

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 338 607**

(51) Int. Cl.:

H02P 21/14

(2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA LIMITADA

T7

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.07.2007 E 07789948 (2)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras limitación: **26.12.2012 EP 2044684**

(54) Título: **Sistema de suministro de tensión variable**

(30) Prioridad:

**17.07.2006 US 831238 P
14.11.2006 IL 17928406**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente limitada:
23.04.2013

(73) Titular/es:

**POWERSINES LTD. (100.0%)
24 HAHAROSHET STREET
60375 OR YEHUDA, IL**

(72) Inventor/es:

LIMOR, SHIMON

(74) Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

DESCRIPCIÓN

Sistema de suministro de tensión variable

Campo de la invención

La presente invención trata de la provisión de una tensión variable, por ejemplo de un sistema de tensión variable adecuado para arrancar un motor y para hacer funcionar un motor bajo carga reducida.

Antecedentes de la invención

Los motores de inducción suministran una tensión de fuerza contraelectromotriz cuando están en funcionamiento. Durante el arranque, sin fuerza contraelectromotriz, la impedancia de entrada de los motores es relativamente baja y la sobrecarga de tensión es alta. Esto provoca la absorción innecesaria de corrientes desde la fuente (línea). Esto no solo requiere que el motor esté diseñado para soportar estas líneas, sino que la línea debe tener disponibles estas grandes corrientes.

Se han propuesto una serie de soluciones y están en uso, para proporcionar una tensión menor durante el arranque e incrementar la tensión a medida que se incrementa la velocidad del motor.

Un procedimiento es la configuración de "estrella-tríangulo" en la que el motor es alimentado desde un transformador trifásico y los bobinados del motor son conmutados desde una conexión de estrella a la línea de potencia hasta una conexión en triángulo, a medida que se acelera el motor. Esto proporciona dos niveles de tensión para arrancar el motor. Este procedimiento acusa las siguientes desventajas:

1. Solo hay dos niveles de tensión y hay efectos de conmutación que provocan picos de tensión durante el traspaso desde una configuración a la otra.
2. Se necesitan 6 cables entre el controlador de potencia y el motor.
3. La corriente de la línea del motor es idéntica a la corriente en la línea de alimentación, incluso durante el arranque.
4. Los contactores que conmutan entre los 2 modos transportan toda la corriente del motor.
5. La necesidad de grandes resistencias auxiliares para permitir un flujo continuo de corriente durante la conmutación.

Un segundo procedimiento utiliza un autotransformador en derivación para variar la tensión. En este procedimiento, la tensión hasta el motor es suministrada a través de un autotransformador reductor que tiene múltiples tomas. El motor es conectado primero a la toma más baja y, a medida que el motor se acelera, la entrada del motor es transferida sucesivamente a tensiones mayores cambiando la toma que suministra la tensión. Este procedimiento acusa una serie de diferentes deficiencias. Una es la necesidad de conmutar toda la tensión que se está utilizando, cada vez que se cambia la tensión. Una segunda deficiencia es que la bobina y el núcleo del transformador deben estar diseñados para transportar la corriente de arranque del motor. Esto hace al transformador muy grande y costoso, siendo comunes tamaños similares a los del propio motor. Una tercera deficiencia es que hay serios problemas de conmutación, puesto que la salida se desconecta cada vez que se cambia la toma. Por esta razón, esta metodología no se utiliza extensivamente. En cuarto lugar, los contactores han de llevar toda la corriente cuando se conmutan las tensiones.

Un tercer procedimiento utiliza el control de fase para variar la tensión. En este procedimiento se utilizan tiristores para controlar la tensión, y la fase de encendido de los tiristores se utiliza para variar la tensión distribuida a una salida. Este procedimiento no distribuye una tensión sinusoidal y son bien conocidas sus ineficiencias en los motores de arranque. En concreto, hay un retardo de fase intrínseco, especialmente durante el arranque y los transitorios de recuperación de potencia cuando se enciende el tiristor. Además, generalmente no es posible utilizar condensadores para mejorar el factor de potencia con control de fase.

Otra cuestión que surge con el control de los motores de inducción es que su máxima eficiencia es a plena carga. Cuando la carga se reduce, las pérdidas del núcleo siguen siendo elevadas y la eficiencia cae. Es sabido que reducir la tensión en los motores de inducción cuando la carga es menor que el valor nominal tiene como resultado un funcionamiento más eficiente. Sin embargo, no se conoce ninguna forma práctica de implementar tal cambio.

La patente de Israel 133307 presentada el 5 de diciembre de 199 ___, describe un sistema para el control de la iluminación en el que un transformador primario está situado a través de la entrada (entre las conexiones de "línea" y "retorno") y el secundario está en serie entre la carga y la línea. El secundario está enrollado y montado para oponerse a (y por lo tanto reducir) la tensión de línea suministrada a la carga. Esto proporciona a la carga una tensión reducida. Cuando se necesita la tensión máxima, la entrada del transformador se desconecta del retorno y se cortocircuita, forzando a cero la tensión en el secundario. A continuación el secundario puede ser cortocircuitado. Pueden suministrarse múltiples etapas de transformador para proporcionar una mayor variación en tensiones de carga. Para tres fases, esta configuración se repite tres veces.

Sumario de la invención

Un aspecto de algunas realizaciones de la presente invención está relacionado con suministrar una tensión variable a una carga, con lo que se proporcionan más de dos tensiones diferentes a la carga, sin la utilización de elementos activos y sin problemas sustanciales de comutación.

5 Tal como se utiliza en el presente documento, la expresión "sin la utilización de elementos activos" o similar, significa que los dispositivos activos tales como los transistores y los tiristores no se utilizan en el circuito de potencia entre la entrada y la carga.

En un aspecto general de la invención, la entrada de potencia es una entrada de potencia trifásica y el circuito de potencia incluye un secundario de un transformador trifásico cuyo primario es configurable, de tal modo que la fase de la tensión del secundario es diferente respecto de la línea a la que está conectado, mediante una diferencia de fase entre 0 y 180 grados.

10 En una realización de la invención los primarios son conmutables entre al menos dos posiciones, al menos una de las cuales es (1) una posición en la que el primario está conectado entre dos fases de entrada; (2) una posición en la que el primario está conectado entre una primera fase de entrada y neutro; y (3) una posición en la que el primario está conectado entre una segunda fase de entrada y neutro. Preferentemente, en una cuarta configuración (4) el primario está desconectado y el secundario está opcionalmente cortocircuitado. Esta configuración puede proporcionar al menos 4 tensiones de salida diferentes. Tal como se utiliza en el presente documento, el término "neutro" significa un neutro real o bien virtual, es decir, un punto de tensión casi cero formado cuando se conecta conjuntamente un extremo de las fases.

15 20 En una realización de la invención, cuando se arranca un motor, el primario está conectado entre la misma fase que alimenta el secundario y una segunda fase. La tensión de salida para la fase concreta es la suma de la tensión de entrada para esa fase y la tensión transformada entre fases. Esta tensión puede ser mayor de la tensión de entrada o menor que la tensión de entrada. Para el arranque del motor se utiliza la configuración del bobinado que reduce la tensión. Asumiendo como ejemplo que la tensión de entrada es de 400 voltios (tensión entre fases) y que la relación de transformación es de 400 a 110 V, la tensión de salida entre fases resultante es de 253 V (sin carga). Si el primario es conmutado entre la segunda fase y neutro, la tensión de salida entre fases se incrementa a 289 V (sin carga). Se observa que, puesto que el secundario permanece conectado entre la entrada y la salida, no hay tensiones de comutación generadas por el cambio. Opcionalmente, a través de los primarios se utiliza un dispositivo de retención u otro circuito de reducción de picos.

25 30 A continuación, el primario se conmuta a través de una segunda fase y neutro. La tensión de salida entre fases resultante es de 356 V (sin carga). A continuación, el primario se desconecta de la entrada y el secundario es cortocircuitado. La tensión de salida es ahora igual que la tensión de entrada, en concreto 400 V.

35 Escogiendo otras relaciones de transformación puede conseguirse otros niveles de tensión. Además, cambiando el sentido de conexión del primario, pueden conseguirse tensiones adicionales mayores que la tensión de entrada. En los casos descritos, podría conseguirse una tensión de 600, 515, y 460 V, además de 400 V. Asimismo pueden conseguirse otras tensiones mediante otras conexiones.

40 Se observa que el transformador transforma solo un pequeño porcentaje de la tensión utilizada por la carga. Así, el transformador puede ser más pequeño que los transformadores utilizados en los procedimientos de variación de potencia de la técnica anterior, como son los procedimientos de autotransformador de estrella-tríangulo y en derivación.

45 En la segunda realización de la invención se realizan menos comutaciones y se consiguen niveles de tensión de entrada menores.

50 En algunas realizaciones de la invención, como se ha indicado anteriormente, los primarios están conectados directamente a través de las líneas de entrada y los bobinados secundarios están conectados en serie en el lado de la carga de la conexión de los primarios en paralelo. En realizaciones alternativas de la invención, los bobinados secundarios están conectados en serie al lado de la línea y la conexión paralela de los primarios está en el lado de la carga, tras los bobinados secundarios. En otra realización alternativa de la invención, un lado de cada primario está conectado en el lado de la línea de los bobinados secundarios y el otro lado del bobinado primario está conectado en el lado de carga de los bobinados secundarios.

55 50 Un aspecto de algunas realizaciones de la invención está relacionado con el ajuste de la tensión a un motor para proporcionar un funcionamiento más eficiente cuando cambia la carga. Es sabido que un motor de inducción puede funcionar a una tensión menor que su tensión nominal cuando la potencia mecánica suministrada por el motor es menor que su potencia nominal. Cuando se maneja a esta tensión menor, el factor de potencia del motor se incrementa teniendo como resultado unas pérdidas menores en el motor y en los transformadores, y una menor disrupción del sistema de potencia.

