



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
11.10.2006 Patentblatt 2006/41

(51) Int Cl.:
F04D 15/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 06005255.2

(22) Anmeldetag: 15.03.2006

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(71) Anmelder: Diehl AKO Stiftung & Co. KG
88239 Wangen (DE)

(72) Erfinder: Zeh, Stefan
88239 Wangen (DE)

(74) Vertreter: Diehl Patentabteilung
c/o Diehl Stiftung & Co. KG
Stephanstrasse 49
90478 Nürnberg (DE)

(30) Priorität: 22.03.2005 DE 102005013773

(54) **Verfahren zur Regelung einer Pumpe**

(57) Elektronische Motorregelung für eine Pumpe mit Mehrphasen-Permanentmagnet-Synchronmotor (PMSM) mit Mitteln zur Detektion und Abschätzung der

Rotorphasenlage und Rotorgeschwindigkeit, wobei über Schwankungen der geschätzten Rotorgeschwindigkeit Schaum- oder Luftbetrieb erkannt wird.

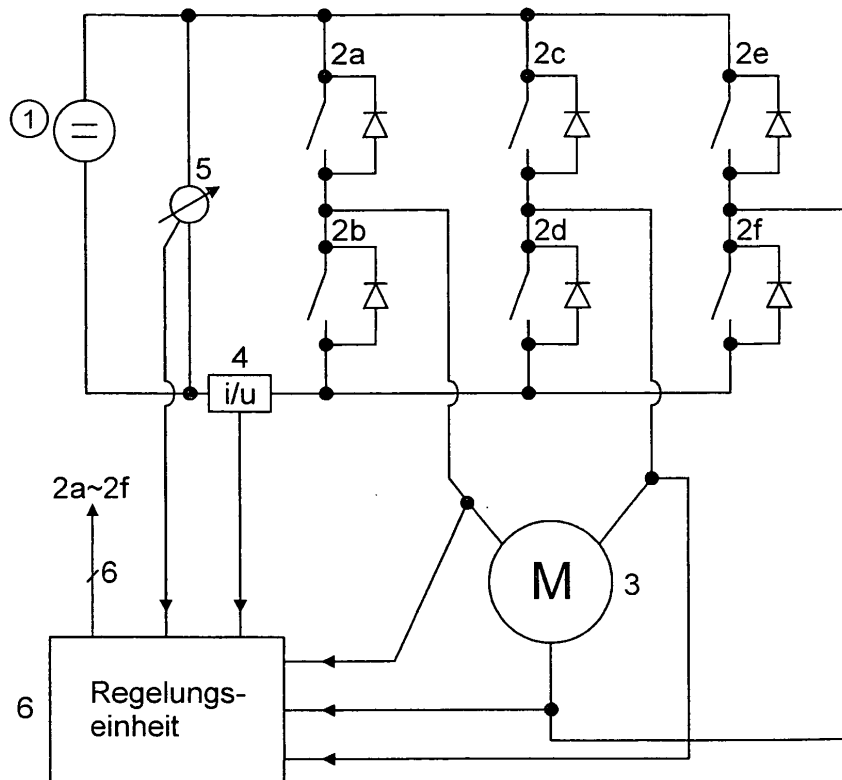


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine elektronische Motorregelung für eine Pumpe mit Mehrphasen-Permanentmagnet-Synchronmotor (PMSM). Die Ansteuerung der Pumpe erfolgt über einen sogenannten Umrichter durch Pulsweitenmodulation (PWM) einer Gleichspannung aus einem Gleichspannungszwischenkreis. Insbesondere wird aufgrund der Reglerinternen Rechengrößen, namhaft der geschätzten Motordrehzahl oder der Motor-Soll-Spannung, oder über Leistungsmessung oder Kombination aus diesen Größen sicher erkannt, ob die Pumpe flüssiges Medium oder Luft oder Schaum fördert. Es wird die Motorregelung beschrieben und wie die Mess- und Rechengrößen günstigerweise zur Schaum-oder Lufterkennung herangezogen und ausgewertet werden.

