



(11)

EP 2 798 197 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
07.04.2021 Patentblatt 2021/14

(51) Int Cl.:
F02N 11/08 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12812615.8**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2012/076266

(22) Anmeldetag: **20.12.2012**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2013/098172 (04.07.2013 Gazette 2013/27)

(54) **VERFAHREN ZUM EINSPIREN EINES ANDREHRITZELS EINER STARTVORRICHTUNG IN EINEM ZAHNKRANZ EINER BRENNKRAFTMASCHINE**

METHOD FOR MESHING A STARTER PINION OF A STARTING DEVICE INTO A RING GEAR OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

PROCÉDÉ POUR ENGRENER UN PIGNON DE DÉMARRAGE D'UN DISPOSITIF DE DÉMARRAGE DANS UNE COURONNE DENTÉE D'UN MOTEUR À COMBUSTION INTERNE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

- **TSAKIRIS, Apostolos**
71634 Ludwigsburg (DE)
- **TUMBACK, Stefan**
70469 Stuttgart (DE)
- **MAURITZ, Ewald**
71287 Weissach (DE)
- **GROSS, Juergen**
70327 Stuttgart (DE)

(30) Priorität: **30.12.2011 DE 102011090158**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
05.11.2014 Patentblatt 2014/45

(73) Patentinhaber: **SEG Automotive Germany GmbH**
70499 Stuttgart (DE)

(74) Vertreter: **Steinbauer, Florian et al**
Dehns Germany
Theresienstraße 6-8
80333 München (DE)

(72) Erfinder:

- **CWIK, Matthias**
70197 Stuttgart (DE)
- **ROESSLE, Markus**
70199 Stuttgart (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 211 051 DE-A1-102005 021 227
US-A1- 2011 178 695

EP 2 798 197 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Stand der Technik

- 5 **[0001]** Es sind Start-Stopp-Systeme bekannt, bei denen die Brennkraftmaschine nach einer bestimmten Strategie aus- und eingeschaltet wird. Bekannt sind ebenfalls Start-Stopp-Systeme auf Basis von Ritzel-Startern, die zum Start ein Ritzel in einen Anlasserzahnkranz des Verbrennungsmotors einspielen.
- 10 **[0002]** Bei bisherigen Start-Stopp-Systemen kann das Einspielen des Ritzels in den Zahnkranz und das Wiederstarten der Brennkraftmaschinen erst nach dem vollständigen Stillstand der Antriebs- bzw. Kurbelwelle der Brennkraftmaschine erfolgen. Dadurch ergeben sich in einem Stopp-Fall unter Umständen zeitliche Verzögerungen und Komfortnachteile. Diese sollen durch das Einspielen des Starters bzw. dessen Ritzels in den auslaufenden Zahnkranz der Brennkraftmaschine vermieden oder verkürzt werden. Ein derartiger Ablauf wird in Fachkreisen auch als "Change of Mind" bezeichnet. Dieser Begriff gibt an, dass ein Bewusstseinswandel des Fahrers des Fahrzeugs zu einem neuen Fahrwunsch mit erforderlichem Neustart bzw. Wiederhochlaufen der Brennkraftmaschine verbunden ist.
- 15 **[0003]** Verschiedene Strategien zur Bestromung des Startermotors und zum Einspielen des Starterritzels sind beispielsweise aus der DE 10 2008 040 830 A1 bekannt. Diese Strategien setzen jeweils ein Startsystem voraus, bei dem die Funktionen "Andrehen des Startermotors" und "Einspielen des Starterritzels" unabhängig voneinander ablaufen können. Aus der DE 10 2005 021 227 A1 ist ein Einspielvorgang bekannt ist, der ausschließlich nach einem gesicherten Stillstand der Antriebswelle der Brennkraftmaschine stattfindet. Ein Nulldurchgang findet nicht mehr statt. Das Einspielen
- 20 findet somit verhältnismäßig spät statt.
- [0004]** Nach der Beschreibung der EP 2 211 051 A1 wird ein Zielpunkt P als eine bestimmte Drehzahl einer Brennkraftmaschine bestimmt, bei welcher ein Andrehritzel mit einem Zahnkranz einspielen soll. Diese Drehzahl hat den Wert null und entspricht einem Nulldurchgang. Es wird eine Zeitdauer TP bestimmt, welche die Drehzahl der Brennkraftmaschine bis zu diesem Zielpunkt P benötigt. Ferner wird eine Zeitdauer TA bestimmt, welche vom Beginn der Bewegung
- 25 des Ritzels an benötigt wird, bis das Ritzel mit dem Einspielen beginnt oder vollständig in den Zahnkranz eingespielt ist. Basierend auf den Zeitdauern TA und TP wird ein Zeitpunkt tp2 bestimmt, zu welchem mit der Bewegung des Ritzels begonnen wird, damit das Ritzel in einem Nulldurchgang der Drehzahl in den Zahnkranz einspielt.
- [0005]** Die hier nachfolgend beschriebenen Verfahren geben weitere Varianten der Strategie zum Andrehen des Startermotors und zum Einspielen des Starterritzels in den Anlasserzahnkranz an. Diese sind mit dem Ziel verbunden, die Vorteile der Funktion "Change of Mind" auch in der Auspendelphase des Verbrennungsmotors nach dem Abstellen
- 30 nutzen zu können. Des Weiteren werden Entscheidungskriterien zum Ausführen einer geeigneten Strategie für das Einspielen des Starters in den auslaufenden Verbrennungsmotor angegeben, so, dass für den jeweiligen Anwendungsfall primäre Ziele bestmöglich erfüllt werden. Zu diesen primären Zielen gehört beispielsweise die sogenannte Wiederstartdauer, Reduzierung von Schwingungen beim Starten mit dem Fahrzeug, Geräuschreduzierung sowie Erhöhung der Lebensdauer des Startsystems.
- 35 **[0006]** Für die Auswahl der Einspiestrategie sind grundsätzlich zwei Aspekte zu berücksichtigen:
- Einerseits eine Abstimmung zwischen Schwingungsreduktion beim Abstellen des Motors und Verbesserung der Lebensdauer bzw. Geräuschreduzierung beim Einspielen, d. h. es wird entweder bei jedem Auslauf eingespielt bzw.
 - 40 nur dann eingespielt, wenn eine Startanforderung (Brennkraftmaschine wieder in den Selbstlauf bringen) bereits im Auslauf vorliegt.
 - Andererseits ist zu berücksichtigen, dass zwischen der erforderlichen Funktionalität insbesondere bei separatem Andrehen des Starters eine Abstimmung zur Dauer des Wiederstarts bei Vorliegen einer Startanforderung im Auslauf vorgenommen wird. Zusätzlich können verschiedene Strategien entsprechend dem Zeitpunkt der Auslösung der
 - 45 Startanforderung im Auslauf des Verbrennungsmotors ausgewählt werden. So kann beispielsweise gewählt werden, ob das Einspielen bei noch positiven verschiedenen Drehzahlen des Verbrennungsmotors oder bereits beim Rückpendeln erfolgt. Hier erfolgt eine Festlegung des Zeitpunkts an Hand der Funktionalität des Startsystems.

