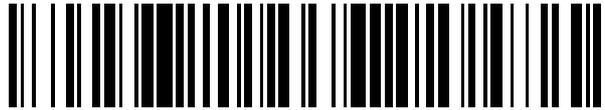


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 542 705**

51 Int. Cl.:

**H02M 5/458** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.03.2012 E 12712336 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2015 EP 2686946**

54 Título: **Alimentación de energía eléctrica a una aeronave**

30 Prioridad:

**17.03.2011 FR 1152186**

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

**10.08.2015**

73 Titular/es:

**HISPANO SUIZA (100.0%)  
18 boulevard Louis Seguin  
92700 Colombes, FR**

72 Inventor/es:

**DE WERGIFOSSE, ERIC;  
RAMBAUD, JULIEN y  
VIEILLARD, SÉBASTIEN**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 542 705 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

Alimentación de energía eléctrica a una aeronave

### Antecedentes de la invención

La invención se refiere a la alimentación de energía eléctrica a una red dedicada a un equipo de una aeronave.

5 Se conoce alimentar las redes eléctricas a bordo de una aeronave a partir de un generador embarcado. El generador es típicamente un generador unido al motor de propulsión de la aeronave o a un grupo auxiliar de potencia (APU por "Auxiliary Power Unit") de turbina de gas.

10 Tal generador suele comprender una máquina eléctrica principal que se configura en generador eléctrico principal que funciona en modo síncrono tras el arranque y encendido de la turbomáquina asociada. La máquina eléctrica principal cuenta con un inductor rotórico y unos devanados estatóricos que suministran una energía eléctrica alterna a un bus trifásico de una red eléctrica de la aeronave.

15 La red dedicada comprende asimismo un equipo de alimentación en el que un bus de continua es alimentado a partir de la tensión alterna del bus trifásico, por mediación de un rectificador. El equipo de alimentación alimenta unos actuadores eléctricos trifásicos a partir de la tensión continua del bus de continua, por mediación de convertidores de potencia de tipo ondulator.

20 La tensión alterna del bus trifásico o la tensión continua del bus de continua se regula por medio de una unidad de regulación del generador o GCU ("Generator Control Unit") que alimenta con corriente continua un inductor estatórico de un excitador cuyos devanados rotóricos están unidos al inductor rotórico de la máquina eléctrica principal por intermedio de un rectificador giratorio. Típicamente, la unidad de regulación del generador hace variar la corriente continua de excitación en orden a mantener la tensión alterna del bus trifásico o la tensión continua del bus de continua igual a un valor de consigna constante.

La energía eléctrica necesaria para la alimentación del inductor del excitador puede ser suministrada por un generador eléctrico auxiliar tal como un generador síncrono de imanes permanentes, o puede estar derivada de la red eléctrica de a bordo de la aeronave.

25 En una red eléctrica de este tipo, los convertidores de potencia de tipo ondulator que alimentan los actuadores deben estar dimensionados para tener en cuenta los esfuerzos eléctricos y térmicos ligados a la potencia mecánica necesaria para el funcionamiento del actuador. Estos convertidores de potencia generalmente son equipos pesados y voluminosos.

30 El documento US 5.232.286 muestra un procedimiento de generación de tensión que se corresponde con el preámbulo de la reivindicación 1.

### Objeto y sumario de la invención

La invención pretende proporcionar un procedimiento y un módulo de generación, que permiten evitar al menos algunos de los inconvenientes de la citada técnica anterior.

35 A tal efecto, la invención propone un procedimiento de generación implementado mediante un módulo de generación de una red eléctrica de una aeronave, comprendiendo dicha red eléctrica una línea de alimentación alimentada por dicho módulo de generación, un bus de continua alimentado a partir de dicha línea de alimentación por mediación de un rectificador, y al menos un actuador eléctrico alimentado con tensión alterna a partir del bus de continua por mediación de un ondulator,

40 comprendiendo el procedimiento de generación una etapa de suministro de una tensión alterna en dicha línea de alimentación en función de una consigna de tensión y de una tensión medida en dicha red eléctrica,

estando caracterizado dicho procedimiento de generación por comprender una etapa de determinación de dicha consigna de tensión en función de un parámetro de funcionamiento de dicho actuador.

