

259367

P. - 19.866

Nº 49994

Dep. 1960



259367

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud  
de

P A T E N T E D E I N V E N C I O N

formulada el 1 de Julio de 1.960, con el Núm. 259.367

en

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de FIRTH STERLING, INC., entidad norteamericana,  
establecida en 3113 Forbes Street, Pittsburgh, Pensilva-  
nia, Estados Unidos de América, por:

"UN APARATO DE MECANIZACION POR CHISPAS"

=====

La presente invención se refiere a aparatos de meca-  
nización por chispas o electroerosión, particularmente úti-  
les a elevadas frecuencias de repetición de las chispas.

En la mecanización por chispas o electroerosión, las  
descargas eléctricas iniciadas por sobretensión, a través

5



de un fluido dieléctrico ionizable en un intervalo die-  
ruptivo definido entre una herramienta-electrodo catódi-  
ca y una pieza a trabajar conductiva anódica, desalojan  
partículas de esta última. Haciendo avanzar la herramien-  
5 ta electródica en el progreso de la mecanización, para  
mantener una distancia normal de separación de interva-  
lo dierruptivo, la pieza resulta efectivamente mecaniza-  
da según un corte o diseño complementario de la configu-  
ración de la superficie de la herramienta electródica que  
10 tiene enfrente. Este procedimiento resulta particularmen-  
te ventajoso para trabajar metales duros, tales como car-  
buro de tungsteno y acero aleado, que sólo con dificultad  
se mecanizan, si es que se puede, mediante procedimientos  
económicos usuales. Para impedir que la descarga degenera  
15 en un arco térmico o de soldadura, que pudiera dañar por  
el calor la superficie de la pieza a trabajar, las descar-  
gas son breves y espaciadas en el tiempo. Ahora bien, al  
mismo tiempo y en interés de una elevada velocidad de re-  
moción de metal, siguen teniéndose como objetivo tanto ele-  
20 vados niveles o intensidades de corriente de descarga como  
altas frecuencias de repetición.

Por lo general, durante los intervalos entre descargas  
se han cargado unos medios capacitivos de almacenamiento,  
para obtener un manantial de energía, de baja impedancia  
25 interna, capaz de suministrar las elevadas intensidades  
de cresta de corriente de descarga. Con anterioridad se  
han utilizado de diversas maneras, en circuitos capaci-  
tivos de carga o de descarga, o en ambos, interruptores para  
regular mejor el momento de descarga e impedir la conexión  
30 directa del manantial de carga del condensador al interva-



lo disruptivo. Estos interruptores presentan también problemas propios de erosión de contactos o de funcionamiento a elevadas intensidades y frecuencias de repetición.

5 El principal objeto de la presente invención consiste en un equipo de mecanización por chispas o electroerosión, de elevada frecuencia de repetición, que no necesita dispositivos interruptores. Dicho de otra manera, un objeto de la presente invención consiste en un equipo de electroerosión, sencillo y eficaz, que sirve en una amplia gama  
10 de velocidades de mecanización.

Más particularmente, es un objeto de este invento crear un aparato de electroerosión, de elevada frecuencia de repetición, con desionización segura del intervalo disruptivo entre descargas.

15 Otro objeto consiste en crear en un aparato de electroerosión protección contra daños metalúrgicos durante el cortocircuitado del intervalo disruptivo.

Otro es el de proveer un control exacto y preciso de uniformidad de corte y acabado superficial.

20 Otro objeto consiste en crear un aparato cortador por chispas, en el cual las corrientes de cresta en el - circuito de intervalo disruptivo durante los cortocircuitos entre pieza de labor y electrodo son menores que las corrientes de cresta de descarga durante el corte normal.

25 Otros objetos y ventajas se irán desprendiendo de la descripción que sigue, tomada en unión de los dibujos adjuntos, en los cuales:

- la figura 1 es un esquema de circuito de aparato de electroerosión, de desbaste o corte rápido, realizado  
30 conforme a la invención;

259387



- la figura 1a es una representación esquemática simplificada de parte del aparato de la fig. 1. indicándose la constante de tiempo de carga y la resonancia eléctrica de descarga;

5           - la figura 2 es otra versión del aparato de la fig. 1;

- la figura 3 es un esquema de circuito de un aparato de electroerosión, de corte fino o de acabado, realizado conforme a la invención;

10           - la figura 4 es otra versión del aparato de la - fig. 3, modificado para lograr un acabado o corte aún más fino;

- las figuras 5a a 5e permiten la comparación de la tensión de oscilador, tensión de condensador, corriente de condensador, tensión de intervalo disruptivo, respectivamente, del circuito de la fig. 1, en una amplia variedad de condiciones de trabajo; y

15

- las figuras 6a a 6e permiten la comparación de la tensión de oscilador, tensión de condensador shunt, tensión de condensador serie, tensión de intervalo disruptivo y corriente de intervalo disruptivo, respectivamente, del circuito de la fig. 3, en una amplia variedad de condiciones de trabajo.

20

Si bien la invención se ha ilustrado y descrito con algún detalle en relación con formas particulares de ejecución y modificaciones de las mismas, no existe intención de que aquella haya de limitarse a tal detalle. Por el contrario, se pretende aquí cubrir todas las modificaciones, construcciones alternativas y equivalentes que - caigan dentro del espíritu y alcance de la invención, tal

25

30

258307



como queda definido en las reivindicaciones finales.

En los circuitos que se van a describir, se aplica un manantial de corriente alterna de alta frecuencia, por medio de un rectificador, a un condensador de almacenamiento de un circuito de descarga que incluye el intervalo disruptivo de electroerosión. Una ventaja obvia de tal disposición consiste en la separación existente en el tiempo entre los semiperíodos directos o de paso, derivada del hecho de que los semiperíodos inversos son bloqueados.

La separación en el tiempo de los impulsos de tensión aplicados, sin embargo, no representa la solución completa del problema. La naturaleza de la descarga de electroerosión exige reconocer el hecho de que la descarga disruptiva no comienza siempre precisamente en el mismo instante con respecto a la tensión aplicada, ni requiere la misma duración, en el tiempo, de aplicación de la tensión. Parte de este problema reside en no ser perfectos los medios de avance que habrían de mantener constante la distancia de separación de intervalo disruptivo precisa e instantáneamente. En el mejor de los casos, por otra parte, la ocurrencia de una descarga iniciada por sobretensión, para una separación mensurable dada, sólo se puede predecir sobre una base de promedio estadístico. Hasta cierto punto, la ruptura sigue una amplitud del producto tensión por tiempo, en lugar de una amplitud de tensión sola. La pureza local del dieléctrico fluido puede desempeñar cierto papel. También tiene su importancia la concentración de partículas desalojadas u otros contaminantes.

La descripción que sigue se refiere en particular a la manera en que el ritmo o regularización del tiempo



25017

de aplicación de impulsos permitido por el uso de un manantial de corriente alterna se concilia con la irregularidad de distribución en el tiempo que usualmente cabe esperar de la descarga, sin indebida pérdida de rendimiento de -  
5 utilización del manantial, por una parte, ni menoscabo de la uniformidad de descargas ni de la limitación de daños de cortocircuito por la otra.

Debido a que el aparato es adaptable para diferentes velocidades de corte y grados de finura de acabado, la -  
10 construcción y el funcionamiento del mismo se explican - aquí en relación con estructuras y comportamientos de circuitos representativos ideados para obtener diferentes velocidades y acabados de corte. Estos incluyen en un extremo una disposición de corte relativamente basto y de alta ve-  
15 locidad, particularmente útil para el desbaste conveniente al iniciar una operación de mecanizado. Al otro extremo de la gama se encuentra una disposición de acabado fino y velocidad relativamente ideada para acabados de gran finura como, por ejemplo, para troqueles y matrices. Pueden emplear-  
20 se varias velocidades intermedias, prestándose el circuito de por sí y con facilidad a distintos cabidas por conmutación que, para mayor claridad, no es preciso ilustrar aquí. Según conveniencias, pues, se puede elegir a voluntad cualquier modo de circuito o combinación de modos de circuitos  
25 para instalaciones particulares.

1. El aparato de las figuras 1 y 2:

El aparato ilustrado en los esquemas de circuitos de las figs. 1 y 2 se encuentra al extremo de la escala  
30 correspondiente a una gran velocidad de remoción de mate-

259367



rial.

En la fig. 1 se muestra en detalle un manantial de corriente alterna adecuado para su incorporación a los circuitos ilustrados. Dicho manantial adopta convenientemente la forma de un oscilador de potencia 10 de válvula electrónica, en lugar de un alternador rotatorio, por razones de economía de construcción y no necesitar mantenimiento, a frecuencias elevadas en relación con las usuales de red de cincuenta o sesenta ciclos por segundo. Con tales osciladores resultan útiles las frecuencias del orden de diez o más kilociclos por segundo, y a éstas se refiere el término "alta frecuencia" aquí empleado. La elección de características de diseño relacionadas con las formas de ejecución que aquí se ilustran se ha hecho a favor de una frecuencia de 40 kc/s para las diferentes velocidades de corte y finuras de acabado buscadas, con una potencia nominal de 5 kW. No se ha de tomar esto como una limitación de frecuencia ni de potencia, habiéndose empleado otros osciladores, con el aparato de electroerosión, que funcionaban a frecuencias variables desde 10 - kc/s a 220 kc/s. La impedancia interna de tal manantial de energía es la presentada por una salida de oscilador regulada en el tiempo, o un circuito "tanque". No se trata de un manantial de tensión estable (esto es, no tiene buena regulación de tensión), pero la carga de utilización que representa el circuito de electroerosión en su conjunto se acomoda a esta característica, a pesar de sus elevadas intensidades de cresta de corriente de descarga.