Offenbarung der Erfindung

- 50 **[0007]** Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zum Einspielen eines Eindrehritzels einer Startvorrichtung in einen Zahnkranz einer Brennkraftmaschine mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 1 vorgeschlagen. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

55 Vorteile der Erfindung

- [0008]** Das erfindungsgemäße Verfahren zum Einspielen eines Eindrehritzels einer Startvorrichtung in einen Zahnkranz einer Brennkraftmaschine hat den Vorteil, dass durch das Verschieben des Andrehritzels in einem Verfahrensschritt

während des Abschaltauslaufs der Brennkraftmaschine mittels einer Vorspurkraft in Richtung zum Zahnkranz bis es diesen berührt und danach in einem weiteren Verfahrensschritt auf das Andrehritzel gezielt eine Einspurkraft bewirkt wird, um das Andrehritzel in eine Zahnücke des Zahnkranzes einzuspuren, ein besonderes schonendes Einspuren des Andrehritzels in den Zahnkranz möglich ist. Während des Einspurens soll dabei bezüglich der Drehzahl der Antriebswelle

der Brennkraftmaschine ein Nulldurchgang erfolgen.

Ein Einspuren des Andrehritzels in einer solchen Situation ist gemessen an einem Einspuren nach einem definitiven Stillstand der Antriebswelle früh und somit ist ein schneller Wiederstart der Brennkraftmaschine möglich. Wird der oder werden die Zeitpunkte, zu denen sich die Drehzahl Null einstellt, durch eine Vorausberechnung ermittelt, so kann das Verschieben des Andrehritzels und das Anlegen bzw. Berühren des Andrehritzels am Zahnkranz dem Ereignis, zu dem die Antriebswelle die Drehzahl Null hat, unmittelbar eingestellt werden. Dies bedeutet, dass ein Verschieben bzw. Anlegen des Andrehritzels auf das entsprechende Ereignis eingestellt ist und nicht beispielsweise bereits zwei oder drei Nulldurchgänge zuvor stattfindet. Dieses "pünktliche" Anlegen des Andrehritzels hat den Vorteil, dass eventuelle ungewollte Kollisionen zwischen Zähnen des Andrehritzels und Zähnen des Zahnkranzes (Ratschen) möglichst verringert und dadurch Verschleiß minimiert wird. Dementsprechend ist es auch von Vorteil, dass das Erzeugen der Vorspurkraft

vorberechnet wird.

[0009] Gemäß einem weiteren Unteranspruch ist vorgesehen, dass der Verfahrensschritt, in dem das durch den Startermotor nicht angetriebene Andrehritzel durch einen Vorspuraktuator mittels einer Vorspurkraft in Richtung zum Zahnkranz vorgeschoben wird, nach dem Abschalten der Brennkraftmaschine und vor einem ersten oder zweiten Zeitpunkt erfolgt, zu dem die Antriebswelle der Brennkraftmaschine die Drehzahl Null erreicht. Dies führt zu dem Vorteil, dass die Kontaktzeit zwischen Andrehritzel und Zahnkranz besonders kurz ist.

[0010] Gemäß einer nicht beanspruchten Möglichkeit kann der Verfahrensschritt, in dem das durch den Startermotor nicht angetriebene Andrehritzel durch einen Vorspuraktuator mittels einer Vorspurkraft in Richtung zum Zahnkranz vorgeschoben wird, erst nachdem die Antriebswelle eine Winkelbeschleunigung vom Betrag Null erreicht hat erfolgen.

[0011] Gemäß einer weiteren Ausbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Verfahrensschritt, wonach auf das Andrehritzel gezielt eine Einspurkraft bewirkt wird, um das Andrehritzel in eine Verzahnücke des Zahnkranzes einzuspuren, bei einem jeden Abschalten der Brennkraftmaschine erfolgt. Dadurch ist potentiell die Situation gegeben, dass eine maximal schnelle Möglichkeit zum Hochdrehen der Brennkraftmaschine gegeben ist.

[0012] Gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung ist vorgesehen, dass der eben erwähnte Verfahrensschritt nur dann erfolgt, wenn eine Steuerung der Brennkraftmaschine ein Startsignal erhält, wonach die Brennkraftmaschine wieder in den motorischen Selbstlauf zum Antreiben eines Fahrzeugs gebracht werden soll. Dies hat den Vorteil, dass einerseits Energie eingespart wird, da die Fälle, in denen danach kein weiterer motorischer Selbstlauf erforderlich ist, nicht stattfinden und andererseits das Getriebe bzw. das Andrehritzel und der Zahnkranz an dieser Stelle geschont werden (weniger Verschleiß).

Beschreibungen der Zeichnungen

[0013] Die Erfindung wird im Folgenden beispielhaft an Hand der Figuren näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1a bis Fig. 1c eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit einer Startvorrichtung in drei verschiedenen Situationen,

Fig. 2 zeigt ausschnittsweise einen Zahnkranz mit einem davor angeordneten Andrehritzel,

Fig. 3 zeigt in vier Feldern mögliche Drehzahlsituationen zwischen Zahnkranz und Andrehritzel,

Fig. 4 zeigt in welchen Drehzahlbereichen der Antriebswelle mit nichtdrehendem Andrehritzel eingespurt werden kann,

Fig. 5 zeigt ein weiteres Drehzahldiagramm mit den zeitlichen Zusammenhängen bei einem zweiten Null-Durchgang,

Fig. 6 ein weiteres Drehzahldiagramm.

Ausführungsformen der Erfindung

[0014] In Fig. 1a bis Fig. 1c ist eine Brennkraftmaschine 10 dargestellt, die einen Zahnkranz 13 aufweist. Seitlich neben der Brennkraftmaschine 10 befindet sich eine Startvorrichtung 16, die ein Andrehritzel 19 aufweist. Der Zahnkranz 13 der Brennkraftmaschine 10 wird durch eine Antriebswelle 22 angetrieben. Ein in der Startvorrichtung 16 angeordneter

Startermotor 25 treibt das Andrehritzel 19 an. Ein Vorspuraktuator 28, beispielsweise als Starterrelais (Hubmagnet mit elektrischer Schaltfunktion) oder nur Hubmagnet ausgeführt, ist dazu geeignet, das Andrehritzel 19 in Richtung zum Zahnkranz vorzuschieben und danach in einem weiteren Verfahrensschritt in eine Zahnücke des Zahnkranzes 13 einzuspuren.

