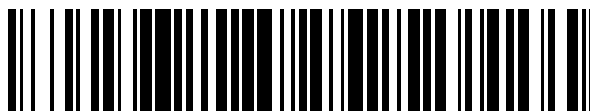


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 388 214**

51 Int. Cl.:

H03K 3/53

(2006.01)

A23L 1/025

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05726506 .8**

96 Fecha de presentación: **09.04.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1751860**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.02.2007**

54 Título: **Instalación para la electroporación de producto de proceso biológicamente vegetal**

30 Prioridad:
18.05.2004 DE 102004025046

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
10.10.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
10.10.2012

73 Titular/es:
**KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE
KAISERSTRASSE 12
76131 KARLSRUHE, DE**

72 Inventor/es:
**SACK, Martin y
SCHULTHEISS, Christoph**

74 Agente/Representante:
de Elzaburu Márquez, Alberto

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

ES 2 388 214 T3

DESCRIPCIÓN

Instalación para la electroporación de producto de proceso biológicamente vegetal.

La invención se refiere a una instalación para la electroporación de frutas, bayas, cañas y raíces sumergidas en un líquido de proceso. Estos productos biológicamente vegetales se designan aquí como producto de proceso. La instalación está constituida por una cámara de reactor con dos grupos de electrodos opuestos entre sí en ella, que están conectados en la salida de una fuente de energía eléctrica, que se puede descargar en forma de impulsos, para generar campos eléctricos impulsados en la cámara de reactor entre los dos grupos de electrodos. A este respecto, se consigue temporalmente en cada caso una intensidad de campo, de tal manera que las células biológicas del producto de proceso, que se expone al menos una vez a tal campo eléctrico impulsado, se abren de forma irreversible. Este proceso de la generación de poros en material celular biológico se designa como electroporación, o bien una célula de este tipo es electroporada. Con corrientes de masas grandes, esto es una disgregación celular economizadora de energía de este producto de proceso biológico.

Para la electroporación de tales corrientes de masas grandes que deben procesarse industrialmente es necesaria, por una parte, una sección transversal suficientemente grande del transportador y, por otra parte, debe garantizarse sobre una longitud determinada a lo largo de la dirección de transporte una intensidad de campo suficientemente grande para la electroporación sobre todo el volumen dispuesto allí. Para secciones transversales grandes del transportador, son necesarias a tal fin superficies de electrodos comparativamente grandes, que implican una corriente eléctrica grande, que no se puede aplicar, en absoluto, de forma económica desde un generador Marx. Por razones de seguridad, la entrada y la salida del producto de proceso deben estar situadas a una distancia suficientemente grande de la zona de electroporación en potencial de masa.

En el caso de la impulsión monopolar (por ejemplo, Schultheim: "Development of an industrial electroporation device" Informe de la 25th International power modulation symposium, IEEE, 2002), una corriente de fuga hacia los electrodos de tierra por debajo de la superficie del agua conduce a pérdidas elevadas. Hasta ahora se emplean electrodos pequeños de forma circular con campo fuertemente inhomogéneo, que han sido impulsados desde generadores Marx de marcha libre. A través del campo inhomogéneo no se consigue la intensidad de campo mínima necesaria para la electroporación sobre todo el intervalo necesario de temperaturas en todas las zonas del reactor. Como consecuencia de la geometría redonda de los electrodos y de la impulsión no sincronizada, se producen pérdidas elevadas del campo marginal. La impulsión del producto de proceso en un campo homogéneo es estado de la técnica, pero hasta ahora se realiza con una tensión muy reducida y, por lo tanto intensidad de campo-E y con impulsos prolongados en el tiempo.

El funcionamiento aislado del generador Marx, aplicado en un prototipo de instalación propio de la sociedad "Mobile KEA", tiene el inconveniente de que como consecuencia de asimetrías del producto de proceso de electroporación, las tensiones parciales en las dos salidas frente a masa pueden adoptar valores más elevados que la mitad de la tensión de salida. El aislamiento debe diseñarse, por lo tanto, para más que la mitad de la tensión del generador, en el caso más desfavorable para toda la tensión del generador. En el caso del generador Marx puesto a tierra en el centro, la sonda de medición de la corriente se puede incorporar de manera ventajosa cerca de esta toma de tierra y entonces solamente debe aislarse para una tensión comparativamente reducida. En el caso de potencial central oscilante, como en el generador accionado aislado, debe tolerarse un gasto de aislamiento elevado para la sonda de medición de la corriente.

La invención tiene el problema de preparar un campo eléctrico impulsado de forma repetida, homogéneo en amplias zonas, de alta intensidad de campo y corta duración del impulso en un medio conductor para la electroporación industrial de corrientes de masas grandes en un volumen correspondientemente grande de una manera energéticamente eficiente y funcionalmente segura.

