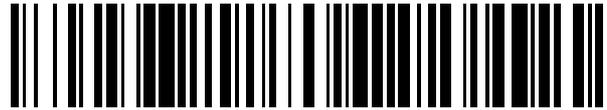


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 436 565**

51 Int. Cl.:

G01R 33/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.08.2010 E 10737336 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2013 EP 2476006**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para el control de la calidad de cintas superconductoras**

30 Prioridad:

10.09.2009 DE 102009040808
15.03.2010 DE 102010011536

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.01.2014

73 Titular/es:

BASF SE (100.0%)
67056 Ludwigshafen, DE

72 Inventor/es:

BÄCKER, MICHAEL y
WIEZORECK, JAN

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 436 565 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para el control de la calidad de cintas superconductoras

La invención se refiere a un procedimiento para el control de la calidad de cintas superconductoras, particularmente de cintas superconductoras de alta temperatura (HTS), con respecto a la intensidad de corriente crítica máxima admisible. Además, la invención se refiere a un dispositivo para llevar a cabo el procedimiento mencionado.

La corriente de transporte crítica I_c es uno de los parámetros más importantes de materiales superconductores de alta temperatura para aplicaciones técnicas industriales. En este caso, la corriente de transporte crítica indica la corriente máxima a la que un elemento eléctrico todavía es superconductor, a intensidades mayores de corriente de transporte decae por completo la superconducción y, debido a la resistencia eléctrica aumentada por ello del circuito de conducción de corriente, el elemento se inutiliza, pudiendo conducir la generación de calor asociada a esto también a una destrucción del respectivo elemento. Por tanto, para el empleo técnico de elementos o componentes electrotécnicos superconductores es necesario que los mismos sean superconductores al menos con una corriente de transporte crítica I_c mínima (mín) dependiendo del respectivo caso de aplicación.

En la producción industrial de cintas superconductoras que, por tanto, no se realiza en condiciones de laboratorio, se pueden producir en cierto grado en la cinta respectiva puntos defectuosos que limitan la corriente de transporte crítica. Estos puntos defectuosos pueden ser de diferente naturaleza, por ejemplo, durante la producción de cintas superconductoras mediante deposiciones reactivas químicas de los materiales debido a faltas de estequiometría locales, debido a reacciones incompletas localmente de los precursores empleados, irregularidades en las reacciones térmicas de descomposición o atemperado de los respectivos productos intermedios o finales, defectos locales durante el crecimiento epitáctico del material superconductor sobre el respectivo sustrato y similares. Tales puntos defectuosos pueden limitar la corriente de transporte crítica, de tal manera que la respectiva cinta se tenga que considerar, para el respectivo fin de aplicación, como deshecho o se puede emplear solo para exigencias técnicas menores. El control de la calidad de cintas superconductoras, en este caso, es particularmente relevante cuando estas cintas, para aplicaciones técnicas comerciales, presentan una gran longitud, por ejemplo, para la producción de bobinas superconductoras o líneas eléctricas de alimentación, pudiendo presentar estas cintas, sin más, una longitud de varios cientos de metros o varios kilómetros.

Además, el procedimiento de acuerdo con la invención debe ser adecuado para posibilitar un control de la calidad en cintas superconductoras producidas a gran escala para aplicaciones técnicas, de tal manera que el procedimiento sea adecuado para posibilitar el control de la calidad en un procedimiento de producción de cintas con una capacidad de producción de una instalación de varios kilómetros de cinta por día.

Por el documento EP 860 705 B1 son conocidos un procedimiento y un aparato para la medición del valor de corriente crítica de un hilo superconductor. El hilo superconductor está compuesto (de forma imaginaria) de múltiples secciones de hilo dispuestas longitudinalmente. Se predeterminan múltiples corrientes eléctricas de diferente intensidad de corriente, conduciendo con reiteración, respectivamente, una corriente de una intensidad de corriente respectivamente dada a través de la respectiva sección de cinta enfriada de forma superconductora y detectándose la tensión generada en la respectiva sección de hilo hasta que se hayan registrado todas las intensidades de corriente y las tensiones resultantes para esta sección de cinta. Estas mediciones se realizan con la sección de cinta dispuesta de forma estacionaria en el tramo de medición. Entonces se realiza a continuación un avance de la cinta en la longitud de una sección para poder colocar de forma estacionaria la sección de cinta respectivamente posterior en el tramo de medición y poder examinarla mediante aplicación de las múltiples intensidades de corriente de diferente magnitud. Mediante exploración de toda la cinta, sección de cinta por sección de cinta, entonces se suman las tensiones individuales de las secciones de cinta que se han obtenido, respectivamente, mediante la misma corriente eléctrica I (m) para obtener una tensión sumada. Estas tensiones sumadas se establecen para cada corriente eléctrica de las múltiples corrientes eléctricas diferentes. Entonces, a continuación se puede calcular el valor de corriente crítica del hilo superconductor basándose en una tensión de diferencia.

El procedimiento de acuerdo con el documento EP 860 705 es adecuado para un examen de cintas superconductoras a escala de laboratorio, sin embargo, no para un control de la calidad en cuanto a la técnica de producción, en el que la velocidad de producción total de la cinta, que comprende la producción y el control de la calidad de la respectiva cinta, no se ha de limitar al menos sustancialmente por el control de la calidad. En este caso, la velocidad de la producción de cintas superconductoras puede conseguir, por ejemplo, mediante revestimiento químico reactivo con los correspondientes materiales de amortiguamiento y superconductores, sin más, capacidades en el intervalo de varios kilómetros por día por instalación. Una velocidad tan elevada durante el control de la calidad, sin embargo, no se puede realizar mediante un procedimiento según el documento EP 860 705 A1.

Además, en un control de la calidad en cuanto a la técnica de producción de cintas superconductoras se desea localizar lo más exactamente posible los puntos defectuosos que limitan la corriente de transporte crítica en la cinta, para poder arreglar por ello la cinta, por ejemplo, mediante aplicación de un material superconductor en la zona del respectivo punto defectuoso o mediante otras medidas adecuadas. Sin embargo, esto no es posible según el procedimiento del documento EP 860 705 A1, ya que aquí en todo caso se podría establecer si existe un punto

defectuoso relevante en una determinada sección de la cinta. Sin embargo, esta localización sería demasiado imprecisa, ya que entonces la medida de reparación tendría que incluir toda la sección de cinta afectada por el defecto. Por otro lado, en la práctica no es posible una localización más exacta reduciéndose la longitud de las secciones de cinta respectivamente examinadas, ya que entonces, para una localización lo suficientemente precisa del punto defectuoso, las secciones de cinta a examinar tendrían que presentar una longitud tan pequeña que la duración del examen de la cinta se alargaría de forma inaceptable.

El documento US 6.841.988 B1 describe un procedimiento y un dispositivo para la determinación de la intensidad de corriente crítica de materiales superconductores, transportándose una cinta superconductora a través de un campo magnético externo variable. Por ello es posible una medición sin contacto de un campo magnético que se induce, mediante el campo magnético externo, en la cinta superconductora. En esta medición sin contacto, la cinta superconductora se transporta de forma continua a través del tramo de medición. Mediante un procedimiento de este tipo, ciertamente se pueden establecer ciertos parámetros característicos relevantes de la cinta superconductora, sin embargo, un control de la calidad en vista a la corriente de transporte crítica de la cinta por ello no es posible, ya que las corrientes en remolino generadas en la cinta debido al campo magnético externo indican de forma solo muy indirecta puntos defectuosos. Por ello no es posible una afirmación en relación con la orientación de los puntos defectuosos con respecto a la dirección longitudinal de la cinta y, por tanto, una referencia inequívoca a una limitación de la corriente de transporte crítica.

La invención se basa en el objetivo de facilitar un procedimiento para el control de la calidad de cintas superconductoras, particularmente de cintas superconductoras de alta temperatura, con respecto a su aptitud para el uso técnico en relación con el transporte de corriente que posibilite una supervisión de la calidad en procedimientos de producción a gran escala y que, preferentemente con integración en un procedimiento de producción a gran escala, prácticamente no limite la velocidad de producción total de la producción de la cinta.

El objetivo se resuelve mediante un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 con las características a) a e) así como facilitando un dispositivo para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12. Se obtienen perfeccionamientos ventajosos a partir de las reivindicaciones dependientes.

Para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con la invención se contacta la sección de cinta refrigerada de forma superconductora, por ejemplo, en un tramo de refrigeración con nitrógeno líquido, con una disposición de contacto eléctrica que comprende, al menos, un contacto de alimentación y uno de descarga para generar entre los contactos en la cinta una corriente de transporte eléctrica en dirección longitudinal de la cinta. Por tanto, el contacto de alimentación y de descarga configura un tramo de contacto en el que la corriente de transporte eléctrica fluye a través de la cinta, fluyendo la corriente de transporte a través del contacto de alimentación y de descarga. La corriente de transporte a través de la cinta o en la cinta, por tanto, se genera o se aplica gracias a los dos contactos mencionados. Además, dentro del tramo de contacto y/o en el equipo de generación de corriente de transporte (incluyendo sus líneas de entrada a la cinta) se dispone un tramo de medición adecuado, mediante el cual se puede registrar la corriente de transporte o una magnitud de medición física derivada y/o dependiente de la misma, que es una medida de las propiedades de transporte superconductoras de la sección de cinta superconductora o de la corriente de transporte. Por tanto, la corriente de transporte puede fluir también a través del tramo de medición. La corriente de transporte se genera de forma regulada por tensión, regulándose la tensión que genera la corriente de transporte a un valor constante o dependiendo del tiempo. En especial, de acuerdo con la invención dentro del tramo de contacto se dispone un tramo de medición que se puede formar por dos contactos de medición eléctricos ("contactos de tensión internos" de la disposición de contacto) que contactan eléctricamente con la cinta, separados en dirección longitudinal de la cinta. Por ello se posibilita, además, una supervisión de la calidad particularmente precisa y reproducible que también es independiente de la resistencia de paso de los contactos de corriente a la capa superconductora (o una capa de cubierta eléctricamente conductiva dispuesta sobre la misma). Por ello se evitan errores debido a una caída de tensión en los contactos de corriente a la cinta refrigerada de forma superconductora que, por lo demás, tendrían que ser lo suficientemente pequeños o despreciablemente pequeños con respecto a la caída de tensión a lo largo del tramo de medición.

Ahora, de acuerdo con la invención se mueve la cinta (o, en general, la parte a examinar de la cinta, cuya longitud asciende a un múltiplo de la longitud de la sección de cinta refrigerada en el respectivo momento) de forma continua mediante medios de transporte adecuados en dirección longitudinal de la cinta a través del tramo de medición. Durante el movimiento de la cinta con contactado eléctrico de la cinta se genera en la misma una corriente de transporte que avanza en dirección longitudinal de la cinta, sirviendo los contactos de alimentación y descarga. Por tanto, la corriente de transporte generada fluye en el respectivo momento unidireccionalmente en dirección longitudinal de la cinta y causa una caída de tensión (puramente) óhmica en la cinta y no es una corriente en remolino.

El contactado con generación de la corriente de transporte se puede realizar de forma continua durante el movimiento de la parte a examinar de la cinta, de tal manera que la corriente de transporte eléctrica avanza de forma continua a través de la cinta o a través de la parte a examinar de la misma más allá de la extensión de la respectiva sección de cinta. Durante el movimiento de la cinta pueden contactar los contactos de medición con la cinta preferentemente de forma continua. Los valores de medición se pueden registrar de forma continua o por etapas, es decir, cíclicamente en el tiempo.

Se entiende que la subzona a examinar de la cinta puede comprender prácticamente toda la longitud de la cinta, por ejemplo, solo excluyendo las secciones de cinta del lado terminal para aplicar, por ejemplo, la cinta en un dispositivo de transporte y/o enrollado. La parte examinada de la cinta o la cinta, naturalmente, pueden ser un múltiplo de número no entero de la sección de cinta refrigerada. El término "cinta" comprende, respectivamente, la parte a examinar de la cinta, cuya longitud asciende a un múltiplo de la longitud de la sección de cinta refrigerada en el respectivo momento y/o la longitud del tramo de contacto.

Además, de acuerdo con la invención se registra una magnitud de medición física basándose en la corriente de transporte generada con respecto a la sección de contacto respectivamente momentánea y/o sección de medición de la cinta, estando seleccionada la magnitud de medición física de tal manera que la misma es una medida de las propiedades de transporte eléctricas superconductoras (o de la corriente de transporte) de la sección de cinta o de una parte de la misma. En la regulada por corriente de forma convencional existe, con la aparición de puntos defectuosos, el riesgo de una fusión del circuito de corriente superconductor, de tal manera que en este caso se tienen que prever fusibles de sobrecarga adecuados que reducen automáticamente, por ejemplo, al superar un valor máximo de la corriente de transporte, la tensión aplicada.

