

motor tico

BOLETÍN MENSUAL PREPARADO POR WWW.MOTORTICO.COM, COSTA RICA

OCTUBRE 2014

Protección de Máquinas contra voltajes transitorios

Las condiciones de voltajes transitorios provocan daños sustanciales en motores, principalmente medianos y grandes, que están expuestos a estos eventos de estrés eléctrico acumulativo, que dan lugar a reducción en la vida útil del aislamiento (aislación), con la ocurrencia de fallas prematuras en bobinados, en forma de cortocircuitos *vuelta-vuelta* o *vuelta-tierra*. Bajo ciertas circunstancias, estos voltajes transitorios pueden ser causadas por cualquiera de las siguientes condiciones de la instalación:

- Rayos, directos o indirectos.
- Conmutación de condensadores.
- Operación del contactor en el encendido y apagado de cargas.
- Reconectores automáticos.
- Fallas en el sistema de distribución.
- Arcos eléctricos.
- Fallas a tierra intermitentes.
- Uso de variadores de velocidad electrónicos tipo PWM.

Las estimaciones de la magnitud de estos aumentos repentinos de voltajes (transitorios) normalmente van de 2 a 10 veces la tensión nominal de la cresta de línea a neutro, con tiempos de subida que van desde $0,1 \mu s$ (microsegundos) a $10 \mu s$. La Fig. 1 muestra un frente de onda típico que puede alcanzar los bornes de conexión del motor, mostrando la subida repentina de voltaje.

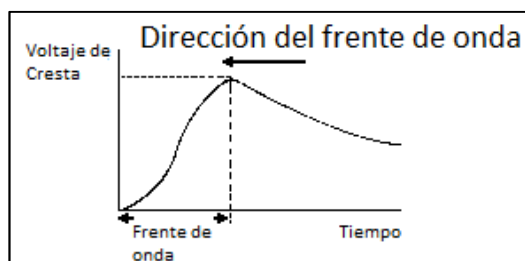


Figura 1 Frente de onda típica de un transitorio de voltaje

Los fabricantes del motor normalmente no cuentan con suficiente información de la aplicación para determinar cuándo se debe incluir la protección contra voltajes transitorios en el motor. Sin embargo, se puede determinar los límites de sobrevoltajes que el motor puede soportar, para asegurar así una operación satisfactoria. Estos límites se establecen de la siguiente manera:

- La parte instantánea del sobrevoltaje (V_I), que es el primer frente de onda que recibe el bobinado en un tiempo cercano a los $2 \mu s$, no podrá superar el valor de cresta del voltaje nominal Línea-Neutro (V_{LN}) x 2. Es decir:

$$V_I = 2 * V_{LN} * \sqrt{2} = 2 * (\sqrt{2} / \sqrt{3}) * V_{LL}$$
- El voltaje máximo del sobrevoltaje (V_M) no podrá exceder el 1,25 del voltaje de cresta nominal en la prueba estándar de Hi-Pot (Alto Potencial). Es decir:

$$V_M = 1,25 * \sqrt{2} * (2V_{LL} + 1000)$$
- La tasa de crecimiento del sobrevoltaje V_M no deberá exceder una tasa definida en el orde de $V_M / 10 \mu s$.

Se debe tener cuidado de no exceder el voltaje instantáneo (V_I), el nivel de tensión máxima (V_M) o la tiempo de subida ($V_M / 10$) en la selección de las protecciones, en los motores de media tensión (MT) serán protegidos con condensadores de sobretensión y supresores. Para los motores de baja tensión (BT) se usan Reactores de Carga y Terminadores de cables. A continuación se presentan algunas consideraciones.

Protección de motores de bajo voltaje o tensión (BT)

Típicamente los motores alimentados con Variadores de Velocidad Electrónicos a distancias mayores a 30mts son propensos a generar el fenómeno de *Onda Reflejada*, que son transitorios de corta duración, y pueden alcanzar hasta 2-3 veces el voltaje de salida del variador. Algunos Fabricantes de

motores eléctricos pueden recomendar filtros de salida o reactores de carga, según la distancia Variador-Motor. En el caso de los filtros son también referidos como *terminadores de cable de motor*, y se hacen por medio de inductancias, capacitancias, y resistencias. La Figura 2 presenta un ejemplo de un terminador para control de transitorios de voltaje en un motor de BT. La selección del terminador adecuado dependerá de la frecuencia de conmutación, y las recomendaciones del fabricante.

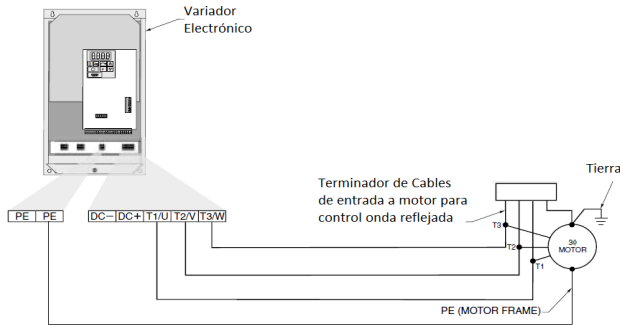


Figura 2 Conexión típica de un terminador de cable

La selección del dispositivo de protección de sobrevoltaje debe asegurar lo indicado en la Tabla 1.

