(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 352 436**

(51) Int. Cl.:
H01L 41/04 (2006.01)
F02D 41/20 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Número de solicitud europea: **07731708 .9**
(96) Fecha de presentación : **08.03.2007**
(97) Número de publicación de la solicitud: **2005491**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **24.12.2008**

(54) Título: **Dispositivo y procedimiento de gobierno de varios actuadores piezoeléctricos ultrasónicos.**

(30) Prioridad: **10.04.2006 FR 06 03143**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI: **18.02.2011**

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente: **18.02.2011**

(73) Titular/es: **RENAULT S.A.S.**
13-15, quai Alphonse le Gallo
92100 Boulogne-Billancourt, FR

(72) Inventor/es: **Ripoll, Christophe y Nouvel, Clément**

(74) Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 352 436 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).

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. Pº de la Castellana, 75 – 28071 Madrid

DESCRIPCIÓN - 1 -

La presente invención se refiere a un dispositivo de gobierno de varios actuadores piezoeléctricos ultrasónicos gobernados electrónicamente tal como el definido en la reivindicación 1, por ejemplo un inyector de carburante de etapa piezoeléctrica gobernado por el calculador de inyección electrónica de un motor de combustión interna en un vehículo automóvil. Ésta se refiere, además, a un procedimiento de gobierno de tales actuadores mandados por el citado dispositivo.

De modo más preciso, el problema que pretende resolver la invención es la adaptación de impedancia para optimizar el mando de las células piezoeléctricas destinadas a hacer vibrar la estructura de los inyectores ultrasónicos, tal como se describe en la solicitud de patente francesa, depositada con el número 99 14548 a nombre de la Solicitante, número de publicación FR 2 801 346.

Un inyector ultrasónico de este tipo comprende, entre otros, una boquilla cilíndrica alimentada de carburante y en cuya extremidad está dispuesto un orificio de inyección, y medios de puesta en vibración cíclica de la boquilla, tal como un transductor, que comprende una etapa de cerámica piezoeléctrica en cuyos bornes se hace variar la tensión eléctrica para modificar su espesor entre dos posiciones terminales que corresponden a la apertura y al cierre del inyector, salvo una relación de desmultiplicación. Una cerámica piezoeléctrica de inyector es equivalente en primer orden a una capacidad cuya tensión de carga es elevada, superior a un centenar de voltios.

Este tipo de inyector pulveriza muy finamente el carburante en gotas, calibradas para asegurar una dosificación precisa y suficientemente pequeñas para asegurar la vaporización completa y homogénea del carburante inyectado. Para pulverizar más finamente el carburante, se realiza una apertura oscilante a frecuencia ultrasónica en la nariz de la boquilla. Para excitar las células piezoeléctricas debe generarse una señal alterna de frecuencia elevada.

La electrónica de gobierno de tales inyectores genera en una célula piezoeléctrica una alta tensión periódica V_{pi}, superior a un centenar de voltios, y de alta frecuencia F_{pi}, superior a un decena de kHz, a partir de una fuente de tensión continua, en este caso la batería del vehículo o la salida de un convertidor de CC de potencia. En un vehículo automóvil, la tensión de alimentación tiene el valor 12 o 42 voltios, lo que implica aumentar esta tensión para asegurar la carga y la descarga de la cerámica.

Existen actualmente dispositivos de gobierno sin transformador, tal como el representado en la figura 1, que es alimentado por una fuente de tensión continua

E, por ejemplo la batería del vehículo, cuyo borne B- está unido a masa y cuyo borne B+ está unido a una primera etapa E_1 de amplificación de la citada tensión continua.

Los N inyectores I_i de un motor térmico, siendo N un entero, generalmente 4, 6 o 12, están montados en paralelo y son mandados secuencialmente gracias a interruptores S_i de selección, montados cada uno en serie con un inyector I_i. Un calculador electrónico de inyección envía una señal lógica de mando a cada interruptor de selección para aplicar adecuadamente la salida de alta tensión del convertidor-elevador de tensión en los bornes del inyector seleccionado.

