

Guías de Aplicación: Información Técnica de Cummins Generator Technologies

AGN 032 – Métodos de Arranque de Motores

INTRODUCCIÓN

La información incluida en esta guía de aplicación debe usarse junto con AGN090: Fundamentos de arranque de motores y AGN068: Consideraciones sobre el arranque de motores y el grupo electrógeno.

ARRANQUE DE FRECUENCIA O ARRANQUE DE EXCITACIÓN DE MOTORES

Tanto el método de arranque del motor por frecuencia como el de arranque por excitación permiten que un grupo electrógeno arranque un motor de inducción más grande de lo que normalmente sería posible con el grupo electrógeno disponible, debido a los niveles típicamente altos de corriente de arranque (rotor bloqueado) asociados al procedimiento de arranque normal para este tamaño de motor.

Sin embargo, ambos métodos dependen de que el motor no tenga que acelerar para aumentar la velocidad con una carga acoplada que tiene un requisito de torque elevado. Ambos sistemas tienen sus propios méritos, lo que dificulta ofrecer una guía exacta sobre cuál sería el mejor para ciertas aplicaciones individuales.

Los resultados de las pruebas no están fácilmente disponibles ya que la mayor parte de la experiencia se adquiere en el sitio durante la puesta en marcha del grupo electrógeno y los datos de prueba recopilados nunca se devuelven para su análisis. La experiencia interna recuerda que, durante las pruebas realizadas hace algunos años, en un grupo electrógeno pequeño [50 kVA], cualquier método de arranque arrancarían con éxito motores más grandes con una corriente de arranque del orden de unas 2 veces la corriente nominal del motor.

Los beneficios entre cada esquema están más relacionados con la velocidad a la que el motor acelera desde parado hasta la velocidad nominal.

Si esta aceleración es bastante lenta, EL ARRANQUE DE FRECUENCIA debería dar como resultado el nivel más bajo de corriente Inrush porque, durante un período corto, la 'frecuencia de deslizamiento' es menor [pero es solo por un período de tiempo muy corto].

Si esta aceleración es bastante rápida, entonces puede tener más sentido permitir que el motor funcione a la velocidad nominal durante un período corto para permitir que se estabilice y luego encender la excitación del alternador. Esto es ARRANQUE DE EXCITACIÓN. Esto puede resultar en una disminución de la velocidad del motor, debido a la carga, ya que el alternador excita y fuerza la corriente a través del motor, lo que de hecho resultará en una frecuencia de deslizamiento reducida, combinada con un voltaje reducido en los terminales del motor, por lo que la corriente Inrush se reducirá.

Alternadores para arrancar grandes motores de inducción

En todos los casos en los que se requiere arrancar motores grandes, el tamaño del alternador se rige por la caída de voltaje o la capacidad máxima de fuerza de sobrecarga del sistema de excitación (generalmente 2,5 veces el nivel de corriente de funcionamiento normal).

Ciertas aplicaciones permiten un enfoque diferente para el arranque de motores grandes, por ejemplo, una bomba grande alimentada por un grupo electrógeno, que suministra solo una pequeña proporción de la carga adicional, como en el caso de una bomba contra incendios a bordo de un barco. Este tipo de aplicación permite considerar el 'arranque de frecuencia' o el 'control de excitación', para minimizar el tamaño del alternador requerido.

FRECUENCIA DE ARRANQUE DE MOTORES

Esto se refiere a la situación en la que el motor está permanentemente conectado al alternador y el sistema completo arranca simultáneamente con el motor. Esto exige un sistema de excitación con excitación independiente, con PMG o devanado auxiliar, en el que la acumulación de tensión sea positiva y se disponga de un gran forzamiento a velocidades relativamente bajas. En principio, el sistema de control PMG tiene una característica de salida de voltaje que varía linealmente con la velocidad o la frecuencia, lo que significa que el motor de inducción accionado puede producir un alto nivel de torque durante el período de arranque sin una corriente excesiva. El nivel de corriente alcanzado durante el arranque dependerá de la inercia del motor de inducción, la diferencia entre el motor y las características de par/velocidad de la carga impulsada, el tiempo de funcionamiento del motor y el tiempo de acumulación de excitación.

Las pruebas realizadas en alternadores STAMFORD con excitación independiente han demostrado que un tamaño de motor equivalente a 1 h.p. por kVA del alternador se puede arrancar sin carga con un consumo de corriente máximo de aproximadamente 2 veces la carga completa normal, utilizando un tiempo de arranque establecido del alternador en la región de 2 segundos. De hecho, los motores más grandes podrían arrancarse, pero no funcionar, a plena carga.

