



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 362 236**

51 Int. Cl.:

H02H 7/08 (2006.01)

H02H 5/04 (2006.01)

H02H 6/00 (2006.01)

H02H 7/09 (2006.01)

H02H 7/12 (2006.01)

H02H 7/122 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07002247 .0**

96 Fecha de presentación : **02.02.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **1873884**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.01.2008**

54

Título: **Circuito protector para un convertidor.**

30

Prioridad: **23.05.2006 DE 10 2006 024 018**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
30.06.2011

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
30.06.2011

73

Titular/es: **DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH**
Dr. Johannes-Heidenhain-Strasse 5
83301 Traunreut, DE

72

Inventor/es: **Huber, Norbert**

74

Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 362 236 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

Circuito protector para un convertidor

- 5 La invención se refiere a un circuito protector para un convertidor según la reivindicación 1. El circuito protector sirve para proteger al convertidor o también a un motor conectado con el mismo frente a una destrucción por sobrecarga térmica.
- 10 Los motores eléctricos y sus equipos electrónicos de control (convertidores) se hacen funcionar con frecuencia en el límite de su capacidad de potencia, para obtener con un gasto dado (peso, volumen, costes) un máximo de potencia. A este respecto es importante no sobrecalentar el motor eléctrico y su convertidor. Si aumenta la temperatura por encima de un cierto valor límite, entonces se afectan o bien el aislamiento de las espiras del motor eléctrico o bien también los semiconductores de potencia en el convertidor. Esto conduce inmediatamente o también no hasta un cierto tiempo a la destrucción del motor o de su equipo electrónico de control.
- 15 Por tanto se conocen ya dispositivos con los que pueden controlarse la temperatura de las espiras de un motor eléctrico o de los semiconductores de potencias en el convertidor. Si aumenta la temperatura por encima de un valor límite, entonces puede reducirse la potencia del motor y puede evitarse un deterioro.
- 20 Un control de temperatura de este tipo puede realizarse por medio de un sensor de temperatura. Los sensores de temperatura presentan, sin embargo, una cierta inercia, de modo que con puntas de corriente cortas e intensas puede deteriorarse un motor o convertidor, aún antes de reaccionar un sensor de temperatura. Además, el sensor de temperatura no se encuentra inmediatamente sobre los chips de los semiconductores de potencia, de modo que no puede medirse su temperatura de unión verdadera.
- 25 También se conocen dispositivos que no recurren a un sensor de temperatura. Para accionar un motor eléctrico se mide con frecuencia, por medio de un sensor de corriente, la corriente que fluye en las respectivas fases del motor. En caso de resistencias internas conocidas de la fases del motor o de los semiconductores de potencia puede calcularse, a partir de las corrientes medidas, la potencia perdida en las espiras o los semiconductores de potencia.
- 30 Con un modelo térmico puede cerrarse un circuito entonces en la respectiva temperatura. Mediante la fijación de un límite para la energía perdida generada por intervalo de tiempo puede protegerse el motor y su equipo electrónico de control de manera segura frente al sobrecalentamiento.
- 35 Un dispositivo de este tipo se describe en el documento DE 10 2004 022 005 A1 en más detalle. En el modelo usado en ese caso se considera que en caso de estado de parada del motor o en caso de frecuencias de giro muy bajas, las corrientes permitidas máximas en cada fase son claramente más bajas que en caso de frecuencias de giro más altas. El modelo usado puede hacerse reaccionar fácilmente sin embargo sólo en convertidores de frecuencia de este tipo, que pueden producir una cierta potencia de cálculo.
- 40 Es objetivo de la invención crear un circuito protector que puede realizarse de manera especialmente fácil para un convertidor, que considera los distintos valores límites para las corrientes de fase del convertidor en caso de diversas frecuencias de giro.
- 45 Este objetivo se soluciona mediante un dispositivo con las características de la reivindicación 1. Ciertas formas de realización ventajosas resultan de las características que se mencionan en las reivindicaciones dependientes de la reivindicación 1.
- 50 Se describe un circuito protector para un convertidor con varias fases, con el que para cada corriente de fase está conectada una señal proporcional a la respectiva corriente de fase a un circuito de transformador, que por debajo y en el intervalo de una frecuencia límite actúa como filtro de paso bajo con la frecuencia límite y por encima de la frecuencia límite como divisor. Las salidas de este circuito de transformador están conectadas a un formador de máximos para formar el máximo cuantitativo. Este máximo está conectado a un comparador en el que se compara el máximo con un valor de referencia.
- 55 Si el máximo se encuentra por encima del valor de referencia, entonces el comparador genera una señal que puede servir, por ejemplo, como señal de desconexión para desconectar el convertidor.
- 60 Aunque el circuito protector puede construirse con un equipo electrónico muy sencillo, entonces todavía pueden evaluarse las corrientes de fase dependiendo de su frecuencia (y con ello dependiendo de la frecuencia de giro del motor, que coincide hasta en un factor con la frecuencia de las corrientes de fase). Para frecuencias muy bajas por debajo de la frecuencia límite, las señales proporcionales a las corrientes de fase, gracias a la acción de paso bajo del circuito de transformador, se suministran de manera constante al formador de máximos, mientras que por encima de la frecuencia límite, las señales proporcionales a las corrientes de fase se reducen (se reducen por división) en una razón determinada. Si se diseña el circuito de transformador de manera adecuada, entonces se garantiza que
- 65 en caso de frecuencias altas por encima de la frecuencia límite se permiten corrientes de fase máximas claramente

