



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 282 345**

51 Int. Cl.:
B23H 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **02012169 .5**

86 Fecha de presentación : **03.06.2002**

87 Número de publicación de la solicitud: **1493522**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **05.01.2005**

54 Título: **Dispositivo de mecanizado por electroerosión.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.10.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.10.2007

73 Titular/es: **CHARMILLES TECHNOLOGIES S.A.**
8-10, rue du Pré-de-la-Fontaine
Case Pôstale 373
1217 Meyrin 1, CH

72 Inventor/es: **Martin, Roland;**
Dorthe, Sebastian y
Tognolini, Maurizio

74 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

ES 2 282 345 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).

ES 2 282 345 T3

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de mecanizado por electroerosión.

5 La presente invención se refiere a un dispositivo de mecanizado por electroerosión que comprende el circuito eléctrico con una fuente de tensión conectada a una red de alimentación, dispuesto de manera que produzca unos impulsos de corriente en un circuito de carga que comprende un electrodo-herramienta y un electrodo-pieza que constituyen los polos opuestos de una ranura de trabajo en serie con por lo menos un elemento de auto-inducción. Un dispositivo de este tipo es conocido por el documento JP-A-01153220 que describe el estado de la técnica más
10 próximo.

Dichos dispositivos son generalmente utilizados para la electroerosión por introducción, por hilo o por fresado electroerosivo. Sin embargo es generalmente necesario prever un generador de descargas erosivas diferente para cada aplicación o tipo de electroerosión. Uno de los objetivos de la presente invención es encontrar un dispositivo que
15 comprenda la arquitectura más simple posible y al mismo tiempo susceptible de cubrir todas las aplicaciones de mecanizado. Un dispositivo de este tipo deberá permitir una industrialización al menor coste siendo al mismo tiempo aplicable al mecanizado por introducción, por hilo o por fresado.

El dispositivo deberá además estar adaptado para poder producir unas descargas electroerosivas cuya evolución de la corriente en función de tiempo pueda ser controlada de forma precisa, pudiendo por tanto comprender una sucesión de diferentes pendientes de subida y de descenso de la corriente. Así, el desgaste del electrodo-herramienta podrá ser
20 disminuido de forma óptima en el caso del mecanizado por introducción.

Otro objetivo que el dispositivo deberá alcanzar es la supresión de las disipaciones por resistencias de lastre de la energía almacenada temporalmente en unos bucles de auto-inductancia. Es deseable eliminar estas resistencias de lastre complejas y costosas; en efecto, es preciso a menudo prever varios valores de resistencias conmutables, puesto que la fuente de energía a disipar no tiene siempre una tensión fija.

Otro objetivo de la invención es evitar hacer circular unas corrientes continuas importantes en unos bucles de
30 almacenado durante las fases de pausa y de espera de las descargas.

Estos diferentes objetivos son realizados por un dispositivo de mecanizado por electroerosión según las reivindicaciones 1-11 que comprende el circuito eléctrico que comprende la combinación de las características siguientes:

35 - una fuente doble de tensión que comprende una primera y una segunda fuente de tensión conectadas galvánicamente entre sí por uno de sus polos,

- estando dicha fuente doble conectada al circuito de carga por lo menos por cuatro ramas distintas,

40 - unos medios de conmutación para producir por conexión selectiva de dichas ramas por lo menos dos pendientes de corriente crecientes y por lo menos dos pendientes de corriente decrecientes,

- estando dichas ramas dispuestas para que la energía de auto-inducción excedente del circuito eléctrico no consumida por las descargas sucesivas sea enviada de nuevo a la fuente doble,

45 - estando previstos unos medios de transferencia para efectuar una transferencia de energía entre las dos fuentes de tensión de la fuente doble.

Gracias a estas características, el dispositivo podrá ser utilizado para cualquier tipo de electroerosión por introducción, por hilo, por fresado, etc. En introducción, el dispositivo hace posible un mecanizado con muy pequeño desgaste del electrodo-herramienta debido a que las pendientes de subida y de descenso de la corriente de los impulsos eléctricos pueden ser programadas y controladas. Este control permite dar a los impulsos de corriente un perfil global correspondiente a cada aplicación de mecanizado.

55 Cada una de las dos fuentes puede funcionar en calidad de fuente principal conectada a la red o de fuente secundaria que recibe sus cargas o bien por el retorno de corriente desde el intervalo o la ranura de trabajo y la self de línea, o bien por la acción de los medios de transferencia que actúan como bomba de corriente.

La energía eléctrica proporcionada por la red al dispositivo está completamente destinada al mecanizado por electroerosión y las energías excedentes cuando tiene lugar el paro de los impulsos eléctricos son enviados de nuevo a una o la otra de las dos fuentes, lo que permite un funcionamiento particularmente racional en cualquier tipo de aplicación, por tanto unas economías de energía considerables.

65 Ninguna corriente circula en el circuito eléctrico principal destinado a la producción de las descargas durante los periodos de pausa y de espera.

ES 2 282 345 T3

La bomba de corriente realiza la función al mismo tiempo de regulador de tensión para la fuente auxiliar no conectada a la red y permite en particular ajustar esta tensión en tiempo real a las condiciones particulares del mecanizado deseado.

5 Ventajosamente, el dispositivo comprende unos medios para conectar o bien la primera, o bien la segunda fuente de tensión a la red de alimentación.

Estos medios, que están constituidos por ejemplo por un conmutador simple o doble permiten una adaptación rápida del dispositivo a una aplicación diferente.

10 Un modo de realización preferido está caracterizado porque el circuito eléctrico es de constitución general en semipunto que comprende,

15 - una primera rama que conecta el polo positivo de la fuente doble por un primer interruptor a la ranura de trabajo,

- una segunda rama que conecta la ranura de trabajo por un segundo interruptor al polo negativo de la fuente doble,

20 - una tercera rama que conecta por medio de un primer elemento unidireccional la fuente doble a un primer borne del primer interruptor dirigido al lado de la ranura de trabajo,

- una cuarta rama que conecta por medio de un segundo elemento unidireccional un primer borne del segundo interruptor, dirigido hacia el lado de la ranura de trabajo, a la fuente doble.

25 Esta arquitectura general del circuito eléctrico hace posible la fácil obtención de dos pendientes de subida de corriente y de dos pendientes de descenso de corriente que permiten, por un secuenciado dado de las diferentes pendientes de corriente, la realización de perfiles de impulso de corriente variados.

De manera ventajosa la primera y la segunda fuentes de tensión están conectadas una a la otra por sus polos de la misma polaridad que forman un polo común.

30 Las dos fuentes poseen así una potencia común, lo que permite una conexión a la red con una conmutación simple entre las dos fuentes.

35 Favorablemente un polo de la segunda fuente no conectado a la primera fuente está conectado por medio de uno de los elementos unidireccionales al primer borne del interruptor cuyo otro borne está conectado al polo común de las dos fuentes, para formar dicha tercera o cuarta rama.

40 Según otro modo de realización muy ventajoso, un polo de la segunda fuente no conectado a la primera fuente está conectado por medio de uno de los elementos unidireccionales al primer borne del interruptor del que un segundo borne está conectado al polo de la primera fuente que no es común con la segunda fuente para formar dicha tercera o cuarta rama.

45 Un modo de realización suplementario está caracterizado porque la primera y la segunda fuentes están conectadas una a la otra por sus polos de polaridad opuesta, y porque la segunda fuente está conectada en serie en la primera o segunda rama a un segundo borne de uno de los interruptores dirigido hacia la primera fuente.

50 Estos tres modos de realización se diferencian principalmente por la conexión de la segunda fuente. Aunque los tres permiten obtener por lo menos cuatro pendientes diferentes de corriente, estas pendientes se obtienen de forma diferente, como lo es también la recuperación de la energía excedente en la una o la otra de las dos fuentes.

