



Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung (10) sowie ein Verfahren zum Aufladen und Entladen einer kapazitiven Last (P), insbesondere eines Piezoaktors für ein Kraftstoff- Einspritzventil einer Brennkraftmaschine, und zielt darauf ab, das Auf- und Entladen der Last (P) mit gutem Wirkungsgrad und geringem schaltungstechnischen Aufwand zu ermöglichen. Die Grundidee der Erfindung besteht darin, die positiven Eigenschaften einer 'linearen Endstufe', d. h. einer Bestromung der Last aus einer einstellbaren Stromquelle (CS), mit dem hohen Wirkungsgrad einer 'geschalteten Endstufe' (unter Nutzung einer Induktivität als Energiespeicher) zu verbinden. Erfindungsgemäß erfolgen die Auflade- und Entladevorgänge jeweils in zwei zeitlich aufeinander folgenden Phasen (a, b bzw. c, d) aus bzw. in zwei unterschiedlichen Spannungsquellen. Es ist ein hoher Wirkungsgrad erzielbar, da durch das Umschalten zwischen einer ersten Spannung (U_b) und einer zweiten Spannung (U_h) die Verluste in der Stromeinstelleinrichtung (CS) minimiert werden und ein während der ersten Entladephase (b) fließender Laststrom (I_p) zur Rückspeisung von elektrischer Energie in die zweite Spannungsquelle (U_h) genutzt wird.

Beschreibung

Schaltungsanordnung und Verfahren zum Aufladen und Entladen einer kapazitiven Last

5

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung sowie ein Verfahren zum Aufladen und Entladen einer kapazitiven Last, insbesondere eines Piezoaktors für ein Kraftstoff-Einspritzventil einer Brennkraftmaschine.

10

Derartige Schaltungsanordnungen und Verfahren sind beispielsweise aus der DE 199 44 733 A1, der DE 198 14 594 A1 und der DE 199 52 950 A1 bekannt.

15

Insbesondere die in letzter Zeit strenger gewordenen Abgasnormen für Motoren haben in der Kraftfahrzeugindustrie die Entwicklung von Kraftstoffinjektoren mit schnell und verzögerungsfrei ansprechenden Stellgliedern bzw. Aktoren ausgelöst. Bei der praktischen Realisierung derartiger

20

Stellglieder haben sich insbesondere piezoelektrische Elemente (kurz: Piezoaktoren) als vorteilhaft erwiesen.

Derartige Piezoelemente sind üblicherweise als ein Stapel von Piezokeramikscheiben zusammengesetzt, die über eine elektrische Parallelschaltung betrieben werden, um die für

25

einen ausreichenden Hub notwendigen elektrischen Feldstärken erreichen zu können.

Beim Ansteuern einer kapazitiven Last wie eines Piezoaktors, der zur Betätigung eines Einspritzventils Verwendung findet,

30

d. h. beim Aufladen und Entladen der kapazitiven Last mittels eines elektrischen Laststromes, werden erhebliche Anforderungen an die Ansteuerelektronik gestellt. Ein mittels eines Piezoaktors betätigtes Einspritzventil wird in

Brennkraftmaschinen zum Einspritzen von Kraftstoff (z. B. Benzin, Diesel etc.) in einen Brennraum eingesetzt. Hierbei werden sehr hohe Anforderungen an ein exaktes und reproduzierbares Öffnen und Schließen des Ventils und damit auch an die Ansteuerelektronik gestellt. So müssen dabei Spannungen im Bereich von bis zu mehreren 100 V und kurzzeitig Lastströme zum Laden und Entladen von mehr als 10 A bereitgestellt werden. Die Ansteuerung erfolgt meist in Bruchteilen von Millisekunden. Gleichzeitig sollte während dieser Ladevorgänge und Entladevorgänge der Strom und die Spannung dem Stellglied möglichst kontrolliert zugeführt werden.

Eine Gemeinsamkeit der oben erwähnten bekannten Schaltungsanordnungen und Verfahren besteht darin, dass mittels geschalteter Speicherinduktivitäten die Energie portionenweise transportiert wird. Damit sind zwar gute Wirkungsgrade erreichbar, allerdings mit sehr großem Bauelementeaufwand. Es treten auch wesentlich höhere kurzzeitige Ströme auf als der Mittelwert des in den Piezoaktor fließenden Stromes. Dies bedingt entsprechend hoch belastbare Bauelemente, beispielsweise Halbleiter-Schaltelemente, Kondensatoren und Induktivitäten. Dies erfordert vergleichsweise große Baugruppen und stellt zudem erhebliche Ansprüche an die Komponenten- als auch Produktionstechnologien. Darüber hinaus bedingt der geschaltete Betrieb der Ansteuerstufen zumeist einen hohen Aufwand für die Filterung/Unterdrückung der dabei entstehenden hochfrequenten Störungen (EMV-Problematik).

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Weg zum Aufladen und Entladen einer kapazitiven Last aufzuzeigen,

3

mittels welchem ein guter Wirkungsgrad bei gleichzeitig geringem schaltungstechnischen Aufwand ermöglicht ist.

Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe durch eine
5 Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 bzw. ein Verfahren nach Anspruch 9 gelöst. Die abhängigen Ansprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung.

