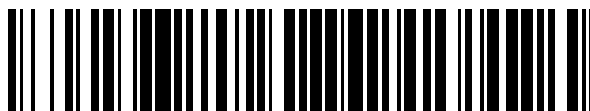


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 649 533**

51 Int. Cl.:

B64C 11/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.10.2008 PCT/US2008/012366**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.05.2009 WO09058357**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.10.2008 E 08844484 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.10.2017 EP 2212194**

54 Título: **Sistema y método para el control de una pala de turbina**

30 Prioridad:

01.11.2007 US 1443

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

12.01.2018

73 Titular/es:

**WINDURANCE LLC (100.0%)
1300 COMMERCE DRIVE
CORAOPOLIS, PA 15108, US**

72 Inventor/es:

**JONES, STEPHEN P.;
CLELAND, ALAN DUANE y
ROWAN, PAUL JOHN**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 649 533 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema y método para el control de una pala de turbina

5 **Referencia cruzada a solicitudes relacionadas**

La presente solicitud reivindica el beneficio bajo el 35 U. S.C. §119(e) de la Solicitud Provisional de Estados Unidos N.º 61/001.443 presentada el 1 de noviembre de 2007.

10 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a turbinas eólicas o de agua que tengan una o más palas y, en particular, a la actuación eléctrica del ángulo de paso de las palas. Más específicamente, la presente invención se refiere al control de emergencia del ángulo de paso para las palas.

15

Antecedentes de la invención

El control dinámico del ángulo de paso de palas se usa en turbinas como parte de un sistema de control global para regular la velocidad y el par del rotor. También se emplean técnicas para ajustar las palas para mitigar varios impulsos y cargas de fatiga en respuesta a condiciones de velocidad variable del flujo en el tiempo en el campo del área de rotor barrida. Cambios en la densidad de fluidos, así como factores en relación con la geometría de la turbina también se consideran en los planteamientos del control de la turbina y la mitigación de cargas.

20

Desarrollos en las técnicas de medición y control han dado como resultado capacidades de respuesta dinámica incrementadas con respecto al cambio de la potencia y al par del rotor producidos por las palas de la turbina. Las modernas turbinas usan control de paso de palas continuo para beneficiarse de las capacidades de respuesta dinámica incrementadas de los actuadores de paso de palas dado que la capacidad de respuesta incrementada permite una optimización más completa de la regulación de potencia de la turbina y mejora la eficacia de la mitigación de varios impulsos y cargas de fatiga.

25

30

En el caso de las turbinas eólicas, los controles de paso de pala sirven como una función de seguridad crítica proporcionando un medio para detener la turbina moviendo las palas para actuar como freno aerodinámico. De otra forma la turbina no puede detenerse y dicha pérdida de control puede conducir a un fallo catastrófico de la máquina, y plantea potencialmente un peligro de seguridad a la vida y propiedades. Por razones de seguridad, el diseño del sistema de paso debe ser capaz de soportar cualquier fallo puntual simple plausible o fallo en modo común y tener no más de un fallo de pala para alcanzar una posición aerodinámica "segura", o de estabilidad, como resultado.

35

Un sistema de control de paso de pala redundante para una turbina eólica se desvela en el documento WO 2005/021962 A1. El sistema de control incluye al menos un actuador de paso de palas y al menos dos módulos de control de potencia para el control del actuador de paso de palas. Si se detecta un mal funcionamiento del módulo de control de potencia actualmente en operación, una unidad de conmutación proporciona una conexión al otro módulo de control de potencia para permitir continuar una operación en curso de la turbina eólica sin una parada no planificada o forzada. Los al menos dos módulos de control de potencia se integran redundantemente en el sistema y se estructuran idénticamente de modo que si se detecta un mal funcionamiento del módulo de control de potencia actualmente en operación, se conecta el otro módulo de control de potencia al actuador de paso de palas. Por lo tanto, se facilita una operación en curso de la turbina eólica sin una parada no planificada o forzada.

40

45

Para palas de turbina actuadas hidráulicamente, el documento GB 2071781 A divulga un par de actuadores hidráulicos alimentados con fluido hidráulico presurizado desde una primera fuente para un ajuste del cambio de paso normal. En el caso de que se requiera estabilización de las palas de turbina, los actuadores hidráulicos se alimentan con fluido hidráulico desde segundas fuentes. Por lo tanto, la estabilidad de las palas puede conseguirse a pesar de un mal funcionamiento de una de las fuentes de fluido hidráulico redundantes o de uno de los actuadores.

50

Además, el documento EP 1286048 A1 divulga un sistema de control de paso de palas redundante que incluye dos actuadores separados para el ajuste del paso de palas.

55

En la Patente de Estados Unidos 5.779.446, se divulga un sistema de control de paso de palas variable integrado. El sistema de control integra un primer circuito de control de posición y un segundo circuito de control de posición. Tanto el primer circuito de control de posición como el segundo se estructuran idénticamente.

60

Sistemas adicionales para el control del paso de palas se divulgan en, por ejemplo, la Patente de Estados Unidos 5.183.387 y la Patente de Estados Unidos 2.766.833.

65

La Figura 1 es un diagrama de bloques esquemático de un sistema de control de palas en CC de la técnica anterior. Para satisfacer este requisito de seguridad, se conoce el uso de sistemas de paso eléctricos con motores de CC para la actuación y control del paso de palas usando conmutación con escobillas mecánicas. En estos diseños, del

que se muestra un ejemplo simplificado en la Figura 1, se usa electrónica de conmutación de potencia, tales como un IGBT o puente en H o poste de tótem de MOSFET, para regular la tensión o corriente del motor. La posición de las palas se mide y controla en una de varias maneras mediante una combinación de sensores de realimentación y procesadores de control electrónico y software. La intención es que estos controles, en combinación con los elementos de conmutación de potencia que regulan la velocidad y par del motor, den como resultado que la pala tenga los estados deseados de movimiento en cada instante de tiempo.

Normalmente, se activa un sistema de seguridad separado, de fallo seguro, en el caso de un defecto en el control electrónico del sistema de paso o el sistema de control de turbina, impidiendo la operación continuada de los sistemas. Por ejemplo, los sistemas de seguridad conectan energía almacenada en una fuente de alimentación de CC directamente a los motores de CC por medios electromecánicos. El motor funciona para hacer que la pala se traslade en la dirección de, y se detenga en, la posición de estabilidad aerodinámica. Hay un sistema de seguridad separado e independiente para cada pala de turbina. La posición de detención está controlada por interruptores de indicación de posición que se enlazan mecánicamente entre la pala y el motor. Estos interruptores de fin de carrera desconectan electromecánicamente la energía almacenada en el motor de paso y liberan potencia del freno de fallo seguro para detener el movimiento del paso de palas.

Hay al menos dos limitaciones de la solución de motor de CC conmutado mecánicamente. Con cualquier tecnología de motor la relación entre el par y la inercia define la capacidad de aceleración máxima del motor y de todo el sistema que acciona. Con los motores de CC la inercia tiende a ser alta en relación con el par y por ello la aceleración del sistema está limitada sustancialmente por la inercia del motor en sí misma. Este límite de aceleración establece la respuesta dinámica global para el actuador de paso.

Las escobillas mecánicas en los motores de CC es un artículo de mantenimiento y pueden necesitar su sustitución de vez en cuando. Las crecientes demandas acerca de la respuesta dinámica del actuador de paso tienden a trabajar contra una larga vida de servicio para las escobillas de los motores y el colector.

Los sistemas de CA superan una o ambas de las limitaciones anteriores en sistemas de CC conmutados mecánicamente. Para implementaciones como un servomecanismo, los motores de CA se conmutan electrónicamente y, como tales, no tienen escobillas. Aunque los motores síncronos de CA tienen limitaciones de aceleración del sistema comparables a las máquinas operadas con motor de CC, los motores síncronos de CA de imán permanente eliminan las escobillas y tienen unas relaciones de par a inercia muy altas en comparación y pueden, en principio, incrementar significativamente las capacidades de respuesta del actuador de paso.

Los controles de motores de sistemas de CA existentes requieren conmutación de potencia de unos IGBT o MOSFET en un formato de puente de potencia trifásico, circuitos electrónicos y sensores para medir la posición y para conmutar la potencia multi-fase entregada al motor giratorio o estático. Se usan microprocesadores para ejecutar la función de conmutación y dar órdenes de conmutación o de control de corriente al puente trifásico de modo que el campo eléctrico controlado tenga el ángulo apropiado con respecto al campo magnético del motor.

La figura 2 es un diagrama de bloques esquemático de un sistema de control de palas de motor sin escobillas de la técnica anterior. Por razones de simplicidad, no se muestran en la Figura 2 todas las funciones o elementos del sistema de paso. El inconveniente principal de un sistema actuador de motor de CA típico para control de paso es su debilidad sustancial desde un punto de vista del sistema de seguridad. Por ejemplo, la operación normal y operación de seguridad comparten el mismo hardware y software relativamente complejos conduciendo a lo siguiente:

1. El hardware cuenta con un número excesivo de piezas dando como resultado una fiabilidad inherentemente más baja para el sistema de seguridad individual de la pala;
2. Nivel de complejidad indeseablemente alto de los circuitos de seguridad que conduce a una pérdida de fiabilidad;
3. Potencial de fallo en modo común para todas las palas en la funcionalidad del microprocesador, implementación del software de aplicación y herramientas de software de editor y compilador de terceros.
4. El sistema de seguridad de cada pala se basa en las mismas numerosas y delicadas piezas y semiconductores usados en la electrónica para control normal, provocando un fallo en modo común por perturbaciones en el generador de la CA principal, transitorios en el suministro de red, o sobretensiones. Un fallo en modo común sistémico provocado por transitorios eléctricos externos puede dar como resultado un fallo en el sistema de seguridad en más de una pala.
5. Casi todos los puntos de fallo simples dan como resultado un fallo del sistema de seguridad en al menos una pala. Aunque el fallo de seguridad en una pala no da como resultado un fallo catastrófico, dicho fallo da como resultado unas condiciones de impulso y fatiga extraordinarias. Estas condiciones pueden superar los beneficios de una capacidad de mitigación de carga más alta, dado que el caso de carga en la condición anterior debe tenerse en cuenta a una frecuencia potencialmente más alta en la vida de diseño de la turbina que con el sistema

de paso en CC.

Breve resumen de la invención

5 La presente invención comprende globalmente un sistema de control para una pala de turbina, que incluye: un elemento de control operativo configurado para generar y producir una señal de control operativa, la señal de control operativa para operación no de emergencia de un motor para el control del paso de la pala de turbina; un elemento de control de emergencia, separado de y diferente del elemento de control operativo, configurado para generar y producir una señal de control de emergencia para la operación de emergencia del motor; y, un elemento de etapa de salida configurado para recibir las señales de control operativas y de emergencia y para seleccionar una de las señales de control operativa o de emergencia, y con un medio para recibir alimentación para la operación del motor y con un medio para proporcionar la alimentación recibida al motor de acuerdo con la señal de control operativa o de emergencia seleccionada.

15 En una realización, los elementos de la etapa de salida incluyen: un elemento de control de etapa de salida configurado para recibir la señal de control operativa y de emergencia, para seleccionar una de las señales de control operativa o de emergencia, y para producir la salida de la señal de control operativa o de emergencia seleccionada; y un elemento de etapa de salida configurado para recibir la señal de control operativa o de emergencia producida y que incluye los medios para recibir alimentación y los medios para proporcionar la alimentación recibida.

25 En otra realización, el sistema de control incluye un elemento de realimentación configurado para detectar una posición de la pala, para generar una señal de realimentación de acuerdo con la posición detectada, y para transmitir la señal de realimentación. El elemento de control de emergencia se configura para recibir la señal de realimentación y para generar la señal de control de emergencia en respuesta a la señal de realimentación.

30 La presente invención comprende adicionalmente globalmente un método para el control de una pala de turbina, que incluye: generar y producir la salida, usando un elemento de control operativo, de una señal de control operativa para operación no de emergencia de un motor para el control del paso de la pala de turbina; generar y producir la salida, usando un elemento de control de emergencia, separado de y diferente del elemento de control operativo, de una señal de control de emergencia para operación de emergencia del motor; y, en un elemento de etapa de salida: recibir las señales de control operativa y de emergencia; seleccionar una de las señales de control operativa o de emergencia; recibir alimentación para la operación del motor; y proporcionar la alimentación recibida al motor de acuerdo con la señal de control operativa o de emergencia seleccionada.

35 En otra realización, el elemento de la etapa de salida incluye un elemento de control de la etapa de salida y un elemento de la etapa de salida, recibir y seleccionar las señales de control operativa y de emergencia incluye el uso del elemento de control de la etapa de salida para recibir y seleccionar, y recibir alimentación para la operación del motor y proporcionar la alimentación recibida incluye el uso del elemento de la etapa de salida para recibir y proporcionar.

45 En otra realización, el método incluye: detectar, usando un elemento de realimentación, una posición del motor; generar, usando el elemento de realimentación, una señal de realimentación de acuerdo con la posición detectada; transmitir, usando el elemento de realimentación, la señal de realimentación; y recibir, usando el elemento de control de emergencia, la señal de realimentación. Generar la señal de control de emergencia incluye la generación en respuesta a la señal de realimentación. En una realización adicional, el método incluye recibir, usando el elemento de la etapa de salida, una señal de emergencia y seleccionar una de entre las señales de control operativa o de emergencia incluye la selección de acuerdo con la señal de emergencia.

50 La presente invención comprende globalmente un sistema de control para una pala de turbina, que incluye: un elemento de control operativo configurado para generar y producir una señal de control operativa, la señal de control operativa para operación no de emergencia de un motor para el control del paso de la pala de turbina; un elemento de etapa de salida operativo configurado para recibir la señal de control operativa y con medios para recibir alimentación para operación no de emergencia del motor y con un medio para proporcionar la alimentación recibida al motor de acuerdo con la señal de control operativa; un elemento de control de emergencia, separado de y diferente del elemento de control operativo, configurado para generar y producir una señal de control de emergencia para la operación de emergencia del motor; y un elemento de etapa de salida de emergencia configurado para recibir la señal de control de emergencia y con un medio para recibir alimentación para operación de emergencia del motor y con un medio para proporcionar la alimentación recibida al motor de acuerdo con la señal de control de emergencia.

65 En una realización, el elemento de la etapa de salida operativa incluye: un elemento de control de la etapa de salida operativa configurado para recibir la señal de control operativa; y un elemento de etapa de salida que incluye los medios para recibir alimentación para operación no de emergencia de un motor y los medios para proporcionar la alimentación recibida para operación no de emergencia de un motor; o el elemento de la etapa de salida de emergencia incluye: un elemento de control de la etapa de salida de emergencia configurado para recibir la señal de

control de emergencia; y un elemento de etapa de salida de emergencia que incluye los medios para recibir alimentación para la operación de emergencia de un motor y los medios para proporcionar la alimentación recibida para operación de emergencia de un motor.

- 5 En una realización, el sistema incluye un elemento de realimentación configurado para detectar una posición del motor, para generar una señal de realimentación de acuerdo con la posición detectada, y para transmitir la señal de realimentación y el elemento de control de emergencia se configura para recibir la señal de realimentación y generar la señal de control de emergencia en respuesta a la señal de realimentación.
- 10 La presente invención comprende globalmente un método para el control de una pala de turbina, que incluye: generar y producir la salida, en respuesta a una señal de estado no de emergencia y el uso de un elemento de control operativo, de una señal de control operativa para operación no de emergencia de un motor para el control del paso de la pala de turbina; y en un elemento de etapa de salida operativo: recibir la señal de control operativa; recibir alimentación para operación no de emergencia del motor; y proporcionar la alimentación recibida para operación no de emergencia del motor al motor de acuerdo con la señal de control operativa; o, generar y producir la salida, en respuesta a una señal de estado de emergencia y el uso de un elemento de control de emergencia, separado de y diferente del elemento de control operativo, de una señal de control de emergencia para operación de emergencia del motor; y en un elemento de etapa de salida de emergencia: recibir la señal de control de emergencia; recibir alimentación para operación de emergencia del motor; y proporcionar la alimentación recibida para operación de emergencia del motor al motor de acuerdo con la señal de control de emergencia.
- 15
- 20

En una realización, el elemento de la etapa de salida operativa incluye un elemento de control de la etapa de salida operativa y un elemento de la etapa de salida operativa, recibir la señal de control operativa incluye el uso del elemento de control de la etapa de salida operativa para recibir, y recibir alimentación para la operación no de emergencia del motor y proporcionar la alimentación recibida para operación no de emergencia del motor incluye el uso del elemento de la etapa de salida operativa para recibir y proporcionar. En una realización, el elemento de la etapa de salida de emergencia incluye un elemento de control de la etapa de salida de emergencia y un elemento de la etapa de salida de emergencia, recibir la señal de control de emergencia incluye el uso del elemento de control de la etapa de salida de emergencia para recibir, y recibir alimentación para la operación de emergencia del motor y proporcionar la alimentación recibida para operación de emergencia del motor incluye el uso del elemento de la etapa de salida de emergencia para recibir y proporcionar. En una realización, el método incluye: detectar, usando un elemento de realimentación, una posición del motor; generar, usando el elemento de realimentación, una señal de realimentación de acuerdo con la posición detectada; transmitir, usando el elemento de realimentación, la señal de realimentación; y recibir, usando el elemento de control de emergencia, la señal de realimentación. Generar la señal de control de emergencia incluye la generación en respuesta a la señal de realimentación.

25

30

35

Es un objetivo general de la presente invención proporcionar un sistema y método para el control de una pala de turbina.

- 40 Estos y otros objetivos y ventajas de la presente invención serán más fácilmente apreciables a partir de la descripción que sigue de realizaciones preferidas de la invención y a partir de los dibujos y reivindicaciones adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

- 45 La naturaleza y modo de operación de la presente invención se describirá ahora más completamente en la descripción detallada que sigue de la invención tomada junto con las figuras de los dibujos adjuntos, en los que:
- la Figura 1 es un diagrama de bloques esquemático de un sistema de control de palas en CC de la técnica anterior;
- 50 la Figura 2 es un diagrama de bloques esquemático de un sistema de control de palas de motor sin escobillas de la técnica anterior;
- la Figura 3 es un diagrama de bloques esquemático de un sistema de control de la presente invención para una pala de turbina;
- la Figura 4 es un esquema de un circuito para generar una señal de realimentación;
- 55 la Figura 5 es un esquema de un circuito para generar señales de control para el motor;
- la Figura 6 es un esquema de un circuito para generar un control de par para el motor;
- la Figura 7 es un esquema de un circuito para generar una señal de control de emergencia para la operación de emergencia del motor;
- la Figura 8 es un esquema de un circuito para seleccionar y producir la salida de la señal de control de emergencia o la señal de control operativa;
- 60 la Figura 9 es un esquema de un circuito para el uso de la señal de control de emergencia o el sistema de control operativo producidos para proporcionar alimentación al motor;
- la Figura 10 es un esquema de un circuito para generar una o más señales de control de inhabilitación para inhabilitar el elemento de la etapa de salida; y,
- 65 la Figura 11 es un diagrama de bloques esquemático de un sistema de control de la presente invención para una pala de turbina con control de emergencia totalmente redundante.

