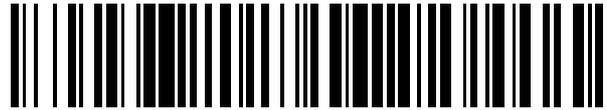


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 541 435**

51 Int. Cl.:

**H02M 1/12**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.10.1999** **E 05106885 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2015** **EP 1598924**

54 Título: **Ondulador sin oscilaciones armónicas**

30 Prioridad:

**25.02.1999 DE 19908124**

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

**20.07.2015**

73 Titular/es:

**WOBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)**

**Dreekamp 5  
26605 Aurich, DE**

72 Inventor/es:

**WOBEN, ALOYS**

74 Agente/Representante:

**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

**ES 2 541 435 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**

Ondulador sin oscilaciones armónicas.

- 5 La invención se refiere a un ondulador o a un filtro de salida para onduladores. La corriente de salida de un ondulador para potencias elevadas presenta por regla general un gran número de oscilaciones armónicas de corriente. Estas oscilaciones armónicas son perturbadoras, y en particular, cuando se han de alimentar a una red potencias mayores a través de onduladores, aparecen de un modo inconveniente.
- 10 En la figura 1 se muestra un ondulador con una bobina de choque de salida y una red de filtros con condensadores, que reduce la desventaja técnica descrita previamente de los onduladores de un modo significativo, y mejora considerablemente la calidad de la corriente. Los interruptores de potencia T1 a T6, y los diodos conectados en paralelo a éstos se conmutan por medio de una modulación de duración de impulsos de los interruptores de potencia de tal manera que en la salida del ondulador se originan tres fases de corrientes de salida U, V, W sinusoidales. La
- 15 forma de la corriente de salida se aproxima a una oscilación sinusoidal por medio de una conexión y desconexión adecuada de cada uno de los interruptores T1 – T6. En este caso, sin embargo, por medio de las desviaciones forzosas respecto al valor teórico, se originan las oscilaciones armónicas mencionadas.

20 Estas oscilaciones armónicas generadas tienen una suma igual a cero en cualquier momento en la red trifásica. Esto es en cualquier caso así ya que no hay otros recorridos de la corriente (otros circuitos eléctricos). En este caso sólo se producen oscilaciones armónicas simétricas. Por medio de circuitos de filtrado – como el representado también en la parte de la salida de la figura 1 – se intenta entonces compensar estas oscilaciones armónicas. Puesto que la red eléctrica presenta así mismo, por medio de las armaduras inductivas y capacitivas (componentes de la línea de transmisión), impedancias (resistencias) parcialmente muy reducidas para determinadas frecuencias, siguen

25 fluyendo proporciones elevadas indeseadas de las oscilaciones armónicas en la red de suministro pública.

Del documento 5,661,390 A se conoce un accionamiento motor alimentado por convertidor con una disposición del circuito de absorción en el lado de salida para la reducción de las interferencias electromagnéticas originadas

- 30 Del documento EP 0 758 161 A2 se conoce otro accionamiento motor alimentado por convertidor en el que se suprimen las emisiones perturbadoras conducidas en líneas.

Del documento US 5,831,842 A se conoce un dispositivo para el rechazo en modo común activo, que elimina las perturbaciones que se originan mediante modificaciones por pasos de una tensión de modo común que se genera

35 durante la conmutación de un aparato con semiconductores de potencia de un conversor de potencia.

El objetivo de la invención es eliminar las desventajas mencionadas en el estado de la técnica, de manera que en la red de suministro pública se alimente únicamente corriente con oscilaciones armónicas muy pequeñas, a ser posible con ninguna oscilación armónica. Adicionalmente, el circuito intermedio de tensión continua del ondulador se ha de

40 estabilizar en el potencial eléctrico (valor de tensión a la carcasa, tierra o sistema trifásico).

Para la consecución del objetivo marcado se propone según la invención un ondulador con las características de la reivindicación 1. Las variantes ventajosas están descritas en las reivindicaciones secundarias.

- 45 Con el ondulador según la invención se generan oscilaciones armónicas asimétricas en la parte de la salida del ondulador, y se reconducen al circuito intermedio de tensión continua. Para la generación de las oscilaciones armónicas asimétricas se prevé adicionalmente a la bobina de choque de salida de corriente trifásica existente en la salida del ondulador, otro devanado (cuarto núcleo magnético). Este otro devanado transmite flujos magnéticos asimétricos que se originan a partir de las oscilaciones armónicas asimétricas. Las oscilaciones armónicas se
- 50 recogen a través de tres circuitos resonantes, por ejemplo tres elementos LC. Las oscilaciones armónicas simétricas, en caso de que todavía queden, se compensan directamente con estos circuitos resonantes. Las oscilaciones armónicas asimétricas ( $\Sigma i \neq 0$ ) son reconducidas al circuito intermedio de tensión continua. La suma de las oscilaciones armónicas asimétricas se toma en el punto neutro de los circuitos resonantes (de los condensadores de filtrado de los circuitos resonantes), y se lleva o se acopla por medio de un devanado en el cuarto núcleo magnético
- 55 a la línea negativa del circuito intermedio de tensión continua. Con ello se produce un “circuito de corriente de oscilaciones armónicas” cerrado que está representado gráficamente en la figura 2.

La corriente suma de las oscilaciones armónicas asimétricas que se toma en el punto neutro de los circuitos resonantes, genera flujos magnéticos en el cuarto núcleo magnético de la bobina de choque de salida. Estos flujos

magnéticos fluyen dependiendo de la situación actual volviendo a los tres núcleos magnéticos principales de la bobina de choque de salida, y con ello soportan una inductancia de salida. Como resultado, se produce una inductancia de salida de aproximadamente 5% a 20% mayor que en una bobina de choque trifásica convencional. Puesto que en el cuarto devanado sólo fluye la corriente de oscilación armónica, en este caso sólo se producen 5 pérdidas del cobre muy reducidas – en relación con las bobinas principales de la bobina de choque -.

