



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 198 25 729 B4 2007.12.06**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **198 25 729.5**
 (22) Anmeldetag: **09.06.1998**
 (43) Offenlegungstag: **16.12.1999**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **06.12.2007**

(51) Int Cl.⁸: **F02D 13/08 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
FEV Motorentchnik GmbH, 52078 Aachen, DE

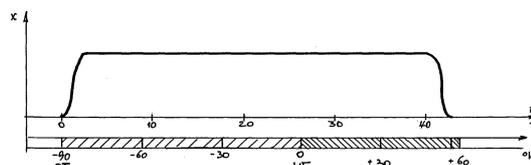
(72) Erfinder:
Schmitz, Günter, Prof. Dr.-Ing., 52074 Aachen, DE

(74) Vertreter:
Patentanwälte Maxton Langmaack & Partner,
50968 Köln

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 197 31 373 C2
EP 07 24 067 B1
EP 02 34 853 B1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Leerlaufregelung an einer Kolbenbrennkraftmaschine mit Kraftstoffeinspritzung und mit variabel ansteuerbaren Gaswechselventilen**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Leerlaufregelung an einer Kolbenbrennkraftmaschine mit Kraftstoffeinspritzung und mit über eine Motorsteuerung voll variabel ansteuerbaren Gaswechselventilen, bei dem im Leerlaufbetrieb der jeweilige Zeitpunkt der Öffnung der Gaseinlaßventile der einzelnen Zylinder durch die Kurbelwellenstellung vorgegeben wird und der Zeitpunkt der Schließung der Gaseinlaßventile über die Motorsteuerung durch Zeitablauf vorgegeben wird.



Beschreibung

[0001] Während bei Kolbenbrennkraftmaschinen mit konventionell angesteuerten Gaswechselventilen und einer Laststeuerung über eine Drosselklappe die Steuerung der Luftmenge für die Leerlaufregelung über die Drosselklappe vorgenommen werden kann, muß für Kolbenbrennkraftmaschinen mit einer drosselfreien Laststeuerung, insbesondere bei Kolbenbrennkraftmaschinen mit voll variabel ansteuerbaren Gaswechselventilen, beispielsweise mit elektromagnetischen Ventiltrieben versehenen Gaswechselventilen, eine andere Methode für die Leerlaufregelung gefunden werden.

[0002] DE 197 373 C2 beschreibt eine Regeleinrichtung für eine Leerlaufdrehzahl eines Verbrennungsmotors für Automobile, die eine elektromagnetische Betätigungseinheit für ein Einlassventil, einen Drehzahlsensor zum Messen des Istwertes der Motordrehzahl, eine Berechnungseinrichtung zur Berechnung eines Sollwertes der Leerlaufdrehzahl in Abhängigkeit von Betriebsbedingungen des Motors und eine Einrichtung zum Vergleichen von Soll- und Istwert der Leerlaufdrehzahl aufweist, um eine Drehzahldifferenz zu ermitteln. Weiterhin weist die Regeleinrichtung eine Ventilöffnungsdauer-Änderungseinrichtung auf, die in Abhängigkeit von der ermittelten Drehzahldifferenz die elektromagnetische Betätigungseinheit steuert.

[0003] EP 0234 853 B1 lehrt eine Vorrichtung zur variablen Ventilsteuerung für einen Verbrennungsmotor, die unter anderem aus einer Wellenanordnung besteht, die eine drehbare Hohlwelle und eine in dieser drehbare Innenwelle umfasst. Eine auf der Anordnung angebrachte Betätigungseinrichtung zum variablen Betätigen eines Motorventils und eine Einrichtung zur Relativbewegung der Wellen zur Herbeiführung von Verlagerungen der Betätigungseinrichtungen für eine Variierung der Ventilsteuerung werden von der Vorrichtung ebenfalls umfasst.