El particular oscilador autoexcitado 10 ilustrado en la fig. 1 se ha escogido también por su estabilidad,



guridad para el operador y conveniencia de control. La  
válvula eléctrica osciladora 11 es un triodo de vacío  
excitado por un manantial de corriente continua 12. Co-  
mo es usual, el terminal positivo o  $B^+$  se conecta a través  
5 de un choque al ánodo del triodo, y el terminal de masa  
o negativo se conecta al cátodo. Al ánodo del triodo va  
acoplado, mediante un condensador 15, un circuito "tan-  
que" sintonizado que comprende un condensador 13 y una  
bobina o arrollamiento inductivo 14, resonante a la fre-  
10 cuencia de 40 kc/s escogida para este ejemplo. La reali-  
mentación regenerativa desde el circuito tanque a la rejilla  
del triodo es controlada principalmente por un devana-  
do de rejilla 16 y una combinación de resistencia y conden-  
sador 17, 18 de escape de rejilla. Con tal oscilador como  
15 manantial, un sencillo dispositivo interruptor 19 inter-  
calado en el circuito de rejilla, de bajísimo nivel de -  
energía, sirve convenientemente para detener o iniciar las  
oscilaciones.

La energía procedente del oscilador de la fig. 1  
20 es transmitida a un nivel útil de tensión hasta un con-  
densador de almacenamiento 20. Son adecuados para su em-  
pleo los condensadores en aceite, que sean de preferen-  
cia de una tensión nominal de trabajo en corriente conti-  
nua varias veces mayor que la tensión de cresta del osci-  
25 lador. Si la capacitancia ha de poder ajustarse, se pue-  
de emplear un grupo de condensadores que se puedan conmutar  
a selección en paralelo o en serie, según las condi-  
ciones combinadas de velocidad de corte y finura de aca-  
bado que se deseen obtener.

30 Para acoplar el circuito "tanque" del oscilador al



25

condensador 20 se utiliza un elemento de enlace que comprende un devanado 21 acoplado por inducción a través del aire al devanado 14 del circuito tanque del oscilador. - Las dos devanados actúan así a la manera de un transformador, usualmente con una relación de espiras reductora desde el circuito tanque (primario) al circuito de enlace (secundario). A los bornes del devanado 21 permanece conectado un condensador 22 pequeño (esto es, de pequeña capacidad con respecto a la del condensador 20), que contribuye a corregir la deformación o distorsión del perfil de onda producida por la carga de media onda, sin aumentar materialmente las necesidades nominales de energía del oscilador para una potencia dada de suministro al condensador de almacenamiento 20.

Una parte importante del enlace entre el oscilador de potencia 10 y el condensador 20 es el rectificador, o medios de conducción unidireccional, 23. Este funciona - bloqueando semiperíodos alternos, de modo que al condensador 20 no se le aplica tensión de carga más que durante los semiperíodos directos. Se escogen diodos de silicio u otros diodos semiconductores que presentan muy baja resistencia (indicada por separado como  $R_{23}$  en la representación simplificada de la fig. 1a) al paso de la corriente en el sentido directo, característica que presentan de modo óptimo dispositivos semiconductores tales como los diodos de silicio. La constante de tiempo (producto de ohmios de resistencia directa del rectificador por faradios de capacidad del condensador de almacenamiento) no ha de exceder del medio período del oscilador. Si la tensión del condensador ha de aproximarse a la cresta de tensión del



5 9 3 0

manantial en una carga de impulso único, la constante de tiempo tiene que ser mucho menor, para que la tensión del condensador 20 durante la carga pueda seguir muy de cerca la tensión de enlace.

5 El condensador de almacenamiento 20 va a su vez conectado por medio de conductores 24 y 25 al intervalo disruptivo G definido entre la pieza conductora a trabajar W y el electrodo-herramienta T, definiendo el circuito de descarga. Se utilizan medios de avance automático (no representados) de la herramienta, para mantener la separación de intervalo disruptivo a un valor normal de corte todo lo exactamente que sea posible de la práctica, usualmente en respuesta a cambios en los valores integrados de la tensión o de la corriente en el intervalo disruptivo, o de ambas. El intervalo disruptivo está inundado de queroseno u otros flúidos dieléctricos ionizables auto-restauradores, para arrastrar y llevarse las partículas desprendidas, así como para establecer las características eléctricas de intervalo disruptivo precisas de antemano para las descargas breves y de alta intensidad de corriente.

10

15

20

25

30

tienen su importancia tanto la polaridad de corriente continua como la resonancia de corriente alterna del circuito de descarga. así, el conductor 24 conecta la pieza a trabajar W al terminal positivamente cargado del condensador 20, y el conductor 25 conecta la herramienta eléctrica T al terminal negativamente cargado. Hay, inevitablemente, una inductancia presente, representada en su mayor parte por la inductancia distribuida  $L_{24}$  y  $L_{25}$  de los conductores 24 y 25. Como se indica de manera más sencilla en la figura 1a, el circuito de descarga es resonante de

59367



preferencia a una frecuencia  $F_d = 1/2\pi\sqrt{(L_{24} + L_{25}) \cdot C_{20}}$   
cuando el intervalo disruptivo G es cruzado por una descar-  
ga. El intervalo disruptivo durante este tiempo viene indi-  
cado en la fig. 1a por la resistencia  $R_G$ . Este valor de -  
5 resistencia decrece al aumentar la corriente (una descar-  
ga de centrar de amperios presenta una caída inferior a  
treinta voltios). La intensidad de cresta de corriente de  
descarga viene sólo ligeramente limitada por la resistencia  
del intervalo disruptivo, y es proporcional a  $E_c\sqrt{\frac{L_{24} + L_{25}}{C_{20}}}$   
10 donde  $E_c$  es la tensión del condensador 20. Una resistencia  
de fuga muchísimo mayor (debida a la contaminación del die-  
léctrico y a la resistencia de entrada de los medios de avan-  
ce de la herramienta) en bornes del intervalo disruptivo li-  
mita la intensidad de corriente en el circuito de descarga  
15 a un valor insignificante, en ausencia de ionización del in-  
tervalo disruptivo de trabajo.

La frecuencia de resonancia del circuito de descar-  
ga  $F_d$  se hace mayor que la frecuencia de resonancia del -  
circuito del oscilador (que es la de sintonía del circui-  
20 to "tanque" 13, 14 cargado). Esto se consigue fácilmente  
haciendo los conductores 24 y 25 de longitud adecuada. Si  
el circuito de descarga estuviera sintonizado a una fre-  
cuencia igual o menor que la del oscilador, cosa que es -  
facilísimo encontrar en las operaciones de alta frecuencia  
25 previstas, sería probable que se produjera descargas prolonga-  
das o sostenidas incluyendo los semiperíodos negativos o in-  
versos. El arco térmico o de soldadura resultante menoscaba-  
ría el proceso de electroerosión, en lugar de mejorarlo.

Conforme a un particular aspecto adicional de la pre-  
30 sente invención, el circuito de descarga de la fig. 1 está



sintonizado de modo que resuena a una frecuencia sólo ligeramente mayor que la del oscilador. En un ejemplo, con un oscilador de 40 kc/s, se obtuvo un rendimiento óptimo de corte de desbaste haciendo resonar el circuito de descarga a 50 kc/s. Analizada en el tiempo la descarga individual, como se describe con detalle más adelante, el semiperíodo de la descarga resonante es de 10 microsegundos, o sea el 80% de los 12.5 microsegundos de semiperíodo del oscilador. El ajuste de sintonía se efectúa convenientemente alargando los conductores 24 y 25, que por conveniencias consisten en un cable que va desde un pupitre de la unidad eléctrica hasta una unidad mecánica que soporta la pieza a trabajar y la herramienta electrodica. La baja resistencia  $R_G$  del intervalo disruptivo mantiene la conveniente anchura de sintonía.

La fig. 2 representa una versión modificada del circuito de la fig. 1, para acomodar elevadas intensidades de corriente de carga a elevadas frecuencias del oscilador cuando no se disponga de diodos semiconductores 23 económicos y de garantía para tales intensidades.

