

(10) **DE 10 2019 131 973 A1** 2021.05.27

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2019 131 973.0**

(22) Anmeldetag: **26.11.2019**

(43) Offenlegungstag: **27.05.2021**

(51) Int Cl.: **H02K 3/28 (2006.01)**

H02K 3/12 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Valeo Siemens eAutomotive Germany GmbH,
91056 Erlangen, DE**

(74) Vertreter:

**Dr. Gassner & Partner mbB Patentanwälte, 91058
Erlangen, DE**

(72) Erfinder:

Dotz, Boris, 81241 München, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	103 26 095	A1
DE	11 2007 001 411	T5
US	9 136 738	B2
US	2009 / 0 267 441	A1
JP	2014- 36 493	A

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Stator mit Pins für eine elektrische Maschine**

(57) Zusammenfassung: Stator (1) für eine elektrische Maschine (100), umfassend

- eine Vielzahl von Pins (21, 22, 23, 24, 25), die auf konzentrischen Kreisen mit unterschiedlichen Abständen zu einem Statormittelpunkt (M) in Nuten (51 - 58, 91 - 98) im Stator (1) angeordnet sind, und jeder konzentrische Kreis einen Layer (L1, L2, L3, L4) bildet,

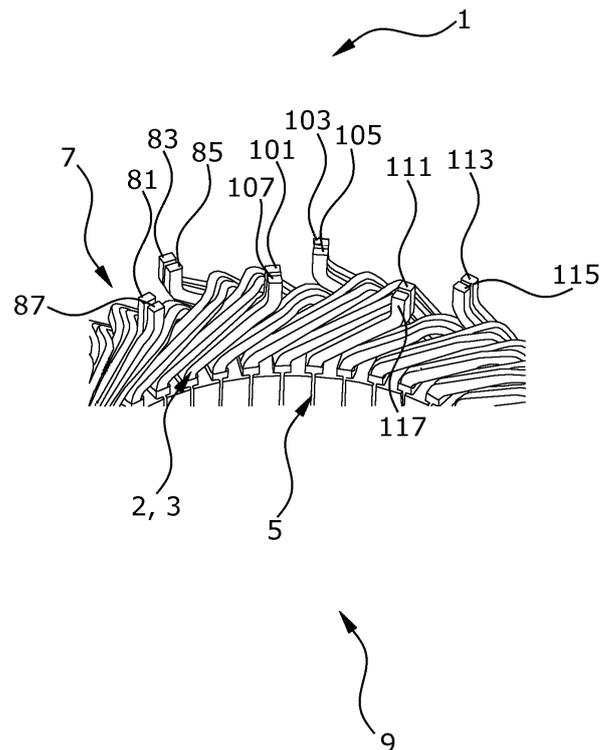
- wobei jeweils vier Pins (21, 22, 23, 24, 25) in unterschiedlichen Layer (L1, L2, L3, L4) miteinander seriell verbunden sind und eine Windung (41) bilden,

- ein erster Pin (21) der Windung (41) befindet sich in einer ersten Nut (51) im $4n-1$ Layer (L3), wobei n eine natürliche Zahl ist,

- ein zweiter Pin (22) der Windung (41) befindet sich in einer zweiten Nut (58) im $4n$ Layer (L4), wobei die zweite Nut (58) einen ersten radialen Abstand (11) in einer ersten Umfangsrichtung des Stators (1) zu der ersten Nut (51) aufweist,

- ein dritter Pin (23) der Windung (41) befindet sich in einer dritten Nut (91) im $4n-2$ Layer (L2), wobei die dritte Nut (91) benachbart zur ersten Nut (51) liegt,

- ein vierter Pin (24) der Windung (41) befindet sich in einer vierten Nut (98) im $4n-3$ Layer (L1), wobei die vierte Nut (98) benachbart zur zweiten Nut (58) liegt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Stator mit Pins für eine elektrische Maschine, insbesondere einen Elektromotor.

Stand der Technik

[0002] Elektrische Maschinen sind allgemein bekannt und finden als Elektromotor zunehmend Anwendung für den Antrieb von Fahrzeugen. Eine elektrische Maschine besteht aus einem Stator und einem Rotor.

[0003] Der Stator umfasst eine Vielzahl von Nuten, in welchen die Windungen geführt werden. Die Windungen können aus isolierten Kupferstäben als sogenannte Pins gebildet werden. Der Rotor befindet sich im Stator und ist mit einer Rotorwelle verbunden.

[0004] Ein solcher Pin-, UPin- oder Hairpinmotor ist beispielsweise aus US 9,136,738 B2 bekannt.

Aufgabe und Lösung

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Stator mit Windungen aus Pins bereitzustellen, der einfach zu fertigen ist.

[0006] Erfindungsgemäß umfasst ein Stator für eine elektrische Maschine eine Vielzahl von Pins, die auf konzentrischen Kreisen mit unterschiedlichen Abständen zu einem Statormittelpunkt in Nuten im Stator angeordnet sind, und jeder konzentrische Kreis einen Layer bildet, wobei jeweils vier Pins in unterschiedlichen Layer miteinander seriell verbunden sind und eine Windung bilden, ein erster Pin der Windung befindet sich in einer ersten Nut im $4n-1$ Layer, wobei n eine natürliche Zahl ist, ein zweiter Pin der Windung befindet sich in einer zweiten Nut im $4n$ Layer, wobei die zweite Nut einen ersten radialen Abstand in einer ersten Umfangsrichtung des Stators zu der ersten Nut aufweist, ein dritter Pin der Windung befindet sich in einer dritten Nut im $4n-2$ Layer, wobei die dritte Nut benachbart zur ersten Nut liegt, ein vierter Pin der Windung befindet sich in einer vierten Nut im $4n-3$ Layer, wobei die vierte Nut benachbart zur zweiten Nut liegt.

[0007] Die Layer können von außen nach innen zum Statormittelpunkt aufsteigend nummeriert werden. Die natürlichen Zahlen umfassen nicht die Null.

[0008] Ein Stator mit der erfindungsgemäßen Wicklung lässt sich einfach herstellen und erzeugt ein effizientes elektromagnetisches Feld mit weniger Eisen- bzw. Ummagnetisierungsverlusten, sowie eine bessere Ausnutzung des Eisenblechpaketes. Die Verbindungsarten stellen eine elektrisch leitfähige Verbindung zwischen den Pins in den Nuten her. Die Ver-

bindungsart kann ein Anschweißen von Leitern an die Pins sein oder die Pins können bereits als Doppelpin, sogenannte Upins ausgebildet sein und dadurch bereits beim Einführen in den Stator eine Verbindung herstellen. Ferner stellt auch ein Verschweißen von zueinander gebogenen Endabschnitten von Pins eine Verbindungsart dar.

[0009] Bevorzugt können die dritte und vierte Nut in Umfangsrichtung auf einer gleichen Nachbarschaftsseite der ersten und zweiten Nut liegen.

[0010] Das mit einer solchen Windung erzeugte Drehfeld weist weniger störende Harmonische auf und hat dadurch weniger Torqueripple und kleinere Drehmomentschwankungen, sowie ein besseres NVH Verhalten.

[0011] Weiter bevorzugt kann zwischen der ersten Nut und der zweiten Nut sowie zwischen der dritten und der vierten Nut ein erster Abstand und zwischen der dritten und der zweiten Nut ein zweiter Abstand liegen, und der zweite Abstand kleiner als der erste Abstand sein.

[0012] Ein Stator mit den auf Nuten mit verschiedenen Abständen verteilten Windungen weist weniger ohmsche AC Verluste und eine geringere Sättigung auf.

[0013] In einer Ausgestaltung der Erfindung kann der Stator eine erste und eine zweite Stirnseite aufweisen und der erste und zweite Pin auf der zweiten Stirnseite mittels einer ersten Verbindungsart miteinander verbunden sein, der zweite Pin und der dritte Pin auf der ersten Stirnseite mittels einer zweiten Verbindungsart miteinander verbunden sein, der dritte Pin und der vierte Pin auf der zweiten Stirnseite mittels einer dritten Verbindungsart miteinander verbunden sein, wobei sich die erste, zweite und dritte Verbindungsart voneinander unterscheiden.

[0014] Die unterschiedlichen Verbindungsarten ermöglichen eine verbesserte Fertigung. Eine abwechselnde Lage der Verbindungsarten auf verschiedenen Stirnseiten ermöglicht das effiziente Bilden einer Windung um die zwischen den Nuten liegenden Statorzähne.

[0015] Selbst Verbindungsarten auf derselben Stirnseite des Stators können sich durch unterschiedliche Biegerichtungen eines Pinfußes zum Statorinneren oder -äußeren unterscheiden.

[0016] Eine Kombination der vorher genannten Verbindungsarten auf unterschiedlichen oder gleichen Stirnseiten des Stators ist auch möglich. Durch eine gleiche Verbindungsart auf gleichen Stirnseiten und verschiedenen Verbindungsarten auf unterschiedlichen Stirnseiten des Stators ist eine einfache und schnelle Fertigung möglich. Beispielsweise wird auf

einer Stirnseite die Verbindung durch eine Art vorgebogene Pins, sogenannte Doppelpins oder auch Upins genannt, hergestellt und auf einer anderen Stirnseite des Stators werden Pins einzeln oder jeweils eine Seite des Doppelpins miteinander verschweißt. Die Schweißpunkte können an Füßen der Pins oder Doppelpins liegen.

[0017] Bevorzugt kann der Stator zumindest zwei Windungen aufweisen und zumindest der vierte Pin in der vierten Nut mit einem fünften Pin im $4n-1$ Layer in einer fünften Nut mittels einer vierten Verbindungsart verbunden sein.

[0018] Weiter bevorzugt kann der Stator eine Vielzahl von Windungen aufweisen, die sich über den gesamten Umfang des Stators erstrecken und dabei eine Teilspule bilden.

[0019] Die Wicklungen weisen dadurch eine Symmetrie auf, welche ein gleichmäßiges Drehfeld erzeugt.

[0020] In einer weiteren Ausgestaltung kann je ein Pin von zwei Teilspulen mittels einer fünften Verbindungsart oder einer sechsten Verbindungsart miteinander verbunden sein und eine Spule bilden.

[0021] Bei diesen Pins kann es sich um sogenannte Endpins handeln, da sie das Ende einer Teilspule markieren.

[0022] Bevorzugt können die Teilspulen sechs Spulen bilden und diesen derart drei Phasen zugeordnet sein, dass sich jeweils zwei Spulen, die einer gleichen Phase zugeordnet sind, in drei benachbarten Nuten befinden und dabei jeweils zwei Layer der beiden äußeren Nuten mit Pins von anderen Phasen belegt sein.

[0023] Weiter bevorzugt kann ein Eingang von mindestens zwei Spulen mittels einer siebten Verbindungsart miteinander verbunden sein.

[0024] Die siebte Verbindungsart kann durch einen an den Pins angebrachten Leiter oder durch einen leitenden Ring hergestellt werden.

[0025] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann ein Ausgang von mindestens zwei Spulen miteinander verbunden sein und die zwei Spulen dadurch parallelgeschaltet und insbesondere einer Phase zugeordnet sein.