Descripción detallada de la invención

De entrada, debería apreciarse que números de los dibujos iguales en diferentes vistas de los dibujos identifican elementos estructurales idénticos, o funcionalmente similares, de la invención. Aunque la presente invención se describe con respecto a lo que se considera actualmente que son los aspectos preferidos, se ha de entender que la invención tal como se reivindica no está limitada a los aspectos divulgados.

Además, se ha de entender que la presente invención no está limitada a la metodología particular, materiales y modificaciones descritos y como tales pueden, naturalmente, variar. Se ha de entender también que la terminología usada en el presente documento tiene la finalidad de describir aspectos particulares solamente, y no se pretende que limite el alcance de la presente invención, que está limitada solamente por las reivindicaciones adjuntas.

A menos que se defina lo contrario, todos los términos técnicos y científicos usados en el presente documento tienen el mismo significado que se entiende comúnmente por un experto en la materia a la que pertenece la invención. Aunque pueden usarse cualesquiera métodos, dispositivos o materiales similares o equivalentes a los descritos en el presente documento en la puesta en práctica o ensayos de la invención, se describen ahora los métodos, dispositivos y materiales preferidos.

La Figura 3 es un diagrama de bloques esquemático de un sistema de control **100** de la presente invención para una pala de turbina. El sistema **100** incluye el elemento de control de emergencia **102**, el elemento de control operativo **104**, y el elemento de la etapa de salida **106**. El elemento **102** es para la generación y producción de la salida de una señal de control de emergencia para la operación de emergencia del motor **110**. El elemento **104** es para la generación y producción de la salida de una señal de control operativa para la operación no de emergencia del motor **110**, es decir, la operación bajo condiciones de operación estándar, en curso, o normales. El motor es para el control del paso de una pala (no mostrada) conectada al motor. En una realización, el motor es un motor de CA sin escobillas. De manera ventajosa, el elemento **102** está separado de y es diferente del elemento de control operativo. De esta manera, el elemento **102** está aislado respecto a fallos en el elemento **104** lo que podría comprometer la operación del elemento **102** si los elementos **102** y **104** no estuvieran separados, por ejemplo, si los elementos compartieran circuitos o componentes. Los elementos **102** y **104** reciben una señal de estado de emergencia, que indica si se requiere la operación en el modo de emergencia o no de emergencia. Puede usarse para la señal de estado cualquier medio conocido en la técnica, por ejemplo, la tensión **S24V ENTRADA** se supervisa por los elementos **102** y **104**. En una realización, la tensión en la línea indica operación no de emergencia y falta de tensión o una tensión por debajo del umbral predeterminado indica operación en el modo de emergencia.

El elemento de la etapa de salida es para la recepción de las señales de control operativo y de emergencia y para seleccionar una de las señales de control operativo o de emergencia de acuerdo con la señal de estado de emergencia. Por ejemplo, para la tensión **S24V ENTRADA** por debajo del umbral indicado anteriormente, el elemento **106** selecciona la señal de control de emergencia, y para la tensión **S24V ENTRADA** por encima del umbral indicado anteriormente, el elemento **106** selecciona la señal de control operativa. Cualquier condición conocida la técnica para el sistema **100** o para una turbina (no mostrada) que incluya el sistema **100** puede supervisarse o detectarse para generar la señal de estado de emergencia.

El elemento **106** incluye medios, por ejemplo, terminales **120**, para recibir alimentación para la operación del motor y medios, por ejemplo, terminales **122**, para proporcionar la alimentación recibida al motor de acuerdo con la señal de control operativa o de emergencia seleccionada. Puede usarse cualquier medio de recepción y transmisión de alimentación conocido en la técnica. El elemento **106** puede recibir y transmitir alimentación desde cualquier fuente de alimentación conocida en la técnica, por ejemplo, fuente de alimentación **124** para la operación normal y fuente de alimentación **126** de emergencia, que puede ser, por ejemplo, una fuente de alimentación de batería o condensador.

En una realización, el elemento de la etapa de salida incluye el elemento de control de la etapa de salida **128** y el elemento de la etapa de salida **130**. El elemento **128** es para la recepción de las señales de control operativa y de emergencia, seleccionando una de las señales de control operativa o de emergencia, y para producir la salida de la señal de control operativa o de emergencia seleccionada. El elemento **130** es para la recepción de la señal de control operativa o de emergencia producida y que incluye los medios para recibir alimentación y los medios para proporcionar la alimentación recibida.

En una realización, el sistema **100** incluye un elemento de realimentación **132** para la detección de una posición de rotor, para generar una señal de realimentación de acuerdo con la posición detectada, y para transmitir la señal de realimentación. El elemento de control de emergencia es para la recepción de la señal de realimentación, por ejemplo, en línea **136**, y generar la señal de control de emergencia en respuesta a la señal de realimentación. Es decir, la señal de control de emergencia se genera para tener en cuenta la posición del rotor. Dicho en otra forma, el elemento **132** proporciona información del ángulo del rotor usado para conmutar eléctricamente la corriente eléctrica para el motor. En una realización, la señal de realimentación se usa para controlar el movimiento de la pala hacia la posición estabilizada, y el interruptor de fin de carrera **138** se usa para determinar cuándo la pala ha alcanzado la posición estabilizada. Se usa entonces una señal desde el interruptor de fin de carrera para detener la rotación del

motor. Por ejemplo, se transmite una señal desde el interruptor de fin de carrera a la unidad de control de relés **140** cuando la pala alcanza la posición estabilizada y la unidad **140** pasa la señal al elemento **102**. La unidad **140** transmite también una señal al freno **142** para frenar el motor en la posición estabilizada. En una realización, cuando la pala alcanza la posición terminal deseada, los datos en la señal de realimentación describen esta posición y el elemento **102** determina que la pala ya no necesita girarse y genera la señal de control de emergencia para cesar la rotación de la pala.

Debería entenderse que el sistema **100** puede operarse sin el sensor de realimentación **132**. Por ejemplo, si la operación de emergencia es habilitada por el sistema **100**, el elemento **102** puede generar la señal de control de emergencia para accionar la pala hasta la posición estabilizada, independientemente de la posición de la pala cuando se genera la señal de control de emergencia. En este caso, el elemento **130** genera la corriente del motor deseada y el motor se sincroniza eventualmente con la corriente deseada. En otro caso, pueden obtenerse datos con relación a la posición del rotor del motor directamente desde el motor y usarse para generar la señal de control de emergencia.

El sistema **100** puede describirse como de uso de un método "O exclusiva" con respecto a señales de control para la pala. En una realización, el sistema **100** usa un método de "accionamiento por puerta O exclusiva". Por ejemplo, el elemento **130** incluye unos IGBT o MOSFET (no mostrados) y los circuitos de control (no mostrados) en el elemento **128** que operan las puertas de la conmutación de potencia de los IGBT o MOSFET, por ejemplo, en un formato de puente de potencia trifásico, es sensible al control de operación normal, por ejemplo, a la señal de control operativa, o en una emergencia, al control de operación de emergencia, por ejemplo, la señal de control de emergencia. En el modo de emergencia, el sistema **100** controla el motor **110** de modo que la pala se desplace a la posición estabilizada, o de freno. De esta manera, la operación de emergencia no se basa en y es independiente de sensores operativos, es decir, servo controles no de emergencia, por ejemplo, el sensor de realimentación de posición del motor **140**, y el hardware o software de procesamiento (no mostrado) en una disposición de control para operación normal, o no de emergencia, por ejemplo, el elemento **104**.

Para reducir el tamaño, coste, y complejidad del sistema **100**, mientras se optimiza la separación de la generación de la señal de control de emergencia y no de emergencia, se usa el elemento **106** tanto para operación normal como de emergencia. Por ejemplo, los IGBT o MOSFET y los circuitos de accionamiento de puertas auxiliares en el elemento **106** se comparten para operación normal y de emergencia. Ventajosamente, y como se describe adicionalmente más abajo, la operación de control de emergencia en el elemento **102** se implementa usando un hardware menor y más simple y con muchos menos componentes que los que son necesarios para operación normal, por ejemplo, en el elemento **104**. Debido a los requisitos simplificados para la operación de emergencia, el hardware y componentes en un elemento **102** son también más robustos que el hardware y componentes típicos para el elemento **104**. Como se ha hecho notar más arriba, en una realización, se incluye el elemento de la alimentación del motor **132** separado y redundante para mejorar la fiabilidad, evitar la decodificación por software, por ejemplo, asociada con señales desde el sensor **140**, y permitir diseños de circuitos más simples y más fiables.

Dicho en otra forma, el sistema **100** incluye un sistema de control de emergencia separado de y más simple que un sistema de control de operación normal, pero que comparte la etapa de salida de armadura y el motor con el sistema de control normal. De manera ventajosa, esta disposición reduce la cantidad, vulnerabilidad y complejidad de componentes en el trayecto de emergencia, y en una realización, elimina el software común entre las operaciones normal y de emergencia. De esta manera, se reducen cada uno de los requisitos de coste y espacio.

En una realización, el elemento **132** es un dispositivo de realimentación resolutor, un dispositivo electromecánico que no contiene ningún componente activo. Debido a la carencia de componentes activos, el dispositivo resolutor es extremadamente robusto y los componentes en el dispositivo resolutor son mucho más capaces que los componentes activos para resistir fallos en presencia de perturbaciones eléctricas, por ejemplo, incidencias de rayos, alrededor del motor. Por ejemplo, un resolutor se basa solamente en la operación mecánica, por ejemplo, un resolutor contiene bobinas devanadas y es muy robusto e inmune a fallos frente a perturbaciones eléctricas u otros eventos transitorios acoplados. Además, un resolutor tiene un intervalo de temperatura de operación mucho más amplio que dispositivos de realimentación típicos que contienen electrónica. Por lo tanto, en el caso de problemas térmicos con el motor, el resolutor es menos probable que sufra problemas relacionados con la temperatura y sea capaz de continuar proporcionando datos de realimentación.

Debería entenderse que se podrían usar otros dispositivos de realimentación de posición y esto se incluye en el espíritu y alcance de la invención reivindicada. Por ejemplo, se puede usar un dispositivo de realimentación de efecto Hall. Por ejemplo, en una realización (no mostrada), se usa un dispositivo de efecto Hall en un esquema de modulación de corriente en seis pasos.

En la descripción que sigue, se supone que el motor **110** es un motor trifásico. Sin embargo, debería entenderse que son utilizables con el sistema **100** motores distintos a trifásicos y que la descripción que sigue es aplicable a motores con otro número de fases distinto a tres.

De manera ventajosa, dado que el elemento **102** está separado del elemento **104**, se comparten menos

componentes entre la operación normal y la operación de emergencia y por ello, se minimiza el número de puntos de fallo en modo común. En una realización, el diseño de las características de accionamiento de puerta respectivas puede optimizarse en cada elemento para optimizar el rendimiento para la operación y fiabilidad en fuerza bruta robusta en el control de emergencia.

5 Pueden desarrollarse esquemas de supervisión (no mostrados) para supervisar e indicar la disponibilidad del elemento **102** durante la operación normal. Por ejemplo, si el supervisor determina una pérdida de disponibilidad para el elemento **102**, el elemento **104** vuelve automáticamente las palas a la posición estable.

10 De manera ventajosa, el número de semiconductores en el sistema **100**, por ejemplo, para conversión de potencia del motor, se mantiene en el número mínimo requerido para la finalidad, puede diseñarse optimizado para una operación de seguridad fiable robusta independientemente, basada en requisitos operativos normales. Estos semiconductores también pueden mantenerse aislados, y más fuertemente protegidos frente a condiciones de transitorios en modo común descritos anteriormente.

15 Lo que sigue debería verse a la luz de la Figura 3. Lo que sigue describe un método de la presente invención para el control de una pala de turbina. Aunque el método se presenta como una secuencia de etapas por claridad, no debe deducirse ningún orden a partir de la secuencia a menos que se establezca explícitamente. Una primera etapa genera y produce la salida, usando un elemento de control operativo, de una señal de control operativa para
 20 operación no de emergencia de un motor para el control del paso de la pala de turbina; una segunda etapa genera y produce la salida, usando un elemento de control de emergencia, separado de y diferente del elemento de control operativo, de una señal de control de emergencia para operación de emergencia del motor; y en un elemento de la etapa de salida: una tercera etapa recibe las señales de control operativa y de emergencia; una cuarta etapa selecciona una de las señales de control operativa o de emergencia; una quinta etapa recibe alimentación para la
 25 operación del motor; y una sexta etapa proporciona la alimentación recibida al motor de acuerdo con la señal de control operativa o de emergencia seleccionada.

En una realización, el elemento de la etapa de salida incluye un elemento de control de la etapa de salida y un
 30 elemento de la etapa de salida, recibir y seleccionar las señales de control operativa y de emergencia incluye el uso del elemento de control de la etapa de salida para recibir y seleccionar, y recibir alimentación para la operación del motor y proporcionar la alimentación recibida incluye el uso del elemento de la etapa de salida para recibir y proporcionar. En una realización, una séptima etapa detecta, usando un elemento de realimentación, una posición del motor; una octava etapa genera, usando el elemento de realimentación, una señal de realimentación de acuerdo con la posición detectada; una novena etapa transmite, usando el elemento de realimentación, la señal de
 35 realimentación; y una décima etapa recibe, usando el elemento de control de emergencia, la señal de realimentación y la generación de la señal de control de emergencia incluye generarla en respuesta a la señal de realimentación.

La Figura 4 es un esquema del circuito **200** para generar una señal de realimentación. Lo que sigue debería verse a la luz de las Figuras 3 a 4. En una realización, el sistema **100** incluye el elemento **132**, que es un resolutor. El circuito
 40 **200** es un circuito de ejemplo para la generación de un accionamiento de referencia para el dispositivo de realimentación de posición resolutor y procesamiento de las señales de realimentación a partir del resolutor para producir una posición angular del rotor del motor para la pala. Sin embargo, debería entenderse que el sistema **100** no está limitado a la disposición mostrada en la Figura 4 y que se incluyen otras disposiciones de circuito para la generación de una señal de realimentación, por ejemplo, un accionamiento de referencia y procesamiento de señal de realimentación, en el espíritu y alcance de la invención reivindicada.
 45

Lo que sigue es una breve descripción de los componentes mostrados en la Figura 4:

50 **U1**: el circuito es la realimentación del resolutor para el convertidor de posición digital (R/D). Genera una señal de referencia sinusoidal (**Ref Out**) para un dispositivo de realimentación resolutor y recibe realimentación sinusoidal desde el resolutor (**Sin**, **Sin Lo**, y **Cos**, **Cos Lo**) que usa la salida de señal de referencia como una señal portadora. El convertidor R/D usa las señales de referencia y de realimentación para calcular una salida de posición digital y coloca la información digital en las salidas de datos **DB0** a **DB11**;

55 **C1, C2, C5, C6, Y1**: Estos componentes se usan para generar una frecuencia de reloj para el convertidor R/D; **J1, J2, R2, R3**: Estos componentes se usan para seleccionar la frecuencia de la señal de referencia.

60 **R1, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, U2A, U3, C3, C4, C7, C8, C9, D1, D2, Q1, Q2**: Estos componentes se usan para amplificar la señal de referencia para accionar apropiadamente la bobina de referencia del resolutor;

R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, C10, C12, C13, D3, D4, U4B: Estos componentes almacenan temporalmente la señal de realimentación de seno del resolutor y la escalan al intervalo apropiado para su uso por el circuito integrado convertidor de R/D **U1**;

65 **R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, C11, C15, C16, D5, D6, U5A** - Estos componentes almacenan temporalmente la señal de realimentación de coseno del resolutor y la escalan al intervalo apropiado para su uso por el circuito integrado convertidor de R/D **U1**;

C14, U4A: Estos componentes se usan para almacenar temporalmente la señal **Ref Out** desde el convertidor de R/D. esta señal almacenada temporalmente se usa a continuación para desplazar las señales de realimentación de seno y coseno para cambiarlas desde señales bipolares a señales unipolares para su uso por el convertidor R/D; y

5 **R25, R26, R27, R28, D7, D8, Q3, Q4, U6A, U6B:** Estos componentes se usan para generar señales de referencia positiva y negativa a 8 voltios. Estas señales se usan por el circuito de control de velocidad.

10 La Figura 5 es un esquema del circuito 300 para generar señales de control para el motor. Lo que sigue debería verse a la luz de las Figuras 3 a 5. El circuito 300 es un circuito de ejemplo para generar órdenes de corriente de la armadura, basándose en el ángulo del rotor, por ejemplo, tal como se incluye en la señal de realimentación desde el elemento 132. Sin embargo, debería entenderse que el sistema 100 no está limitado a la disposición mostrada en la Figura 5 y que se incluyen otras disposiciones de circuito para la generación de controles de corriente en el espíritu y alcance de la invención reivindicada. Los controles de corriente son para dos de las tres fases del motor. En una
15 realización, la señal de realimentación se usa por un lazo de control de velocidad y los controles de corriente se generan al menos parcialmente por el lazo de control de velocidad.

Lo que sigue es una breve descripción de los componentes mostrados en la Figura 5:

20 **U3:** Este circuito funciona como un dispositivo de memoria solo de lectura (ROM) que se usa para la salida de los ángulos digitales de conmutación del motor, por ejemplo, para la fase 1 y la fase 2 del motor 110 basadas en entradas desde el ángulo de rotor digital generado por el convertidor, se usa una señal de dirección del par desde el lazo de control de velocidad, y la señal $\sin(\theta) / \sin(\theta + 120)$ se usa para seleccionar el ángulo para la fase 1 o la fase 2 del motor. Estos ángulos de conmutación de fase digitales se colocan en las señales **DQ0** a
25 **DQ11**. Los ángulos de rotor digital para el convertidor R/D se introducen a este dispositivo en las señales **DB0** a **DB11**.

Los ángulos de conmutación del motor se generan por las tablas de búsqueda dentro de **U3**. Las señales **DB0** a **DB11** ayudan a determinar el desplazamiento en la tabla seleccionada dentro de **U3**. Cuando las señales de control de **U3** son correctas, los datos en este desplazamiento en la tabla interna se colocan a continuación en las señales de salida **DQ0** a **DQ11**. **U3** contiene múltiples tablas que pueden tener diferentes relaciones de traslación entre los ángulos del resolutor digital desde el convertidor R/D a los ángulos de conmutación digital colocados en las salidas de **U3**. Esto es útil para ser capaz de adaptar fácilmente motores con varios números de polos si cambian de una aplicación a otra;

35 **R4, R5, R6, J1, J2, J3:** Estos componentes se usan para seleccionar entre tablas almacenadas en **U3** que contienen varias relaciones de motor a número de polos del resolutor para conmutación eléctrica. Estas tablas traducen entre el ángulo del rotor del R/D y del ángulo de conmutación apropiado de la armadura del motor. Sin el ángulo de conmutación del motor apropiado, el motor no gira eficientemente, si es que gira. Como se muestra, los puentes **J1**, **J2** y **J3** pueden usarse para seleccionar entre ocho diferentes tablas de relaciones de conmutación contenidas dentro de **U3**.

Como ejemplos, si el elemento 132 es un resolutor de velocidad simple (1 ciclo eléctrico de señales de resolutor por revolución del rotor del motor) fijado a un motor con 2 polos del rotor (1 ciclo eléctrico por revolución del motor),
45 entonces se necesita una relación de 1 ciclo de rotor del motor por revolución a 1 ciclo de resolutor por revolución (1:1) para conmutar eléctricamente apropiadamente las corrientes de la armadura del motor. Si el motor tiene 8 polos en el rotor (4 ciclos eléctricos por revolución del motor) entonces se necesita una relación de 4 ciclos del rotor por revolución a 1 ciclo de resolutoria por revolución (4:1) para conmutar eléctricamente apropiadamente las corrientes de la armadura.

