

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

(19) Weltorganisation für geistiges  
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum  
30. August 2012 (30.08.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2012/113654 A2**

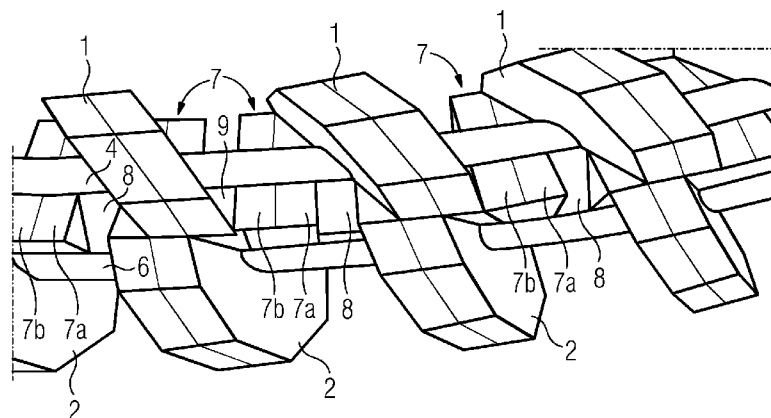
- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*H02K 1/27* (2006.01) *H02K 21/14* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/052216
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
9. Februar 2012 (09.02.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
11155955.5 25. Februar 2011 (25.02.2011) EP
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HAMANN, Jens** [DE/DE]; Marie-Juchacz-Str. 11, 90765 Fürth (DE). **KLÖPZIG, Markus** [DE/DE]; Mozartstraße 15, 91320 Ebermannstadt (DE). **KÖPKEN, Hans-Georg** [DE/DE]; Hausäckerweg 35, 91056 Erlangen (DE). **STOIBER, Dietmar** [DE/DE]; Kaiserplatz 4, 90763 Fürth (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (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, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MULTI-PHASE TRANSVERSE FLUX MACHINE HAVING ANGLED BACK IRONS

(54) Bezeichnung : MEHRPHASIGE TRANSVERSALFLUSSMASCHINE MIT GESCHRÄGTEN RÜCKSCHLUSSEGMENTEN

FIG 3



(57) Abstract: The aim of the invention is provide a transverse flux machine which is more simply mechanically designed. Said aim is achieved by providing a multi-phase transverse flux machine having a first active part (such as a rotor), which is occupied in alternation by magnets (8, 9) and flux collectors (7) along a movement path, and a second active part (such as a stator), which interacts magnetically with the first active part in order to cause said first active part to move and through which the first active part can be moved along the movement path. The flux collectors (7) in the first active part have a plane of symmetry, which is arranged perpendicularly to the movement path. The second active part comprises at least one chain of back irons (1, 2), said chain extending parallel to the movement path for each phase. Each of the back irons is angled relative to the movement path by a pole pitch.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/113654 A2



**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

---

Eine Transversalflussmaschine soll mechanisch einfacher aufgebaut werden können. Dazu wird eine mehrphasige Transversalflussmaschine mit einem ersten Aktivteil (z.B. Läufer), das entlang einer Bewegungsbahn abwechselnd mit Magneten (8, 9) und Flussammern (7) besetzt ist, und einem zweiten Aktivteil (z.B. Ständer), das zur Bewegung des ersten Aktivteils mit diesem in magnetischer Wechselwirkung steht und durch welches hindurch das erste Aktivteil entlang der Bewegungsbahn bewegbar ist, bereitgestellt. Die Flussammern (7) in dem ersten Aktivteil besitzen eine Symmetrieebene, die senkrecht zu der Bewegungsbahn angeordnet ist. Das zweite Aktivteil weist für jede Phase jeweils mindestens eine sich parallel zu der Bewegungsbahn erstreckende Kette von Rückschlussegmenten (1, 2) auf. Jedes der Rückschlussegmente ist relativ zu der Bewegungsbahn um eine Polteilung geschragt.

## Beschreibung

Mehrphasige Transversalflussmaschine mit geschrägten Rückschlusssegmenten

5

Die vorliegende Erfindung betrifft eine mehrphasige Transversalflussmaschine mit einem ersten Aktivteil, das entlang einer Bewegungsbahn abwechselnd mit Magneten und Flusssammlern besetzt ist, und einem zweiten Aktivteil, das zur Bewegung des ersten Aktivteils mit diesem in magnetischer Wechselwirkung steht, und durch welches hindurch das erste Aktivteil entlang der Bewegungsbahn bewegbar ist. Die Transversalflussmaschine kann als Torque-Motor oder als Linearmotor bzw. entsprechender Generator ausgebildet sein.

15

Heutige Torque-Motoren besitzen typischerweise eine Leistungsdichte von 1 kW/kg. In sämtlichen technischen Zweigen, in denen derartige Motoren eingesetzt werden, ist man jedoch unter anderem auch bemüht, diese Leistungsdichte zu verbessern. Dies wäre insbesondere in der Automobilindustrie, besonders aber auch in der Flugzeugindustrie von Vorteil. Speziell in der Flugzeugindustrie werden Antriebssysteme mit einer Leistungsdichte von 8 kW/kg benötigt.

25

Heute werden in der Regel nur für Modellflugzeuge elektrische Antriebssysteme eingesetzt. Von der Firma Geiger Engineering ist beispielsweise ein hochpoliger Motor als Flugzeugelektromotor ohne Getriebe bekannt. Er besitzt eine Magnetpolzahl von 42 und eine Leistung von 20 kW bei einer Grenzdrehzahl von 2500 rpm. Für die Startphase hat dieser Motor ein Leistungsgewicht von 3,6 kW/kg.

30

Transversalflussmotoren zeichnen sich durch eine Ringwicklung aus, und der magnetische Fluss verläuft transversal (senkrecht) zur Drehebene. Bei dreiphasigen Transversalflussmotoren hat jede Phase üblicherweise eine eigene permanente Erregung. Es sind aber auch Transversalflussmotoren bekannt (siehe unten) bei denen die drei Phasen von nur einem Permanent-

35

magnetsystem gespeist werden. Transversalflussmotoren besitzen die Möglichkeit, hohe Polpaarzahlen zu verwirklichen und weisen damit kleine Polteilungen auf. Damit wird das Eisengewicht pro Pol klein und folglich ergibt sich ein günstiges Leistungsgewicht. Aufgrund der Ringwicklung entfallen die Wickelköpfe.