[0004] EP 0 724 067 A1 beschreibt ein Regelsystem einer Verbrennungsmaschine mit einer Vielzahl von Zylindern, die jeweils je zumindest ein Einlassventil und zumindest ein Auslassventil und eine Kurbelwelle aufweisen. Das Regelsystem hat eine elektromagnetische Treibereinrichtung, die elektromagnetisch ein Öffnen und ein Schließen von wenigstens einem Einlassventil und wenigstens einem Auslassventil verursacht. Ein Kurbelwinkelsensor erzeugt immer dann ein Kurbelwinkelsignal, wenn die Kurbelwelle durch einen vorgegebenen Winkel rotiert. Ein Zylinderkolbensensor erzeugt ein zylinderunterscheidbares Signal, welches indikativ für einen vorgegebenen Kurbelwinkel eines speziellen Zylinders aus einer Vielzahl von Zylindern ist. Ein Kolbenpositionssensor detektiert einen Betriebszustand oder eine Position des Kolbens von jedem der Zylinder, gestützt auf

dem erzeugten Kurbelwinkelsignal und dem erzeugten zylinderunterscheidbaren Signal. Eine CPU veranlasst die Öffnung von zumindest einem Einlassventil und von zumindest einem Auslassventil, basierend auf dem ermittelten Betriebszustand des Kolbens. Aufgabe ist es eine Methode für eine Leerlaufregelung zu finden.

[0005] Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst mit einem Verfahren zur Leerlaufregelung an einer Kolbenbrennkraftmaschine mit Kraftstoffeinspritzung und mit über eine Motorsteuerung voll variabel ansteuerbaren Gaswechselventilen, bei dem im Leerlaufbetrieb der jeweilige Zeitpunkt der Öffnung der Gas-einlaßventile der einzelnen Zylinder durch die Kurbelwellenstellung und der Zeitpunkt der Schließung der Gaseinlaßventile über die Motorsteuerung durch Zeitablauf vorgegeben wird. Bei voll variabel ansteuerbaren Gaswechselventilen, wie sie insbesondere bei Gaswechselventilen mit elektromagnetischen Ventiltrieben vorliegen, können sehr niedrige Leerlaufdrehzahlen eingestellt werden, die auch im Bereich unter 500 RPM liegen können. Hierbei ist es aber wichtig, daß bei einem Drehzahlabfall eine schnelle Reaktion der Motorsteuerung erfolgt, um ein Absterben des Motors zu verhindern. Das erfindungsgemäße Verfahren bietet eine besonders schnell reagierende Leerlaufregelung, wenn über die Motorsteuerung die Ansteuerung im "Spätes-Einlaß-Schließen"-Betrieb (SES) erfolgt. Bei dieser Betriebsweise ergibt sich bei einem Drehzahlabfall eine automatische Verschiebung des Schließzeitpunktes für das Gaseinlaßventil im Verhältnis zur Kurbelwellenstellung zu einem früheren Grad Kurbelwinkel, so daß sich eine größere Luftmenge und damit auch eine größere Gemischmenge im Zylinder einstellt. Der Vorteil dieser Form der Leerlaufstabilisierung ist seine spätest mögliche Reaktion auf einen Drehzahlabfall.

[0006] In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist ferner vorgesehen, daß bei einer Ansteuerung der Gaseinlaßventile mit "Frühem Einlaß-Schließen" (FES) bei Unterschreiten einer vorgegebenen Mindestdrehzahl über die Motorsteuerung die Öffnungszeit der Gaseinlaßventile verlängert wird. Auch bei einer derartigen Ansteuerung kann somit schnell auf das Erkennen eines Drehzahlabfalls reagiert werden. Diese Verlängerung der Ventilöffnungszeit kann nun entweder durch ein Verschieben der Schließzeit oder aber in einer anderen Ausgestaltung der Erfindung durch ein nochmaliges Öffnen des Gaseinlaßventils während des Ansaugtaktes bewirkt werden.