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung umfasst:

10

- eine erste Spannungsquelle zur Bereitstellung einer auf eine elektrische Masse bezogenen ersten Spannung,

15

- eine zweite Spannungsquelle zur Bereitstellung einer auf die elektrische Masse bezogenen zweiten Spannung, die kleiner als die erste Spannung ist,

20

- einen Schaltungsknoten, der über einen ersten Schalter mit der ersten Spannung, über einen zweiten Schalter mit der zweiten Spannung und über einen dritten Schalter mit der elektrischen Masse verbindbar ist,

25

- eine in Reihenschaltung mit der Last angeordnete Stromeinstelleinrichtung, über welche die Last beim Aufladen und Entladen bestromt wird, und

30

- eine Steuereinrichtung zur Ansteuerung der Schalter und der Stromeinstelleinrichtung, derart, dass

a) während einer ersten Aufladephase der zweite Schalter geschlossen ist, um die Last aus der zweiten Spannung teilweise aufzuladen,

4

b) während einer zweiten Aufladephase der erste Schalter geschlossen ist, um die Last aus der ersten Spannung weiter aufzuladen,

5 c) während einer ersten Entladephase der zweite Schalter geschlossen ist, um die Last in die zweite Spannung teilweise zu entladen, und

10 d) während einer zweiten Entladephase der dritte Schalter geschlossen ist, um die Last in die elektrische Masse weiter zu entladen.

Die Grundidee der Erfindung besteht darin, die positiven Eigenschaften einer "linearen Endstufe", d. h. einer
15 Bestromung der kapazitiven Last aus einer einstellbaren Stromquelle, mit dem hohen Wirkungsgrad einer "geschalteten Endstufe" (z. B. Nutzung einer Induktivität als Energiespeicher im Zuge einer Umschwingfunktion, bei welcher Energieportionen transportiert werden) zu verbinden.

20 Wie es aus den unten noch detailliert beschriebenen Ausführungsbeispielen hervorgeht, ist bei der Erfindung die Verwendung einer Speicher- bzw. Umschwinginduktivität entbehrlich. Dennoch ist ein hoher Wirkungsgrad erzielbar,
25 insbesondere weil ein während der "ersten Entladephase" fließender Laststrom zur Rückspeisung von elektrischer Energie in die "zweite Spannungsquelle" genutzt wird und weil durch das Umschalten zwischen den beiden unterschiedlichen Spannungen die Verluste in der Stromeinstellrichtung
30 reduziert sind. Damit können Bauelemente wie Kondensatoren und Halbleiter-Schaltelemente mit geringerer Belastbarkeit ausgelegt werden.

Bei der Realisierung der erfindungsgemäßen Grundidee ist von wesentlicher Bedeutung, dass jeder Aufladevorgang wie auch jeder Entladevorgang nicht aus bzw. in eine einzige Spannungsversorgung in einem kontinuierlichen Vorgang erfolgt, sondern in zwei zeitlich aufeinander folgenden Phasen. Ein Aufladen und nachfolgendes Entladen, wie es z. B. zur Ansteuerung eines piezobetätigten Kraftstoff-Einspritzventils einer Brennkraftmaschine zum Bewirken eines Einspritzvorganges erforderlich ist, gliedert sich gemäß der Erfindung in eine erste Aufladephase, eine zweite Aufladephase, eine erste Entladephase und eine zweite Entladephase. Gemäß einer in der Praxis zumeist vorteilhaften Ausführung ist vorgesehen, dass der Übergang zwischen erster und zweiter Lade- und/oder Entladephase allmählich erfolgt, d. h. dass die betreffenden Schalter nicht abrupt ein- bzw. ausgeschaltet werden. Damit kann z. B. eine beim Schalten entstehende Verlustleistung besser verteilt werden.

Insbesondere bei einer Anwendung im Bereich der Automobilelektronik (z. B. zur Ansteuerung eines piezobetätigten Kraftstoff-Einspritzventils) können die beiden Spannungsquellen, welche die erste Spannung und die zweite Spannung bereitstellen, z. B. durch DC/DC-Spannungswandler gebildet sein. Beispielsweise kann damit eine Bordspannung (z. B. 12 V oder 24 V) in eine oder zwei größere Spannungen gewandelt werden. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die erste Spannung beispielsweise größer als 100 V und/oder ist die zweite Spannung größer als 50 V. Die zweite Spannung kann beispielsweise kleiner als 70 %, insbesondere kleiner als 60 %, der ersten Spannung vorgesehen sein.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Stromeinstelleinrichtung wenigstens eine separat von den Schaltern ausgebildete Stromquelle umfasst.

5 Eine Stromquelle im Sinne der vorliegenden Erfindung kann sehr einfach z. B. als Transistor (Feldeffekttransistor oder Bipolartransistor) ausgebildet sein, dessen Steueranschluss (Gate bzw. Basis) mit einem Ansteuersignal zur Festlegung des durch den Transistor fließenden Stromes beaufschlagt wird.

10

Es kann z. B. eine solche separate Stromquelle zum Aufladen während der ersten und zweiten Aufladephase und eine weitere separate Stromquelle zum Entladen zumindest während der ersten und ggf. auch zweiten Entladephase vorgesehen sein.

15

Alternativ kann auch eine bidirektional betreibbare Stromquelle vorgesehen sein, die in einer Richtung zum Aufladen und in der anderen Richtung zum Entladen bei der Einstellung des Laststromes verwendet wird. Eine bidirektionale Stromquelle kann sehr einfach z. B. unter

20

Verwendung von zwei parallel zueinander angeordneten Transistoren realisiert werden.

