

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
14. November 2002 (14.11.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/090767 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: F02P 3/05,
3/055, 15/10

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): DAIMLERCHRYSLER AG [DE/DE]; Epplestrasse
225, 70567 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/04017

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:
11. April 2002 (11.04.2002)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHMOLLA, Wil-
fried [DE/DE]; Am Steinberg 81, 63128 Dietzenbach
(DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(74) Gemeinsamer Vertreter: DAIMLERCHRYSLER AG;
DaimlerChrysler AG, Intellectual Property Management,
Postfach 35 35, 74025 Heilbronn (DE).

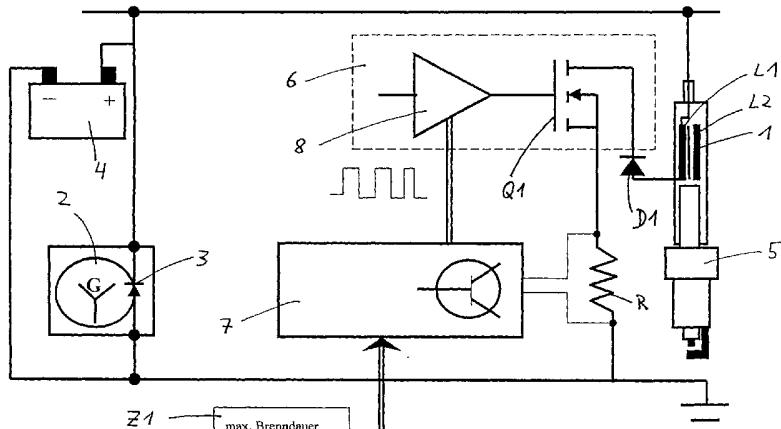
(30) Angaben zur Priorität:
101 21 993.8 5. Mai 2001 (05.05.2001) DE

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: IGNITION SYSTEM FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES

(54) Bezeichnung: ZÜNDSYSTEM FÜR VERBRENNUNGSMOTOREN



Z1... MAX. COMBUSTION TIME

(57) Abstract: The invention relates to an ignition system for a 14 V or 42 V vehicle supply, which is directly applied to the ignition transformer by means of the semiconductor power end-stage, without intermediate network components. The semiconductor power stage is activated by an ignition controller, according to an input signal from a higher engine controller. A current thus grows on the primary side of the ignition transformer. The primary side of the ignition transformer is extinguished for a given period after a given maximum current value is first achieved. During this period, a high voltage for spark initiation is generated at the electrodes of the spark plug, by the principle of self-induction. After striking of the spark, the primary side of the ignition transformer is time-controlled and current-limited until the end of the ignition process, which is determined by the higher motor controller. The time control works with selected given time intervals, by means of which the semiconductor power stage is alternately switched on and off. A current limit is superimposed on said time control, which always extinguishes the primary side of the ignition transformer when the primary current reaches the given maximum value.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Zündsystem für eine 14 V oder 42 V Bordnetzspannung, die ohne Zwischen-
netzteil direkt über die Halbleiterleistungsendstufe an den Zündtransformator angelegt ist. Nach einem Eingangssignal von einem
übergroßen Motorsteuergerät wird die Halbleiterleistungsstufe von einer Zündregelung eingeschaltet.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/090767 A1



(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Hierdurch baut sich an der Primärseite des Zündtransformators ein Strom auf. Nach dem erstmaligen Erreichen einer vorgegebenen Maximalstromwertes wird die Primärseite des Zündtransformators für eine vordefinierte Zeitspanne abgeschaltet. In dieser Zeitspanne baut sich nach dem Prinzip der Selbstinduktion an den Elektroden der Zündkerze eine Hochspannung für den Funkendurchbruch auf. Nach dem Funkendurchbruch wird die Primärseite des Zündtransformators bis zum Ende des Zündvorgangs, der durch das übergeordnete Motorsteuergerät vorgegeben ist, zeitgesteuert und strombegrenzt. Die Zeitsteuerung arbeitet mit ausgewählten, vorgegebenen Zeitintervallen mit denen die Halbleiterleistungsstufe abwechselnd ein und ausgeschaltet wird. Dieser Zeitsteuerung ist eine Strombegrenzung überlagert, die immer dann die Primärseite des Zündtransformators abschaltet, wenn der Primärstrom den vorgegebenen Maximalwert erreicht.

Zündsystem für Verbrennungsmotoren

Die Erfindung betrifft ein Hybridzündsystem für Verbrennungsmotoren mit 14V oder 42V Bordnetzspannung mit einer zeit- und stromgesteuerten Zündendstufe mit zwei Betriebsphasen. In der ersten Phase wird aus der im Magnetfeld des Zündtransformators gespeicherten

5 Energie eine Selbstinduktionsspannung für den Funkendurchbruch erzeugt. In der zweiten Phase erzeugt das Zündsystem mit einer Zeitsteuerung der Zündendstufe und überlagerter Strombegrenzung eine Wechselspannung für den Zündfunken, so daß der Zündfunken auch bei erhöhtem Brennspannungsbedarf durch Gasströmung am Funkenort unterbrechungsfrei brennt. Das Hybridzündsystem benötigt kein Zwischennetzteil.

10 Die Erfindung geht aus von einem Zündsystem, wie es in der DE 197 00 179 C2 der Firma Bosch beschrieben ist. Derartige Wechselstromzündsysteme arbeiten nach dem Prinzip des Resonanzwandlers. Ein typischer Aufbau enthält ein Zwischennetzteil, mit dem die Bordnetzspannung des Bordnetzgenerators auf Werte in der Größenordnung von 200V auf der Primärseite des als Resonanzwandler ausgebildeten Zündtransformators hochtransformiert
15 wird. Mit einem Regel- und Steuergerät wird eine Halbleiterleistungsstufe angesteuert und der Strom auf der Primärseite des Zündtransformators bei Erreichen eines vorgegebenen veränderbaren Abschaltstromes unterbrochen. Der Strom auf der Sekundärseite des Zündtransformators entspricht dem Funkenstrom und ergibt sich aus dem Übersetzungswert des Zündtransformators, nämlich im wesentlichen aus dem Primärstrom, dem Kopplungsfaktor des Zündtransformators und der Quadartwurzel aus dem Verhältnis der Induktivitäten
20 auf der Primärseite und der Sekundärseite.

