

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 940 895**

51 Int. Cl.:

F01P 7/16 (2006.01)

F01P 5/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.07.2017 PCT/EP2017/068941**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.02.2018 WO18019914**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.07.2017 E 17742450 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.12.2022 EP 3469198**

54 Título: **Sistema de enfriamiento de un motor**

30 Prioridad:

27.07.2016 IT 201600079060

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

12.05.2023

73 Titular/es:

MONZA TECH S.R.L. (100.0%)

Via Azzone Visconti 43

20900 Monza, IT

72 Inventor/es:

BOZZANO, FRANCESCO y

SIRTORI, ALESSANDRO

74 Agente/Representante:

MARTÍN SANTOS, Victoria Sofia

ES 2 940 895 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

Sistema de enfriamiento de un motor

5 La presente solicitud de patente de invención se refiere a un sistema de enfriamiento de motor endotérmico (motor de combustión interna).

Ya se sabe que la mayoría de los motores endotérmicos están refrigerados por agua.

10 El estado de la técnica de un circuito de refrigeración de un motor endotérmico consiste en una bomba de agua que es accionada mecánicamente por un motor endotérmico. El número de revoluciones de la bomba es proporcional al número de revoluciones del motor, dado que la relación de transmisión entre bomba y motor es fija y está determinada por los engranajes o poleas que mueven la bomba.

15 La figura 1 muestra un sistema de enfriamiento tradicional provisto de un circuito de enfriamiento que comprende un circuito largo (15, 16, 17, 18) que pasa por un bloque motor y un circuito corto (15) que pasa por un radiador (12).

Una bomba (19) mueve el refrigerante que es transportado convenientemente a los diferentes circuitos (15, 17, 16, 18) por medio de una válvula termostática (20) controlada por un sensor de temperatura.

20 Cuando el motor (10) está frío, la válvula termostática (20) cierra el circuito largo, eludiendo el circuito corto. Cuando la temperatura del líquido refrigerante alcanza un valor predeterminado, la válvula termostática (20) abre el circuito largo y deja fluir el líquido refrigerante también en el circuito largo a través del radiador (12).

25 Si la temperatura del líquido refrigerante supera la temperatura de funcionamiento del motor, con la ayuda de un relé se activa un ventilador (13) que está instalado en serie al radiador (12). La activación del ventilador (13) aumenta la cantidad de aire que incide sobre el refrigerante, generando una mayor disipación calórica.

30 En tal configuración, la velocidad del flujo de refrigerante y la velocidad del ventilador (13) no se controlan porque la bomba (19) cambia su número de revoluciones (rpm = revoluciones por minuto) de acuerdo con las rpm del motor, siendo que el ventilador (13) no está sometido a una simple variable booleana de OFF y ON [por su escritura en inglés, y de APAGADO Y ENCENDIDO en español]. En otras palabras, el ventilador está apagado o encendido al número máximo de revoluciones determinado por el voltaje de la batería.

35 Tal sistema de enfriamiento provoca una tendencia oscilatoria de la temperatura del sistema, siendo incapaz de controlar esta variable de la mejor manera. El caudal másico del líquido en el circuito de refrigeración no está controlado por la necesidad real de enfriamiento del motor, sino por el número de revoluciones del mismo, con riesgo de cavitación en la bomba y con una absorción de potencia no deseada que perjudica la eficiencia del motor endotérmico y provoca un mayor consumo. La eficiencia de dicho sistema de enfriamiento es baja.

40 En resumen, los inconvenientes de dicho sistema de enfriamiento según el estado de la técnica son:

- el enfriamiento del motor no está optimizado;
- 45 • las rpm de la bomba son proporcionales a las rpm del motor;
- se necesita mucho tiempo para calentar el sistema debido a la válvula termostática (20);
- 50 • el tiempo de calentamiento del motor es largo. La ECU (del inglés "engine control unit" o "unidad de control del motor") se ve obligada a lubricar la mezcla del motor con el consiguiente aumento de los HC y CO emitidos a la atmósfera y del consumo (véanse las figuras 2 y 3, que son gráficos referentes al vehículo híbrido Yaris con datos obtenidos vía CAN desde la ECU);
- 55 • la velocidad del flujo de refrigerante no está controlada adecuadamente;
- el consumo de combustible es mayor porque la bomba del sistema de enfriamiento siempre está acoplada en el motor;
- 60 • el ventilador del radiador se gestiona como variable booleana: ENCENDIDO a máximas rpm o APAGADO (alta absorción de potencia de este componente, próxima a 30A). Muy rara vez se necesita toda la potencia del ventilador, ya que solo se necesita parcialmente;
- no existe correlación entre la carga térmica del motor y el intercambio térmico del radiador (el aire que incide sobre el radiador no es suficiente en primera a 6000 revoluciones a 30 km/h);
- 65 • un motor necesita de 8 a 10 km para alcanzar la temperatura de funcionamiento con todo su

refrigerante. Las distancias de recorrido de un vehículo en una ciudad son normalmente inferiores a 8 km, por lo que los motores a menudo viajan en un estado de enriquecimiento constante de la fuerza de la mezcla;

- 5 • durante el calentamiento, las partes mecánicas del motor están expuestas a un desgaste acelerado, con la consiguiente reducción de la vida útil del motor y un aumento del consumo y de las emisiones, cuando el motor pierde las tolerancias mecánicas y las precargas en las juntas (fugas);
- 10 • no se gestiona el enfriamiento con el motor apagado, por lo que se acumula calor en el motor. El agua circula en el circuito únicamente por su gradiente de densidad debido a una temperatura no homogénea, cuando el vehículo está apagado.

Estos inconvenientes se solucionan, al menos parcialmente, según el documento US6425353. Con referencia a la figura 4, el documento US6425353 da a conocer el uso de un motor eléctrico (M) que acciona una bomba (22) del sistema de enfriamiento independientemente del motor endotérmico. La bomba (22) está montada a la salida del radiador (12). Erróneamente, dicho sistema de enfriamiento no prevé una válvula termostática. Una unidad de control (C) controla el motor eléctrico (M) de la bomba. Un único sensor de temperatura (23) detecta la temperatura a la salida del circuito largo (15). La unidad de control (C) recibe los valores de temperatura detectados por el sensor de temperatura (23), los compara con una temperatura objetivo que se quiere alcanzar y mantener y varía la tensión de alimentación del motor eléctrico (M) de tal manera que varía las rpm de la bomba (22). De esta forma, se puede variar la cantidad de caudal de agua que incide en las partes calientes del motor independientemente del número de revoluciones del motor endotérmico.

El motor eléctrico (M) se activa mediante pulsos durante un período de "ENCENDIDO" y luego se desactiva para un período de "APAGADO", alternando el período de ENCENDIDO con el período de APAGADO y cambiando la proporción entre ENCENDIDO y APAGADO según el sensor de temperatura. Dicho de otro modo, el porcentaje de tensión "ENCENDIDO" aumenta con respecto al porcentaje de tensión "APAGADO" según la temperatura detectada por el sensor de temperatura (23). La unidad de control (C) está configurada para enviar diferentes niveles de voltaje al motor eléctrico (M) de acuerdo a los diferentes niveles de temperatura detectados por el sensor de temperatura (23). Por debajo de un valor de temperatura preestablecido, la bomba (22) se alimenta con un voltaje fijo en un rango bajo, el cual se incrementa gradualmente cuando aumenta la temperatura detectada por el sensor de temperatura (23). También se varía el período de los pulsos de suministro de energía del motor eléctrico.

El sistema de enfriamiento del documento US6425353 se ve perjudicada por los inconvenientes causados por las dificultades encontradas al alimentar el motor eléctrico de la bomba con pulsos a diferentes niveles de voltaje. De hecho, el motor eléctrico (M) debe controlarse en modulación por ancho de pulsos (PWM del inglés "*pulse width modulation*") y no en voltaje variable. Sin embargo, la PWM permite modular solo el ancho (duración) y no la intensidad (nivel de voltaje) del impulso.

Además, al utilizar un solo sensor de temperatura (23), antes de que la bomba (22) funcione a toda velocidad, toda el agua contenida en el circuito de refrigeración (14, 17, 18) debe calentarse, y esto lleva mucho tiempo. Finalmente, si la cantidad de calor disipado por el radiador es superior a la cantidad de calor producido por el motor endotérmico, el motor nunca alcanzará su temperatura correcta de funcionamiento.

El documento US2011265742 da a conocer un método y un dispositivo de control de una bomba de agua de un vehículo híbrido, que se utilizan para controlar la bomba de agua según la emisión de calor del motor.

El documento US2016/0115858 describe un vehículo de motor que comprende un motor de combustión interna y un sistema de enfriamiento para enfriar el motor de combustión interna con un circuito de refrigerante. El circuito de refrigeración consta de un radiador y sensores de temperatura que registran las temperaturas del refrigerante en la entrada y salida del radiador. Los sensores de temperatura transmiten una señal que representa las temperaturas del refrigerante a un controlador, que determina una diferencia de temperatura del radiador.

El objeto de la presente invención es eliminar los inconvenientes del estado de la técnica, dando a conocer un sistema de enfriamiento de un motor endotérmico que sea capaz de minimizar el tiempo de calentamiento del motor, minimizando consecuentemente el consumo y la contaminación ocasionada por el enriquecimiento de la mezcla durante los primeros kilómetros después de arrancar el motor.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema de enfriamiento de un motor que sea eficiente, fiable y de alto rendimiento.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema de enfriamiento de un motor que sea versátil, sencillo de fabricar y de instalar.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema de enfriamiento que sea capaz de hacer que el radiador y el motor sean completamente independientes, con el objetivo prioritario de alcanzar rápidamente la

temperatura de funcionamiento del motor.