En una realización de la invención, se mide la potencia suministrada al motor que es alimentada por la fuente de alimentación. A continuación se reduce la tensión, opcionalmente utilizando la tecnología descrita anteriormente, hasta una tensión que proporcione un factor de potencia mejorado, mientras se sigue suministrando potencia a una corriente por debajo de la corriente nominal del motor y del transformador.

- 5 Si bien la invención se ha descrito en el contexto de sistemas trifásicos, algunos elementos de la invención son también aplicables (con menos niveles de tensión) a sistemas de dos fases y también a cambios de tensión de la potencia en sistemas de una fase.

De este modo se proporciona, de acuerdo con una realización de la invención, aparatos para controlar la tensión suministrada a una carga, que comprenden:

- 10 un transformador multifásico que tiene un bobinado primario y un bobinado secundario para cada fase, estando conectado cada secundario en serie entre una línea de entrada y una salida conectada a la carga; y el primario es configurable mediante conmutadores, de modo que la fase de la tensión del secundario es diferente respecto de la línea a la que está conectado, mediante una diferencia de fase entre 0 y 180 grados.

En una realización de la invención, el conmutador comprende:

- 15 una pluralidad de conmutadores, comutables para conmutar la entrada de cada uno de los primarios de modo que estos se conectan selectivamente en más de una de una serie de configuraciones que incluyen al menos una configuración en la que los diversos primarios están conectados entre:

- (a) la fase de entrada a la que está conectado su secundario, y otra fase de entrada;
 (b) la fase de entrada a la que está conectado su secundario, y un neutro o un neutro virtual;
 20 (c) dos fases diferentes respecto de la fase de entrada a la que está conectado su secundario; y
 (d) una fase diferente respecto de la fase de entrada a la que está conectado su secundario y un neutro o un neutro virtual.

En una realización de la invención, la pluralidad de conmutadores es capaz asimismo de (e) cortocircuitar los primarios. Opcionalmente, para (e), el secundario respectivo es también cortocircuitado.

- 25 En una realización de la invención, los primarios y los secundarios están configurados de modo que la tensión a la salida es menor que la tensión de línea para cada uno de (a) a (d).

En una realización de la invención, la pluralidad de conmutadores es comutable para conmutar la entrada de cada uno de los primarios de manera que estos son conectables selectivamente entre dos, tres o la totalidad de (a) a (d).

- 30 En una realización de la invención, la conmutación para (a) a (d) tiene lugar solo con respecto a los primarios de los transformadores.

En una realización de la invención, para conmutar entre cualesquiera de (a) a (d) no es necesaria ninguna conmutación en las líneas entre la entrada y la carga.

En una realización de la invención, la tensión a la salida es mayor de la tensión de línea para al menos una configuración de los conmutadores.

- 35 En una realización de la invención, los conmutadores pueden invertir la polaridad de al menos una de las conexiones.

En una realización de la invención, el transformador multifásico es un transformador trifásico y la entrada es una fuente de tensión trifásica.

- 40 En una realización de la invención, los bobinados primarios están conectados directamente a través de las entradas de línea y los bobinados secundarios están conectados en serie a las líneas, en el lado de carga de la conexión en paralelo.

En una realización alternativa de la invención, los bobinados secundarios están conectados en serie con las entradas de línea y los bobinados primarios están conectados en paralelo a las líneas en el lado de carga de los bobinados secundarios.

- 45 En otra realización alternativa de la invención, un lado de cada primario está conectado en el lado de la línea de los bobinados secundarios y el otro del bobinado primario está conectado en el lado de carga de los bobinados secundarios.

Además, de acuerdo con una realización de la invención, se proporciona un procedimiento de variación de la tensión a una carga, que comprende:

- 50 conectar aparatos de acuerdo con la invención entre una entrada multi-fase y una carga;

variar la tensión de salida en al menos una etapa, conmutando secuencialmente los primarios entre configuraciones diferentes correspondientes a diferentes tensiones a través del secundario.

Opcionalmente, la tensión de salida se varía por etapas desde una tensión menor a una tensión mayor.

5 Opcionalmente, se miden las características de la carga y el incremento de tensión se detiene cuando las características alcanzan un criterio dado.

Opcionalmente, la carga es un motor de inducción.

Además se proporciona, de acuerdo con una realización de la invención, un procedimiento de variación de la tensión a un motor de inducción, que comprende:

10 conectar un aparato para controlar la potencia a una carga entre una entrada y un motor de inducción; medir las características del motor de inducción bajo una tensión dada; determinar si aumentar o reducir la tensión en función de las características; y variar la tensión de salida en respuesta a la determinación.

Opcionalmente, el aparato es un aparato de acuerdo con la invención.

Opcionalmente, la tensión de la línea de salida es mayor de 270 voltios RMS.

15 Opcionalmente, la carga es un motor trifásico.

Breve descripción de los dibujos

Se proporciona la siguiente descripción detallada de ciertas realizaciones no limitativas de la invención, para aclarar la invención y para presentar el mejor modo conocido por el inventor para llevar a cabo la invención.

20 La descripción detallada debe leerse junto con los dibujos listados a continuación. Cuando procede, se utilizan los mismos números de referencia en las diversas figuras para referirse a elementos iguales o similares.

La figura 1 es un dibujo esquemático de un circuito de un sistema de accionamiento que activa un motor, de acuerdo con una realización a modo de ejemplo de la invención;

La figura 2 es un dibujo de un circuito de un transformador y commutadores asociados en el sistema de accionamiento, de acuerdo con una realización de la invención;

25 Las figuras 3A y 3B son respectivamente las conexiones del circuito de la figura 2 y un diagrama de fasores para una primera configuración en la que se consigue una tensión menor;

Las figuras 4A y 4B son respectivamente las conexiones del circuito de la figura 2 y un diagrama de fasores para una segunda configuración en la que se consigue una primera tensión mayor;

30 Las figuras 5A y 5B son respectivamente las conexiones del circuito de la figura 2 y un diagrama de fasores para una tercera configuración en la que se consigue una segunda tensión mayor;

Las figuras 6A y 6B son respectivamente las conexiones del circuito de la figura 2 y un diagrama de fasores para una cuarta configuración en la que la tensión de línea es distribuida al motor;

La figura 7 es un dibujo de un circuito de un transformador y los commutadores asociados en el sistema de accionamiento, de acuerdo con una realización de la invención;

35 La figura 8 es un dibujo de un circuito de un transformador y los commutadores asociados en el sistema de accionamiento, de acuerdo con otra realización de la invención; y

La figura 9 es un diagrama de flujo de una metodología de control de la tensión de un motor de inducción para adaptar la tensión a la carga en el motor.

Descripción detallada

40 La figura 1 es un dibujo esquemático de un circuito de un controlador de potencia (sistema de accionamiento) 100 que activa un motor 102, de acuerdo con una realización a modo de ejemplo de la invención. Tal como se muestra, el controlador de potencia 100 recibe potencia trifásica en las fases L1, L2 y L3 a una primera tensión, y distribuye potencia al motor 100 a una tensión de salida variable en las fases U, V y W. El motor activa una carga 104. Puede proporcionarse un neutro N al motor. Un controlador 106 controla el funcionamiento de los controladores de potencia y puede ser sensible a entradas procedentes de un módulo de medición 108 opcional, como se explica posteriormente.

45 La figura 2 muestra algunos detalles de los circuitos del controlador 100 de potencia, en una realización a modo de ejemplo de la invención. En su forma más simple, el controlador de potencia comprende un transformador trifásico que tiene primeros bobinados designados como P1, P2 y P3 y bobinados secundarios S1, S2 y S3. Los bobinados secundarios están conectados en serie entre las entradas de línea y la carga. Además, el controlador de potencia incluye una serie de commutadores trifásicos K1, K2, K3 y K4, que son eficaces para conectar los bobinados primarios a través de líneas de entrada de diferentes modos.

Adicionalmente, se utiliza un conmutador trifásico opcional K6 para cortocircuitar los bobinados secundarios bajo ciertas circunstancias.

Las configuraciones principales de los conmutadores se ilustran en las siguientes figuras.

- 5 Las figuras 3A y 3B son respectivamente las conexiones del circuito de la figura 2 y un diagrama vectorial para una primera configuración en la que se distribuye una tensión mínima a la carga.

La figura 3A muestra el circuito de la figura 2 cuando los conmutadores K1 y K3 están cerrados y los otros conmutadores están abiertos. En esta configuración, P1 está conectado entre las fases 1 y 2 de la línea, P2 está conectado entre las fases 2 y 3 de la línea y P3 está conectado entre las fases 3 y 1 de la línea.

- 10 Puesto que la fase de la tensión aplicada a los primarios es de 30° de desfase con la línea a la que está conectado el secundario, se tiene como resultado el diagrama de fases mostrado en la figura 3B. A modo de ilustración, y sin limitar la invención, se asume una relación primario a secundario de 400/100 y se asume que la tensión de entrada es de 400 voltios.

Para las direcciones de los bobinados mostradas, las tensiones de salida U, V, W entre fases resultantes son 253 voltios.

- 15 Las figuras 4A y 4B son respectivamente las conexiones del circuito de la figura 2 y un diagrama de fasores para una segunda configuración en la que se distribuye a la carga una siguiente tensión superior.

La figura 4A muestra el circuito de la figura 2 cuando los conmutadores K1 y K4 están cerrados y los otros conmutadores están abiertos. En esta configuración, cada uno de P1, P2 y P3 está conectado entre su propia fase y neutro. Opcionalmente, la conexión puede ser a un neutro real o a un neutro virtual N' formado por la conexión de un extremo de los transformadores a un mismo punto.

- 20 Puesto que la fase de la tensión aplicada a los primarios está en fase con la línea a la que está conectado el secundario, se tiene como resultado el diagrama de fases mostrado en la figura 4B. A modo de ilustración, y sin limitar la invención, se asume una relación primario a secundario de 400/100 y se asume que la tensión de entrada es de 400 voltios. Puesto que la tensión de cada uno de los bobinados P es de 253 voltios, las tensiones secundarias son de 63 voltios, desfasadas respecto de las tensiones de la línea de entrada. Entonces las tensiones U, V, W entre fases son de 289 V.