De acuerdo con la invención se aplica una tensión definida, por ejemplo, constante o definida en el tiempo o predeterminada, a través de los contactos de alimentación y descarga de la disposición de contacto a la sección de cinta respectivamente contactada (es decir, la corriente de transporte se genera de forma regulada por corriente), registrándose entonces como magnitud de medición física la propia corriente de transporte (óhmica) resultante u otra magnitud de medición física adecuada que presenta una correlación adecuada con la caída de tensión medida o con la corriente de transporte generada (medida), tal como, por ejemplo, la resistencia eléctrica o la conductividad eléctrica. Esto puede aplicarse, respectivamente, para una aplicación de corriente y/o de forma particularmente preferente una aplicación de tensión. La corriente de transporte aplicada o generada (valor teórico) puede corresponderse con la corriente de transporte crítica mínima, cuyo mantenimiento se tiene que supervisar a lo largo de la longitud de la cinta. Con un corte transversal conocido de la capa superconductora de la cinta puede recurrirse, respectivamente, también a la densidad de corriente crítica en lugar de a la intensidad de corriente crítica. Es una ventaja particular de una medición regulada por tensión con respecto a una medición con corriente de transporte predefinida, por un lado, que se evita de forma segura una fusión del conductor en puntos defectuosos. Además, en una medición regulada por tensión no es necesario proveer al conductor durante la medición de una derivación eléctrica (es decir, una capa de protección de bajo ohmiaje suficientemente gruesa que descarga una corriente eléctrica desde el material superconductor, que ya no está en el estado superconductor, a un absorbedor de energía o una toma de tierra). El procedimiento de acuerdo con la invención, por lo tanto, se refiere también al control de la calidad de cintas superconductoras que no están provistas de una derivación eléctrica, particularmente también de cintas superconductoras para la producción de limitadores de corriente (FCL). Otra ventaja del procedimiento de acuerdo con la invención es que la medición de la corriente de transporte o de la magnitud dependiente de la misma no se tiene que realizar aplicando un campo magnético externo comparativamente grande. De este modo, en principio, en mediciones con corriente constante se puede reducir la corriente crítica del superconductor aplicando un campo magnético externo tan intensamente que la corriente de medición, incluso al superar la corriente crítica, no es suficiente para causar una fusión del conductor. Sin embargo, entonces por norma general se requiere un campo magnético externo relativamente intenso, por ejemplo, de 0,6 T (tesla). Por un lado, sin embargo, las propiedades del material superconductor en un campo magnético externo tan intenso para muchas aplicaciones no son relevantes, por otro lado, con campos magnéticos tan intensos, particularmente en caso de sustratos ferri- o ferromagnéticos y en particular con medición continua, se ejercen fuerzas muy grandes sobre la cinta que causan una guía de cinta compleja a través del campo magnético externo. Además, en caso de cintas anchas también tiene que ser muy homogéneo el campo magnético a lo largo de toda la anchura de la cinta. En el procedimiento de acuerdo con la invención no se dan todas estas desventajas. Por tanto, la invención se refiere también a un procedimiento para el control de la calidad de cintas superconductoras sobre un sustrato ferrimagnético y/o ferromagnético, por ejemplo, una aleación de Ni, pudiendo estar previstas entre el sustrato y la capa superconductora otras capas, tales como, por ejemplo, capas de amortiguamiento que pueden estar compuestas de materiales oxídicos. Mediante el procedimiento de acuerdo con la invención, por tanto, se pueden examinar cintas con una anchura $\geq 1-2$ cm o $\geq 5-7$ cm o $\geq 9-11$ cm, la anchura de cinta puede ser $\leq 13-15$ cm o $\leq 9-11$ cm.

En general, en el marco de la invención se realiza la generación de la corriente de transporte respectivamente de forma regulada por tensión, pudiendo ser la corriente de transporte (idealizada) resultante constante o dependiente del tiempo. La tensión se puede regular a un valor constante o dependiente del tiempo. Las explicaciones con respecto a una corriente de transporte dependiente del tiempo (por ejemplo, corriente alterna de transporte) se refieren a una corriente de transporte idealizada (es decir, sin irregularidades a causa de irregularidades del material superconductor) y entonces, en el marco de la invención, se pueden aplicar respectivamente de forma directa también a la tensión que genera la misma, tal como, por ejemplo, con respecto al perfil de dependencia del tiempo (con forma sinusoidal, de dientes de sierra, etc.), frecuencias, etc. Como alternativa, las explicaciones se pueden referir respectivamente también a la corriente de transporte regulada, pudiendo ser entonces, por ejemplo, la caída de tensión la magnitud de medición.

Por tanto, mediante el procedimiento de acuerdo con la invención es posible comprobar la cinta superconductora (o una parte de la misma) de forma continua en el respectivo procedimiento de producción en el sentido de que se

cumplan los requisitos planteados con respecto a la corriente de transporte crítica mínima a realizar. Esta comprobación se puede realizar de forma integrada en el respectivo procedimiento de producción, de tal manera que el procedimiento (o el dispositivo) de acuerdo con la invención es parte directa de un procedimiento (o instalación) de producción continua de la cinta o, eventualmente, se puede hacer funcionar independientemente del mismo con al menos esencialmente la misma o mayor velocidad (con respecto a la longitud de la cinta por tiempo) que la instalación de producción, por ejemplo, también en el funcionamiento discontinuo. Para esto, por ejemplo, se puede bobinar una cinta de longitud determinada y después la bobina de cinta en un momento posterior se puede someter al procedimiento de acuerdo con la invención. Por tanto, ya no es necesario, tal como, por ejemplo, según el documento EP 860 705 A1, examinar una respectiva sección de cinta con la cinta dispuesta de forma estacionaria, colocar la sección de cinta posterior en dirección longitudinal de la cinta en el tramo de medición y examinar la misma de nuevo con colocación estacionaria en el tramo de medición con respecto a su característica de corriente-tensión. Por tanto, el procedimiento de acuerdo con la invención se puede llevar a cabo de forma sustancialmente más rápida. Además, la cinta durante el registro de la magnitud de medición física se puede hacer avanzar de forma continua, de tal manera que se minimizan o son prescindibles por completo aceleraciones positivas o negativas de la cinta, tal como son necesarias con la medición estacionaria, por lo que se evitan también sollicitaciones mecánicas de la cinta que pueden conducir a defectos de la cinta.

Además, según el procedimiento de acuerdo con la invención ya solo es necesario supervisar si la corriente de transporte crítica I_c mínima (mín) predefinida se mantiene a lo largo de toda la longitud de la cinta (o la parte a controlar de la cinta), no siendo necesario el registro de una característica completa de corriente-tensión de las respectivas secciones de cinta o de toda la cinta. En este caso es una ventaja particular de la medición regulada por tensión que para cada punto de medición, es decir, cada zona a medir de la cinta, se requiere solo un paso de medición para establecer la corriente crítica I_c real.

Ventajosamente se alimenta a través del tramo de contacto (es decir, entre el contacto de alimentación y descarga) una corriente I_c definida como corriente de transporte crítica mínima (mín) como corriente constante en la cinta, de tal manera que a lo largo del tramo de medición se mide solo la caída de tensión o una magnitud física derivada de la misma para comprobar si a lo largo del tramo de contacto y/o medición se mantiene suficientemente el criterio para la superconducción. Por tanto, la corriente I_c (mín) puede tener la magnitud de la corriente de transporte crítica, que tiene que tener la examinada de acuerdo con el perfil de exigencia. La corriente alimentada de forma general se puede haber seleccionado, en el marco de la invención, de tal manera que la caída de tensión a lo largo del tramo de contacto se encuentra en el intervalo de 0 o 0,001 o de 0,01 a 25 $\mu\text{V}/\text{cm}$, de 0,05 a 10 $\mu\text{V}/\text{cm}$ o de 0,1 a 5 $\mu\text{V}/\text{cm}$ o en el intervalo de 0,5 a 3 o asciende aproximadamente a 1 $\mu\text{V}/\text{cm}$.

El procedimiento de acuerdo con la invención se puede llevar a cabo, en general, de tal manera que se genere tal corriente de transporte eléctrica que en la sección de cinta superconductor en el tramo de medición, es menor/igual a un valor teórico predefinido que, para el respectivo caso de aplicación, representa una intensidad de corriente crítica suficientemente alta, por ejemplo, una caída de tensión de hasta 5 a 10 $\mu\text{V}/\text{cm}$, preferentemente de hasta 1-2 $\mu\text{V}/\text{cm}$ o de hasta 0,5 - 0,75 $\mu\text{V}/\text{cm}$ o de hasta 0,1 - 0,2 $\mu\text{V}/\text{cm}$. En el procedimiento de acuerdo con la invención se puede mover la cinta con una velocidad de cinta de aproximadamente 0,5 - 50 m/s a través del tramo de medición, eventualmente también con una velocidad menor o mayor.

El control de la calidad de toda la cinta (al menos a partir de un punto de referencia) o de la parte a examinar, particularmente, por lo tanto, también el paso a través del tramo de contactado y/o medición, se puede realizar con una velocidad de transporte constante de la cinta que puede diferir de la velocidad media de la cinta, por ejemplo, $\leq \pm 30\text{-}50\%$, $\leq \pm 10\text{-}20\%$ o $\leq \pm 3\text{-}5\%$. Preferentemente la velocidad de la cinta se registra o mide durante la realización del procedimiento al menos a partir de un punto de referencia predefinido, preferentemente dependiendo del tiempo a lo largo de la duración del procedimiento y/o el tiempo de paso de la cinta a partir de un punto de referencia predeterminado de la cinta a partir del cual se realiza el control. Por ello se puede llevar a cabo el procedimiento de tal manera que la colocación del tramo de contacto y /o medición con respecto a la respectiva sección de cinta local se pueda comprobar siempre también después de la finalización del examen.

Preferentemente se registra la magnitud de medición física de forma continua durante el movimiento de la cinta, particularmente a lo largo de un movimiento de la cinta que asciende a un múltiplo de la longitud de la sección de la cinta. El procedimiento de acuerdo con la invención en principio no está limitado a determinadas longitudes de cinta, por tanto, la longitud de una cinta individual puede ascender, sin más, a $\geq 200\text{-}500\text{ m}$, $\geq 1.000\text{-}2.000\text{ m}$ o $\geq 5.000\text{ m}$ sin estar limitada a esto. Por tanto, la longitud de la cinta (o la sublongitud examinada) puede ascender a ≥ 100 veces o $\geq 200\text{-}500$ veces o $\geq 1000\text{-}5000$ veces la longitud de la sección de cinta refrigerada. Mediante el procedimiento de acuerdo con la invención se puede conseguir un rendimiento de más de 1-5 kilómetros de longitud de cinta por día (km/d) sin más, sin embargo también $\geq 5\text{-}20\text{ km/d}$ o $\geq 20\text{-}50\text{ km/d}$, sin más hasta 50-100 km/d o superior, en este caso, el rendimiento se puede corresponder con la velocidad de la cinta. La velocidad de la cinta a través del tramo de medición puede ser, por ejemplo, de aproximadamente 0,1 m/s a aproximadamente 50 m/s.

Además, mediante el procedimiento de acuerdo con la invención es posible, al mismo tiempo, una detección sencilla y rápida y/o localización en el espacio de los puntos defectuosos de la cinta que limitan la corriente de transporte crítica I_c (o que llevan a no alcanzar la corriente de transporte I_c mínima (mín) requerida), o de la parte examinada

de la misma, siendo la resolución espacial de la localización de los puntos defectuosos mayor que la longitud o de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ o de $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{16}$ la longitud del tramo de contacto (con varios contactos de alimentación y/o descarga para la generación de la corriente de transporte a medir (indirectamente) incluyendo todos los contactos o, eventualmente, la separación más estrecha de los contactos de alimentación y descarga). Cuando el respectivo punto defectuoso mediante el transporte de la cinta entra en el tramo de contacto y/o tramo de medición, cambia significativamente la respectiva magnitud de medición física, por ejemplo, se produce un aumento drástico de la tensión o caída de la corriente de transporte, eventualmente hasta el decaimiento completo de la superconducción. La sección de cinta en la zona del punto defectuoso local se puede marcar entonces mediante medios adecuados directamente o se puede localizar, con velocidad de transporte conocida de la cinta, después de examinar toda la cinta, la sección de cinta afectada por el defecto cuando se registra, por ejemplo, la magnitud de medición física dependiendo del tiempo (entonces, con velocidad variable de transporte de la cinta se tiene que registrar también la dependencia del tiempo de la velocidad de la cinta). Entonces se puede arreglar, de forma dirigida, localmente la sección de cinta afectada por el defecto para poder mantener la corriente de transporte crítica requerida a lo largo de toda la longitud de la cinta. Según el procedimiento del documento EP 860 705 A1, frente a esto se puede comparar solamente si una sección de cinta dada está afectada por el defecto. Ya que, sin embargo, esta sección de cinta tiene que presentar la mayor longitud posible para minimizar la cantidad de las mediciones individuales, de tal manera que el procedimiento con grandes longitudes de cinta después de todo todavía sea practicable, prácticamente toda la sección de cinta se tendría que separar de la cinta o superar, lo que, sin embargo, es muy desventajoso.

