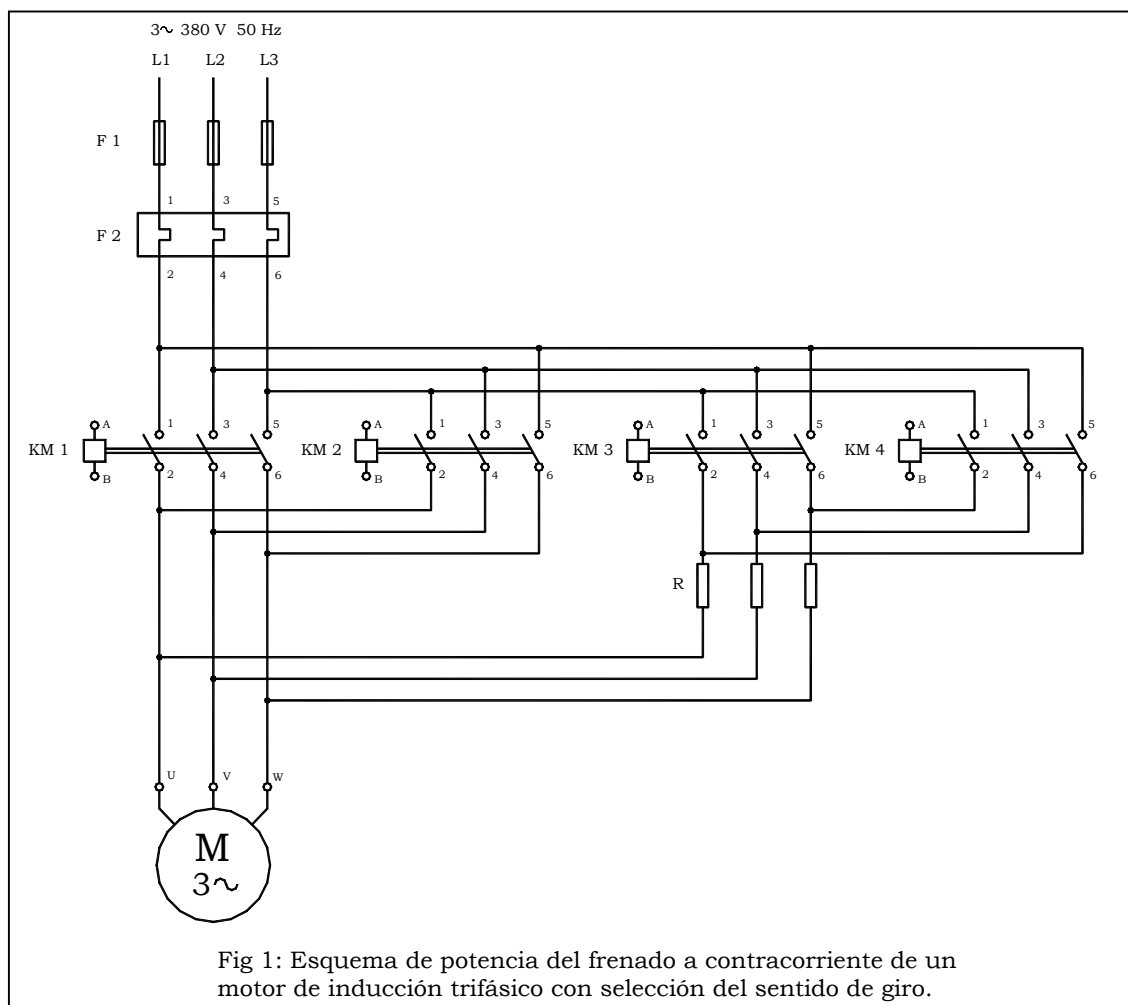
Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	I 3			SQ 1	Set bobina contactor KM 1 alimentación
02	I 4	M 6		SQ 2	Set bobina contactor KM 2 alimentación inversa
03	Q 1	T 1		SQ 3	Set bobina contactor KM 3 escalón de resistencias 1
04	Q 2	T 2		SQ 4	Set bobina contactor KM 4 escalón de resistencias 2
05	Q 1			SM 6	Set memoria de apoyo 6
06	I 1			RQ 1	Reset bobina contactor KM 1 alimentación
07	I 2				
08	I 4				
09	Q 2				
10	I 1			RQ 2	Reset bobina contactor KM 2 alimentación inversa
11	I 2				
12	Q 1				
13	T 3				
14	I 1			RQ 3	Reset bobina contactor KM 3 escalón de resistencias 1
15	I 2				
16	Q 4				
17	q 1	q 2			
18	I 1			RQ 4	Reset bobina contactor KM 4 escalón de resistencias 2
19	I 2				
20	q 1	q 2			
21	I 1			RM 6	Reset memoria de apoyo 6
22	I 2				
23	Q 2				
24	i 1	i 2	Q 1	M 1	Memoria de apoyo 1
25			Q 2		
26	M 1	q 4		TT 1	Temporizador T 1 ninguna resistencia a parada
27			T 1	TT 2	Temporizador T 2 escalón 2 a ninguna resistencia
28		T 2	q 1	TT 3	Temporizador T 3 escalones 1 y 2 a escalón 2
29		Q 4			

9. FRENADO A CONTRACORRIENTE DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO CON SELECCIÓN DE SENTIDO DE GIRO

INTRODUCCIÓN

Un método sencillo para acelerar el proceso de frenado del eje de un motor de inducción trifásico, después de solicitar su parada, es alimentar el devanado estático con una intensidad contraria a la que provoca el giro normal.

El motor gira en su sentido normal de giro. Cuando se decide pararlo se conmutan las fases de alimentación del estator. Esto provoca que aparezca un campo magnético giratorio contrario al giro del eje debido a la inercia. Este campo magnético acelera el proceso de frenado del eje. Si el campo magnético no desaparece cuando la velocidad del rotor es 0, éste iniciará su giro en sentido contrario al habitual y se producirá una inversión de giro.



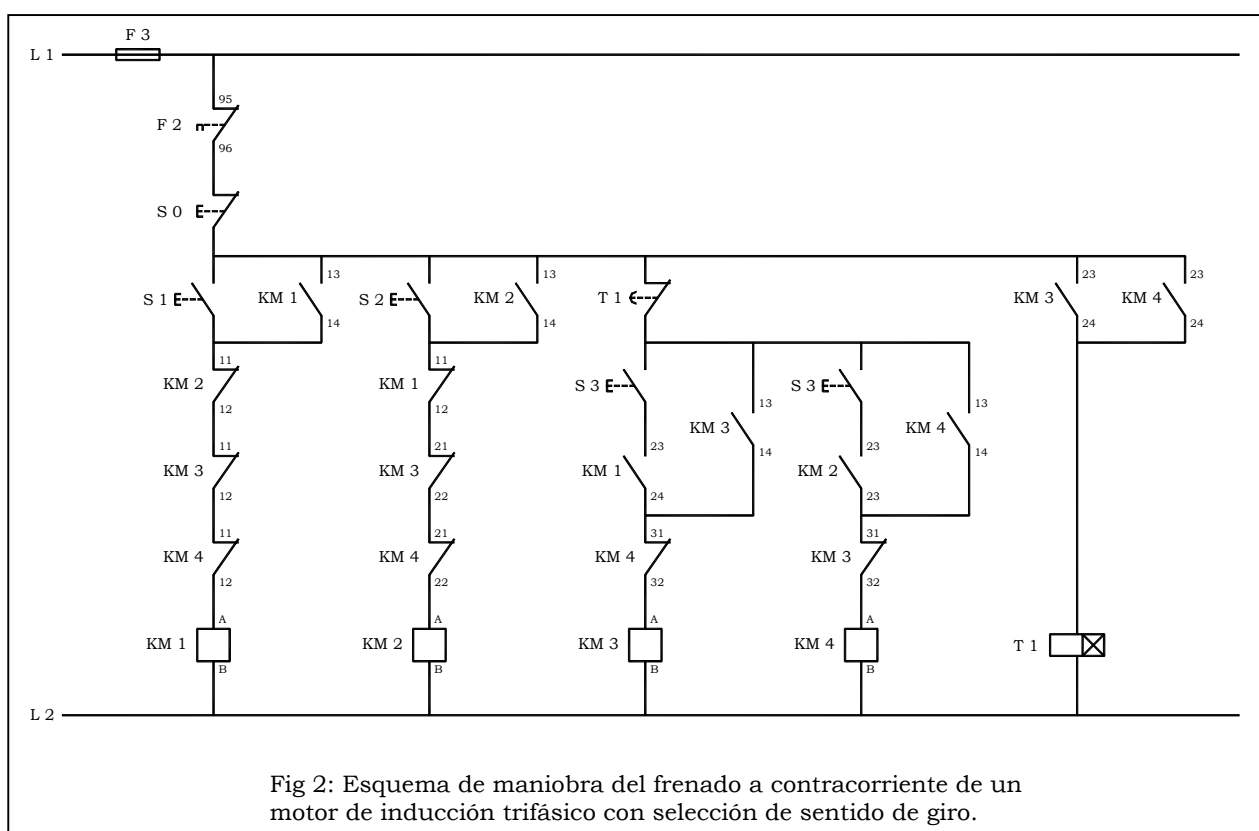
La figura 1 muestra el esquema de potencia del montaje realizado para el frenado a contracorriente de un motor de inducción trifásico con selección de sentido de giro. Se incluye un grupo de resistencias que se conecta en serie con

los contactores de frenado para limitar la intensidad consumida durante el frenado.

En la *figura 1*, KM 1 y KM 2 son los contactores que alimentan al motor para que rote en ambos sentidos de giro. KM 3 se activa para frenar el giro producido por KM 1. KM 4 se activa para frenar el giro producido por KM 2. Ambos conmutan las fases de alimentación del motor para producir el frenado.

FUNCIONAMIENTO

En la *figura 2* se encuentra el esquema de maniobra necesario para controlar el esquema de potencia de la *figura 1*. La maniobra se ha diseñado para que cumpla los siguientes puntos:



- El circuito se comanda con un pulsador de marcha en sentido 1, un pulsador de marcha en sentido 2, un pulsador de paro convencional y un pulsador de frenado.

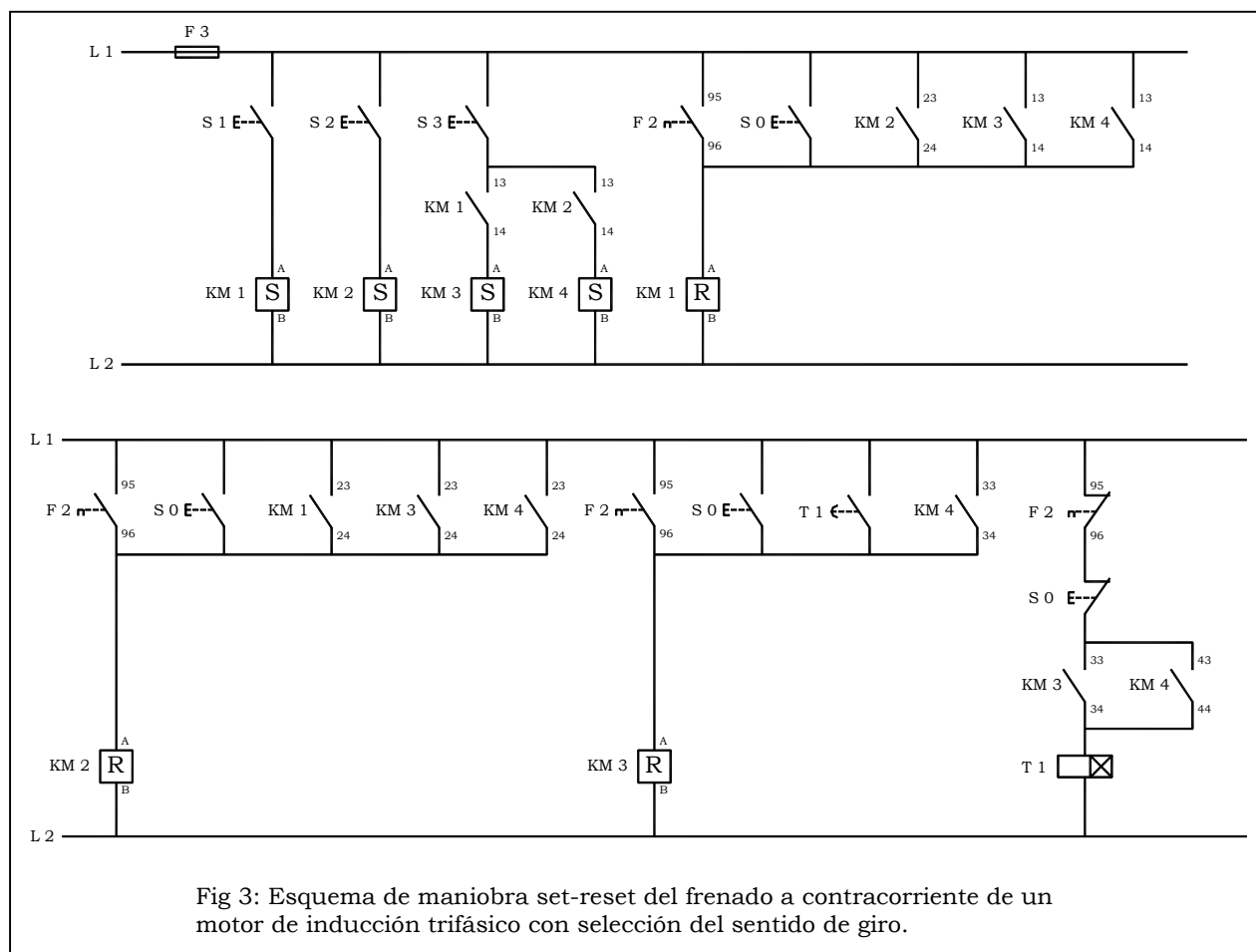
- Al pulsar marcha en sentido 1 se acciona KM 1, al pulsar marcha en sentido 2 se acciona KM 2. Ambos contactores alimentan el motor con una secuencia de fases que permite su giro en el sentido deseado.

- Al pulsar paro convencional se abren todos los contactores.

- Al pulsar frenado se desactivan KM 1 y se cierra KM 3 o se desactiva KM 2 y se cierra KM 4. En ambos casos se conmutan las fases de alimentación. Al cabo del tiempo necesario para que el rotor se detenga se abren KM 3 o KM 4.

- Nunca deben poder estar cerrados simultáneamente más de un contactor.

La *figura 3* muestra un esquema de maniobra equivalente al de la *figura 2* pero, en este caso, se realiza un control set-reset sobre las bobinas de los contactores.



COMPONENTES

En la realización del ensayo se utilizarán:

- 4 pulsadores.
- 4 contactores.
- 3 resistencias monofásicas o 1 resistencia trifásica.
- 1 relé programable Zelio.
- 1 motor de inducción trifásico.

ENSAYO

Para la realización del ensayo se deberá:

1. - Programar un esquema de maniobra que cumpla con las condiciones de funcionamiento descritas con anterioridad en el relé programable Zelio, utilizando el software Zeliosoft. Realizar las simulaciones pertinentes que aseguren que el funcionamiento del programa se ajusta a la descripción de funcionamiento dada.
2. - Realizar las conexiones del relé programable con los dispositivos físicos que intervienen en el esquema de maniobra (pulsadores y bobinas de contactores). Se comprobará el correcto funcionamiento de la maniobra antes de iniciar el montaje del circuito de potencia.
3. - Realizar el conexionado del esquema de potencia conectando un amperímetro en una de las fases de alimentación del motor.
4. - Dimensionar adecuadamente la carga resistiva y modificar el tiempo del temporizador para intentar conseguir un frenado óptimo, donde el tiempo de frenado sea el menor posible, la punta de intensidad consumida no supere lo establecido en el R. E. B. T. y el rotor se detenga totalmente cuando su velocidad sea nula.
5. - Medir intensidad máxima durante el frenado y los tiempos aproximados de puesta en marcha y paro del motor.

PROGRAMACIÓN

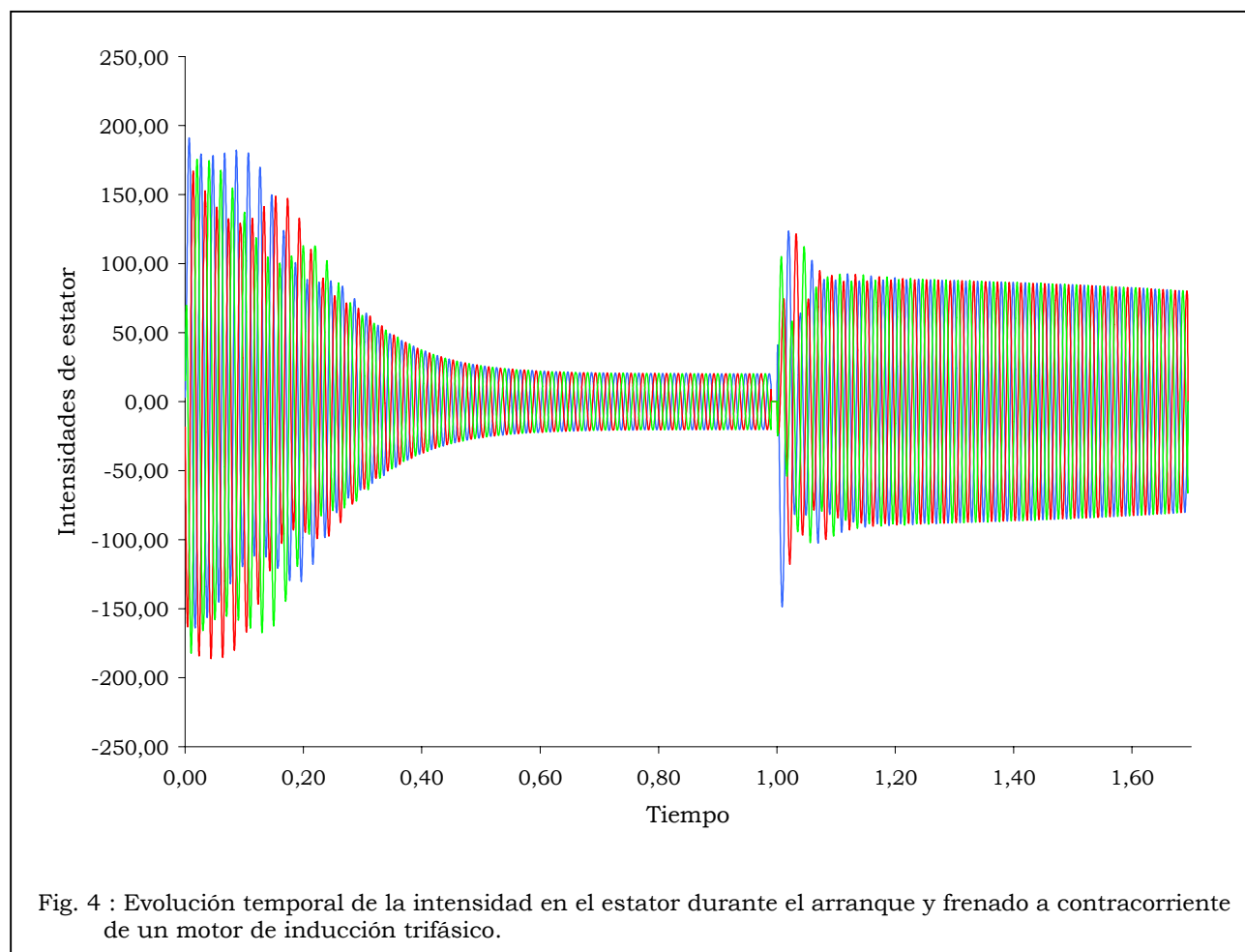
Relación entradas/salidas del relé programable:

ENTRADAS	DESCRIPCIÓN
I 1	Interruptor protección F 2
I 2	Pulsador paro convencional S 0
I 3	Pulsador marcha en sentido 1 S 1
I 4	Pulsador marcha en sentido 2 S 2
I 5	Pulsador frenado S 3

SALIDAS	DESCRIPCIÓN
Q 1	Bobina contactor KM1 sentido de giro 1
Q 2	Bobina contactor KM2 sentido de giro 2
Q 3	Bobina contactor KM3 frenado sentido de giro 1
Q 4	Bobina contactor KM 4 frenado sentido de giro 2

COMENTARIOS

En los gráficos de las *figuras 4, 5 y 6* se muestran las características fundamentales de un motor de inducción trifásico durante el arranque con resistencias estatóricas. La simulación se ha realizado con el motor moviendo una carga a par constante.