Estos propósitos se logran según la presente invención con las características de la reivindicación independiente 1.

5 Las realizaciones ventajosas de la invención se desprenden de las reivindicaciones dependientes.

El sistema de enfriamiento de la invención comprende:

- 10 - un bloque de motor de un motor de combustión interna,
- un radiador provisto de ventilador,
- un circuito de refrigeración en el que circula un líquido refrigerante, comprendiendo dicho circuito de refrigeración un primer conducto que va desde el bloque motor hasta el radiador, y un segundo conducto que va desde el radiador hasta el bloque motor,
- 15 - una bomba dispuesta en el segundo conducto para bombear el líquido refrigerante del circuito de refrigeración hacia el bloque motor,
- 20 - un motor eléctrico que acciona la bomba,
- un primer sensor de temperatura dispuesto en el primer conducto a la salida del bloque motor para detectar una temperatura del refrigerante a la salida del bloque motor,
- 25 - un segundo sensor de temperatura dispuesto en el segundo conducto a la salida del radiador para detectar una temperatura del refrigerante a la salida del radiador,
- una unidad de control conectada al primer sensor de temperatura y al motor eléctrico de la bomba para accionar el motor eléctrico de la bomba de acuerdo con los valores de temperatura detectados por el primer sensor de temperatura y por el segundo sensor de temperatura,
- 30 - un segundo sensor de temperatura dispuesto en el segundo conducto a la salida del radiador para detectar una temperatura del refrigerante a la salida del radiador.

35 La unidad de control está provista de una memoria para almacenar valores de diferencia de temperatura de referencia que disminuyen gradualmente, de tal manera que se definen una pluralidad de intervalos de diferencias de temperatura decrecientes. La unidad de control está configurada de tal manera que compara la diferencia de temperatura detectada por los sensores de temperatura con los intervalos de diferencias de temperatura almacenados en la memoria y en consecuencia controla dicho motor de la bomba con cuatro modos diferentes.

40 Características adicionales de la invención aparecerán más claras a partir de la descripción detallada a continuación, que se refiere a una realización meramente ilustrativa, no limitativa, en la que:

45 La figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de enfriamiento según la técnica anterior.

La figura 2 es un gráfico que muestra las emisiones de un motor endotérmico con un sistema de enfriamiento según la técnica anterior.

50 La figura 3 es un sistema de coordenadas cartesianas que muestra la temperatura del agua en el eje de abscisas y el número de moles de los contaminantes en el eje de ordenadas, para un sistema de enfriamiento según la técnica anterior.

La figura 4 es un diagrama de bloques de un sistema de enfriamiento descrito en el documento US6425353.

55 La figura 5 es un diagrama de bloques del sistema de enfriamiento según la invención.

La figura 6 es un gráfico que muestra una variación del tiempo de APAGADO de la PWM según la temperatura.

60 La figura 7 es un gráfico que muestra una PWM con un período constante y un tiempo máximo de APAGADO.

La figura 8 es el mismo gráfico que la figura 7, excepto por una PWM con período constante y tiempo mínimo de APAGADO.

65 La figura 9 es el mismo gráfico que la figura 6, en el que el tiempo de APAGADO se establece para un

intervalo diferente de diferencias de temperatura.

La figura 10 es el mismo gráfico que la figura 7, en el que el tiempo de APAGADO se establece para un intervalo diferente de diferencias de temperatura.

5 La figura 11 es un gráfico que muestra una variación del tiempo de APAGADO de la PWM según la temperatura.

10 La figura 12 es un gráfico que muestra una PWM con un tiempo de apagado que disminuye linealmente cuando aumenta la temperatura.

La figura 13 es un gráfico que muestra los valores PWM admisibles cuando cambia la temperatura T1, que se calculan con un algoritmo PID.

15 La figura 14 es un gráfico que muestra cómo calcular la PWM admisible cuando cambia la diferencia de temperatura T1 - T2.

20 La figura 15 es un gráfico que muestra los valores de PWMmax cuando cambia la temperatura T1, que se calculan con un algoritmo PID.

Con referencia a la figura 5, se describe el sistema de enfriamiento de la invención, que generalmente se indica con el número de referencia (100).

25 El sistema de enfriamiento (100) comprende un circuito de refrigeración (14) que pasa por un bloque motor (10) de un motor de combustión interna y un radiador (12) enfriado mediante un ventilador (13). Un refrigerante fluye en el circuito de refrigeración (14). El circuito de refrigeración comprende un primer conducto (17) que va desde el bloque motor (10) hasta el radiador (12) y un segundo conducto (18) que va desde el radiador (12) hasta el bloque motor (10).

30 Hay una bomba (22) que está dispuesta en el segundo conducto (18) para bombear el refrigerante en el circuito de refrigeración (14). La bomba (22) es una bomba eléctrica accionada por un motor eléctrico (M).

35 Se dispone un primer sensor de temperatura (S1) en el primer conducto (17) a la salida del bloque motor (10) para detectar una temperatura (T1) del refrigerante a la salida del bloque motor. Un segundo sensor de temperatura (S2) está dispuesto en el segundo conducto (18) a la salida del radiador (12) para detectar una temperatura (T2) del refrigerante a la salida del radiador.

40 Los sensores de temperatura (S1, S2) están conectados a una unidad de control (C). La unidad de control (C) está conectada al motor eléctrico (M) para accionar el motor eléctrico según los valores de temperatura detectados por los sensores de temperatura (S1, S2). En particular, el motor eléctrico (M) es accionado mediante modulación por ancho de pulsos (PWM), modulando el ancho de pulso (duración) de acuerdo con los valores de diferencia de temperatura (T1 - T2) detectados por los dos sensores de temperatura (S1, S2).

45 La presente invención se basa en un cálculo calorimétrico que separa las dos máquinas, es decir, el motor endotérmico y el radiador, realizando un balance energético del calor producido por el motor y el calor disipado por el radiador. De esta forma, las dos máquinas se pueden separar como si fueran independientes. Con tal balance de energía, es posible tener una condición límite con el radiador completamente congelado y el motor del vehículo funcionando a la temperatura normal de funcionamiento, sin válvula termostática.

50 El esquema de balance de energía es el siguiente:

$$Q_e = m \times C_p \times \Delta T_1$$

$$Q_r = m \times C_p \times \Delta T_2$$

55

$$Q_e = Q_r$$

Tal balance de energía se evalúa en la unidad de tiempo.

60 en donde

Q_e = calor producido por el motor del vehículo

Q_r = calor disipado por el radiador

m = caudal másico del refrigerante, conociendo la orden de pwm de la bomba que gestiona las RPM y consecuentemente el caudal de la bomba en la unidad de tiempo (se convierte así en masa).

5 C_p = calor específico a presión constante del refrigerante

ΔT_1 = variación temporal de la temperatura del líquido refrigerante que sale del bloque motor (10) en la unidad de tiempo

10 ΔT_2 = variación temporal de la temperatura del refrigerante que sale del radiador (12) en la unidad de tiempo

Se impone la condición $Q_e = Q_r$ para el equilibrio termodinámico del sistema, para evitar el sobrecalentamiento, debido a que el radiador (12) está subdimensionado con respecto al bloque motor (10).

15 Tal balance térmico se obtiene simplemente midiendo la temperatura del flujo entre motor y radiador con el primer sensor de temperatura (S1) y la temperatura del flujo entre radiador y motor con el segundo sensor de temperatura (S2).

20 Además, la unidad de control (C) está conectada al motor eléctrico del ventilador (13) del radiador para controlar el motor eléctrico del ventilador (13) del radiador en PWM. La orden PWM del motor del ventilador se separa y es independiente de la PWM del motor (M) de la bomba.

25 Los sensores de temperatura (S1, S2) detectan las temperaturas (T1, T2).

En la unidad de control (C) se almacena una temperatura objetivo (Tobjetivo) establecida por el usuario (fabricante del motor o usuario) para un correcto funcionamiento del motor de combustión interna. Por ejemplo, se puede establecer una temperatura objetivo Tobjetivo = 51 °C. El algoritmo debe ser tal que la temperatura del motor de combustión interna alcance la temperatura objetivo (Tobjetivo) lo antes posible.

30 A partir de dicha temperatura objetivo (Tobjetivo) se calculan automáticamente otros dos valores de temperatura de referencia: la temperatura de calentamiento (Tcalentamiento) y la temperatura umbral (Tumbral), que se calculan como valores porcentuales de la temperatura objetivo (Tobjetivo). Con fines ilustrativos:

35 **$T_{calentamiento} = 85\% T_{objetivo}$**

$T_{umbral} = 92\% T_{objetivo}$

40 Además, se calcula una temperatura máxima permitida:

$T_{max} = T_{objetivo} + n$, con $n > 0$ por ejemplo, $n = 10^\circ C$.

45 Se definen cuatro intervalos de diferencia de temperatura diferentes entre la temperatura (T1) a la salida del motor y la temperatura (T2) a la salida del radiador:

$T_1 - T_2 > T_a$

$T_b < T_1 - T_2 < T_a$

50 **$T_c < T_1 - T_2 < T_b$**

$T_1 - T_2 < T_c$

55 Con fines ilustrativos, $T_a = 30 K$; $T_b = 20 K$ y $T_c = 5 K$.

Dichos intervalos de diferencia de temperatura van desde un primer intervalo de diferencia de temperatura $T_1 - T_2 > T_a$ en el que la diferencia de temperatura es alta, hasta un cuarto intervalo de diferencia de temperatura $T_1 - T_2 < T_c$, en el que la diferencia de temperatura es baja y la temperatura de equilibrio está a punto de alcanzarse con $T_1 = T_2$.