Ein gattungsgemäßer mehrphasiger Transversalflussmotor ist in der Druckschrift DE 198 11 073 C2 beschrieben. Speziell ist dort ein mehrphasiger Transversalflussaktor mit einem Primärteil und einem Sekundärteil beschrieben, wobei das Primärteil mehrere in der Längsrichtung des Transversalflussaktors voneinander beabstandete Blechpakete aufweist. Jedes Blechpaket weist außerdem einen ringförmigen Außenbereich auf, von dem aus Pole, die gleichmäßig über den Umfang des Außenbereichs verteilt sind, nach Innen ragen. Die Pole der Blechpakete sind in der Längsrichtung zueinander in Reihe ausgerichtet. Die Reihen von zueinander ausgerichteten Polen werden jeweils durch wenigstens eine Erregerwicklung so erregt, dass die Pole in der Umfangsrichtung zeitlich nacheinander ein Flussmaximum erreichen. Das Sekundärteil weist in der Längsrichtung verlaufende und in der Umfangsrichtung nebeneinander angeordnete Reihen auf, in denen Permanentmagnetelemente und Sammlerpakete abwechseln. Jeweils eine Reihe greift in den Raum zwischen zwei benachbarten Polen, wobei die Sammlerpakete mit abwechselnder Polarität aufeinander folgen. Die Permanentmagnetelemente und die Sammlerpakete jeder Reihe sind schräg zur Längsrichtung derart angeordnet, dass der magnetische Fluss ausgehend von einem Pol eines Blechpakets in ein Sammlerpaket einer Reihe seitlich eintritt, von diesem über ein benachbartes Permanentmagnetelement der Reihe in das nachfolgende Sammlerpaket der Reihe und von diesem zum in der Umfangsrichtung gegenüberliegenden Pol des Blechpakets verläuft, um über die Pole und den Außenbereich geschlossen zu werden. Die Sammlerpakete und die Permanentmagnetelemente benachbarter Reihen sind in der Längsrichtung gegeneinander versetzt, so dass bei der Erregung der Polreihen eine Relativbewegung zwischen dem Primärteil und dem Sekundärteil entsteht.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, mehrphasige Transversalflussmaschinen konstruktiv einfacher herstellen zu können.

- 5 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine mehrphasige Transversalflussmaschine mit
- einem ersten Aktivteil, das entlang einer Bewegungsbahn abwechselnd mit Magneten und Flusssammlern besetzt ist, und
  - 10 - einem zweiten Aktivteil, das zur Bewegung des ersten Aktivteils mit diesem in magnetischer Wechselwirkung steht, und durch welches hindurch das erste Aktivteil entlang der Bewegungsbahn bewegbar ist, wobei
  - die Flusssammler in dem ersten Aktivteil eine Symmetrie-
  - 15 ebene besitzen, die senkrecht zu der Bewegungsbahn angeordnet ist,
  - das zweite Aktivteil für jede Phase jeweils mindestens eine sich parallel zu der Bewegungsbahn erstreckende Kette von Rückschlusssegmenten aufweist,
  - 20 - jedes der Rückschlusssegmente relativ zu der Bewegungsbahn um eine Polteilung geschrägt ist.

In vorteilhafter Weise sind die Flusssammler in dem ersten Aktivteil (z.B. Läufer) mit ihrer Symmetrie- oder Haupt-

25 erstreckungsebene senkrecht zu der Bewegungsbahn angeordnet und somit als gerade Prismen ausgebildet. Es kann sich bei den Flusssammlern also um einfache Blechpakete handeln, deren einzelne, gleich große Bleche senkrecht zur Bewegungsrichtung angeordnet sind. Damit lassen sich insbesondere die ersten

30 Aktivteile speziell von Torque-Motoren konstruktiv sehr einfach herstellen.

Wenn die mehrphasige Transversalflussmaschine als rotatorischer Motor oder Generator ausgebildet ist, sind das erste

35 Aktivteil, das zweite Aktivteil und die Bewegungsbahn jeweils ringförmig ausgebildet. Das erste Aktivteil entspricht dann beispielsweise dem Läufer und das zweite Aktivteil dem Ständer. Der Ständer besitzt hierbei eine hohlringförmige Ges-

talt, und der ringförmige Läufer bewegt sich in seinem Inneren.

Die mehrphasige Transversalflussmaschine kann für einen dreiphasigen Wechselstrom ausgelegt sein. Damit ist er bei üblichem Drehstrom einsetzbar. Hierbei ist es von Vorteil, wenn die Flusssammler des ersten Aktivteils (z.B. Läufer) jeweils eine im Wesentlichen dreieckige Querschnittsfläche senkrecht zu der Bewegungsbahn besitzen. Hierdurch kann eine sehr kompakte Maschinenstruktur realisiert werden.

Alternativ können die Flusssammler des ersten Aktivteils jeweils eine im Wesentlichen sechseckige Querschnittsfläche senkrecht zu der Bewegungsbahn besitzen, wobei das zweite Aktivteil für jede Phase zwei Ketten von Rückschlusssegmenten aufweist, und die zwei Ketten pro Phase sich bezogen auf das erste Aktivteil gegenüberstehen. Durch diese Anordnung kompensieren sich die Kräfte einer Phase senkrecht zur Bewegungsrichtung, sodass ein entsprechend ruhigerer Lauf des Motors gegeben ist.

Die Flusssammler können eine elektrische Breite von  $120^\circ$  besitzen. Damit kann das erste Aktivteil sehr einfach konstruiert werden, wenn der Flusssammler aus zwei gleichbreiten Flusssammlerelementen mit jeweils einer Breite von  $60^\circ$  besteht und daran angrenzende Permanentmagnete ebenfalls eine Breite von  $60^\circ$  besitzen.

Auch die Rückschlusssegmente des zweiten Aktivteils können eine elektrische Breite von  $120^\circ$  besitzen. Dies hat unter Umständen konstruktive oder magnetische Vorteile, wenn die Rückschlusssegmente die gleiche Breite besitzen wie die Flusssammler.

Entsprechend einer Weiterbildung besitzen die Rückschlusssegmente einer ersten der mehreren Phasen und die Rückschlusssegmente einer zweiten der mehreren Phasen an ihren einander zugewandten Enden in Richtung der Bewegungsbahn eine Überlap-

pung entsprechend einer elektrischen Breite von 30° bis 70°. Beispielsweise können Überlappungen von 40° oder 60° vorteilhaft sein. Durch diese verminderte Überlappung lässt sich ein Streufluss zwischen zwei unterschiedlichen Phasen verringern.