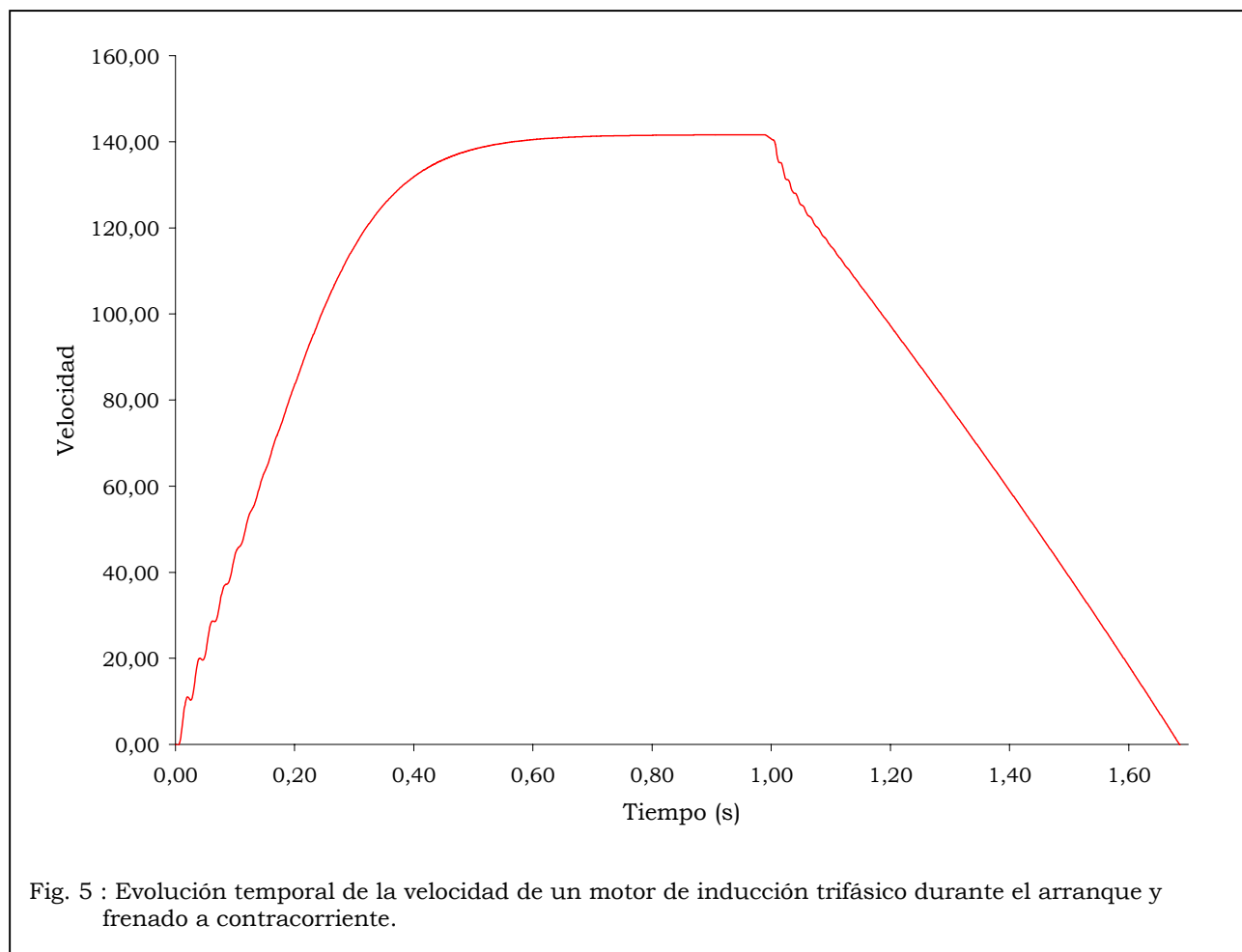


En la *figura 4* se observa la evolución temporal de la intensidad absorbida por un motor de inducción trifásico durante un arranque seguido de un frenado a contracorriente.

El espacio de tiempo que transcurre entre 0 y 1 segundo corresponde al arranque directo de la máquina.

Una vez se ha estabilizado la máquina se procede a su frenado. Al desconectar el contactor de alimentación y conectar el de frenado, se produce un aumento brusco de intensidad limitado por las resistencias. Después de esta pequeña punta de intensidad, la corriente se estabiliza en un valor constante hasta que la máquina se detiene.

Realizando una comparación con la *figura 7* de la práctica 1, se observará el papel determinante de las resistencias para limitar la intensidad consumida en el frenado.

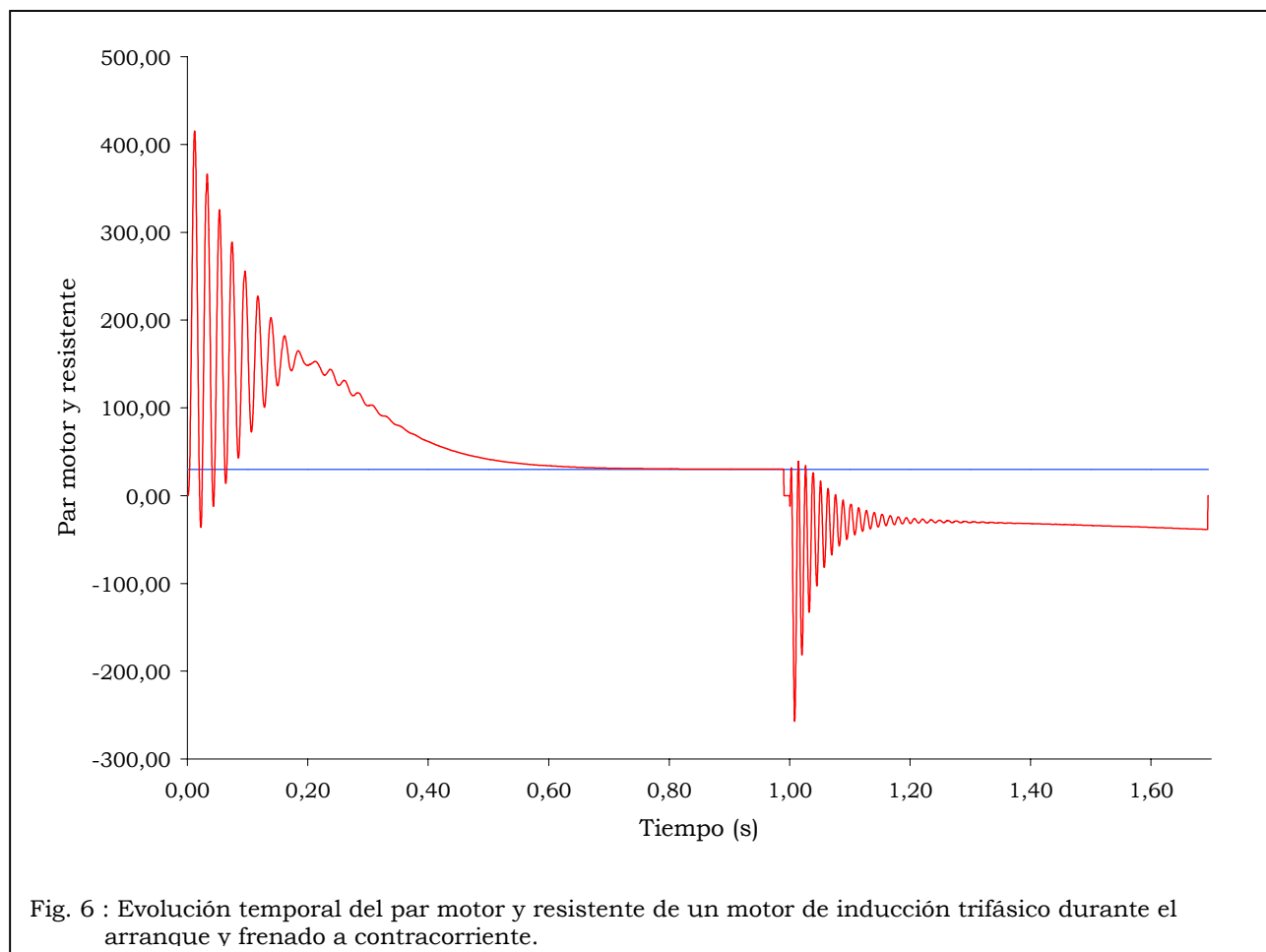


En la *figura 5* se muestra la evolución temporal de la velocidad. Hasta 1 segundo, la evolución de la velocidad corresponde al arranque directo del motor hasta conseguir el valor nominal de velocidad. A partir de este punto se procede al frenado a contracorriente.

Durante el frenado, la velocidad decrece rápidamente y de una manera prácticamente constante hasta que el eje del motor llega al reposo.

Se puede observar como el proceso de frenado es más breve que el de obtención de la velocidad nominal.

Si el motor no se deja de alimentar cuando la velocidad es nula, este inicia su giro en sentido contrario al habitual.



La *figura 6* muestra la evolución del par entregado por el motor en su eje y del par resistente ofrecido por la carga accionada durante el arranque y el frenado a contracorriente de un motor de inducción trifásico.

En la primera parte del gráfico se observa la evolución del par característica del arranque directo de un motor de inducción trifásico.

Al iniciarse el frenado aparece una punta de par en sentido contrario al del arranque, seguida de oscilaciones. Las oscilaciones decrecen hacia un par negativo que va aumentando con el paso del tiempo. Al dejar de alimentar la máquina el par se anula.

En este frenado sería interesante la inclusión de un interruptor centrífugo que controlase la desconexión de la alimentación inversa cuando el eje del motor estuviese detenido, en lugar de controlar la desconexión mediante tiempos.

ANEXO

Programa del esquema de la *figura 2* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	— i 1 —	— i 2 —		[M 1 —	Memoria de apoyo 1
02	— M 1 —	I 3 —	q 2 —	[M 2 —	Memoria de apoyo 2
03		Q 1 —			
04		I 4 —	q 1 —	[M 3 —	Memoria de apoyo 3
05		Q 2 —			
06		t 1 —		[M 4 —	Memoria de apoyo 4
07		Q 3 —		TT 1 —	
08		Q 4 —			
09	— M 2 —	q 3 —	q 4 —	[Q 1 —	Bobina contactor KM 1 sentido de giro 1
10	— M 3 —	q 3 —	q 4 —	[Q 2 —	Bobina contactor KM 2 sentido de giro 2
11	— M 4 —	I 5 —	Q 1 —	[M 5 —	Memoria de apoyo 5
12		Q 3 —			
13		I 5 —	Q 2 —	[M 6 —	Memoria de apoyo 6
14		Q 4 —			
15	— M 5 —	q 4 —		[Q 3 —	Bobina contactor KM 3 frenado sentido de giro 1
16	— M 6 —	q 3 —		[Q 4 —	Bobina contactor KM 4 frenado sentido de giro 2

Programa del esquema de la *figura 3* mediante el software Zeliosoft:

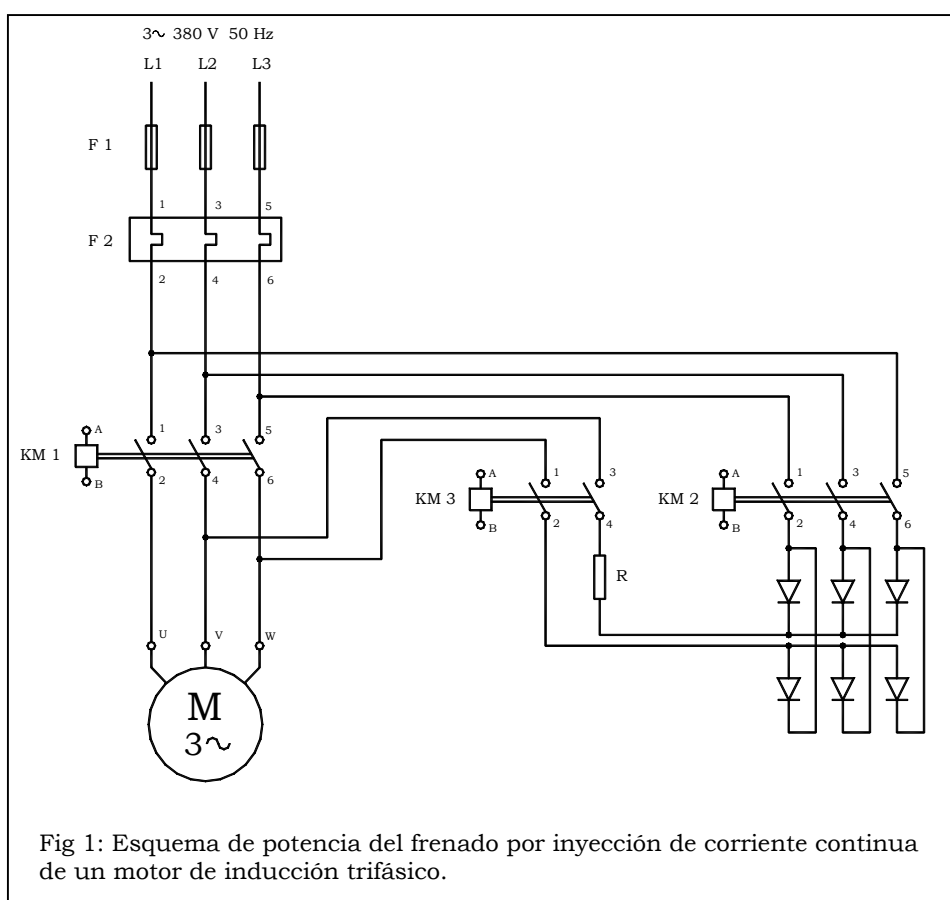
Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	I 3			SQ 1	Set bobina contactor KM 1 sentido de giro 1
02	I 4			SQ 2	Set bobina contactor KM 2 sentido de giro 2
03	I 5	Q 1		SQ 3	Set bobina contactor KM 3 frenado sentido de giro 1
04		Q 2		SQ 4	Set bobina contactor KM 4 frenado sentido de giro 2
05	I 1			[M 1	Memoria de apoyo 1
06	I 2				
07	M 1			RQ 1	Reset bobina contactor KM 1 sentido de giro 1
08	Q 2				
09	Q 3				
10	Q 4				
11	M 1			RQ 2	Reset bobina contactor KM 2 sentido de giro 2
12	Q 1				
13	Q 3				
14	Q 4				
15	M 1			RQ 3	Reset bobina contactor KM 3 frenado sentido de giro 1
16	T 1				
17	Q 4				
18	M 1			R Q4	Reset bobina contactor KM 4 frenado sentido de giro 2
19	T 1				
20	Q 3				
21	i 1	i 2	Q 3	TT 1	Temporizador T 1 finalización frenado
22			Q 4		

10. FRENADO POR INYECCIÓN DE CORRIENTE CONTINUA DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO

INTRODUCCIÓN

Una de las posibilidades para conseguir el frenado de un motor de inducción trifásico es alimentar el devanado inductor con corriente continua. De esta manera, se consigue un campo magnético fijo que hace que la velocidad del rotor tienda a anularse. Se produce un efecto electroimán.

Como el motor ensayado es de alterna y trifásico, será necesario un rectificador para conseguir la corriente continua que se inyectará en el inductor durante el frenado.

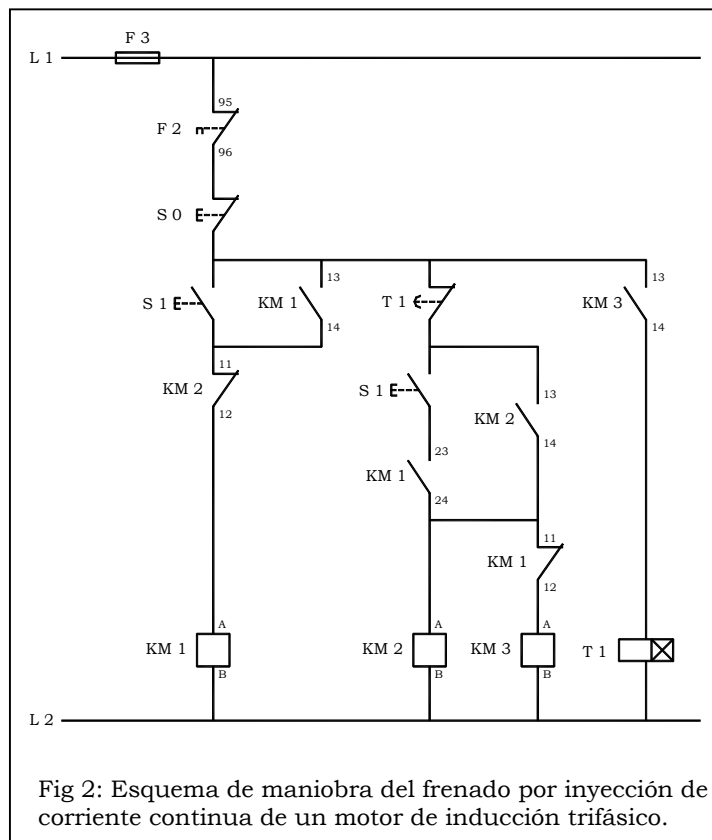


En la *figura 1* se muestra el esquema de potencia del montaje del frenado por inyección de corriente continua de un motor de inducción trifásico. Se observa que para la rectificación se utiliza un rectificador en puente junto con una resistencia limitadora.

En la *figura 1*, KM 1 es el contactor que alimenta al motor durante su funcionamiento nominal. KM 2 y KM 3 se activan para producir el frenado del rotor.

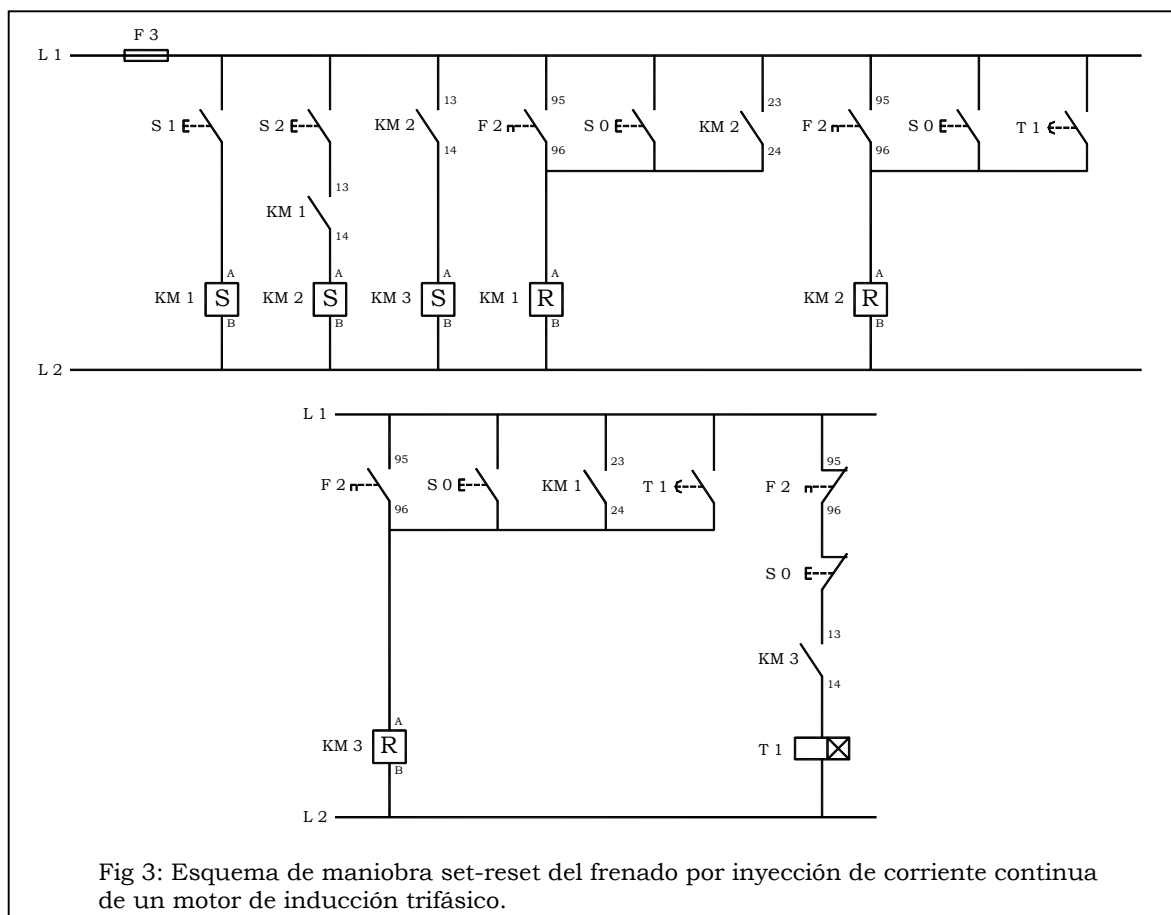
FUNCIONAMIENTO

La *figura 2* ofrece el esquema de maniobra necesario para controlar el esquema de potencia de la *figura 1*. En la maniobra se han respetado las siguientes directrices:



- El circuito se comanda con un pulsador de marcha, un pulsador de paro convencional y un pulsador de frenado.
- Al pulsar marcha se cierra KM 1.
- Al pulsar paro convencional se abren todos los contactores.
- Para que funcione el frenado es necesario que el motor esté en marcha. Al pulsar frenado se activa KM 2, alimentando al rectificador. Al cerrarse KM 2 se desactiva KM 1. Con KM 2 activado y KM 1 desactivado se cierra KM 3 y el devanado inductor recibe la corriente continua producida por el rectificador. Al cabo del tiempo necesario para que el rotor se detenga se abren los contactores KM 2 y KM 3.
- Nunca deben poder estar cerrados simultáneamente KM 3 y KM 1.

La *figura 3* muestra un esquema de maniobra equivalente al de la *figura 2* pero, en este caso, se realiza un control set-reset sobre las bobinas de los contactores.



COMPONENTES

En la realización del ensayo se utilizarán:

- 3 pulsadores.
- 3 contactores.
- 1 rectificador trifásico en puente o los 6 diodos necesarios para montarlo.
- 1 resistencia limitadora.
- 1 relé programable Zelio.
- 1 motor de inducción trifásico.

ENSAYO

Para la realización del ensayo se deberá:

1. - Programar un esquema de maniobra que cumpla con las condiciones de funcionamiento descritas con anterioridad en el relé programable Zelio, utilizando

el software Zeliosoft. Realizar las simulaciones pertinentes que aseguren que el funcionamiento del programa se ajusta a la descripción de funcionamiento dada.

2. - Realizar las conexiones del relé programable con los dispositivos físicos que intervienen en el esquema de maniobra (pulsadores y bobinas de contactores). Se comprobará el correcto funcionamiento de la maniobra antes de iniciar el montaje del circuito de potencia.