Wechselstromzündsysteme haben gegenüber kapazitiv oder rein induktiv arbeitenden Zündsystemen den Vorteil, daß die Zündenergie aus dem Zwischennetzteil kontinuierlich an den Zündfunken übertragen wird. Die maximale Brenndauer des Zündfunkens wird durch die
25 maximale Leistung des Zwischennetzteil des Zündsystems bestimmt. Durch die Kombination von Funkenzündung und Ionenstrommeßtechnik ergeben sich geschlossene Regelkreise, die es ermöglichen das gesamte Zündverfahren einschließlich Zündkerze und Zündfunken lau-

fend zu überwachen und mit möglichst geringem Funkenstrom und damit möglichst geringem Kerzenabbrand zu betreiben.

Vorbeschriebene Wechselstromzündsysteme haben den Nachteil, ein Netzteil zur Erzeugung einer Zwischenspannung von ca. 200V und einen Resonanzwandler als Zündenstufe zu benötigen. Das Netzteil und der Resonanzwandler verursachen zusätzliche Kosten durch Herstellung und Einbau. Es ist deshalb das Ziel und die Aufgabe dieser Erfindung ein geeignetes Zündsystem ohne Zwischennetzteil und ohne Resonanzwandler anzugeben, ohne die Vorteile von Wechselstromzündsystemen zu verlieren.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen enthalten.

Die Lösung gelingt durch ein Zündsystem für eine 14 V oder 42 V Bordnetzspannung, die ohne Zwischennetzteil direkt an die Zündendstufe angelegt ist. Nach einem Eingangssignal von einem übergeordneten Motorsteuergerät wird die Halbleiterleistungsstufe von einer Zündregelung eingeschaltet. Hierdurch baut sich an der Primärseite des Zündtransformators ein Strom auf. Nach dem erstmaligen Erreichen eines vorgegebenen Maximalstromwertes wird die Primärseite des Zündtransformators für eine vorgegebene Zeitspanne abgeschaltet. In dieser Zeitspanne baut sich nach dem Prinzip der Selbstinduktion an den Elektroden der an den Zündtransformator sekundärseitig angeschlossenen Zündkerze eine Hochspannung für den Funkendurchbruch auf. Nach dem Funkendurchbruch wird die Primärseite des Zündtransformators bis zum Ende des Zündvorgangs, der durch das übergeordnete Motorsteuergerät vorgegeben ist, zeitgesteuert und stromgesteuert. Die Zeitsteuerung arbeitet mit ausgewählten, vorgegebenen Zeitintervallen, in denen die Halbleiterleistungsstufe abwechselnd ein und ausgeschaltet wird. Die Einschaltzeit wird so kurz gewählt, daß bei einer Abnahme der Leitfähigkeit des Zündplasmas wegen des begrenzten Spannungsangebotes aus dem Produkt von Bordnetzspannung und Übersetzungsverhältnis des Zündtransformators nach kurzer Zeit

wieder eine höhere Selbstinduktionsspannung während der Ausschaltzeit angeboten wird. Die Einschaltzeit wird aber so lang gewählt, daß ein intermittierender Aufbau der gespeicherten Energie im Fall geringer gespeicherter Energie erfolgt. Für den Hochspannungsaufbau für den ersten Funkendurchbruch wird viel Energie gebraucht, so daß wieder Energie nachgeladen werden muß. Die Ausschaltzeit wird ebenfalls möglichst kurz gewählt, damit die Abnahme der im Zündtransformator gespeicherten Energie während der Auschaltzeit klein ist. Typische Werte für die Einschaltzeit sind 10-200 μ s und für die Ausschaltzeit 5-50 μ s. Der Zeitsteuerung ist eine Strombegrenzung überlagert, die immer dann die Primärseite des Zündtransformators abschaltet, wenn der Primärstrom den vorgegebenen Maximalwert erreicht.

- 10 Die Maximalstrombegrenzung schützt die Bauteile des Zündsystems und das Bordnetz vor einer Überlastung. In Verbindung mit einem hohen Kopplungsfaktor des Zündtransformators wird durch die Maximalstrombegrenzung auch der Zündfunkenstrom während der Einschaltzeit vorteilhaft begrenzt.

Mit der Erfindung werden hauptsächlich die folgenden Vorteile erzielt:

- 15 Der Zündtransformator hat ein Übersetzungsverhältnis ü, das für eine Bordnetzspannung von 14 V größer als 100 und für eine Bordnetzspannung von 42 V größer als 50 ist. Das große Übersetzungsverhältnis des Zündtransformators ermöglicht den direkten Anschluß der Bordnetzspannung an die Zündendstufe. Dadurch entfällt mit Vorteil das bei Wechselstromzündungen übliche Zwischennetzteil, mit dem die Bordnetzspannung auf 200 V hochtransformiert wird.

- 20 Durch die Zeitsteuerung des Zündfunkens nach dem Funkendurchbruch mit wiederholtem Ein- und Ausschalten der Primärseite und einem Kopplungsfaktor des Zündtransformators >0,7 entfällt der ansonsten bei Wechselstromzündungen notwendige Resonanzschwingkreis. Die Ein- und Ausschaltvorgänge bewirken nach dem Durchflußwandler und Selbstinduktions- bzw. Sperrwandlerprinzip in der Zündendstufe und damit auch an der Zündkerze eine Wechselspannung.

Durch wiederholtes Einschalten des Primärstromes wird immer wieder Energie aus dem Bordnetz in den Zündtransformator nachgeliefert. Die für die Entflammung des Brennstoffgemisches notwendige Gesamtenergie muß also nicht als gesamtes Energiepaket in der Zündspule oder in einem Zwischennetzteil gespeichert werden. Es genügt die Speicherung geringer Energiemengen im Zündtransformator, um den Zündfunken aufrecht zu erhalten. Dies ermöglicht eine kompakte Bauweise des Zündtransformators und ermöglicht den Einsatz von Stabzündtransformatoren, die z. B. in den Patentanmeldungen der DaimlerChrysler AG mit dem Aktenzeichen DE 198 40 765 A1 und der nachveröffentlichten DE 199 62 368 beschrieben sind.