45 De este modo, merced a estas características, la tensión continua del bus de continua depende del parámetro de funcionamiento del actuador. Esto permite limitar el dimensionamiento del ondulator y/o reducir la disipación del ondulator.

De acuerdo con una forma de realización, la tensión medida es la tensión del bus de continua.

El parámetro de funcionamiento puede ser una velocidad de giro del actuador.

50 Correlativamente, la invención propone un módulo de generación para una red eléctrica de una aeronave, siendo dicho módulo de generación apto para suministrar una tensión alterna en función de una consigna de tensión y de una tensión medida en dicha red eléctrica, comprendiendo dicha red eléctrica una línea de alimentación alimentada

con dicha tensión alterna mediante dicho módulo de generación, un bus de continua alimentado a partir de dicha línea de alimentación por mediación de un rectificador, y al menos un actuador eléctrico alimentado con tensión alterna a partir del bus de continua por mediación de un ondulator,

5 estando caracterizado dicho módulo de generación por comprender un módulo de determinación de dicha consigna de tensión en función de un parámetro de funcionamiento de dicho actuador.

10 En una forma de realización, el módulo de generación comprende un generador y una unidad de regulación del generador, siendo el generador apto para suministrar dicha tensión alterna en función de una corriente de regulación determinada por la unidad de regulación del generador, siendo la unidad de regulación del generador apta para determinar la corriente de regulación en función de la consigna de tensión y de la tensión medida en dicha red de a bordo.

Las ventajas y características referidas anteriormente en relación con el procedimiento de generación conciernen asimismo al módulo de generación.

15 La invención también proporciona una aeronave que comprende una red eléctrica que incluye un módulo de generación conforme a la invención, una línea de alimentación alimentada por dicho módulo de generación, un bus de continua alimentado a partir de dicha línea de alimentación por mediación de un rectificador, y al menos un actuador eléctrico alimentado con tensión alterna a partir del bus de continua por mediación de un ondulator.

### Breve descripción de los dibujos

Se comprenderá mejor la invención con la lectura de la descripción que a continuación se lleva a cabo, a título indicativo pero no limitativo, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

20 La figura 1 es un esquema de una red eléctrica dedicada a la alimentación de un equipo de alimentación a bordo de una aeronave,

la figura 2 es un grafo de una curva de funcionamiento de un actuador eléctrico,

la figura 3 es un grafo que muestra las pérdidas eléctricas en un convertidor que alimenta un actuador cuya curva de funcionamiento está representada en la figura 2, y

25 las figuras 4 y 5 son figuras similares a las figuras 2 y 3, respectivamente, y conciernen a otro tipo de actuador eléctrico.

### Descripción detallada de formas de realización

30 La figura 1 representa la red eléctrica 1 de una aeronave, en su entorno. La red eléctrica 1 es una red dedicada a la alimentación de un equipo de alimentación 30 y comprende un módulo de generación 20, el equipo de alimentación 30 y una línea de alimentación 3 trifásica que une el módulo de generación 20 al equipo de alimentación 30.

El módulo de generación 20 suministra una tensión trifásica  $V_{AC}$ . En el ejemplo representado, el módulo de generación 20 comprende un generador 2 y una unidad de regulación del generador 6.

35 El generador 2 está unido mecánicamente a un motor 7, que puede ser, por ejemplo, un motor de propulsión o un grupo auxiliar de potencia de la aeronave. El generador 2 puede ser un arrancador / generador apto para funcionar como motor eléctrico en el momento de arrancar el motor 7.

Cuando recibe el arrastre giratorio del motor 7, el generador 2 suministra una tensión trifásica  $V_{AC}$  que depende de una corriente de regulación  $I_e$  suministrada por la unidad de regulación del generador 6. El generador 2 es, por ejemplo, un generador de tres etapas del tipo descrito en la parte introductoria.

40 La línea de alimentación 3 se alimenta mediante la tensión trifásica  $V_{AC}$  suministrada por el generador 2.

El equipo de alimentación 30 comprende un bus de continua 4, un rectificador 5 y ondulatorios 8. El bus de continua 4 se alimenta de tensión continua  $V_{DC}$  a partir de la tensión trifásica  $V_{AC}$  de la línea de alimentación 3, por mediación del rectificador 5.

