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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

PCT

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
6. August 2009 (06.08.2009)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/095125 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
*F02D 41/20* (2006.01) *H01F 7/18* (2006.01)
*F16K 31/06* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/066395

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. November 2008 (28.11.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 006 706.7 30. Januar 2008 (30.01.2008) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **RAPP, Holger** [DE/DE]; Birkenweg 22, 71254 Ditzingen (DE). **GANN, Thomas** [DE/DE]; Kirchstr. 1, 71116 Gaertringen (DE). **SCHULTE, Ralf** [DE/DE]; Kandinskyweg 10, 74372 Sersheim (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **ROBERT BOSCH GMBH**; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,

*[Fortsetzung auf der nächsten Seite]*

(54) **Title:** METHOD FOR CONTROLLING SOLENOID VALVES

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUR ANSTEUERUNG VON MAGNETVENTILEN

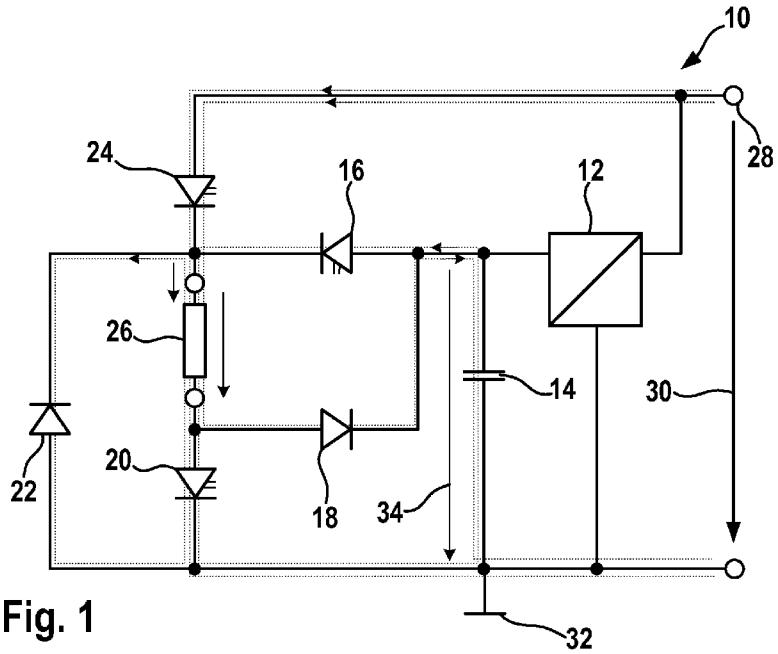



Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a method and a control device for controlling solenoid valves. In order to detect a stroke stop, a current for detecting a transition into a passive switching state is built up, wherein energy which is still inherently stored in a magnetic field of the solenoid valve is used in order to build up the current.

*[Fortsetzung auf der nächsten Seite]*

WO 2009/095125 A1

TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**
— *mit internationalem Recherchenbericht*

**(57) Zusammenfassung:** Es werden ein Verfahren und ein Steuergerät zur Ansteuerung von Magnetventilen vorgestellt. Bei dem Verfahren ist vorgesehen, dass zur Detektion eines Hubanschlags ein Strom zur Detektion eines Übergangs in einen passiven Schaltzustand aufgebaut wird, wobei in einem Magnetfeld des Magnetventils noch inhärent gespeicherte Energie zum Aufbau des Stroms genutzt wird.

Beschreibung

Titel

Verfahren zur Ansteuerung von Magnetventilen

Die Erfindung betrifft eine Verfahren und ein Steuergerät zum Ansteuern von Magnetventilen sowie ein Computerprogramm und ein Computerprogrammprodukt.

Stand der Technik

Magnetventile werden bspw. für die Steuerung von Kraftstoffeinspritzpumpen eingesetzt. Bei diesen ist es notwendig, den Öffnungs- und Schließzeitpunkt sowie das Öffnungsende der Ventilnadel möglichst genau einzuhalten, um die Menge des zugeführten Kraftstoffs präzise bestimmen zu können.

Bei Magnetventilen beeinflusst die Bewegung des Ventilelements den Zusammenhang zwischen Strom und Spannung der Erregerspule solcher Magnetventile. Dabei können aus dem Verlauf eines Spulenstroms bei konstanter Spannung oder aus dem Verlauf der Spulenspannung bei konstantem Spulenstrom Rückschlüsse auf den Hubverlauf des Ventilelements gezogen werden. Insbesondere schnelle Geschwindigkeitsänderungen des Ventilelements können gut detektiert werden. Diese schnellen Geschwindigkeitsänderungen treten bei Erreichen des Hubanschlags für den aktiven Schaltzustand des Ventils und bei Erreichen des Dichtsitzes, üblicherweise beim Übergang in den passiven Schaltzustand des Ventils, auf.

Verfahren zur Detektion solcher Anschlagereignisse sind bekannt. In der Druckschrift DE 36 09 599 A1 ist bspw. ein Verfahren zur Steuerung der Entregungszeit von elektromagnetischen Einrichtungen, insbesondere von elektromagnetischen Ventilen bei Brennkraftmaschinen, bekannt. Bei diesem Verfahren ist vorgesehen, dass der Erregungsstrom der elektromagnetischen Einrichtung ausgehend von einem Haltestrom entsprechenden hohen

Wert innerhalb der Dauer eines für die Öffnung des Ventils vorgesehenen Zeitabschnitts zumindest zeitweilig auf einen unterhalb des Haltestromniveaus liegenden niedrigeren jedoch positiven Wert gesenkt wird.

