

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 387 087 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

04.02.2004 Patentblatt 2004/06

(51) Int Cl.7: F04D 15/00

(21) Anmeldenummer: 03009647.3

(22) Anmeldetag: 30.04.2003

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK

• Tolksdorf, Frank

58675 Hemer (DE)

• Heinrich, Klaus

44227 Dortmund (DE)

(30) Priorität: 29.07.2002 DE 10234630

(71) Anmelder: WILO AG

44263 Dortmund (DE)

(74) Vertreter:

COHAUSZ DAWIDOWICZ HANNIG & PARTNER
Patentanwälte

Schumannstrasse 97-99
40237 Düsseldorf (DE)

(72) Erfinder:

• Kiffer, Björn

44139 Dortmund (DE)

(54) Verfahren zur Bestimmung der Durchflussmenge eines Fluids durch eine Pumpe

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Durchflussmenge eines Fluides durch eine Pumpe, insbesondere durch eine von einem permanenten drehfeldbetriebenen Synchronmotor angetriebene Pumpe, bei dem im Pumpbetrieb der Motor vom elektrischen/elektronischen Antrieb zumindest zeitwei-

se, insbesondere periodisch abgeschaltet, im abgeschalteten Zustand die im Motor induzierte Spannung (1,2,3) erfasst und aus der erfassten induzierten Spannung (1,2,3) die Durchflussmenge des Fluides ermittelt wird. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Pumpe zur Durchführung des Verfahrens.

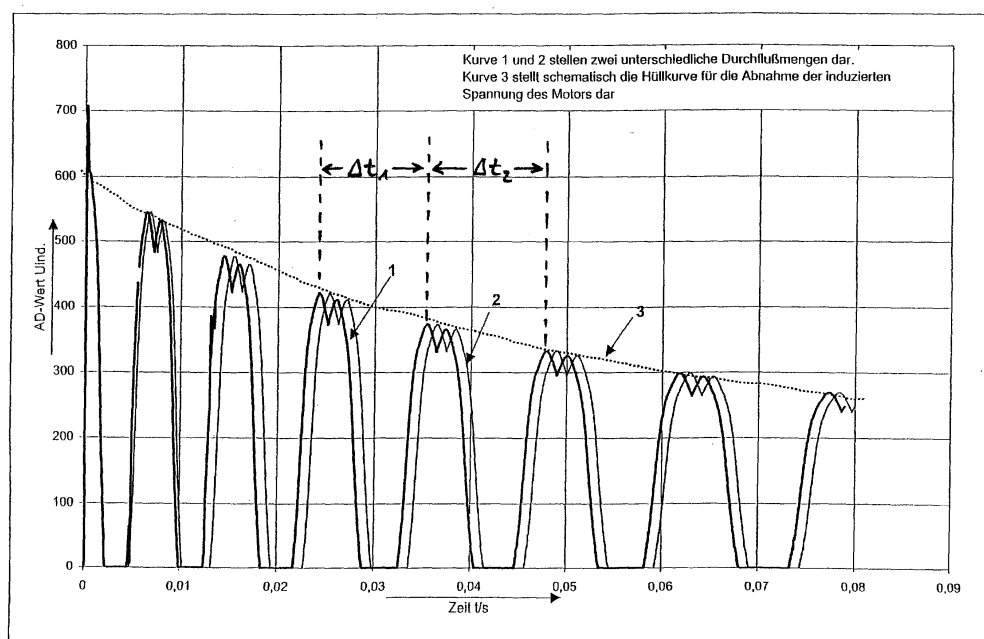


Fig. 1

EP 1 387 087 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Durchflussmenge eines Fluids durch eine Pumpe, insbesondere durch eine mittels eines permanent erregten, drehfeldbetriebenen Synchronmotors angetriebene Pumpe. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Pumpe zur Förderung von Fluid, mit der das Verfahren durchgeführt werden kann.

[0002] Es ist bekannt, die Durchflussmenge eines Fluids durch eine Pumpe, beispielsweise von Wasser durch eine Heizungspumpe anhand der elektrischen Leistungsaufnahme der Pumpe zu ermitteln. Dieses ist insbesondere im Bereich kleinerer Pumpenleistungen möglich, da in diesem Bereich die Durchflussmenge im wesentlichen linear mit der elektrischen Leistung der Pumpe skaliert.