La magnitud de medición física se registra preferentemente de forma continua durante el movimiento de la cinta debajo del tramo de contacto y/o medición, de tal manera que toda la subzona a examinar de la cinta o toda la cinta se hace pasar, sin detención de la cinta, a través del tramo de contacto y/o medición y se registra la magnitud física. En este caso, la magnitud de medición física se puede registrar, eventualmente, también cíclicamente en el tiempo. La ciclicidad en el tiempo se tiene que determinar también dependiendo de la resolución espacial deseada para la localización de los puntos defectuosos locales que limitan la corriente de transporte crítica o se puede recurrir a ella para la resolución espacial. La ciclicidad en el tiempo se puede seleccionar de tal manera que la separación en el tiempo entre dos acontecimientos de medición de subzonas sucesivas de la cinta sea menor que el cociente de la longitud del tramo de medición y la velocidad de la cinta al atravesar el tramo de medición. El intervalo de tiempo entre dos acontecimientos de medición sin registro de la magnitud de medición física puede ser en general <1 o de $\leq \frac{1}{2}$ a $\frac{1}{4}$, de $\leq \frac{1}{8}$ a $\frac{1}{16}$, de $\leq \frac{1}{32}$ a $\frac{1}{64}$ o de $\leq \frac{1}{200}$ a $\frac{1}{500}$ del cociente de la longitud de tramo de contacto o tramo de medición y velocidad de cinta (media o momentánea durante el registro del valor de medición). En este caso, la longitud del tramo de contacto o medición se define por la separación de los respectivos contactos en dirección longitudinal de la cinta. Por tanto, se puede registrar una gran multitud de mediciones al atravesar una sección de cinta el tramo de medición, de tal manera que se puede conseguir una resolución espacial correspondientemente alta para la localización de los respectivos puntos defectuosos cuando se registra y se evalúa la magnitud de medición con la cantidad de ciclos. Los contactos de medición, en este caso, pueden contactar permanentemente con la cinta o eventualmente con la ciclicidad en el tiempo se pueden poner en contacto con la cinta movida.

La corriente de transporte eléctrica definida que se aporta a la cinta mediante la disposición de contacto eléctrica con la cinta movida de forma continua puede presentar una magnitud constante, pudiendo ser admisibles variaciones dentro de ciertos límites tales como, por ejemplo, $\leq \pm 10-20$, $\leq \pm 5-7$ o $\leq \pm 2-3$ % o $\leq \pm 1$ del valor teórico. Preferentemente, la corriente aportada definida es una corriente constante. Por tanto, la corriente constante no puede interrumpirse a lo largo de la duración de la realización del procedimiento de acuerdo con la invención en la respectiva cinta o parte de la cinta o no caer por debajo de la corriente de transporte crítica mínima a mantener.

La corriente de transporte definida generada en la cinta puede cambiar, eventualmente, también de forma continua en el tiempo, por ejemplo, a lo largo de la duración en la que una sección de cinta con la longitud del tramo de contacto o de medición respectivamente atraviesa el mismo de forma creciente o decreciente, el cambio puede ser lineal o no lineal.

La corriente de transporte eléctrica en la sección de cinta refrigerada se puede generar en forma de una corriente alterna, con cuya base se registra la magnitud de medición física. La corriente alterna se puede modificar de forma periódica o aperiódica. Cuando no se indica de otro modo, la expresión "corriente de transporte/corriente alterna de transporte" se refiere a la corriente idealizada, es decir, sin tener en cuenta irregularidades de la corriente de transporte a causa de irregularidades del material de cinta, particularmente del material superconductor. La corriente alterna (en particular también periódica o aperiódica) se genera, respectivamente, de forma particularmente preferente mediante una tensión alterna (regulada) aplicada que se puede modificar de forma periódica o aperiódica. Las explicaciones en relación con la corriente de transporte se cumplen, respectivamente, también con respecto a la tensión aplicada que genera la corriente de transporte, particularmente con respecto al tipo de la dependencia del tiempo (sinusoidal, con forma de dientes de sierra, etc. frecuencia, etc.).

La corriente alterna puede ser una corriente alterna superpuesta a una corriente de base, por ejemplo, una corriente de base constante o cambiante, a modo de una modulación de intensidad de corriente que no tiene que conducir a cambios de polaridad en los contactos de alimentación/descarga (lo correspondiente se cumple también para la tensión alterna que genera la corriente de transporte). El cambio de la corriente de transporte y/o de la tensión regulada se puede realizar, según su tipo generalmente, por ejemplo de forma sinusoidal, con forma de dientes de

- sierra, trapecial, triangular o rectangular o con otro perfil adecuado. El periodo y/o la amplitud de la corriente alterna y/o la tensión alterna pueden ser constantes a lo largo de la parte examinada de la cinta o pueden cambiar de forma definida independientemente entre sí. Respectivamente es decisivo que el cambio de corriente/cambio de tensión sea definido o se pueda determinar, por ejemplo, mediante una medición adecuada y conduzca, preferentemente, a un cambio proporcional o definido de forma general y previsible de la magnitud de medición física que se tiene que registrar mediante el tramo de medición, de tal manera que se puedan registrar puntos defectuosos. Lo correspondiente se cumple en general también para otros parámetros físicos a través de los cuales en el tramo de medición se genera una corriente de transporte continua, sobre cuya base se puede registrar la respectiva magnitud de medición física, por ejemplo, al aplicar una tensión.
- En este caso preferentemente se genera una corriente alterna de transporte eléctrica (o una modulación de intensidad de corriente), cuya frecuencia (frecuencia de modulación) es mayor/igual al cociente de (i) la velocidad de cinta de la cinta movida (ii) la longitud del tramo de contacto y/o tramo de medición o, en general, de la longitud de la zona de la cinta a lo largo de la cual se determina la magnitud de medición física en un momento dado. Lo correspondiente se cumple, preferentemente, para la tensión alterna aplicada, a través de la cual se genera la corriente de transporte eléctrica. Para este caso se obtiene entonces (de forma ideal) una corriente alterna de transporte correspondiente que, con irregularidades del material superconductor, está sometida a variaciones correspondientes. La velocidad de la cinta puede ser la velocidad media de la cinta o la velocidad momentánea de la cinta al atravesar el tramo de contacto o de medición. Por el hecho de que la frecuencia es mayor que el cociente mencionado se puede obtener, en cierto modo, una caracterización con resolución espacial de la respectiva sección de cinta con respecto a la localización de puntos defectuosos y su influencia sobre la limitación de la corriente de transporte. Por otro lado, la frecuencia no debe ser demasiado alta para poder minimizar posibles relajaciones en el tiempo con respecto a la generación de la corriente de transporte eléctrica, posibles efectos secundarios tales como, por ejemplo, generación indeseada de campos magnéticos o similares. Los cambios que se producen debido a la corriente alterna de transporte de la magnitud de medición física se registran en el tramo de medición.
- La frecuencia de la corriente alterna de transporte eléctrica o de la tensión alterna que genera la misma puede encontrarse en el intervalo de 0,05 a 100 Hz, preferentemente en el intervalo de 0,1 a 200 Hz o en el intervalo de 0,2 a 100 Hz, de forma particularmente preferente en el intervalo de 0,5 a 50 Hz o en el intervalo de 0,5 a 25 Hz, de forma particularmente preferente en el intervalo de 1 a 10 Hz, por ejemplo, aproximadamente 5 Hz. La frecuencia puede ascender también a 1.000-2.000 Hz o hasta a 5.000 Hz o más, siempre que un falseamiento de los resultados de medición, por ejemplo, debido a corrientes en remolino indeseadas, sea lo suficientemente pequeña.
- De forma particularmente preferente, esta corriente alterna de transporte/la tensión alterna aplicada está superpuesta a una corriente de transporte (corriente de base)/tensión de base constante o que cambia continuamente dependiendo del tiempo, registrándose la magnitud de medición física basándose en la corriente de transporte superpuesta resultante. Para este caso, preferentemente, la intensidad de la corriente de base/magnitud de la tensión es mayor que la máxima amplitud de la corriente alterna de transporte superpuesta/tensión alterna, de tal manera que no se producen inversiones de la polaridad en los contactos de alimentación y descarga de las disposiciones de contacto. Por ejemplo, la amplitud de la corriente alterna de transporte puede ascender a $\leq 98\%$, $\leq 80-95\%$ o $\leq 70-80\%$ o $\leq 40-60\%$ o $\leq 10-20\%$ de la intensidad de corriente de la corriente de transporte generada constante, lo correspondiente se cumple para la amplitud de tensión/tensión constante. En este caso, la generación de la respectiva corriente de transporte se puede realizar también regulada por corriente o, sin embargo, regulada por tensión, preferentemente de forma correspondiente a la regulación de la corriente de base. Mediante la generación de la corriente alterna de transporte (eventualmente con superposición de una corriente de base), de forma particularmente preferente mediante una tensión alterna regulada, con una cinta movida de forma continua se puede generar una especie de característica de corriente-tensión de la respectiva sección de cinta o, finalmente, de la cinta en su totalidad que, con respecto a la determinación de una característica de corriente-tensión con cinta estacionaria, debido a la velocidad de la cinta durante la medición presenta ciertamente una cierta falta de nitidez. A pesar de esto, por ello es posible obtener, en el marco del control de la calidad, indicaciones localmente más específicas con respecto a la intensidad de corriente crítica de la respectiva sección de cinta asignada al tramo. De este modo por ello se puede determinar de forma aproximada la pendiente de la curva característica de corriente-tensión de una sección de cinta, es decir, el valor n durante la descripción de la curva característica con una ley de potencias.
- Mediante la variación de la intensidad de corriente en la zona esperada o a examinar de la (posible) intensidad de corriente crítica (preferentemente mediante tensión regulada), de este modo se puede controlar no solamente la corriente de transporte mínima crítica a cumplir, sino que se pueden realizar también, en el marco de la magnitud de la amplitud de la corriente alterna de transporte, afirmaciones acerca de la observación de corrientes críticas en un intervalo de intensidad de corriente, dependiendo de la intensidad de corriente mínima y máxima de la corriente alterna de transporte.
- Por tanto, si un punto defectuoso local registra un pico de corriente de la corriente alterna, la corriente de transporte se limita a un valor menor que, sin embargo, puede ser mayor que la mínima corriente de transporte crítica, lo que conduce a un cambio correspondiente de la magnitud de medición registrada. A través de la cantidad de periodos recorridos y registrados a partir de un punto de referencia predefinido en la cinta de la corriente alterna de transporte es posible entonces también una determinación del lugar del punto defectuoso local en la cinta. En este caso se

parte de que los puntos defectuosos que limitan una corriente de transporte crítica I_c , que es mayor que la mínima corriente de transporte crítica de la cinta en su totalidad, están dispuestos en la cinta finalmente distribuidos de forma estadística, tanto en lo correspondiente a su distribución en el espacio a lo largo de la cinta como al tipo de los respectivos puntos defectuosos con respecto a su "energía perturbadora", es decir, su limitación de la magnitud de la corriente de transporte crítica. En este caso se entiende que los respectivos puntos defectuosos pueden ser puntos defectuosos más o menos "fuertes" o "débiles", que causan, por ejemplo, defectos de red o defectos electrónicos más o menos intensos en la capa superconductora de alta temperatura y que pueden limitar, con ello, la corriente de transporte crítica de forma más o menos intensa. Por ello, por tanto es posible en total también una caracterización considerable de la calidad de la cinta. Además, mediante la selección del patrón de corriente de la corriente alterna generada se puede modificar el componente inductivo de la caída de tensión medida en la cinta según sea necesario.

Si se genera la corriente de transporte o la tensión que genera la misma con un componente de corriente alterna (o un componente de tensión alterna) a la que puede estar superpuesta una "corriente de base" de intensidad de corriente constante o una tensión de base, entonces la caída de tensión medida en la cinta está compuesta de un componente resistivo y uno inductivo. El componente resistivo se produce debido a la caída de tensión en la cinta superconductora con corriente continua, es decir, la señal deseada para el control de la calidad de la cinta. Una segunda parte de la caída de tensión es causada por la corriente que cambia en el tiempo que genera las denominadas pérdidas de CA en la cinta. Estas pérdidas de CA se pueden estimar mediante cálculo, lo que se puede realizar antes del comienzo de la medición, para lo que el dispositivo de acuerdo con la invención comprende un ordenador. La estimación se puede realizar mediante la frecuencia y amplitud de la corriente alterna generada y las propiedades de la cinta superconductora a examinar, tales como sus dimensiones geométricas, conductividad, resistencia a corriente alterna, etc. La medición de la magnitud de medición física se puede realizar en el marco de la invención, de tal manera que las pérdidas de CA no tengan ninguna influencia sustancial sobre el establecimiento de la corriente crítica I_c local (I_{lc}). En este caso son aceptables eventualmente falseamientos de la corriente crítica verdadera que se mide con una corriente continua pura de la corriente de transporte de $\pm 20\%$ o $\pm 5 - 10\%$ o $\pm 1 - 2\%$. Para mantener pequeñas las pérdidas de CA se pueden seleccionar correspondientemente bajas la amplitud y la frecuencia del componente de corriente alterna.

