

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 426 586**

51 Int. Cl.:

H05K 7/20

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.04.2008 E 08008204 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2013 EP 2114116**

54 Título: **Refrigeración híbrida**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.10.2013

73 Titular/es:

AGIE CHARMILLES SA (50.0%)

Via dei Pioppi 2

6616 Losone, CH y

CHARMILLES TECHNOLOGIES S.A. (50.0%)

72 Inventor/es:

BÜHLER, ERNST;

KNAAK, RETO;

D'AMARIO, RINO y

LOMBARDO, ROSARIO

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 426 586 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

Refrigeración híbrida

Ámbito de la invención

5 La invención se refiere a una refrigeración híbrida para una unidad de placas de circuitos impresos para una máquina herramienta y un procedimiento para refrigerar una unidad de placas de circuitos impresos para una máquina herramienta.

Antecedente de la invención

10 Cada vez con mayor frecuencia se exigen soluciones, por ejemplo, de electrónica de potencia a cuestiones que en el pasado, dado el caso, fueron solucionadas mediante medidas mecánicas o electromecánicas. Los costes de trabajo y materiales en continuo aumento, así como el volumen y peso de los conjuntos electrónicos se han convertido en el escollo principal de soluciones innovadoras. La participación en los costes extremadamente grandes son, la mayoría de las veces, el abastecimiento de conjuntos que generan una elevada producción de calor, por ejemplo los semiconductores de potencia, así como su montaje en dispositivos refrigeradores para la evacuación del calor producido; la fiabilidad de un conjunto es, actualmente, determinado, en particular, por la calidad de estas fases de trabajo manuales. Por este motivo, el aseguramiento de la calidad se encarece sustancialmente.

15 Es necesario que la fabricación, el control, la operación y el mantenimiento de tales conjuntos electrónicos puedan subsistir exitosamente en el entorno internacional. Para ello son necesarios costes de material y fabricación reducidos, pero también deben ser garantizadas las reparaciones, modificaciones y, finalmente, una eliminación acorde con las normas de la preservación del medio ambiente. Para poder reducir los costes de fabricación, los procesos de fabricación se deben tornar considerablemente más fiables. Además, es ventajoso que se puedan usar los mismos o similares módulos en productos caros y productos baratos.

20 Un desafío completamente nuevo se ha presentado en la construcción de máquinas herramienta cuando se desea reemplazar los armarios electrónicos por módulos que puedan, entonces, ser instalados directamente en la máquina. Debido a que las máquinas herramienta reaccionan frente al calor producido con dilataciones y retorcimientos, es necesario prestar especial atención a la evacuación del calor.

25 En el caso de máquinas para el mecanizado electroerosivo, la situación es particularmente complicada debido a que también es necesario instalar generadores de impulsos que producen calor en el rango de kilovatios.

Estado actual de la técnica

30 Hace mucho tiempo que se ofrecen módulos en la técnica de propulsión y campos emparentados. La mayoría de las veces se trata de montajes en puente mono a trifásicos de elementos constitutivos de diodos, IGBT (transistores bipolares de puerta aislada) o MOSFET (transistores de efecto de campo de semiconductor de óxido metálico) en la forma de chips que están soldados sobre un sustrato especial de cobre-cerámica y contactados mediante hilos de unión. Sería factible equipar las realizaciones especiales de módulos de este tipo de dispositivos de refrigeración y junto con el sistema electrónico de control instalarlos en una caja.

35 La desventaja de esta solución es que el grado de integración de los módulos es demasiado pequeño para realizar circuitos complejos, y porque un fallo parcial en un módulo no puede ser reparado. En esta solución, muchos procesos manuales de calidad crítica, como la colocación de pasta electroconductora o conexiones roscadas delicadas, continúan existiendo. Tampoco está resuelto el problema del calor perdido del sistema electrónico de control, que también puede ser considerable.

40 En las grandes series en la industria automovilística y en la técnica de propulsión se aplican cada vez con mayor frecuencia complejos módulos electrónicos de potencia de tecnología SMD (Surface Mount Device), siendo los componentes SMD colocados en una cara de la placa de circuitos impresos; para la evacuación de calor, la cara inferior de la placa de circuitos impresos está pegada, la mayoría de las veces, a una placa metálica de base.

45 Dicha solución se ha dado a conocer por el documento EP 0 590 354 B1 y se muestra en la figura 3 como estado actual de la técnica. El módulo es conectado a un sistema de refrigeración por medio de una placa de base. Para refrigerar mejor los elementos de potencia se usan, la mayoría de las veces, capas de aislamiento especiales delgadas con una alta capacidad termocoductora.

50 Los módulos de este tipo representan un progreso, pero tienen la desventaja de que, por un lado, en energías disipadas mayores todavía no enfrían lo suficiente y, por otro lado, casi no son reparables porque en los procesos de reparación la placa de base maciza presenta tal reducción de calor que sin dañar todo el circuito es difícil alcanzar la temperatura de soldar de soldaduras sin plomo. Para poder presentar efectiva la capa de aislamiento

termoconductor, la misma se realiza con el menor espesor, lo que produce, lamentablemente, elevadas capacidades parásitas desfavorables y muy inconvenientes para tensiones y frecuencias más altas.

5 Una variante de dicha solución presenta dos placas de circuitos impresos pegadas con un núcleo de más o menos 1 mm a 5 mm de aluminio o cobre, y que también pueden ser provistas de contactos aislados entre las dos placas de circuitos impresos. Las principales desventajas nombradas continúan existiendo, pero, adicionalmente, los elementos constitutivos hacia el centro de la placa de circuitos impresos son considerablemente menos refrigerados por causa de la conducción térmica lateral limitada de la placa de circuitos impresos gracias a que el calor sólo puede ser disipado por los bordes de la placa de circuitos impresos.

10 La figura 2 muestra una estructura típica conocida de un elemento de potencia T0247 cableado de la firma AAVID THERMALLOY, aplicado por presión mediante un clip metálico, sin aislamiento eléctrico, sobre un perfil disipador de calor. Debido al aislamiento eléctrico faltante se pueden presentar reparticiones de potencial desfavorables.

15 En la solicitud de patente EP 06 02 2498 se a conocer una placa de circuitos impresos con un refrigerador por líquido integrada directamente, que puede ser fabricado con los procedimientos de fabricación actuales de placas de circuitos impresos. El contenido de dicha solicitud de patente se incorpora, con referencia, a la presente solicitud. En la placa de circuitos impresos se han embutido insertos de cerámica para una mejor conducción térmica entre elementos SMD de elevada carga térmica. La figura 4 muestra esta estructura como estado actual de la técnica.

20 Esta solución cumple con las exigencias para la moderna fabricación en grandes series, pero requiere, en parte, pasos de fabricación que para las plazas industriales menos desarrolladas tecnológicamente pueden constituir un serio escollo. Otra desventaja de esta solicitud de patente es el hecho de que una refrigeración por aire está excluida desde el principio. Ello se puede manifestar de manera desventajosa sobre los costes de fabricación de productos de bajo precio. Un problema adicional se presenta en una sobrecarga con excursiones térmicas inadmisibles de elementos de potencia. Tales fallos pueden producir una deslaminación de las distintas capas de la placa de circuitos impresos y la formación de ampollas y, de esta manera, provocar la pérdida total de potencia del módulo.

25 Por el documento US 2007/0002538 A1 se conoce un refrigerador híbrido para un ordenador portátil. En dicho refrigerador híbrido se enfría una placa de circuitos impresos mediante un agente refrigerante líquido. El disipador de calor con refrigeración por líquido tiene conectado aguas abajo un intercambiador de calor en el que el líquido refrigerante puede entregar calor al aire.

Objetivo de la invención

30 Respecto del estado actual de la técnica, la invención tiene el objetivo de poner a disposición una refrigeración para una unidad de placas de circuitos impresos para una máquina herramienta y un procedimiento de refrigeración apropiado que asegure una suficiente evacuación del calor perdido de elementos constitutivos que pueden ser montados en la superficie. Ello debe ser conseguido, preferentemente, mediante medidas sencillas.

Resumen de la invención

35 Un primer aspecto de la presente invención se refiere a una refrigeración híbrida para una unidad de placas de circuitos impresos para una máquina herramienta, con al menos un disipador de calor configurado de tal manera que pueda absorber calor de elementos constitutivos de potencia que pueden ser montados en la superficie de una unidad de placas de circuitos impresos, presentando el disipador de calor un sector para la refrigeración por líquido y un sector para la refrigeración por aire, de tal manera que pueda entregar calor tanto a un medio refrigerante gaseoso como a un medio refrigerante líquido. El flujo térmico a los sectores del disipador de calor que son refrigerados por líquido está desligado del flujo térmico a los sectores del disipador de calor que son refrigerados por gas.

40 Un segundo aspecto de la presente invención se refiere a un procedimiento para refrigerar una unidad de placas de circuitos impresos para una máquina herramienta en la cual un disipador de calor (4), que absorbe el calor de al menos un elemento de potencia (1) que puede ser montado en la superficie, que es refrigerado tanto mediante un medio refrigerante líquido como mediante un medio refrigerante gaseoso. El flujo térmico a los sectores del disipador de calor refrigerados por líquido está desligado del flujo térmico a los sectores 1 del disipador de calor refrigerados por gas.

Otros aspectos y características de la invención resultan de la descripción dependiente, los dibujos adjuntos y la descripción siguiente de formas de realización preferentes.

50 Breve descripción de los dibujos

A continuación, con referencia a los dibujos adjuntos se explican en detalle ejemplos de realización preferentes de la invención.

Muestran:

La figura 1, un módulo de potencia con refrigeración por aire;

la figura 2, un típico montaje clipsado para elementos constitutivos cableados de acuerdo al estado actual de la técnica;

5 la figura 3, un procedimiento conocido para la refrigeración de elementos constitutivos SMD de acuerdo al estado actual de la técnica (EP 0 590 354 B1);

la figura 4, un procedimiento conocido para la refrigeración de elementos constitutivos SMD de acuerdo al estado actual de la técnica (solicitud EP 06 02 2498);

la figura 5, una primera forma de realización de una refrigeración por líquido y/o aire de un módulo de potencia;

10 la figura 6, otra forma de realización de una refrigeración híbrida apilable;

la figura 7, un paquete de sistemas de módulos de potencia apilables según la figura 6;

la figura 8, otra forma de realización apilable de una refrigeración híbrida de un módulo de potencia que presenta una placa de circuitos impresos y una placa de control;

la figura 9, un paquete de sistemas compuesto de módulos de potencia apilables según la figura 8;

15 la figura 10, otra forma de realización de refrigeración híbrida apilable de un módulo de potencia,.

la figura 11, un paquete de sistemas compuesto de módulos de potencia apilables según la figura 10;

la figura 12, otra forma de realización apilable con clips para la refrigeración por líquido;

la figura 13, un paquete de sistemas compuesto de módulos de potencia apilables según la figura 12;

20 la figura 14, otra forma de realización apilable con aletas refrigerantes que permiten la aplicación elástica a presión de tubos refrigerantes de pared delgada;

la figura 15, un paquete de sistemas compuesto de módulos de potencia apilables con tubos refrigerantes parcialmente insertados según la figura 14;

la figura 16, otra forma de realización apilable con un flujo térmico mejorado;

25 La figura 17, un paquete de sistemas de módulos de potencia con refrigeración híbrida según la figura 16 que están unidos mediante tubos refrigerantes elásticos;

la figura 18, otra forma de realización con un flujo térmico mejorado y configuración modificada para el apilamiento;

la figura 19, un paquete de sistemas compuesto de formas de realización según la figura 18, estando el último módulo insertado de cabeza;

la figura 20, otra forma de realización apilable con una forma de configuración modificada para el apilamiento;

30 la figura 21, un paquete de sistemas compuesto de formas de realización según la figura 20, estando el último módulo insertado de cabeza.