El problema se soluciona por medio de una instalación para la electroporación con los rasgos característicos de la reivindicación 1. La fuente de energía de la instalación está constituida eléctricamente bipolar. Está constituida por al menos un generador de impulsos de alta tensión bipolar con dos salidas de alta tensión, que contactan, respectivamente, con uno de los dos grupos de electrodos. En el caso de varios generadores de impulsos de alta tensión bipolar, estos están constituidos con la misma estructura. Y al menos en el caso de dos, pero también de más de dos generadores de impulsos de alta tensión, los mismos están provistos, respectivamente, con una instalación de disparo para encenderlos al mismo tiempo en el instante predeterminado. En el caso de un solo generador de impulsos de alta tensión, se puede suprimir la instalación de disparo cuando los trayectos de las chispas del generador de impulsos se extienden en la propia abertura. Si con una tensión de carga suficiente debe encenderse, determinado por el tiempo, también un generador de impulsos, entonces también es necesaria a tal fin la instalación de disparo.

Los dos grupos de electrodos están constituidos en cada caso por al menos un electrodo parcial. Por lo tanto, existe al menos una pareja de electrodos parciales, entre la cual se puede formar el campo eléctrico impulsado necesario para la electroporación. En este caso, un electrodo parcial está conectado solamente en una salida de alta tensión y nunca en varias salidas de alta tensión. A la inversa, una salida de alta tensión está conectada en al menos un electrodo parcial. Para los trabajos previstos de la instalación de electroporación es importante que el circuito de

carga conectado en la salida de un generador de impulsos de alta tensión sea en su impedancia compleja igual al circuito de carga conectado en otro generador de impulsos de alta tensión de la fuente de energía. Es decir, que las inductancias así como las resistencias óhmicas, incluidas las porciones del producto de proceso, son casi iguales en todos los circuitos de corrientes parciales, de manera que resultan desarrollos de curvas iguales. De esta manera, durante la descarga. Se puede mantener el desacoplamiento mutuo de los generadores de impulsos. Los al menos dos generadores de impulsos de alta tensión de la fuente de energía están desacoplados uno del otro durante la descarga a través de las resistencias electrolíticas formadas por el líquido de proceso entre los electrodos parciales. El electrolito es el líquido de proceso junto con eventuales porciones de solución, en el que circula el producto de proceso. En una instalación bien ajustada, la porción inductiva de las impedancias de los circuitos de corriente parciales predomina sobre la porción óhmica, de manera que con ello se reduce la influencia de inhomogeneidades resistivas en el interior de la cámara de electroporación sobre el desarrollo de las curvas.

A través de la impedancia compleja del circuito de descarga se establece el desarrollo de la tensión entre los dos grupos de electrodos o bien la corriente a través del producto de proceso – descarga de circuito RLC (como ejemplo, ver la figura 4). En principio, la porción real y la porción imaginaria de la impedancia compleja establecen el desarrollo, en el caso de R diferente de cero y en función de ello se extienden desde débilmente amortiguadas oscilando sobre amortiguadas aperiódicamente hasta fuertemente amortiguadas. Con frecuencia tales instalaciones para la electroporación con accionadas fuertemente amortiguadas oscilando hasta aperiódicamente amortiguadas, porque solamente la primera semi-oscilación de la descarga como generación de impulsos de campo eléctricos es importante o bien decisiva para el proceso. La subida y la amplitud del impulso se pueden regular de esta manera. Por obstante, en determinadas circunstancias, para la conservación de los condensadores del generador Marx se contempla también el desarrollo de la descarga desde aperiódicamente amortiguado hasta fuertemente amortiguado.

En las reivindicaciones 2 a 10 se describen configuraciones en la instalación que permiten desarrollar la electroporación de manera ventajosa.

Así, por ejemplo, el/los generador(es) de impulsos de alta tensión de la fuente de energía es / son generador(es) Marx de n-fase(s). Para un generador Marx es típica la carga paralela de sus fases y la conexión en serie y, por lo tanto, la adición de la tensión de éstas durante la descarga. Por lo tanto, el número de fases n en un generador Marx es ≥ 2 , en particular con relación a la bipolaridad eléctrica de la instalación, puesto que el potencial de referencia se ajusta en dependencia forzosa entre las fases o en el caso flotante se ajusta en medio. El inicio respectivo del generador y el extremo respectivo del generador de un generador Marx tiene dos salidas diferentes de potencial de alta tensión, en las que está conectada al menos una pareja de electrodos parciales (reivindicación 2). Los generadores Marx están conectados de la misma manera en un potencial de referencia, Éste es con frecuencia el potencial de tierra, pero puede ser diferente del mismo, si está justificado técnicamente (reivindicación 3). Como se expresa en la reivindicación 4, el potencial de referencia a través de conexión no es forzoso, puede estar en suspensión, en el lenguaje técnico se designa también como flotación. El potencial de masa se ajusta entonces entre los dos grupos de electrodos de una manera automática en la cámara de reactor, determinado por la geometría y el electrolito.