[0002] Bei Pumpensystemen wie z.B. in einem Geschirrspüler ist die Förderung von Schaum oder Luft oft nicht erwünscht. Beim Geschirrspüler z.B. ist ein Betrieb mit Luft mit lästigen Geräuschen verbunden und beim Betrieb mit Schaum ist der Reinigungseffekt stark reduziert. Wird Luft- oder Schaumbetrieb erkannt, so kann die Gerätesteuerung verfahrenstechnisch eingreifen und den Missstand beheben. Es kann unter anderem z.B. mehr Flüssigkeit nachgefüllt werden oder die Pumpendrehzahl verändert werden um Schaum abzubauen. Erfindungsgemäß wird von der elektronischen Motorregelung der Pumpe auf kostengünstige Weise Luft-oder Schaumbetrieb detektiert und es kann so gegebenenfalls zusätzliche Sensorik eingespart werden.

[0003] In DE 201 18 137 wird ein Gleichstrommotor als Pumpenantrieb für einen Geschirrspüler vorgeschlagen. Luftbetrieb wird durch schwankende Leistungsaufnahme des Pumpenmotors erkannt. Diese signifikanten Leistungsschwankungen treten jedoch nur in dem Fall auf, wenn intermittierender Betrieb von Luft- und Wasser auftritt. Das Verfahren findet deshalb nur beim Befüllen und Entleeren des Geschirrspülers Anwendung. Eine langsam einsetzende Schaumbildung kann nicht erkannt werden. Es wird auch nicht näher eingegangen, auf welche Weise die Leistungsaufnahme ermittelt werden soll.

[0004] Aus der DE 196 17 570 ist eine unregelmäßige Tauchpumpe bekannt. Der untere Pegelstand bzw. Luftbetrieb wird über die lastabhängig sich ergebende Drehzahl ermittelt. Bei Luftbetrieb läuft diese Pumpe weit höher als ihre Nenndrehzahl. Dies kann bei vielen Anwendungen - wie z.B. beim Geschirrspüler - störende Geräusche verursachen, weshalb im Geschirrspüler stets die Drehzahl geregelt wird. Es kann auch der fatale Fehlerfall eintreten, dass die zu schnell laufende Pumpe gar keine Flüssigkeit mehr fördert, auch wenn ihre Saugleitung wieder vollständig mit Flüssigkeit befüllt ist. Bei zu schnell laufenden Pumpen kann nämlich durch den Strömungsunterdruck spontane Verdampfung der Flüssigkeit einsetzen, wodurch die Pumpe keine hydraulische Leistung mehr abgibt. Außerdem ist dieses Verfahren für eine Schaumerkennung auch zu unempfindlich.

[0005] Aus der DE 29 46 049 ist eine Kreiselpumpe mit Asynchronmotor bekannt, bei welcher die Drehzahl über externe Drehgeber ermittelt wird und auch die Leistungsaufnahme gemessen wird. Anhand beider Größen wird der Durchfluss ermittelt.

Bei diesem Verfahren ist der Absolutwert der Leistung maßgeblich und erfordert deshalb eine genaue und auch teure Leistungsmesseinrichtung. Auch die Drehzahlsensorik verursacht gegenüber der hier vorgeschlagenen Erfindung zusätzliche Kosten.

[0006] Aus der EP 0 801 463 A1 ist die Regelung eines Permanent-Magnet-Synchronmotors ohne Positions- oder Kommutierungssensoren bekannt. Diese Schrift kann als Illustration der hier nicht näher beschriebenen Phasendetektierung (7) herangezogen werden. Es wird dort jedoch nicht auf die Applikation Pumpe oder die Luft- bzw. Schaumerkennung eingegangen.

[0007] Der Einfachheit halber wird die Erfindung anhand einer 3phasigen Ausgestaltung des Motors erklärt. Die Erfindung kann jedoch auch auf 2phasige und vielphasige Motoren angewendet werden.