Es ist zu beachten, dass bei Erreichen eines Anschlags im aktiven Schaltzustand die Spule des Ventils ohnehin bestromt ist und bei Erreichen des Anschlags für den passiven Schaltzustand, wobei dieser Anschlag der Dichtsitz des Ventils bildet, die Spule normalerweise stromlos ist.

Um das Anschlagereignis detektieren zu können, muss deshalb bei allen bekannten Verfahren vor dem Anschlagereignis nochmals aktiv ein Spulenstrom aufgebaut werden. Dies erfolgt entweder durch das kurzzeitige Anlegen einer Spannung, bspw. aus der Fahrzeugbatterie oder aus einem Kondensator, oder durch das Einprägen eines Stroms oder einer Spannung über eine linear geregelte Endstufe. In jedem Fall geht der nochmalige Aufbau des Stroms mit einer Energieentnahme aus dem Steuergerät einher und der Stromverlauf bzw. das erreichte Stromniveau ist von der Genauigkeit der von dem Steuergerät bereitgestellten Ansteuerspannungen abhängig.

Es wird daher angestrebt, den Aufbau des Stroms zur Detektierung des Hubanschlags im passiven Schaltzustand des Ventils ohne jegliche Energieentnahme aus dem Steuergerät zu erreichen.

Offenbarung der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren dient zur Ansteuerung von Magnetventilen und dabei zur Detektion eines Hubanschlags eines Magnetventils, bei dem ein Strom zur Detektion eines Übergangs in einen passiven Schaltzustand aufgebaut wird, wobei in einem Magnetfeld des Magnetventils noch inhärent gespeicherte Energie zum Aufbau des Stroms genutzt wird.

Das vorgestellte Verfahren nutzt somit die Tatsache, dass zum Zeitpunkt des Verlöschens des Spulenstroms am Ende der Ansteuerung das Magnetfeld in dem Ventil noch nicht erloschen ist. Vielmehr führt der schnelle Stromabbau in der Spule dazu, dass sich im Kernmaterial und im Anker des Magnetventils Wirbelströme aufbauen, die so gerichtet sind, dass sie einem Abbau des ursprünglich vorhandenen Magnetfelds entgegenwirken. Bedingt durch den ohmschen Widerstand

der Wirbelstrompfade wird in der Spule nun bei einem Spulenstrom null eine negative Spannung induziert, die sowohl ein Abklingen der Wirbelströme als auch ein Abklingen des noch vorhandenen Magnetfelds bewirkt.

In Ausgestaltung ist vorgesehen, dass zum Aufbau des Spulen- bzw. Sensorstroms nach einer kurzen Strompause in den Schaltzustand "Freilauf" geschaltet wird. Die Spulenspannung kann somit nicht länger negativ sein. Es wird statt dessen die Spannung null an die Spule angelegt. Folglich kommutiert ein großer Teil der Wirbelströme aus Kern und Anker zurück in die Spule. Das auf diese Weise erreichte Spulenstromniveau ergibt sich aus dem zum Zeitpunkt des Schaltvorgangs im Magnetventil noch vorhandenen Magnetfeld. Dabei ist die Bezeichnung "Spannung null" eine Vereinfachung, da real der negative Spannungsabfall am Kabelbaum und am Freilaufpfad des Steuergeräts noch an der Spule anliegt. Dies ist aber ein unvermeidbarer, nicht gewollter Effekt.

Da von dem Steuergerät lediglich die Spannung null angelegt wird, erfolgt keine erneute Einspeisung von Energie in das Magnetventil und daher auch kein erneuter Magnetkraftanstieg. Zum Aufbau des Spulen- bzw. Sensorstroms wird lediglich die im Magnetfeld des Magnetventils noch inhärent gespeicherte Energie genutzt. Aufgrund der Tatsache, dass lediglich der Schaltzustand "Freilauf" zum Aufbau des Sensorstroms genutzt wird, ist der Stromaufbau unabhängig von der Versorgungsspannung oder der Spannung eines Speicherkondensators in dem Steuergerät.

Es kann vorgesehen sein, dass die Strompause zwischen Erlöschen des Ansteuerstroms und Schalten in den Freilauf auf null oder negativ gesetzt wird. Im ersten Fall wird unmittelbar bei Erreichen des Spulenstroms null in den Freilauf geschaltet. In einem anderen Fall wird bereits vor dem vollständigen Erlöschen des Ansteuerstroms auf Freilauf geschaltet und aus der fallenden Ansteuerstromflanke in den Sensorstromverlauf umgeschaltet.

Klingen die Wirbelströme in dem Magnetkreis zu schnell ab, so kann deren Abklingen durch das gezielte Einbringen von Wirbelstrompfaden in den Magnetkreis verlangsamt werden. Hierzu kann die Gestaltung der Ankerstirnfläche berücksichtigt werden. Es kann aber auch gezielt eine kurzgeschlossene Sekundärspule oder ein kurzgeschlossener Ring in das Spulenfenster des

Magnetventils eingelegt werden. Somit wird erreicht, dass sich das zum Zeitpunkt des Sensorstromaufbaus vorhandene Magnetfeld und das Niveau des Sensorstroms erhöhen.

Das erfindungsgemäße Verfahren hat zumindest in einigen der aufgeführten Ausführungsformen den Vorteil, dass zum Aufbau des für die Anschlagdetektion erforderlichen Spulenstroms ein Energietransfer von dem Steuergerät zu dem Magnetventil nicht erforderlich ist. Folglich erfolgt auch keine Energieentnahme aus einem Speicherkondensator mit begrenztem Energieinhalt. Der Verlauf des Sensorstroms ist unabhängig von der Batteriespannung bzw. von der Spannung eines Speicherkondensators.