5

Vorzugsweise besitzen die Flusssammler und/oder die Rückschlusssegmente in Richtung der Bewegungsbahn eine ballige Kontur. Dadurch ergibt sich ein eher sinusförmiger Flussverlauf, und die Momentenwelligkeit kann hierdurch reduziert

10

werden. Des Weiteren können die Rückschlusssegmente jeweils einer der mehreren Phasen an ihren Enden mit Metallstreifen bedeckt sein. Hierdurch lässt sich der Streufluss zwischen den Polen

15

des zweiten Aktivteils verringern. Ferner kann das erste Aktivteil in seinem Inneren entlang der Bewegungsbahn eine Heat-Pipe oder eine mit Flüssigkeit gefüllte Röhre aufweisen. Damit lässt sich das erste Aktivteil

20

wirkungsvoll kühlen, sodass letztlich eine höhere Leistungsdichte erreicht werden kann. Darüber hinaus können auch elektrische Leiter in dem zweiten Aktivteil (insbesondere Ständer) als mit Flüssigkeit gefüllte

25

Hohlleiter ausgebildet sein. Auch hierdurch kann die Maschine mit einer höheren Leistung betrieben werden. Die vorliegende Erfindung wird nun anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert, in denen zeigen:

30

FIG 1 eine perspektivische Ansicht eines drei-phasigen Transversalflussmotors in der Ausführung eines Torque-Motors;

FIG 2 eine Ansicht auf einen aufgeschnittenen Teil des Transversalflussmotors von FIG 1;

35

FIG 3 einen Abschnitt des Transversalflussmotors von FIG 1;

- FIG 4 einen Querschnitt durch einen Transversalflussmotor mit einem Läufer dreieckigen Querschnitts;
- FIG 5 einen Querschnitt durch einen Transversalflussmotor mit einem Läufer quadratischen Querschnitts;
- 5 FIG 6 einen Querschnitt durch einen Transversalflussmotor mit einem Läufer sechseckigen Querschnitts;
- FIG 7 eine Längsschnittansicht durch einen Abschnitt eines Transversalflussmotors und
- FIG 8 eine Draufsicht auf einen Abschnitt des Ständers
- 10 eines Transversalflussmotors.

Die nachfolgend näher geschilderten Ausführungsbeispiele stellen bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dar.

15

In dem Beispiel von FIG 1 ist ein ringförmiger Torque-Motor dargestellt, der als drei-phasiger Transversalflussmotor mit Permanentmagneten ausgebildet ist. Die Permanentmagnete verbinden alle drei Phasen mit dem Erregerfluss.

20

In den FIG 2 und FIG 3 ist die Struktur des drei-phasigen Transversalflussmotors von FIG 1 besser zu erkennen. Hierzu ist in FIG 2 ein Schnitt durch die Ringgestalt des Transversalflussmotors dargestellt. Der Ständer des Transversalflussmotors wird hier im Wesentlichen durch Rückschlusssegmente 1, 2 und 3 sowie durch Ringleitungen 4, 5, 6 gebildet. Jedes der Rückschlusssegmente 1, 2, 3 umgibt den jeweiligen Ringleiter 4, 5, 6 halbkreisförmig. Die flachen Abschnitte der halbkreisförmigen Rückschlusssegmente 1, 2, 3 sind einander zugewandt, sodass zwischen ihnen ein Hohlraum entsteht, der in etwa einen dreieckförmigen Querschnitt (angedeutet in dem Querschnitt von FIG 4) besitzt und sich ringförmig durch den gesamten Ständer (zweiten Aktivteil) erstreckt.

35

Im Inneren des oben beschriebenen Hohlraums des Ständers bewegt sich der ringförmige Läufer, der sich aus Flusssammlern 7 und Permanentmagneten 8, 9 (vergleiche FIG 3) zusammensetzt. Im Inneren des Läufers befindet sich ein ringförmiger,

nicht magnetisch leitender Kern 10 (z.B. aus einem nichtmagnetischen Stahl oder Aluminium), der sich durch den ganzen ringförmigen Läufer erstreckt. Der Läufer kann damit als Kette betrachtet werden, auf dessen Kern 10 die Flusssammler 7 und die Permanentmagnete 8, 9 abwechselnd aufgebracht sind.

Der Kern 10 kann hohl sein, um eine Kühlflüssigkeit zu führen. Er kann aber auch mit einer Heat-Pipe ausgestattet sein, um die Rotorwärme abzuführen.

10

Auf dem Kern 10 sind, wie erwähnt, die magnetischen Flusssammler 7 angeordnet. Sie besitzen hier die Form eines geraden Dreiecksprismas (siehe Draufsicht von FIG 4). Ein Flusssammler besteht in dem gewählten Beispiel aus zwei (gegebenenfalls auch mehr) gleichen Flusssammlerelementen 7a und 7b. Diese beiden Flusssammlerelemente 7a und 7b sind beispielsweise jeweils Blechpakete, die ein gerades Dreiecksprisma (optional auch gerades Vierecks- oder Sechseckprisma, vgl. FIG 5 und 6) bilden. Die Flusssammler können auch aus SMC (Soft Magnetic Composite) ausgeführt werden. Alternativ können sie auch aus einer Kombination aus SMC und Blechen bestehen.

In dem Beispiel der FIG 2 und FIG 3 weisen die dreieckförmigen Flusssammler 7 jeweils eine Breite in Bewegungsrichtung (d. h. der Richtung der Bewegungsbahn des Läufers) auf, die einer elektrischen Breite von  $60^\circ$  entspricht. Eine Periode einer Phase besitzt  $360^\circ$ ; die Breite des Läuferabschnitts von einem Nordpol zum nächsten Nordpol entspricht daher  $360^\circ$  elektrisch; die Breite von einem Nordpol zu einem Südpol entspricht  $180^\circ$ . Am Umfang des Läufers (d.h. entlang seiner Bewegungsbahn) folgen auf einen Flusssammler 7 ein Permanentmagnet 8 (Nordpol) mit  $60^\circ$  elektrischer Dicke, dann wieder ein Flusssammler 7 (zwei Flusssammlerelemente 7a, 7b) mit zwei mal  $60^\circ$  elektrischer Breite und dann ein Permanentmagnet 9 (Südpol). Die Dicke beziehungsweise Breite der Flusssammler und Permanentmagnete kann auch anders gewählt werden.

Im Ständer befinden sich die drei Ringleitungen 4, 5, 6, die beispielsweise den drei Phasen U, V und W zugeordnet sind. Die Ringleitungen 4, 5, 6 sind an den drei Seiten des Dreiecks angeordnet, das durch die Rückschlusssegmente 1, 2, 3 gebildet wird. Die Rückschlüsse haben hier eine elektrische Breite von  $120^\circ$ . Damit sind sie ebenso breit wie die Flusssammler 7. Die Rückschlusssegmente 1, 2, 3 können aber auch eine andere Breite besitzen.