ARRANQUE POR EXCITACIÓN DE MOTORES

Los alternadores accionados por el motor principal a bordo del barco pueden estar en una situación adecuada para el arranque de frecuencia, pero no es posible emplear este método debido al elemento indeseable de detener el motor principal. En este caso, es posible emplear una técnica ligeramente diferente, que consiste en cambiar la excitación del alternador. Aquí nuevamente, el motor de inducción está permanentemente conectado a las terminales del alternador, pero en este caso el motor se pone en marcha con el alternador desexcitado. Cuando el motor alcanza la velocidad, el motor de inducción puede ponerse en marcha cambiando la excitación al alternador. La acumulación de voltaje contra la carga es una característica necesaria del sistema de excitación y los alternadores con PMG o sistemas de devanado auxiliar cumplen con este requisito. Los niveles de corriente durante el período de arranque de un motor de 20 h.p. con un alternador de 15 kVA en los experimentos de desarrollo fueron aproximadamente 3 x (en comparación con 2 x en el arranque de frecuencia).

Este sistema depende de que el motor de inducción sea capaz de producir un torque suficiente para acelerar el accionamiento a bajas tensiones a todas las frecuencias. Es, en efecto, equivalente a un arranque de autotransformador con tomas infinitamente variables, variando en el rango de 0 a voltaje nominal. Incluso para aplicaciones de torque bajo, será necesario alcanzar el 20-25 % del voltaje nominal antes de que el motor de inducción comience a acelerar.

Debido a que la frecuencia de la salida del alternador siempre está en su valor máximo, independientemente del nivel de voltaje de salida, el arranque contra carga exigirá corrientes más grandes que el método de arranque por frecuencia. Los dos sistemas anteriores solo se pueden aplicar satisfactoriamente a alternadores controlados por devanado auxiliar o PMG y realmente solo son adecuados para aquellas aplicaciones que implican un par de arranque relativamente bajo y accionamientos de baja inercia como la carga del motor de inducción. Como se señaló anteriormente, se debe tener en cuenta la característica de par/velocidad del motor durante el arranque, ya que, en última instancia, el motor debe proporcionar el par requerido por la transmisión final.

Este método de arranque de motor controlado por excitación también se puede utilizar para aplicaciones tales como bombas de accionamiento que se instalan en el eje vertical. Este sistema requiere una "patada" de par inicial para superar la "estática" de los cojinetes del motor de la bomba y luego la siguiente demanda de kW será el punto en el que el impulsor desarrolla una presión de cabeza positiva e inicia el flujo.

El motor de la bomba se conectará directamente al grupo electrógeno y el procedimiento de arranque será excitar el alternador con una 'creación de excitación' controlada, que proporcionará un enfoque suave para la acumulación de voltaje del alternador y, a su vez, la demanda de par del motor a medida que el motor acelera con éxito el impulsor de la bomba a la velocidad nominal.

Requiere que el alternador esté equipado con un sistema de excitación que pueda soportar una corriente de cortocircuito de estado estable; esto significa que se debe nominar el sistema

de excitación excitado por separado (Serie 3) de AVR tipo PMG + MX, o un sistema de excitación igualmente adecuado con bobinado auxiliar.

Método

1. Asegúrese de que la excitación del alternador esté apagada. En un AVR tipo MX, los terminales K1 y K2 deben estar en circuito abierto. Para este fin, se puede utilizar un interruptor unipolar de 240 V CA y 10 A.
2. Conecte el grupo electrógeno estacionario al motor de la bomba.
3. Arranque el motor y deje que el grupo electrógeno alcance la velocidad.
4. Cuando el Grupo Generador esté a toda velocidad, encienda la excitación del alternador.

El AVR ahora excitará el alternador y, a medida que aumenta la excitación, la corriente de salida del grupo electrógeno también aumentará, lo que acelerará el impulsor de la bomba a la velocidad nominal. En cuestión de segundos, el voltaje de salida del grupo electrógeno alcanzará el voltaje nominal y la carga del sistema consistirá en la demanda de corriente de funcionamiento del motor.

Ejemplo

Es más fácil usar un ejemplo para explicar el método de inicio de excitación:

Un Grupo Generador que suministre 400V 50Hz. La potencia del eje requerida es de 420kW y la velocidad de operación es de 586rpm. La potencia propuesta del motor es de 572kWm.

La eficiencia supuesta del motor es un valor típico del 94 % y el factor de potencia supuesto del motor en marcha es 0,8 retrasado. El arranque del motor se asume es del tipo directo en línea (DOL) con un factor de arranque de 6 x kVA en funcionamiento.

Cálculo de kVA de funcionamiento del motor = $420\text{kW} / [\text{eficiencia del motor } 0,94 \times \text{pf de funcionamiento } 0,8] = 560\text{kVA}$.

Ahora debemos hacer muchas suposiciones con respecto a la demanda de torque de los motores, ya que el motor acelera con éxito el impulsor de la bomba a la velocidad nominal. Según la experiencia, la mayoría de las bombas pueden arrancarse con un método estrella/triángulo o, de hecho, con un método de autotransformador con un ajuste de toma de alrededor del 50 %. Cualquiera de estos métodos dará como resultado que la corriente de arranque real sea unas 2,5 veces el nivel de corriente de funcionamiento normal.

