

Elektrische Spule mit einseitig zum Spulenbündel liegendem Stromeingang und Stromausgang und deren Herstellungsverfahren

Zum Thema: Höchsteffiziente elektrische Maschinen, wie Energiesparmaschinen und höchstdynamische Maschinen

Die Erfindung betrifft elektrische Spulen und Wicklungen mit mehreren in Reihe geschalteten Windungen für elektrische Maschinen, die zur Energieumsetzung zwischen mechanischer und elektrischer Energie verwendet werden. Dies gilt für Spulen oder Wicklungen, die in Nuten eines Eisenblechpaketes eingelegt sind und auch für Luftspulen und kernlose Luftspaltwicklungen.

Hier handelt es sich um offene oder geschlossene zweipolige Spulen, die separat oder innerhalb einer Wicklung mit anderen Spulen verwendet werden, wobei eine geschlossene Spule mit mehreren Windungen im folgenden als Einzelspule bezeichnet wird.

Zweipolige Spulen sind Spulen, die sich gleichzeitig im Wirkungsbereich beider magnetischer Pole befinden, im Gegensatz zu einer Ringspule (Spule z.B. einer Ringwicklung). Oder anders gesagt, handelt es sich um Spulen, deren Spulenseiten in Bewegungsrichtung versetzt zueinander liegen, wobei die Spulenseiten durch Wickelkopfleiter oder vorwiegend unwirksame Leiter, oder im Falle von Schrägleitern, direkt zu einer Spule verbunden sind. Die Spulenseiten dieser Spulen werden im Falle von Luftspulen von einem Feld entgegengesetzter Polarität durchdrungen oder im Falle von in Nuten eingelegten Spulenseiten mit einem Feld entgegengesetzter Polarität gekoppelt und letztendlich auf dem Umweg über das Eisen auch durchdrungen.

Die Erfindung bezieht sich sowohl auf linear als auch auf rotierend arbeitende Maschinen.

Bekannt sind Spulen als geschlossene Einzelspulen, die mit Leiterdraht mit mehreren Windungen gewickelt sind, oder als geschlossene Einzel-Flachspulen, die durch Ätzen (galvanisch), Ausstanzen oder Ausfräsen oder ähnliches hergestellt und spiralförmig aufgebaut sind. Solche Einzelspulen werden häufig zu einer Wicklung zusammengeschaltet und auf diese Weise oft aus mehreren Lagen von Spulen aufgebaut, wobei jede Lage zu der anderen verdreht angeordnet ist und verschiedenen Motorsträngen zugeordnet sind.

Bekannt sind auch geschlossene oder offene Spulen, die zu Wellenwicklungen oder einer Kombination von Wellen- und Schleifenwicklungen zusammengefügt sind und entweder, als mit Draht gewickelte Spulen mehrere Windungen haben, oder als Flachspulen, die auch durch Ätzen (galvanisch), Ausstanzen oder Ausfräsen oder ähnliches hergestellt sind und bei der mehrere Windungen versetzt zueinander, z.B. als Mäanderwicklung, verlaufen.

Allen diesen bekannten Spulen und Wicklungen ist gemeinsam, daß das eine Leiterende der Spule oder der Wicklung, z.B. die Stromzuführung, auf der einen Seite des Leiterbündels oder der Flachspule oder der Wicklung liegt und das andere Leiterende, z.B. die Stromableitung, auf der anderen Seite dieses Leiterbündels liegt. Wenn solche Spulen oder Wellenwicklungen untereinander oder mit dem Kollektor oder einer Elektronik verbunden werden sollen, muß das eine Leiterende quer über das Spulenbündel gelegt werden, um einen kontinuierlichen Stromfluß innerhalb der Wicklung zu gewährleisten.

Dies hat den Nachteil, daß sich der Luftspalt um den Leiterdurchmesser vergrößert oder ein Teil der Spule und damit ggf. der gesamten Wicklung mit diesem Leiterübergang außerhalb des Luftspaltes liegen muß. Beides führt zu hohen Verlusten, die sich einerseits in einer geringeren Luftspaltinduktion und andererseits in erhöhten Kupferverlusten und den daraus entstehenden Nachteilen ausdrücken.

Bei einem aus DE 2931650 A1 bekannten Motor werden die Wicklungen aus zwei Spulenlagen aufgebaut, die in Bewegungsrichtung versetzt zueinander liegen, so daß der Außenumfang der Spulen der einen Spulenlage auf dem Zentrum der Spulen der anderen Spulenlage zu liegen kommt. Somit kann schon recht vorteilhaft das innerhalb jeder Einzelspule liegende Leiterende mit dem außerhalb der benachbarten Spule liegenden Leiteranfang dieser Spule an der den beiden Spulenschichten einander zugewandten Seite verbunden werden. Dies führt hier zwar nicht, aufgrund der versetzten Lage der Spulenschichten, zu einer Vergrößerung des Luftspaltes, trotzdem muß die Leiterführung verlustbehaftet über das komplette Spulenbündel jeder Spule vom Spuleninneren nach außen geschehen.