Descripción de formas de realización preferentes

35 La figura 1 representa una unidad de placas de circuitos impresos (a continuación también denominado módulo de potencia o, simplemente, módulo) con un disipador de calor (4) que, por ejemplo, puede ser fabricado, al menos parcialmente, de componentes comerciales. Antes de una descripción detallada de la forma de realización según la figura 1 se indican, en primer lugar, consideraciones generales respecto de las formas de realización de la presente invención y sus ventajas.

40 Algunas formas de realización de la refrigeración híbrida en concordancia con la presente invención son apropiadas para la refrigeración de una unidad de placas de circuitos impresos para una máquina herramienta, en particular una máquina para el mecanizado electroerosivo.

Algunas formas de realización de la refrigeración híbrida comprenden un disipador de calor que presenta una capacidad de conducción térmica apropiada y, por ejemplo, se compone de un material buen termoconductor, por

ejemplo metal. Además, el disipador de calor está configurado de tal manera que pueda absorber calor de uno o más elementos constitutivos de potencia que pueden ser montados en la superficie, estando los elementos constitutivos de potencia dispuestos sobre una unidad de placas de circuitos impresos. Además, el disipador de calor está configurado para entregar calor tanto a un agente refrigerante gaseoso como a un medio refrigerante líquido y presenta para ello un sector para refrigeración por líquido y un sector para la refrigeración por aire. Por consiguiente, el disipador de calor es refrigerado por dos tipos de agentes refrigerantes, uno líquido y uno gaseoso. Esto hace que en múltiples formas de realización, el fallo de uno de los dos mecanismos refrigerantes no produzca una pérdida total inmediata de la potencia refrigerante. En algunas formas de realización, el disipador de calor está conformado de una pieza, en otras, por el contrario, de múltiples partes.

En algunas formas de realización, el sector de la refrigeración por líquido presenta al menos un canal en el que en algunas formas de realización se encuentran dispuestos, por ejemplo, tubos refrigerantes. En algunas formas de realización, los tubos refrigerantes son de paredes tan delgadas que se adaptan a los canales mediante deformación elástica. Así, de manera sencilla, es posible aplicar por presión los tubos refrigerantes en los canales. En algunas formas de realización, el disipador de calor está configurado, adicionalmente, para que pueda alojar al menos un clip elástico de tal manera que los tubos refrigerantes sean insertados a presión en los canales del disipador de calor. En algunas formas de realización, el dieléctrico o el líquido de mecanizado de la máquina herramienta, que en algunas formas de realización de las máquinas herramientas ya ha sido refrigerado, es usado como medio refrigerante líquido.

El sector para la refrigeración por aire presenta en algunas formas de realización un perfil disipador de calor que, por ejemplo, en algunas formas de realización está configurado de tal manera que con el medio refrigerante gaseoso se genera un efecto chimenea que envuelve el perfil disipador de calor. El efecto chimenea se produce porque el perfil disipador de calor entrega calor al medio refrigerante gaseoso, por lo que éste calienta y asciende debido a la disminución de la densidad. Consecuentemente, en algunas formas de realización el perfil disipador de calor está configurado de tal manera que beneficia el efecto chimenea y no obstaculiza el ascenso del agente refrigerante gaseoso calentado. Adicionalmente, el perfil disipador de calor puede presentar otras configuraciones, por ejemplo una estructura de embudo que favorece al efecto chimenea. En algunas formas de realización, el perfil disipador de calor comprende también aletas refrigerantes. De esta manera disminuye, por ejemplo, la resistencia a la transferencia térmica entre el disipador de calor o el perfil disipador de calor y el agente refrigerante gaseoso que rodea el perfil disipador de calor.

Además, algunas formas de realización presentan un soplante para el suministro de aire refrigerante y/o la evacuación de aire refrigerante. En este caso, el suplante comprende, por ejemplo, un ventilador cuya velocidad puede ser controlada en función de una temperatura medida o semejante.

De esta manera es posible controlar activamente la potencia refrigerante de la refrigeración híbrida. Lo mismo es válido para la refrigeración por líquido, cuya potencia refrigerante puede ser controlada, por ejemplo, mediante el volumen y la velocidad de flujo del medio refrigerante líquido. Además, en algunas formas de realización, a la potencia refrigerante deseada son adaptados, por ejemplo la forma del perfil disipador de calor, por ejemplo el tamaño y número de aletas refrigerantes, y el número de tubos refrigerantes. Por ejemplo, en algunas formas de realización, los tubos refrigerantes están dispuestos en espacios intermedios entre las aletas refrigerantes, y el número de aletas refrigerantes y/o tubos refrigerantes determina la potencia refrigerante esperada.

En algunas formas de realización, el flujo térmico (de una fuente de calor, por ejemplo un elemento constitutivo de potencia) a los sectores del disipador de calor que son refrigerados por líquido está desligado, esencialmente, del flujo térmico a los sectores del disipador de calor que son refrigerados por gas. Consecuentemente, en algunas formas de realización, por ejemplo el disipador de calor puede ser configurado de tal manera que los sectores con una carga térmica mayor sean refrigerados por líquido, mientras que los sectores de una carga térmica menor pueden ser refrigerados de forma gaseosa, por ejemplo por aire. De esta manera se produce una adaptación individual y flexible a las exigencias refrigerantes respectivas.

Una unidad de placas de circuitos impresos, tal como se ha mencionado anteriormente, comprende, por ejemplo, una placa de circuitos impresos (que en algunas formas de realización no es continua) y puede ser conectada, por ejemplo, con uno o más disipadores de calor de la refrigeración híbrida. Sobre la placa de circuitos impresos se han soldado elementos constitutivos que pueden ser montados en la superficie, los denominados elementos constitutivos SMD (Surface Mounted Device). La técnica de SMD se destaca porque los elementos constitutivos pueden ser soldados directamente sobre una placa de circuitos impresos. En algunas formas de realización, particularmente los elementos constitutivos SMD que producen una fuerte potencia térmica se encuentran en sectores termoconductores de la placa de circuitos impresos. Tales elementos constitutivos se designan en lo sucesivo también como elementos de potencia (que pueden ser montados en la superficie). Los sectores termoconductores son sectores de alta conductibilidad térmica conseguida, por ejemplo, porque en los sectores termoconductores se encuentran agujeros pasantes metalizados. Los agujeros pasantes forman contactos metálicos pasantes para la

conducción térmica que ponen a disposición una conductibilidad térmica correspondiente y, consecuentemente, pueden ceder calor de los elementos de potencia. Consecuentemente, por ejemplo, la conductibilidad térmica puede ser modificada mediante el número, las formas, el tamaño del diámetro de los agujeros, el tipo de material y, por ejemplo, el metalizado. Por debajo y/o por encima de los sectores de conducción térmica se encuentra una capa termoconductora y aislante eléctricamente, por ejemplo un aislamiento cerámico que puede estar fabricado de óxido de aluminio o nitruro de aluminio. En algunos ejemplos de realización, la capa no está dispuesta directamente sobre la placa de circuitos impresos, sino que también puede haber en medio otras capas. Sin embargo, en algunos ejemplos de realización, la capa está dispuesta (en la proximidad de los sectores de conductividad térmica) al menos de tal manera para que conduzca al disipador de calor al menos una parte del calor generado, por ejemplo, por el elemento de potencia. Consecuentemente, en algunos ejemplos de realización, el camino del calor es desde el elemento de potencia a través del contacto pasante a la capa termoconductora pero aislante eléctricamente.

La capa termoconductora y aislante eléctricamente está, a su vez, en contacto con uno o más disipadores de calor de la refrigeración híbrida. Para establecer ahora el correspondiente contacto termoconductor entre el elemento de potencia, los contactos pasantes y la capa termoconductora y aislante eléctricamente, por ejemplo un clip elástico presiona elementos constitutivos, por ejemplo elementos constitutivos SMD y, en particular, elementos de potencia SMD de tal manera contra el o los múltiples disipador/es de calor, que el calor generado por los elementos de potencia es evacuado a través de los contactos pasantes al/a los disipador/es de calor. La presión de contacto del clip elástico es tal que también puede cumplir, adicionalmente, una función de retención. Además, mediante la elasticidad del clip está garantizado, por ejemplo, que, al contrario de, por ejemplo, uniones roscadas, la presión de contacto no ceda después de largo tiempo, por ejemplo, debido a cansancio de material, vibraciones o similares.

Los clips pueden ser fabricados de cualquier material y tienen una forma, por ejemplo una forma de S, que ayuda a la elasticidad y, con ello, también a la presión de contacto. En algunas formas de realización, el clip está fijado con un extremo al disipador de calor. Entonces, el otro extremo del clip presiona, por ejemplo, sobre un elemento de potencia en la unidad de placas de circuitos impresos, de manera que el mismo es apretado sobre el sector termoconductor de la placa de circuito impreso - es decir se genera una presión de contacto - y es apretado junto con el sector termoconductor sobre la capa termoconductora y aislante eléctricamente (o a la inversa sobre la capa aislante eléctricamente y después sobre la placa de circuito impreso) que, consecuentemente, es apretada sobre una superficie del disipador de calor.

Consecuentemente, un extremo ejerce en uno de sus extremos una presión de contacto sobre el elemento de potencia, el sector termoconductor con sus contactos pasantes de la placa de circuitos impresos, la capa termoconductora y aislante eléctricamente y, finalmente, sobre una superficie del disipador de calor.

En este caso, en algunos ejemplos de realización, el otro extremo del clip descansa en el sector de alojamiento del disipador de calor.

El sector de alojamiento del disipador de calor, que en un extremo puede alojar el clip, presenta en algunas formas de realización sobre una superficie un perfil superficial apropiada para aumentar considerablemente la fricción entre una de sus superficies y la parte alojada del clip, por ejemplo un borde del extremo del clip. En algunas formas de realización, el perfil superficial es, por ejemplo, dentado o ranurado, es decir que presenta protuberancias y cavidades en las que puede engranar, por ejemplo, un borde del extremo del clip. En algunas formas de realización, una superficie del sector de alojamiento presenta un saliente que, por ejemplo, evita que el clip pueda deslizarse fuera del sector de alojamiento. En algunas formas de realización, un sector curvado del clip se encuentra en contacto, por ejemplo, con una superficie en el sector de alojamiento y, consecuentemente, en algunas formas de realización, el sector curvado está provisto de un perfil superficial apropiado para aumentar la fricción. La superficie del sector de alojamiento del disipador de calor presenta en algunas formas de realización un perfil apropiado para continuar aumentando la fricción e impedir o al menos dificultar que, correspondientemente, el clip se deslice fuera del sector de alojamiento.

En algunas formas de realización, el sector de alojamiento se encuentra al costado de la placa de circuitos impresos y está configurado en el disipador de calor, por ejemplo, como cavidad. Consecuentemente, el disipador de calor, visto en sección transversal rodea en forma de L la placa de circuitos impresos.

Los sectores termoconductores de la placa de circuitos impresos con los contactos pasantes y los elementos de potencia, es decir los elementos constitutivos con gran carga térmica, se encuentran en las zonas o los sectores marginales de la placa de circuitos impresos. El clip que, por ejemplo, está asentado en el sector de alojamiento lateral del disipador de calor y ha quedado allí, se extiende dentro de este sector marginal y ejerce, como se ha mencionado anteriormente, una presión de contacto sobre el elemento de potencia. Los elementos de potencia se pueden encontrar también en el centro de la placa de circuitos impresos, de manera que el clip se extiende hasta dicho sector central y ejerce allí la presión de contacto.

En algunos ejemplos de realización, el clip está configurado de tal manera que, por ejemplo como trípode, ejerce no

solamente presión de contacto sobre un elemento constitutivo sino también sobre dos (o más) elementos constitutivos.

5 Algunas formas de realización se basan, por ejemplo, en el uso de la conformación elástica de piezas de metal. Se usan, por un lado, clips elásticos conocidos para la generación de una presión de contacto entre una fuente de calor y un sumidero de calor y, por otro lado, tubos refrigerantes metálicos insertados a presión en canales en el disipador de calor bajo conformación elástica, para garantizar una permanente buena transferencia térmica. Los tubos refrigerantes están fabricados en algunas formas de realización, por ejemplo, de acero para resortes.