El dispositivo de gobierno comprende un primer ramal B_1 constituido por una primera inductancia L_1, y un interruptor de corte T_1 en cuyos bornes está montado en paralelo un diodo d_1 de rueda libre. Un primer borne de la inductancia L_1 está unido a la fuente de tensión continua E y el otro borne está unido a un segundo ramal B_2 constituido por un diodo D de rectificación, en serie con una capacidad C de filtrado, en cuyos bornes se encuentra una alta tensión V_{boost} que alimenta una segunda etapa E_2 del convertidor-elevador.

La segunda etapa comprende una segunda inductancia L_r unida a un segundo interruptor de corte T_2 y a un segundo diodo d_2 de rueda libre montado en antiparalelo.

El convertidor-elevador de tensión genera una alta tensión periódica V_{pi}, superior a un centenar de voltios, con una alta frecuencia F_{pi} superior a una decena de kHz, destinada a excitar los inyectores I_i ultrasónicos. La figura 2 ilustra una representación temporal de la tensión de excitación V_{pi} de los inyectores.

El valor de la inductancia L_r, que es función de la resonancia de excitación acústica del actuador piezoeléctrico, se elige para que la inductancia se cargue suficientemente para provocar una tensión de excitación V_{pi} elevada, del orden de 1200 V. En cuanto a la capacidad C de filtrado, sus dimensiones son tales que ésta tenga una reactividad muy alta a la subida de tensión V_{boost}.

La figura 2 es una representación de esta resonancia libre entre la inductancia L_r y la capacidad de entrada de los inyectores seleccionados en el caso en que ésta es teórica. Pero en realidad, ésta queda amortiguada por la naturaleza real del inyector piezoeléctrico, lo que conduce a un amortiguamiento de la tensión V_{pi} observable como muestra la figura 3_b, que es una representación temporal. Se constata, en efecto, un nivel de tensión no nulo en el momento del cierre del interruptor T_2, lo que se traduce en oscilaciones importantes de la

corriente en sus bornes, en este instante. Este nivel de tensión no nulo está ligado al carácter amortiguado de la resonancia entre la carga y la inductancia L_r. Se observará igualmente que la corriente I_r que circula por el inyector resulta muy perturbada durante el amortiguamiento, como muestra la figura 3_a.

Para encontrar un nivel de tensión nulo en el momento de la conmutación del interruptor T_2, lo que es preferible para facilitar las conmutaciones y por tanto disminuir las pérdidas en el transistor, se disminuye el valor de la inductancia L_r de resonancia, por ejemplo de 1 mH a 200 μH, y se reduce el tiempo de apertura del interruptor T_2. Así, es posible paliar este amortiguamiento de tensión y esta perturbación de corriente, como muestran las representaciones temporales de las figuras 4_b y 4_a.

Sin embargo, este dimensionamiento de la inductancia L_r que tiene en cuenta el amortiguamiento crítico del conjunto inductancia/inyector provoca una forma de onda de gobierno de los inyectores con una relación cíclica T_{on}/T_{off}, que es la relación entre el tiempo de apertura y el tiempo de cierre, inferior a ½. Este es un inconveniente importante porque el desplazamiento del sonotrodo del inyector, por tanto las prestaciones de caudal del inyector, es tanto más importante cuanto que la relación cíclica sea igual o superior a ½.

El problema consiste, por tanto, en disminuir las pérdidas y las sobreoscilaciones en el transistor T_2 de corte en la segunda etapa durante su conmutación, al tiempo que se preserve la relación cíclica garante de las prestaciones del inyector.

Actualmente, los inyectores piezoeléctricos no funcionan de acuerdo con un principio de resonancia, sino que presentan fenómenos de resonancia ligados a los elementos capacitativos, tales como el stack, o inductivos, como los hilos de unión u otros, que no son funcionales. Además, estos presentan frecuencias características mucho menos elevadas. En la solicitud de patente DE 199 31 235, a nombre de SIEMENS, la invención descrita propone conmutar cargas capacitativas para mejorar el funcionamiento de una carga en transitorio. Se trata de cambiar el aspecto de los frentes de subida o de bajada de ciertas señales. Sin embargo, el objetivo de esta invención no es realizar la adaptación de impedancia para mandar un actuador a su frecuencia de resonancia.