[0015] In Fig. 1a ist die Situation dargestellt, in der die Brennkraftmaschine 10 eine noch drehende Antriebswelle 22 aufweist, die wie üblich eine variable Drehzahl n aufweist. Da die Brennkraftmaschine bereits abgeschaltet ist, und sich die Antriebswelle 22 noch dreht, befindet sich diese im sogenannten Auslauf. Die Drehzahl n ändert sich makroskopisch, d. h. im Mittelwert sinkt die Drehzahl n mehr oder weniger schnell gegen Null. Dabei werden üblicherweise mehrere relative Minima und Maxima ausgebildet. Das Andrehritzel 19 ist nicht im Zahnkranz 13 eingespurt. Der Verfahrensschritt S1, das Abschalten der Brennkraftmaschine 10 ist bereits erfolgt.

[0016] Gemäß Fig. 1b ist dargestellt, wie das durch den Startermotor 25 nicht angetriebene Andrehritzel 19 durch den Vorspuraktuator 28 mittels einer Vorspurkraft F_v in Richtung zum Zahnkranz 13 vorgeschoben wird, bis es diesen berührt bzw. an diesem anliegt.

[0017] Gemäß Fig. 1c ist dargestellt, wie gemäß dem weiteren Verfahrensschritt S3 auf das Andrehritzel 19 gezielt eine Einspurkraft F_E bewirkt wird, um das Andrehritzel 19 in eine Zahnücke des Zahnkranzes 13 einzuspuren.

[0018] In Fig. 2 ist ausschnittsweise ein Zahnkranz 13 dargestellt. Dieser weist am Umfang angeordnete Zähne 31 sowie zwischen je zwei Zähnen 31 eine Zahnücke 34 auf. Dort im Hintergrund ist ausschnittsweise auch ein Andrehritzel 19 mit einem Zahn 37 dargestellt. Dieser Zahn 37 ist in die Zahnücke 34 einzuschieben.

[0019] Demgemäß ist ein Verfahren zum Einspuren eines Andrehritzels 19 einer Startvorrichtung 16 in einen Zahnkranz 13 einer Brennkraftmaschine 10 offenbart, wobei die Brennkraftmaschine 10 eine Antriebswelle 22 und die Startvorrichtung 16 einen Startermotor 25 hat, wobei die Antriebswelle 22 eine variable Drehzahl n aufweist und in einem Verfahrensschritt S1 ein Abschalten der Brennkraftmaschine 10 erfolgt und dadurch in einem Verfahrensschritt S2 das durch den Startermotor 25 nicht drehangetriebene Andrehritzel 19 durch einen Vorspuraktuator 28 mittels einer Vorspurkraft F_v in Richtung zum Zahnkranz 13 vorgeschoben wird, bis es diesen berührt bzw. an diesem anliegt und danach in einem weiteren Verfahrensschritt S3 auf das Andrehritzel 19 gezielt eine Einspurkraft F_E bewirkt, um das Andrehritzel 19 in eine Zahnücke 34 des Zahnkranzes 13 einzuspuren.

[0020] In der Fig. 3 sind verschiedene mögliche Drehzahlsituationen zwischen Zahnkranz 13 und Andrehritzel 19 dargestellt. Die Mittellinie zeigt eine angenommene Umfangsgeschwindigkeit V_{13} des Zahnkranzes 13 der Brennkraftmaschine 10. Oberhalb dieser Linie wird angezeigt, dass die Umfangsgeschwindigkeit V_{19} des Andrehritzels 19 größer als die Umfangsgeschwindigkeit V_{22} des Zahnkranzes 22 ist. Unterhalb dieser Linie wird angezeigt, dass die Umfangsgeschwindigkeit des Andrehritzels 19 kleiner als die des Zahnkranzes 13 ist. Sowohl unterhalb als auch oberhalb der Umfangsgeschwindigkeit V_{22} ist ein betragsmäßig hier nicht näher angegebener Bereich jeweils oberhalb und unterhalb der Linie erkennbar. Die Linie V_{19V} gibt die maximale Umfangsgeschwindigkeit des Andrehritzels 19 an, bei der noch ein Einspuren des Andrehritzels 19 in den Zahnkranz 13 möglich ist. Die untere Linie V_{19R} zeigt die kleinere Umfangsgeschwindigkeit des Andrehritzels 19, die ebenfalls noch ein Einspuren in den Zahnkranz 13 ermöglicht. Geschwindigkeitsverhältnisse, die oberhalb bzw. unterhalb dieser Linien V_{19V} bzw. V_{19R} liegen, machen ein Einspuren nicht möglich. Dies führt zu dem bekannten Phänomen des Ratschens (einander Abgleiten der Zähne des Zahnkranzes 13 und der Zähne 37 des Andrehritzels 19).

[0021] In Fig. 4 ist ein Auslauf der Antriebswelle 22 dargestellt. Die damit einhergehenden Drehzahlschwankungen verlaufen alternierend unter Ausbildung von relativen Minima und Maxima. Üblicherweise erreicht die Antriebswelle wie in Fig. 4 dargestellt, nach einigen Kolbenhüben - so es sich um eine Kolbenmaschine handelt - einen ersten Null-Durchgang bei D_{N1} , so dass die Antriebswelle 22 einen Moment stehen bleibt und dann ihre Drehrichtung umdreht, um schließlich ein negatives Drehzahlmaximum (gleich Drehzahlminimum n_{min}) zu durchlaufen, ab dann dem Betrag nach wieder langsamer zu werden, um einen weiteren Null-Durchgang D_{N2} zu erreichen und wieder die ursprüngliche Drehrichtung einzunehmen, die dem Nulldurchgang D_{N2} folgt. Die Drehzahl n_{22} der Antriebswelle nähert sich dann asymptotisch dem Wert Null.

[0022] Das Verfahren verläuft dabei derartig, dass mit dem Abstellen der Brennkraftmaschine oder kurz danach die Drehzahl der Antriebswelle 22 beobachtet und analysiert wird, um den Zeitpunkt des ersten Null-Durchgangs D_{N1} zu ermitteln. Das "Beobachten" und "Analysieren" entspricht dabei der Ermittlung einer Prognose, wie sich der Drehzahlverlauf der Antriebswelle 22 über die Zeit t entwickelt. Ausgehend von diesem Zeitpunkt t_{D1} wird erfindungsgemäß zurückgerechnet, wie viel Zeit für das Einspuren benötigt wird (Zeit t_E), wie viel Zeit für das Anlegen bzw. für dessen Andauer benötigt wird (t_A) und wie viel Zeit t_v zum Vorspuren erforderlich ist. Durch dieses Rückrechnen erhält man einen Zeitpunkt t_1 , von dem ausgehend das Vorschieben des Starterritzels bzw. Andrehritzels veranlasst wird. Ausgehend von diesem Zeitpunkt t_1 wird das Andrehritzel 19 vorgeschoben, ab dem Zeitpunkt t_2 an den Zahnkranz 13 während der Zeitdauer t_A angelegt und danach während der Zeit t_E in den Zahnkranz 13 eingespurt. Während des Anlegens wird ein Differenzdrehwinkel zwischen Ritzel und Zahnkranz überstrichen, der zumindest einem Zahnabstand entspricht. Dazu ist es notwendig, dass die Geometrie von Ritzel und Zahnkranz sowie die Ritzeldynamik (Ritzelmasse, erzeugte Vorschubkraft über den Einspuraktuator und eine Feder) ein ausreichend großes Drehzahlfenster für den Einspurvorgang

sicherstellen. Des Weiteren müssen die Drehzahlgradienten von Brennkraftmaschine 10 und Starter bzw. Startvorrichtung 16 das Überstreichen des erforderlichen Relativdrehwinkels ermöglichen. Dazu ist ggf. sicherzustellen, dass die Startvorrichtung das Andrehritzel 19 noch nicht andreht.