45 Unos actuadores eléctricos 9 son alimentados con energía eléctrica por el equipo de alimentación 30. Más exactamente, cada actuador eléctrico 9 es alimentado con tensión trifásica a partir del bus de continua 4, por mediación de un ondulator 8. Cada actuador eléctrico 9 es típicamente un motor eléctrico cuyo funcionamiento puede caracterizarse por una velocidad de giro, denotada por  $v_9$ , y por un par, denotado por  $C_9$ .

La unidad de regulación del generador 6 recibe señales de medida representativas de la tensión continua  $V_{DC}$  del bus de continua 4 y de la velocidad de giro  $v_9$ , y suministra la corriente de regulación  $I_e$  al generador 2.

A tal efecto, la unidad de regulación del generador 6 pone en práctica un lazo de regulación en el que la corriente de regulación  $I_e$  viene determinada en función de la tensión continua  $V_{DC}$  del bus de continua 4 y de una consigna  $V_{DC\_cons}$  de tensión continua.

5 La consigna  $V_{DC\_cons}$  es determinada por la unidad de regulación del generador 6 en función de la velocidad de giro  $v_g$ . De este modo, en la red eléctrica 1, la tensión continua  $V_{DC}$  del bus de continua 4 depende de la velocidad de giro  $v_g$ , lo cual permite limitar la disipación y el dimensionamiento de los onduladores 8 según se explica ahora con referencia a las figuras 2 a 5.

Es sabido que la potencia mecánica  $P_m$  de un actuador eléctrico 9 se puede expresar como sigue:  $P_m = v_g \times C_g$ . Asimismo, es sabido que el par  $C_g$  crece con la corriente de fase I del actuador eléctrico 9.

10 Esta potencia mecánica  $P_m$  corresponde a una potencia eléctrica absorbida  $P_e$  proporcional al producto  $U_g \times I$ , donde  $U_g$  es la tensión suministrada al actuador 9 por el ondulator 8.

A pequeña velocidad de giro  $v_g$ , cualquiera que sea el par  $C_g$ , la potencia mecánica  $P_m$  y, con ello, la potencia eléctrica absorbida  $P_e$  son pequeñas. Por lo tanto, la tensión  $U_g$  suministrada al actuador 9 por el ondulator 8 puede ser pequeña.

15 La figura 2 es un grafo que representa una curva de funcionamiento de un primer tipo de actuador eléctrico 9, que da la relación entre el par  $C_g$  y la velocidad de giro  $v_g$ . En el caso de la figura 2, el par  $C_g$  es prácticamente máximo en todo el margen de velocidad, hasta una velocidad  $\Omega_1$ .

20 La figura 3 es un grafo que representa la variación de la potencia  $P_8$  disipada en un ondulator 8 unido a un actuador eléctrico 9, en función de la velocidad  $v_g$ , para un actuador eléctrico 9 del tipo de la figura 2. La curva 11 corresponde a una tensión continua  $V_{DC}$  que varía con la velocidad  $v_g$ , de manera acorde con la presente invención. La curva 10 corresponde a una tensión continua  $V_{DC}$  que se mantuviera constante, de manera acorde con la técnica anterior citada en la parte introductoria, y viene dada, por tanto, a título de comparación.

25 La potencia  $P_8$  disipada en un ondulator 8 se puede descomponer entre las pérdidas por conducción y las pérdidas por conmutación. Las pérdidas por conmutación dependen del producto  $V_{DC} \times I$ . Habida cuenta de la curva de la figura 2, la corriente I debe ser elevada para suministrar un par  $C_g$  elevado, cualquiera que sea la velocidad de giro  $v_g$ . De este modo, si se mantiene constante  $V_{DC}$ , la potencia  $P_8$  es elevada incluso a pequeña velocidad de giro  $v_g$ , tal como muestra la curva 10.

30 Sin embargo, según se ha explicado anteriormente, la tensión  $U_g$  puede ser pequeña a pequeña velocidad de giro  $v_g$ . Ahora bien, la tensión  $U_g$  depende de la tensión continua  $V_{DC}$ . Si bien la tensión  $U_g$  puede ser pequeña, la tensión continua  $V_{DC}$  igualmente puede ser pequeña. De este modo, reduciendo la tensión continua  $V_{DC}$  a pequeña velocidad de giro  $v_g$ , la potencia  $P_8$  disipada en un ondulator 8 puede ser reducida con relación a la curva 10, tal como muestra la curva 11.