3. - Realizar el conexionado del esquema de potencia conectando un amperímetro universal en una de las fases de alimentación del motor.

4. - Dimensionar adecuadamente la carga resistiva y modificar el tiempo del temporizador para intentar conseguir un frenado óptimo, donde el tiempo de frenado sea el menor posible, la punta de intensidad consumida no supere lo establecido en el R. E. B. T. y los contactores se desactiven cuando la velocidad del rotor sea nula.

5. - Medir intensidad máxima durante el frenado y los tiempos aproximados de puesta en marcha y paro del motor.

PROGRAMACIÓN

Relación entradas/salidas del relé programable:

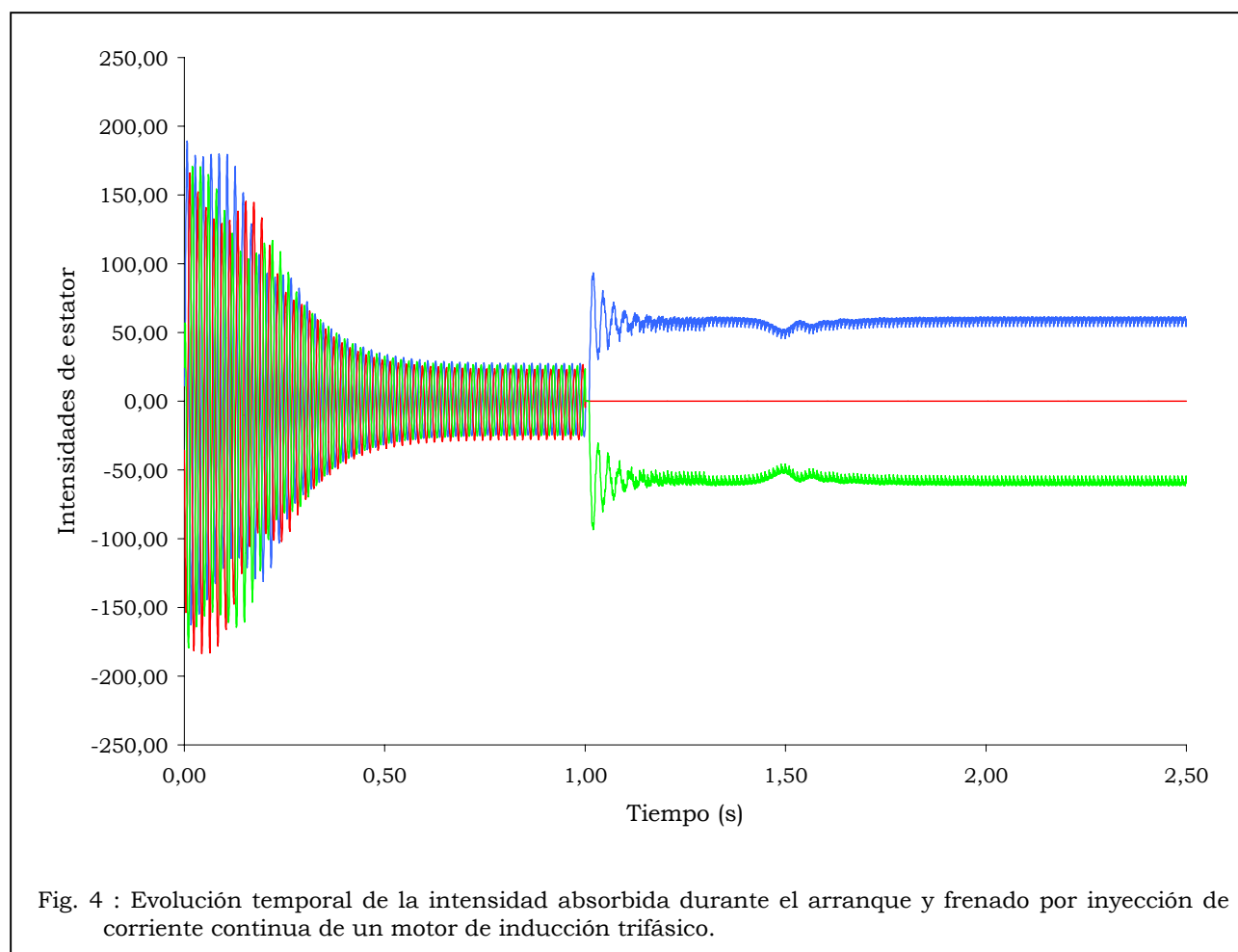
ENTRADAS	DESCRIPCIÓN
I 1	Interruptor protección F 2
I 2	Pulsador paro convencional S 0
I 3	Pulsador marcha S 1
I 4	Pulsador frenado S 2

SALIDAS	DESCRIPCIÓN
Q 1	Bobina contactor KM1 alimentación
Q 2	Bobina contactor KM2 rectificación
Q 3	Bobina contactor KM3 inyección DC

COMENTARIOS

En los gráficos de las *figuras 4, 5 y 6* se muestra la evolución temporal teórica de las características que definen el comportamiento de un motor trifásico en un arranque y posterior frenado por inyección de corriente continua. La simulación se ha realizado con el motor moviendo una carga a par constante.

La *figura 4* ofrece la evolución temporal correspondiente a la corriente absorbida por el motor durante el arranque y posterior frenado por inyección de corriente continua.

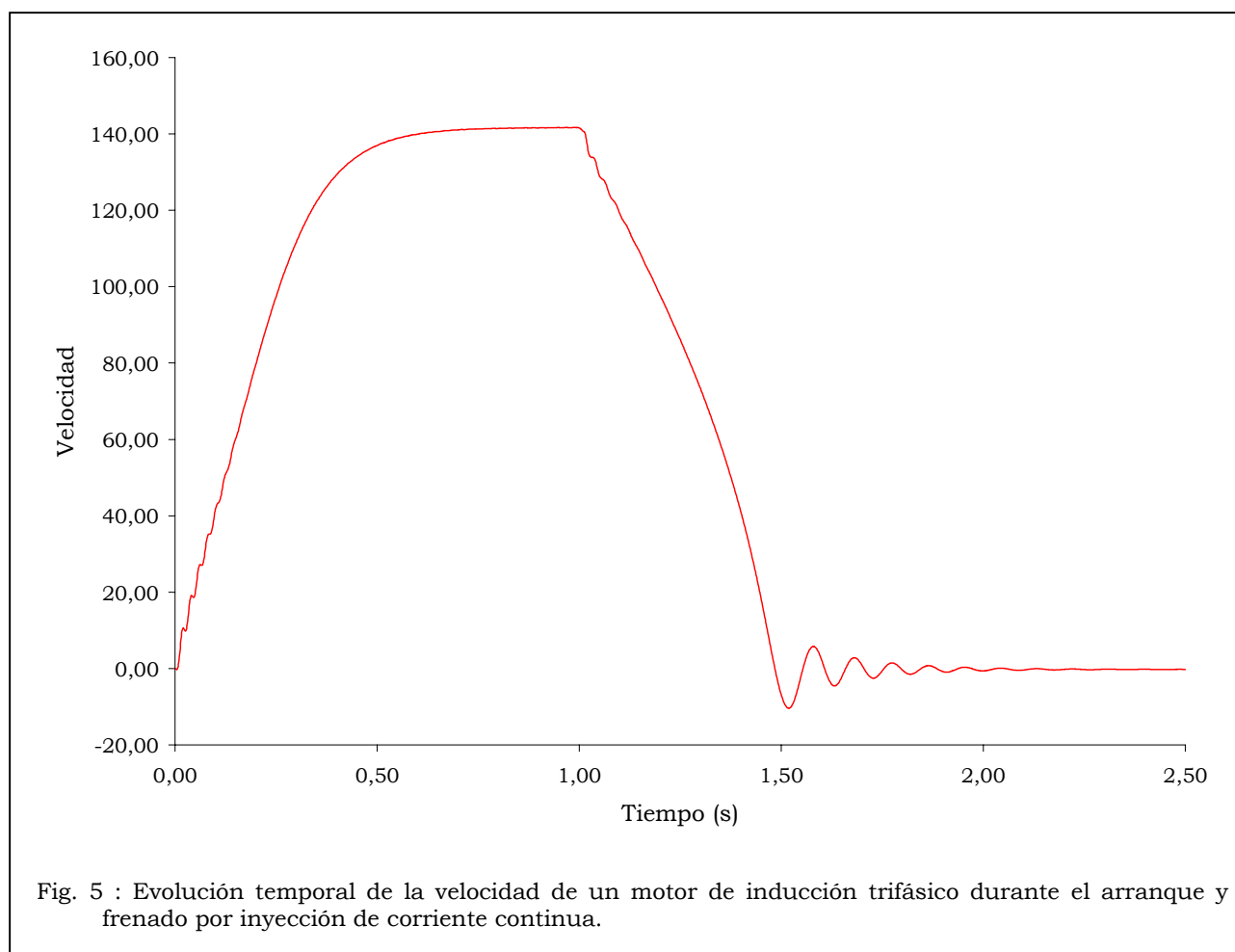


La parte inicial del gráfico, que transcurre entre 0 y 1 segundo corresponde al arranque directo del motor.

Después del segundo el motor se desconecta de la línea y se conecta al rectificador. Una de las fases queda sin recibir ningún tipo de tensión, mientras que por las otras dos circula la corriente continua resultado de la rectificación. La fase cuya intensidad está representada por la línea roja es la que en el esquema de potencia corresponde al terminal U del motor. Como se puede observar en la *figura 1* esta fase no está alimentada por el rectificador y, por lo tanto, cuando se abre el contactor de línea en esta fase no hay tensión. Las representaciones de la intensidad de las otras dos fases corresponden a las líneas azul y verde. Mientras el motor se alimenta con una corriente continua la fase de azul es el positivo mientras que la verde es el negativo.

En el momento de desconectar el motor de la línea e iniciar la alimentación con corriente continua, la intensidad rectificada tiene una oscilación considerable. Después de este momento, la oscilación se suaviza y se obtiene una corriente continua bastante bien rectificada.

Los valores de intensidad durante el funcionamiento con corriente continua se limitan mediante una resistencia para que no alcancen niveles peligrosos para la máquina.



En el gráfico de la *figura 5* se observa la evolución temporal de la velocidad durante el arranque directo y posterior frenado por inyección de corriente continua de un motor de inducción trifásico.

En el gráfico se observa como a partir de 1 segundo, cuando el motor recibe corriente continua en su estator, la velocidad decrece rápidamente, casi tan rápidamente como ha aumentado durante el arranque.

Cuando la velocidad llega a un valor nulo el eje no se detiene, sino que oscila brevemente en los dos sentidos de giro. Estas oscilaciones se deben a que el efecto electroimán producido por el campo magnético que crea la corriente continua que alimenta las bobinas inductoras no es capaz de frenar totalmente la inercia del rotor hasta que ésta es muy pequeña. Por eso, en un principio, la inercia que lleva el rotor vence la fuerza del campo que lo empuja a mantenerse estático, en cada oscilación la inercia disminuye y la fuerza del campo se acaba imponiendo frenando totalmente al motor.

Por último, en la *figura 6* aparece el gráfico correspondiente a la evolución temporal del par motor de un motor de inducción trifásico y del par resistente de la carga accionada, durante un arranque directo y posterior frenado por inyección de corriente continua.

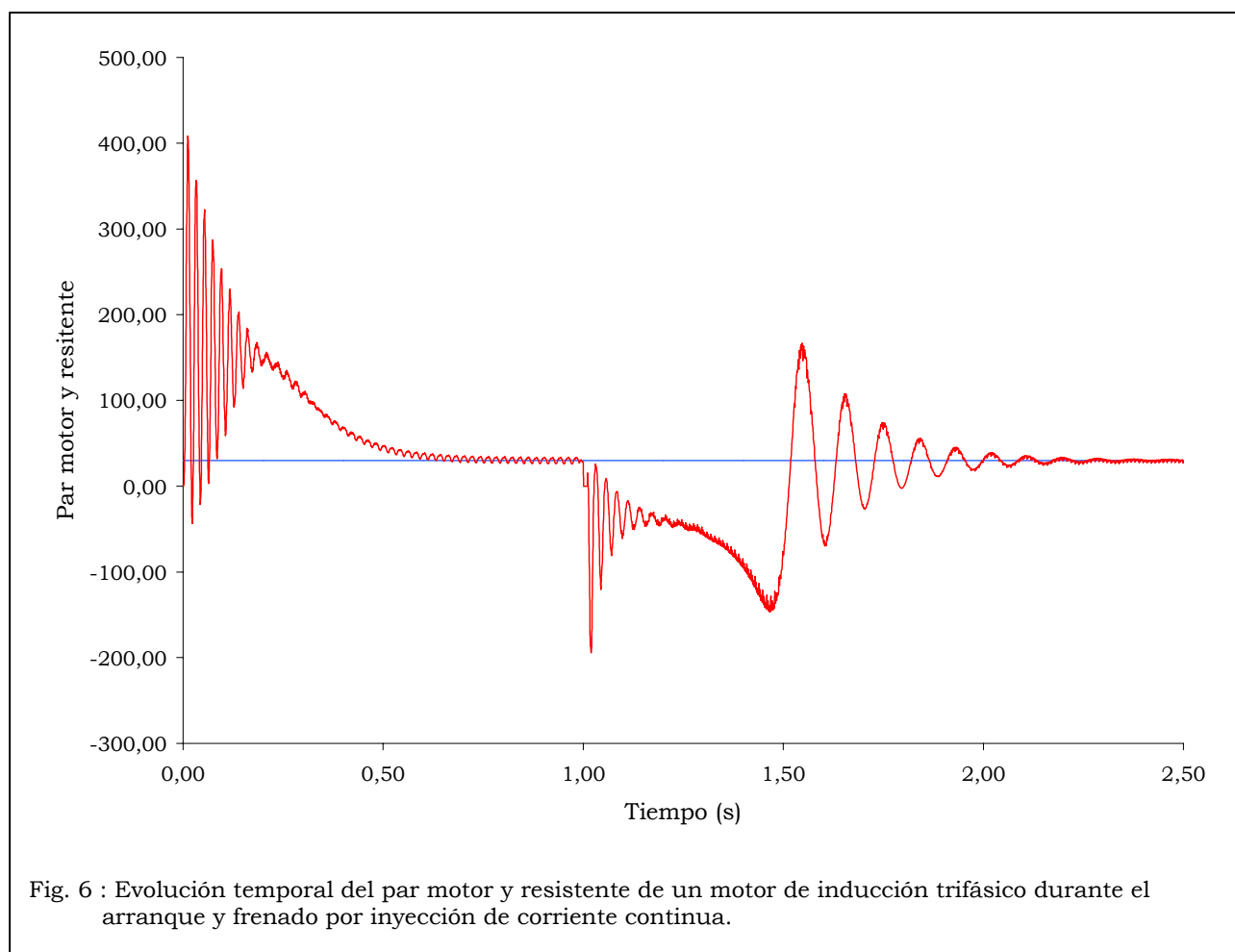


Fig. 6 : Evolución temporal del par motor y resistente de un motor de inducción trifásico durante el arranque y frenado por inyección de corriente continua.

En el gráfico se observa como, a partir de 1 segundo, cuando el motor se alimenta de corriente continua, el par se convierte en negativo. Al principio oscila aparece una oscilación que se va atenuando mientras el valor de par de frenado va aumentando.

Aproximadamente en 1,5 segundos vuelven a aparecer unas fuertes oscilaciones de par, esta vez en el sentido de la aceleración y de la deceleración. Este fenómeno se debe al efecto de la inercia conjugado con el campo magnético fijo producido por los inductores alimentados con corriente continua. Las oscilaciones van disminuyendo hasta estabilizarse.

ANEXO

Programa del esquema de la *figura 2* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	i 1	i 2		[M 1	Memoria de apoyo 1
02	M 1	I 3	q 2	[Q 1	Bobina contactor KM 1 alimentación
03		Q 1			
04		t 1		[M 2	Memoria de apoyo 2
05		Q 3		TT 1	Temporizador T 1 final frenado
06	M 2	I 4	Q 1	[Q 2	Bobina contactor KM 2 rectificación
07		Q 2		[M 3	Memoria de apoyo 3
08	M 3	q 1		[Q 3	Bobina contactor KM 3 inyección DC

Programa del esquema de la *figura 3* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	I 3			SQ 1	Set bobina contactor KM 1 alimentación
02	I 4	Q 1		SQ 2	Set bobina contactor KM 2 rectificación
03	Q 2			SQ 3	Set bobina contactor KM 3 inyección DC
04	I 1			[M 1	Memoria de apoyo 1
05	I 2				
06	M 1			RQ 1	Reset bobina contactor KM 1 alimentación
07	Q 2				
08	M 1			RQ 2	Reset bobina contactor KM 2 rectificación
09	T 1				
10	M 1			RQ 3	Reset bobina contactor KM 3 inyección DC
11	T 1				
12	Q 1				
13	i 1	i 2	Q 3	TT 1	Temporizador T 1 final frenado

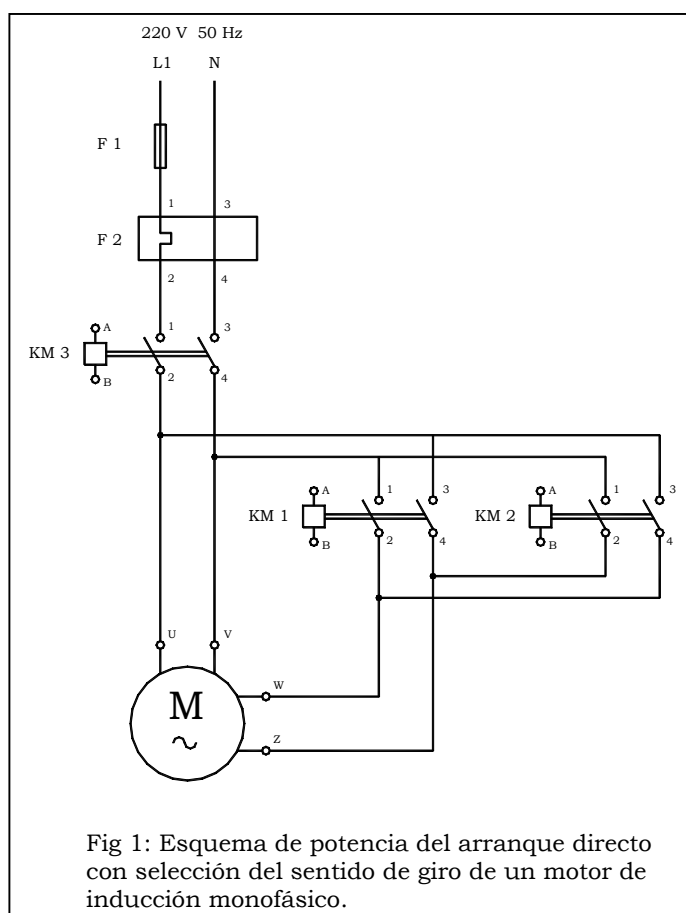
11. ARRANQUE DIRECTO CON SELECCIÓN DE SENTIDO DE GIRO DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN MONOFÁSICO

INTRODUCCIÓN

La práctica permitirá observar las características básicas de los motores monofásicos en el arranque y el funcionamiento nominal.

La *figura 1* muestra el esquema de potencia que es necesario para obtener una puesta en marcha directa de un motor de inducción monofásico. El montaje permite escoger el sentido de giro en función de la entrada en funcionamiento del contactor KM1 o del contactor KM2. El cambio de sentido se realiza mediante una sencilla conmutación de las fases de alimentación del bobinado auxiliar. El contactor KM3 permite un control global de la alimentación.

En este caso el motor de inducción dispone de un devanado principal y un circuito secundario que se compone de un condensador y un interruptor centrífugo en serie con la bobina secundaria.



FUNCIONAMIENTO

Para el control del esquema de potencia de la *figura 1*, será necesario el montaje de un circuito de maniobra que cumpla las siguientes condiciones:

- El mando se realiza con un pulsador de marcha en sentido de giro 1, un pulsador de marcha sentido de giro 2 y un pulsador de paro.
- Al pulsar en cualquiera de los pulsadores de marcha, se activan el contactor que acciona el arranque en el sentido de giro deseado y KM3 por este orden. Mientras el motor está recibiendo tensión, las pulsaciones en cualquiera de los pulsadores de marcha se mantienen inactivas (no producen cambios). El motor sólo se detiene al abrirse KM3 y el contactor seleccionado, mediante la activación del pulsador de paro.

- Jamás deben poder funcionar los dos contactores que controlan la inversión KM 1 y KM 2 a la vez, esto evitará cortocircuitos.

En la *figura 2* se representa el esquema de maniobra necesario para comandar el circuito de potencia del arranque del motor. Este esquema permite el control del funcionamiento del motor accionado según se ha explicado.

