

Guías de Aplicación: Información Técnica de Cummins Generator Technologies

AGN 154 - Cargas Monofásicas para Devanados Trifásicos reconectables

DESCRIPCIÓN TÉCNICA GENERAL

Debe ser aceptado que cuando se reconecta un devanado trifásico de 12 hilos para una salida monofásica, la potencia de salida del alternador será menor que la de una salida trifásica. Existen variaciones en el suministro eléctrico monofásico disponible que se explican a continuación. Hay una serie de otras consideraciones que deben tenerse en cuenta y que forman una parte importante de esta descripción técnica.

Eléctrica

Cuando un estator trifásico soporta una carga trifásica equilibrada, el flujo magnético resultante de la corriente que fluye en los devanados del estator (reacción del inducido) es un flujo trifásico equilibrado que gira en sincronismo con el campo principal (rotor). Por lo tanto, un nivel constante y equilibrado de flujo magnético cruza el entrehierro del estator al rotor y, como consecuencia, se induce un voltaje insignificante en los devanados de la jaula amortiguadora del rotor.

Cuando se utiliza el mismo estator para suministrar una carga trifásica desequilibrada, o se reconectan sus devanados (Zig Zag, Delta doble o Delta Edison) para proporcionar un voltaje de salida monofásico dedicado, entonces el flujo magnético equilibrado descrito anteriormente, a través del entrehierro, ya no existe.

Recordar; cada sección de bobinado siempre tendrá voltajes inducidos de acuerdo con el principio trifásico de U, V, W con desplazamiento de 120°. Por lo tanto, cuando los devanados del estator se reconectan para soportar una carga monofásica, las secciones del devanado

se ven obligadas a operar en un modo de operación "incómodo" creado por el flujo de corriente a través de cada sección del devanado, que ya no estará equilibrada en magnitud, o tener la misma relación de ángulo de fase en comparación con el voltaje inducido, en cada fase, pero debe alinearse con la corriente de carga monofásica resultante que fluye compartida por todas las secciones del devanado.

Esto da como resultado que cada sección del devanado del estator tenga un nivel diferente de corriente de carga y un desplazamiento de ángulo de fase de corriente asociado. Cada sección de devanado tendrá un nivel diferente de "reacción de armadura", lo que crea un complejo efecto de desmagnetización del flujo del polo del rotor y esto dará como resultado un flujo de entrehierro pulsante. En consecuencia, la jaula del amortiguador ahora está sujeta a un flujo contrarrotante, lo que induce una condición continua de magnitud de voltaje pulsante que se inducirá en la jaula del amortiguador del rotor y, por lo tanto, una corriente característica similar fluirá dentro del conjunto de la jaula del amortiguador del rotor.

La jaula del amortiguador tiene un límite diseñado para operar con el flujo de corriente y la duración relacionada, que técnicamente se describe como su clasificación I^2t . **Por lo tanto, es necesario considerar muy cuidadosamente cualquier condición de carga monofásica propuesta contra el límite de diseño para el diseño de la jaula del amortiguador del alternador.**

El criterio funcional para una jaula amortiguadora es complejo y, por lo tanto, este AGN no entrará en todos los aspectos técnicos que no sean las funciones fundamentales de proporcionar amortiguación oscilatoria de los cambios de ángulo de carga del rotor y, por lo tanto, ayudar a la estabilidad del sistema después de los cambios de paso de carga o, cuando los alternadores están operando en paralelo. Su capacidad para hacer frente a las condiciones de carga desequilibrada es siempre una consideración bastante secundaria para un alternador fabricado en gran volumen con efecto de costo.

Por lo tanto, las consideraciones de diseño de la jaula del amortiguador tienen en cuenta la probabilidad de que el alternador funcione en condiciones de carga desequilibrada. Estas consideraciones subjetivas llevan a los diseñadores de los alternadores STAMFORD a esperar que los alternadores de hasta 200 kVA estén sujetos a condiciones de carga desequilibrada. La jaula del amortiguador se ha diseñado en consecuencia.