Die Rückschlusssegmente sind um eine Polteilung geschrägt und zwischen den drei Phasen um  $120^\circ$  versetzt. Um die Schrägung besser erkennen zu können, werden die Ecken des Dreiecks (hier des Flusssammlers) mit den Bezugszeichen A, B und C gekennzeichnet. Der Rückschluss 1 beispielsweise der Phase U beginnt bei Ecke A ( $0^\circ$ ) und endet bei Ecke B bei  $180^\circ$ . Der Rückschluss 2 der Phase V beginnt bei Ecke B bei  $120^\circ$  und endet bei Ecke C bei  $300^\circ$ . Der Rückschluss 3 für Phase W beginnt bei Ecke C bei  $240^\circ$  und endet bei Ecke A bei  $420^\circ$  (entsprechend  $60^\circ$ ).

In dem gewählten Beispiel haben die Rückschlusssegmente 1, 2, 3 zueinander eine „Überlappung“ von  $60^\circ$ . Dies bedeutet hier, dass die Überlappung der halben Breite der Rückschlusssegmente 1, 2, 3 entspricht. Damit ist der Streufluss von den Rückschlüssen einer Phase zu den Rückschlüssen einer anderen Phase geringer als für den Fall, dass die Überlappung der vollen Breite der Rückschlüsse entspricht. Die Größe der Überlappung kann natürlich auch anders gewählt werden.

Wenn die dreieckigen Flusssammler an ihren Spitzen abgeflacht werden, wird die Überkopplung ebenfalls geringer. Außerdem ist in diesem Fall dann eine Befestigung des innen liegenden Läufers an einer Rotationshalterung leichter möglich.

Nachfolgend werden Variationsmöglichkeiten des in FIG 1 dargestellten Transversalflussmotors dargestellt. Diese Variationsmöglichkeiten lassen sich aber auch auf andere, z. B. li-

near aufgebaute Transversalflussmotoren bzw. -aktoren übertragen.

In dem Beispiel der FIG 1 bis FIG 3 besitzt der Läufer beziehungsweise das Sekundärteil einen dreieckigen Querschnitt. In dem Beispiel von FIG 5 ist angedeutet, dass der Läufer 11, der sich um die Drehachse 12 dreht, in seinem Aktivbereich auch einen rechteckigen beziehungsweise quadratischen Querschnitt besitzen kann. Die auch hier geschrägten Rückschlusssegmente 13, 14 und 15, die den Phasen U, V und W zugeordnet sind, sind an den drei Seiten des Rechtecks beziehungsweise Quadrats angeordnet, die nicht der Achse 12 zugewandt sind. Die Rückschlusssegmente 13, 14 und 15 besitzen hier ähnlich wie in dem vorhergehenden Beispiel eine halbkreisförmige beziehungsweise U-förmige Gestalt in der Seitenansicht von FIG 5. Sie umgeben den jeweiligen Ringleiter 16, 17 und 18.

Alternativ kann das Aktivteil des Läufers auch einen sechseckigen Querschnitt besitzen, wie dies in FIG 6 dargestellt ist. Diese Struktur eignet sich wie diejenige von FIG 4 oder 5 ebenfalls für eine Drei-Phasen-Maschine. Die Rückschlusssegmente einer Phase befinden sich jeweils an gegenüberliegenden Seiten des Sechsecks. So liegen sich beispielsweise die Rückschlusssegmente 20 und 21 der Phase U mit den hintereinander geschalteten Ringleitungen 22 und 23 gegenüber. Ebenso liegen sich die beiden Rückschlusssegmente 24, 25 der Phase V mit den hintereinander geschalteten Ringleitungen 26 und 27 gegenüber. Schließlich liegen sich auch die Rückschlusssegmente 28 und 29 der Phase W mit den hintereinander geschalteten Ringleitungen 30 und 31 gegenüber. Mit dieser Gegenüberstellung der Ständerrückschlüsse werden die pulsierenden Anziehungskräfte jeder Phase separat kompensiert. Durch die Kompensation der Kräfte können dadurch entstehende Geräusche reduziert werden.

35

Die Struktur des Transversalflussmotors führt unter Umständen zu einer Momentenwelligkeit. Diese lässt sich durch die Gestaltung der Luftspaltinduktion optimieren. So ist es bei-

spielsweise von Vorteil, gemäß FIG 7 die Polfläche 32 des Läufers oder die Polfläche 33 des Ständers leicht ballig auszubilden, so dass sich ein mehr sinusförmiger Flussverlauf ausbildet. In dem Beispiel von FIG 7 sind die Polflächen der  
5 Rückschlusssegmente 1 gerade und die Polflächen 32 der Flusssammler 7 ballig ausgebildet. Durch den sinusförmigen Flussverlauf werden Oberwellen verringert und die mechanischen Anregungen der höheren harmonischen Polkräfte abgemildert. In dem Beispiel von FIG 7 besitzen die Flusssammler 7 nahezu die  
10 gleiche Breite wie die entgegengesetzt gerichteten Permanentmagnete 8 und 9.

Motoren, die nach dem Flusssammlerprinzip arbeiten, wie der Transversalflussmotor, bilden unter Strombelastung einen unerwünscht hohen Streufluss zwischen den Ständerpolen der einzelnen Phasen aus. Der Streufluss „verstopft“ die magnetischen Wege und führt dadurch zu einer Reduzierung der erreichbaren Kraft beziehungsweise des Drehmoments. Deshalb soll der unerwünschte Streufluss, der sich zwischen den einzelnen Phasen aufbaut, abgeschirmt werden. Es ist aber nach  
20 dem Stand der Technik keine magnetische Abschirmung für einen statischen Fluss verfügbar. Es ist aber bekannt, dass Flächen von hoher elektrischer Leitfähigkeit zumindest den zeitlich veränderlichen Fluss abschirmen.

25

Zur Abschirmung werden daher gemäß FIG 8 an den Enden der Ständerpole beziehungsweise Rückschlusssegmente 1, 2 Abschirmbleche 34, 35 angebracht. Dadurch verringert sich hier der unerwünschte Streufluss zwischen den Phasengruppen U und  
30 V bzw. V und W oder W und U.

Die abschirmende Wirkung wird dabei umso besser, je höher die Frequenz des zeitlich veränderlichen Flusses ist. Da die Frequenz des Streuflusses mit der Drehzahl proportional anwächst, lässt sich damit bei höheren Drehzahlen eine Abschirmwirkung erreichen und die Maximalkraft (beziehungsweise das Maximalmoment) im oberen Drehzahlbereich steigern. Da in  
35 einer Anwendung für ein Luftfahrzeug der Gegendruck, und da-

mit das erforderliche Drehmoment der Strömungsmaschine, so-  
wieso erst bei hoher Drehzahl einsetzt, ist es akzeptabel,  
wenn auch die Abschirmwirkung ebenso erst bei hoher Drehzahl  
einsetzt.