[0026] Die beiden Spulen können parallel verbunden sein und können zusätzlich von einer gleichen Phase gespeist werden. Die Parallelverbindung kann durch das paarweise Verbinden von einem ersten und einem fünften oder vierten und einem achten Endpin erfolgen.

[0027] Ferner können jeweils zwei Phasen einen annähernd identischen Strom- und Spannungsverlauf aufweisen und dadurch ein sechs Phaseninverter lediglich einen dreiphasigen Motor ansteuern. Mit dieser Anordnung ist eine Stromteilung der Schaltelemente im Inverter möglich.

[0028] Zwei Spulen in gleichen Nuten können somit parallelgeschaltet und von einer Phase gespeist werden, sodass ein Stator mit Wicklungen für eine dreiphasige elektrische Maschine entsteht.

[0029] Erfindungsgemäß weist ein Fahrzeug eine elektrische Maschine mit einem Stator gemäß einer der bevorzugten Ausgestaltungen auf.

Figurenliste

Fig. 1 zeigt einen Stator.

Fig. 2 zeigt einen Stator mit acht Nuten und vier Layer.

Fig. 3 zeigt ein Wickelschema einer ersten Teilspule.

Fig. 4 zeigt ein Wickelschema einer zweiten Teilspule.

Fig. 5 zeigt einen Stator mit einer ersten und zweiten Teilspule und deren Verbindung miteinander und somit eine erste Spule.

Fig. 6 zeigt ein Wickelschema einer weiteren Teilspule.

Fig. 7 zeigt ein Wickelschema einer weiteren Teilspule.

Fig. 8 zeigt einen Stator mit zwei weiteren Teilspulen und deren Verbindung miteinander und somit eine zweite Spule.

Fig. 9 zeigt einen Stator mit zwei Spulen, bestehend aus jeweils zwei Teilspulen.

Fig. 10 zeigt einen Stator mit zwei weiteren Spulen.

Fig. 11 zeigt einen Stator mit zwei weiteren Spulen.

Fig. 12 zeigt einen Stator mit sechs Spulen.

Fig. 13 zeigt ein Windungsschema von zwei Spulen.

Fig. 14 zeigt ein Fahrzeug mit einer elektrischen Maschine, insbesondere einem Elektromotor, mit einem Stator mit einem Inverter.

[0030] **Fig. 1** zeigt einen Stator **1** mit einer Vielzahl an Nuten **5** in welchen Pins **2, 3** geführt werden. Der Stator **1** weist eine erste Stirnseite **7** und eine gegenüberliegende zweite Stirnseite **9** auf. Auf der ersten Stirnseite **7** sind Eingänge **81, 87, 101, 107, 111, 117** und Ausgänge **83, 85, 103, 105, 113, 115**

von Teilspulen zum Anschluss der Pins an eine Energiequelle zum Betrieb der elektrischen Maschine gezeigt. Selbstverständlich ist zum Betrieb einer elektrischen Maschine ferner ein Rotor nötig. Die Pins zum Anschluss liegen dicht beieinander und ermöglichen kurze Anschlussleitungen.

[0031] Fig. 2 zeigt einen Stator 1 mit Nuten und Pins auf vier Layer, wobei lediglich acht Nuten 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58 dargestellt sind. In den Nuten sind Pins 21, 22 angeordnet. Die Pins liegen nebeneinander in einer Nut, im Beispiel der Fig. 2 ist Platz für vier Pins nebeneinander in einer Nut. Die vier Pins innerhalb einer Nut liegen somit auf unterschiedlichen konzentrischen Kreisen L1, L2, L3, L4 um den Mittelpunkt M des Stators, die somit einzelne Layer bilden. Zwischen jeweils zwei Nuten liegt ein erster Abstand 11. Dieser erste Abstand 11 ist zwischen allen in Fig. 2 gezeigten Nuten identisch.

[0032] Fig. 3 zeigt den Stator 1 aus Fig. 2. Die Pins sind weiterhin auf konzentrischen Kreisen, also Layer, angeordnet, wobei die konzentrischen Kreise wegen einer besseren Darstellung nicht eingezeichnet sind. In Fig. 3 ist dargestellt, welche Pins miteinander in Serie verbunden sind. Ein erster Pin 21, der auch gleichzeitig ein Endpin ist, befindet sich in einer ersten Nut 51 im Layer L3. Dieser erste Pin 21 ist mittels einer ersten Verbindungsart 61, als durchgezogene Linie dargestellt, mit einem zweiten Pin 22 in einer zweiten Nut 58 verbunden. Der zweite Pin 22 befindet sich im Layer L4. Der zweite Pin 22 ist mittels einer zweiten Verbindungsart 62, als kurz gestrichelte Linie dargestellt, mit einem dritten Pin 23 in einer dritten Nut 91 verbunden. Die dritte Nut 91 liegt radial benachbart neben der ersten Nut 51 und zwischen der ersten Nut 51 und der zweiten Nut 58. Der dritte Pin 23 liegt im Layer L2.

[0033] Die dritte Nut 91 weist einen zweiten Abstand 13 von der zweiten Nut 58 auf. Der zweite Abstand 13 ist eine Nut kürzer als der erste Abstand 11 aus der vorherigen Figur.

[0034] Für den Fachmann ist verständlich, dass sich die unterschiedlichen Abstände immer auf den gleichen Layer beziehen. Der Abstand zwischen zwei Nuten ist beispielsweise auf Layer 4 selbstverständlich geringer als auf Layer 1, da der Radius des Layer 4 kleiner als der des Layer 1 ist.

[0035] Der dritte Pin 23 ist über eine dritte Verbindungsart 63, als gepunktete Linie dargestellt, mit einem vierten Pin 24 verbunden. Der vierte Pin 24 liegt in einer vierten Nut 98. Die vierte Nut 98 liegt radial benachbart neben der zweiten Nut 58 und zwischen der zweiten Nut 58 und einer fünften Nut 57. Der vierte Pin 24 liegt im Layer L1.

[0036] Die Verbindung des ersten, zweiten, dritten und vierten Pins bildet eine erste Windung 41.

[0037] Der vierte Pin 24 ist mittels einer vierten Verbindungsart 64, als gestrichelte Linie dargestellt, mit einem fünften Pin 25 in der fünften Nut 57 verbunden. Der fünfte Pin 25 liegt im Layer L3. Mit dem fünften Pin 25 beginnt die vorher beschriebene serielle Verbindung der im Stator nachfolgenden Pins erneut, wobei der fünfte Pin 25 ähnlich zum ersten Pin 21 mit einem Versatz der Nut um 90 Grad ist. Der fünfte Pin 25 ist im Gegensatz zum ersten Pin 21 kein Endpin, da er mit zwei weiteren Pins verbunden ist, wohin gehend der erste Endpin 21 nur eine Verbindung zu einem Pin, also dem zweiten Pin 22, aufweist.

[0038] Die serielle Verbindung des fünften Pins 25 mit weiteren Pins in drei weiteren Nuten 56, 97 und 96 bildet eine zweite Windung 42. Die erste, zweite und dritte Verbindungsart 61, 62, 63 zwischen diesen Pins ist identisch zu der jeweiligen ersten, zweiten, dritten Verbindungsart 61, 62, 63 der Pins der ersten Windung 41.

[0039] Die beiden Windungen 41, 42 sind durch die vierte Verbindungsart 64 verbunden. Durch die Fortsetzung der seriellen Verbindung wird die dritte Windung 43 und vierte Windung 44 in vier weiteren Nuten 55, 54, 95 und 94, sowie 53, 52, 93, 92 gebildet. Die Windungen 41, 42, 43, 44 sind jeweils mit der vierten Verbindungsart 64 verbunden. Die vierte Verbindungsart 64 zwischen den jeweiligen Windungen ist somit identisch. Auch die erste, zweite und dritte Verbindungsart 61, 62, 63 zwischen den Pins der Windungen 43, 44 ist identisch zu der ersten, zweiten und dritten Verbindungsart 61, 62, 63 der ersten und zweiten Windung 41, 42.

[0040] Die vier Windungen 41, 42, 43, 44 bilden durch einen Umlauf um den Stator 1 entgegen dem Uhrzeigersinn eine erste Teilspule. Der erste Pin 21 weist ferner einen Eingang 81 für den Anschluss einer Energiequelle auf. Der erste Pin 21 der Windung 41 stellt somit einen ersten Endpin dar. Die Teilspule endet mit dem Pin 28 in Layer L1 der Windung 44. Der letzte Pin 28 der Windung 43 stellt somit einen zweiten Endpin dar.

[0041] Fig. 4 zeigt einen Stator 1, wobei dort acht weitere Nuten 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78 gezeigt sind.

[0042] Die Pins 31, 32, 33, 34, 35, 38 sind in gleicher Weise wie die Pins 21, 22, 23, 24, 25, 28 der Fig. 3 verbunden. Selbst die Verbindungsarten sind identisch zur Fig. 3 und durch die gleichen Bezugszeichen und Liniendarstellung deutlich gemacht. In gleicher Weise wie bei Fig. 3 beschrieben, werden die Windungen 45, 46, 47, 48 gebildet und sind ent-

gegen dem Uhrzeigersinn miteinander durch die vierte Verbindungsart **64** verbunden.

[0043] Die vier Windungen 45, 46, 47, 48 bilden durch einen Umlauf um den Stator **1** im Uhrzeigersinn eine zweite Teilspule. Die Teilspule beginnt mit einem ersten Pin **31**, der ein dritter Endpin ist. Die Teilspule endet mit dem Pin **38** der Windung 48. Der letzte Pin **38** der Windung 48 in Layer **L1** stellt somit einen vierten Endpin dar. Der vierte Endpin **38** weist ferner einen Ausgang **83** für den Anschluss einer Energiequelle auf. Selbstverständlich können Eingang **81** und Ausgang **83** auch vertauscht werden.

[0044] Fig. 5 zeigt eine Pinbelegung durch die erste und zweite Teilspule aus Fig. 3 und Fig. 4, welche durch schwarze Vierecke dargestellt sind. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen gleiche Pins, Nuten, Verbindungen in den Figuren. Der sechste Pin **28** der vierten Windung 44 der ersten Teilspule in Nut 92, Layer **L1**, der auch ein zweiter Endpin ist, und der erste Pin **31** der ersten Windung 45 der zweiten Teilspule in Nut 71, Layer **L3**, der auch ein dritter Endpin ist, sind mit einer fünften Verbindungsart 67 verbunden.

[0045] Die zwei Teilspulen bilden somit eine erste Spule **201** mit einem Eingang **81** und einem Ausgang **83** nach zweimaligem radialen Umlauf um den Stator entgegen dem Uhrzeigersinn. Ein in der Figur dargestellter dritter Abstand **15** ist zwei Nuten kürzer als der erste Abstand **11** und eine Nut kürzer als der zweite Abstand **13** aus den vorherigen Figuren.