más altas que en caso de frecuencias por debajo de la frecuencia límite. A este respecto, la frecuencia límite se encuentra normalmente en algunos hercios, por ejemplo en aproximadamente 3 Hz.

Ciertas ventajas adicionales así como detalles de la presente invención resultan de la siguiente descripción de formas de realización preferidas mediante las figuras. A este respecto muestra

la figura 1a una representación esquemática de un circuito protector,
 la figura 1b una representación esquemática de un circuito protector simplificado,
 la figura 2 corrientes máximas dependientes de la frecuencia y una función de transferencia del circuito de transformador,
 la figura 3 un primer ejemplo de realización concreto y
 la figura 4 un segundo ejemplo de realización concreto.

La figura 1a representa esquemáticamente un circuito protector para un convertidor. En su entrada inciden señales U1, U2, U3 proporcionales a las corrientes de fase I1, I2, I3. Estas señales U1, U2, U3 pueden determinarse por ejemplo con sensores de corriente que generan tensiones proporcionales a las corrientes de fase I1, I2, I3.

Cada una de las señales U1, U2, U3 se suministra ahora de manera paralela a un filtro de paso bajo 1 y a un divisor 2. Sendos un filtro de paso bajo 1 y un divisor 2 forman, por tanto, juntos un circuito de transformador.

Todos los filtros de paso bajo 1 y divisores 2 están conectados por el lado de la salida con un formador de máximos 3, que desde todas las salidas determina el valor cuantitativamente más alto como máximo Max y éste se transmite a un comparador 4. Dado que los filtros de paso bajo 1, en caso de frecuencias por debajo de una frecuencia límite, transmiten constantemente las señales U1, U2, U3 proporcionales, mientras que los divisores 2 también en este intervalo reducen las señales U1, U2, U3 proporcionales de manera correspondiente a su razón de divisor, el circuito paralelo de sendos un paso bajo 1 y un divisor 2 actúa en relación con la formación de máximos en el formador de máximos 3 en la zona de frecuencias bajas como un paso bajo. En caso de frecuencias claramente por encima de la frecuencia límite de un paso bajo se amortiguan de manera muy fuerte las señales U1, U2, U3 proporcionales, de modo que en relación con la formación de máximos en el formador de máximos 3 son eficaces los divisores 2. Si se considera el circuito paralelo de paso bajo 1 y divisor 2 como circuito de transformador, entonces éste actúa por tanto en relación con la formación de máximos por debajo y en el intervalo de una frecuencia límite como filtro de paso bajo y por encima de la frecuencia límite como divisor.