- 25 Se observa que cuando se conmuta (es deseable un contacto no cortocircuitante) entre las configuraciones de las figuras 3A y 4B, la corriente del motor no se interrumpe, aunque los bobinados secundarios proporcionan momentáneamente una impedancia elevada, puesto que el primario está en circuito abierto. Opcionalmente, a través de los primarios se utiliza un dispositivo de retención u otro circuito de reducción de picos.

30 Las figuras 5A y 5B son respectivamente las conexiones del circuito de la figura 2 y un diagrama de fasores para una tercera configuración en la que se distribuye a la carga una siguiente tensión superior.

- 35 La figura 5A muestra el circuito de la figura 2 cuando los conmutadores K2 y K3 están cerrados y los otros conmutadores están abiertos. En esta configuración, cada uno de P1, P2 y P3 está conectado entre otra fase y neutro.

- 40 Puesto que la fase de la tensión aplicada a los respectivos primarios es de 60° de desfase con la línea a la que está conectado el secundario, se tiene como resultado el diagrama de fases mostrado en la figura 5B. A modo de ilustración, y sin limitar la invención, se asume una relación primario a secundario de 400/100 y se asume que la tensión de entrada es de 400 voltios. Puesto que la tensión en cada uno de los bobinados P es de 253 V, las tensiones secundarias son de 63 voltios. Entonces las tensiones U, V, W entre fases son de 356 V.

45 Las figuras 6A y 6B son respectivamente las conexiones del circuito de la figura 2 y un diagrama de fasores para una cuarta configuración en la que la tensión de línea de entrada es distribuida a la carga.

- 50 La figura 6A muestra el circuito de la figura 2 cuando los conmutadores K2 y K4 están cerrados y los otros conmutadores están abiertos, excepto que K6 puede opcionalmente estar cerrado. En esta configuración, cada uno de P1, P2 y P3 están desconectados de la línea y cortocircuitados y los secundarios opcionalmente están también cortocircuitados. De este modo, ninguna tensión sustancial se opone a la tensión de la línea de entrada y dicha tensión, en concreto 400 V, se aplica directamente al motor.

Debe entenderse que cortocircuitar los secundarios no es absolutamente necesario. Sin embargo, preferiblemente son cortocircuitados para evitar pérdidas en el núcleo y/o en la conducción en el transformador.

- 55 Si se requiere menos etapas de tensión, entonces se puede reducir el número de conmutadores en el lado del primario. Por ejemplo, si K3 y K4 son sustituidos por cortocircuitos, cerrar K1 y mantener al mismo tiempo abiertos K2 y K6 tendrá como resultado la configuración de la figura 3A y suministrará una tensión de 253 voltios a la carga. Abrir K1 y cortocircuitar K2 y opcionalmente K6 tendrá como resultado la configuración de la figura 6A y distribuirá la

tensión de la línea de entrada a la carga.

De este modo, la presente invención se ha descrito en el contexto de proporcionar a la carga tensiones inferiores o iguales a las de la tensión de línea, como por ejemplo para arrancar un motor de inducción. Sin embargo, puede utilizarse una configuración similar para proporcionar a la carga una o más tensiones superiores a la tensión de la línea, si se invierten los bobinados en el transformador (o las conexiones primaria o secundaria), por ejemplo invirtiendo las conexiones del primario. Dichas configuraciones pueden ser útiles cuando se requiere para el arranque una tensión mayor de la tensión de marcha o cuando se consideran deseables más etapas de tensión. Proporcionar etapas intermedias puede requerir más conmutadores.

Análogamente, pueden conseguirse más etapas intermedias conmutando los primarios de diferentes formas, por ejemplo, conectando los primarios entre una fase diferente desde el secundario. Sin embargo, se observa que en las realizaciones preferidas mostradas, toda la conmutación es en el lado de baja corriente y no hay conmutadores en el circuito principal de corriente.

En la realización (100) descrita anteriormente y mostrada en las figuras 2 a 6, los primarios están conectados directamente a través de las líneas de entrada y los bobinados secundarios están conectados en serie en el lado de carga de la conexión paralela de los primarios. En realizaciones alternativas de la invención, los bobinados secundarios están conectados en serie al lado de la línea y la conexión paralela de los primarios está en el lado de la carga, tras los bobinados secundarios.

La figura 7 muestra una conexión semejante, para un controlador de potencia 200, en la que cada una de las referencias para los bobinados y los conmutadores es igual que en la figura 2. El funcionamiento del controlador de potencia 200 es análogo al del controlador de potencia 100 y las mismas conmutaciones tienen como resultado las mismas tensiones que se ha descrito anteriormente. En algunas realizaciones de la invención, el controlador 200 sustituye al controlador 100 de la figura 1.

En algunas realizaciones de la invención, el objetivo es adaptar la tensión en un motor de inducción u otra carga, cuando la carga se reduce. Para un motor de inducción, para cualquier carga mecánica dada, la velocidad de rotación y la corriente absorbida se ajustan por sí mismas automáticamente para adaptarse a la carga mecánica. Cuando se reduce la carga, la velocidad se incrementa de manera que está más próxima a la velocidad sincrónica y la corriente cae, cayendo asimismo el factor de potencia y la eficiencia. En una realización de la invención, la tensión aplicada se ajusta de manera que el motor funciona casi a corriente y potencia nominales plenas para dicha tensión de entrada.

En otra realización alternativa de la invención, un lado de cada primario está conectado en el lado de la línea de los bobinados secundarios y el otro lado del bobinado primario está conectado en el lado de carga de los bobinados secundarios.

La figura 8 muestra una conexión semejante, para un controlador de potencia 300, en la que cada una de las referencias para los bobinados y los conmutadores es igual que en la figura 2. El funcionamiento del controlador de potencia 300 es análogo al del controlador de potencia 100 y las mismas conmutaciones tienen como resultado las mismas tensiones que se ha descrito anteriormente. En algunas realizaciones de la invención, el controlador 300 sustituye al controlador 100 de la figura 1.

Si bien el funcionamiento de las realizaciones de las figuras 7 y 8 es similar en general a la figura 2, las tensiones (y las relaciones preferidas del transformador) pueden ser algo diferentes, dependiendo de la utilización de la invención. Por ejemplo, para la realización de la figura 7, con un primario nominal de 230 V y un secundario de 110 V, las tensiones de salida son de 220 V, 250 V, 300 V y 400 V para el cortocircuitado de K1, K3; K1, K4; K2, K3; y K2, K4 y K6, respectivamente. Por ejemplo, para la realización de la figura 8, con un primario nominal de 280 V y un secundario de 120 V, las tensiones de salida son de 230 V, 260 V, 320 V y 400 V para el cortocircuitado de K1, K3; K1, K4; K2, K3; y K2, K4 y K6, respectivamente. Se destaca que para la totalidad de las tres realizaciones, está disponible una amplia variedad de relaciones primario/secundario y puede ser ajustada para proporcionar una variedad de valores de tensión en las diversas etapas.

El ajuste de la tensión puede realizarse automáticamente en respuesta a una medición de las RPM del motor, o de la corriente absorbida o de la fase de la corriente.

Volviendo a la figura 1, el módulo de medición 108 se utiliza para medir uno o más indicadores de la carga del motor 102. Dichos indicadores incluyen la potencia al motor, la fase de la corriente (con respecto a la tensión) de la entrada de potencia al motor, la velocidad de rotación del motor y la corriente. Alternativamente, las características eléctricas del motor pueden ser medidas más arriba del controlador de potencia.

Cada uno de estos indicadores puede ser utilizado para calcular si el motor está funcionando a una tensión apropiada para la carga mecánica o si la tensión distribuida al motor es demasiado elevada para el funcionamiento más eficiente.

En concreto, cuando la entrada de potencia del motor está por debajo del umbral dado para cualquier tensión de entrada dada, entonces se asume que la tensión se puede reducir de manera segura (con un incremento concomitante de corriente) para suministrar la misma carga mecánica. Si la fase de la corriente se retrasa respecto de la fase de la tensión es más de un valor dado, entonces puede alcanzarse la misma asunción. Análogamente,

- 5 una velocidad de rotación que está más próxima que cierto valor a la velocidad sincrónica del motor indica que el motor está a baja carga para la tensión de entrada al motor.

En cada uno de estos casos, el controlador 106 determina si el motor puede distribuir la potencia requerida a la siguiente tensión disponible y seguir dentro de un límite de corriente que sea el característico del motor. Si puede, entonces la tensión suministrada por el controlador de potencia 100 es ajustada a la siguiente tensión inferior disponible. Análogamente, el controlador 106 puede determinar, en función de características operativas suministradas por el módulo de medición 108, que el motor está cerca de la máxima potencia que puede conseguir a la tensión que está siendo suministrada. En este caso, el controlador 106 puede cambiar los patrones de conmutación en el controlador de potencia 100, 200 o 300 para suministrar una tensión superior al motor.

10 La figura 9 es un diagrama de flujo de una metodología 700 de control de la tensión de un motor de inducción para adaptar la tensión a la carga en el motor. En 702 se determinan las características del motor. En 704, las características del motor son comparadas con criterios para determinar si la tensión puede ser incrementada o disminuida, como se ha descrito anteriormente. Si la tensión es la tensión "correcta" para la carga, el módulo 108 y el controlador 106 siguen monitorizando si es deseable un cambio en la tensión. Si se determina que la tensión es reducible, entonces se reduce en 706. Si se determina que debería incrementarse, entonces se incrementa en 708.

15 En cada caso, las características son monitorizadas para determinar si la tensión es apropiada.

Opcionalmente, el controlador 106 incorpora información relacionada con las características operativas del motor y utiliza estas características para determinar si conmuta el motor a la siguiente tensión superior o inferior.