Para la determinación lo más exacta posible de la intensidad de corriente crítica I_c (mín) con componente de corriente alterna durante la medición se pueden conducir las líneas de medición a la toma de tensión, de tal manera que se minimice la tensión de medición inductiva. Para esto, las conexiones eléctricas entre el contacto de alimentación y descarga de la disposición de contacto y/o entre los dos contactos que definen el tramo de medición pueden estar configuradas de tal manera que generen a ambos lados del tramo de medición campos magnéticos inducidos de la misma intensidad. Como alternativa o adicionalmente pueden estar previstas una o varias bobinas de compensación que generan campos magnéticos, pudiendo estar ajustada la intensidad del campo magnético de tal manera que se minimice el componente inductivo de la señal de medición. El ajuste de la intensidad del campo magnético se puede realizar empíricamente o mediante cálculo.

Además, como alternativa es posible compensar el componente inductivo de la caída de tensión debido a la corriente alterna de transporte generada mediante cálculo, por ejemplo, con ayuda de la medición y/o conociendo el cambio en el tiempo de la corriente de transporte dI/dt . El componente inductivo de la caída de corriente, por tanto, se puede restar mediante cálculo de la señal de medición, por ejemplo, con ayuda de un microcontrolador según el principio de la transformación analógica/digital (AD).

Ventajosamente está previsto un equipo para la generación de un campo magnético que atraviesa la cinta superconductora en la zona del tramo de contacto y/o medición, estando dispuesto el campo magnético de forma transversal, preferentemente en perpendicular con respecto a la dirección longitudinal de la cinta. Preferentemente, el campo magnético está dispuesto transversalmente o en perpendicular, por ejemplo, en un ángulo de $45-135^\circ$ o $70-110^\circ$ o aproximadamente 90° con respecto a la superficie de la cinta o la dirección longitudinal de la cinta. Si la cinta o la capa superconductora presenta un plano principal (por ejemplo, en paralelo con respecto al plano de la cinta), entonces el campo magnético está dispuesto preferentemente en perpendicular (eventualmente con las divergencias que se han mencionado anteriormente de la normal) con respecto al plano de la capa superconductora. Por tanto, el campo magnético está dispuesto de tal manera con respecto a la cinta en la zona del tramo de contacto y/o medición que mediante el mismo se estrangula la corriente de transporte a un corte transversal que es menor que el corte transversal geométrico de la capa superconductora de la cinta. La zona estrangulada en corriente forma entonces el tramo de medición en sí, ya que mediante el mismo se limita la corriente de transporte. Entonces se puede registrar la magnitud de medición física en la zona de la cinta con corte transversal de corriente de transporte estrangulado. Debido al campo magnético externo, por tanto, es necesaria una menor corriente de transporte a través de la cinta para obtener las respectivas informaciones con respecto a la calidad o las propiedades de la capa superconductora. La zona del campo magnético (homogéneo) puede estar limitada al tramo de medición, preferentemente la extensión del campo magnético (homogéneo) en dirección longitudinal de la cinta es menor que la longitud del tramo de contacto y/o medición. Por tanto, los contactos de alimentación, descarga y/o medición pueden estar dispuestos en el exterior del campo magnético. El campo magnético puede ser homogéneo a lo largo de su extensión en dirección longitudinal de la cinta. El campo magnético, por tanto, se puede extender a lo largo de la longitud del tramo de contacto o medición, por el motivo que se ha mencionado anteriormente, sin embargo con

preferencia solo respectivamente a lo largo de una parte del mismo.

La corriente de transporte o la corriente de transporte crítica, además, se puede registrar dependiendo de la intensidad de campo magnético mediante la disposición de medición. Para evitar campos alternos magnéticos, para esto se pueden atravesar distintas zonas de la sección de cinta refrigerada con campos magnéticos de distinta intensidad, preferentemente constantes. Por ello se pueden obtener otros criterios importantes de calidad acerca de la capa superconductora, por ejemplo, afirmaciones acerca de la corriente de transporte dependiendo de la intensidad de campo del campo magnético externo.

El campo magnético puede ser, en particular, un campo estacionario. La intensidad del campo magnético puede encontrarse en el intervalo de 0,001 tesla a 10 tesla (con respecto al componente perpendicular a la cinta, preferentemente perpendicular a la capa superconductora), sin quedar limitada a esto, por ejemplo, en el intervalo de 0,05 a 1 tesla o en el intervalo de aproximadamente 0,1 a 0,2 tesla o hasta 0,3 o hasta 0,5 tesla. En particular, la intensidad del campo magnético puede encontrarse en el intervalo de, por ejemplo, 0,001 tesla a, por ejemplo, 0,5 tesla o hasta 0,4 tesla, en particular $\leq 0,25$ -0,3 tesla o $\leq 0,2$ -0,15 tesla. La intensidad del campo magnético puede ser $\geq 0,001$ tesla o $\geq 0,005$ -0,01 tesla o $\geq 0,015$ -0,02 tesla o $\geq 0,05$ tesla. El campo magnético se puede generar, respectivamente, mediante un imán permanente, mediante bobinas magnéticas u otros equipos adecuados.

En particular, el procedimiento se puede llevar a cabo en la zona de transición del estado superconductor al no superconductor (conductor normal) de la cinta superconductora. Para esto se puede generar, por ejemplo, una corriente de transporte (corriente alterna de transporte) que cambia en el tiempo, cuyo valor mínimo se encuentra en el estado superconductor y cuyo valor máximo se encuentra en el estado conductor normal del material superconductor o en la zona de transición entre los mismos. La corriente alterna se puede generar, en particular, de forma regulada por tensión, por ejemplo, con una tensión alterna que puede ser, por ejemplo, sinusoidal o tener un perfil de dientes de sierra. Eventualmente se podría variar también el campo magnético externo dependiendo del tiempo, de tal manera que con un campo magnético reducido esté presente el estado superconductor y con un campo magnético alto, el estado conductor normal o un estado de transición. En el presente documento se entiende por "estado de transición" uno con una pérdida parcial de la superconducción. Una realización de este tipo es posible, en particular, con examen de material de cinta de HTC para limitadores de corriente resistivos y aplicaciones similares, el mismo se puede realizar de tal manera que mediante el mismo se puede establecer la pendiente o la anchura de la transición de superconductor-conductor normal. La pendiente $\Delta x/\Delta y$ se puede indicar, por ejemplo, mediante un $\Delta I/\Delta t$ o mediante un $\Delta U/\Delta I$, siendo Δ la diferencia de corriente o tensión entre el estado justo todavía superconductor y justo ya conductor normal, siendo U la tensión que genera la corriente de transporte y t el tiempo a lo largo del cual se realiza un cambio de tensión, siendo en ambos casos respectivamente $\Delta U/\Delta t$ preferentemente constante y siendo I la corriente de transporte.

Preferentemente están previstos varios contactos eléctricos de la misma polaridad como contactos de alimentación, por ejemplo, 2, 3 o 4 o más, que se aplican o se pueden aplicar al mismo tiempo con contactado eléctrico en la cinta para alimentar, para la generación de una corriente de transporte eléctrica en la cinta, varias subcorrientes en la cinta. Por ello son posibles distintos perfeccionamientos del procedimiento. Por un lado, pueden estar asignados varios contactos de alimentación que se pueden aplicar al mismo tiempo en la cinta, que contactan con la cinta durante su movimiento en dirección longitudinal de la cinta, a un contacto de descarga (o grupo de contactos de descarga). Entonces, el tramo de medición puede estar dispuesto entre el contacto de alimentación más adyacente al contacto de descarga y el contacto de descarga (el primero en dirección de transporte de la cinta). Por ello, la corriente de transporte aportada a la cinta, sobre cuya base se registra la magnitud de medición física, no está limitada por la resistencia de paso entre el contacto de alimentación y la cinta durante el movimiento de la cinta u otras circunstancias de aparatos o de la técnica del procedimiento y son posibles velocidades de cinta particularmente altas con una elevada corriente de transporte.

Pueden estar previstas también dos o más disposiciones de contacto que presentan, respectivamente, contactos eléctricos de alimentación y descarga para la generación, respectivamente, de una corriente de transporte eléctrica independiente en la respectiva zona de la sección de cinta y contactos de medición respectivamente eléctricos con configuración de un tramo de medición. Estas respectivamente dos o más disposiciones de contacto se pueden aplicar en la cinta contactando de forma simultánea durante el transporte de la cinta. Por ello, en distintas zonas de la sección de cinta refrigerada al mismo tiempo se pueden generar varias corrientes de transporte independientes, registrándose la magnitud de medición física en las distintas zonas de la sección de cinta con asignación a las respectivas corrientes de transporte independientemente entre sí. Las corrientes de transporte aportadas mediante las distintas disposiciones de contacto en distintas zonas de la cinta refrigerada pueden presentar la misma magnitud, por ejemplo, para posibilitar un control más exacto de la calidad. Preferentemente, mediante las distintas disposiciones de contacto se generan respectivamente corrientes de transporte de diferente intensidad de corriente en la cinta, sobre cuya base se registra la respectiva magnitud de medición física. Por ello al mismo tiempo se puede determinar la dependencia de la respectiva magnitud de medición física de la magnitud de la intensidad de la corriente de transporte o se puede comprobar si la cinta cumple el valor teórico no solo con respecto a una, sino con respecto a varias intensidades de corriente de transporte críticas diferentes para poder asignar, por tanto, por ejemplo la cinta a distintas calidades A, B, etc. Las distintas corrientes de transporte se pueden generar al mismo tiempo o de forma independiente en el tiempo o sucesivamente en la respectiva sección de cinta refrigerada, de tal

manera que una corriente de transporte B solo se genera cuando una corriente de transporte A con registro correspondiente de la magnitud de medición física ya se ha interrumpido o llevado a 0 para excluir influencias mutuas de las corrientes de medición.

5 Si están previstos dos o más contactos de alimentación que presentan una cierta separación en dirección longitudinal de la cinta entre sí, mediante los mismos se puede llevar a cabo una localización de puntos defectuosos que limitan la corriente de transporte crítica (mínima). Si un punto defectuoso durante el transporte de la cinta entra en la zona entre el primer y el segundo contacto de alimentación, estando alejado al máximo el primer contacto de alimentación con respecto al contacto de descarga, entonces la primera corriente de alimentación para la generación de la corriente de transporte y, por tanto, en su totalidad la corriente de transporte se interrumpe o reduce. Esto se puede registrar ya en el tramo de medición de esta disposición de contacto. Por tanto, el punto defectuoso se puede localizar entre el primer y el segundo contacto de alimentación. Si el punto defectuoso mediante el transporte de la cinta entra en la zona entre el segundo y el tercer contacto de alimentación, se interrumpe o reduce también la segunda corriente de alimentación, etc. El lugar del punto defectuoso se puede localizar en la cinta directamente o conociendo el momento de la medición y la velocidad de la cinta. Sin embargo, los varios contactos de alimentación y/o descarga pueden estar dispuestos también de forma directamente sucesiva en la cinta.

Eventualmente, la respectiva disposición de contacto puede presentar varios contactos de descarga. Mediante los mismos se puede asegurar que toda la corriente alimentada se evacue a través de los contactos de descarga colocados en las secciones de cinta refrigeradas de forma superconductora.

20 Preferentemente, la velocidad de la cinta durante la alimentación de la corriente de transporte asciende a aproximadamente a 0,1 - 20 m/s, preferentemente está en el intervalo de 0,5 - 10 o 0,5 - 5 m/s. Por esto, por un lado, se puede realizar una velocidad lo suficientemente alta del procedimiento de acuerdo con la invención en su totalidad, por otro lado se limitan problemas de contactado con velocidades demasiado altas de la cinta.

25 La proporción que se ha mencionado anteriormente de la frecuencia de la corriente alterna de transporte generada con respecto al cociente de (i) la velocidad de cinta de la cinta movida y (ii) de la longitud del tramo de medición en dirección longitudinal de la cinta que está asignado respectivamente a la sección de cinta dada y/o la longitud del tramo de contacto a lo largo del cual se genera la corriente de transporte puede ascender a ≥ 1 o $\geq 1,01-1,05$ o $\geq 1,1$, preferentemente $\geq 1,5 - 2$ o $\geq 3 - 5$ o, de forma particularmente preferente, $\geq 10 - 15$ o $\geq 20 - 50$, por ejemplo, $\leq 100-200$ o $\leq 300-500$ o $\leq 1.000-2.000$ o ≤ 5.000 . Por ello se pueden minimizar las pérdidas inductivas y falseamientos de los resultados de medición.

30 Los contactos que configuran el tramo de contacto y/o el tramo de medición pueden presentar una separación en el intervalo de 0,2 - 20 m o 0,5 - 15 m, preferentemente en el intervalo de 1 - 10 m sin quedar limitados a esto. Sin embargo, eventualmente la longitud del tramo de medición puede presentar longitudes incluso mayores o menores, los tramos de medición demasiado largos tienen la desventaja de que con ello aumenta el riesgo de una fusión de la cinta debido a puntos defectuosos existentes. La separación de los contactos de alimentación y descarga generalmente es mayor que la longitud del tramo de medición, pudiendo estar dispuestos los contactos de medición en el interior del tramo de contacto.

