

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 733 533**

51 Int. Cl.:

B23H 1/02 (2006.01)

B23H 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.08.2014** **E 14181529 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2019** **EP 2987578**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de conformación de pulsos para un mecanizado electroerosivo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.11.2019

73 Titular/es:

AGIE CHARMILLES SA (100.0%)
Via dei Pioppi 2
6616 Losone, CH

72 Inventor/es:

BÜHLER, SARA

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 733 533 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

Procedimiento y dispositivo de conformación de pulsos para un mecanizado electroerosivo

5 La presente invención hace referencia a un dispositivo de conformación de pulsos para el mecanizado electroerosivo por perforación, por penetración - por fresado y por corte de hilo en el área de mecanizado de una superficie con una máxima calidad y con una máxima precisión, según los preámbulos de las reivindicaciones 1 y 12.

Planteamiento del problema:

10 Los fabricantes de máquinas herramienta de mecanizado por descarga eléctrica generalmente se enfrentan con el problema de que a pesar de todos los esfuerzos, en el cableado del área de trabajo, los pulsos de mecanizado cortos, rectangulares, pueden transmitirse de forma muy pobre hacia el espacio de descarga.

15 Lo mencionado se aplica en particular para amplitudes de corriente superiores a aproximadamente 5A y duraciones del pulso más cortas que, por ejemplo, 0,5 μ s. La responsable de que se presente una deformación que ensancha y que aplana el pulso, es la inductancia de fugas parasitaria entre la fuente del pulso y la descarga de la chispa, la cual también en el mejor de los casos tendría que exceder 300nH.

20 Una posibilidad consistiría en incrementar la tensión de la fuente de pulsos, lo cual sin embargo es poco realista, ya que la tensión del pulso debe poder ser regulada como uno de los parámetros del proceso más importantes.

25 La física del mecanizado por descarga eléctrica es particularmente interesante en un intervalo de duraciones de pulso que sean más cortas que por ejemplo 100ns, porque debajo de ese límite el proceso de mecanizado, desde una separación por fusión parcial, se convierte en una mera evaporación, la así llamada ablación. El límite de temperatura en el lugar de descarga se vuelve de este modo bien definido, de manera que en el material de la pieza de trabajo no se presenten modificaciones en su estructura de ninguna clase.

30 El condensado de ese vapor de metal, en tanto no esté disuelto en un material dieléctrico como óxido de metal e hidróxido de metal, se encuentra presente tan sólo como partículas de grano extremadamente fino en el material dieléctrico. Esto lleva a otra ventaja importante, a saber, la supresión de descargas colaterales perjudiciales y además no controlables, ocasionadas por un granulado del mecanizado de mayor tamaño, por ejemplo durante las perforaciones de precisión.

35 Al considerar la historia reciente del mecanizado por láser, el cual está estrechamente relacionado con la erosión por chispas de descarga, se constata un desarrollo análogo. Con pulsos de radiación cada vez más cortos, de hasta femtosegundos, así como con potencias del pulso más elevadas, se alcanzaron resultados de mecanizado buenos, en parte imprevistos, en cuanto a la capacidad de mecanizado y a la calidad de la superficie. Las mejoras se presentaron como si fueran cuantos, al producirse unos valores límite de acotamiento discretos para la duración del pulso y la potencia del haz.

40 Para la erosión por chispas de descarga que actúa de forma comparable en el principio físico, hasta el momento el camino orientado a pulsos ultracortos estaba cerrado debido a los motivos antes mencionados. Por eso fundamentalmente se necesitan nuevas soluciones para reducir de forma efectiva la inductancia de fugas parasitaria del área de descarga.

Estado de la técnica:

45 Los cables coaxiales o también tiras conductoras se utilizan desde hace casi 100 años como dispositivos de conformación de pulsos. Los ámbitos de aplicación principales podían hallarse en la física de alta energía para la investigación nuclear, generadores de ultrasonido, instalaciones de radar y en la investigación de la biología celular.

50 En la solicitud JPS56-119316A de Mitsubishi se describen líneas de alimentación con respectivamente un condensador. Sin embargo, una línea de alimentación con un condensador presenta tiempos de subida demasiado largos. Los pulsos rectangulares tampoco pueden realizarse.

55 En la figura 4 de esa solicitud está representada una solución conocida con cable coaxial, del documento de patente EP 1 719 570 del inventor D'Amario, donde cables de potencia que ya se encuentran presentes se utilizan de forma innovadora en una cortadora de alambre por electroerosión, como dispositivo de conformación de pulsos, para alcanzar potencias del pulso específicas de 100kW/mm². Se indican corrientes del pulso de 36A después de una duración del pulso de 150ns, así como de 43A después de una duración del pulso de 190ns, y para la aplicación en el área de mecanizado medio, antes del acabado, se consideraron como suficientemente buenas.

60 D'Amario, haciendo referencia al documento de patente DE 26 53 857, de Ullmann et al., señala que mediante la utilización de contactos deslizantes el tiempo de subida de corriente podría mejorarse de forma adicional.

Desde hace largo tiempo se conocen igualmente elementos para realizar latencias de capacidad - inductancia secuenciales, como reemplazo a las líneas con latencias homogéneas, las así llamadas líneas con latencias discretas.

5 Las líneas con latencias discretas ya fueron sugeridas por ejemplo en el año 1957 para un generador de erosión por chispas de descarga que no presentaba medios de conmutación electrónicos de ninguna clase, en la patente US 3,033,971 de Pfau. La solución representada en la figura 5 muestra una impedancia de desacoplamiento R, L para la carga de la línea con latencia discreta, y una reactancia de núcleo saturable Ls como elemento de conmutación. La integral en función del tiempo de la tensión de la reactancia de núcleo saturable Ls puede ser variada mediante una premagnetización. Una resistencia paralela con respecto al espacio de descarga se encarga de una entrada estable de la saturación en el caso de que el espacio de descarga se encuentre en un estado de resistencia óhmica muy alta.

15 Como desventaja del estado de la técnica debe señalarse con seguridad la mala escalabilidad de todas soluciones que se basan en cables coaxiales o tiras conductoras. Ciertamente, si se desearan potencias de pulso más elevadas, esa solución se volvería de inmediato extremadamente considerable y costosa.

20 El documento EP 1 719 570 de D'Amario constituye aquí una excepción, porque él casualmente encontró ya en la máquina los cables adecuados para su tarea con un valor del material de aproximadamente 1.000€.

25 Sin embargo, en su documento EP 1 719 570, D'Amario menciona que teóricamente habría esperado un pulso de 50A en el caso de 42ns (correspondiente a 1,2A/ns), pero sólo midió uno semejante a 36A en el caso de 150ns, (correspondiente a 0,24A/ns). Evidentemente, eso era absolutamente suficiente para solucionar su objeto, pero un desarrollo posterior consecuente de la tecnología de electroerosión requiere principios más extremos.

30 El motivo principal de por qué muchas soluciones con cable coaxial, de modo imprevisto, dieron malos resultados para la conformación del pulso reside en la imposibilidad de realizar una conexión casi libre de inductancia entre los cables de gran volumen y la carga. Cuanto más profunda se selecciona la tensión de carga, tanto mayor se vuelve el problema de inductancia. Por lo tanto, no sorprende el hecho de que una gran parte de las publicaciones pertinentes sólo presenten simulaciones teóricas.

35 La desventaja principal del generador según el documento US 3,033,971 de Pfau reside en la gran inductancia residual adicional de la reactancia de núcleo saturable Ls en el estado saturado, la cual se suma además a la inductancia de fugas del cableado. De este modo, una aplicación de esa solución para generar pulsos extremadamente cortos es completamente inadecuada. Otras desventajas se refieren naturalmente además a la seguridad contra cortocircuitos y arcos eléctricos en el espacio de descarga, así como a la falta de posibilidad de control independiente de los parámetros del proceso.

40 El objeto de la presente invención consiste en realizar una aportación para superar los límites mencionados en la introducción sobre las duraciones del pulso y las amplitudes del pulso que pueden transmitirse.

Este objeto se soluciona mediante el procedimiento según la reivindicación 1 y del dispositivo de conformación de pulsos según la reivindicación 12.

45 Gracias al procedimiento según la invención y a su dispositivo de conformación de pulsos correspondiente es posible generar pulsos más cortos y con mayor potencia, lo cual posibilita un progreso destacado de la tecnología de electroerosión en relación a una potencia de mecanizado más elevada, a contornos más finos, a una calidad de acabado de la superficie mejorada y a una precisión más elevada.

50 En comparación con las dos soluciones conocidas de la línea con latencia discreta y del contacto deslizante en la pieza de trabajo, en la solución según la invención se elimina por completo la inductancia de fugas de la línea de alimentación hacia el espacio de descarga y la inductancia de fugas reducida que aún permanece, en el espacio de descarga en sí mismo, se trata como un componente integral del último elemento acumulador de la línea con latencia discreta. El procedimiento según la invención para el mecanizado electroerosivo para la conformación de pulsos rectangulares mediante la descarga de líneas con latencias discretas, que comprende una pluralidad de elementos acumuladores, puede caracterizarse por que los elementos acumuladores, como parte de una línea de alimentación hacia un espacio de descarga, se encuentran dispuestos en una sección de la línea de alimentación, en el espacio de descarga, y por que la línea con latencia discreta se conecta a una cabeza guía mediante medios de contacto del lado del electrodo y, mediante medios de contacto del lado de la pieza de trabajo, se conecta a una pieza de trabajo. Debido a esto es posible generar pulsos más cortos y con mayor potencia.

65 La invención comprende además un dispositivo de conformación de pulsos para generar pulsos rectangulares para el mecanizado electroerosivo mediante descarga de chispas por líneas con latencias discretas. El mismo contiene una pluralidad de elementos acumuladores dispuestos en forma de cadena, en donde los elementos acumuladores, como parte de una línea de alimentación en forma de banda flexible, con respecto a un espacio de descarga, en forma presionada o de modo que pueden montarse en la superficie, están dispuestos sobre la sección, en un

espacio de descarga, en el extremo de la línea de alimentación en forma de banda flexible, y por que la línea con latencia discreta presenta medios de contacto del lado del electrodo para establecer, así como para asegurar, un contacto eléctrico y un soporte mecánico en una cabeza guía, y presenta medios de contacto del lado de la pieza de trabajo que establecen contacto eléctrico con la pieza de trabajo.