50 Dentro de cada tabla en **U3** hay cuatro secciones de pares de motor positivos y negativos para las corrientes del motor tanto para la fase 1 como para la fase 2. Estas se seleccionan de acuerdo con las señales **TORQUE_DIR** y **SIN_SIN120**;

55 **R1, R2, R3, U1A, U1B, U2:** Estos componentes se usan para generar los controles de corriente de la fase 1 de la armadura del motor. **U2** recibe una entrada digital que representa la magnitud del ángulo de conmutación del motor en sus entradas **DB0** a **DB11** y multiplica esa magnitud por la tensión analógica de su entrada **VREF**. La entrada **VREF** tiene una señal (**TQ_REF**) que representa el par requerido desde el motor para accionarlo a la referencia de velocidad suministrada por el lazo de control de velocidad. Esta **TQ_REF** es una señal unipolar y se multiplica por el ángulo de conmutación digital para la fase 1 enclavado por las señales **DB0** a **DB11**. El enclavamiento de la información digital es controlado por las señales **WR** y **CS**; y

60 **R7, R8, R9, U4A, U4B, U5:** Estos componentes se usan para generar los controles de corriente para la fase 2 de la armadura del motor de la misma manera que la descripción previa para los controles de corriente para la fase 1.

65 La Figura 6 es un esquema del circuito 400 para generar controles de par para el motor. Lo que sigue debería verse

a la luz de las Figuras 3 a 6. El circuito 400 es un circuito de ejemplo para generar una referencia de control del par del motor basándose en una referencia de control de velocidad y realimentación de velocidad. Sin embargo, debería entenderse que el sistema 100 no está limitado a la disposición mostrada en la Figura 6 y que se incluyen otras disposiciones de circuito para la generación de una referencia de control del par del motor en el espíritu y alcance de la invención reivindicada. La referencia de control de velocidad se fija por componentes en el circuito 400 y la señal de realimentación de velocidad se deduce de un bit tomado de la salida del convertidor R/D.

Lo que sigue es una breve descripción de los componentes mostrados en la Figura 6:

10 **R1, R2, R5, R6, R7, R8, R10, C1, C2, C3, C4, D1, U1A, U2A, U3A:** Estos componentes generan una señal de realimentación de velocidad unipolar (**U1A-1**) a partir de una señal de tren impulsos (**DB2**) que es un bit seleccionado de la salida de conversión resolutor a digital. Podrían usarse para esta función varios bits de salida desde el R/D, dependiendo del intervalo de velocidad de control deseado. La frecuencia de **DB2** varía con la velocidad de rotación del motor. Un flanco de subida en **DB2** produce un pulso de corriente para cargar **C3**.
15 Cuando se incrementa la frecuencia de **DB2**, la relación de impulsos en **C3** se incrementa haciendo que la tensión a través de **C3** se eleve. La tensión a través de **C3** se amortigua por el amplificador **U1A** y está presente en **U1A-1**;

20 **R3, R4, R9, U1B:** Estos componentes, junto con el interruptor analógico conectado a las señales **TACH_SW1** and **TACH_SW2** convierten la señal de velocidad unipolar en **TACH_SW2** en una señal bipolar en **U1B-7**. El interruptor analógico que se abre y cierra entre las señales **TACH_SW1** y **TACH_SW2** está controlado por el bit de indicación de dirección desde el convertidor R/D. Cuando: el bit de dirección cambia de polaridad, la ganancia de esta red cambia entre una ganancia unitaria positiva a una ganancia unitaria negativa, cambiando así la tensión unipolar positiva en **TACH_SW2** a una señal bipolar en **U1B-7**;

25 **R11, R12, R15, R17, R19, R20, R21, R25, R26, R27, C5, C6, C7, D2, D3, U5A, U5B:** Estos componentes se usan para regular la velocidad del motor durante el movimiento de emergencia a la posición estabilizada. Este circuito cierra el lazo de velocidad y la salida de este circuito en **U5B-7** es el error de velocidad, que también se denomina como el control de referencia del par del motor. **R19, R20,** y **R26** componen la referencia de velocidad para el movimiento controlado a la posición estabilizada. Esta referencia se suma con la realimentación de velocidad que pasa a través de la red de centros de **C5, R11,** y **R15. R12, R27, C6,** y **C7** proporciona la compensación del lazo de control y ajuste de ganancia. **D2** y **D3** sujetan la señal de error de velocidad máxima que puede generarse por el **U5A. R25** se usa para escalar el error de velocidad (control de corriente) lo que a su vez escala la corriente desarrollada en el motor. **U5B** se usa para almacenar la señal tomada desde **R25**.

35 Las señales **VEL_CLAMP** y **VEL_CLAMP_RET** van a un interruptor analógico que se cierra cuando el control de movimiento de emergencia no está activo. Esto sujeta el control de corriente desde **U5B-7** y descarga cualquier tensión almacenada en **C6** y **C7**;

40 **R13, R14, R16, R18, C8, U4:** Estos componentes se usan para realizar una señal digital que corresponde a la polaridad del error de velocidad suministrado a **R18**. Esta señal digital se representa por la señal **TORQUE_DIR**. La señal **TORQUE_DIR** se usa a continuación por el dispositivo de memoria que mantienen las tablas de búsqueda de conmutación para generar las señales de magnitud de ángulo de conmutación de la fase 1 y la fase 2. La polaridad de la señal **TORQUE_DIR** hace que se seleccione una sección diferente de la tabla de dependiendo de si está a un valor alto o un valor bajo. Esta diferencia en la tabla de búsqueda es necesaria para proporcionar una conmutación apropiada del motor mientras se controla la velocidad del motor para diferentes zonas de funcionamiento del motor tales como las zonas de operación de supervisión o regenerativa; y

50 **R22, R23, R24, R28, R29, D4, U6A, U6B:** Estos componentes se usan para realizar un circuito de valor absoluto. Este circuito convierte la señal de control de par bipolar en **R29** en la señal unipolar **TQ_REF** a partir de **U6A-1**. La señal **TQ_REF** se alimenta entonces al circuito de conmutación del motor para generar los controles de la corriente del motor.

55 La Figura 7 es un esquema del circuito 500 para generar una señal de control de emergencia para la operación de emergencia del motor. Lo que sigue debería verse a la luz de las Figuras 3 a 7. El circuito 500 es un circuito de ejemplo para generar la señal 108, por ejemplo, las señales de control de la etapa de salida del transistor de Ancho de Impulsos Modulado (PWM) de referencia para operación de emergencia para las tres fases del motor a partir de las referencias de control de corriente de la armadura de la fase 1 y la fase 2. Por ejemplo, las señales de control de salida se transmiten desde el elemento 102 al elemento 126. Debería entenderse que se incluyen otros componentes de control de la etapa de salida y disposiciones en el alcance y espíritu de la invención reivindicada. Debería entenderse también el sistema 100 no está limitado a la disposición mostrada en la Figura 7 y que se incluyen otras disposiciones de circuito para la generación de una señal de control de salida para operación de emergencia del motor en el espíritu y alcance de la invención reivindicada.

Lo que sigue es una breve descripción de los componentes mostrados en la Figura 7:

65 **R6, R9, R12, R14, C4, U3, U5A, D3, D4:** Estos componentes suman el control de la corriente de armadura de la fase 1 (**P1_CMD**) y la realimentación de corriente de armadura de la fase 1 (**P1_FDBK**), para generar la señal de

error de la corriente de armadura de la fase 1 que es amplificada en **U5A-1** y sujeta por **D3** y **D4**. Además, **U3** contiene un interruptor analógico que está controlado por la señal de **CLAMP** para sujetar la salida de esta red en **U5A-1** a cero voltios cuando no está activo del movimiento de emergencia a la posición estabilizada. La activación del interruptor analógico descarga cualquier tensión almacenada en el condensador de realimentación **C4**;

R19, R23, R24, R27, C9, U3, U5B, D8, D9: Estos componentes realizan la misma función para la fase 2 del motor que lo que hace la descripción previa para la fase 1 del motor;

U3: Además de los interruptores analógicos para el control de las señales de error de la corriente de armadura para la fase 1 y la fase 2, **U3** también contiene un interruptor analógico que sujeta la ganancia del lazo de control de velocidad y descarga el condensador de ganancia integral en ese lazo de control. Esto se realiza con las señales **VEL_CLAMP, VEL_CLAMP_RET**, y **CLAMP**.

Además, **U3** contiene un interruptor analógico que se usa para realizar una señal bipolar de la señal de realimentación de velocidad a partir de la señal unipolar. Esto se realiza con las señales **TACH_SW1, TACH_SW2**, y **DIR**.

R31, R35, R36, U8A: Estos componentes suman e invierten las señales de error de la corriente de la armadura de la fase 1 y la fase 2 para generar la señal de error de la corriente de armadura de la fase 3;

R30, R32, R33, R34, R37, C12, D11, D12, U8B, U9A, U10A: Estos componentes generan una onda triangular de referencia que se usa por los circuitos comparadores del PWM. La onda triangular se genera en **U8B-7** y se amortigua por **U10A**;

R1, R3, R4, R7, R8, C2, U4: Estos componentes generan la señal de referencia de Modulación de Ancho de Impulsos (PWM) de la fase 1 en **U4-7** basándose en la señal de error de la fase 1 y en la onda triangular de referencia. La frecuencia se determina por la frecuencia de la onda triangular en **R8**. El ciclo de trabajo se determina por los niveles comparados de la onda triangular y de la señal de error. Esta señal de PWM se usa para controlar los transistores de la etapa de salida de la fase 1 durante el movimiento de emergencia a la posición estabilizada;

R10, R13, R15, R17, R18, C7, U6: Estos componentes generan la señal de referencia de Modulación de Ancho de Impulsos (PWM) de la fase 2 de la misma manera que la sección previa lo hace para la fase 1; y

R20, R22, R25, R28, R29, C10, U7: Estos componentes generan la señal de referencia de Modulación de Ancho de Impulsos (PWM) de la fase 3 de la misma manera que la sección previa lo hace para la fase 2.

La Figura 8 es un esquema del circuito **600** para seleccionar y producir la salida de la señal de control de emergencia o la señal de control operativa. Lo que sigue debería verse a la luz de las Figuras 3 a 8. El circuito **600** es un circuito de ejemplo para generar señales de accionamiento de la puerta para los transistores de salida de la armadura mediante la selección de la señal **112** o la señal **108**, por ejemplo, señales no de emergencia, de PWM generadas para servo control o señales de PWM de operación de emergencia. Es decir, el circuito **600** es para la generación de una señal transmitida desde el elemento **128** al elemento **130** con relación al control de los componentes en el elemento **130**. Sin embargo, debería entenderse que el sistema **100** no está limitado a la disposición mostrada en la Figura 8 y que se incluyen otras disposiciones de circuitos para la generación de las señales de accionamiento de la puerta en el espíritu y alcance de la invención reivindicada.

En una realización, la operación del elemento **126**, por ejemplo, el control para la operación de selección descrita anteriormente, se basa en el estado de un lazo de seguridad del sistema de paso de las palas. Por ejemplo, el lazo de seguridad detecta fallos en un sistema principal (no mostrado) en el que se localiza el sistema **100**. Por ejemplo, si el lazo de seguridad detecta un fallo que necesita parada del sistema principal, una señal desde el lazo de seguridad activa el elemento **102** si la pala no está en la posición de estabilidad (la posición deseada para la pala en una parada de emergencia). Es decir, el elemento **102** se activa para mover la pala a la posición de estabilidad. Debería entenderse que los circuitos lógicos mostrados en las figuras pueden implementarse con uno o más dispositivos lógicos programables.

Lo que sigue es una breve descripción de los componentes mostrados en la Figura 8:

R4, R5, C2, C3, D3, U3: Estos componentes aíslan la señal no de emergencia, de referencia de PWM generada para servo control para la fase 1 (**P1_PWM_SER**) desde el circuito de control de la operación de emergencia y la lógica de selección del PWM;

R11, R13, C5, C7, D8, U4: Estos componentes aíslan la señal no de emergencia, de referencia de PWM generada para servo control para la fase 2 (**P2_PWM_SER**) desde el circuito de control de la operación de emergencia y la lógica de selección del PWM;

R17, R18, C9, C12, D11, U7: Estos componentes aíslan la señal no de emergencia, de referencia de PWM generada para servo control para la fase 3 (**P3_PWM_SER**) desde el circuito de control de la operación de emergencia y la lógica de selección del PWM;

R22, R23, R24, C11, C13, D14, U9: Estos componentes aíslan la señal de estado del lazo de seguridad (**SAFETY**) desde el circuito de control de la operación de emergencia y la lógica de selección del PWM;

U1C, U2A, U2B, U2C, U10E: Estos componentes lógicos se usan para seleccionar entre la señal no de emergencia, de PWM creada por el servo control para la fase 1 del motor y la señal de PWM generada para operación de emergencia para la fase 1 del motor. Esta conmutación se controla por la señal en **U10E-11**. Si la señal de estado del lazo de seguridad está mostrando el estado no de emergencia, entonces **U10E-11** tiene un nivel lógico alto. Esto

hace que la fuente de PWM no de emergencia se seleccione como la señal que se pasa a través del circuito de inserción de tiempo muerto. Si la señal de estado del lazo de seguridad está mostrando un estado de emergencia, entonces la señal de PWM generada por el circuito de operación de emergencia se selecciona como la señal que pasa a través del circuito de inserción de tiempo muerto;

5 **U2D, U5A, U5B, U6C, U10E:** Estos componentes lógicos se usan para seleccionar entre la señal no de emergencia, de PWM generada por el servo control para la fase 2 del motor y la señal de PWM generada para operación de emergencia para la fase 2 del motor de la misma manera que se ha descrito para la fase 1 en la Figura 7;

10 **U5C, U5D, U8A, U10C, U10E:** Estos componentes lógicos se usan para seleccionar entre la señal no de emergencia, de PWM generada por el servo control para la fase 3 del motor y la señal de PWM generada para operación de emergencia para la fase 3 del motor de la misma manera que se ha descrito para la fase 1 en la Figura 7;

15 **R1, R2, R3, R6, R7, R8, C1, C4, D1, D2, D4, D5, Q1, Q2, U1A, U1B, U1D** - Estos componentes toman la señal de PWM de la fase 1 seleccionada y la dividen en señales de PWM que accionan los circuitos de accionamiento de la puerta de los transistores de salida de la armadura de la fase 1 superior e inferior. Los transistores de salida se conectan en una forma en poste de tótem. La señal **P1_TOP** se usa para controlar el transistor superior de la fase 1 y la señal **P1_BOT** se usa para controlar el transistor inferior de la fase 1. **P1_TOP** y **P1_BOT** tienen polaridades opuestas debido a que **U1D** invierte la señal para **P1_BOT**.

20 Sin embargo, hay un tiempo muerto insertado en las señales **P1_TOP** y **P1_BOT** que retarda cuándo se hace el conductor su transistor asociado de modo que ambos transistores puedan estar cortados al mismo tiempo antes de que uno se ponga en conducción. Esto impide que circulen corrientes dañinas a través de los dos transistores de salida. Para insertar un retardo en el encendido del transistor de la fase 1 superior por la señal **P1_TOP**, los componentes **R1** y **C1** hacen que el flanco descendente de la señal en **U1A-3** se ralentice. Este retardo en alcanzar el nivel de umbral inferior de la entrada de **U1A-3** provoca un retardo a la conmutación de la salida en **U1A-2**. **D1** impide que este retardo ocurra en el flanco ascendente en **U1A-3** permitiendo que **C1** se cargue rápidamente a través de **D1**. **R6, C4, y D4** realiza la misma función de retardo para la señal **P1_BOT**. El tiempo muerto se inserta después del circuito de selección de fuente de la señal de PWM para impedir posibles pulsos de PWM estrechos generados durante el proceso de conmutación frente a la colocación de los transistores de salida en un estado indeseado;

30 **R9, R10, R12, R14, R15, R16, C6, C8, D6, D7, D9, D10, Q3, Q4, U6A, U6B, U6D:** Estos componentes generan las señales de control (**P2_TOP** y **P2_BOT**) para el accionamiento de la puerta del transistor de salida de la fase 2 de una forma idéntica a la descrita para las señales de accionamiento de la puerta del transistor de salida de la fase 1 **P1_TOP** y **P1_BOT**; y

35 **R19, R20, R21, R25, R26, R27, C10, C14, D12, D13, D15, D16, Q5, Q6, U10A, U10B, U10D:** Estos componentes generan las señales de control (**P3_TOP** y **P3_BOT**) para el accionamiento de la puerta del transistor de salida de la fase 3 de una forma idéntica a la descrita para las señales de accionamiento de la puerta del transistor de salida de la fase 1 **P1_TOP** y **P1_BOT**.

40 La Figura 9 es un esquema del circuito **700** para uso de la señal de control de emergencia producida o el sistema de control operativo para proporcionar alimentación al motor. Lo que sigue debería verse a la luz de las Figuras 3 a 9. El circuito **700** es un circuito de ejemplo para generar señales para accionar los dispositivos de alimentación en el elemento **130**. Por ejemplo, el circuito **700** genera señales para accionar las puertas de los transistores de salida de la armadura basándose en los estados de las señales de entrada de accionamiento de la puerta del PWM y la señal de habilitación del puente de salida. Sin embargo, debería entenderse que el sistema **100** no está limitado a la disposición mostrada en la Figura 9 y que se incluyen otras disposiciones de circuito para generar señales de accionamiento en el espíritu y alcance de la invención reivindicada. En una realización, un transistor de salida solo abre sus puertas si la señal de entrada de accionamiento de la puerta del PWM asociado está baja y la señal habilitación del puente (**BRIDGE_EN**) se pone en alto.

50 Lo que sigue es una breve descripción de los componentes mostrados en la Figura 9:

R1, R2, R6, R7, D1, Q1, Q2: Estos componentes se usan para cortar todos los transistores de salida mediante la desconexión de **Q1** ajustando la señal rehabilitación del puente **BRIDGE_EN** a un valor bajo. Con **Q1** en corte, la fuente de +5V se desconecta de los circuitos de accionamiento de la puerta individuales. Con **Q1** en conducción, cada circuito de accionamiento de puerta es controlado mediante su señal de accionamiento de la puerta asociada;

55 **R3, R8, D2, Q1, U1:** Estos componentes se usan para accionar directamente las puertas del transistor superior para la etapa de salida de la armadura de la fase 1. La salida de accionamiento de la puerta en **U1-5 (P1_TOP_GATE)** se eleva hasta un nivel suficiente con respecto a **U1-6 (P1_TOP_EMITTER)** para que el transistor de salida de armadura asociado se desconecte si la señal de entrada en **U1-2 (P1_TOP)** es puesta a bajo y la señal **BRIDGE_EN** está poniendo en conducción **Q1**. La salida de accionamiento de la puerta en **U1-5 (P1_TOP_GATE)** cae hasta un nivel suficiente con respecto a **U1-6 (P1_TOP_EMITTER)** para que el transistor de salida de armadura asociado se desconecte si la señal de entrada en **U1-2 (P1_TOP)** es puesta a alto o la señal **BRIDGE_EN** está cortando **Q1**;

65 **R4, R9, D3, Q1, U2:** Estos componentes se usan para accionar directamente las puertas del transistor superior para la fase de salida de la armadura de la fase 2 de la misma manera que para el transistor superior de la

armadura de la fase 1;

R5, R10, D4, Q1, U3: Estos componentes se usan para accionar directamente las puertas del transistor superior para la fase de salida de la armadura de la fase 3 de la misma manera que para el transistor superior de la armadura de la fase 1;

5 **R11, R14, D5, Q1, U4:** Estos componentes se usan para accionar directamente las puertas del transistor inferior para la fase de salida de la armadura de la fase 1 de la misma manera que para el transistor superior de la armadura de la fase 1;

R12, R15, D6, Q1, U5: Estos componentes se usan para accionar directamente las puertas del transistor inferior para la fase de salida de la armadura de la fase 2 de la misma manera que para el transistor superior de la armadura de la fase 1; y

10 **R13, R16, D7, Q1, U6:** Estos componentes se usan para accionar directamente las puertas del transistor inferior para la fase de salida de la armadura de la fase 3 de la misma manera que para el transistor superior de la armadura de la fase 1.