Por consiguiente, en la fig. 2 se ilustra un grupo de diodos de vacío 26 conectados en paralelo, como especialmente adecuados a este fin. Los diodos de vacío individuales se hacen también de grandes intensidades nominales de corriente y con reducida caída de tensión en sentido directo, pero en el ejemplo de esta ilustración, en que se desean intensidades de corriente de carga próxima a los 100 amperios, se encontró factible y económico disponer un grupo de 168 diodos dobles de vacío del tipo 5U4, en lugar de un número menor de dispositivos de diodos normalmente disponi-



bles. Las válvulas de atmósfera gaseosa son en general -  
inadecuadas debido a sus inferiores valores nominales de  
tensión inversa o a sus necesidades de tiempo de desioni-  
zación. Se utilizan con ventaja diodos de vacío en lugar  
5 de triodos de vacío, por no necesitarse control de rejilla.  
Los triodos tienen por lo general mayores distancias  
de separación de ánodo a cátodo, y son más caros. Los filamentos  
de los diodos de vacío se caldean adecuadamente  
a base de un manantial de corriente alterna de red industrial,  
10 por medio de un transformador de filamentos 27. Se introduce  
con ello alguna capacidad 28 a masa, pero esto no presenta  
problema alguno, ya que simplemente se pone en paralelo  
con la capacidad normalmente mucho mayor, del condensador 20.  
La resistencia de los 336 elementos de diodo  
15 así puestos en paralelo no es lineal (tiende a aumentar con  
la tensión), ni necesita serlo.

Para superar la resistencia del grupo de diodos 26 se utiliza una  
tensión de enlace sensiblemente superior a la tensión normal de  
cresta deseada en el condensador.  
20 Por ejemplo, para cargar el condensador 20 a una tensión de  
150 a 200 voltios durante un impulso de carga, para aplicaciones  
de corte rápido o de desbaste, con un condensador 20 de 4  
microfaradios y el oscilador 1<sup>o</sup> de 40 kc/s antes descrito, se  
ha utilizado en el enlace 21 una tensión de cresta en vacío de  
25 450 voltios. La elevada tensión de cresta sinusoidal procedente  
del enlace del oscilador sirve para proporcionar una velocidad de  
carga del condensador 20 mucho mayor que la que se obtendría  
con 150 a 200 voltios de cresta de tensión en el enlace. En tal  
caso, la tensión de trabajo a la cual se carga el condensador es  
30 típicamente



5

inferior a la proporción de constante de tiempo (70,7%) de la tensión de cresta del manantial. La selección de la tensión de cresta a aplicar se facilita por medio de una pluralidad de tomas 29 en el devanado de enlace 21. A título de ilustración, en la forma de ejecución del ejemplo, las espiras del arrollamiento con tomas se escogieron adecuadamente para obtener en vacío tensiones de cresta de 200, 250 y 350 voltios, además de la toma de 450 voltios que se representa conectada a los diodos 26.

10

ahora bien, sin unos medios limitadores de tensión y en el caso de encontrarse en condiciones de circuito -abierto, la tensión sube en el condensador durante sucesivas semiperiodos de carga hasta aproximadamente mucho al valor de enlace. Entonces pueden producirse descargas a través de una distancia de separación de intervalo disruptivo mayor que aquella a la cual se producirían si la tensión en el condensador estuviera limitada a 150 voltios. La energía de descarga, proporcional al cuadrado de la tensión de la carga almacenada, es también mucho mayor, ocasionando una mayor remoción por descarga. Cualquiera de estas dos condiciones representa una falta de uniformidad de funcionamiento. La corriente de cortocircuito también será mayor en el caso de que se produzca un cortocircuito al nivel de tensión superior.

15

20

25

Para asegurar una uniformidad de acabado en cualquiera condiciones de corte que se elijan la tensión aplicada en bornes del condensador se limita preferiblemente después de haber alcanzado el valor normalmente obtenido durante un semiperíodo normal único de carga. El dispositivo limitador es una resistencia 30 conectada en paralelo con el

30



condensador 20, de preferencia directamente a los terminales del condensador. Su valor óhmico no es lineal, por aumentar la intensidad de corriente que atraviesa la resistencia en función de una potencia exponencial de la tensión entre sus extremos. Tales materiales están representados típicamente por el producto comercial de ca buro de silicio puesto en el mercado bajo la denominación de resistencias de "Thyrite" por la General Electric Company, y para el cual el exponente mayor que la unidad es un número plural próximo a cuatro o más.

Las dimensiones de la resistencia 30 limitadora de tensión, usualmente especificada como número de unidades comerciales de magnitud y exponente dados, se escogen en función de la limitación deseada para la tensión en el intervalo disruptivo. Así, con 150 voltios como máximo, y con un material no lineal de un exponente de 5, por ejemplo, un aumento de tensión hasta los 200 voltios daría lugar a una corriente de escape de descarga, a través de la resistencia, más de cuatro veces más intensa que a 150 voltios. El efecto resultante es el de limitar rápidamente la tendencia de la tensión del condensador a aumentar por encima de un nivel absoluto de tensión dado. Y lo que es muy importante, se impide el aumento cumulativo de la tensión en el condensador por efecto de sucesivos impulsos a circuito abierto, porque la resistencia es baja únicamente cuando la tensión es alta. Si se utilizara una resistencia fija usual, habría de tener un valor óhmico lo bastante bajo para descargar por completo el condensador 20 entre períodos de carga a circuito abierto, para poder limitar la tensión con éxito. Naturalmente, un canino de escape de tan baja resistencia per-



59307

judicaría también la rapidez de carga del condensador 20.

Funcionamiento del aparato de las figuras 1 y 2:

5 Las curvas de las figs. 5a a 5e ilustran tanto el funcionamiento del circuito como las consideraciones de proyecto que trae consigo la elección de valores para los elementos componentes del aparato de la fig. 2 (y también para el de la fig. 1). Se obtiene un grado sorprendente-  
10 mente elevado de uniformidad de energía de descarga, y de utilización de cada semiperíodo del oscilador, recurriendo a medios limitadores o interruptores de descarga regulados en el tiempo.

La comparación de las diversas condiciones significativas de tensión y corriente del circuito se facilita  
15 por medio de la fig. 5a, que fija la escala de tiempos. Esta figura ilustra varios (en este caso 12) de los ciclos del oscilador a 40 kc/s, o 25 microsegundos por ciclo. La curva sinusoidal de la fig. 5a representa la tensión en vacío en bornes del devanado de enlace 21. Para el circuito  
20 de la fig. 1, con el rectificador 23 de muy baja resistencia, la tensión de cresta de enlace del oscilador puede escogerse de un valor aproximado a 200 voltios, ya que una tensión de 150 a 200 voltios representa un valor máximo conveniente en el intervalo disruptivo para distancias  
25 de separación normales. Para el circuito de la fig. 2, se necesita una mayor tensión de enlace para obtener la misma tensión en el intervalo disruptivo en un solo impulso de carga, debido a la mayor resistencia de los diodos 26. Por consiguiente, se dispone una toma 29 que proporcione una  
30 tensión de cresta (sin carga) de 450 voltios en el elemento



de enlace. Al variar las condiciones de carga se experimenta cierta distorsión del perfil de onda (no indicada), pero esto se aprecia de manera más significativa en el condensador de almacenamiento y en los electrodos del intervalo disruptivo. Los semiperíodos inversos o bloqueados se indican con líneas de trazo interrumpido, y representan el período de desionización de intervalo disruptivo de que potencialmente se dispone. Los semiperíodos directos o impulsos de carga van numerados de 1 a 12 para mayor conveniencia de identificación en el análisis que sigue:

Condiciones de circuito abierto:

Los dos primeros semiperíodos o impulsos 1 y 2 de las figs. 5a a 5e representan las condiciones de circuito abierto, durante las cuales el intervalo disruptivo G tiene una separación demasiado amplia para permitir la descarga de chispas a la tensión o a los productos tensión por tiempo, en cuestión. Estas condiciones se producen, por ejemplo, cuando la herramienta T ha sido rápidamente retirada para romper un cortocircuito. También se representan las condiciones de circuito abierto para el impulso 9.

Como se indica en la fig. 5b, el condensador descargado 20 se carga a un nivel comprendido entre 150 y 200 voltios durante el impulso 1, y así se queda. El uso de la resistencia no lineal 30 de la fig. 2 proporciona una manera particularmente ventajosa de dar uniformidad de acabado con una pérdida mínima de velocidad de corte. Con la misma elevada capacidad de almacenamiento (4 microfaradios) que en el funcionamiento de la fig. 1, el circuito de la fig. 2 actúa limitando la tensión en el condensador de almacena-



miento, durante las condiciones de circuito abierto, al mismo nivel, aproximadamente, que para el circuito de la fig. 1. Como la resistencia 30 es, por conveniencia, no lineal en el sentido limitador de tensión que se ha indicado, su efecto no es particularmente notable durante la presencia de tensiones inferiores en el condensador. Así se mantienen una rápida velocidad inicial de carga. El efecto global es el de proporcionar para el condensador una característica de carga de tensión por tiempo en la cual la velocidad de carga sea muy acentuada hasta llegar a un brusco codo, después del cual sigue casi al mismo nivel con sólo una ligera declinación.