En un canal de circulación para el producto de proceso, los grupos de electrodos están opuestos fijamente entre sí (reivindicación 5) o se mueven uno con respecto al otro (reivindicación 6). En el último caso, ambos grupos de electrodos se mueven o solamente uno de ellos. Éste es el caso, por ejemplo, cuando se seleccionan rastrillos o tambores de transporte como componentes de construcción de una instalación de este tipo. Los electrodos parciales están expuestos desnudos en la cámara del reactor y los electrodos parciales incorporados fijamente de un grupo están avellanados o montados enrasados en la pared del reactor o sobresalen en la cámara del reactor.

Una configuración especial de la instalación de describe en la reivindicación 7. De acuerdo con ella, la instalación para la electroporación está constituida por la cámara del reactor en forma de una bandeja. Allí dos paredes de la bandeja están opuestas entre sí, entre las cuales circula el producto de proceso sumergido en el líquido de proceso. Una de las paredes de la bandeja está equipada con un grupo de electrodos parciales en forma de U y la otra pared de la bandeja está equipada de la misma manera con un grupo de electrodos parciales del mismo tipo y del mismo número. Los electrodos parciales se encuentran con respecto al plano medio enfrentados en simetría de espejo entre estas dos paredes con U abierta y se suceden en esta disposición por parejas en la dirección de la circulación. Al menos la zona interior de la U se encuentra desnuda en el líquido de proceso en circulación. En la pared de la bandeja que conecta estas dos paredes de la bandeja están insertados dos grupos de electrodos parciales del mismo tipo. Están configurados en forma de barra o en forma de banda. Estos dos grupos están colocados en simetría de espejo con respecto al plano medio explicado anteriormente. Siempre un electrodo parcial de uno de los grupos está alineado con el electrodo parcial del otro grupo en simetría de espejo, sin que se toquen. Las superficies expuestas en el interior de la bandeja de estos electrodos están desnudas en el líquido de proceso en circulación. Estos electrodos en forma de barra o en forma de banda se suceden igualmente por parejas en la dirección de la circulación.

Los electrodos parciales en forma de U y los electrodos parciales en forma de barra o en forma de banda sobre uno de los lados del plano medio están conectados entre sí a través de al menos un generador de impulsos de alta tensión bipolar. Los electrodos parciales en forma de U y los electrodos parciales en forma de barra o en forma de

banda sobre el otro lado del plano medio están conectados de la misma manera en al menos un generador de impulsos de alta tensión de este tipo.

- 5 Una disposición del tipo de peldaños de escalera de barras conductoras de electricidad, que están acopladas entre sí de forma no conductora de electricidad, se mueve con los dos extremos respectivos de la barra a través de los electrodos parciales en forma de U que se asientan en simetría de espejo entre sí, de tal manera que el eje longitudinal de las barras pasa siempre verticalmente a través del plano medio.

- 10 La disposición del tipo de peldaños de escalera con los electrodos en forma de U a través de la barra o barras que se extienden momentáneamente a través de una pareja de electrodos en forma de U está acoplada electrolíticamente a través del producto de proceso en el líquido de proceso, y de la misma manera los electrodos en forma de barra o en forma de banda, de manera que entre esta barra o estas barras y los electrodos en forma de barra o en forma de banda se configura durante la descarga del acumulador de energía eléctrica el campo eléctrico en forma de impulsos, que es necesario para la electroporación. A través del número n y del dimensionado de los electrodos en forma de U se puede caracterizar de manera decisiva el desarrollo del campo eléctrico con respecto a su homogeneidad / inhomogeneidad. En efecto, de manera predominante se puede disponer siempre solamente una barra de la disposición de barras en forma de peldaños de escalera entre dos electrodos en forma de U en simetría de espejo entre sí, o más de una disposición, de acuerdo con la secuencia de la distancia ajustada de las barras o bien la secuencia de la distancia y la longitud respectiva de los electrodos en forma de U. Estas últimas secuencias en ambos grupos se ajustan del mismo tipo entre sí. Se podría trazar un plano entre los lados de estos electrodos en forma de U.

- 20 Si la disposición de barras del tipo de peldaños de escalera se cierra en forma de banda circular según la reivindicación 8, se puede constituir la cámara del reactor en forma de tambor. Si la disposición de barras del tipo de peldaños de escalera se reúne a modo de una banda que circula sobre dos rodillos, la cámara de reacción puede ser plana en forma de bandeja (reivindicación 9).