En las reivindicaciones dependientes se indican variantes ventajosas y formas de realización de la invención.

A continuación, la presente invención se explica mediante varias formas de realización posibles. Naturalmente, la invención no se limita a esas formas de realización y ámbitos de aplicación.

El procedimiento según la invención descrito y sus dispositivos de conformación de pulsos en particular son adecuados para generar estructuras de filigrana y de alta precisión, mediante mecanizado por descarga eléctrica. Además son posibles otros ámbitos de aplicación. La invención en general es adecuada del mismo modo para la tecnología electroerosiva por perforación, por penetración, por fresado y por corte de hilo. Sin embargo, para electrodos de penetración el procedimiento es menos adecuado debido a la capacidad de dispersión elevada entre el electrodo y el espacio de descarga, ya que una forma de pulso previamente programada se deformaría igualmente debido a la capacidad de dispersión elevada del espacio de descarga. El campo de aplicación principal, de este modo, es la fabricación de productos como hileras, boquillas de inyección de carburante, perforaciones de refrigeración en turboreactores, pero también herramientas de troquelado, de embutido y de prensado, así como la fabricación masiva de micropiezas de precisión.

A continuación, mediante referencia a los dibujos que se adjuntan, se explican en detalle formas de realización preferentes y variantes de la invención. Las figuras muestran:

La Figura 1: un elemento acumulador individual de una línea con latencia discreta según el procedimiento según la invención.

La Figura 2: una línea con latencia discreta con impedancia de desacoplamiento y diodo, según una primera variante del procedimiento según la invención.

La Figura 3: una línea con latencia discreta doble según otra variante del procedimiento según la invención.

La Figura 4: una solución conocida por el documento de patente EP 1 719 570 con líneas con latencias homogéneas, compuestas por una pluralidad de cables coaxiales.

La Figura 5: una solución conocida por el documento de patente US 3 033 971 con línea con latencia discreta.

La Figura 6: un ejemplo de montaje de una línea con latencia discreta para una taladradora electroerosiva según otro procedimiento según la invención.

La Figura 7: un ejemplo de integración en una taladradora electroerosiva, de forma adecuada para el cambio automático de una pluralidad de líneas con latencias discretas según otro procedimiento según la invención.

La Figura 8a: un ejemplo de un pulso de descarga con diodo en el caso de una tensión de la fuente de 100V.

La Figura 8b: un ejemplo de un pulso de descarga con diodo en el caso de una tensión de la fuente de 200V.

La Figura 9a: un ejemplo de un tren de pulsos sin diodo en el caso de una tensión de la fuente de 100V.

La Figura 9b: un ejemplo de un tren de pulsos sin diodo en el caso de una tensión de la fuente de 200V.

La Figura 10a: un ejemplo de un tren de pulsos con dos diodos en el caso de una tensión de la fuente de 100V.

La Figura 10b: un ejemplo de un tren de pulsos con dos diodos en el caso de una tensión de la fuente de 200V.

Las así llamadas líneas con latencias discretas son idealmente adecuadas para generar pulsos de tensión en circuito abierto que pueden conformarse de cualquier modo deseado, con tensión y duración del tiempo precisos. Una aplicación típica es la calibración precisa medida en sub-micrómetros de microperforaciones para boquillas de cualquier tipo.

Después de efectuada la ignición del espacio de descarga, dependiendo de la característica y la cantidad de elementos acumuladores, gracias a la invención pueden proporcionarse pulsos de corriente de casi cualquier longitud y casi cualquier amplitud que no presenten desfases. Los fenómenos físicos limitantes existentes ya se plantearon en la introducción. Gracias a la invención los mismos pueden superarse ampliamente.

En la figura 1 se representa un elemento acumulador 4, 5 individual de una línea con latencia discreta, compuesto por una inductancia impresa 4 y por ejemplo por tres condensadores 5. La inductancia 4 es una bobina de aire plana, cuya inductancia puede determinarse aproximadamente mediante la siguiente ecuación:

$$L = 10 \cdot N^2 \cdot r^2 / (2 \cdot r + 2.8 \cdot d)$$

En donde L es la inductancia de la bobina en nH, N representa la cantidad de espiras de la bobina, r es el radio externo de la bobina en mm, y d determina el grosor del bobinado en mm. Por ejemplo, una bobina de N=2, r=6,5mm y d=5,5mm tendría de forma correspondiente una inductancia típica de 59,5nH.

ES 2 733 533 T3

Los elementos acumuladores 4, 5 se producen a partir de una lámina conductora 1 flexible revestida, así como también soldada, a ambos lados de cobre. La lámina conductora 1 puede componerse por ejemplo de Pyralux® AP9222R del fabricante Du-Pont™, de una lámina plástica gruesa de sólo precisamente 50µm. Esa lámina es altamente flexible, resistente a roturas y a la flexión, y puede aislar más de 12kV. Los orificios de contacto conductores 6 pueden conectar eléctricamente las estructuras conductoras de ambos lados.

El condensador 5 normalmente se compone de una pluralidad de los así llamados condensadores de cerámica SMD que pueden montarse en la superficie, los cuales están soldados entre una pista conductora 2 que conduce hacia la pieza de trabajo y una pista conductora 3 que conduce hacia el electrodo.

Para valores de capacidad más reducidos de hasta por ejemplo 200pF, el condensador 5, de manera alternativa y económica, podría estructurarse en base a dos superficies de cobre (no ilustradas), las cuales están dispuestas a ambos lados de la lámina conductora 1. También puede ser conveniente una combinación compuesta por condensadores impresos y condensadores SMD.

Mediante otra ecuación puede determinarse de forma aproximada la capacidad de dos superficies de cobre A en mm², en la distancia de D en mm:

$$C = 0.0085 \cdot \epsilon_R \cdot A / D$$

En donde C representa la capacidad en pF y ϵ_R representa la constante dieléctrica relativa. Por ejemplo, si sobre Pyralux® AP9222R, que presenta un ϵ_R de 3,4; se colocan bilateralmente superficies A de 10mm * 20mm, en la distancia D de 0,050mm, entonces se produce habitualmente un condensador C de 115,6pF con una tolerancia típica de +11% / - 9%, una tensión no disruptiva de 12kV y un factor de pérdida en 1MHz de 0,002.

Para la inductancia 4 pueden realizarse también consideraciones similares, la cual alternativamente podría realizarse de forma rectangular, o mediante una pista conductora larga podría estar estructurada para valores más reducidos de hasta aproximadamente 50nH.

Para corrientes del pulso más elevadas y valores de inductancia más elevados debería recurrirse en todo caso a componentes SMD. Un argumento adicional para inductancias SMD blindadas sería también la emisión de radiación electromagnética mucho menor, ya que las bobinas de núcleo de aire siempre son también buenas antenas de emisión.

La figura 2 representa la disposición en forma de cadena de un primer elemento acumulador 14, con un segundo elemento acumulador 15 y un último elemento acumulador 16.

Para alcanzar buenas propiedades del pulso, es decisiva la disposición de esa cadena de elementos acumuladores 14, 15, 16 y del diodo 17 lo más cerca posible de la conexión de la pieza de trabajo 10 y de la conexión del electrodo 18.

La última inductancia 4 del último elemento acumulador 16 en dirección del espacio de descarga 44 eventualmente puede seleccionarse más reducida que el resto de las inductancias 4, o incluso puede suprimirse, en caso de que la inductancia de fugas del espacio de descarga no sea despreciable.

En un caso ideal, la suma de la inductancia de las fugas y la última inductancia 4 debería ser igual al valor de las otras inductancias representadas en la línea con latencia discreta. Una suma demasiado baja generaría un pico de tensión al inicio del pulso y una ondulación del pulso, así, un valor demasiado elevado prolongaría y aplanaría el pulso. En casos especiales, un desequilibrio de esa clase podría considerarse incluso como una opción.

El diodo 17 impide una inversión de la corriente de descarga en el extremo de un pulso. Para ello se consideran preferentes los diodos Schottky, en particular diodos de carburo de silicio, porque éstos se encuentran prácticamente libres de tiempos de recuperación en avance y retroceso. De manera alternativa, también una pluralidad de diodos con tensión más reducida podrían conectarse en serie, o una pluralidad de diodos de capacidad de corriente más reducida podrían conectarse en paralelo.

El diodo 17, sin embargo, puede estar presente pero no debe estarlo necesariamente. Los trenes de pulsos de alta frecuencia bipolares, para un primer ejemplo de un mecanizado de precisión, con una curva envolvente descendente según las figuras 9a y 9b, sólo pueden generarse sin el diodo 17.

Los trenes de pulso de alta frecuencia monopulares, para un segundo ejemplo de un mecanizado de precisión, con una curva envolvente descendente como está representado en las figuras 10a y 10b, pueden presentar un diodo 17 y deben presentar un diodo de inversión adicional (no ilustrado). El diodo de inversión, de este modo, está colocado

entre la conexión de la pieza de trabajo 10 y la última inductancia 4 del último elemento acumulador 16, de modo que los pulsos de corriente de inversión circulan sobre el diodo de inversión y no sobre el espacio de descarga 44.

5 En el caso de la generación de pulsos individuales monopolares según la figura 8a, 8b; la línea con latencia discreta, hasta el siguiente pulso de carga del generador, permanece en un potencial de tensión residual de polo opuesto, entonces primero se carga con pocas pérdidas a su polaridad normal y a continuación se recarga sin inversión a la tensión nominal. Para comprender mejor este procedimiento puede remitirse al documento de patente EP 1 719 570 mencionado de D'Amario.

10 La sección del lado del generador, de las pistas conductoras 8, 12, con la conexión del generador 7 de la pista conductora 8 hacia la pieza de trabajo, y la conexión del generador 11 de la pista conductora 12 hacia el electrodo, en principio, pueden presentar cualquier longitud.

15 Por su parte, las pistas conductoras 8 y 12 pueden formar una línea con latencia parasitaria que, en forma de una recarga, podría actuar después del extremo del pulso de la corriente de descarga, deformando con ello el extremo del pulso. Sin embargo, si para la línea 8, 12 se selecciona una impedancia de onda elevada, puede ser suficiente para suprimir el efecto no deseado.

20 Como alternativa puede introducirse también una impedancia de desacoplamiento entre el primer elemento acumulador 14 y la pista conductora 12 del lado del generador. De manera ventajosa, la impedancia de desacoplamiento se compone de un componente resistivo y de un componente inductivo, por tanto por ejemplo del circuito en serie, se compone de una inductancia 9 con una resistencia SMD 13.