[0003] Bei höheren elektrischen Pumpenleistungen weist die Kennlinie (elektrische Leistung P über Durchflussmenge Q) jedoch eine nur noch sehr flache Steigung auf bzw. nimmt sogar wieder ab. In diesem Bereich ist eine zuverlässige Ermittlung der Durchflussmenge eines Fluides durch die Pumpe lediglich anhand der elektrischen Leistung schwierig bzw. sehr ungenau.

[0004] Es ist weiterhin bekannt, in einem Fluid-Kreislauf bzw. in einer Pumpe zusätzliche Vorrichtungen vorzusehen, mit denen die aktuelle Durchflussmenge eines Fluids messtechnisch bestimmt werden kann. Die Anordnung einer solchen zusätzlichen Vorrichtung ist jedoch material- und kostenintensiv.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren bzw. eine Pumpe zur Verfügung zu stellen, mittels der die Durchflussmenge eines Fluides durch eine Pumpe, insbesondere eine von einem permanent erregten, drehfeldbetriebenen Synchronmotor angetriebene Pumpe, zuverlässig zu ermitteln ist.

[0006] Diese Aufgabe wird gemäß der vorliegenden Erfindung dadurch gelöst, dass im Pumpbetrieb der Motor, insbesondere der permanent erregte, drehfeldbetriebene Synchronmotor, vom elektrischen/elektronischen Antrieb zumindest zeitweise, insbesondere periodisch, abgeschaltet wird. Im abgeschalteten Zustand kann sodann die in dem Pumpenmotor, insbesondere in dem Synchronmotor induzierte Spannung erfasst und aus der erfassten induzierten Spannung die Durchflussmenge des Fluids ermittelt werden.

[0007] Das erfindungsgemäße Verfahren bzw. die erfindungsgemäße Pumpe macht sich die Überlegung zunutze, dass ein Motor nicht nur durch elektrischen Antrieb als Motor sondern auch umgekehrt als Generator eingesetzt werden kann. Dies gilt insbesondere für permanent erregte drehfeldbetriebene Synchronmotoren. Bei Motoren kann bei Drehung des Läufers von aussen an den Statoranschlüssen eine Induktionsspannung abgegriffen werden, die durch die Drehung des Läufers hervorgerufen wird. Dies gilt insbesondere für permanent erregte drehfeldbetriebene Synchronmotoren.

[0008] Der Erfindung liegt weiterhin die Überlegung

zu Grunde, dass unterschiedliche Durchflussmengen in einer durch einen Motor angetriebenen Pumpe einen Einfluss auf den zeitlichen Verlauf der generatorischen induzierten Spannung haben.

[0009] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird dementsprechend der Motor, z. B. der permanent erregte Synchronmotor, welcher durch einen Frequenzumrichter geregelt angetrieben werden kann, von der antreibenden Elektronik zumindest für ein vorbestimmtes Zeitintervall abgeschaltet, so dass dann bevorzugt aus dem zeitlichen Verlauf der erfassten induzierten Spannung die Durchflussmenge ermittelt werden kann. Die Ermittlung kann z.B. durch Vergleich mit Referenzkennlinien, -kennfeldern, oder -kennwerten erfolgen.

[0010] Die induzierte, insbesondere an den Statoranschlüssen abfallende Spannung kann beispielsweise durch einen Analog-Digital-Wandler aufgenommen werden. Dieser kann z.B. bei einem permanent erregten Synchronmotor in einem Mikrocontroller untergebracht sein, welcher vorzugsweise auch die Ansteuerung des Wechselrichters im Frequenzumrichter zum Antrieb übernimmt.

[0011] Nach dem Abschalten des Motors, z.B. bei einem Synchronmotor von dem antreibenden Drehfeld, kommt der Motor je nach aktueller Durchflussmenge langsamer oder schneller zum Stillstand, wenn nicht bereits vor Erreichen des Stillstandes der Motor wieder angeschaltet würde.