5

Die ohmsche Wärme, die durch die Abschirmströme entsteht,  
lässt sich gut abführen, da Materialien von hoher elektri-  
scher Leitfähigkeit auch stets eine hohe Wärmeleitfähigkeit  
aufweisen. Die Abschirmbleche sind deshalb vorzugsweise ther-  
10 misch leitend an die Kühlung des Transversalflussmotors anzu-  
binden.

Die Permanentmagnete, die in den obigen Beispielen darge-  
stellt sind, können auch durch Erregerspulen ersetzt werden.  
15 Dies kann unter Umständen Preisvorteile bieten.

In einer weiteren Ausführungsform werden die Ringleitungen  
des Ständers als Hohlleiter ausgebildet, sodass eine Flüssig-  
keitskühlung (z.B. mit Wasser oder Öl) möglich wird. Damit  
20 können Stromdichten von  $80 \text{ A/mm}^2$  bis  $100 \text{ A/mm}^2$  gegenüber heu-  
te möglichen maximal  $10 \text{ A/mm}^2$  erreicht werden.

Die Kühlung des Rotors kann, wie oben bereits angedeutet wur-  
de, über den Kern 10 erfolgen, wenn dieser als Hohlring mit  
25 Heat-Pipe oder Kühlflüssigkeit ausgestattet wird. Mit dieser  
Kühlung des Rotors lässt sich dann auch eine Leistungssteige-  
rung erzielen.

Insgesamt wird also ein Transversalflussmotor bereitgestellt,  
30 der sich ohnehin schon durch eine hohe Leistungsdichte aus-  
zeichnet. Mit dem beispielhaften Aufbau ist eine sehr hohe  
Ausnutzung möglich, da das Luftspaltinduktionsniveau um 50 %  
höher angesetzt werden kann und die Stromdichte um den Faktor  
10.

35

Es wird hier also eine Struktur eines Transversalflussmotors  
bereitgestellt, bei dem die unabhängigen Statorsegmente um  
eine Polteilung geschrägt und zwischen den drei Phasen um

120° versetzt sind. Bei dieser Maschine sind die Sammler-  
Magnete ohne Schrägung angeordnet, weshalb der bewegte Teil  
des Motors (Läufer) eine mechanisch einfachere Struktur auf-  
weist. Durch den gemeinsamen Erregerfluss für alle drei Pha-  
5 sen wird außerdem Permanentmagnetmaterial eingespart und die  
Masse des Rotors kann so reduziert werden.

Auch wenn die oben dargestellten Ausführungsformen lediglich  
Motoren zeigen, so ist die Erfindung auch für Generatoren an-  
10 wendbar.

## Patentansprüche

1. Mehrphasige Transversalflussmaschine mit

– einem ersten Aktivteil, das entlang einer Bewegungsbahn  
5 abwechselnd mit Magneten (8,9) und Flusssammlern (7) be-  
setzt ist, und

– einem zweiten Aktivteil, das zur Bewegung des ersten Ak-  
tivteils mit diesem in magnetischer Wechselwirkung steht,  
und durch welches hindurch das erste Aktivteil entlang der  
10 Bewegungsbahn bewegbar ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

– die Flusssammler (7) in dem ersten Aktivteil eine Symmet-  
rieebene besitzen, die senkrecht zu der Bewegungsbahn an-  
geordnet ist,

15 – das zweite Aktivteil für jede Stromphase (4,5,6) jeweils  
mindestens eine sich parallel zu der Bewegungsbahn erstre-  
ckende Kette von Rückschlusssegmenten (1,2,3) aufweist,

– jedes der Rückschlusssegmente (1,2,3) relativ zu der Bewe-  
gungsbahn um eine Polteilung geschrägt ist.

2. Mehrphasige Transversalmaschine nach Anspruch 1, die als  
Torque-Motor ausgebildet ist, wobei das erste Aktivteil, das  
zweite Aktivteil und die Bewegungsbahn jeweils ringförmig  
ausgebildet sind.

3. Mehrphasige Transversalflussmaschine nach Anspruch 1 oder  
2, die für einen drei-phasigen Wechselstrom ausgelegt ist.

4. Mehrphasige Transversalflussmaschine nach Anspruch 3, wo-  
30 bei die Flusssammler (7) des ersten Aktivteils jeweils eine  
im Wesentlichen dreieckige Querschnittsfläche senkrecht zu  
der Bewegungsbahn besitzen.

5. Mehrphasige Transversalflussmaschine nach Anspruch 3, wo-  
35 bei die Flusssammler (7) des ersten Aktivteils jeweils eine  
im Wesentlichen sechseckige Querschnittsfläche senkrecht zu  
der Bewegungsbahn besitzen, das zweite Aktivteil für jede  
Phase zwei Ketten von Rückschlusssegmenten (20,21,24,25,28,

29) aufweist, und die zwei Ketten pro Phase sich bezogen auf das erste Aktivteil gegenüberstehen.

5 6. Mehrphasige Transversalflussmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Flusssammler (7) eine elektrische Breite von  $120^\circ$  besitzen.

10 7. Mehrphasige Transversalflussmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Rückschlusssegmente (1,2,3) eine elektrische Breite von  $120^\circ$  besitzen.

15 8. Mehrphasige Transversalflussmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Rückschlusssegmente (1,2,3) einer ersten der mehreren Phasen und die Rückschlusssegmente (1,2,3) einer zweiten der mehreren Phasen an ihren einander zugewandten Enden in Richtung der Bewegungsbahn eine Überlappung entsprechend einer elektrischen Breite von  $30^\circ$  bis  $70^\circ$  aufweisen.

20 9. Mehrphasige Transversalflussmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Flusssammler (7) und/oder die Rückschlusssegmente (1,2,3) in Richtung der Bewegungsbahn eine ballige Kontur aufweisen.

25 10. Mehrphasige Transversalflussmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Rückschlusssegmente (7) jeweils einer der mehreren Phasen an ihren Enden mit Metallstreifen (34,35) bedeckt sind.

30 11. Mehrphasige Transversalflussmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das erste Aktivteil in seinem Inneren entlang der Bewegungsbahn eine Heat-Pipe oder eine mit Kühlflüssigkeit gefüllte Röhre aufweist.

35 12. Mehrphasige Transversalflussmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei elektrische Leiter in dem zweiten Aktivteil als mit Flüssigkeit gefüllte Hohlleiter ausgebildet sind.