60

ES 2 940 895 T3

Por lo tanto, cuatro valores de temperatura de referencia (T_{objetivo} , $T_{\text{calentamiento}}$, T_{umbral} , T_{max}) y tres valores de diferencia de temperatura de referencia (T_a , T_b , T_c), que definen cuatro intervalos de temperatura de referencia, se almacenan en la unidad de control (C).

5 En tal caso, el motor (M) de la bomba puede controlarse en PWM con diferentes modos de control, según los valores de temperatura T_1 y T_2 detectados por los sensores S_1 y S_2 . En la siguiente descripción, PWM_{max} indica la PWM máxima permitida por la electrónica del motor (M) de la bomba.

10 Ejemplo (1) ($T_1 - T_2 > T_a$; en el que $T_a = 30 \text{ K}$)

En tal caso, el motor eléctrico (M) de la bomba se controla en PWM, con un tren de pulsos de onda cuadrada que tiene un valor de PWM inferior a PWM_{max} , por ejemplo, 60% PWM_{max} .

15 La PWM tiene un tiempo de ENCENDIDO en el que el valor es 60% PWM_{max} y un tiempo de APAGADO en el que el valor es cero. Entonces, el período PWM es la suma del tiempo de ENCENDIDO y APAGADO. El ciclo de trabajo de la PWM es el tiempo de encendido dividido por el período de PWM.

20 El tiempo de ENCENDIDO de la PWM se mantiene fijo, mientras que el tiempo de APAGADO de la PWM se modifica en función de la temperatura (T_1) detectada a la salida del motor endotérmico. Solo se consideran la temperatura T_{objetivo} y la temperatura $T_{\text{max}} = T_{\text{objetivo}} + 10$.

Con referencia a la figura 6, en este caso existen tres modos diferentes de control del motor de la bomba:

25 para $T_1 < T_{\text{objetivo}}$ el período APAGADO de la PWM se mantiene constante;

para $T_1 < T_{\text{objetivo}} < T_{\text{max}}$ el período APAGADO de la PWM disminuye linealmente cuando la temperatura T_1 aumenta;

30 para $T_1 > T_{\text{max}}$, el período APAGADO de la PWM se mantiene constante en un valor límite.

Modo (1A) ($T_1 < T_{\text{objetivo}}$)

35 En este caso el agua a la entrada del bloque motor (10) tiene una alta capacidad calórica de sustraer calor (Q) al motor. Por lo tanto, con referencia a la figura 7, el motor eléctrico (M) de la bomba se controla con un tren de pulsos de onda cuadrada PWM (1) con un período constante y un ciclo de trabajo muy bajo, por ejemplo un ciclo de trabajo (d) más bajo que 0,1. Por ejemplo, $PWM(1)$ tiene un tiempo de ENCENDIDO que es 1/10 del tiempo de APAGADO, por ejemplo el tiempo de ENCENDIDO es de 0,9 s y el tiempo de APAGADO es de 10 s, de tal forma que se obtiene un ciclo de trabajo ($d = 0,9/9,9 = 0,09$). La $PWM(1)$ se mantiene hasta que T_1 alcanza T_{objetivo} .

40 Modo (1B) ($T_{\text{objetivo}} \leq T_1 \leq T_{\text{max}}$)

45 Cuando T_1 ha alcanzado la temperatura T_{objetivo} , el ciclo de trabajo de la PWM aumenta linealmente, es decir, el tiempo de apagado de la PWM disminuye linealmente cuando la temperatura T_1 aumenta, hasta que se alcanza $T_1 = T_{\text{max}}$. Con referencia a la figura 6, el tiempo de APAGADO de la PWM disminuye linealmente de 9 s a 0,4 s hasta que alcanza un valor límite PWM (límite), en el que el tiempo de APAGADO es menor que el tiempo de ENCENDIDO, es decir, para PWM (límite) el tiempo de ENCENDIDO es siempre de 0,9 s, mientras que el tiempo de APAGADO es de 0,4 s, de forma que se obtiene un ciclo de trabajo ($d = 0,9/1,3 = 0,69$), es decir, el ciclo de trabajo de la PWM se incrementa linealmente hasta el valor límite.

50 Modo (1C) ($T_1 > T_{\text{max}}$)

Con referencia a la figura 8, en este modo el motor de la bomba siempre se controla con el valor límite PWM (límite), en el que el tiempo de APAGADO es menor que el tiempo de ENCENDIDO.

55 Caso (2) ($T_b < T_1 - T_2 \leq T_a$; donde $T_a = 30 \text{ K}$ y $T_b = 20 \text{ K}$)

60 El caso (2) es similar al caso (1), en el que el valor de PWM es 60% PWM_{max} ; sin embargo, debido a que la diferencia de temperatura $T_1 - T_2$ es menor que en el caso 1, en el caso 2 para $T_1 < T_{\text{objetivo}}$ el motor de la bomba se controla con una PWM que tiene un tiempo de APAGADO menor que el caso 1, por ejemplo un tiempo de APAGADO de 4s.

Con referencia a la figura 9, en este caso existen tres modos diferentes de control del motor de la bomba:

65 para $T_1 < T_{\text{objetivo}}$ el período APAGADO de la PWM se mantiene constante;

para $T_1 \leq T_{\text{objetivo}} \leq T_{\text{max}}$ el período de APAGADO de la PWM disminuye linealmente cuando la

temperatura T1 aumenta;

para $T1 > T_{max}$, el período APAGADO de la PWM se mantiene constante en un valor límite.

5 Modo (2A) ($T1 < T_{objetivo}$)

10 Con referencia a la figura 10, el motor eléctrico (M) de la bomba se controla con un tren de pulsos de onda cuadrada PWM(2) con un período constante y un ciclo de trabajo mayor que en el caso 1, por ejemplo un ciclo de trabajo (d) superior a 0,1. Por ejemplo, PWM(2) tiene un tiempo de ENCENDIDO inferior a 1/4 del tiempo de APAGADO, por ejemplo el tiempo de ENCENDIDO es de 0,9 s y el tiempo de APAGADO de 4 s, de forma que se obtiene un ciclo de trabajo ($d = 0,9 / 4,9 = 0,183$). La PWM(2) se mantiene hasta que T1 alcanza Tobjetivo.

Modo (2B) ($T_{objetivo} \leq T1 \leq T_{max}$)

15 Cuando T1 ha alcanzado la temperatura Tobjetivo, el ciclo de trabajo de la PWM aumenta linealmente, es decir, el tiempo de apagado de la PWM disminuye linealmente cuando la temperatura T1 aumenta, hasta que se alcanza $T1 = T_{max}$. Con referencia a la figura 9, el tiempo de APAGADO de la PWM disminuye linealmente de 4 s a 0,4 s hasta que se alcanza el valor límite PWM (límite), en el que el tiempo de APAGADO es menor que el tiempo UNO; es decir, para PWM (límite) el tiempo de ENCENDIDO es siempre de 0,9 s, mientras que el tiempo de APAGADO es de 0,4 s, de tal manera que se obtiene un ciclo de trabajo ($d = 0,9 / 1,3 = 0,69$), es decir, se aumenta el ciclo de trabajo de la PWM linealmente hasta el valor límite.

Modo (2C) ($T1 > T_{max}$),

25 Con referencia a la figura 8, en este modo, el motor de la bomba siempre se controla con el valor límite PWM (límite), en el que el tiempo de APAGADO es menor que el tiempo de ENCENDIDO.

30 El modo (2C) es idéntico al modo (1C), en este caso el motor de la bomba siempre se controla con el valor límite PWM (límite), en el que el tiempo de APAGADO es menor que el tiempo de ENCENDIDO. Por lo tanto, para $T1 - T2 \geq T_b$ y $T1 > T_{max}$, el motor de la bomba siempre se controla con el valor límite PWM (límite).

Caso 3 ($T_c \leq T1 - T2 \leq T_b$; donde $T_b = 20$ K y $T_c = 5$ K)

35 En este caso, dado que la diferencia de temperatura T1-T2 ha alcanzado un valor límite, se compara la temperatura T1 con Tcalentamiento para distinguir dos modos diferentes de control del motor de la bomba:

para $T1 \leq T_{calentamiento}$ el tiempo de APAGADO de la PWM disminuye linealmente cuando la temperatura T1 aumenta;

40 para $T1 > T_{calentamiento}$, el ciclo de trabajo de la PWM se calcula de acuerdo con un algoritmo PID (*del inglés "Proportional Integrative Derivative" o en español "Proporcional, Integral y Derivativo"*).

Modo 3A ($T1 \leq T_{calentamiento}$)

45 En este caso la PWM que controla el motor del ventilador tiene un valor igual al 60% PWMmax.

50 Con referencia a la figura 11, partiendo de un motor endotérmico frío, cuando se arranca el motor, el sensor (S1) detecta una temperatura inicial (Tinicial). A partir de la temperatura inicial (Tinicial), el tiempo de APAGADO de la PWM es mucho mayor que el tiempo de ENCENDIDO; por ejemplo, a la temperatura inicial el tiempo de APAGADO es de 9 s y el tiempo de ENCENDIDO es de 0,9 s. El tiempo de APAGADO de la PWM disminuye linealmente cuando la temperatura T1 aumenta, hasta que T1 alcanza Tcalentamiento. Dicho de otra manera, el tiempo de APAGADO de la PWM disminuye linealmente de 9 s a 0,4 s cuando $T1 = T_{calentamiento}$.