25 Además, puede ser ventajoso proporcionar una línea de medición diferencial para registrar la tensión entre el electrodo 30 y la pieza de trabajo 35 en la lámina conductora 1. Las pistas conductoras lo más finas y simétricas posible (pistas conductoras finas, no ilustradas), mediante resistencias de terminación SMD (no ilustradas), se conectan a la conexión de la pieza de trabajo 10 y a la conexión del electrodo 18. Del lado del generador, un amplificador diferencial rápido recibe las señales diferencias y reenvía después una señal referenciada a masa, al sistema de control.

30 Esa señal referenciada a masa, la cual en tiempo real duro representa la tensión del espacio de descarga, en una máquina de erosión se utiliza en procesos completamente diferentes: En primer lugar, para el sistema auxiliar se forman diferentes valores medios o estadísticas, como: latencia de ignición media, tensión del pulso media, cantidad de descargas por erosión, cantidad de pulsos de circuito abierto, cantidad de pulsos de cortocircuito, etc.

35 En segundo lugar, la fuente de pulsos se controla activamente mediante una detección del nivel del circuito abierto, de la erosión o del cortocircuito, de modo que un pulso de circuito abierto sólo dura un tiempo seleccionado previamente (se impiden chispazos), un pulso de erosión no se prolonga mediante la corriente de carga, y un pulso de cortocircuito puede permanecer igualmente sólo un período seleccionado previamente.

40 En tercer lugar, los valores medios así filtrados, y estadísticas, se utilizan para seleccionar y optimizar estrategias para aumentar la seguridad, la estabilidad y la eficiencia del proceso.

45 Cuando la línea de medición está integrada en la línea de alimentación 45 en forma de banda, junto con la línea con latencia discreta, la línea de medición y sus resistencias de terminación pueden optimizarse en los respectivos casos operativos o, en casos especiales, puede omitirse absolutamente para un mecanizado de precisión en el caso de un avance constante.

50 La línea de medición, por una parte, debe transmitir un pulso corto lo más preciso posible en cuanto a la forma y sin desfases y, por otra parte, en el caso de un mecanizado de precisión, no debe provocar corrientes de descarga adicionales en el espacio de descarga 44. Esas dos exigencias generales pueden cumplirse mucho mejor según la invención.

55 La figura 3 representa otra variante de la invención para reunir diferentes características del pulso en una línea de alimentación 45. Ciertamente, para un mecanizado para desbastado, puede ser ventajoso utilizar una línea con latencia 19 con una primera característica (condensador 5, inductancia 4 y cantidad de elementos acumuladores 14 a 16), y para un acabado, utilizar una línea con latencia 20 con una segunda característica, sin cambiar la línea de alimentación.

60 Una línea con latencia múltiple discreta de esa clase se pone en contacto sobre una pieza de trabajo 35, mediante la conexión de la pieza de trabajo 24 en común y, del lado del generador, mediante la pista conductora 2 en común y la conexión del generador 23 en común, se conecta a la fuente de pulsos. El potencial de la pieza de trabajo normalmente es "calmado", es decir que no se ve perjudicado con los saltos de tensión de los procesos de conmutación, y mayormente se conecta con el potencial a tierra y la estructura de masa de la máquina. La conexión
65 del generador 23 en común, conforme a ello, podría conectarse adicionalmente a la pieza de trabajo 35 mediante

una conexión de seguridad, lo cual se considera especialmente ventajoso para las formas de realización según la figura 6 y la figura 7 con los contactos deslizantes 34 en la pieza de trabajo 35.

5 El generador, en el caso de líneas con latencias múltiples, debe estar realizado con una pluralidad de canales, de modo correspondiente o, de forma alternativa, debe presentar en cada caso un medio de conmutación adicional (IGBT, MOSFET o relé) por conexión del generador 21, 22; hacia el electrodo. Mediante los diodos 17, las líneas con latencias 19, 20 se acoplan a la conexión de electrodos 25 en común. Las formas de realización de esta clase no son posibles sin diodos 17, ya que las líneas con latencias no estarían separadas unas de otras.

10 Una activación electrónica de las líneas con latencias puede tener lugar de forma sincrónica, individual o en forma de grupos (suma de características), o en casos especiales puede tener lugar también de forma alternada para alcanzar frecuencias más elevadas, ondulaciones o duraciones del pulso más prolongadas.

15 Las líneas con latencias múltiples según la figura 3 son especialmente adecuadas para la instalación en estructuras de brazos (es decir, en estructuras soporte de las cabezas guía 31) de máquinas cortadoras de alambre y de perforación electroerosivas. En las máquinas cortadoras de alambre, en muchos casos, podría prescindirse de una alimentación en el brazo inferior. Sin embargo, con frecuencia se ha observado que ese método, en el caso de piezas de trabajos más altas y de hilos de los electrodos delgados, puede causar una debilitación del pulso no deseada, condicionada resistivamente, sobre la altura de la pieza de trabajo.

20 La colocación de las líneas con latencias en el interior de estructuras de brazo implica igualmente varias ventajas:

25 Los componentes SMD sensibles están protegidos de modo excelente contra influencias del ambiente, se protege contra una eventual radiación electromagnética de las líneas con latencias, se elimina la carga de flexión de la línea en forma de banda y pueden omitirse los medios de contacto múltiples del lado del electrodo 27, el anillo de contacto 28 y las conexiones de corriente flexibles 33 según la figura 6, porque la conexión del lado del electrodo 25 puede conectarse directamente al contacto de corriente 29.

30 Como desventaja debe mencionarse que sólo una cantidad limitada de líneas con latencias discretas encuentra espacio en un brazo, y que un reemplazo de las líneas se vuelve considerablemente costoso.

La figura 4 y la figura 5 muestran soluciones conocidas para líneas con latencias homogéneas y discretas. Las mismas se plantearon en la introducción con respecto al estado de la técnica.

35 La figura 6 representa una solución para la instalación de una línea con latencia discreta según la invención en una taladradora electroerosiva. La lámina conductora 1 flexible, la cual puede presentar uno o una pluralidad de circuitos impresos 36 con orificios de contacto 37 para un refuerzo, porta los condensadores SMD 5, las inductancias 4, el diodo 17, así como los medios de contacto múltiples 27 y 34.

40 Los medios de contacto múltiples 27, 34 preferentemente son resortes de contacto realizados a modo de un toroide, y están dispuestos coaxialmente alrededor del electrodo 30. Esta conexión extremadamente corta y coaxial contribuye de modo determinante a una reducción de la inductancia de fugas perjudicial.

45 Además, los medios de contacto múltiples 27, 34 están realizados de modo que los mismos presentan una pluralidad de puntos de contacto independientes para distribuir la corriente del pulso en la mayor cantidad de rutas posible. Los medios de contacto múltiples 27, 34 no necesariamente deben estar fabricados de chapa; también realizaciones a modo de escobillas o resortes en forma de hilos pueden presentar propiedades interesantes. Lo mencionado se aplica particularmente para los medios de contacto múltiples del lado de la pieza de trabajo 34, puesto que la superficie de la pieza de trabajo 35 no debe resultar dañada en absoluto.

50 Los materiales de los medios de contacto múltiples 27, 34 preferentemente tienen que presentar las siguientes propiedades: eléctricamente buen conductor, elástico, resistente a la abrasión, duro, y deben presentar una posición lo más contigua posible en la serie de tensión electroquímica, como la pieza de trabajo 35 o como el anillo de contacto 28. Por eso, también para este argumento puede ser ventajoso proporcionar diferentes líneas con latencias para diferentes exigencias.

55 Un dispositivo de acople 26 del lado del generador, multipolar, posibilita un cambio manual rápido de las líneas con latencias discretas. Los medios de contacto múltiples 27 del lado del electrodo pueden engancharse y desengancharse mecánicamente en un anillo de contacto 28 y, al mismo tiempo, establecen un contacto eléctrico de baja impedancia. Debido a la forma redonda del anillo de contacto 28 es posible diseñar las líneas con latencias en cualquier dirección.

60 Naturalmente es posible una pluralidad de principios de retención alternativos. De este modo, por ejemplo, pueden ser útiles también fuerzas de retención electromagnéticas, de imanes permanentes, neumáticas, hidráulicas, o generadas por vacío.

65

Los medios de contacto múltiples 27 y 34 pueden estar realizados de modo que los mismos también puedan cargarse de forma automática, como los otros componentes SMD 5, 9, 13, 17. En el resultado final, las líneas con latencias discretas así producidas son muy económicas y pueden utilizarse sin problemas como producto masivo o como pieza de desgaste, lo cual en particular aplica a las versiones impresas.

5 Aunque las líneas con latencias preferentemente se suspenden en el área seca sobre el espacio de trabajo, los componentes electrónicos 5, 9, 13, 17, sin embargo, deben protegerse de líquidos y de las influencias del ambiente. Por ejemplo, una laca de poliuretano flexible y elástica es muy adecuada para ello.

10 El anillo de contacto 28 tiene además una tarea adicional; éste debe impedir fuerzas mecánicas de la línea con latencia sobre la cabeza guía 31. Para ello, el anillo de contacto 28 está desacoplado mecánicamente de la cabeza guía 31, es decir, que preferentemente es sostenido por un soporte adicional (no ilustrado), y se conecta con la estructura de la máquina. La conexión eléctrica hacia los contactos de corriente 29 del electrodo 30 se establece mediante una pluralidad de conexiones de corriente 33 flexibles.

15 La guía de electrodos 32 normalmente está dispuesta entre los contactos de corriente 29 del electrodo 30 y la pieza de trabajo 35. En muchos casos ambas funciones podrían agruparse, de manera que en lugar de la guía de electrodos 32, una guía de electrodos conductora se conecte a las conexiones de corriente 33 flexibles. De este modo, la inductancia de fugas parasitarias perjudicial podría reducirse aún más y, de manera correspondiente, posibilitaría pulsos aún más pronunciados.

20 La figura 7, igualmente para una taladradora electroerosiva, muestra un segundo principio para poder activar distintas características del pulso. Un cambio automático de líneas con latencias 38, 40, 42 con diferentes características posibilita regímenes de mecanizado graduados de forma ideal. Para el caso especial de la producción masiva de piezas de precisión podrían tenerse preparados grupos idénticos de líneas con latencias 38, 40, 42 para aumentar la autonomía de la instalación de producción, para el caso de que las líneas con latencias estuvieran expuestas a un desgaste.