- 25 Para la delimitación espacial del campo eléctrico en forma de impulsos, vista desde la circulación del producto de proceso, delante de la entrada de los dos grupos de electrodos y después de la salida de los grupos se asienta, respectivamente, otra pareja de electrodos, que está conectada con un potencia de referencia como masa (reivindicación 10). En particular, de esta manera en el caso de inhomogeneidades resistivas en el interior del espacio de electroporación se contrarresta un arrastre de potencial. Esta medida sirve presumiblemente para la seguridad de la instalación.

- 30 Con una instalación de este tipo se puede ajustar un intervalo más amplio del campo homogéneo, lo que significa una pérdida menor de energía en la zona marginal del campo que en el caso de electrodos puntuales impulsados individualmente. La distribución de los electrodos y la impulsión simultánea de varios generadores de impulsos de alta tensión / generadores Marx significa menos corriente por cada generador Marx que en el caso de impulsión desde un solo generador Marx, es decir, tiempo de inactividad más prolongado de los componentes, en particular de los recorridos de las chispas, mayor posibilidad de ampliación modular de la instalación sobre la base de una construcción probada (ver, por ejemplo, la reivindicación). Un funcionamiento bipolar no significa de una manera ideal ninguna salida de corriente hacia los electrodos de masas, es decir, pérdidas más reducidas. Y las superficies de agua están de una manera ideal libres de tensión en el lado de entrada y en el lado de salida. En el caso especial de la bipolaridad simétrica se tiene frente a potencial de tierra como potencial de referencia especial una semi-tensión frente a tierra comparado con el funcionamiento monopolar. En lugar de una línea aislada a gas comprimido para 300 kV, se pueden incorporar cables de filtros eléctricos de venta en el comercio para 150 kV.

- 45 Con la instalación se pueden realizar todas las geometrías de reactor conocidas hasta ahora con fuentes de energía eléctrica monopolar con gasto de aislamiento eléctrico claramente reducido. Se puede emplear la geometría redonda o poligonal de la sección transversal del reactor y, por lo tanto, se pueden cumplir fácilmente los requerimientos técnicos de la circulación. Son habituales secciones transversales poligonales del reactor, aparte de rectangular, normalmente cuadrada. Con preferencia la forma poligonal es el número par, para poder establecer una confrontación vertical de los dos grupos de electrodos generadores de campo.

- 50 Con la ayuda del dibujo se explica a continuación la configuración de las líneas de potencial entre los dos grupos de electrodos y entonces se describe a modo de ejemplo una instalación de electroporación bipolar planificada para el procesamiento de caña de azúcar en su disposición de los electrodos formadores de campo. En las figuras:

La figura 1 muestra una simulación 2D de una disposición de electrodos de placas,

la figura 2 muestra transmisores de corriente en forma de U sobre barras continuas,

la figura 3 muestra una simulación 2D en el lado inferior de la bandeja,

la figura 4 muestra curvas medidas de la corriente.

Aunque, en principio, es posible eléctricamente una estructura bipolar asimétrica, ahora se explica la estructura bipolar simétrica. El acumulador de energía eléctrica está constituido por un generador de impulsos de alta tensión en forma de un generador Marx de varias fases.

Los grupos de electrodos generadores de campo, opuestos entre sí, de la instalación para la electroporación se impulsan al mismo tiempo con el mismo valor de la tensión de diferente polaridad. Como ilustra la imagen de líneas equipotenciales de la figura 1, la tensión se reduce desde los electrodos hacia el centro del reactor y lateralmente en la dirección de orificios de entrada y orificios de salida. En el caso de simetría eléctrica ideal se ajusta automáticamente potencial de masa de acuerdo con el principio del divisor de la tensión en el centro del reactor y especialmente en los orificios de entrada y de salida.

La figura 1 muestra la simulación 2D de la disposición de electrodos de placas a modo de ejemplo. Las medidas indicadas son en mm. Entre los dos grupos de electrodos, a la izquierda de la figura se representa el grupo de electrodos impulsado negativamente y a la derecha de la figura se representa el grupo de electrodos impulsado positivamente y cerca de ellos a su alrededor se representa la figura de las líneas equipotenciales. Los dos grupos de electrodos están enfrentados a una distancia de 400 mm entre sí. Las anchuras de los electrodos están elegidas de tal manera que para cada electrodo resulta la misma resistencia o corriente. En el caso simulado, para cada conductividad del líquido de 1,5 mS/cm resultan aproximadamente 33 ohmios por medio metro de longitud de los electrodos en el plano del dibujo. En el plano del dibujo están yuxtapuestos varios electrodos parciales, para impulsar una anchura mayor con una resistencia parcial dada. Si se conecta en lugar de un ensanchamiento el mismo número de electrodos unos detrás de otros en la dirección de transporte, se eleva el rendimiento frente al caso del ensanchamiento del reactor, puesto que se mejora la relación entre la zona del campo homogéneo y la zona del campo marginal.