Ventajosamente dichos medios de transferencia comprenden un primer circuito de transferencia dispuesto para transferir la energía de la segunda fuente hacia la primera fuente y porque este primer circuito de transferencia comprende, por una parte, una primera malla de corriente compuesta por un acumulador de energía, un tercer interruptor y la segunda fuente y, por otra parte, una segunda malla de corriente que comprende por lo menos dicho acumulador de energía, un tercer elemento unidireccional y la primera fuente montada como receptor de energía, siendo la primera y la segunda mallas activadas alternativamente por el cierre y la apertura del tercer interruptor.

60 Se obtiene por estas características una bomba unidireccional que presenta una estructura muy simple con únicamente tres componentes electrónicos. Esta bomba permite transferir unas cargas de la segunda hacia la primera fuente y esto de forma independiente del funcionamiento del circuito generador de impulsos propiamente dicho.

65 De manera favorable dichos medios de transferencia comprenden un segundo circuito de transferencia dispuesto para transferir la energía de la primera fuente hacia la segunda fuente y porque este segundo circuito de transferencia comprende, por una parte, una tercera malla de corriente que comprende por lo menos un acumulador de energía, un cuarto interruptor y la primera fuente y, por otra parte, una cuarta malla de corriente compuesta por dicho acumulador de energía, un cuarto elemento unidireccional y la segunda fuente montada como receptor de energía, siendo la tercera y cuarta mallas activadas alternativamente por el cierre y la apertura del cuarto interruptor.

ES 2 282 345 T3

El acumulador de energía, por ejemplo una bobina de auto-inducción podrá ser común al primer y al segundo circuitos de transferencia, lo que permitirá obtener una bomba bidireccional con solamente cinco componentes electrónicos.

5 Otras ventajas destacan de las características expresadas en las reivindicaciones subordinadas y de la descripción que expone a continuación la invención más en detalle con la ayuda de los planos que representan esquemáticamente a título de ejemplo unos modos de realización y unas variantes.

La figura 1 representa en circuito eléctrico esquemático de un primer modo de realización.

10

Las figuras 2 a 4 ilustran unas variantes.

La figura 5 muestra el circuito eléctrico según un segundo modo de realización.

15

La figura 6 representa una variante del segundo modo de realización.

La figura 7 representa el circuito eléctrico de un tercer modo de realización.

Las figuras 8 a 10 ilustran tres variantes del tercer modo de realización.

20

Un primer modo de realización del dispositivo de mecanizado por electroerosión o generador de impulsos electroerosivos está ilustrado en la figura 1 y posee un primer órgano fuente de tensión U1, a continuación primera fuente, y un segundo órgano fuente de tensión U2, a continuación segunda fuente, que forman juntos una fuente doble de tensión UD. Las dos fuentes de tensión U1 y U2 están conectadas galvánicamente entre si por uno de sus polos, aquí los dos polos negativos, para constituir la fuente doble de tensión. Por medio del conmutador C, la una o la otra de las dos fuentes de tensión puede ser conectada a una alimentación eléctrica A, tal como una alimentación estabilizada en tensión conectada a la red eléctrica y que comprende por lo menos un transformador y un rectificador.

25

El generador posee cuatro caminos de conexión o ramas entre la fuente doble UD y la ranura de trabajo o intervalo GA (gap) situadas entre el electrodo-herramienta EO y el electrodo-pieza EP a mecanizar.

30

Una primera rama B1 comprende, a partir del borne positivo de la primera fuente U1 un interruptor SW1, un amperímetro M1 y una bobina de auto-inducción L1 cuyos bornes están conectados en shunt por un conmutador C1, representando LL la inductancia parásita de línea del generador.

35

Una segunda rama B2 conecta el electrodo-pieza EP por un segundo interruptor SW2 a los bornes negativos de las dos fuentes U1, U2.

Una tercera rama B3 conecta los bornes negativos de las dos fuentes U1 y U2 por un diodo D1, el amperímetro M1, la bobina L1 con su shunt C1 al electrodo-herramienta EO.

40

Finalmente una cuarta rama B4 comprende un segundo diodo D2 situado entre el electrodo-pieza EP y el borne positivo de la segunda fuente de tensión U2.

Estas diferentes ramas en combinación con los medios de conmutación constituidos por los dos interruptores SW1 y SW2 permiten producir dos pendientes crecientes diferentes de corriente y las pendientes decrecientes diferentes, a saber las pendientes correspondientes a los caminos siguientes:

45

Nº 1) subida rápida: U1, SW1, M1, L (=L1 + LL), GA, SW2

50

Son aplicables las ecuaciones siguientes:

$$UL = L \cdot di/dt = U1 - Ug \quad (1a)$$

55

en las que

L = la inductancia combinada de la bobina L1 y de la línea LL, L = L1 + LL;

60

UL = diferencia de potencial en los bornes de la inductancia combinada;

Ug = diferencia de potencial en los bornes del intervalo;

U1 = tensión en los bornes de la primera fuente.

65

$$di/dt = (U1 - Ug)/L \quad (1b)$$

ES 2 282 345 T3

Nº 2) subida lenta: U1, SW1, M1, L, GA, D2, -U2,

(estando SW2 bloqueado)

5 Son aplicables las ecuaciones siguientes:

$$UL = L \cdot di/dt = U1 - U2 - Ug \quad (2a)$$

10 U2 = tensión en los bornes de la segundo fuente

$$di/dt = (U1 - U2 - Ug)/L \quad (2b)$$

15 Nº 3) descenso rápido: L, GA, D2, -U2, D1, M1 (estando SW1 y SW2 bloqueados)

Son aplicables las ecuaciones siguientes:

20
$$UL = L \cdot di/dt = - U2 - Ug \quad (3a)$$

$$di/dt = (- U2 - Ug)/L \quad (3b)$$

25 Nº 4) descenso lento: L, GA, SW2, D1, M1 (estando SW1 bloqueado)

Son aplicables las ecuaciones siguientes:

30
$$UL = L \cdot di/dt = - Ug \quad (4a)$$

$$di/dt = - Ug/L \quad (4b)$$

35 Debe observarse en el caso de la figura 1 que la fuente U2 recibe energía de la parte de la fuente U1 cuando tiene lugar la subida lenta Nº 2 y también recibe la energía selfica excedente del circuito, no consumida por las descargas erosivas cuando tiene lugar el descenso rápido de corriente Nº 3.

40 El generador ilustrado en la figura 1 comprende además unos medios de transferencia para transferir las energías entre las dos fuentes U1 y U2 de la fuente doble, comúnmente designados bomba de corriente PO. Esta bomba de corriente es en el caso de la figura 1 bidireccional, permitiendo por tanto enviar unas cargas eléctricas de la fuente U2 a la fuente U1 y viceversa. La misma comprende a este fin un primer circuito de transferencia con un primer bucle P1 que comprende un arrollamiento L2 conectado al borne positivo de la fuente U2 y conectado a un interruptor unidireccional SW3 cuya salida está conectada al borne negativo de la fuente U2, y con un segundo bucle P2 que comprende el arrollamiento L2 y un diodo D3 conectado al borne positivo de la fuente U1 cuyo borne negativo está galvánicamente conectado al borne negativo de la fuente U2. Activando alternativamente los bucles P1 y P2 por cierre y apertura del interruptor SW3 con una frecuencia predeterminada, por ejemplo de 200 KHZ, las cargas son transferidas de la fuente U2 hacia el arrollamiento L2, y a continuación hacia la fuente U1.