La invención y las variantes ventajosas, así como sus ventajas, se explican en la siguiente descripción del dibujo a modo de ejemplo. Se muestra:

10 Fig. 1 un esquema del circuito de un ondulator conocido;

Fig. 2 un esquema del circuito de un ondulator según la invención;

Fig. 3 un diagrama de medición de un ondulator según la invención;

15

Fig. 4 una sección de la figura 3 con una mayor resolución;

Fig. 5 un diagrama de medición de un ondulator según la invención;

20 Fig. 6 un diagrama de medición de un ondulator según la invención;

Fig. 7 un esquema del circuito de una forma de realización preferida de un ondulator según la invención;

Fig. 8 un diagrama de medición de corriente para el ondulator y corriente de la red.

25

La figura 1 muestra el esquema del circuito de un ondulator conocido, el cual hace posible por medio de la conexión antiparalela de los interruptores de potencia T1 a T6 con un diodo D1-D6, respectivamente, un servicio de cuatro cuadrantes, y con ello se puede emplear de muchas maneras como interruptor. Para la generación de la media onda positiva de la corriente de salida, en el ondulator conocido se lleva a cabo una conexión y desconexión consecutiva de los interruptores  $T_n$  ( $n = 1, 3, 5$ ) y  $T_{n+1}$  ( $n = 2, 4, 5$ ). Para una media onda de la corriente de salida de la fase U de la corriente trifásica, esto significa que en varias ocasiones durante una media onda se conectan y se desconectan de modo consecutivo T1 y T6. Antes de los interruptores de potencias está conectado un circuito intermedio de tensión continua con dos condensadores electrolíticos C4 y C5 conectados en serie para la alimentación de la tensión continua + Ud y -Ud. En la parte de la salida, el ondulator presenta una bobina de choque de salida LA (LAU, LAV, LAW, así como un filtro conectado a continuación, formado por tres condensadores C6, C7, C8, que están dispuestos entre las fases respectivas. Tal y como ya se ha descrito, la forma de la corriente de salida U, V, W trifásica se aproxima a una oscilación sinusoidal por medio de una conexión y desconexión adecuada de los interruptores de potencia T1 a T6 individuales. En este caso, sin embargo, por medio de las desviaciones forzosas respecto al valor teórico, se generan oscilaciones armónicas. Estas oscilaciones armónicas generadas tienen una suma igual a cero, o prácticamente igual a cero, en cualquier momento en la red trifásica. Esto es así ya que no hay otros recorridos de la corriente. Las oscilaciones armónicas que se producen, sin embargo, son en todo momento simétricas, y por medio de un circuito de filtrado de condensadores se intenta compensar estas oscilaciones armónicas. Puesto que, sin embargo, la red eléctrica presenta así mismo por medio de las armaduras inductivas y capacitivas (componentes de la línea de transmisión) impedancias (resistencias) parcialmente muy 40 reducidas para frecuencias determinadas, siguen fluyendo proporciones elevadas de las oscilaciones armónicas en la red de suministro pública, lo cual es algo indeseado.

La figura 2 muestra el esquema del circuito de un ondulator según la invención. Éste, al igual que el ondulator conocido, presenta un circuito intermedio de tensión continua, interruptores de potencia T1 – T6 y diodos D1 – D6 50 conectados en paralelo con éstos, así como una bobina de choque de salida LA.

El ondulator según la invención genera oscilaciones armónicas asimétricas. Para ello está previsto un devanado L4 adicional (núcleo magnético adicional). Este cuarto núcleo magnético L4 transmite los flujos magnéticos asimétricos que se producen a partir de las oscilaciones armónicas asimétricas. Las oscilaciones armónicas se llevan a través de tres circuitos resonantes LC o bien tres componentes L-C, compuestos por las inductancias L1 a L3, así como por los condensadores C1 a C3 y un punto neutro común. Las oscilaciones armónicas simétricas se compensan directamente con estos circuitos resonantes LC, en caso de que todavía existan. Las oscilaciones armónicas asimétricas ( $\Sigma i \neq 0$ ) son conducidas por medio del punto neutro del devanado del cuarto núcleo magnético L4. Este cuarto devanado L4 está unido con la línea negativa del circuito intermedio de tensión continua. La suma de las

oscilaciones armónicas asimétricas se toma con ello en el punto neutro de los condensadores de filtrado y se acopla por medio del devanado en el cuarto núcleo magnético L4 en el circuito intermedio de tensión continua. Con ello se produce un circuito de corriente de oscilaciones armónicas cerrado para las oscilaciones armónicas asimétricas.