25 Alrededor de la cabeza guía 31, preferentemente dispuestos en forma de un semicírculo, está dispuesta una pluralidad de dispositivos de estacionamiento 39, 41, 43; conectados de forma fija a la tabla de la máquina. Los dispositivos de estacionamiento 39, 41, 43 presentan por ejemplo una estructura en forma de rieles y al menos de un lado tienen una conformación envolvente. Mediante secuencias de movimientos programadas previamente (simbolizadas como flechas) de los ejes de la máquina X, Y, Z, y en el caso de un electrodo 30 extraído, las líneas con latencias 38, 40, 42 pueden engancharse en la cabeza guía 31 y retirarse desde dispositivos de estacionamiento 39, 41, 43 mediante la extracción desde la conformación envolvente. De forma inversa, líneas con latencias 38, 40, 42 pueden estacionarse en dispositivos de estacionamiento 39, 41, 43 y, gracias a la conformación envolvente, pueden desprenderse o desengancharse desde la cabeza guía 31. El proceso de cambio automático de una línea con latencia habitualmente dura sólo unos pocos segundos. Del lado del generador, naturalmente la fuente del pulso debe conmutarse a la línea con latencia cambiada, mediante dispositivos de conmutación electromecánicos o electrónicos.

30 Las figuras 8a a 10b muestran distintos pulsos de descarga en el ejemplo de una línea con latencia discreta, idéntica para todas las figuras, con cinco elementos acumuladores 14, 15, 16, con condensadores 5 de 470pF, inductancias 4 de 235nH.

35 Las inductancias 4 fueron estructuradas a partir de dos inductancias SMD blindadas del tipo WE-TPC 470nH / corriente de saturación de 4,7A de la empresa Würth, D. Esas inductancias presentan un diámetro de 3mm y una altura de la construcción de 2,8mm y actualmente cuestan aproximadamente 0,36€ por pieza.

40 Las variaciones son: Figura 8 con diodo 17, figura 9 sin diodo 17, figura 10 con diodo 17 y diodo de inversión adicional, y en el caso de tensiones de la fuente de a: 100V y b: 200V.

45 Teóricamente, esa línea con latencia tiene una impedancia de $Z = 22,4$ ohmios y un tiempo de latencia elemental de 1ns, es decir, para 5 elementos acumuladores 14, 15, 16, 105ns (se midió 114ns).

50 En el caso de la tensión de la fuente de 100V, en el caso de cortocircuito para todas las variantes, podría esperarse una amplitud de corriente de 4,47A (se midió 3,8A a 4,1A) y en el caso de una tensión de descarga de 25V, una semejante de 3,35A. El aumento de corriente al inicio del pulso, teóricamente, en el caso de cortocircuito, sería 0,426A/ns (se midió 0,25A/ns), y en el caso de 25V de tensión de descarga 0,319A/ns.

55 En el caso de la tensión de la fuente de 200V, en el caso de cortocircuito para todas las variantes, podría esperarse una amplitud de corriente de 8,94A (se midió 7,7A a 8,0A) y en el caso de una tensión de descarga de 25V, una semejante de 7,83A. El aumento de corriente al inicio del pulso, teóricamente, en el caso de cortocircuito, sería 0,851A/ns (se midió 0,34A/ns), y en el caso de 25V de tensión de descarga 0,745A/ns.

60

Los valores de medición indicados entre paréntesis no podrían verificarse en una máquina de erosión sin afectar el dispositivo de medición. Si por ejemplo un dispositivo de medición de corriente se colocara en la conexión de corriente 33 flexible, o una sonda de corriente se cerrara alrededor del electrodo 30, el aumento de la inductancia de fugas sería inaceptablemente elevado, y los valores de medición serían poco realistas.

Por ese motivos, las mediciones según la figura 8a a la figura 10b se determinaron en una estructura de laboratorio. Con líneas lo más cortas posible, una resistencia de medición de 1 ohmio, un conmutador humedecido en mercurio y una sonda de corriente P6021 de la empresa Tektronix, USA se conectaron en serie entre la conexión de la pieza de trabajo 10 y la conexión del electrodo 18. El conmutador humedecido en mercurio sin rebote, con su flanco de tensión pronunciado casi de forma infinita, de manera evidente, simula la ruptura de un espacio de descarga. De este modo, el conmutador funciona solamente con una frecuencia de repetición de aproximadamente 1 Hz.

A modo de resumen puede plantearse que esa estructura sin embargo aporta una inductancia de fugas de aproximadamente 200nH, lo cual aclara en gran medida los valores de medición levemente empeorados. Los dos procedimientos diferentes de medición de corriente con resistencia de medición y sonda de medición dan resultados bien coincidentes.

En detalle, la figura 8a muestra para una tensión de la fuente de 100V, en caso de encontrarse presente el diodo 17, los canales CH1: tensión 100V/div en la salida del último elemento acumulador 16, CH2: tensión 100V/div en la conexión del electrodo 18, CH3: tensión en la resistencia de medición 5V/div con un ancho de banda de 20MHz filtrado y CH4: la sonda de corriente con 5A/div. La figura 8b muestra para una tensión de la fuente de 200V, al encontrarse presente el diodo 17, los canales CH1: tensión 100V/div en la salida del último elemento acumulador 16, CH2: tensión 100V/div en la conexión del electrodo 18, CH3: tensión en la resistencia de medición 5V/div con un ancho de banda de 20MHz filtrado y CH4: la sonda de corriente con 5A/div.

La figura 9a muestra para la tensión de la fuente de 100V, sin diodo 17, los canales CH1: tensión 100V/div en la salida del último elemento acumulador 16, CH2: tensión 100V/div en la conexión del electrodo 18 y CH4: la sonda de corriente con 5A/div.

La figura 9b muestra para la tensión de la fuente de 200V, sin diodo 17, los canales CH1: tensión 100V/div en la salida del último elemento acumulador 16, CH2: tensión 100V/div en la conexión del electrodo 18 y CH4: la sonda de corriente con 5A/div.

La figura 10a muestra para la tensión de la fuente de 100V, con diodo 17 y un diodo de inversión, los canales CH1: tensión 100V/div en la conexión del electrodo 18 y CH4: la sonda de corriente con 5A/div.

La figura 10b muestra para la tensión de la fuente de 200V, con diodo 17 y un diodo de inversión, los canales CH1: tensión 100V/div en la conexión del electrodo 18 y CH4: la sonda de corriente con 5A/div.

Para generar pulsos más pronunciados de la misma duración y amplitud debe aumentarse la cantidad de elementos acumuladores. Por ejemplo con 24 elementos acumuladores con condensadores 5 de 100pF e inductancias 4 de 50nH, (los valores que son adecuados para una realización impresa), se tendría en teoría la misma impedancia $Z = 22,4$ ohmios, pero un tiempo de latencia elemental de sólo 4,47ns, y de manera correspondiente, para 24 elementos acumuladores 107ns.

Los flancos del pulso, en teoría, es decir, en correspondencia con la mitad del tiempo de latencia elemental, se reducirían de 10,5ns a 2,235ns, lo cual sin embargo sólo es posible cuando la inductancia de fugas hacia el espacio de descarga puede mantenerse dentro de 50nH.

Esa exigencia, evidentemente, puede cumplirse con la alimentación coaxial según la invención, mediante los medios de contacto múltiples 27, 34 en la cabeza guía 31 y la pieza de trabajo 35, pero lamentablemente no puede medirse sin repercusiones, tal como ya se describió anteriormente.

Los pulsos de corriente para el mecanizado electroerosivo con casi cualquier amplitud y con duraciones del pulso más cortas que 10 ns por primera vez entran en el ámbito de lo posible.

Existen muchas otras soluciones y variantes para realizaciones de líneas con latencias discretas, de medios de contacto múltiples y de dispositivos de estacionamiento en el sentido y el objeto de las características reivindicadas. Los ejemplos indicados se utilizan sólo con el fin de una mejor comprensión de la invención y, por lo tanto, no deben entenderse como limitativos.

Símbolos de referencia:

- 1 Lámina conductora flexible
- 2 Pista conductora - pieza de trabajo
- 3 Pista conductora - electrodo
- 4 Inductancia

- 5 Condensadores SMD
- 6 Orificios de contacto
- 7 Conexión del generador - pieza de trabajo
- 8 Pista conductora del lado del generador - pieza de trabajo
- 5 9 Inductancia SMD
- 10 Conexión de la pieza de trabajo
- 11 Conexión del generador - electrodo
- 12 Pista conductor del lado del generador - electrodo
- 12 Resistencia SMD
- 10 14 Primer elemento acumulador
- 15 Segundo elemento acumulador
- 16 Último elemento acumulador
- 17 Diodo
- 18 Conexión del electrodo
- 15 19 Línea con latencia de primera característica
- 20 Línea con latencia de segunda característica
- 21 Conexión del generador - electrodo de primera característica
- 22 Conexión del generador - electrodo de segunda característica
- 23 Conexión del generador común - pieza de trabajo
- 20 24 Conexión común de la pieza de trabajo
- 25 Conexión común del electrodo
- 26 Dispositivo de acople multipolar
- 27 Medios de contacto múltiples del lado del electrodo
- 28 Anillo de contacto
- 25 29 Contacto de corriente del electrodo
- 30 Electrodo
- 31 Cabeza guía
- 32 Guía del electrodo
- 33 Conexiones de corriente flexibles
- 30 34 Medios de contacto múltiples del lado de la pieza de trabajo
- 35 Pieza de trabajo
- 36 Circuito impreso rígido
- 37 Orificio de contacto hacia la lámina conductora
- 38 Primera línea con latencia
- 35 39 Primer dispositivo de estacionamiento
- 40 Segunda línea con latencia
- 41 Segundo dispositivo de estacionamiento
- 42 Última línea con latencia
- 43 Último dispositivo de estacionamiento
- 40 44 Espacio de descarga
- 45 Línea de alimentación