50 Inversamente esta bomba comprende un segundo circuito de transferencia con un tercer bucle P3 que comprende un interruptor unidireccional SW4 conectado al borne positivo de la fuente U1 y al arrollamiento L2 y con un cuarto bucle P4 que presenta un diodo D4 conectado al borne negativo de la fuente U2 y al arrollamiento L2.

55 Activando alternativamente el interruptor SW4, estando el interruptor SW3 bloqueado, unas cargas son transferidas de la fuente U1 hacia la fuente U2 por medio del arrollamiento L2.

60 Una unidad de mando electrónico CP realizada según las técnicas digitales conocidas asume una serie de funciones lógicas, en particular el mando de la apertura y el cierre de los diferentes interruptores SW1, SW2, SW3 y SW4 y de los conmutadores C y C1. La misma recibe entre otras unas señales de medición del amperímetro M1 y de los potenciómetros, no ilustrados, que permiten medir la tensión de las fuentes U1 y U2 y el potencial a través del intervalo GA.

65 El generador comprende además un circuito de cebado BA conectado en paralelo entre el electrodo-herramienta y el electrodo-pieza y destinado a crear una tensión suficientemente elevada a través del intervalo para que una descarga eléctrica sea iniciada bajo el control de la unidad de mando CP.

Así, el generador descrito presenta numerosas particularidades y ventajas.

ES 2 282 345 T3

Cada una de las dos fuentes puede funcionar el calidad de fuente principal o de fuente secundaria según la conexión a la alimentación A. La fuente secundaria no recibe sus cargas directamente desde la red. La misma se carga o bien por lo retornos de corriente desde el intervalo y la self de línea, o bien por la acción de la bomba del corriente.

5 Es importante que una fuente solamente llamada principal sea conectada a la red. Es hacia ella que todas las energías excedentes son enviadas de nuevo. En virtud del principio de la conservación de la energía, esta fuente principal no recibe de retorno más energía que la que le suministra la red. Por consiguiente su tensión no sobrepasará la tensión de cresta dada por la alimentación.

10 Por el contrario si cada una de las dos fuentes estuvieran conectadas a la red, sería preciso disipar en caso necesario la energía excedente devuelta con la ayuda de lastres resistivos. De lo que resulta una pérdida de energía que produce un calentamiento inútil del dispositivo y por otra parte una realización más costosa en material.

15 La energía eléctrica proporcionada por la alimentación al generador está completamente asignada, con las pérdidas incluidas, al mecanizado por electroerosión. Las pérdidas óhmicas resultan despreciables, dado que el circuito propuesto no comprende en principio ningún componente resistivo.

20 Ninguna corriente circula por el circuito principal durante los periodos de espera TD de una descarga o de pausa TB entre dos descargas. Durante estos periodos, solamente unas corrientes pueden circular momentáneamente por las ramas de la bomba PO. Sin embargo, si los periodos de espera o de pausa se prolongan, todas las corrientes cesarán de circular, puesto que las energías excedentes acabarán rápidamente por ser almacenadas en las capacidades de las fuentes U1 y U2.

25 El circuito propuesto no almacena energía eléctrica de una manera permanente en unos bucles de autoinductancia, evitando así las pérdidas permanentes por efecto Joule.

30 Con un valor dado de auto-inducción en la rama del intervalo, los medios de conmutación del circuito producen dos pendientes de subida y dos pendientes de descenso de la corriente. O sea una subida lenta, una subida rápida, un descenso lento y un descenso rápido.

Las cuatro pendientes de corriente pueden ventajosamente ser combinadas secuencialmente de una manera cualquiera. Esto permite dar a los impulsos de corriente un perfil global correspondiente a cada aplicación.

35 Es además posible activar la diferencia de las tensiones de las dos fuentes. Esta particularidad aporta una ventaja particular en mecanizado de introducción. En este tipo de mecanizado es habitual aplicar una rampa de corriente lenta después del cebado de la chispa erosiva, con el fin de reducir el desgaste del electrodo.

40 En el caso del circuito de la figura 1, la pendiente de descenso de la corriente al final de la descarga erosiva es tanto más rápida cuanto más lenta es la pendiente de subida al inicio de descarga e inversamente, tal como destaca de las ecuaciones 2b y 3b.

Para las descargas de corriente cuyo flanco de subida es particularmente lento esto permite ganar tiempo para lanzar el ciclo siguiente, puesto que el franco de descenso es acertado.

45 Como se ha explicado anteriormente, la fuente auxiliar no recibe sus cargas directamente desde la alimentación o la red, si no que se carga o bien por entornos de corriente desde el intervalo y la self de línea, o bien por la acción de la bomba de corriente.

50 El funcionamiento del circuito generador de impulsos propiamente dicho y el funcionamiento de la bomba son independientes. El funcionamiento de la bomba no interfiere sobre el funcionamiento del generador de impulsos. Los funcionamientos de uno y el otro pueden ser descritos separadamente.

55 La bomba de corriente realiza la función al mismo tiempo de regulador de tensión para la fuente auxiliar no conectada a la red. La fuente principal estando conectada sobre la alimentación, su tensión esta por tanto definida por la tensión de cresta de salida de la alimentación. La bomba de corriente permite por tanto en particular ajustar, en tiempo real a las condiciones particulares del mecanizado, la tensión de la fuente no conectada a la alimentación.

60 La una y la otra fuente pueden estar conectadas a la alimentación, quedando la bomba de corriente conectada de manera idéntica. Se obtienen por tanto unos funcionamientos complementarios específicos.

65 En un caso habitual para una máquina de erosión por introducción la alimentación da una tensión de cresta de salida de 40 voltios por ejemplo. Para una aplicación típica de introducción se conectará la fuente U1 a la alimentación. La capacidad de U1 se cargará por tanto a 40 voltios. La capacidad de U2 permanece vacía a la puesta en marcha de la unidad. El cebado de las descargas se realiza por el circuito de encendido BA bien conocido conectado en paralelo sobre el intervalo.

ES 2 282 345 T3

Desde el primer cebado, la primera rampa de corriente ascendente se obtiene haciendo SW1 conductor y enclavando SW2. La corriente toma el camino N° 2, subida lenta, o sea U1, SW1, M1, L, GA, D2, -U2 y empieza a cargar U2.

5 Cuando la corriente medida por M1 alcanza el valor de consigna máximo, SW2 siendo conductor, SW1 es enclavado; la corriente decrece lentamente tomando el camino N° 4, descenso lento, o sea L, GA, SW2, D1, M1.

Para mantener un escalón de corriente aproximadamente constante los caminos N° 2 y N° 4 son conmutados en alternancia según un modo en dientes de sierra bien conocido.

10 Cuando llega el momento de interrumpir la descarga erosiva SW1 y SW2 son enclavados y la corriente en el intervalo toma una rampa de descenso rápido tomando el camino N° 3 o sea L, GA, D2, -U2, D1, M1.

15 Finalmente, cuando SW1 y SW2 se hacen conductores, se produce una rampa de subida rápida de la corriente, o sea el camino N° 1 (U1, SW1, M1, L, GA, SW2) el cual puede ser utilizado, seguido de camino N° 3, esto al inicio de la descarga y en caso de cortocircuito a fin de producir un efecto anticortocircuito.

20 Tomando los caminos N° 3 y N° 2, la corriente carga la fuente U2 inicialmente vacía. Después de un centenar de descargas erosivas, U2 es cargada a un valor regulado de tensión, por ejemplo 15 voltios, que la bomba de corriente (L2, D3, SW3) mantendrá evacuando las cargas excedentes hacia la fuente U1; esto conmutando alternativamente los caminos de corriente P1 y P2.

25 Desde que la fuente U2 se ha cargado a una tensión regulada de 15 voltios, resulta posible producir unas rampas de subida de la corriente muy lentas cuando el camino N° 2 es activado. En efecto, la fuerza electromotriz resultante aplicada al intervalo no es más que de 25 voltios.