- 5 La corriente suma de las oscilaciones armónicas asimétricas que se toma en el punto neutro de los condensadores genera flujos magnéticos en el cuarto núcleo magnético de la bobina de choque de salida LA. Estos flujos magnéticos fluyen de vuelta, LA dependiendo de la situación correspondiente, al núcleo magnético principal de la bobina de salida LA acoplada magnéticamente con el cuarto núcleo magnético, y soportan su inductancia de salida.
- 10 Como resultado de esto se obtiene una inductancia de salida LA de aproximadamente 5% a 20% mayor que en la bobina de choque trifásica convencional. Puesto que en el cuarto devanado LA4 sólo fluye la corriente de oscilación armónica de las oscilaciones armónicas asimétricas, en este caso sólo se producen pérdidas del cobre muy reducidas, comparadas con las que se producen en las bobinas principales LA1, LA2, LA3.
- 15 La figura 3 muestra un diagrama de medición de un ondulator según la figura 2. La curva superior muestra la semioscilación sinusoidal positiva de la corriente en la salida del ondulator. En este caso, la histéresis de la corriente es constante, y la frecuencia de conmutación es variable. La curva inferior muestra la suma de las oscilaciones armónicas de las tres fases de salida del ondulator que fluyen de vuelta a través del cuarto núcleo magnético al circuito intermedio de tensión continua.
- 20 La figura 4 vuelve a mostrar una parte de la corriente de salida del ondulator de la fase 1 con una mayor resolución. En este caso se pueden reconocer claramente las oscilaciones armónicas triangulares de la corriente de salida IWR LA.
- 25 Con el circuito resonante, compuesto por L1 y C1, se separan estas oscilaciones armónicas en la salida de la inductancia de salida LA de la oscilación básica (sinusoidal) de la corriente de salida. La curva inferior de la figura 4 muestra la evolución temporal de la corriente IL1C1 en L1 y C1.
- 30 La figura 5 muestra el resultado de la separación de las oscilaciones armónicas de la corriente principal (oscilación base de 50 Hz). La curva más superior muestra la corriente de salida sin oscilaciones armónicas. Este muy buen resultado sólo es posible con el circuito de oscilaciones armónicas según la invención. En este caso, tal y como se puede reconocer en las figuras, se reconducen las oscilaciones armónicas generadas desde el ondulator al circuito intermedio de tensión continua prácticamente al 100%. La curva central de la figura 5 muestra la corriente del ondulator IWR LA, y la curva inferior de la figura 5 vuelve a mostrar la corriente de oscilación armónica correspondiente.
- 35 La figura 6 (curva inferior) muestra la suma de las tres corrientes de oscilaciones armónicas I21, I22 e I23. Esta corriente, que prácticamente contiene todas las oscilaciones armónicas de las tres fases, se usa ahora de nuevo para incrementar el efecto de la bobina de choque de salida LA. Esta bobina de choque está formada, tal y como ya se ha descrito, por tres núcleos magnéticos principales LA1, LA2, LA3 para los tres devanados de salida principales, y por un cuarto núcleo magnético secundario que sólo está previsto para las oscilaciones armónicas. Este cuarto núcleo magnético conduce los flujos magnéticos que se corresponden con la suma de las oscilaciones armónicas. La amplitud correspondiente de esta corriente suma de las oscilaciones armónicas está representada en la curva inferior de la figura 6. La curva superior muestra la evolución de la tensión correspondiente. Para alcanzar esto, es suficiente una sección transversal del hierro de aprox. 20% del núcleo magnético principal para el cuarto núcleo magnético. El cuarto núcleo magnético, sin embargo, eleva la inductancia de salida LA efectiva aproximadamente un 5-20%. Como consecuencia de esto resulta un tamaño constructivo menor de la bobina de choque de salida LA y una mayor eficiencia.
- 40 La figura 7 muestra una variante del ondulator según la invención. La bobina de choque de salida está formada en este caso en dos partes, y está formada por una bobina de choque de cuatro núcleos magnéticos y una bobina de choque trifásica LA2 compensada conectada en serie. Para corrientes de oscilaciones armónicas asimétricas se pueden emplear, de modo ventajoso, bobinas de choque compensadas por corriente. Puesto que la suma de la corriente de la red (corriente trifásica) es igual a cero, la bobina de choque no se carga con las oscilaciones básicas
- 45 muy elevadas (no se premagnetiza). Con ello se puede construir con un coste reducido una inductancia elevada.
- 50 La figura 8, curva superior, muestra la suma de las tres corrientes de salida en la salida del ondulator antes del filtro. La amplitud máxima tiene un valor en este caso de sólo un 10% del valor máximo de una corriente de fase. La curva inferior muestra la suma de las corrientes de salida después del filtro. Tal y como se puede ver, esta corriente de

salida es de una calidad excepcionalmente elevada, y no acopla ninguna oscilación armónica negativa en la red.

El circuito de tensión continua también se estabiliza al mismo tiempo con el circuito cerrado de oscilaciones armónicas. El punto neutro de los tres condensadores tiene un potencial estático, en principio el mismo potencial que tierra. Puesto que este punto está unido de modo estático a través de la inductancia con el circuito intermedio, a través de él fluye una corriente de compensación cuando se modifica el potencial del circuito intermedio. Los potenciales con picos son dañinos para los generadores que alimentan al circuito intermedio de tensión continua, ya que por medio de las variaciones de tensión ( $dU/dt$ ) fluiría una corriente capacitiva a través del aislamiento, y ocasionaría a largo plazo daños en el aislante.

10

Preferentemente, un ondulator según la invención se emplea en un sistema generador de energía, por ejemplo en una instalación de energía eólica. Estos sistemas que generan energía eléctrica suministran entonces a la red con una corriente de una calidad muy elevada, lo que también tiene como consecuencia el hecho de que el operador de la red correspondiente ha de llevar a cabo pocas medidas para asegurar la calidad de la corriente.