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el mecanizado electroerosivo de una pieza de trabajo (35) mediante pulsos rectangulares para un mecanizado, en donde los pulsos rectangulares para un mecanizado se conforman mediante la descarga de una o una pluralidad de líneas con latencias discretas (14, 15, 16, 17) que se componen de una pluralidad de elementos acumuladores (14, 15, 16), **caracterizado por que** los elementos acumuladores (14, 15, 16), como parte de una línea de alimentación (45) hacia un espacio de descarga (44), están dispuestos sobre una sección (14, 15, 16, 17, 18) de la línea de alimentación (45), en el espacio de descarga (44) y por que las líneas con latencias discretas (14, 15, 16, 17), mediante medios de contacto del lado del electrodo (27), están conectadas a una cabeza guía (31) y, mediante medios de contacto del lado de la pieza de trabajo (34), están conectadas a la pieza de trabajo (35).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la línea de alimentación (45) tiene forma de banda flexible, presenta pistas conductoras impresas (2, 3, 8, 12) y componentes impresos (4) y/o componentes SMD (5, 9, 13, 17) que pueden montarse en la superficie .
3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado por que** la línea de alimentación en forma de banda flexible presenta pistas conductoras finas y resistencias de terminación para una medición de la tensión del pulso y para una detección de una descarga electroerosiva o de un cortocircuito.
4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado por que** se miden los pulsos de mecanizado y por que:
- en el caso de la detección de una descarga electroerosiva se interrumpe un pulso de carga de una fuente de pulsos, y
 - en el caso de faltar una detección, o en el caso de la detección de un cortocircuito, el pulso de carga se interrumpe después de unas duraciones del pulso previamente definidas, y
 - por que los elementos acumuladores (14, 15, 16) se descargan a continuación mediante la fuente de pulsos.
5. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** los medios de contacto del lado del electrodo (27) y los medios de contacto del lado de la pieza de trabajo (34) son medios de contacto múltiples (27, 34) y están conformados de forma toroidal.
6. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la línea de alimentación (45) presenta una pluralidad de líneas con latencias discretas (19, 20) en paralelo y por que las líneas con latencias discretas (19, 20) se activan de forma individual, alternada, o en paralelo, por una fuente de pulsos.
7. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** las líneas con latencias discretas (14, 15, 16, 17), del lado del electrodo, no presentan ninguno, o presentan una pluralidad de diodos (17), preferentemente los diodos (17) son diodos Schottky o de carburo de silicio, y están insertados en la dirección del flujo del pulso rectangular.
8. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado por que** no se encuentra presente ningún diodo (17) y la inductancia (4) del último elemento acumulador (16) se conecta directamente con la conexión del electrodo (18, 25) para generar trenes de pulsos bipolares con una curva envolvente descendente.
9. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado por que** un diodo (17) se conecta entre la inductancia (4) del último elemento acumulador (16) y la conexión del electrodo (18, 25) para generar pulsos individuales rectangulares.
10. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado por que** adicionalmente un diodo de inversión se inserta de modo tal entre la conexión de la pieza de trabajo (10, 24) y la inductancia (4) del último elemento acumulador (16), que los pulsos de corriente de inversión pueden circular mediante el diodo de inversión para generar trenes de pulsos monopulares con una curva envolvente descendente.
11. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** una pluralidad de líneas con latencias discretas (38, 40, 42) se tienen preparadas en una pluralidad de dispositivos de estacionamiento (39, 41, 43) en un espacio de trabajo, y por que una línea con latencia discreta (38, 40, 42) determinada, mediante los medios de contacto múltiples del lado del electrodo (27) y mediante movimientos axiales previamente programados, se conecta a la cabeza guía (31), y se extrae desde un dispositivo de estacionamiento (39, 41, 43), o se deposita en un dispositivo de estacionamiento (39, 41, 43).
12. Dispositivo de conformación de pulsos para el mecanizado electroerosivo de piezas de trabajo (35) con un generador y una o una pluralidad de líneas con latencias, mediante pulsos rectangulares para un mecanizado que, mediante una o una pluralidad de líneas con latencias discretas (14, 15, 16, 17), se transmiten desde el generador hacia un espacio de descarga (44) entre la pieza de trabajo (35) y el electrodo (30), **caracterizado por que** las líneas con latencias discretas (14, 15, 16, 17) contienen una pluralidad de elementos acumuladores (14, 15, 16), en donde las líneas con latencias discretas (14, 15, 16, 17), como parte de una línea de alimentación (45), están

dispuestas en una sección directamente antes del espacio de descarga (44), y en donde las líneas con latencias discretas (14, 15, 16, 17) presentan medios de contacto del lado del electrodo (27) para establecer, así como para asegurar, contacto eléctrico y soporte mecánico en una cabeza guía (31), y presentan medios de contacto del lado de la pieza de trabajo (34) que establecen contacto eléctrico con la pieza de trabajo (35).

5
13. Dispositivo de conformación de pulsos según la reivindicación 12, **caracterizado por que** los elementos acumuladores (14, 15, 16) están conectados en serie y en cada caso se componen de al menos un condensador (5) y de al menos una inductancia (4), y por que el condensador (5) está insertado en paralelo hacia la línea con latencia (14, 15, 16, 17), y por que la inductancia (4), en la dirección hacia el espacio de descarga, después del condensador (5), está insertada en serie hacia la línea con latencia (14, 15, 16, 17).

10
14. Dispositivo de conformación de pulsos según la reivindicación 12, **caracterizado por que** los elementos acumuladores (14, 15, 16) se componen de componentes SMD que pueden montarse en la superficie y/o por que los condensadores (5) se componen de superficies conductoras impresas de ambos lados y/o las inductancias (4) se componen de pistas conductoras impresas a modo de bobinas.

15
15. Dispositivo de conformación de pulsos según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** la línea de alimentación (45) es una lámina conductora (1) en forma de banda flexible, y presenta una pluralidad de líneas con latencias discretas (19, 20) en paralelo, preferentemente las líneas con latencias discretas (19, 20) pueden activarse de forma individual, alternada, o en grupos, por una fuente de pulsos de varios canales, o mediante elementos de conmutación adicionales.

20
25
16. Dispositivo de conformación de pulsos según la reivindicación 15, **caracterizado por que** los elementos acumuladores (14, 15, 16), como parte de una lámina conductora (1) en forma de banda flexible, en forma impresa o montada en la superficie, están dispuestos en el extremo del lado del electrodo de la lámina conductora (1) en forma de banda flexible, preferentemente la lámina conductora (1) en forma de banda flexible está conectada a la fuente de pulsos mediante un dispositivo de acople multipolar (26).

30
17. Dispositivo de conformación de pulsos según la reivindicación 16, **caracterizado por que** los medios de contacto múltiples del lado de la pieza de trabajo (27, 34) están diseñados como componentes SMD que pueden montarse en la superficie y por que en áreas de carga mecánica aumentada la lámina conductora (1) en forma de banda flexible está reforzada con circuitos impresos (36) rígidos y/o está conectada mediante orificios de contacto (37) con la lámina conductora (1).

35
18. Dispositivo de conformación de pulsos según la reivindicación 12, **caracterizado por que** los medios de contacto del lado de la pieza de trabajo (34) son medios de contacto múltiples (34), o contactos deslizantes (34), o contactos de escobillas (34), y están dispuestos de forma coaxial alrededor del electrodo (30).

40
45
19. Dispositivo de conformación de pulsos según la reivindicación 12, **caracterizado por que** los medios de contacto del lado del electrodo (27) son medios de contacto múltiples (27) conformados de forma toroidal, y pueden engancharse en un anillo de contacto (28) dispuesto debajo de la cabeza guía (31), o son sostenidos de forma magnética, hidráulica, neumática o mediante vacío, en donde el anillo de contacto (28) está aislado mecánicamente de la cabeza guía (31) y, mediante una pluralidad de conexiones de corriente flexibles (33), está conectado con uno o con una pluralidad de contactos de corriente (29) del electrodo (30).

50
55
20. Dispositivo de conformación de pulsos según la reivindicación 19, **caracterizado por que** una pluralidad de líneas con latencias discretas (38, 40, 42) se tienen preparadas en una pluralidad de dispositivos de estacionamiento (39, 41, 43) en un espacio de trabajo, y por que las líneas con latencias discretas (38, 40, 42), mediante los medios de contacto múltiples del lado del electrodo (27) y mediante movimientos axiales previamente programados de una cabeza guía (31), se conectan a la misma, y se extraen desde un dispositivo de estacionamiento (39, 41, 43), o se depositan en un dispositivo de estacionamiento (39, 41, 43), preferentemente los dispositivos de estacionamiento (39, 41, 43), para el alojamiento de una pluralidad de líneas de alimentación (45) en forma de bandas flexibles, están dispuestos de forma semicircular alrededor de la cabeza guía (31).