Weiterhin bewirkt, da keine Energie von dem Steuergerät zu dem Magnetventil übertragen wird, der Aufbau des Sensorstroms auch keinen Anstieg der Magnetkraft im Magnetventil. Da der Sensorstrom nicht aktiv von dem Steuergerät aufgebaut wird, ist eine Regelung oder Kontrolle des Sensorstromaufbaus durch das Steuergerät nicht erforderlich.

Das erfindungsgemäße Steuergerät dient zur Ansteuerung von Magnetventilen und ist dazu ausgelegt, vor dem Erreichen eines Anschlags für einen passiven Schaltzustand einen Spulenstrom aufzubauen, wobei zum Aufbau des Spulenstroms in einen Schaltzustand Freilauf geschaltet wird, so dass die Spannung an der Spule null wird.

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Computerprogramm mit Programmcodemitteln, um alle Schritte eines beschriebenen Verfahrens durchzuführen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder einer entsprechenden Recheneinheit, insbesondere in einer vorgestellten Einrichtung, ausgeführt wird.

Das erfindungsgemäße Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln, die auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sind, ist zum Durchführen aller Schritte eines beschriebenen Verfahrens ausgebildet, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder einer entsprechenden Recheneinheit, insbesondere in einer vorgestellten Einrichtung, ausgeführt wird.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der beiliegenden Zeichnung.

Es versteht sich, dass die voranstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Figur 1 zeigt in schematischer Darstellung eine Schaltung einer Steuergerätendstufe nach dem Stand der Technik.

Figur 2 zeigt in einem Graphen den Verlauf des Sensorstroms.

Figur 3 zeigt in einem Ersatzschaltbild den Magnetkreis eines schnellschaltenden Magnetventils.

Figur 4 zeigt den Verlauf des Sensorstroms bei einem erfindungsgemäßen Sensorstromaufbau.

Ausführungsformen der Erfindung

In Figur 1 ist eine Schaltung 10 einer üblichen Steuergeräteendstufe mit angeschlossenem Magnetventil (hier dargestellt durch die Spule 26) sowie die Strompfade, die sich in den verschiedenen Schaltzuständen einstellen, dargestellt. Die Schaltung umfasst einen DC/DC-Wandler 12, einen Speicherkondensator $C_{BOOS}$ 14, ein ein- und ausschaltbares Halbleiterventil bzw. Transistor, bspw. ein FET oder IGBT, $T_{BOOS}$ 16, eine Diode $D_{BOOS}$ 18, ein Transistor $T_{LS}$ 20, eine Diode $D_{Fr}$ 22, ein Transistor $T_{HS}$ 24 und eine Spule 26. Der Speicherkondensator $C_{BOOS}$ 14 ist auf die Spannung $U_{BOOS}$ 34 aufgeladen.

Der Abbau des Ansteuerstroms zum Ende der Ventilsteuerung erfolgt üblicherweise durch Schalten in den Schaltzustand "Schnellöschen". In diesem Schaltzustand erfolgt der Stromfluss über einen Anschluss 28 einer Batteriespannung $U_{BAT}$ 30 über den Transistor $T_{HS}$ 24, die Spule 26, die Diode $D_{BOOS}$ 18, den Speicherkondensator $C_{BOOS}$ 14 nach Masse 32. Dabei ist lediglich der Transistor $T_{HS}$ 24 leitend, alle anderen Transistoren sind gesperrt. An der Spule liegt dann die Spannung $U_{BAT} - U_{BOOS}$ an. Alternativ können beim Schnellöschen auch alle Transistoren

gesperrt werden. Der Stromfluss erfolgt dann vom Massepunkt 32 über die Diode $D_{Fr}$ 22, die Spule 26, die Diode $D_{BOOS}$ 18 und den Speicherkondensator $C_{BOOS}$ 14 zurück zum Massepunkt 32. An der Spule 26 liegt in diesem Fall die Spannung $-U_{BOOS}$ an.

Bei Topologien ohne den Speicherkondensator $C_{BOOS}$ 14 entfällt der Transistor $T_{BOOS}$ 16 und die Diode $D_{BOOS}$ 18 ist statt an den Pluspol des Speicherkondensators 14 an den Pluspol 28 der Spannungsversorgung des Steuergeräts angeschlossen. Der Aufbau des zur Anschlagdetektion erforderlichen Sensorstroms erfolgt üblicherweise durch kurzzeitiges Anlegen der Kondensatorspannung (Schaltzustand "Boostern") oder der Batteriespannung (Schaltzustand "Treiben") an die Spule 26 des Magnetventils. Im ersten Fall wird hierbei dem Boosterkondensator $C_{BOOS}$ 14 zusätzliche Energie entnommen, die über den DC/DC-Wandler 12 wieder nachgeliefert werden muss und diesen folglich zusätzlich belastet.