20 Debe entenderse que cuando se arranca el motor, las mediciones de las características operativas del motor pueden indicar que el motor no necesita la máxima tensión disponible para suministrar la potencia requerida por el motor. En estas circunstancias, opcionalmente no se llevan a cabo una o más de las operaciones de conmutación a las tensiones superiores.

25 Si bien se ha explicado el uso de un controlador de potencia para reducir o controlar la tensión suministrada al motor en función de características de funcionamiento del motor utilizando el controlador de potencia 100, 200 o 300 descrito anteriormente, pueden utilizarse para este propósito otros controladores de potencia conocidos en la técnica.

30 También deberá entenderse que, si bien es deseable monitorizar las características del motor para determinar cuándo conmutar las tensiones, en algunas realizaciones de la invención la conmutación se lleva a cabo automáticamente durante el arranque del motor, teniendo lugar la conmutación en un tiempo dado después de la conmutación previa o después de que la corriente de entrada caiga por debajo de cierto valor o por debajo de un porcentaje de su valor inicial. En este caso, puede considerarse que el controlador consiste en un temporizador o en un simple aparato de medición de corriente.

35 Se apreciará que los procedimientos descritos anteriormente pueden variarse de muchas maneras, incluyendo cambiar el orden de las etapas y/o llevar a cabo simultáneamente una serie de etapas. También se apreciará que la descripción de los procedimientos y aparatos descritos anteriormente debe interpretarse incluyendo aparatos para llevar a cabo los procedimientos, y procedimientos de utilización de los aparatos. La presente invención se ha descrito utilizando descripciones detalladas no limitativas de realizaciones de la misma, que se proporcionan a modo de ejemplo y no están concebidas para limitar el alcance de la invención. Debe entenderse que las características y/o las etapas descritas con respecto a una realización pueden ser utilizadas con otras realizaciones, y que no todas las realizaciones de la invención tienen la totalidad de las características y/o de las etapas mostradas en una figura concreta o descritas con respecto a una de las realizaciones. A los expertos en la materia se les ocurrirán variaciones de realizaciones descritas. Además, los términos "comprende", "incluye", "tiene" y sus conjugados significan, cuando se utilizan en las reivindicaciones, "incluye pero no necesariamente se limita a".

40 Debe observarse que algunas de las realizaciones descritas anteriormente pueden describir el mejor modo contemplado por los inventores y, por lo tanto, pueden incluir estructuras, actos, o detalles de estructuras y actos, que pueden no ser esenciales para la invención y que se describen como ejemplos. Las estructuras y actos descritos en el presente documento son sustituibles por equivalentes que llevan a cabo la misma función, incluso si la estructura o los actos son diferentes, tal como se sabe la técnica. Por lo tanto, el alcance de la invención está limitado solo por los elementos y las limitaciones según se utilizan en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para controlar una tensión trifásica suministrada a una carga, que comprende:

un transformador multifásico que tiene un bobinado primario y un bobinado secundario para cada fase, estando cada secundario conectado en serie entre una línea de entrada y una salida conectada a la carga; y el primario es configurable mediante commutadores para poner el primario entre algunas de las diferentes fases, de manera que la fase de la tensión del secundario es diferente de la línea a la que éste está conectado mediante una fase diferente de 0 y 180 grados; en el que dicha commutación entre configuraciones es sin cortocircuito.

2. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los commutadores comprenden:

una pluralidad de commutadores, comutables para conmutar la entrada de cada uno de los primarios de modo que estos se conectan selectivamente en más de una de una pluralidad de configuraciones que incluyen al menos una configuración en la que los diversos primarios están conectados entre:

- (a) la fase de entrada a la que está conectado su secundario y otra fase de entrada;
- (b) la fase de entrada a la que está conectado su secundario y un neutro o un neutro virtual;
- (c) dos fases diferentes respecto de la fase de entrada a la que está conectado su secundario; y
- (d) una fase diferente respecto de la fase de entrada a la que está conectado su secundario y un neutro o un neutro virtual.

3. Aparato de acuerdo con la reivindicación 2 en el que la pluralidad commutadores es también capaz de (e) cortocircuitar los primarios.

4. Aparato de acuerdo con la reivindicación 3 en el que para (e), el secundario respectivo está también cortocircuitado.

5. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4 en el que los primarios o secundarios están configurados de manera que la tensión a la salida es menor que la tensión de línea para cada uno de (a) a (d).

6. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5 en el que la pluralidad de commutadores es comutable para conmutar la entrada de cada uno de los primarios de manera que estos pueden conectarse selectivamente entre dos o más de (a) a (d).

7. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6 en el que la pluralidad de commutadores es comutable para conmutar la entrada de cada uno de los primarios de manera que estos son conectables selectivamente entre tres o más de (a) a (d).

8. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7 en el que la commutación para (a) a (d) tiene lugar solo con respecto a los primarios de los transformadores.

9. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 8 en el que para conmutar entre cualesquier de (a) a (d) no es necesaria commutación en las líneas entre la entrada y la carga.

10. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que la tensión a la salida es mayor que la tensión de línea para al menos una configuración de los commutadores.

11. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que los commutadores pueden invertir la polaridad de al menos una de las conexiones.

12. Un procedimiento para variar la tensión a una carga, que comprende:

controlar el aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 entre una entrada multifásica y una carga; variar la tensión de salida en al menos una etapa, conmutando secuencialmente los primarios entre configuraciones diferentes correspondientes a diferentes tensiones a través del secundario.

13. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12 en el que la tensión de salida se varía por etapas desde una tensión menor a una tensión mayor.

14. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13 en el que se miden las características de la carga y en el que se cesa el incremento de tensión cuando las características alcanzan unos criterios dados.

15. Un procedimiento de variación de la tensión en un motor de inducción, que comprende:

conectar un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-11, para controlar la potencia a una carga entre una entrada y un motor de inducción; medir las características del motor de inducción bajo una tensión dada;

determinar si aumentar o reducir la tensión en función de las características; y variar la tensión de salida en respuesta a la determinación.