[0012] Dem entsprechend ist der zeitliche Verlauf der aufgenommenen, beispielsweise in einem Zwischenspeicher niedergelegten induzierten Spannung charakteristisch für die Durchflussmenge, insbesondere im Zeitpunkt der Abschaltung.

[0013] So besteht die Möglichkeit, nach der Erfassung und gegebenenfalls Zwischenspeicherung des zeitlichen Verlaufs der induzierten Spannung - gegebenenfalls bis der Motor zum Stillstand kommt - zum Beispiel aus der Abnahme der induzierten Spannung die Durchflussmenge zu ermitteln. Die Abnahme der induzierten Spannung kann hierbei besonders vorteilhaft durch den zeitlichen Verlauf der Hüllkurve der erfassten induzierten Spannung ermittelt werden.

[0014] Ebenso besteht alternativ oder in Kombination mit dem vorher Genannten die Möglichkeit, aus dem zeitlichen Verlauf der induzierten Spannung deren Phasenlage und hieraus die Durchflussmenge zu ermitteln. Hierbei kann zur Bestimmung der Phasenlage die erfasste Spannung bzw. der erfasste zeitliche Spannungsverlauf z.B. mit einer Referenzkurve, d.h. einer als Referenz abgelegten Spannungskennlinie ermittelt werden. Eine solche Referenzkennlinie oder gegebenenfalls auch ein Referenzkennfeld kann z.B. in einem Speicher der Motorelektronik für einen solchen Vergleich vorgehalten werden.

[0015] Da der Motor, wie bereits erwähnt, je nach Durchflussmenge langsamer oder schneller zum Stillstand kommt, ist alternativ oder in Kombination auch die Abnahme der Frequenz der induzierten Generatorspan-

nung ein Maß für die Durchflussmenge. Es besteht daher gemäß der Erfindung die Möglichkeit, aus dem aufgenommenen induzierten Spannungsverlauf den zeitlichen Abstand der einzelnen Spannungspeaks, mithin also die Frequenz zu ermitteln und insbesondere aus der Änderung der Frequenz z.B. zwischen aufeinanderfolgenden Spannungspaar-Paaren die Durchflussmenge zu ermitteln.

[0016] Bei allen Ausführungen besteht die Möglichkeit, den zeitlichen Verlauf der induzierten Spannung mit einer Referenz wie vorgenannt zu vergleichen oder beispielsweise bei Messung der Frequenzwerte bzw. Frequenzänderungen diese mit gespeicherten Werten zu vergleichen, um aus diesem Vergleich auf die Durchflussmenge zu schließen.

[0017] Eine Pumpe, mit der ein solches Verfahren durchgeführt werden kann, enthält dem entsprechend bevorzugter Weise eine Schaltung, mittels derer die erfasste induzierte Spannung, insbesondere der zeitliche Spannungsverlauf und/oder hieraus abgeleitete Werte mit einer abgespeicherten Referenzkennlinie, einem Referenzkennfeld oder Referenzwerten vergleichbar ist.

[0018] Zur Ermittlung der Durchflussmenge kann es vorgesehen sein, den Motor mit einer geeigneten Motorreglung zu einem bestimmten Zeitpunkt auszuschalten und den zeitlichen Verlauf der dann induzierten Generatorspannung bis zum Stillstand des Motors messtechnisch zu erfassen und gegebenenfalls zu speichern.

[0019] Es besteht jedoch nicht die Notwendigkeit, den Motor bis zum Stillstand auslaufen zu lassen, so dass es bevorzugt vorgesehen ist, den Motor während des Pumpbetriebes nur über ein kurzes zeitliches Intervall auszuschalten, innerhalb dieses zeitlichen Intervalls die Messung und gegebenenfalls Speicherung der induzierten Spannung vorzunehmen und anschließend den Motor wieder definiert, z.B. an das Drehfeld, anzuschalten, um die Pumpe weiter zu betreiben.