15

**REIVINDICACIONES**

1. Ondulador para la generación de una corriente alterna o trifásica a partir de una tensión continua con  
- un circuito intermedio de tensión continua, y  
5 - en la parte de salida una bobina de choque de salida (LA),  
**caracterizado por**  
- tres circuitos resonantes (LC), compuestos por las inductancias L1 a L3, así como por los condensadores C1 a C3  
y un punto neutro común para compensar las oscilaciones armónicas simétricas que se producen en la parte de  
salida;
- 10 - un devanado adicional que está conectado a través de una línea directa entre el punto neutro y el circuito  
intermedio de tensión continua para acoplar las oscilaciones armónicas asimétricas que se producen en el parte de  
salida en el circuito intermedio de tensión continua.
2. Ondulador según la reivindicación 1,  
15 **caracterizado porque** con el ondulador se entrega una corriente alterna o trifásica a través de M-líneas, estando  
acopladas entre sí las M-líneas por medio de los circuitos resonantes.
3. Ondulador según la reivindicación 1,  
20 **caracterizado porque** la bobina de choque de salida transmite flujos magnéticos asimétricos que están formados  
por las oscilaciones armónicas asimétricas.
4. Ondulador según la reivindicación 3,  
**caracterizado porque** la bobina de choque de salida se compone de  $m + 1$  núcleos magnéticos, siendo  $m$  un  
número natural, estando asociado un núcleo magnético a cada fase de corriente trifásica y transmitiéndose por  
25 medio del  $m + 1$  primer núcleo magnético los flujos magnéticos asimétricos que están formados por las oscilaciones  
armónicas asimétricas.
5. Ondulador según una de las reivindicaciones anteriores,  
30 **caracterizado porque** los  $m + 1$  núcleos magnéticos están acoplados entre sí de modo magnético, y los flujos  
magnéticos que se producen en el  $m + 1$  núcleo magnético fluyen de vuelta en los  $m$  núcleos magnéticos de la  
bobina de choque de salida.
6. Ondulador según una de las reivindicaciones anteriores,  
35 **caracterizado porque** a través del  $m + 1$  núcleo magnético sólo fluye una corriente de oscilaciones armónicas.
7. Ondulador según una de las reivindicaciones anteriores,  
**caracterizado porque** la bobina de choque de salida es una bobina de choque compensada por corriente.
8. Ondulador según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la bobina de choque de salida está  
40 formada por una bobina de choque de cuatro núcleos magnéticos y una bobina de choque trifásica conectada en  
serie.
9. Ondulador según una de las reivindicaciones anteriores,  
45 **caracterizado porque** el circuito intermedio de tensión continua se estabiliza con el circuito cerrado de oscilaciones  
armónicas.
10. Sistema generador de energía eléctrica, a saber instalación de energía eólica con un ondulador para  
la generación de una corriente alterna o trifásica según una de las reivindicaciones anteriores.