[0046] Fig. 6 zeigt einen Stator **1**. Die Pins sind weiterhin auf konzentrischen Kreisen, also Layer, angeordnet, wobei die konzentrischen Kreise wegen einer besseren Darstellung nicht eingezeichnet sind. Es ist dargestellt, welche Pins, als schwarze Vierecke auf weißem Grund dargestellt, miteinander in Serie verbunden sind und eine erste Teilspule einer zweiten Spule **202** bilden. Ein fünfter Endpin **21a** befindet sich in der ersten Nut 51 im Layer **L4**. Der fünfte Endpin **21a** weist ferner einen Eingang **87** für den Anschluss einer Energiequelle auf. Der fünfte Endpin **21a** ist mittels der ersten Verbindungsart **61** mit einem sechsten Pin 26a in der Nut 52 verbunden. Der sechste Pin 26a befindet sich im Layer **L3**. Der sechste Pin 26a ist mittels der vierten Verbindungsart **64** mit einem vierten Pin 24a im Layer **L1** in der Nut 93 verbunden.

[0047] Der vierte Pin 24a ist über eine dritte Verbindungsart **63**, als gepunktete Linie dargestellt, mit einem dritten Pin 23a verbunden. Der dritte Pin 23a liegt in einer Nut 94. Die Nut 94 liegt radial benachbart neben der Nut 54 und zwischen der Nut 53 und der Nut 54. Der dritte Pin 23a liegt im Layer **L2**.

[0048] Der dritte Pin 23a ist über eine zweite Verbindungsart **62**, als kurz gestrichelte Linie dargestellt,

mit einem zweiten Pin 22a verbunden. Der zweite Pin 22a liegt in der Nut 53. Die Nut 53 liegt radial benachbart neben der Nut 93 und zwischen der Nut 93 und der Nut 94. Der zweite Pin 22a liegt im Layer **L4**.

[0049] Der zweite Pin 22a ist über eine erste Verbindungsart **61**, als durchgezogene Linie dargestellt, mit einem fünften Pin 25a verbunden. Der fünfte Pin 25a liegt in der Nut 54. Die Nut 54 liegt radial benachbart neben der Nut 94 und zwischen der Nut 94 und der Nut 95. Der fünfte Pin 25a liegt im Layer **L3**. Die serielle Verbindung des ersten, zweiten, dritten und vierten Pins 25a, 22a, 23a, 24a bildet eine erste Windung 41.

[0050] Der fünfte Pin 25a ist über eine vierte Verbindungsart **64**, als gestrichelte Linie dargestellt, mit einem siebten Pin 27a verbunden. Der siebte Pin 27a liegt in der Nut 95. Die Nut 95 liegt radial benachbart neben der Nut 55 und zwischen der Nut 55 und der Nut 54. Der siebte Pin 27a liegt im Layer **L1**. Mit dem siebten Pin 27a beginnt die vorher beschriebene serielle Verbindung der im Stator nachfolgenden Pins erneut, wobei der siebte Pin 27a ähnlich zum vierten Pin 24a mit einem Versatz der Nut um 90 Grad ist.

[0051] Die serielle Verbindung des siebten Pins 27a mit weiteren Pins in drei weiteren Nuten 96, 55 und 56 bildet eine zweite Windung 42. Die erste, zweite und dritte Verbindungsart **61**, **62**, **63** zwischen diesen Pins ist identisch zu der jeweiligen ersten, zweiten, dritten Verbindungsart **61**, **62**, **63** der Pins der ersten Windung 41.

[0052] Die beiden Windungen 41, 42 sind durch die vierte Verbindungsart **64** verbunden. Durch die Fortsetzung der seriellen Verbindung wird eine dritte Windung 43 in vier weiteren Nuten 97, 98, 57 und 58 gebildet.

[0053] Eine vierte Windung 44 stellt eine Besonderheit dar, da diese keine zweite Verbindungsart aufweist. Diese Windung 44 wird durch eine sechste Verbindungsart **66** gebildet, die in Verbindung mit Fig. 8 beschrieben und dort gezeigt ist. Die sechste Verbindungsart verbindet einen sechsten Endpin **28a** der ersten Teilspule mit einem siebten Endpin **31a**, der in Fig. 7 gezeigt ist.

[0054] Fig. 7 zeigt einen Stator **1**, wobei dort acht weitere Nuten 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78 gezeigt sind.

[0055] Die Pins sind weiterhin auf konzentrischen Kreisen, also Layer, angeordnet, wobei die konzentrischen Kreise wegen einer besseren Darstellung nicht eingezeichnet sind. Es ist dargestellt, welche Pins, als schwarze Vierecke auf weißem Grund dargestellt, miteinander in Serie verbunden sind und eine zweite Teilspule einer zweiten Spule **202** bilden. Ein siebter

Endpin **31a** befindet sich in der Nut 71 im Layer **L4**. Dieser siebte Endpin **31a** ist mittels der ersten Verbindungsart **61** mit einem sechsten Pin 36a in der Nut 72 verbunden. Der sechste Pin 36a befindet sich im Layer **L3**. Der sechste Pin 36a ist mittels der vierten Verbindungsart **64** mit einem vierten Pin 34a im Layer **L1** in der Nut 53 verbunden.

[0056] Der vierte Pin 34a ist über eine dritte Verbindungsart **63**, als gepunktete Linie dargestellt, mit einem dritten Pin 33a verbunden. Der dritte Pin 33a liegt in einer Nut 54. Die Nut 54 liegt radial benachbart neben der Nut 74 und zwischen der Nut 74 und der Nut 73. Der dritte Pin 33a liegt im Layer **L2**.

[0057] Der dritte Pin 33a ist über eine zweite Verbindungsart **62**, als kurz gestrichelte Linie dargestellt, mit einem zweiten Pin 32a verbunden. Der zweite Pin 32a liegt in der Nut 73. Die Nut 73 liegt radial benachbart neben der Nut 53 und zwischen der Nut 53 und der Nut 54. Der zweite Pin 32a liegt im Layer **L4**.

[0058] Der zweite Pin 32a ist über eine erste Verbindungsart **61**, als durchgezogene Linie dargestellt, mit einem fünften Pin 35a verbunden. Der fünfte Pin 35a liegt in der Nut 74. Die Nut 74 liegt radial benachbart neben der Nut 54 und zwischen der Nut 54 und der Nut 55. Der fünfte Pin 35a liegt im Layer **L3**. Die Verbindung des ersten, zweiten, dritten und vierten Pins bildet eine erste Windung 45.

[0059] Der fünfte Pin 35a ist über eine vierte Verbindungsart **64**, als gestrichelte Linie dargestellt, mit einem siebten Pin 37a verbunden. Der siebte Pin 37a liegt in der Nut 55. Die Nut 55 liegt radial benachbart neben der Nut 75 und zwischen der Nut 75 und der Nut 74. Der siebte Pin 37a liegt im Layer **L1**. Mit dem siebten Pin 37a beginnt die vorher beschriebene serielle Verbindung der im Stator nachfolgenden Pins erneut, wobei der siebte Pin 37a ähnlich zum vierten Pin 34a mit einem Versatz der Nut um 90 Grad versehen ist.

[0060] Die serielle Verbindung des siebten Pins 37a mit weiteren Pins in drei weiteren Nuten 56, 75 und 76 bildet eine zweite Windung 46. Die erste, zweite und dritte Verbindungsart **61**, **62**, **63** zwischen diesen Pins ist identisch zu der jeweiligen ersten, zweiten, dritten Verbindungsart **61**, **62**, **63** der Pins der ersten Windung 45.

[0061] Die beiden Windungen 45, 46 sind durch die vierte Verbindungsart **64** verbunden. Durch die Fortsetzung der seriellen Verbindung wird die dritte Windung 47 in vier weiteren Nuten 57, 58, 77 und 78 gebildet. Die vierte Windung 48 stellt eine Besonderheit dar, da diese keine zweite Verbindungsart aufweist. Diese Windung 48 wird durch die sechste Verbindungsart **66** gebildet, die in Verbindung mit **Fig. 8** beschrieben und dort gezeigt ist.

[0062] Der achte Endpin **38a** weist ferner einen Ausgang **85** für den Anschluss einer Energiequelle auf. Selbstverständlich können Eingang **87** und Ausgang **85** auch vertauscht werden.

[0063] **Fig. 8** zeigt eine Pinbelegung durch die beiden Teilspulen aus **Fig. 6** und **Fig. 7**, welche durch schwarze Vierecke auf weißem Grund dargestellt sind. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen gleiche Pins, Nuten, Verbindungen in den Figuren. Der Pin **28a** der vierten Windung 44 der ersten Teilspule in Nut 92, Layer **L2**, der auch ein sechster Endpin ist, und der erste Pin **31a** der vierten Windung 48 der zweiten Teilspule in Nut 71, Layer **L4**, der auch ein siebter Endpin ist, sind mit einer sechsten Verbindungsart **66** verbunden.

[0064] Die zwei Teilspulen bilden somit eine zweite Spule **202** mit einem Eingang **87** und einem Ausgang **85** nach zweimaligem radialen Umlauf um den Stator mit dem Uhrzeigersinn. Ein in der Figur dargestellter dritter Abstand **15** ist zwei Nuten kürzer als der erste Abstand **11** und eine Nut kürzer als der zweite Abstand **13** aus den vorherigen Figuren.

[0065] **Fig. 9** zeigt eine Pinbelegung durch die erste Spule **201** aus **Fig. 5**, welche durch schwarze Vierecke dargestellt ist. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen gleiche Pins, Nuten, Verbindungen in den Figuren. Ferner ist die zweite Spule **202** aus der **Fig. 8** als schwarze Vierecke auf weißem Grund dargestellt, die sich in gleichen Nuten aber unterschiedlichen Layer befindet. Die Teilspulen der beiden Spulen sind mit der fünften Verbindungsart **65** (erste Spule) oder der sechsten Verbindungsart **66** (zweite Spule) verbunden. Die beiden Verbindungsarten **65**, **66** sind ähnlich und unterscheiden sich nur durch die Lage in unterschiedlichen Layer.

[0066] Es sind somit zwei Spulen gezeigt, die jeweils aus zwei Teilspulen bestehen. Ebenfalls sind die Ein- und Ausgänge der Spulen gezeigt. Der Eingang **81** der ersten Spule befindet sich an der Nut 51 und der Ausgang **83** an der Nut 52. Der Eingang **87** der zweiten Spule befindet sich ebenfalls an der Nut 51 und der Ausgang **85** an der Nut 52. Die Ein- und Ausgänge beider Spulen liegen somit in der jeweils gleichen Nut.

[0067] **Fig. 10** zeigt eine Pinbelegung durch eine dritte und vierte Spule in den schwarzen Vierecken mit weißem Punkt und den weißen Vierecken mit schwarzem Punkt. Diese entsteht durch ein aus den **Fig. 3**, **Fig. 4**, **Fig. 5**, **Fig. 6**, **Fig. 7**, **Fig. 8** bekanntes Wickelschema, welches um je zwei Nuten mit dem Uhrzeigersinn im Vergleich zu den dort dargestellten Pins und Verbindungen der Teilspulen versetzt ist. Ebenfalls sind die Ein- **101** und Ausgänge **103** der dritten Spule und die Ein- **107** und Ausgänge **105** der

vierten Spule gezeigt. Die Ein- und Ausgänge beider Spulen liegen somit in der jeweils gleichen Nut.