Tabla 1 Máximo sobrevoltaje permitido en BT - selección de la protección

Voltaje Maximo Motor (V)	Máximo Voltaje del sobrevoltaje (kV)	Máximo tiempo subida kV/μs
600	2.3	0.6

NOTA: Uso en 60Hz.

Protección de motores de mediano voltaje o tensión (MT)

En máquinas de media tensión (Motores y Generadores) se utilizan supresores o pararrayos que limitan la magnitud del voltaje transitorio. Esto se logra mediante el supresor de descarga a tierra cuando se alcanza un valor dado de voltaje. Por otro lado, se usan Condensadores de Sobrevoltaje que limitan la velocidad de aumento de la tensión. Esto se consigue porque el condensador momentáneamente absorbe parte de la energía inicial por lo que reduce la pendiente del frente de onda que impacta los terminales de la máquina. Generalmente, se recomiendan para máquinas con voltajes mayores a 3-4kV, y en aplicaciones críticas con potencial exposición a voltajes transitorios. La Fig. 3 muestra una conexión típica, aunque hay distintas configuración según el caso particular.

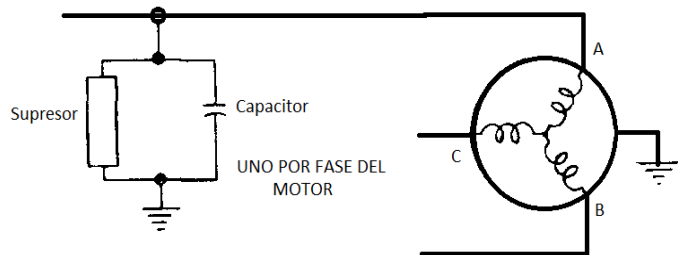


Figura 3 Conexión de supresor y capacitor en motor MT (Por fase)

La selección de la protección se hace según la Tabla 2, donde se muestran los voltajes máximos permitidos de sobrevoltaje.

Tabla 2 Máximo sobrevoltaje permitido en MT - selección de la protección

Voltaje Maximo Motor (V)	Máximo Voltaje del sobrevoltaje (kV)	Máximo tiempo subida kV/μs
2400	10	1.0
4160	16	1.6
4800	19	1.9
6600	25	2.5
6900	26	2.6

NOTA: Uso en 60Hz.

La protección contra sobrevoltajes son colocados en las cajas de terminales de los motores y la información que solicitan los fabricantes para dimensionarlas es la siguiente:

- Voltaje de operación del sistema eléctrico.
- Configuración del sistema eléctrico: Estrella, Delta (Triángulo), Estrella Aterrizada, Sistema con tierra de alta resistencia.
- Hay antecedentes de sobrevoltajes en el motor?
- Informe del contenido armónico del sistema eléctrico donde opera el motor (El contenido armónico excesivo puede provocar daños prematuros en los condensadores).

La Fig. 4 muestra una caja de conexión de un motor de MT con los condensadores y supresores, así como un plano dimensional.

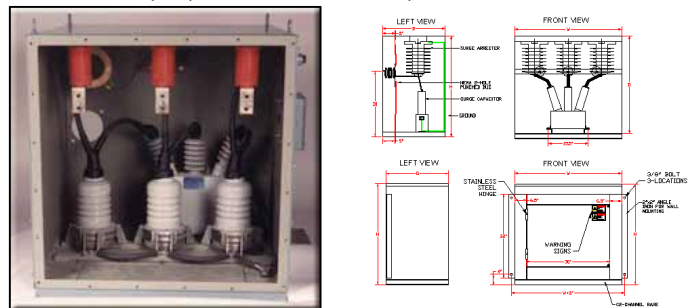


Figura 4 Caja de conexión de un motor de MT

Bobina recibe un sobrevoltaje

La primera vuelta del bobinado del motor es probablemente la más afectada, ya que se estima que el 60-80% del sobrevoltaje es distribuido a través ella. Así que será la que más sufra.

Los sobrevoltajes que alcanzan el bobinado podrían ser mayores que el nivel de aislamiento de base de las fases eléctricas en el motor, causando estrés dieléctrico, con eventuales fallas.

Si los sobrevoltajes superan la tensión de ruptura de la separación de los bobinados en ciertos puntos se podrían provocar descargas.

La Fig. 5 muestra un frente de onda que impacta la bobina.

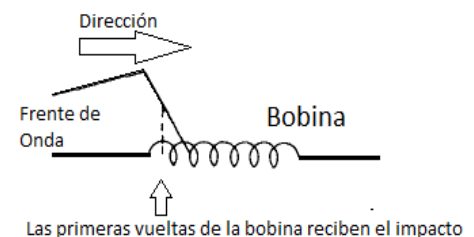


Figura 5 Frente de Onda que impacta una bobina