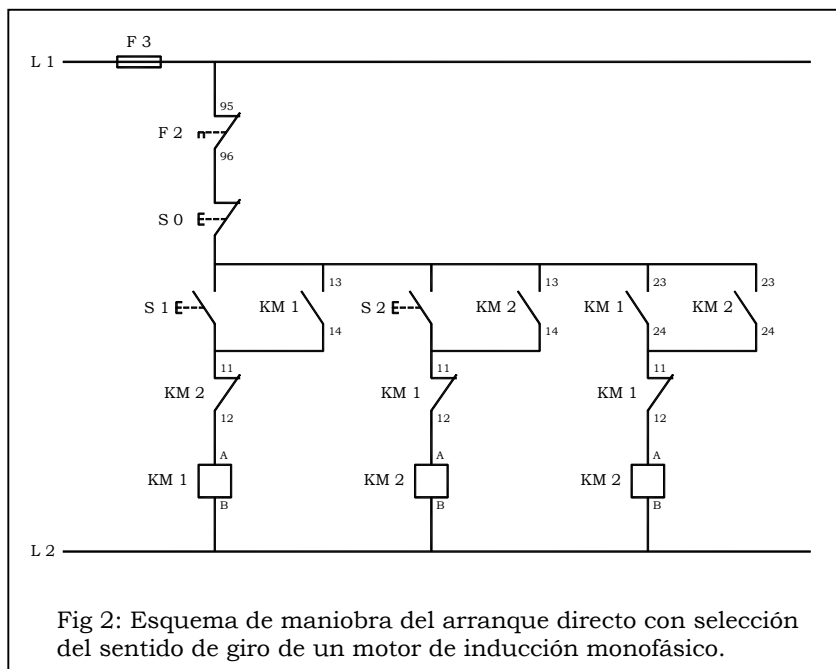


Fig 2: Esquema de maniobra del arranque directo con selección del sentido de giro de un motor de inducción monofásico.

En la *figura 3* se puede ver un esquema de maniobra equivalente al de la *figura 2* pero con un control set-reset sobre las bobinas de los contactores.

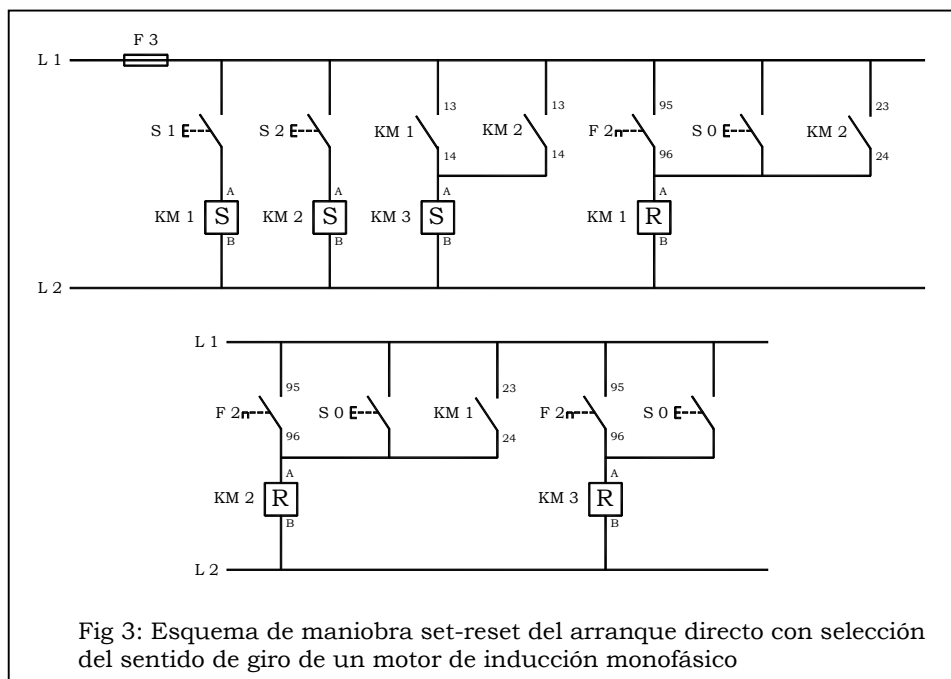


Fig 3: Esquema de maniobra set-reset del arranque directo con selección del sentido de giro de un motor de inducción monofásico

COMPONENTES

Para realizar el montaje serán necesarios:

- 3 pulsadores simples.
- 3 contactores.
- 1 relé programable Zelio.
- 1 motor de inducción monofásico.

ENSAYO

El ensayo requiere de la consecución de las siguientes labores:

1. - Programar un esquema de maniobra que cumpla con las condiciones de funcionamiento descritas con anterioridad en el relé programable Zelio, utilizando el software Zeliosoft. Realizar las simulaciones pertinentes que aseguren que el funcionamiento del programa se ajusta a la descripción de funcionamiento dada.
2. - Realizar las conexiones del relé programable con los dispositivos físicos que intervienen en el esquema de maniobra (pulsadores y bobinas de contactores). Se comprobará el correcto funcionamiento de la maniobra antes de iniciar el montaje del circuito de potencia.
3. - Realizar el conexionado del esquema de potencia conectando un amperímetro en una de las fases de alimentación del motor.
4. - Medir intensidad máxima en el arranque, y los tiempos aproximados de puesta en marcha y paro del motor.

PROGRAMACIÓN

Relación entradas/salidas del relé programable:

ENTRADAS	DESCRIPCIÓN
I 1	Interruptor protección F 1
I 2	Pulsador paro S 0
I 3	Pulsador marcha en sentido 1 S 1
I 4	Pulsador marcha en sentido 2 S 2

SALIDAS	DESCRIPCIÓN
Q 1	Bobina contactor KM1 sentido de giro 1
Q 2	Bobina contactor KM2 sentido de giro 2
Q 3	Bobina contactor KM3 alimentación

ANEXO

Programa del esquema de la *figura 2* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	— i 1 —	— i 2 —		[M 1 —	Memoria de apoyo 1
02	— M 1 —	I 3 —	q 2 —	[Q 1 —	Bobina contactor KM 1 sentido de giro 1
03		Q 1 —			
04		I 4 —	q 1 —	[Q 2 —	Bobina contactor KM 2 sentido de giro 2
05		Q 2 —			
06		Q 1 —		[Q 3 —	Bobina contactor KM 3 alimentación
07		Q 2 —			

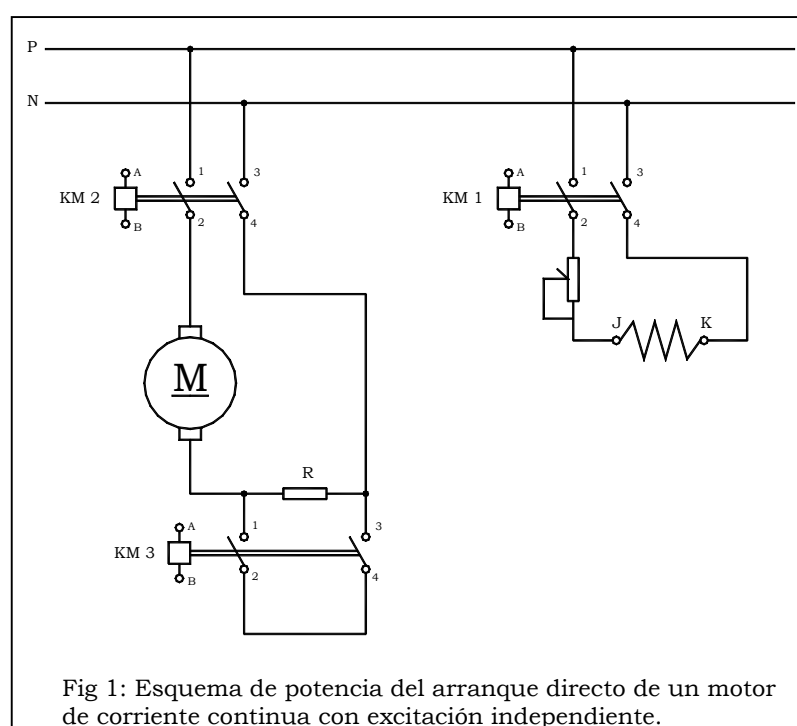
Programa del esquema de la *figura 3* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	— I 3 —			SQ 1 —	Set bobina contactor KM 1 sentido de giro 1
02	— I 4 —			SQ 2 —	Set bobina contactor KM 1 sentido de giro 2
03	— Q 1 —			SQ 3 —	Set bobina contactor KM 1 alimentación
04	— Q 2 —				
05	— I 1 —			[M 1 —	Memoria de apoyo 1
06	— I 2 —			RQ 3 —	Reset bobina contactor KM 1 sentido de giro 1
07	— M 1 —			RQ 1 —	Reset bobina contactor KM 2 sentido de giro 2
08	— Q 2 —				
09	— M 1 —			R Q 2 —	Reset bobina contactor KM 3 alimentación
10	— Q 3 —				

12. ARRANQUE DIRECTO CON RESISTENCIA LIMITADORA DE UN MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA CON EXCITACIÓN INDEPENDIENTE

INTRODUCCIÓN

Los motores de corriente continua poseen características y peculiaridades que hacen que en algunas aplicaciones superen en prestaciones a los motores de inducción. Los inconvenientes derivados de la utilización de la corriente continua y las complicaciones mecánico-constructivas de este tipo de motores hacen que su uso, normalmente, esté restringido a aplicaciones muy determinadas en las cuales las características del motor de continua son imprescindibles.

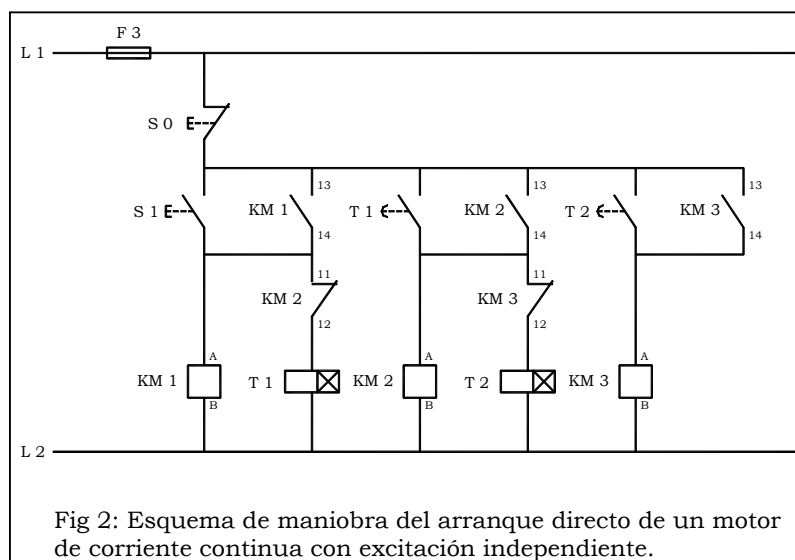


La *figura 1* muestra el esquema de potencia del arranque directo de un motor de corriente continua con excitación independiente. Para limitar el consumo de intensidad durante el arranque se incluye una resistencia en serie con el inducido. Una vez superado el arranque se cortocircuita la resistencia y el motor funciona según sus características nominales.

El contactor KM 1 controla la alimentación del circuito de excitación. El contactor KM 2 hace lo propio con el circuito del inducido. Por último, KM 3 se encarga de cortocircuitar la resistencia cuando esta ya no es necesaria.

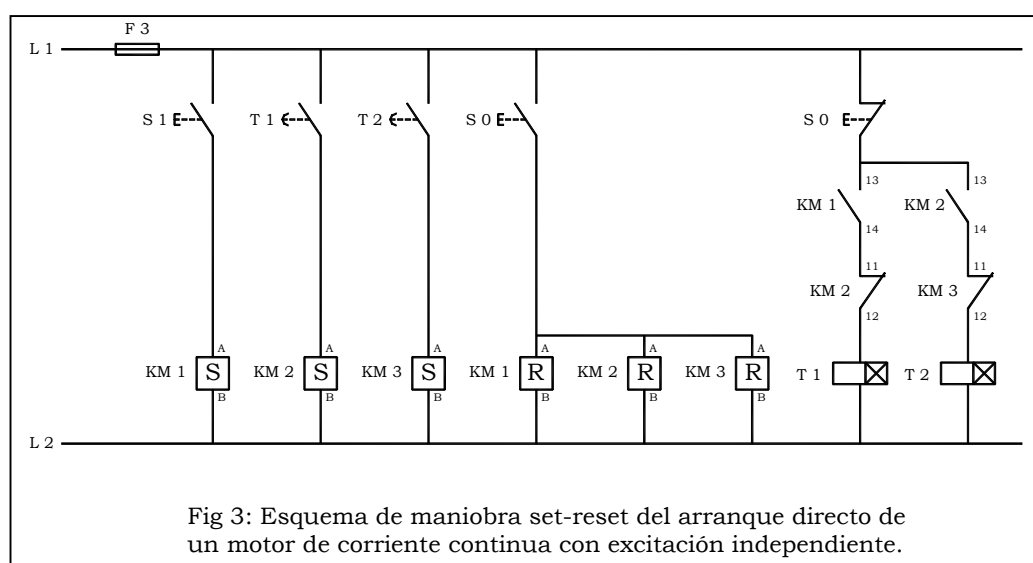
FUNCIONAMIENTO

Para que el esquema de potencia de la *figura 1* desarrolle un funcionamiento adecuado, será necesario comandarlo mediante el circuito de maniobra de la *figura 2*. Para un correcto accionamiento del circuito de potencia se cumplirá que:



- El esquema está comandado por un pulsador de marcha y un pulsador de paro.

- Al pulsar marcha se cierra KM 1 con lo que la excitación recibe tensión. Después de un tiempo prefijado suficiente para el cebado del circuito de excitación (aproximadamente 2 segundos) se cierra KM 2, alimentando al inducido. Al pasar otro tiempo prefijado, suficiente para el arranque de la máquina, se acciona KM 3 cortocircuitando la resistencia. El motor queda funcionando con sus características nominales hasta producirse una pulsación de paro.



En la *figura 3* se observa un esquema de maniobra con accionamiento mediante set-reset de las bobinas de los contactores, cuyo funcionamiento equivale al de esquema de la *figura 2*.

COMPONENTES

Los componentes necesarios para la realización de la práctica son:

- 2 pulsadores.
- 3 contactores.
- 1 resistencia limitadora para el devanado inducido.
- 1 reostato de campo para la excitación.
- 1 relé programable Zelio.
- 1 motor de corriente continua con excitación independiente.

ENSAYO

Se deberán realizar las siguientes actividades para llevar a cabo la práctica:

1. - Programar un esquema de maniobra que cumpla con las condiciones de funcionamiento descritas con anterioridad en el relé programable Zelio, utilizando el software Zeliosoft. Realizar las simulaciones pertinentes que aseguren que el funcionamiento del programa se ajusta a la descripción de funcionamiento dada.
2. - Realizar las conexiones del relé programable con los dispositivos físicos que intervienen en el esquema de maniobra (pulsadores y bobinas de contactores). Se comprobará el correcto funcionamiento de la maniobra antes de iniciar el montaje del circuito de potencia.
3. - Conectar un amperímetro de corriente continua en el circuito del inducido y otro en el circuito de excitación.
4. - Determinar el valor de la resistencia a añadir en el circuito del inducido si no se desea sobrepasar 2 veces la intensidad nominal del motor en el arranque.
5. - Regular el reostato de campo hasta que el circuito de excitación consuma su intensidad de excitación nominal.
6. - Modificar el tiempo del temporizador de cortocircuito de la resistencia de arranque partiendo de un tiempo máximo de 1 segundo, hasta obtener un arranque óptimo en que la resistencia esté conectada el menor tiempo posible.

7. - Observar y medir la intensidad en el arranque intentando captar la intensidad máxima. Medir los tiempos de puesta en marcha y frenado del motor.

PROGRAMACIÓN

Relación entradas/salidas del relé programable:

ENTRADAS	DESCRIPCIÓN
I 1	Pulsador paro S 0
I 2	Pulsador marcha S 1

SALIDAS	DESCRIPCIÓN
Q 1	Bobina contactor KM1 excitación
Q 2	Bobina contactor KM2 inducido
Q 3	Bobina contactor KM3 resistencia arranque

COMENTARIOS

En la realización del arranque se ha utilizado una resistencia que limita la intensidad consumida por el inducido para que no adquiriera niveles peligrosos.

Los gráficos ofrecidos en las *figuras 4, 5, 6 y 7* muestran la evolución temporal de las principales características de un motor de corriente continua con excitación independiente durante un arranque directo. El ensayo se ha realizado con el motor accionando una carga de características variables.

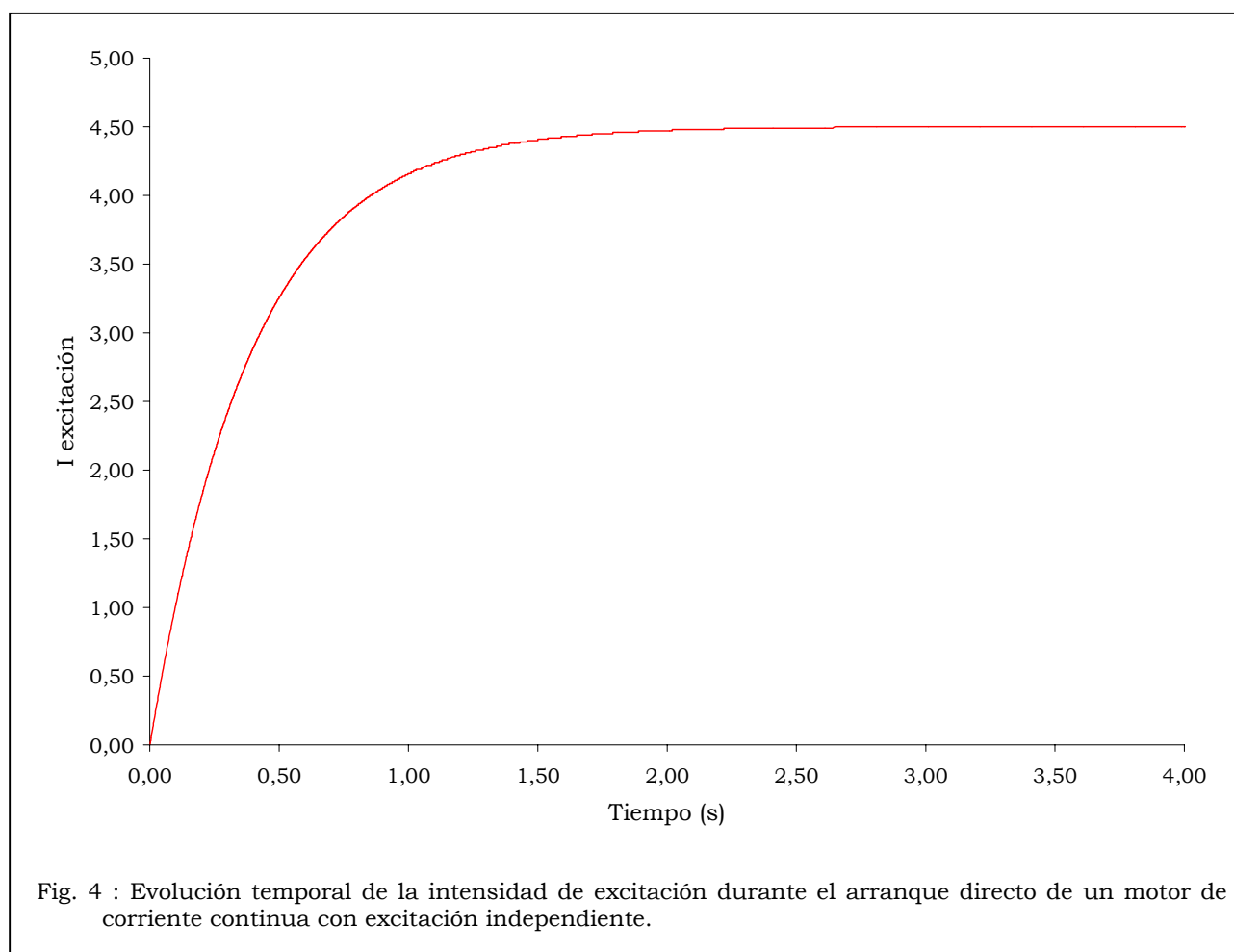
En la *figura 4* se observa la evolución temporal de la intensidad en el circuito de excitación de una máquina de corriente continua con excitación derivación.

Pese a que este gráfico no es demasiado representativo del arranque, sí es útil para mostrar como el cebado del campo magnético en el entrehierro de estas máquinas no es instantáneo.

Como se observa en el gráfico, la intensidad de excitación no adquiere valores cercanos a los nominales hasta el paso de aproximadamente 2 segundos. A partir de este tiempo la intensidad de excitación se mantiene más o menos constante en su valor nominal.

Para realizar el arranque es recomendable que exista campo en el entrehierro antes de que el inducido reciba tensión, por lo tanto, las operaciones de arranque se iniciarán después de los 2 segundos necesarios para que el campo se cebe.

En el resto de gráficos ofrecidos en las *figuras 5, 6 y 7* las representaciones se inician desde 1,5 segundos ya que el tiempo entre 0 y 2 segundos se emplea en el cebado del campo y durante este tiempo solo varía la intensidad de excitación.