[0068] Fig. 11 zeigt eine Pinbelegung durch eine fünfte und sechste Spule, in den schwarzen Vierecken mit weißem Kreuz und den weißen Vierecken mit schwarzem Kreuz, dargestellt. Diese entsteht durch ein aus den **Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7** bekanntes Wickelschema, welches um vier Nuten mit dem Uhrzeigersinn im Vergleich zu den dort dargestellten Pins und Verbindungen der Teilspulen versetzt ist. Ebenfalls sind die Ein- **111** und Ausgänge **113** der fünften Spule und die Ein- **117** und Ausgänge **115** der sechsten Spule gezeigt. Die Ein- und Ausgänge beider Spulen liegen somit in der jeweils gleichen Nut.

[0069] Fig. 12 zeigt eine Pinbelegung durch die sechs Spulen als eine Kombination aus den **Fig. 9, Fig. 10** und **Fig. 11**. Insbesondere aus der Lage der Ein- **81, 87, 101, 107, 111, 117** und Ausgänge **83, 85, 103, 105, 113, 115** wird ersichtlich, dass eine Verschaltung der Spulen innerhalb von jeweils 11 Nuten erfolgen kann. Bei dem exemplarisch dargestellten Stator mit achtundvierzig Nuten ist eine Verschaltung der Ein- und Ausgänge somit innerhalb von einem Drittel des Statorumfangs möglich. Rein bezogen auf die Ein- oder Ausgänge wäre eine getrennte Beschaltung auch innerhalb von fünf Nuten möglich, wenn die Spulen und deren Ein- und Ausgänge aus **Fig. 10** um 45 Grad gegen den Uhrzeigersinn gedreht werden. Das in **Fig. 12** gezeigte Ausführungsbeispiel führt zu einer Verschaltung der Ein- und Ausgänge gemäß **Fig. 1**.

[0070] Fig. 13 zeigt das Wickelschema von jeweils zwei Teilspulen der ersten Spule **201** und der zweiten Spule **202**. Die fortlaufende „Nutenummer“ in der Tabelle ist kein Bezugszeichen. Die Bezugszeichen mit Pfeil an den Nuten sind identisch zu den vorherigen Figuren und ermöglichen einen Vergleich mit diesen Figuren.

[0071] Fig. 14 ist eine Prinzipskizze eines Ausführungsbeispiels eines Fahrzeugs **403**, beispielsweise eines Hybridfahrzeugs oder eines Elektrofahrzeugs, umfassend eine elektrische Maschine **401**, insbesondere einen Elektromotor, mit einem Ausführungsbeispiel des Stators **1** zum Antreiben des Fahrzeugs **403**. Ferner kann das Fahrzeug **403** einen Inverter **405** aufweisen, der die elektrische Maschine **401** mit einem Wechselstrom aus einer Gleichstromquelle versorgt.

Bezugszeichenliste

1	Stator
2, 3	Pin
7	erste Stirnseite

9	zweite Stirnseite
11	erster Abstand
13	zweiter Abstand
15	dritter Abstand
21	erster Endpin
28	zweiter Endpin
31	dritter Endpin
38	vierter Endpin
21a	erster Endpin
28a	zweiter Endpin
31a	dritter Endpin
38a	vierter Endpin
22 - 27, 22a - 27a	Pins
32 - 37, 32a - 37a	Pins
41 - 48	Windung
51 - 58	Nuten
61	erste Verbindungsart
62	zweite Verbindungsart
63	dritte Verbindungsart
64	vierte Verbindungsart
65	fünfte Verbindungsart
66	sechste Verbindungsart
71 - 78	Nuten
81, 87, 101, 107, 111, 117	Eingang
83, 85, 103, 105, 113, 115	Ausgang
91 - 98	Nuten
201	erste Spule
202	zweite Spule
401	elektrische Maschine
403	Fahrzeug
405	Inverter
L1, L2, L3, L4	Layer
M	Statormittelpunkt

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 9136738 B2 [0004]

Patentansprüche

1. Stator (1) für eine elektrische Maschine (100), umfassend

- eine Vielzahl von Pins (21, 22, 23, 24, 25), die auf konzentrischen Kreisen mit unterschiedlichen Abständen zu einem Statormittelpunkt (M) in Nuten (51 - 58, 91 - 98) im Stator (1) angeordnet sind, und jeder konzentrische Kreis einen Layer (L1, L2, L3, L4) bildet,
- wobei jeweils vier Pins (21, 22, 23, 24, 25) in unterschiedlichen Layer (L1, L2, L3, L4) miteinander seriell verbunden sind und eine Windung (41) bilden,
- ein erster Pin (21) der Windung (41) befindet sich in einer ersten Nut (51) im 4n-1 Layer (L3), wobei n eine natürliche Zahl ist,
- ein zweiter Pin (22) der Windung (41) befindet sich in einer zweiten Nut (58) im 4n Layer (L4), wobei die zweite Nut (58) einen ersten radialen Abstand (11) in einer ersten Umfangsrichtung des Stators (1) zu der ersten Nut (51) aufweist,
- ein dritter Pin (23) der Windung (41) befindet sich in einer dritten Nut (91) im 4n-2 Layer (L2), wobei die dritte Nut (91) benachbart zur ersten Nut (51) liegt,
- ein vierter Pin (24) der Windung (41) befindet sich in einer vierten Nut (98) im 4n-3 Layer (L1), wobei die vierte Nut (98) benachbart zur zweiten Nut (58) liegt.

2. Stator (1) gemäß Anspruch 1, wobei die dritte und vierte Nut (91, 98) in Umfangsrichtung auf einer gleichen Nachbarschaftsseite der ersten und zweiten Nut (51, 58) liegen.

3. Stator (1) gemäß einer der vorherigen Ansprüche, wobei

- zwischen der ersten Nut (51) und der zweiten Nut (58), sowie zwischen der dritten Nut (91) und der vierten Nut (98) ein erster Abstand (11) liegt,
- zwischen der dritten Nut (91) und der zweiten Nut (58) ein zweiter Abstand (13) liegt, wobei der zweite Abstand (13) kleiner als der erste Abstand (11) ist.

4. Stator (1) gemäß einer der vorherigen Ansprüche, wobei der Stator (1) eine erste (7) und zweite Stirnseite (9) aufweist; und

- der erste (21) und zweite Pin (22) auf der zweiten Stirnseite (9) mittels einer ersten Verbindungsart (61) miteinander verbunden ist;
- der zweite Pin (22) und dritte Pin (23) auf der ersten Stirnseite (7) mittels einer zweiten Verbindungsart (62) miteinander verbunden ist;
- der dritte Pin (23) und vierte Pin (24) auf der zweiten Stirnseite (9) mittels einer dritten Verbindungsart (63) miteinander verbunden ist; wobei sich die erste, zweite und dritte Verbindungsart voneinander unterscheiden.

5. Stator (1) gemäß einer der vorherigen Ansprüche, wobei der Stator (1) zumindest zwei Windungen (41, 42, 43) aufweist und zumindest der vierte Pin

(24) in der vierten Nut (98, 96, 94) mit einem fünften Pin (25) im 4n-1 Layer (L3) in einer fünften Nut (57) mittels einer vierten Verbindungsart (64) verbunden ist.

6. Stator (1) gemäß Anspruch 5, wobei der Stator (1) eine Vielzahl von Windungen (41, 42) aufweist, die sich über den gesamten Umfang des Stators (1) erstrecken und dabei eine Teilspule bilden.

7. Stator (1) gemäß Anspruch 6, wobei je ein Pin (28, 31, 28a, 31a) von zwei Teilspulen mittels einer fünften Verbindungsart (65) oder einer sechsten Verbindungsart (66) miteinander verbunden ist und eine Spule (201, 202) bilden.

8. Stator (1) gemäß Anspruch 7, wobei die Teilspulen sechs Spulen bilden und diesen derart drei Phasen zugeordnet sind, dass sich jeweils zwei Spulen, die einer gleichen Phase zugeordnet sind, in drei benachbarten Nuten (51 - 58, 71 - 78, 91 - 98;) befinden und dabei jeweils zwei Layer der beiden äußeren Nuten (71 - 78, 91 - 98) mit Pins von anderen Phasen belegt sind.

9. Stator (1) gemäß Anspruch 8, wobei ein Eingang (81, 101, 111, 87, 107, 117) von mindestens zwei Spulen (201, 202) mittels einer siebten Verbindungsart miteinander verbunden sind.

10. Stator (1) gemäß Anspruch 9, wobei je ein Ausgang (83, 103, 113, 85, 105, 115) von mindestens zwei Spulen (201, 202) miteinander verbunden ist und die zwei Spulen (201, 202) dadurch parallelgeschaltet, und insbesondere einer Phase zugeordnet, sind.