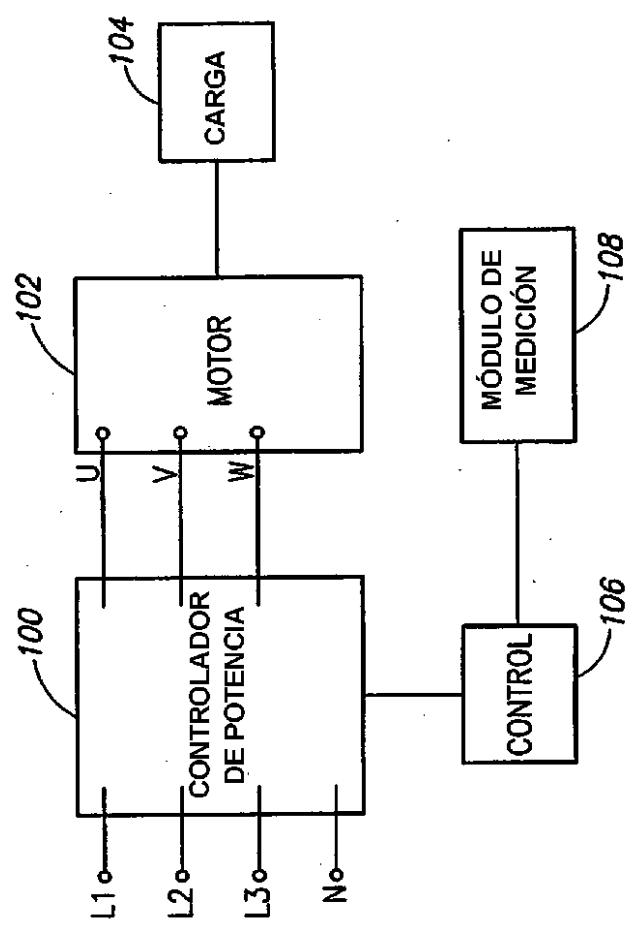


FIG.1

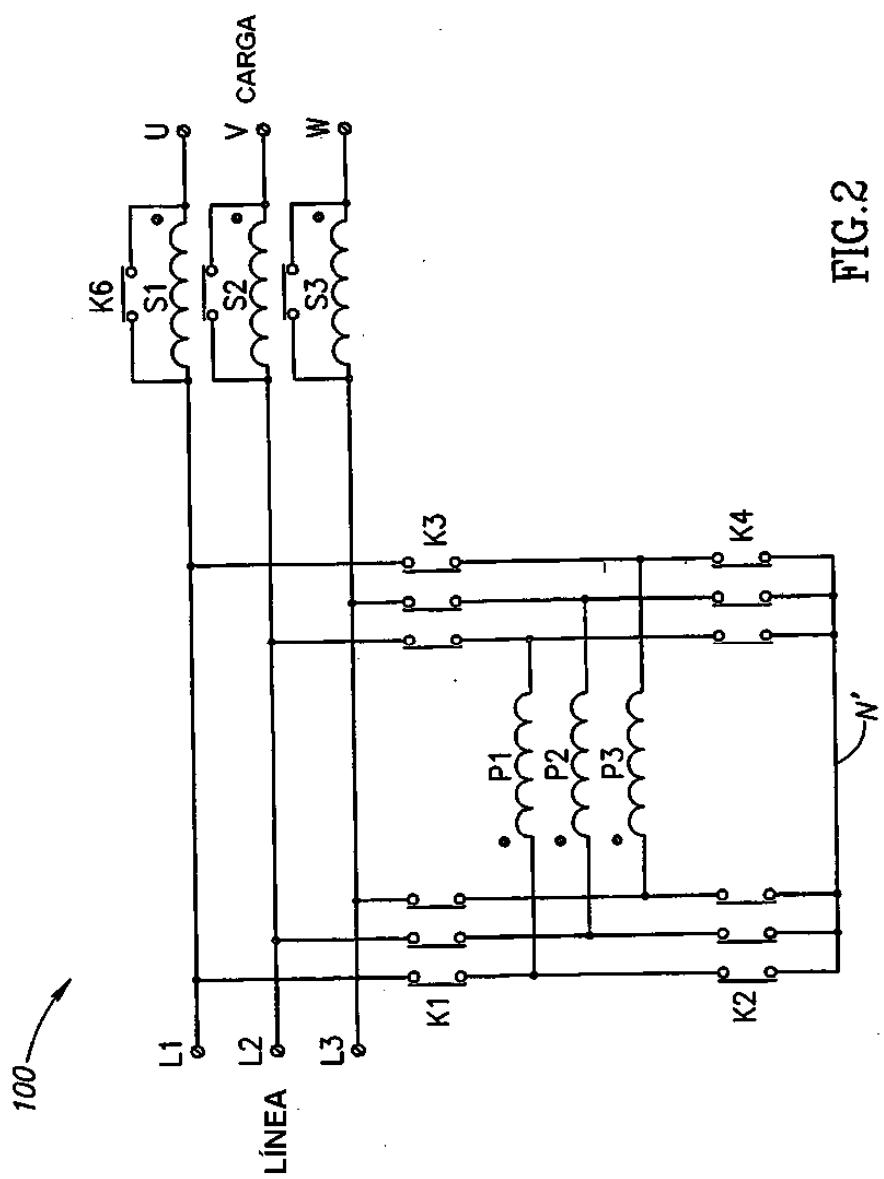


FIG.2

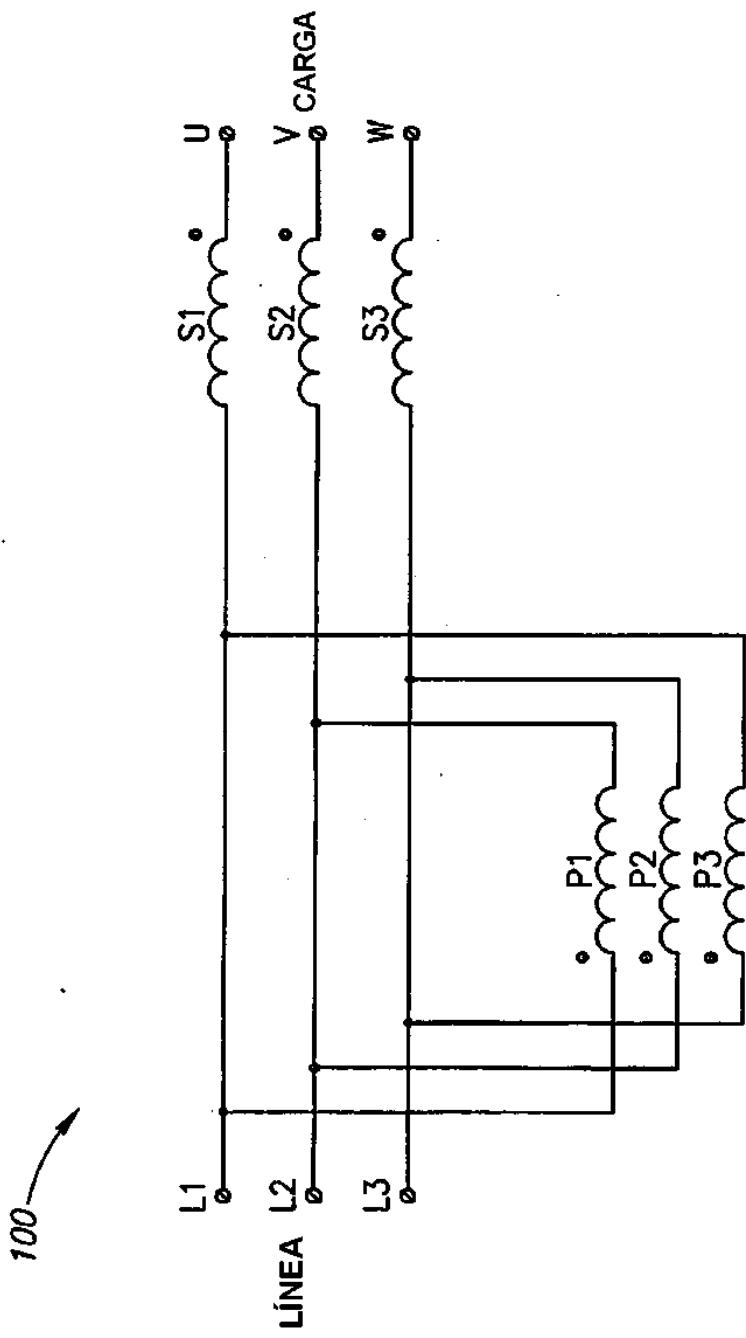


FIG.3A