[0023] Die Phase "Anlegen" ab dem Zeitpunkt t_2 kann bereits dann erfolgen, bevor das Drehzahlfenster erreicht ist, ein sogenanntes "Frühanlegen". Dabei muss dann sichergestellt sein, dass das Drehzahlfenster, welches ein Einspuren ermöglicht, erreicht wird. Die punktierte Linie zeigt einen möglichen Drehzahlanstieg der Antriebswelle 22 an, der nach erfolgreichem Start ablaufen kann.

[0024] Die Darstellung in Fig. 5 beschäftigt sich mit den zeitlichen Zusammenhängen rund um den zweiten Null-Durchgang DN2. Auch hier wird zunächst der Zeitpunkt t_{D2} prognostiziert, zu dem der Null-Durchgang DN2 erwartet wird. Von diesem Zeitpunkt wird wie bereits zum ersten Null-Vorgang ein Teil der Einspurdauer, die Anlegezeit und die Vorspurzeit zurückgerechnet, um erfindungsgemäß den Zeitpunkt t_1 zu ermitteln, zu dem das Andrehritzel 19 vorgespart werden soll. Von t_1 ausgehend wird das Andrehritzel 19 vorgespart, bis es zum Zeitpunkt t_2 am Zahnkranz 13 anliegt für die Dauer t_A . Ab t_3 beginnt der Einspurvorgang des Andrehritzels 19 in den Zahnkranz 13. Für diesen Einspurvorgang gelten die gleichen Bedingungen wie sie bereits für den ersten Null-Vorgang angegeben sind.

[0025] Sofern die Bauart und die Steuerung der Brennkraftmaschine sicherstellen, dass das Drehzahlfenster für ein zuverlässiges Einspuren nach der zweiten Drehzahlumkehr DN2 nicht mehr überschritten wird, kann im ersten Null-Durchgang und beginnend zu einem zweiten Null-Durchgang in der Rückpendelphase der Brennkraftmaschine eingespart werden. Dies bedeutet, dass das Anlegen des Starteritzels 19 an den Zahnkranz 13 der Brennkraftmaschine beginnend ab einer bestimmten Zeitdauer für den Vorgang vor dem Erreichen des ersten Null-Durchgangs erfolgen kann, sofern ein bestimmtes Zeitfenster bei der Ansteuerung ausgenommen wird, vgl. Fig. 6.

[0026] In Fig. 6 ist dargestellt, wie sich der Zeitraum ergibt, zu dem keine Ansteuerung des Vorspuraktuators 28 zulässig ist. Geht man vom Zeitpunkt des prognostizierten ersten Null-Durchgangs t_{D1} aus und rechnet die Dauer des Anlegens t_A zurück, erhält man den Beginn des Zeitpunkts ab dem ein Ansteuern des Vorspuraktuators 28 nicht mehr zulässig ist. Das Ende dieses Zeitraums t_{NZ} ergibt sich durch das zulässige Drehzahlfenster rund um den Null-Durchgang und hier durch die minimal zulässige Drehzahl vor dem zweiten Null-Durchgang. Ausgehend von diesem Zeitpunkt t_f , ist wiederum die Zeit des vorgesehenen Anlegens des Andrehritzels 19 abzuziehen. Daraus ergibt sich dann die Zeit, in der der Vorspuraktor nicht angesteuert werden darf, um ein sicheres Einspuren zu erlangen.

[0027] Ist zusätzlich die Bedingung erfüllt, dass die Drehzahl der Antriebswelle 22 auch beim Rückpendeln das Drehzahlfenster für ein zuverlässiges Einspuren nicht verlässt, d. h. der Tiefpunkt der Drehzahlkurve ist oberhalb der unteren Drehzahlgrenze, kann sogar beginnend mit dem Einspuren im ersten Null-Durchgang in der kompletten Rückpendelphase der Brennkraftmaschine eingespart werden.

[0028] Die punktierte Linie zeigt einen möglichen Drehzahlanstieg der Antriebswelle 22 an, der nach erfolgreichem Start ablaufen kann.

[0029] Gemäß den Beschreibungen zu den Figuren 4 und 5 ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass ein Einspuren des Andrehritzels 19 zu einem Zeitpunkt t_1 erfolgt, zu dem die Antriebswelle 22 der Brennkraftmaschine 10 nach dem Abschalten der Brennkraftmaschine 10 eine Drehzahl n aufweist, die Null ist. Demgemäß ist vorgesehen, dass sich die Drehzahl gleich Null ein erstes Mal oder danach auftretendes weiteres Mal einstellt. Wie zu den beiden Null-Durchgängen erwähnt, ist vorgesehen, dass ein Zeitpunkt t_{D1} , t_{D2} , zu dem sich die Drehzahl n gleich Null einstellt, durch eine Vorausberechnung ermittelt wird. Es ist demnach auch vorgesehen, dass das Andrehritzel 19 nach der Vorausberechnung mittels der Vorspurkraft F_v in Richtung zum Zahnkranz 13 vorgeschoben wird. Der Verfahrensschritt S3 erfolgt nach dem Abschalten der Brennkraftmaschine 10 und vor einem ersten oder zweiten Zeitpunkt t_{D1} , t_{D2} , zu dem die Antriebswelle 22 der Brennkraftmaschine 10 die Drehzahl n gleich Null erreicht. Gemäß einer nicht beanspruchten Möglichkeit kann der Verfahrensschritt S3 auch erst erfolgen nachdem die Antriebswelle 22 eine Winkelbeschleunigung vom Betrag Null erreicht hat. Die Situation, bei der die Antriebswelle 22 die Winkelbeschleunigung vom Betrag Null hat, ist der Bereich, in dem die Antriebswelle 22 stillsteht. Gemäß einer Variante des Verfahrens ist vorgesehen, dass der Verfahrensschritt S3, wonach das Andrehritzel 19 gezielt eine Einspurkraft F_E erfährt, bei einem jeden Abschalten der Brennkraftmaschine 10 erfolgt. Alternativ kann der Schritt S3 auch nur dann erfolgen, wenn eine Steuerung der Brennkraftmaschine 10 ein Startsignal erhält, wonach die Brennkraftmaschine wieder in den motorischen Selbstlauf zum Antreiben eines Fahrzeugs gebracht werden soll.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Einspuren eines Andrehritzels (19) einer Startvorrichtung (16) in einen Zahnkranz (13) einer Brennkraftmaschine (10), wobei die Brennkraftmaschine (10) eine Antriebswelle (22) und die Startvorrichtung (16) einem Startermotor (25) hat, wobei die Antriebswelle (22) eine variable Drehzahl (n) aufweist, und in einem Verfahrensschritt (S1) ein Abschalten der Brennkraftmaschine (10) erfolgt und danach in einem Verfahrensschritt (S2) das durch den Startermotor (25) nicht drehangetriebene Andrehritzel (19) durch einen Vorspuraktor (28) mittels einer Vorspur-