11. Fahrzeug (403) mit einer elektrischen Maschine (401) mit einem Stator (1) gemäß einem der vorherigen Ansprüche.

Es folgen 14 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

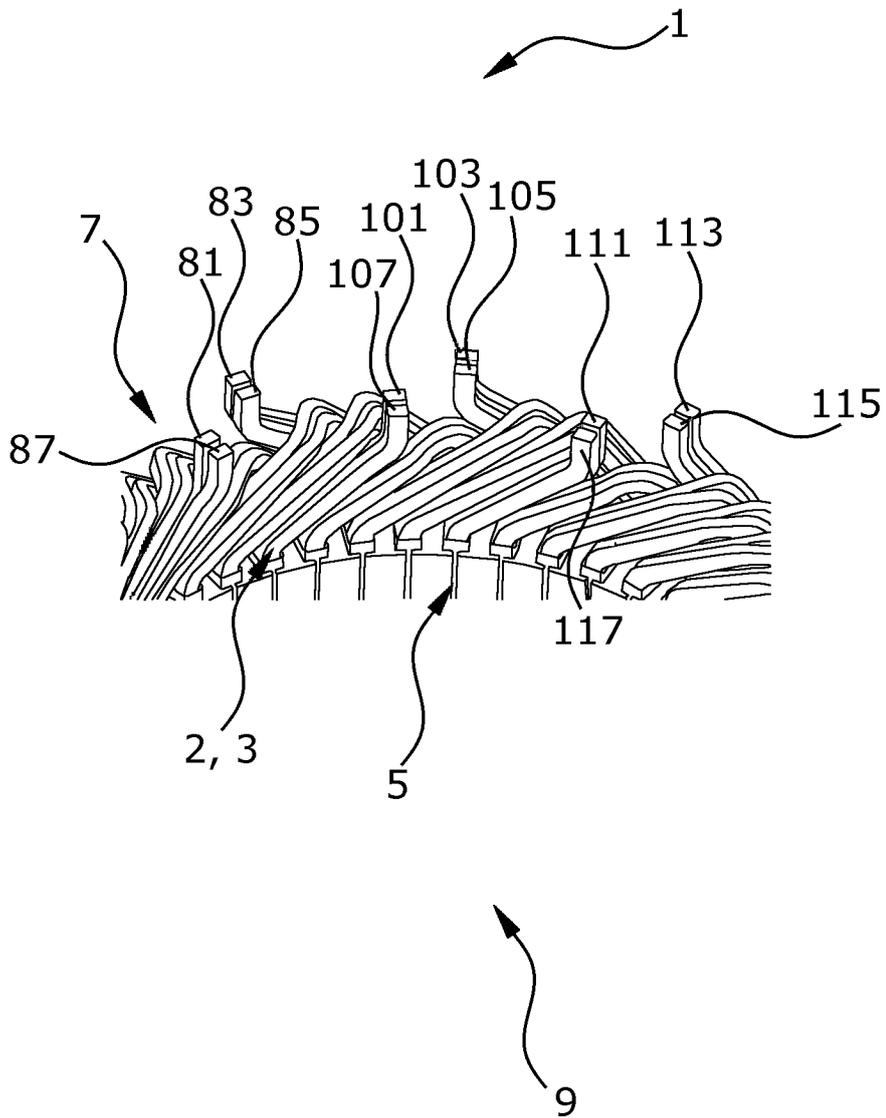