El comparador 4 compara el máximo Max con un valor de referencia Ref. Tan pronto como el máximo se encuentre por encima del valor de referencia, el comparador 4 emite una señal de desconexión S que puede servir, por ejemplo, para desconectar el convertidor, o también para una reducción de la potencia emitida por el convertidor, de modo que el valor de referencia Ref se pasa de nuevo a un nivel inferior.

Preferiblemente se reduce el valor de referencia Ref aún a un valor Temp proporcional a una temperatura. Esta temperatura puede ser, por ejemplo, la temperatura de los semiconductores de potencia en el convertidor o de sus disipadores de calor. Pueden consultarse también la temperatura de un motor conectado al convertidor o de las bobinas de un motor de este tipo. De ese modo puede considerarse que la corriente de fase 11, 12, 13 máxima permitida depende también de la temperatura ya lograda en el convertidor o en el motor conectado.

El valor de referencia Ref puede reducirse además aún a un valor F_{PWM} proporcional a la frecuencia PWM (con la se acciona el convertidor), puesto que cuanto más alta sea esta frecuencia PWM, resultan pérdidas de conexión más altas en los semiconductores de potencia del convertidor. Para que se calienten más rápido los semiconductores de potencia en el convertidor en caso de frecuencias PWM más altas, es conveniente con ello un valor de referencia Ref reducido.

Mediante la consideración tanto de la temperatura ya alcanzada como de la frecuencia PWM puede considerarse siempre un valor límite alto máximo en el comparador 4. Este valor límite debe exponerse, por otro lado, para el caso peor, o sea por ejemplo para conmutadores de semiconductores que se accionan ya de manera próxima a la temperatura límite con frecuencia PWM alta.

El circuito protector puede representarse también de manera simplificada como en la figura 1b. En este caso están agrupados, por así decirlo, un filtro de paso bajo 1 y un divisor 2 en un único circuito de transformador 10. Este circuito de transformador 10 actúa para frecuencias bajas por debajo de y en el intervalo de la frecuencia límite mencionada anteriormente como un filtro de paso bajo 1 con exactamente esta frecuencia límite, sin embargo para frecuencias altas claramente por encima de la frecuencia límite como divisor 2. Cada realización técnica de circuito concreta para un circuito protector según las figuras 1a y 1b se indican adicionalmente abajo o en las figuras 3 y 4.

En la figura 2 está representado, por medio de un ejemplo real, el trazado de la corriente I permitida máxima en una fase dependiendo de la frecuencia de la corriente de fase 11, 12, 13. Se distingue que claramente por debajo de una frecuencia límite f_g está permitida sólo una cierta proporción (60 amperios) de la corriente I, que es posible claramente por encima de la frecuencia límite f_g (120 A). Esto se debe, tal como ya se mencionó anteriormente, a

que en caso de altas frecuencias la carga de todas las fases es aproximadamente igual, mientras que en caso de frecuencias bajas o incluso en caso de estado de parada del motor con peso está presente una distribución muy irregular de la pérdida térmica en los semiconductores de potencia individuales del convertidor o en las fases de motor. En el ejemplo, se encuentra entre los dos valores límites aproximadamente un factor dos. Este factor depende mucho de las condiciones límites (número de fases, semiconductores de potencia usados, etc.), sin embargo el ejemplo se refiere a un convertidor real de tres fases y es muy adecuado para aclarar el principio del circuito protector.

El filtro de paso bajo 1 o el circuito de transformador 10 se diseña ahora de modo que existe una frecuencia límite que corresponde aproximadamente a la frecuencia límite f_g de la característica de corriente mostrada. Claramente por debajo de la frecuencia límite f_g , el circuito de transformador 10 como un paso bajo deja pasar el 100% de la señal U_1 , U_2 , U_3 proporcional, tal como muestra la función de transmisión TP en la figura 2. Claramente por encima de la frecuencia límite f_g , este valor se encuentra constante en aproximadamente el 50%, de manera correspondiente a una razón de divisor de 1 : 2. Se distingue que el circuito de transformador 10 por debajo y en el intervalo de la frecuencia límite f_g actúa como filtro de paso bajo 1 con la frecuencia límite f_g y por encima de la frecuencia límite f_g como divisor con la razón de divisor 1 : 2.