A medida que aumenta el tamaño del alternador, se considera que es mucho menos probable que esta gama de alternadores esté sujeta a cargas trifásicas desequilibradas y la reconexión para proporcionar una salida monofásica dedicada ni siquiera se ofrece como opción. En consecuencia, el diseño de la jaula del amortiguador se centra más en los principales modos de operación.

Mecánica

Cuando un alternador está suministrando una carga trifásica desequilibrada o ha sido reconectado para brindar una salida monofásica dedicada, habrá una carga pulsante a través del espacio de aire del estator al rotor como se explicó anteriormente. Este par pulsante

(carga) aumentará los niveles de vibración operativa del Grupo Generador; un valor de "regla general" es que se observará un aumento de alrededor del 25%.

La línea de transmisión mecánica también estará sujeta al par pulsante y, por lo tanto, debe diseñarse adecuadamente.

Conexiones de Salida de Cable

Cualquier alternador reconectado para proporcionar una salida monofásica dedicada ahora proporcionará una salida eléctrica a una corriente nominal mucho más alta que la salida trifásica normal. Esto requerirá que el fabricante del grupo electrógeno considere muy cuidadosamente el tamaño físico de los conductores de salida propuestos y, por lo tanto, tener una consideración cuidadosa con respecto a cómo se puede conectar un conductor de tamaño adecuado al conjunto de terminales estándar del alternador. Aquí, identificar el área de superficie disponible de la pieza de contacto disponible y un método para soportar el peso de los conductores de salida propuestos requerirá una consideración muy cuidadosa.

Consideración Práctica

Este cambio en la política de diseño con alternadores más grandes, junto con el hecho de que la salida de kVA y, por lo tanto, la reacción del inducido, aumentan aproximadamente como el cubo del diámetro con el aumento del tamaño del alternador da como resultado una disminución del área de la sección transversal del devanado del amortiguador en relación con la reacción del inducido. Esta es una función a corto plazo y la capacidad térmica de los devanados es de baja prioridad.

Salida Monofásica como Porcentaje de la Salida Trifásica.

La siguiente lista proporciona una guía del factor de reclasificación en toda la gama STAMFORD, simplemente considerando los efectos en la capacidad de la jaula del amortiguador.

<u>Tipo de alterndor</u>	<u>Salida monofásica como % de salida trifásica (Clase H)</u>
S0 / S1	58%
P0 / P1	58%
UC 224 (S2)	67%
UC 274 (S3)	60%
S4	50%
HC5 (S5)	40%*****
S6	No se ofrece
P7 (S7)	No se ofrece

Nota ***** La disposición de los terminales en los modelos de alternador HC5 (S5) no favorece la reconexión para una salida monofásica.

CARGAS DESEQUILIBRADAS A TRAVÉS DE UN DEVANADO TRIFÁSICO

Esta sección cubre la salida disponible de las diversas opciones de conexión de terminales, siempre usando la opción de devanado reconectable estándar de 12 hilos para proporcionar ejemplos. Los dos primeros ejemplos muestran una condición de carga trifásica equilibrada como referencia para los esquemas mostrados más adelante.