Fig. 1

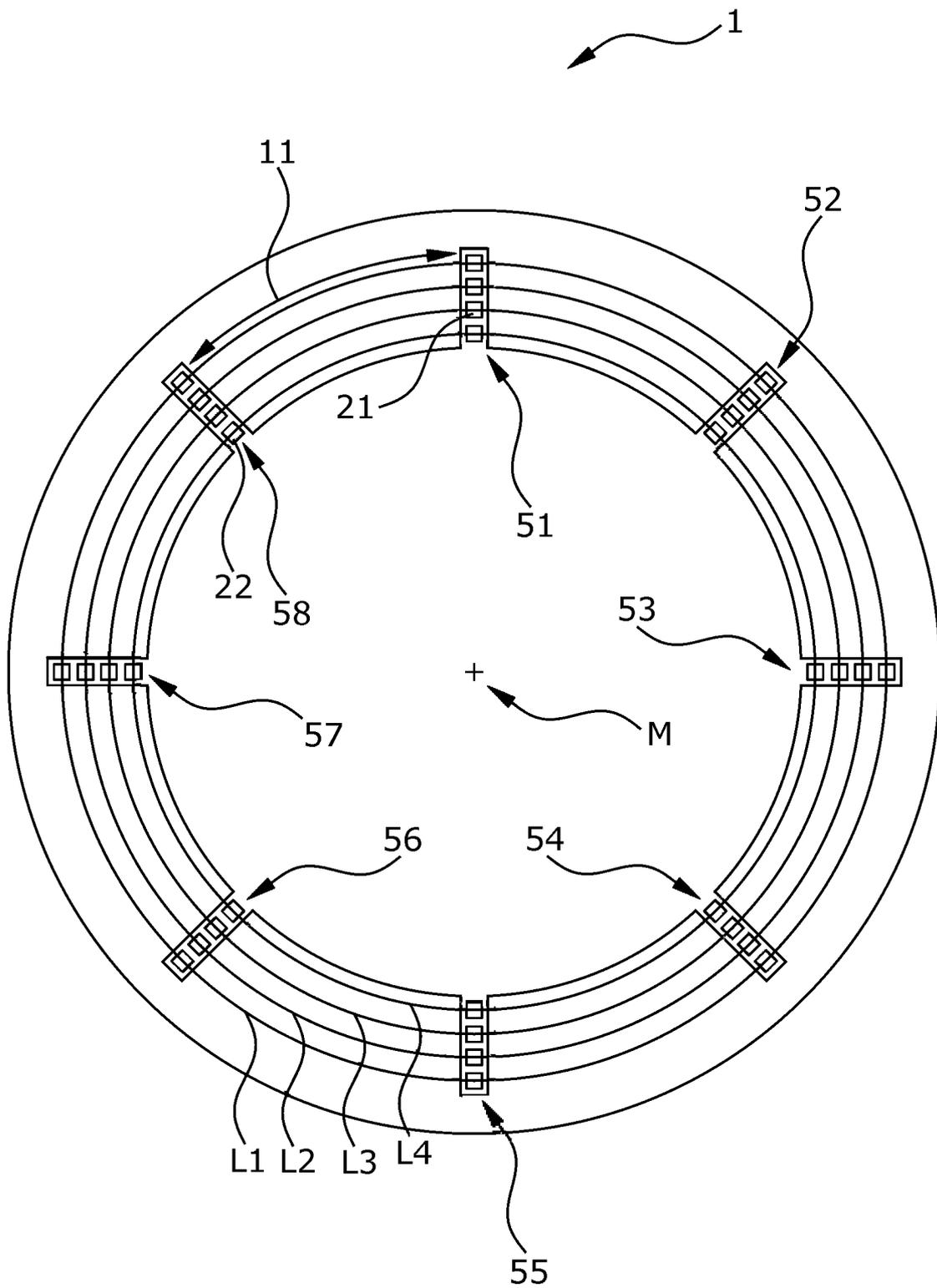


Fig. 2

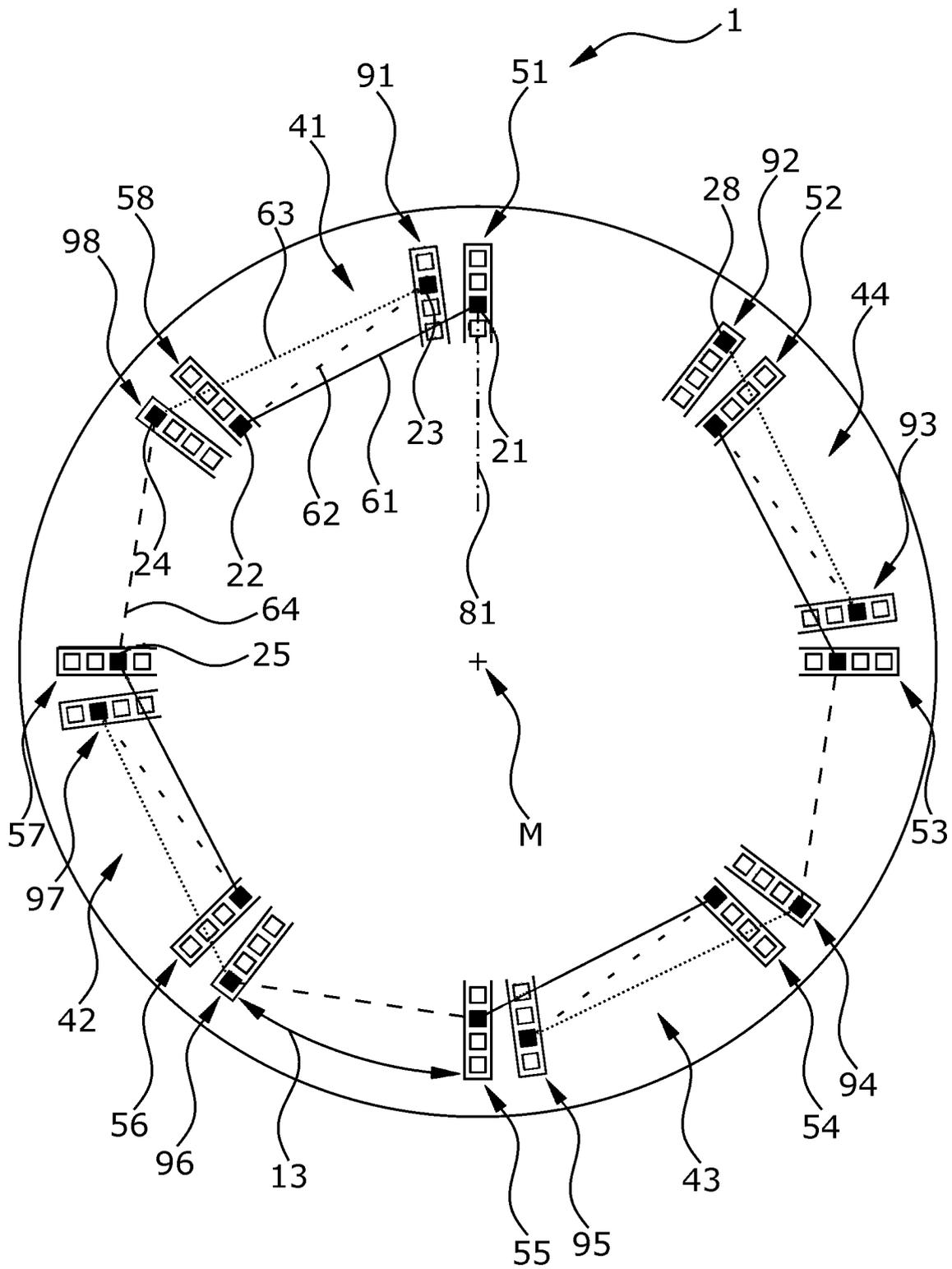


Fig. 3

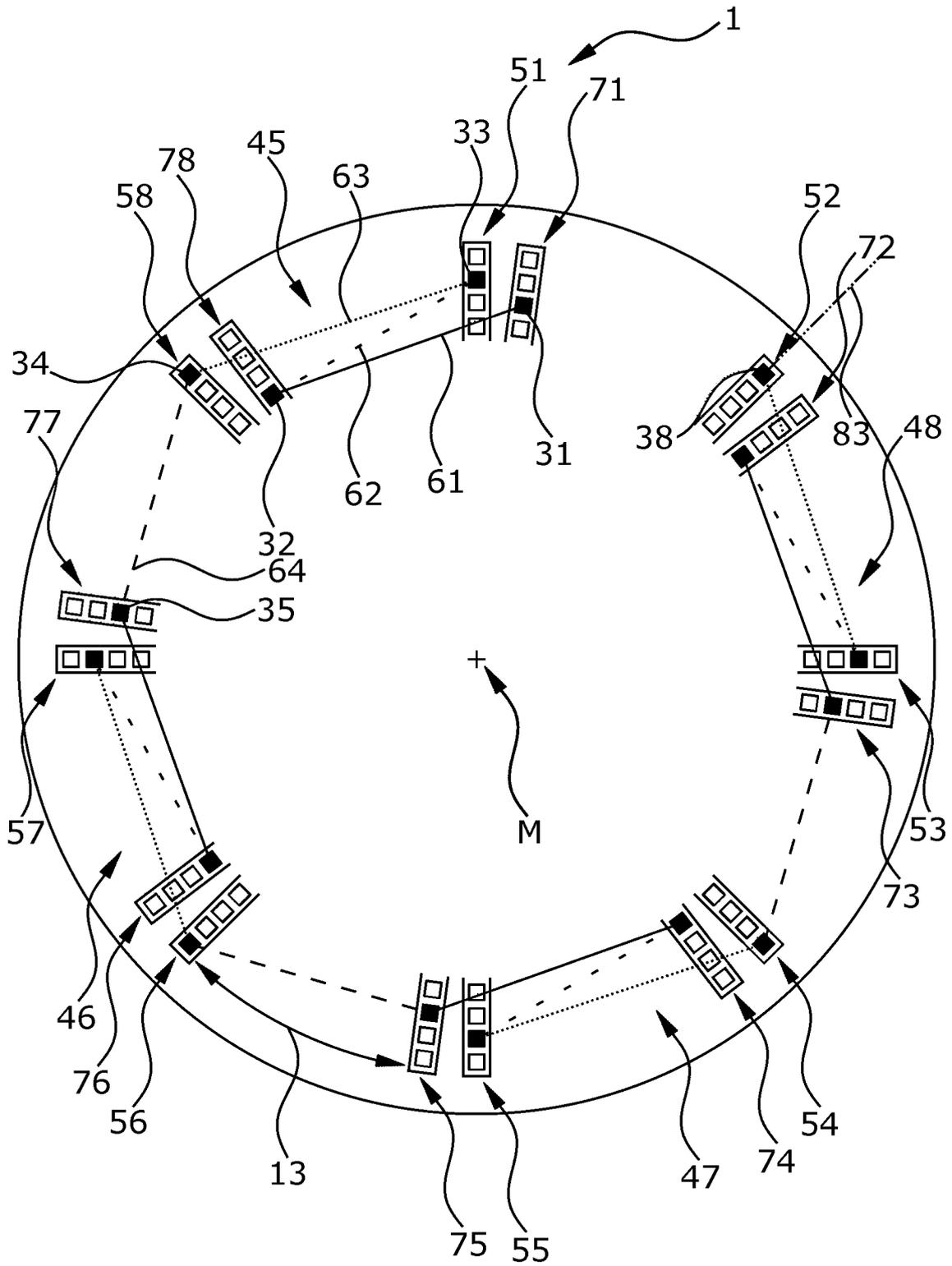


Fig. 4

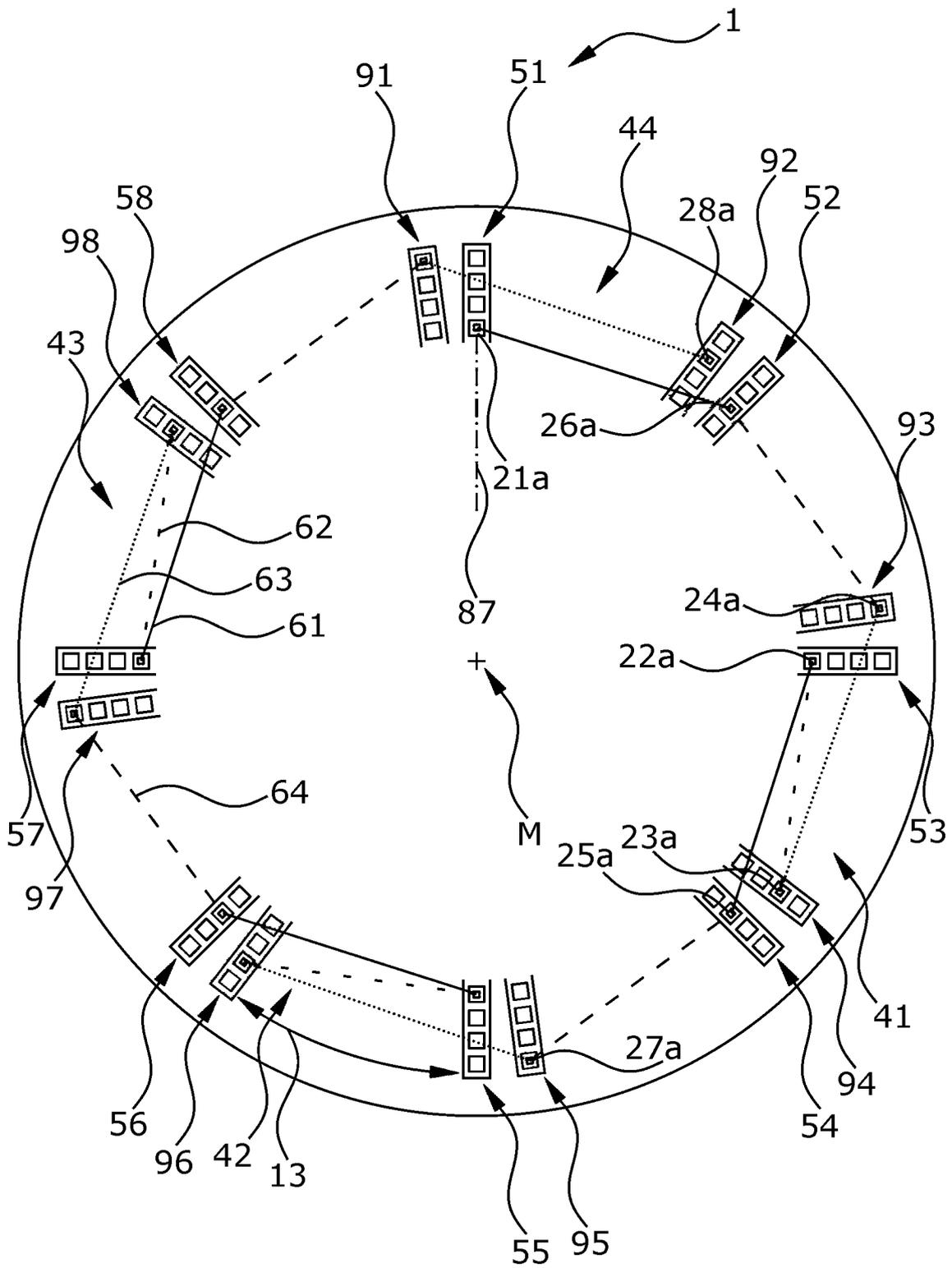