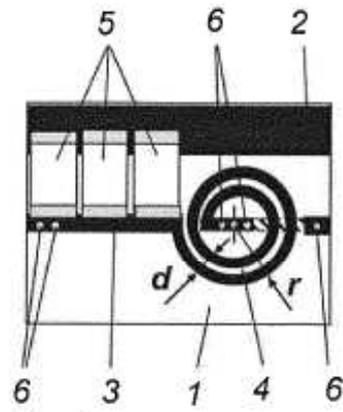


Fig 1

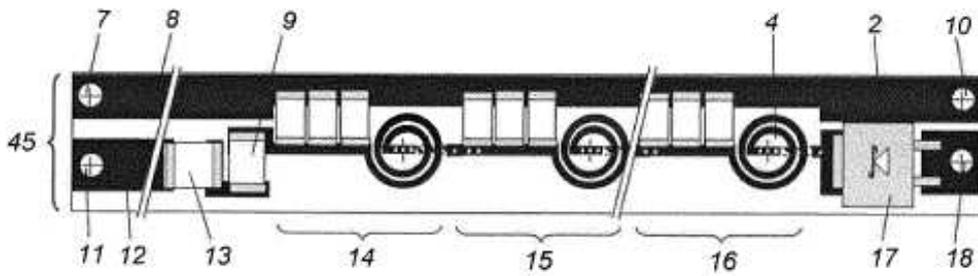


Fig 2

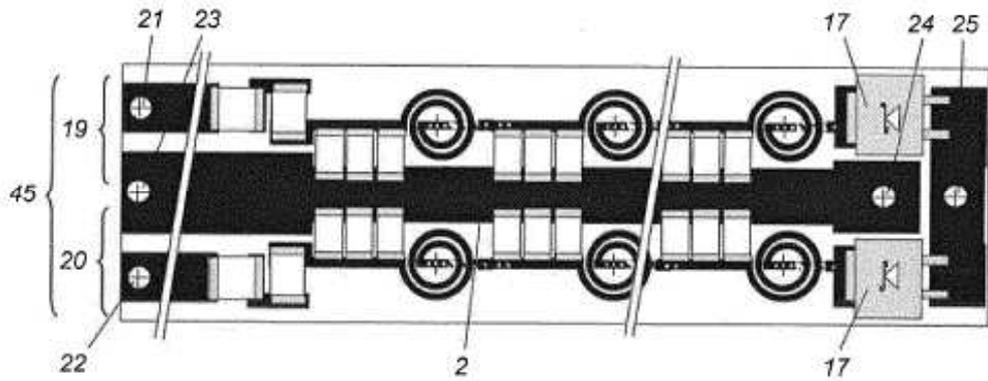


Fig 3

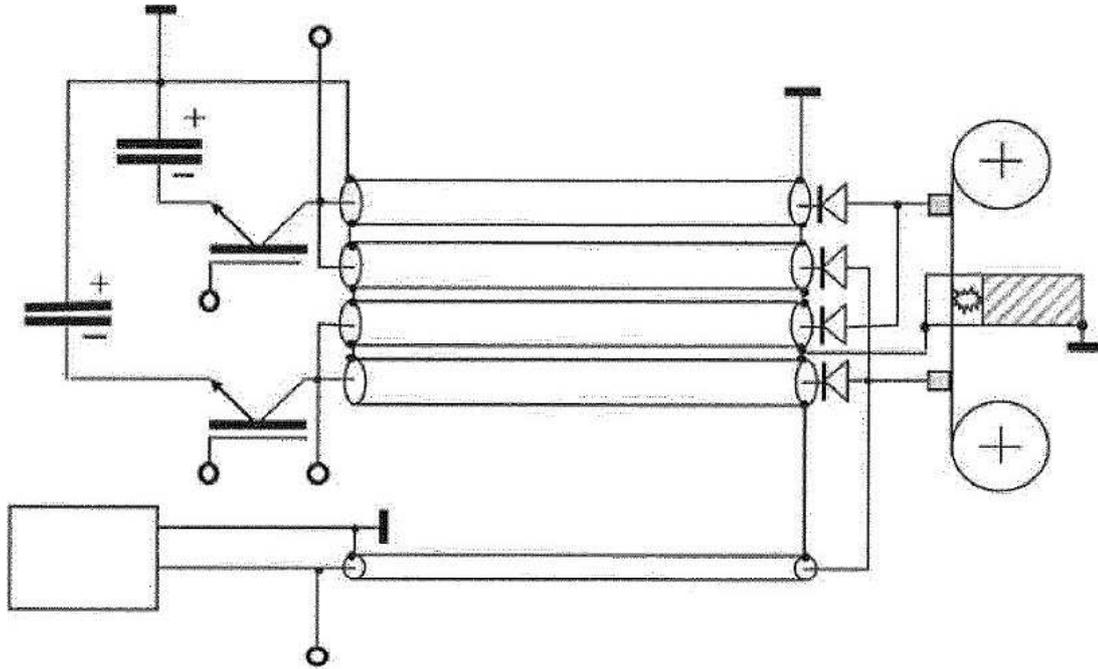


Fig. 4 Técnica anterior