Wenn die Stromeinstelleinrichtung wenigstens eine separat von den Schaltern ausgebildete Stromquelle umfasst, so ist gemäß
25 einer Weiterbildung vorgesehen, dass der Schaltungsknoten über diese Stromquelle mit der Last (bzw. einem zum Anschluss der Last vorgesehenen Ausgangsanschluss der Schaltungsanordnung) verbunden ist. Alternativ kann die Last (bzw. ein Ausgangsanschluss der Schaltungsanordnung) über die
30 Stromquelle mit der elektrischen Masse verbunden sein.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist wenigstens einer der Schalter, insbesondere sämtliche der Schalter, jeweils als

Transistor ausgebildet. Bevorzugt werden die Schalter (z. B. Transistoren) von einer Steuereinrichtung angesteuert, welche auch die Stromeinstelleinrichtung zur Festlegung des gelieferten Stromes ansteuert (etwa durch Ausgabe von
5 Steuerspannungen für die betreffenden Transistoren).

Wenn wenigstens einer der Schalter als Transistor ausgebildet ist, so kommt in Betracht, diesen Transistor nicht nur zum Schalten zu verwenden, sondern auch als eine Komponente der
10 Stromeinstelleinrichtung. Mit anderen Worten bildet der Transistor dann eine ein- und ausschaltbare Stromquelle im Sinne der vorliegenden Erfindung, vereinigt also die Funktion der Stromeinstellung und des Schaltens in sich.

15 Als Transistor, der als Schalttransistor oder als Schalt/Stromeinstell-Transistor ausgebildet sein kann, kann z. B. ein FET, insbesondere MOS-FET vorgesehen sein.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung erfolgt
20 die Aufladung und/oder die Entladung der Last geregelt. Beispielsweise kann der momentane Laststrom und/oder die momentan an der Last anliegende Spannung (Lastspannung) während der Aufladung bzw. Entladung gemessen und mit einem Sollwert verglichen werden, wobei auf Basis eines
25 Istwert/Sollwert-Vergleiches die Ansteuersignale für die Schalter und die Stromquelle(n) erzeugt werden.

Durch die erste Aufladephase wird die Last bevorzugt im Wesentlichen auf die zweite Spannung aufgeladen. Durch die
30 zweite Aufladephase wird die Last bevorzugt im Wesentlichen auf die erste Spannung aufgeladen. Durch die erste Entladephase wird die Last bevorzugt im Wesentlichen auf die zweite Spannung entladen. Durch die zweite Entladephase wird

die Last bevorzugt im Wesentlichen vollständig (auf "Null" bzw. elektrische Masse) entladen.

In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist die
5 zweite Spannungsquelle von einem Kondensator gebildet, der beispielsweise die zweite Spannung an einem seiner Anschlüsse bereitstellen kann, wobei bevorzugt dessen anderer Anschluss mit der ersten Spannung verbunden ist.

10 Bei dieser Weiterbildung kann vorgesehen sein, dass die Spannung am Kondensator sich selbsttätig auf ein Gleichgewicht zwischen entnommener und rückgespeister Energie einstellt (wobei dieses Gleichgewicht nahezu im energetischen Optimum liegen kann).

15 Vorteilhaft erübrigt sich hierbei eine aufwendigere Gestaltung der zweiten Spannungsquelle (z. B. durch einen DC/DC-Wandler). Damit können einerseits die Kosten der schaltungstechnischen Realisierung weiter verringert werden
20 und andererseits die Möglichkeit einer Integration wesentlicher Teile der Schaltungsanordnung bzw. Endstufe in eine die Last aufweisende Komponente (z. B. Piezoinjektor) vereinfacht werden.

25 Zusammenfassend kann mit der vorliegenden Erfindung eine schaltungstechnisch einfache, kompakte und verlustarme Realisierung der Auf- und Entladung einer kapazitiven Last bereitgestellt werden. Wesentlich ist die Verwendung von zwei verschiedenen Spannungen, von denen eine "zweite Spannung"
30 gewissermaßen als Hilfsspannung bei jeweils in zwei Phasen ablaufenden Ladevorgängen bzw. Entladevorgängen fungiert. Eine Verwendung von "linearen Stromquellen" ermöglicht

vorteilhaft nahezu beliebige Auflade- bzw.
Entladekurvenformen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbei-
5 spielen mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen weiter
beschrieben. Es stellen dar:

- Fig. 1 eine Schaltungsanordnung zur Ansteuerung eines
Piezoaktors,
10
Fig. 2 den zeitlichen Verlauf einiger Größen im Betrieb
der Schaltungsanordnung von Fig. 1,
Fig. 3 eine Schaltungsanordnung gemäß eines weiteren
15 Ausführungsbeispiels, und
Fig. 4 den zeitlichen Verlauf einiger Größen im Betrieb
der Schaltungsanordnung von Fig. 3.
20 Fig. 1 zeigt eine Schaltungsanordnung (Endstufe) 10 zur
Ansteuerung eines Piezoaktors P eines Kraftstoff-
Einspritzventils einer Brennkraftmaschine eines
Kraftfahrzeugs. Die Ansteuerung erfolgt durch Aufladen und
Entladen des eine kapazitive Last darstellenden Piezoaktors
25 P.

Die Schaltungsanordnung 10 umfasst eine erste Spannungsquelle
zur Bereitstellung einer auf eine elektrische Masse GND
bezogenen ersten Spannung U_b und eine zweite Spannungsquelle
30 zur Bereitstellung einer auf die elektrische Masse GND
bezogenen zweiten Spannung U_h , die kleiner als die erste
Spannung U_b ist. Im dargestellten Ausführungsbeispiel beträgt
 U_b z. B. etwa 200 V und U_h etwa 100 V.