Durante el primer impulso de carga de fig. 5c fluye corriente al condensador de almacenamiento, mientras sube la tensión en éste. Al condensador 20 le puede llegar una pequeñísima intensidad de corriente durante la parte de cresta del impulso 2 debido a una caída de la tensión del condensador por corriente de fuga, entre impulsos de carga. La tensión en el intervalo disruptivo, por no estar éste conduciendo, sigue la tensión del condensador como se indica en la fig. 5d. En condiciones de circuito abierto no hay corriente en el intervalo disruptivo, como se indica en la fig. 5e.

La energía acumulada durante los ciclos de circuito abierto se descarga eventualmente cuando las condiciones del intervalo disruptivo lo permiten. La limitación de la tensión del intervalo regula convenientemente la máxima distancia de separación de intervalo para la cual puede producirse descarga disruptiva, ya que la relación de complementariedad entre el contorno de la pieza a trabajar y el con-



258307

torno de la herramienta es menos precisa cuando la descarga se produce a grandes distancias de separación de separación. Y, naturalmente, si la tensión del condensador se elevara de impulso a impulso hasta producirse la  
5 descarga disruptiva, la elevada energía de descarga resultante estropearía la uniformidad de remoción de material por cada descarga, en aplicaciones en las que sea probable encontrar condiciones de circuito abierto.

10 Condiciones normales de corte:

Los impulsos 3 a 8 y 10 ilustran la gama de condiciones con que se tropieza durante las condiciones normales de corte cuando el intervalo disruptivo se mantiene en el margen deseado o normal de distancias de separación. La  
15 descarga disruptiva puede producirse a potenciales bajos, de sólo 40 voltios. Pudiera también esperarse una subida de tensión hasta las proximidades de 150 voltios, especialmente teniendo en cuenta lo pequeñísimo de los productos tensión por tiempo que intervienen.

20 Como el circuito de descarga está sintonizado a una frecuencia mayor que la del manantial, las irregularidades de distribución en el tiempo de las descargas disruptivas tienen sólo un limitado efecto en la uniformidad de descarga. Así, si la descarga disruptiva se produce en un instante  
25 tardío del impulso, la energía almacenada en el condensador 20 queda disponible para la descarga. Si la descarga disruptiva se produce pronto en el ciclo, la energía procedente del oscilador es suministrada directamente al intervalo, para el resto del semiperíodo de carga. El condensador de almacenamiento de energía sirve así, además,  
30

289367



de regulador o compensador de las irregularidades de distribución de la descarga en el tiempo, y es empleado así ventajosamente con el manantial de tensión alterna rectificada, ya sea la frecuencia de resonancia del circuito de descarga sólo muy poco más alta, o ya sea muchas veces mayor, que la frecuencia del oscilador.

5

Al aproximarse la frecuencia la resonancia del circuito de descarga a la frecuencia del oscilador, sin dejar de ser ligeramente mayor que ésta, se produce una acción compensadora o reguladora particularmente significativa.

10

Esto viene ilustrado mediante la frecuencia de resonancia de descarga de 50 kc/s a que funciona el aparato aquí descrito. En estas condiciones, el importante primer semiperíodo positivo de energía de descarga se prolonga durante la mayor parte (un 80%) del período completo del impulso de carga del oscilador. La descarga disruptiva que se produce cerca del final del semiperíodo de carga vendrá seguida todavía de una descarga útil de plena duración. De ese modo se obtiene una descarga de duración casi constante, independientemente de en qué momento se produzca la chispa o descarga de ruptura. También se prolonga la alternancia negativa (durante la cual la herramienta electródica es positiva con respecto a la pieza a trabajar), pero la desventaja de desgaste de la herramienta es más que compensada por el mejor funcionamiento que se obtiene en comparación con los generadores usuales de energía de corte y las elevadas velocidades de corte resultantes. Esta acción reguladora es en un sentido una acción sincronizadora, ya que restablece las condiciones deseadas necesarias para obtener impulsos uniformes de corriente positiva de descarga. No per-

15

20

25

30



## 5

mite, en cambio, que se produzca el tipo indeseable de sincronismo oscilatorio en el cual se establecen los impulsos negativos de corriente.

5 La fig. 5a ilustra una diversidad de tiempos instantáneos para los cuales puede producirse la chispa de ruptura. Como se observará por las figs. 5b, 5c, 5d y 5e, la irregularidad de distribución o producción de descargas en el tiempo puede en algunos casos originar una limitada conducción portadora entre impulsos positivos, pero la desionización se logra usualmente durante el primer semiperiodo negativo de oscilador que se produzca después de la descarga disruptiva. Cuando el condensador 20 ha sido cargado a la tensión limitadora, y permanece a esa tensión durante una condición de circuito abierto, se origina una  
10 situación que puede dar lugar a perturbaciones. Como consecuencia de ello puede producirse la descarga con igual probabilidad en cualquier momento durante el ciclo de regulación en el tiempo representado por la tensión del elemento de enlace del oscilador.

20 Considerando, por ejemplo, el caso de ruptura al comienzo del impulso 3, es preciso disipar la totalidad de la carga del condensador de almacenamiento 20 más toda la energía del impulso de carga positivo. Esto da lugar a una tensión negativa en el condensador 20 (fig. 5b) y a una corriente negativa en el intervalo disruptivo (fig. 5e) durante una parte del semiperíodo de bloqueo del oscilador que sigue al impulso 3. Ahora bien, la corriente se desioniza normalmente antes de la aplicación del impulso 4. En otro ejemplo ilustrado, en el que la ruptura se produce  
25 muy poco antes de la aplicación del impulso positivo 10  
30

25 3307



que sigue a unas breves condiciones de circuito abierto, la descarga de energía aumenta debido a la energía que procede directamente del manantial de enlace durante el impulso 10. Ahora bien, el período de oscilación de descarga es menor que el del manantial, e impide que la descarga se prolongue. El impulso de corriente negativa de descarga a través del intervalo disruptivo se completa bastante antes del final del semiperíodo de bloqueo que sigue al impulso 10, como se indica en las figuras.

Otras condiciones se ilustran en el transcurso de la descarga disruptiva durante los impulsos positivos 4, 5, 6, 7 y 8. Usualmente, puede esperarse que se produzca la ruptura antes de que la tensión del condensador alcance su valor de cresta disponible. No obstante, como en el impulso 4, la ruptura puede ocurrir en la cresta de la tensión del elemento de enlace, con una posible conducción negativa de corriente en el intervalo disruptivo hasta el impulso 5. En tal caso, el hecho de ser más corto el período de la frecuencia resonante de descarga hace que la tensión del condensador se vuelva positiva antes de hacerlo la tensión de enlace del oscilador aplicada durante el impulso 5. Así se asegura la desionización del intervalo disruptivo al final del impulso inicial de corriente que acompaña al impulso 5. La situación normalmente esperada durante el impulso aplicado 8 ilustra la ruptura que se produce antes de que la tensión del condensador haya llegado al valor de cresta disponible. En tal ejemplo, el impulso positivo viene seguido de una rápida desionización del intervalo disruptivo, dejando un semiperíodo completo antes de la aplicación del impulso 9. El circuito funciona de esta manera -

259367



durante la mayor parte de la operación de mecanización o electroerosión.

Como se apreciará por una comparación de las tensiones y corrientes simultáneas de las figuras 5a a 5e, ya se produzca pronto o tarde la ruptura de chispa durante un impulso de carga, alguna combinación de la energía ya almacenada en el condensador 20 y la energía restante del impulso de carga produce efectivamente un impulso positivo de descarga a través del intervalo disruptivo.

Intervalo disruptivo en cortocircuito:

En el caso de que el intervalo disruptivo llegue a ponerse en cortocircuito, como puede suceder cuando resulta puenteado por partículas desalojadas, debe evitarse que continúe o se produzca de modo permanente un arco térmico y una soldadura de la herramienta al trabajar.

Los impulsos 11 y 12 representan tal período de cortocircuito, durante el cual la tensión de intervalo disruptivo de la fig. 5d es nula, por no existir, en efecto, intervalo alguno. Cuando la frecuencia del circuito de descarga se aproxima a la del oscilador, el condensador se descarga como es cargado, siguiendo la curva de tensión el perfil de la del enlace del oscilador cargado, como se indica en la fig. 5b. La corriente de intervalo disruptivo en la fig. 5e sigue una curva semejante. Las corrientes de cresta que pasan por los electrodos cortocircuitados son, para mayor ventaja, algo menores que las corrientes normales de cresta durante el corte. Esta ventaja proviene del hecho de que la corriente de cortocircuito, como se indica en la fig. 5e, se distribuye por todo el ciclo



completo de la frecuencia de manantial, de 40 kc/s, en lugar de concentrarse en el semiperíodo, más corto, de la superior frecuencia de descarga resonante. Las tensiones oscilatorias del condensador de almacenamiento de energía originan el paso de pequeñas corriente inversas durante los semiperíodos negativos del manantial mientras el intervalo disruptivo continúa cortocircuitado. Sin embargo, no puede fluir corriente alguna del manantial por el circuito de descarga durante los semiperíodos negativos bloqueados.