- 10 Da die Brenndauer bei der Erfindung durch die Zeitsteuerung vom Motorsteuergerät bestimmt wird und nicht wie im Stand der Technik durch den Energieinhalt im Zündtransformator oder vom Zwischennetzteil, läßt sich die Brenndauer bei der Erfindung variabel gestalten. Der relativ geringe Energieinhalt des Zündtransformators hat zudem eine kurze Ausbrennzeit des Zündfunkens am Ende der Brenndauer zur Folge, was wiederum eine positive
15 Auswirkung auf eine Ionenstrommessung hat. Eine lange Nachbrenndauer verfälscht die Ergebnisse einer Ionenstrommessung, da sich die Meßergebnisse durch die Nachbrenndauer denen der eigentlichen Ionenstrommessung überlagern.

Bei einem Anblasen des Zündfunkens durch Gasströmung im Zylinder besitzt das erfindungsgemäße Zündsystem die Fähigkeit, eine entsprechend hohe Brennspannung zu liefern
20 und bei sehr hohen Brennspannungen den Zündfunken in Elektrodennähe mit der erforderlichen Durchbruchsspannung neu zu starten. Wenn der Funkendurchbruch einmal erfolgt ist, und das Brennstoffgemisch bereits ionisiert ist, genügt für den erneuten Funkendurchbruch eine wesentlich kleinere Durchbruchsspannung. Diese Durchbruchsspannung wird aber bei der Erfindung nach jedem Abschalten des Primärstromes durch die Zeitsteuerung wieder erreicht,
25 so daß über die ganze Brenndauer immer wieder nachgezündet werden kann, sollte der Zündfunkens stark angeströmt werden.

Diese Nachzündreserve wird mit Vorteil dann aufgebaut, wenn während der Brenndauer in der Einschaltzeit ein Anteil des Primärstromes zur Aufrechterhaltung des Zündfunkens und ein Anteil des Primärstromes zum Aufbau eines Magnetfeldes im Zündtransformator benutzt wird.

- 5 Bei einem ungewollten Erlöschen des Zündfunkens besitzt das erfindungsgemäße Zündsystem optional die Fähigkeit zur Nachzündung des Zündfunkens. Hierzu ist die Verbindung der Halbleiterleistungsstufe mit der Primärwicklung L1 des Zündtransformators mit einer optionalen Rückwärtssperre diode D1 ausgebildet. Die Diode bewirkt, daß bei einem erlöschten Zündfunken die Selbstinduktionsspannung an L1 am Anschluß zu D1 von positiven
10 Spannungen zu negativen Spannungen und zurück mit der Eigenfrequenz des Zündtransformators schwingen kann. Damit wird während der Ausschaltzeit Energie in den Zündtransformator zurückgespeichert. Der Zündtransformator erhält eine Nachzündreserve. Während
15 der Einschaltzeit wird zusätzliche Energie im Zündtransformator gespeichert. Mit der gespeicherten Energie wird auf der Sekundärseite des Zündtransformators an L2 für die Zündkerze während der Ausschaltzeit eine hohe Spannung für einen erneuten Funkendurchbruch aufgebaut. Der Vorgang setzt sich bis zu einem erneuten Funkendurchbruch fort.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand von Zeichnungen dargestellt und näher erläutert. Es zeigen:

- 20 Fig.1 eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Zündsystems,

Fig. 2 schematische Spannungs- und Strom-Zeitdiagramme in Relation zu den Ansteuersignalen für ein erfindungsgemäßes Zündsystem,

Fig. 3 eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung mit mehreren Stabzündtransformatoren, in die die Zeitsteuerung und die Stromsteuerung für den Zündfunken jeweils integriert ist.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung der Erfindung. An einen Transformator, der als
5 Zündtransformator 1 mit einer Primärwicklung L1 und einer Sekundärwicklung L2 ausgebildet ist, ist die von einem Bordnetzgenerator 2 mit integrierter Gleichrichterbrücke 3 und einer Bordnetzbatterie 4 erzeugte Bordnetzspannung über eine Halbleiterleistungsstufe 6 und eine optionale Diode D1 angelegt. Die Sekundärseite L2 des Zündtransformators ist mit den Elektroden einer Zündkerze 5 verbunden. Zündkerze und Zündtransformator sind in dem dargestellten Ausführungsbeispiel als integrierter Stabzündtransformator gezeigt. Dies ist eine vorteilhafte Ausführungsvariante der Erfindung. In einer weniger vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung können der Zündtransformator und die Zündkerze auch als voneinander getrennte Bauteile ausgeführt sein, die über elektrische Leitungen miteinander verbunden sind. Die Primärseite L1 des Zündtransformators ist mit ihrer einen Seite an die positive
10 Spannungsschiene der Bordnetzspannung angeschlossen und wird an ihrer zweiten Seite mit einer Halbleiterleistungsstufe 6 und einem Stromsensor, der hier als Meßwiderstand R ausgebildet ist, auf die Masseleitung der Bordnetzspannung geschaltet. Die Ansteuerung der Halbleiterleistungsstufe 6 erfolgt durch ein Zündsteuergerät 7. Das Zündsteuergerät, die Halbleiterleistungsstufe und der Stromsensor sind ein Ausführungsbeispiel für die Zündelektronik.
15 Die Zündelektronik ist nicht auf diese Ausführungsform beschränkt. Als Stromsensor kann auch eine Stromzange, mit dem der Strom in der Primärspule gemessen wird, eingesetzt werden. Die Leistungsstufe muß nicht unbedingt als Halbleiterleistungsstufe ausgebildet sein. Die Aufteilung zwischen Zündsteuergerät und Motorsteuergerät ist mehr gedanklicher Art und orientiert sich in der Anwendung an praktischen Gegebenheiten. Insbesondere können
20 Zündsteuergerät und Motorsteuergerät als Einheit ausgebildet sein. Bevorzugt ist jedoch eine integrierte Zündelektronik die als integrierter Schaltkreis in einen Stabzündtransformator integriert ist.