Ein Schaltungsknoten K ist über einen ersten Schalter S1 mit der Spannung U_b , über einen zweiten Schalter S3, S4 mit der Spannung U_h und über einen dritten Schalter S2 mit der Masse
5 GND verbindbar.

Die Schaltvorgänge im Betrieb der Schaltungsanordnung 10 werden unten noch detailliert beschrieben und werden durch eine Steuereinrichtung SE bewirkt, welche hierfür
10 Steuersignale s1 (für den Schalter S1), s2 (für den Schalter S2), s3 und s4 (für den Schalter S3, S4) erzeugt und ausgibt.

Wenngleich dies der Einfachheit halber in der Figur nicht dargestellt ist, so sind die Schalter bei diesem
15 Ausführungsbeispiel durch Schalttransistoren (z. B. FETs) gebildet.

Die Schalter S1 und S2 sind jeweils von einem Transistor gebildet, dessen Steueranschluss (Gate bzw. Basis) mit dem
20 Ansteuersignal s1 bzw. s2 versorgt wird.

Der Schalter S3, S4 ist in der Figur als Reihenschaltung zweier Einzelschalter S3 und S4 eingezeichnet. Dies deshalb, weil dieser Schalter tatsächlich aus einer Reihenschaltung
25 von zwei FETs gebildet ist, um einen Strom in beiden entgegengesetzten Richtungen schalten zu können. Wird S3 eingeschaltet, so kann ein Strom über S3 und die "intrinsische Source-Drain-Diode" von S4 in einer Richtung (in Fig. 1 von rechts nach links) fließen. Der umgekehrte
30 Stromfluss (in Fig. 1 von links nach rechts) lässt sich dementsprechend durch Einschalten von S4 freigeben. Die zum Schalten der Einzelschalter S3 und S4 erforderlichen und von

11

der Steuereinrichtung SE gelieferten Ansteuersignale sind mit s3 bzw. s4 bezeichnet.

Der Piezoaktor P ist an Ausgangsanschlüssen A1 und A2 an die
5 Schaltungsanordnung 10 angeschlossen.

In Reihenschaltung mit dem Piezoaktor P ist eine
Stromeinstelleinrichtung in Form einer Stromquelle CS
vorgesehen, über welche der Piezoaktor P beim Aufladen und
10 Entladen bestromt wird.

Die Stromquelle CS ist im dargestellten Ausführungsbeispiel
ebenfalls als ein Transistor ausgebildet, dessen
Steueranschluss mit einem Ansteuersignal sip beaufschlagt
15 wird, welches ebenfalls von der Steuereinrichtung SE erzeugt
wird. Anders als die Ansteuersignale s1 bis s4 wird mit dem
Ansteuersignal sip kein Einschalten und Ausschalten des
betreffenden Transistors bewirkt, sondern ein bestimmter
Laststrom Ip beim Aufladen und Entladen eingestellt.

20 Abweichend von der dargestellten "versorgungsseitigen"
Anordnung der Stromquelle CS zwischen dem Schaltungsknoten K
und dem Ausgangsanschluss A1 ist in der Praxis oftmals eine
Variante von besonderem Vorteil, bei welcher die Stromquelle
25 CS "masseseitig", also zwischen der elektrischen Masse GND
und dem Ausgangsanschluss A2 angeordnet ist.

Nachfolgend wird unter Heranziehung auch der Fig. 2 die
Ansteuerung des Piezoaktors P mittels der Schaltungsanordnung
30 10 beschrieben.

Fig. 2 zeigt am Beispiel eines Ansteuerzyklus (eine Aufladung
und eine nachfolgende Entladung) die Verläufe verschiedener

12

Größen im Betrieb der Schaltungsanordnung 10 in Abhängigkeit von der Zeit t .

Im oberen Teil von Fig. 2 sind die Verläufe einer

5 Knotenspannung U_s (zwischen dem Schaltungsknoten K und der elektrischen Masse GND), und der Last- bzw. Piezospannung U_p eingezeichnet. Im unteren Teil von Fig. 2 ist der Verlauf des Laststromes I_p dargestellt ist.

10 Die Aufladung des Piezoaktors P erfolgt während einer Zeitspanne, die sich aus einer ersten Aufladephase "a" und einer sich unmittelbar daran anschließenden zweiten Aufladephase "b" zusammensetzt.

15 Die Entladung des Piezoaktors P erfolgt während einer Zeitspanne, die sich aus einer ersten Entladephase "c" und einer zweiten Entladephase "d" zusammensetzt.

Die in Fig. 2 außerdem eingezeichneten Phasen S_{1on} , S_{2on} ,
20 S_{3on} und S_{4on} bezeichnen diejenigen Zeitspannen, in denen die Schaltelemente S_1 , S_2 , S_3 bzw. S_4 eingeschaltet sind.

Im dargestellten Ansteuerungsbeispiel soll der dargestellte, insgesamt trapezförmige Verlauf der Piezospannung U_p
25 bewerkstelligt werden. Die einzelnen Phasen lassen sich wie folgt beschreiben:

Während der ersten Aufladephase "a" ist der zweite Schalter S_3 , S_4 (genau genommen: S_4) geschlossen, um den Piezoaktor P
30 aus der Spannung U_h teilweise aufzuladen. Dabei steigt die Piezospannung U_p kontinuierlich an. Der konkrete Verlauf ist durch entsprechende Ansteuerung der Stromquelle CS einstellbar. Am Ende dieser Phase ist die Piezospannung U_p

13

auf die "Hilfsspannung" U_h abzüglich der für die Funktion der Stromquelle CS notwendigen Mindestspannung (ΔU_{ip}) angestiegen.