Relevante Schaltzustände sind somit:

| | |
|---|---|
| Treiben | $T_{HS}$ 24, $T_{LS}$ 20 sind leitend; $u = U_{BATT}$ |
| Boostern | $T_{BOOS}$ 16, $T_{LS}$ 20 leitend; $u = U_{BOOS}$ |
| Schnellöschen | $T_{HS}$ 24 leitend; $u = U_{BATT} - U_{BOOS} < 0$ solange $i > 0$<br>danach sperrt $D_{BOOS}$ 18 |
| Freilauf | $T_{LS}$ 20 leitend; $u = 0$ solange $i > 0$<br>danach sperrt $D_{Fr}$ |
| Schnellöschen 2 | alle Transistoren gesperrt, $u = -U_{BOOS} < 0$, solange $i > 0$,<br>danach sperren $D_{BOOS}$ 18 und $D_{Fr}$ 22 |

Ein typischer Verlauf des Sensorstroms ab $t \approx 65$ µs bei dieser Vorgehensweise ist in Figur 2 dargestellt. In dieser Darstellung ist an einer Ordinate 50 der Strom gegenüber der Zeit (Abszisse 52) aufgetragen. Die Genauigkeit des eingestellten Sensorstroms hängt im Falle der Boosterung von der Genauigkeit der Boosterspannung ab und von der Genauigkeit, mit der das Steuergerät bei Erreichen einer Abschaltschwelle den Schaltzustand "Boostern" wieder beendet. Zudem

erfolgt mit dem Aufbau des Sensorstroms ein erneuter Anstieg der Magnetkraft des Ventils, der zu einer geringfügigen Verzögerung des Schließvorgangs des Ventils führt.

Die Darstellung zeigt in einem ersten Bereich 54 ein Schnellöschen, bei dem der Messbereich der Spannung überschritten ist. Ein nochmaliges Boostern in einem zweiten Bereich 56 dient zum Aufbau des Sensorstroms, wobei der Messbereich der Spannung überschritten ist. Es erfolgt eine Energieentnahme aus dem Boosterkondensator $C_{BOOS}$ 14, ein sehr schneller Stromanstieg und ein erneuter Magnetkraftanstieg. In einem dritten Bereich 58 ist ein Knick im Stromverlauf zu erkennen, der den Schließzeitpunkt anzeigt.

Die Erfindung nutzt die Tatsache, dass zum Zeitpunkt des Verlöschens des Spulenstroms am Ende der Ansteuerung das Magnetfeld im Ventil noch nicht verloschen ist. Vielmehr führt der schnelle Stromabbau in der Spule dazu, dass sich im Kernmaterial und im Anker des Magnetventils Wirbelströme aufbauen, welche so gerichtet sind, dass sie einem Abbau des ursprünglich vorhandenen Magnetfelds entgegen wirken. Aufgrund des ohmschen Widerstands der Wirbelstrompfade wird in die Spule nun bei Spulenstrom null eine negative Spannung induziert, die sowohl ein Abklingen der Wirbelströme als auch ein Abklingen des noch vorhandenen Magnetfelds bewirkt.

Ein vereinfachte Ersatzschaltbild des Magnetkreises unter Berücksichtigung dieser Wirbelstrompfade ist in Figur 3 dargestellt. Die Darstellung zeigt einen ersten Strompfad 60, der eine Spule 62, deren Induktivität L in Abhängigkeit des variablen Luftspalts s des Magnetkreises festgelegt ist, und einen Reihenwiderstand $R_S$ 64 umfasst. Die magnetische Flussverkettung $\psi$ beschreibt das Verhalten der Spule 62. Weiterhin ist ein Wirbelstrompfad 66 zu erkennen, der wiederum die Spule 62, eine Streuinduktivität $L_\sigma$ * 68 und ein Streuwiderstand $R_W$*. Für ein Schnellöschen werden alle Transistoren oder alle Transistoren außer $T_{HS}$ 24 (in Figur 3 nicht dargestellt) gesperrt, so dass der Strom i 72 schnell den Wert 0 annimmt.

Erfindungsgemäß wird nun zum Aufbau des Sensorstroms nach einer kurzen Strompause in den Schaltzustand "Freilauf" geschaltet. Die Spulenspannung $u_{ind}$ 70 kann somit nicht länger negativ sein, sondern es wird die Spannung null an die Spule angelegt, In Folge dessen kommutiert ein großer Teil der Wirbelströme aus Kern und Anker zurück in die Spule 62. Das dabei erreichte Spulenstromniveau ergibt sich aus dem zum Zeitpunkt des Schaltvorgangs im Magnetventil noch

vorhandenen Magnetfeld. Da vom Steuergerät lediglich die Spannung null angelegt wird, erfolgt keine erneute Einspeisung von Energie in das Magnetventil und folglich auch kein erneuter Magnetkraftanstieg. Zum Aufbau des Sensorstroms wird lediglich die im Magnetfeld des Magnetventils noch inhärent gespeicherte Energie genutzt. Dadurch, dass lediglich der Schaltzustand "Freilauf" zum Sensorstromaufbau genutzt wird, ist der Stromaufbau absolut unabhängig von der Versorgungsspannung oder der Spannung eines Speicherkondensators im Steuergerät. Es wird auch keinerlei Energie aus einer Spannungsquelle im Steuergerät entnommen.

Die Strompause zwischen Verlöschen des Ansteuerstroms und Schalten in den Kreislauf kann auch zu null gesetzt oder negativ sein. Im ersten Fall wird unmittelbar beim Erreichen des Spulenstroms null in den Freilauf geschaltet, im anderen Fall wird bereits vor dem vollständigen Verlöschen des Ansteuerstroms auf Freilauf geschaltet und aus der fallenden Ansteuerstromflanke in den Sensorstromverlauf umgeschaltet. Klingen die Wirbelströme im Magnetkreis zu schnell ab, so kann deren Abklingen durch das gezielte Einbringen von Wirbelstrompfaden in den Magnetkreis verlangsamt werden. Hierzu kann die Gestaltung der Ankerstirnfläche herangezogen werden, es kann aber auch gezielt eine kurzgeschlossene Sekundärspule oder ein kurzgeschlossener Ring in das Spulenfenster des Magnetventils eingelegt werden. Dadurch erhöht sich das zum Zeitpunkt des Sensorstromaufbaus vorhandene Magnetfeld und das Niveau des Sensorstroms.