Consecuentemente, en algunas formas de realización, una deslaminación con sobretemperatura debida a fallos se evita con eficacia mediante la presión de contacto elástica del clip elástico.

10 En un procedimiento para la fabricación de una unidad de placas de circuitos impresos, los elementos constitutivos SMD pueden ser, primeramente, montados y soldados mecánicamente sobre la placa de circuitos impresos. En algunas formas de realización, los elementos de potencia con alta carga térmica son colocados, preferentemente, en las zonas marginales de la placa de circuitos impresos. En estos sectores marginales, por debajo o por encima de la placa de circuitos impresos están dispuestas capas, por ejemplo elementos de aislamiento, buenas
15 termoconductoras y aislantes eléctricamente. En algunas formas de realización, los elementos aislantes están fabricados de cerámica, por ejemplo Al_2O_3 (óxido de aluminio) o AlN (nitruro de aluminio) hergestellt. El elemento de potencia dispuesto sobre el sector termoconductor de la placa de circuitos impresos está apretado, por ejemplo mediante un clip, sobre uno o varios disipadores de calor, por ejemplo sobre perfiles (de) disipadores de calor conformados especialmente.

20 En algunas formas de realización, mediante el sencillo recambio de los perfiles refrigeradores o disipadores de calor o mediante el montaje adicional de tubos refrigerantes es posible optar entre la refrigeración por líquido y/o refrigeración por aire o bien ajustar apropiadamente la potencia de refrigeración.

25 En algunas formas de realización, la combinación de refrigeración por líquido y la refrigeración por aire produce una forma constructiva novedosa y considerablemente más robusta que, en caso de pérdida total de potencia o ante un fallo parcial de ambos agentes refrigerantes, puede mantener activo el funcionamiento.

En algunas formas de realización, los disipadores de calor están realizados en función de la cantidad de calor a disipar y producen la evacuación de calor sólo mediante el líquido refrigerante o sólo mediante el aire refrigerante o mediante una combinación de líquido refrigerante y aire refrigerante.

30 En algunas formas de realización, unos sectores exteriores del disipador de calor presentan aletas refrigerantes y entre las aletas refrigerantes y bajo conformación elástica están insertados a presión, por ejemplo, tubos refrigerantes de pared delgada, y la evacuación del calor está prevista por medio de aire refrigerante sin filtrar y un líquido refrigerante.

35 En algunas formas de realización, el espacio interior de un módulo o de una unidad de placas de circuitos impresos está cubierto, completamente, mediante chapas de cubierta para proteger los componentes electrónicos de las influencias ambientales. En algunas formas de realización, las mismas sirven, adicionalmente, para la refrigeración y también para la prevención de la radiación de emisiones electromagnéticas.

40 Algunas formas de realización son apropiadas para la instalación directa en máquinas herramienta y para aplicaciones electrónicas de potencia similares pero, en particular, para la instalación directa en máquinas para el mecanizado electroerosivo. Gracias al elevado grado de integración y a la evacuación eficiente del calor mediante la refrigeración híbrida, los módulos de potencia pueden ser miniaturizados de tal manera que pueden ser instalados en las máquinas en cualquier posición óptima. Así, por ejemplo, es que las características de impulsos para los generadores de erosión son mejoradas considerablemente gracias a la eliminación de cableados de alta frecuencia. Los módulos de potencia pueden ser fabricados de manera compacta sin mayores costes y soportan también las
45 más duras condiciones ambientales. Además, los módulos presentan sólo una radiación térmica y electromagnética sumamente reducida, características que son ventajosas para una instalación directa en una máquina.

Otra ventaja resulta en algunas formas de realización por la división en una placa de circuitos impresos con elementos de potencia SMD y una placa con elementos de control SMD, porque, por ejemplo, de esta manera las dos placas de circuitos impresos pueden presentar un número diferente de planos conductores y/o espesores diferentes de capa. Ello genera, en primer lugar, un grado de libertad tradicional para poder optimizar mejor las
50 placas de circuitos impresos respecto de la aplicación, y en segundo lugar, gracias a este principio es posible por medio de conectores de enchufe SMD conectar señales de excitación y control en el lugar correcto y en el camino más corto entre la placa de control y la placa de potencia. Debido a que es posible combinar entre sí muchas de estas unidades constitutivas, también son posibles paquetes de sistemas con una alta densidad de potencia. Para ello, algunas formas de realización presentan disipadores de calor con determinadas conformaciones, de modo que

los módulos de potencia junto con la refrigeración híbrida pueden ser combinados entre sí como unidades constructivas.

5 Algunas formas de realización posibilitan el uso de métodos de fabricación automática modernos para la producción masiva de los módulos de potencia y las unidades de placas de circuitos impresos, lo que genera una importante reducción de costes y, al mismo tiempo, una alta y el reproducible calidad de fabricación. El montaje final, prueba y mantenimiento de los módulos de potencia se puede realizar en el entorno internacional e, incluso, en talleres más modestos. El método de fabricación SMT (SMT: Surface Mount Technology) se basa en el equipamiento automático de elementos constitutivos SMD (SMD: Surface Mounted Devices) sobre placas de circuitos impresos que ya no presentan agujeros para el alojamiento de conexiones alámbricas. Mediante la sencilla fijación del disipador de calor de la refrigeración híbrida y debido a los clips mencionados anteriormente es posible, consecuentemente, proceder de manera sencilla a la refrigeración de elementos constitutivos SMD montados apropiadamente sobre placas de circuitos impresos.

10 De allí resulta en algunas formas de realización una ventaja adicional al final de la vida útil del producto. Para la separación de la chatarra electrónica y piezas mecánicas se quitan los clips elásticos de manera que, por ejemplo, el disipador de calor pueda ser separado de la placa de circuitos impresos, a continuación se retiran las placas de circuitos impresos y se calientan por encima del punto de fusión de la soldadura, con lo cual después es posible limpiar de manera sencilla todos los componentes electrónicos.

15 Ello se consigue en algunos ejemplos de realización mediante el hecho de que la refrigeración híbrida, gracias a su propiedad modular, puede ser fijada directamente en el lugar de acción sin que se produzca una influencia térmica negativa de la refrigeración por aire o por líquido sobre la estructura de la máquina.

20 Algunas formas de realización de la invención se refieren a un aspecto modular. Así, en algunas formas de realización el disipador de calor está configurado de tal manera que presente conformaciones positivas y negativas que puedan enganchar una en otra. Estas conformaciones pueden tener, por ejemplo, una forma convexa o cóncava. Dichas conformaciones positivas y negativas enganchan, por ejemplo, entre sí cuando las unidades de placas de circuitos impresos, en las que se encuentran los disipadores de calor de la refrigeración híbrida, son apiladas una sobre otra. De esta manera mejora la conducción térmica de una unidad de placas de circuitos impresos a otra, por ejemplo de un disipador de calor al siguiente, de manera que, por ejemplo, las unidades de placas de circuitos impresos menos cargadas térmicamente con sus disipadores de calor pueden intercambiar calor con unidades de placas de circuitos impresos más cargadas térmicamente y, de esta manera, mejorar en su totalidad el efecto de refrigeración.

25 En algunas formas de realización, mediante las conformaciones en los disipadores de calor son apilables las unidades de placas de circuitos impresos con tales disipadores de calor y, de esta manera, pueden formar, por ejemplo, un paquete de sistemas. En este caso, varios módulos de potencia o unidades de placas de circuitos impresos pueden ser unidos para formar paquetes de sistemas mediante la sencilla inserción o encastrado de las conformaciones respectivas de los disipadores de calor.

30 Consecuentemente, algunas formas de realización realizan un concepto total para la estructura y el funcionamiento de módulos de potencia con refrigeración integrada.

35 En algunas formas de realización, un procedimiento para la refrigeración de una unidad de placas de circuitos impresos para una máquina herramienta comprende la refrigeración de un disipador de calor que absorbe calor de al menos un elemento de potencia, posible de fijar sobre la superficie, dispuesto sobre la unidad de placas de circuitos impresos, tanto mediante un medio refrigerante líquido como mediante un agente refrigerante gaseoso.

40 Para ello, en algunas formas de realización se usa como medio refrigerante líquido el líquido de trabajo (por ejemplo líquido refrigerante) que usa una máquina herramienta, particularmente el dieléctrico de una máquina para el mecanizado electroerosivo.

45 Volviendo a la figura 1, se emplazan y sueldan allí, automáticamente, sobre una placa de circuitos impresos 2 elementos de potencia SMD 1 y elementos de control SMD 17, pudiendo los elementos de potencia SMD 1 cargados térmicamente ser dispuestos en zonas marginales de la placa de circuitos impresos 2 donde los perfiles disipadores de calor 4 puedan evacuar el calor. En esta forma de realización no se muestra una refrigeración por líquido - todas las realizaciones en relación con dicha forma de realización han de ser válidas, sin embargo, también para las formas de realización siguientes con la refrigeración híbrida y, consecuentemente, representan explicaciones generales respecto de las formas de realización. En las formas de realización siguientes se muestra la refrigeración híbrida, en cada caso en combinación con un módulo de potencia, debiendo partes del módulo de potencia ser atribuidas a la refrigeración híbrida. En algunas formas de realización, la refrigeración híbrida comprende, prácticamente, toda la unidad de placas de circuitos impresos, por ejemplo el módulo de potencia, o al menos las partes que son necesarias para la conducción de calor desde la fuente de calor (por ejemplo, elemento de potencia

SMD).

En dichas zonas marginales se encuentran fijadas por debajo de los elementos de potencia SMD 1 una pluralidad de agujeros metalizados para una mejor conducción térmica. Entre estas zonas marginales de la placa de circuitos impresos 2 y el perfil disipador de calor 4 se intercala un aislamiento cerámico 3 que presenta en ambos lados un recubrimiento de una pasta termoconductora. En lugar del aislamiento cerámico 3 se podría usar también una lámina polímera rellena de polvo, pero ello podría conducir a mayores capacidades parásitas y, consecuentemente, a problemas de perturbaciones eléctricas.

Ahora, cada elemento de potencia 1 es aplicado a presión mediante un clip elásticos 5, un resorte plano especialmente conformado de espesor y ancho apropiados, sobre la placa de circuitos impresos 2 y el aislamiento cerámico 3 contra el perfil disipador de calor 4 y, de este modo, tiene un contacto térmico fiable con el perfil disipador de calor 4.

El perfil disipador de calor 4 y el clip 5 son ofrecidos, por ejemplo, por la firma AAVID THERMALLOY (www.aavidthermalloy.com). Dicha firma ofrece, últimamente, también realizaciones especiales de perfiles disipadores de calor 4 con tubos de acero fino soldados para la refrigeración por líquido de elementos de potencia cableados.

Como material para el aislamiento cerámico 3 es especialmente apto, por ejemplo, el nitruro de aluminio (AlN) con una conductancia térmica de 180W/mK, pero también puede ser absolutamente suficiente el difundido y mucho más barato óxido de aluminio (Al_2O_3) con una conductancia térmica de 24W/mK. Si bien, el óxido de berilio (BeO) con una conductancia térmica de 260 W/mK sería muy interesante, no puede ser usado en algunas formas de aplicación debido a su elevada toxicidad en forma de polvo. La resistencia a la perforación eléctrica se encuentra en todos estos tipos de cerámica en unos excelentes 10 a 20 kC/mm, más que suficientes para nuestros requerimientos. La constante dieléctrica relativa E_r , entre 6,5 y 8,5 es en algunas formas de realización más bien determinante para la selección del material y espesor del aislamiento cerámico 3.

Los materiales para el aislamiento cerámico 3 son ofrecido, por ejemplo, por la firma DENKA 15 (www.denka.co.jp).