30 Debe observarse aquí que si se enclava continuamente el interruptor SW3, estando la fuente U1 conectada a la red de alimentación A por el conmutador C, la bomba de corriente queda inoperante y la fuente auxiliar U2 sube hasta la tensión de la fuente principal U1 restituyendo así el funcionamiento de un circuito habitual llamado en 1/2 puente y comprendiendo solo una fuente.

35 En el otro modo de conexión de la figura 1, la fuente U2 está conectada a la red. En este caso la bomba de corriente (L2, D3, SW3) puede hacer subir la tensión de la fuente U1 a un valor tan elevado como lo permiten los componentes. Por ejemplo superior a 300 V. Dicho pilotaje es típico de los mecanizados por electroerosión de corte por hilo donde se producen unos impulsos triangulares o trapezoidales con pendientes muy empinadas.

Se ve por tanto que los modelos de circuitos propuestos permiten cada uno cubrir el conjunto de las aplicaciones de la electroerosión.

40 Los interruptores o contactores estáticos son unos semiconductores conmutables por la apertura y para el cierre, tales como Mosfet, transistores bipolares, IGBT (Ignition gate bipolar transistor), GTO (gate turn off), etc.

45 Las tensiones de fuentes utilizadas corrientemente en introducción banda 20 voltios o 80 voltios, 60 voltios o 500 voltios para los mecanizados con hilo.

Las fuentes están esencialmente constituidas por la capacidad que van de 200 a 5000 a Microfaradios.

50 La fuente llamada principal no está en principio regulada, su tensión está fijada por la tensión de cresta de salida del puente rectificador de la alimentación A.

La fuente secundaria comprende un potenciómetro no representado en los esquemas: la misma está regulada por la bomba de corriente en función de la relación cíclica de apertura/cierre del interruptor y de la frecuencia de conmutación.

55 La self de la línea LL es del orden de 0,5 a 3 Microhenry. En serie con esta self se puede conectar una bobina de auto-inducción L1 adicional por ejemplo 5 a 20 Microhenry para generar las rampas de subida lentas de corriente en modo de introducción, siendo el valor de 20 μ H reservado para los valores bajos de las corrientes de descarga a fin de reducir la amplitud de oscilación de la corriente cuando el valor de consigna es alcanzado.

60 En la figura 2 se ha representado una variante de realización del primer modo de realización.

65 Esta variante difiere de esta última únicamente por el dispositivo para intercambiar las energías entre las dos fuentes o bomba de corriente PO. Esta última está aquí simplificada y realizada gracias a la conexión directa de solamente tres componentes, a saber el diodo D3, el arrollamiento L2 y el interruptor SW3 que forman los dos bucles P1 con el interruptor SW3 y P2 con el diodo D3. La transferencia de energía directa entre las dos fuentes solo puede ser efectuada en un solo sentido, de la fuente U2 hacia la fuente U1.

ES 2 282 345 T3

Para realizar la transferencia en otro sentido es posible explotar el almacenado indirecto de energía en la self de línea LL y en el arrollamiento L1 en serie con el intervalo, haciendo circular la corriente en los caminos N° 2, subida lenta y N° 3 descenso rápido recorriendo la fuente U2 al revés. A pesar de la simplicidad de esta bomba con tres componentes, las dos fuentes U1 y U2 pueden por tanto intercambiar sus energías en los dos sentidos.

5

El circuito generador de impulsos propiamente dicho es idéntico al de la figura 1; su funcionamiento y los cuatro caminos de corriente N° 1 al N° 4 son por tanto idénticos.

10

Las dos variantes representadas en las figuras 3 y 4 poseen unos circuitos eléctricos simétricos a los de las figuras 1 y 2, estando las dos fuentes U1 y U2 sin embargo conectadas por sus bornes positivos para formar la fuente doble de tensión UD. Por medio del conmutador C, una o la otra de las dos fuentes U1 y U2 puede ser conectada a la alimentación A.

15

Se cuentan también cuatro ramas entre la fuente doble UD y el intervalo GA (gap) a saber:

20

- la rama B1: U1, SW1, M1, L, EO
- la rama B2: EP, SW2, U1
- la rama B3: U2, D1, M1, L, EO
- la rama B4: EP, D2, U2

25

Los dos circuitos de las figuras 3 y 4 permiten también producir los cuatro caminos de corrientes siguientes:

30

- N° 1) subida rápida: U1, SW1, L (=L1 + LL), GA, SW2,
- N° 2) subida lenta: U1, -U2, D1, M1, L, GA, SW2 (estando SW1 bloqueado)
- N° 3) descenso rápido: L, GA, D2, -U2, D1, M1 (estando SW1 y SW2 bloqueados)
- N° 4) descenso lento: L, GA, D2, SW1, M1 (estando SW2 bloqueado)

35

El circuito de la figura 3 comprenden una bomba de corriente PO bidireccional que permite por tanto enviar unas cargas eléctricas de la fuente U2 a la fuente U1 y viceversa.

40

Esta bomba de corriente comprende un primer bucle P1 con U2, SW3, L2 y un segundo bucle P2 con U2, -U1, D3, L2 para transferir la energía de la fuente U2 hacia la fuente U1, así como un tercer bucle P3 con U1, -U2, L2, SW4 y un cuarto bucle P4 con L2, D4, -U2 para transferir la energía de la fuente U1 hacia la fuente U2.

45

El funcionamiento y las particularidades del circuito generador de impulsos propiamente dicho y de la bomba de corriente bidireccional de la figura 3 son idénticos a los de la figura 1.

La variante de generador ilustrada a la figura 4 es idéntica a la de la figura 3, salvo en que la bomba de corriente PO está simplificada y comprende únicamente el primer bucle P1 con U2, SW3, L2 y el segundo bucle P2 con U2, -U1, D3, L2 para transferir la energía de la fuente U2 hacia la fuente U1.

50

La transferencia de energía de U1 hacia U2 se obtiene haciendo circular la corriente en los caminos N° 2 subida lenta y N° 3 descenso rápido.

El funcionamiento y las características del circuito generador de impulsos propiamente dicho de la variante de la figura 4 son idénticos a los de la figura 3.

55

Debe subrayarse que los circuitos generadores de impulsos representados en las figuras 1 a 4 corresponden todos a unos circuitos en semipunto de los que una de las ramas cruzadas B4 ó B3 con diodo D2 o D1 ha sido rota para ser reconectada en paralelo con el interruptor próximo SW2 o SW1 por medio de la segunda fuente U2 a la rama B2 ó B1 de la cual ha salido.

60

El segundo modo de realización representado en la figura 5 comprende también un circuito generador de impulsos en semipunto. Sin embargo la segunda fuente U2 está aquí integrada en una B3 de las ramas cruzadas del semipunto.

65

Este circuito comprende por tanto una primera rama B1 que conecta la fuente doble UD con la primera y la segunda fuente U1, U2 al intervalo GA entre el electrodo-herramienta EO y el electrodo-pieza EP y que comprende el primer interruptor SW1, el amperímetro M1, la bobina de auto-inducción L1 cuyos bornes están conectados por un conmutador C1 y la self de línea LL.

ES 2 282 345 T3

El circuito posee una segunda rama B2 con un interruptor SW2 que conecta el electrodo-pieza EP a los bornes negativos comunes de las dos fuentes U1, U2, una tercera rama B3 con el diodo D1, el amperímetro M1 y la bobina L1 con su shunt C1 y una cuarta rama B4 con el diodo D2.

5 Los dos interruptores SW1 y SW2 permiten producir los caminos de corriente siguientes:

Nº 1) subida rápida: U1, SW1, M1, L (=L1 + LL), GA, SW2.