En el caso representado en la figura 2 es entonces posible fijar el valor de referencia Ref en 60 amperios. Las corrientes de fase I_1 , I_2 , I_3 de más de 60 amperios con una frecuencia claramente por debajo de la frecuencia límite f_g (por ejemplo inferior a 0,1 Hz) conducen entonces a una señal de desconexión S, dado que la correspondiente señal U_1 , U_2 , U_3 llega sin amortiguar al formador de máximos 3. En caso de frecuencias más altas (por ejemplo a partir de 100 Hz) se permiten absolutamente también corrientes superiores de hasta 120 amperios, dado que las señales U_1 , U_2 , U_3 proporcionales a las corrientes de fase I_1 , I_2 , I_3 logran reducir al formador de máximos 3 mediante la acción divisora sólo en el factor 2.

Se distingue a partir de esta descripción que la razón de divisor del circuito de transformador para frecuencias altas debe corresponder aproximadamente a la razón entre las corrientes permitidas en caso de frecuencias bajas y altas.

La figura 3 muestra un primer ejemplo de realización concreto. En este caso se realiza un circuito según la figura 1a. Un convertidor 5 suministra tres fases U, V, W de un motor 6 con corrientes de fase I_1 , I_2 , I_3 . Esta corriente se registra a través de sensores de corriente 9.

Se favorece en el circuito según la figura 3 de que la suma de las corrientes de fase I_1 , I_2 , I_3 debe ser siempre cero y se registra únicamente dos de las tres corrientes de fase con sensores de corriente 9. La tercera corriente de fase es entonces la suma de las otras dos, multiplicado por -1. Esto se considera debido a que las señales de los dos sensores de corriente 9 para formar las señales U_1 , U_2 proporcionales se suministran a circuitos amplificadores 7, mientras que para formar la señal U_3 proporcional se suministra la suma de las dos señales de sensor a un circuito amplificador 8 invertido.

Las salidas de estos tres circuitos amplificadores 7, 8 se suministran ahora respectivamente a un paso bajo compuesto por un circuito en serie de una resistencia R_1 , un condensador C_1 y una resistencia R_2 , así como a un divisor compuesto por una resistencia R_3 y una resistencia R_4 . La conexión exacta de estos componentes puede deducirse sin problemas del esquema de circuitos de la figura 3.

Las salidas de los pasos bajos R_1 , C_1 , R_2 y de los divisores R_3 , R_4 se conducen por un lado directamente a diodos D_1 , y por otro lado a través del amplificador 8 invertido con factor de amplificación 1 a diodos D_1 adicionales.

Mediante la conexión de todas las salidas a los diodos D_1 se origina, por consiguiente, un formador de máximos 3 que conduce el máximo Max cuantitativo de todos los pasos bajos R_1 , C_1 , R_2 y divisores R_3 , R_4 al comparador 4 (en este caso un circuito de comparador). En la segunda salida del comparador 4 se presenta, tal como se describió ya para la figura 1a, un valor de referencia Ref reducido en un valor Temp proporcional a una temperatura y en un valor F_{PWM} proporcional a la frecuencia PWM del convertidor 5. Si el máximo Max se encuentra por encima de un valor límite, concretamente el valor de referencia Ref así reducido, entonces el comparador 4 genera una señal de desconexión S.

El circuito según la figura 3 se realiza con tres pasos bajos R_1 , C_1 , R_2 , tres divisores R_3 , R_4 y seis circuitos amplificadores 8 invertidos.

Si se invierte ya inmediatamente las señales U_1 , U_2 , U_3 proporcionales, entonces se recurre a tres circuitos amplificadores 8 invertidos, sin embargo se necesita respectivamente seis pasos bajos R_1 , C_1 , R_2 y divisores R_3 , R_4 .