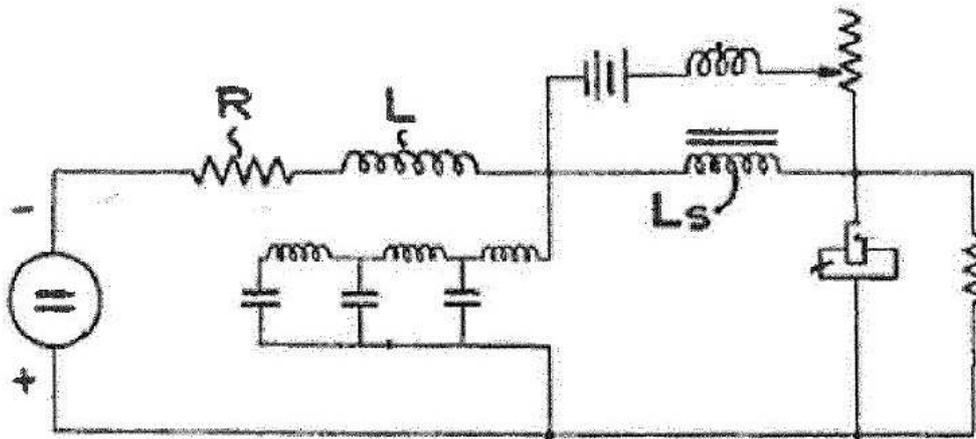


Fig. 5 Técnica anterior

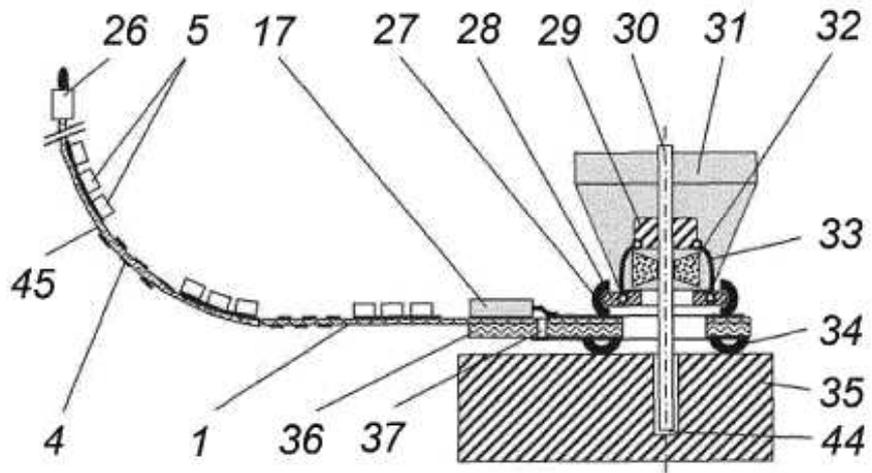


Fig 6

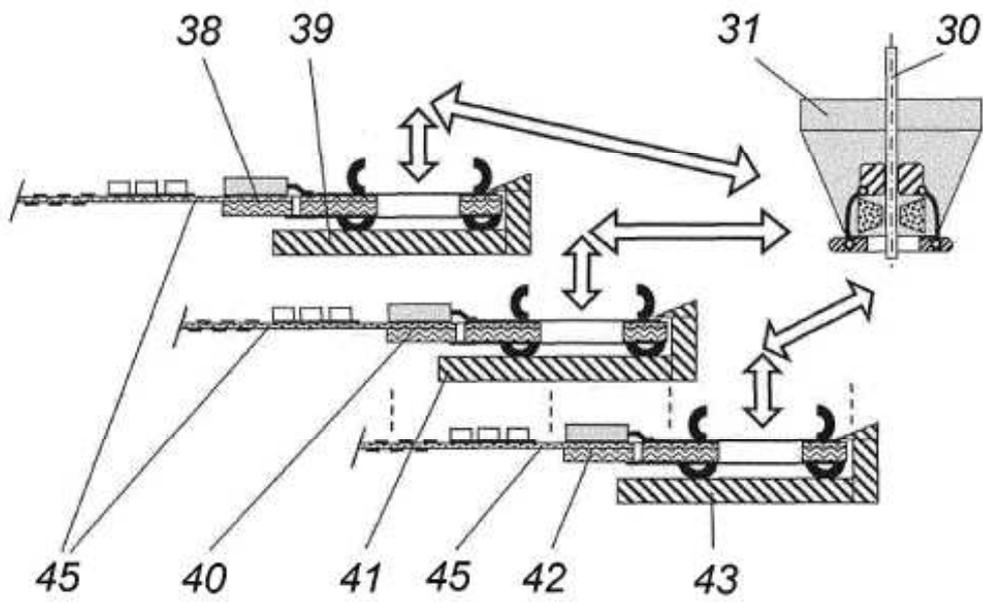


Fig 7

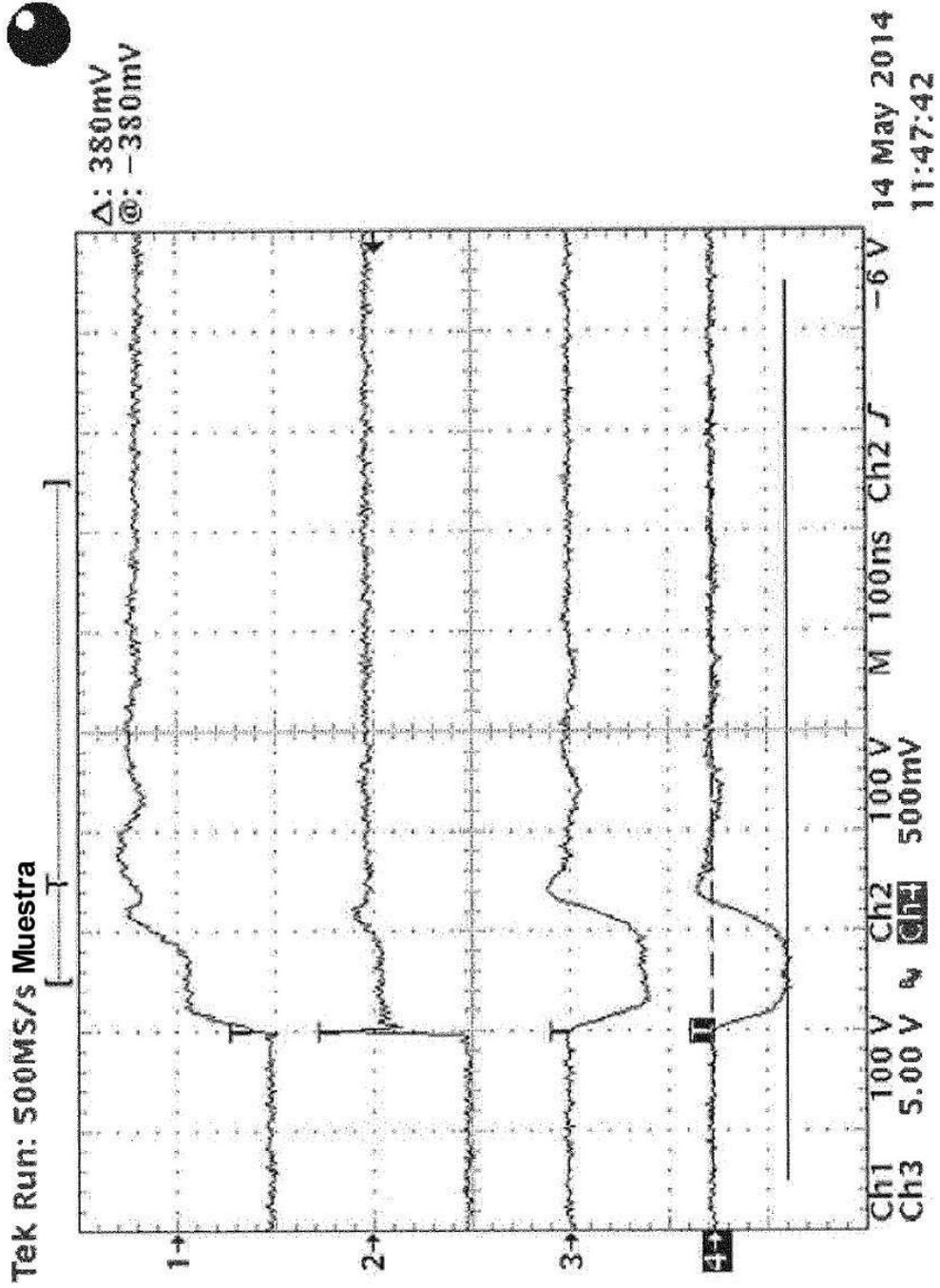


Fig 8a

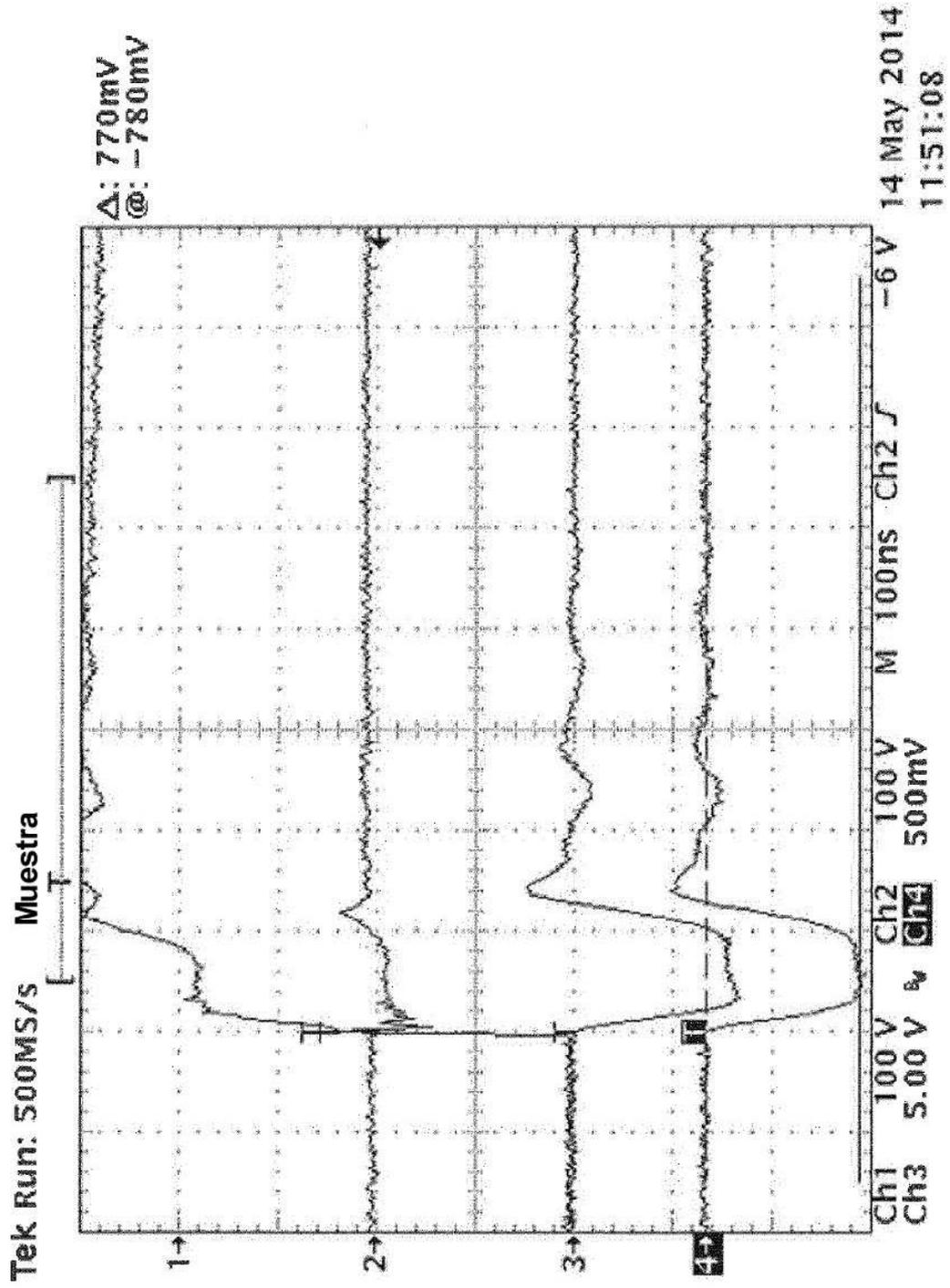