15 La figura 10 es un esquema del circuito 800 para generar una o más señales de inhabilitación para inhabilitar el elemento de la etapa de salida. Lo que sigue debería verse a la luz de las Figuras 3 a 10. El circuito 800 es un circuito de ejemplo para generar una señal de inhabilitación para el elemento 106. Sin embargo, debería entenderse que el sistema 100 no está limitado a la disposición mostrada en la Figura 10 y que se incluyen otras disposiciones de circuitos para la generación de una señal de realimentación en el espíritu y alcance de la invención reivindicada.

20 En una realización, el circuito 800 selecciona la fuente de la señal de habilitación del puente (**BRIDGE_EN**) y genera la señal de control **CLAMP** que se usa para sujetar los errores del lazo de velocidad y del lazo de corriente a cero voltios y hacer que las señales de PWM de operación de emergencia estén en un ciclo de trabajo del 50 %. Por ejemplo, cuando la pala alcanza la posición estabilizada.

25 Lo que sigue es una breve descripción de los componentes mostrados en la Figura 10:

R1, R2, C1, D1, U1: Estos componentes aíslan la señal no de emergencia, de habilitación del puente de operación del servo control (**ENABLE_S**) respecto al circuito de control de operación de emergencia y a la lógica de selección de habilitación del puente;

30 **R3, R4, R5, C2, C3, D2, U3:** Estos componentes aíslan la señal de estado del lazo de seguridad (**SAFETY**) respecto al circuito de control de la operación de emergencia y la lógica de habilitación del puente;

R6, R7, R8, C4, C5, D3, U6: Estos componentes aíslan la señal del interruptor fin de carrera de operación de emergencia (**LIMIT_SWITCH**) respecto al circuito de control de operación de emergencia y la lógica de selección de habilitación del puente. La señal de **LIMIT_SWITCH** se genera a partir de un interruptor de fin de carrera montado en la pala de turbina y proporciona una indicación de estado de cuando la pala ha alcanzado la posición estable en cuyo punto el movimiento de emergencia de la pala ya no se requiere dado que la pala está en su posición estabilizada segura;

35 **U2A, U2B, U4A, U5A, U5B:** Estos componentes proporciona la lógica para selección de la fuente de la señal de habilitación del puente **BRIDGE_EN**. La señal **BRIDGE_EN** es una señal simple que puede usarse para inhabilitar todas las señales de accionamiento de la puerta del transistor de salida y desconectar todos los transistores de salida de la armadura. Esto se lleva a cabo cuando **BRIDGE_EN** está baja. Cuando **BRIDGE_EN** está alta, habilita los transistores de salida para ser controlados por las señales de accionamiento de la puerta individuales para los transistores de salida.

45 Aunque estos componentes lógicos se muestran como elementos discretos, debería entenderse que las funciones de estos componentes pueden implementarse en un dispositivo lógico programable (no mostrado).

La señal **BRIDGE_EN** es originada por la señal **ENABLE_S** si el lazo de seguridad del sistema de paso está en un estado no de emergencia por la señal **SAFETY** que está siendo accionada a bajo con respecto a **+24VSAFE**. Si el sistema de paso está en un estado de emergencia, entonces la fuente para **BRIDGE_EN** es desde la señal **LIMIT_SWITCH**; y

50 **U2B, U5B:** Estos componentes proporcionan la lógica para la generación de la señal de sujeción **CLAMP**. Aunque estos componentes lógicos se muestran como elementos discretos, debería entenderse que las funciones de estos componentes pueden implementarse en un dispositivo lógico programable (no mostrado). La señal **CLAMP** se usa para hacer los errores del lazo de velocidad y del lazo de corriente iguales a cero voltios así como reponer cualquier tensión almacenada en los condensadores de integración. Además, la señal **CLAMP** fija todas las señales de PWM de referencia generadas en el circuito de emergencia al 50 % del ciclo de trabajo. Pueden añadirse circuitos que supervisan estas señales de PWM en el estado no de emergencia para ayudar a detectar si hay un mal funcionamiento del circuito de emergencia antes de que se active el circuito, y si hay un mal funcionamiento detectado, entonces puede usarse el circuito no de emergencia, de operación del servo para cambiar el paso de las palas a la posición estabilizada para asegurar una parada apropiada de la turbina.

65 La figura 11 es un diagrama de bloques esquemático del sistema de control 900 de la presente invención para una pala de turbina con control de emergencia totalmente redundante. El sistema 900 incluye un elemento de control de emergencia 902 y un elemento de la etapa de salida 904. El elemento 902 es para la generación y salida de una

señal de control de emergencia para la operación de emergencia del motor **906**. El motor es para el control del paso de una pala (no mostrada) conectada al motor. En una realización, el motor es un motor de CA sin escobillas. En una realización el sistema **900** incluye la implementación de un sistema de paso sin escobillas que usa una sección totalmente redundante de interruptores de potencia en un formato de puente de potencia trifásico. En este planteamiento, como con el sistema de paso en CC, se usa un control electromecánico (entre las técnicas) para el control de la operación de estabilidad de emergencia. Al proporcionar una entrega y control de alimentación totalmente redundante para la operación de emergencia, el sistema **900** proporciona casi todas las ventajas de seguridad asociadas con la implementación del motor de CC, mientras proporciona las ventajas de rendimiento y duración del servicio asociadas con un sistema de control de motor de CA. Se emplea un dispositivo de realimentación de la posición del motor redundante separado para mejorar la fiabilidad, evitando la decodificación por software, y permitiendo diseños de circuito fiables simples.

El elemento **907** es para la generación y producción de una señal de control operativa para operación no de emergencia del motor **906**. Los elementos **902** y **907** reciben una señal de estado de emergencia, que indica si se requiere la operación en el modo de emergencia o no de emergencia. Puede usarse para la señal de estado cualquier medio conocido en la técnica, por ejemplo, la tensión **S24V ENTRADA** se supervisa por los elementos **902** y **907**. En una realización, la tensión en la línea indica operación no de emergencia y falta de tensión o una tensión por debajo del umbral predeterminado indica operación en el modo de emergencia. Por ejemplo, para la tensión **S24V ENTRADA** por debajo del umbral indicado anteriormente, el sistema **900** se activa para operar el motor y para una tensión **S24V ENTRADA** por encima del umbral indicado anteriormente, el elemento **907** controla el motor. Puede supervisarse o detectarse cualquier condición conocida en la técnica para el sistema **900** o para una turbina (no mostrada) que incluya el sistema **900**, para generar la señal de estado de emergencia.

El elemento **904** incluye medios, por ejemplo, terminales **908**, para recibir alimentación para la operación del motor y medios, por ejemplo, terminales **910**, para proporcionar la alimentación recibida al motor durante la operación de emergencia. Puede usarse cualquier medio de recepción y transmisión de alimentación conocido en la técnica. El elemento **904** puede recibir y transmitir alimentación desde cualquier fuente de alimentación conocida en la técnica, por ejemplo, la fuente de alimentación **912** para operación normal y la fuente de alimentación de emergencia **914**, que puede ser, por ejemplo, una fuente de alimentación de batería o condensador.

En una realización, el elemento de la etapa de salida incluye el elemento de control de la etapa de salida **916** y el elemento de la etapa de salida **918**. El elemento **916** es para la recepción de la señal de control de emergencia y producción de las señales de control apropiadas para el elemento **918**. El elemento **918** es para la recepción de las señales e incluye los medios para recibir alimentación y los medios para proporcionar la alimentación recibida.

En una realización, el sistema **900** incluye un elemento de realimentación **920** para la detección de una posición de rotor, para generar una señal de realimentación de acuerdo con la posición detectada, y para transmitir la señal de realimentación. El elemento de control de emergencia es para la recepción de la señal de realimentación, por ejemplo, en línea **922**, y generar la señal de control de emergencia en respuesta a la señal de realimentación. Es decir, la señal de control de emergencia se genera para tener en cuenta la posición del rotor. Dicho en otra forma, el elemento **920** proporciona información del ángulo del rotor usado para conmutar eléctricamente la corriente eléctrica para el motor. En una realización, la señal de realimentación se usa para controlar el movimiento de la pala hacia la posición estabilizada, y el interruptor de fin de carrera **924** se usa para determinar cuándo la pala ha alcanzado la posición estabilizada. Se usa entonces una señal desde el interruptor de fin de carrera para detener la rotación del motor. Por ejemplo, se transmite una señal desde el interruptor de fin de carrera a la unidad de control de relés **926** cuando la pala alcanza la posición estabilizada y la unidad **926** pasa la señal al elemento **902**. La unidad **926** transmite también una señal al freno **928** para frenar el motor en la posición estabilizada. En una realización, cuando la pala alcanza la posición terminal deseada, los datos en la señal de realimentación describen esta posición y el elemento **902** determina que la pala ya no necesita girarse y genera la señal de control de emergencia para cesar la rotación de la pala.

Debería entenderse que el sistema **900** puede operarse sin el sensor de realimentación **920**. Por ejemplo, si la operación de emergencia es habilitada por el sistema **900**, el elemento **902** puede generar la señal de control de emergencia para accionar la pala hasta la posición estabilizada, independientemente de la posición de la pala cuando se genera la señal de control de emergencia. En este caso, el elemento **918** genera la corriente del motor deseada y el motor se sincroniza eventualmente con la corriente deseada. En otro caso, pueden obtenerse datos con relación a la posición de la pala directamente desde el motor y usarse para generar la señal de control de emergencia.

En una realización, el elemento **920** es un dispositivo de realimentación resolutor, un dispositivo electromecánico que no contiene ningún componente activo. Debido a la carencia de componentes activos, el dispositivo resolutor es extremadamente robusto y los componentes en el dispositivo resolutor son mucho más capaces que los componentes activos para resistir fallos en presencia de perturbaciones eléctricas, por ejemplo, incidencias de rayos, alrededor del motor. Por ejemplo, un resolutor se basa solamente en la operación mecánica, por ejemplo, un resolutor contiene bobinas devanadas y es muy robusto e inmune a fallos frente a perturbaciones eléctricas u otros eventos transitorios acoplados. Además, un resolutor tiene un intervalo de temperatura de operación mucho más

amplio que dispositivos de realimentación típicos que contienen electrónica. Por lo tanto, en el caso de problemas térmicos con el motor, el resolutor es menos probable que sufra problemas relacionados con la temperatura y sea capaz de continuar proporcionando datos de realimentación.

- 5 Debería entenderse que se podrían usar otros dispositivos de realimentación de posición y esto se incluye en el espíritu y alcance de la invención reivindicada. Por ejemplo, se puede usar un dispositivo de realimentación de efecto Hall. Por ejemplo, en una realización (no mostrada), se usa un dispositivo de efecto Hall en un esquema de modulación de corriente en seis pasos.
- 10 Lo que sigue debería verse a la luz de la Figura 11. Lo que sigue describe un método de la presente invención para el control de una pala de turbina. Aunque el método se presenta como una secuencia de etapas por claridad, no debe deducirse ningún orden a partir de la secuencia a menos que se establezca explícitamente. Una primera etapa genera y produce la salida, en respuesta a una señal de estado de emergencia y el uso de un elemento de control operativo, de una señal de control operativa para operación no de emergencia del motor para el control del paso de
- 15 la pala de turbina; una segunda etapa, en un elemento de la etapa de salida operativa: recibe la señal de control operativa; una tercera etapa recibe alimentación para operación no de emergencia del motor; y, una cuarta etapa proporciona la alimentación recibida para operación no de emergencia del motor al motor de acuerdo con la señal de control operativa. una quinta etapa genera y produce la salida, en respuesta a la señal de estado de emergencia y el uso de un elemento de control de emergencia, separado de y diferente del elemento de control operativo, de una
- 20 señal de control de emergencia para operación de emergencia del motor; en un elemento de la etapa de salida de emergencia, una sexta etapa recibe la señal de control de emergencia; una séptima etapa recibe alimentación para operación de emergencia del motor; y una octava etapa proporciona la alimentación recibida para operación de emergencia del motor al motor de acuerdo con la señal de control de emergencia.
- 25 En una realización, el elemento de la etapa de salida operativa incluye un elemento de control de la etapa de salida operativa y un elemento de la etapa de salida operativa, recibir la señal de control operativa incluye el uso del elemento de control de la etapa de salida operativa para recibir, y recibir alimentación para la operación no de emergencia del motor y proporcionar la alimentación recibida para operación no de emergencia del motor incluye el uso del elemento de la etapa de salida operativa para recibir y proporcionar. En una realización, el elemento de la
- 30 etapa de salida de emergencia incluye un elemento de control de la etapa de salida de emergencia y un elemento de la etapa de salida de emergencia, recibir la señal de control de emergencia incluye el uso del elemento de control de la etapa de salida de emergencia para recibir, y recibir alimentación para la operación de emergencia del motor y proporcionar la alimentación recibida para operación de emergencia del motor incluye el uso del elemento de la etapa de salida de emergencia para recibir y proporcionar
- 35 En una realización, una etapa detecta, usando un elemento de realimentación, una posición del motor; otra etapa genera, usando el elemento de realimentación, una señal de realimentación de acuerdo con la posición detectada; una etapa adicional transmite, usando el elemento de realimentación, la señal de realimentación; y otra etapa más recibe, usando el elemento de control de emergencia, la señal de realimentación y la generación de la señal de
- 40 control de emergencia incluye generarla en respuesta a la señal de realimentación.
- De esta manera, se ve que los objetivos de la invención se obtienen de modo eficiente, aunque deberían ser claramente evidentes para los expertos en la materia cambios y modificaciones a la invención, sin apartarse del alcance de la invención tal como se reivindica. Aunque la invención se describe con referencia a una realización preferida específica, es claro que pueden realizarse variaciones sin apartarse del alcance de la invención tal como se reivindica.
- 45

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de control (100) para una pala de turbina, que comprende:

5 un elemento de control operativo (104) configurado para generar y producir la salida de una señal de control operativa, la señal de control operativa para operación no de emergencia de un motor (110) para controlar el paso de la pala de turbina;
 un elemento de control de emergencia (102), separado y diferente del elemento de control operativo (104), configurado para generar y producir la salida de una señal de control de emergencia para la operación de
 10 emergencia del motor (110); y,
 un elemento de etapa de salida (106) configurado para recibir las señales de control operativa y de emergencia y para seleccionar una de las señales de control operativa o de emergencia, y con un medio (120) para recibir alimentación para la operación del motor (110) y con un medio (122) para proporcionar la alimentación recibida al motor (110) de acuerdo con la señal de control operativa o de emergencia seleccionada.

15 2. El sistema de control (100) de acuerdo con la reivindicación 1 en el que el elemento de etapa de salida (106) comprende adicionalmente:

20 un elemento de control de etapa de salida (128) configurado para recibir las señales de control operativa y de emergencia, para seleccionar una de las señales de control operativa o de emergencia y para producir la salida de la señal de control operativa o de emergencia seleccionada; y,
 un elemento de etapa de salida (130) configurado para recibir la señal de control operativa o de emergencia producida y que incluye el medio (120) para recibir alimentación y el medio (122) para proporcionar la alimentación recibida.

25 3. El sistema de control de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2 que comprende adicionalmente un elemento de realimentación (132) configurado para detectar una posición del motor (110), para generar una señal de realimentación de acuerdo con la posición detectada y para transmitir la señal de realimentación y en donde el elemento de control de emergencia (102) está configurado para recibir la señal de realimentación y generar la señal
 30 de control de emergencia en respuesta a la señal de realimentación.

4. Un método para el control de una pala de turbina, que comprende:

35 generar y producir la salida, usando un elemento de control operativo (104), de una señal de control operativa para operación no de emergencia de un motor (110) para controlar el paso de la pala de turbina;
 generar y producir la salida, usando un elemento de control de emergencia (102) separado y diferente del elemento de control operativo (104), de una señal de control de emergencia para operación de emergencia del motor (110); y,
 40 en un elemento de etapa de salida (106):

recibir las señales de control operativa y de emergencia;
 seleccionar una de las señales de control operativa o de emergencia;
 recibir alimentación para la operación del motor (110); y,
 45 proporcionar la alimentación recibida al motor (110) de acuerdo con la señal de control operativa o de emergencia seleccionada.

50 5. El método de acuerdo con la reivindicación 4 en el que el elemento de etapa de salida (106) comprende adicionalmente un elemento de control de la etapa de salida (128) y un elemento de la etapa de salida (130), en donde recibir y seleccionar las señales de control operativa y de emergencia incluye el uso del elemento de control de la etapa de salida (128) para recibir y seleccionar, y en donde recibir alimentación para la operación del motor (110) y proporcionar la alimentación recibida incluye el uso del elemento de la etapa de salida (130) para recibir y proporcionar.

55 6. El método de acuerdo con las reivindicaciones 4 o 5 que comprende adicionalmente:

detectar, usando un elemento de realimentación (132), una posición del motor (110);
 generar, usando el elemento de realimentación (132), una señal de realimentación de acuerdo con la posición detectada;
 60 transmitir, usando el elemento de realimentación (132), la señal de realimentación; y,
 recibir, usando un elemento de control de emergencia (102), la señal de realimentación y en donde generar la señal de control de emergencia incluye generarla en respuesta a la señal de realimentación.

7. Un sistema de control (900) para una pala de turbina, que comprende:

65 un elemento de control operativo (907) configurado para generar y producir la salida de una señal de control operativa, la señal de control operativa para operación no de emergencia de un motor (906) para controlar el

paso de la pala de turbina;

un elemento de etapa de salida operativo configurado para recibir la señal de control operativa y con un medio para recibir alimentación para operación no de emergencia del motor (906) y con un medio para proporcionar la alimentación recibida al motor (906) de acuerdo con la señal de control operativa;

5 un elemento de control de emergencia (902), separado y diferente del elemento de control operativo (907), configurado para generar y producir la salida de una señal de control de emergencia para la operación de emergencia del motor (906); y,

10 un elemento de etapa de salida de emergencia (904) configurado para recibir la señal de control de emergencia y con un medio (908) para recibir alimentación para operación de emergencia del motor (906) y con un medio (910) para proporcionar la alimentación recibida al motor (906) de acuerdo con la señal de control de emergencia.