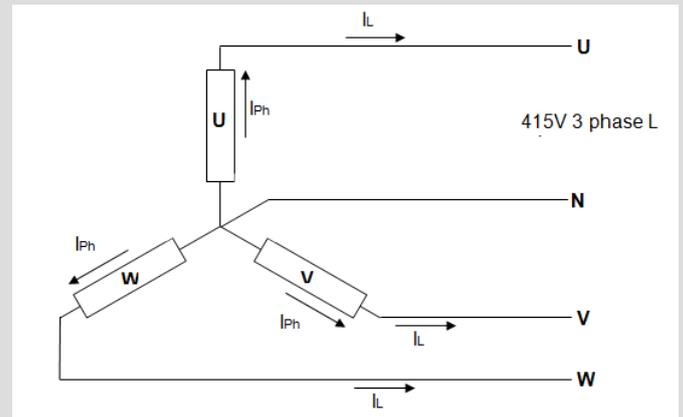
Conexión Estrella

Caso A – Salida trifásica

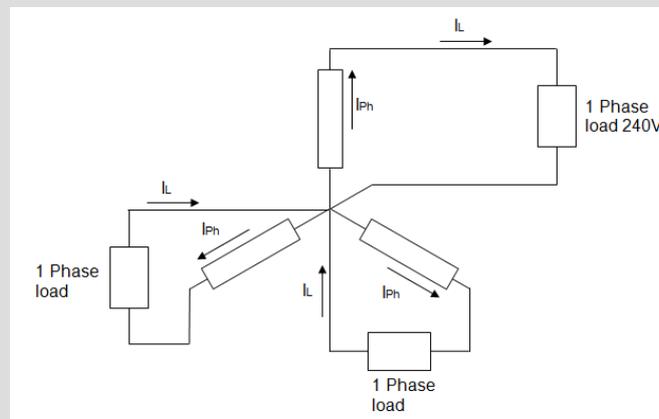
Salida trifásica a 415V / 240V

$I_F = I_L = 100A$

Rating trifásico del alternador = 71.9kVA



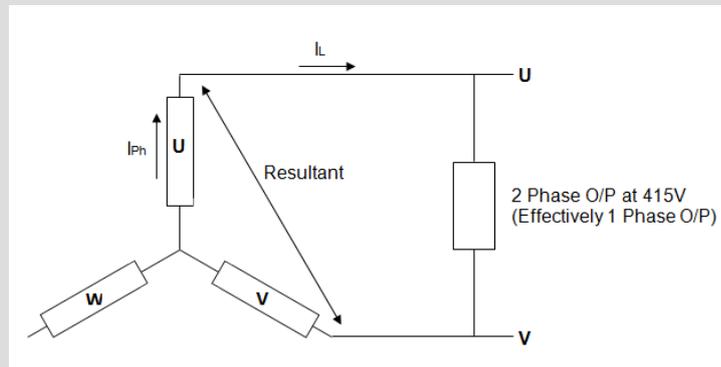
Caso B – 3 salidas monofásicas individuales



$I_F = I_L = 100A$ para cada fase.
 $= 240V \times 100A$ (cada fase) = 24kVA

Rating total del alternador = 24 + 24 + 24 = 72kVA

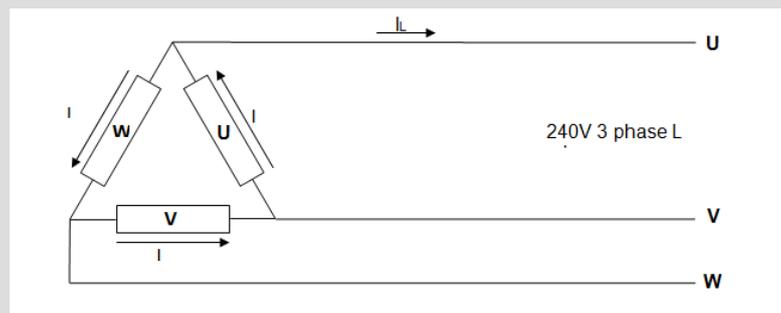
Caso C – Salida bifásica (efectivamente Salida monofásica)



Debido a que la carga monofásica efectiva está siendo "impulsada" por un voltaje resultante y, por lo tanto, la corriente de carga está desfasada con los voltajes de fase generados, la I_L debe reducirse al 75% de I_F . Entonces, I_L será 75A, el voltaje será 415V.