5 Während der zweiten Aufladephase "b" ist alternativ oder zusätzlich der erste Schalter S1 geschlossen, um den Piezoaktor P aus der (höheren) Spannung U_b weiter aufzuladen. Dabei steigt die Piezospaltung U_p weiter an, etwa bis auf die doppelt so hohe Versorgungsspannung U_b . Der konkrete Verlauf
10 wird wieder durch die entsprechende Ansteuerung der Stromquelle CS festgelegt.

Während der ersten Entladephase "c" ist der zweite Schalter S3, S4 (genau genommen: S3) geschlossen, um den Piezoaktor P
15 in die Spannung U_h teilweise zu entladen. Dabei wird Energie aus dem Piezoaktor P in die Spannungsversorgung zurückgeliefert. Der konkrete Verlauf der Piezospaltung U_p bzw. des Laststromes I_p wird wieder durch die entsprechende Ansteuerung der Stromquelle CS festgelegt. Am Ende dieser
20 Phase erreicht die Piezospaltung U_p das Niveau der Spannung U_h zuzüglich der für die Funktion der Stromquelle CS notwendigen Mindestspannung (ΔU_{ip}).

Während der zweiten Entladephase "d" ist alternativ oder
25 zusätzlich der dritte Schalter S2 geschlossen, um den Piezoaktor P in die elektrische Masse GND weiter zu entladen. Der konkrete Entladungsverlauf wird wieder durch die Ansteuerung der Stromquelle CS definiert. Die Entladung kann vollständig (bis auf $U_p = 0$) vorgesehen sein.

30

Durch die erfindungsgemäß vorgesehene Umschaltung der an der Stromquelle CS liegenden Spannung (von U_b auf U_h bzw. umgekehrt) ergibt sich der Vorteil einer deutlich reduzierten

Verlustleistung in der Stromquelle. Damit kann ein Wirkungsgrad erzielt werden, der vergleichbar dem Wirkungsgrad bekannter Endstufenkonzepte ist.

- 5 Ein noch wesentlicherer Vorteil der beschriebenen Schaltungsanordnung bzw. des damit bewerkstelligten Ansteuerverfahrens liegt im Kostenbereich. Es lassen sich nämlich deutliche Einsparungen bei teuren Induktivitäten, Kondensatoren und Leistungshalbleitern erzielen. Außerdem
- 10 stellt die Schaltungsanordnung geringe Bauraumanforderungen und besitzt eine hohe Robustheit, was insbesondere bei so genannter "Vorort-Elektronik" (z. B. im Motorraum eines Kraftfahrzeuges) von großer Bedeutung ist.
- 15 Bei dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel können die beiden erforderlichen Spannungen U_b und U_h insbesondere als Ausgangsspannungen von zwei DC/DC-Spannungswandlern einer Automobilelektronik vorgesehen sein. Nachfolgend wird ein modifiziertes Ausführungsbeispiel mit Bezug auf die Fig. 3
- 20 und 4 beschrieben, welches die Einsparung eines DC/DC-Spannungswandlers ermöglicht.

- Fig. 3 zeigt eine Schaltungsanordnung 100, die in Aufbau und Funktion im Wesentlichen der oben beschriebenen
- 25 Schaltungsanordnung 10 entspricht. Einander entsprechende Schaltungskomponenten sind mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

- Die Modifikation der Schaltungsanordnung 100 besteht darin,
- 30 dass die zweite Spannung bzw. "Hilfsspannung" U_h in sehr einfacher Weise innerhalb der Schaltungsanordnung 100 erzeugt wird (letztlich aus der zugeführten ersten Spannung U_b). Es ist ein Kondensator C_h vorgesehen, der wie in Fig. 3

15

ersichtlich einerseits mit der Spannung U_b verbunden ist und andererseits mit dem Schalter S3, S4 verbunden ist. Der mit S3, S4 verbundene Kondensatoranschluss bildet gewissermaßen die Quelle der "zweiten Spannung" U_h .

5

Im Betrieb der Schaltungsanordnung 100, der genauso wie oben für die Schaltungsanordnung 10 beschrieben erfolgt, stellt sich am Kondensator Ch selbsttätig ein Gleichgewicht zwischen entnommener und rückgespeicherter Energie ein, wodurch sich eine eigene Spannungserzeugung an dieser Stelle vorteilhaft

10 erübrigt. Abweichend vom dargestellten Ausführungsbeispiel könnte der Kondensator Ch anstatt mit der ersten Spannung U_b auch mit einer anderen festen Spannung, insbesondere z. B. der elektrischen Masse GND verbunden sein.

15

Fig. 4 ist eine Zeitverlaufsdarstellung ähnlich der Fig. 2, jedoch für den Betrieb der in Fig. 3 dargestellten Schaltungsanordnung 100.