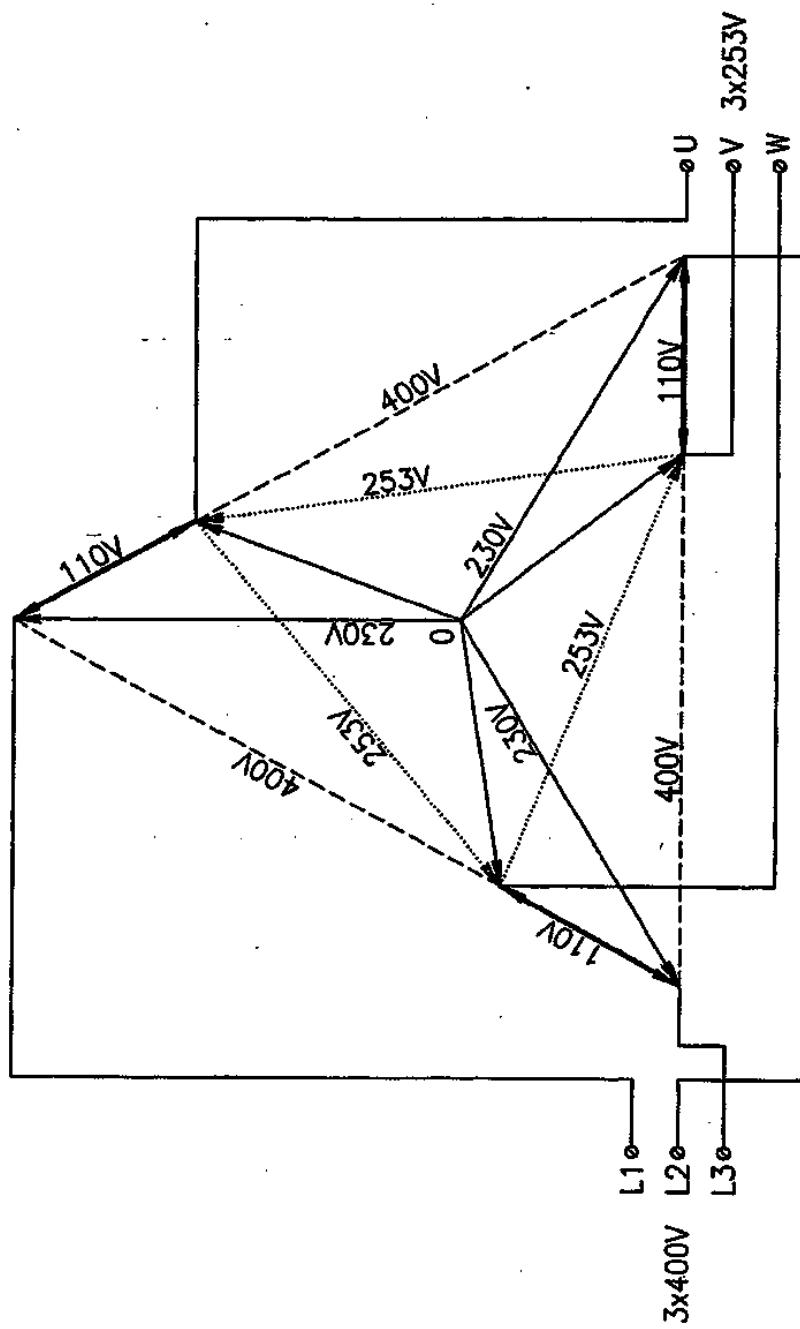


FIG.3B

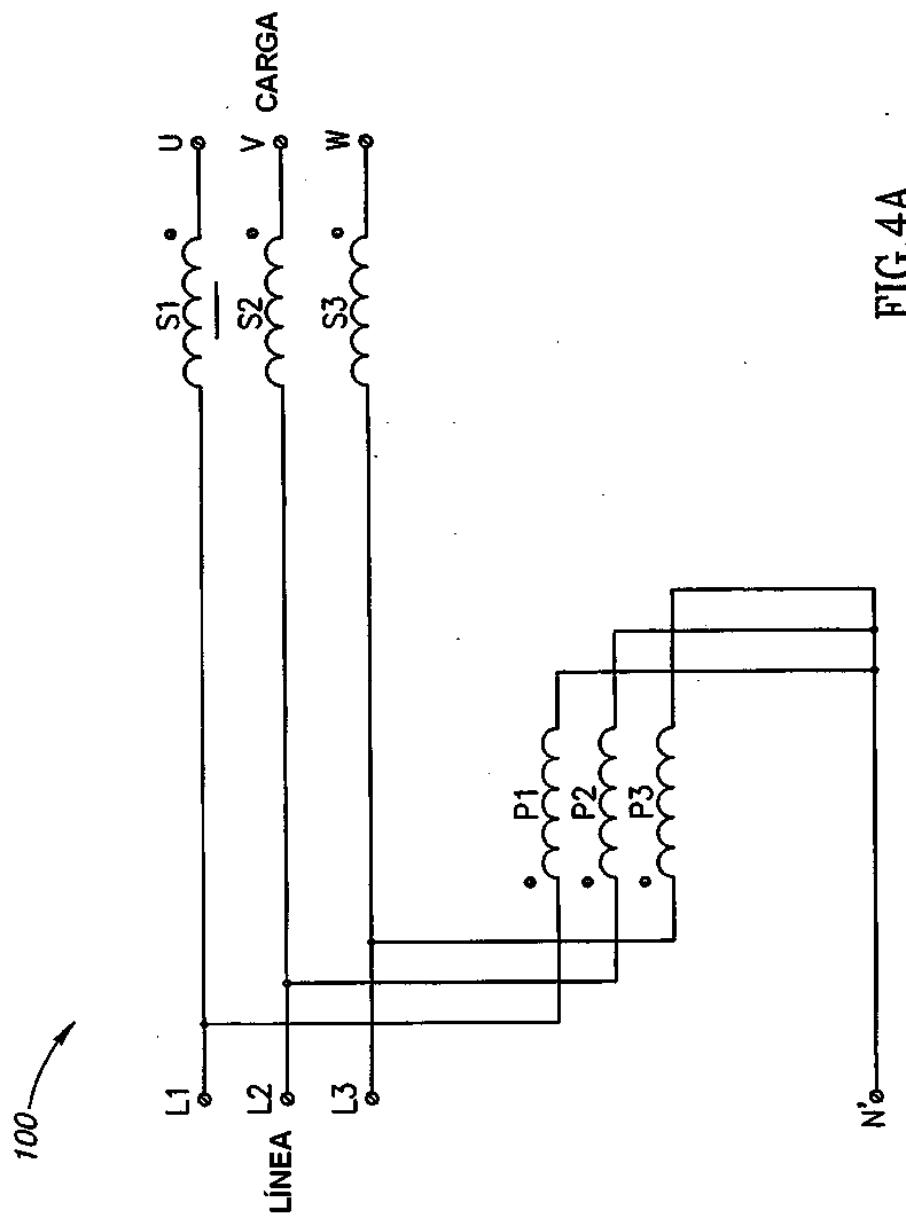


FIG. 4A

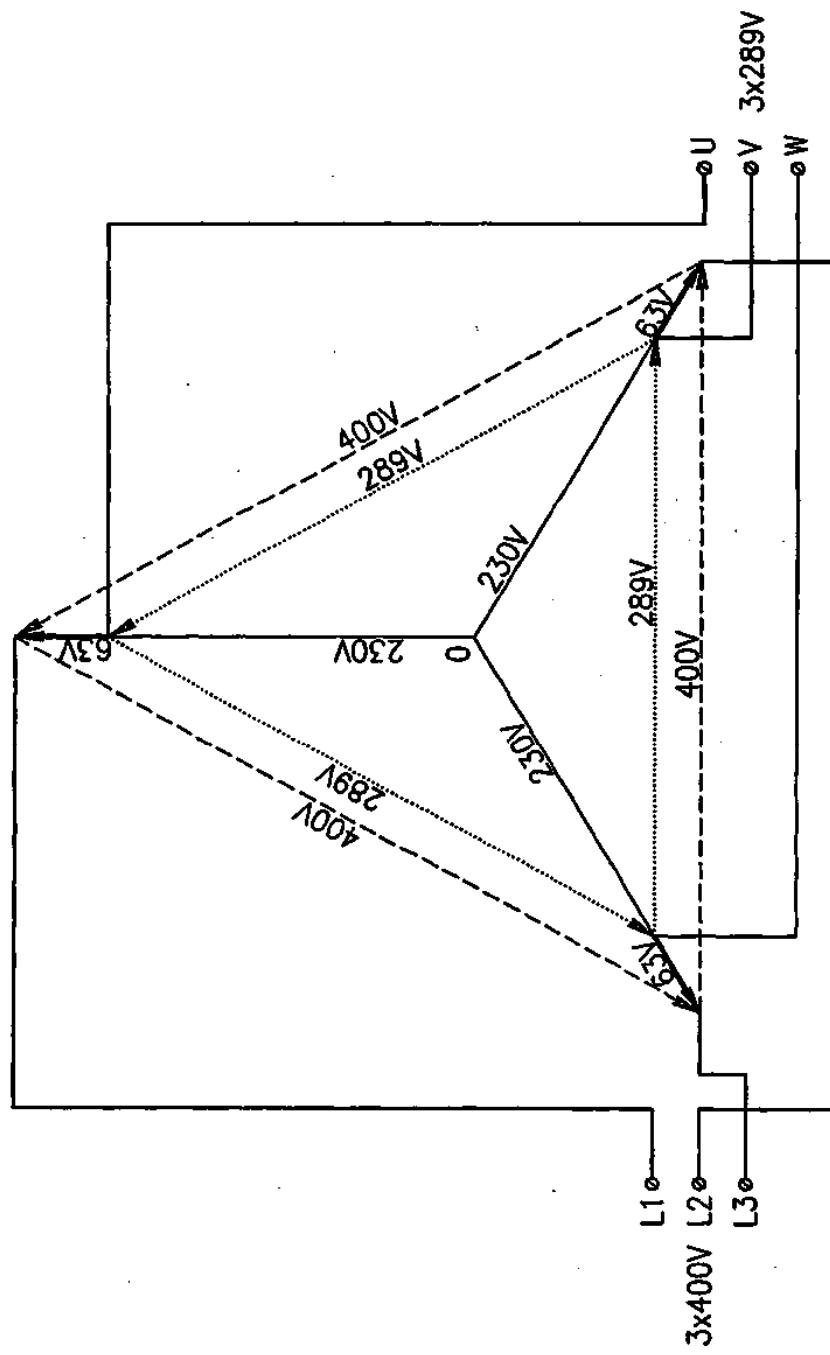


FIG.4B

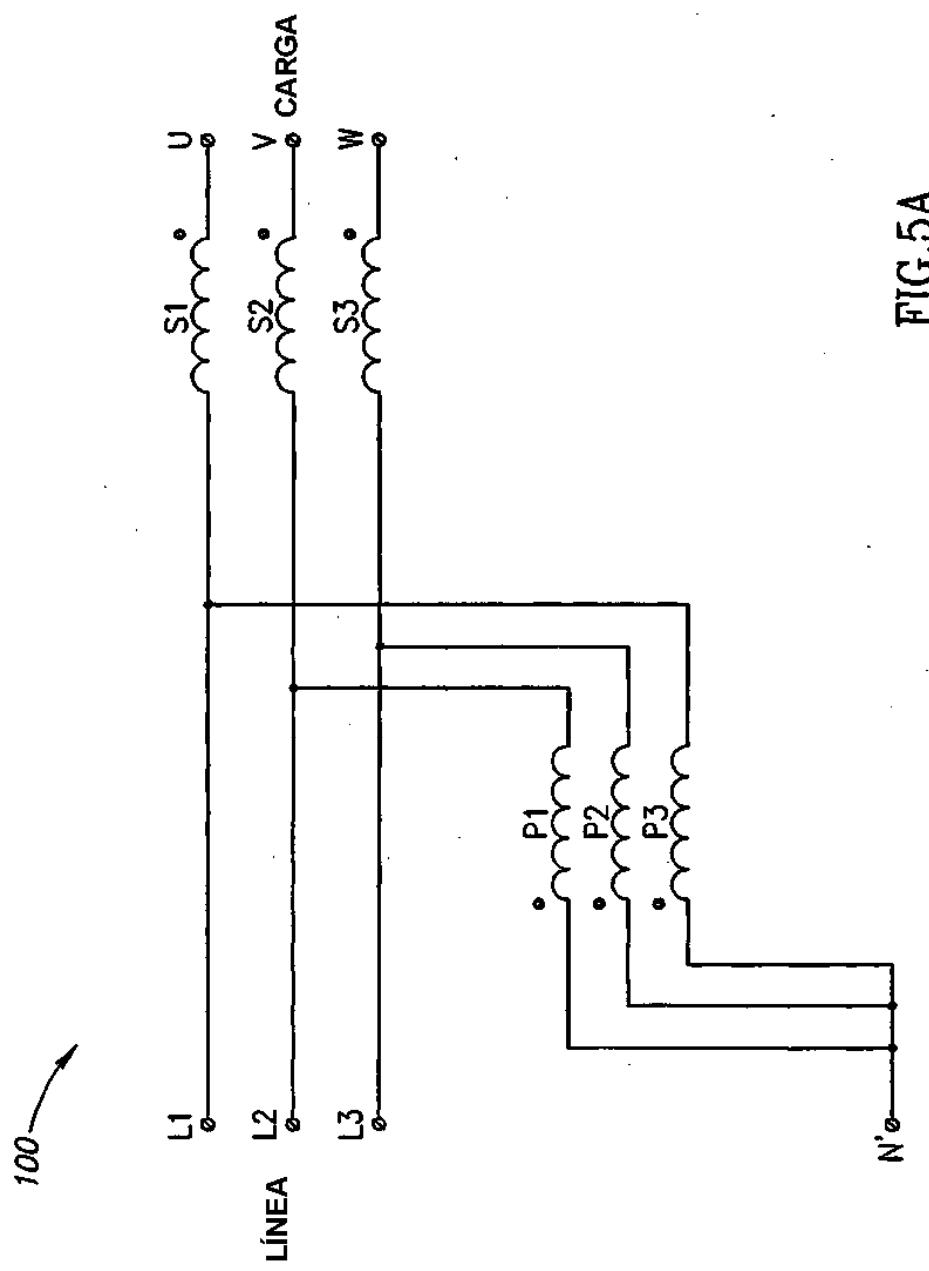