FIG 1

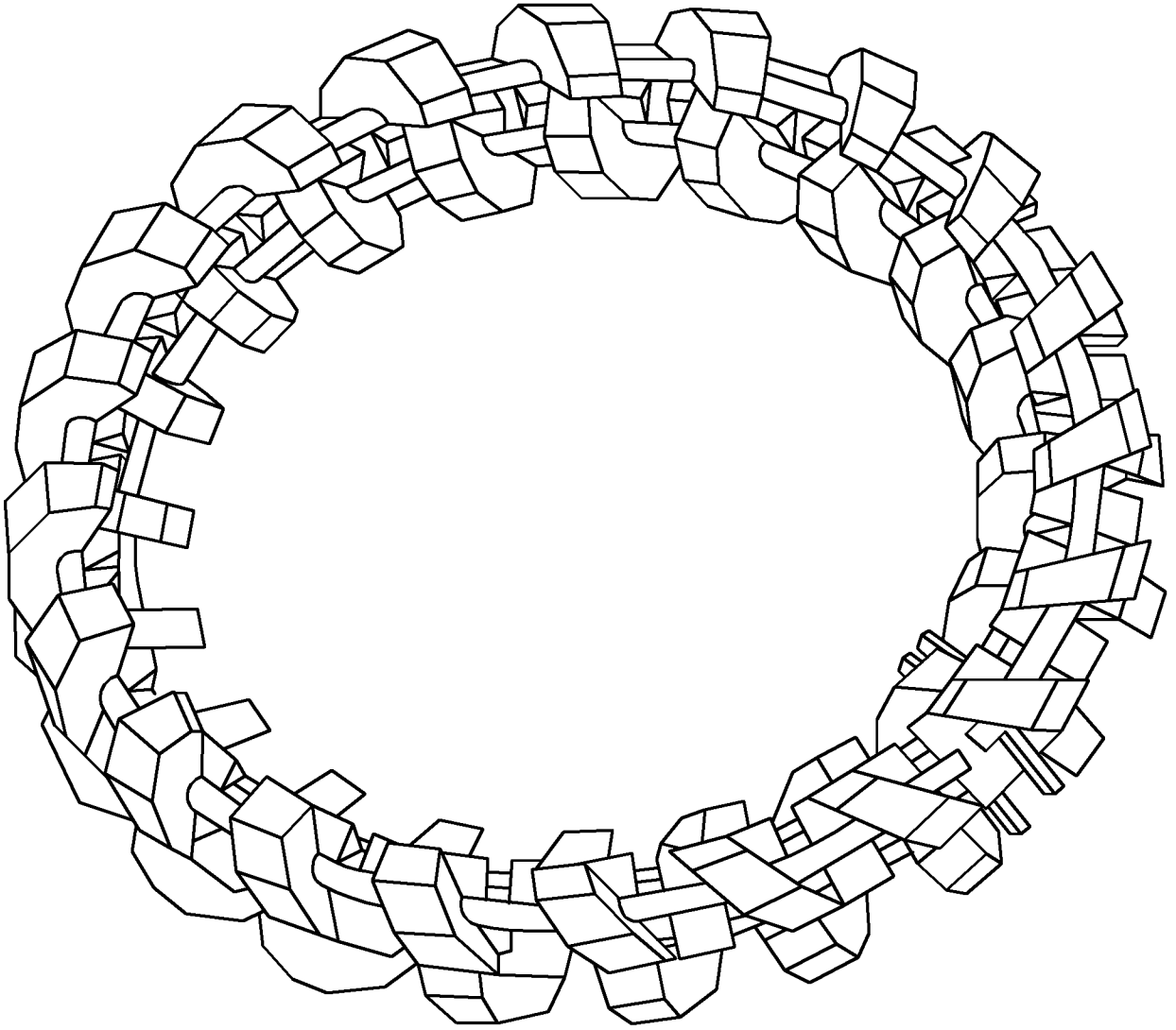


FIG 2

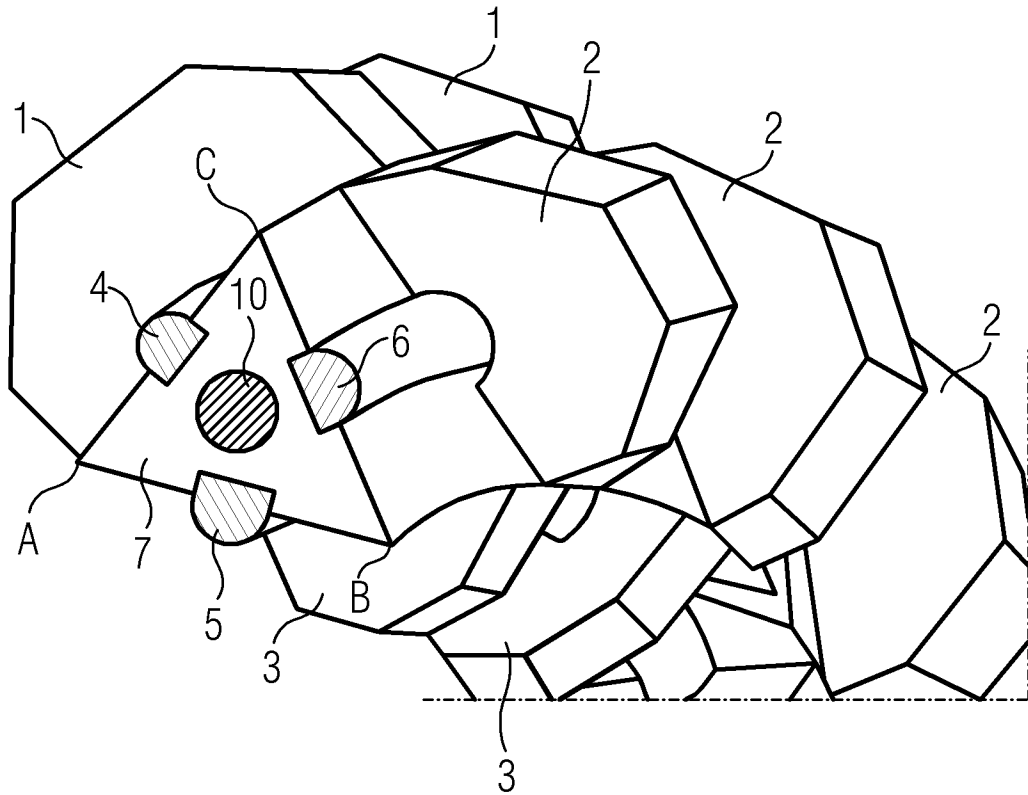


FIG 3