Un dispositivo de gobierno que comprende capacidades paralelas a los actuadores está divulgado por el documento US 5 969 464. Dispositivos de gobierno para inyectores están divulgados por los documentos US 4 784 102 y EP 1 276 159 A1.

El objeto de la invención es paliar este inconveniente, añadiendo una carga capacitativa a los bornes de cada inyector durante su gobierno para mejorar la evolución de las señales de resonancia en beneficio del transistor de corte de la segunda etapa del dispositivo, disminuyendo sus pérdidas térmicas y su estrés, y en beneficio del resonador, aumentando sus prestaciones. Ésta permite, además, aproximarse a la relación cíclica ideal, igual a ½, sin amortiguamiento crítico.

Para esto, un primer objeto de la invención es un dispositivo de gobierno tal como el definido por la reivindicación 1.

Un segundo objeto de la invención es un procedimiento de gobierno de varios actuadores piezoeléctricos ultrasónicos tal como el definido por la reivindicación 2.

Otras características y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto con la lectura de la descripción, ilustrada por las figuras siguientes, que, además de las figuras 1, 2, 3_a y 3_b, 4_a y 4_b ya descritas, son:

- la figura 5: el esquema electrónico de un ejemplo de realización de un dispositivo de gobierno de un actuador piezoeléctrico ultrasónico de acuerdo con la invención;

- las figuras 6a a 6d: la representación temporal de las señales de mando de la inyección y de la tensión de excitación de los actuadores.

El esquema de la figura 5 retoma el montaje del dispositivo de la figura 1, es decir que una tensión E alimenta una primera etapa de amplificación E_1 con esta tensión, con objeto de generar una alta tensión V_{boost} en los bornes de una segunda etapa E_2 de generación de una fuente de corriente i_r destinada a alimentar los inyectores piezoeléctricos I_i. Estos inyectores montados en paralelo son seleccionados por interruptores S_i que pueden ser mandados por el calculador de inyección del vehículo.

La primera etapa de generación de una alta tensión V_{boost} comprende dos ramales, el primero B_1, constituido por una inductancia L_1, y por un interruptor de corte T_1 en paralelo con un diodo d_1 montado en antiparalelo.

Entre la masa y el punto de unión J de la inductancia L_1 con el interruptor T_1, está montado el segundo ramal B_2 constituido por un diodo D de rectificación, en serie con una capacidad C de filtrado en cuyos bornes quede aplicada una alta tensión V_{boost} que alimenta la segunda etapa E_2. Esta última está constituida por una segunda inductancia L_r y un segundo interruptor T_2 de corte. En los bornes de este interruptor T_2 está montado en antiparalelo un segundo diodo d_2 de rueda libre.

La característica esencial de la invención consiste en añadir, montado en paralelo con el interruptor T_2 de corte, un ramal de adaptación de impedancia B_{AI}, constituido por una capacidad reactiva C_R, asociada a un interruptor de selección T_R que es gobernado en la apertura y en el cierre al mismo tiempo que el interruptor de selección S_i del inyector elegido por el calculador de inyección. Este ramal adicional constituido por una capacidad C_R y un interruptor T_R está montado en los bornes de los ramales de selección de los inyectores para ayudar a su gobierno en tensión. Otras tipologías de las primeras etapas del dispositivo de mando son aplicables a la invención.

La capacidad reactiva C_R está dimensionada para aumentar la capacidad del conjunto inyector/capacidad reactiva que debe resonar con la inductancia L_r de la etapa de amplificación y facilitar una tensión de excitación V_{pi} alterna de los inyectores de relación cíclica que puede llegar al valor ½.

