

Distintos tipos de control en arrancadores suaves



En notas anteriores hemos analizado el funcionamiento básico de un arrancador electrónico suave. En la presente describiremos las características de los distintos tipos que se ofrecen u ofrecieron en el mercado. Aunque el funcionamiento básico es el mismo, las distintas características dependen del fabricante, del modelo y la época en que fueron diseñados y construidos.

Por: **Alejandro Francke**
Especialista en productos eléctricos de baja tensión,
para la distribución de energía; control, maniobra y
protección de motores y sus aplicaciones.

La tensión en bornes de un motor trifásico puede regularse actuando sobre una, dos o las tres fases que lo alimentan. El arranque de un motor puede controlarse regulando su tensión de alimentación.

Los esquemas de las figuras 1 y 2 muestran al secundario de un transformador conectado en estrella y a su conexión a los conductores de las tres líneas L_1 , L_2 y L_3 , tal como es en un sistema de distribución de energía habitual en la República Argentina. Con el fin de no complicar el esquema y facilitar su entendimiento, además del primario del trans-

formador de distribución; no se dibujaron ni la puesta a tierra del centro de estrella del bobinado secundario ni el conductor neutro. También se incluyen en dichos esquemas dos motores trifásicos, uno de ellos con conexión estrella y el otro con conexión triángulo, conectados al sistema de distribución de energía eléctrica.

Control sobre una de las fases

En el esquema de la figura 1 se ha incluido un sistema de control sobre una de las fases (sobre el conductor de línea L_3).

continúa en página xx ►

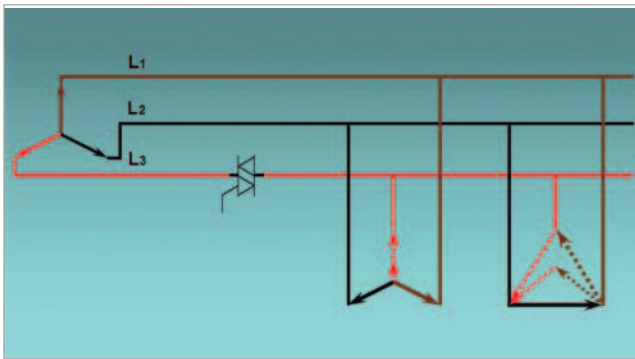


Figura 1. Control del arranque de un motor actuando sobre sólo una línea de alimentación.

Vemos que sobre los dos bornes de alimentación del primer motor, correspondientes a las líneas L_1 y L_2 , siempre se hallará presente la tensión de línea L_{2-1} nominal de la red. En cambio, sobre el borne correspondiente a la línea L_3 la tensión aplicada variará según lo indicado por el sistema de control interconectado en la misma.

El motor recibirá siempre su tensión de fase asignada en dos de sus bobinados, y una tensión de fase reducida en la restante. En base a estas tensiones de fase aplicadas, los bornes del motor circularán corrientes consecuentes en sus devanados que producirán sendos campos magnéticos, es decir, dos constantes y uno variable. Se producirá en el estator del motor un campo magnético giratorio, pero no constante, sino deformado, lo que producirá alteraciones en el sistema magnético, eléctrico y mecánico del motor.

En el segundo motor también vemos que sobre los dos bornes de alimentación, correspondientes a las líneas L_1 y L_2 , siempre se hallará presente la tensión de línea L_{2-1} nominal de la red, y que sobre los bornes correspondientes a las líneas L_1 y L_3 y los correspondientes a las líneas L_2 y L_3 , las tensiones aplicadas L_{1-3} y L_{3-2} respectivamente variarán según lo indicado por el sistema de control interconectado en la misma.

El motor recibirá siempre su tensión de línea asignada en sólo uno de sus bobinados, y una tensión de línea reducida en los dos restantes. Como en el caso anterior en el estator del motor se producirá un campo magnético giratorio, pero más deformado, lo que producirá alteraciones en el sistema magnético, eléctrico y mecánico del motor aún mayores.

Esto implica que una sistema de arranque para motores basándose en controlar sólo a una de las fases es más aplicable a motores con conexión estrella que a los con una conexión triángulo.