Conexión Delta

Caso A – Salida trifásica, 240 L-L



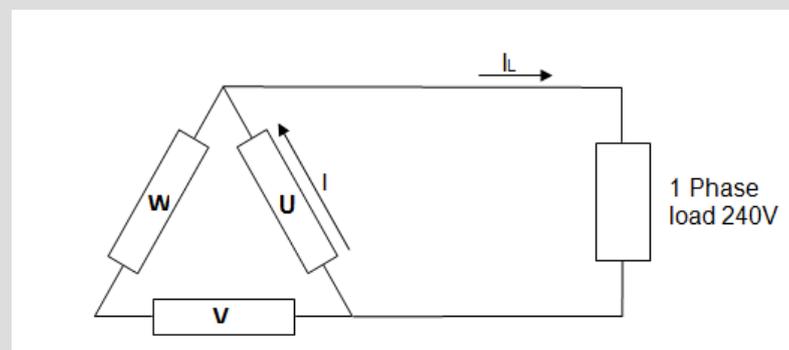
$$I_L = \sqrt{3} I_F$$

$$I_F = 100A$$

$$I_L = 173.2A$$

Rating trifásico del alternador = 71.9kVA

Caso B – Conexión monofásica Delta



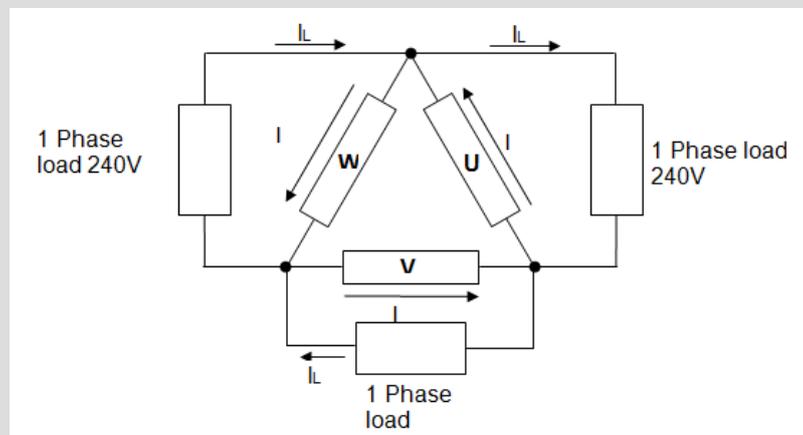
El factor de clasificación monofásico clásico es de 0,67, pero varía de la siguiente manera:

$S_0/S_1 = 58\%$
 $P_0/P_1 = 58\%$
 $UC\ 224\ (S_2) = 67\%$
 $UC\ 274\ (S_3) = 60\%$
 $S_4 = 50\%$
 $HC5\ (S_5) = 40\%$

Por ejemplo: UC 224 (S2):

$71.9\text{kVA} \times 0.67 = 48\text{kVA}$
 $I_L = 200\text{A}$, and $I_F = 100\text{A}$

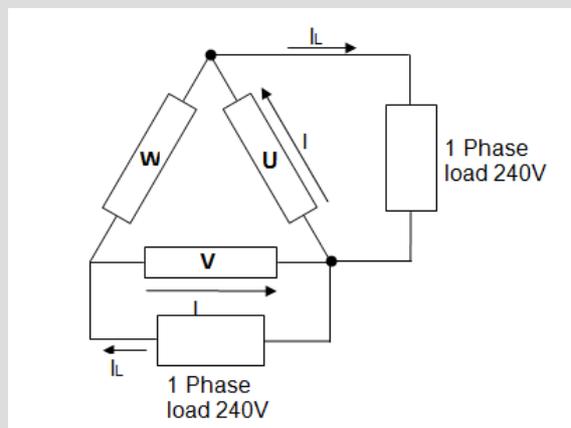
Caso C – 3 salidas monofásicas individuales



$I_F = I_L = 100\text{A}$ para cada fase
 $= 240\text{V} \times 100\text{A}$ (1 fase) = 24kVA

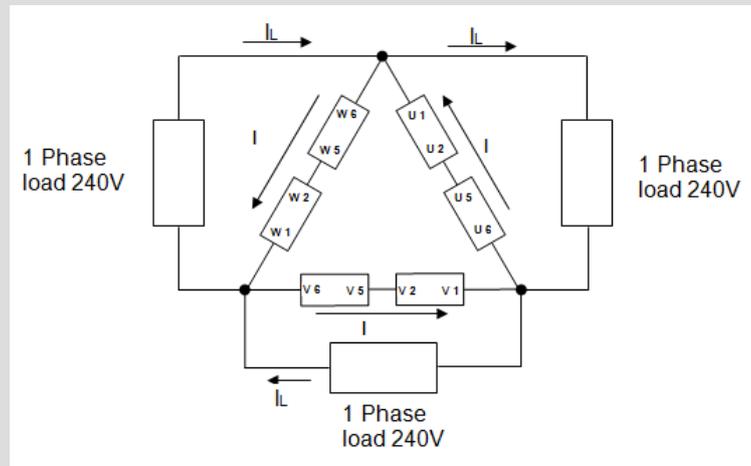
Rating total del alternador = 24 + 24 + 24 = 72kVA