Descripción del aparato de las figs. 3 y 4:

Para un corte de acabado fino, o una mecanización de pequeños agujeros superior en velocidad y calidad a la obtenida por simple reducción de la capacidad de almacenamiento en el aparato de las figuras 1 o 2, se emplea el aparato de las figs. 3 y 4. Este ofrece particulares ventajas, especialmente en lo que se refiere a la limitación de corrientes de cortocircuito. Como se apreciará, para tal mecanización se necesitan descargas de poca energía, y todo daño sufrido de tipo térmico o de soldadura perjudica seriamente los resultados necesarios en la mecanización.

En la fig. 3, el circuito de carga puede ser el de la fig. 1, en el cual un oscilador 10 tiene una bobina de resonancia 14 a la cual va acoplado el devanado de enlace 21. Para los requisitos de un acabado fino, la tensión de cresta en el devanado de enlace se ha venido eligiendo en casos reales de 250 voltios (en contraste con los 450 voltios de toma del aparato de desbaste de la fig.



2). La capacidad del condensador 20 se reduce, adecuadamente, en diez veces o más.

5           Conforme a la invención, la principal diferencia entre el aparato de la fig. 3 y el anteriormente descrito consiste en la adición de un segundo condensador 31 en serie con el intervalo disruptivo en el circuito de descarga. Tal condensador en serie limita la descarga procedente del condensador shunt o de almacenamiento 20, alcanzándose un equilibrio posdisruptivo una vez descargado el condensador shunt 20 al nivel intermedio de tensión al cual éste carga el condensador serie 31. Esta tensión de equilibrio es menor que la necesaria para mantener la ionización en el intervalo disruptivo.

15           Para impedir que la tensión de equilibrio suba y que la diferencia de tensiones entre los condensadores disminuya con cada descarga sucesiva, es esencial disponer de medios para limitar la tensión en el condensador en serie. Los medios limitadores de tensión consisten preferible y simplemente en una resistencia 32 conectada en bornes del condensador serie, resistencia que es no lineal en el sentido de que su valor óhmico decrece al aumentar la tensión entre extremos de la misma. Como reguladora de tensión, su potencial efectivo de cambio o limitación se escoge de modo que limita la tensión en el condensador -  
20 serie a un valor aproximadamente igual o menor que la tensión de equilibrio de descarga única resultante de la descarga del condensador shunt sobre un condensador serie no cargado. Como resistencia de escape, la resistencia 32 disminuye también la carga almacenada en el condensador en serie  
25 31 en el período entre descargas. Se ha visto que es apro-  
30



5 piada una resistencia de "Thyrite" tal como la resistencia 30 de la fig. 2. Por ejemplo, donde se utilizaron dos elementos en serie para la resistencia limitadora de tensión 30 en un equipo que represente el puesto de corte rápido de la fig. 2, estos dos mismos elementos se conectaron en paralelo formando la resistencia 32 del circuito de la fig. 3 o del de la fig. 4. Su función y selección se describen con mayor detalle al hablar del funcionamiento del circuito.

10 Las capacidades de los condensadores serie y shunt son convenientemente iguales, para un óptimo equilibrio de eficacia y protección contra cortocircuitos, la tensión de equilibrio de descarga única es encontrada una fracción de la tensión de cresta de la cual se carga el condensador 20. El análisis del circuito de descarga depende en cierto modo del valor y situación de las inductancias distribuídas. Ahora bien, la frecuencia de resonancia, vista desde los terminales del condensador 20 a los cuales va conectado el manantial de carga es, por conveniencia, alta con respecto a la frecuencia del oscilador. No se intenta adaptar ni aproximar entre sí las dos frecuencias. Naturalmente, el intervalo disruptivo G, cuando no conduce, presenta una capacidad en serie, pero esta capacidad es tan pequeña que no da lugar a carga sensible alguna del condensador serie 31 durante la carga del condensador serie 31 durante la carga del condensador shunt 20.

30 Por consiguiente, antes de producirse la descarga, no existe tensión alguna apreciable en bornes del condensador serie 31, y la tensión en el intervalo disruptivo

259367



es esencialmente la misma que existe entre bornes del condensador shunt 20. Puede haber en paralelo con el intervalo disruptivo un camino de alta resistencia en forma de circuito de entrada para el control de avance de la herramienta electrodica (no representado), pero como tal no eliminaría la tensión en bornes del intervalo disruptivo, vista la inferior resistencia que ofrece el elemento resistivo de escape 34. La corriente del circuito de derivación es limitada positivamente del modo más sensible ya que el condensador 31 y la resistencia 32 están en todo momento intercalados entre el intervalo disruptivo y el oscilador u otro manantial de energía.

Si bien el condensador serie 31 puede hacerse también más pequeño que el condensador shunt, para limitar aún más la descarga, no se ha visto que esto sea ventajoso, ya que reduce el nivel al cual se descarga el condensador shunt. En efecto, la capacidad shunt útil sigue siendo igual a la capacidad serie. Una capacidad serie que sea grande con respecto a la condensación shunt descargará a este último de modo más completo, pero a expensas de la limitación de corriente de cortocircuito respecto a la corriente de corte normal. Así, las crestas de intensidad de corriente de cortocircuito serían, con toda probabilidad, más altas en lugar de más bajas que las corriente de cresta de corte.

En la fig. 4 se ilustra una modificación que representa una disposición de equipo para acabados finos definitivos, que emplea también una resistencia limitadora 31 en serie. No se utiliza condensador shunt independiente alguno. Su función viene desempeñada por la capacidad propia

250307



o distribuída 28 del transformador de filamentos 27 del diodo o los diodos rectificadores 26. Esta capacidad, en una instalación ilustrativa, se vió que era de 0,02 microfaradios, y el mismo valor se eligió para el condensador en serie 31.

Como con las pequeñas capacidades 28 y 31 de la fig. 4 se busca un acabado muy fino, la tensión de enlace puede ser disminuída. En una de estas instalaciones, se escogió la toma 29 de modo que aplicara del oscilador una tensión de cresta de 200 voltios, la cual, en condiciones de carga de utilización, bastó para cargar el condensador 23 aproximadamente a un valor medio de unos 100 voltios.

#### Funcionamiento del aparato de las figs. 3 y 4:

Las curvas de las figs. 6a a 6e ilustran el funcionamiento del aparato del tipo ilustrado en las figs. 3 y 4, y están trazadas particularmente para las condiciones de circuito mencionadas en la descripción del aparato de la fig. 3. Estas condiciones incluyen la aplicación de una tensión de cresta de 250 voltios desde el elemento de enlace de 40 kc/s, y unas capacidades de 0,5 microfaradios para los condensadores 20 y 31. Como en la fig. 5a, la fig. 6a ilustra una sucesión de ciclos del oscilador, de los cuales los semiperíodos directos o impulsos de carga van numerados sucesivamente de 1 a 10.

#### Condiciones de circuito abierto:

Los dos primeros semiperíodos o impulsos 1 y 2 de las figs. 6a a 6e representan las condiciones de circuito abierto, durante las cuales no se produce descarga disruptiva

259367



alguna. Como el valor del condensador shunt 20 es relativamente pequeño en los circuitos de corte fino, la tensión en bornes del condensador shunt 20 sube desde cero a un valor sensiblemente máximo durante el impulso 1, como se indica en la fig. 6b. La tensión del condensador, pues, sigue la tensión del elemento de enlace menos de caída de tensión entre extremos del rectificador 25.

durante los impulsos de circuito abierto, en bornes del condensador serie 31 aparece sólo una tensión insignificante, y si no hubiera caminos de fuga en el intervalo disruptivo, ni capacidades de conexiones e intervalo, no habría que esperar la existencia de tensión alguna, como lo confirma la fig. 6c. Esto supone que toda carga previamente almacenada en el condensador 31 ha sido disipada, debido a largos períodos de inactividad o a condiciones de circuito abierto. Es estas condiciones, en el intervalo G aparece una tensión de circuito abierto que se aproxima a la existente en bornes del condensador shunt 20, como se indica en la fig. 6d.

#### Condiciones normales de corte:

Las descargas disruptivas que se producen en los impulsos 3 a 8 ilustran las condiciones normales de corte existentes cuando el intervalo disruptivo está ajustado entre los límites de separación normal. Las distancias de separación son típicamente pequeñas para cortes finos y las descargas, según se ha visto, se producen de modo bastante consecuente cerca de la cresta de la tensión aplicable al intervalo. Cuando el período de resonancia de la descarga es mucho menor que el período del oscilador, no se han



250307

producido trenes oscilatorios de transporte inverso entre impulsos.