Fig 8b

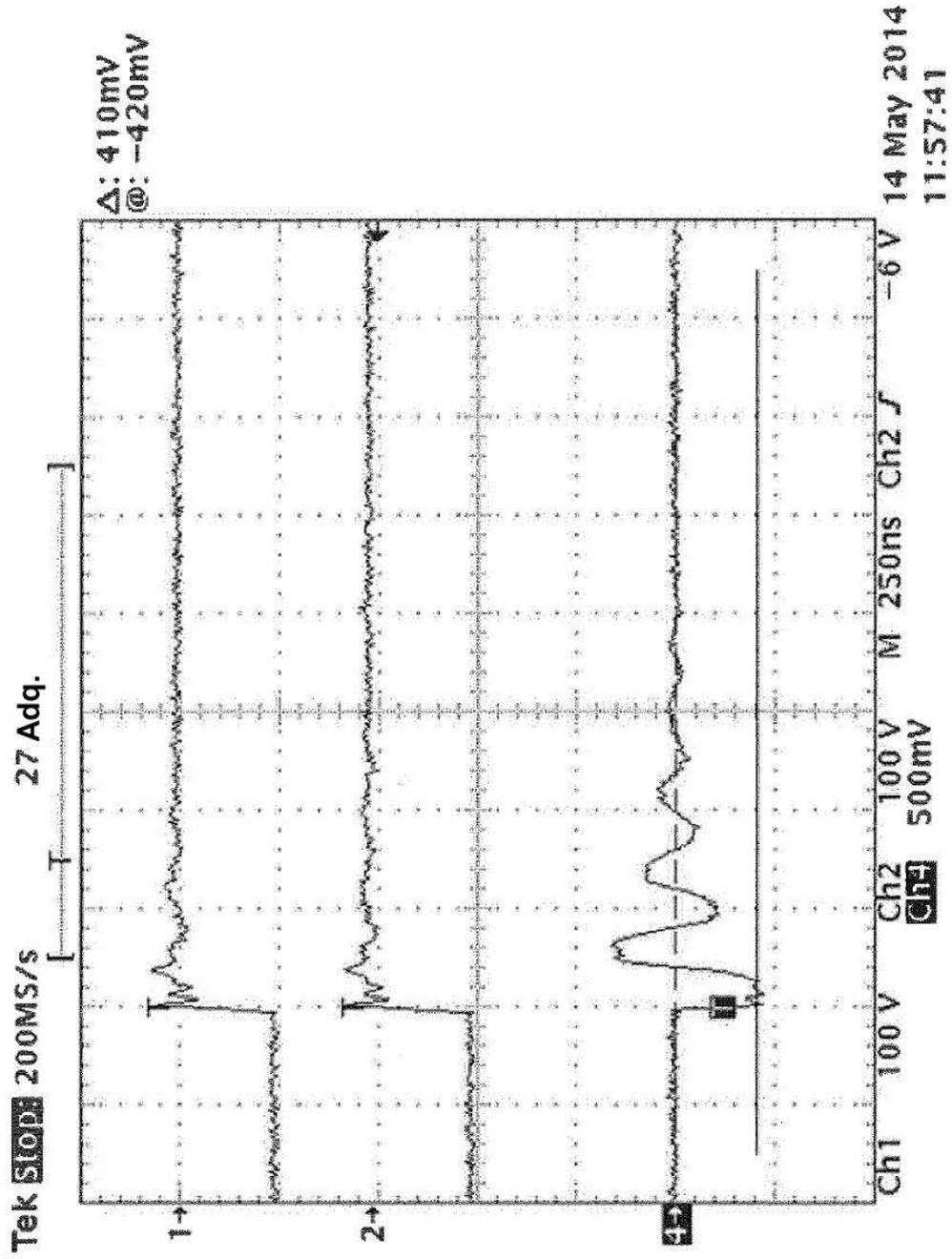


Fig 9a

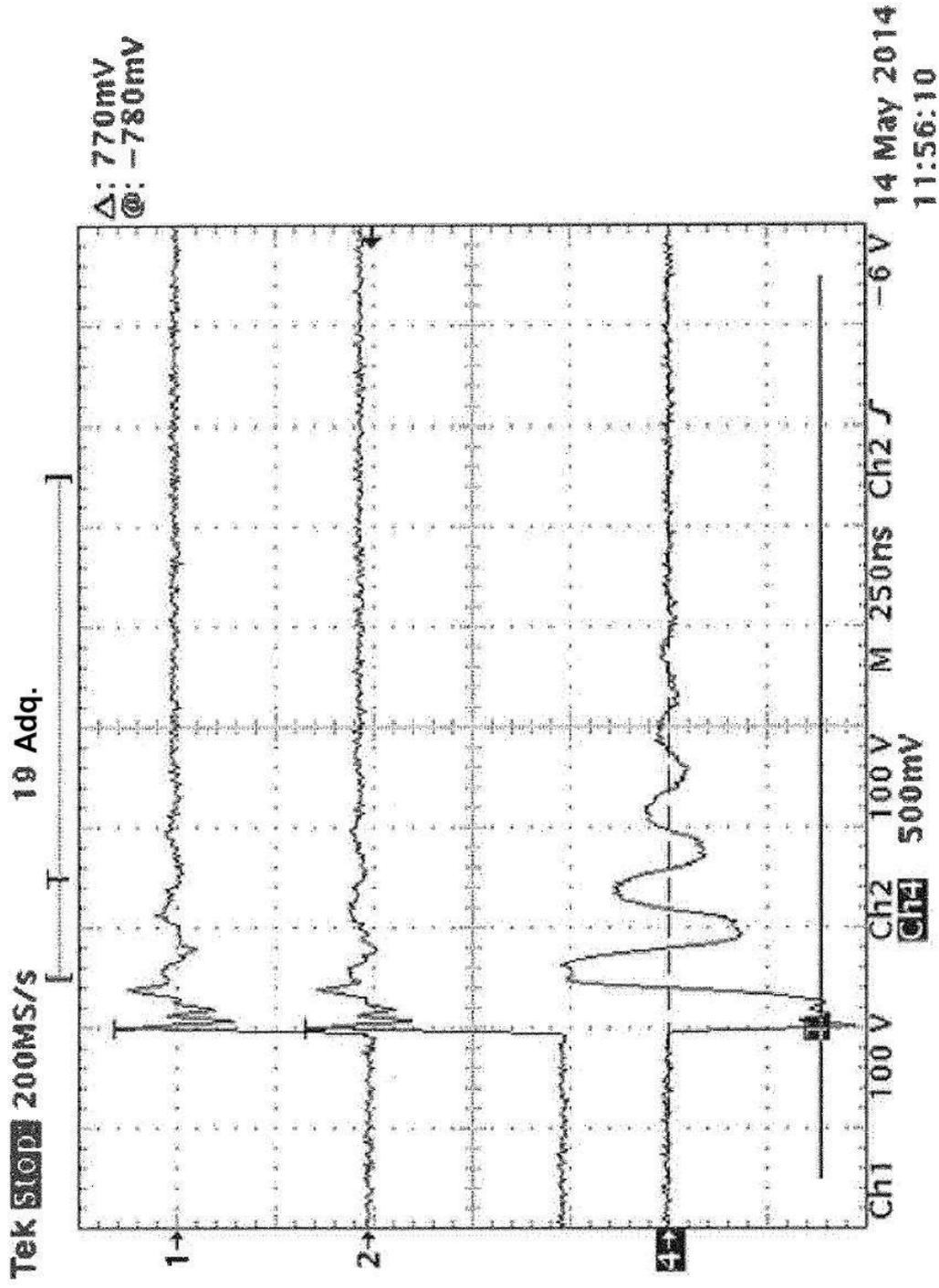


Fig 9b

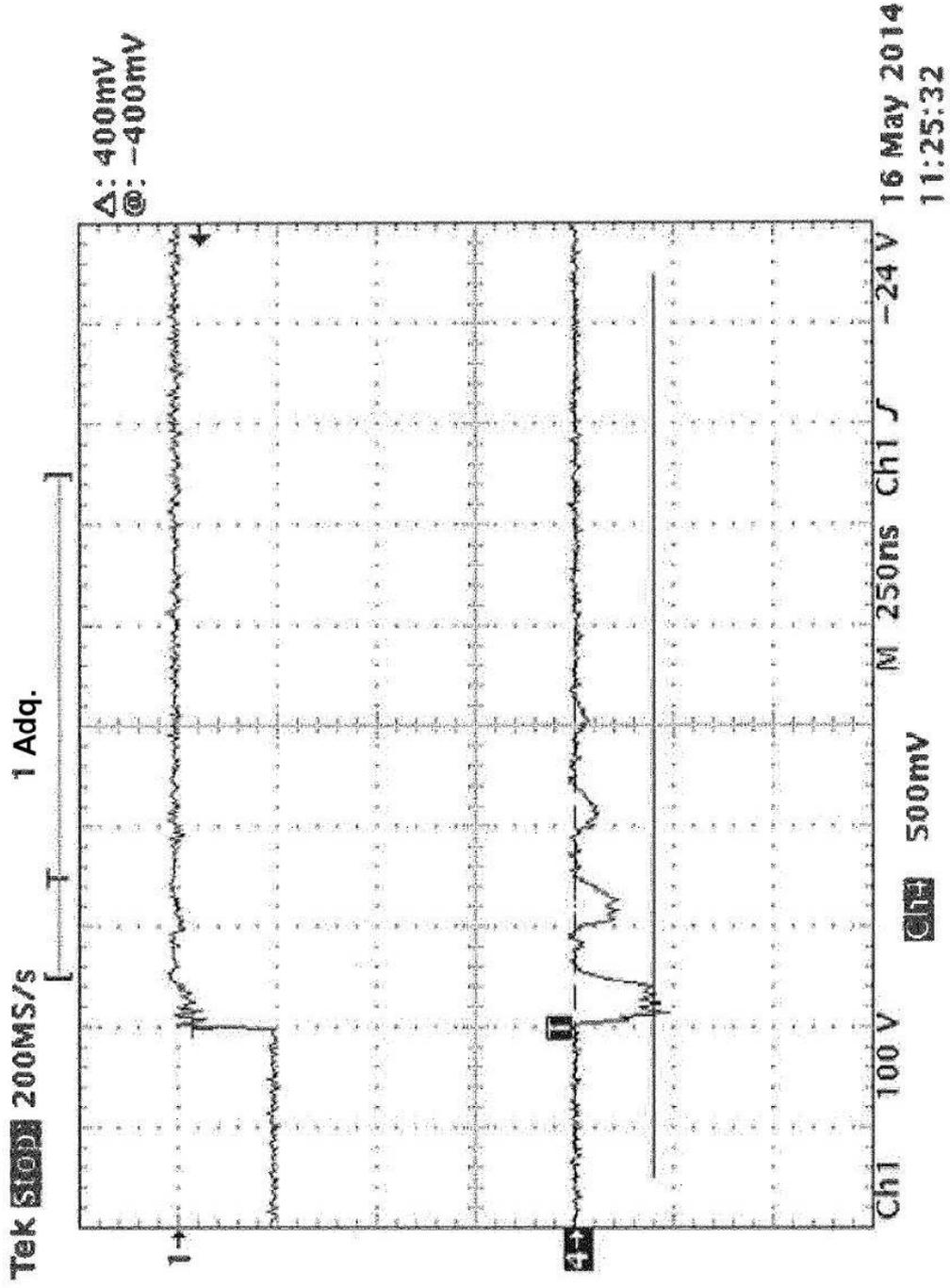


Fig 10a

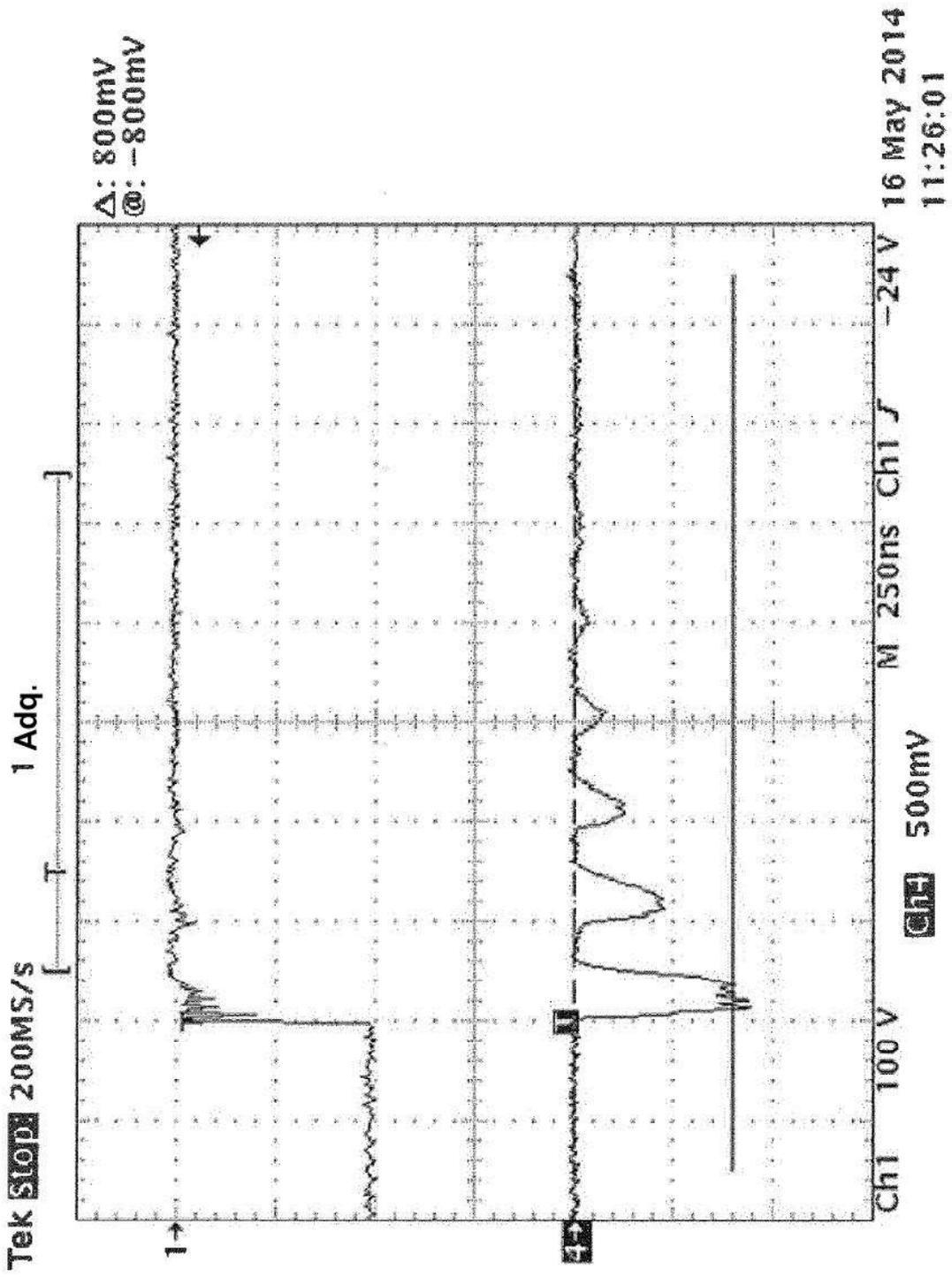


Fig 10b