Como elementos decisivos del divisor de la tensión actúan las resistencias parciales en el producto de transporte así como las inductancias de los conductos de alimentación y los generadores Marx. Una simulación PSPICE muestra que la porción inductiva suaviza una distribución de la porción óhmica a través del producto de transporte. Condición previa para una buena división de la tensión son las mismas inductancias en ambas derivaciones del conducto de alimentación, la derivación con potencial positivo y la derivación con potencial negativo. Esto se consigue o bien a través de una estructura estrictamente simétrica o una inductancia de compensación, que está colocada de manera ventajosa en el lado de masa cerca de la toma de tierra central del generador. Los electrodos de masa incorporados en el lado de entrada y en el lado de salida para mayor seguridad son sin corriente de una manera ideal (ver la figura 3). Tienen una función de protección en el caso de asimetrías del producto de transporte, que no se pueden evitar totalmente. A través del funcionamiento bipolar se diseña, además, la alimentación de la tensión, hacia los electrodos para una tensión reducida.

En la instalación de electroporación para caña de azúcar, el transporte se realiza por medio de una rueda de transporte equipada con arrastradores (ver el fragmento del tabor de transporte con la zona de la cámara de proceso en la figura 2). En virtud de las particularidades técnicas del proceso (transporte de cañas), resulta la distancia de limitación mínima de la cámara de electroporación de 30 cm para la instalación planificada entre la rueda de transporte y el fondo de la bandeja. De manera correspondiente, los electrodos deben colocarse en la bandeja de fondo y sobre la rueda de transporte. La rueda de transporte está ocupada con barras conductoras de electricidad, que cubren casi toda la anchura del reactor. Las barras tienen un diámetro de aproximadamente 1-2 cm, su distancia mutua está igualmente entre 1-2 cm aproximadamente. En la zona de electroporación se conectan las barras por medio de electrodos realizados planos o en forma de U, la pareja de transmisores de corriente, electrolíticamente con la fuente de tensión. A través de esta pareja de transmisores de corriente en forma de U, cuyos dos electrodos están enfrentados en simetría de espejo con respecto al plano medio con la abertura, marcha la barra, que está retenida de forma no conductora de electricidad por medio de dos barras que parten radialmente desde un eje de giro (no visible aquí, se encuentra por encima de la figura 2 representada), y tiene contacto electrolítico con éstas (ver el esbozo de la figura 2). Frente a la pareja de transmisores de corriente visibles en la figura 2 y frente a la barra que marcha momentáneamente a través de ellos se encuentran en el fondo de la bandeja los dos electrodos en forma de placa estrechos, alineados entre sí, que no se tocan directamente de forma conductora de electricidad. El electrodo en forma de U que se asienta en la pared lateral izquierda y el electrodo en forma de banda colocado debajo que se proyecta horizontalmente en el centro de la cámara de reactor están conectados bipolarmente en el generador Marx estilizado puesto a tierra en el centro. A la derecha de la figura, los dos electrodos iguales están colocados de la misma manera en el generador Marx asociado del mismo tipo de construcción. Con la descarga simultánea de los dos generadores Marx, entre la barra que pasa a través de los dos electrodos en U y que se acopla allí electrolíticamente con ellos y los dos electrodos alineados, en forma de barra, que se encuentran debajo se configura el campo eléctrico E necesario para la electroporación. Al mismo tiempo, los dos generadores Marx están acoplados a través del acoplamiento electrolítico afectado por resistencia de los electrodos con la barra y los dos electrodos opuestos sin contacto están desacoplados uno del otro en el fondo de la cámara de proceso.

La simulación 2D en la figura 3 muestra la disposición ejemplar de los electrodos con electrodos en forma de placas en el lado inferior de la bandeja y electrodos redondos como soporte del tambor de transporte (figura de líneas equipotenciales). La figura 3 muestra la disposición en el desarrollo. Totalmente a la izquierda y totalmente a la derecha se representan electrodos de masas, que se encuentran ligeramente por debajo de la superficie del agua de suspensión.

En la zona de entrada y en la zona de salida ligeramente por debajo de la superficie del agua, las barras están conectadas por medio de electrodos puestos a tierra con potencial de masa. Sobre el fondo de la bandeja en la zona de electroporación así como en las paredes en la zona de entrada y en la zona de salida están incorporadas de la misma manera como contra electrodos unas barras o placas estrechas, que se encuentran en la zona de electroporación en potencial opuesto o bien cerca de la superficie del agua en potencial de masa.