[0008] Fig. 1 zeigt die wesentlichen Komponenten des elektronisch geregelten Pumpensystems. Die Phasen des mehrphasigen Permanentmagnetmotors (3) werden über 6 Leistungsschalter mit parallelen Freilaufdioden (2a bis 2f) intermittierend auf die Hochspannungs- bzw. auf die Niederspannungsseite einer Gleichspannungsquelle (1) geschaltet. Ein Stromwandler (4) misst den Strom, welcher in Summe aus der Gleichspannung (1) zu den Schaltern (2a-2f) fließt. Ein Spannungswandler (5) misst die Spannung der Quelle (1). Eine Regelungseinheit (6) empfängt Messsignale von mindestens einer der Phasen des Motors (3), vom Stromwandler (4) und vom Spannungswandler (5) und sie steuert die 6 Leistungsschalter (2a-2f) an.

[0009] Fig. 2 zeigt eine mögliche Ausgestaltung der Regelungseinheit 6. Ein Positionsbeobachter (8) ermittelt zeitdiskret mit hoher Frequenz eine Abschätzung (13) der aktuellen Position des Motors. Die Phasendetektierung (7) liefert dem Positionsbeobachter (8) dazu eine Information (12), welche aussagt, ob und gegebenenfalls wie viel der Rotor des Motors der geschätzten Position (13) voraus- bzw. hinterher ist. Die Voraus/Hinterher-Information (12) steht maximal immer dann zur Verfügung, wenn eine der in die 3 Motorwicklungen induzierte Spannung, die sogenannte elektromotorische Kraft (EMK), einen Nulldurchgang vollzieht. Dies ist in jeder Phase 2mal pro Periode der Fall. Also bei einem 3phasigen Motor maximal 6 mal pro Periode. Die Phasendetektierung (7) kann auch auf Hall-Sensoren basieren, welche über das Magnetfeld des Rotors dessen Phasenlage detektieren. In so einem Fall wird aus Kostengründen auch oft nur ein Hall-Sensor verwendet, wodurch die Häufigkeit der Informationen (12) reduziert ist. Der Positionsbeobachter (8) liefert gleichzeitig auch die zeitliche Ableitung der geschätzten Position (13), also eine geschätzte Motordrehzahl (14). Ein Drehzahlregler (9) berechnet aufgrund der Differenz aus Solldrehzahl (16) und der geschätzten

Drehzahl (14) ein Ausgangssignal (15).

[0010] Das Ausgangssignal (15) des Drehzahlreglers sei hier die Soll-Motorspannung. Bekannt sind aber auch Ausgestaltungen, wo der Drehzahlregler (9) einen Soll-Motorstrom vorgibt, welcher einem unterlagerten Stromregler zugeführt wird. Dabei produziert der unterlagerte Stromregler dann als Ausgang die Soll-Motorspannung oder beeinflusst direkt die PWM-Einheit (11).

[0011] Ein Koordinatentransformator (10) rechnet die Polarkoordinaten - Spannung (15) und geschätzte Position (13) - auf ein 3-phasen-Spannungssystem um, also auf 3 Absolutwerte (16). Die nachgeschaltete PWM-Einheit (11) ermittelt aus diesen Werten (16) ein Pulsmuster mit dem die 6 Leistungsschalter (2a bis 2f) angesteuert werden. An den Motor wird so ein 3phasiges Wechselspannungssystem (18) angelegt, welches die Soll-Motorspannung (15) und die geschätzte Motordrehzahl (14) aufweist. Aufgrund der Selbstregelung des Motors ist die vom Positionsbeobachter (8) geschätzte Drehzahl (14) auch gleichzeitig die Ist-Drehzahl. Der Motor läuft synchron zu dem angelegten Wechselspannungssystem.

[0012] Die Selbstregelung des Motors hat jedoch auch seine Grenzen. Falls die Drehzahlschätzung (14) und die Positionsschätzung (13) des Positionsbeobachters (8) zu weit von den tatsächlichen Verhältnissen im Motor abweichen, kippt der Motor ab und steht schlagartig still.

[0013] Die dem Motor zugeführte Leistung (17) kann die Regeleinheit (8) durch Multiplikation der Messsignale aus dem Stromwandler (4) und dem Spannungswandler (5) ermitteln.