Con una pendiente de corriente $di/dt = (U1 - U_g)/L$ (5)

10

Nº 2) subida lenta: U2, D1, M1, L, GA, SW2 (estando SW1 bloqueado).

Con una pendiente de corriente $di/dt = (U2 - U_g)/L$ (6)

15

Nº 3) descenso rápido: L, GA, D2, -U1, U2, D1, M1 (estando SW1 y SW2 bloqueados).

Con una pendiente de corriente $di/dt = (U2 - U1 - U_g)/L$ (7)

20

Nº 4) descenso lento: L, GA, D2, SW1, M1 (estando SW2 bloqueado).

Con una pendiente de corriente $di/dt = -U_g/L$ (8)

Se obtienen por tanto dos pendientes diferentes de subida de corriente y dos pendientes diferentes de descenso de corriente. La energía sélfica excedente del circuito no consumida por las descargas erosivas es enviada de nuevo a fuente doble UD, aquí en particular a la fuente U1 cuando tiene lugar el descenso rápido tomando el camino de corriente Nº 3). Una bomba de corriente PO bidireccional permite intercambiar la energía entre la fuente U1 y U2 y viceversa. La constitución y el funcionamiento de esta bomba son idénticos a los de la bomba de la figura 1.

25 Cuando en este segundo modo de realización la primera fuente U1 está conectada a la alimentación, la segunda fuente U2 solo puede ser cargada por el funcionamiento de la bomba de corriente PO.

El generador ilustrado en la figura 6 constituye una variante del modo de realización de la figura 5 debido a que su circuito es simétrico al de la figura 5, estando las dos fuentes U1 y U2 aquí conectadas por sus bornes positivos para formas la fuente doble de tensión UD. La una y la otra de las fuentes U1 ó U2 puede ser conectada a la alimentación A gracias al conmutador C.

35 El circuito de la figura 6, variante simétrica a la de la figura 5, permite producir los cuatro caminos de corriente y las cuatro pendientes de corriente siguientes:

40 Nº 1) subida rápida: U1, SW1, M1, L, GA, SW2.

$$di/dt = (U1 - U_g)/L \quad (5)$$

45 Nº 2) subida lenta: U2, SW1, M1, L, GA, D2 (estando SW2 bloqueado)

$$di/dt = (U2 - U_g)/L \quad (6)$$

50 Nº 3) descenso rápido: L, GA, U2, D2, -U1, D1, M1 (estando SW1 y SW2 bloqueados)

$$di/dt = (U2 - U1 - U_g)/L \quad (7)$$

55 Nº 4) descenso lento: L, GA, SW2, D1, M1 (estando SW1 bloqueado)

$$di/dt = -U_g/L \quad (8).$$

60 Las pendientes de las dos subidas y descensos del circuito de la figura 6 son por tanto idénticos a los del circuito de la figura 5.

La bomba de corriente PO que es bidireccional es idéntica a la descrita con referencia a la figura 3. La misma permite en particular enviar unas cargas eléctricas de la fuente U1 hacia la fuente U2 que solo puede ser cargada por el funcionamiento de la bomba de corriente, cuando la fuente U1 está conectada a la alimentación.

65 En una variante simplificada esta bomba de corriente de las figuras 5 y 6 podría ser unidireccional y comprender solo los componentes L2, SW4 y D4 para transferir las cargas de la fuente U1 hacia la fuente U2.

ES 2 282 345 T3

Un tercer modo de realización representado en la figura 7 comprende una fuente doble UD de tensión que comprende una primera fuente U1 cuyo borne positivo está conectado en serie con el borne negativo de una segunda fuente U2. La una y la otra de las dos fuentes U1 o U2 puede estar conectada a la limitación A gracias al conmutador doble CD.

5 Este modo de realización presenta por tanto las ramas siguientes:

- una primera rama B1: U1, U2, SW1, M1, L (=L1 + LL), EO;
- 10 - una segunda rama B2: EP, SW2, U1,
- una tercera rama B3: U1, D1, M1, L, EO,
- una cuarta rama B4: EP, D2, U1

15 Esas cuatro ramas con sus medios de conmutación SW1, SW2 permiten producir cuatro caminos con cuatro pendientes de corriente a saber:

Nº 1) subida rápida: U1, U2, SW1, M1, L, GA, SW2.

$$20 \quad di/dt = (U1 + U2 - Ug)/L \quad (9)$$

Nº 2) subida lenta: U2, SW1, M1, L, GA, D2 (estando SW2 bloqueado)

$$25 \quad di/dt = (U2 - Ug)/L \quad (10)$$

Nº 3) descenso rápido: L, GA, D2, -U1, D1, M1, (estando SW1 y SW2 bloqueados)

$$30 \quad di/dt = (-U1 - Ug)/L \quad (11)$$

Nº 4) descenso lento: L, GA, SW2, D1, M1 (estando SW1 bloqueado)

$$35 \quad di/dt = -Ug/L \quad (12).$$

40 La energía sélfica excedente del circuito es enviada de nuevo a la fuente U1 cuando tiene lugar el descenso rápido.

Una bomba de corriente PO bidireccional permite intercambiar unas cargas entre las dos fuentes U1 y U2. La misma comprende a este fin un primer bucle P1 con SW3 y L2 y un segundo bucle P2 con L2 y D3 para transferir la energía de la fuente U2 hacia la fuente U1 y un tercer bucle P3 con SW4 y L2 y un cuarto bucle P4 con L2 y D4 para transferir la energía de la fuente U1 hacia la fuente U2.

45 El generador ilustrado en la figura 8 es una variante simétrica del de la figura 7. Esta variante se distingue por el hecho de que la segunda fuente U2 está conectada por su borne positivo al borne negativo de la fuente U1. Para el resto de las características, el funcionamiento y las pendientes de corriente obtenidas son similares a las del generador de la figura 7. La secuencia de activación de los conmutadores SW1 y SW2 puede ser deducida sin dificultad por el experto en la materia.

50 El modo de realización representado en la figura 9 es idéntico al de la figura 7 aparte de la presencia de una rama suplementaria B1a que comprende un interruptor SW1a conectado en paralelo entre el borne negativo de la segunda fuente U2 y la salida del interruptor SW1. Gracias a esta rama suplementaria B1a, es posible obtener un camino de corriente suplementario, a saber

Nº 1 a) subida intermedia: U1, SW1a, M1, L, GA, SW2 (estando SW1 bloqueado)

$$60 \quad di/dt = (-U1 - Ug)/L \quad (11)$$

La pendiente de este camino es por tanto intermedia entre la de los caminos de corriente Nº 1) y Nº 2) del tercer modo de realización de la figura 7.

65 La variante ilustrada en la figura 10 corresponde de forma asimétrica al modo de realización de la figura 9. La misma presenta una rama suplementaria B2a con un interruptor SW2a conectado en paralelo entre la entrada del interruptor SW2 y el borne positivo de la segunda fuente U2. Gracias a esta rama suplementaria, se obtiene también una subida intermedia U1, SW1, M1, L, GA, SW2a (estando SW2 bloqueado) $di/dt = (U1 - Ug)/L$ (11).

ES 2 282 345 T3

Por otra parte esta variante corresponde a la variante de la figura 8, aparte la rama suplementaria B2a.

5 Queda entendido que los modos de realización y variantes descritos anteriormente no presentan ningún carácter limitativo y que pueden recibir cualesquiera modificaciones deseables en el interior del marco tal como el definido por la reivindicación 1. En particular, los circuitos podrán presentar más de cuatro o cinco ramas que permitan variar aún más las pendientes de corriente, pero esto en detrimento de la simplicidad del dispositivo buscada en la presente solicitud.