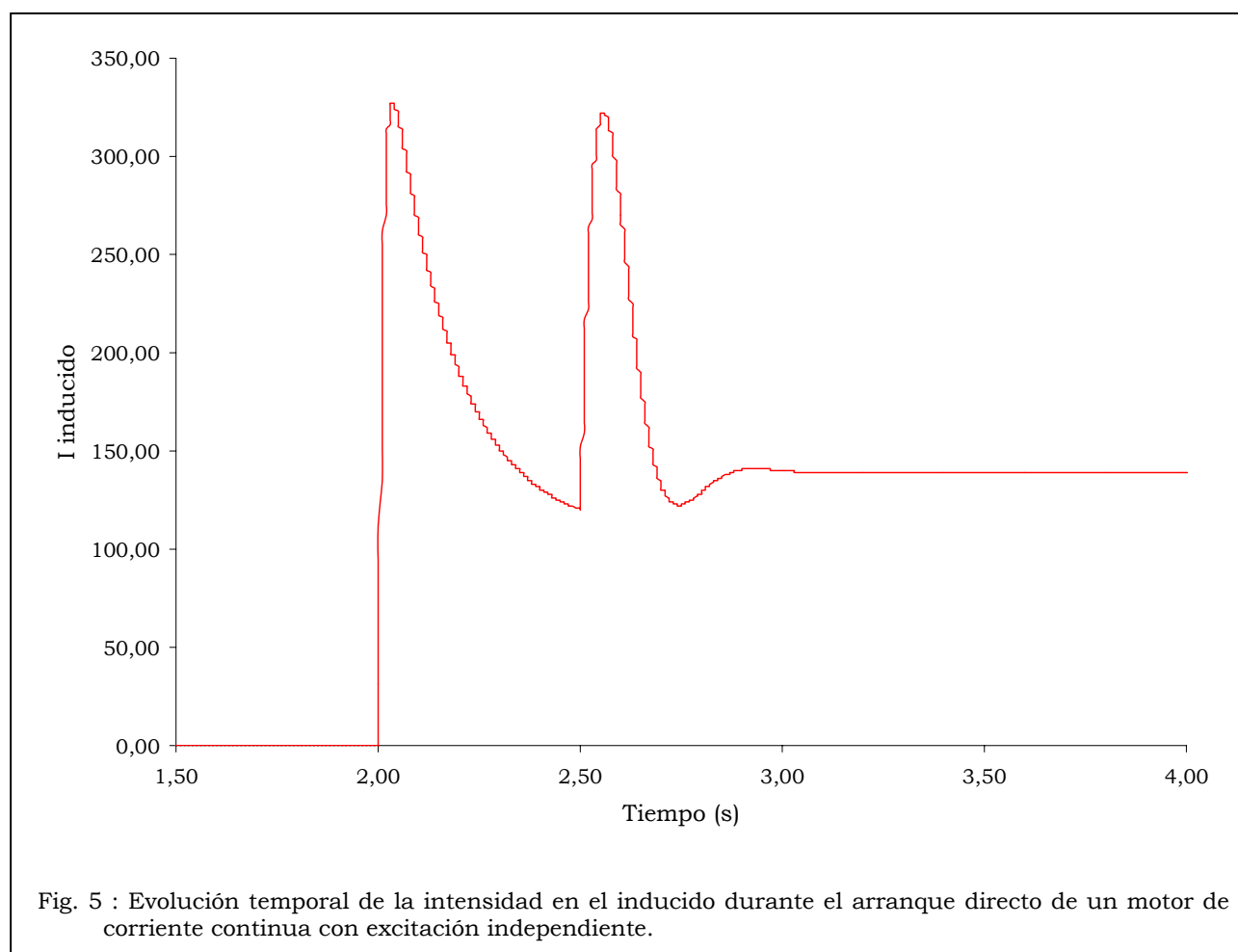
La *figura 5* muestra la evolución temporal de la intensidad consumida por el inducido de un motor de corriente continua con excitación independiente durante un arranque directo.

En el gráfico se observa como en el momento de iniciar el arranque a los 1,5 segundos, la intensidad experimenta un fuerte crecimiento en un corto periodo de tiempo. Después de adquirir su valor máximo, la intensidad disminuye rápidamente hacia un valor por debajo del nominal.

Cuando a los 2,5 segundos se cortocircuita la resistencia que limita la intensidad en el arranque, la corriente vuelve a sufrir un fuerte incremento y aparece la segunda punta que observamos en el gráfico. Después de esta segunda punta, la intensidad decrece muy rápidamente y tras una pequeña oscilación se estabiliza entorno a su valor nominal.

Los valores máximos de los picos de intensidad son variables en función del valor de la resistencia conectada en serie con el inducido y del tiempo que ésta permanece conectada durante el arranque. Se debe procurar modificar estos dos factores para obtener valores parecidos a los que aparecen en el gráfico donde el

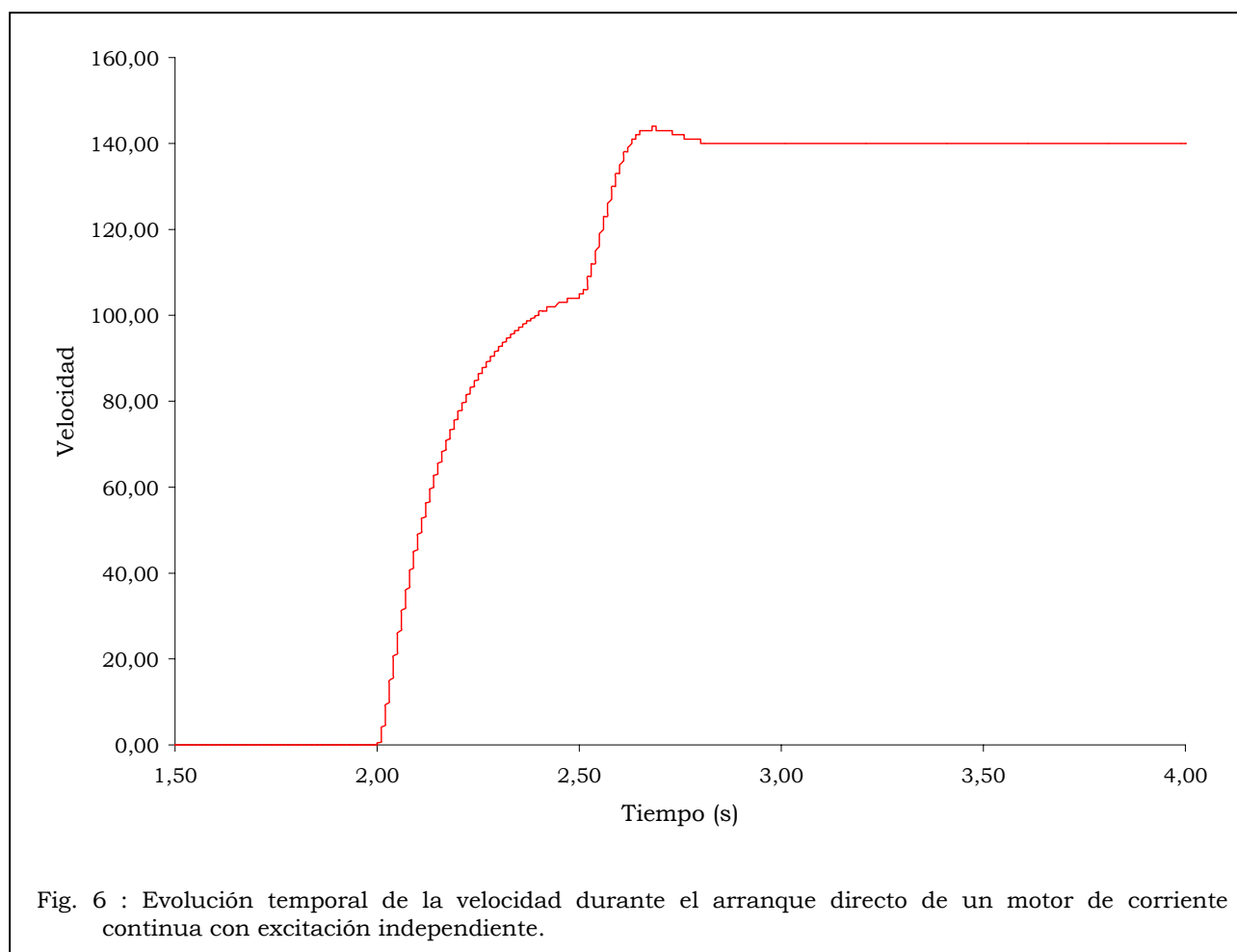
segundo pico de intensidad no supera el del arranque y la intensidad tarda un breve periodo de tiempo en alcanzar su valor nominal después del arranque.



En la *figura 6* se observa el comportamiento de la velocidad en función del tiempo en un arranque directo de un motor de corriente continua con excitación independiente.

Durante el espacio de tiempo transcurrido entre 2 y 2,5 segundos, en que la máquina se alimenta a través de la resistencia limitadora, la velocidad crece de una manera bastante rápida tendiendo cada vez más a suavizarse.

A partir de 2,5 segundos se cortocircuita la resistencia y la velocidad experimenta un nuevo incremento, con una rampa de más inclinación que la del arranque, hasta llegar a un valor máximo por encima del nominal. Una vez adquirido este máximo, la velocidad decrece ligeramente y se estabiliza entorno a su valor nominal.



La *figura 7* muestra la evolución del par ofrecido por el motor en el eje y del par resistente de la carga accionada durante un arranque directo de un motor de corriente continua con excitación independiente.

En la figura la evolución del par motor aparece representada por una línea roja, mientras que el par resistente aparece representado por una línea de color azul.

En el gráfico se observa el rápido crecimiento del valor del par motor por encima del resistente en el instante de arranque. Esta es una de las características principales de este tipo de máquinas. Además, se puede observar como, a diferencia de los motores de inducción, el par en una máquina de corriente continua no oscila en el arranque.

Después del instante de arranque, y una vez vencida la inercia estática, el par decrece rápidamente tendiendo a igualar el valor del par resistente. Al cortocircuitar la resistencia se produce un nuevo aumento brusco de par y una nueva aceleración del eje. Cuando termina esta aceleración el par vuelve a decrecer incluso hasta un valor inferior al del resistente lo que provoca el descenso de velocidad observado en la *figura 6* en el mismo punto. Finalmente el valor del par motor y del par resistente se igualan y la máquina funciona con regularidad.

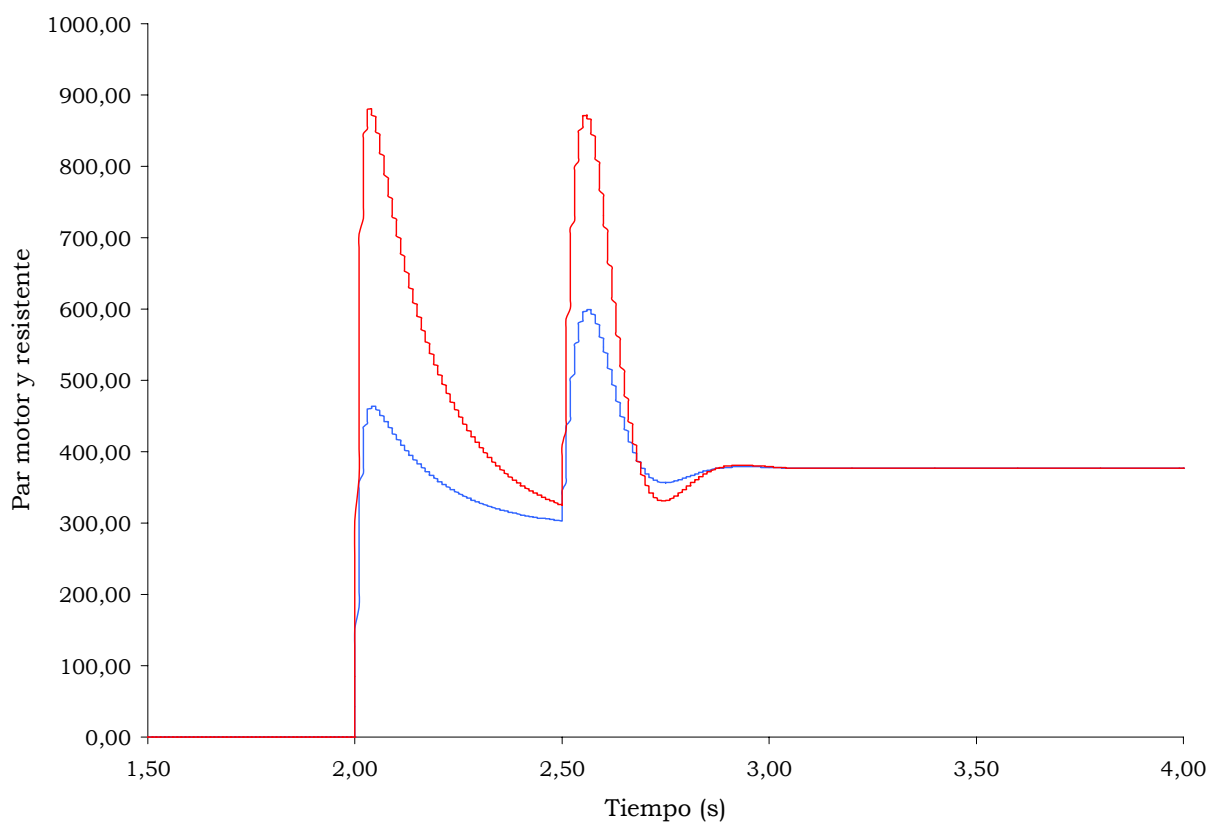


Fig. 7 : Evolución temporal del par motor y el resistente durante el arranque directo de un motor de corriente continua con excitación independiente.

ANEXO

Programa del esquema de la *figura 2* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	i 1	I 2		[Q 1	Bobina contactor KM 1 excitación
02		Q 1	q 2	TT 1	Temporizador T 1 cebado
03		T 1		[Q 2	Bobina contactor KM 2 inducido
04		Q 2	q 3	TT 2	Temporizador T 2 arranque
05		T 2		[Q 3	Set bobina contactor KM 3 resistencia arranque
06		Q 3			

Programa del esquema de la *figura 3* mediante el software Zeliosoft:

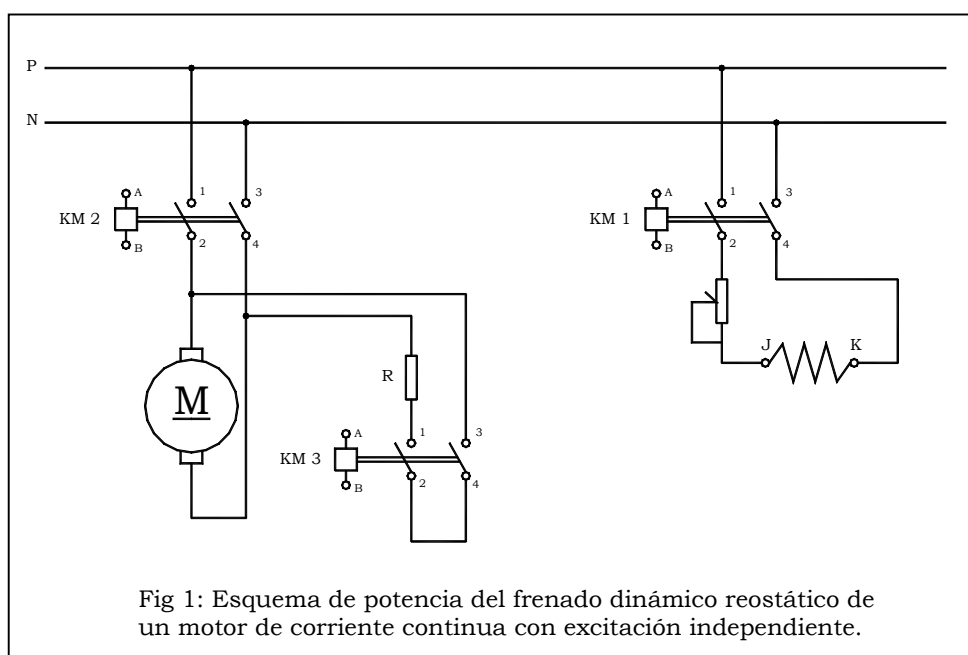
Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	I 2			SQ 1	Set bobina contactor KM 1 excitación
02	T 1			SQ 2	Set bobina contactor KM 2 inducido
03	T 2			SQ 3	Set bobina contactor KM 3 resistencia arranque
04	I 1			RQ 1	Reset bobina contactor KM 1 excitación
05				RQ 2	Reset bobina contactor KM 2 inducido
06				RQ 3	Reset bobina contactor KM 3 resistencia arranque
07	i 1	Q 1	q 2	TT 1	Temporizador T 1 cebado
08		Q 2	q 3	TT 2	Temporizador T 2 arranque

13. ARRANQUE Y FRENADO DINÁMICO REOSTÁTICO DE UN MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA CON EXCITACIÓN INDEPENDIENTE

INTRODUCCIÓN

El frenado dinámico reostático es una operación que permite acelerar el proceso de detención del eje del motor de corriente continua. Esta aceleración del proceso de frenado se consigue cortocircuitando el devanado inducido mientras el devanado inductor sigue excitado. De esta manera el motor pasa a desarrollar un funcionamiento dinámico como generador, frenando la inercia que hace girar el eje al dejar de alimentar con tensión externa el inducido.

Para suavizar los efectos mecánicos y eléctricos producidos por el cambio de funcionamiento brusco en la máquina, el inducido se cortocircuita a través de una resistencia.

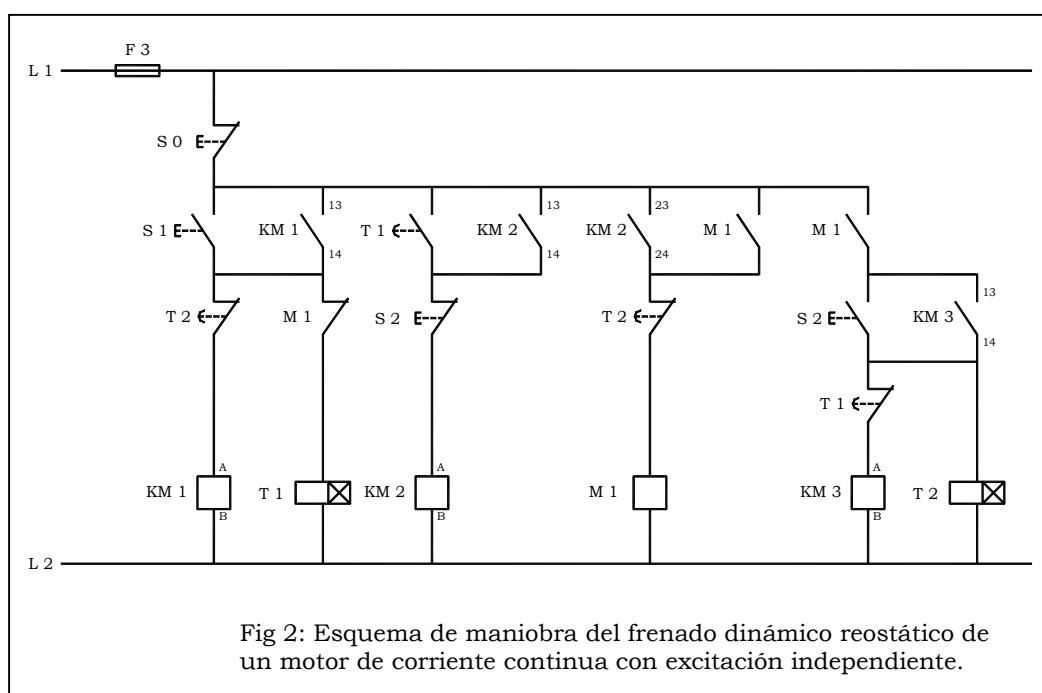


En la *figura 1* aparece el esquema de potencia del arranque y frenado dinámico reostático de un motor de corriente continua con excitación independiente. El contactor KM 1 controla la excitación del inductor, KM 2 alimenta el inducido y KM 3 cortocircuita el inducido con la resistencia durante el frenado.

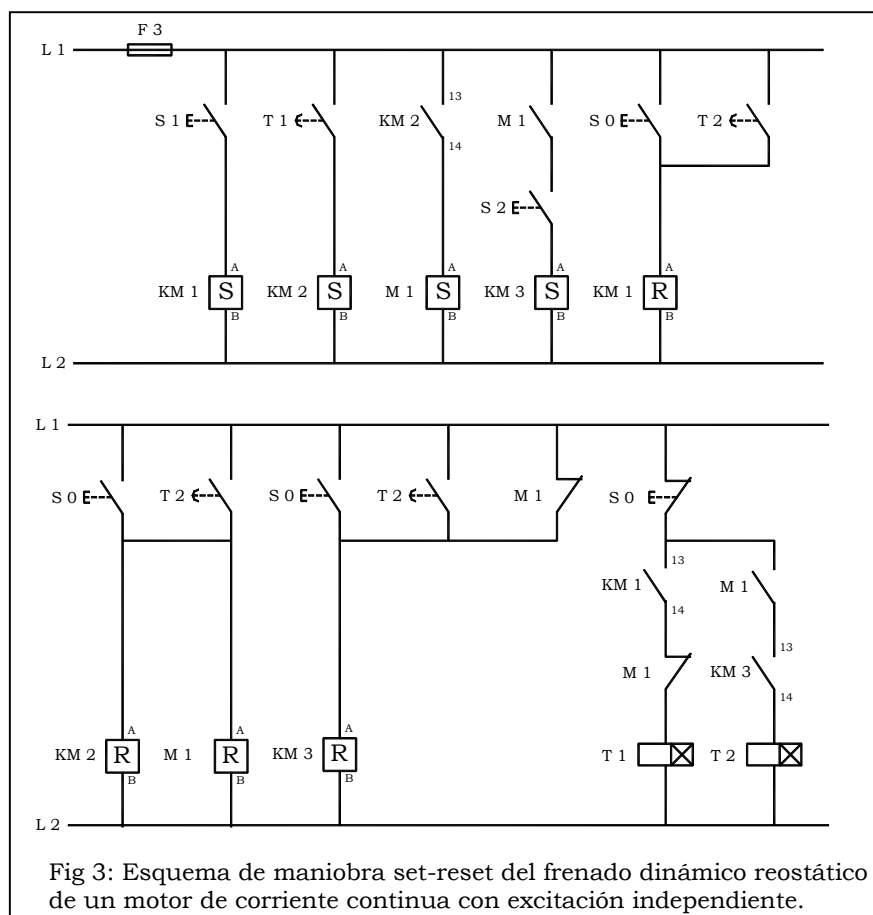
FUNCIONAMIENTO

Para el correcto funcionamiento del esquema de potencia de la *figura 1*, es necesario un control mediante el esquema de maniobra de la *figura 2*. Esta maniobra cumple las siguientes premisas:

- El circuito se controla mediante un pulsador de marcha, un pulsador de paro y un pulsador de frenado.
- Al pulsar marcha se cierra KM 1 y después de pasar 2 segundos (tiempo necesario para el cebado del campo magnético en el entrehierro) se cierra KM 2, entrando en funcionamiento el motor.
- El frenado sólo funcionará si el motor está girando (KM 2 está cerrado). Al pulsar frenado se abre KM 1 y se cierra KM 3. El frenado finaliza abriendo KM 3 y KM 1 al cabo de un tiempo prefijado suficiente para que el eje se detenga.
- Al pulsar paro se abre todo contactor accionado.
- Se debe evitar que KM 2 y KM 3 estén cerrados simultáneamente.