FIG.5A

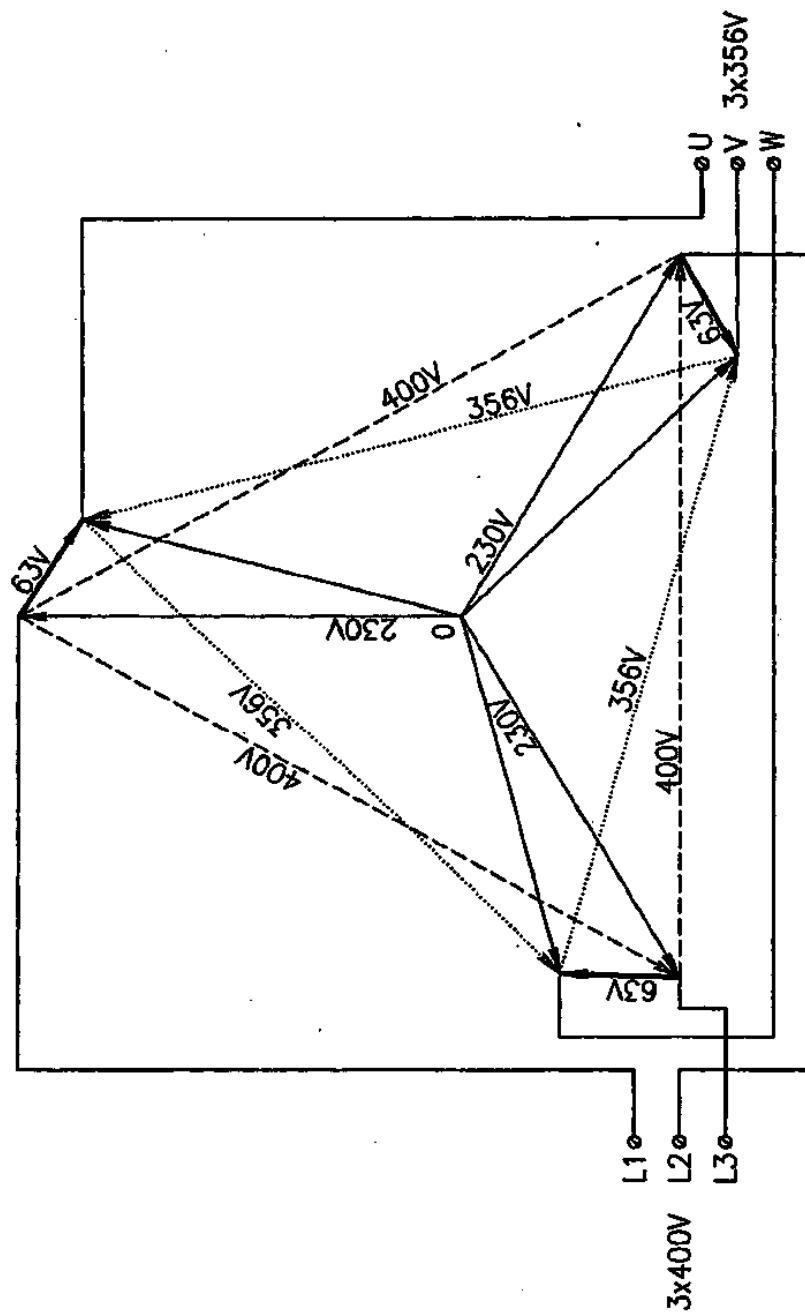


FIG.5B

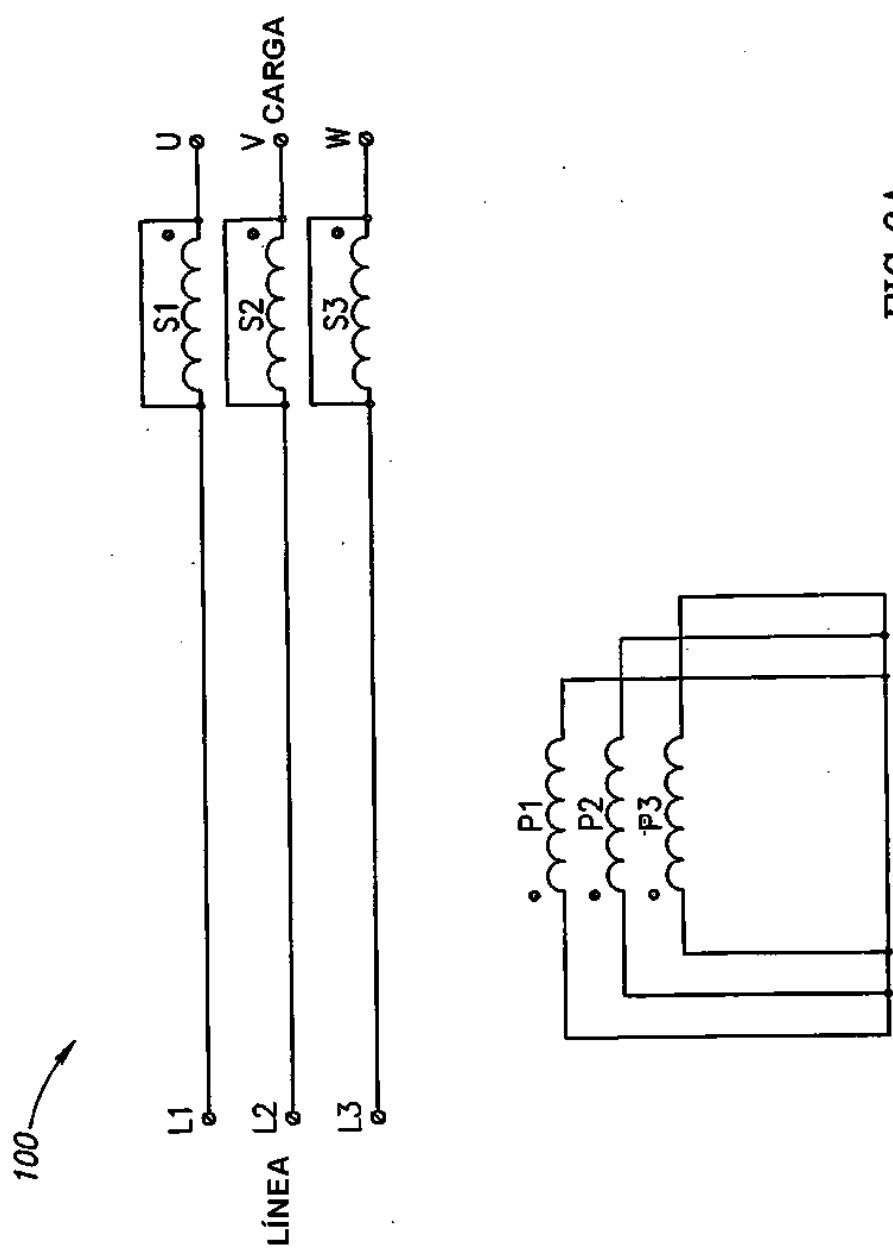


FIG. 6A

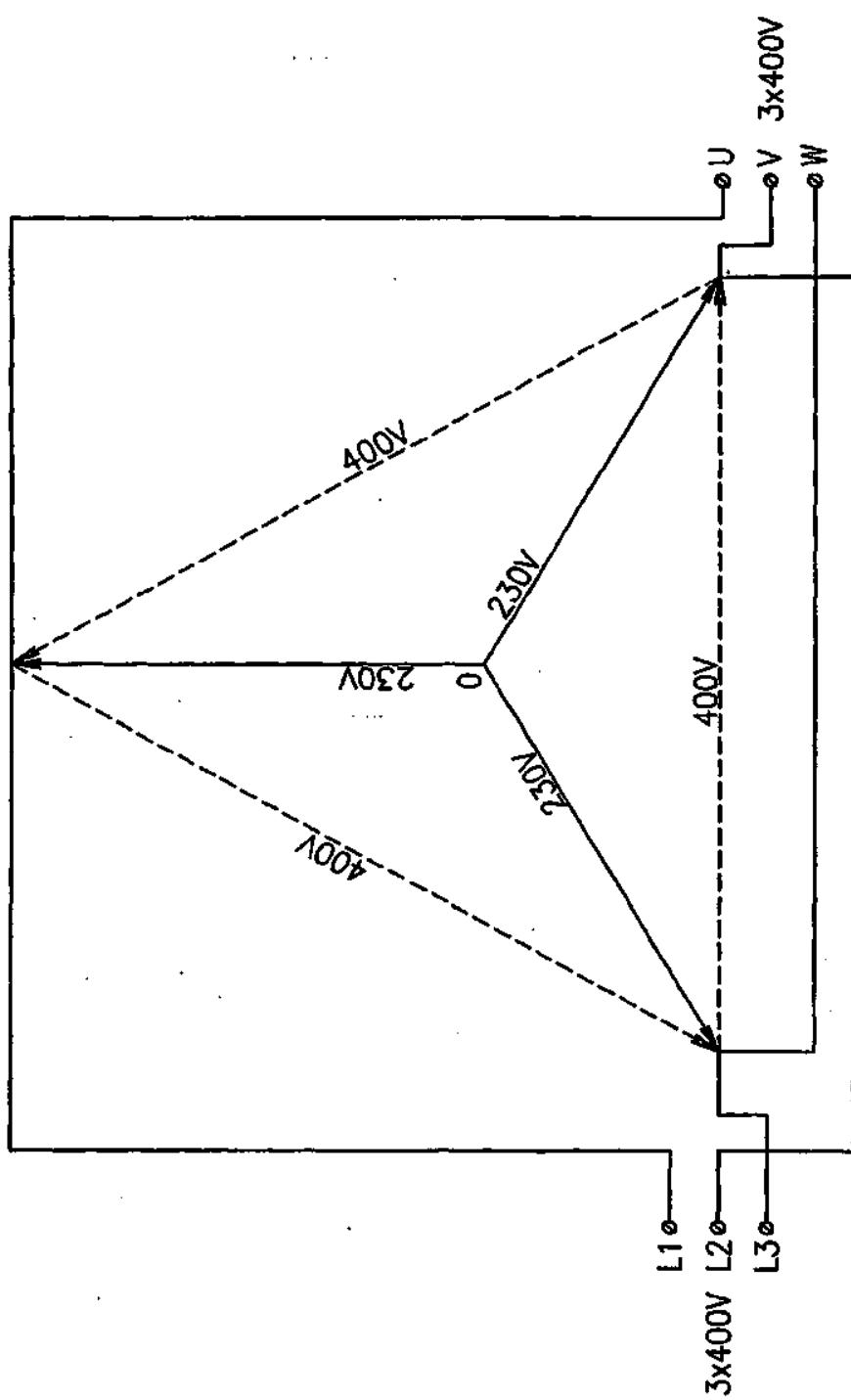