Los kVA de arranque de rotor bloqueado previstos para un arranque DOL típico si se aplica un voltaje nominal del 100 % es $6 \times 560 = 3360 \text{ kVA}$.

El nivel máximo de corriente del devanado del estator del motor para este arranque DOL es $3360 / [\text{voltaje } 0,4 \times 1,732] = 4850\text{A}$.

Los kVA de arranque de rotor bloqueado previstos para estrella/triángulo típico o autotransformador con una configuración de derivación del 50 % es de $2,5 \times 560 = 1400$ kVA.

El nivel máximo de corriente del devanado del estator del motor para este arranque en estrella/triángulo o autotransformador es $1400 / [\text{voltaje } 0,4 \times 1,732] = 2020$ A.

El nivel máximo previsto de demanda de kWm de la bomba, suponiendo que el motor eléctrico se haya dimensionado correctamente, puede identificarse suponiendo que el factor de potencia de arranque de rotor bloqueado del motor es del orden de 0,15.

Para el inicio de DOL, esto se calcula en $3360 \text{ kVA} \times 0,15 = 504$ kW.

Este cálculo muy simple (tiene que ser simple porque hay muchas incógnitas asociadas con las características de rendimiento de la bomba) se alinea con lo identificado: Potencia del motor propuesta = 572kWm.

Resumen de método de arranque:

Con base en los valores indicados anteriormente, junto con la experiencia de rendimiento de la máquina eléctrica giratoria, el motor de la bomba arrancará con éxito si el nivel de la corriente de arranque del motor en estrella/triángulo se fuerza a través de los devanados del motor.

Seguir esta ruta identifica que el factor clave es alinear el nivel de corriente de arranque del motor por arranque con autotransformador o estrella/triángulo identificado anteriormente, con la corriente de cortocircuito sostenida que se muestra en la curva del alternador designado. Sin embargo, el nivel indicado en la curva de cortocircuito de corriente de falla sostenida se basa en una condición de falla de impedancia virtualmente cero y la situación con corriente forzada a través del devanado del motor impedirá el flujo de corriente y, por lo tanto, se debe aplicar un factor de aproximadamente 0,85 al valor indicado en la curva de cortocircuito de falla trifásica sostenida.

Designación de un alternador para el motor de 420kW, cuyos detalles se cubren en los cálculos anteriores:

El nivel de corriente de arranque de estrella/triángulo o autotransformador identificado es 2020A.

El alternador designado debe tener una corriente de cortocircuito trifásica sostenida de más de $2020 / 0,85 = 2375$ A.

El alternador nominado es el HCI534E, Bobinado 311, equipado con PMG + AVR MX341. Este alternador tiene una corriente de cortocircuito trifásica sostenida de 2600A.

Este alternador tiene una clasificación continua de aumento de temperatura de clase industrial 'H' de 600 kVA a 400 V, 50 Hz.

Este alternador soportará el funcionamiento del motor a una potencia nominal en el eje de 420kWm, mientras absorbe 560kVA a 0,8pf del alternador y el Grupo Generador absorberá unos 480kWm del motor.

MÓDULOS DE ARRANQUE SUAVE PARA MOTORES ELÉCTRICOS

Los módulos de arranque suave para motores eléctricos incorporan dispositivos electrónicos de potencia que controlan el nivel de voltaje inicial aplicado a los devanados del motor, lo que a su vez reduce la corriente Inrush del motor.

Una vez que el motor está girando y acelerando a la velocidad, los componentes electrónicos de potencia aumentan automáticamente el voltaje hasta el voltaje normal del sistema, luego estos componentes electrónicos de potencia se pasan por alto, dejando el motor conectado directamente al suministro eléctrico local y ahora los componentes electrónicos de potencia están retirados.

Este tipo de arranque del motor genera una distorsión de corriente armónica y, por lo tanto, se describe como una carga no lineal.

Debido a que el arranque del motor es de corta duración, se permite tener un alto nivel momentáneo de distorsión armónica de voltaje en el suministro eléctrico, que a menudo también se usa para alimentar otros equipos conectados.

Una situación típica de arranque suave del motor dará como resultado una demanda de kVA de alrededor de tres veces la clasificación de kWm o HP de los motores.

Estos kVA de arranque debe identificarse y luego compararse con el valor de la reactancia subtransitoria ($X''d$) del alternador propuesto calculado para este kVA de arranque del motor. El valor de $X''d$ no debe ser superior al 10 %.

Consulte AGN025 – Cargas No Lineales, para obtener más detalles sobre el dimensionamiento de alternadores para motores con módulos de arranque suave.