In Figur 4 ist der Verlauf des Spulenstroms ab $t \approx 65$ µs und der Spulenspannung bei erfindungsgemäßer Generierung des Sensorstroms gezeigt. Hierbei ist der Strom an einer Ordinate 80 gegenüber der Zeit (Abszisse 82) aufgetragen. Die Darstellung zeigt den Verlauf des Sensorstroms durch Umschalten in den Schaltzustand "Freilauf".

Auch hier ist in einem ersten Bereich 84 ein Schnellöschen zu erkennen, wobei der Messbereich der Spannung überschritten ist. In einem zweiten Bereich 86, etwa zwischen 25 und 50 µs sind alle Strompfade im Steuergerät gesperrt. Abklingende Wirbelströme induzieren eine negative Spulenspannung. Der Messbereich der Spannung ist die meiste Zeit überschritten. Zu einem Zeitpunkt 88 erfolgt ein Umschalten auf Freilauf zum Aufbau des Sensorstroms. Der Sensorstromaufbau wird dabei von den Wirbelströmen im Magnetkreis getrieben. Es erfolgt kein

neuer Energieeintrag in den Magnetkreis und kein erneuter Magnetkraftanstieg. Es besteht keine Abhängigkeit des Sensorstroms von Spannungen im Steuergerät.

Zu einem Zeitpunkt 90 ist ein Knick im Stromverlauf zu erkennen, der den Schließzeitpunkt anzeigt.

Ansprüche

1. Verfahren zur Ansteuerung von Magnetventilen, wobei zur Detektion eines Hubanschlags eines Magnetventils ein Strom zur Detektion eines Übergangs in einen passiven Schaltzustand aufgebaut wird, wobei in einem Magnetfeld des Magnetventils noch inhärent gespeicherte Energie zum Aufbau des Stroms genutzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem zum Aufbau des Stroms nach einer kurzen Strompause in einen Schaltzustand "Freilauf" geschaltet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Strompause auf null gesetzt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Strompause auf einen negativen Wert gesetzt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die Gestaltung einer Ankerstirnfläche herangezogen wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem eine kurzgeschlossene Sekundärspule in das Spulenfenster des Magnetventils eingelegt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem ein kurzgeschlossener Ring in das Spulenfenster des Magnetventils eingelegt wird.

8. Steuergerät zur Ansteuerung von Magnetventilen, das ausgelegt ist, vor dem Erreichen eines Anschlags für einen passiven Schaltzustand einen Spulenstrom aufzubauen, wobei zum Aufbau des Spulenstroms in einen Schaltzustand Freilauf geschaltet wird, so dass die Spannung an der Spule zu null wird.

9. Computerprogramm mit Programmcodemitteln, um alle Schritte eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 durchzuführen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder einer entsprechenden Recheneinheit, insbesondere in Steuergerät nach Anspruch 8, ausgeführt wird.

10. Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln, die auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sind, um alle Schritte eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 durchzuführen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder einer entsprechenden Recheneinheit, insbesondere in einem Steuergerät nach Anspruch 8, ausgeführt wird.