Ein weiterer Nachteil dabei ist, daß man, um eine Luftspaltvergrößerung zu vermeiden, dazu gezwungen ist, daß die Spulen um eine halbe Spulenweite versetzt zueinander gelegt werden müssen, was sich auch nur bei mehrsträngigen Elektronikmotoren anbietet. Außerdem hat man auf diese Weise im Motorbetrieb nie das volle Drehmoment der gesamten Wicklung zur Verfügung, da die beiden Spulenlagen zu unterschiedlichen Zeitpunkten ihr Maximum

erreichen. Auch im Generatorbetrieb ist die Ausgangsspannung so erheblich reduziert, was z.B. für eine Batterieladung von Nachteil ist.

Aufgabe der Erfindung ist, einen Spulenaufbau, sowohl für die geschlossenen Einzelspulen und ggf. für deren Wicklungen, als auch für Wellenwicklungen mit offenen Spulen zu finden, deren Spulenseiten einerseits in Reihe geschaltet sind, damit hohe Spannungen (Generator) oder Drehmomente (Motor) erreicht werden und andererseits die Verluste gering sind, insbesondere dadurch, daß die Wicklungs- oder Spulendicke in Luftspaltrichtung und die Kupferverluste innerhalb der Spulen und der stromzu- und -abführenden Leiter gering gehalten sind, indem vor allem die Leiterführung nicht über das gesamte Spulenbündel stattfinden muß, um Spulen- oder Wicklungsanfang und Spulen- oder Wicklungsende mit einer Elektronik, einem Kollektor oder einer anderen in Bewegungsrichtung benachbarten Spule oder Wicklung zu verbinden.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt durch einen Spulen- oder Wicklungsaufbau mit den Merkmalen des Patentanspruches 1, indem jeweils zwei Spulen, separat oder innerhalb einer Wicklung, gegensinnig zueinander gewickelt oder verlaufend, in Feldrichtung übereinander gelegt, betrieben werden. Dabei sind die Spulenweiten der beiden Spulen im wesentlichen deckungsgleich übereinandergelegt. Die Leiteranfänge der beiden Spulen oder die Wicklungsteile, zu denen jeweils eine der beiden Spulen gehört, sind auf einer Seite der Spulenbündel direkt miteinander verbunden und in Reihe geschaltet, wobei die Stromzu- und die -ableitung der Spule oder Wicklung auf einer gemeinsamen Seite der Spulenbündel stattfindet, ohne dabei extra ein Spulenbündel zu queren.

Besteht die Wicklung aus mindestens zwei Einzelspulen, die übereinandergelegt, sind befinden sich die verbundenen Leiterenden der gegensinnig gewickelten Spulen innerhalb der Spulen und die Stromzu- und -ableitung außerhalb der Spulen, so daß eine Gesamtpule mit außenseitigem Stromein- und -ausgang entstanden ist. Solche Gesamtpulen können jetzt ohne Kreuzungen von Spulenbündeln miteinander verlustfrei verbunden werden.

Der gleiche Vorteil besteht, wenn die Wicklung aus mindestens zwei Einzelspulen als Flachspulen, z.B. auf den beiden Seiten einer kupferkaschierten Leiterplatte, aufgebracht ist. Die Verbindung innerhalb der Spulen wird hier durch eine Durchkontaktierung hergestellt und der Stromeingang bei der Annahme einer rotierenden Scheibenmaschine liegt im

Umfangsbereich der Gesamtpule der einen Seite der Leiterplatte und die Stromableitung liegt im Umfangsbereich der Gesamtpule auf der anderen Seite der Leiterplatte.

In diesem Zusammenhang sei auf eine gleichzeitig angemeldete Patentanmeldung „Luftpule für rotierende elektrische Maschinen und deren Herstellungsverfahren“ hingewiesen, in der in Fig.3 eine Seite einer solchen kupferkaschierten Leiterplatte gezeigt wird. Die andere dort nicht dargestellte Seite der Leiterplatte trägt Spulen in entgegengesetztem Wickelsinn und der Strom wechselt nach jedem Durchlauf einer Teilspule die Leiterplattenseite, wobei dies auch anders aufgebaut sein könnte, so daß der Strom jeweils zwei benachbarte Teilspulen einer Leiterplattenseite durchläuft, bevor er die Leiterplattenseite wechselt.

Bei einer Weiterbildung besteht die Wicklung aus einer Wellenwicklung, die aus offenen Spulen aufgebaut ist, wobei die Gesamtwicklung aus mindestens zwei Wellenwicklungen besteht, die gegensinnig zueinander verlaufen. Das heißt, daß die Wellenberge der einen Wellenwicklung auf den Wellentälern der anderen Wellenwicklung liegen, so daß deren übereinanderliegende Spulen gegensinnig verlaufen.