[0014] Fig. 3 zeigt den zeitlichen Verlauf der geschätzten Drehzahl (14), der Soll-Motorspannung (15) und der ermittelten Leistung (17). In der ersten Hälfte förderte die Pumpe Flüssigkeit, in der zweiten Hälfte kam Schaum hinzu. Am meisten signifikant sind die Schwankungen der Drehzahl (14).

[0015] Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, Kennzahlen für die Schwankungen einer Größe zu errechnen, indem

- die Min/Max-Werte zyklisch über einen gewissen Zeitraum wie z.B. 1 bis 10sec. ermittelt werden und / oder
- die Summe der Abweichungen vom Sollwert oder gleitenden Mittelwert aufsummiert werden und / oder
- die Summe der Quadrate der Abweichungen vom Sollwert oder Mittelwert ermittelt werden.

[0016] Zur Schaum- und Lufterkennung wird vorgeschlagen, eine oder mehrere der o.g. Kennzahlen zur Schwankung der geschätzten Drehzahl (14) zu ermitteln. Es lassen sich dann leicht Bereiche dieser Kennzahlen definieren, welche typisch für Schaum und Luft sind.

[0017] Erfindungsgemäß wird außerdem vorgeschlagen, die Kennzahlen der Schwankungen und den Absolutwert der ermittelten Leistung (17) zur Schaum- und Lufterkennung zusätzlich heranzuziehen.

[0018] Zusätzlich zur Drehzahl (14) oder an Stelle dieser kann auch die Regler-Ausgangsgröße (9) herangezogen werden, um Kennzahlen zu deren Schwankung zu ermitteln und für die Luft- und Schaumerkennung heranzuziehen. Da der Drehzahlregler (9) nur ein Filter seiner Eingangsgrößen - also der geschätzten Drehzahl (14) und der Soll-Drehzahl (16) darstellt, sind die Originalgrößen (14) und (16) sinnvoller für die Schaum- und Lufterkennung.

[0019] In einer Matrix können gemäß Fuzzy-Logik Gewichtungsfaktoren für die verschiedenen Kennzahlen und der daraus resultierenden Voti für Schaum- und Luft definiert werden und dann die gewichteten Summen zur Schaumerkennung gewertet werden.

[0020] Sehr typisch für Schaum ist ein sehr kurzes Überschiessen der Drehzahl. Um ein Überschiessen der Drehzahl zu verhindern, wird vorgeschlagen, die Frequenz der angelegten Motorspannung (18) nach oben zu begrenzen. In so einem Begrenzungsfall würde der Motor mit schlechterem Wirkungsgrad arbeiten oder als Generator betrieben werden. Für kurze Zeit sind diese Betriebszustände jedoch nicht von Nachteil. Bei geeigneter Wahl der oberen Drehzahlgrenze - abhängig vom Drehzahlsollwert - kann das Auftreten einer derartigen Begrenzung ebenfalls als Indikation für Schaum oder Luft herangezogen werden.

Patentansprüche

1. Elektronische Motorregelung für eine Pumpe mit Mehrphasen- Permanentmagnet- Synchronmotor (PMSM) mit Mitteln zur Detektion und Abschätzung der Rotorphasenlage und Rotorgeschwindigkeit, **dadurch gekennzeichnet, dass** über Schwankungen der geschätzten Rotorgeschwindigkeit Schaum- oder Luftbetrieb erkannt wird.
2. Elektronische Motorregelung für eine Pumpe nach Anspruch 1) mit zusätzlichen Mitteln zur Messung des Leistungsflusses aus der Gleichspannungsquelle, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Schaum- oder Lufterkennung zusätzlich der gemessene Leistungsfluss herangezogen wird.
3. Elektronische Motorregelung für eine Pumpe nach Anspruch 1) mit zusätzlichen Mitteln zur Messung des Leistungsflusses aus der Gleichspannungsquelle, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Schaum- oder Lufterkennung zusätzlich der gemessene Leistungsfluss herangezogen wird.
4. Elektronische Motorregelung für eine Pumpe mit Mehrphasen- Permanentmagnet- Synchronmotor (PMSM) mit Mitteln zur Detektion und Abschätzung

der Rotorphasenlage und Rotorgeschwindigkeit

dadurch gekennzeichnet,

dass die Frequenz der ausgegebenen Motor-Spannung nach oben begrenzt wird und diese Ereignisse der Begrenzung als Indikator für Schaum- oder Luft herangezogen wird. 5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