5 Como se indica en la fig. 6b, la tensión del condensador shunt sube durante la carga hasta alcanzar un valor superior a los 200 voltios, cayendo luego muy rápidamente a la ruptura hasta llegar a un nivel de equilibrio de aproximadamente 100 voltios. La fig. 6c muestra que la tensión no sube lentamente en el condensador 3l hasta alcanzar el valor de equilibrio, sino que, por el contrario, sube rápidamente al producirse la ruptura, sobrepasando el valor de equilibrio. La tensión de cresta en bornes del condensador serie 3l se reduce rápidamente, en cambio, con un mínimo de tiempo de oscilación en vista de la reducidísima constante de tiempo de descarga del condensador 3l combinado con la resistencia 33. Durante el período de sobretensión, la resistencia es muy baja, ya que la tensión aplicada se encuentra por encima del potencial efectivo de limitación o cambio. La tensión en el intervalo, como se indica en la fig. 6d, durante los impulsos 3 a 8, cae a un reducido potencial de ionización comprendido, típicamente, entre 20 y 30 voltios. Cuando las tensiones de los dos condensadores alcanzan un nivel de estado permanente, con una diferencia de tensiones menor que la tensión de ionización del intervalo disruptivo, éste se desioniza y la descarga se termina.

10

15

20

25

La corriente en el intervalo, indicada en la fig. 6e, tiene un impulso principal de descarga durante el cual la pieza a trabajar es positiva con respecto a la herramienta electródica. Puede ir detrás un impulso negativo más pequeño (no ilustrado), pero toda tendencia a oscilar queda rá-

30

259367



pidamente amortiguada.

Una vez terminada la corriente de descarga, la tensión del condensador 31 decrece durante el lapso relativamente largo entre períodos de descarga, debido al camino resistivo de escape que presenta la resistencia shunt 32. Para tales tensiones aplicadas, la resistencia es relativamente elevada, y la disminución de tensión queda limitada (a un nivel próximo a los 60 voltios, como se indica en la fig. 6c) de modo que la diferencia de tensiones entre los condensadores no alcanza un valor de descarga en el intervalo disruptivo antes de llegar a aplicarse el siguiente impulso procedente del manantial. Esta tensión de condensador serie rebaja la tensión de intervalo disruptivo en todo momento durante la aplicación de un impulso de manantial, para unos valores de capacidad y niveles de tensión de carga dados.

Intervalo disruptivo en cortocircuito:

La fig. 6e ilustra una importantísima ventaja que acompaña a la uniformidad de corte de acabado fino del circuito de la fig. 3 (o de la fig. 4) durante los impulsos 9 y 10, y peculiarmente resultante de la estructura nueva en su género. La corriente de cortocircuito a través del intervalo disruptivo es limitada por el condensador 31 en serie con el manantial y el intervalo. Si bien la resistencia 32 puede disminuir a un valor muy bajo, la corriente de cortocircuito nunca es limitada sólo por esta resistencia. Esto es consecuencia del hecho de que la resistencia 32 tiene un reducido valor, que permite el paso de una alta intensidad de corriente, sólo cuando apare-



ce en bornes del condensador 31 una tensión relativamente alta. La corriente de cortocircuito se limita de modo efectivo a aquella producida por la diferencia entre la tensión instantánea aplicada y una tensión de condensador que tiene un valor mínimo (en este caso, aproximadamente la mitad del valor de tensión en vacío del manantial).

Con los condensadores 20 y 31 en paralelo durante el cortocircuito, su tensión sube y baja en éstos más lentamente que cuando el intervalo G se halla sujeto a descarga disruptiva. La corriente de carga que atraviesa entonces la herramienta T y la pieza a trabajar W es, pues, menor que la corriente de descarga durante el corte normal. La intensidad de corriente a través del intervalo es siempre proporcional a la tensión instantánea en bornes del condensador 20 disminuída en la tensión que aparece en bornes del condensador 31. Como la resistencia no lineal 32 tiene un elevado valor óhmico hasta que la tensión aplicada entre sus extremos alcanza el potencial al cual conmuta de un modo efectivo, la intensidad de la corriente que atraviesa el intervalo disruptivo en cortocircuito queda limitada a un valor de seguridad durante todo el ciclo de carga. De no existir el brusco cambio de condiciones producido por la ruptura, la resistencia 32 resulta muy eficaz para amortiguar oscilaciones y detener el paso de corrientes inversas durante los semiperíodos negativos.

El efecto global es el de limitar las intensidades de cresta de corriente de cortocircuito a través de la pieza a trabajar, a un valor muy inferior al de la corriente de cresta de corte normal. Parte de la energía es disipada en la resistencia 32. Este control selectivo automático im-

253307



pide por completo que se produzcan daños por cortocircuito en la superficie mecanizada de la pieza a trabajar. Los impulsos 9 y 10 de la fig. 6a, como se refleja en los impulsos de corriente de la fig. 6e, ilustran la condición descrita. Además, de la limitación de corriente de cresta, se disminuyen tanto la corriente media como la de cresta de cortocircuito, mediante el uso del circuito de condensador en serie ya que, en efecto, se resta siempre una tensión apreciable de la tensión de manantial aplicada a los electrodos, del intervalo disruptivo.

En los aparatos de las figs. 3 y 4 pueden efectuarse varias modificaciones, conservando todas o algunas de las ventajas de funcionamiento y sin apartarse por ello del espíritu de la invención. Por ejemplo, la resistencia 32 puede escogerse de modo que descargue el condensador serie 31 durante los intervalos comprendidos entre descargas. Al condensador shunt 20 pueden alimentarle diversos tipos de manantial de energía, sin perderse por ello la utilidad del condensador en serie 31. Por ejemplo, puede aplicarse, por medio de una impedancia de carga adecuada, una tensión de corriente continua o pulsatoria, para obtener un modo de oscilación de relajación en el que el condensador 20 se cargue hasta llegar a la descarga disruptiva y la impedancia de carga limite el paso de corriente desde el manantial durante la descarga. En tal caso, la impedancia de carga no necesita ser la resistencia del rectificador 23, sino que puede ser una bobina de autoinducción o una resistencia.

Esta solicitud que corresponde a la presentada en E.U.A., el 2 de Julio de 1.959, bajo el número 824.503,

259367



se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

5

- N O T A -

10

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

15

1º. - Un aparato de mecanización por chispas, para desplazar partículas por descarga de chispas entre una pieza de trabajo conductora y un útil electrodo, cuyo aparato comprende un condensador de almacenamiento de corriente y medios de conducción unidireccional conectados en serie a una fuente de tensión alterna para dar una tensión a través de dicho condensador sólo durante semiciclos alternos de la fuente y medios de circuito de descarga para conectar el útil electrodo y la pieza de trabajo a través del condensador para iniciar el salto de las chispas cuando el voltaje a su través alcanza un nivel suficiente, teniendo dicho circuito de descarga una frecuencia resonante durante la descarga que es mayor que la frecuencia de la fuente de corriente.

25

2º. - Un aparato según el punto 1º, en el cual la inductancia del circuito de descarga está limitada para dar una frecuencia de descarga resonante solo ligeramente mayor que la frecuencia de la fuente de tensión.

30

3º. - Un aparato según los puntos 1º o 2º, en el cual la fuente de tensión alterna tiene una frecuencia

258367



igual al ritmo de repetición deseado de la descarga de chispas.

5 4º. - Un aparato según los puntos 1º, 2º o 3º, en el cual la fuente de tensión comprende un oscilador de alta frecuencia, incluyendo dicho aparato medios de circuito de carga para acoplar dicho oscilador a través de dicho condensador y a través de dichos medios unidireccionales para proporcionar un voltaje a través del condensador sólo durante semiciclos alternados del oscilador.

10

15 5º. - Un aparato de mecanización por chispas para desplazar partículas por descargas de chispas entre una pieza de trabajo conductora y un útil electrodo espaciados, cuyo aparato comprende un condensador de almacenamiento y un medio conductor unidireccionalmente, conectados en serie a una fuente de tensión alterna para proporcionar una tensión de carga a través de dicho condensador solo durante semiciclos alternados de la fuente, y medios de circuito de descarga que conectan el útil electrodo y la pieza de trabajo a través de la corriente de descarga del condensador después del salto de chispa, siempre que ocurre -

20 durante el ciclo de la fuente, teniendo dicho circuito de descarga un periodo de descarga resonante que es ligeramente más corto que el periodo de dicha fuente alterna para dar descarga de energía sustancialmente uniforme independiente de la regulación del salto de la chispa.

25

30 6º. - Un aparato según el punto 5º, en el cual la fuente de tensión alterna comprende un oscilador que tiene una alta frecuencia igual a la deseada frecuencia de repetición y los medios conductores unidireccionalmente tienen

259367



la forma de un rectificador de semi-ondas, incluyendo los medios del circuito de descarga conductores de distancia explosiva para conectar el útil electrodo y la pieza de trabajo en circuito con dicha fuente a través de dicho  
5 rectificador de semi-ondas para dar impulsos de voltaje espaciados en el tiempo de una polaridad a través de la distancia explosiva, y un condensador de almacenamiento conectado a través de dicha distancia explosiva, con lo cual al salto de la chispa siguen descargas de energías sustanciales independientemente del instante, durante cada ciclo de la fuente, cuando ocurre dicho salto de la chispa.  
10

7<sup>o</sup>. - Un aparato según los puntos 5<sup>o</sup> o 6<sup>o</sup>, que incluye una distancia explosiva rellena de un fluido ionizable definida entre un útil electrodo y una pieza de trabajo conductora expuesta a descarga de chispas dentro de una gama de voltajes aplicados desde una fuente de tensión alterna con una frecuencia igual a la frecuencia de repetición deseada y que comprende un primer condensador de almacenamiento, medios para aplicar un voltaje de carga de la fuente a través del condensador solamente durante semiciclos alternados de la fuente, un segundo condensador, medios que conecten dicha distancia explosiva y dicho segundo condensador en serie a través de dicho primer condensador para descargar el primer condensador en el segundo condensador cuando el voltaje de la distancia explosiva alcanza un valor de salto de chispa, y medios para impedir que la carga del segundo condensador se acumule sobre semiciclos sucesivos.  
15  
20  
25

8<sup>o</sup>. - Un aparato según el punto 7<sup>o</sup>, en el cual los últimos medios mencionados incluyen medios reguladores de  
30



voltaje para limitar el voltaje de dicho segundo condensador a un valor sustancialmente menor que el voltaje de la fuente.