Las altas corrientes condicionadas por la dimensión se pueden suministrar desde un único generador solamente con gasto intolerable. Debido a la realización aplicable con poco gasto, se impulsan por este motivo varios generadores Marx excitados sincrónicamente en paralelo. Para atenuar o bien evitar las oscilaciones de la energía condicionadas por la inestabilidad entre los generadores Marx, se pueden interconectar los generadores no sin resistencia adicional en un electrodo. Por lo tanto, en lugar de un electrodo grande se incorporan varios electrodos parciales pequeños yuxtapuestos entre sí, que pueden ser planos, en forma de barra o en forma de banda o tienen en otro caso una forma/geometría técnicamente conveniente. Los generadores Marx conectados de la misma manera en los electrodos parciales no están conectados directamente, sino en paralelo a través de una resistencia. En este caso (figura 2), como se ha explicado anteriormente, como resistencia funciona la resistencia electrolítica entre dos electrodos parciales adyacentes.

La figura 4 muestra para el funcionamiento fuertemente atenuado a modo de ejemplo un conjunto de curvas de corriente medidas con valores vértice entre 5 y 7 kA, una anchura media de aproximadamente 1,4 μ s y una oscilación ligera entre 0 y aproximadamente 20 %. La variación procede del montó diferente de producto de proceso. Para la electroporación es decisiva la intensidad de campo. Se han generado valores vértice de la intensidad de campo entre 10 kV/cm y 15 kV/cm con tasas de repetición del impulso de hasta 8 Hz. De esta manera, se han podido conseguir 2 kV/cm de intensidad de campo mínima y 4kV/cm en la zona media en un campo fuertemente inhomogéneo. Las anchuras medias de los impulsos pueden variar entre 1 μ s y aproximadamente 2,5 – 3 μ s. Estos datos ejemplares han sido tomados en la electroporación de caña de azúcar. Para otro material de proceso biológicamente vegetal debe aplicarse una intensidad de campo adaptada, optimizada experimentalmente.

Si se diseñan todos los electrodos parciales para la misma corriente de funcionamiento, se muestra que los electrodos centrales con la misma corriente tienen una anchura casi el doble que los electrodos marginales. Esto se debe a que los electrodos colocados en el exterior deben formar adicionalmente el campo marginal. Por lo tanto, con una corriente limitada del generador, a través del funcionamiento paralelo sincronizado se puede tratar un volumen mayor que en generadores Marx que funcionan libremente, en los que para cada grupo de electrodos impulsado por un generador debe aplicarse el campo marginal por separado. Para excluir campos marginales en las pares laterales aislantes, se conducen los electrodos hasta cerca de estas paredes. Por lo tanto, los campos marginales solamente aparecen todavía en la entrada y en la salida. Las simulaciones han mostrado que un reactor largo, con sección transversal de entrada lo más reducida posible es óptimo desde el punto de vista energético. Si está prevista una anchura mínima desde el punto de vista de la técnica de transporte, se obtiene la sección transversal de entrada mínima posible, aplicando la anchura mínima en ambas direcciones.