35 La respectiva disposición de contacto puede presentar, a modo de una medición de cuatro puntos, respectivamente un contacto de alimentación y uno de descarga así como dos contactos de medición dispuestos entre los mismos, de tal manera que a través de los dos contactos de medición no fluye corriente (con respecto a la generación de la corriente de transporte). Esto puede aplicarse particularmente durante la aplicación de una tensión y medición de la intensidad de la corriente. La disposición de contacto puede estar configurada, por ejemplo, también a modo de una disposición de tres puntos, de tal manera que uno de los dos puntos de medición sirve al mismo tiempo de contacto de alimentación o, preferentemente, al mismo tiempo de contacto de descarga. Eventualmente se pueden emplear también otras disposiciones adecuadas de contacto.

45 Durante la detección de un punto defectuoso que limita la corriente de transporte crítica se puede marcar la zona local de la cinta que presenta el punto defectuoso mediante medios adecuados, por ejemplo, mediante introducción de una muesca en la cinta o la capa superconductora. Después del control de toda la cinta, entonces se puede localizar y arreglar este punto marcado. El marcaje se puede realizar también indirectamente registrándose la velocidad de transporte de la cinta y el tiempo del avance de la cinta partiendo de un punto de referencia de forma continua, por ejemplo, con una ciclicidad en el tiempo suficientemente estrecha, de tal manera que por ello se puede volver a localizar el punto defectuoso después de llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con la invención. Eventualmente, el respectivo punto defectuoso local también se puede recortar directamente después de la detección o cuando la respectiva sección de cinta ha abandonado el tramo de refrigeración y se puede interrumpir el transporte de la cinta para reparar la sección de cinta afectada por el defecto o se puede realizar la reparación de forma directa respectivamente con transporte continuo de la cinta. Para la reparación de la cinta en general se puede recortar el punto defectuoso de la cinta o de la capa superconductora, uniéndose las dos zonas adyacentes al punto defectuoso entonces a través de una unión (joint) de bajo ohmiaje. Como alternativa se puede aplicar una nueva sección de material superconductor sobre la capa superconductora y la misma se puede intensificar eléctricamente, de tal manera que se cumpla la intensidad de corriente crítica requerida también en esta sección de la cinta.

Además, la invención comprende un dispositivo para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 para el control de la calidad de cintas superconductoras que puede estar configurado, particularmente, de acuerdo con las reivindicaciones 12 a 24.

De forma particularmente preferente, los contactos de alimentación y/o descarga y/o los contactos de medición de la disposición de contacto están configurados de tal manera que los mismos están colocados a lo largo de una zona longitudinal de la cinta que va más allá, respectivamente, de un contactado local o con forma de punto. En este caso, los contactos pueden estar aplicados con forma de línea (en dirección longitudinal de la cinta) o de forma plana en la cinta. Para esto, preferentemente, los contactos están configurados en forma de rodillos o contactos por rozamiento, pudiendo estar colocada la cinta para la configuración de zonas de contacto a lo largo de un perímetro parcial en los rodillos, la cinta puede rodear parcialmente el perímetro de los rodillos de contacto. Por ello se configura, incluso con elevadas velocidades de la cinta, un buen contacto eléctrico y se puede evitar la holgura entre la cinta y los rodillos. En este caso, los rodillos se pueden accionar de forma autónoma mediante medios de accionamiento adecuados o se mueven de forma pasiva, transportándose la cinta mediante otros medios de transporte en dirección longitudinal de la cinta, por ejemplo, mediante una bobina de enrollado y desenrollado que se pueden accionar, respectivamente, de forma independiente entre sí, para transportar la cinta a través del tramo de refrigeración y el tramo de medición. Eventualmente pueden estar previstos también otros medios de transporte para la cinta, por ejemplo, en forma de rodillos de transporte, pudiendo cumplirse correspondientemente lo expuesto anteriormente. La cinta puede hacerse avanzar, respectivamente, entre dos rodillos opuestos con cierre de fricción. La cinta puede estar guiada entre rodillos opuestos que están aplicados en el lado superior e inferior en la cinta. En este caso, la cinta puede estar extendida o estar conducida preferentemente con forma de arco o formando meandros alrededor de o entre los rodillos. La cinta puede estar aplicada, respectivamente, alrededor de un perímetro parcial de $\leq 10 - 20^\circ$, preferentemente $\geq 30 - 45^\circ$ o $\geq 60 - 90^\circ$, eventualmente también hasta 120° o hasta 180° o más en el respectivo rodillo. Eventualmente, los respectivos rodillos pueden estar configurados como rodillos de compresión y comprimirse mediante medios de compresión adecuados contra la cinta para minimizar una holgura de la cinta con respecto a los rodillos. En este caso, en particular, pueden estar previstos varios de tales rodillos de alimentación o contactos de alimentación con contactos de alimentación con forma de línea en dirección longitudinal de la cinta o planos, que rodean la cinta de forma estrecha y, eventualmente, sin intersticio. Los cojinetes de eje de los rodillos pueden estar dispuestos, respectivamente, en el exterior del tramo de refrigeración. Para la generación está prevista una fuente de tensión regulable, mediante la cual se puede generar la corriente de transporte mediante la aplicación de una tensión constante definida o definida en el tiempo sobre la sección de cinta con regulación por tensión.

Además, se señala en general que una "cinta superconductora" o "cinta superconductora de alta temperatura" en el sentido de la invención es una cinta con una capa superconductora (de alta temperatura) que puede estar dispuesta sobre un sustrato adecuado, que puede estar texturizado biaxialmente. El sustrato puede ser, en particular, ferri- o ferromagnético. Entre la capa superconductora y el sustrato pueden estar aplicadas una o varias capas de amortiguamiento u otras capas intermedias que posibilitan, por ejemplo, un crecimiento texturizado biaxialmente de la capa HTS sobre el sustrato y/o que pueden servir, al mismo tiempo, de barrera contra la difusión. Por un "contactado de la cinta" en el sentido de la invención entonces se ha de entender, en general, un contactado de la capa superconductora continua en dirección longitudinal de la cinta en caso de que una corriente de transporte en el superconductor no se pueda generar también mediante el contactado del sustrato. El sustrato no está limitado a composiciones particulares, sin embargo, puede ser en particular una aleación de níquel, particularmente una aleación de Ni que contiene W que puede contener $\geq 1 - 2$ o $\geq 5 - 10$ en peso de W. El material superconductor de alta temperatura no está limitado a determinados materiales, los mismos pueden ser, en particular, superconductores cerámicos, por ejemplo, del tipo Y-Ba-Cu o Bi-Sr-Ca-Cu o similares. En este caso, por superconductor de alta temperatura se entiende un material que presenta una temperatura de transición por encima de 77 Kelvin, sin embargo, el procedimiento no está limitado a los mismos. Después del control de la calidad, la cinta superconductora puede someterse a otras etapas de la producción, por ejemplo, una disposición de capas de cubrición o similares. El procedimiento de acuerdo con la invención así como el dispositivo están adaptados, en particular, para poder examinar materiales superconductores de alta temperatura producidos mediante deposición química reactiva. Sin embargo, las capas superconductoras se pueden producir también de otro modo discrecional, por ejemplo, mediante deposición en fase gaseosa, técnicas de bombardeo o similares. El término "cinta" en el sentido de la invención no ha de estar limitado a determinadas geometrías de corte transversal, pueden estar presentes cortes transversales adecuados discrecionales, tales como hilos o similares, siempre que la longitud de la respectiva cinta ascienda a un múltiplo de la anchura de la misma.

A continuación se describe y explica la invención mediante un ejemplo de realización. Muestran:

- La Figura 1, una representación esquemática de un dispositivo para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con la invención,
- La Figura 2, una disposición de contacto según un perfeccionamiento del dispositivo según la Figura 1 en una vista lateral,
- La Figura 3, un perfeccionamiento del dispositivo según la Figura 1 con campo magnético externo en vista lateral,

La Figura 4, diagramas de una corriente de transporte con componente de corriente alterna, respectivamente superpuesta, sinusoidal o con forma de dientes de sierra a lo largo del tiempo con presencia de puntos defectuosos en la capa superconductora,

La Figura 5, una representación esquemática de una disposición de contacto del dispositivo de acuerdo con la invención según la Figura 1 en una vista superior.

Según la Figura 1, el dispositivo 1 para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con la invención para el control de la calidad de cintas superconductoras (de alta temperatura) presenta un tramo de refrigeración 2 para la refrigeración de una sección 3a de la cinta 3 a una temperatura a la que esta sección de cinta se hace superconductora. El tramo de refrigeración 2, para esto, puede presentar un medio refrigerante adecuado tal como, por ejemplo, nitrógeno líquido, a través del cual se puede conducir la cinta. Además, el tramo de refrigeración puede presentar un equipo de supervisión de temperatura 2a que transmite la temperatura establecida del tramo de refrigeración y/o de la cinta a un equipo de control central. Pueden estar previstos equipos para controlar o regular las temperaturas a una temperatura teórica. Además, el tramo de refrigeración puede presentar un tramo de refrigeración previa 2b, de tal manera que la cinta con refrigeración de temperatura ambiente hasta la temperatura superconductora se refrigera previamente y/o un tramo de atemperado 2c para calentar la cinta después de la refrigeración más lentamente a temperatura ambiente y poder evitar tensiones inducidas respectivamente de forma térmica en la cinta, deposiciones de agua de condensación y similares.

La cinta superconductora 3 dispuesta en el dispositivo puede presentar una longitud de varios 100 metros. La longitud del tramo de refrigeración o la longitud de la cinta refrigerada de forma superconductora en el tramo de refrigeración puede encontrarse, respectivamente, por ejemplo, en el intervalo de 1 a 10 m. Las longitudes mencionadas no están limitadas a valores particulares. La longitud de la cinta 3 asciende, en este caso, a un múltiplo de la longitud de la sección de cinta 3a refrigerada de forma superconductora. En general puede estar previsto también un depósito de cinta para poder hacer funcionar de forma continua la instalación.

El dispositivo de acuerdo con la invención puede estar integrado en una instalación para la producción de cintas superconductoras, de tal manera que está previsto un suministro automático de cinta desde una parte antepuesta de la instalación, tal como lo representa la Figura 1, sin embargo, la cinta puede estar dispuesta sobre una bobina 4 y ser recogida, después de atravesar el tramo de refrigeración, por una bobina de enrollado 5.

Además, el dispositivo 1 presenta medios 6 para el movimiento continuo de la cinta en dirección longitudinal de la cinta (medio de transporte). Estos medios 6 pueden comprender medios de accionamientos ante- y/o pospuestos al tramo de refrigeración, por ejemplo, accionamientos 6a, 6b de la bobina de desenrollado y de enrollado. Además pueden estar previstos medios de accionamiento en el tramo de refrigeración, por ejemplo, en forma de los accionamientos 6c, d de los rodillos descritos más adelante o rodillos de transporte previstos por separado. Los medios de transporte están configurados, en su totalidad, de tal manera que se minimizan las sollicitaciones mecánicas, incluyendo sollicitaciones por tracción y/o recalado sobre la cinta. Mediante los medios de transporte se puede conseguir un movimiento continuo y uniforme de la cinta con, preferentemente, velocidad constante de la cinta a través del tramo de refrigeración a lo largo de toda la longitud de la cinta o el intervalo de tiempo de examen de la cinta, de tal manera que se suprime una detención de la cinta o una disposición estacionaria de la cinta en el tramo de contacto descrito más adelante. La velocidad de la cinta puede ascender, por ejemplo, a aproximadamente 5 m/s. La velocidad de transporte de la cinta, en particular dentro del tramo de refrigeración y/o del tramo de contacto o tramo de medición puede estar regulada o controlada mediante medios adecuados y la velocidad real de transporte puede registrarse mediante el equipo de control 10 dependiendo del tiempo a lo largo del intervalo de tiempo de examen y almacenarse.

El dispositivo de acuerdo con la invención comprende una disposición de contacto 20 con varios contactos eléctricos 21 a 24 para el contactado de la sección de cinta refrigerada. En este caso, los contactos 21 a 23 sirven de contactos de alimentación, el al menos un contacto 24, de contacto de descarga, creándose mediante los contactos de alimentación y descarga separados en dirección longitudinal de la cinta un tramo de contacto eléctrico mediante el cual se genera, en la sección de cinta 3c contactada por este tramo de contacto, una corriente de transporte eléctrica en dirección longitudinal de la cinta. Mediante la disposición de varios contactos de alimentación 21 a 23 dispuestos uno tras otro en dirección longitudinal de la cinta, incluso con velocidades de cinta relativamente altas se puede aportar una corriente de transporte suficientemente alta a la cinta (más exactamente, la capa superconductora (de alta temperatura) de la cinta) para generar en la capa superconductora una intensidad de corriente eléctrica lo suficientemente alta, que está en el intervalo de o es superior a la intensidad de corriente crítica I_c mínima (mín) a cumplir con respecto a las exigencias de calidad planteadas. Los contactos de alimentación y descarga (y los contactos de medición descritos más adelante) pueden estar configurados en forma de rodillos que están aplicados parcialmente alrededor del perímetro y preferentemente sin holgura en la cinta o la capa superconductora. Los contactos pueden estar configurados también de otro modo, por ejemplo, como contactos por rozamiento.