Los ensayos han mostrado que con esta forma de realización, con un espesor de la placa de circuitos impresos 2 de 0,8 mm y una aislación cerámica 3 de óxido de aluminio de un espesor de 0,6 milímetros, para una forma de carcasa SMD D2PAK es posible evacuar, bajo condiciones de trabajo realistas, una energía disipada máxima de 30W y para una forma de carcasa SMD D3PAK una energía disipada máxima de 50W. Las formas de carcasa correspondientes para elementos constitutivos cableados T0220 y T0247 difícilmente permitan estos valores. Dicho avance permite una forma constructiva muy compacta de los módulos.

Espesores menores de la placa de circuitos impresos 2 y de los aislamientos cerámicos 3 de nitruro de aluminio permiten en algunas formas de realización energías disipadas aún mayores. Pero existen determinados límites para la cargabilidad de los elementos constitutivos SMD mismos, encima de los cuales, la fiabilidad disminuye, por lo general, debido a los ciclos térmicos. En dicho sector, una reducción de la temperatura de los elementos constitutivos en 10 °C puede significar una duplicación de la vida útil.

En algunas formas de realización, las superficies de contacto para los aislamientos cerámicos 3 duros y quebradizos deben ser completamente lisas, es decir que la placa de circuitos impresos 2 debe, eventualmente, ser repasada en el dorso después del proceso de soldadura o que un perfil disipador de calor 4 extruido incorrectamente necesita, eventualmente, un repaso. Según el espesor de la placa de circuitos impresos 2 puede ser ventajoso en algunas formas de realización proveer ranuras o muescas entre los elementos de potencia SMD 1 de la placa de circuitos impresos 2, para garantizar un apoyo plano incluso con una placa de circuitos impresos 2 ligeramente doblada.

Unos ensayos han demostrado que, por lo general, todas las resistencias de transferencia térmica se reducen después de un cierto tiempo de trabajo, lo que genera temperaturas menores sobre los elementos constitutivos SMD. Para alcanzar inmediatamente este estado ventajoso y hacerlo sin producir daños en elementos constitutivos SMD, en algunas formas de realización los módulos son estabilizados después del montaje mediante un tratamiento térmico.

Los elementos de control SMD 17 térmicamente mucho menos cargados, como los procesadores y circuitos lógicos, también pueden disipar el calor atravesando la placa de circuitos impresos 2 por medio de una primera lámina termoconductora 6 y una chapa de fondo 7 unida mediante tornillos 8 con los perfiles disipadores de calor 4. Para estos elementos de control SMD 17, la más bien reducida conductancia térmica de aproximadamente 0,3 W/mK de la placa de circuitos impresos 2 ya es suficiente para la transferencia térmica a la lámina termoconductora 6.

Tales láminas termoconductoras 6 flexibles pueden estar compuestas, por ejemplo, de un producto GAP PAD A2000 de la firma BERGQUIST (www.bergquistcompanv.com).

5 La figura 5 muestra una primera forma de realización de una refrigeración híbrida compuesta de una refrigeración por líquido y una refrigeración por aire. Para ello, los perfiles disipadores de calor 4 están dotados de un canal 9 con forma de U que es mínimamente más estrecho que los diámetros de los tubos refrigerantes 10 de pared delgada. La chapa de fondo 7 presiona los tubos refrigerantes mediante tornillos 8 contra canales 9 con forma de U. De este modo, los tubos refrigerantes 10 son conformados elásticamente y están por eso en contacto térmico estrecho permanente con los perfiles disipadores de calor 4.

10 Los tubos refrigerantes 10 se seleccionan, según el líquido refrigerante usado, de cobre, aluminio, sus aleaciones o acero fino. Los materiales deben ser, a ser posible, duros para generar el efecto de elasticidad deseado. Los materiales no deberían ser deformados plásticamente, porque con contracciones térmicas las deformaciones plásticas serían irreversibles.

El espesor típico de pared de los tubos refrigerantes 10 es en esta forma de realización de más o menos 0,2 mm a 1 mm. Los tubos refrigerantes 10 están conectados con un sistema refrigerante (no dibujado) por medio de piezas de unión (no dibujadas) y/o mangueras (no dibujadas).

15 En algunas formas de realización, para una refrigeración efectiva en la zona de refrigeración se selecciona la velocidad del caudal de líquido refrigerante tan elevada como para que se genere un flujo turbulento y, de este modo, un buen mezclado del líquido refrigerante. Para ello es necesario superar el denominado número crítico de Reynold de 2320. Para ello, con agua como líquido refrigerante y con un diámetro interior de tubo refrigerante de 5 mm, la velocidad de caudal debería ser, por ejemplo, mayor que 0,5 m/s a 20 °C. Contrariamente, en las demás zonas, por ejemplo en las mangueras y conexiones, se eligen diámetros mayores para, con un flujo laminar, conseguir menores pérdidas de flujo.

20 Las formas de realización según las figuras 6 a 21 siguientes, como también la forma de realización 5, pueden ser refrigeradas de cualquier manera con aire refrigerante no filtrado y/o con un líquido refrigerante. En máquinas electroerosivas, la mayoría de las veces ya existen dispositivos para la refrigeración por líquido para mantener los dieléctricos a una temperatura constante. Consecuentemente, en algunas formas de realización puede ser económico diseñar los mismos algo más grandes, para refrigerar también los módulos electrónicos. En algunas formas, el líquido refrigerante del dispositivo de refrigeración o también el dieléctrico enfriado de la máquina electroerosiva circulan directamente por encima de los módulos.

25 En la instalación directa en una máquina, en algunas formas de realización se presta atención en la refrigeración por aire al hecho de que el aire de salida calentado no entre en contacto con la estructura de la máquina sino que se evacue hacia arriba por medio de un dispositivo con forma de chimenea. Con un aire refrigerante muy sucio, las superficies de refrigeración de los módulos son limpiados en algunas formas de realización de manera regular para garantizar la capacidad de refrigeración. Eso es para muchos usuarios más barato y sencillo que recambiar un filtro de aire.

30 La combinación de refrigeración por aire y refrigeración por líquido puede ser muy ventajosa, especialmente en países tropicales donde la temperatura ambiente en los talleres con no poca frecuencia supera los 45 °C. Con una reducida refrigeración por líquido adicional, una máquina, que normalmente debería ser desconectada, puede continuar produciendo con toda la capacidad.

35 La figura 6 muestra una chapa de cubierta 12 que protege los módulos contra influencias ambientales y que tiene un tipo de dentado formado por conformaciones convexas 14 y conformaciones cóncavas de los perfiles disipadores de calor 4 y, consecuentemente, hace que los módulos sean aplicables. Los módulos pueden, como se muestra en la figura 7, ser enchufados o enganchados uno en/con otro. Por el lado frontal, las chapas de cubierta (no dibujadas) o terminaciones (no dibujadas) colocadas en ambos lados otorgan a los módulos un espacio interior protegido y una buena estabilidad mecánica.

40 La chapa de cubierta 12 puede, adicionalmente, evacuar calor irradiado de la cara superior de elementos constitutivos SMD por medio de segundas láminas termoconductoras 11. Para ello, la chapa de cubierta 12 está en contacto térmico con los perfiles disipadores de calor 4 por medio de una muesca 13. También en este caso, la elasticidad de la chapa de cubierta 12 es usada para una resistencia de transferencia térmica reducida permanente.

En algunas formas de realización en las cuales las chapas de cubierta 12 no necesitan disipar calor, las mismas pueden ser suprimidos en los sistemas según la figura 7, con excepción del módulo superior.

45 50 Para poder evacuar elevadas energías disipadas, en algunas formas de realización la placa de circuitos impresos 2 es realizada delgada porque la diferencia de temperatura entre el elemento de potencia SMD 1 y el aislamiento cerámico 3 aumenta proporcionalmente al espesor de la placa de circuitos impresos. Ello tiene, sin embargo, la consecuencia de que en algunas formas de realización la estabilidad mecánica de la placa de circuitos impresos 2 pueda resultar insuficiente.

Consecuentemente, la forma de realización mostrada en la figura 8 muestra una placa de refuerzo 20 sobre el dorso (en el lado de los elementos constitutivos SMD) de la placa de circuitos impresos 2.

5 Junto con los aislamiento cerámico 3, la placa de refuerzo 20 puede ser unida con la placa de circuito impreso 2 por medio de así llamados preimpregnados. Este procedimiento es conocido y, por ejemplo, se ha descrito en detalle en la solicitud de patente EP 06 02 2498.

10 Alternativamente, en algunos ejemplos de realización la placa de circuitos impresos 2 con la placa de refuerzo 20 y los aislamientos cerámicos 3 es también soldada, de lo que resultan resistencias de transferencia de calor particularmente reducidas. Para ello, tanto la placa de refuerzo 20 como los aislamientos cerámicos 3 deben presentar un recubrimiento de cobre en los lugares apropiados. Los aislamientos cerámicos 3 recubiertos de cobre también pueden ser adquiridos de la firma mencionada DENKA o de la firma CURAMIK ELECTRONICS (www.curamik.com).

En alguna de las formas de realización descritas hasta ahora se necesita solamente una placa de circuitos impresos 2 por módulo. Sin embargo, ello requiere aceptar compromisos y, consecuentemente, es poco apropiada para aplicaciones de alta producción.

15 Por lo tanto, la forma de realización según la figura 8 muestra cómo es posible separar de la placa de circuitos impresos 2 los elementos de control SMD 17 a una placa de control 16. Con este propósito, la placa de circuitos impresos 2 y la placa de control 16 son conectadas en puntos apropiados mediante conectadores enchufables SMD 19. En este caso, para la placa de circuitos impresos 2, la mayoría de las veces son suficientes dos niveles de circuitos impresos con circuitos impresos de alto voltaje que pueden estar conectados mediante contactos pasantes. 20 Normalmente, los circuitos impresos de alto voltaje cubren un sector de 5 amperios a 200 amperios, y en algunas formas de realización son realizados en espesores de conductores de incluso hasta más de 200 µm.

25 Contrariamente, la placa de control 16 puede estar realizada en algunas formas de realización con cualquier número de planos de circuitos impresos y mediante la técnica de circuitos ultrafinos, porque en este caso no existen grandes problemas térmicos y corrientes eléctricas elevadas. La placa de control de 16 puede ser conectada con una chapa de fondo 21 reforzada por medio de una lámina termoconductora 18 autoadhesiva. Entonces, la chapa de fondo 21 reforzada desvía el calor a los perfiles disipadores de calor 4.

30 Como láminas termoconductoras 18 autoadhesivas se puede usar, por ejemplo, el producto THERMATTACH T413 de la firma CHOMERICS (www.chomerics.com). Este material tiene una conductancia térmica de solamente 0,35 W/mK, pero suficiente en este caso. En una reparación, esta unión adhesiva puede ser removida mediante una espátula pero, sin embargo, en un nuevo montaje en algunas formas de realización debe ser reemplazada por una nueva lámina después de la limpieza de las superficies adhesivas.

35 La figura 10 muestra una forma de realización modificada de un módulo según la figura 8 con el objetivo de aumentar la potencia refrigerante de la refrigeración por aire. Para ello, los perfiles disipadores de calor 4 están provistos de aletas refrigerantes 22 adicionales. La así aumentada superficie reduce la resistencia a la transferencia térmica entre el perfil disipador de calor 4 y el aire refrigerante.

La figura 11 muestra, a modo de ejemplo, una forma de realización de un paquete de sistemas compuestos de tales módulos. Si la refrigeración ha de realizarse exclusivamente por medio de aire refrigerante, en algunas formas de realización es preferente prescindir de los canales 9 con forma de U y los tubos refrigerantes 10.

40 La figura 12 muestra otra forma de realización de la invención. Para facilitar el montaje y desmontaje del módulo, los tornillos 8 también se han reemplazado por clips 23 que en algunas formas de realización son idénticos a los clips 5 para los elementos de potencia SMD 1. De este modo resulta una mayor tolerancia para dilataciones térmicas porque los clips 23 son más elásticos que las uniones roscadas y pueden producir, correspondientemente, una prolongación de la vida útil del módulo.