La invención propone un procedimiento de mando del interruptor T_R de este ramal adicional que permite beneficiarse de la carga capacitativa durante el tren de impulsos que provoca la inyección, liberándose de las descargas bruscas al principio del tren. Para esto, la apertura del interruptor T_R es mandada después del mando del final de inyección, permaneciendo abierto el interruptor T_2 de corte de la segunda etapa del dispositivo de gobierno de los inyectores, después de un intervalo de tiempo d_0 determinado a partir de la anulación de la tensión V_R en los bornes de la capacidad C_R de adaptación y de la tensión V_{pi} en los bornes del inyector seleccionado con el fin de que éstas no tengan tiempo de aumentar significativamente, y el cierre del interruptor T_R es retardado un intervalo de tiempo d_F con respecto al cierre del interruptor T_2 para que estas mismas tensiones V_R y V_{pi} sean casi nulas al principio de la inyección. La capacidad reactiva de adaptación C_R conserva así una carga casi nula entre dos trenes de inyecciones de duración D_t y se evita el problema de su descarga violenta.

La figura 6a representa la señal S_{CI} de mando de la inyección de duración D_t, que empieza en el instante t0 y termina en el instante t3 y la figura 6b representa la señal S_{T2} de mando de la segunda etapa del dispositivo de gobierno, que empieza en el instante t0 y está compuesta por varias ondas cuadradas de duración D y de período T_{com}, debiendo mandarse el final de inyección durante una onda cuadrada de apertura del interruptor T_2, es decir cuando la tensión V_{pi} en los bornes del inyector seleccionado es positiva.

La figura 6c representa la señal S_{TR} de mando del interruptor de selección S_i de un inyector y del interruptor T_R asociado a la capacidad de adaptación C_R, y

las tensiones V_{pi} en los bornes del inyector seleccionado y V_R en los bornes de la capacidad de adaptación están representadas en la figura 6d. La tensión V_{pi} en los bornes del inyector seleccionado es nula o muy inferior a la tensión de excitación V_{boost}, del orden de 1/10 de ésta, a partir del instante t4 después del mando del final de inyección.

La señal S_{TR} de mando del interruptor de selección S_i de un inyector y del interruptor T_R del ramal de adaptación se inicia en el instante t1 diferente del instante t0 de mando del inicio de inyección del que está separado por un intervalo de tiempo d_F, y su apertura se manda en el instante t5 posterior al instante t4 de anulación de la tensión V_{pi} en los bornes del inyector seleccionado, que habría dado lugar a un nuevo mando de inyección. Estos dos instantes t4 y t5 están separados por un intervalo de tiempo do, que debe ser inferior a 1/10 del período de mando T_{com} aplicado al interruptor T_2 de corte de la segunda etapa del dispositivo de gobierno de los inyectores.

El mando de final de inyección solamente puede intervenir, en el instante t3, durante una fase de apertura del interruptor T_2 de la segunda etapa de dispositivo de gobierno, así el interruptor de selección S_i de un inyector y el interruptor T_R asociado a la capacidad de adaptación C_R son activados a la apertura en el instante t5, posterior a los instantes t3 y t4, y anterior a un nuevo mando de inyección, mientras que el interruptor T_2 no está activado.

En lo que concierne al instante t1 de cierre del interruptor T_R de adaptación, éste debe tener lugar, por una parte, después del instante t0 de cierre del interruptor T_2 de la segunda etapa del dispositivo de gobierno, porque de acuerdo con su tecnología, éste no está realmente cerrado en el instante t0, por tanto el inicio de la inyección está un poco retardado y, por otra, antes del instante t2 de su apertura, de modo que el intervalo de tiempo d_F entre los instantes t0 y t1 depende de la tecnología del interruptor T_2.

De acuerdo con la invención, la tensión V_{pi} en los bornes del inyector seleccionado y la tensión V_R en los bornes de la capacidad de adaptación, representadas en la figura 6d, son nulas o muy inferiores a la tensión de excitación V_{boost}, del orden de 1/10 de ésta, por una parte, a partir del instante t4, después del mando de final de inyección y, por otra, antes del instante t2 de cierre del interruptor T_R. La energía almacenada en la capacidad del inyector piezoeléctrico seleccionado y en la capacidad de adaptación es descargada durante el cierre del interruptor de selección S_i y del interruptor T_R al inicio de inyección, así como durante su apertura en el instante t5, al final de inyección.