Entre los contactos de alimentación y descarga está prevista una fuente de tensión 25 para la generación de la corriente eléctrica entre los contactos mencionados, pudiéndose generar la corriente de transporte generada en la cinta mediante el control/regulación 26 de forma regulada por tensión o corriente. Además está previsto un indicador 27 para indicar la magnitud de ajuste para la corriente de transporte (corriente o tensión) generada, pudiéndose

transmitir los valores de forma continua, eventualmente con ciclicidad adecuada, que preferentemente es rápida con respecto a la velocidad de la cinta, al equipo de control 10. La corriente de transporte se puede alimentar en la cinta de forma continua con la cinta movida a lo largo de la duración de la aplicación del procedimiento de acuerdo con la invención o a lo largo de toda la longitud de la cinta.

5 Además, la disposición de contacto 20 comprende una disposición de medición 30 que comprende varios contactos eléctricos 31, 32 para el contactado de la sección de cinta refrigerada, dicho más exactamente, de la capa superconductora de la cinta, estando separados los contactos 31, 32 en dirección longitudinal de la cinta entre sí para formar un tramo de medición a lo largo de una longitud parcial de la cinta. En general, también la capa superconductora puede estar cubierta con una capa conductiva, por ejemplo, una capa denominada generalmente "derivación" que puede servir también para una protección de la capa superconductora contra humedad. Entonces, en general, también esta capa de cubrición o envoltura eléctricamente conductora se puede contactar con los contactos que configuran el tramo de contacto y, eventualmente, el tramo de medición. Sin embargo, también puede estar ausente una derivación. Los contactos de medición 31, 32 están unidos con medios 35 para el registro de una magnitud de medición física a base de la corriente de transporte generada con respecto a la sección de cinta contactada con transferencia de señal, generándose la corriente de transporte mencionada a través de la disposición de contacto eléctrica. La magnitud de medición física, en este sentido, está seleccionada de tal manera que la misma representa una medida de las propiedades de transporte eléctricas superconductoras o de la corriente de transporte real de la sección de cinta o de una parte de la misma. Los medios 35 para el registro de la magnitud de medición física, a su vez, están unidos para la transmisión de la magnitud de medición con transmisión de señal con el equipo de control 10. Si, por tanto, se genera, por ejemplo, de forma controlada por corriente a través del tramo de contacto una corriente de transporte en la sección de cinta superconductora, entonces como magnitud de medición física se puede registrar la caída de tensión a lo largo del tramo de medición (separación de contacto 31, 32). Si se genera la corriente de transporte a lo largo del tramo de contacto controlada por tensión, entonces la magnitud de medición física puede ser la corriente de transporte eléctrica que fluye a través del tramo de medición de los contactos 31, 32. Se entiende que la corriente de transporte generada se puede registrar, respectivamente, por otra magnitud de medición física adecuada, por ejemplo, una magnitud física derivada de la corriente de transporte o de la caída de tensión, tal como la resistencia eléctrica o similares.

Para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con la invención se genera en la cinta movida de forma continua (es decir, la capa superconductora de la misma) una corriente de transporte que avanza de forma continua o paso a paso durante el movimiento de la cinta a través del tramo de medición en dirección longitudinal de la cinta. Por tanto, la corriente de transporte en el marco de la invención preferentemente no se interrumpe en el tiempo durante el movimiento de la cinta a través del tramo de medición, presentando la cinta una longitud que presenta múltiples secciones de cinta refrigeradas o múltiples longitudes de tramo de medición. Mediante el registro de la magnitud de medición física durante el transporte de la cinta se crea, por tanto, un procedimiento de aseguramiento de la calidad de cintas HTS que posibilita un elevado rendimiento de cinta.

En general, en el marco del ejemplo de realización se puede generar la corriente de transporte mediante una tensión regulada que puede ser, por ejemplo, constante o cambiante en el tiempo. Las demás explicaciones con respecto a la corriente de transporte (idealizada), por tanto, se aplican de forma correspondiente a la tensión regulada para la generación de la corriente de transporte. En general —a menos que se indique de otro modo—, las explicaciones se refieren a la corriente de transporte idealizada como respuesta a la tensión regulada sin tener en cuenta irregularidades en el material superconductor, que conducirían a cambios no proporcionales de la corriente de transporte con la tensión regulada, o a la corriente de transporte regulada cuando, por ejemplo, se mide la caída de tensión como medida de las irregularidades del material superconductor.

Por ejemplo, la corriente de transporte crítica I_c mínima (mín) a observar definida de acuerdo con el aseguramiento de la calidad se puede aplicar como corriente constante y se puede medir y comprobar, a través de los contactos de medición que hacen de contactos de tensión, la caída de tensión en la sección de la cinta expuesta a corriente, de tal manera que la misma cumpla el criterio de la superconducción, por ejemplo, ascienda hasta $1 \mu\text{V}/\text{cm}$. Al atravesar el tramo de medición, en un equipo adecuado, tal como el equipo de control 10 se puede indicar y preferentemente documentar dependiendo del tiempo si en el respectivo momento de la realización del procedimiento se cumple el criterio de calidad con respecto a la corriente de transporte crítica mínima respectivamente exigida. Como alternativa y preferentemente se puede aplicar también, regulada por tensión, una tensión que, teniendo en cuenta el valor teórico esperado de la conductividad eléctrica del material superconductor, genera una correspondiente corriente de transporte.

Además, por el procedimiento de acuerdo con la invención y mediante el dispositivo se localizan los posibles puntos defectuosos locales que limitan la corriente de transporte crítica de la capa superconductora de la cinta y, de hecho, con una resolución espacial que es más precisa que la longitud del tramo de contacto y/o medición. Si un punto defectuoso de este tipo entra, con la cinta transportada, en el tramo de contacto, es decir, entre el contacto de alimentación y descarga, entonces la corriente de transporte superconductora dentro de la capa superconductora disminuirá más o menos intensamente o decaerá por completo. Esto se puede registrar entonces en el tramo de medición, por ejemplo, mediante un intenso aumento de la tensión (medición regulada por corriente) o una intensa reducción de la corriente de transporte (medición regulada por tensión) y se puede indicar dependiendo del tiempo al equipo de control 10 y/o almacenarse. La zona de la cinta superconductora o de la capa superconductora que entra

en la disposición de contacto y/o el tramo de medición se puede marcar entonces mediante medios 40 adecuados o esta zona afectada por un punto defectuoso se puede establecer mediante registro o establecimiento de la velocidad de la cinta mediante el equipo 50 a lo largo del intervalo de tiempo de examen a partir de un determinado punto de referencia y del tiempo de examen a partir del punto de referencia. En general, el marcaje se puede realizar con un seguimiento adecuado del punto de la cinta, por ejemplo, con velocidad de la cinta y duración del procedimiento conocidos, también en el exterior del tramo de refrigeración. Si los contactos de alimentación 21, 22 o 23 están separados en dirección longitudinal de la cinta, además se puede registrar una entrada de un punto defectuoso respectivamente en la zona entre estos contactos por el equipo de medición y se puede pasar el cambio de señal incluyendo el registro del momento de señal al equipo de control 10 para, conociendo o determinando la velocidad de la cinta, poder localizar el punto defectuoso. La zona de la cinta afectada por un punto defectuoso se puede reparar entonces mediante medidas adecuadas, tal como se ha descrito anteriormente, con establecimiento de la superconducción requerida. Se entiende que para conseguir una resolución espacial lo suficientemente alta, el tramo de contacto y el tramo de medición presentan una longitud adecuada y están ajustados en sus longitudes, respectivamente, de forma adecuada uno con respecto a otro.

Además, de acuerdo con la Figura 2 en la sección de cinta refrigerada pueden estar previstos otros tramos de contacto 50 con tramos de medición 52 respectivamente asignados (correspondientemente a los tramos de contacto y medición como se han explicado anteriormente), que se pueden hacer funcionar independientemente del primer tramo de contacto y medición 20, 30 (con contactos de alimentación y descarga 21, 24 y contactos de medición 31, 32) y que pueden presentar contactos de alimentación y descarga 53, 54 independientes entre sí y contactos de medición 55 y mediante los cuales, por tanto, mediante medios 56 correspondientes se puede generar o se genera una corriente de transporte de otra magnitud y/o con diferentes dependencias de tiempo o perfiles de tiempo en la sección 3d contactada por este tramo de contacto que en la sección de cinta 3c, pudiéndose registrar la magnitud de medición física que depende de la misma en el equipo 58. De este modo, por tanto, se puede establecer y registrar dependiendo del tiempo en el equipo de control 10 si en una primera disposición de contacto 20 se mantiene una primera corriente de transporte crítica mínima a lo largo de la longitud de cinta examinada, pudiéndose generar en una segunda disposición de contacto 50 una corriente de transporte eléctrica I_c ($\text{mín}2$) distinta de la primera corriente de transporte en la sección de cinta 3d, para comprobar si hay una segunda intensidad de corriente crítica mínima como corriente de transporte que es diferente de la intensidad de corriente I_c ($\text{mín}1$) que se ha mencionado en primer lugar. Mediante el transporte de cinta es posible, por tanto, un examen de toda la cinta. Como se indica más adelante, a partir de una corriente de transporte eléctrica de magnitud constante (o magnitud lo más constante posible) se pueden generar corrientes alternas de transporte con perfil de corriente alterna dependiente del tiempo definido. Con ello se pueden generar mediante distintas disposiciones de contacto en diferentes zonas de la cinta corrientes de transporte con diferentes perfiles de tiempo, por ejemplo, en una primera disposición de contacto, una corriente de transporte de magnitud constante, en otra disposición de contacto, una corriente de transporte a la que está superpuesta una corriente de transporte sinusoidal de una frecuencia $F1$ y una amplitud $A1$, en otra disposición de contacto, una corriente de transporte de magnitud uniforme a la que puede estar superpuesta una corriente alterna de transporte con frecuencia $F2$ y amplitud $A2$, pudiendo ser $F1$ no igual a $F2$ y/o $A1$ no igual a $A2$ o una corriente alterna de transporte trapecial o similares. Por ello es posible un control muy detallado de la calidad de la cinta superconductora. Las corrientes alternas de transporte en este caso, respectivamente, se pueden generar de forma regulada por corriente o, preferentemente, de forma regulada por tensión.

Los medios 35, 58 para el registro de la magnitud de medición física, por tanto, están configurados de tal manera y se hacen funcionar de modo que los mismos registran la magnitud de medición física prácticamente de forma continua durante el movimiento de la cinta en dirección longitudinal de la cinta, por ejemplo, de forma ininterrumpida en el tiempo o también de forma cíclica en el tiempo, siempre que la ciclicidad se realice con una velocidad sustancialmente mayor que la velocidad de la cinta, por ejemplo, con un factor $\geq 2 - 4$ o $\geq 10 - 20$ o $\geq 50 - 100$ o ≥ 1.000 de la misma. La cinta se mueve mediante los medios de transporte con una velocidad constante de cinta a través del tramo de contacto y/o a través del tramo de medición o durante el registro de la magnitud de medición física.

Los contactos de alimentación y descarga 21-24 (y/o eventualmente los contactos de medición) pueden estar configurados al mismo tiempo como medios para mover la cinta y, para esto, pueden acoplarse con cierre de fricción con su perímetro en la cinta, eventualmente con disposición de rodillos contrarios en el lado contrario de la cinta. Eventualmente, en general pueden estar previstos también medios independientes o adicionales para mover la cinta, tales como, por ejemplo, rodillos de transporte. La cinta está envuelta en este caso con forma de meandro alrededor de los rodillos 21-23 y puede estar aplicada en forma de línea o de forma plana en los mismos. Para el accionamiento de la cinta, los contactos de alimentación y descarga presentan los medios de accionamiento 6c y 6d.

La Figura 3 muestra un perfeccionamiento del dispositivo según las Figuras 1, 2 en un recorte que presenta un equipo 60 para la generación de un campo magnético 61 estacionario en forma de un imán permanente. El campo magnético generado por ello atraviesa la cinta superconductora 3 en la zona del tramo de contacto y/o medición 20, 30 transversalmente o en perpendicular con respecto a la dirección longitudinal de la cinta o con respecto a la capa superconductora. Por ello se estrangula la corriente de transporte a un corte transversal que es menor que el corte transversal geométrico de la capa superconductora de la cinta. La zona estrangulada en corriente 62 de la capa superconductora forma entonces el tramo de medición en sí, ya que por el mismo se limita la corriente de transporte.

Los contactos de alimentación, descarga y medición 21, 24, 31, 32 están dispuestos, por tanto, en el exterior del campo magnético. El campo magnético es homogéneo a lo largo de su extensión en dirección longitudinal de la cinta y puede presentar una intensidad de campo de, por ejemplo, 0,001 a 0,1 tesla o de 0,05 a 0,09 tesla, por ejemplo, 0,025 T.