45 Aquí, el dentado de los módulos está modificado de tal manera con conformaciones positivas 24 y correspondientes conformaciones negativas 25 de los perfiles disipadores de calor 4, que existe espacio para el alojamiento de los clips 23 y es posible mantener baja la altura de los módulos.

La figura 13 muestra, mediante un paquete de sistemas compuesto de los módulos según la figura 12, cómo las conformaciones 24 y 25 agarran entre sí y permiten una conducción térmica respectiva de un módulo al siguiente.

50 En la figura 14 se muestra una forma de realización que ejecuta un paso adicional hacia la flexibilidad para la aplicación de los módulos. En tanto se quiera usar los mismos perfiles disipadores de calor 4 para la refrigeración por líquido o para la refrigeración por aire, en el caso de una refrigeración exclusiva por aire, los canales 9 en forma de U según la figura 5 a 13 perjudican el flujo térmico entre los elementos de potencia SMD 1 y la superficie

refrigerante para la refrigeración por aire. Para eliminar esta desventaja, en esta forma de realización los asientos de los tubos refrigerantes 10 son tendidos entre las aletas refrigerantes. Los asientos están conformados y dimensionados de tal manera que los tubos refrigerantes 10 queden fijados, en este caso sin elementos auxiliares adicionales, solamente mediante su conformación elástica debida a la inserción a presión. La figura 14 muestra, a modo de ejemplo, el perfil disipador de calor 26 sin tubos refrigerantes 10 (con exclusiva refrigeración por aire), y el perfil disipador de calor 27 idéntico con tubos refrigerantes 10 (para refrigeración por líquido y/o refrigeración por aire).

La figura 15 muestra en el ejemplo de una forma de realización de un paquete de sistemas que, según sean los requerimientos, los tubos refrigerantes 10 también pueden ser usados sólo en parte. Mediante el número de tubos refrigerantes es posible modificar apropiadamente la potencia refrigerante.

La figura 16 muestra otra forma de realización con el mismo propósito. En este caso, los tubos refrigerantes 10 están colocados en los sectores donde, en parte, en las formas de realización precedentes se encontraban los dentados para el apilado de los módulos. En la cara inferior del perfil disipador de calor 4 se ha previsto un primer canal 28 configurado de tal manera que, después de la inserción a presión, los tubos refrigerantes 10 estén fijados al igual que en la figura 14, sin medios auxiliares adicionales. En la cara superior se ha previsto un segundo canal 29 conformado de tal manera que los tubos refrigerantes 10 del módulo a apilar son adicionalmente conformados elásticamente para mantener unidos los módulos y para tener una buena transferencia térmica entre los tubos refrigerantes 10 y los dos módulos apilados. Para poder absorber mejor las fuerzas laterales a causa de la deformación de los tubos refrigerantes 10, en esta forma de realización se usa, preferentemente, un disipador de calor 30 de una pieza.

Para el apilado de los módulos, éstos pueden ser apretados verticalmente y enganchados, o enchufados a lo largo, pudiéndose en este caso configurar los canales 29 también con una mayor inclusión.

Como tercera opción para unir módulos es posible, en algunas formas de realización, insertar los tubos refrigerantes 10 a presión en sentido longitudinal, con lo cual resulta una unión particularmente robusta y termoconductor. No obstante, el desmontaje es algo más complicado.

La figura 17 muestra cómo en estos módulos es posible formar un paquete de sistemas. Como ventajas resultan en este ejemplo el hecho de que el flujo térmico con refrigeración exclusiva por aire no es perturbado y que con refrigeración por líquido se produce un contacto térmico muy fiable de los tubos refrigerantes 10 con los perfiles disipadores de calor 30. Por medio de la cara inferior del disipador de calor 30 de una pieza es posible refrigerar elementos constitutivos SMD de un módulo subyacente por medio de segundas láminas termoconductoras 11. Para el sellado, el módulo superior presenta una chapa de cubierta 31 termoconductor.

La forma de realización según la figura 18 muestra cómo mediante un desplazamiento de los tubos refrigerantes 10 es posible aumentar el flujo térmico contra el sector interior del módulo. Aquí, el flujo térmico 32 contra los tubos refrigerantes 10 está en su mayor parte desacoplado del flujo térmico 33 contra las aletas refrigerantes 22, con lo cual es posible realizar todas las combinaciones refrigerantes con los mismos perfiles refrigerantes.

Como forma de realización alternativa también se muestra cómo la chapa de fondo 21 reforzada puede ser fijada por medio de alojamientos 36 y cómo con ello se puede ejercer una presión elástica adicional sobre los tubos refrigerantes 10.

Además, en la figura 18 se muestra una conformación negativa 34 y una conformación positiva 35 para el apilado alternativo de los módulos, invertido en comparación con la figura 12. Esto permite apilar los módulos de cualquier manera, incluso de cabeza.

La figura 19 muestra un paquete de sistemas según dicho principio. El módulo superior está dispuesto de cabeza con lo cual es posible ahorrar una chapa de cubierta 31. La conformaciones 34, 35 precedentes pueden servir, adicionalmente, para el montaje vertical o suspendido del paquete de sistemas. Para garantizar una retención segura es suficiente activar un sencillo mecanismo de enclavamiento después de la inserción lateral. De esta manera, el montaje y mantenimiento de los módulos ya no es posible de manera considerablemente sencilla.

Después del proceso de enganchado, los paquetes de sistemas pueden soportar sin problemas los golpes del transporte y vibraciones, porque las cubiertas frontales otorgan una resistencia adicional y, de este modo, evitan de manera fiable un desenganche.

Son posibles muchas otras formas de realización y combinaciones de la presente invención. Para sus propósitos particulares, el experto en la materia puede determinar, por ejemplo, cualesquiera formas de dentado para el apilado, o alturas, anchuras y longitudes, así como cualquier número de perfiles disipadores de calor 4 y placas de circuitos impresos 2 por módulo.

Los ejemplos indicados sirven sólo para una mejor comprensión. Las indicaciones ilustrativas como: arriba, abajo, negativo, positivo, chapa de fondo o chapa de cubierta no deben entenderse como limitativas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Refrigeración híbrida para una unidad de placas de circuitos impresos, con: al menos un disipador de calor (4) configurado de tal manera que pueda absorber calor de elementos constitutivos de potencia (1) que pueden ser montados en la superficie de una unidad de placas de circuitos impresos, presentando el disipador de calor un sector para la refrigeración por líquido y un sector para la refrigeración por aire, de tal manera que pueda entregar calor tanto a un medio refrigerante gaseoso como a un medio refrigerante líquido, caracterizado porque el flujo térmico (32) a los sectores del disipador de calor (4) que son refrigerados por líquido está desligado del flujo térmico (33) a los sectores del disipador de calor (4) que son refrigerados por gas.
- 10 2. Refrigeración híbrida según la reivindicación 1, en la cual el sector para la refrigeración por líquido presenta al menos un canal (9).
3. Refrigeración híbrida según las reivindicaciones 1 o 2, en la cual el sector para la refrigeración por aire presenta un perfil disipador de calor (4).
- 15 4. Refrigeración híbrida según una de las reivindicaciones 1 a 3, en la cual el medio refrigerante líquido comprende el dieléctrico refrigerante de la máquina herramienta.
5. Refrigeración híbrida según la reivindicación 2, en la cual en los canales (9) están dispuestos unos tubos refrigerantes (10).
6. Refrigeración híbrida según la reivindicación 5, en la cual los tubos refrigerantes son de paredes tan delgadas que se adaptan a los canales (9) mediante conformación elástica.
- 20 7. Refrigeración híbrida según la reivindicación 3, en la cual el perfil disipador de calor está configurado de tal manera que se produce un efecto de chimenea en el medio refrigerante gaseoso que rodea el perfil disipador de calor.
8. Refrigeración híbrida según una de las reivindicaciones precedentes que presenta, además, un soplante para el suministro de aire refrigerante y/o evacuación de aire refrigerante.
- 25 9. Refrigeración híbrida según una de las reivindicaciones precedentes, en la cual el disipador de calor (4) presenta conformaciones positivas y negativas respectivas (14, 15; 24, 25; 34, 35), de manera que múltiples unidades de placas de circuitos impresos, con las cuales está conectado el disipador de calor, puedan ser apiladas de tal manera que las conformaciones puedan ser unidas agarrando una en la otra.
- 30 10. Refrigeración híbrida según una las reivindicaciones 3 o 4, en la cual el disipador de calor está configurado de tal manera que pueda alojar al menos un clip elástico (23) de tal manera que los tubos refrigerantes (10) sean insertados a presión en los canales (9) del disipador de calor (4).
- 35 11. Refrigeración híbrida según una de las reivindicaciones precedentes, en la cual el disipador de calor (4) presenta una escotadura para el alojamiento de una parte de un clip (5), de manera que el clip ejerza sobre el elemento constitutivo de potencia (1) que puede ser montado a una superficie, una presión de contacto cuando el disipador de calor (4) está conectado con la unidad de placas de circuitos impresos.
12. Refrigeración híbrida según la reivindicación 11, en la cual la escotadura para el alojamiento del clip (5) presenta una estructura superficial apropiada para aumentar la fricción entre la parte alojada del clip (5) y el sector de alojamiento.
- 40 13. Procedimiento para la refrigeración de una unidad de placas de circuitos impresos para una máquina herramienta en la cual un disipador de calor (4) que absorbe el calor de al menos un elemento de potencia (1) que puede ser montado a una superficie, que está montado en la unidad de placas de circuitos impresos, enfriado tanto mediante un medio refrigerante gaseoso como mediante un medio refrigerante líquido, caracterizado porque el flujo térmico (32) a los sectores del disipador de calor (4) que son refrigerados por líquido está desligado del flujo térmico (33) a los sectores del disipador de calor (4) que son refrigerados por gas.
- 45 14. Procedimiento según la reivindicación 13, en la cual como medio refrigerante se usa del dieléctrico de una máquina herramienta.