Der Signalverlauf und die mit dem Signalverlauf bewirkten Strom-Spannungs-Zeitdiagramme an den Elektroden der Zündkerze sind in Fig. 2 dargestellt. Das Zündsteuer-

gerät erhält von einem übergeordneten Motorsteuergerät oder von einem Kurbel- und Nockenwellensensor ein Ansteuersignal Z1, das ein Zeitfenster vorgibt, innerhalb dessen der Zündfunke brennt und eine Entflammung im Verbrennungsraum eines Motorzylinders erfolgen kann. Nach Anliegen des Ansteuersignals Z1 am Zündsteuergerät 7 schaltet dieses die 5 Halbleiterleistungsstufe 6 ein. Die Halbleiterleistungsstufe ist gebildet aus einer geeigneten Verstärkerschaltung 8, zur Ansteuerung der Endstufe Q1. Die Endstufe ist vorteilhaft aus einem MOSFET oder IGBT gebildet, dessen Gate von der Verstärkerschaltung 8 angesteuert wird.

Nach Einschalten der Endstufe Q1 durch Ansteuern des Gates des MOSFET's ist die Primärseite L1 des Zündtransformators leitend mit den beiden Spannungsebenen des Bordnetzes verbunden. Hierdurch baut sich im Zündtransformator ein Primärstrom I_p auf. Dieser Primärstrom wird mit einem Stromsensor detektiert und von dem Zündsteuergerät 7 erfaßt. In dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1 ist der Stromsensor aus einem Spannungsabgriff über einem Meßwiderstand R1 in der Masseleitung der Primärseite L1 gebildet. Der Spannungsabgriff ist 10 mit dem Zündsteuergerät verbunden. Erreicht der Primärstrom einen voreingestellten und im Zündsteuergerät gespeicherten Grenzwert I_p+m schaltet das Zündsteuergerät 7 die Endstufe Q1 für eine vorgegebene Zeit t_{aus} ab. Hierdurch baut sich durch Selbstinduktion auf der Sekundärseite L2 des Zündtransformators eine Hochspannung für den Funkendurchbruch an 15 den Elektroden der Zündkerze auf. Nach der Zeitspanne t_{aus} wird der Strom an der Primärseite wieder für eine ebenfalls vorgegebene Zeit t_{ein} wieder eingeschaltet, um nach der Zeitspanne t_{ein} wieder für eine weitere vorgegebene Zeitspanne t_{aus2} ausgeschaltet zu werden. 20 Die Ein- und Ausschaltvorgänge des Primärstromes wiederholen sich zyklisch bis zum Ende der durch das Ansteuersignal Z1 vorgegebenen maximalen Brenndauer. Hierdurch entsteht an den Elektroden der Zündkerze eine Wechselspannung bis zum Ende des anliegenden Ansteuersignals Z1.

Dieser reinen Zeitsteuerung des Primärstromes aufgrund von vorgegebenen Zeitintervallen, ist für die ganze Dauer des anliegenden Ansteuersignals Z1 eine Maximalstrombegrenzung überlagert, die immer dann unabhängig von der Zeitsteuerung den Primärstrom ausschaltet, wenn der Primärstrom den vorgegebenen Maximalwert I_p+m übersteigt. Die Maximalstrom-

begrenzung schützt die Bauteile des Zündsystems und das Bordnetz vor einer Überlastung. In Verbindung mit einem hohen Kopplungsfaktor des Zündtransformators wird durch die Maximalstrombegrenzung auch der Zündfunkenstrom während der Einschaltzeit vorteilhaft begrenzt.

- 5 Da die maximale Brenndauer in Abhängigkeit der Kurbelwellendrehzahl variiert, verändert sich mit der Drehzahl der Kurbelwelle auch das Zeitfenster für die maximale Brenndauer.

Die maximale Brenndauer bildet zusammen mit der Ladezeit t_L für den erstmaligen Funken-durchbruch die Länge des Ansteuersignals Z_1 . Hierdurch wird die Brenndauer der Zündkerze variabel gehalten und an die jeweilige Motordrehzahl angepaßt. Mit dem Ende des Ansteuer-

- 10 signals Z_1 wird die Zeitsteuerung und die Strombegrenzung in dem Zündsteuergerät bis zum nächsten Anliegen eines neuen Ansteuersignals unterbrochen. Hierdurch wird die Endstufe Q_1 ebenfalls ausgeschaltet, so daß ein kontrolliertes Abschalten des Zündfunkens am Ende des Ansteuersignals Z_1 erfolgt.

Um eine möglichst gute Ausnutzung des Primärstromes zu erreichen, wird ein hoher Kopp-

- 15 lungsfaktor angestrebt. Durch Veränderung des primärseitigen Abschaltstromes ist es mög-lich den Funkenstrom in der Zündkerze zu steuern und somit an verschiedene Brennraumbe-dingungen im Zylinder anzupassen. Ein für die Erfindung geeigneter Zündtransformator hat einen Kopplungsfaktor k im Bereich von 0,7 bis 0,99, ein Übersetzungsverhältnis \dot{u} größer gleich 100 für Bordnetznennspannungen von 12V bis 14 V, ein Übersetzungsverhältnis \dot{u} größer gleich 50 für Bordnetznennspannungen von 42 V. Das Übersetzungsverhältnis des Transformatoren ist definiert als das Produkt des Kopplungsfaktors k mit der Quadratwurzel aus dem Verhältnis der Induktivitäten der Sekundärseite L_2 zu der Primärseite L_1 :

$$\ddot{u} = k \sqrt{L_2 / L_1}$$

Durch die für Zündendstufen relativ hohen Übersetzungsverhältnisse und durch das ständige Nachliefern von Zündenergie durch die Zeitsteuerung des Primärstromes, kann auf ein Zwischenkreisnetzteil und auf einen Resonanzschwingkreis verzichtet werden.