[0007] In einer Abwandlung der Erfindung ist bei einem Drehzahlabfall unter eine vorgegebene Mindestdrehzahl anstelle oder zusätzlich zur Veränderung des Ventilschließzeitpunktes vorgesehen, zur Anfetzung des Gemisches die Kraftstoffeinspritzzeit ent-

sprechend zu verändern und damit die zuzuführende Kraftstoffmenge anzupassen. Dies kann entweder dadurch erfolgen, daß die Kraftstoffeinspritzzeit verlängert, also mehr Kraftstoff zugeführt wird oder dadurch bewirkt werden, daß der Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung so verschoben wird, daß er auf das sich schließende Einlaßventil erfolgt und so eine "automatische" Anfettung erzielt wird, die zusätzlich hilft, den Drehzahlabfall wieder auszugleichen. Bei der zuletzt genannten Verfahrensweise muß jedoch die Einspritzmenge für den folgenden Arbeitszyklus des betreffenden Zylinders wieder erhöht werden, um den an den vorhergehenden Arbeitszyklus "abgegebenen" Kraftstoffanteil wieder zu kompensieren. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, daß früher eingespritzt wird. In beiden Fällen wird eine durch die eingeführte Luft Mehrmenge bedingte Abmagerung vermieden.

[0008] Bei einer Einstellung der Motorsteuerung auf die Betriebsweise "Frühes Einlaß-Schließen" kann bei Erkennen eines Drehzahlabfalls in der Motorsteuerung auch auf die Betriebsweise "Spätes Einlaß-Schließen" umgeschaltet werden, so daß sich die eingangs beschriebene "automatische" Leerlaufstabilisierung ergibt.

[0009] Die Erfindung wird anhand von Diagrammen näher erläutert. Es zeigen:

[0010] [Fig. 1](#) für die Betriebsweise "Spätes Einlaß-Schließen" die Zuordnung von Ventilöffnungszeit zur Kurbelwellenstellung für konstante Leerlaufdrehzahl,

[0011] [Fig. 2](#) für die Betriebsweise gemäß [Fig. 1](#) die Zuordnung von Ventilöffnungszeit zur Kurbelwellenstellung bei Drehzahlabfall,

[0012] [Fig. 3](#) für die Betriebsweise "Frühes Einlaß-Schließen" die Zuordnung der Ventilöffnungszeit zur Kurbelwellenstellung bei konstanter Leerlaufdrehzahl,

[0013] [Fig. 4](#) für die Betriebsweise gemäß [Fig. 3](#) die Zuordnung der Ventilöffnungszeit zur Kurbelwellenstellung bei einem Drehzahlabfall.

[0014] In [Fig. 1](#) ist der Hubverlauf eines Gaseinlaßventils über der Zeitachse eingezeichnet. Die Verhältnisse sind zur Verdeutlichung etwas vergrößert dargestellt. Der Zeitachse zugeordnet ist als zweite Ordinatenachse die Kurbelwellenstellung in Grad Kurbelwinkel. Die Öffnungsbewegung des Gaseinlaßventils wird über die Motorsteuerung kurbelwinkelabhängig eingeleitet, beispielsweise bei Erreichen des oberen Totpunktes des Kolbens in dem betreffenden Zylinder. Auf der Millisekunden bemessenen Zeitachse ist dieser Zeitpunkt mit 0ms gekennzeichnet. Bei einem über einen elektromagnetischen Aktu-

ator angesteuerten Gaseinlaßventil ergibt sich beispielsweise bei einer niedrigen Drehzahl von 600 RPM für den Ventilhub X ein relativ steiler Anstieg, wobei nach etwa 3ms der volle Öffnungsquerschnitt zur Verfügung steht.

[0015] Während normalerweise über die Motorsteuerung weiterhin der Schließzeitpunkt kurbelwinkelabhängig festgelegt wird, wird entsprechend dem hier durchgeführten Verfahren in der Motorsteuerung auf ein zeitabhängiges Schließen umgeschaltet. Etwa 40ms nach dem Einleiten des Öffnungsvorgangs wird der Schließvorgang eingeleitet.