La *figura 3* corresponde a un esquema de maniobra con un funcionamiento equivalente al de la *figura 2*. En este caso se utiliza un accionamiento de las bobinas de los contactores mediante set-reset.



COMPONENTES

Los componentes necesarios para la realización de la práctica son:

- 3 pulsadores.
- 3 contactores.
- 1 resistencia limitadora para el devanado inducido.
- 1 reostato de campo para la excitación.
- 1 relé programable Zelio.
- 1 motor de corriente continua con excitación independiente.

ENSAYO

En la realización del ensayo se llevarán a cabo las siguientes tareas:

1. - Programar un esquema de maniobra que cumpla con las condiciones de funcionamiento descritas con anterioridad en el relé programable Zelio, utilizando

el software Zeliosoft. Realizar las simulaciones pertinentes que aseguren que el funcionamiento del programa se ajusta a la descripción de funcionamiento dada.

2. - Realizar las conexiones del relé programable con los dispositivos físicos que intervienen en el esquema de maniobra (pulsadores y bobinas de contactores). Se comprobará el correcto funcionamiento de la maniobra antes de iniciar el montaje del circuito de potencia.

3. - Conectar un amperímetro de corriente continua en el circuito del inducido y otro en el circuito de excitación.

4. - Determinar el valor de la resistencia a añadir en el circuito del inducido.

5.- Regular el reostato de campo hasta que el circuito de excitación consuma su intensidad de excitación nominal.

6. - Modificar el tiempo del temporizador de frenado para que KM 3 y KM 1 se abran cuando el eje se detenga.

7. - Medir la intensidad en el frenado. Medir los tiempos de puesta en marcha, frenado convencional y frenado reostático del motor.

PROGRAMACIÓN

Relación entradas/salidas del relé programable:

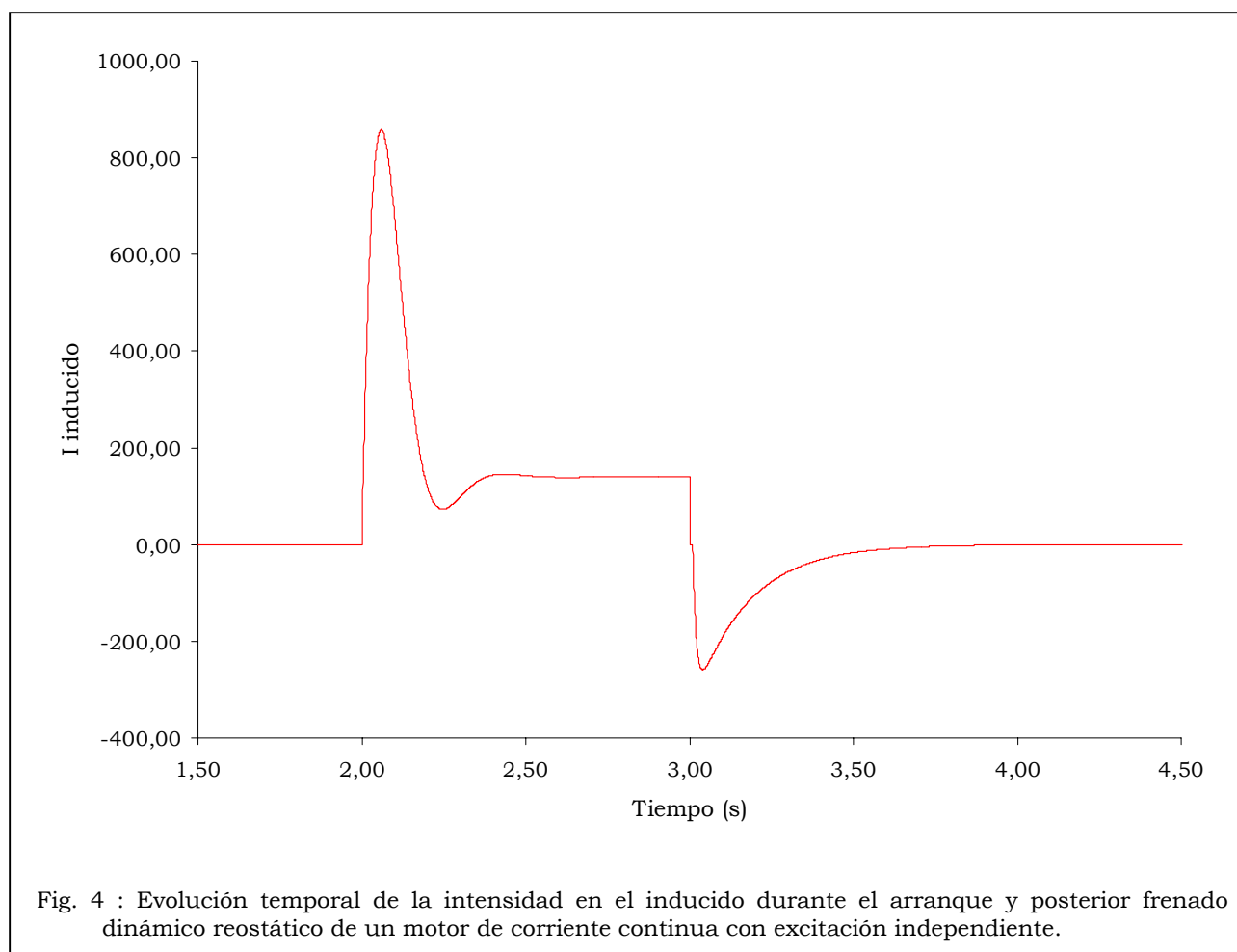
ENTRADAS	DESCRIPCIÓN
I 1	Pulsador paro S 0
I 2	Pulsador marcha S 1
I 3	Pulsador frenado S 2

SALIDAS	DESCRIPCIÓN
Q 1	Bobina contactor KM1 excitación
Q 2	Bobina contactor KM2 alimentación
Q 3	Bobina contactor KM3 frenado

COMENTARIOS

Las *figuras 4, 5 y 6* muestran los gráficos de la evolución temporal de las principales características de un motor de corriente continua con excitación independiente durante un arranque directo. El ensayo se ha realizado con el motor accionando una carga de características variables.

Los gráficos se inician a partir de 1,5 segundos ya que, en este caso, el campo magnético en el entrehierro tarda unos 2 segundos en cebarse y hasta ese momento no se inicia el arranque.

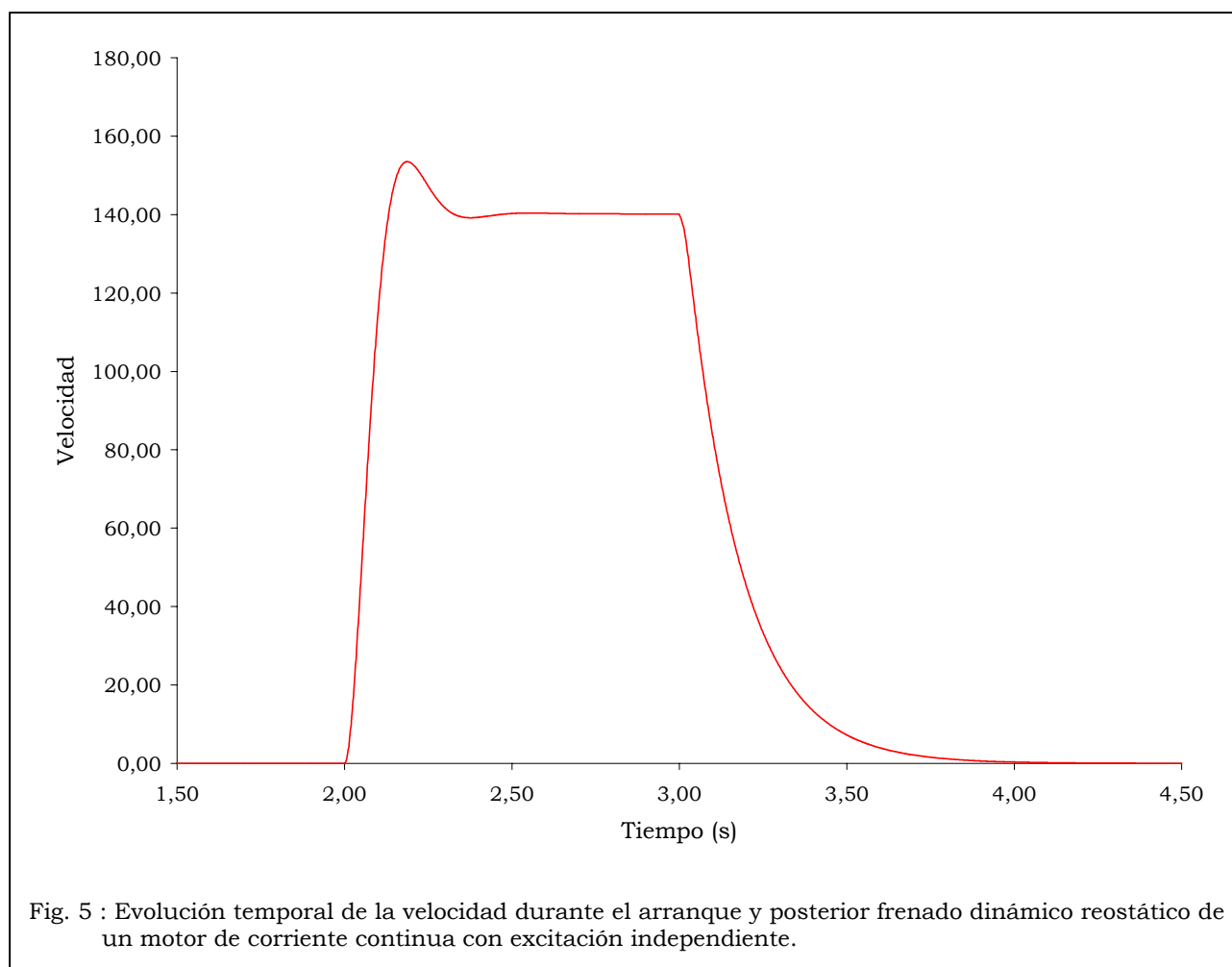


La *figura 4* muestra el comportamiento de la intensidad absorbida por el inducido de un motor de corriente continua durante un arranque seguido de un frenado dinámico reostático.

Cuando a los 2 segundos el campo está cebado y se cierra el contactor que proporciona tensión al inducido, la intensidad absorbida por este crece muy fuertemente dibujando el pico que se puede observar. Después de este primer momento prosigue un gran descenso y una pequeña oscilación hasta que la intensidad se estabiliza en su valor nominal. Este es el comportamiento normal de la intensidad en el arranque directo de estos motores.

A los 3 segundos se abre la alimentación del inducido y seguidamente se cortocircuita este devanado con una resistencia. Todo esto ocurre mientras el devanado de excitación continua recibiendo tensión. A partir de este momento la intensidad sufre un descenso rápido considerable que está limitado por el valor de la resistencia. Después de esta punta negativa, la corriente evoluciona lentamente hacia un valor nulo.

Como se observa, aparecen valores de intensidad negativos. Estos valores indican que la intensidad es entregada por el inducido y, por lo tanto, durante estos instantes la máquina pasa a funcionar como generador entregando una intensidad a la resistencia.



En la *figura 5* se ofrece la representación gráfica correspondiente al comportamiento de la velocidad durante el arranque y frenado dinámico reostático de un motor de corriente continua con excitación independiente.

La primera parte del gráfico, que transcurre entre los segundos 2 y 3, corresponde al comportamiento típico de la velocidad en el arranque directo del motor de corriente continua.

Cuando a los tres segundos se desconecta el inducido de la línea y se cortocircuita con una resistencia, la velocidad empieza a descender rápidamente, a medida que pasa el tiempo el frenado es menos efectivo y la velocidad desciende menos hasta anularse completamente, momento en el que se detiene el rotor.

La *figura 6* muestra el gráfico de la evolución temporal que sufren el par motor entregado por un motor de corriente continua con excitación independiente y el par resistente opuesto por la carga accionada.

En la primera parte, entre los segundos 2 y 3, se observa el comportamiento habitual del par en el arranque de motores de corriente continua con excitación independiente.

Después el par decrece fuertemente hasta alcanzar valores negativos. Estos valores negativos significan que el par que ofrece la máquina es de frenado y se opone al giro del rotor.

Como se puede observar, después de un primera caída bastante fuerte, el par se aproxima suavemente a su valor nulo. La velocidad en esta zona, va descendiendo debido a la pérdida de inercia y al par de frenado que aparece. El par resistente evoluciona en proporción a la velocidad y por lo tanto las dos magnitudes, par y velocidad, decrecen pero cada vez con menos fuerza. Esto hace que el frenado sea cada vez menos efectivo.

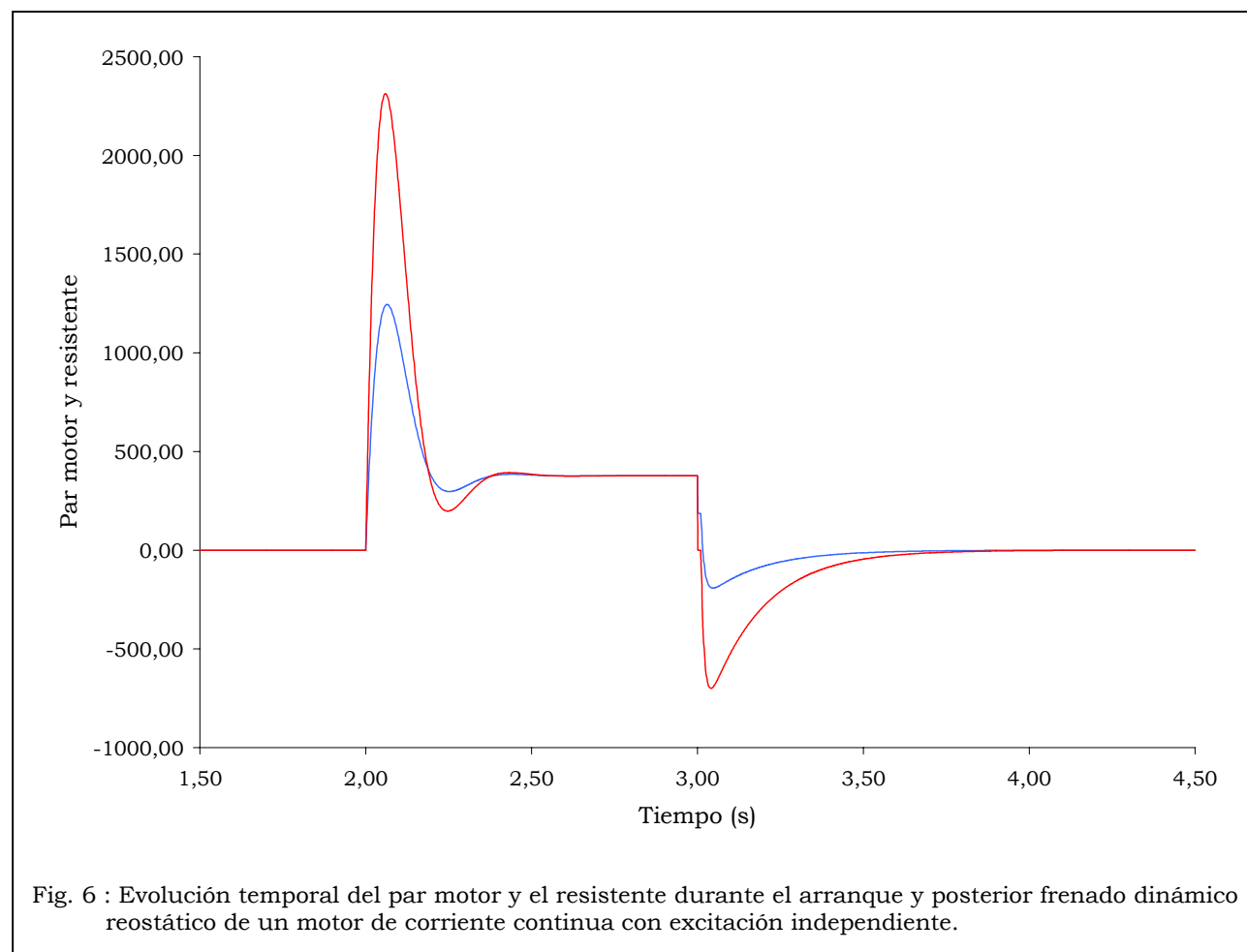


Fig. 6 : Evolución temporal del par motor y el resistente durante el arranque y posterior frenado dinámico reostático de un motor de corriente continua con excitación independiente.

ANEXO

Programa del esquema de la *figura 2* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	— i 1 —	— I 2 —	— t 2 —	[Q 1 —	Bobina contactor KM 1 excitación
02		— Q 1 —	— m 1 —	TT 1 —	Temporizador T 1 cebado
03		— T 1 —	— i 3 —	[Q 2 —	Bobina contactor KM 2 alimentación
04		— Q 2 —			
05		— Q 2 —	— t 2 —	[M 1 —	Memoria de apoyo 1
06		— M 1 —			
07		— M 1 —	— I 3 —	[M 2 —	Memoria de apoyo 2
08			— Q 3 —	TT 2 —	Temporizador T 2 frenado
09	— M 2 —	— t 2 —		[Q 3 —	Bobina contactor KM 3 frenado

Programa del esquema de la *figura 3* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	— I 2 —			SQ 1 —	Set bobina contactor KM 1 excitación
02	— T 1 —			SQ 2 —	Set bobina contactor KM 2 alimentación
03	— Q 2 —			SM 1 —	Set memoria de apoyo 1
04	— M 1 —	— I 3 —		SQ 3 —	Set bobina contactor KM 3 frenado
05	— I 1 —			RQ 1 —	Reset bobina contactor KM 1 excitación
06	— T 2 —			RM 1 —	Reset memoria de apoyo 1
07	— I 1 —			RQ 2 —	Reset bobina contactor KM 2 alimentación
08	— T 3 —				
09	— I 1 —			RQ 3 —	Reset bobina contactor KM 3 frenado
10	— T 2 —				
11	— m 1 —				
12	— i 1 —	— Q 1 —	— m 1 —	TT 1 —	Temporizador T 1 cebado
13		— M 1 —	— Q 3 —	TT 2 —	Temporizador T 2 frenado

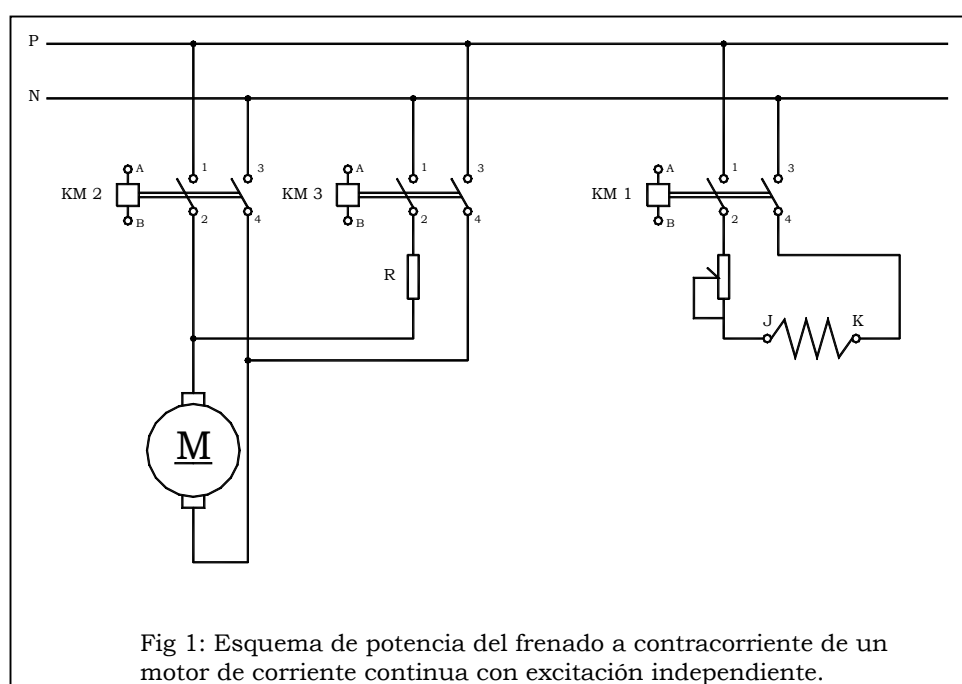
14. ARRANQUE Y FRENADO A CONTRACORRIENTE DE UN MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA CON EXCITACIÓN INDEPENDIENTE

INTRODUCCIÓN

El frenado a contracorriente de un motor de corriente continua es una maniobra análoga a la inversión de giro. En este frenado se consigue acelerar el proceso de detención del rotor, invirtiendo la polaridad de la alimentación del inducido durante el proceso de frenado.