La figura 4 muestra un circuito protector esencialmente simplificado. Según este ejemplo de realización se realiza ahora la inversión de las señales proporcionales U_1 , U_2 , U_3 en tres amplificadores 8 invertidos. Las seis señales U_1 , U_2 , U_3 , \hat{U}_1 , \hat{U}_2 , \hat{U}_3 así obtenidas se suministran entonces a seis circuitos de transformador 10. Mediante el dimensionamiento adecuado de los componentes R_1 , C_1 , R_2 del paso bajo de la figura 3 puede actuar éste sólo

- como circuito de transformador 10. Proporcionándose a las dos resistencias R1, R2 el mismo valor de por ejemplo 10 kOhm, y diseñándose el condensador C1 con por ejemplo 8,2 μ F, se obtiene para el circuito de transformador 10 una función de transmisión TP tal como se muestra en la figura 2. Tal como ya en la figura 3 se suministran las salidas de todos los circuitos de transformador 10 a través de diodos D1 a un comparador 4, que compara el máximo Max así formado con un valor de referencia Ref reducido tal como se describió anteriormente y genera una señal de desconexión S, cuando el máximo Max se encuentra por encima de este valor límite o valor de referencia Ref reducido.
- 5
- 10 Con los circuitos protectores descritos en el presente documento se posibilita de manera sencilla una protección eficaz del convertidor 5 o del motor 6 frente a sobrecarga térmica.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Circuito protector para un convertidor (5) con varias fases (U, V, W), con el que para cada corriente de fase (I1, I2, I3) de las fases (U, V, W) están conectada una señal (U1, U2, U3) proporcional a la respectiva corriente de fase (I1, I2, I3) a un circuito de transformador (1, 2, 10, R1, C1, R2, R3, R4), que para frecuencias de la respectiva señal (U1, U2, U3) por debajo y en el intervalo de una frecuencia límite (fg) actúa como filtro de paso bajo (1) con la frecuencia límite (fg) y por encima de la frecuencia límite (fg) como divisor (2) para la respectiva señal (U1, U2, U3), y con el que las salidas de los circuitos de transformador (1, 2, 10, R1, C1, R2, R3, R4) están conectadas a un formador de máximos (3, D1) para formar un máximo (Max) cuantitativo de las salidas del circuito de transformador (1, 2, 10, R1, C1, R2, R3, R4), estando conectado el máximo (Max) con un comparador (4) en el que se compara el máximo (Max) con un valor de referencia (Ref).
- 10 2. Circuito protector según la reivindicación 1, **caracterizado por que** se genera por el comparador (4) una señal de desconexión (S), cuando la salida (Max) del formador de máximos (3) se encuentra por encima del valor de referencia (Ref).
- 15 3. Circuito protector según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado por que** está conectado al comparador (4) un valor (Temp) proporcional a una temperatura, que reduce el valor de referencia (Ref).
- 20 4. Circuito protector según la reivindicación 3, **caracterizado por que** el valor (Temp) proporcional a una temperatura corresponde a una temperatura de componentes, especialmente de semiconductores de potencia en el convertidor (1).
- 25 5. Circuito protector según la reivindicación 3, **caracterizado por que** el valor (Temp) proporcional a una temperatura corresponde a una temperatura en un motor (6) conectado al convertidor (5), especialmente a una temperatura de devanado en el motor (6).
- 30 6. Circuito protector según una de las reivindicaciones 1 - 5, **caracterizado por que** el convertidor (5) puede hacerse funcionar con una frecuencia PWM, y por que está conectado al comparador (4) un valor (F_{PWM}) proporcional a la frecuencia PWM, que reduce el valor de referencia (Ref).
- 35 7. Circuito protector según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el circuito de transformador (10) se realiza como circuito en serie que actúa dependiendo de la frecuencia a partir de una primera resistencia (R1), un condensador (C1) y una segunda resistencia (R2), encontrándose la salida del circuito de transformador (10) entre la primera resistencia (R1) y el condensador (C1) y actuando este circuito en serie en caso de una frecuencia de la corriente de fase (I1, I2, I3) en el intervalo y por debajo de la frecuencia límite (fg) como paso bajo (2) con la frecuencia límite (fg), y actuando por encima de la frecuencia límite (fg) como divisor (1).