Dado que los motores habituales en el mercado para conectarse a una red de distribución de 400 V en estrella (Tensión asignada $U_e = 230/400$ V) se fabrican para potencias asignadas (P_e) inferiores a 4 kW, sumado al trastorno que produce en el funcionamiento del motor durante el

arranque este tipo de arrancador suave sólo se fabrica para motores muy pequeños, y a pesar de su bajo precio de venta son muy poco ofrecidos por los fabricantes.

Control sobre dos de las fases

En el esquema de la figura 2 se ha incluido un sistema de control sobre dos de las fases (sobre el conductor de línea L_1 y el L_3).

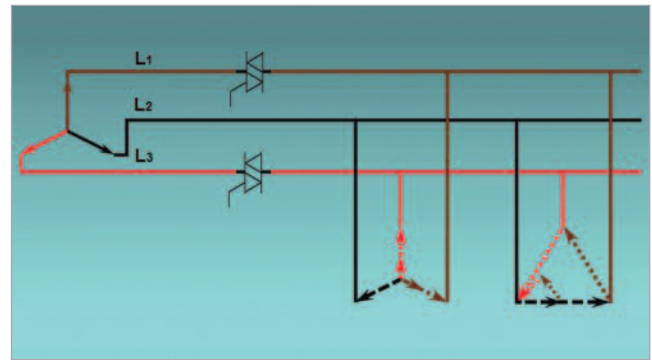


Figura 2. Control del arranque de un motor actuando sobre sólo dos líneas de alimentación.

Vemos que sólo sobre el borne de alimentación correspondiente a la línea L_2 del primer motor, siempre se hallará presente la tensión de fase L_2 nominal de la red. En cambio, sobre los bornes correspondientes a las líneas L_1 y L_3 la tensión aplicada variará según lo indicado por el sistema de control interconectado en la misma.

Como es conocido en un sistema trifásico la suma de las corrientes de fase (conexión estrella) o de línea (conexión triángulo) es siempre nula, es decir, vale cero:

$$I_{L1} + I_{L2} + I_{L3} = 0$$

Es por eso que en un circuito simétrico (iguales tensiones de línea) y equilibrado (iguales corrientes) la corriente en el conductor neutro es siempre igual a cero; $I_N = 0$.

También es por eso que si se quiere medir la corriente de consumo de un motor, no es posible circundar con una pinza amperométrica al cable de acometida y es necesario hacerlo en uno o cada uno de los conductores de alimentación a los bornes del motor.

De allí obtenemos que:

$$I_{L2} = I_{L1} + I_{L3}$$

Es decir, que al controlar las corrientes de dos conductores de línea automáticamente controlamos la corriente del tercer conductor; así a pesar de tener aplicada la plena ten-

continúa en página xx ►

sión de red sobre el devanado correspondiente a la línea L_2 , su corriente sí es controlada y con ello el campo magnético producido por cada uno de los devanados del motor.

Lo mismo pasa, como podemos ver en el esquema de la figura 2 con un motor con conexión triángulo.

Las tres tensiones de línea U_{2-1} , U_{3-2} y U_{1-3} son controladas.

Las dos primeras, tomando como referencia a la tensión de fase U_2 que no lo es y la tercera que resulta de la suma de las dos tensiones de fase controladas.

De esto resulta, en el motor, un conjunto casi perfecto de campos magnéticos que producen un campo giratorio con muy poca distorsión. Cuando controlamos la tensión de dos de los conductores de línea de alimentación al motor conseguimos un comportamiento aceptable en el arranque del motor. Este tipo de control es muy utilizado en los arrancadores suaves electrónicos. Es muy importante la correcta sincronización del disparo de los dos conjuntos de control de tensión de línea.

Balanceo de polaridad

El control de una tensión alterna, ajustando el ángulo de disparo de un triac, genera un gran contenido de armónicas de tensión y con éstas una componente de corriente continua.