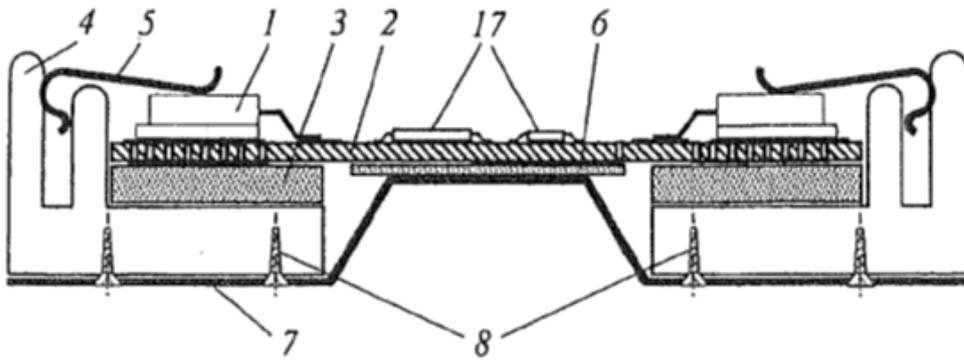


Fig 1

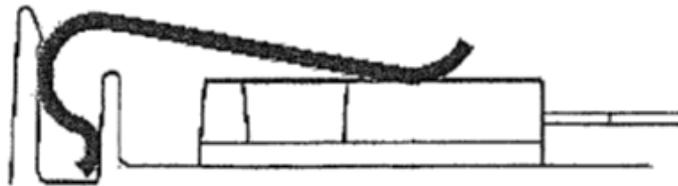


Fig 2 Estado actual de la técnica

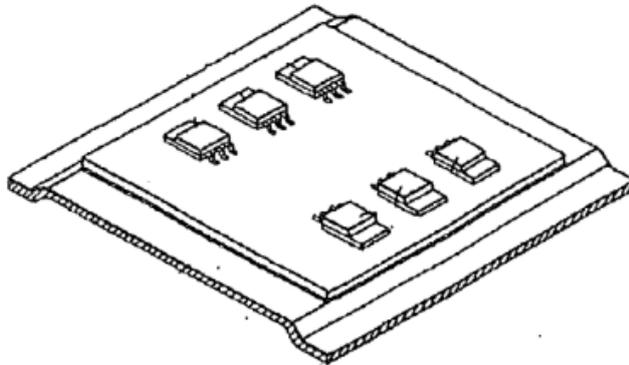


Fig 3 Estado actual de la técnica

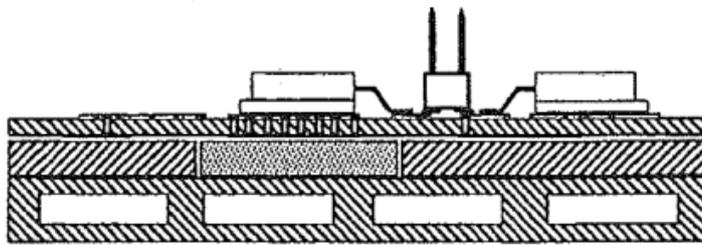


Fig 4 Estado actual de la técnica

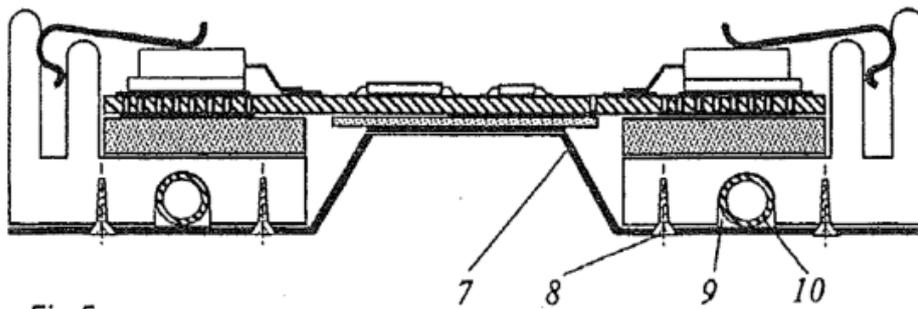


Fig 5

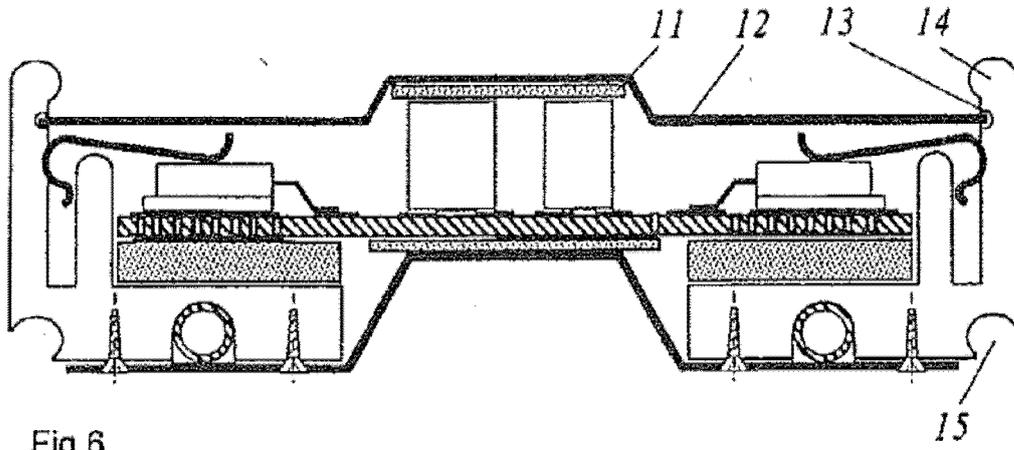