La duración de vida de servicio útil de los componentes queda preservada y la disipación térmica correspondiente a las conmutaciones de los interruptores queda reducida al mínimo mientras que la relación cíclica de mando se mantiene tan próxima como sea posible a ½ para conservar buenas prestaciones de inyección.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de gobierno de varios actuadores piezoeléctricos ultrasónicos (Ii), comprendiendo este dispositivo un calculador de control concebido para gobernar electrónicamente los actuadores, una alimentación eléctrica que comprende una fuente de tensión continua y apropiada para alimentar los actuadores, medios de selección (Si) respectivamente asociados a los actuadores y selectivamente mandados por el calculador, y un ramal de adaptación de impedancia de los actuadores montado en paralelo y que comprende una capacidad reactiva (CR) y un interruptor de adaptación (TR), estando montado este interruptor de adaptación (TR) en serie con la capacidad reactiva (CR), y estando concebido el calculador de control para gobernar de modo sincronizado, en el cierre y en la apertura, el interruptor de adaptación (TR) y los medios de selección (Si) de cada actuador que hay que excitar, caracterizado porque la alimentación eléctrica comprende una primera etapa (E1) de amplificación de tensión de corte, alimentada por la citada tensión continua y que facilita una alta tensión (V_{boost}) y una segunda etapa (E2) alimentada por la alta tensión (V_{boost}), que facilita una tensión de excitación alterna (Vpi) y que comprende una inductancia (Lr) y un interruptor de alta tensión (T2), y porque el conjunto constituido por cada actuador y la capacidad reactiva (CR) está dimensionado para entrar en resonancia con la inductancia (Lr) de la alimentación eléctrica y facilitar la citada tensión de excitación alterna (Vpi) con una relación cíclica al menos igual a 1/2.

2. Procedimiento de gobierno de varios actuadores por un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque, para la activación de cada actuador, comprende las operaciones consistentes en:

- activar un mando de activación de duración (Dt) suficiente para permitir la aparición de al menos una primera y al menos una parte de una segunda alternancia positiva de la tensión de excitación alterna (Vpi);

- mandar la apertura del interruptor de alta tensión (T2) durante cada alternancia positiva de la tensión de excitación alterna (Vpi) y el cierre fuera de estas alternancias;

- mandar el cierre del interruptor de adaptación (TR) durante una duración dependiente de la duración del mando de activación;

- interrumpir el mando de activación en un instante (t3) anterior a un instante (t4) de desaparición de la ultima alternancia positiva de la tensión de excitación alterna (Vpi); y

- mandar la apertura del interruptor de adaptación (TR) en un instante (t5) posterior al instante (t4) de desaparición de la última alternancia positiva de la tensión de excitación alterna (Vpi), estando separado el citado instante posterior (t5) del citado instante (t4) de desaparición por un intervalo de tiempo (do) definido para que la tensión (VR) en los bornes de la capacidad reactiva (CR) y la tensión de excitación (Vpi) sean nulas o como mucho igual a 1/10 de la citada alta tensión (V_{boost}).

3. Procedimiento de gobierno de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque, para la excitación de cada actuador, comprende las operaciones consistentes en:

- activar el mando de activación en un instante inicial (t0) de cierre del interruptor de alta tensión (T2); y

- activar el cierre del interruptor de adaptación (TR) en un instante (t1) intermedio entre el instante inicial (t0) y el instante (t2) de aparición de la primera alternancia positiva de la tensión de excitación alterna (Vpi), estando separado el citado instante intermedio (t1) del citado instante inicial (t0) por un intervalo de tiempo (dF) definido para que la tensión (VR) en los bornes de la capacidad reactiva (CR) y la tensión de excitación (Vpi) sean nulas o como mucho iguales a 1/10 de la citada alta tensión (V_{boost}).

4. Procedimiento de gobierno de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 y 3, caracterizado porque el intervalo de tiempo (do) entre el instante (t4) de desaparición y el citado instante posterior (t5) es inferior a 1/10 del período de mando (Tcom) aplicado al interruptor de alta tensión (T2).