En los arrancadores suaves con control en dos fases circula por la tercera fase (no controlada) la intensidad de la corriente resultante de la superposición de las corrientes de las dos fases controladas. De esta manera, se produce una distribución asimétrica de las corrientes en las tres fases. Además de esta asimetría, el control de los semiconductores en las dos fases produce componentes de corriente continua que, en el caso de tensiones de arranque inferiores al 50%, pueden producir fuertes ruidos en el motor. Este contenido de componente continua produce otras alteraciones en el comportamiento del motor; el más importante es el frenado intermitente de su rotor lo que hace que su giro sufra sobresaltos.

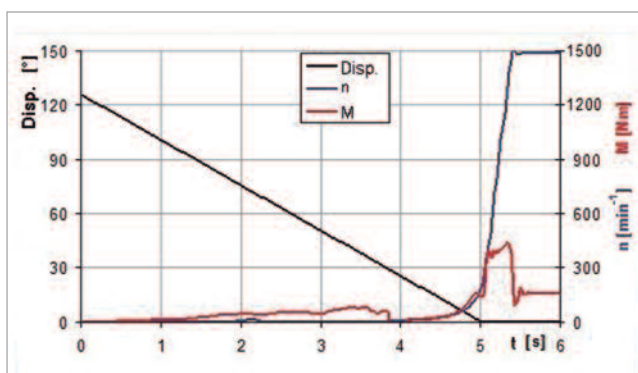


Figura 3. Control bifásico sin corrección del desbalance de fases.

La figura 3 muestra el comportamiento de un arrancador

suave electrónico con una rampa de arranque de cinco segundos (5 s).

La recta de pendiente negativa (color negro) muestra, expresada en grados eléctricos ($^{\circ}$) la variación del ángulo de disparo del triac encargado de controlar la tensión en una de las fases. La curva roja muestra el desarrollo del momento motor del motor (M), indicada en su unidad Newton por metro (Nm) y la curva azul la velocidad del rotor del mismo (n), indicada en vueltas por minuto (min^{-1}).

Vemos que el desarrollo de las mismas no se produce homogéneamente y que se establecen bruscamente prácticamente al final de la rampa, alcanzando sus valores máximos a los 5,2 s; es decir, una vez terminada la rampa de arranque, o sea cuando el arrancador suave ya entrega al motor la plena tensión de red.

La figura 3bis muestra para cada una de las tres fases (en las columnas verticales) la tensión instantánea aplicada a cada uno de los devanados, el comportamiento en cada una de ellas del componente de corriente continua y el valor eficaz de la corriente que circula por cada conductor de línea.

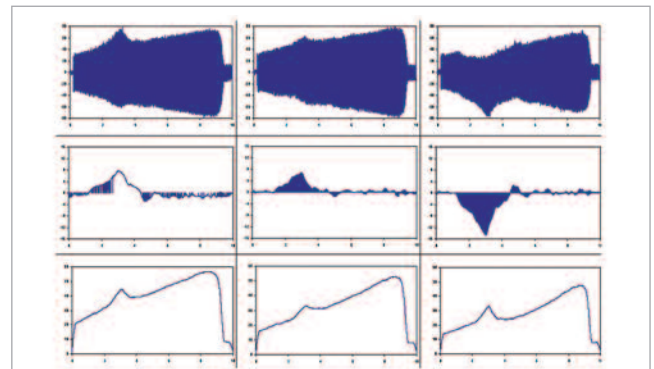


Figura 3bis. Control bifásico sin corrección del desbalance de fases.

Como vemos, hay alteraciones en el normal desarrollo de las magnitudes, que son las causantes de los disturbios antes mencionados. Cuando se producen los picos del contenido de componente de corriente continua es el instante en el que se producen las mayores alteraciones en las tensiones y las corrientes.

Algunos fabricantes de arrancadores suaves ofrecen un procedimiento de control bifásico conocido como “balanceo de polaridad” que permite eliminar a los componentes de corriente continua en los arrancadores suaves con control bifásico.

El balanceo de polaridad se logra optimizando la programación del microprocesador que controla el disparo de los triacs que conectan a los devanados del motor; se hace mejorando el equilibrado o balanceado dinámico continuo

permanente, de las semiondas de corriente de diferente polaridad, realizado durante el proceso de aceleración del motor.