FIG. 1a

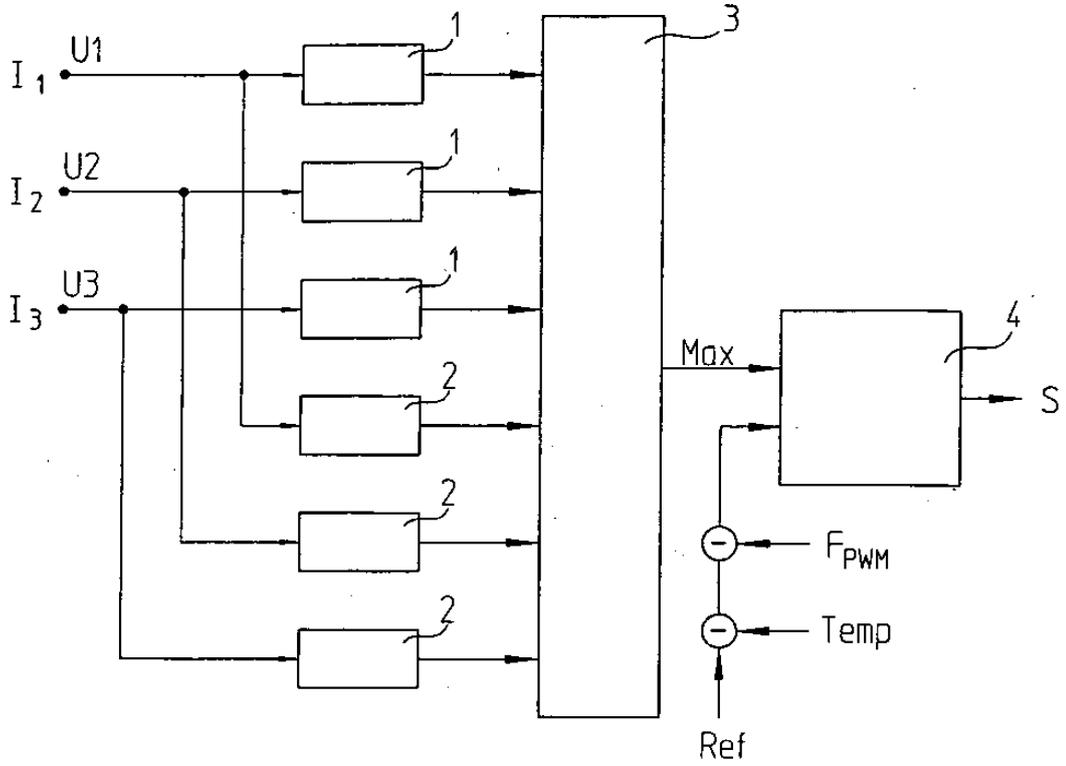


FIG. 1b

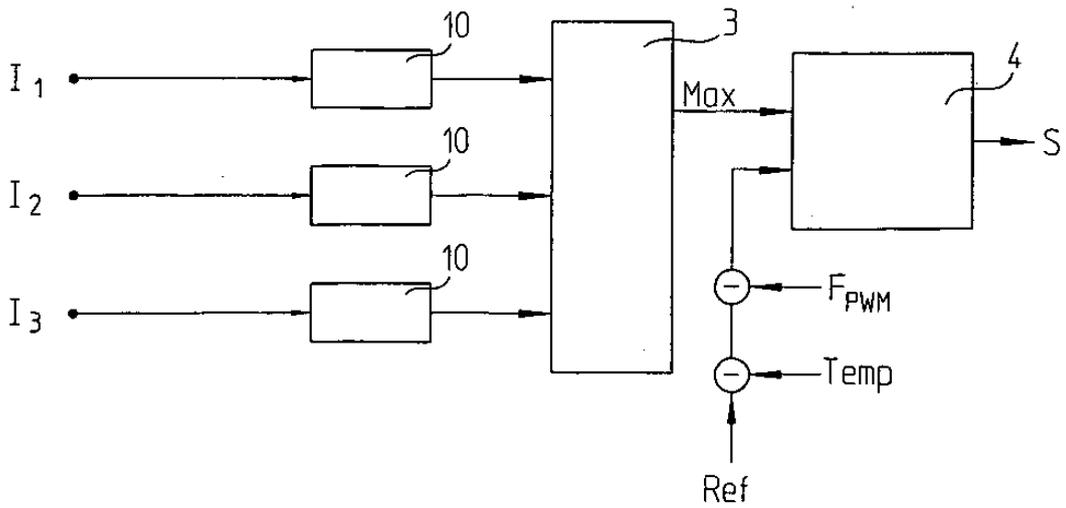