[0020] Ein solches zeitliches Messintervall kann derart kurz gehalten werden, dass eine ausreichend sichere Ermittlung der Durchflussmenge möglich ist, ohne dass die Pumpe signifikant an Drehzahl verliert. So kann es beispielsweise ausreichend sein, dass die Pumpe nur über einen Zeitraum von wenigen induzierten Spannungspeaks, beispielsweise 2 bis 10 Spannungspeaks, ausgeschaltet ist.

[0021] Bei dem Wiedereinschalten der Pumpe nach Ablauf des vorgegebenen zeitlichen Intervalls ist es bei Synchronmotoren bevorzugt vorgesehen, dass das durch den Frequenzumrichter an den Synchronmotor neu anzulegende Drehfeld zunächst an den Motor synchronisiert wird, da dieser durch den bremsenden Effekt des Fluids dem ursprünglichen antreibenden Drehfeld nacheilt.

[0022] Um eine solche Synchronisation zu erreichen, ist es bevorzugt vorgesehen, dass das benötigte neue Drehfeld zur Anschaltung an den Synchronmotor aus

der zuvor erfassten induzierten Spannung, insbesondere aus dem zeitlichen Spannungsverlauf ermittelt wird. So kann beispielsweise aus dem zeitlichen Verlauf der erfassten induzierten Spannung auf die benötigte Frequenz- und Phasenlage des anzuschaltenden Drehfeldes geschlossen werden.

[0023] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und einer Pumpe, welche insbesondere eine elektrische Schaltung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst, besteht dem entsprechend die Möglichkeit, eine Druck- bzw. Volumenregelung des Pumpenkreislaufes durchzuführen, selbst in Bereichen, in denen die Kennlinie der elektrischen Leistung oder Durchflussmenge eine sehr flache Steigung oder ein Plateau aufweist.

[0024] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den nachfolgenden Figuren dargestellt. Es zeigen:

Figur 1: den zeitlichen Verlauf zweier verschiedener Messkurven der induzierten Spannung bei zwei unterschiedlichen Durchflussmengen;

Figur 2: die zeitliche Abnahme der induzierten Spannung für drei verschiedene Durchflussmengen in einer zeitlich höher aufgelösten Darstellung.

[0025] Figur 1 zeigt den typischen zeitlichen Verlauf von induzierten Spannungen, die nach Abschaltung des treibenden Drehfeldes an einem z.B. permanent erregten Synchronmotor abgegriffen werden kann. Es sind hier zwei Messkurven 1 und 2 dargestellt, wobei erkennbar ist, dass der zeitliche Verlauf der beiden Messkurven, die bei unterschiedlichen Durchflussmengen aufgenommen wurden, von einander abweichen.

[0026] Deutlicher erkennbar ist der Unterschied zwischen den Messkurven zu verschiedenen Durchflussmengen in der Figur 2, die eine zeitlich höher aufgelöste Darstellung von drei Messkurven 1, 2 und 3 für drei verschiedene Durchflussmengen von 10 m³/h, 10,5 m³/h und 11 m³/h zeigt.

[0027] Aus den aufgenommenen Messkurven lässt sich z.B. die unterschiedliche Phasenlage gegenüber einer Referenzkennlinie bzw. im vorliegenden Bild hier z.B. der zweiten Messkurve 2 gegenüber der ersten Messkurve 1 ermitteln.

[0028] Ebenfalls charakteristisch ist die zeitliche Abnahme der induzierten Spannungen, bzw. die Abnahme der Höhe der Spannungspeaks, wie sie anhand der Hüllkurve 3 in der Figur 1 dargestellt ist.

[0029] Auch solche Hüllkurven zeigen einen charakteristischen, für verschiedene Durchflussmengen gegebenen Verlauf. Es lässt sich dem entsprechend auch aus den Hüllkurven der Spannungen auf die Durchflussmenge zurückschließen, beispielsweise durch Vergleich der aufgenommenen Spannungen untereinander oder durch Vergleich mit einer beispielsweise gespeicherten Referenzkennlinie bzw. einem Referenzkenn-

feld.