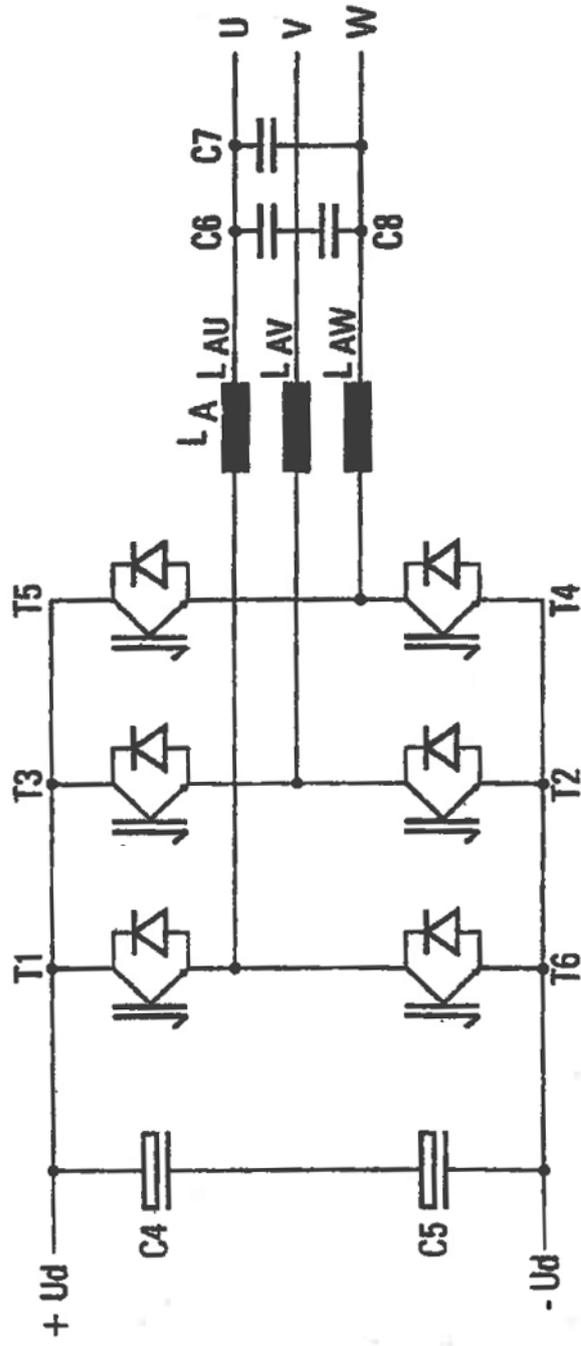


Fig. 1

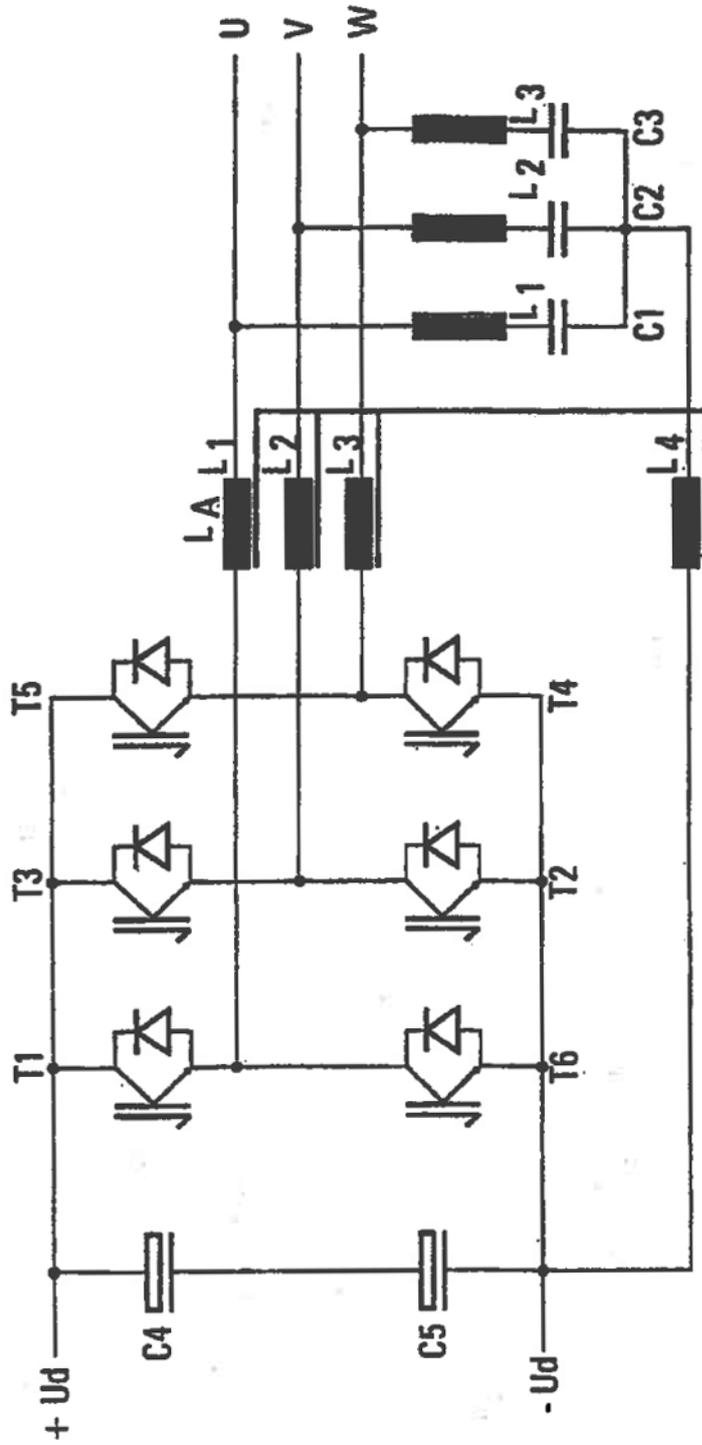


Fig. 2