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zum Aufladen und Entladen einer kapazitiven Last (P), insbesondere eines Piezoaktors für ein Kraftstoff-Einspritzventil einer Brennkraftmaschine, umfassend
- eine erste Spannungsquelle zur Bereitstellung einer auf eine elektrische Masse (GND) bezogenen ersten Spannung (U_b),
 - eine zweite Spannungsquelle zur Bereitstellung einer auf die elektrische Masse (GND) bezogenen zweiten Spannung (U_h), die kleiner als die erste Spannung (U_b) ist,
 - einen Schaltungsknoten (K), der über einen ersten Schalter (S1) mit der ersten Spannung (U_b), über einen zweiten Schalter (S3,S4) mit der zweiten Spannung (U_h) und über einen dritten Schalter (S2) mit der elektrischen Masse (GND) verbindbar ist,
 - eine in Reihenschaltung mit der Last (P) angeordnete Stromeinstelleinrichtung (CS), über welche die Last beim Aufladen und Entladen bestromt wird, und
 - eine Steuereinrichtung (SE) zur Ansteuerung der Schalter (S1 bis S4) und der Stromeinstelleinrichtung (CS), derart, dass
- a) während einer ersten Aufladephase (a) der zweite Schalter (S3,S4) geschlossen ist, um die Last (P) aus der zweiten Spannung (U_h) teilweise aufzuladen,

- b) während einer zweiten Aufladephase (b) der erste Schalter (S1) geschlossen ist, um die Last (P) aus der ersten Spannung (U_b) weiter aufzuladen,
- 5 c) während einer ersten Entladephase (c) der zweite Schalter (S3,S4) geschlossen ist, um die Last (P) in die zweite Spannung (U_h) teilweise zu entladen, und
- 10 d) während einer zweiten Entladephase (d) der dritte Schalter (S2) geschlossen ist, um die Last (P) in die elektrische Masse (GND) weiter zu entladen.
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, wobei die
- 15 Stromeinstelleinrichtung wenigstens eine separat von den Schaltern (S1 bis S4) ausgebildete Stromquelle (CS) umfasst.
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2, wobei der
- 20 Schaltungsknoten (K) über die Stromquelle (CS) mit der Last (P) verbunden ist.
4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2, wobei die Last (P) über die Stromquelle (CS) mit der elektrischen Masse
- 25 (GND) verbunden ist.
5. Schaltungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei wenigstens einer der Schalter (S1 bis S4), insbesondere sämtliche der Schalter, jeweils als
- 30 Transistor ausgebildet sind.
6. Schaltungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Aufladung und/oder die Entladung der

Last geregelt erfolgt.

7. Schaltungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die zweite Spannungsquelle von einem Kondensator (Ch) gebildet ist.
8. Schaltungsanordnung nach Anspruch 7, wobei die zweite Spannung (Uh) an einem Anschluss des Kondensators (Ch) bereitgestellt wird, dessen anderer Anschluss mit der ersten Spannung (Ub) oder mit elektrischer Masse (GND) verbunden ist.
9. Verfahren zum Aufladen und Entladen einer kapazitiven Last (P), insbesondere eines Piezoaktors für ein Kraftstoff-Einspritzventil einer Brennkraftmaschine, umfassend
- Bereitstellung einer auf eine elektrische Masse (GND) bezogenen ersten Spannung (Ub),
 - Bereitstellung einer auf die elektrische Masse (GND) bezogenen zweiten Spannung (Uh), die kleiner als die erste Spannung (Ub) ist,
 - Einstellung eines Stromes (Ip), der beim Aufladen und Entladen durch die Last (P) fließt, und
 - Ansteuerung von Schaltern (S1 bis S4) und der Stromeinstellung (CS), derart, dass
- a) während einer ersten Aufladephase (a) die Last (P) aus der zweiten Spannung (Uh) teilweise aufgeladen wird,

19

b) während einer zweiten Aufladephase (b) die Last (P) aus der ersten Spannung (Uh) weiter aufgeladen wird,

5 c) während einer ersten Entladephase (c) die Last (P) in die zweite Spannung (Uh) teilweise entladen wird, und

d) während einer zweiten Entladephase (d) die Last (P) in die elektrische Masse (GND) weiter entladen wird.