Fig. 6

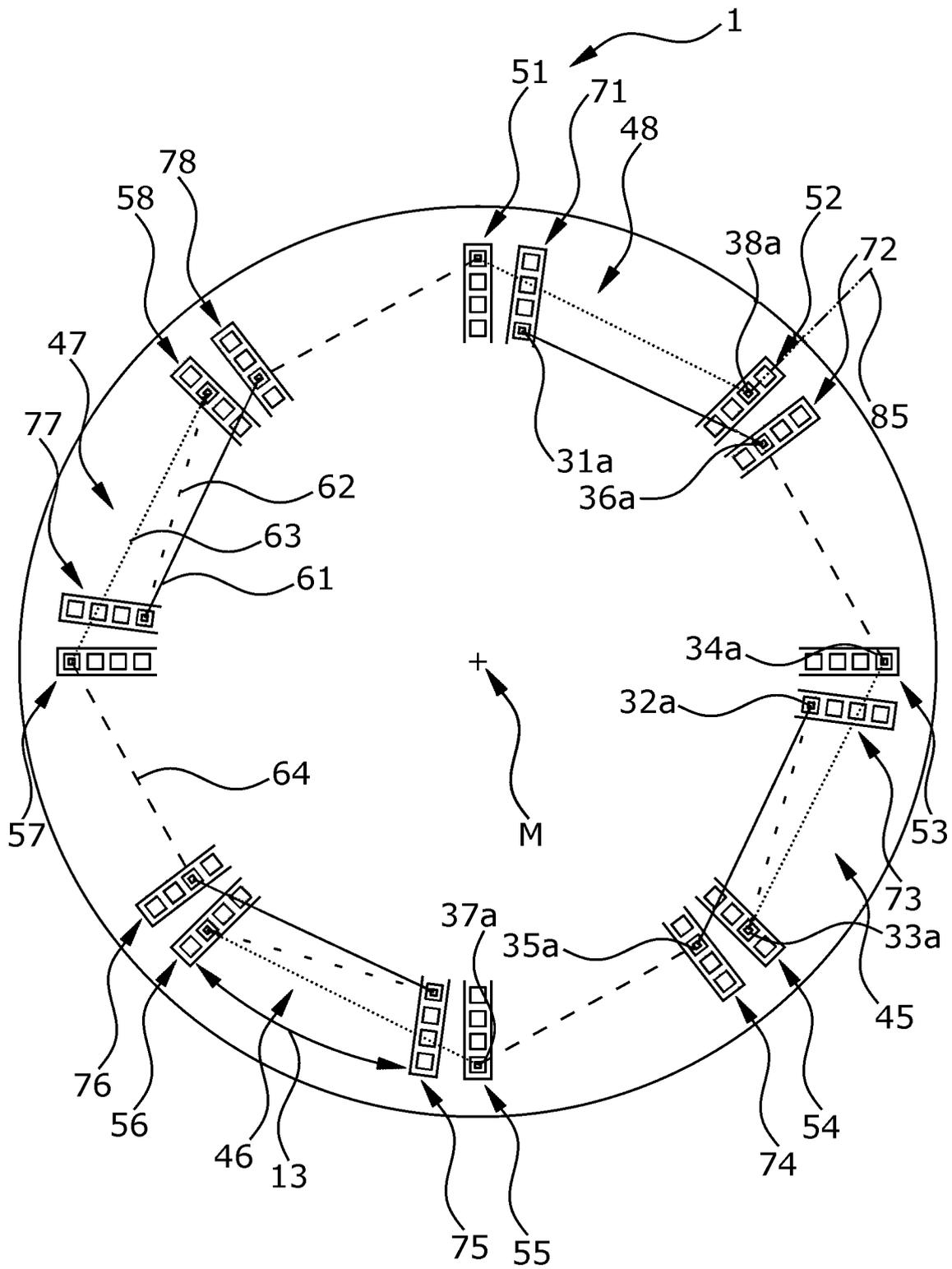


Fig. 7

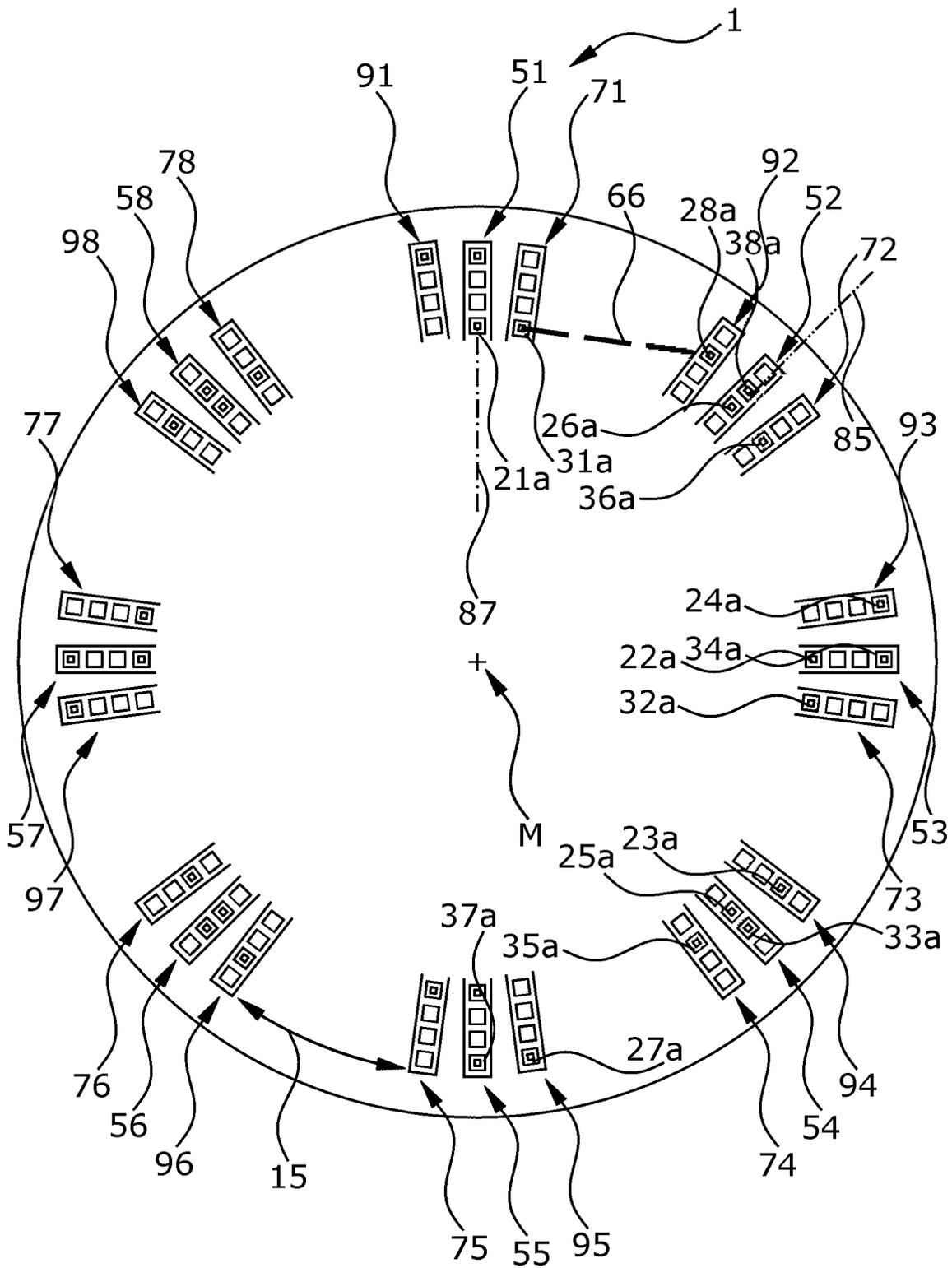


Fig. 8

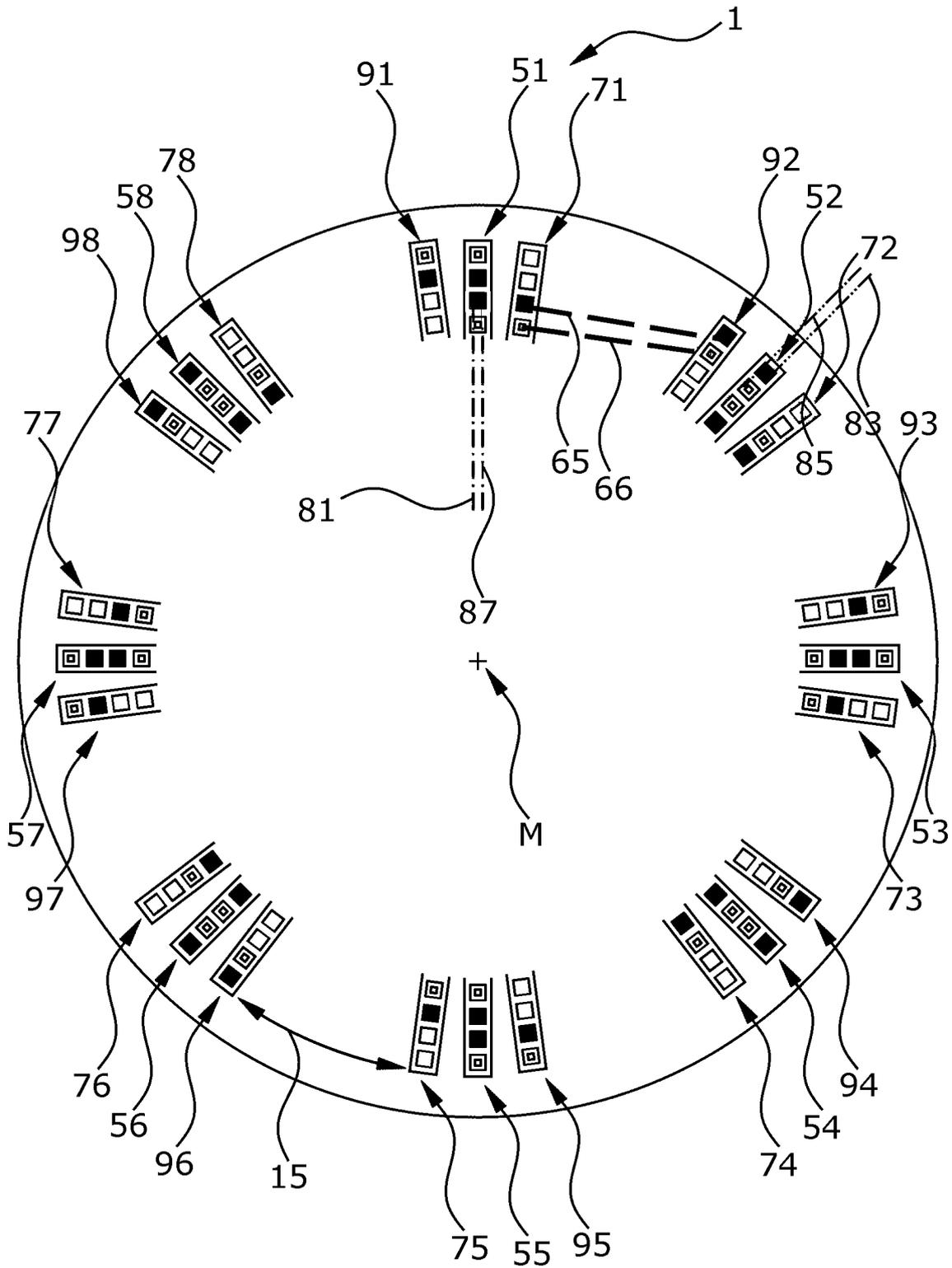


Fig. 9

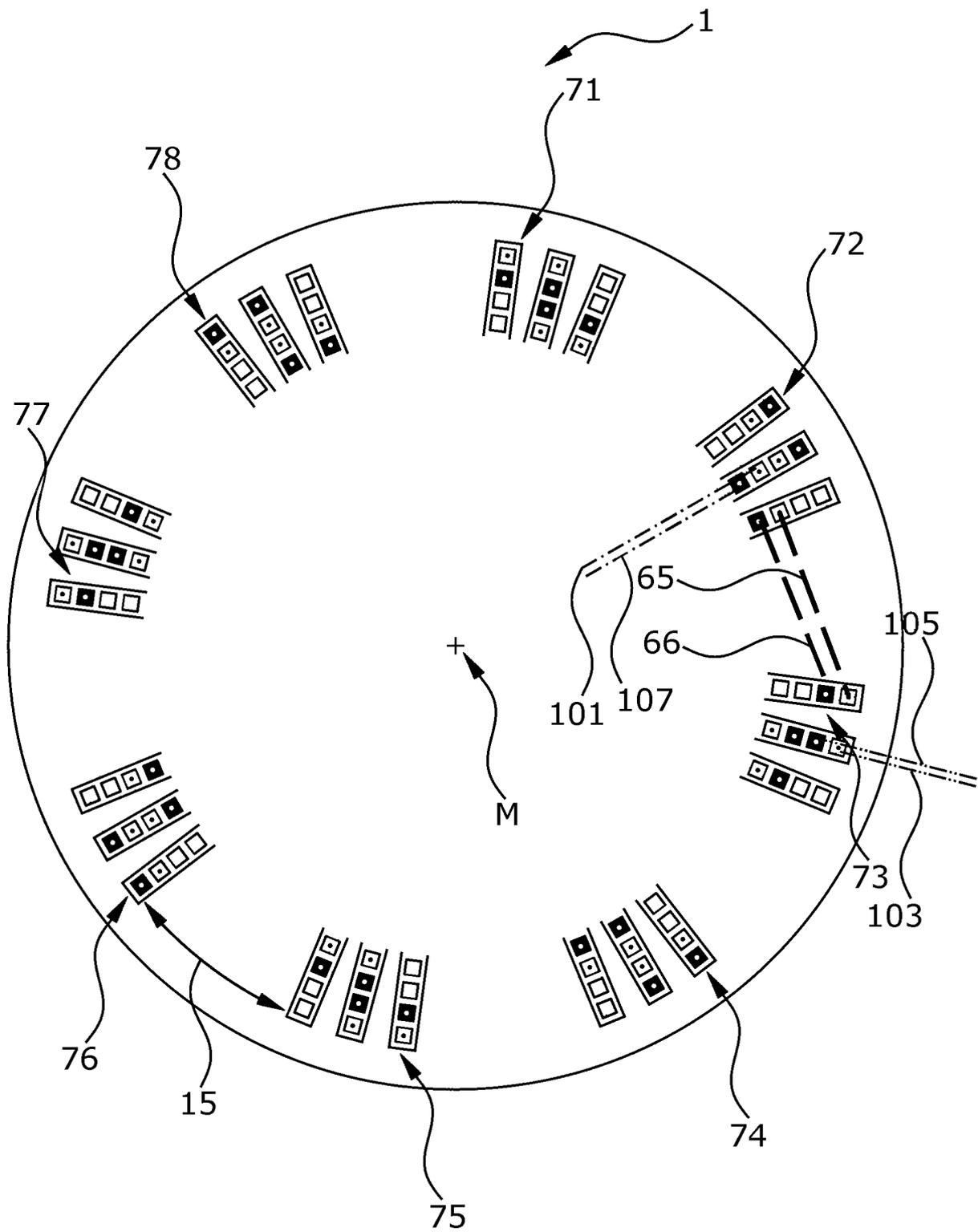