[0016] Verknüpft man nun die darunter angegebene in Grad Kurbelwinkel eingeteilte zweite Ordinatenachse, dann ergeben sich bei konstanter Drehzahl äquidistante Sektoren für die Grad Kurbelwinkel im Verhältnis zur Zeitachse. Damit ergibt sich bei der Abwärtsbewegung des Kolbens eine Ansaugphase vom oberen Totpunkt (OT) bis zum unteren Totpunkt (UTH), die einem Zeitabschnitt von etwa 25ms nach Einlaßöffnung entspricht. Da nun unabhängig von der Kurbelwellenstellung das Gaseinlaßventil über den unteren Totpunkt (UTH) hinaus offengehalten wird, schiebt der Kolben in seiner Aufwärtsbewegung das zuviel angesaugte Gemisch in den Einlaß zurück, beispielsweise bis etwa 60 Grad Kurbelwinkel nach UTH.

[0017] Ergibt sich im Leerlaufbetrieb nunmehr ein Drehzahlabfall, dann verändert sich – wie [Fig. 2](#) zeigt – bei ansonsten gleichen Bedingungen für den Öffnungszeitraum des Gaseinlaßventils eine Verschiebung, d. h. eine Verlängerung der während der Öffnungszeit durchlaufenen Kurbelwinkelsektoren. Hierbei betragen beispielsweise in den ersten 30 Grad Kurbelwinkel nach dem oberen Totpunkt die Drehzahlen noch 600 RPM. Aufgrund des danach erfolgenden Drehzahlabfalls sind die anschließenden Kurbelwinkelsektoren allerdings gegenüber der Zeitachse gedehnt. Es wird aber weiterhin bis zum Durchlaufen des unteren Totpunktes (UTH) Gemisch angesaugt und auch danach Gemisch in den Einlaß wieder ausgeschoben. Aufgrund der niedrigeren Drehzahl wird der untere Totpunkt (UTH) später, beispielsweise erst nach etwa 28ms erreicht. Da aber die Motorsteuerung – wie bei [Fig. 1](#) – das Gaseinlaßventil jedoch offenhalten wird, ist beim Schließen des Einlaßventils erst eine Kurbelwinkelstellung von etwa 35 Grad Kurbelwinkel nach dem unteren Totpunkt erreicht, so daß der Kolben zwar den unteren Totpunkt durchlaufen hat, aber in der verbleibenden Öffnungszeit nur noch wenig Gemisch in den Einlaß ausschieben konnte. Hierdurch ergibt sich gegenüber einer vom Kurbelwinkel abhängigen Steuerung eine deutlich größere Menge Frischgemisch, die im Brennraum verbleibt, so daß nach dem Schließen des Gaseinlaßventils im anschließenden Arbeitstakt trotz Drehzahlabfall eine ausreichende Leistungszufuhr

an die Kurbelwelle erfolgt und diese wieder beschleunigt wird und so der Drehzahlabfall ausgeglichen werden kann.

[0018] Bei einer durch die Motorsteuerung vorgegebenen Betriebsweise "Spätes-Einlaß-Schließen" kann es zweckmäßig sein, nicht sofort an das über die in Abhängigkeit von der Kurbelwinkelstellung erfolgende Öffnung des Gaseinlaßventils auf eine Zeitsteuerung umzuschalten, sondern dies bei einem späteren Zeitpunkt bzw. bei einer späteren Kurbelwinkelstellung vorzunehmen.

[0019] [Fig. 3](#) zeigt in gleicher Weise die Verhältnisse für eine Betriebsweise "Frühes Einlaß-Schließen". Die Hubkurve zeigt den Verlauf des Ventilhubes des Gaseinlaßventils bei konstanter Leerlaufdrehzahl. Das Gaseinlaßventil wird hierbei beispielsweise geöffnet, wenn der Kolben den oberen Totpunkt erreicht hat und kurze Zeit später, beispielsweise 45 Grad Kurbelwinkel nach dem Totpunkt, wieder geschlossen.

[0020] Erfolgt nun ein Drehzahlabfall, würde zwar zeitlich die Öffnungszeit bei einer Steuerung in Abhängigkeit von Grad Kurbelwinkel entsprechend verlängert, da jedoch das Ventil bei der gleichen Position des Kolbens schließt, ergibt sich keine Erhöhung des Füllgrades und somit keine Erhöhung der Leistung. Daher muß der Öffnungszeitraum für das Gaseinlaßventil über einen großen Kurbelwinkelsektor verlängert werden und das Gaseinlaßventil zu einem späteren Zeitpunkt geschlossen werden, so daß mehr Luft in den Brennraum gelangen kann.