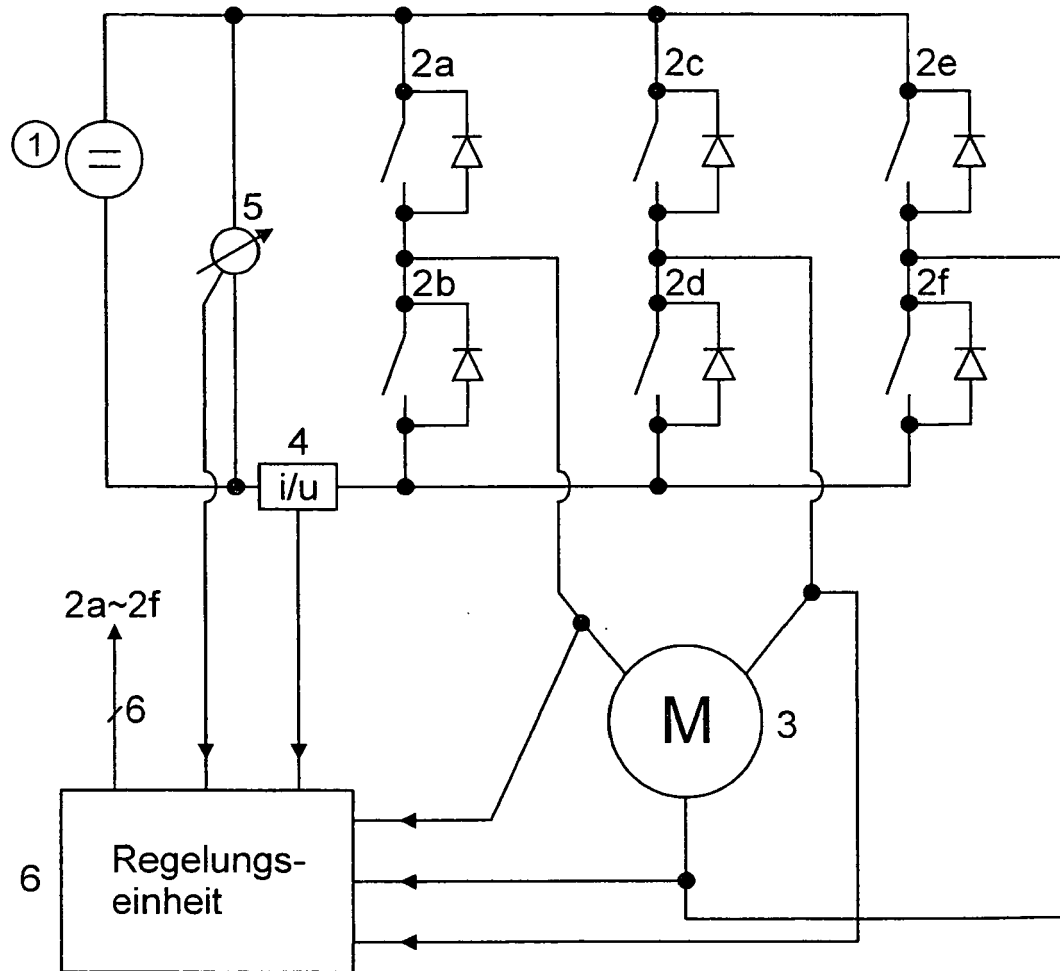


Fig. 1

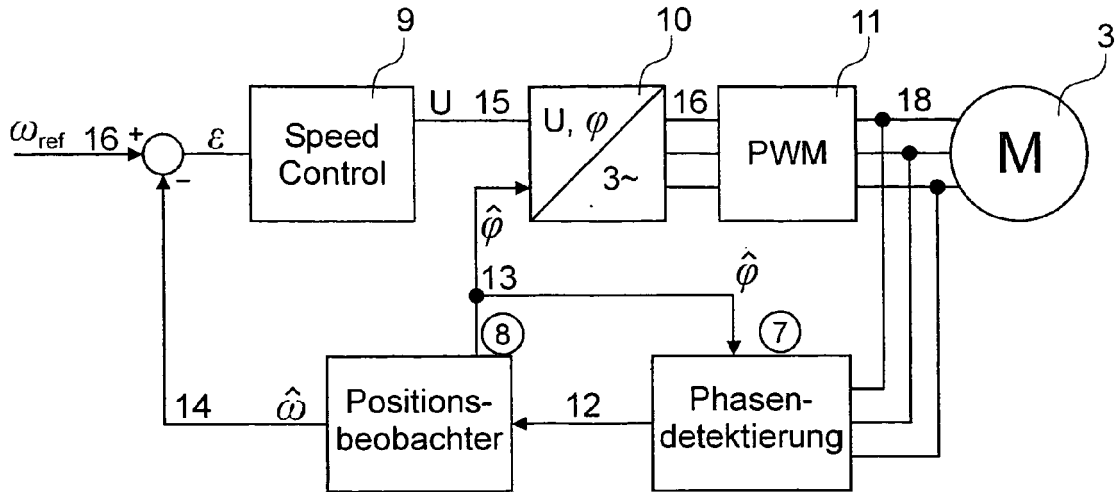


Fig. 2

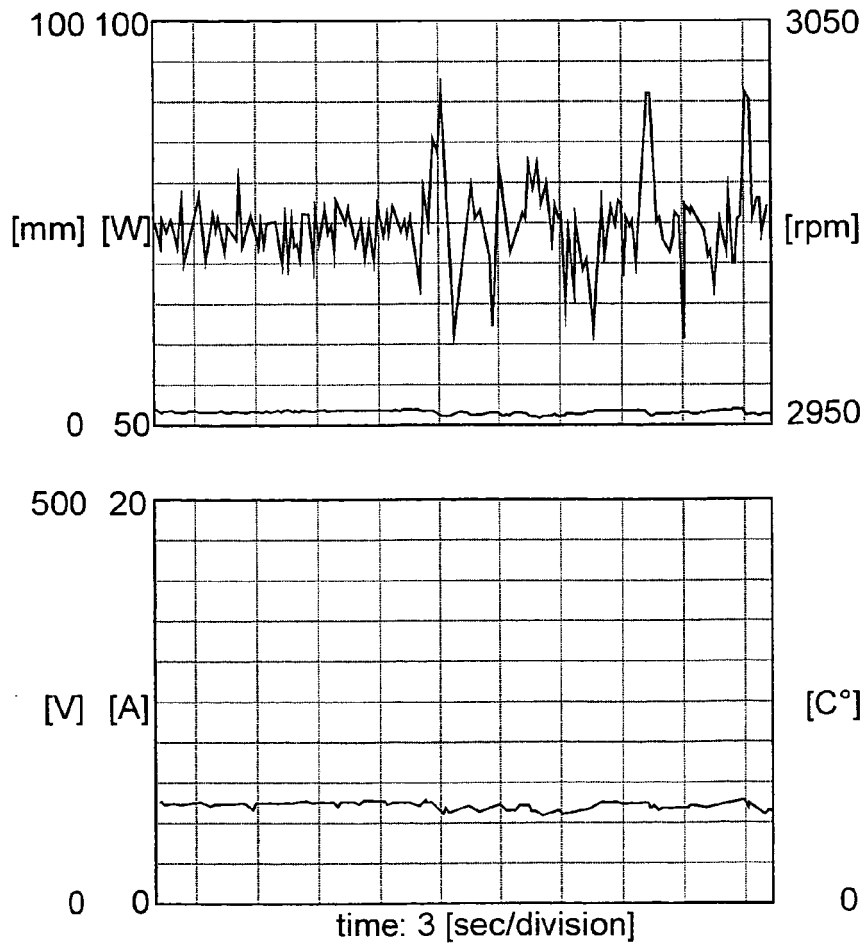


Fig. 3

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 20118137 [0003]
- DE 19617570 [0004]
- DE 2946049 [0005]
- EP 0801463 A1 [0006]