55 Con referencia a la figura 12, en este caso el motor de la bomba se controla con un tren de pulsos PWM(3) con valor igual al 60% PWMmax y el tiempo de APAGADO disminuye linealmente cuando la temperatura T1 aumenta.

Modo 3B ($T1 > T_{calentamiento}$)

60 Cuando T1 excede Tcalentamiento, el motor de la bomba se controla por una PWM en el que el ciclo de trabajo de la PWM se incrementa de acuerdo con la temperatura T1, no en modo lineal, sino de acuerdo con un P.I.D. (*del inglés "Proportional, Integrative, Derivative" o en español "Proporcional, Integral, Derivativo"*) algoritmo de tipo conocido, y por lo tanto no descrito en la presente con mayor detalle. Dicho algoritmo PID proporciona el cálculo experimental de tres constantes: una constante proporcional Kp, una constante integral Ki y una constante derivativa Kd.

65 Con referencia a la figura 13, el PWM calculado por el algoritmo PID tiene un valor admisible (PWMadmissible) que

varía del 30% al 100%.

Con referencia a la figura 14, la PWM admisible se calcula según la variación de la diferencia de temperatura $T1 - T2$ en el intervalo de 5°C a 20°C . Dicho de otro modo, la PWM admisible decrece linealmente desde un valor de 100% PWMmax a un valor de 30% PWMmax cuando la diferencia de temperatura aumenta de 5°C a 20°C .

Volviendo a la figura 13, el cálculo del ciclo de trabajo de la PWM realizado por el algoritmo PID se diferencia en tres zonas (Z1, Z2, Z3) según la temperatura $T1$. Por lo tanto, en tal caso, se pueden identificar tres submodos de control diferentes del motor de la bomba:

Tcalentamiento < $T1$ < Tumbra1

Tumbra1 ≤ $T1$ ≤ Tobjetivo

$T1 > Tobjetivo$

Modo (3B1) (Tcalentamiento < $T1$ < Tumbra1)

En este intervalo de temperatura, domina la constante proporcional (KP) del algoritmo PID; de hecho, experimentalmente $Kp=15$; $Ki = 10$ y $Kd = 1$. Esto es cierto hasta que $T1$ está próximo al Umbral.

Modo (3B2) (Umbral ≤ $T1$ ≤ Tobjetivo)

En este intervalo de temperatura, domina la constante integral Ki del algoritmo PID; de hecho, en este caso $Kp=8,5$; $Ki = 15$ y $Kd = 2$.

Modo 3B3 ($T1 > Tobjetivo$)

En este caso, el algoritmo PID está configurado de tal manera que el motor de la bomba siempre se alimenta con 100% PWM admisible que se calcula de acuerdo con la diferencia de temperatura $T1 - T2$, como se muestra en la figura 14.

Caso 4 ($T1 - T2 < Tc$; en la que $Tc = 5\text{ K}$)

El caso 4 es similar al caso 3, con la única diferencia de que el valor de PWM calculado por el algoritmo PID no es un valor admisible, como el calculado con referencia a la figura 14, sino que varía de 30% PWMmax a 100% PWMmax, tal y como se muestra en la figura 15.

Por lo tanto, para $T \leq Tcalentamiento$, el motor de la bomba se controla con PWM (3) tal y como se muestra en la figura 12.

En cambio, para $T > Tcalentamiento$, el motor de la bomba se controla con una PWM en el que el ciclo de trabajo aumenta cuando aumenta la temperatura, como se muestra en la figura 15.

Los diferentes modos de funcionamiento del motor (M) de la bomba se gestionan porque la bomba (22) funciona como bomba y como termostato. Si la temperatura del refrigerante es mucho más baja que la temperatura del bloque motor (10), el refrigerante restará más calor al bloque motor en comparación con el mismo flujo con una temperatura Δ menor = $T1 - T2$. Se trata de un balance energético sobre la capacidad del refrigerante para absorber/ceder calor en la radiación (12) y en el bloque motor (10). El cálculo se realiza a partir de los sensores de temperatura (S1, S2), conociendo el caudal de la unidad que controla el número de revoluciones (RPM) de la bomba.

Si el radiador (12) es golpeado (por ejemplo en invierno) por un flujo de aire de frío que sustrae una mayor cantidad de calor en comparación con la cantidad que puede producir el bloque motor (10), el bloque motor (10) solo recibirá el cantidad de caudal necesaria para mantener la temperatura de funcionamiento correcta que corresponde a la temperatura objetivo (Tobjetivo) y no se enviará ningún caudal extra, ya que la cantidad de calor disipado por el radiador se calcula mediante el sensor (S2).

Para accionar el motor eléctrico del ventilador (13) solo se detecta la temperatura ($T1$) a la salida del bloque motor (10). En este caso solo hay un modo de control del motor eléctrico del ventilador.

Caso 1 ($T1 \geq Tobjetivo + Z$)

$Z = \Delta$ temperatura definida para el encendido del ventilador del radiador. La ley de correspondencia entre la modulación PWM del motor del ventilador y Z es un incremento del 10% de la PWM en cada aumento de un grado

ES 2 940 895 T3

con respecto a T_{objetivo} hasta alcanzar el 100%. Por lo tanto, por ejemplo, $T_1=54$ y $T_{\text{objetivo}}=51$ C es $Z = 3K$.

En este caso, el motor del ventilador se controla al 30% de la PWM máxima admisible.

5 Por tanto, el motor del ventilador (13) se controla en PWM, de forma lineal, entre un valor mínimo y un valor máximo, evitando que el ventilador gire inútilmente con un número máximo de revoluciones. El mínimo es para $Z = 1 K$, es decir el 10% de la PWM máximo admisible y el máximo es para $Z = 10K$, es decir el 100% de la PWM máxima admisible.

10 Evidentemente, el ventilador no se enciende hasta $T_1 > T_{\text{objetivo}}$.

El sistema de enfriamiento (100) de la invención tiene las siguientes ventajas:

- 15 • Reduce el tiempo de calentamiento del motor en arranques en frío. Sólo es necesario calentar el bloque motor (10), y no todo el líquido refrigerante contenido en el circuito de refrigeración (14).
- 20 • En una prueba experimental, un motor provisto de un sistema de enfriamiento según la invención ha alcanzado la temperatura objetivo de 51 °C en tan sólo 2 revoluciones en el circuito; en cambio, después de 7 revoluciones en el mismo circuito, el mismo motor con un sistema de enfriamiento provisto de una bomba mecánica estándar todavía estaba por debajo de la temperatura objetivo en 2 °C.
- 25 • Aumenta la potencia disponible para el vehículo porque la energía del motor de la bomba es suministrada por la batería del vehículo y no se toma directamente del motor endotérmico.
- 30 • Reduce el consumo de gasolina porque la bomba gira según la demanda, según la carga térmica del motor, con menor contaminación.
- Es versátil porque el sistema de enfriamiento se puede aplicar como actualización a cualquier vehículo, con algunas modificaciones simples.
- 35 • Simplifica el circuito de refrigeración porque la válvula de derivación (termostato) ya no es necesaria ya que la propia bomba actúa como termostato.
- Gestiona el motor eléctrico del ventilador del radiador con rpm variables según las necesidades de enfriamiento.
- 40 • Mantiene una temperatura de funcionamiento más precisa para la mejor combustión de la mezcla aire/gasolina.
- Gestiona el enfriamiento de la refrigeración del motor independientemente del hecho de que el motor esté apagado.
- 45 • Reduce el desgaste de las partes mecánicas y de los juntas (sellos) del motor debido a una reducción del tiempo de calentamiento y de la gestión del enfriamiento.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de enfriamiento (100) que comprende:

- 5 - un bloque motor (10) de un motor de combustión interna,
- un radiador (12) provisto de ventilador (13),
- 10 - un circuito de refrigeración (14) en el que circula un líquido refrigerante, comprendiendo dicho circuito de refrigeración un primer conducto (17) que va desde el bloque motor (10) hasta el radiador (12) y un segundo conducto (18) que va desde el radiador (12) al bloque motor (10),
- una bomba (22) para bombear el líquido refrigerante del circuito de refrigeración (14) hacia el bloque motor (10),
- 15 - un motor eléctrico (M) que acciona la bomba (22),
- un primer sensor de temperatura (S1) dispuesto en el primer conducto (17) a la salida del bloque motor (10) para detectar una temperatura (T1) del líquido refrigerante a la salida del bloque motor,
- 20 - un segundo sensor de temperatura (S2) dispuesto en el segundo conducto (18) a la salida del radiador (12) para detectar una temperatura (T2) del refrigerante a la salida del radiador;
- una unidad de control (C) conectada al primer sensor de temperatura (S1), al segundo sensor de temperatura (S2) y al motor eléctrico (M) de la bomba para accionar el motor eléctrico de la bomba según los valores de temperatura detectados por el primer sensor de temperatura (S1) y el segundo sensor de temperatura (S2);

caracterizado por que

la bomba (22) está dispuesta en el segundo conducto (18);

dicha unidad de control (C) dispone de una memoria en la que se almacenan valores de diferencia de temperatura de referencia (Ta, Tb, Tc) que van decreciendo paulatinamente, de manera que se definen cuatro intervalos de diferencia de temperatura decreciente

$$T1 - T2 > Ta$$

$$Tb < T1 - T2 < Ta$$

$$Tc < T1 - T2 < Tb$$

$$T1 - T2 < Tc;$$

y

dicha unidad de control (C) está configurada de tal manera que compara la diferencia de temperatura (T1-T2) detectada por los sensores de temperatura con los cuatro intervalos de diferencias de temperatura almacenados en la memoria y controla el motor de la bomba en consecuencia con cuatro modos diferentes;

en el que la unidad de control (C) dispone de una memoria en la que se almacenan valores de temperatura de referencia, que comprende: una temperatura objetivo (Tobjetivo) fijada por el usuario para un correcto funcionamiento del motor de combustión interna, una temperatura de calentamiento (Tcalentamiento) calculada como un porcentaje de la temperatura objetivo, una temperatura umbral (Tumbral) calculada como porcentaje de la temperatura objetivo y comprendida entre la temperatura de calentamiento y la temperatura objetivo, y una temperatura máxima (Tmax) superior a la temperatura objetivo; de tal manera que se formen intervalos de temperatura diferentes;

estando configurada dicha unidad de control (C) de tal manera que compara la temperatura (T1) detectada por el primer sensor con los intervalos de diferencia de temperatura almacenados en la memoria y controla dicho motor de la bomba de acuerdo con dichos cuatro modos diferentes.