REIVINDICACIONES

- 1.- Instalación para la electroporación de frutas, bayas, cañas y raíces sumergidos en un líquido de proceso, el producto de proceso biológicamente vegetal, que está constituida por una cámara de reactor con dos grupos de electrodos opuestos entre sí en ella, que están conectados en la salida de una fuente de energía eléctrica que se puede descargar por impulsos, para generar campos eléctricos impulsados en la cámara de reactor entre los dos grupos de electrodos, cuyos campos alcanzan, en cada caso, una intensidad de campo tal que las células biológicas de un producto de proceso expuestas, al menos una vez, a tal campo eléctrico impulsado se abren, se electroporan, de forma irreversible, caracterizada porque la fuente de energía está constituida eléctricamente bipolar y está constituida por el menos un generador de impulsos de alta tensión bipolar con dos salidas de alta tensión, que contactan, respectivamente con uno de los dos grupos de electrodos, de maneras que en el caso de varios generadores de impulsos de alta tensión bipolar, los mismos están constituidos iguales y en el caso de al menos dos generadores de impulsos de alta tensión, los mismos están provistos, respectivamente, con una instalación de disparo para el encendido simultáneo determinado en el tiempo, los dos grupos de electrodos están constituidos, respectivamente, por al menos un electrodo parcial y, por lo tanto, existe al menos una pareja de electrodos polares, entre la cual se puede formar el campo eléctrico impulsado necesario para la electroporación, de manera que un electrodo parcial está conectado solamente en una salida de alta tensión y el circuito de carga conectado en la salida de un generador de impulsos de alta tensión es igual en su impedancia compleja a la de un circuito de carga conectado en otro generador de impulsos de alta tensión de la fuente de energía, en el caso de que la fuente de energía esté constituida por al menos dos generadores de impulsos de alta tensión, los mismos están desacoplados durante la descarga uno del otro a través de las resistencias electrolíticas formadas a través del líquido de proceso entre los electrodos parciales.
- 2.- Instalación de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque los generadores de impulsos de alta tensión de la fuente de energía son generadores Marx de n fases, con $n > 1$, cuyo inicio respectivo del generador y cuyo fin respectivo del generador están guiados desde los dos grupos de electrodos como las dos salidas diferentes de potencial de alta tensión para la conexión de al menos una pareja de electrodos parciales.
- 3.- Instalación de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizada porque los generadores Marx están conectados entre la primera y la última fase de la misma manera en un potencial de referencia.
- 4.- Instalación de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizada porque los generadores Marx no están conectados en ningún potencial de referencia, de manera que el potencial de referencia se ajusta de manera automática a través de la referencia con la masa remota y la división de la tensión dentro del producto de proceso entre los dos grupos de electrodos en la cámara de reactor.
- 5.- Instalación de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada porque los dos grupos de electrodos están colocados fijos opuestos entre sí.
- 6.- Instalación de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada porque los dos grupos de electrodos se pueden mover uno hacia el otro.
- 7.- Instalación de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizada porque la cámara de reactor está constituida por una bandeja con dos paredes de bandeja opuestas entre sí, entre las cuales circula el producto de proceso, de manera que una de las paredes de la bandeja está equipada con un grupo de electrodos parciales en forma de U, sucesivos en la dirección de la circulación, y la otra de las paredes de la carcasa está equipada de la misma manera con un grupo de electrodos parciales del mismo tiempo del mismo número, y en concreto de tal forma que los electrodos parciales están colocados opuestos con respecto al plano medio entre estas dos paredes en simetría de espejo con U abierta y al menos la zona interior de cada U se encuentra desnuda en el líquido de proceso atravesado por la circulación, en la pared de la bandeja (fondo) que conecta estas dos paredes de la bandeja están insertados dos grupos de electrodos parciales del mismo tipo, que están configurados en forma de barra o en forma de banda y se colocan opuestos entre sí en simetría de espejo y en alineación con respecto al plano medio sin tocarse, las superficies de estos electrodos que están expuestas en el interior de la bandeja se encuentran desnudas en el líquido de proceso en circulación y se suceden en la dirección de la circulación en esta disposición, los electrodos parciales en forma de U y los electrodos parciales en forma de barra o en forma de banda están conectados entre sí sobre uno de los lados del plano medio a través de al menos un generador de impulsos de alta tensión bipolar, y los electrodos parciales en forma de U y los electrodos parciales en forma de barra o en forma de banda están conectados sobre el otro lado del plano medio de la misma manera en tal generador de impulsos de alta tensión, una disposición del tipo de peldaños de escalera de barras conductoras de electricidad, que están acopladas entre sí de forma no conductora de electricidad, se mueve con los dos extremos respectivos de las barras a través de los electrodos parciales en forma de U, que se asientan en simetría de espejo entre sí, de tal manera que el eje longitudinal de las barras atraviesa siempre verticalmente el plano medio, la disposición del tipo de peldaños de escalera está acoplada electrolíticamente con los electrodos en forma de U a través de la barra o barras que pasan momentáneamente a través del producto de proceso en el líquido de proceso y de la misma manera los electrodos en forma de barra o en forma de banda, de manera que entre esta barra o estas barras y los electrodos en forma de barra o en forma de banda se configura durante la descarga del acumulador de energía eléctrica el campo eléctrico en forma de impulsos, que es necesario para la electroporación.

8.- Instalación de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizada porque la disposición de barras del tipo de peldaños de escalera está agrupada para formar una estructura en forma de banda circular.

9.- Instalación de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizada porque la disposición de barras del tipo de peldaños de escalera está agrupada en la forma de una banda circundante sobre dos rodillos.

- 5 10.- Instalación de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizada porque, vista desde la circulación del producto de proceso, delante de la entrada de los dos grupos de electrodos y después de la salida de los grupos se asienta, respectivamente, otra pareja de electrodos, que está conectada con un potencia de referencia como masa.