Para limitar la gran intensidad absorbida por esta maniobra es necesario intercalar una resistencia limitadora durante el frenado.

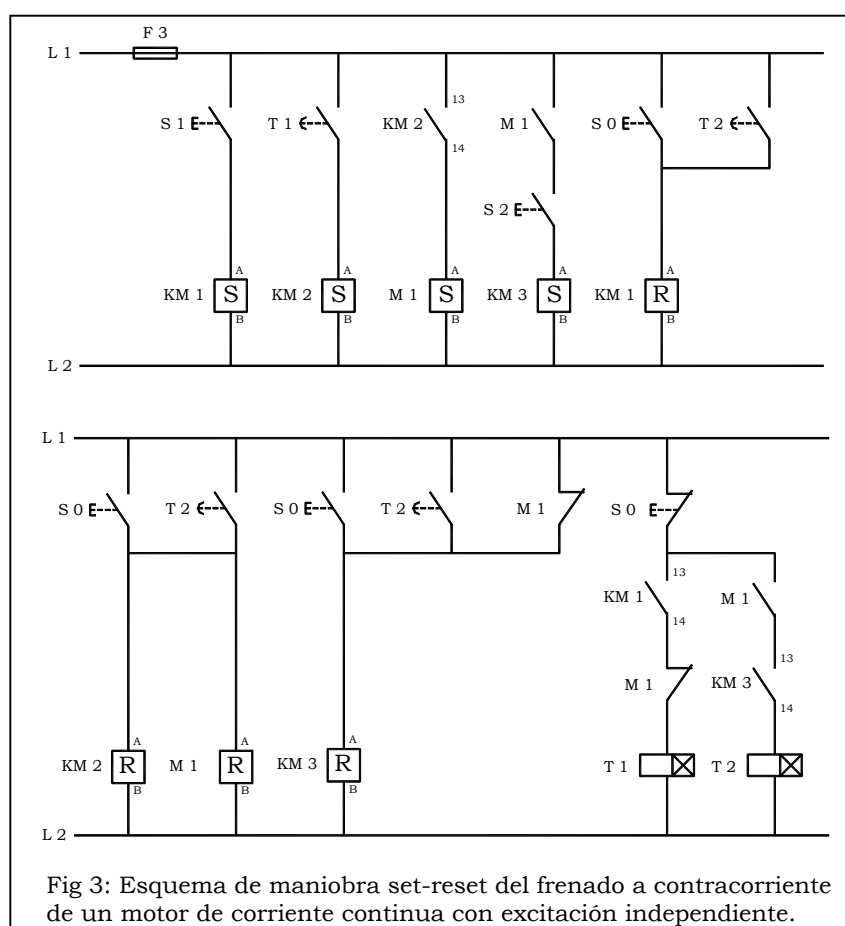
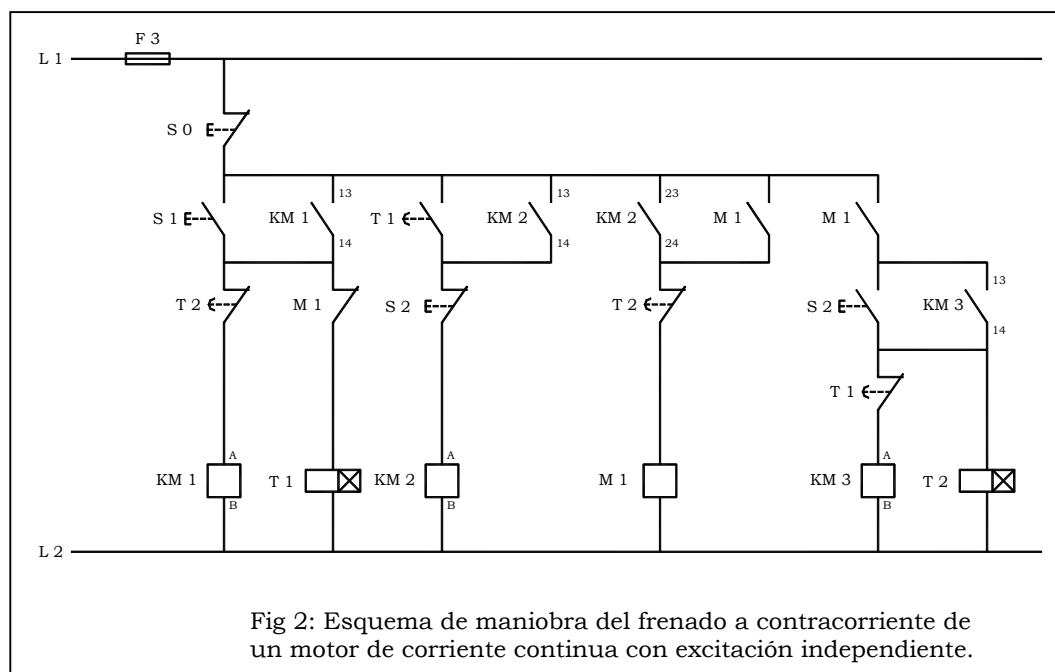
En la *figura 1* se plasma el esquema de potencia que permite realizar el frenado a contracorriente de un motor de corriente continua con excitación independiente.



El contactor KM 1 acciona la excitación del circuito inductor, KM 2 se encarga de la alimentación del inducido y KM 3 se acciona durante el frenado, invirtiendo la polaridad de la tensión en el inducido e intercalando la resistencia limitadora.

FUNCIONAMIENTO

El esquema de potencia de la *figura 1* estará comandado por el esquema de maniobra representado en la *figura 2*. Esta maniobra cumplirá los siguientes puntos:



- El circuito se controla mediante un pulsador de marcha, un pulsador de paro convencional y un pulsador de frenado.

- Con una pulsación de marcha se cierra KM 1 tras los 2,5 segundos necesarios para el cebado del campo magnético en el entrehierro se cierra KM 2 y se inicia el giro del motor.

- El frenado sólo funcionará si el motor está girando (KM 2 está cerrado). Al pulsar frenado se abre KM 1 y después se cierra KM 3. El frenado finaliza desactivando KM 3 y KM 1 al cabo de un tiempo prefijado suficiente para que el eje se detenga.

- Al pulsar paro se abre todo contactor accionado.

- Se debe evitar que KM 2 y KM 3 estén cerrados simultáneamente.

La *figura 3* corresponde a un esquema de maniobra con un funcionamiento equivalente al de la *figura 2*. En este caso se utiliza un accionamiento de las bobinas de los contactores mediante set-reset.

COMPONENTES

Los componentes necesarios para la realización de la práctica son:

- 3 pulsadores.
- 3 contactores.
- 1 resistencia limitadora para el devanado inducido.
- 1 reostato de campo para la excitación.
- 1 relé programable Zelio.
- 1 motor de corriente continua con excitación independiente.

ENSAYO

En la realización del ensayo se llevarán a cabo las siguientes tareas:

1. - Programar en el relé programable Zelio un esquema de maniobra que cumpla con las condiciones de funcionamiento descritas con anterioridad, utilizando el software Zeliosoft. Realizar las simulaciones pertinentes que aseguren que el funcionamiento del programa se ajusta a la descripción de funcionamiento dada.

2. - Realizar las conexiones del relé programable con los dispositivos físicos que intervienen en el esquema de maniobra (pulsadores y bobinas de contactores). Se comprobará el correcto funcionamiento de la maniobra antes de iniciar el montaje del circuito de potencia.

3. - Conectar un amperímetro de corriente continua con lectura positiva y negativa en el circuito del inducido y un amperímetro convencional de corriente continua en el circuito de excitación.

4. - Determinar el valor de la resistencia a añadir en el circuito del inducido.

5.- Regular el reostato de campo hasta que el circuito de excitación consuma su intensidad de excitación nominal.

6. - Modificar el tiempo del temporizador de frenado para que KM 3 y KM 1 se abran cuando el eje se detenga.

7. - Medir la intensidad en el frenado. Medir los tiempos de puesta en marcha, frenado convencional y frenado a contracorriente.

PROGRAMACIÓN

Relación entradas/salidas del relé programable:

ENTRADAS	DESCRIPCIÓN
I 1	Pulsador paro S 0
I 2	Pulsador marcha S 1
I 3	Pulsador frenado S 2

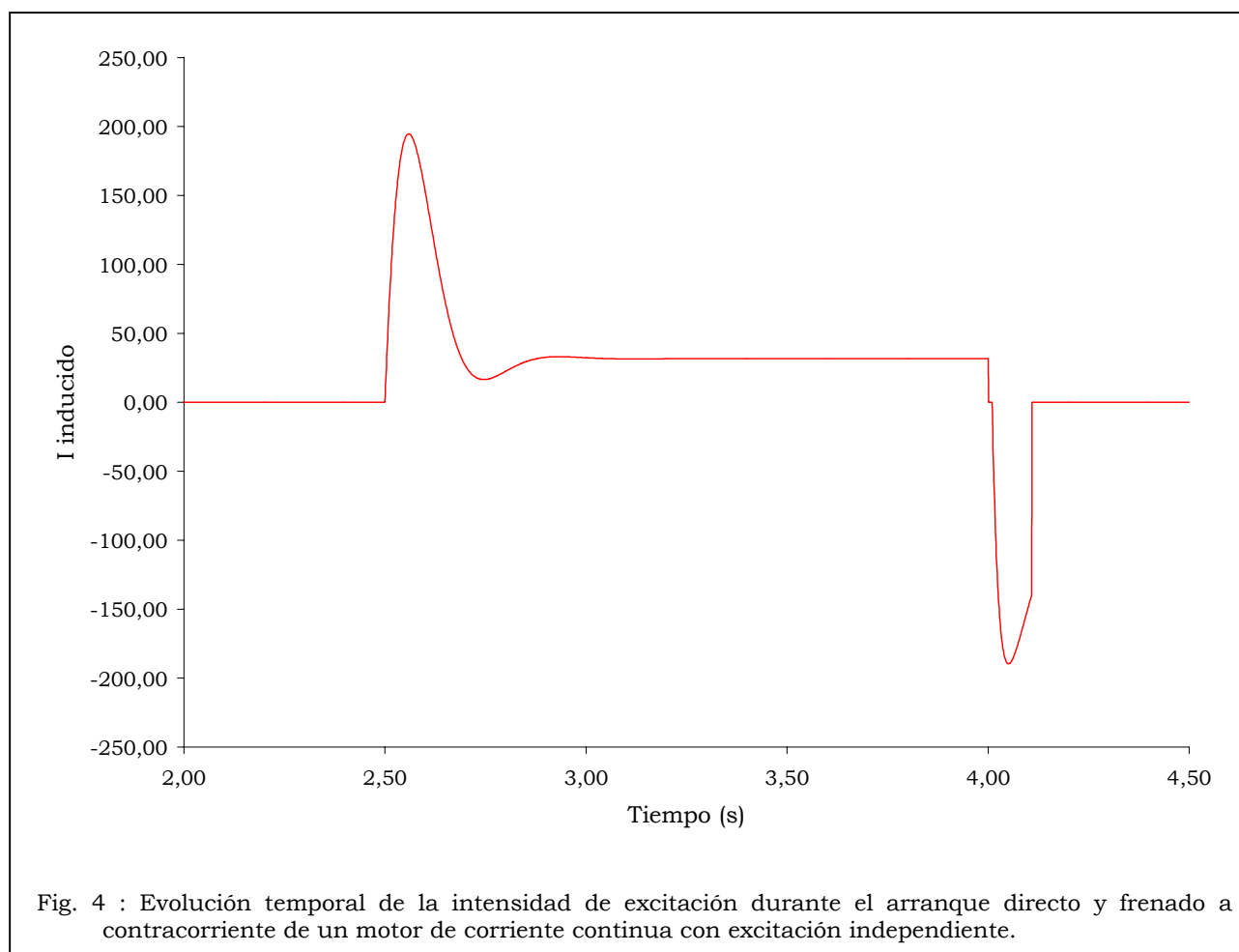
SALIDAS	DESCRIPCIÓN
Q 1	Bobina contactor KM1 excitación
Q 2	Bobina contactor KM2 alimentación
Q 3	Bobina contactor KM3 frenado

COMENTARIOS

Los gráficos incluidos en las *figuras 4, 5 y 6* muestran la evolución temporal de las principales características de un motor de corriente continua con excitación independiente durante un arranque directo y frenado a contracorriente. EL ensayo se ha realizado con el motor accionando una carga de características variables.

El tiempo estimado de cebado del campo en el entrehierro está entre 2 y 2,5 segundos. La excitación se alimenta desde el instante 0. Los gráficos presentados se inician a partir de 2 segundos ya que el arranque se inicia en 2,5 segundos.

El gráfico de la *figura 4* muestra la evolución temporal de la intensidad en el inducido durante el arranque y posterior frenado a contracorriente de un motor de corriente continua con excitación independiente.

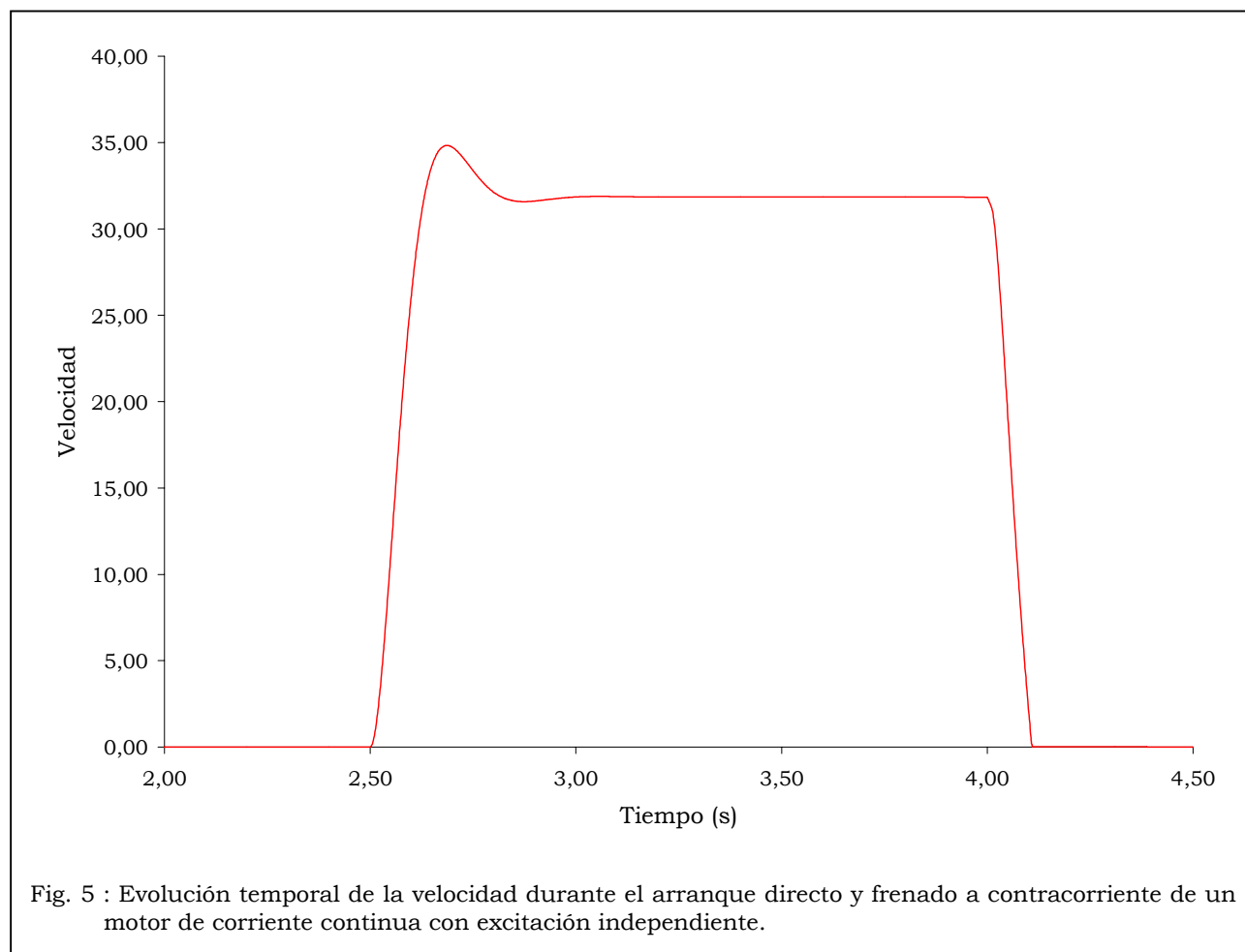


La zona de gráfica que transcurre entre 2.5 y 4 segundos corresponde al comportamiento característico de la intensidad en el arranque directo del motor de continua hasta alcanzar la estabilidad.

A partir de los 4 segundos, cuando el motor se encontraba en zona estable, se inicia el frenado. En este momento se abre el contactor que alimenta el inducido a través de línea y se cierra el contactor de frenado que invierte la polaridad en el inducido e intercala la resistencia limitadora. Aparece una fuerte punta de intensidad de valor negativo limitada por la resistencia en serie utilizada. Después del pico de intensidad, ésta inicia una rápida aproximación al valor nulo que se ve cortada sobre los 4.2 segundos cuando el frenado finaliza porque la velocidad es 0. Al abrirse el contactor de frenado cuando se ha realizado el frenado, la intensidad se anula.

Como se puede observar, la punta de intensidad aparecida en el instante de frenado es muy fuerte, pese a estar limitada por la resistencia. Se debe prestar atención especial a esta intensidad porque podría causar problemas derivados de la sobre intensidad.

En la *figura 5* se observa el comportamiento de la velocidad en función del tiempo en un arranque directo y frenado a contracorriente de un motor de corriente continua con excitación independiente.

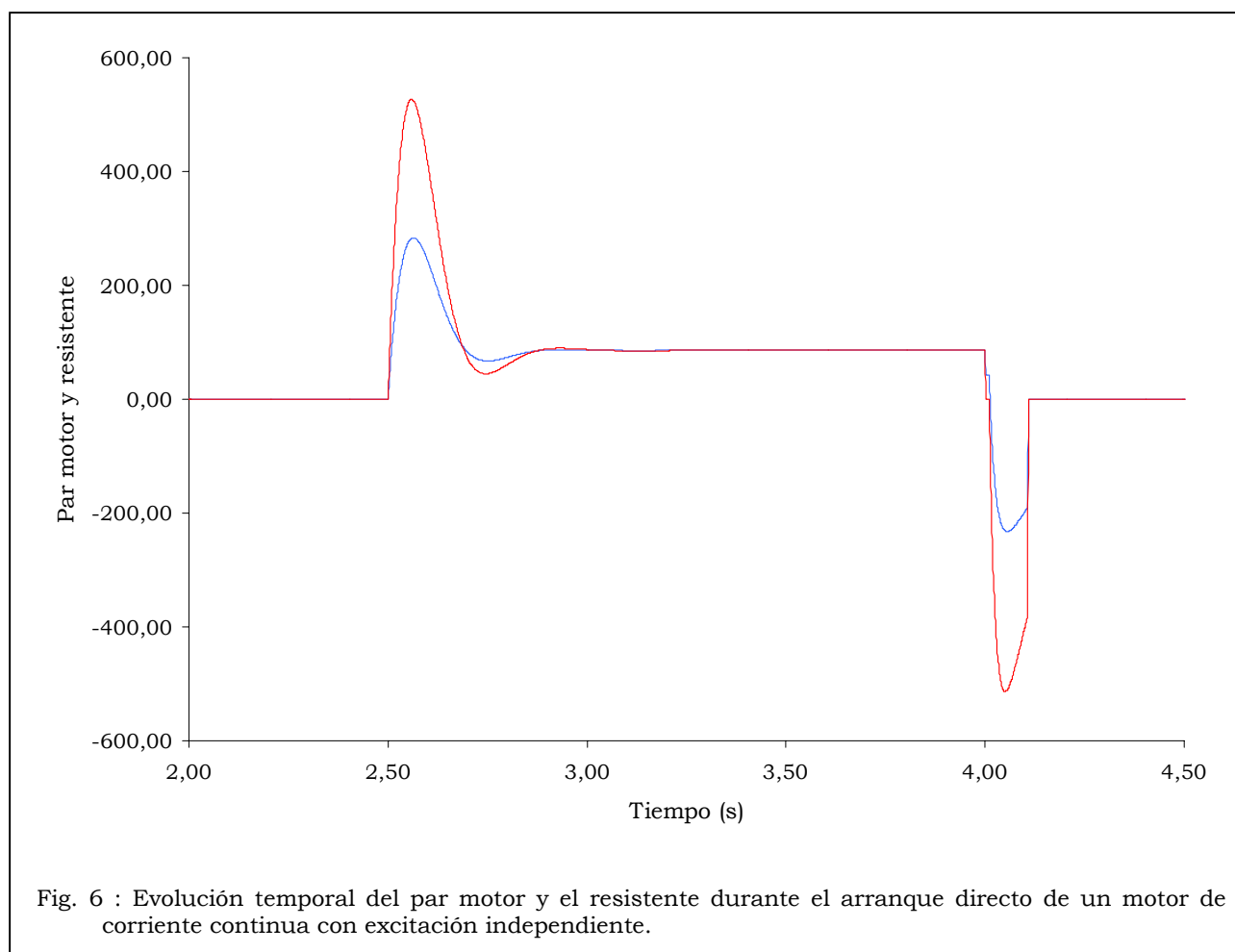


Entre 2,5 y 4 segundos se aprecia la evolución de la velocidad correspondiente al arranque directo.

Cuando la velocidad se ha estabilizado se realiza el frenado. Durante todo el tiempo de frenado, la velocidad desciende fuertemente de una manera prácticamente constante. El tiempo de frenado es incluso menor que el de arranque.