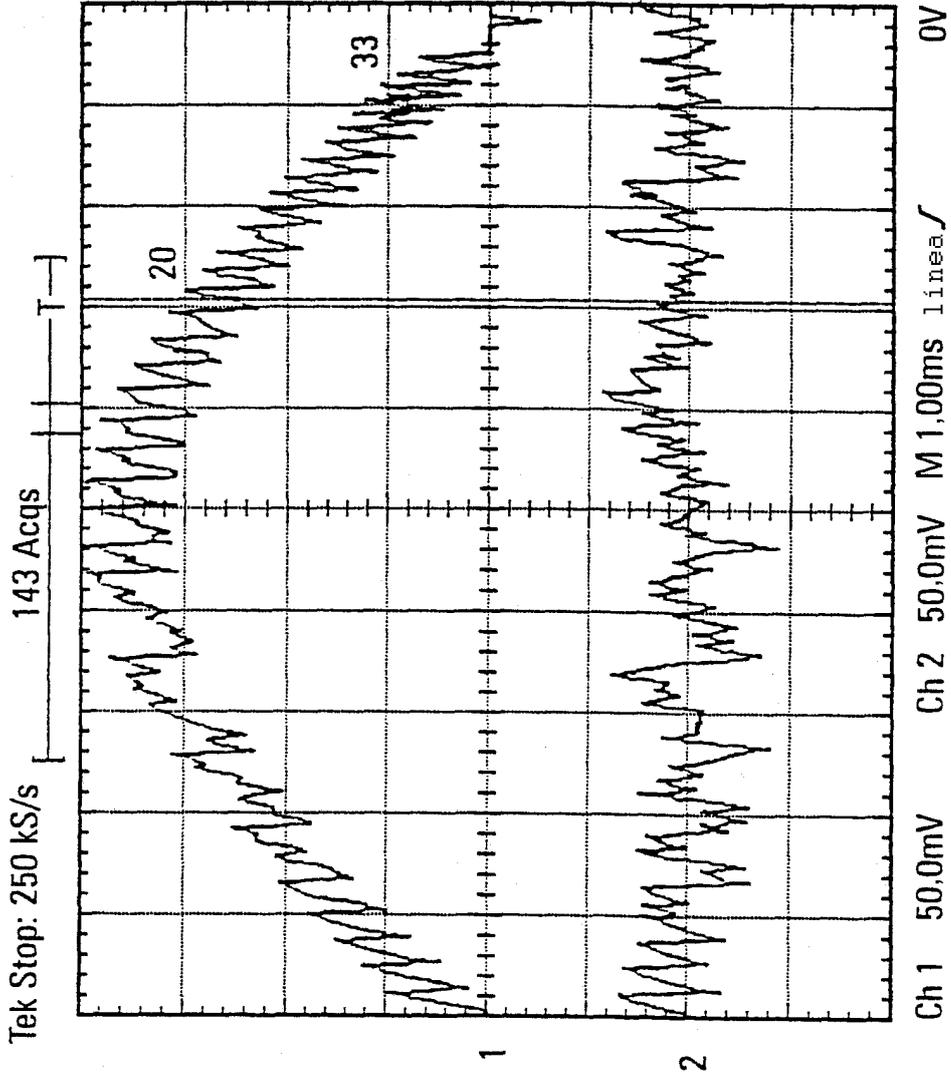


Fig. 3

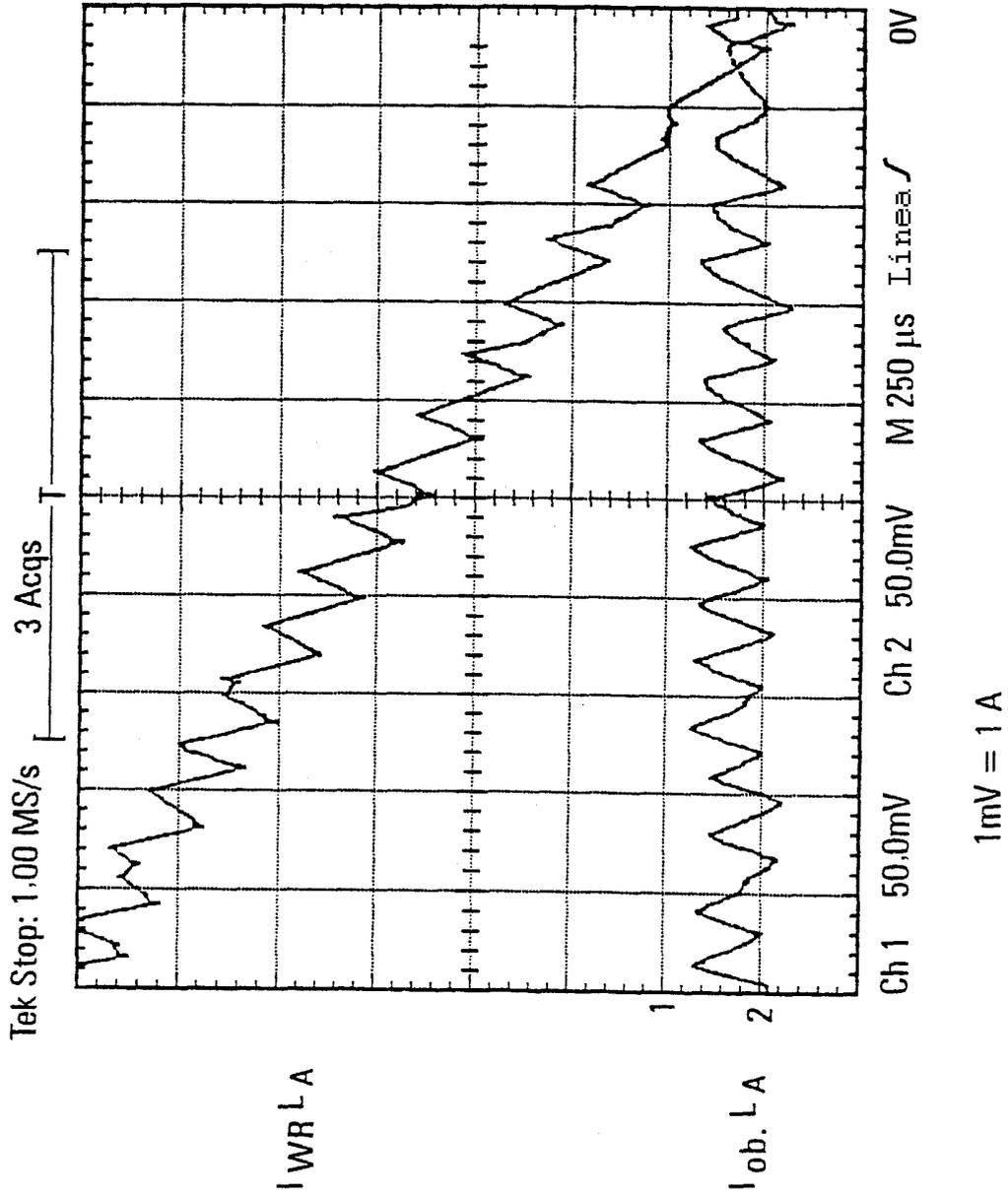


Fig. 4