[0021] Da die Kraftstoffmenge in bezug auf die ursprünglich vorgesehene Luftmenge entsprechend durch Einspritzen zugemessen wurde, würde durch die Verlängerung des Öffnungszeitraums eine Abmagerung des Gemisches erfolgen, die der gewünschten Erhöhung des Drehmoments entgegensteht. Aus diesem Grund ist es zweckmäßig, die Einspritzphase so zu verlegen, daß das Einspritzen des Kraftstoffs in das sich schließende Einlaßventil erfolgt. Damit wird jede Verlegung des Schließzeitpunkts in Richtung "spät" automatisch zur Folge haben, daß eine überproportional höhere Kraftstoffmenge eingespritzt wird. Eine derartige Anfettung kann dann zusätzlich dazu dienen, das auf die Kurbelwelle wirkende Drehmoment zu vergrößern. Gegebenenfalls wird dadurch auch der Ursache des Drehzahlabfalls entgegengewirkt, die gerade bei einem kalten Motor in einem schlecht brennfähigen Gemisch liegen kann. Es ist aber auch möglich, statt einer Verschiebung der Einspritzphase oder einer Veränderung der Öffnungszeit des Gaseinlaßventils in Folge eines erkannten Drehzahlabfalls entsprechend zusätzlich Kraftstoff einzuspritzen, um so dem Drehzahlabfall durch Anfettung des Gemisches entgegen zu wirken.

[0022] Statt einer Verlängerung der Öffnungszeit der Gaseinlaßventile, kann die Ansteuerung bei voll variabel ansteuerbaren Gaswechselventilen auch in der Weise erfolgen, daß nach dem programmgemäß vorgesehenen "frühen" Schließen das Gaseinlaßventil noch einmal im Ansaugtakt kurz geöffnet wird, um hier eine zusätzliche Luft- und/oder Frischgemischmenge in den Zylinder einzusaugen.

[0023] Die vorstehend beschriebene Verfahrensweise kann bei Kolbenbrennkraftmaschinen mit einem oder auch mit mehreren Gaseinlaßventilen angewendet werden, wobei entweder beide Gaseinlaßventile synchron entsprechend dem vorbeschriebenen Verfahren angesteuert werden, oder aber ein Gaseinlaßventil vollständig geschlossen bleibt und nur das andere Gaseinlaßventil arbeitet.

[0024] Das erfindungsgemäße Verfahren wird bevorzugt bei Kolbenbrennkraftmaschinen mit elektromagnetisch betätigbaren Gaswechselventilen angewendet. Der Einsatz ist aber auch möglich bei anderen Verfahren zur voll variablen Betätigung von Gaswechselventilen, beispielsweise bei hydraulischen Betätigungsverfahren.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Leerlaufregelung an einer Kolbenbrennkraftmaschine mit Kraftstoffeinspritzung und mit über eine Motorsteuerung voll variabel ansteuerbaren Gaswechselventilen, bei dem im Leerlaufbetrieb der jeweilige Zeitpunkt der Öffnung der Gaseinlaßventile der einzelnen Zylinder durch die Kurbelwellenstellung vorgegeben wird und der Zeitpunkt der Schließung der Gaseinlaßventile über die Motorsteuerung durch Zeitablauf vorgegeben wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Schließzeitpunkt über den unteren Totpunkt hinaus verlegt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Ansteuerung der Gaseinlaßventile mit "Frühem Einlaß-Schließen" bei Unterschreiten einer vorgegebenen Mindestdrehzahl über die Motorsteuerung die Öffnungszeit der Gaseinlaßventile verlängert wird.