[0030] Die Figur 1 zeigt weiterhin die Möglichkeit, auch aus der Frequenzänderung der aufgenommenen Spannungskurve auf eine Durchflussmenge zurückzuschließen. So ist in der Figur 1 exemplarisch z.B. für die Spannungskurve 1 dargestellt, dass zwischen einem ersten Spannungspaar zunächst eine Zeit Δt_1 ermittelt werden kann, wobei zwischen einem folgenden Spannungspaar eine Zeit Δt_2 gemessen wird. Aus der Änderung der Zeit zwischen den beiden Messwerten Δt_1 und Δt_2 , die auch gleichzeitig die Frequenzänderung darstellt, lässt sich ebenfalls rückschließen auf die Durchflussmenge, beispielsweise durch Vergleich mit Referenzwerten, die ebenfalls in einem Speicher abgelegt sein können.

[0031] Die hier im konkreten Fall dargelegten Möglichkeiten, die Durchflussmengen aus den erfassten induzierten Spannungen zu ermitteln, sind als nicht abschließend zu betrachten. Es können noch andere Charakteristika, die sich aus den zeitlichen Verläufen der induzierten Spannungen direkt oder indirekt ermitteln lassen, herangezogen werden, um hieraus die Durchflussmengen unmittelbar, durch Vergleich mit anderen Messwerten oder durch Vergleich mit gespeicherten Referenzwerten oder -kennlinien bzw. -kennfeldern zu ermitteln.

[0032] Mit dem dargelegten Verfahren bzw. einer Pumpe zur Durchführung des Verfahrens kann dem entsprechend ohne Bereitstellung einer weiteren Messvorrichtung auf die aktuell vorliegende Durchflussmenge eines Fluids, z.B. Wasser durch die Pumpe geschlossen werden. Das Verfahren bzw. eine solche Pumpe ist dem entsprechend sehr kostengünstig und wirtschaftlich, da im Wesentlichen das erfindungsgemäße Verfahren durch eine Software in der Motorsteuerung, also beispielsweise im Mikrocontroller des Frequenzumrichters eines Synchronmotors realisiert werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Durchflussmenge eines Fluides durch eine Pumpe, insbesondere durch eine von einem permanenterregten drehfeldbetriebenen Synchronmotor angetriebene Pumpe, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Pumpbetrieb der Motor vom elektrischen/elektronischen Antrieb zumindest zeitweise, insbesondere periodisch abgeschaltet, im abgeschalteten Zustand die im Motor induzierte Spannung (1,2,3) erfasst und aus der erfassten induzierten Spannung (1,2,3) die Durchflussmenge des Fluides ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus dem zeitlichen Verlauf der induzierten Spannung (1,2,3) die Durchflussmenge ermittelt wird, insbesondere durch Vergleich des zeitlichen Verlaufs der induzierten Spannung

(1,2,3) und/oder hieraus ermittelter Messwerte mit einer Referenzkurve, einem Referenzkennfeld oder Referenzwerten.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Durchflussmenge aus der Phasenlage der induzierten Spannung (1,2,3) ermittelt wird,
4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Durchflussmenge aus dem zeitlichen Verlauf der Hüllkurve der erfassten induzierten Spannung (1,2,3) ermittelt wird.
5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Durchflussmenge aus der Frequenz, bzw. der Frequenzänderung mit der Zeit, der erfassten induzierten Spannung (1,2,3) ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach Abschaltung des Motors und Erfassung der induzierten Spannung (1,2,3) über einen vorbestimmten Zeitraum der Motor wieder angeschaltet wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor Anschaltung eines Drehfeldes an einen Synchronmotor das Drehfeld an den Motor synchronisiert wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Synchronisation das benötigte Drehfeld aus der zuvor erfassten induzierten Spannung (1,2,3) ermittelt wird.
9. Pumpe zur Förderung von Fluid umfassend einen Motor, insbesondere einen permanenterregten Synchronmotor, und eine Motorelektronik/-elektrik zur Steuerung und/oder Regelung des Motors, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine elektronische Schaltung umfasst zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorherigen Ansprüche.
10. Pumpe nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie einen Speicher mit zumindest einer abgespeicherten Referenzkennlinie und/oder mit einem Referenzkennfeld und/oder Referenzwerte umfasst.
11. Pumpe nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels der Schaltung eine erfasste induzierte Spannung (1,2,3), insbesondere der zeitliche Spannungsverlauf und/oder hieraus ermittelte Werte, mit einer Referenzkennlinie und/oder einem Referenzkennfeld und/oder Referenzwerten vergleichbar ist.