Caso D – 2 salidas monofásicas individuales



Cada carga monofásica puede ser 240V X 100A = 24kVA

Caso E – Conexión Series Delta



$$I_F = I_L = 100A \text{ para cada fase}$$

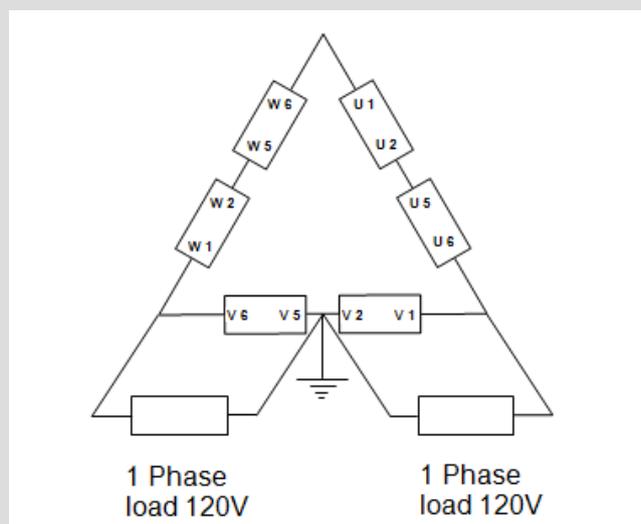
$$= 240V \times 100A \text{ (1 fase)} = 24kVA$$

$$\text{Rating total del alternador} = 24 + 24 + 24 = 72kVA$$

Caso F – Conexión Delta Edison

La conexión trifásica Delta Edison también podría incluir algún 120 V monofásico; sin embargo, una vez que los devanados en la base del triángulo Delta Edison comiencen a proporcionar 1 fase a 120 V, estos devanados ahora deben operarse con menos corriente trifásica.

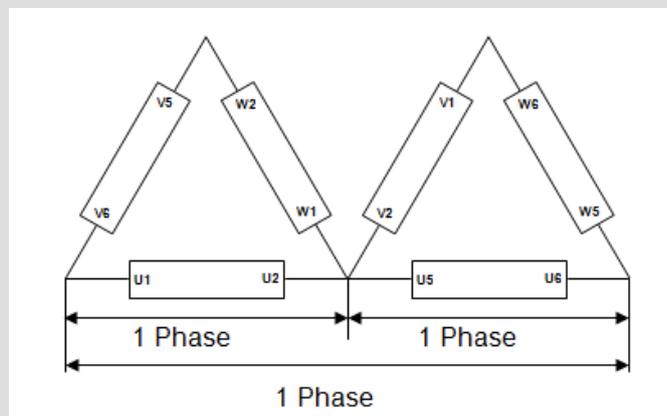
La corriente total en los devanados base nunca debe exceder el nivel de diseño, que es de 100 A para cada fase. Recuerde que, en Delta, donde hay circuitos en Paralelo (que en Estrella no los hay) la corriente de salida a 240V, Trifásica es $\sqrt{3} \times 100A = 173.2A$.



Por lo tanto; tan pronto como se toman 120 V a 100 A (12 kVA) de una de las salidas monofásicas de 120 V, no hay capacidad para ninguna salida trifásica. Es cierto que existen otras salidas monofásicas de 120 V, que también podrían proporcionar unos 12 kVA, pero deben seguir siendo dos salidas individuales separadas.

Nuevamente, es cierto que los dos lados del triángulo delta podrían usarse para salidas monofásicas individuales de 240 V, pero nuevamente el límite es la corriente de fase de 100 A; por lo tanto, $240V \times 100A = 24kVA$. Esta combinación de 240 V trifásico, 240 V monofásico y 120 V monofásico requiere un control muy cuidadoso mediante disyuntores y detección de corriente.