FIG. 2

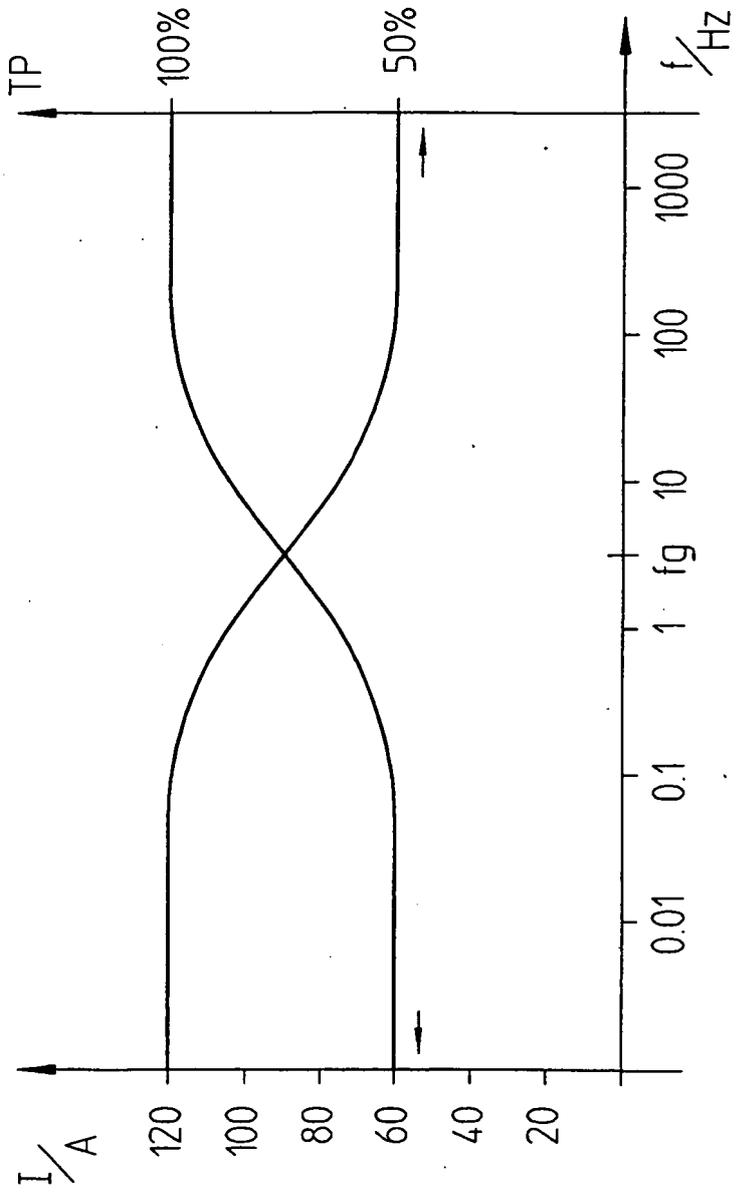


FIG. 3