2. El sistema de la reivindicación 1, en el que la unidad de control (C) está configurada de tal manera que acciona el

ES 2 940 895 T3

motor eléctrico (M) de la bomba mediante modulación por ancho de pulsos (PWM), modulando el ancho de pulso de acuerdo con los valores de diferencia de temperatura ($T1 - T2$) detectado por los dos sensores de temperatura (S1, S2).

5 3. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el ventilador (13) del radiador tiene un motor eléctrico y la unidad de control (C) está conectada al motor eléctrico de dicho ventilador para accionar el motor eléctrico del ventilador por medio de PWM según la temperatura (T1) detectada por el primer sensor (S1).

10 4. Proceso de enfriamiento de un motor de combustión interna realizado con el sistema de enfriamiento (100) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende las siguientes etapas:

- almacenar valores de diferencia de temperatura de referencia (T_a , T_b , T_c) que definen cuatro intervalos de diferencias de temperatura decrecientes,

15 - detectar una diferencia de temperatura ($T1-T2$) entre la temperatura (T1) del refrigerante que sale del bloque motor (10), por medio de un primer sensor de temperatura (S1) y la temperatura (T2) del refrigerante que sale del radiador, por medio de un segundo sensor de temperatura (S2),

20 - comparar la diferencia de temperatura ($T1-T2$) detectada por los sensores de temperatura con dichos cuatro intervalos de diferencias de temperatura;

- controlar el motor eléctrico (M) de la bomba según la comparación, con dichos cuatro modos diferentes,

25 en donde dicho proceso de enfriamiento comprende además las siguientes etapas:

- almacenar valores de temperatura de referencia que comprenden: una temperatura objetivo ($T_{objetivo}$) establecida por el usuario para un correcto funcionamiento del motor de combustión interna, una temperatura de calentamiento ($T_{calentamiento}$) calculada como un porcentaje de la temperatura objetivo, una temperatura umbral (T_{umbral}) calculada como porcentaje de la temperatura objetivo y comprendido entre la temperatura de calentamiento y la temperatura objetivo, y una temperatura máxima (T_{max}) superior a la temperatura objetivo; de tal manera que se formen intervalos de temperatura diferentes,

30 - comparar la temperatura (T1) detectada por el primer sensor de temperatura con dichos intervalos de diferencia de temperatura almacenados y

35 - controlar el motor eléctrico (M) de la bomba según la comparación, con dichos cuatro modos diferentes.

40 5. El proceso de la reivindicación 4 en el que, cuando la diferencia de temperatura ($T1-T2$) que se detecta es mayor que una diferencia de temperatura de referencia (T_c):

45 a) si la temperatura (T1) detectada por el primer sensor (S1) es inferior a la temperatura objetivo ($T_{objetivo}$), el motor de la bomba se controla mediante PWM con período constante y tiempo máximo de APAGADO;

b) si la temperatura (T1) detectada por el primer sensor (S1) está comprendida entre la temperatura objetivo ($T_{objetivo}$) y la temperatura máxima (T_{max}), el motor de la bomba se controla mediante PWM con tiempo de APAGADO linealmente decreciente desde el tiempo máximo de APAGADO a un tiempo mínimo de APAGADO en función del aumento de la temperatura (T1);

50 c) si la temperatura (T1) detectada por el primer sensor (S1) es inferior a la temperatura objetivo ($T_{objetivo}$), el motor de la bomba se controla por medio de PWM con período constante y tiempo máximo de APAGADO;

55 6. El proceso de la reivindicación 4 en el que, cuando la diferencia de temperatura ($T1-T2$) que se detecta es mayor que una diferencia de temperatura de referencia (T_c):

60 a) si la temperatura (T1) detectada por el primer sensor (S1) es inferior a la temperatura de calentamiento ($T_{calentamiento}$), el motor de la bomba se controla mediante PWM con un tiempo de apagado linealmente decreciente desde un tiempo de apagado máximo hasta un tiempo mínimo de APAGADO en función del aumento de la temperatura (T1);

65 b) si la temperatura (T1) detectada por el primer sensor (S1) es superior a la temperatura de calentamiento ($T_{calentamiento}$), el motor de la bomba se controla por medio de PWM teniendo un ciclo de trabajo que aumenta de acuerdo con el aumento de la temperatura (T1) según un algoritmo PID en el que se calcula una constante proporcional (K_p), una constante integral (K_i) y una constante derivativa (K_d).

7. El proceso de la reivindicación 6, en el que dicho algoritmo PID se establece de tal manera que:

- 5 - la constante proporcional (K_p) prevalece si la temperatura (T_1) detectada por el primer sensor (S1) está comprendida entre la temperatura de calentamiento ($T_{\text{calentamiento}}$) y la temperatura umbral (T_{umbral});
- 10 - la constante integral (K_i) prevalece si la temperatura (T_1) detectada por el primer sensor (S1) está comprendida entre la temperatura umbral (T_{umbral}) y la temperatura objetivo (T_{objetivo});
- la PWM tiene un valor máximo admisible si la temperatura (T_1) detectada por el primer sensor (S1) es superior a la temperatura objetivo (T_{objetivo}).