Fig 6

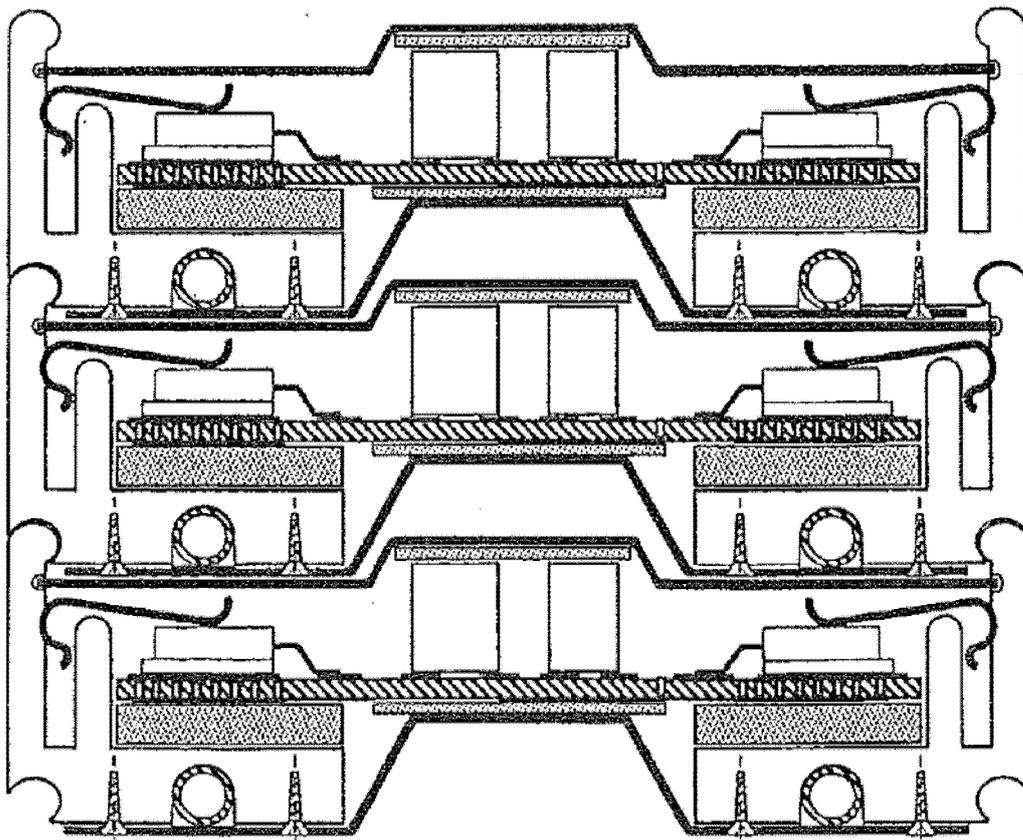


Fig 7

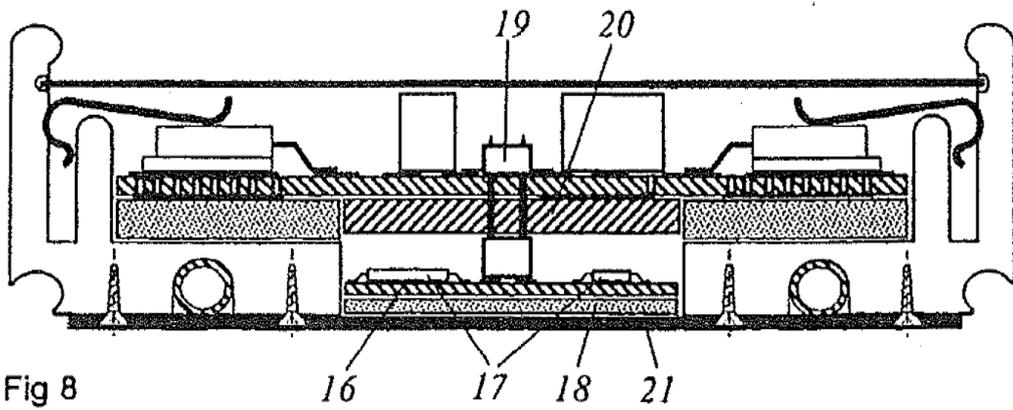


Fig 8

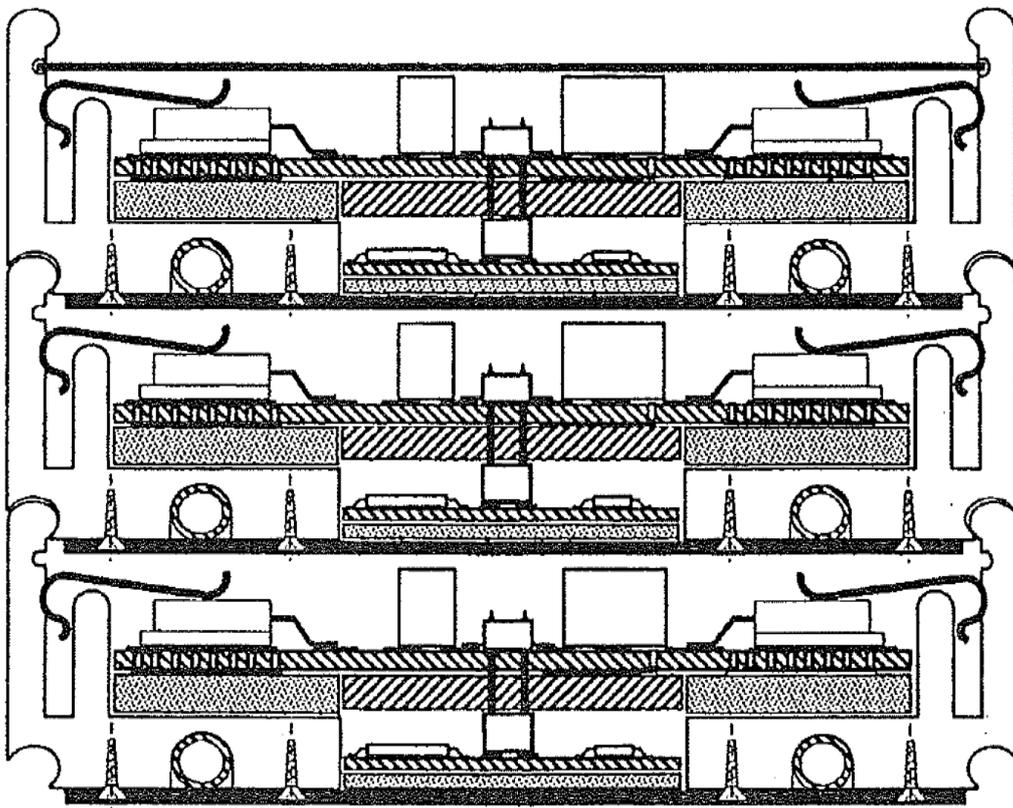


Fig 9

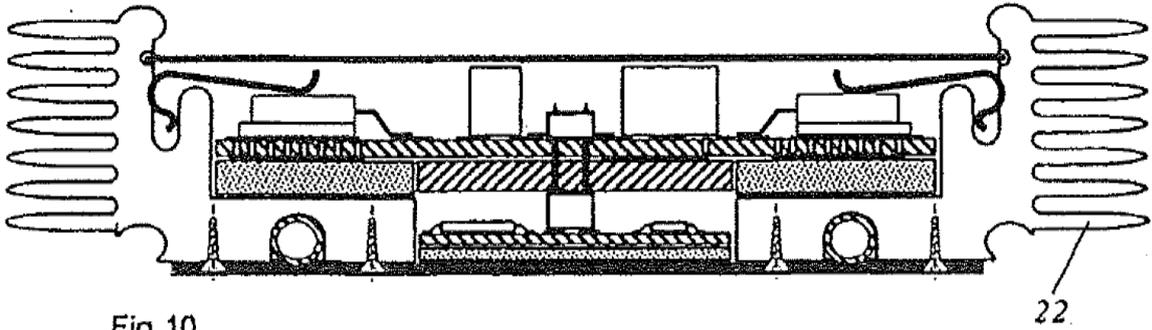


Fig 10

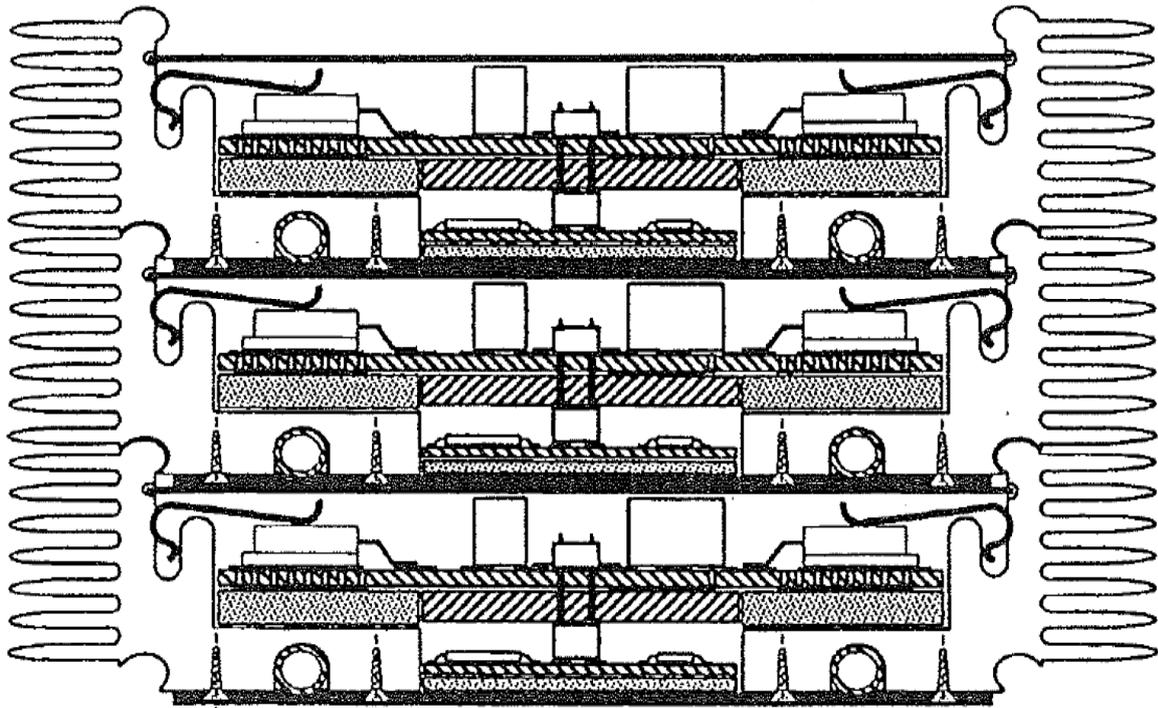


Fig 11

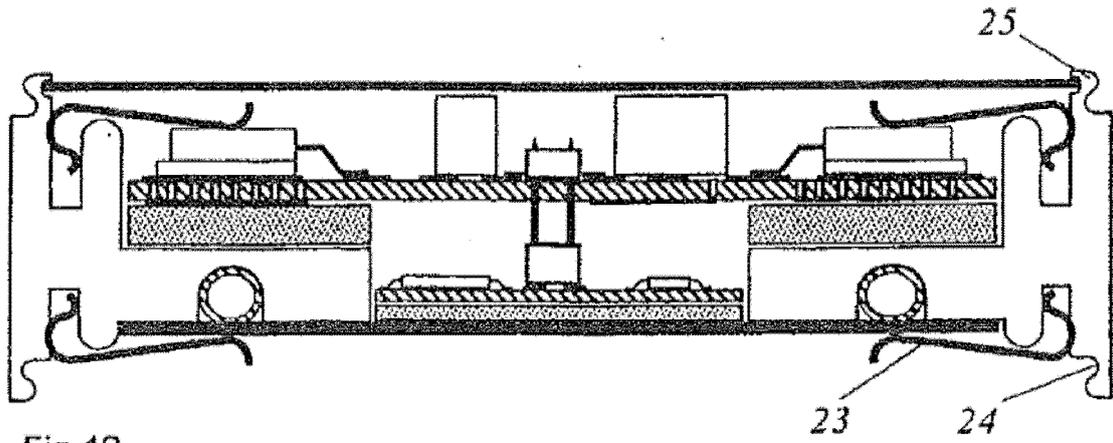


Fig 12

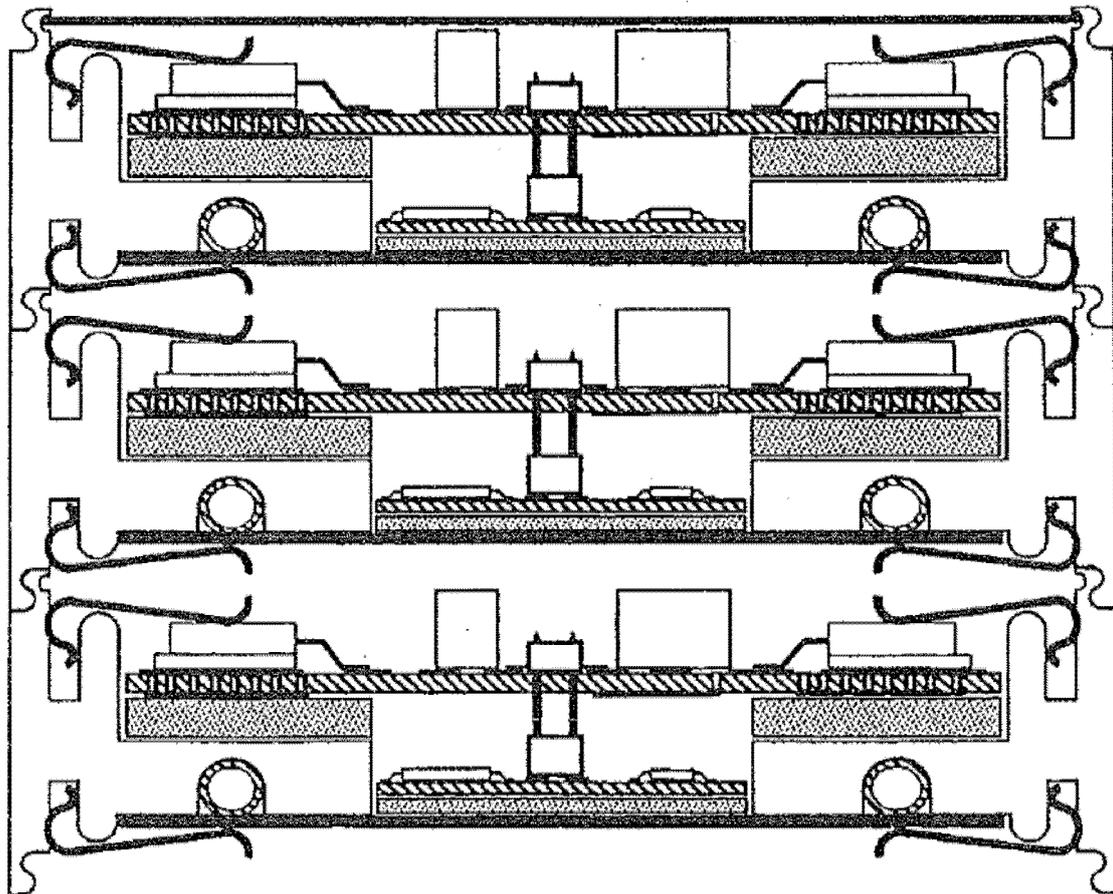


Fig 13