8. El sistema de control de acuerdo con la reivindicación 7 en el que el elemento de la etapa de salida operativo comprende adicionalmente:

15 un elemento de control de la etapa de salida operativa configurado para recibir la señal de control operativa; y,
un elemento de etapa de salida que incluye el medio para recibir alimentación para operación no de emergencia de un motor y el medio para proporcionar la alimentación recibida para operación no de emergencia de un motor;
o,

20 en donde el elemento de la etapa de salida de emergencia (904) comprende adicionalmente:

un elemento de control de la etapa de salida de emergencia (916) configurado para recibir la señal de control de emergencia; y,

25 un elemento de etapa de salida de emergencia (918) que incluye el medio (908) para recibir alimentación para operación de emergencia del motor (906) y el medio (910) para proporcionar la alimentación recibida para operación de emergencia del motor (906).

9. El sistema de control de acuerdo con las reivindicaciones 7 u 8 que comprende adicionalmente un elemento de realimentación (920) configurado para detectar una posición del motor (906), para generar una señal de realimentación de acuerdo con la posición detectada y para transmitir la señal de realimentación y en donde el elemento de control de emergencia (902) está configurado para recibir la señal de realimentación y generar la señal de control de emergencia en respuesta a la señal de realimentación.

10. Un método para el control de una pala de turbina, que comprende:

35 generar y producir la salida, en respuesta a una señal de estado de emergencia y usando un elemento de control operativo (907), de una señal de control operativa para operación no de emergencia de un motor (906) para controlar el paso de la pala de turbina;
en un elemento de la etapa de salida operativa:

40 recibir la señal de control operativa;
recibir alimentación para operación no de emergencia del motor (906); y,
proporcionar la alimentación recibida para operación no de emergencia del motor (906) al motor (906) de acuerdo con la señal de control operativa;

45 generar y producir la salida, en respuesta a la señal de estado de emergencia y usando un elemento de control de emergencia (902) separado y diferente del elemento de control operativo (907), de una señal de control de emergencia para operación de emergencia del motor (906); y,
en un elemento de la etapa de salida de emergencia (904):

50 recibir la señal de control de emergencia;
recibir alimentación para operación de emergencia del motor (906); y,
proporcionar la alimentación recibida para operación de emergencia del motor (906) al motor (906) de acuerdo con la señal de control de emergencia.

55 11. El método de acuerdo con la reivindicación 10 en el que el elemento de la etapa de salida operativa comprende adicionalmente un elemento de control de la etapa de salida operativo y un elemento de la etapa de salida operativo, en donde recibir la señal de control operativa incluye el uso del elemento de control de la etapa de salida operativa para recibir, y en donde recibir alimentación para operación no de emergencia del motor (906) y proporcionar la alimentación recibida para operación no de emergencia del motor (906) incluye el uso del elemento de la etapa de salida operativa para recibir y proporcionar; o, en donde el elemento de la etapa de salida de emergencia (904) comprende adicionalmente un elemento de control de la etapa de salida de emergencia (916) y un elemento de la etapa de salida de emergencia (918), en donde recibir la señal de control de emergencia incluye el uso del elemento de control de la etapa de salida de emergencia (916) para recibir, y en donde recibir alimentación para operación de emergencia del motor (906) y proporcionar la alimentación recibida para operación de emergencia del motor (906) incluye el uso del elemento de la etapa de salida de emergencia (918) para recibir y proporcionar.

12. El método de acuerdo con las reivindicaciones 10 u 11 que comprende adicionalmente:

- 5 detectar, usando un elemento de realimentación (920), una posición del motor (906);
 generar, usando el elemento de realimentación (920), una señal de realimentación de acuerdo con la posición detectada;
 transmitir, usando el elemento de realimentación (920), la señal de realimentación; y,
 recibir, usando el elemento de control de emergencia (902), la señal de realimentación y en donde generar la señal de control de emergencia incluye generarla en respuesta a la señal de realimentación.

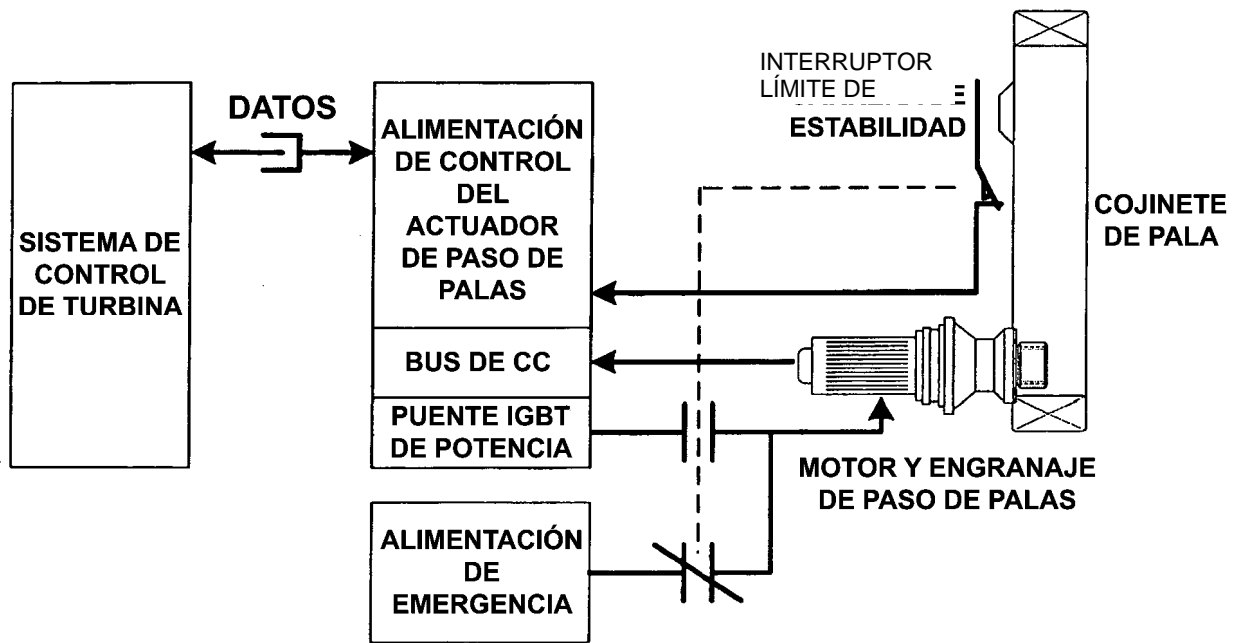
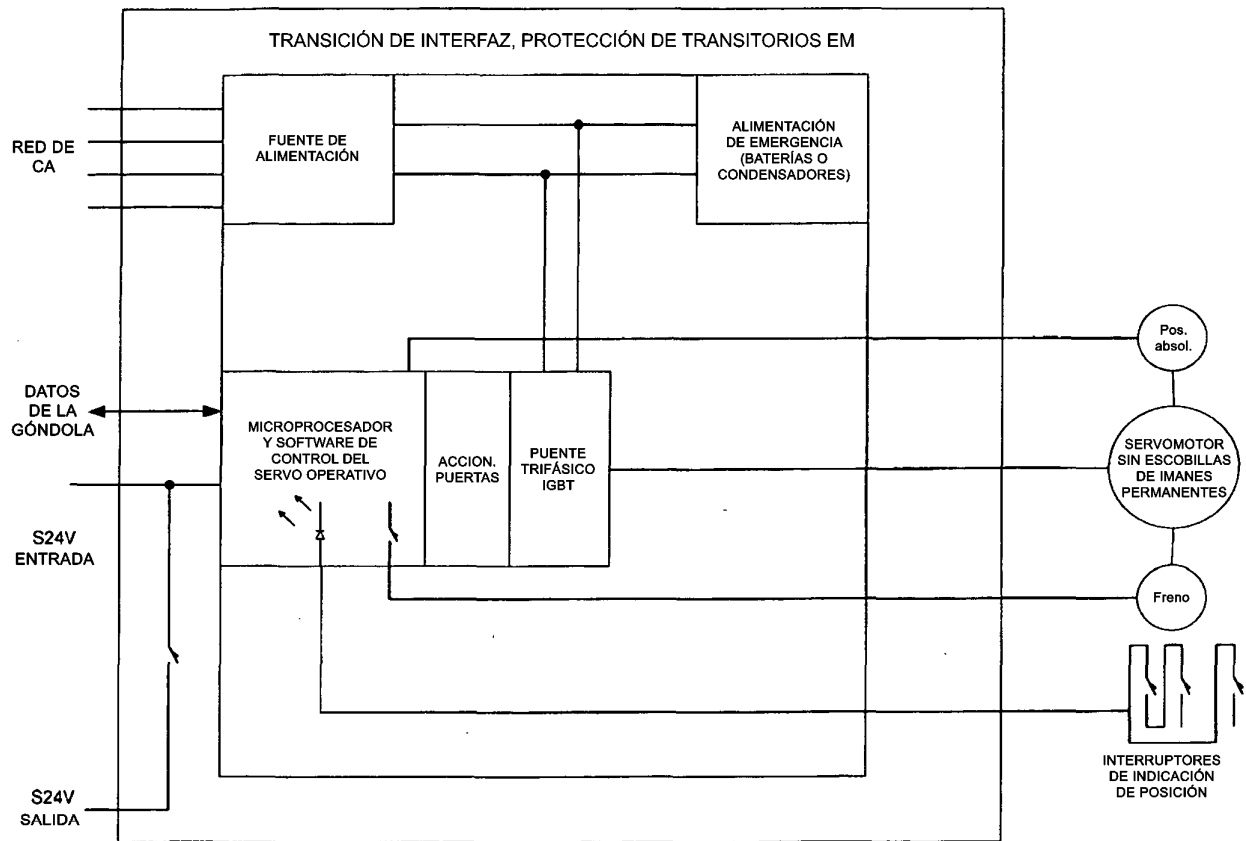


Fig 1



SISTEMA DE PASO DE PALAS SIN ESCOBILLAS - IMPLEMENTACIÓN CONVENCIONAL

Fig 2

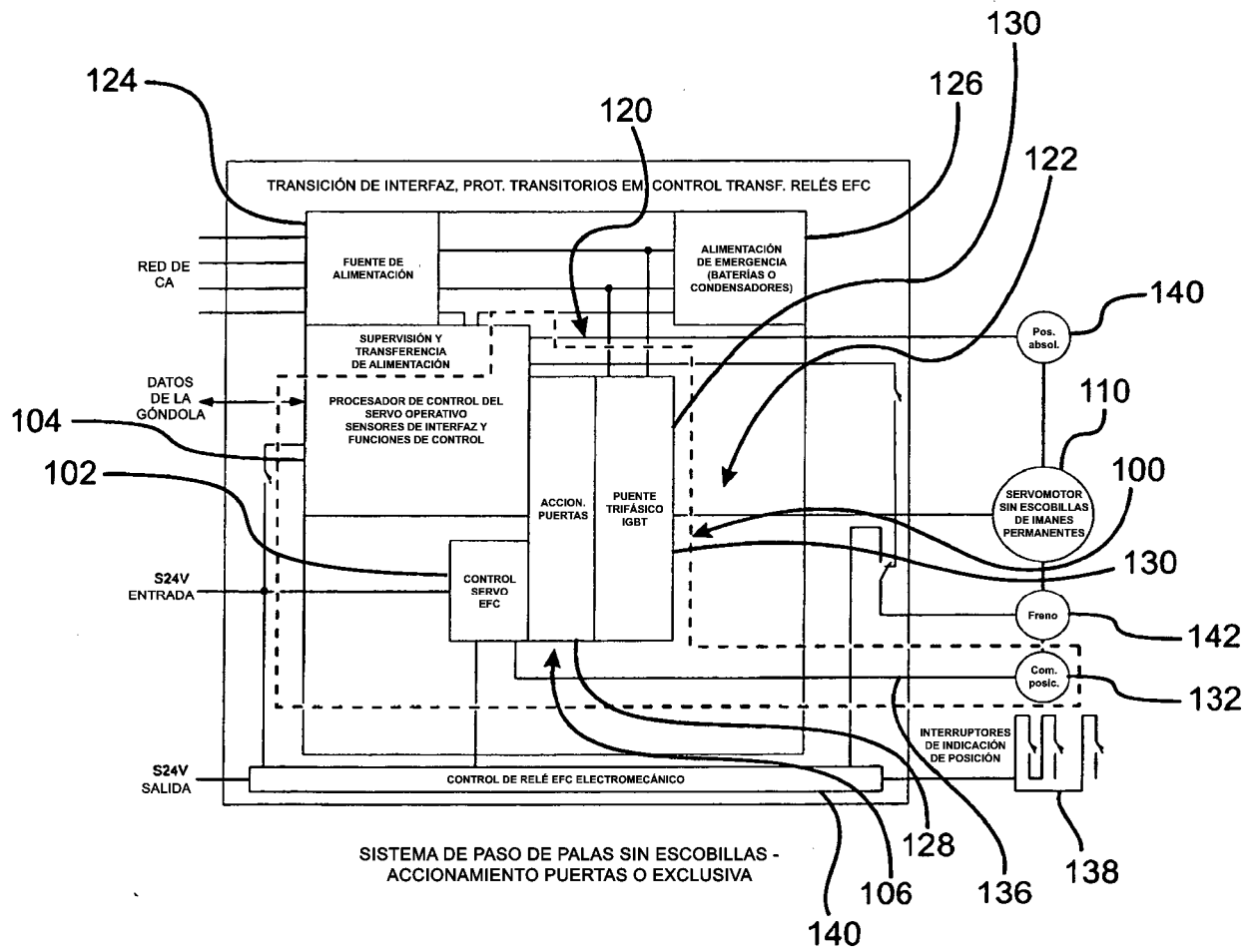


Fig 3

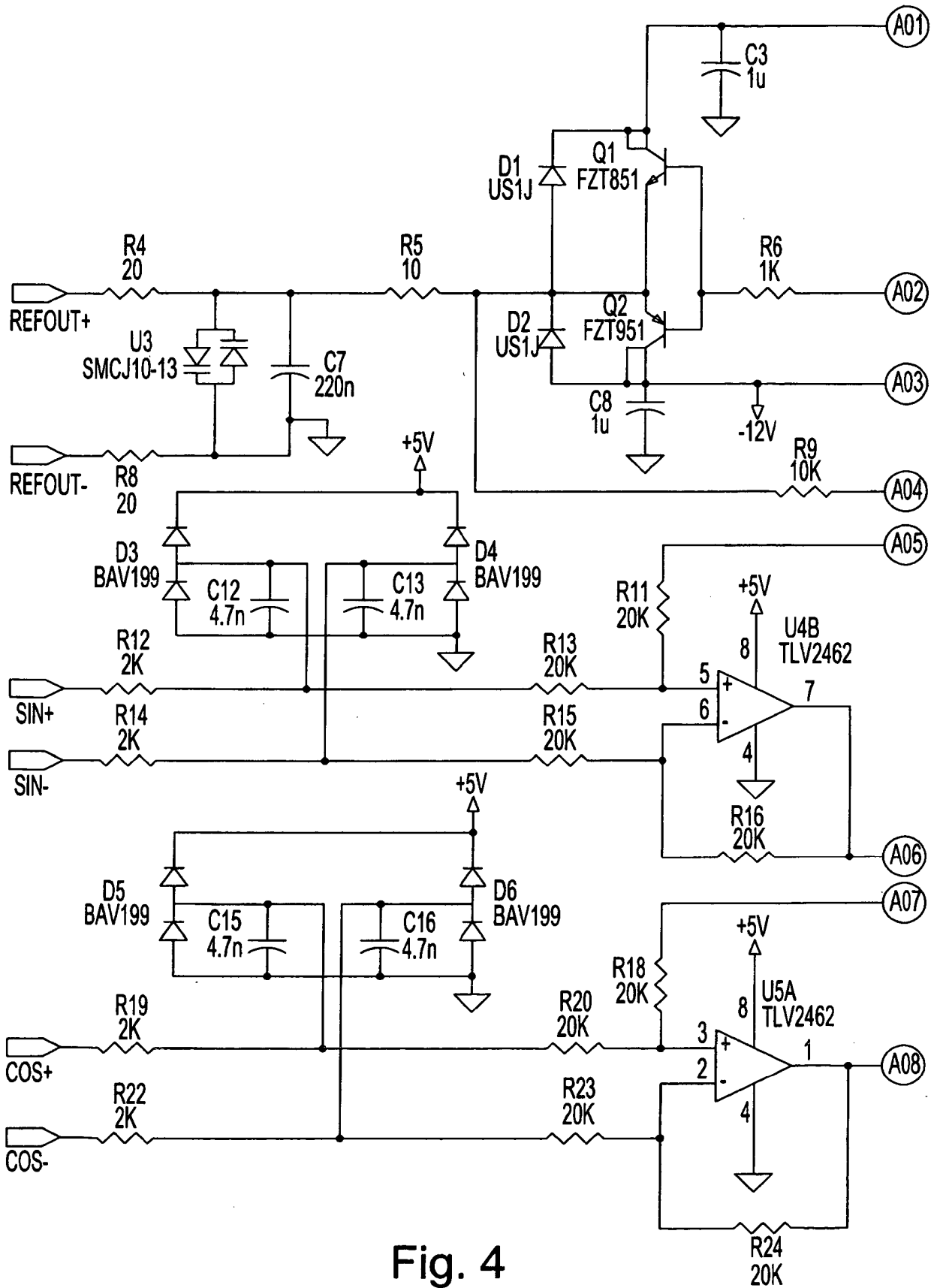


Fig. 4

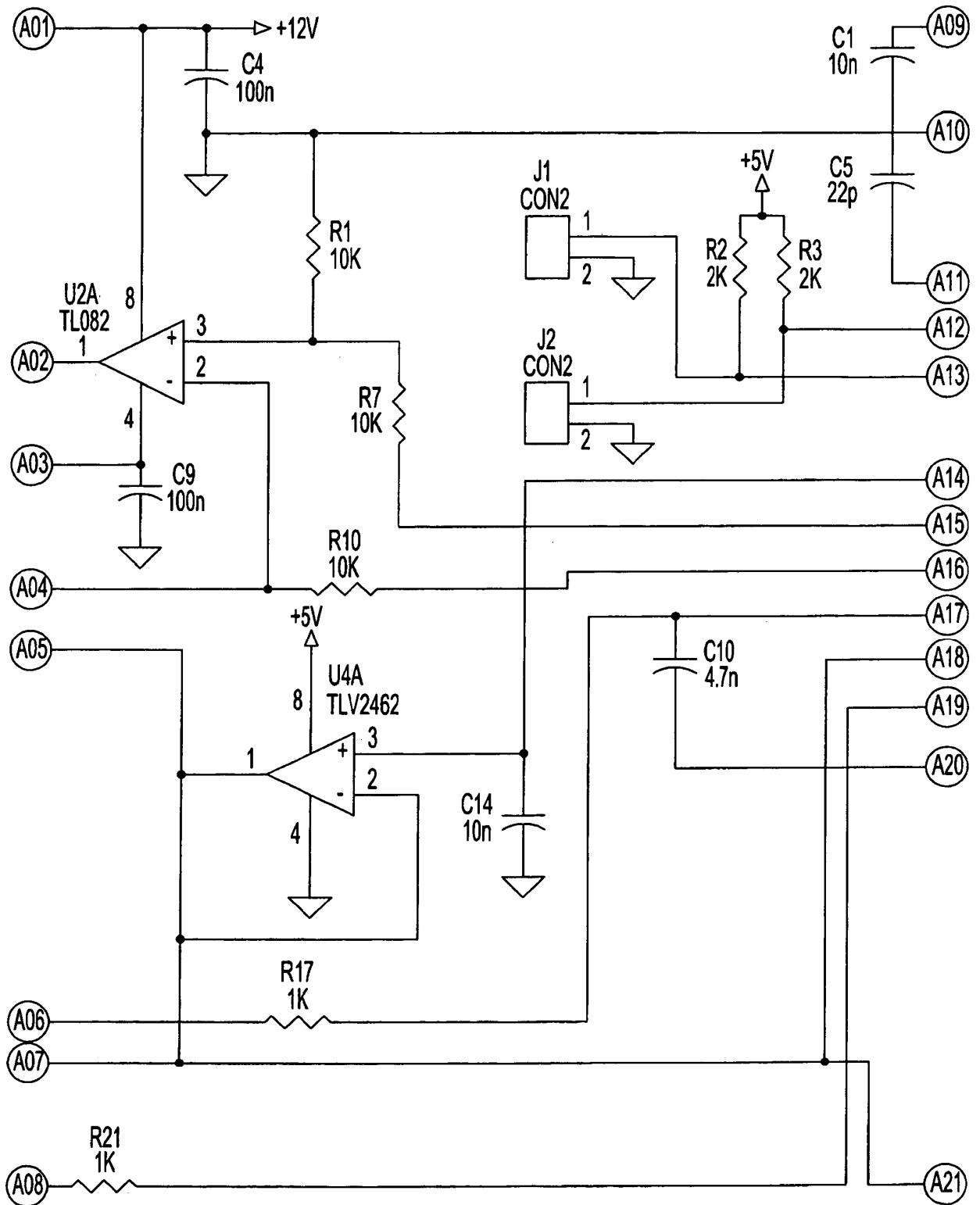


Fig. 4 (continuación)