FIG 1

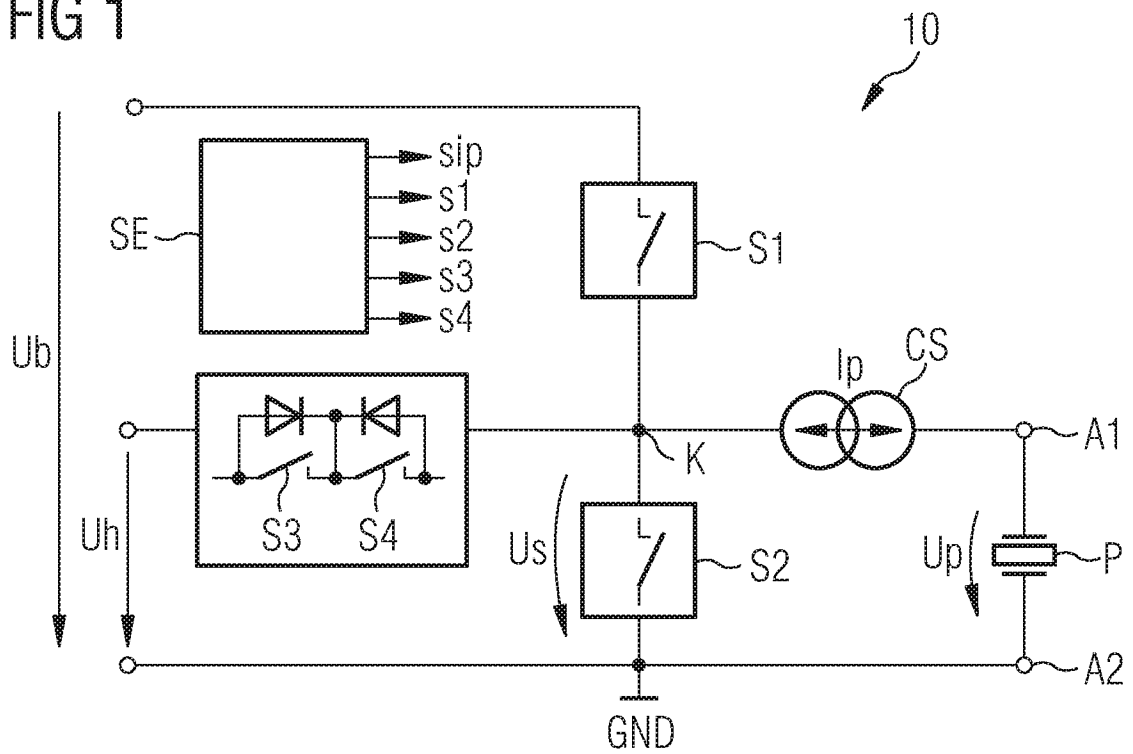


FIG 2

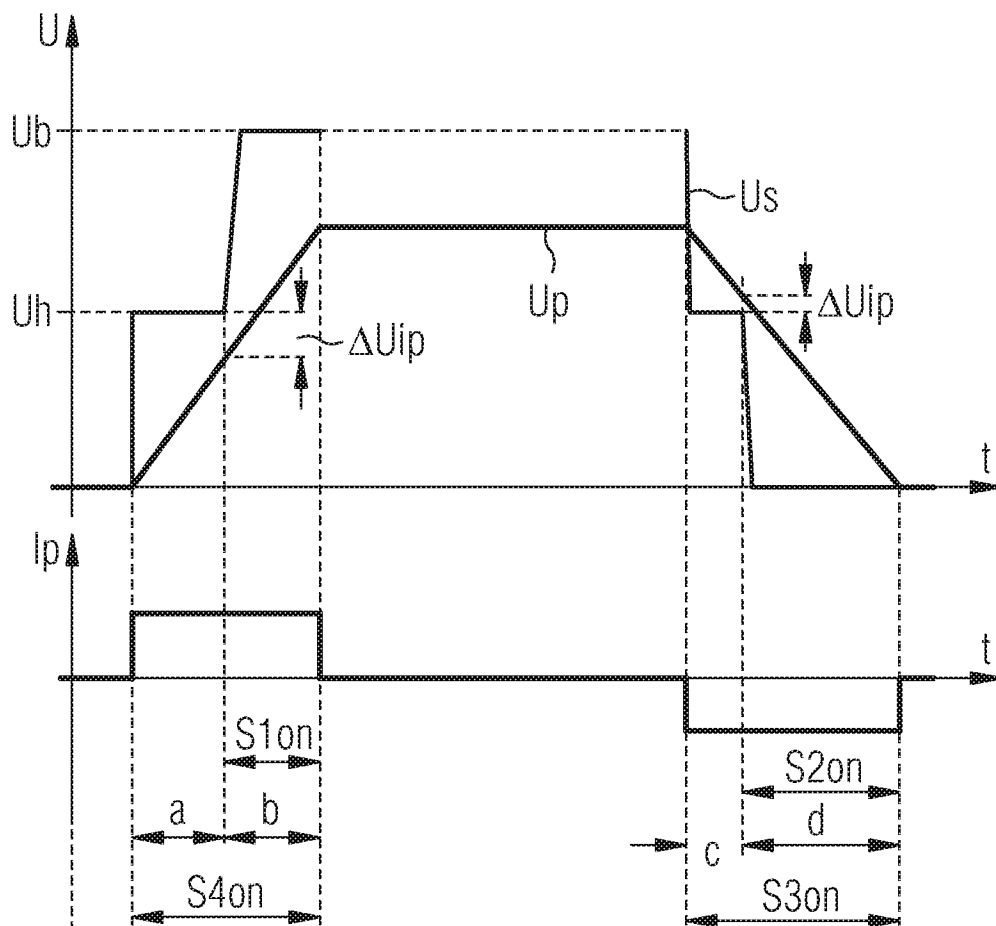


FIG 3

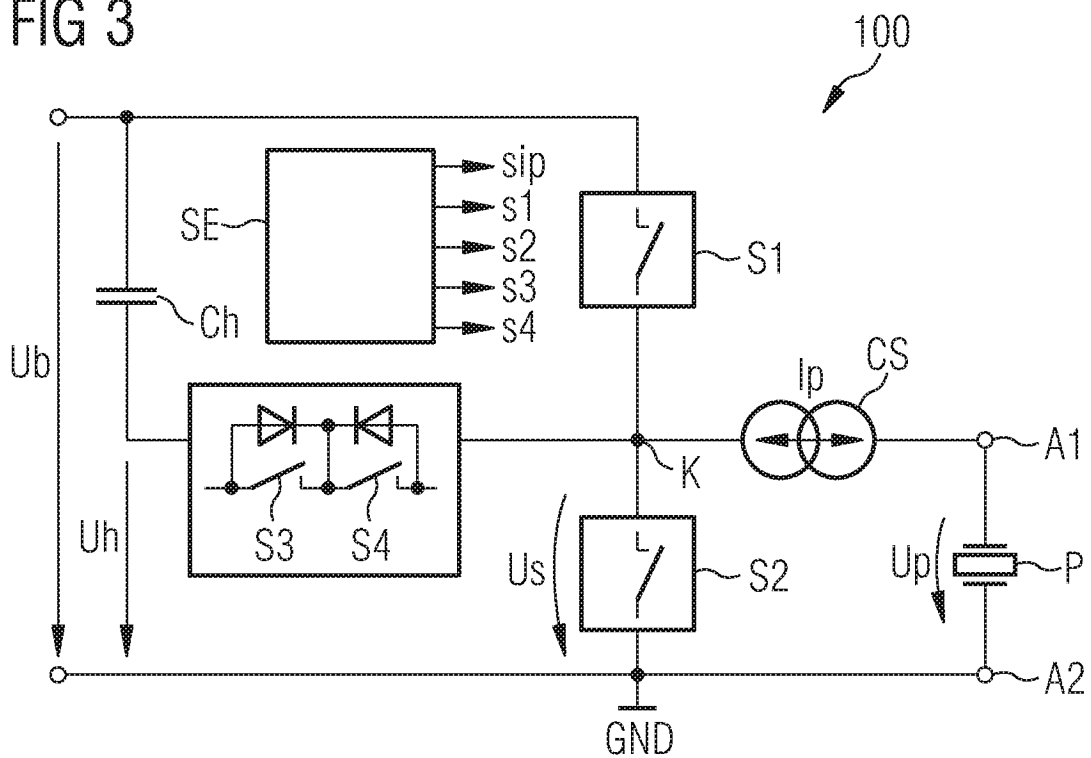
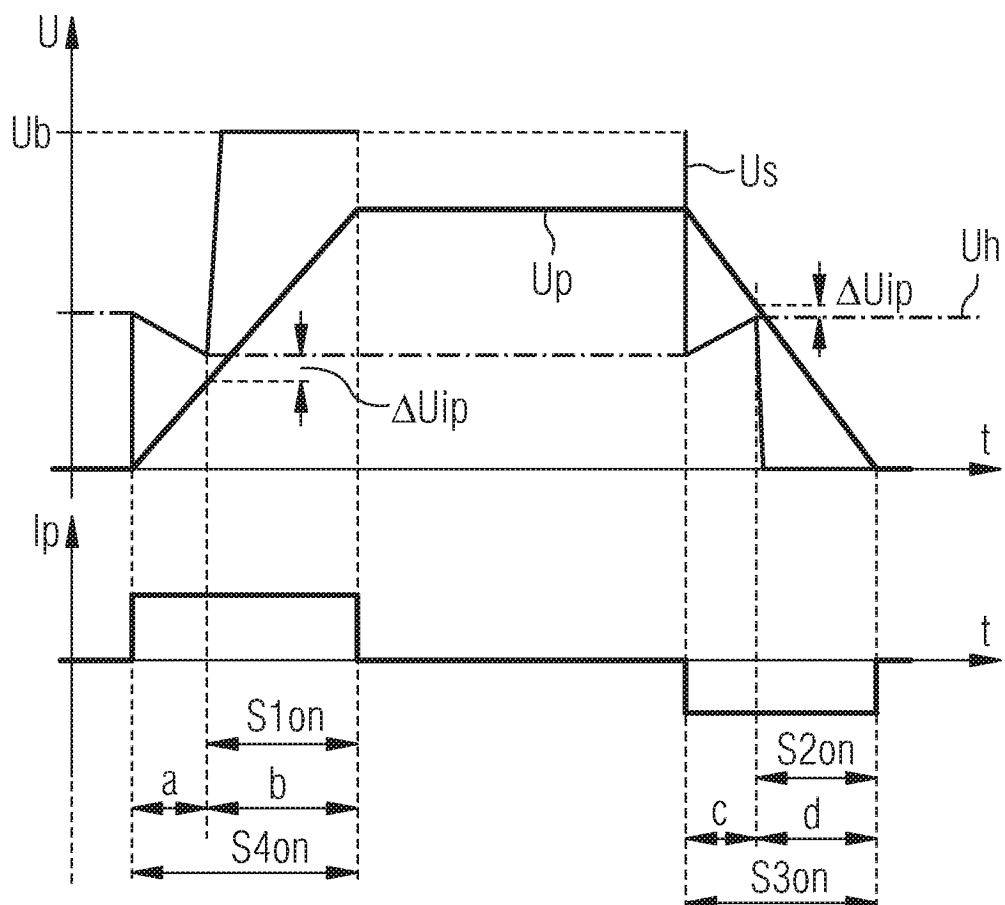


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/065568

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H01L41/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 199 44 249 A1 (SIEMENS AG [DE]) 29 March 2001 (2001-03-29) -----	1-9
A	DE 10 2005 040531 A1 (SIEMENS AG [DE]) 22 March 2007 (2007-03-22) -----	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

* & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 Februar 2009

Date of mailing of the international search report

10/03/2009

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Koskinen, Timo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2008/065568

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19944249	A1	29-03-2001	FR 2798536 A1	16-03-2001
DE 102005040531	A1	22-03-2007	CN 101310102 A	19-11-2008
			EP 1917433 A1	07-05-2008
			WO 2007023159 A1	01-03-2007
			KR 20080082598 A	11-09-2008
			US 2008238199 A1	02-10-2008

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/065568

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01L41/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

H01L F02D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 199 44 249 A1 (SIEMENS AG [DE]) 29. März 2001 (2001-03-29) -----	1-9
A	DE 10 2005 040531 A1 (SIEMENS AG [DE]) 22. März 2007 (2007-03-22) -----	1-9

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. Februar 2009

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

10/03/2009

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Koskinen, Timo

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/065568

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19944249 A1	29-03-2001	FR 2798536 A1	16-03-2001
DE 102005040531 A1	22-03-2007	CN 101310102 A	19-11-2008
		EP 1917433 A1	07-05-2008
		WO 2007023159 A1	01-03-2007
		KR 20080082598 A	11-09-2008
		US 2008238199 A1	02-10-2008