FIG. 6B

FIG. 7

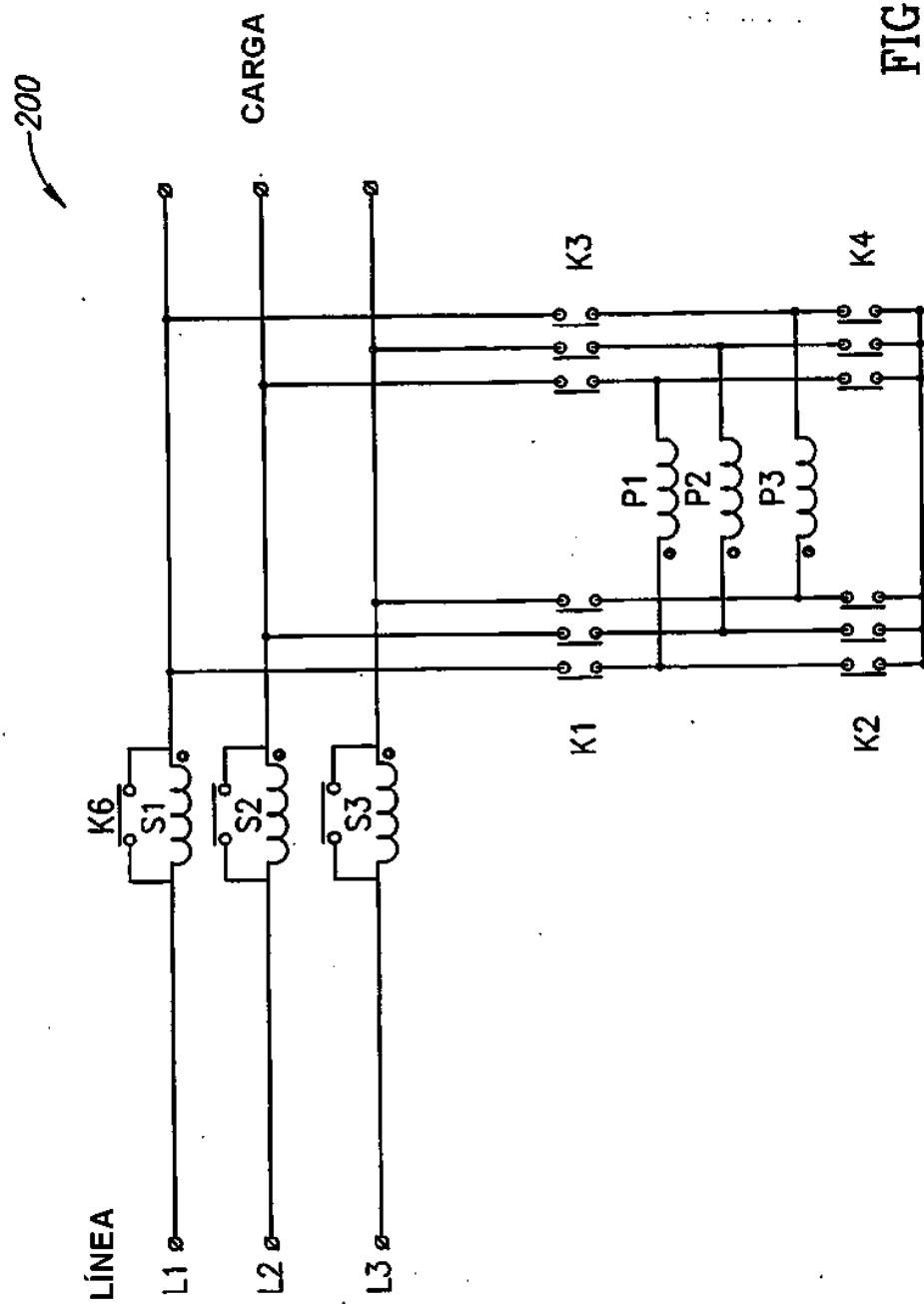
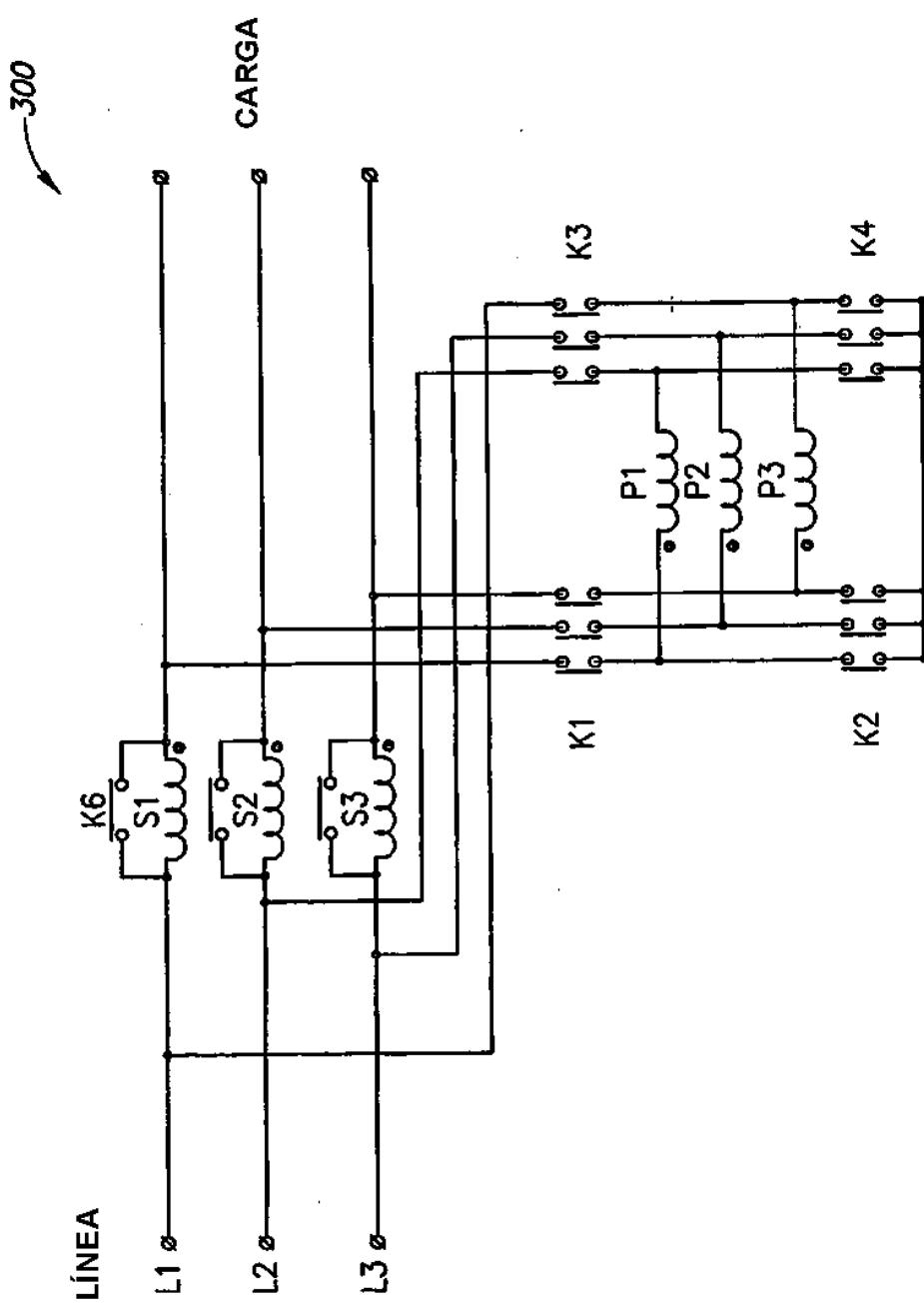


FIG.8



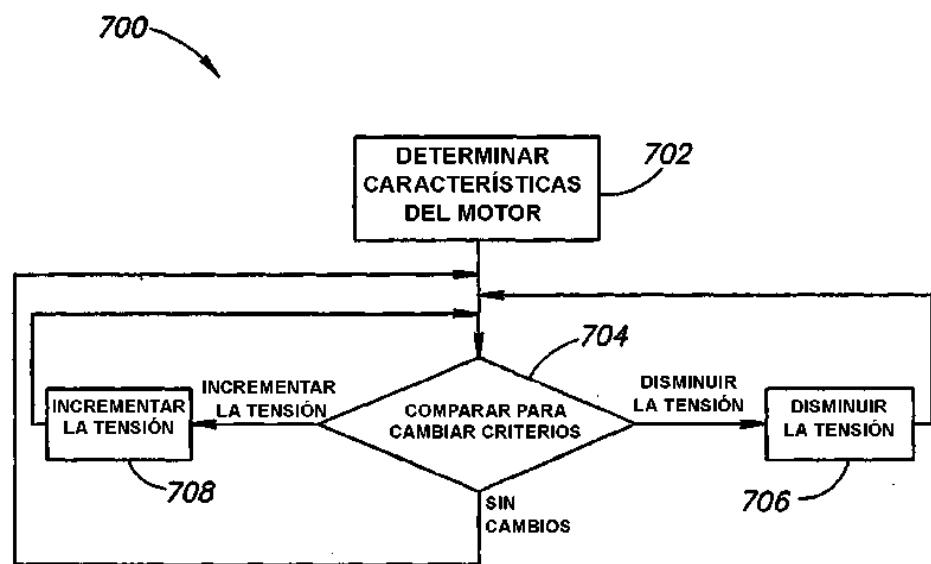


FIG.9