10 Otros componentes electrónicos y de control podrán ser añadidos a los circuitos descritos tal como un dispositivo anticortocircuito. Según las aplicaciones, las bombas de corriente de las figuras 5 a 10 podrán ser del tipo unidireccional. Estas bombas de corriente podrán presentar un circuito electrónico diferente.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo de mecanizado por electroerosión que comprende un circuito eléctrico con una fuente de tensión (U1, U2) conectada a una red de alimentación (A), dispuesto de manera que produzca unos impulsos de corriente en un circuito de carga que comprende un electrodo-herramienta (EO) y un electrodo-pieza (EP) que constituyen los polos opuestos de una ranura de trabajo (GA) en serie con por lo menos un elemento de autoinducción (L1, LL), **caracterizado** porque el circuito eléctrico comprende la combinación de las características siguientes:
- 10 - una fuente doble de tensión (UD) que comprende una primera (U1) y una segunda (U2) fuentes de tensión conectadas galvánicamente entre si por uno de sus polos,
- dicha fuente doble (UD) tiene por lo menos cuatro ramas distintas (B1 a B4) que conectan al circuito de carga,
- 15 - unos medios de conmutación (SW1, SW2) para producir por conexión selectiva de dichas ramas por lo menos dos pendientes de corriente crecientes y por lo menos dos pendientes de corrientes decrecientes,
- estando dichas ramas dispuestas para que la energía de auto-inducción excedente del circuito eléctrico no consumida por las descargas erosivas sea enviada de nuevo a la fuente doble (UD),
- 20 - están previstos unos medios de transferencia (PO) para efectuar una transferencia de energía entre las dos fuentes de tensión (U1, U2) de la fuente doble (UD).
2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado** porque comprende unos medios (C) para conectar o bien la primera (U1), o bien la segunda fuente de tensión (U2) a la red de alimentación (A).
- 25 3. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque el circuito eléctrico es de constitución general en semipunte que comprende,
- 30 - una primera rama (B1) que conecta el polo positivo de la fuente doble (UD) por un primer interruptor (SW1) a la ranura de trabajo (GA),
- una segunda rama (B2) que conecta la ranura de trabajo (GA) por un segundo interruptor (SW2) al polo negativo de la fuente doble (UD),
- 35 - una tercera rama (B3) que conecta por medio de un primer elemento unidireccional (D1) la fuente doble (UD) a un primer borne del primer interruptor (SW1) dirigido hacia el lado de la ranura de trabajo (GA),
- una cuarta rama (B4) que conecta por medio de un segundo elemento unidireccional (D2) un primer borne del segundo interruptor (SW2) dirigido hacia la ranura de trabajo (GA) a la fuente doble (UD).
- 40 4. Dispositivo según la reivindicación 3, **caracterizado** porque la primera y segunda fuentes de tensión (U1, U2) están conectadas una a la otra por sus polos de igual polaridad formando un polo común.
- 45 5. Dispositivo según la reivindicación 4, **caracterizado** porque un polo de la segunda fuente (U2) no conectado a la primera fuente (U1) está conectado por medio de uno de los elementos unidireccionales (D2, D1) al primer borne del interruptor (SW1, SW2) cuyo otro borne está conectado al polo común de las dos fuentes para formar dicha tercera o cuarta rama (B3, B4).
- 50 6. Dispositivo según la reivindicación 4, **caracterizado** porque un polo de la segunda fuente (U2) no conectado a la primera fuente (U1) está conectado por medio de uno de los elementos unidireccionales (D1, D2) al primer borne del interruptor (SW1, SW2) del que un segundo borne está conectado al polo de la primera fuente (U1) que no es común con la segunda fuente (U2) para formar dicha tercera o cuarta rama.
- 55 7. Dispositivo según la reivindicación 3, **caracterizado** porque las primera y segunda fuentes (U1, U2) están conectadas una a la otra por sus polos de polaridad opuesta y porque la segunda fuente (U2) está conectada en serie a la primera o segunda rama (B1, B2) a un segundo borne de uno de los interruptores (SW1, SW2) dirigido hacia la primera fuente (U1).
- 60 8. Dispositivo según la reivindicación 7, **caracterizado** porque el circuito eléctrico comprende, conectado en paralelo con la segunda fuente (U2) y el interruptor (SW1, SW2) conectado a esta segunda fuente (U2), un interruptor suplementario (SW1a, SW2a) que está conectado por un lado a los polos comunes de las primera y segunda fuentes (U1, U2) y por el otro lado al primer borne de este interruptor (SW1, SW2) dirigido hacia el lado de la ranura de trabajo (GA).
- 65 9. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dichos medios de transferencia (PO) comprenden un primer circuito de transferencia dispuesto para transferir la energía de la segunda fuente (U2) hacia la primera fuente (U1) y porque este primer circuito de transferencia comprende, por una parte, una primera malla

ES 2 282 345 T3

de corriente (P1) compuesta por un acumulador de energía (L2), un tercer interruptor (SW3) y la segunda fuente (U2) y, por otra parte, una segunda malla de corriente (P2) que comprende por lo menos dicho acumulador de energía (L2), un tercer elemento unidireccional (D3) y la primera fuente (U1) montada como receptor de energía, siendo las primera y segunda mallas (P1, P2) activadas alternativamente por el cierre y la apertura del tercer interruptor (SW3).

5

10. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dichos medios de transferencia (PO) comprenden un segundo circuito de transferencia dispuesto para transferir la energía de la primera fuente (U1) hacia la segunda fuente (U2) y porque este segundo circuito de transferencia comprende, por una parte, una tercera malla de corriente (P3) que comprende por lo menos un acumulador de energía (L2), un cuarto interruptor (SW4) y la primera fuente (U1) y, por otra parte, una cuarta malla de corriente (P4) compuesta por dicho acumulador de energía (L2), un cuarto elemento unidireccional (D4) y la segunda fuente (U2) montada como receptor de energía, siendo las tercera y cuarta mallas (P3, P4) activadas alternativamente por el cierre y la apertura del cuarto interruptor (SW4).

10

11. Dispositivo según las reivindicaciones 9 y 10, **caracterizado** porque dicho acumulador de energía (L2) es común al primer y segundo circuitos de transferencia.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig.1