4. Verfahren zur Leerlaufregelung an einer Kolbenbrennkraftmaschine mit Kraftstoffeinspritzung und mit über eine Motorsteuerung voll variabel ansteuerbaren Gaswechselventilen, bei dem im Leerlaufbetrieb der jeweilige Zeitpunkt der Öffnung der Gaseinlaßventile der einzelnen Zylinder durch die Kurbelwellenstellung vorgegeben wird bei dem die Drehzahl erfaßt und bei Unterschreiten einer vorgegebenen Mindestdrehzahl die Kraftstoff-einspritzzeit zur Anfettung des Gemisches verändert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Verlängerung der Öffnungszeiten der Gaseinlaßventile durch ein nochmaliges Öffnen im Ansaugtakt bewirkt wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

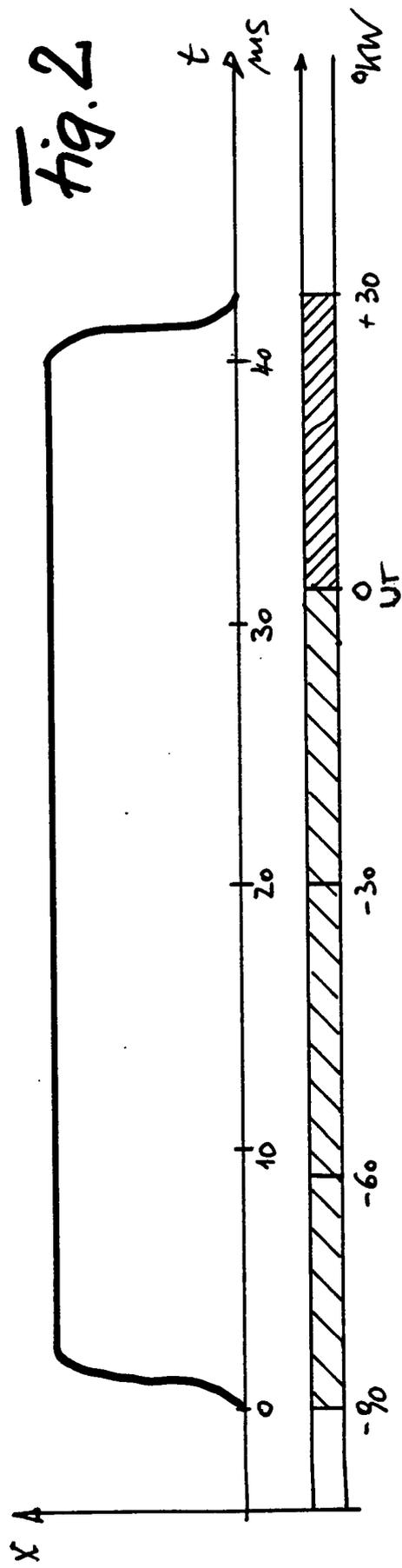
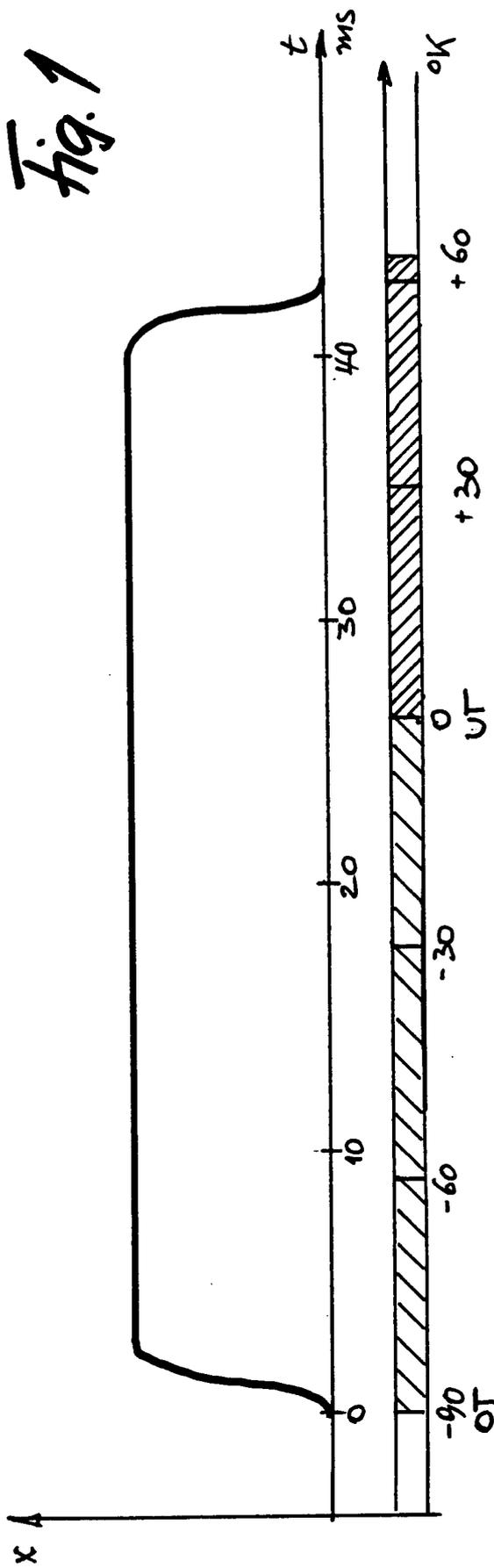