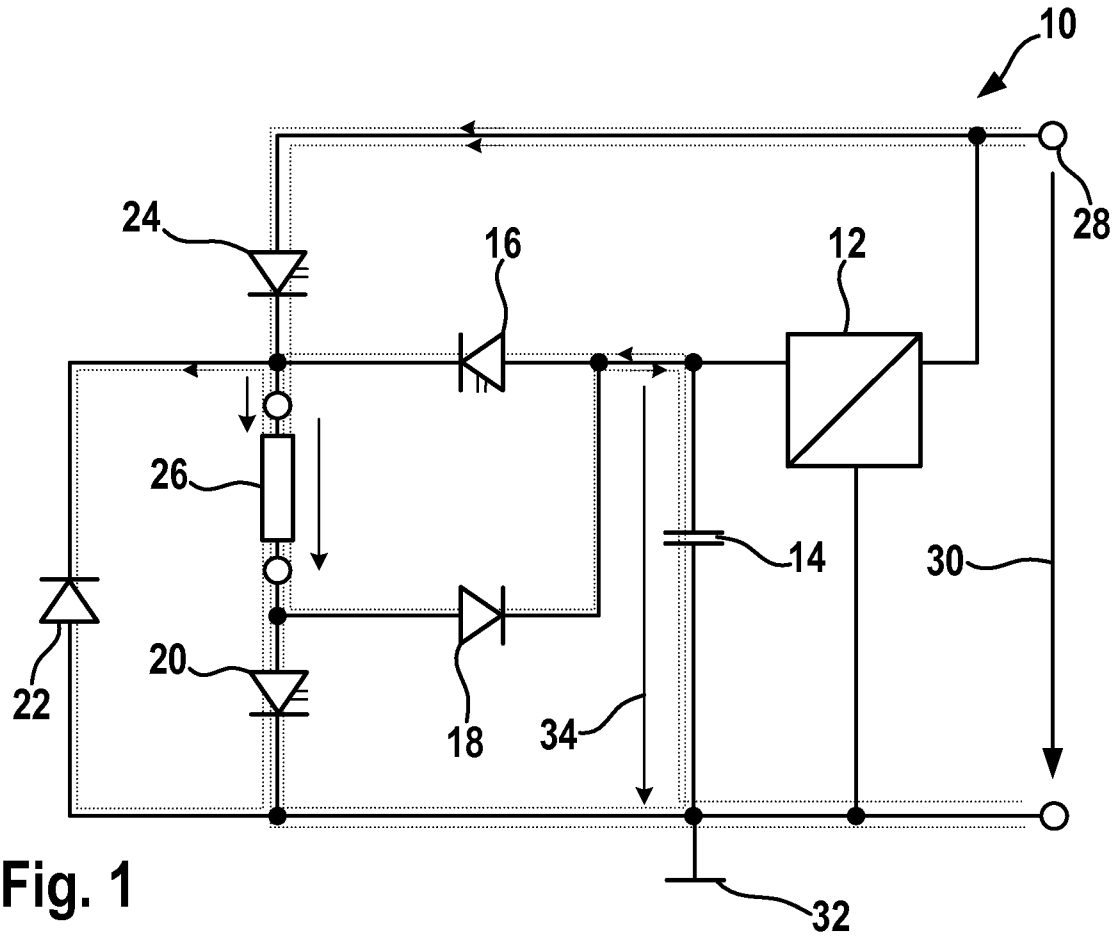
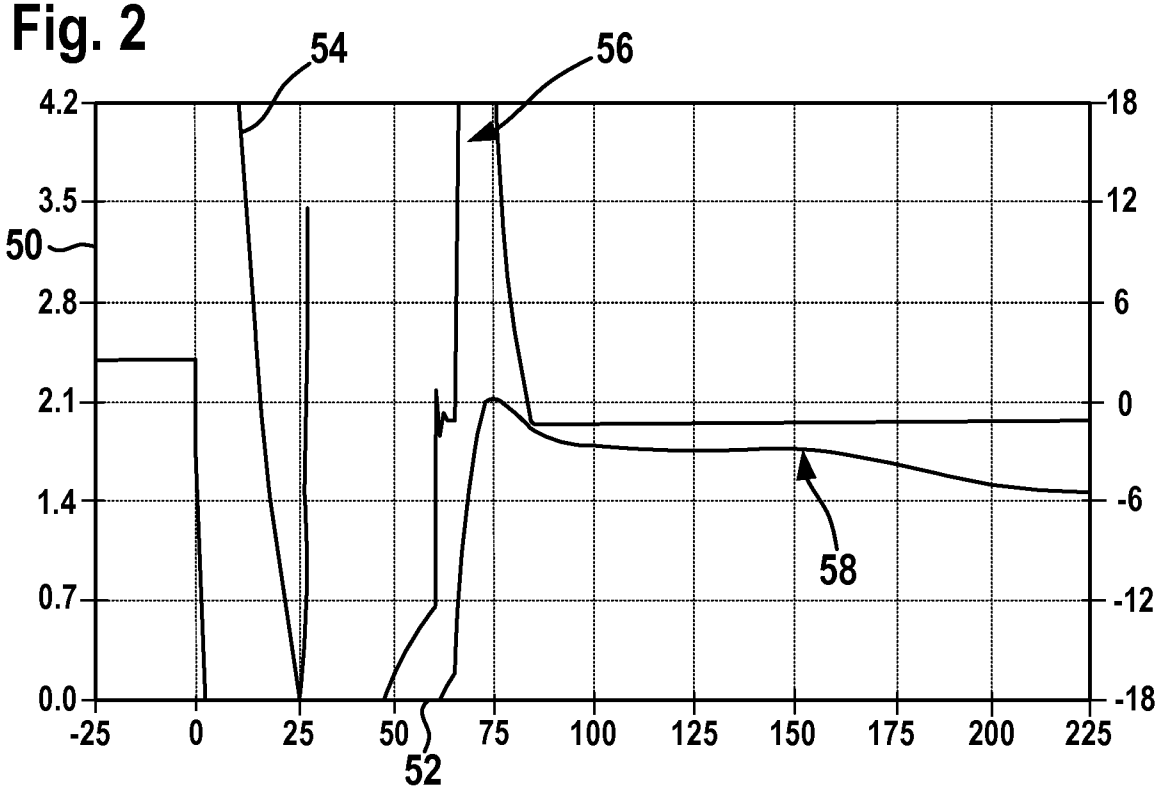

10
24
16
12
28
26
14
30
22
20
18
34
32

Fig. 1

Fig. 2


54
56
4.2
3.5
50
2.8
2.1
1.4
0.7
0.0
18
12
6
0
-6
-12
-18
58
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
52