kraft (FV) in Richtung zum Zahnkranz (13) vorgeschoben wird und danach in einem weiteren Verfahrensschritt (S3) auf das Andrehritzel (19) gezielt eine Einspurkraft (FE) bewirkt wird, um das Andrehritzel (19) während einer Zeitdauer (tE) in eine Zahnücke (34) des Zahnkranzes (13) einzuspuren, **dadurch gekennzeichnet, dass**

ein Zeitpunkt (tD1, tD2) eines Null-Durchgangs (D_{N1} , D_{N2}) der Drehzahl der Brennkraftmaschine ermittelt wird und ausgehend von diesem Zeitpunkt (tD1, tD2) zurückgerechnet wird, wie viel Zeit (tE) für ein Einspuren benötigt wird, wie viel Zeit (tA) für ein Anlegen benötigt wird und wie viel Zeit (tV) für ein Vorspuren benötigt wird, um einen Zeitpunkt (t1) zu ermitteln, wobei ausgehend von diesem Zeitpunkt (t1) das Andrehritzel (19) mittels der Vorspurkraft (FV) in Richtung zum Zahnkranz (13) vorgeschoben wird, bis es diesen berührt, danach ab einem Zeitpunkt (t2) an den Zahnkranz (13) während einer Zeitdauer (tA) angelegt wird, wobei während des Anlegens ein Differenzdrehwinkel zwischen Ritzel und Zahnkranz überstrichen wird, der zumindest einem Zahnabstand entspricht, wobei das Einspuren des Andrehritzels (19) zu dem Zeitpunkt (tD1, tD2) erfolgt, zu dem die Antriebswelle (22) der Brennkraftmaschine (10) nach dem Abschalten der Brennkraftmaschine (10) eine Drehzahl (n) aufweist, die Null ist und dabei während der Zeitdauer (tE) des Einspurens bei der Drehzahl (n) der Antriebswelle (22) der Null-Durchgang auftritt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drehzahl (n) einen ersten Null-Durchgang (D_{N1}) und danach einen zweiten Null-Durchgang (D_{N2}) erreicht.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Zeitpunkt (tD1, tD2), zu dem die Drehzahl (n) den ersten Null-Durchgang (D_{N1}) oder den zweiten Null-Durchgang (D_{N2}) erreicht durch eine Vorausberechnung ermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Andrehritzel (19) nach der Vorausberechnung mittels der Vorspurkraft (FV) in Richtung zum Zahnkranz (13) vorgeschoben wird.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verfahrensschritt (S2) nach dem Abschalten der Brennkraftmaschine (10) und vor einem ersten oder zweiten Zeitpunkt (tD1, tD2) erfolgt, zu dem die Drehzahl (n) den ersten Null-Durchgang (D_{N1}) oder den zweiten Null-Durchgang (D_{N2}) erreicht.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verfahrensschritt (S3) bei einem jeden Abschalten der Brennkraftmaschine (10) erfolgt.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verfahrensschritt (S3) nur dann erfolgt, wenn eine Steuerung der Brennkraftmaschine (10) ein Startsignal erhält, wonach die Brennkraftmaschine (10) wieder in den motorischen Selbstlauf zum Antreiben eines Fahrzeugs gebracht werden soll.

Claims

1. Method for engaging a starter pinion (19) of a starter device (16) in a ring gear (13) of an internal combustion engine (10), wherein the internal combustion engine (10) comprises a drive shaft (22) and the starter device (16) comprises a starter motor (25), wherein the drive shaft (22) has a variable rotational speed (n), and in a method step (S1) the internal combustion engine (10) is switched off and thereafter in a method step (S2) the starter pinion (19), which is not rotationally driven by the starter motor (25), is moved forward by a toe-in actuator (28) by means of a toe-in force (FV) in the direction of the gear rim (13) and thereafter in a further method step (S3) an engagement force (FE) is selectively applied to the starter pinion (19), in order to engage the starter pinion (19) in a tooth gap (34) of the ring gear (13) during a period of time (tE), **characterized in that**

a point of time (tD1, tD2) of a zero crossing (D_{N1} , D_{N2}) of the rotational speed of the internal combustion engine is determined and, on the basis of this point of time (tD1, tD2), the time (tE) needed for engaging, the time (tA) needed for laying on and the time (tV) needed for toe-in is calculated back to determine a point of time (t1), wherein, starting from this point of time (t1), the starter pinion (19) is moved forward by means of the toe-in force (FV) in the direction of the ring gear (13) until it contacts said ring gear (13), then, starting from a point of time (t2), is laid on to the ring gear (13) during a period of time (tA), wherein a differential angle of rotation between pinion and ring gear is swept during lay on, which corresponds

to at least one tooth pitch,

wherein the engagement of the starter pinion (19) takes place at the point of time ($tD1$, $tD2$) at which the drive shaft (22) of the internal combustion engine (10) has a rotational speed (n) which is zero after the internal combustion engine (10) has been switched off, and the zero crossing occurs at the rotational speed (n) of the drive shaft (22) during the period of time (tE) of the engagement.