En la figura 3, las curvas 10 y 11 confluyen en un punto P a la velocidad  $\Omega_1$ .

35 En otras palabras, en el caso de un actuador eléctrico 9 que presenta una curva de funcionamiento del tipo de la figura 2, la determinación de una consigna  $V_{DC\_cons}$  que depende de la velocidad de giro  $v_g$  de los actuadores eléctricos 9 permite reducir la potencia  $P_8$  disipada en el ondulator 8. De este modo, se puede limitar el dimensionamiento térmico del ondulator 8. Sin embargo, el dimensionamiento eléctrico del ondulator 8 debe permitir el funcionamiento en el citado punto P.

40 Las figuras 4 y 5 son grafos similares a los grafos de las figuras 2 y 3, respectivamente, y conciernen a un segundo tipo de actuador eléctrico 9 que presenta una curva de funcionamiento de una forma diferente, representada en la figura 4. Se utilizan, sin riesgo de confusión, las mismas referencias que en las figuras 4 y 5.

En el presente caso, el par  $C_g$  es máximo a pequeña velocidad hasta una velocidad  $\Omega_1$ , y luego decrece progresivamente en el resto del margen de velocidad.

45 Al igual que en el caso de las figuras 2 y 3, la tensión continua  $V_{DC}$  puede ser reducida a pequeña velocidad de giro. La figura 5 muestra que, en este caso, la potencia  $P_8$  disipada en el ondulator es reducida, al igual que en el caso de la figura 3 (cf. curva 11 situada debajo de la curva 10).

Además, en el presente caso, el punto de funcionamiento P2 donde la potencia  $P_8$  dada por la curva 11 es máxima corresponde a una potencia reducida con relación al punto de funcionamiento P1 donde la potencia  $P_8$  dada por la curva 10 es máxima.

50 En otras palabras, en el caso de un actuador eléctrico 9 que presenta una curva de funcionamiento del tipo de la figura 4, la determinación de una consigna  $V_{DC\_cons}$  que depende de la velocidad de giro  $v_g$  de los actuadores eléctricos 9 permite reducir la potencia  $P_8$  disipada en el ondulator 8, incluyendo reducir la potencia  $P_8$  disipada máxima. De este modo, se pueden limitar los dimensionamientos térmico y eléctrico del ondulator 8.

La unidad de regulación del generador 6 comprende un módulo de determinación que convierte la velocidad de giro  $v_9$  en una consigna  $V_{DC\_cons}$ . El módulo de determinación utiliza por ejemplo una tabla de consulta o una ley de conversión. Un experto en la materia es capaz de idear un módulo de determinación que conviene para una curva de funcionamiento dada, por ejemplo del tipo de la figura 2 o de la figura 4.

- 5 En una variante, la unidad de regulación del generador 6 utiliza, en lugar de la velocidad de giro  $v_9$ , otro parámetro de funcionamiento del actuador eléctrico 9 para determinar la consigna  $V_{DC\_cons}$ .

- 10 Igualmente en una variante, la regulación implementada por la unidad de regulación del generador 6 está orientada a la tensión trifásica  $V_{AC}$  de la línea de alimentación 3. En este caso, la unidad de regulación del generador 6 determina una consigna  $V_{AC\_cons}$  de tensión trifásica en función de la velocidad  $v_9$  o de otro parámetro de funcionamiento del actuador eléctrico 9.

- 15 Se ha descrito un módulo de generación 20 en el que la tensión trifásica suministrada por el generador 2 depende de la corriente de regulación determinada por la unidad de regulación 6. No obstante, la invención no queda limitada a este tipo de módulo de generación. Así, el módulo de generación puede comprender un generador asíncrono autoexcitado asociado a capacitancias conmutadas para brindar diferentes escalones de tensión. Como variante, el módulo de generación puede comprender un generador asíncrono autoexcitado asociado a un ondulator que suministra una corriente de magnetización para una regulación continua. Igualmente como variante, el módulo de generación puede comprender un generador asíncrono de imanes permanentes con devanados múltiples para una regulación por escalones.