5 9º. - Un aparato según los puntos 7º u 8º, en el cual los últimos medios citados consisten en una resistencia no lineal conectada a través del segundo condensador y a través de la cual la corriente aumenta como exponente plural del voltaje a través del segundo condensador.

10 10º. - Un aparato de mecanización por chispas para desplazar partículas de una pieza de trabajo conductora por una serie de descargas de salto de chispas espaciadas en el tiempo a través de una distancia explosiva normal rellena de un fluido dieléctrico ionizable que constituye un espaciamiento mantenido entre la pieza de trabajo y un útil electrodo, incluyendo dicho aparato condensadores de almacenamien  
15 to de energía primero y segundo, medios que conectan el segundo condensador y la distancia explosiva en serie a través del primer condensador, medios para aplicar una tensión a través de dicho primer condensador para iniciar el salto  
20 de la chispa y descargar el primer condensador dentro del segundo condensador a través de la distancia explosiva ionizada, y medios para limitar la carga almacenada por el segundo condensador a un nivel de voltaje inferior al voltaje aplicado al primer condensador.

25 11º. - Un aparato según el punto 10º, que incluye una impedancia de carga, una fuente de tensión unidireccional y medios para conectar el suministro de tensión a través de la impedancia a través de dicho primer condensador para iniciar el salto de la chispa y la descarga del  
30 primer condensador en el segundo condensador a través de



la distancia explosiva ionizada.

5 12º. - Un aparato según el punto 11º, que incluye un oscilador, medios de circuito de carga para acoplar dicho oscilador a través de dicho condensador y a través de dichos medios unidireccionales para dar un voltaje a través del primer condensador solamente durante semiciclos alternados del oscilador, y medios de circuito de descarga que conectan el segundo condensador y la distancia explosiva en serie a través del primer condensador para iniciar una descarga en el segundo condensador siempre que 10 el voltaje en la distancia explosiva llegue a un valor de salto de chispa.

15 13º. - Un aparato según el punto 12º, en el cual la inductancia del circuito de descarga está limitada para dar una frecuencia de descarga resonante mayor que la frecuencia del oscilador.

20 14º. - Un aparato según los puntos 12º o 13º, en el cual hay una impedancia reguladora de voltaje, no lineal, que shunta al segundo condensador para limitar la carga de voltaje residual en el segundo condensador.

15º. - Un aparato según cualquiera de los puntos 10º a 14º, en el cual los condensadores primero y segundo tienen capacitancias sustanciales.

25 16º. - Un aparato para corte por chispas para limitar corrientes de corto-circuito a través de una pieza de trabajo y de un útil electrodo a un valor por debajo de las corrientes de descarga de salto de chispa cuando la pieza de trabajo y el útil electrodo definen una distancia explosiva entre ellos que comprende un primer condensador 30 conectado a una fuente de tensión de carga, y un segundo

259307



condensador conectado en serie con la distancia explosiva a través del primer condensador, estando dicho segundo condensador shuntado por una resistencia limitadora de voltaje.

5                    17ª. - Un dispositivo de control de corto-circuitos, en o para un aparato de mecanización por chispas que tiene un condensador de almacenaje cargado desde una fuente de tensión y descargado por salto de chispa a través de una distancia explosiva definida entre una pieza de  
10 trabajo conductora y un útil electrodo y en el cual el dispositivo está destinado a limitar el paso de corriente a través de la pieza de trabajo en el caso de que la distancia explosiva resulte cortocircuitada, comprendiendo dicho dispositivo un segundo condensador conectado en serie  
15 con la distancia explosiva y medios de resistencia no lineales que shuntan dicho segundo condensador para limitar su voltaje.

18ª. - Un aparato de mecanización por chispas.

Tal y como se ha descrito en la memoria que antecede,  
20 representado en los dibujos que se acompañan y con los fines que se han especificado.

Esta memoria consta de treinta y nueve hojas escritas a máquina por una sola de sus caras.

25                    Madrid,

P. M.

Fig. 1

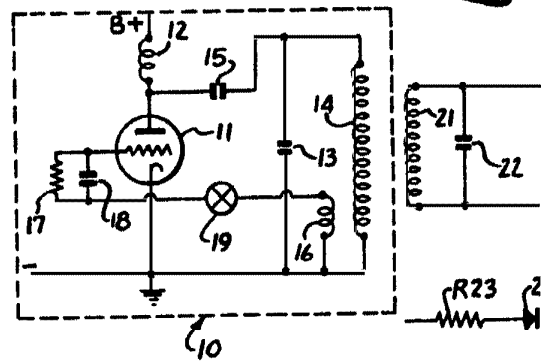


Fig. 1a

Fig. 5a

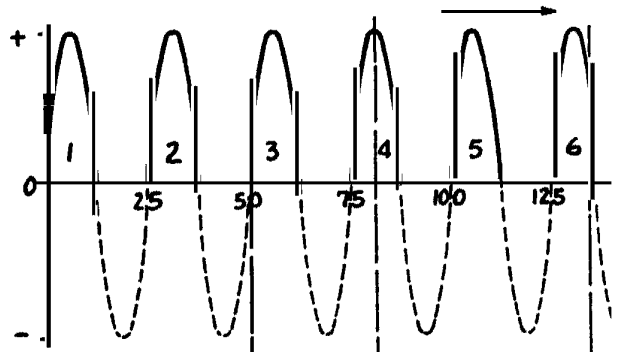


Fig. 5b

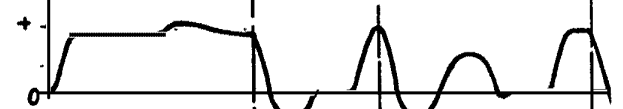


Fig. 5c

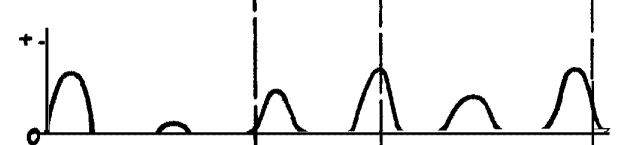


Fig. 5d

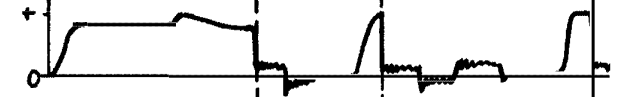
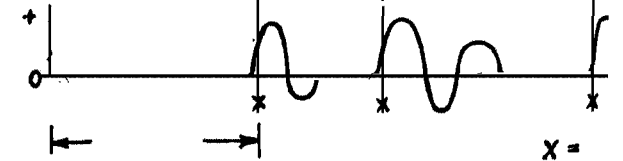


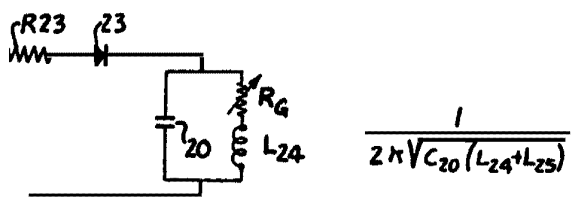
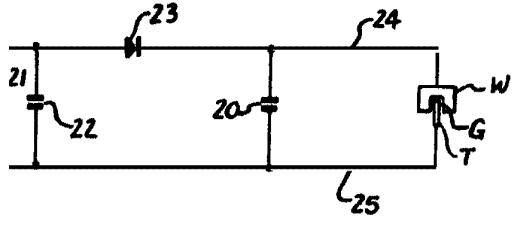
Fig. 5e