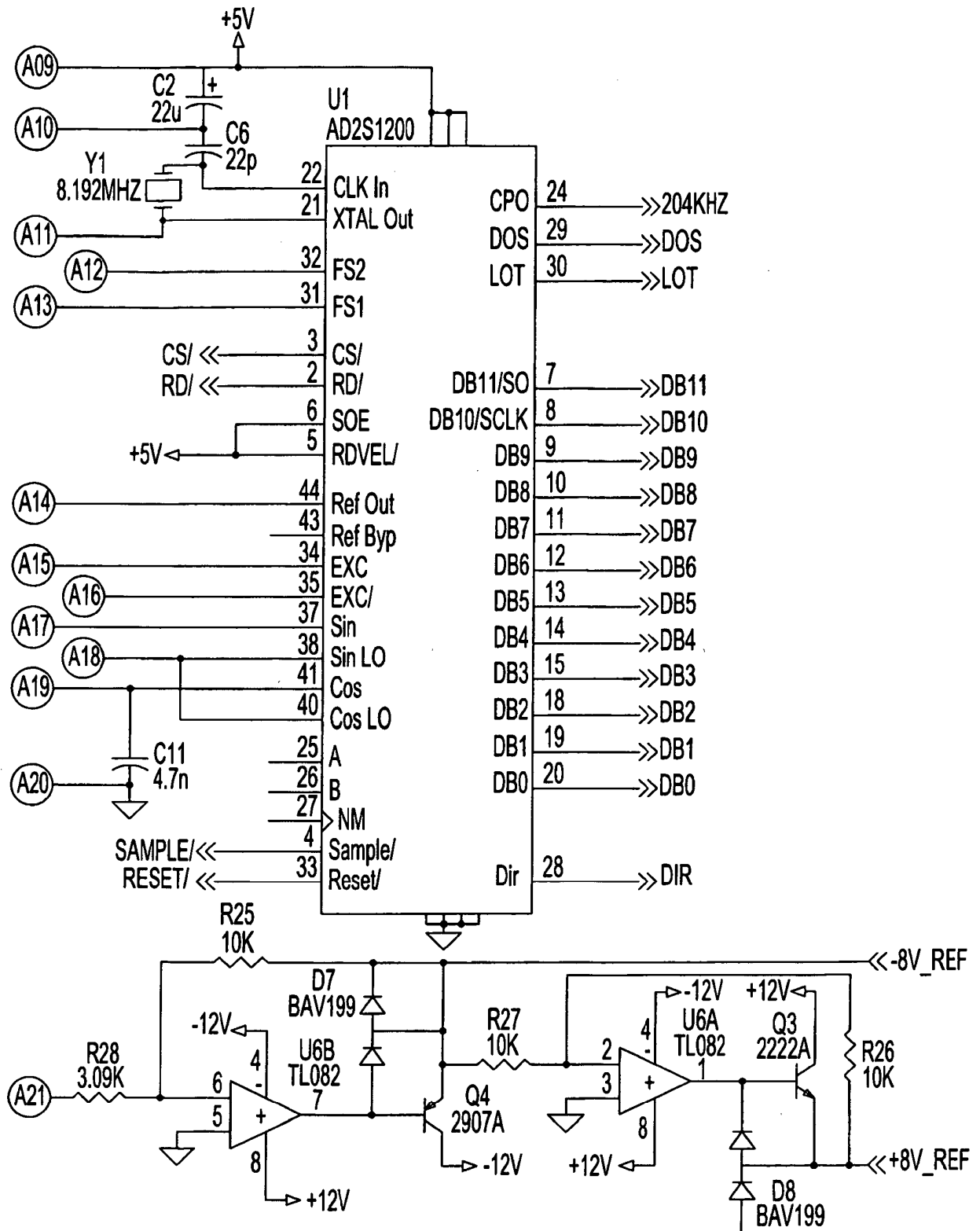


Fig. 4 (continuación)

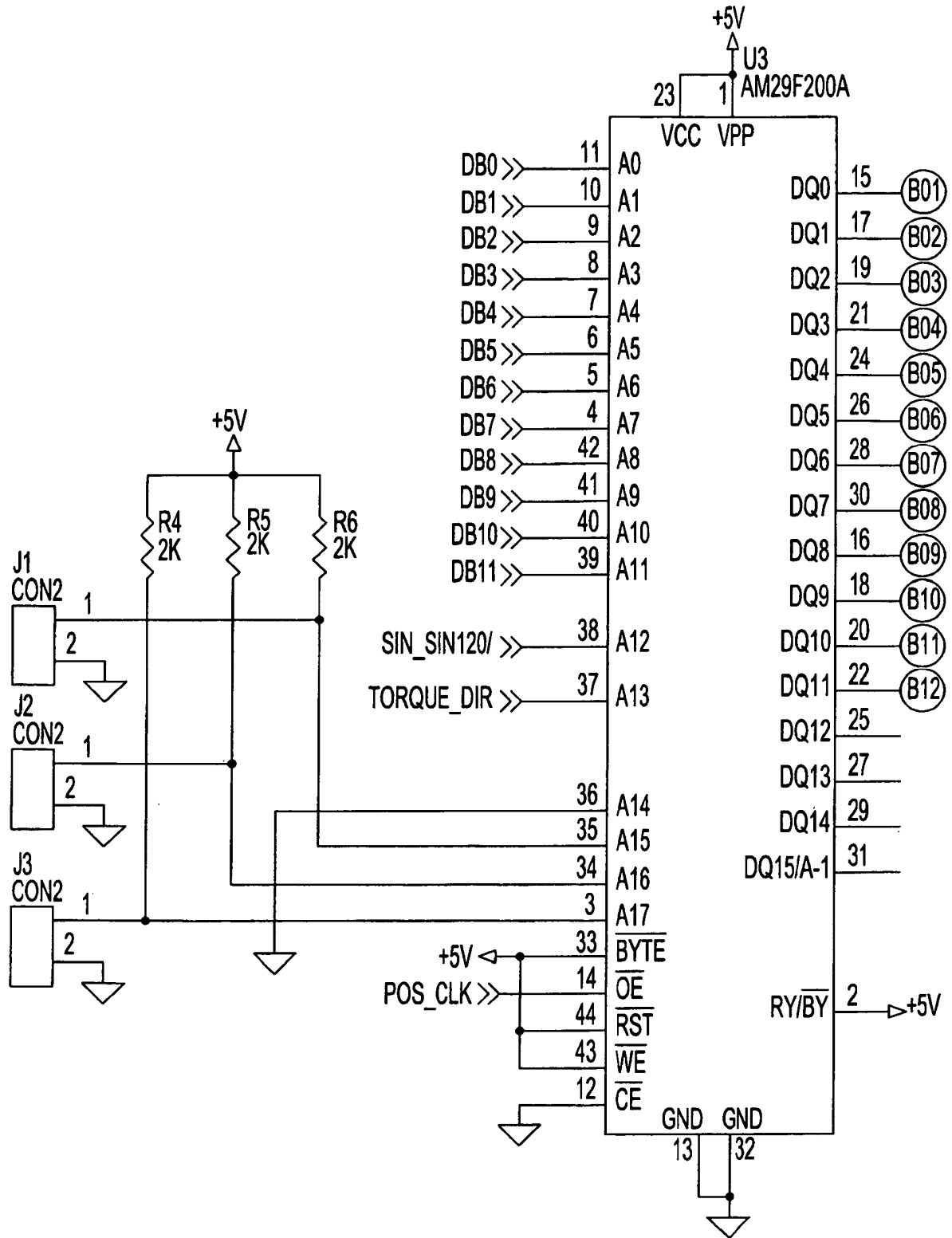


Fig. 5

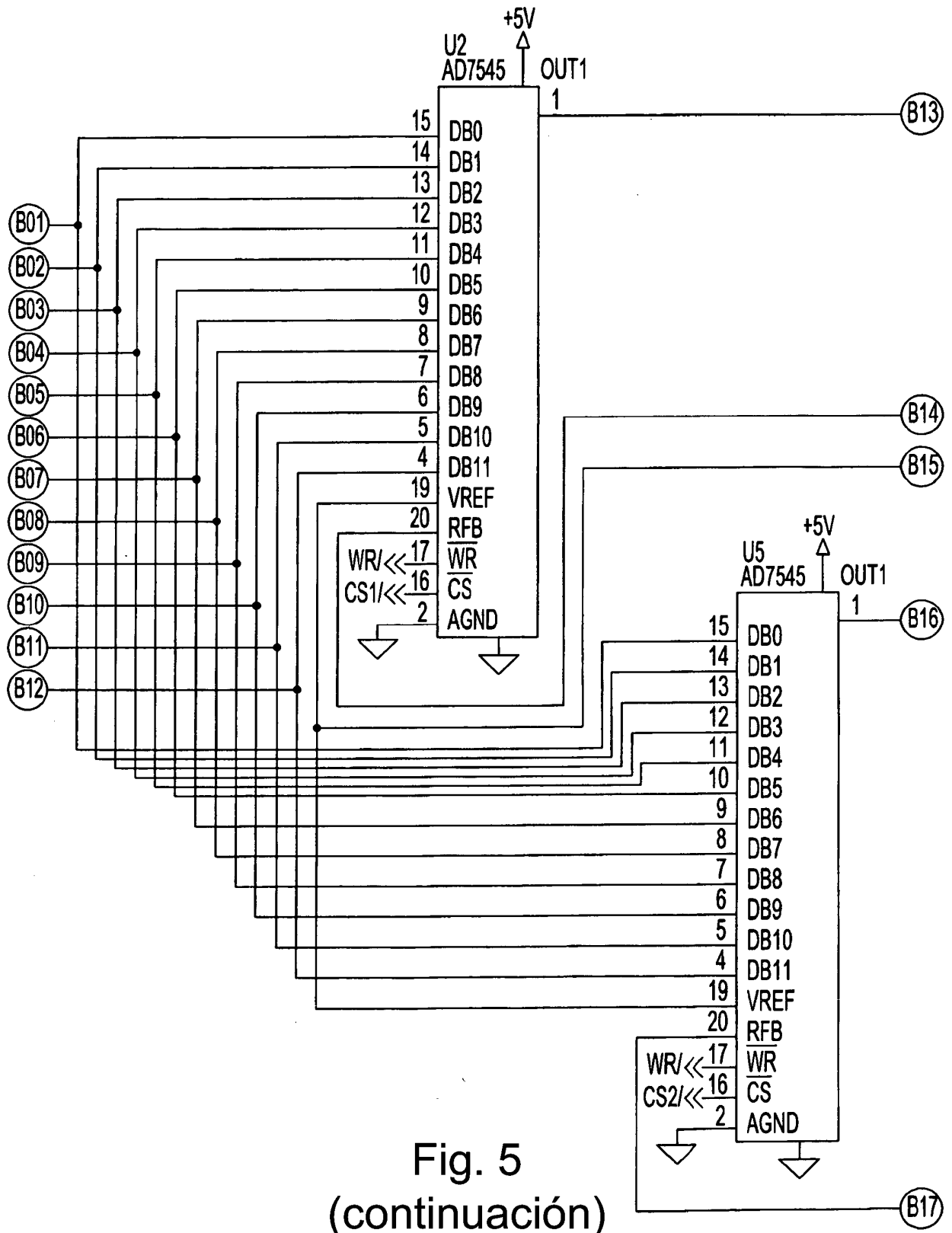


Fig. 5
(continuación)

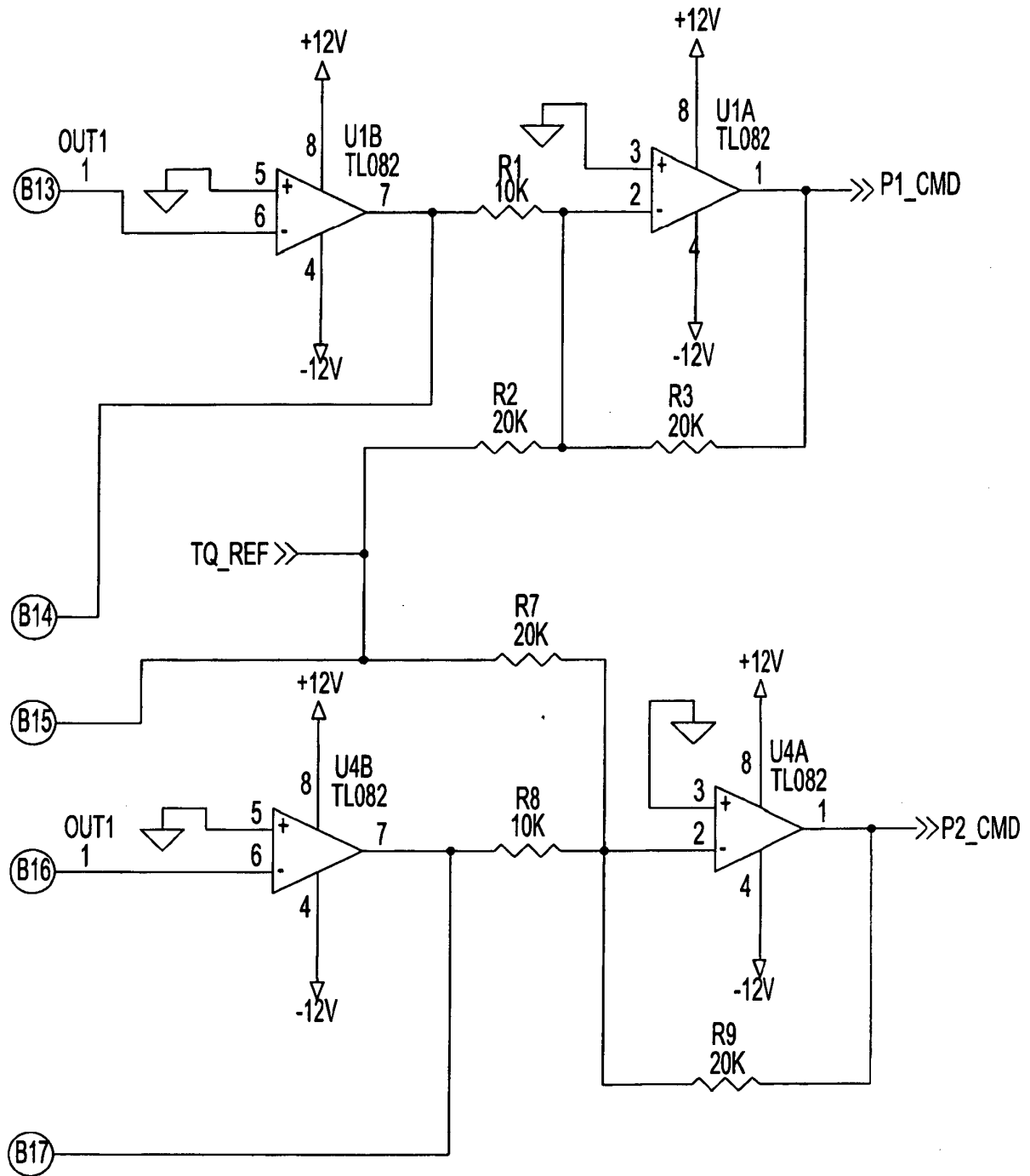


Fig. 5 (continuación)