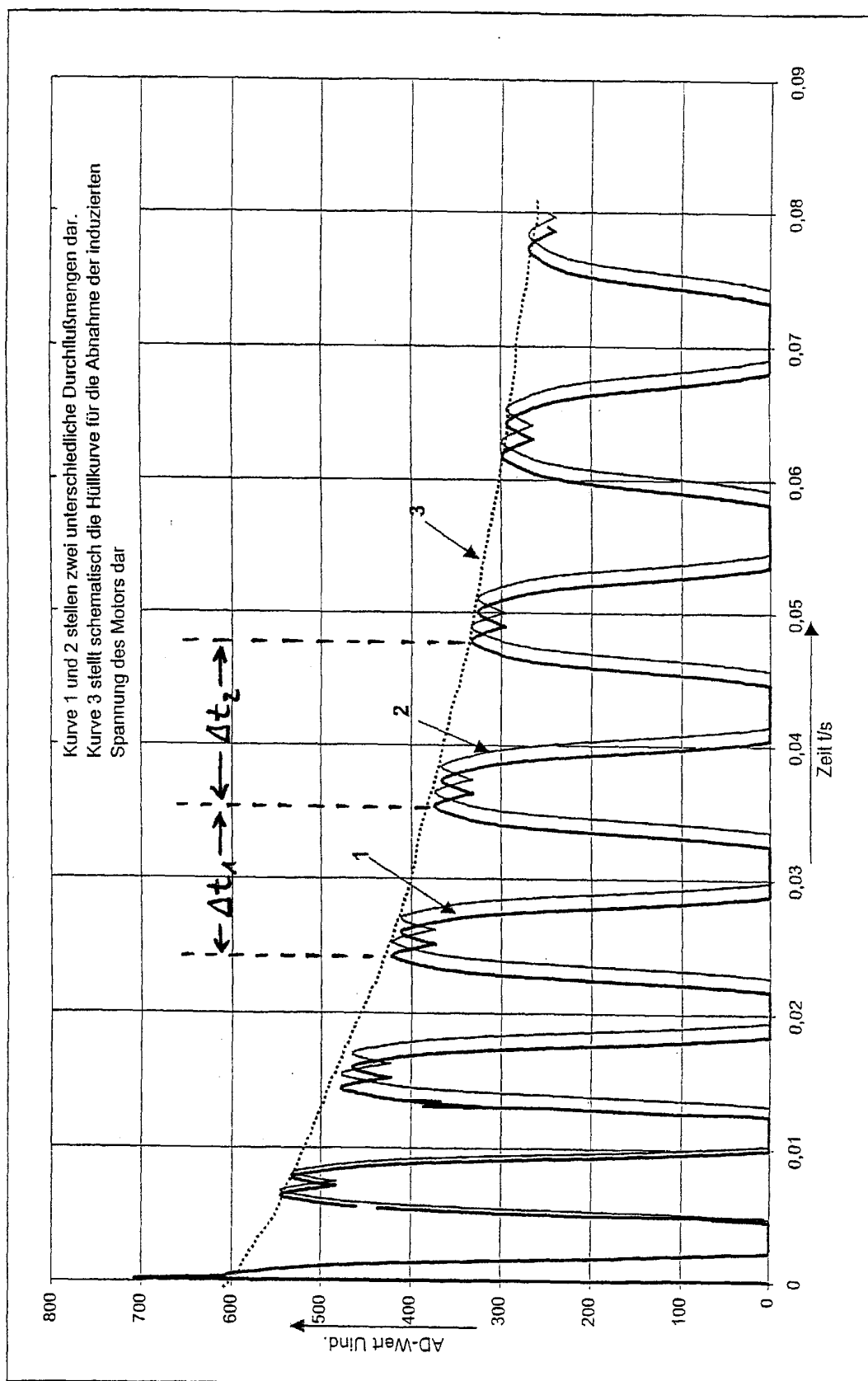


Fig. 1