5. Procedimiento de gobierno de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado porque éste se aplica al gobierno de los inyectores de carburante de etapa piezoeléctrica gobernados por el calculador de inyección electrónica de un motor de combustión interna en un vehículo automóvil.

FIG_1

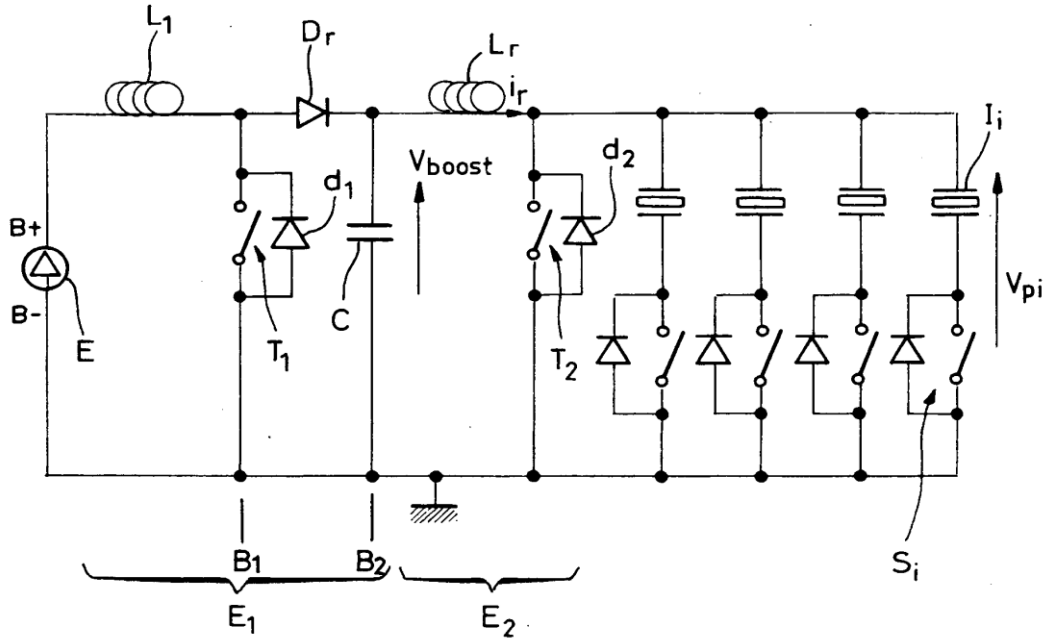
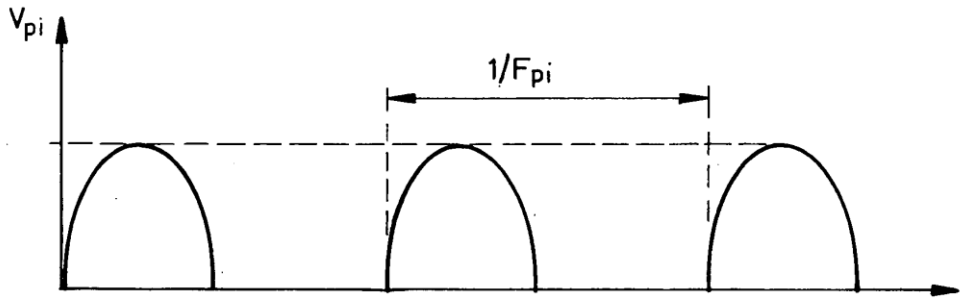