La *figura 6* muestra la evolución del par ofrecido por el motor en el eje y del par resistente de la carga accionada durante un arranque directo de un motor de corriente continua con excitación independiente.

Se puede observar como la gráfica de par evoluciona de una manera proporcional a la de la intensidad en el inducido. En la primera parte el par adopta el comportamiento típico en un arranque directo. Al iniciarse el frenado aparece un fuerte pico de par inverso que hace que la máquina frene. Cuando el par de frenado ha conseguido frenar al eje, el frenado se acaba.



ANEXO

Programa del esquema de la *figura 2* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	i 1	I 2	t 2	[Q 1	Bobina contactor KM 1 excitación
02		Q 1	m 1	TT 1	Temporizador T 1 cebado
03		T 1	i 3	[Q 2	Bobina contactor KM 2 alimentación
04		Q 2			
05		Q 2	t 2	[M 1	Memoria de apoyo 1
06		M 1			
07		M 1	I 3	[M 2	Memoria de apoyo 2
08			Q 3	TT 2	Temporizador T 2 frenado
09	M 2	t 2		[Q 3	Bobina contactor KM 3 frenado

Programa del esquema de la *figura 3* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	I 2			SQ 1	Set bobina contactor KM 1 excitación
02	T 1			SQ 2	Set bobina contactor KM 2 alimentación
03	Q 2			SM 1	Set memoria de apoyo 1
04	M 1	I 3		SQ 3	Set bobina contactor KM 3 frenado
05	I 1			RQ 1	Reset bobina contactor KM 1 excitación
06	T 2			RM 1	Reset memoria de apoyo 1
07	I 1			RQ 2	Reset bobina contactor KM 2 alimentación
08	T 3				
09	I 1			RQ 3	Reset bobina contactor KM 3 frenado
10	T 2				
11	m 1				
12	i 1	Q 1	m 1	TT 1	Temporizador T 1 cebado
13		M 1	Q 3	TT 2	Temporizador T 2 frenado

15. PROTECCIÓN ANTE SOBRE INTENSIDADES DE ARRANQUE DE UN MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA CON EXCITACIÓN INDEPENDIENTE

INTRODUCCIÓN

El objetivo de la práctica es conseguir la protección de un motor de corriente continua frente a posibles sobre intensidades en el circuito del inducido durante el proceso de arranque. Para conseguir la protección se utilizará una entrada mixta todo o nada/analógica del relé programable Zelio. Gracias a la detección de un valor analógico de tensión máximo se conseguirá que el relé controle la desconexión automática del motor en caso de sobre intensidad.

Cabe destacar que los relés programables Zelio que disponen de entradas mixtas TON/analógicas son los modelos que funcionan con alimentación en corriente continua. Esto supone que el relé se deberá conectar a una línea de corriente continua. La maniobra se puede realizar con corriente continua o con corriente alterna.

En la *figura 1* se observa la puesta en marcha directa de un motor de corriente continua con excitación independiente. En el esquema se observa la introducción de un grupo de resistencias que servirán para proporcionar la tensión de comparación a la entrada mixta TON/analógica del relé programable.

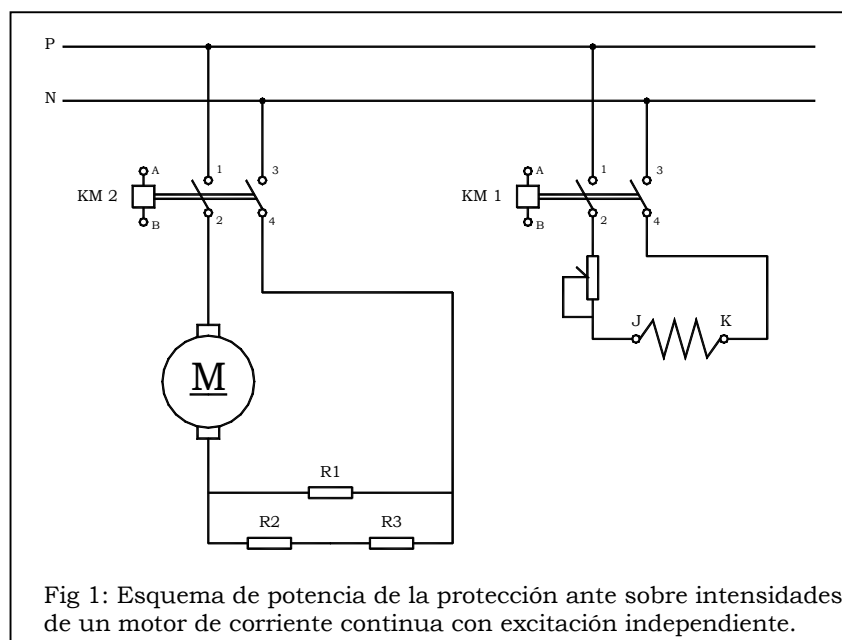


Fig 1: Esquema de potencia de la protección ante sobre intensidades de un motor de corriente continua con excitación independiente.

El pequeño montaje de resistencias sirve para obtener una tensión en la entrada analógica dentro del rango aceptable por el relé programable sin afectar a las características básicas del arranque. La tensión de comparación se conseguirá en bornes de R3. Los valores de resistencia se calibrarán en función de las características del motor. Se pueden tomar unos valores de partida de: $R1 = R3 = 0,75 \, \Omega$; $R2 = 30 \, \Omega$.

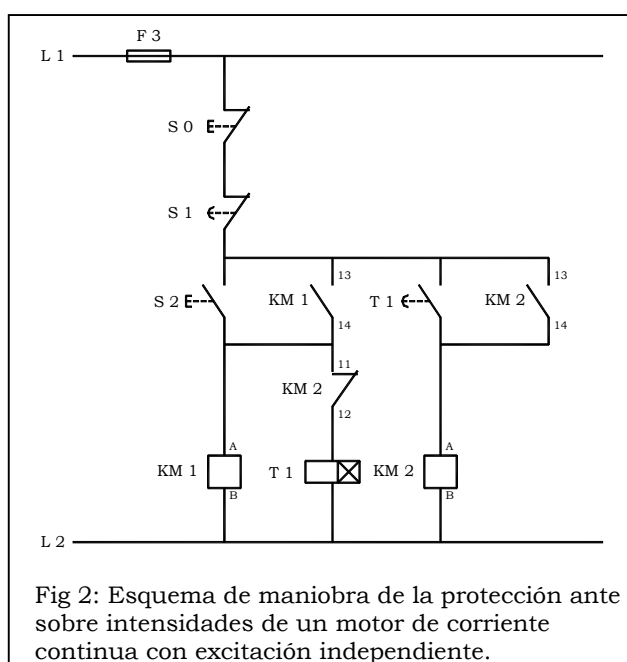
El contactor KM 1 controla la alimentación del circuito de excitación. El contactor KM 2 hace lo propio con el circuito del inducido.

Como sólo se pretende observar el funcionamiento del arranque, no será necesario desconectar las resistencias para conseguir el funcionamiento nominal.

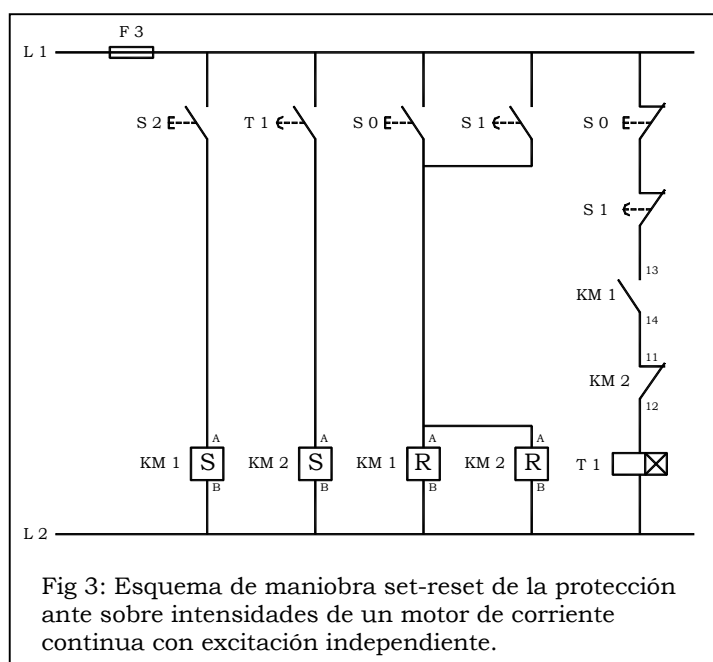
FUNCIONAMIENTO

El esquema de maniobra de la *figura 2* es utilizado para comandar el esquema de potencia de la *figura 1*. La maniobra cumplirá con lo siguientes puntos:

- El esquema está comandado por un pulsador de marcha y un pulsador de paro.
- Al pulsar marcha se cierra KM 1 con lo que la excitación recibe tensión. Después de un tiempo prefijado suficiente para el cebado del circuito de excitación (aproximadamente 2 segundos) se cierra KM 2, alimentando al inducido.
- El motor se detiene ante una pulsación de paro o si se produce una sobre intensidad en el circuito de inducido.



En la *figura 3* se observa un esquema de maniobra con accionamiento mediante set-reset de las bobinas de los contactores, cuyo funcionamiento equivale al de esquema de la *figura 2*.



COMPONENTES

Los componentes necesarios para la realización de la práctica son:

- 2 pulsadores.
- 2 contactores.
- 3 resistencias.
- 1 reostato de campo para la excitación.
- 1 relé programable Zelio.
- 1 motor de corriente continua con excitación independiente.

ENSAYO

Se deberán realizar las siguientes actividades para llevar a cabo la práctica:

1. - Programar un esquema de maniobra que cumpla con las condiciones de funcionamiento descritas con anterioridad en el relé programable Zelio, utilizando el software Zeliosoft. Realizar las simulaciones pertinentes que aseguren que el funcionamiento del programa se ajusta a la descripción de funcionamiento dada.
2. - Realizar las conexiones del relé programable con los dispositivos físicos que intervienen en el esquema de maniobra (pulsadores, y bobinas de contactores). Se comprobará el correcto funcionamiento de la maniobra antes de iniciar el montaje del circuito de potencia.

3. - Conectar un amperímetro de corriente continua en el circuito del inducido y otro en el circuito de excitación. Conectar un voltímetro de corriente continua en paralelo con la resistencia R3.

4. - Regular el reostato de campo hasta que el circuito de excitación consuma su intensidad de excitación nominal.

5. - Observar y medir la intensidad en el arranque del motor sin carga intentando captar la intensidad máxima. La intensidad máxima aceptable será un valor ligeramente superior al de la intensidad máxima en el arranque.

6. - Determinar el valor de la resistencia a añadir en el circuito del inducido para que la caída de tensión que provoque se encuentre dentro del rango de detección del relé programable cuando la intensidad absorbida por el inducido alcance el valor máximo permitido. Conectar la resistencia a la entrada mixta TON/analógica del relé programable.

7. - Realizar el arranque del motor con una carga suficiente para que el valor de intensidad en el arranque supere el máximo establecido y comprobar que la protección funciona. Intentar observar y medir el valor de intensidad absorbida así como el de tensión en la resistencia, en el instante de desconexión en el motor.

PROGRAMACIÓN

Relación entradas/salidas del relé programable:

ENTRADAS	DESCRIPCIÓN
I 1	Pulsador paro S 0
A 1	Protección S 1
I 2	Pulsador marcha S 2

SALIDAS	DESCRIPCIÓN
Q 1	Bobina contactor KM1 excitación
Q 2	Bobina contactor KM2 inducido

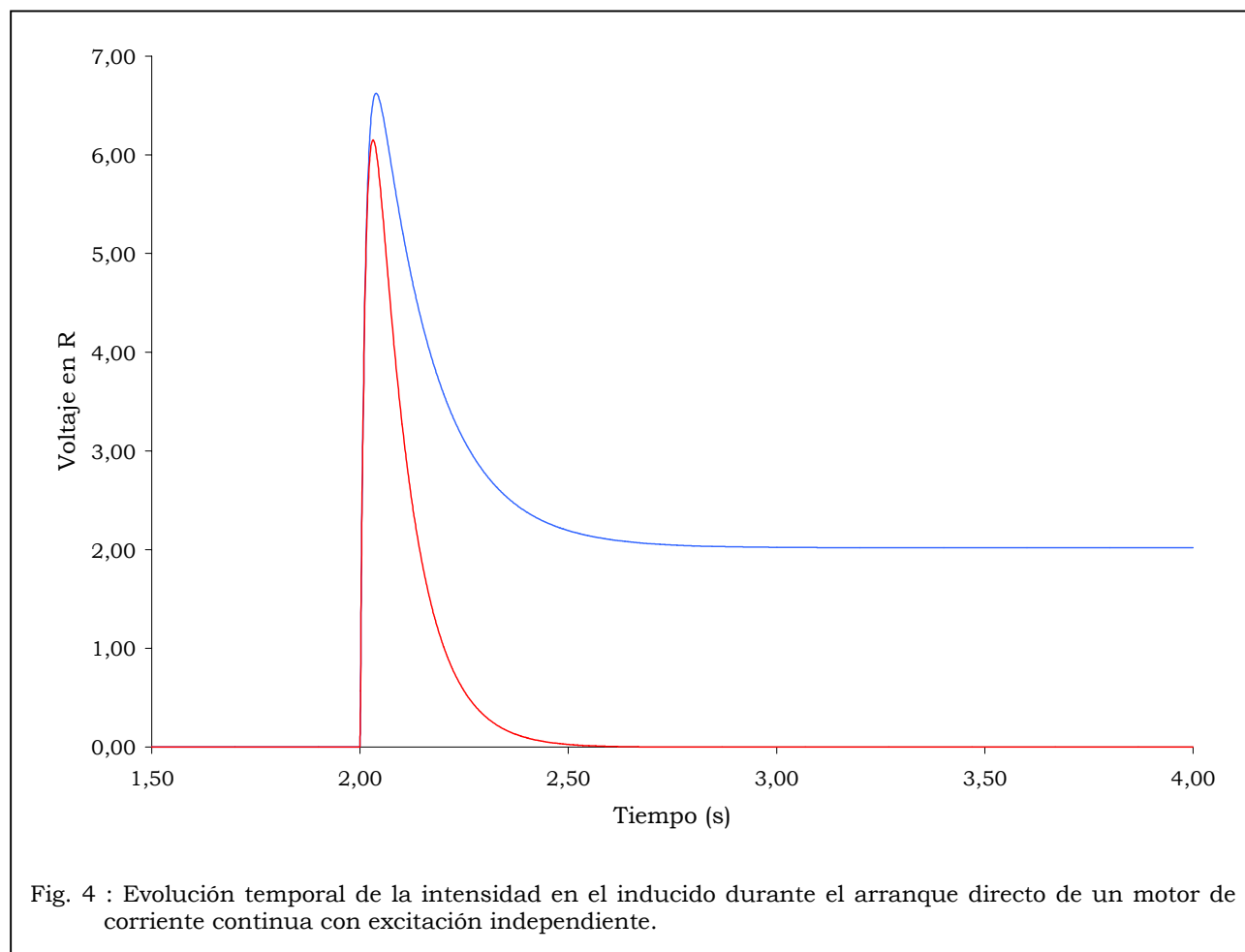
COMENTARIOS

En las *figuras 4 y 5* se ofrecen dos gráficos representativos de la práctica. En ambos casos se desprecia el tiempo transcurrido entre 0 y 1.5 segundos, puesto que el cebado del entrehierro se realiza entre 0 y 2 segundos.

En la *figura 4* se observa la evolución temporal de la intensidad en el inducido durante el arranque de un motor de corriente continua con excitación derivación.

La línea roja corresponde al desarrollo del arranque en vacío, es decir, sin ningún tipo de carga acoplada al eje. La línea azul corresponde al arranque del motor con una carga variable acoplada al eje.

En el gráfico se observa que el pico de intensidad es superior en el arranque en carga. El valor de intensidad máximo permisible en la práctica se encontraría entre los dos picos. De esta manera, se conseguirá que la protección no actúe en caso de arrancar el motor en vacío pero si lo haga si se arranca el motor con una carga suficientemente grande. En caso de actuar la protección, la intensidad descendería hasta cero y se finalizaría el arranque.



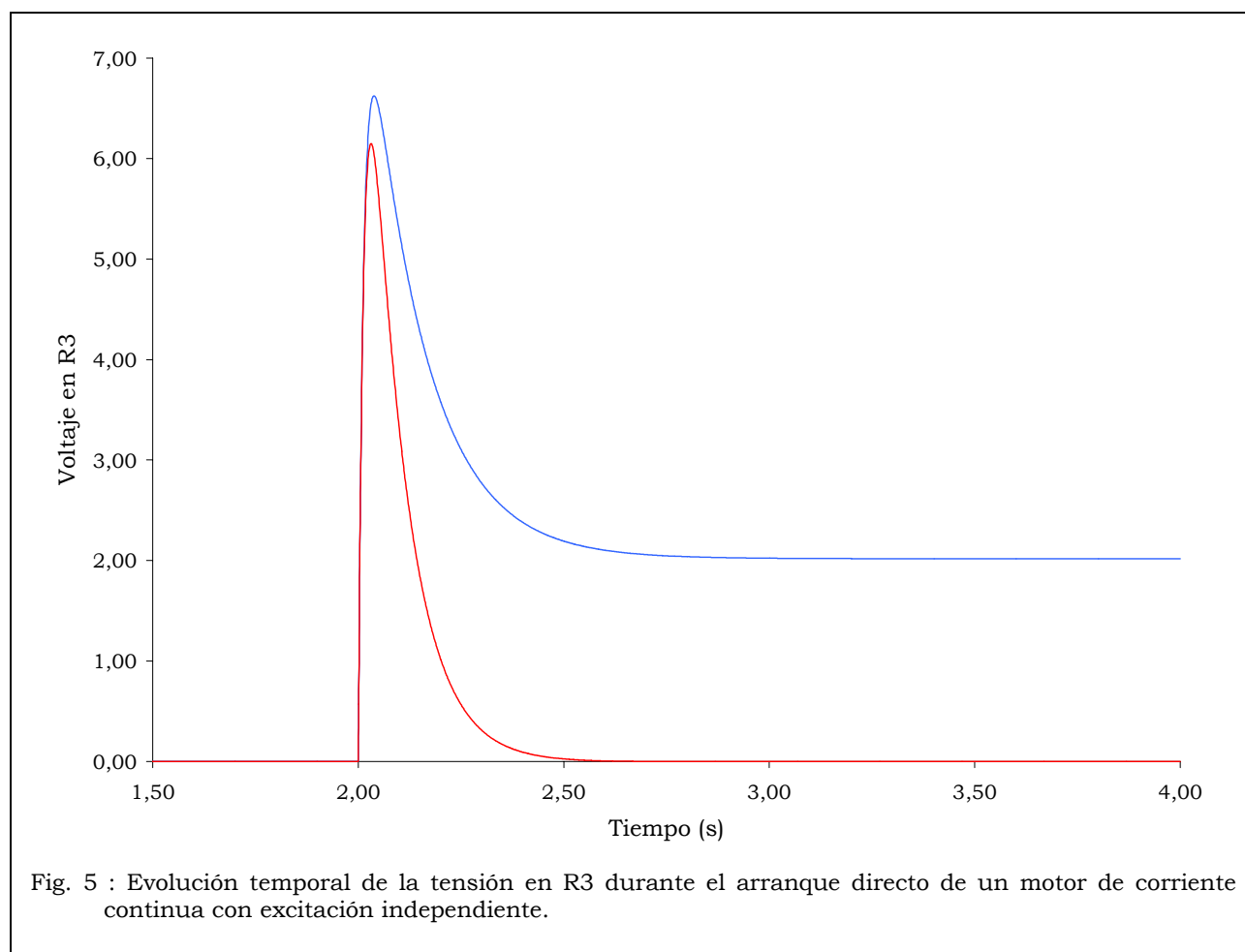
En la *figura 5* se observa la evolución temporal de la tensión en bornes de la resistencia R3.

Se observa que el gráfico es proporcional al de la intensidad.

La línea roja corresponde al desarrollo del arranque en vacío, es decir, sin ningún tipo de carga acoplada al eje. La línea azul corresponde al arranque del motor con una carga variable acoplada al eje.

En el gráfico se observa que el pico de tensión es superior en el arranque en carga. El valor de tensión de referencia en la práctica se encontraría entre los dos

picos. La protección actuará cuando el valor de tensión supere al de referencia. En este caso, se debe tener en cuenta que el valor de tensión de referencia seleccionado, no debe superar el rango máximo permitido por la entrada mixta TON/analógica del relé programable.



ANEXO

Programa del esquema de la *figura 2* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	— i 1 —	a1 —		[M 1 —	Memoria de apoyo 1
02	— M 1 —	I 2 —		[Q 1 —	Bobina contactor KM 1 excitación
03		Q 1 —	q 2 —	TT 1 —	Temporizador T 1 cebado
04		T 1 —		[Q 2 —	Bobina contactor KM 2 inducido
05		Q 2 —			

Programa del esquema de la *figura 3* mediante el software Zeliosoft:

Nº	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Bobina	Comentario
01	— I 2 —			SQ 1 —	Set bobina contactor KM 1 excitación
02	— T 1 —			SQ 2 —	Set bobina contactor KM 2 inducido
03	— I 1 —			RQ 1 —	Reset bobina contactor KM 1 excitación
04	— A 1 —			RQ 2 —	Reset bobina contactor KM 2 inducido
05	— i 1 —	a 1 —	Q 1 —	[M 1 —	Memoria de apoyo 1
06	— M 1 —	q 2 —		TT 1 —	Temporizador T 1 cebado