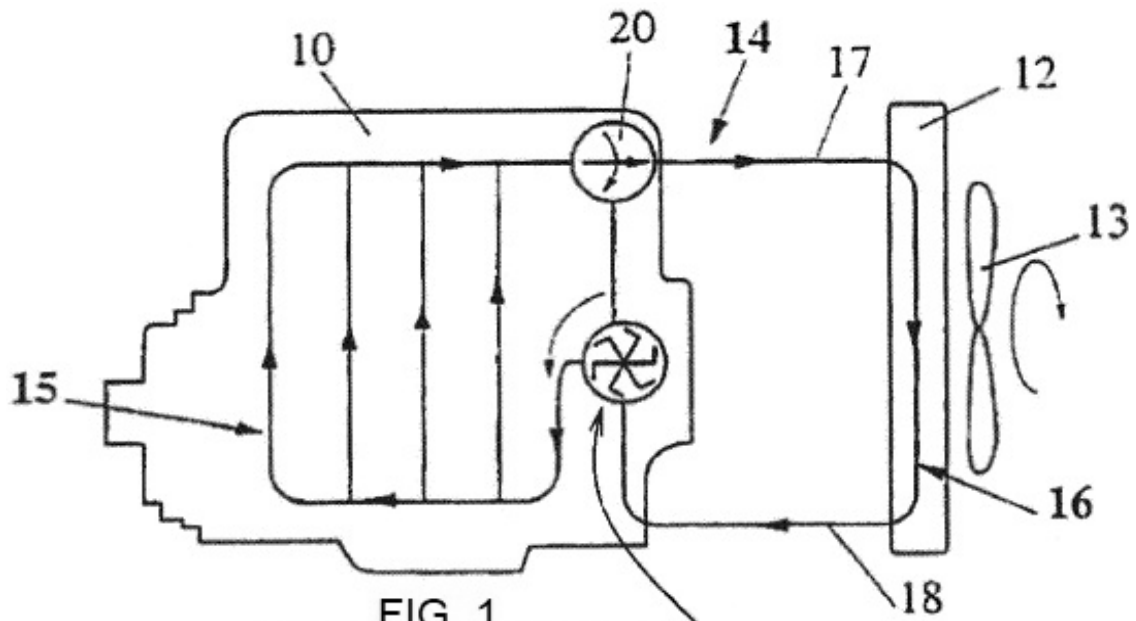


FIG. 1
TÉCNICA ANTERIOR 19

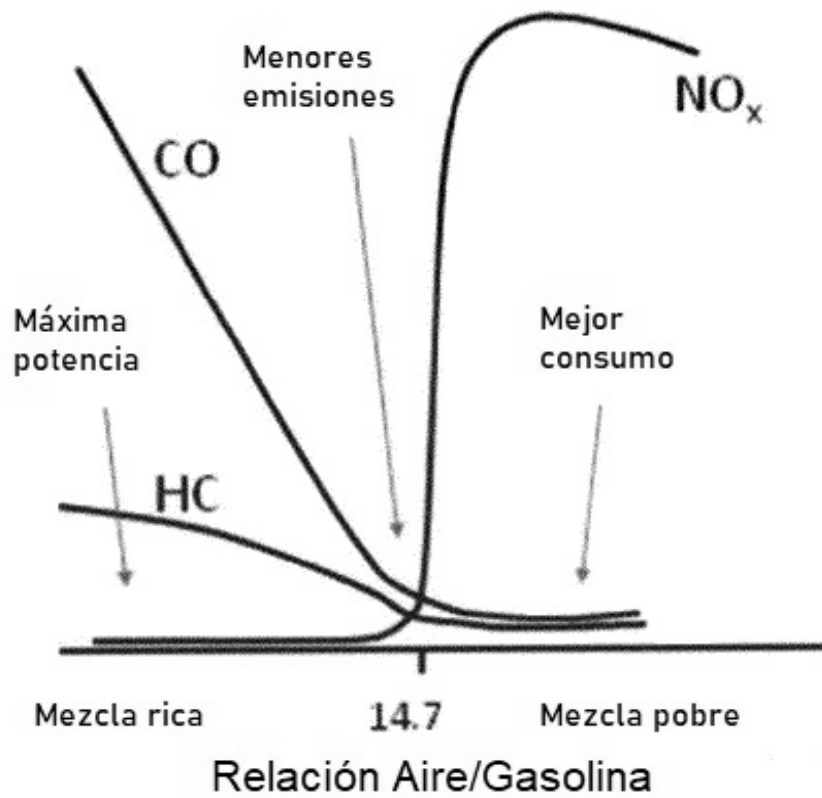


FIG. 2
TÉCNICA ANTERIOR

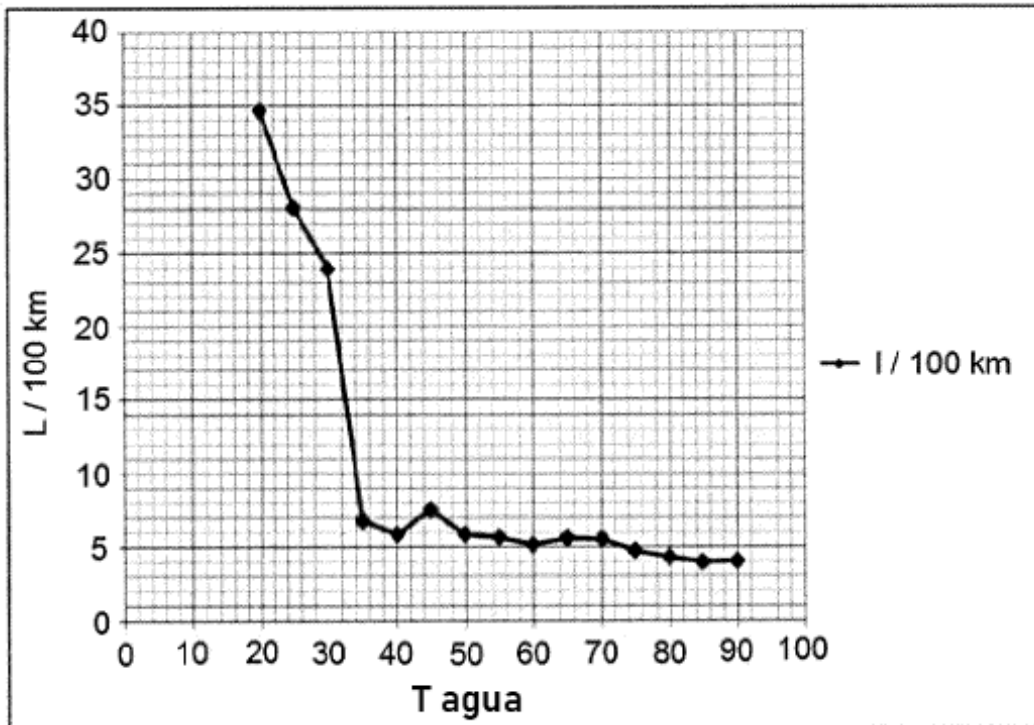


FIG. 3
TÉCNICA ANTERIOR

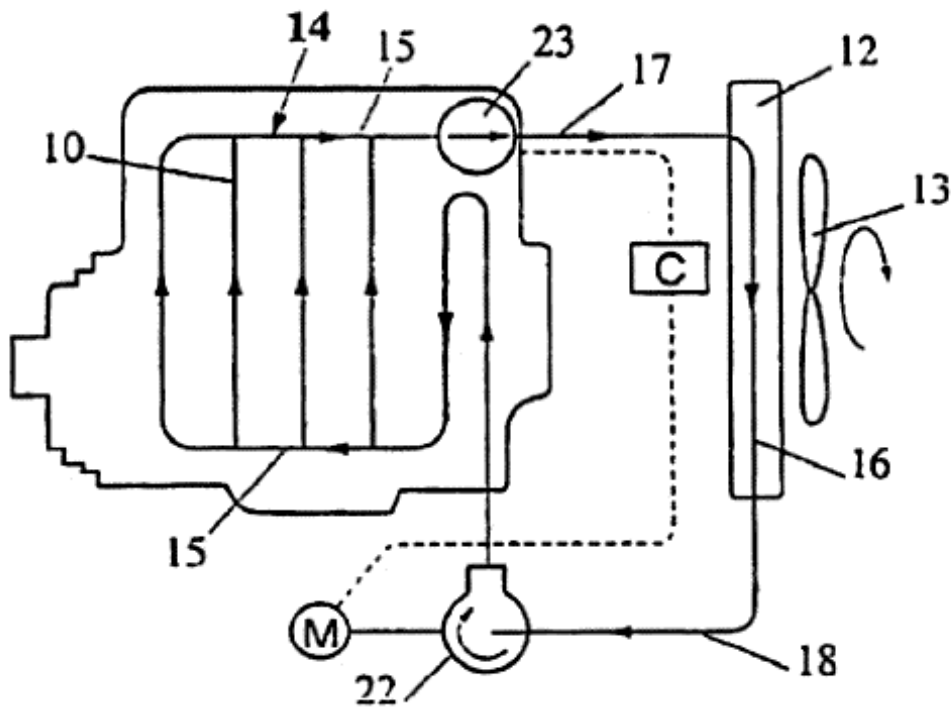


FIG. 4
TÉCNICA ANTERIOR