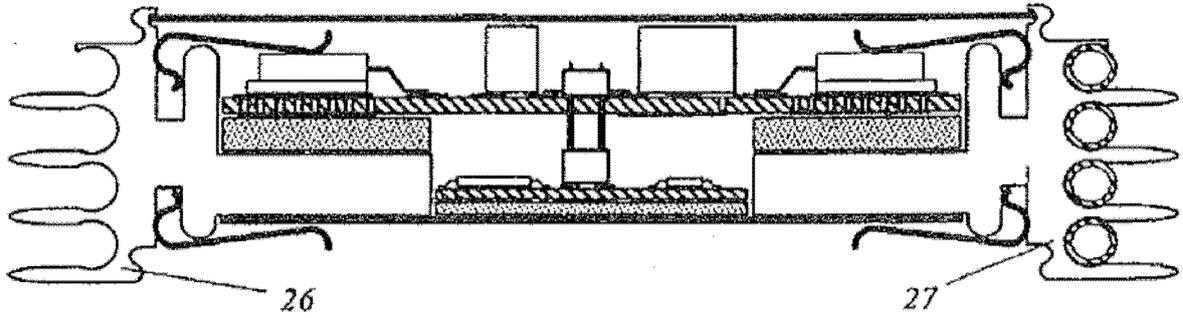


Fig 14

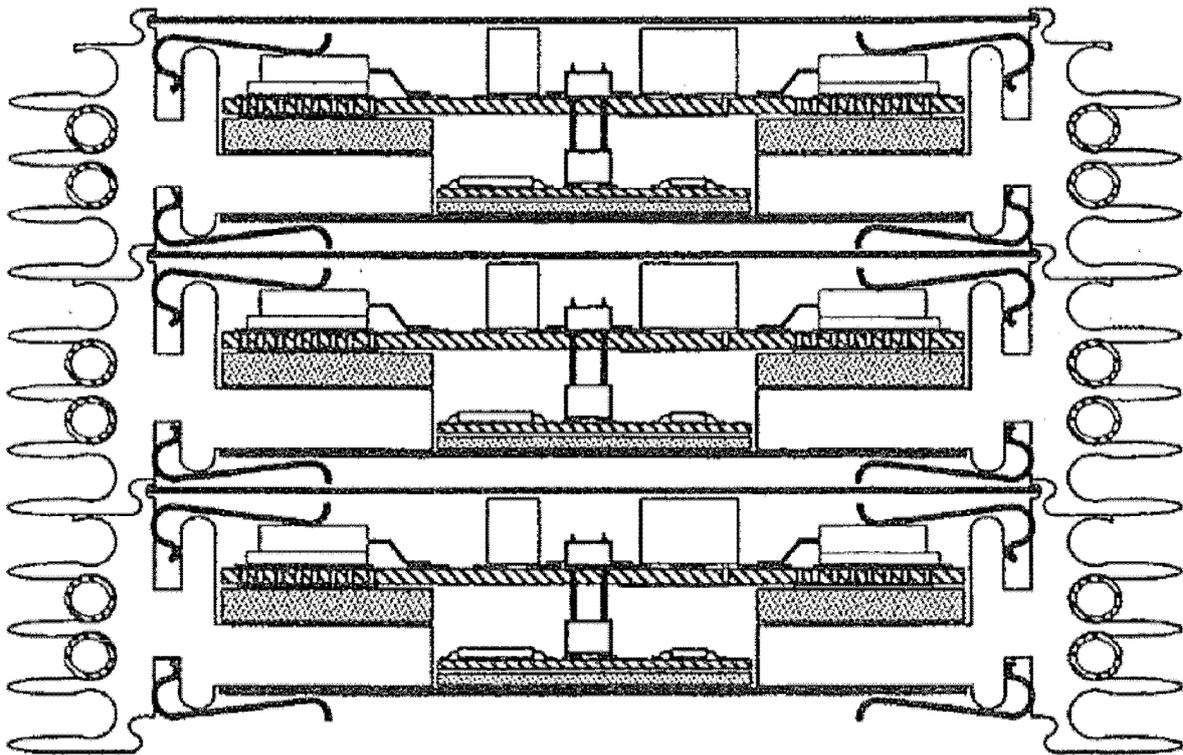


Fig 15

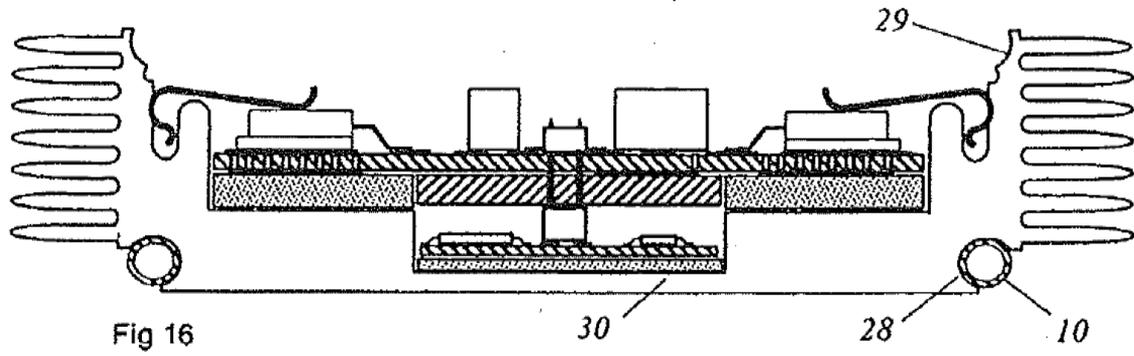
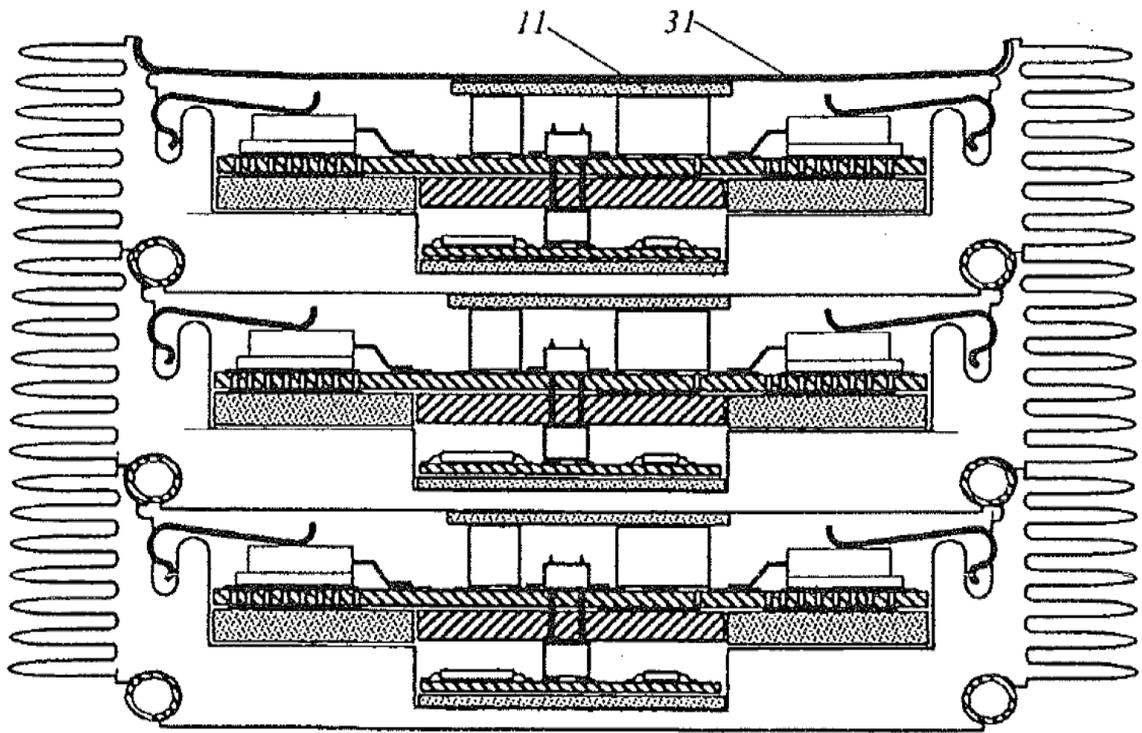


Fig 17



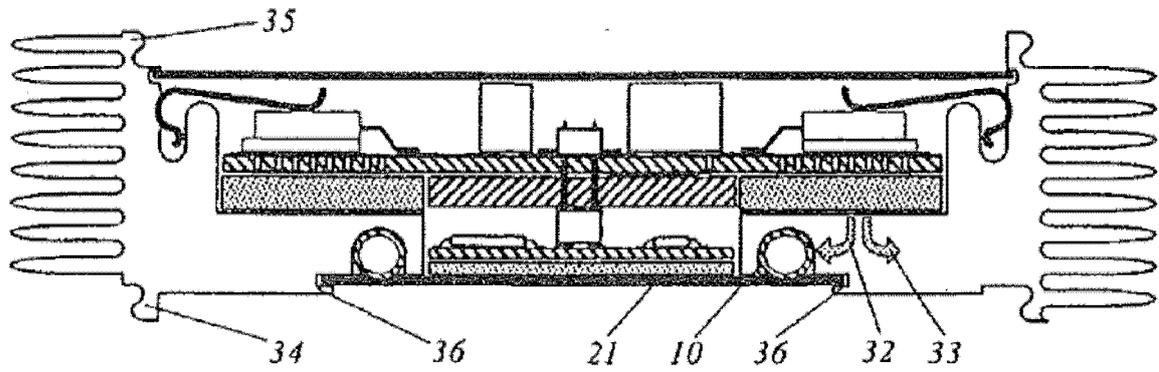


Fig 18

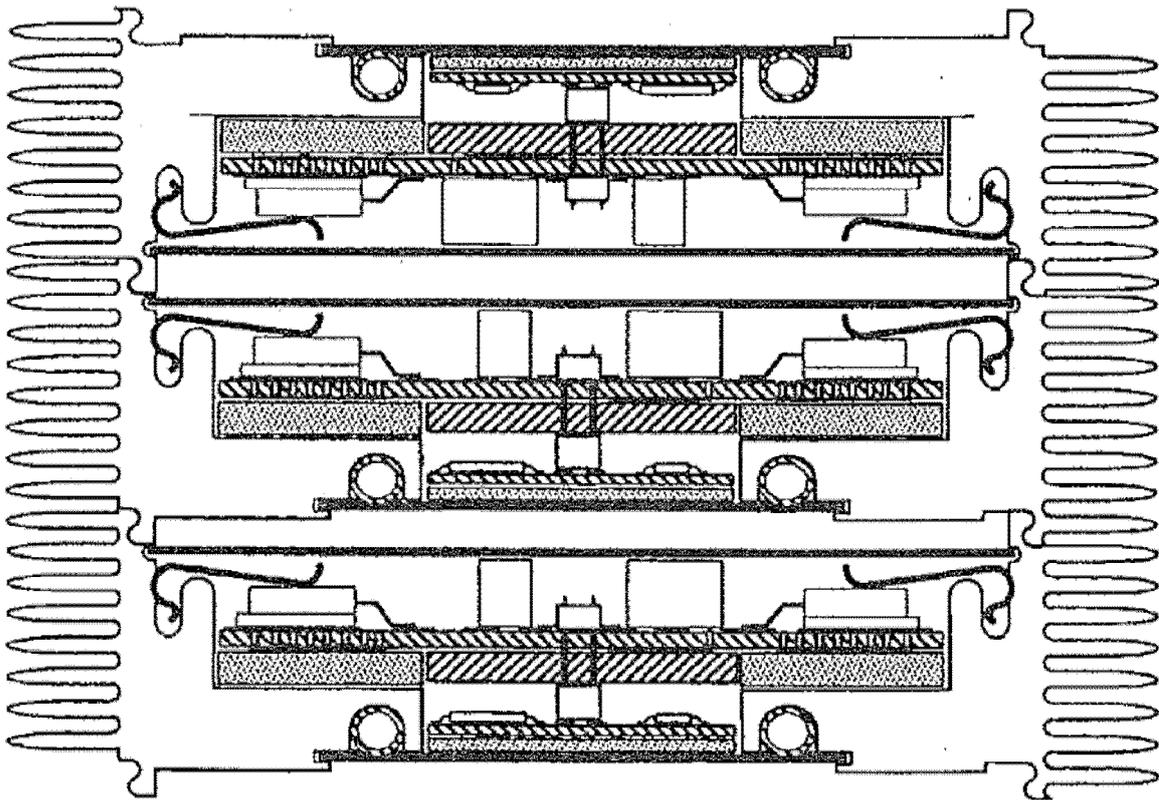


Fig 19

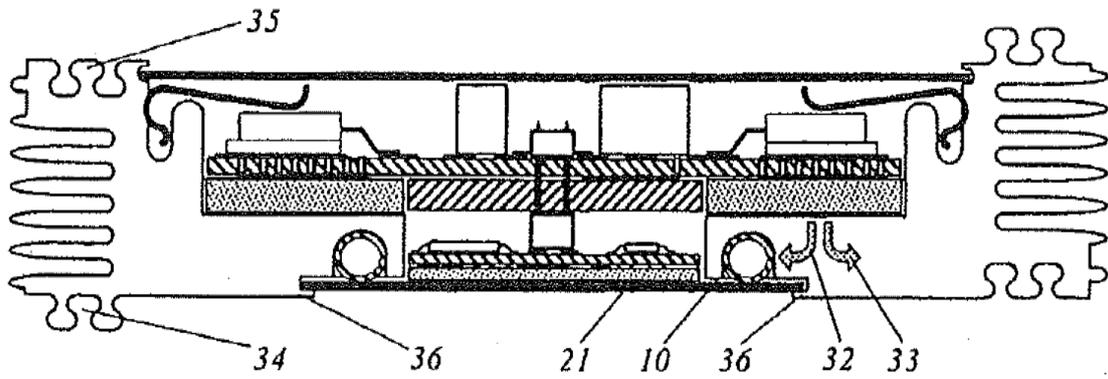


Fig 20

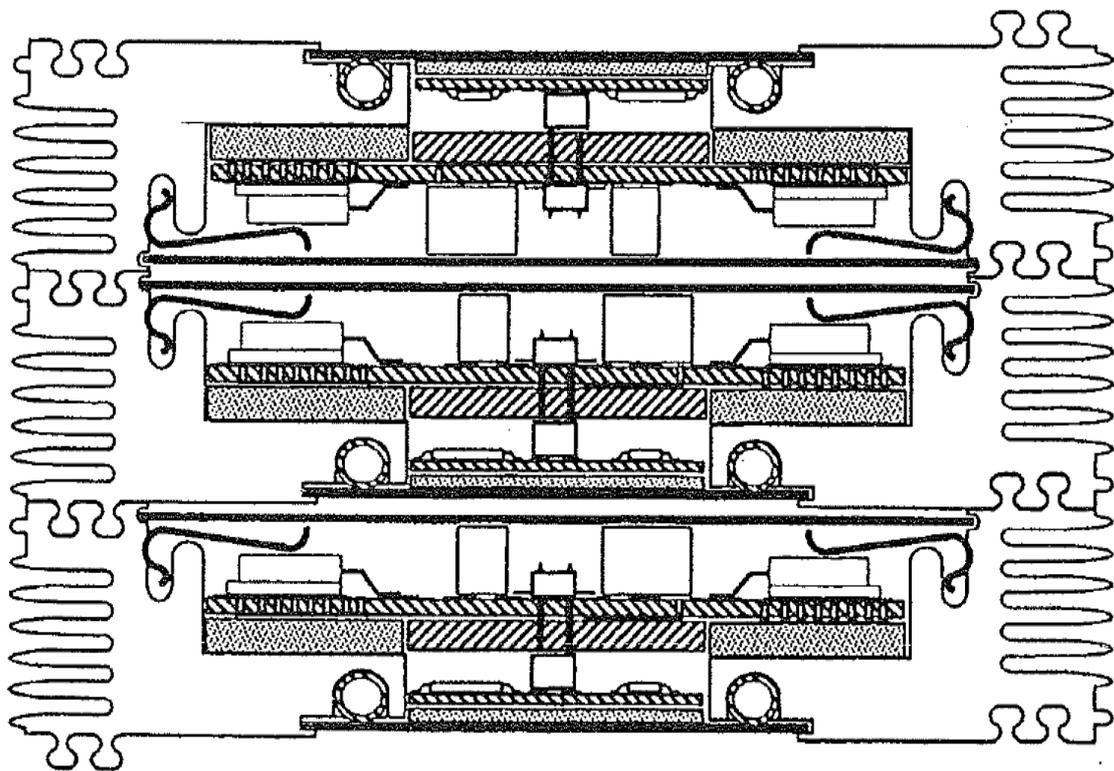


Fig 21