- 20 Un ejemplo de aplicación de la red eléctrica 1 es el rodaje en tierra ecológico («Green Taxiing» en inglés) de una aeronave. En este ejemplo, los actuadores 9 son motores eléctricos aptos para hacer circular la aeronave en tierra, y el motor 7 es un grupo auxiliar de potencia. Entonces, los motores de propulsión de la aeronave pueden estar apagados, lo cual permite un considerable ahorro de combustible.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento de generación de una tensión implementado mediante un módulo de generación (20) de una red eléctrica (1) de una aeronave, comprendiendo dicha red eléctrica (1) una línea de alimentación (3) alimentada por dicho módulo de generación (20), un bus de continua (4) alimentado a partir de dicha línea de alimentación (3) por mediación de un rectificador (5), y al menos un actuador (9) eléctrico alimentado con tensión alterna a partir del bus de continua (4) por mediación de un ondulator (8),
- comprendiendo el procedimiento de generación una etapa de suministro de una tensión alterna ( $V_{AC}$ ) en dicha línea de alimentación (3) en función de una consigna de tensión y de una tensión medida en dicha red eléctrica (1),
- 10 estando caracterizado dicho procedimiento de generación por comprender una etapa de determinación de dicha consigna de tensión en función de un parámetro de funcionamiento ( $v_9$ ) de dicho actuador (9).
2. Procedimiento de generación según la reivindicación 1, en el que dicha tensión medida es la tensión ( $V_{DC}$ ) del bus de continua (4).
3. Procedimiento de generación según la reivindicación 1 ó 2, en el que el parámetro de funcionamiento ( $v_9$ ) es una velocidad de giro de dicho actuador (9).
- 15 4. Procedimiento de generación según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicho módulo de generación (20) comprende un generador (2) y una unidad de regulación del generador (6), siendo el generador (2) apto para suministrar dicha tensión alterna ( $V_{AC}$ ) en función de una corriente de regulación ( $I_e$ ) determinada por la unidad de regulación del generador (6), siendo la unidad de regulación del generador (6) apta para determinar la corriente de regulación ( $I_e$ ) en función de la consigna de tensión y de la tensión medida en dicha red eléctrica (1).
- 20 5. Módulo de generación (20) de una tensión para una red eléctrica (1) de una aeronave, siendo dicho módulo de generación (20) apto para suministrar una tensión alterna ( $V_{AC}$ ) en función de una consigna de tensión y de una tensión medida en dicha red eléctrica (1), comprendiendo dicha red eléctrica (1) una línea de alimentación (3) alimentada con dicha tensión alterna ( $V_{AC}$ ) por dicho módulo de generación (20), un bus de continua (4) alimentado a partir de dicha línea de alimentación (3) por mediación de un rectificador (5), y al menos un actuador (9) eléctrico alimentado con tensión alterna a partir del bus de continua (4) por mediación de un ondulator (8),
- 25 estando caracterizado dicho módulo de generación por comprender un módulo de determinación de dicha consigna de tensión en función de un parámetro de funcionamiento ( $v_9$ ) de dicho actuador.
6. Módulo de generación (20) según la reivindicación 5, que comprende un generador (2) y una unidad de regulación del generador (6), siendo el generador (2) apto para suministrar dicha tensión alterna ( $V_{AC}$ ) en función de una corriente de regulación ( $I_e$ ) determinada por la unidad de regulación del generador (6), siendo la unidad de regulación del generador (6) apta para determinar la corriente de regulación ( $I_e$ ) en función de la consigna de tensión y de la tensión medida en dicha red eléctrica (1).
- 30 7. Aeronave que comprende una red eléctrica (1) que incluye un módulo de generación (20) según la reivindicación 5 ó 6, una línea de alimentación (3) alimentada por dicho módulo de generación (20), un bus de continua (4) alimentado a partir de dicha línea de alimentación (3) por mediación de un rectificador (5), y al menos un actuador (9) eléctrico alimentado con tensión alterna a partir del bus de continua (4) por mediación de un ondulator (8).
- 35