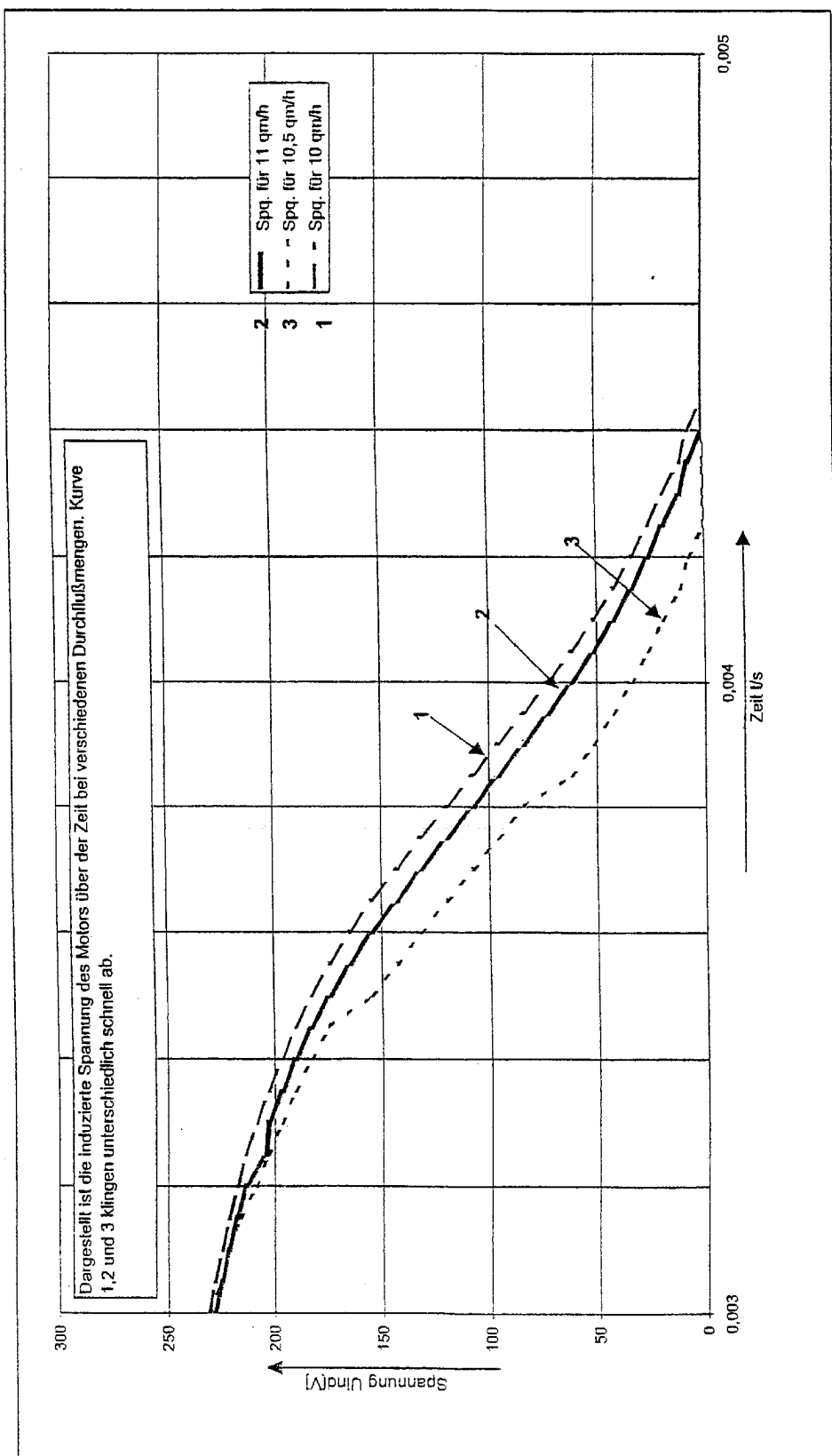


Fig. 2