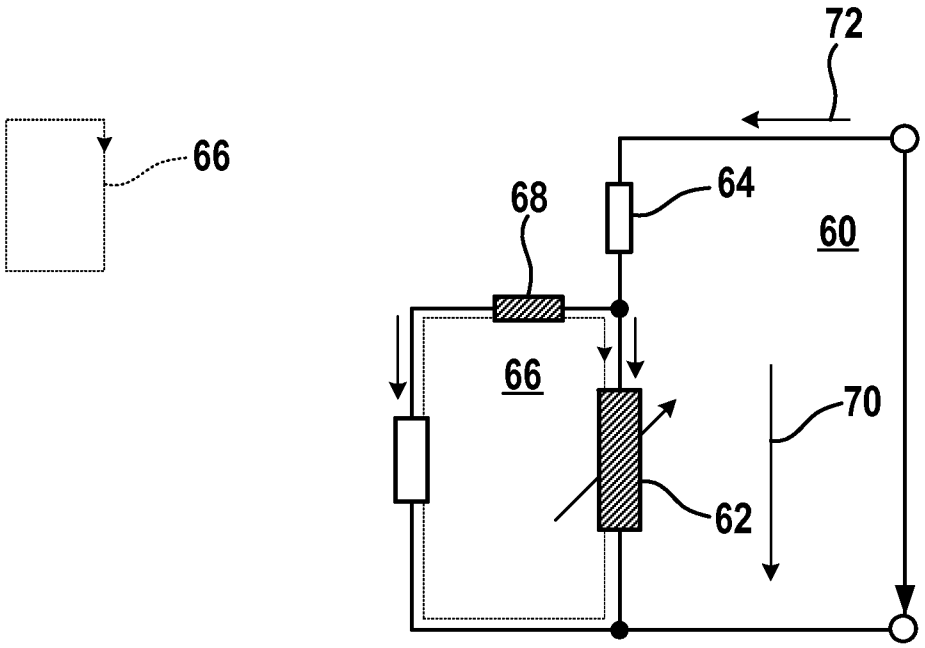
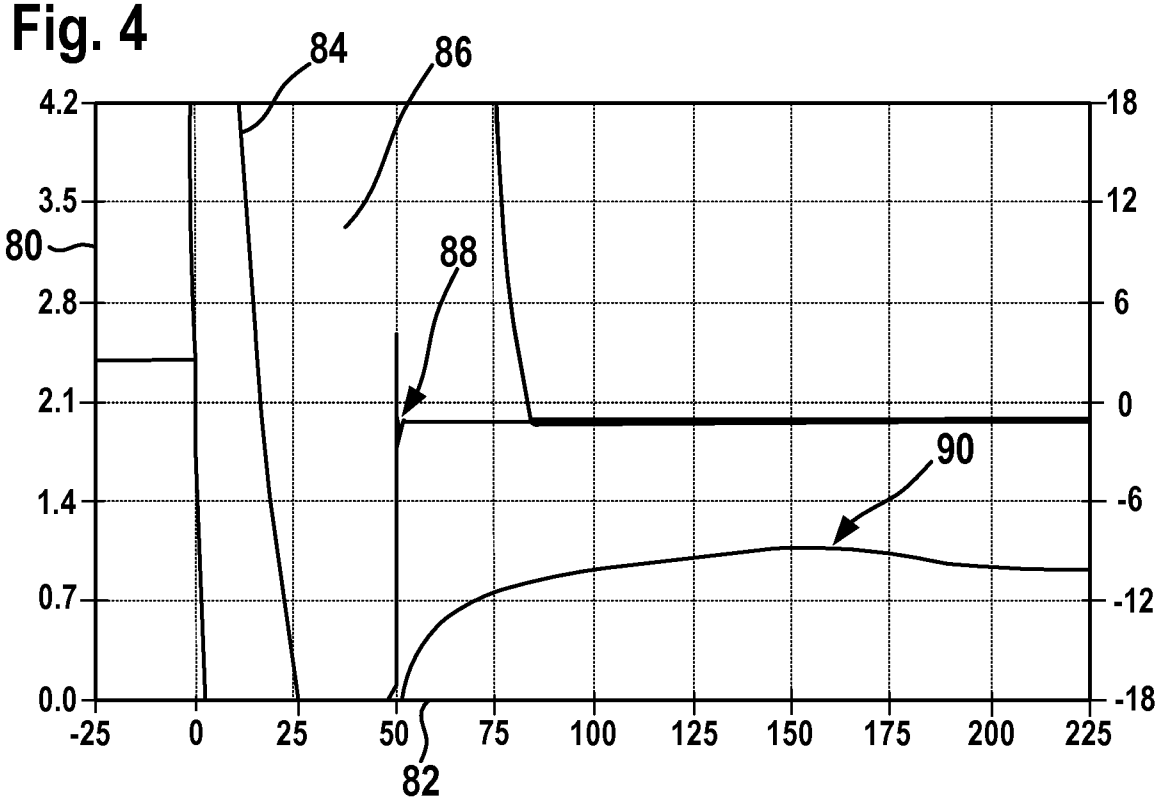

72
66
68
64
60
66
70
62

Fig. 3

Fig. 4


84
86
88
90
80
82
4.2
3.5
2.8
2.1
1.4
0.7
0.0
18
12
6
0
-6
-12
-18
-25
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/066395

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02D41/20 F16K31/06 H01F7/18

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)
F02D F16K H01F

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. |
|---|---|---|
| X | WO 97/04230 A (SCANIA CV AB [SE]; GLAVMO MAGNUS [SE]; LARSSON MAGNUS [SE]; NEIDENSTRO) 6 February 1997 (1997-02-06) | 1-4,8-10 |
| Y | abstract<br>page 3, line 11 - line 15<br>page 3, line 23 - line 33<br>page 7, line 5 - line 31<br>page 8, line 1 - line 6<br>page 8, line 22 - line 34<br>claim 1<br>figures 1,2a,3,4 | 5-7 |
| | -/-- | |

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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 | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| 25 März 2009 | 03/04/2009 |

| Name and mailing address of the ISA/ | Authorized officer |
|---|---|
| European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL – 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31–70) 340–2040,<br>Fax: (+31–70) 340–3016 | Wettemann, Mark |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/066395