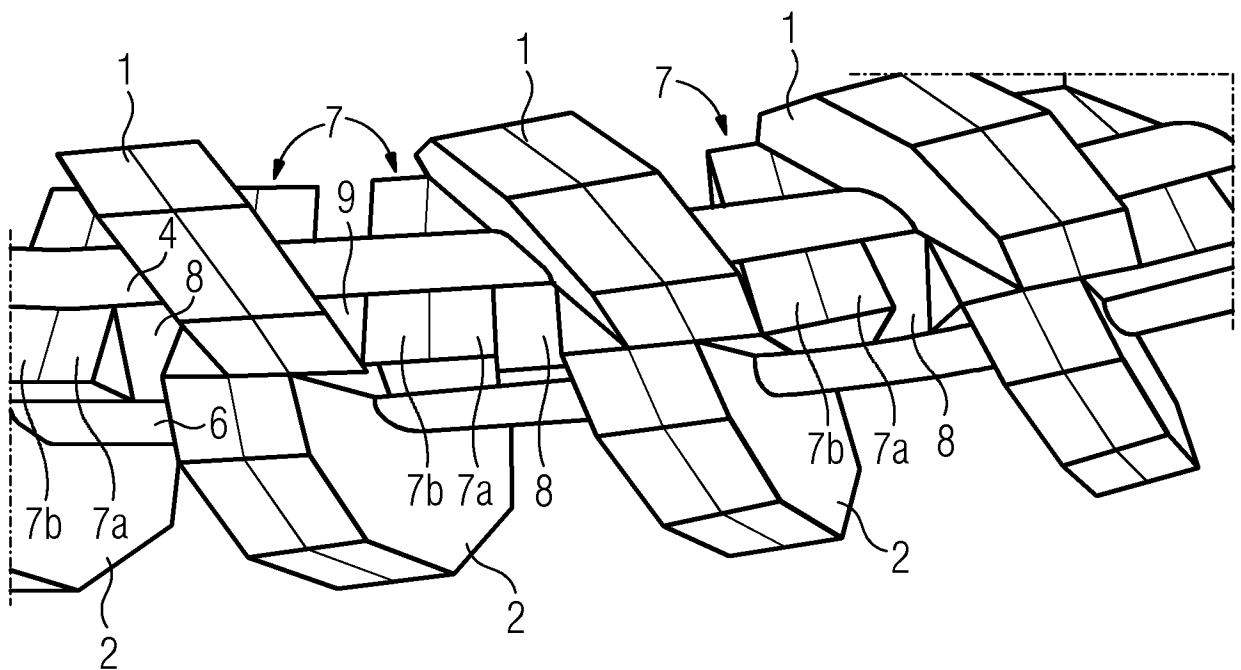


FIG 4

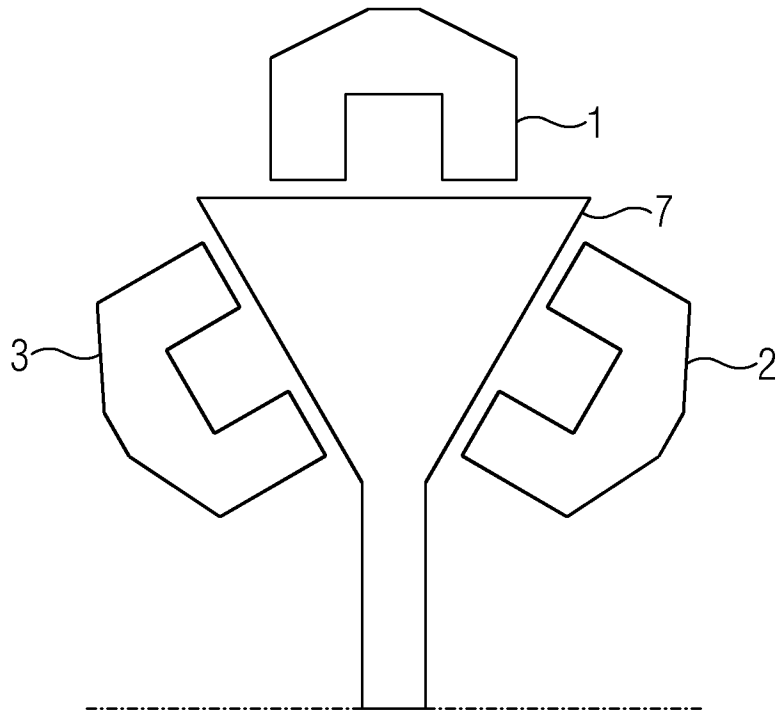


FIG 5

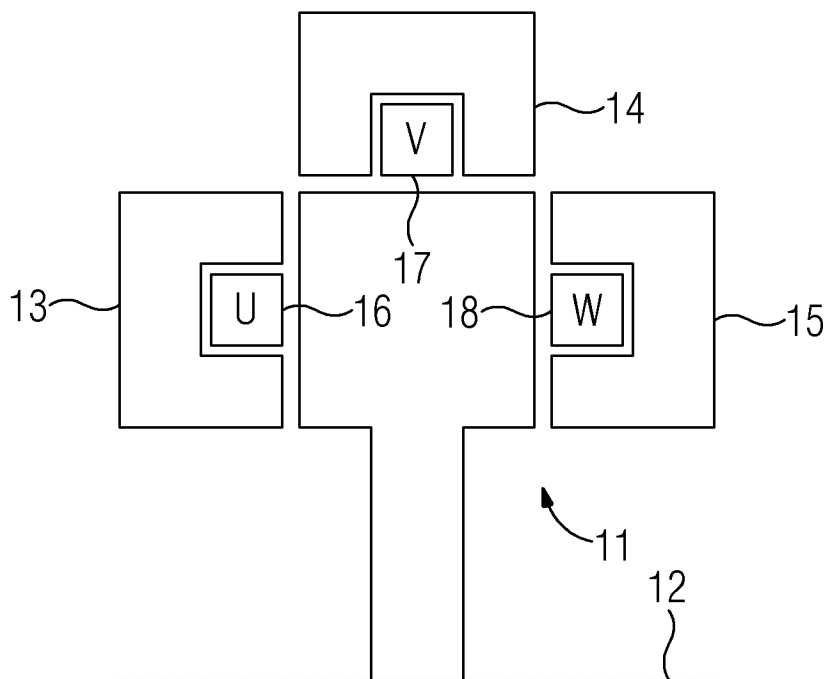