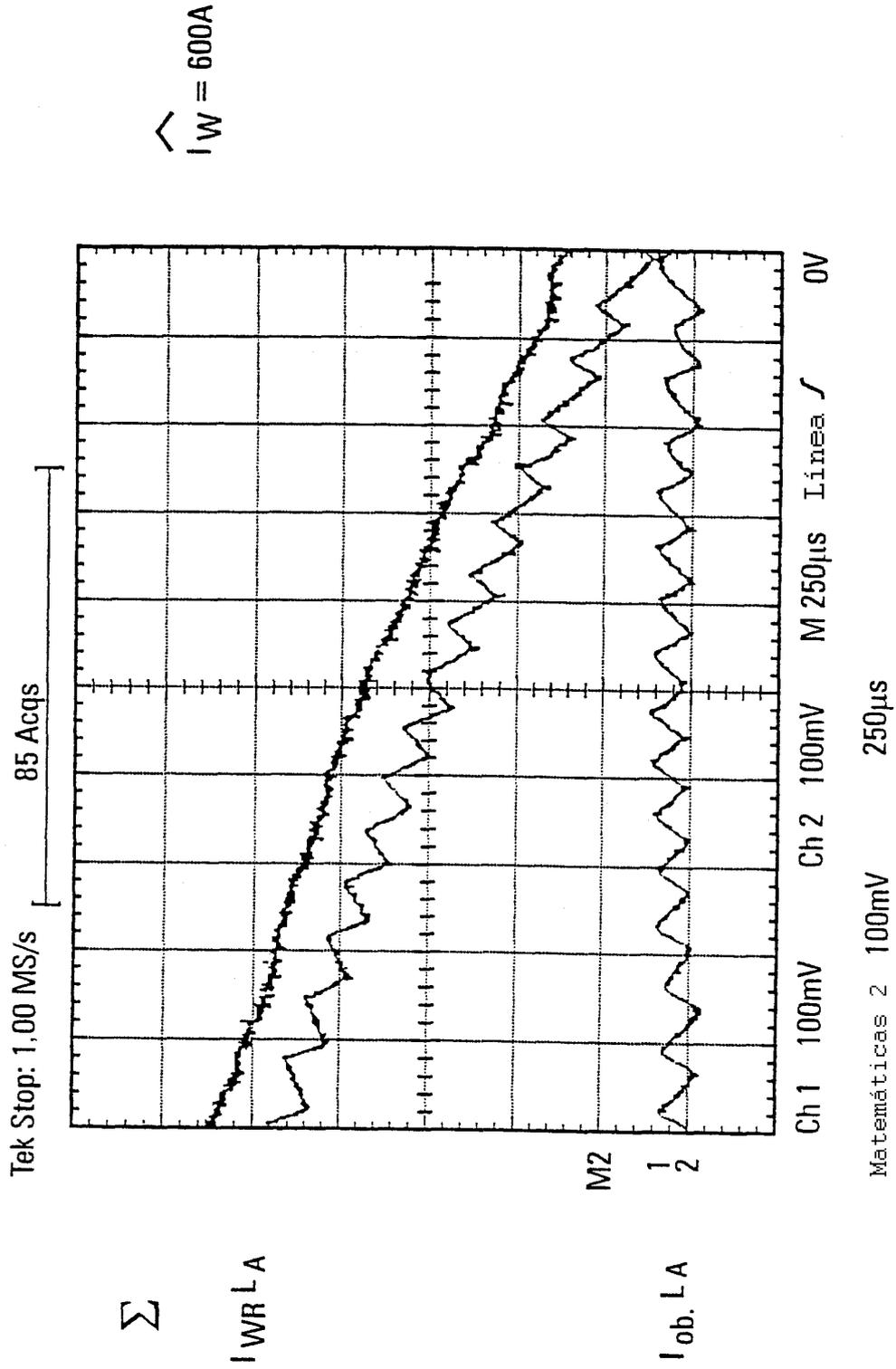


Fig. 5

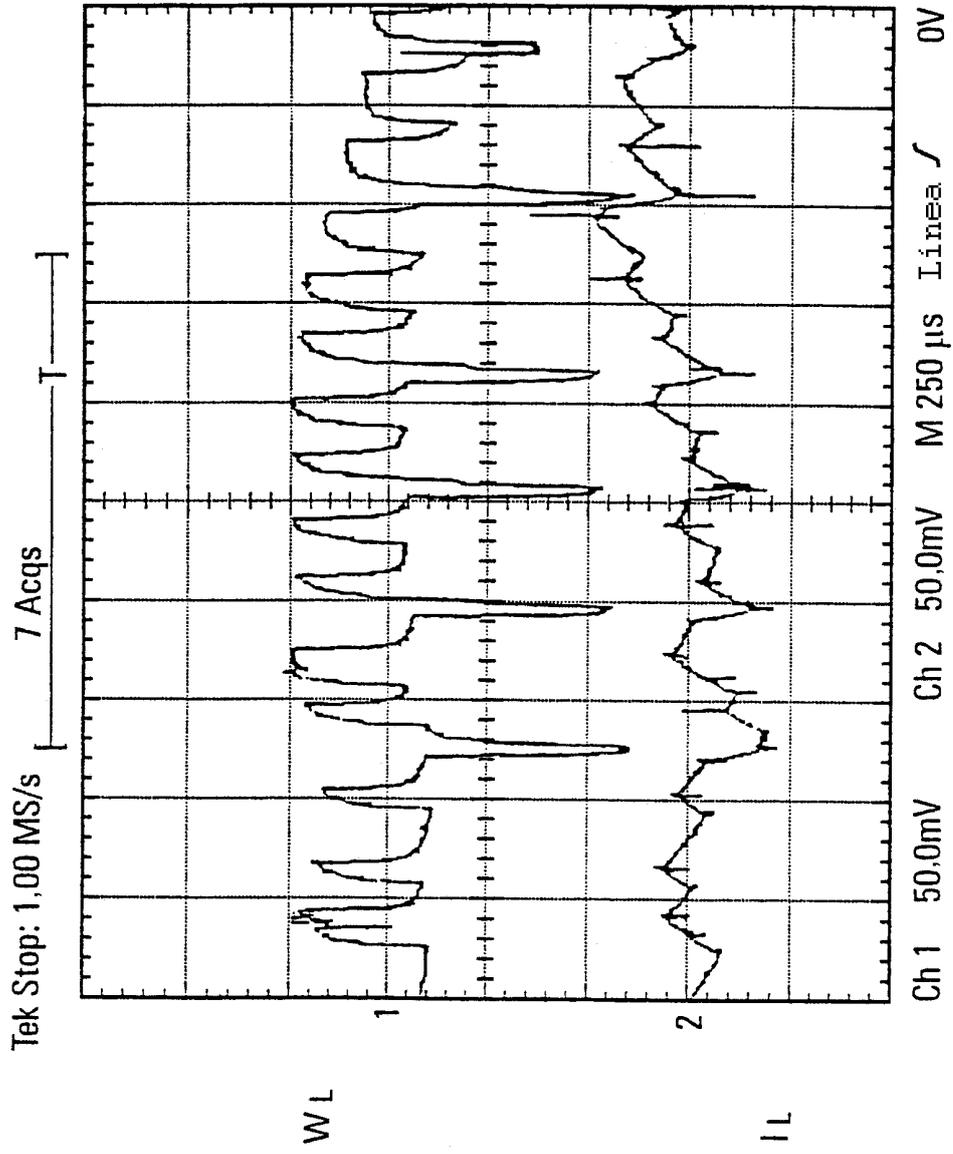


Fig. 6