Fig. 3

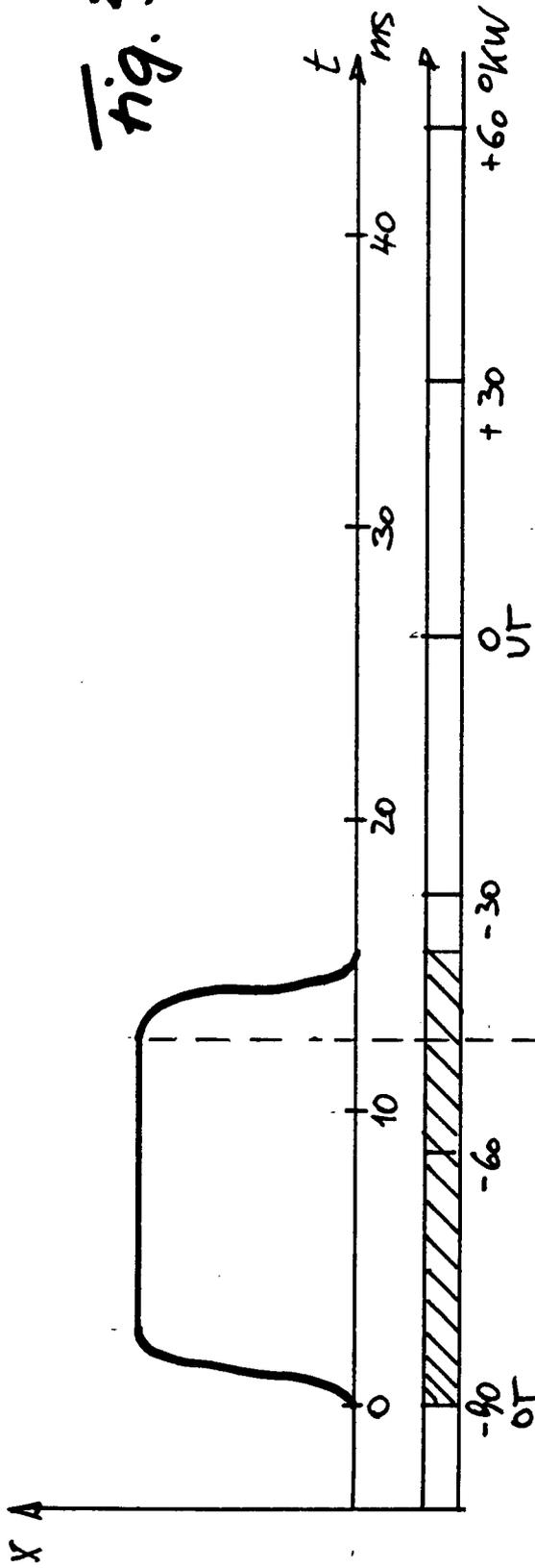


Fig. 4