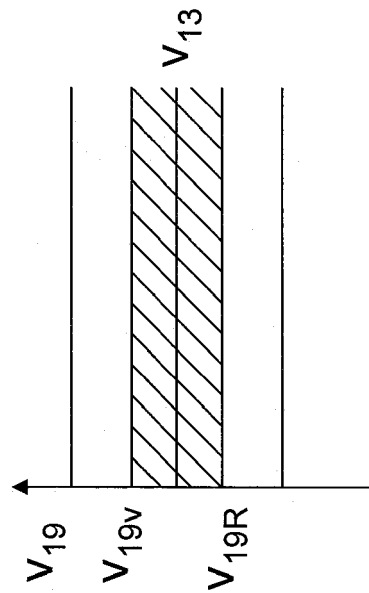
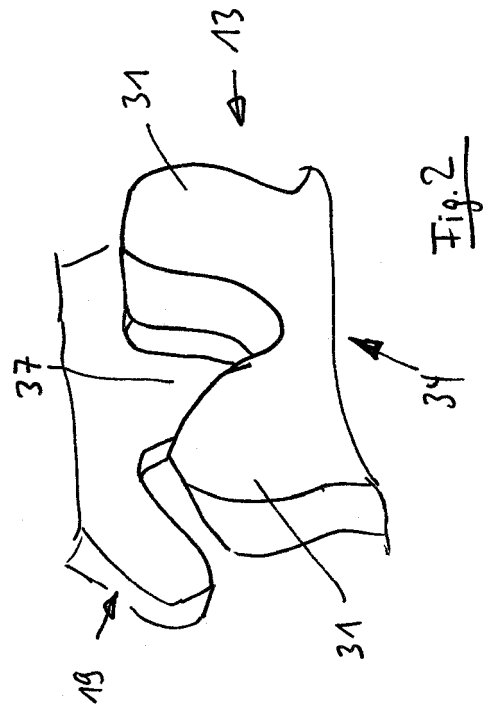
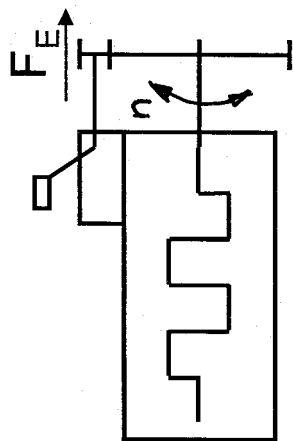
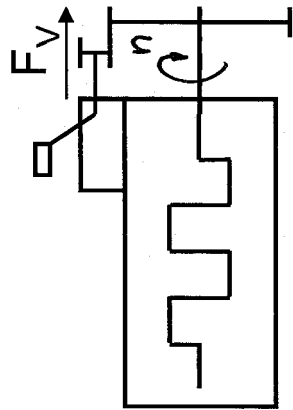
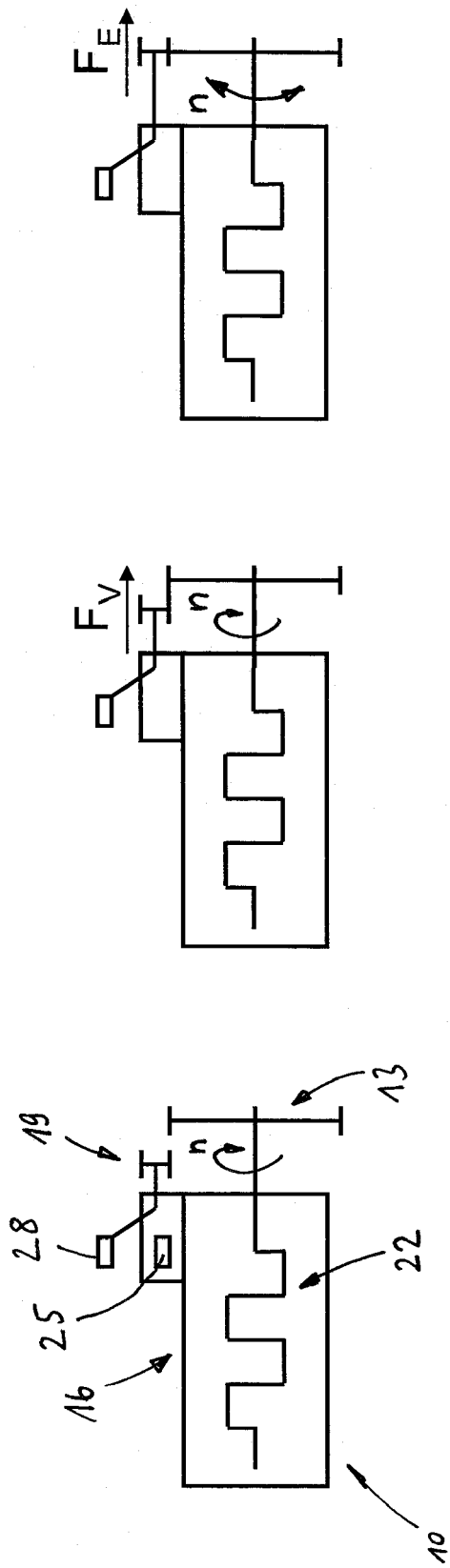
2. Method according to claim 1, **characterized in that** the rotational speed (n) arrives at a first zero crossing (D_{N1}) and thereafter at a second zero crossing (D_{N2}).
3. Method according to claim 2, **characterized in that** a point of time ($tD1$, $tD2$) at which the rotational speed (n) arrives at the first zero crossing (D_{N1}) or at the second zero crossing (D_{N2}) is determined by a precalculation.
4. Method according to claim 3, **characterized in that** the starter pinion (19) is moved forward in the direction of the ring gear (13) by means of the toe-in force (FV) after the precalculation.
5. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the method step ($S2$) is performed after switching off the internal combustion engine (10) and before a first or second point of time ($tD1$, $tD2$) at which the rotational speed (n) arrives at the first zero crossing (D_{N1}) or the second zero crossing (D_{N2}).
6. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the method step ($S3$) is performed each time the internal combustion engine (10) is switched off.
7. Method according to any one of the preceding claims 1 to 5, **characterized in that** the method step ($S3$) is only performed when a controller of the internal combustion engine (10) receives a start signal, after which the internal combustion engine (10) is to be brought back into the motor automatic mode for driving a vehicle.

Revendications

1. Procédé d'engrènement d'un pignon de démarrage (19) d'un dispositif de démarrage (16) dans une couronne dentée (13) d'un moteur à combustion interne (10), dans lequel le moteur à combustion interne (10) a un arbre d'entraînement (22) et le dispositif de démarrage (16) a un moteur de démarreur (25), dans lequel l'arbre d'entraînement (22) a une vitesse de rotation variable (n) et, à une étape de procédé ($S1$), le moteur à combustion interne (10) est ensuite arrêté puis, à une étape de procédé ($S2$), le pignon de démarrage (19) non entraîné en rotation par le moteur de démarreur (25) est déplacé en direction de la couronne dentée (13) par un actionneur de pré-engrènement (28) au moyen d'une force de pré-engrènement (FV) et, à une autre étape de procédé ($S3$), une force d'engrènement (FE) est ensuite appliquée sélectivement sur le pignon de démarrage (19) afin d'engrener le pignon de démarrage (19) pendant une durée (tE) dans un entredent (34) de la couronne dentée (13), **caractérisé en ce que** un instant ($tD1$, $tD2$) d'un passage par zéro (D_{N1} , D_{N2}) de la vitesse de rotation du moteur à combustion interne est déterminé, et à partir de cet instant ($tD1$, $tD2$) est effectué un calcul rétroactif de la quantité de temps (tE) nécessaire pour un engrènement, de la quantité de temps (tA) nécessaire pour une application, et de la quantité de temps (tV) nécessaire pour un pré-engrènement, afin de déterminer un instant ($t1$), dans lequel, à partir de cet instant ($t1$), le pignon de démarrage (19) est déplacé en direction de la couronne dentée (13) au moyen de la force de pré-engrènement (FV) jusqu'à ce qu'il vienne en contact avec celle-ci et est ensuite appliqué, à partir d'un instant ($t2$), contre la couronne dentée (13) pendant une durée (tA), dans lequel pendant l'application, un angle de rotation différentiel entre le pignon et la couronne dentée, qui correspond au moins à une distance entre les dents, est balayé, dans lequel l'engrènement du pignon de démarrage (19) s'effectue jusqu'à l'instant ($tD1$, $tD2$) où l'arbre d'entraînement (22) du moteur à combustion interne (10) a une vitesse de rotation (n) nulle après l'arrêt du moteur à combustion interne (10), et le passage par zéro a lieu pendant la durée (tE) de l'engrènement à la vitesse de rotation (n) de l'arbre d'entraînement (22).
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la vitesse de rotation (n) atteint un premier passage par zéro (D_{N1}) puis un second passage par zéro (D_{N2}).
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce qu'un** instant ($tD1$, $tD2$) où la vitesse de rotation (n) atteint le premier passage par zéro (D_{N1}) ou le second passage par zéro (D_{N2}) est déterminé par un pré-calcul.