Fig. 10

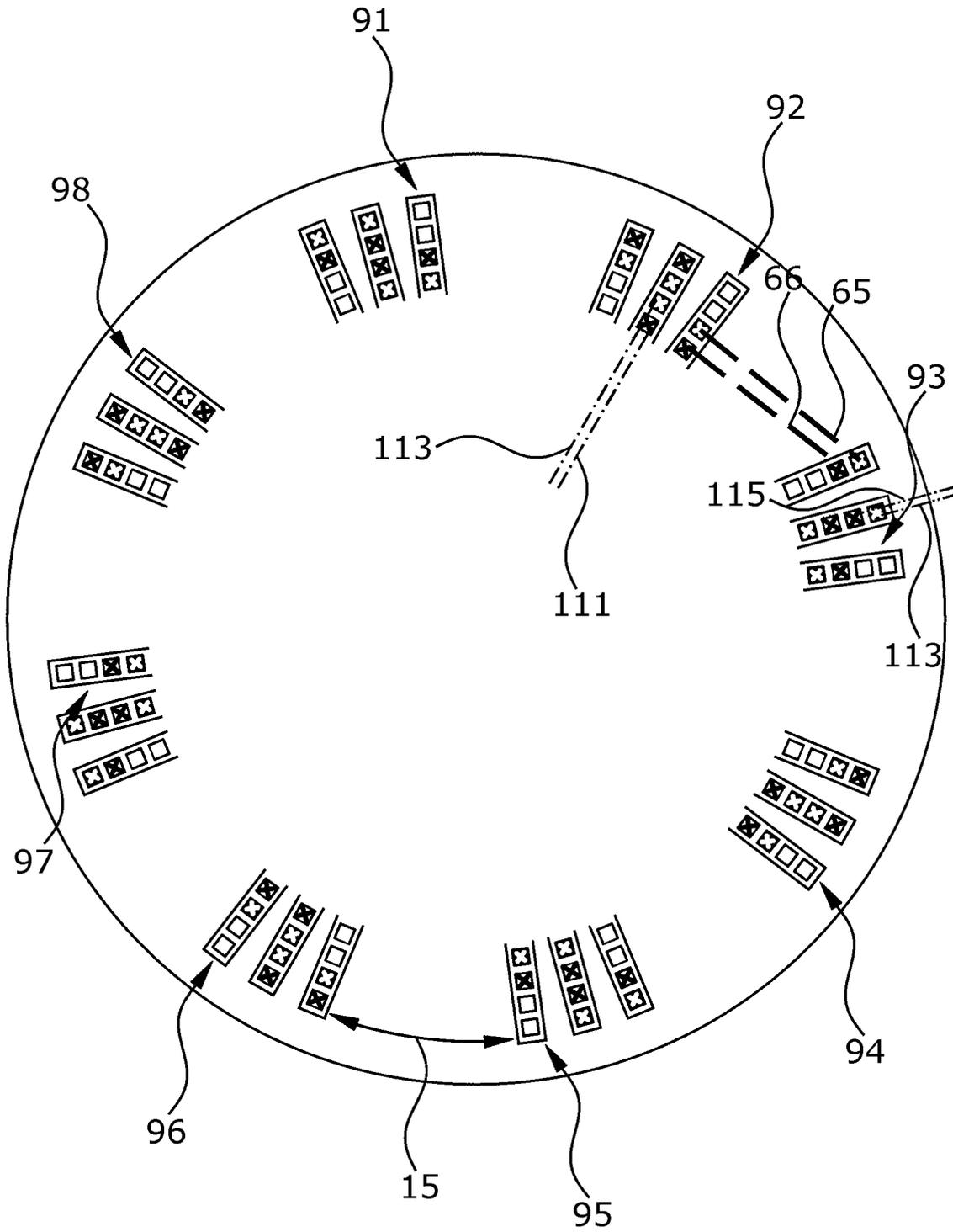


Fig. 11

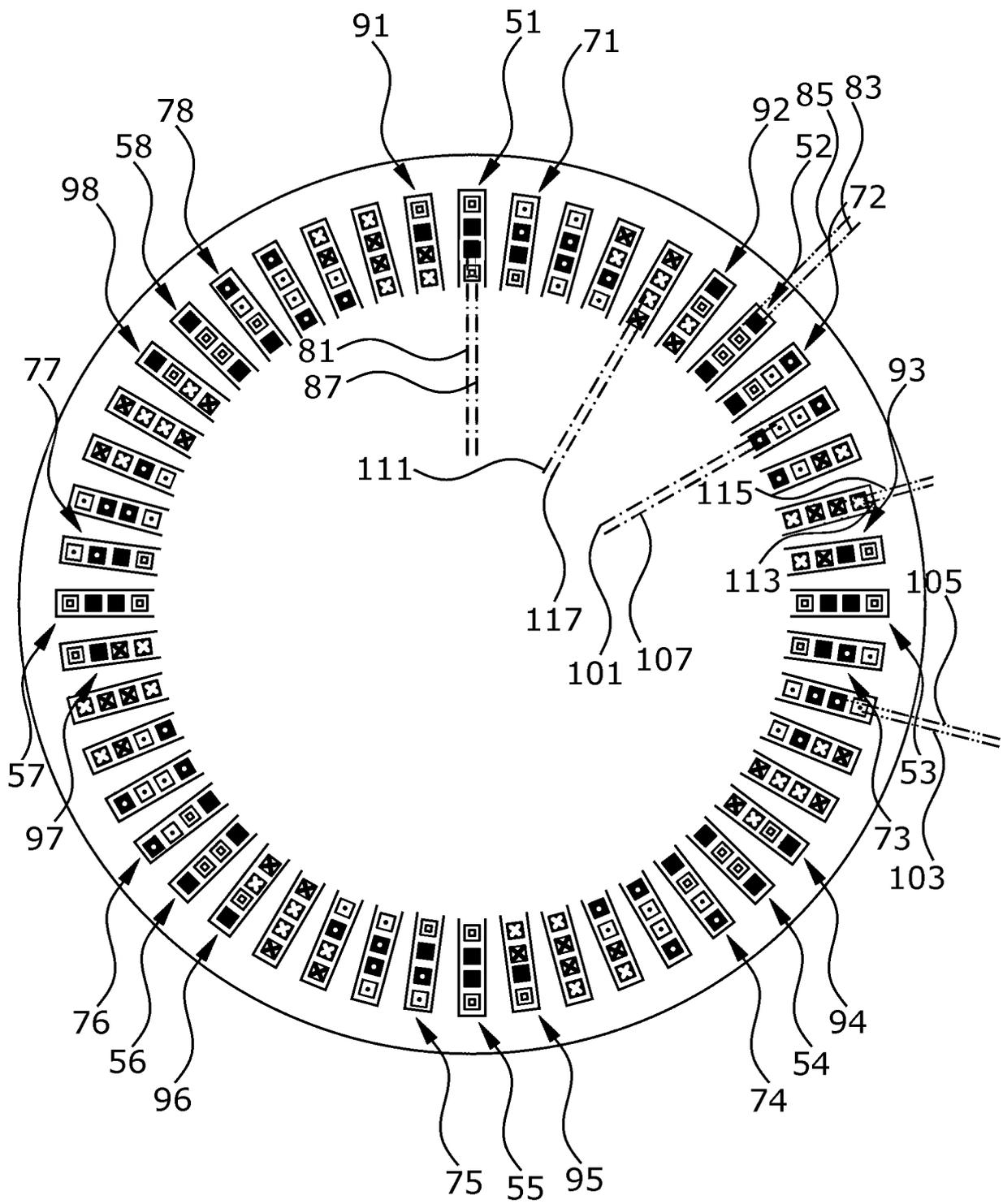


Fig. 12

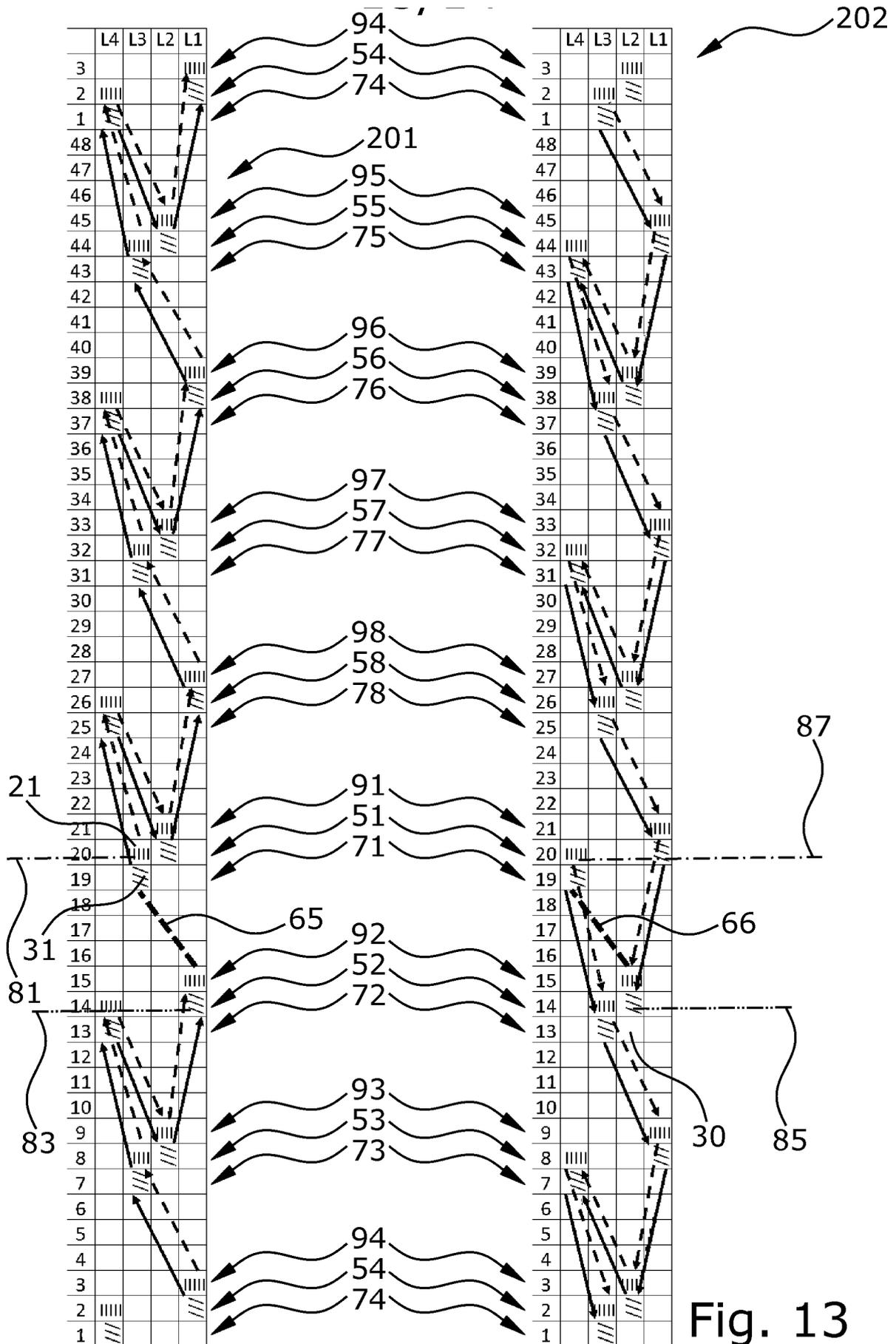


Fig. 13

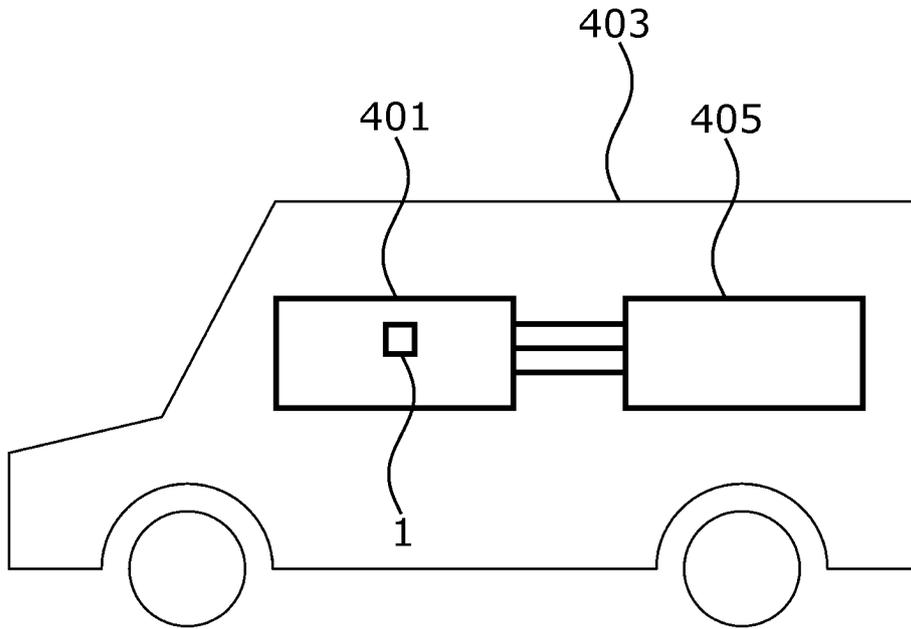


Fig. 14