5 La Figura 4a muestra un diagrama de una corriente de transporte (corriente de base I_g) con componente de corriente alterna I' superpuesta a lo largo del tiempo t , es decir, una especie de modulación de la corriente de base con presencia de puntos defectuosos FS en la capa superconductora. La corriente alterna de transporte se puede generar de forma regulada por corriente o, en particular, mediante una tensión regulada, aplicándose para la tensión las demás explicaciones con respecto a la corriente alterna, siempre que las irregularidades del material superconductor no alteren una correlación de la tensión con la corriente alterna de transporte, tales como, por ejemplo, puntos defectuosos.

10 El componente de corriente alterna I' superpuesto o el componente de tensión alterna U' que genera el mismo es sinusoidal (los factores de escala del eje U e I son diferentes para indicar que la tensión y la corriente generada se correlacionan y presentan la misma dependencia del tiempo). La frecuencia del componente de corriente alterna/componente de tensión alterna es mayor que el cociente de velocidad de cinta y longitud del tramo de contacto o medición, la amplitud A del componente de corriente alterna es menor (no de forma obligada) que la magnitud de la corriente de base I_g . Lo correspondiente se aplica para el componente de tensión alterna generador con respecto a la tensión de base. Si un punto defectuoso local FS1, FS2 registra un pico de corriente de la corriente alterna, entonces la corriente de transporte se limita a un valor menor I_c (mínFS1), I_c (mínFS2) que, sin embargo, puede ser mayor que la corriente de transporte crítica I_c mínima (mín) (o la corriente de base I_g aplicada), lo que conduce a un cambio correspondiente de la magnitud de medición registrada. Por tanto, cuanto mayor sea en este caso el valor " I " para el respectivo punto defectuoso, mayor es su potencial perturbador con respecto a una limitación de la corriente de transporte. A través de la cantidad de periodos recorridos y registrados a partir de un punto de referencia predefinido de la cinta de la corriente alterna de transporte o el tiempo t_1 , t_2 es posible entonces también una determinación del lugar del punto defectuoso local en la cinta. Debido a la velocidad dada de la cinta v , entonces los puntos defectuosos partiendo del lugar de la cinta $s = 0$ (entrada de la zona de la cinta en el tramo de contacto o de medición) en el momento $t = 0$, en el momento t_1 o t_2 están dispuestos en el lugar s_1 o s_2 . Los puntos defectuosos FS3 y FS4 en el lugar s_3 o s_4 no se detectan. Por ello, por tanto es posible en total también una caracterización considerable de la calidad de la cinta. Por ello no se registran los puntos defectuosos FS3 y FS4 por el componente de corriente alterna. La proporción de la frecuencia de corriente alterna de transporte a la proporción velocidad de cinta/longitud de tramo de medición o velocidad de cinta/longitud de tramo de contacto, en este caso, puede ascender, por ejemplo, a ≥ 1 , por ejemplo, 2- 5 o más o 10- 50. La longitud del tramo de contacto en este caso es a o el lugar de la cinta con la separación a del punto de referencia ($t=0$, $s=0$) es s (a), tal como también en la Figura 4b.

35 La Figura 4b muestra un diagrama de una corriente de transporte (corriente de base I_g) con componente de corriente alterna I' superpuesto a lo largo del tiempo t de forma correspondiente a la Figura 4a, presentando el "componente de corriente alterna I'' " superpuesto en este caso una forma de dientes de sierra. También en este caso, la corriente alterna de transporte se puede generar regulada por corriente o, en particular, mediante una tensión regulada, haciéndose referencia por lo demás a lo expuesto anteriormente en particular con respecto a la Figura 4a. La frecuencia del componente de corriente alterna (o componente de tensión alterna), es decir, el aumento de la rampa hasta el valor máximo en este caso puede ser igual o mayor que el cociente de velocidad de cinta y longitud de tramo de contacto o medición, de tal manera que, por ejemplo, a lo largo de la respectiva longitud de la sección de cinta al atravesar el tramo de contacto o medición se pasa exactamente por una rampa del perfil I/t o U/t . También en este caso eventualmente la proporción de la frecuencia de dientes de sierra a la proporción velocidad de cinta/longitud de tramo de medición o velocidad de cinta/longitud de tramo de contacto puede ascender, por ejemplo, a $\geq 1 - 5$, por ejemplo, de forma aproximada a 10 - 50. Con una proporción de 1, por tanto, al atravesar una sección de cinta con longitud del tramo de contacto o medición a través de precisamente el tramo de contacto o medición se aplica exactamente una rampa I/t sobre la sección de cinta. La amplitud A del componente de corriente alterna (componente de tensión alterna) también en este caso (no de forma obligada) es menor que la magnitud de la corriente de base I_g (tensión de base U_g). Según la Figura 4, por tanto, se detectan los puntos defectuosos FS2, FS3 y FS4 a los que se pueden asignar los lugares o las separaciones del punto cero s_2 , s_3 , s_4 con velocidad de cinta v conocida y la medición del tiempo t_2 , t_3 , t_4 , sin embargo, el punto defectuoso FS1 en el lugar s_1 no.

50 Se da un caso de aplicación particular cuando se lleva a cabo la regulación por tensión de la corriente de transporte de tal manera que con baja corriente (tensión ajustada baja), el material HTC es superconductor y con corriente alta (tensión ajustada alta), el material HTC es conductor normal. La tensión alterna que genera la corriente de transporte puede presentar, por ejemplo, un perfil sinusoidal o de dientes de sierra. Por ello se puede examinar, por ejemplo, la zona de transición del estado superconductor al no superconductor (conductor normal) de la cinta superconductora o, en particular, su anchura.

60 La Figura 5 muestra un perfeccionamiento del dispositivo de acuerdo con la invención en una vista superior esquemática sobre la cinta 3. Para la determinación lo más exacta posible de la intensidad de corriente crítica I_c (mín) con componente de corriente alterna durante la medición, la línea de alimentación 100 y las líneas de medición 110 se conducen respectivamente a la toma de tensión, de tal manera que se minimiza la tensión de medición

inductiva y las conexiones eléctricas entre el contacto de alimentación y descarga 23, 24 de la disposición de contacto y entre los dos contactos de medición 31, 32 se conducen de tal manera que las mismas a ambos lados del tramo de medición generan campos magnéticos M1 y M2 inducidos de la misma intensidad de sentido opuesto (es decir, por ejemplo las superficies incluidas por los conductores a ambos lados de la cinta son igual de grandes).

5 Además están previstas bobinas de compensación 120 que generan campos magnéticos para minimizar el componente inductivo de la señal de medición que pueden estar dispuestas, respectivamente, en la zona de las dos mitades de tramo de contacto y de medición. El ajuste de la intensidad del campo magnético de las bobinas de compensación se realiza mediante el control 125 y ordenador 130 asociado, tal como se ha descrito anteriormente, que resta también el componente inductivo de la caída de corriente de la señal de medición, para lo que está

10 previsto un microcontrolador, integrado por ejemplo en el control. También en este caso la corriente de transporte se puede generar de forma regulada por corriente o, preferentemente, regulada por tensión.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el control de la calidad de cintas superconductoras con respecto a la intensidad de corriente crítica máxima admisible de la cinta, presentando la cinta una longitud 1, con las etapas:
 - 5 a) refrigeración de una sección de la cinta superconductora a una temperatura a la que esta sección de cinta se hace superconductora, ascendiendo la longitud de la cinta a un múltiplo de la longitud de la sección de cinta,
 - b) generación de una corriente de transporte eléctrica en la sección de cinta superconductora en dirección longitudinal de la cinta con contactado con una disposición de contacto, que presenta contactos de alimentación y descarga eléctricos separados en dirección longitudinal de la cinta, para generar entre los mismos la corriente de transporte mediante un equipo de generación de corriente de transporte,
 - 10 c) disposición de una disposición de medición sensible con respecto a la corriente de transporte en la cinta y/o el equipo de generación de corriente de transporte,
 - d) movimiento continuo de al menos una parte de la cinta en dirección longitudinal de la cinta a través del tramo de contacto y/o a través del tramo de medición con contactado eléctrico de la cinta movida para la generación de una corriente de transporte que avanza a través de la cinta en dirección longitudinal de la cinta,
 - 15 e) registro de una magnitud de medición física a base de la corriente de transporte generada con respecto al tramo de medición mediante los contactos de medición durante el movimiento de al menos una parte de la cinta a través del tramo de medición, siendo la magnitud de medición física una medida de las propiedades de transporte eléctricas superconductoras de la sección de cinta o de una parte de la cinta, **caracterizado porque** la corriente de transporte se genera de forma regulada por tensión, regulándose la tensión que genera la corriente de transporte a un valor constante o dependiendo del tiempo.
 - 20
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** en la sección de cinta refrigerada se genera una corriente de transporte eléctrica en forma de una corriente alterna y/o una tensión alterna que genera una corriente alterna de transporte, cuya frecuencia preferentemente es mayor/igual al cociente de (i) la velocidad de cinta de la cinta movida y (ii) la longitud del tramo de medición en dirección longitudinal de la cinta que está asignado, respectivamente, a la sección de cinta dada y/o la longitud del tramo de contacto a lo largo del cual se genera la corriente de transporte.
- 25
3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** la corriente alterna de transporte eléctrica está superpuesta a la corriente de transporte constante o que cambia dependiendo del tiempo y porque la magnitud de medición física se registra basándose en la corriente de transporte superpuesta resultante.
- 30
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** la frecuencia de la corriente alterna de transporte generada y/o de la tensión alterna que genera la misma se encuentra en el intervalo de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 200 Hz.
5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** la frecuencia de la corriente alterna de transporte generada y/o de la tensión alterna que genera la misma es un factor 1,01 a 2.000 veces mayor que el cociente de (i) la velocidad de cinta de la cinta movida y (ii) la longitud del tramo de medición en dirección longitudinal de la cinta que está asignado, respectivamente, a la sección de cinta dada y/o la longitud del tramo de contacto a lo largo del cual se genera la corriente de transporte.
- 35
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** se genera un campo magnético que atraviesa la cinta superconductora, a través del cual se estrangula la corriente de transporte a un corte transversal que es menor que el corte transversal geométrico de la capa superconductora, expuesta a corriente de transporte, de la cinta y porque la magnitud de medición física se registra en la zona de la cinta con corriente de transporte estrangulada.
- 40
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** la magnitud de medición física se registra de forma continua durante el movimiento de la cinta a lo largo de una longitud que asciende a un múltiplo de la longitud de la sección de cinta.
- 45
8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque**
 - (i) se aplican varios contactos eléctricos de la misma polaridad como contactos de alimentación simultáneamente con contactado eléctrico en la cinta para alimentar, para la generación de una corriente de transporte eléctrica en la cinta, varias subcorrientes en la cinta y/o
 - 50 (ii) porque están previstas dos o más disposiciones de contacto para la generación, respectivamente, de una corriente de transporte en la cinta refrigerada de forma superconductora, mediante las cuales se generan corrientes de transporte independientes entre sí en la respectiva sección de cinta refrigerada y porque la magnitud de medición física se registra en las distintas zonas de la sección de cinta con asignación a las distintas corrientes de transporte.
- 55
9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque**
 - (i) el procedimiento se lleva a cabo en la zona de transición del estado superconductor al no superconductor de

la cinta superconductor y/o

(ii) porque el procedimiento se lleva a cabo en una cinta superconductor que presenta una capa superconductor que no está provista de una derivación eléctrica y/o que está compuesta, al menos parcialmente, de un material ferri- /ferromagnético.

5 10. Dispositivo para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9 para el control de la calidad de cintas superconductoras con:

a) un tramo de refrigeración para la refrigeración de una sección de la cinta a una temperatura a la que esta sección de cinta se hace superconductor, ascendiendo la longitud de la cinta a un múltiplo de la longitud de la sección de cinta,

10 b) una disposición de contacto que comprende varios contactos eléctricos para el contactado de la sección de cinta refrigerada, presentando los contactos eléctricos al menos un contacto de alimentación y al menos un contacto de descarga, que con configuración de un tramo de contacto están separados entre sí en dirección longitudinal de la cinta,

15 c) un equipo para la generación de una corriente de transporte eléctrica en la sección de cinta contactada mediante el contacto de alimentación y descarga, estando prevista para la generación de la corriente de transporte una fuente de tensión regulable que está preparada para regular la tensión generadora de la corriente de transporte a un valor constante o dependiendo del tiempo,

20 d) una disposición de medición para el registro de una magnitud física dependiente de la corriente de transporte que comprende, preferentemente, al menos dos contactos de medición que se pueden aplicar en la sección de cinta superconductor expuesta a la corriente de transporte, separados entre sí en dirección longitudinal de la cinta que están previstos en la disposición de contacto y que configuran un tramo de medición a lo largo de la longitud o una longitud parcial de la sección de cinta expuesta a la corriente de transporte,

25 e) medios para mover al menos una parte de la cinta en dirección longitudinal de la cinta a través del tramo de contacto con contactado eléctrico continuo de la cinta movida, siendo los medios adecuados para generar una corriente de transporte que avanza a través de la cinta en dirección longitudinal de la cinta y

30 f) medios para el registro de una magnitud de medición física basándose en la corriente de transporte generada en la sección de cinta mediante los contactos de medición durante un movimiento de al menos una parte de la cinta a través del tramo de medición, estando seleccionada la magnitud de medición física de tal manera que la misma posibilita una medida de las propiedades de transporte eléctricas superconductoras de la sección de cinta o de una parte de la cinta.

11. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado porque**

(i) los medios para mover la cinta presentan arrastradores que están configurados para el acoplamiento con cierre de fricción en la cinta o que se acoplan con cierre de fricción en la cinta para mover la misma a través del tramo de medición y/o para exponer la cinta durante su movimiento a una tensión previa definida y/o

35 (ii) porque la disposición de contacto eléctrica comprende varios contactos eléctricos de la misma polaridad que se pueden aplicar de forma simultánea con contactado eléctrico en la cinta para generar una o varias corrientes de transporte eléctricas independientes.

12. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 11, **caracterizado porque** la disposición de contacto presenta más de dos contactos de alimentación que están asignados, respectivamente, a un contacto de descarga común y porque los contactos están dispuestos de tal manera que al mismo tiempo en distintas zonas de la sección de cinta refrigerada se pueden generar varias corrientes de transporte de diferente intensidad de corriente y porque el equipo para el registro de la magnitud de medición física está configurado de tal manera que se puede registrar la magnitud de medición física en las distintas zonas de la sección de cinta con diferente intensidad de corriente de transporte con asignación a estas secciones de cinta.

45 13. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizado porque**

(i) los medios para la generación de la corriente de transporte están configurados para generar una corriente de transporte constante o que cambia dependiendo del tiempo y/o

50 (ii) porque los medios para la generación de la corriente de transporte están configurados de tal manera que los mismos generan, en la sección de cinta refrigerada, una corriente de transporte en forma de una corriente alterna.

14. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 13, **caracterizado porque** los medios para la generación de la corriente de transporte están configurados de tal manera que en la cinta se puede generar una corriente de transporte en forma de una corriente alterna que, preferentemente, se puede generar en la misma sección de cinta al mismo tiempo que una corriente de transporte de intensidad de corriente de transporte constante o que cambia de forma uniforme y porque los medios para el registro de la magnitud de medición física están configurados para registrar la magnitud de medición física resultante de la corriente alterna de transporte o de la corriente de transporte superpuesta.

15. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 14, **caracterizado porque** los medios para la generación de la corriente de transporte en forma de una corriente alterna están configurados de tal manera que se puede generar una corriente alterna y/o una tensión alterna con una frecuencia en el intervalo de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 200 Hz.

5

Fig. 2

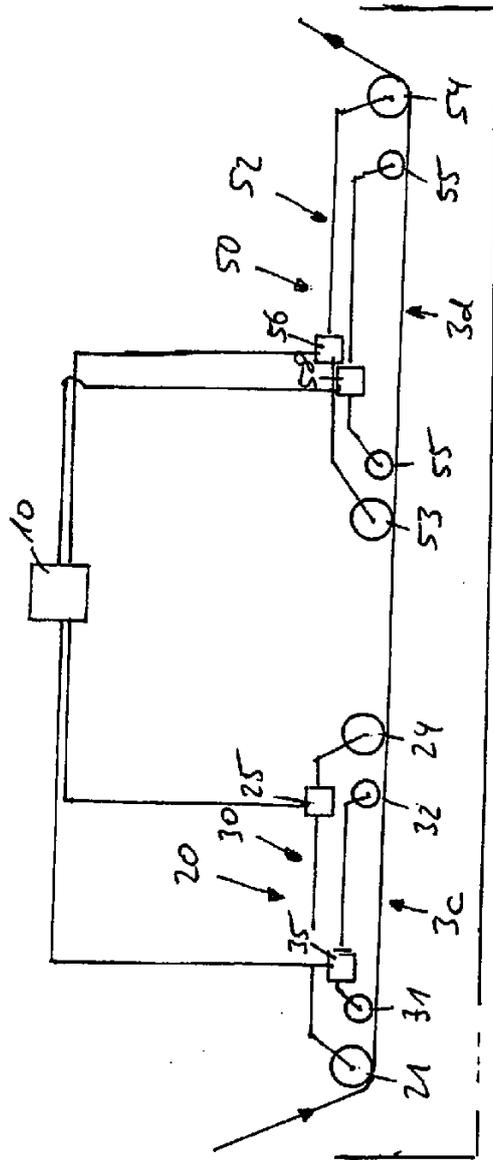


Fig. 3

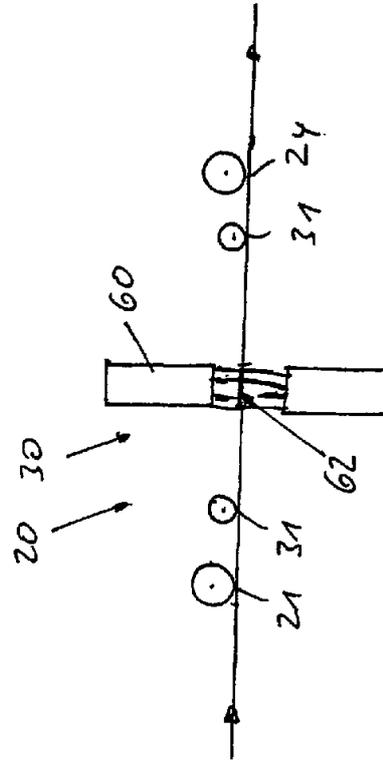


Fig. 4a

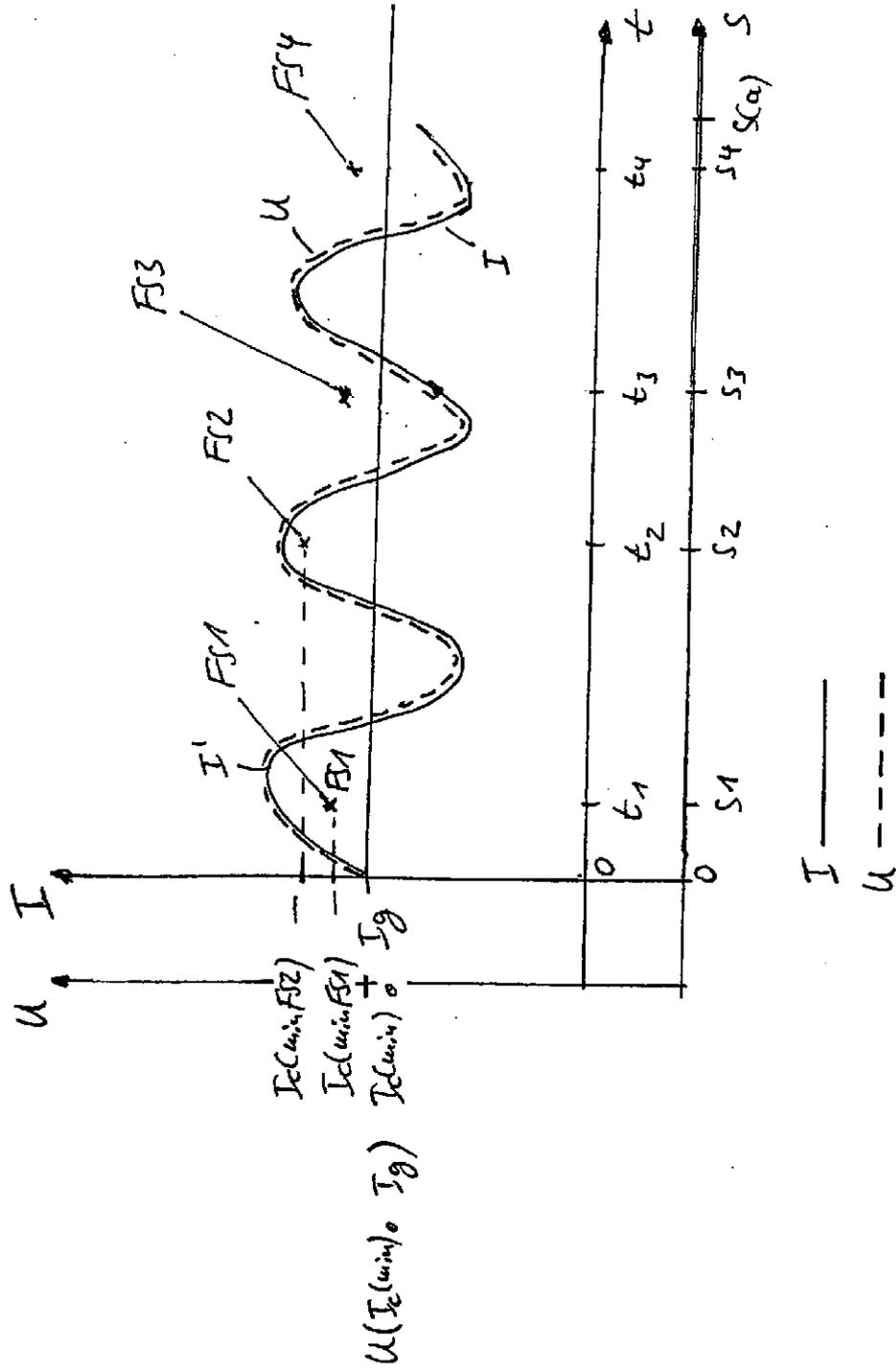


Fig. 4b

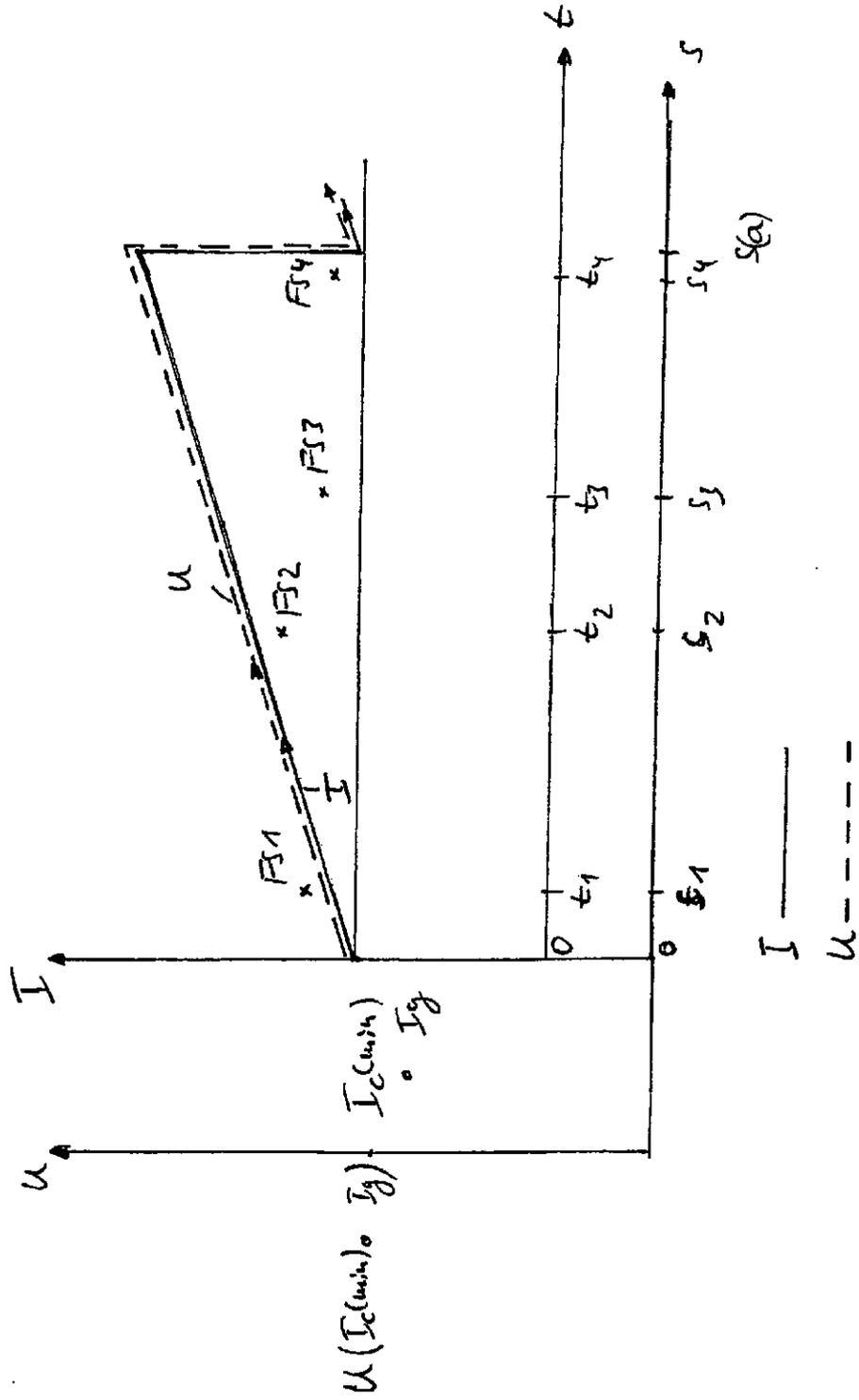


Fig. 5