FIG_2



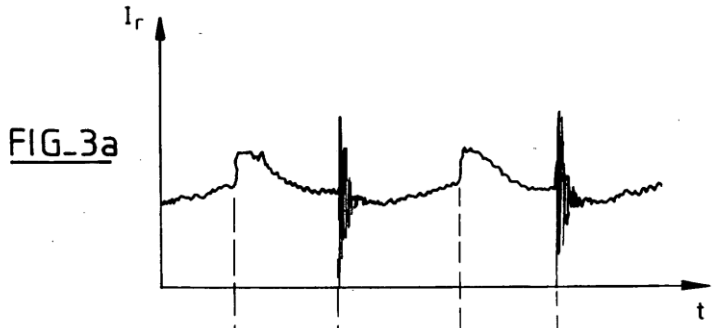


FIG_3a

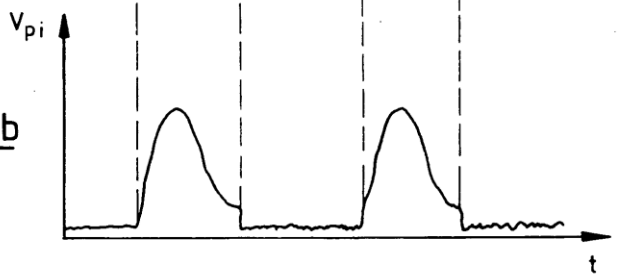


FIG_3b

FIG_4a

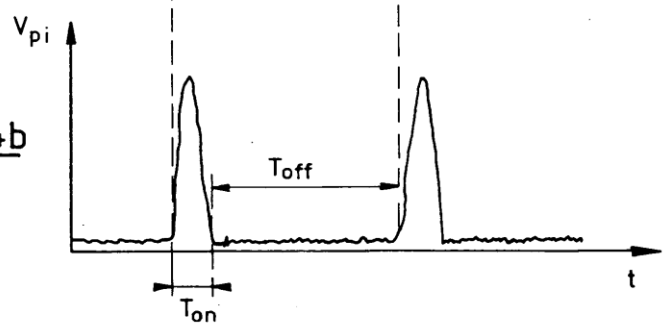
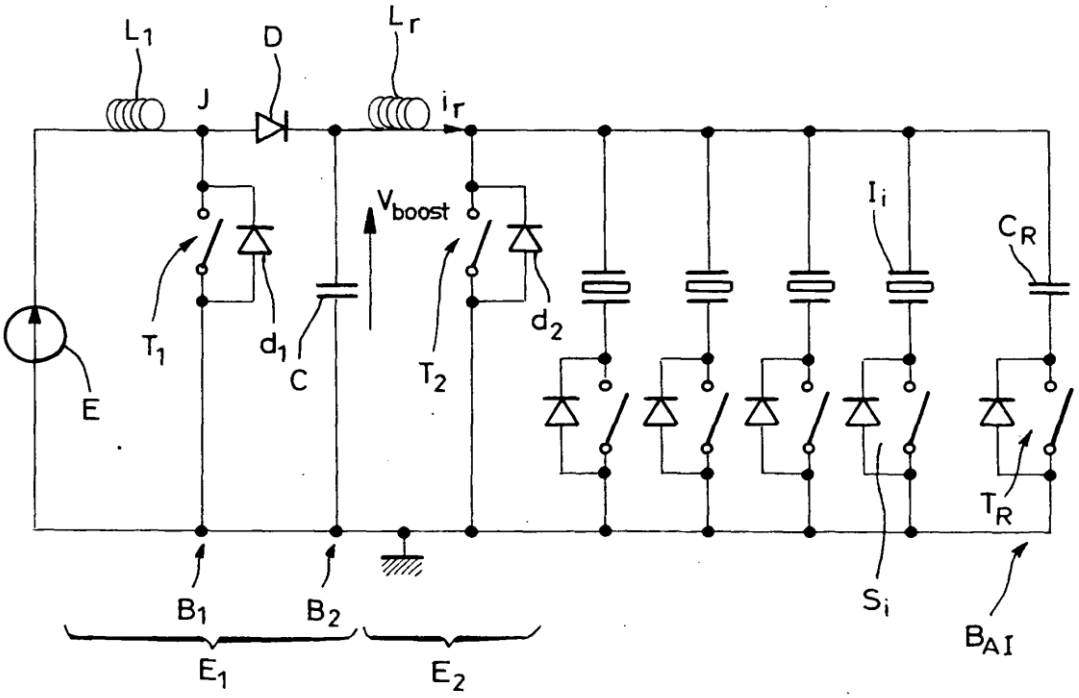