Die vorgegebenen Zeitparameter tL , $taus$, $tein$, $taus2$ hängen von den Betriebsbedingungen im

5 Brennraum des Verbrennungsmotors und von der Auslegung des Zündtransformators ab. Die Werte sind zwar für die jeweiligen aktuellen Betriebsbedingungen des Motors fest, können aber bei einer Änderung der Betriebsbedingungen z.B. durch eine Änderung der Motordrehzahl der Motorlast oder der Motortemperatur durchaus andere Werte annehmen. Bei einer primärseitigen Strombegrenzung von 20-30 A ergeben sich für ein 14V- Bordnetz ein Parameterbereich für die Ladedauer tL von 200 μ s bis 500 μ s und bei einem 42 V Bordnetz eine Ladedauer tL von 50 μ s bis 200 μ s. Für die Einschaltzeit $tein$ ergibt sich für beide Bordnetzspannungen ein Parameterbereich von 10 μ s bis 200 μ s. Für die beiden Ausschaltzeiten $taus$ und $taus2$ ergibt sich ebenfalls für beide Bordnetzspannungen jeweils ein Parameterbereich von 5 μ s bis 50 μ s. Der Kopplungsfaktor des Zündtransformators beträgt vorzugsweise
10 15 $k=0,95$.

Fig. 3 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung. Mehrere integrierte Stabzündtransformatoren werden von einem Bordnetz mit der Bordnetzspannung versorgt und jeder

Stabzündtransformator mit integrierter Zündelektronik wird von einem Motorsteuergerät wie im Zusammenhang mit Fig. 2 beschrieben mit einem Ansteuersignal als Zeitfenster für die 20 maximale Brenndauer angesteuert. Die im Zusammenhang mit Fig. 1 beschriebene Zündelektronik, bestehend aus Zündsteuergerät 7, Halbleiterleistungsstufe 6 sowie dem für die Primärstrommessung notwendigen Stromsensor, ist in Form eines integrierten Schaltkreises IC jeweils in jeden Stabzündtransformator integriert. Der IC übernimmt die Strombegrenzung und Zeitsteuerung in gleicher Weise wie im Zusammenhang mit den Fig. 1 und 2 beschrieben. Die Anzahl der integrierten Stabzündtransformatoren, die vom Bordnetz mit Spannung 25 versorgt werden, richtet sich nach der Anzahl der Verbrennungsräume im Motor und nach der Anzahl der pro Zylinder vorgesehenen Zündkerzen.

Patentansprüche

1. Zündsystem für einen Verbrennungsmotor umfassend:
 - eine Bordnetzspannung, mindestens eine Zündelektronik (IC,6,7), mindestens ein
5 Zündtransformator (1) und mindestens eine Zündkerze (5),
dadurch gekennzeichnet, daß
 - die Bordnetzspannung an die Primärseite (L1) des Zündtransformators (1) angelegt ist,
 - während eines durch ein Ansteuersignal (Z1) vorgegebenen Zeitfensters von der Zünd-
elektronik (6,7,R1,IC) für den Primärstrom (I_p) im Zündtransformator (1) eine Zeitsteue-
rung mit überlagerter Maximalstrombegrenzung durchgeführt wird, derart daß
10 – zu Beginn des Zeitfensters der Funkendurchbruch an der Zündkerze (5) erzielt wird,
indem der Primärstrom (I_p) nach Erreichen eines vorgegebenen Grenzwertes (I_p+m) für
ein vorgegebenes erstes Zeitintervall (taus) ausgeschaltet wird
 - und danach der Primärstrom (I_p) bis zum Ende des Zeitfensters durch eine Zeitsteue-
15 rung mit überlagerter Maximalstrombegrenzung abwechselnd ein- und ausgeschaltet
wird.
2. Zündsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Funkendurch-
bruch bei eingeschaltetem Primärstrom ein Anteil des Primärstromes zur Aufrechterhal-
tung des Funkenstromes benutzt wird und ein Anteil des Primärstromes zum Aufbau ei-
20 ner Nachzündreserve in Form von im Zündtransformator (1) gespeicherter magnetischer
Energie benutzt wird.
3. Zündsystem nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Zündtrans-
formator (1) und Zündelektronik (IC, 6,7) eine Rückwärtssperrdiode (D1) geschaltet ist
4. Zündsystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zündkerze (5)
25 und der Zündtransformator (1) als Stabzündtransformator ausgebildet sind.

5. Zündsystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zündelektronik (IC), der Zündtransformator (1) und die Zündkerze (5) in einer Zündeinheit integriert sind.
6. Zündsystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Zündelektronik (6,7,R1)
5 vom Stabzündtransformator getrennt ausgebildet sind.
7. Zündsystem nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Zündelektronik (6,7,R1) ein Zündsteuergerät (7), eine Halbleiterleistungsstufe (6) und einen Stromsensor (R1) enthält.
8. Zündsystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückwärtssperrdiode (D1)
10 zwischen dem Drainanschluß der Endstufe (Q1) der Halbleiterleistungsstufe (6) und der Primärwicklung (L1) des Zündtransformators (1) geschaltet ist.
9. Zündsystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Zündelektronik (IC) als integrierter Schaltkreis ausgebildet ist.
10. Zündsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeit-
15 steuerung mit ausgewählten, vorgegebenen Zeitintervallen (t_{ein}, t_{aus2}) arbeitet.
11. Zündsystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die vorgegebenen Zeitin-
tervalle (t_{ein}, t_{aus2}) entsprechend den im Verbrennungsmotor herrschenden Betriebsbe-
dingungen ausgewählt werden.
12. Zündsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Zünd-
20 transformator (1) ein Übersetzungsverhältnis \bar{u} größer als 50 hat.