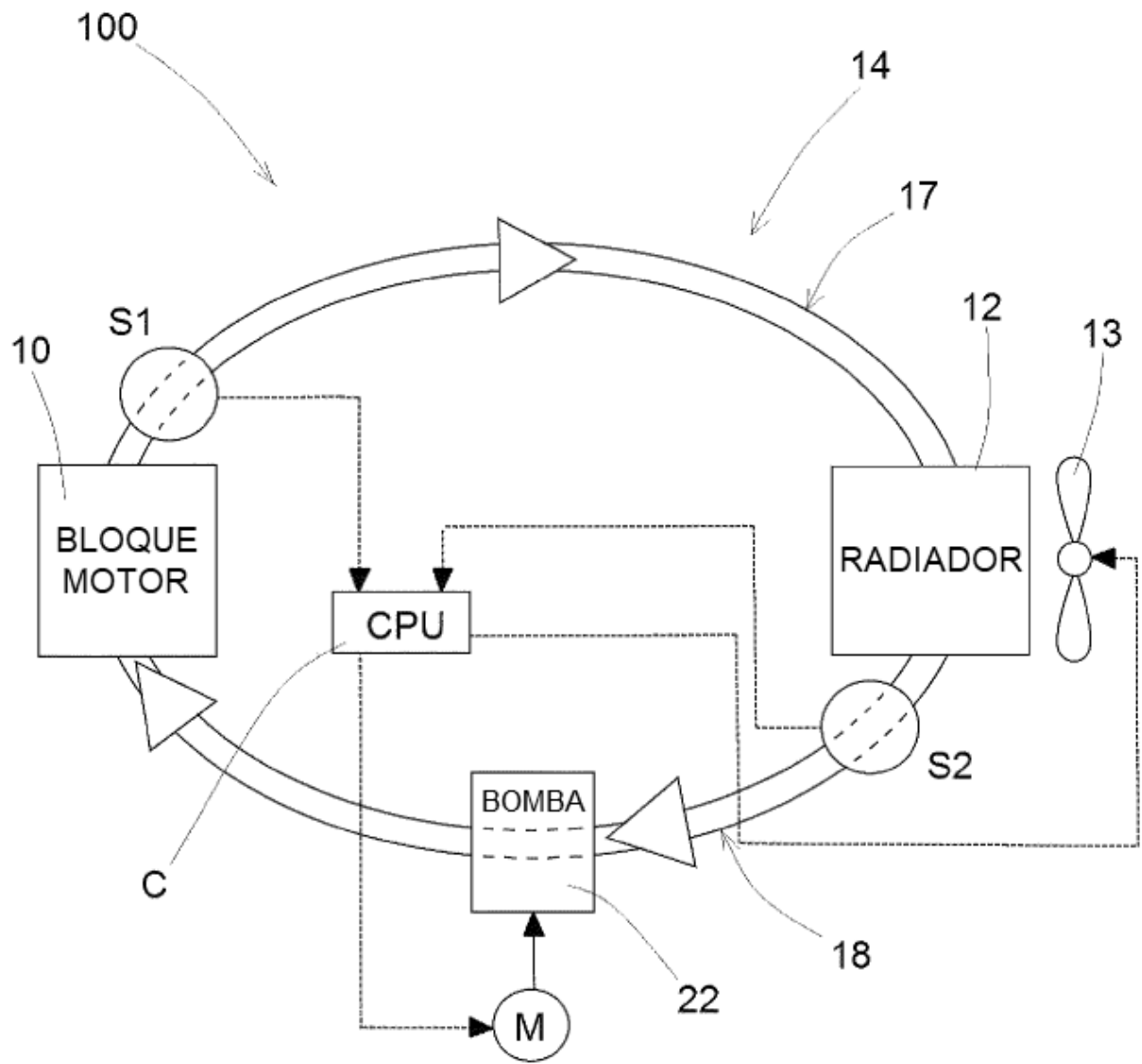


FIG. 5

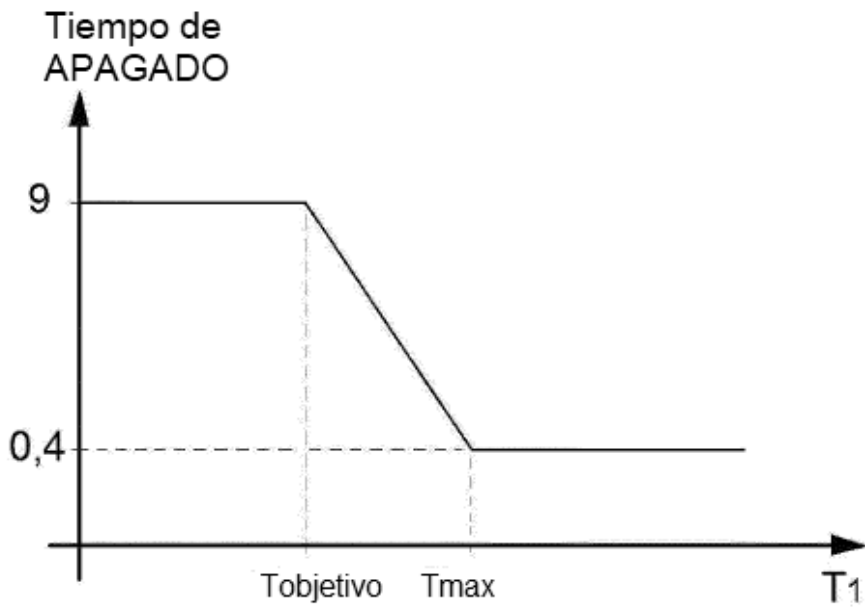


FIG. 6

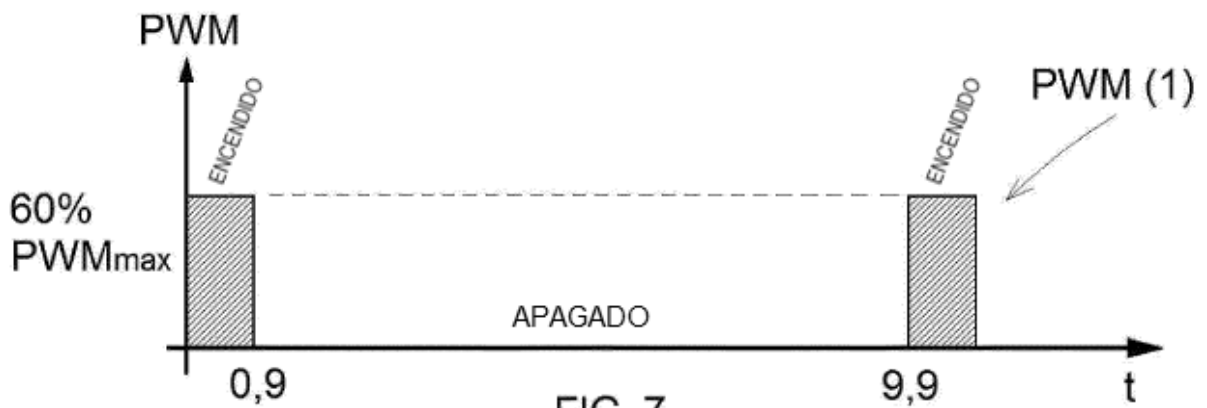


FIG. 7

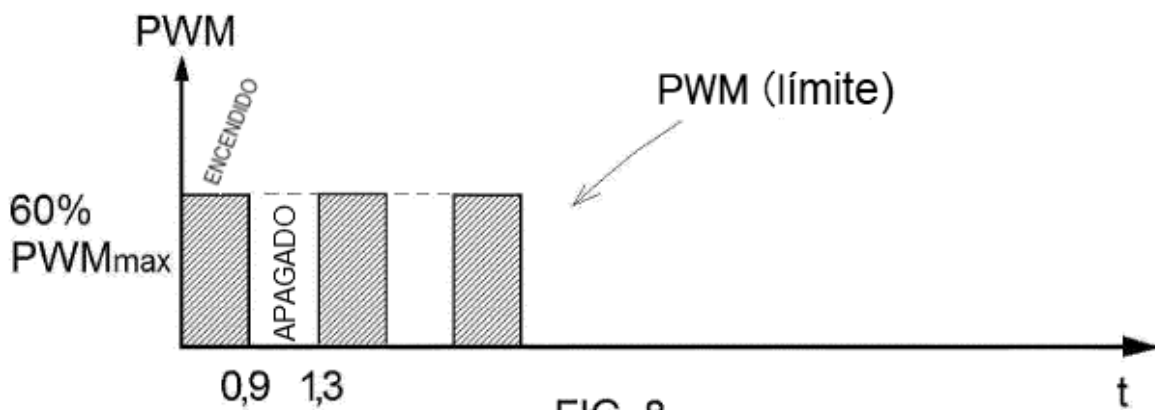


FIG. 8

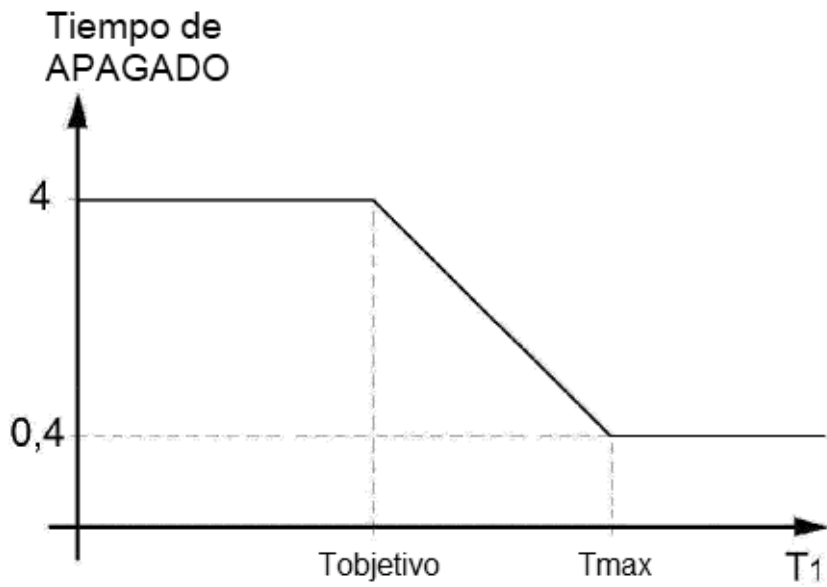


FIG. 9

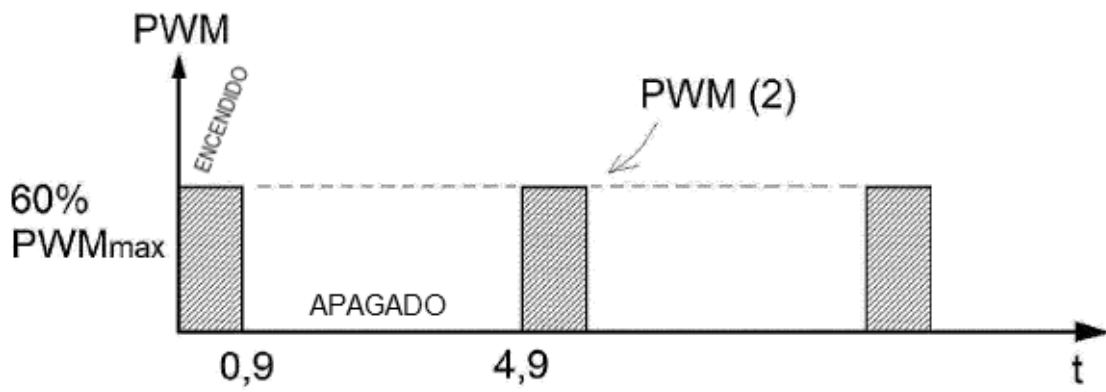