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 195 30 121 A1 (FEV MOTORENTECH GMBH & CO KG [DE]) 20 February 1997 (1997-02-20)<br>column 2, line 39 - line 68<br>column 3, line 33 - line 45<br>column 3, line 51 - column 4, line 7<br>column 5, line 29 - line 67<br>figures 1,4,5 | 5 |
| Y | EP 1 479 879 A (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 24 November 2004 (2004-11-24)<br>the whole document | 6,7 |
| Y | DE 198 05 455 A1 (FEV MOTORENTECH GMBH & CO KG [DE]) 3 September 1998 (1998-09-03)<br>the whole document | 6 |
| A | DE 44 33 209 A1 (MOTOREN TURBINEN UNION [DE]) 21 March 1996 (1996-03-21)<br>abstract<br>column 2, line 8 - column 3, line 11<br>column 3, line 32 - line 63 | 1-10 |
| A | DE 38 43 138 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 28 June 1990 (1990-06-28)<br>abstract<br>column 1, line 42 - line 68<br>column 8, line 20 - column 9, line 17 | 1-10 |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2008/066395

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---|---|---|
| WO 9704230 A | 06-02-1997 | DE 19681499 T0 | 03-12-1998 |
| | | SE 515565 C2 | 27-08-2001 |
| | | SE 9502622 A | 18-01-1997 |
| | | US 5995356 A | 30-11-1999 |
| DE 19530121 A1 | 20-02-1997 | US 5917692 A | 29-06-1999 |
| EP 1479879 A | 24-11-2004 | DE 10321036 A1 | 25-11-2004 |
| | | DE 502004000098 D1 | 17-11-2005 |
| DE 19805455 A1 | 03-09-1998 | DE 29703585 U1 | 25-06-1998 |
| | | JP 10336989 A | 18-12-1998 |
| | | US 6066999 A | 23-05-2000 |
| DE 4433209 A1 | 21-03-1996 | FR 2724760 A1 | 22-03-1996 |
| | | GB 2293244 A | 20-03-1996 |
| | | US 5650909 A | 22-07-1997 |
| DE 3843138 A1 | 28-06-1990 | WO 9007188 A1 | 28-06-1990 |
| | | EP 0449852 A1 | 09-10-1991 |
| | | US 5245501 A | 14-09-1993 |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2008/066395

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F02D41/20 F16K31/06 H01F7/18

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )
F02D F16K H01F

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. |
|---|---|---|
| X | WO 97/04230 A (SCANIA CV AB [SE]; GLAVMO MAGNUS [SE]; LARSSON MAGNUS [SE]; NEIDENSTRO) 6. Februar 1997 (1997-02-06) | 1-4,8-10 |
| Y | Zusammenfassung<br>Seite 3, Zeile 11 - Zeile 15<br>Seite 3, Zeile 23 - Zeile 33<br>Seite 7, Zeile 5 - Zeile 31<br>Seite 8, Zeile 1 - Zeile 6<br>Seite 8, Zeile 22 - Zeile 34<br>Anspruch 1<br>Abbildungen 1,2a,3,4 | 5-7 |

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche | Absendedatum des internationalen Recherchenberichts |
|---|---|
| 25. März 2009 | 03/04/2009 |

| Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde | Bevollmächtigter Bediensteter |
|---|---|
| Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL – 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016 | Wettemann, Mark |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2008/066395

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|---|---|---|
| Y | DE 195 30 121 A1 (FEV MOTORENTECH GMBH & CO KG [DE]) 20. Februar 1997 (1997-02-20)<br>Spalte 2, Zeile 39 - Zeile 68<br>Spalte 3, Zeile 33 - Zeile 45<br>Spalte 3, Zeile 51 - Spalte 4, Zeile 7<br>Spalte 5, Zeile 29 - Zeile 67<br>Abbildungen 1,4,5 | 5 |
| Y | EP 1 479 879 A (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 24. November 2004 (2004-11-24)<br>das ganze Dokument | 6,7 |
| Y | DE 198 05 455 A1 (FEV MOTORENTECH GMBH & CO KG [DE]) 3. September 1998 (1998-09-03)<br>das ganze Dokument | 6 |
| A | DE 44 33 209 A1 (MOTOREN TURBINEN UNION [DE]) 21. März 1996 (1996-03-21)<br>Zusammenfassung<br>Spalte 2, Zeile 8 - Spalte 3, Zeile 11<br>Spalte 3, Zeile 32 - Zeile 63 | 1-10 |
| A | DE 38 43 138 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 28. Juni 1990 (1990-06-28)<br>Zusammenfassung<br>Spalte 1, Zeile 42 - Zeile 68<br>Spalte 8, Zeile 20 - Spalte 9, Zeile 17 | 1-10 |

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2008/066395

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | | Datum der Veröffentlichung |
|---|---|---|---|---|---|
| WO 9704230 | A | 06-02-1997 | DE | 19681499 T0 | 03-12-1998 |
| | | | SE | 515565 C2 | 27-08-2001 |
| | | | SE | 9502622 A | 18-01-1997 |
| | | | US | 5995356 A | 30-11-1999 |
| DE 19530121 | A1 | 20-02-1997 | US | 5917692 A | 29-06-1999 |
| EP 1479879 | A | 24-11-2004 | DE | 10321036 A1 | 25-11-2004 |
| | | | DE | 502004000098 D1 | 17-11-2005 |
| DE 19805455 | A1 | 03-09-1998 | DE | 29703585 U1 | 25-06-1998 |
| | | | JP | 10336989 A | 18-12-1998 |
| | | | US | 6066999 A | 23-05-2000 |
| DE 4433209 | A1 | 21-03-1996 | FR | 2724760 A1 | 22-03-1996 |
| | | | GB | 2293244 A | 20-03-1996 |
| | | | US | 5650909 A | 22-07-1997 |
| DE 3843138 | A1 | 28-06-1990 | WO | 9007188 A1 | 28-06-1990 |
| | | | EP | 0449852 A1 | 09-10-1991 |
| | | | US | 5245501 A | 14-09-1993 |