Caso G - Monofásico Dedicado (Doble Delta)



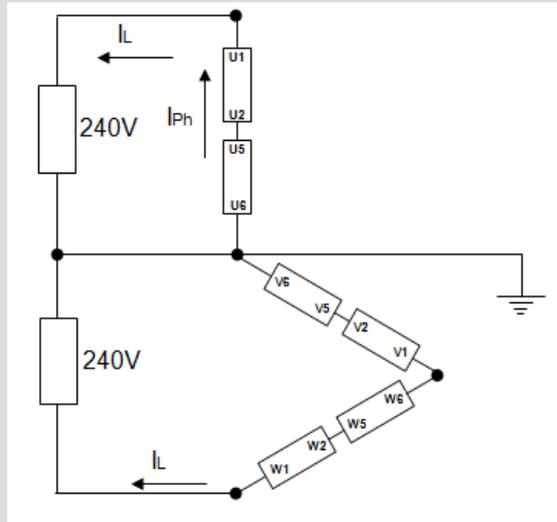
La conexión Delta doble se usa comúnmente para utilizar un devanado trifásico para una salida monofásica. Esta reconexión brinda la posibilidad de una mezcla de salidas de 240V y 120V simultáneamente, pero la corriente a través del devanado inferior cuando se toman 240V y 120V, no debe exceder la corriente total de 200A ($48kVA / 240V$). En efecto, la conexión Doble Delta da un sistema monofásico de 4 hilos. Los devanados 1 a 5 y 2 a 6 se pueden conectar en paralelo para proporcionar los 48 kVA completos (400 A) a 120 V.

Conexión Serie Zig-Zag

A menudo conocida como "suministro rural", la conexión de serie Zig-Zag ofrece un suministro monofásico de 400 V, 50 Hz o 480 V, 60 Hz, que a veces se divide para proporcionar 200 V, 50 Hz o 240 V, 60 Hz; se utiliza típicamente para abastecer propiedades domésticas en áreas aisladas. Esto se conoce como "fase dividida" y se logra utilizando cada punto de toma de 200 V/240 V. Los suministros de fase dividida tienen el potencial de cargas desequilibradas, ya que esto dependería de los requisitos de carga en el área en el momento en que el alternador está funcionando.

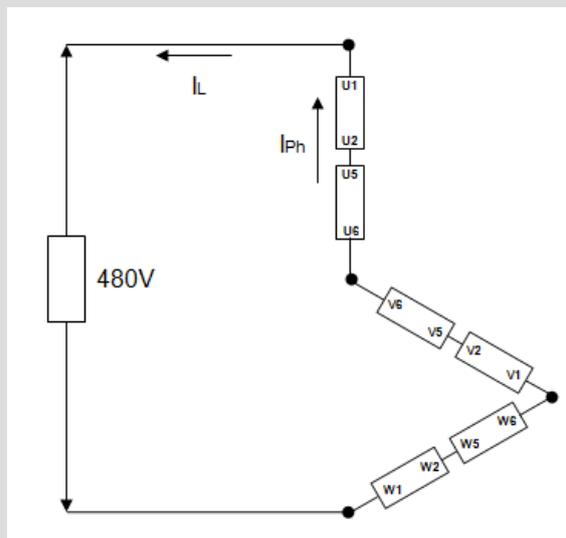
Se puede proveer un suministro rural de 400/200 V, 50 Hz o 480/240 V, 60 Hz, 3 hilos, desde el devanado estándar 311, conectándolo en serie en zig-zag como se muestra en el siguiente dibujo:

Caso A – Soportando 2 cargas individuales a 240V, 60Hz



Soportando dos cargas monofásicas individuales
 Cada carga = 240V X 100A = 24kVA

Caso B – Carga monofásica a 480V, 60Hz



Al admitir una carga individual monofásica de 480 V, debido a que la carga monofásica efectiva está siendo "impulsada" por un voltaje resultante y, por lo tanto, la corriente de carga está desfasada con los voltajes de fase generados, la I_L debe reducirse al 75 % de I_{wdg} .

Entonces, I_L será 75A, el voltaje será 480V y kVA = 480V X 75A = 36kVA.

Puede ponerse en contacto con el departamento de ingeniería de aplicaciones en applications@cummins.com para recibir asistencia con las opciones de reconexión y los cálculos de ratings.