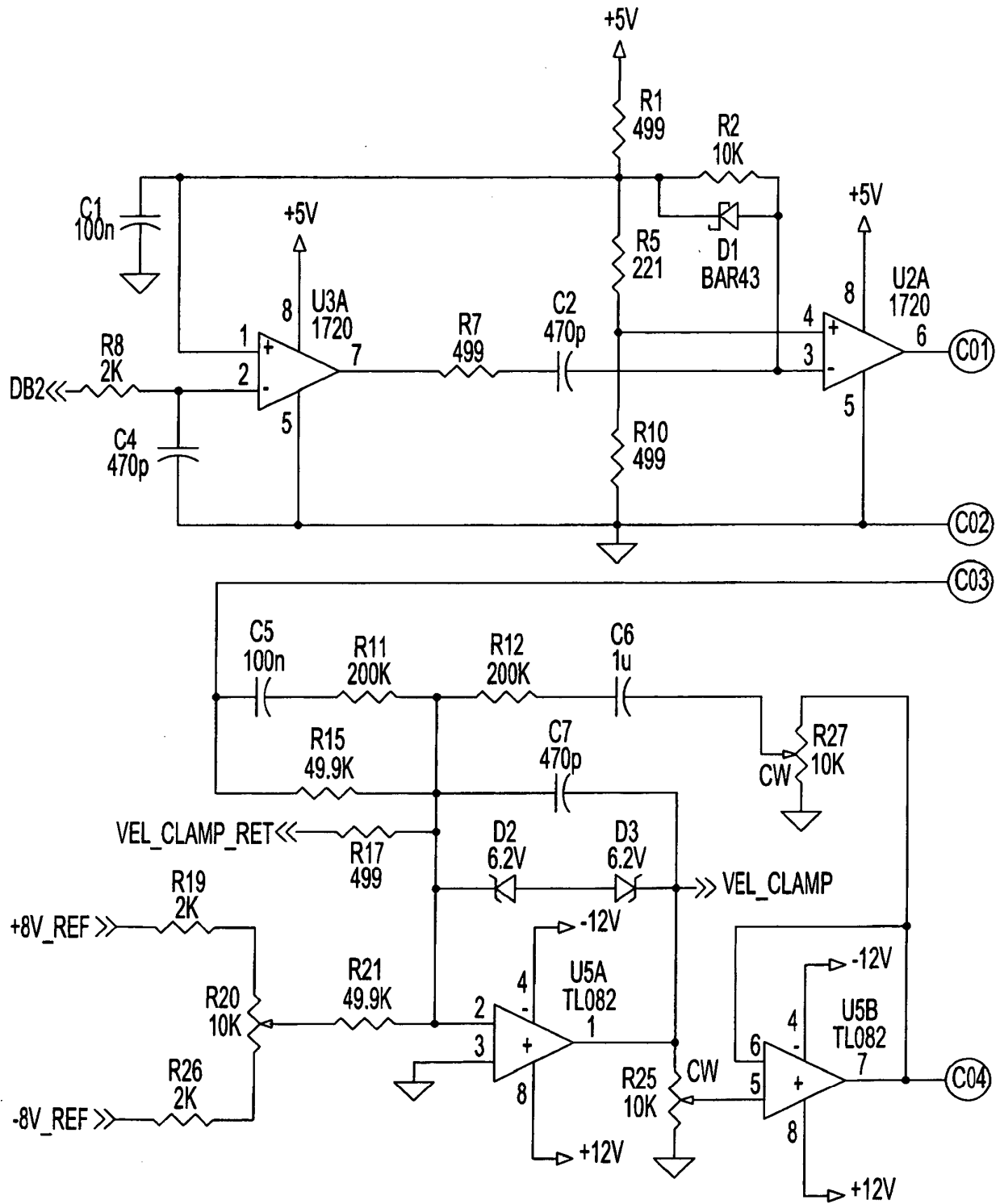


Fig. 6

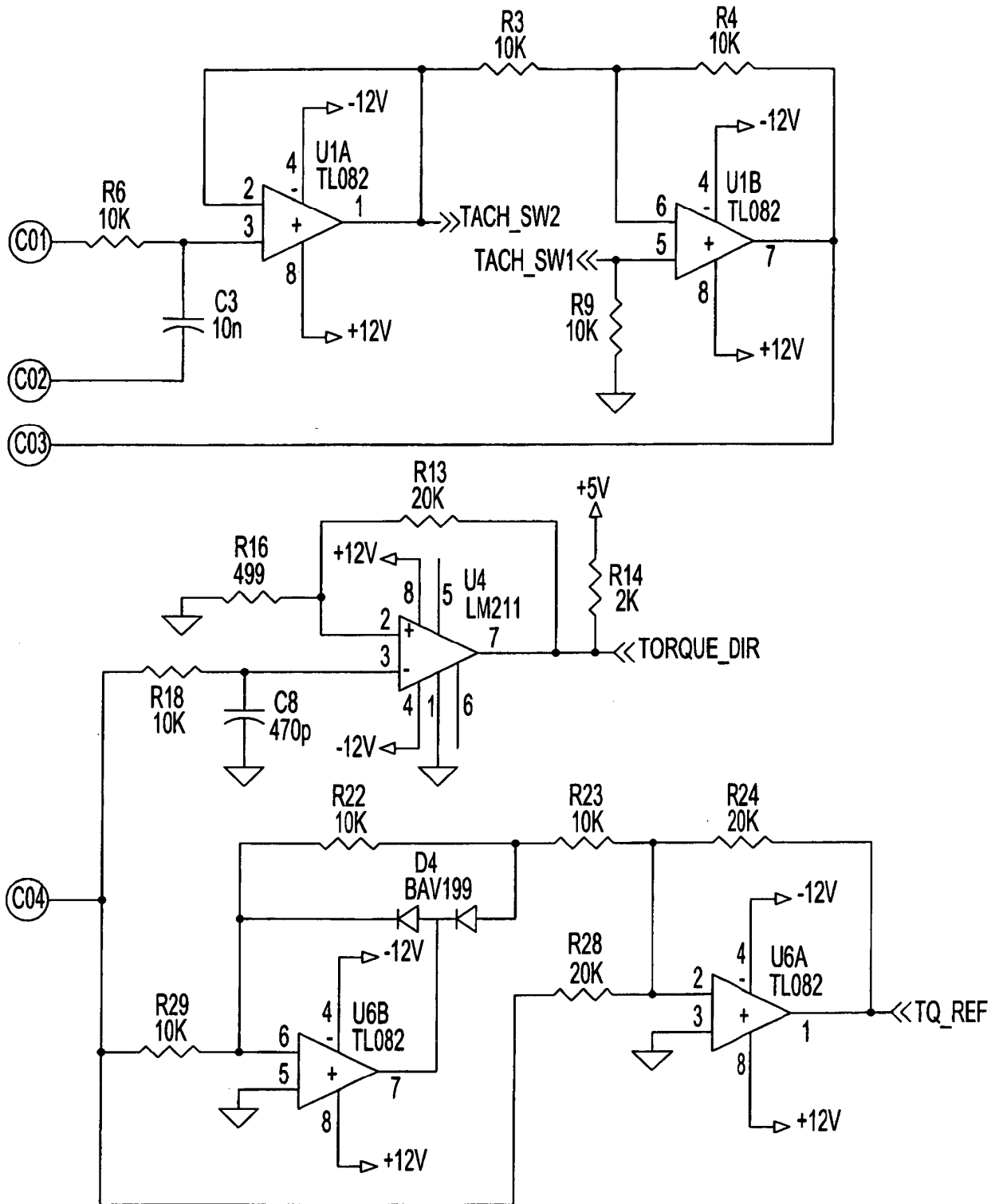


Fig. 6 (continuación)

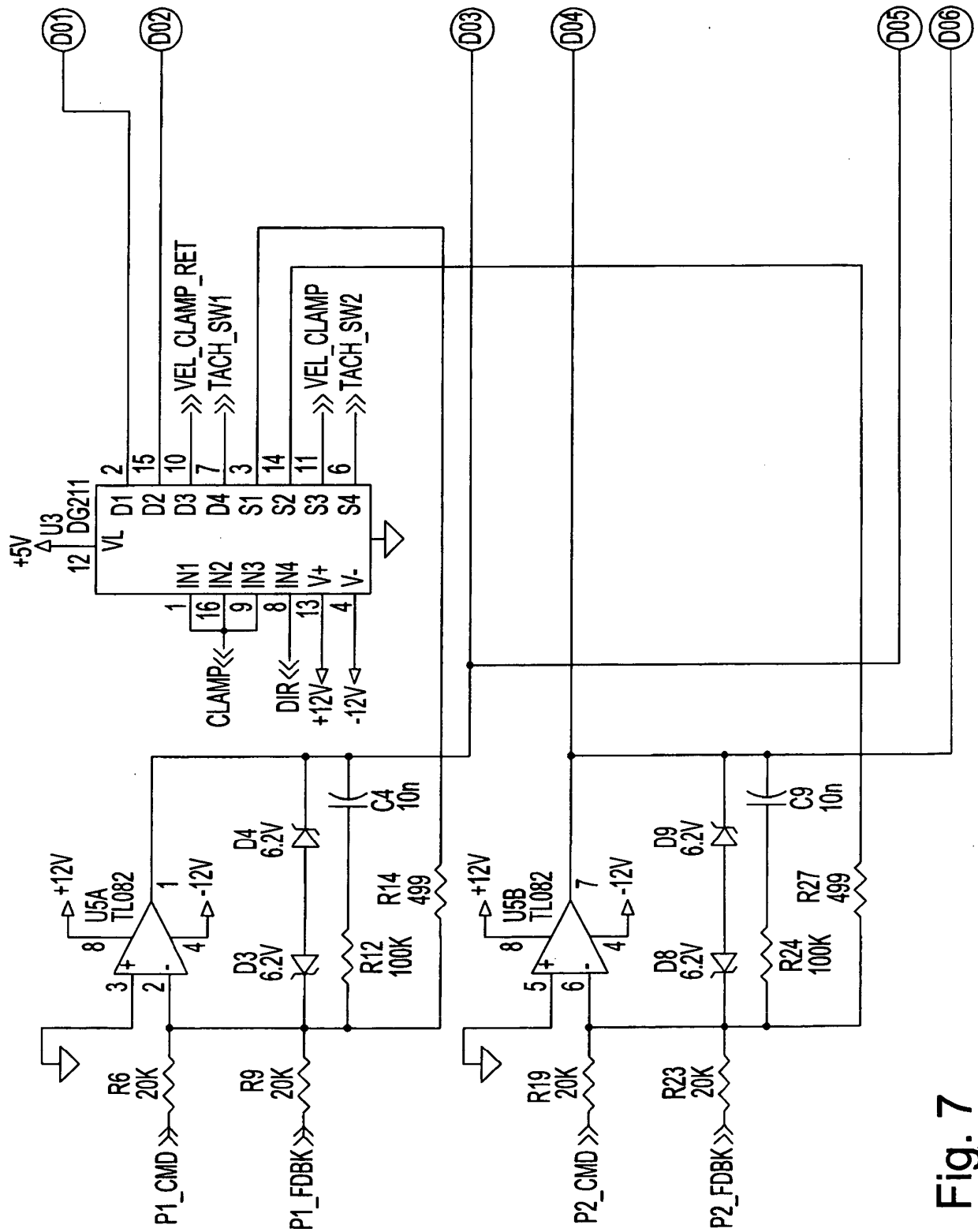
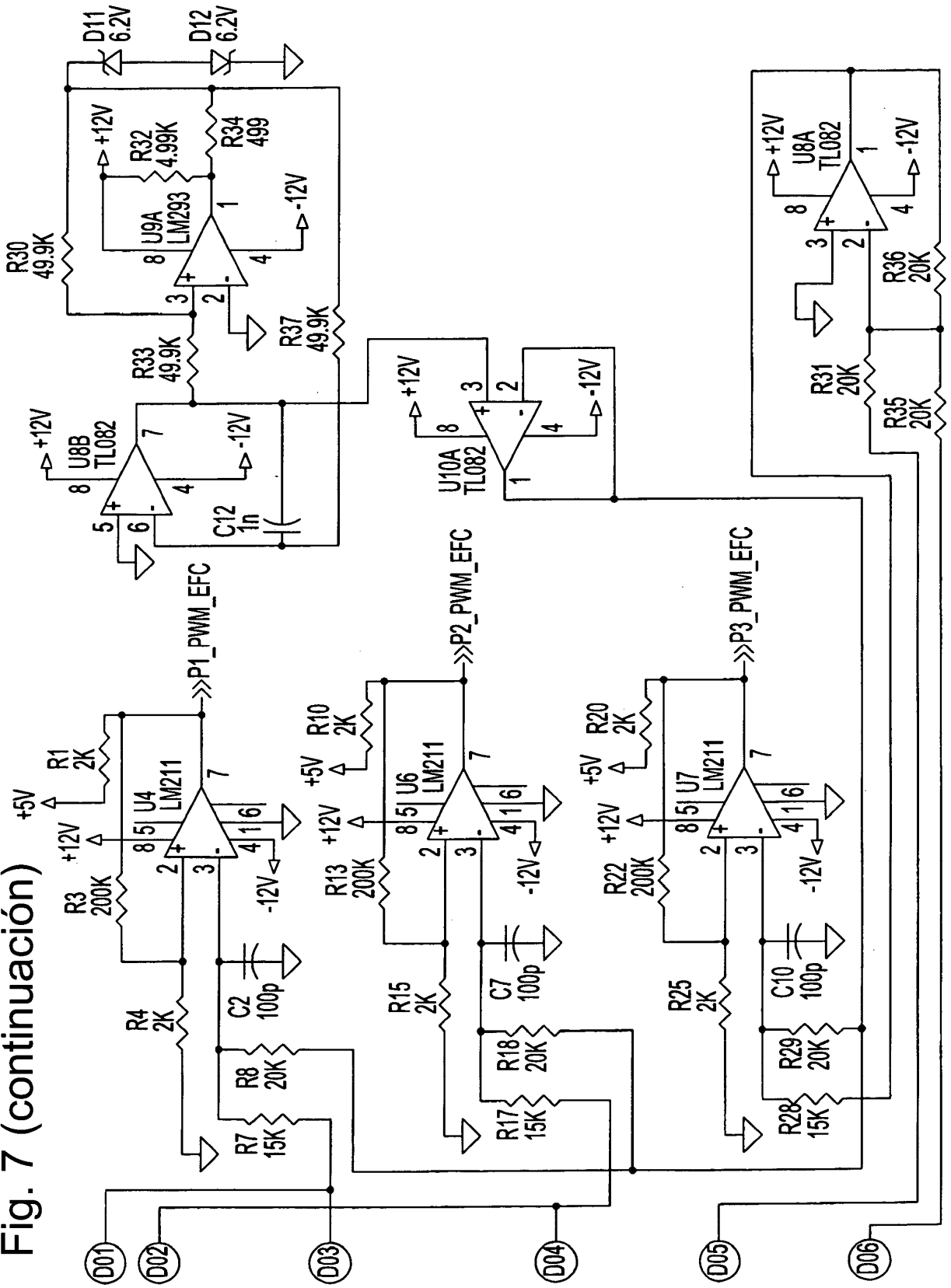


Fig. 7

Fig. 7 (continuación)



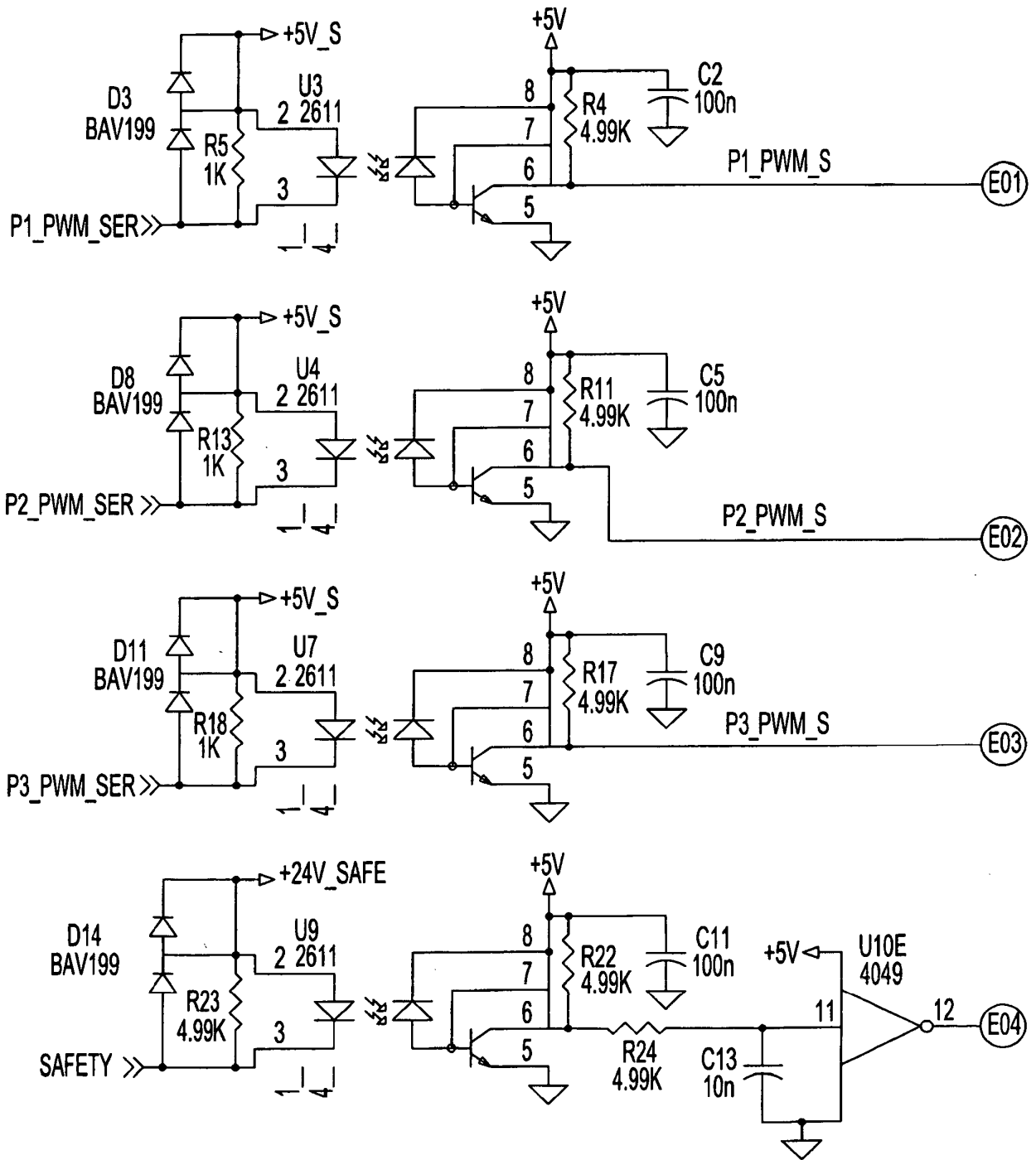


Fig. 8

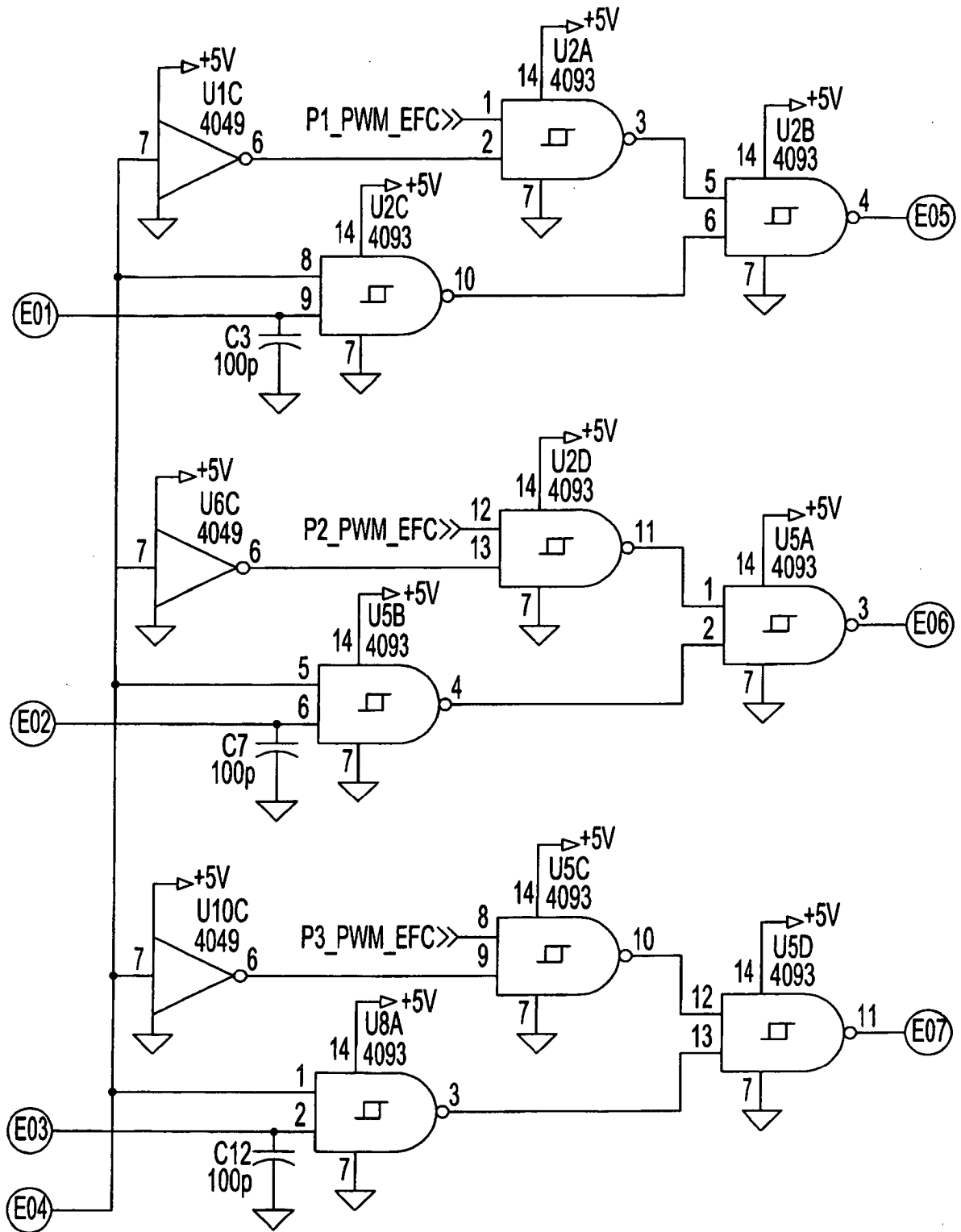


Fig. 8 (continuación)