1/3

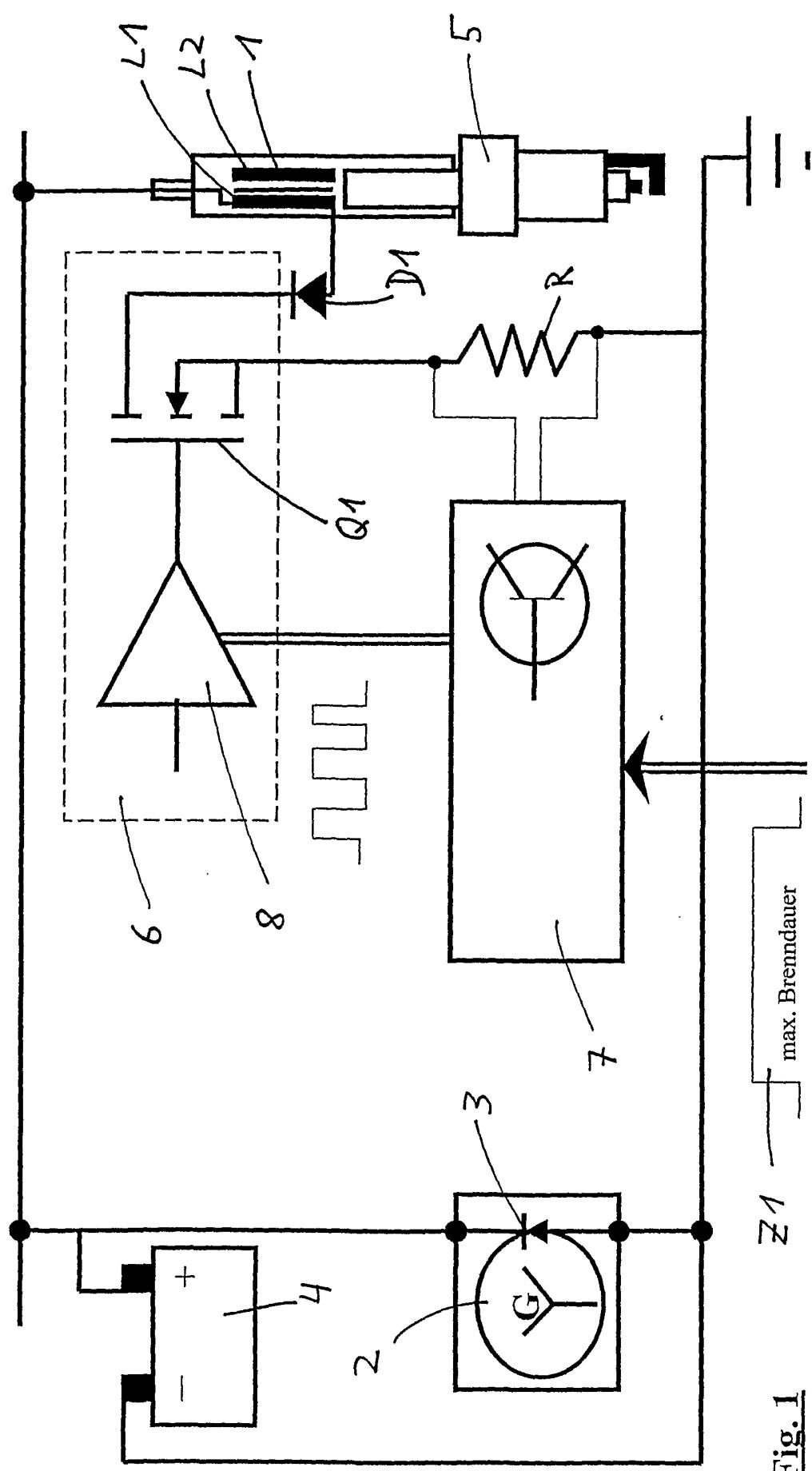


Fig. 1

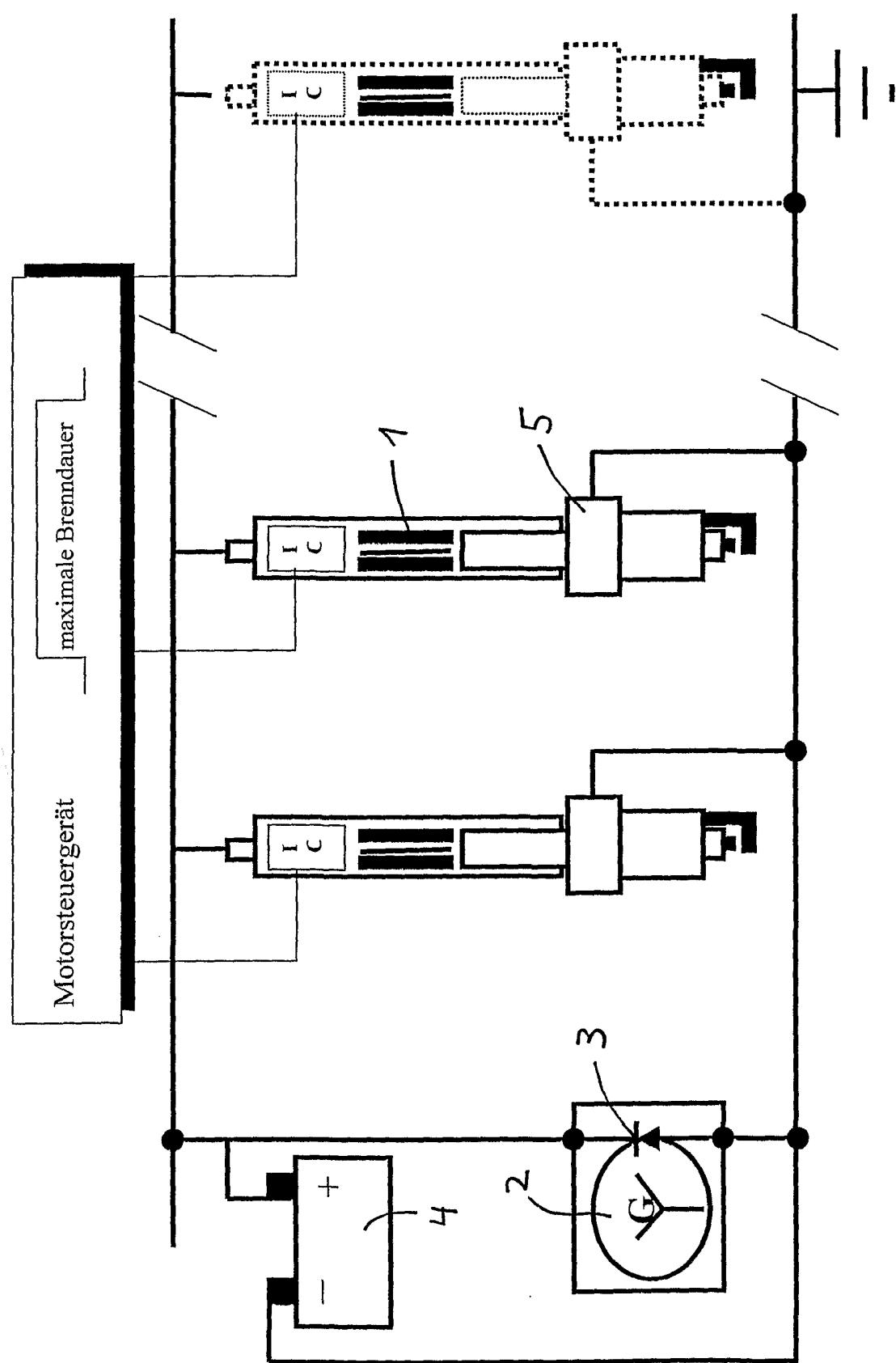


Fig. 3

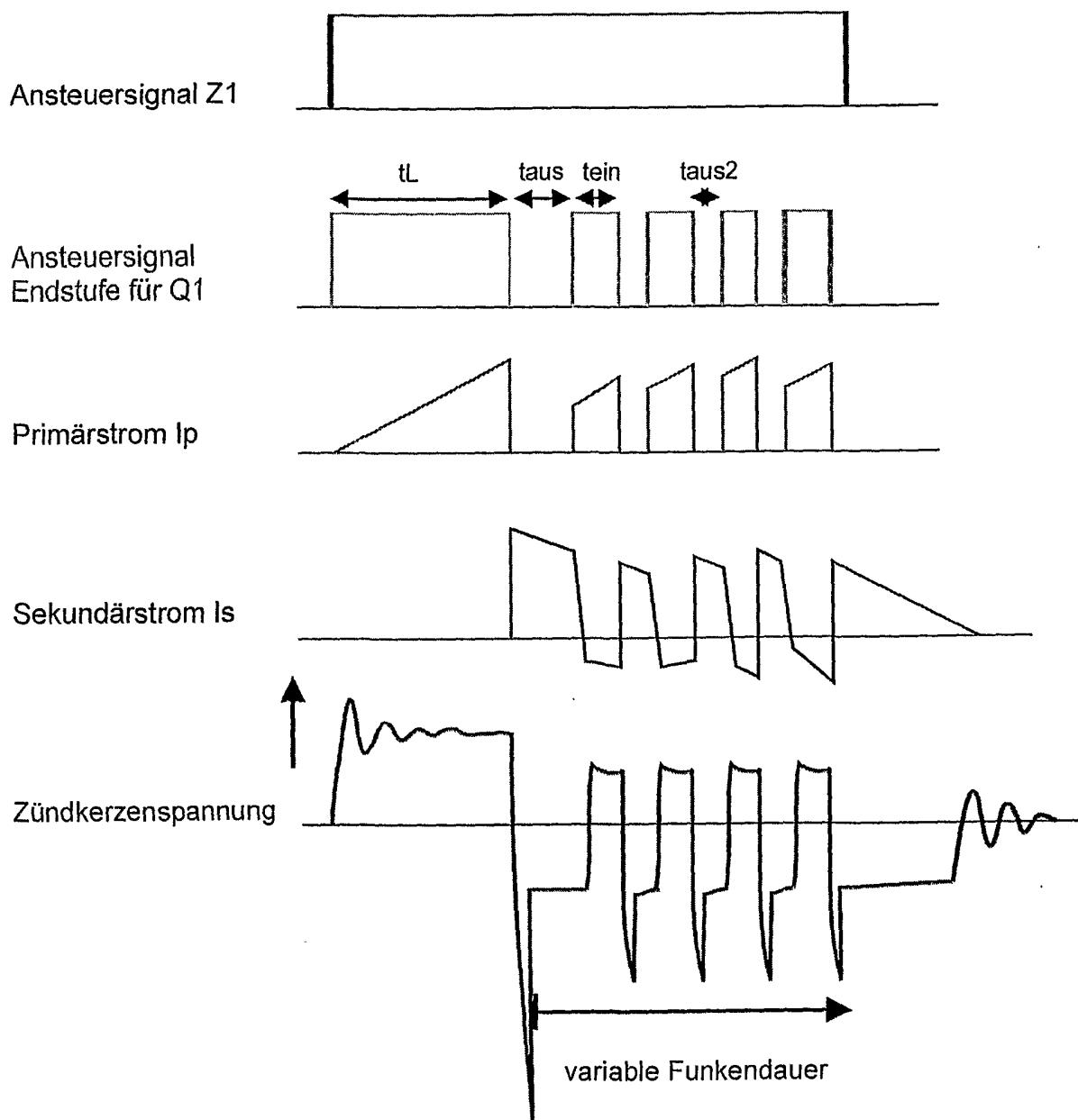


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte nal Application No

PCT/EP 02/04017

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 F02P3/05 F02P3/055 F02P15/10

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)
 IPC 7 F02P

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, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 42 26 246 A (BOSCH GMBH ROBERT) 10 February 1994 (1994-02-10) abstract	1
Y	column 2, line 30 - line 51 column 3, line 27 - line 32 column 3, line 43 - line 62 figures 1,3 ---	2,4-7, 9-12
Y	DE 24 44 242 A (GEN MOTORS CORP) 3 April 1975 (1975-04-03) page 2, line 11 -page 4, line 6 page 28, line 1 - line 25 page 29, line 21 - line 34 figures 1-3 ---	2,10-12
		-/-

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in 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