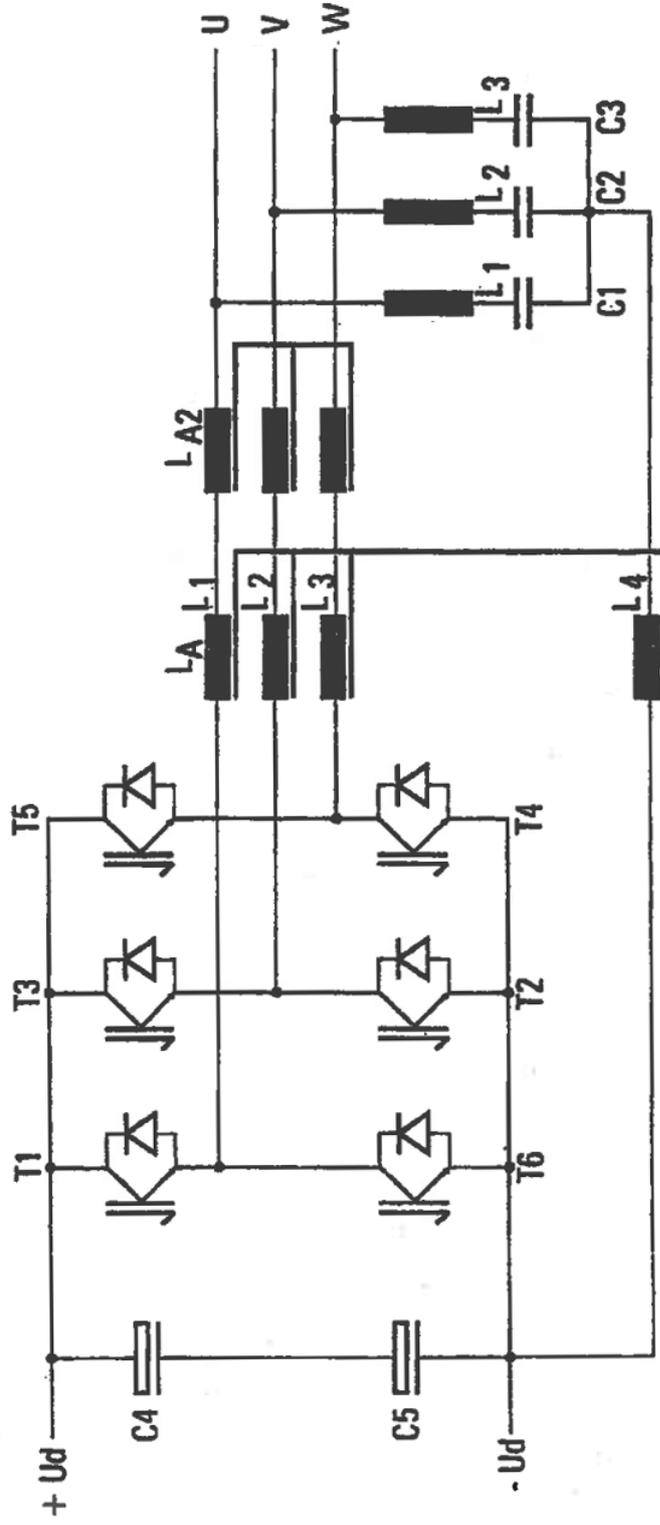


Fig. 7

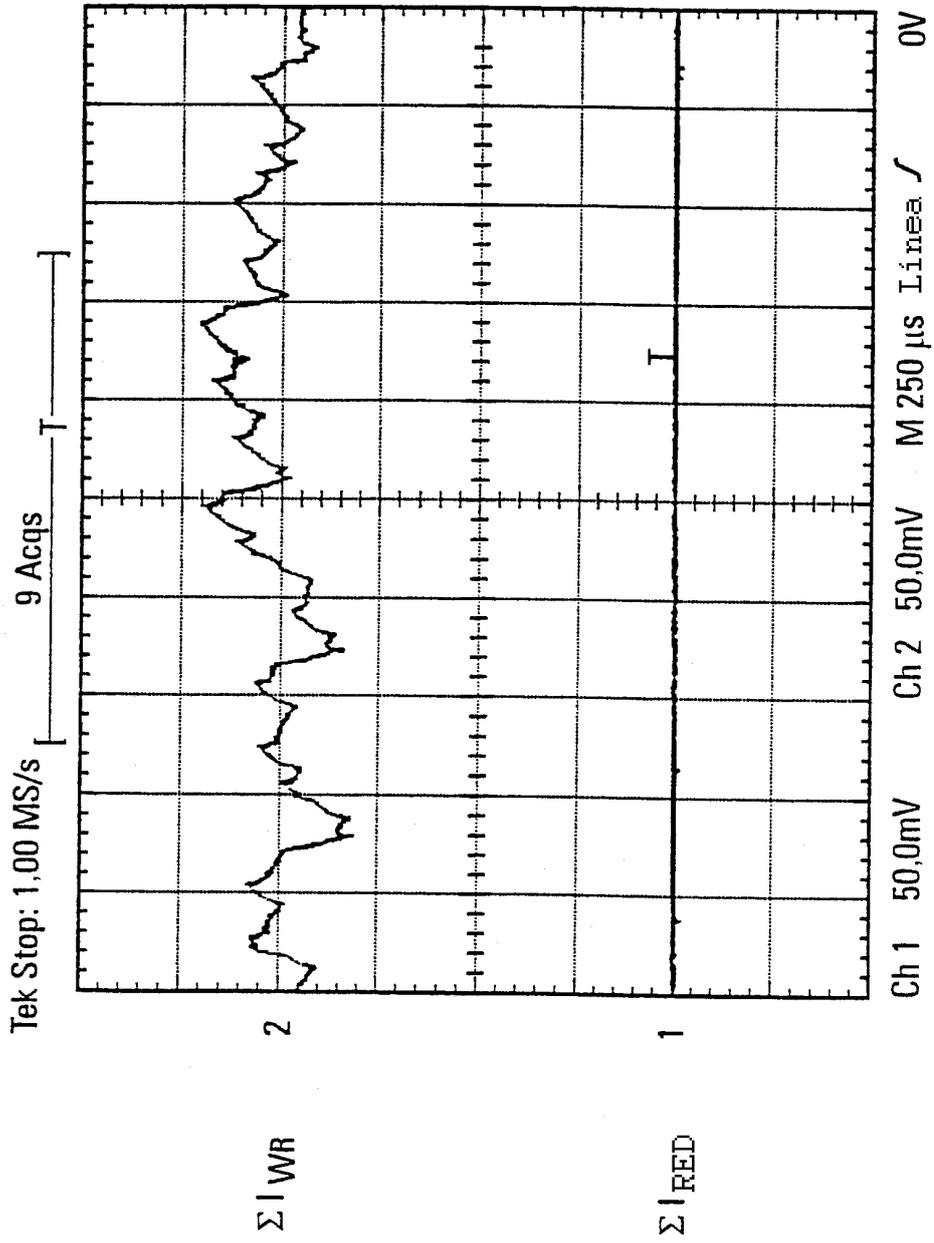


Fig. 8