FIG. 10

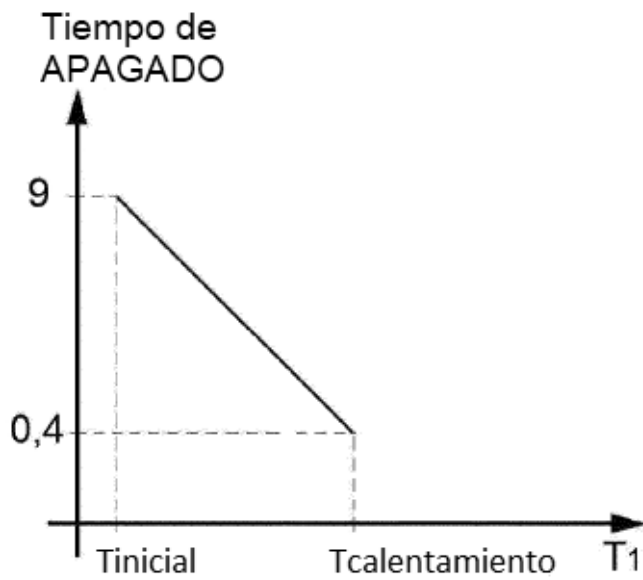


FIG. 11

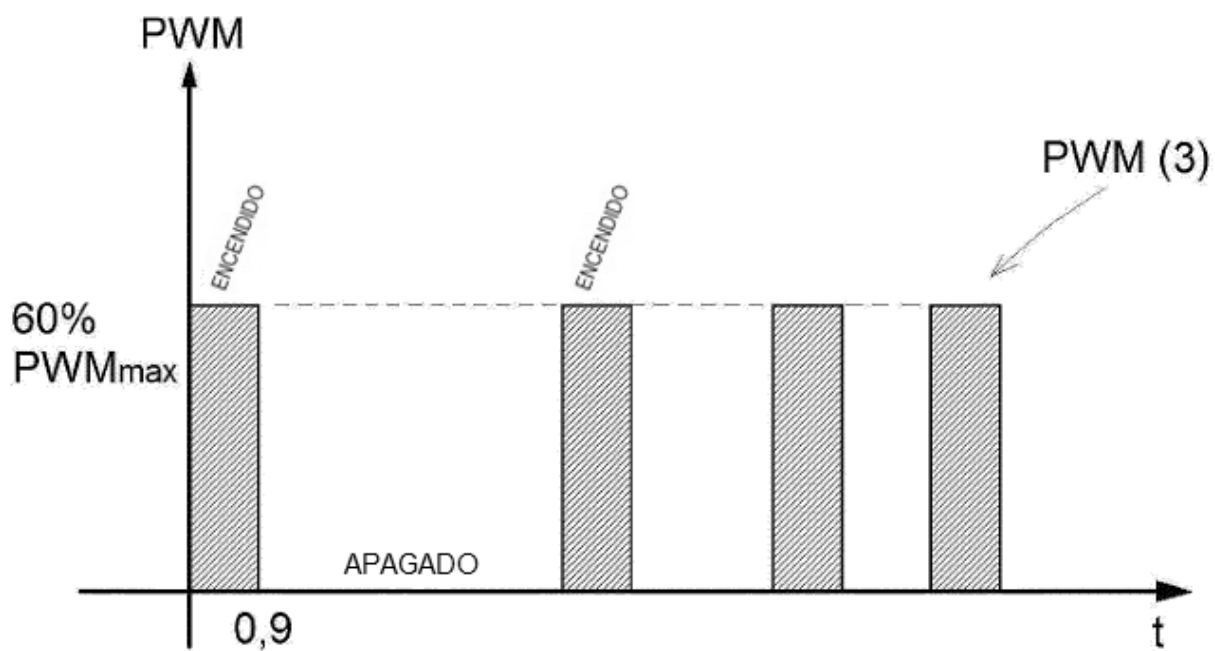


FIG. 12

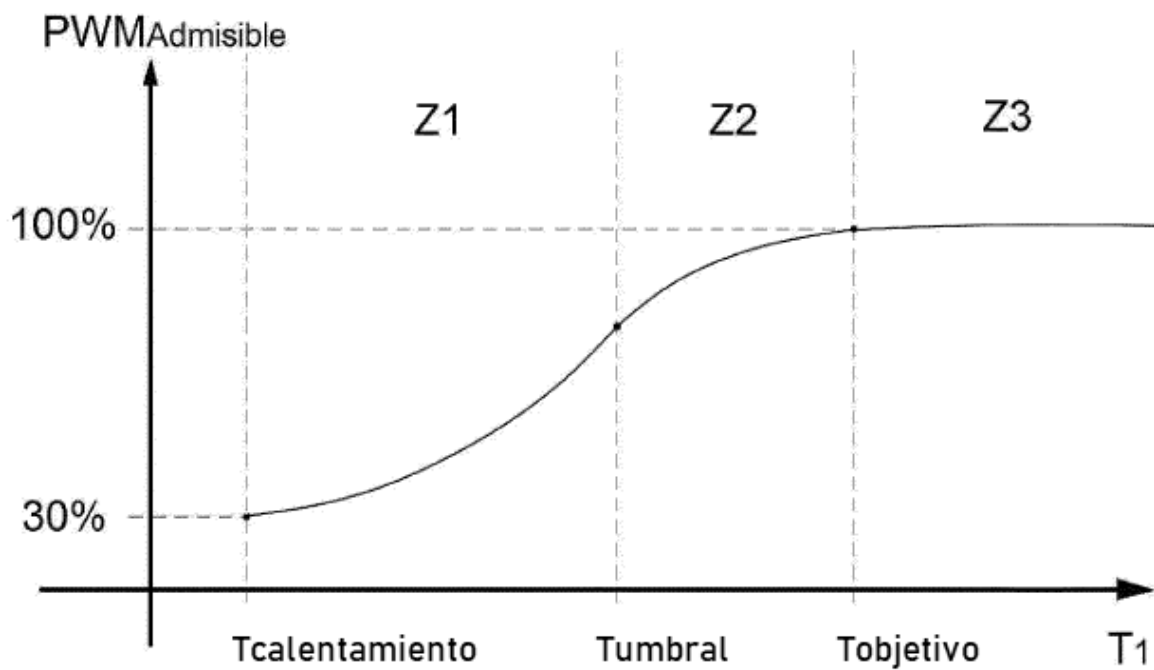


FIG. 13

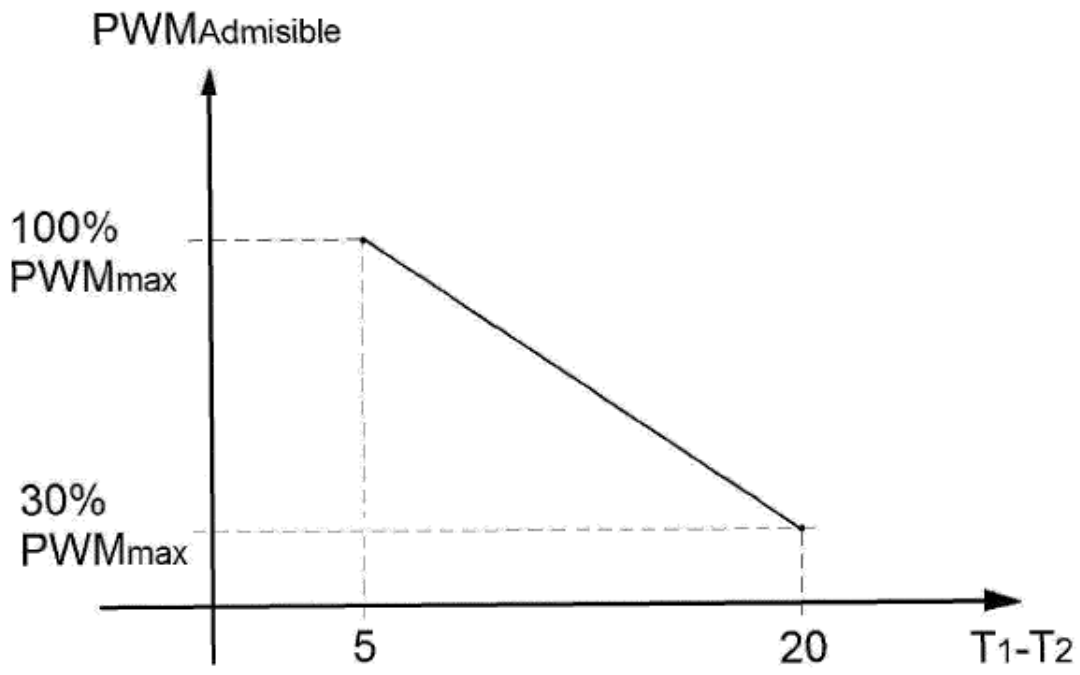


FIG. 14

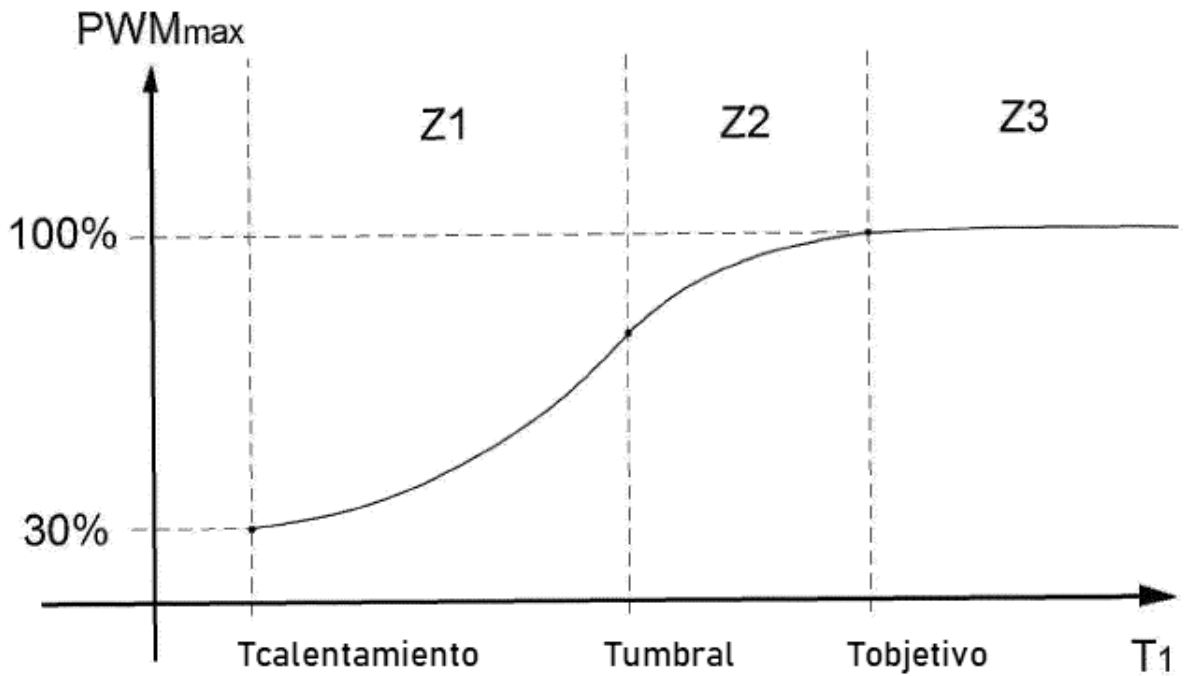


FIG. 15