EP 2 798 197 B1

4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que**, après le pré-calcul, le pignon de démarrage (19) est déplacé en direction de la couronne dentée (13) au moyen de la force de pré-engrènement (FV).
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'étape de procédé (S2) a lieu après l'arrêt du moteur à combustion interne (10) et avant un premier ou second instant (t_{D1} , t_{D2}) où la vitesse de rotation (n) atteint le premier passage par zéro (D_{N1}) ou le second passage par zéro (D_{N2}) .
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'étape de procédé (S3) a lieu à chaque arrêt du moteur à combustion interne (10).
7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5 précédentes, **caractérisé en ce que** l'étape de procédé (S3) a uniquement lieu lorsqu'une commande du moteur à combustion interne (10) obtient un signal de démarrage, après quoi le moteur à combustion interne (10) doit être remis en mode moteur autonome pour entraîner un véhicule.



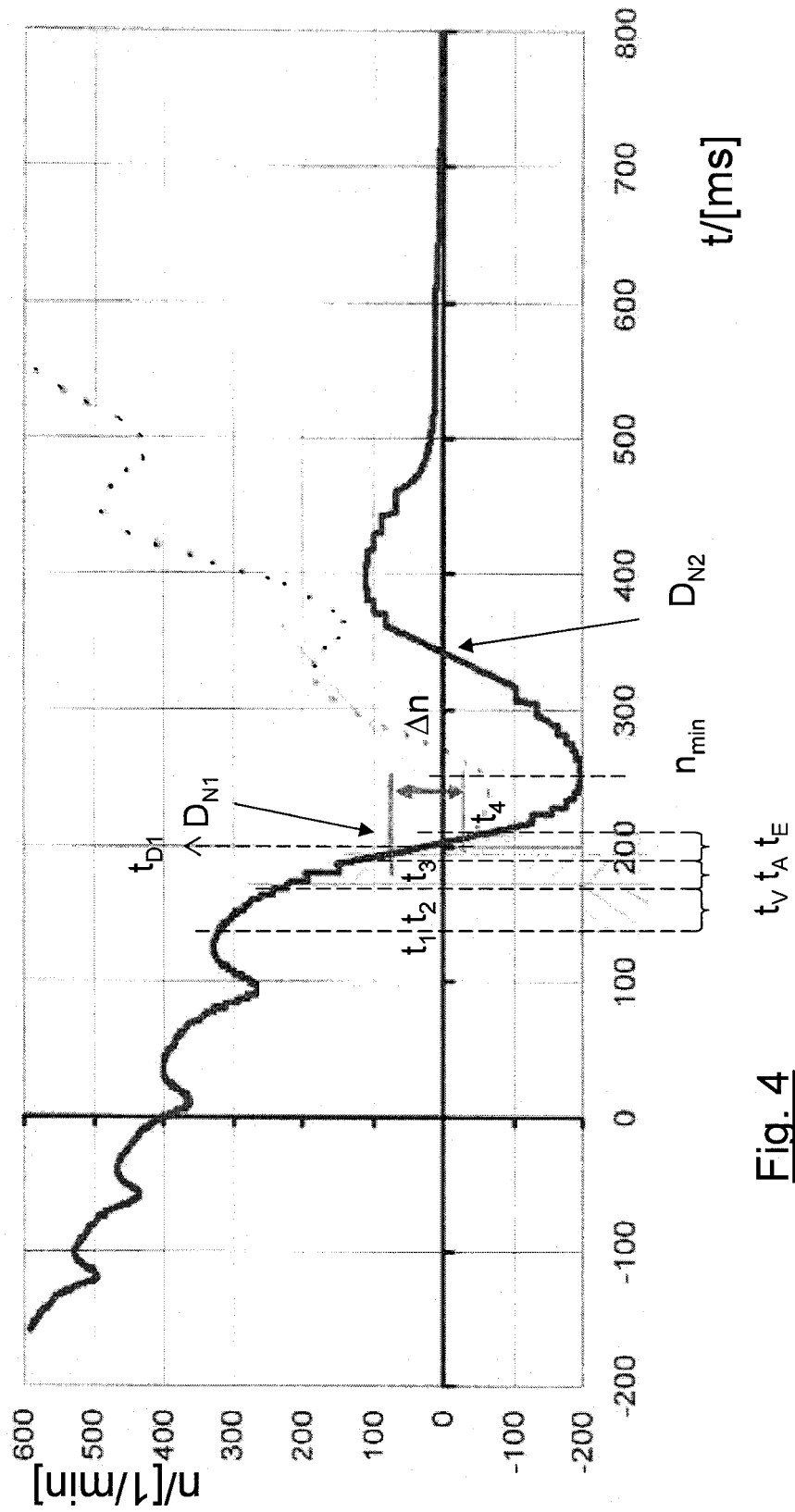


Fig. 4

$t_v t_A t_E$

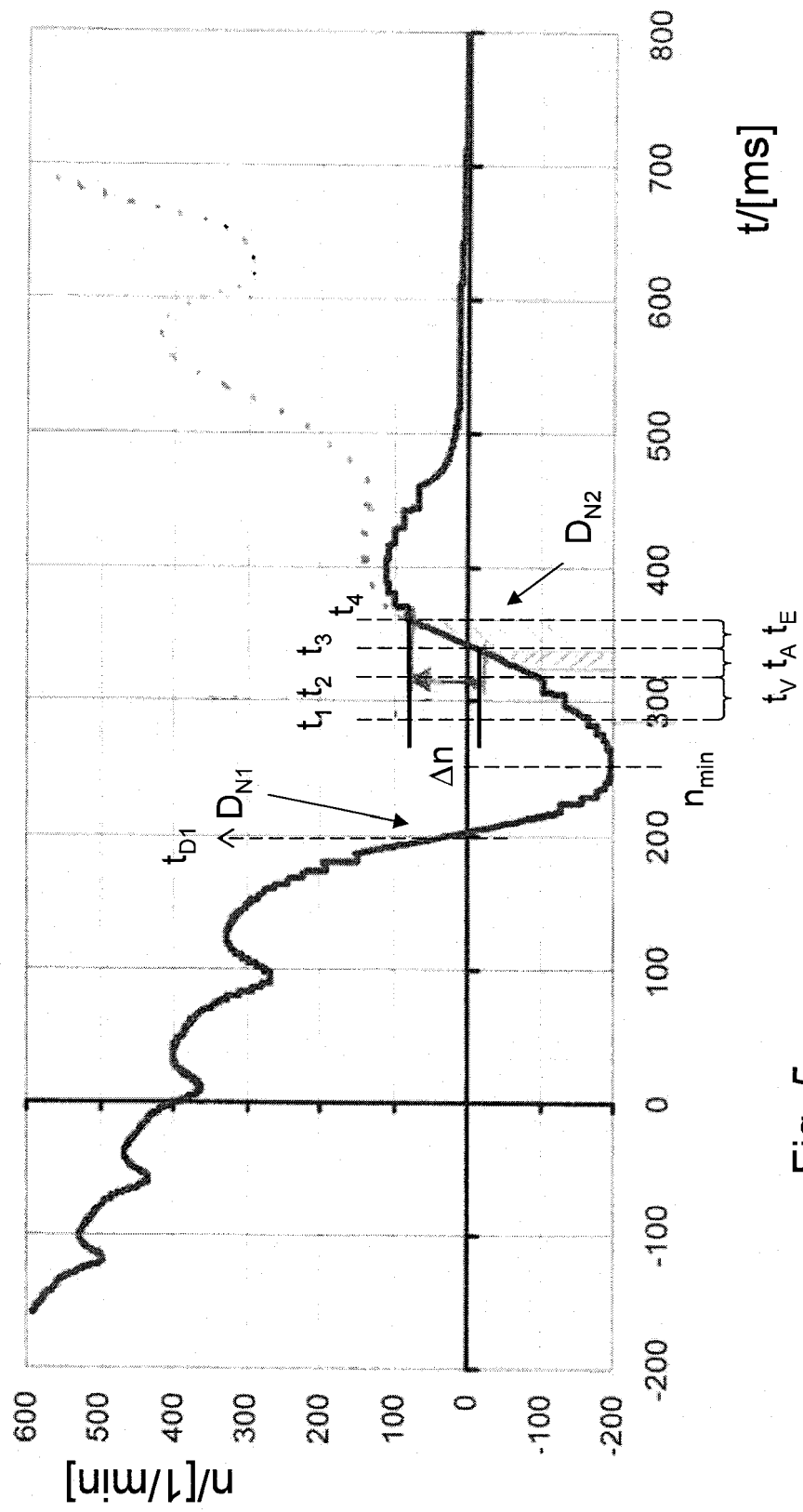


Fig. 5

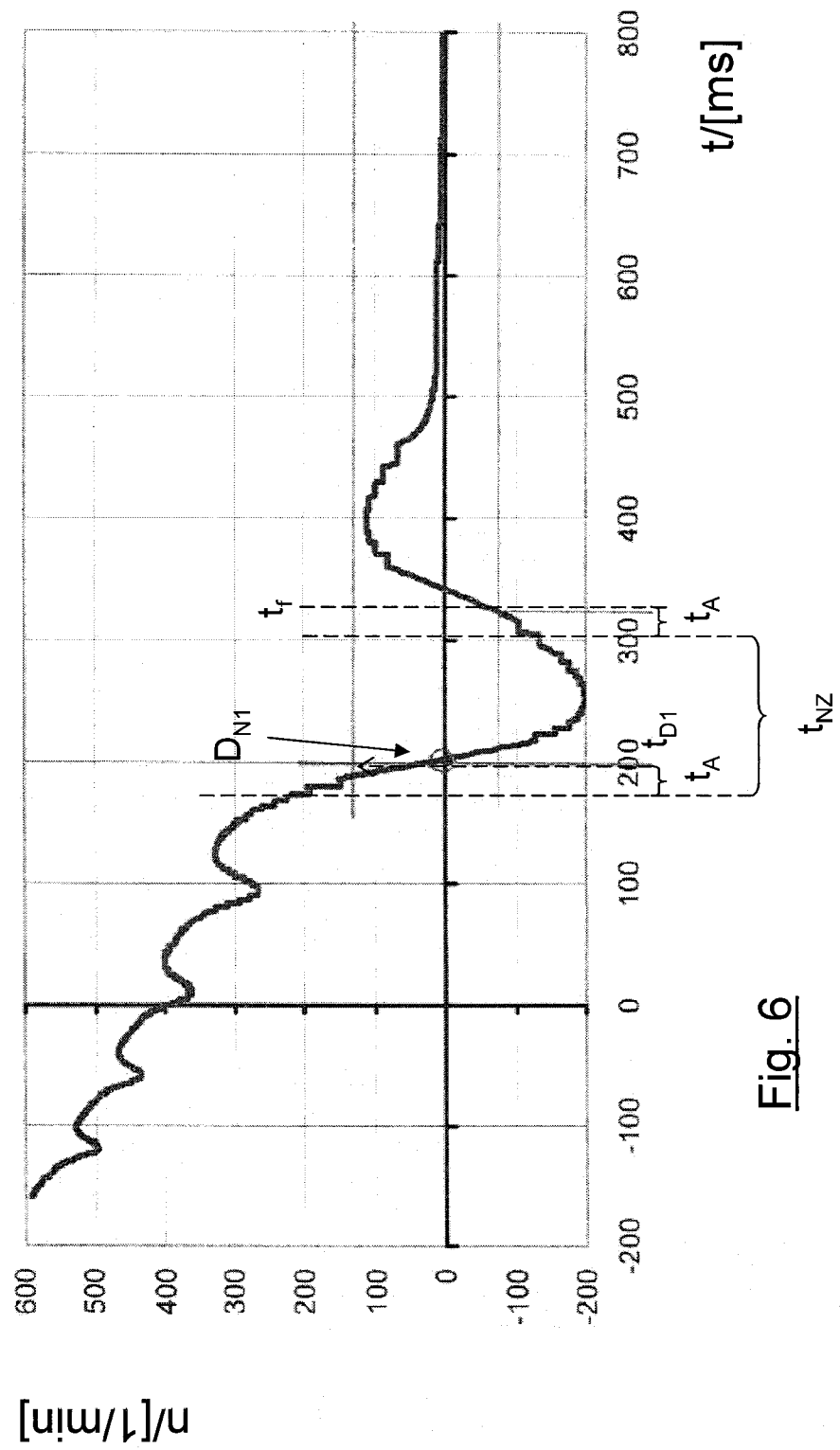


Fig. 6

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102008040830 A1 **[0003]**
- DE 102005021227 A1 **[0003]**
- EP 2211051 A1 **[0004]**