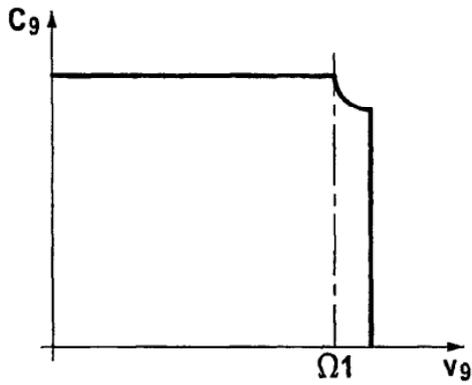
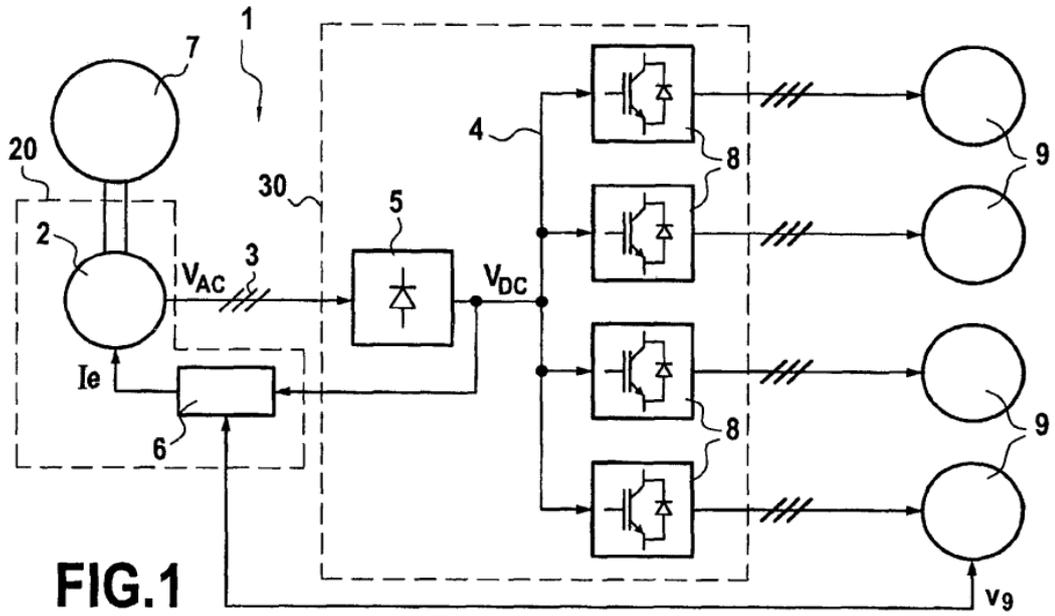


FIG. 2

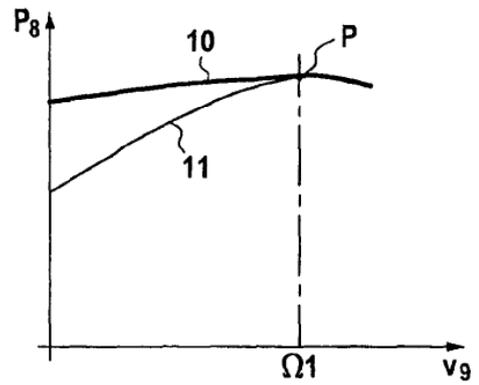


FIG. 3

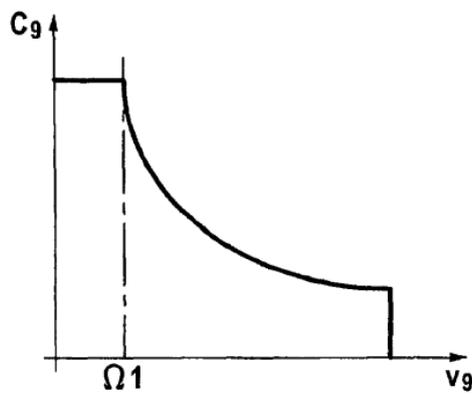


FIG. 4

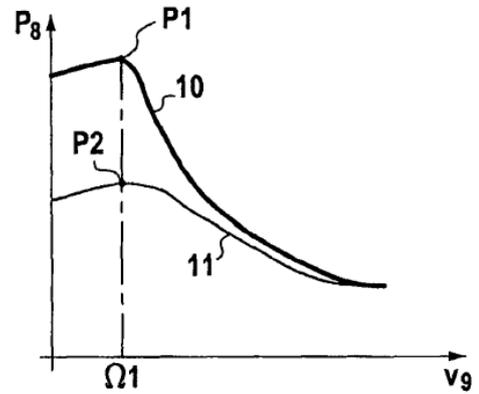


FIG. 5