Fig. 1

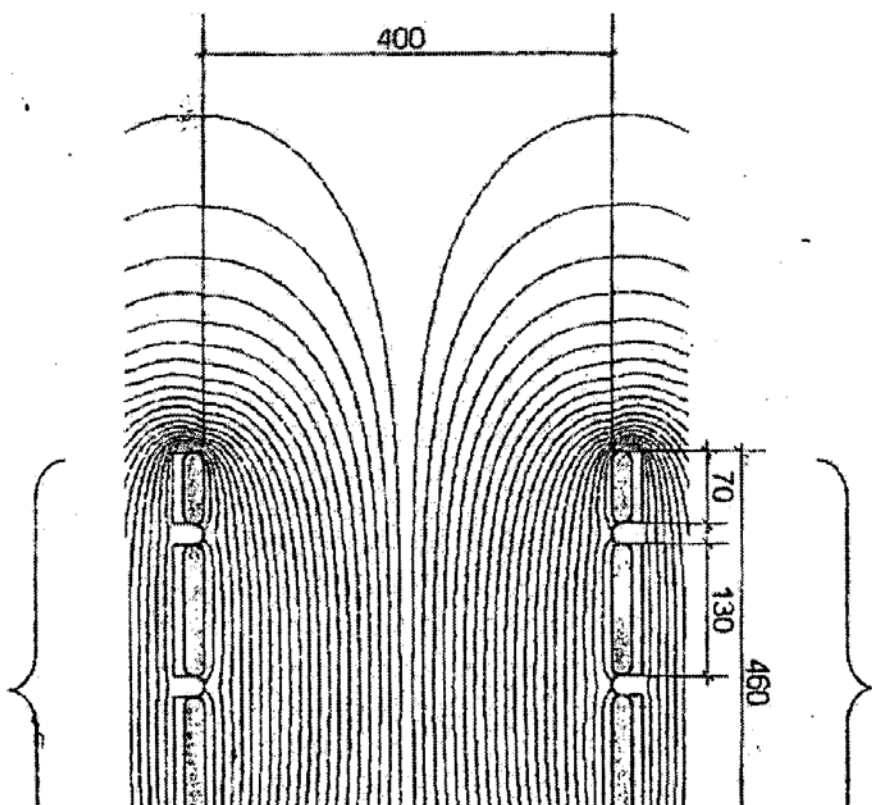


Fig. 2

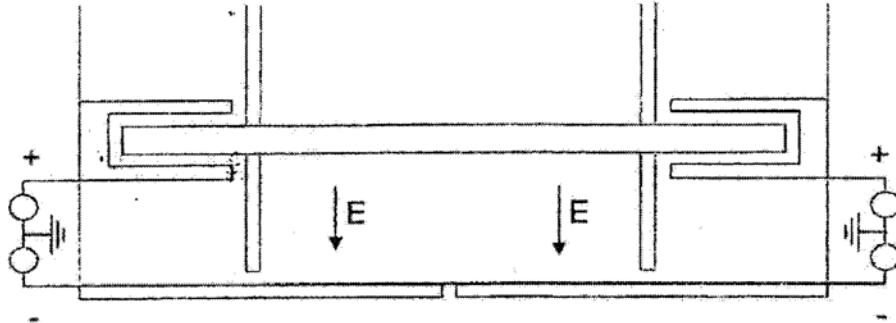


Fig. 3

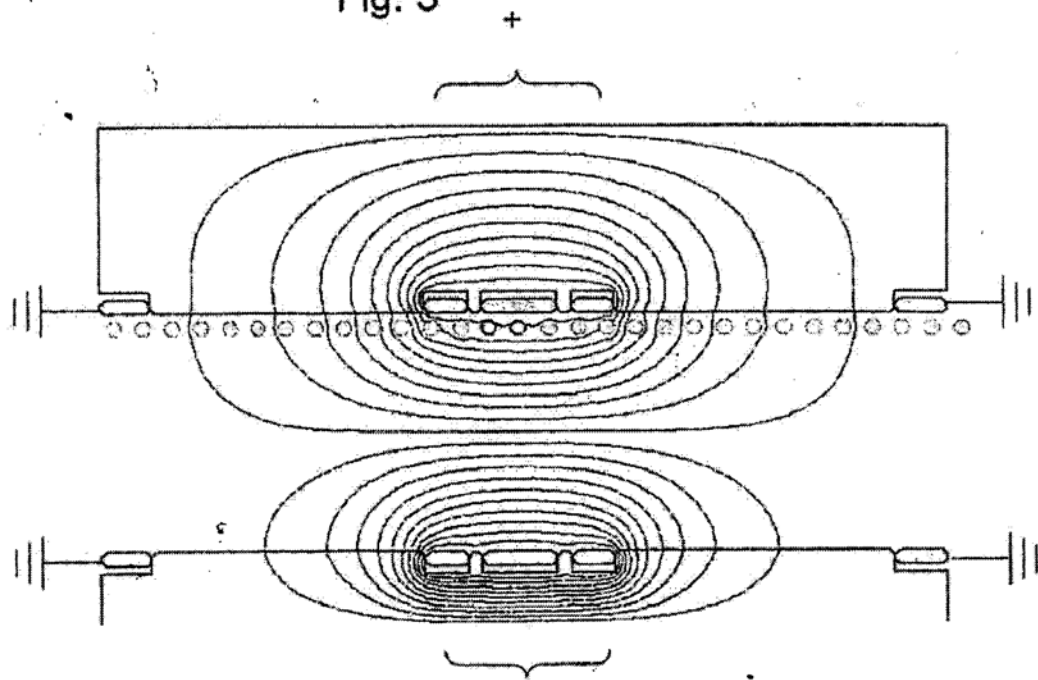


Fig. 4