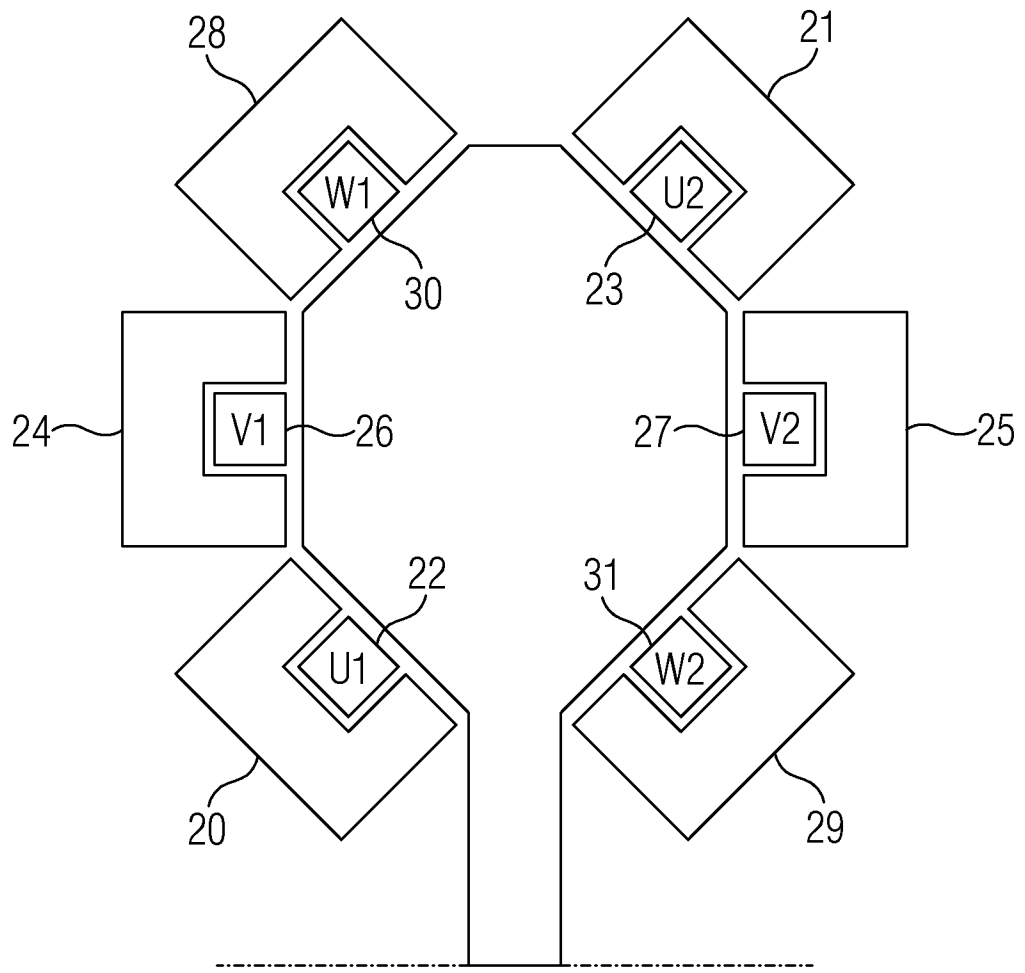


FIG 6



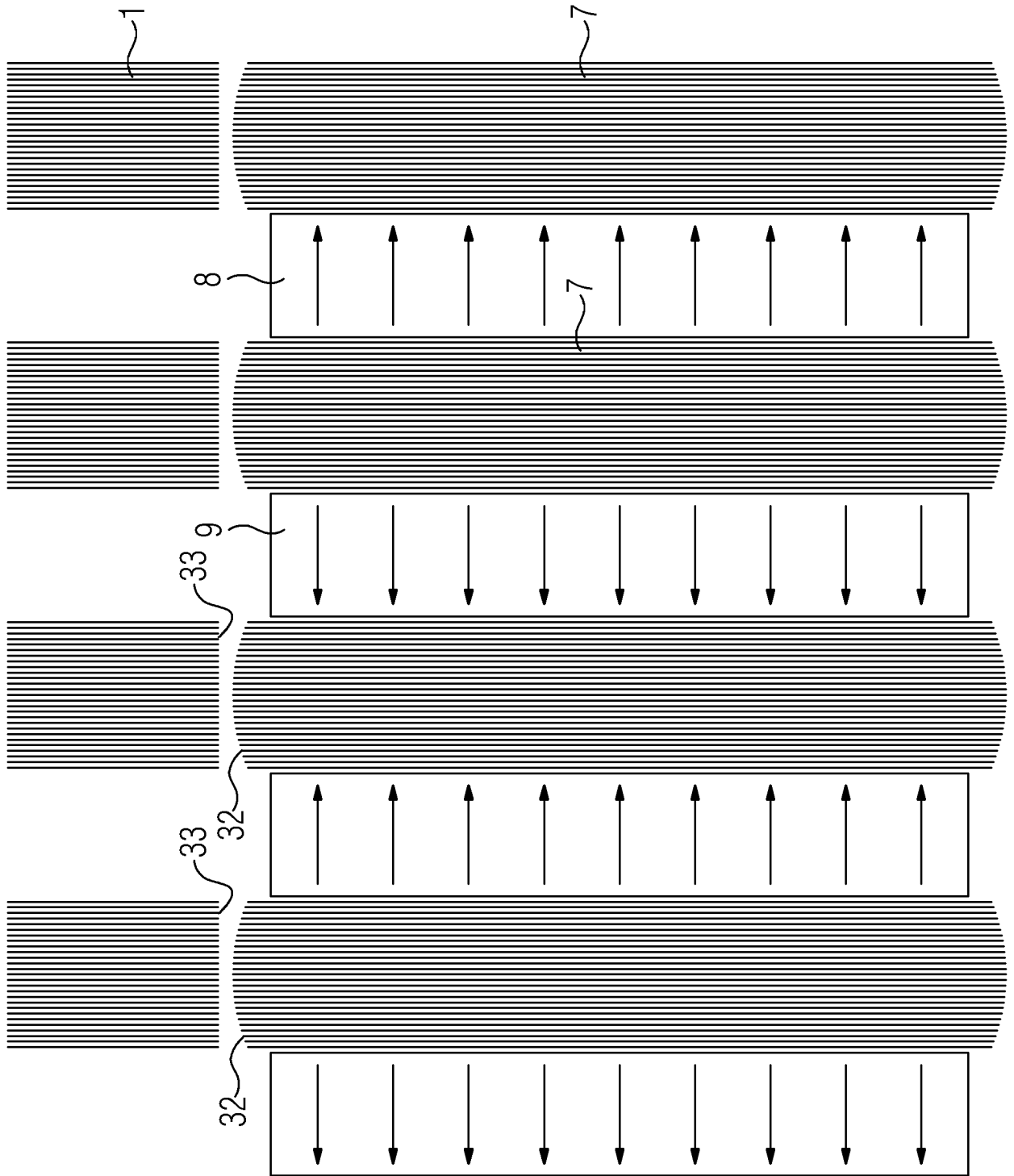


FIG 7

FIG 8