Con él se logra eliminar a las componentes de corriente continua durante la fase de aceleración. Así se produce un incremento uniforme en la velocidad, el par y la corriente. De esta manera se obtiene en el arranque del motor una calidad acústica y uniformidad del momento de arranque similar a la de un arranque controlado en las tres fases.

Esto se puede ver observando a las figuras 4 y 4bis y comparándolas con las figuras 3 y 3bis.

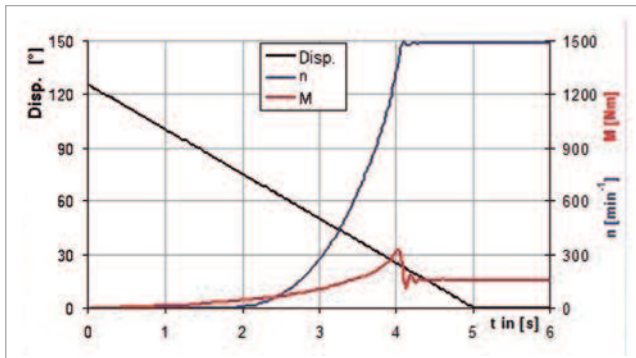


Figura 4. Control bifásico con corrección del desbalance de fases (balanceo de polaridad).

Observando a la figura 4 vemos que tanto el momento motor como la velocidad del motor se desarrollan homogéneamente y que su incremento se inició ya a los 2 s alcanzando el valor máximo a los 4 s, antes de finalizar la rampa de arranque.

Analizando la figura 4bis vemos que la componente de corriente continua no alcanza valores muy elevados y que consecuentemente el aumento de los valores instantáneos de las tensiones de línea se incrementa paulatinamente sin deformaciones. Vemos que lo mismo ocurre con los valores de las corrientes de línea.

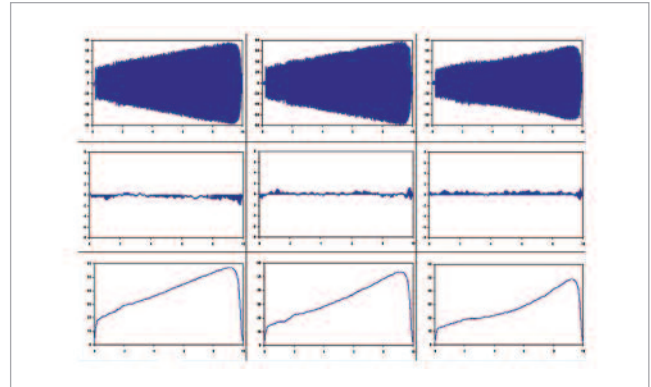


Figura 4bis. Control bifásico con corrección del desbalance de fases (balanceo de polaridad).

Este desarrollo homogéneo de los parámetros eléctricos del motor se traduce en un funcionamiento más estable del mismo, sin vibraciones ni ruidos perjudiciales. Es por ello que es muy importante, y conveniente, al decidir la compra de un arrancador suave electrónico con control sobre dos fases, comprobar si cuenta o no con este balanceo de polaridad. Este justifica ampliamente un costo algo mayor del aparato, sobre todo si se trata de un motor (o su máquina arrastrada) muy importante para el proceso productivo.

Control sobre las tres fases

Al analizar la figura 4bis, vemos que a pesar del balanceo de fase, no hay un equilibrio completo de las tres fases. La tensión aplicada a la línea L_3 y su correspondiente corriente son algo menores a las otras dos. A pesar de tratarse de un valor pequeño y no decisivo para el funcionamiento del motor no se trata de un servicio totalmente correcto. Por eso y para los aparatos más complejos es conveniente controlar las tres líneas de alimentación del motor (como en el esquema de la figura 2, publicado en la pág. 19 del Nro. 119 de Revista Electro Instalador).

En el caso de controlar las tensiones de las tres líneas se logra el incremento homogéneo y equilibrado de la tensión aplicada a bornes del motor.