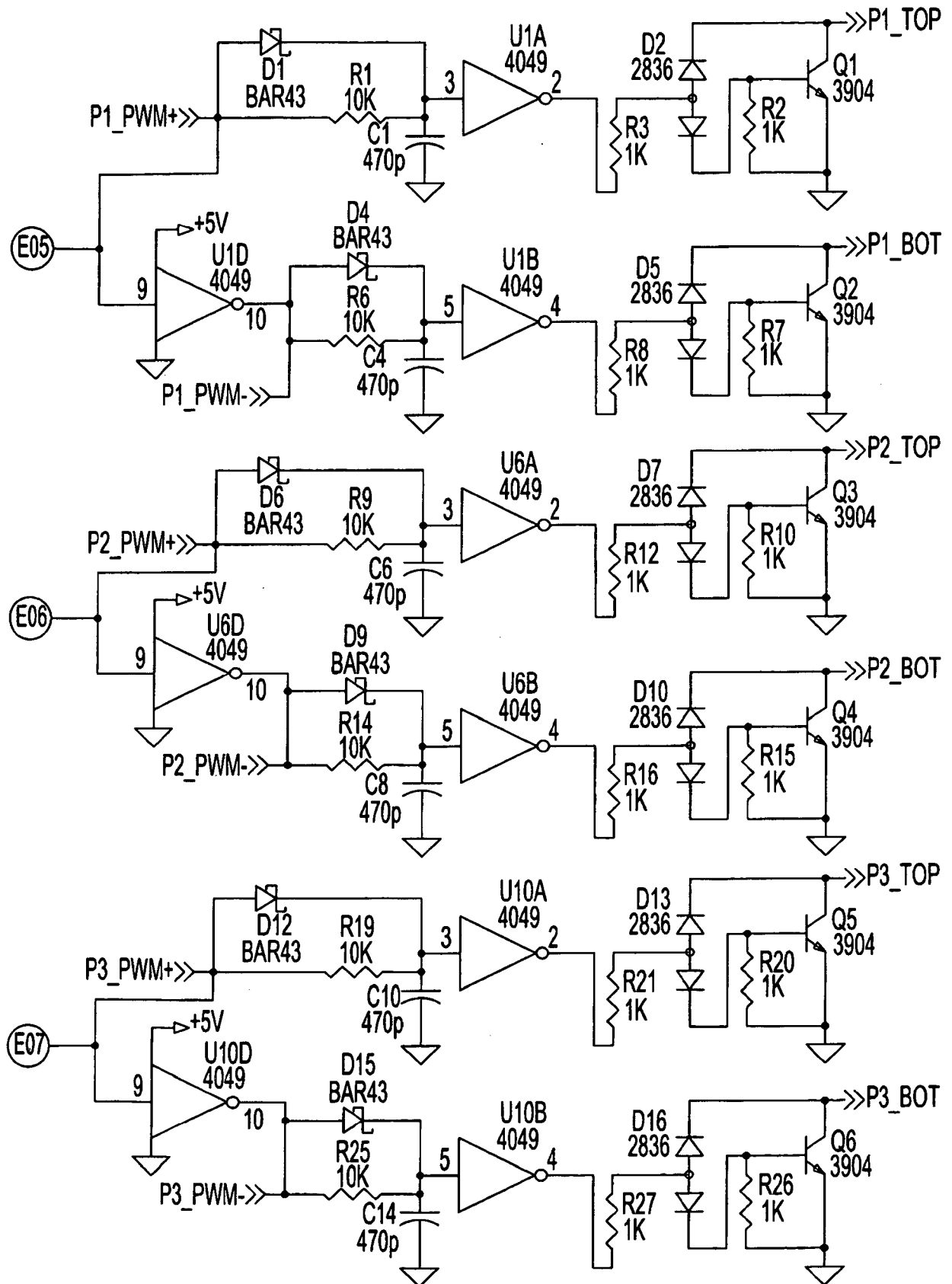


Fig. 8 (continuación)

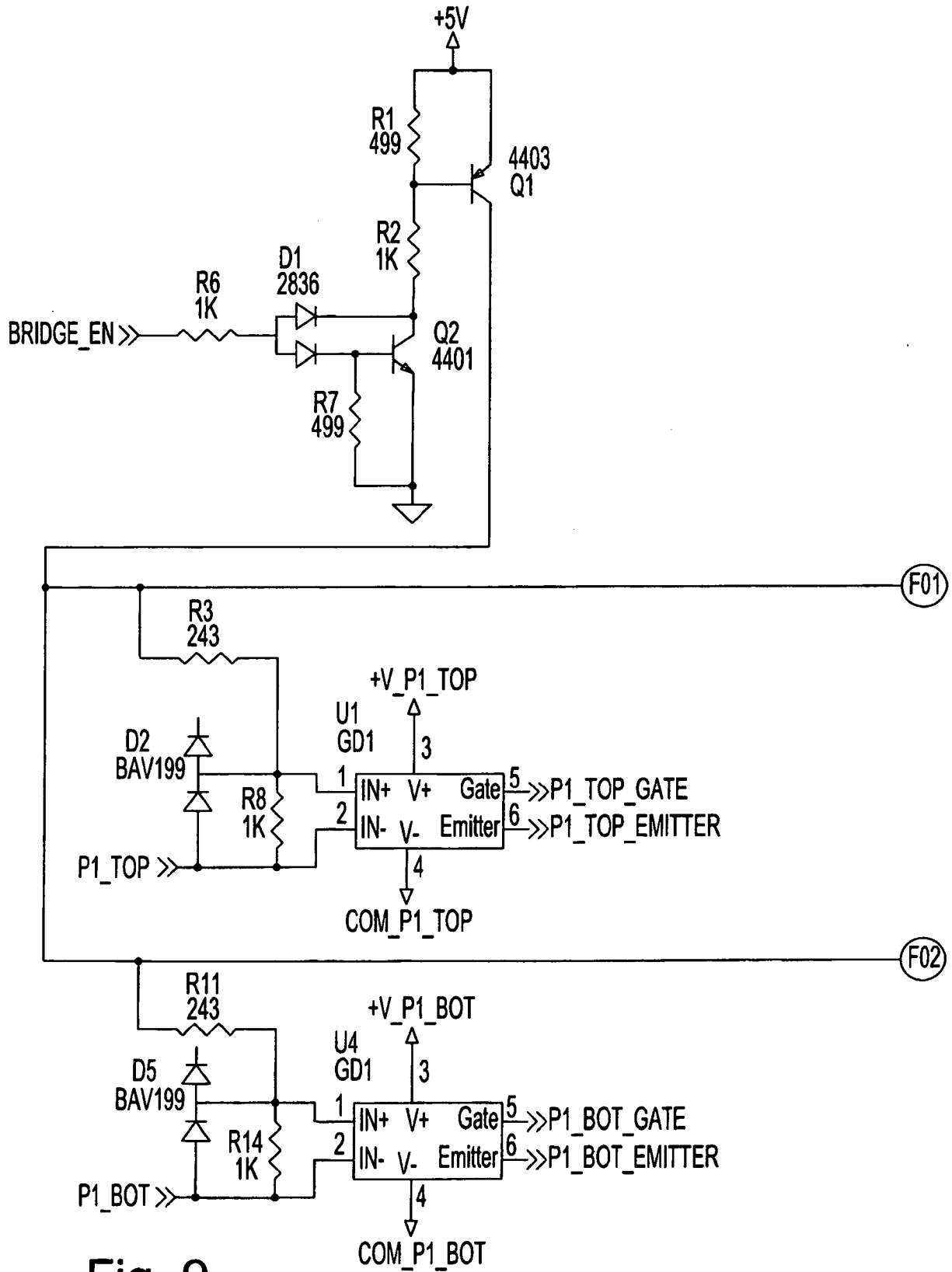


Fig. 9

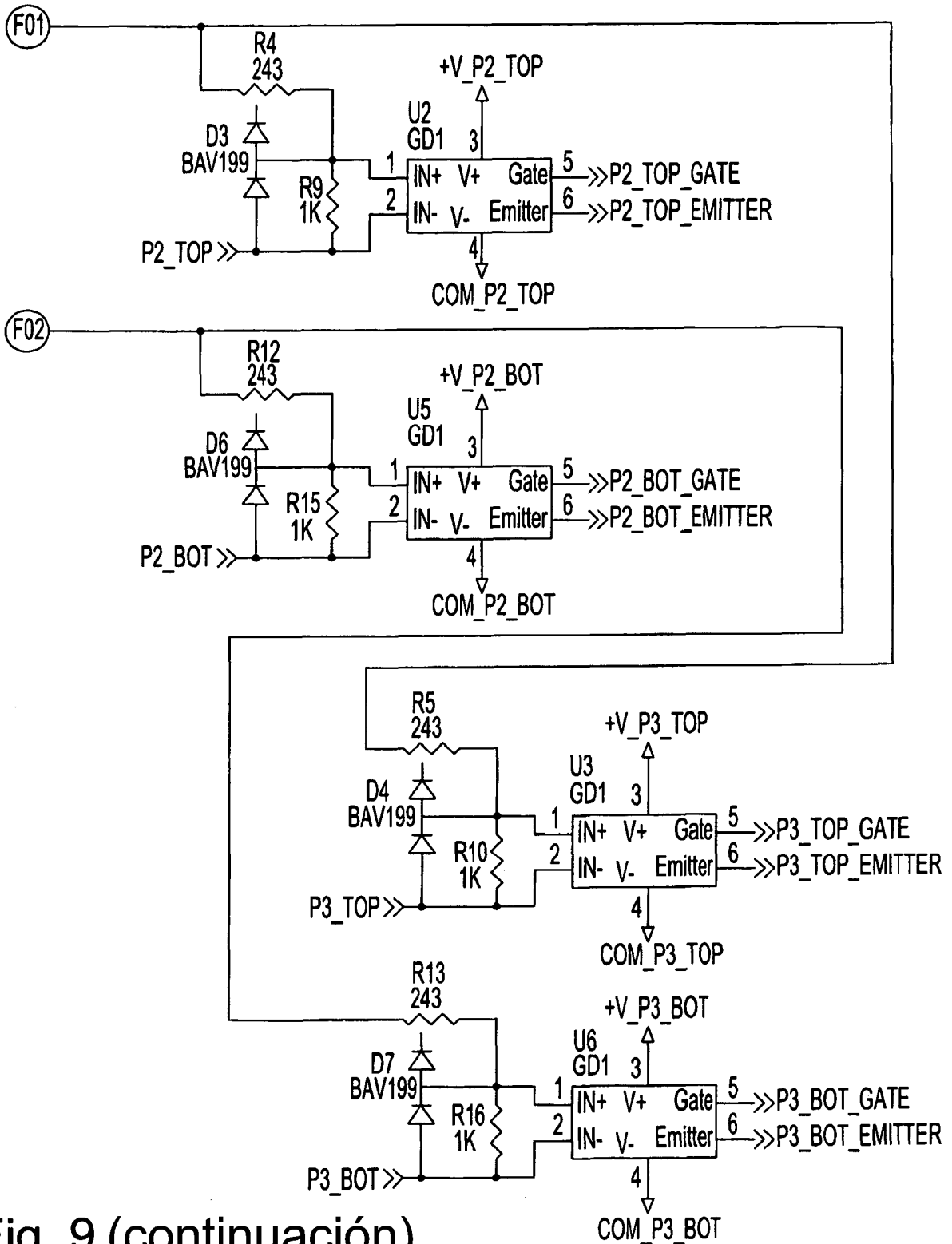


Fig. 9 (continuación)

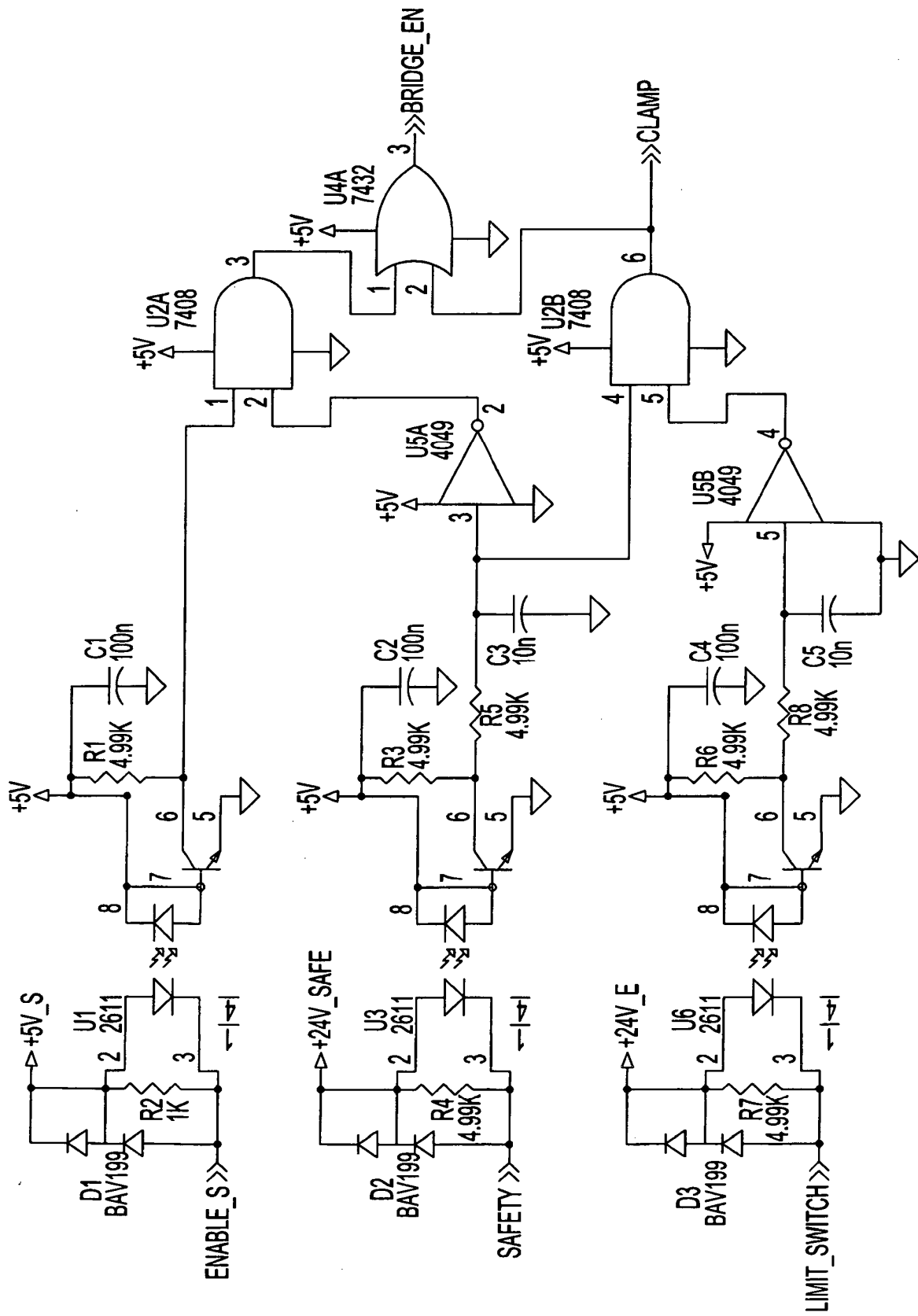


Fig. 10

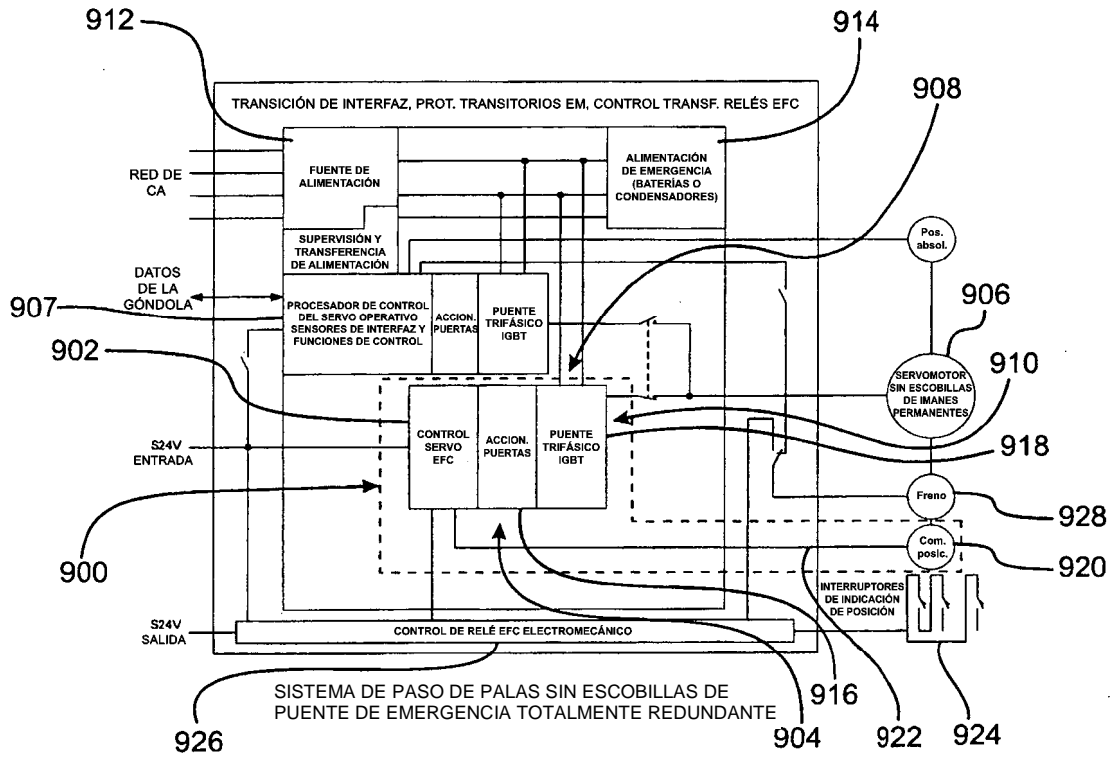


Fig. 11