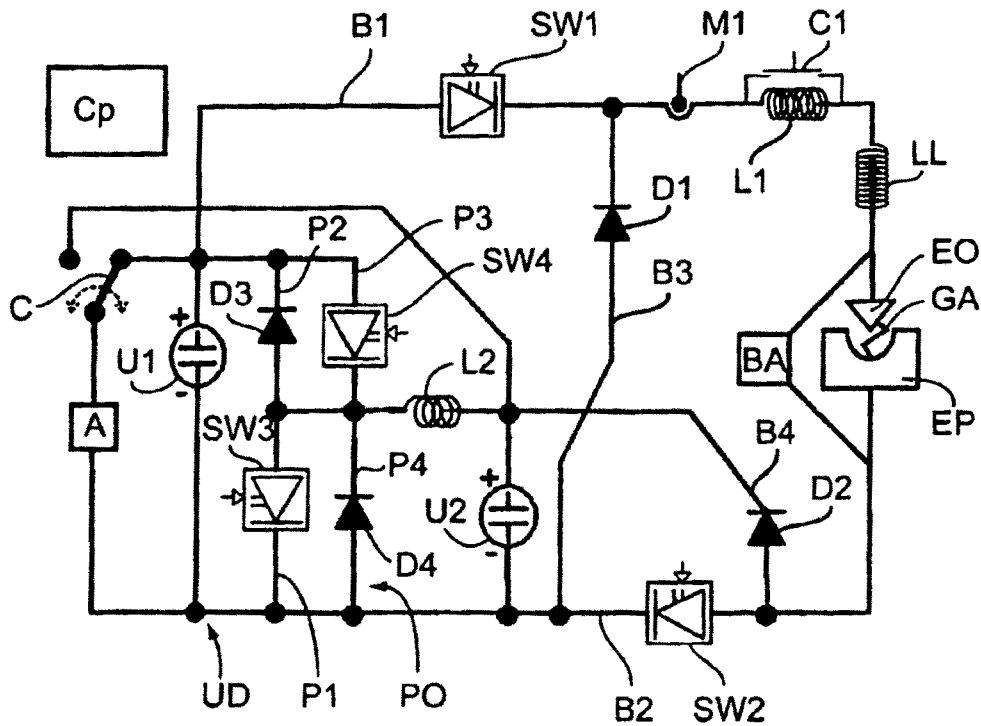


Fig.2

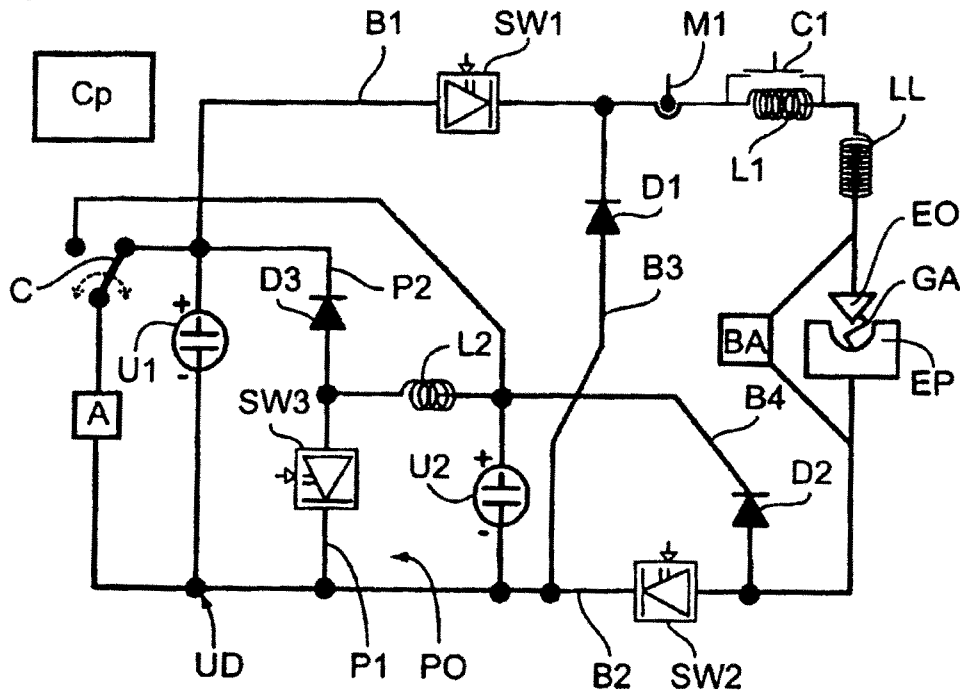


Fig.3

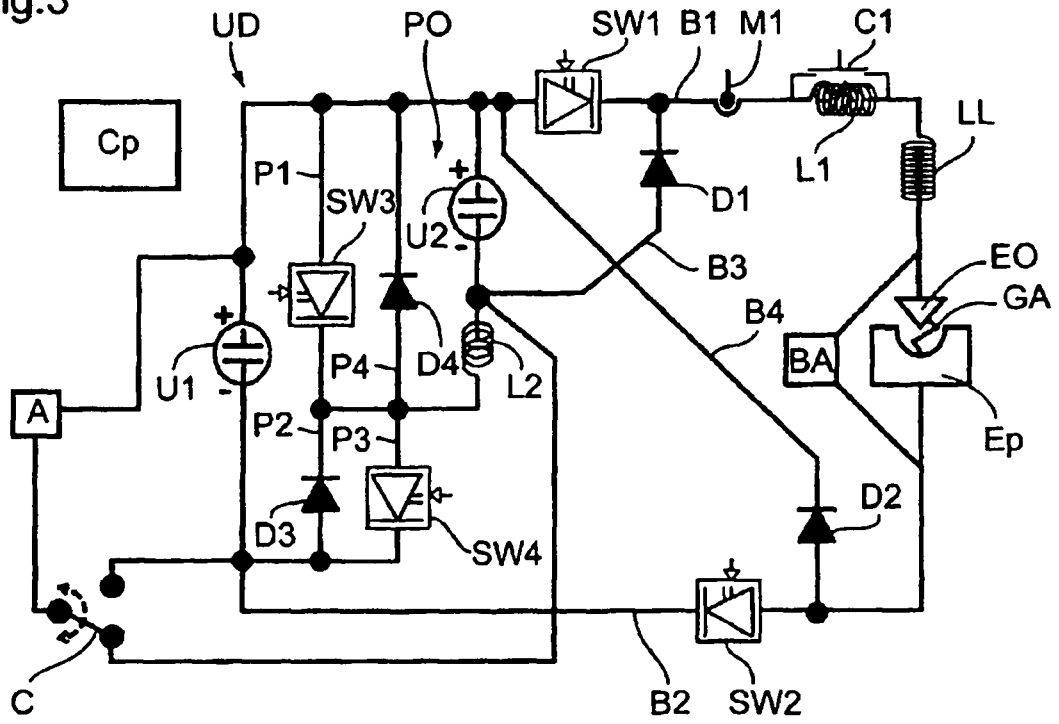


Fig.4

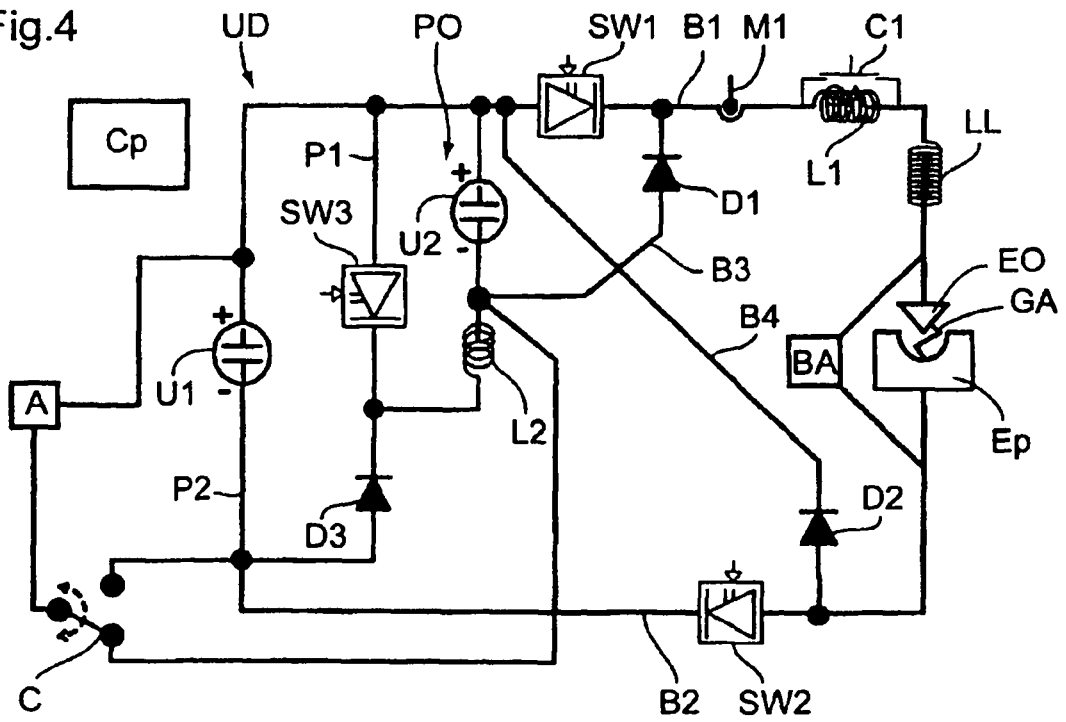