Date of mailing of the international search report

5 July 2002

18/07/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Röttger, K

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte
nal Application No

PCT/EP 02/04017

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 198 40 765 A (DAIMLER CHRYSLER AG) 9 March 2000 (2000-03-09) cited in the application column 6, line 32 – line 54 column 2, line 49 – line 55 figure 6 ---	4-7,9
A	DE 100 37 528 A (DENSO CORP KARIYA) 1 March 2001 (2001-03-01) column 7, line 54 -column 8, line 11 column 8, line 55 -column 9, line 20 figures 1,6-8 ---	1,10,11
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 15, 6 April 2001 (2001-04-06) -& JP 2000 337235 A (TOYOTA MOTOR CORP), 5 December 2000 (2000-12-05) abstract figures 2-4 ---	1,10,11
A	DE 197 00 179 A (BOSCH GMBH ROBERT) 9 July 1998 (1998-07-09) cited in the application the whole document ---	1
P,A	DE 199 62 368 C (DAIMLER CHRYSLER AG) 13 September 2001 (2001-09-13) cited in the application the whole document -----	4-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Intel Int'l Application No

PCT/EP 02/04017

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
DE 4226246	A	10-02-1994	DE WO DE EP ES JP JP US	4226246 A1 9403724 A1 59301469 D1 0607383 A1 2082654 T3 3194955 B2 7500172 T 5462036 A	10-02-1994 17-02-1994 29-02-1996 27-07-1994 16-03-1996 06-08-2001 05-01-1995 31-10-1995
DE 2444242	A	03-04-1975	US AU CA DE FR GB IT JP	3945362 A 7265474 A 1030595 A1 2444242 A1 2244082 A1 1438448 A 1019292 B 50058430 A	23-03-1976 26-02-1976 02-05-1978 03-04-1975 11-04-1975 09-06-1976 10-11-1977 21-05-1975
DE 19840765	A	09-03-2000	DE WO EP	19840765 A1 0014404 A1 1127219 A1	09-03-2000 16-03-2000 29-08-2001
DE 10037528	A	01-03-2001	JP DE US	2001107831 A 10037528 A1 6397827 B1	17-04-2001 01-03-2001 04-06-2002
JP 2000337235	A	05-12-2000	NONE		
DE 19700179	A	09-07-1998	DE IT JP US	19700179 A1 MI972863 A1 10196502 A 6047691 A	09-07-1998 06-07-1998 31-07-1998 11-04-2000
DE 19962368	C	13-09-2001	DE EP JP US	19962368 C1 1111630 A2 2001189224 A 2001019297 A1	13-09-2001 27-06-2001 10-07-2001 06-09-2001

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/04017

A. KLASSEFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 F02P3/05 F02P3/055 F02P15/10

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 F02P

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, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 42 26 246 A (BOSCH GMBH ROBERT) 10. Februar 1994 (1994-02-10)	1
Y	Zusammenfassung Spalte 2, Zeile 30 – Zeile 51 Spalte 3, Zeile 27 – Zeile 32 Spalte 3, Zeile 43 – Zeile 62 Abbildungen 1,3 ---	2,4-7, 9-12
Y	DE 24 44 242 A (GEN MOTORS CORP) 3. April 1975 (1975-04-03) Seite 2, Zeile 11 -Seite 4, Zeile 6 Seite 28, Zeile 1 - Zeile 25 Seite 29, Zeile 21 - Zeile 34 Abbildungen 1-3 ---	2,10-12
		-/-

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 Anmelde datum 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 Anmelde datum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmelde datum 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 erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher 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
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
5. Juli 2002	18/07/2002
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Röttger, K

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inter tales Aktenzeichen

PCT/EP 02/04017

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^a	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 198 40 765 A (DAIMLER CHRYSLER AG) 9. März 2000 (2000-03-09) in der Anmeldung erwähnt Spalte 6, Zeile 32 – Zeile 54 Spalte 2, Zeile 49 – Zeile 55 Abbildung 6 ---	4-7,9
A	DE 100 37 528 A (DENSO CORP KARIYA) 1. März 2001 (2001-03-01) Spalte 7, Zeile 54 -Spalte 8, Zeile 11 Spalte 8, Zeile 55 -Spalte 9, Zeile 20 Abbildungen 1,6-8 ---	1,10,11
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 15, 6. April 2001 (2001-04-06) -& JP 2000 337235 A (TOYOTA MOTOR CORP), 5. Dezember 2000 (2000-12-05) Zusammenfassung Abbildungen 2-4 ---	1,10,11
A	DE 197 00 179 A (BOSCH GMBH ROBERT) 9. Juli 1998 (1998-07-09) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument ---	1
P,A	DE 199 62 368 C (DAIMLER CHRYSLER AG) 13. September 2001 (2001-09-13) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	4-9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Intern	ales Aktenzeichen
PCT/EP 02/04017	

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 4226246	A	10-02-1994	DE	4226246 A1		10-02-1994
			WO	9403724 A1		17-02-1994
			DE	59301469 D1		29-02-1996
			EP	0607383 A1		27-07-1994
			ES	2082654 T3		16-03-1996
			JP	3194955 B2		06-08-2001
			JP	7500172 T		05-01-1995
			US	5462036 A		31-10-1995
DE 2444242	A	03-04-1975	US	3945362 A		23-03-1976
			AU	7265474 A		26-02-1976
			CA	1030595 A1		02-05-1978
			DE	2444242 A1		03-04-1975
			FR	2244082 A1		11-04-1975
			GB	1438448 A		09-06-1976
			IT	1019292 B		10-11-1977
			JP	50058430 A		21-05-1975
DE 19840765	A	09-03-2000	DE	19840765 A1		09-03-2000
			WO	0014404 A1		16-03-2000
			EP	1127219 A1		29-08-2001
DE 10037528	A	01-03-2001	JP	2001107831 A		17-04-2001
			DE	10037528 A1		01-03-2001
			US	6397827 B1		04-06-2002
JP 2000337235	A	05-12-2000	KEINE			
DE 19700179	A	09-07-1998	DE	19700179 A1		09-07-1998
			IT	MI972863 A1		06-07-1998
			JP	10196502 A		31-07-1998
			US	6047691 A		11-04-2000
DE 19962368	C	13-09-2001	DE	19962368 C1		13-09-2001
			EP	1111630 A2		27-06-2001
			JP	2001189224 A		10-07-2001
			US	2001019297 A1		06-09-2001