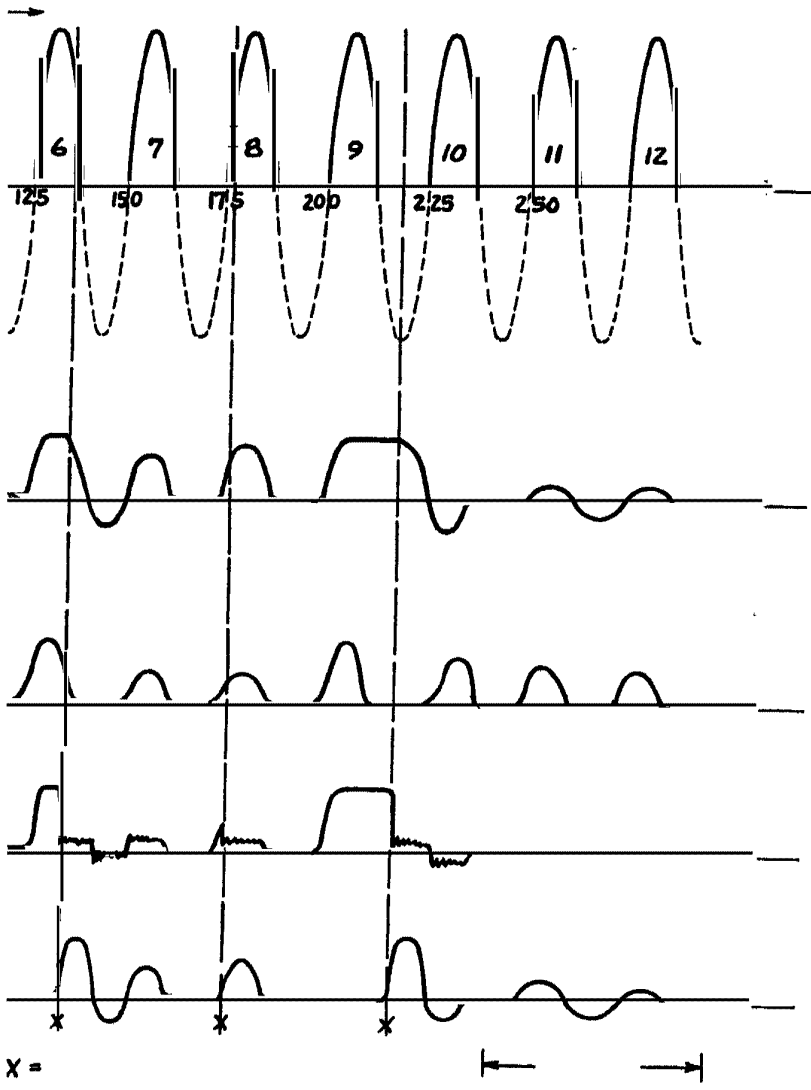


259307

انحناء



$$\frac{1}{2\pi\sqrt{C_{20}(L_{24}+L_{25})}}$$



*[Handwritten signature or initials]*

Fig. 2

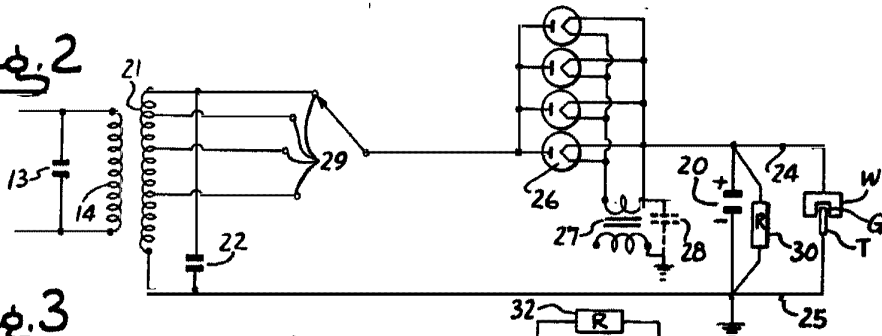


Fig. 3

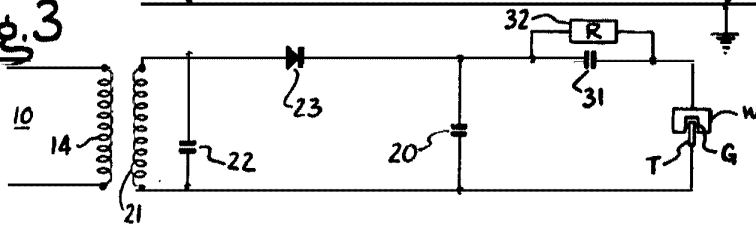


Fig. 4

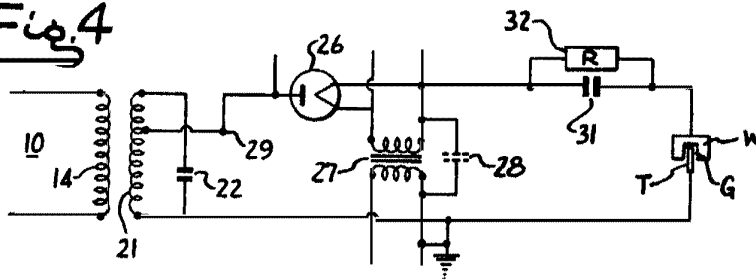


Fig. 6a

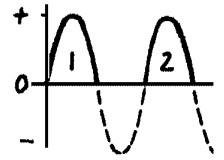


Fig. 6b



Fig. 6c

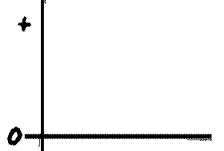


Fig. 6d

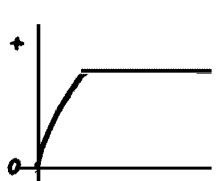
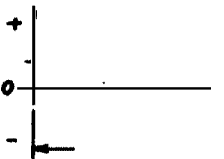


Fig. 6e

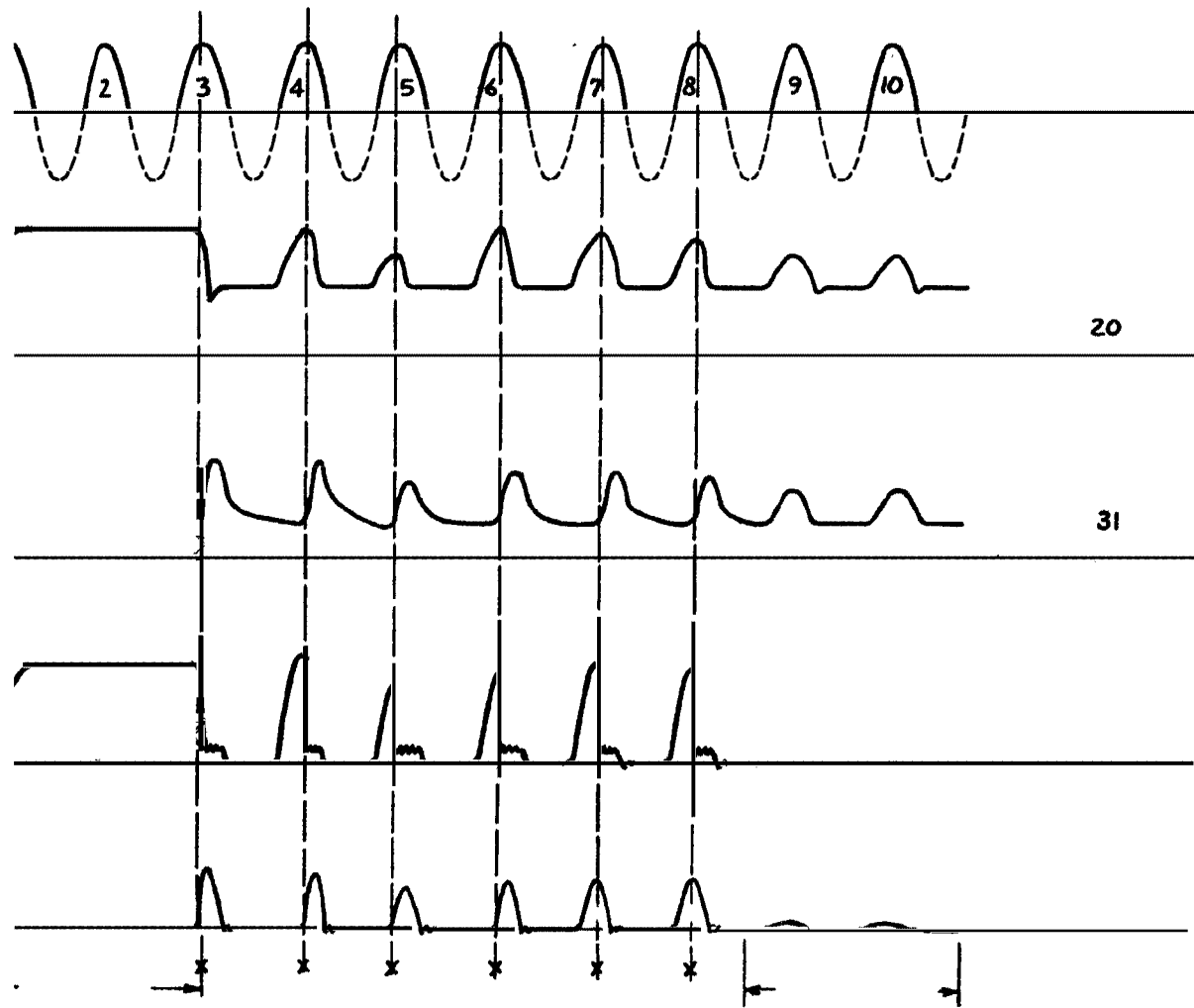


Escala variable

11/11



119367



11/11