FIG_4b

FIG_5



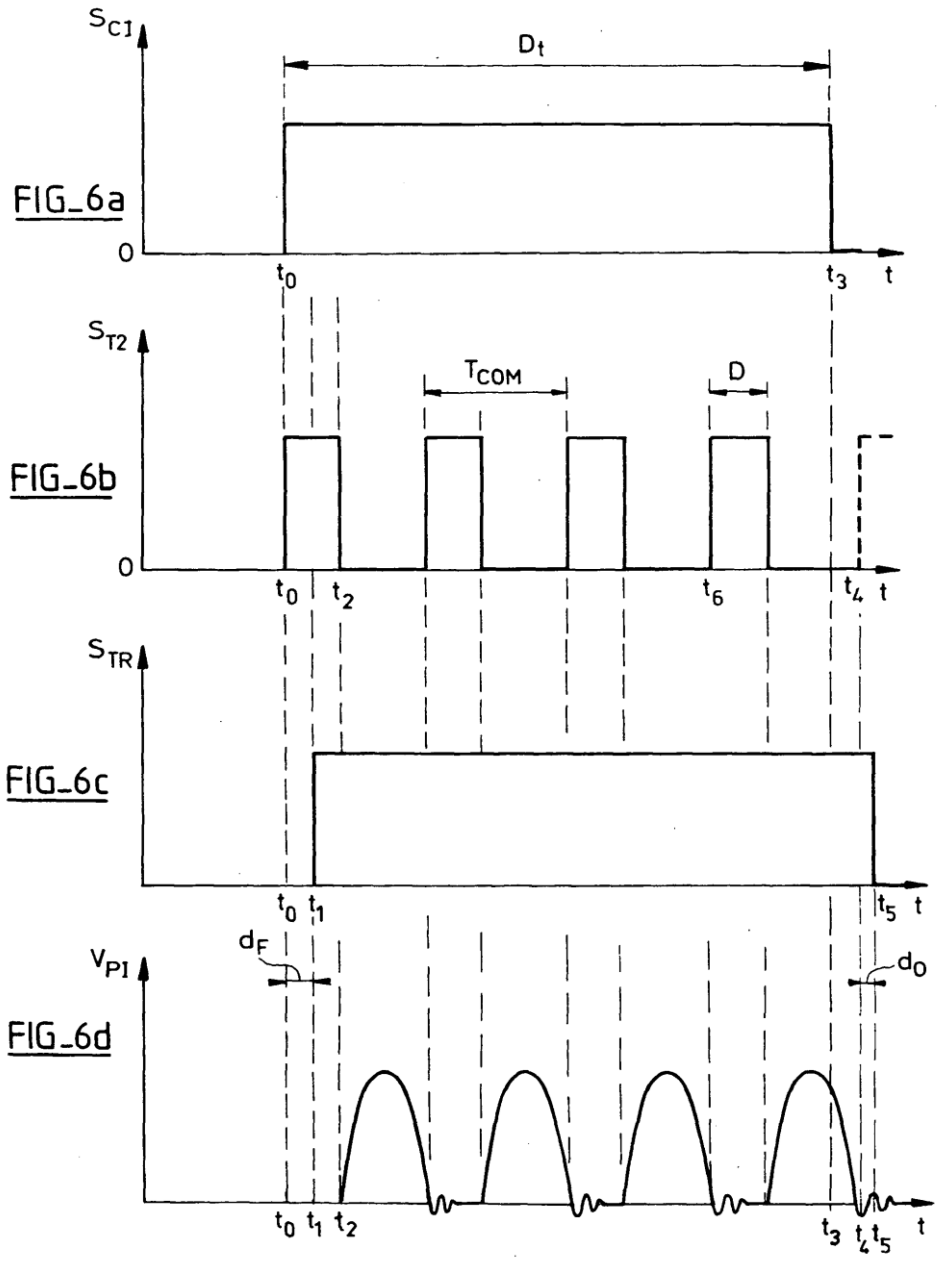


FIG_6a
S_{C1}
D_t
0
t_0
t_3
t
FIG_6b
S_{T2}
T_{COM}
D
0
t_0
t_2
t_6
t_4
t
FIG_6c
S_{TR}
t_0
t_1
t_5
t
FIG_6d
V_{PI}
d_F
d_O
t_0
t_1
t_2
t_3
t_4
t_5
t