Fig.5

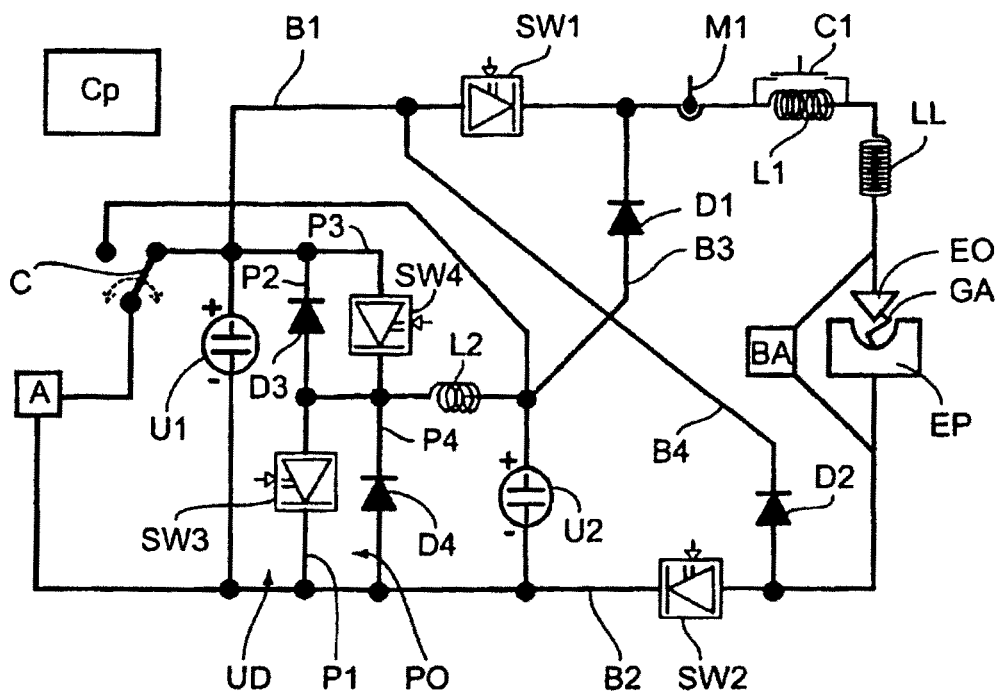


Fig.6

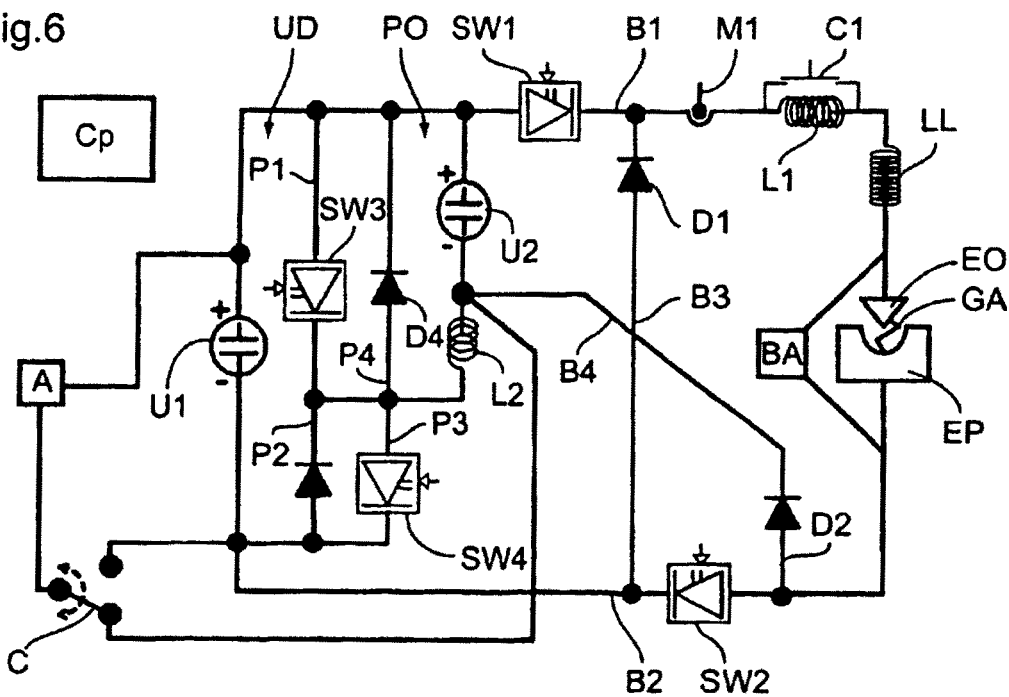


Fig.7

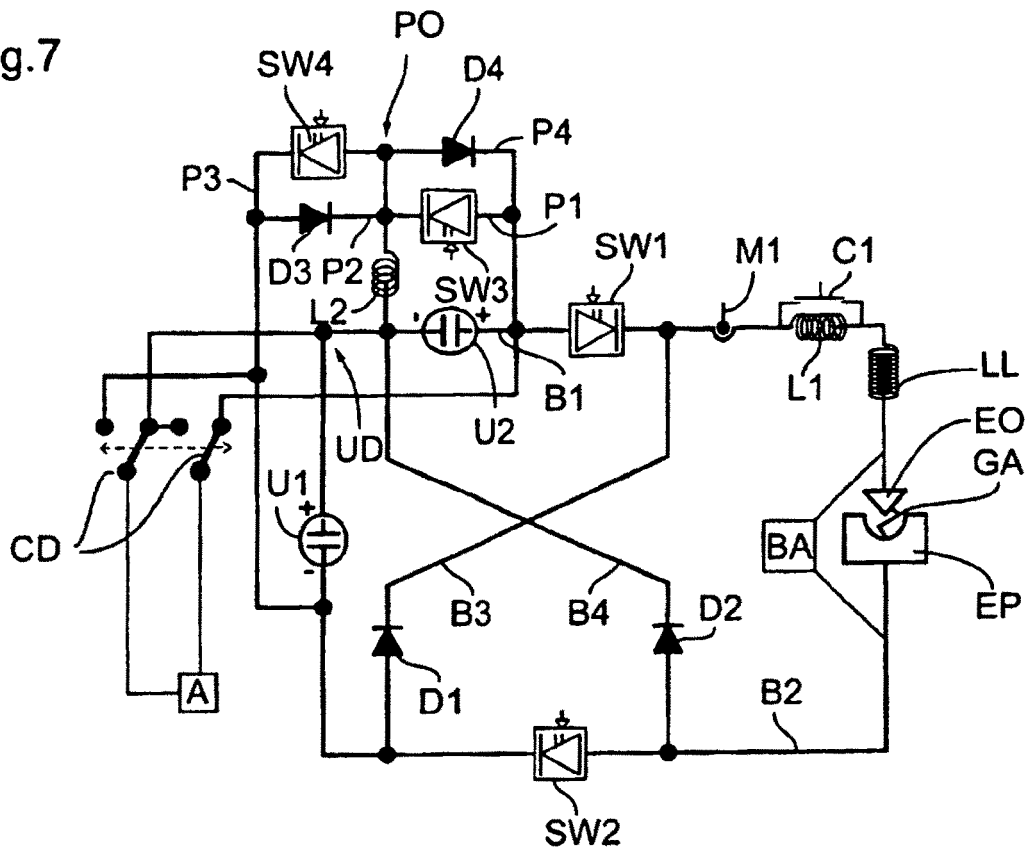


Fig.8