In einer Variante wird das eine Ende der Wellenwicklung auf der Außenseite seines Spulenbündels mit der entsprechend gleichen Außenseite des Spulenbündels der anderen Wellenwicklungsschicht verbunden, so daß die beiden Wicklungen in Reihe geschaltet sind. Auf diese Weise liegt das Leiterende der Gesamtwicklung auf der gleichen Außenseite, wie der Leiteranfang der Gesamtwellenwicklung. So ist es möglich, eine Verbindung, beispielsweise mit einer Ansteuerungselektronik eines Mehrphasenmotors, ohne Kreuzungen des Spulenbündels und verlustarm auf einer Seite der Wicklung quer zur Bewegungsrichtung herzustellen.

Eine Variante besteht darin, daß jede der beiden gegensinnig verlaufenden Wellenwicklungen aus nebeneinanderliegenden Leitern als Flachwicklung besteht, die sich nicht kreuzen, sondern dem benachbarten Leiter in seinem Wellenverlauf im gleichmäßigen Abstand folgen. Dies hat den Vorteil einerseits der Freiheit von Leiterkreuzungen innerhalb der Wicklungen, so daß sie sich als Flachwicklungen besonders leicht herstellen lassen, und andererseits, daß das maximale Drehmoment beim Motor oder die maximale Spannung beim Generator sehr hoch ist, weil das ganze Spulenbündel dazu beiträgt.

Bei Ausgestaltungen dessen ist die Wellenwicklung mäander-, sinus- oder zickzackförmig aufgebaut. Eine mäanderförmige Wicklung hat den Vorteil, daß das Drehmoment oder die generierte Spannung über ein Großteil der Spulenweite zur Verfügung steht.

Eine zickzackförmige Wicklung hat den Vorteil, daß die Kupferverluste aufgrund des schrägen Leiterverlaufs gering sind, jedoch das Drehmoment oder die generierte Spannung nicht so lange innerhalb der Spulenweite zur Verfügung steht.

Eine sinusförmige Wicklung vereint beide Vorteile in abgeschwächter Form der zuvor beschriebenen Ausführungen. Die Mäander-, Sinus-, oder Zickzackform können auch als drahtgewickelte Spulen ausgeführt sein.

Bei einer anderen Variante kreuzen sich benachbarte Spulenwindungen innerhalb der beiden Wellenwicklungen, indem die Wellenleiter in Bewegungsrichtung versetzt zueinander liegen. Solche Wicklungen lassen sich besonders gut mit Draht gewickelt als mindestens Zweischichtwicklung herstellen und haben den Vorteil, daß die Spannungsschwankungen beim Generatorbetrieb besonders hoch sind, da sich die Spannungen aller Spulenseiten addieren. Die so möglichen großen Leiterquerschnitte bieten eine flexible Motorauslegung bei hohen Spannungen eines z.B. Wechselstrommotors, von dem die dargestellte Wicklung, wie in Fig.6, dann nur eine Teilwicklung (Strang) ist.

Die Reihenschaltung der gegensinnigen Wicklungen hat generell bei allen Weiterbildungen der Erfindung den Vorteil, daß das Drehmoment beim Motor und die Gesamtspannung beim Generator sehr hoch sind, weil sich alle Momente bzw. Spannungen der einzelnen Spulenseiten addieren.

Die Wellenwicklungen können als aus Draht gewickelten Spulen oder als Flachspulen aufgebaut sein.

In Weiterbildungen sind die Spulen oder Wicklungen Teil einer rotierenden Maschine oder einer linear arbeitenden Maschine.

In beiden Fällen kommen die Vorteile der Erfindung voll zum Ausdruck, da in beiden Fällen bei herkömmlichen Maschinen ein Spulenbündel gequert werden muß, um benachbarte Spulen oder Wicklungen miteinander oder mit einer Ansteuerelektronik oder einem Kollektor zu verbinden.

Diese Vorteile kommen bei trommelförmigen, rotierend arbeitenden Maschinen, insbesondere bei zylindrischen Wicklungen, voll zum Tragen, wenn die gesamte Wicklung im Luftspalt verlaufen soll. Auch bei scheibenförmigen Wicklungen, bei denen die vollständig im Luftspalt verlaufende Wicklung auch eine Ausgestaltungsvariante ist, ist die Erfindung

besonders vorteilhaft, weil sie auch hier Verluste, entweder durch Feldschwächung aufgrund eines großen Luftspaltes oder durch Kupferverluste innerhalb jeder Spule, einspart. Eine andere Weiterbildung besteht darin, daß die Erfindung bei, im Schnitt quer zur Bewegungsrichtung, gebogenen oder gefalteten Spulen, wie sie aus Patentanmeldung PCT/WO 08683 bekannt sind, eingesetzt wird. Hierbei kommt der Vorteil insbesondere zum Tragen, wenn die Luftspulen vollständig im Luftspalt verlaufen und verbessert so die dort beschriebene Erfindung.

Auch bei Spulen oder Wicklungen, die in Nuten eines Rückschlusses eingelegt sind, ist die Erfindung vorteilhaft, weil auf diese Weise der gesamte Spulenstrang mit gleichmäßiger Packungsdichte (Fig.7) der Leiter aufgebaut sein kann, was bei herkömmlicher Wickeltechnik nicht der Fall ist. Auf diese Weise können sogar Wickelköpfe oder schräge Leiter, die sonst außerhalb des Feldes liegen, in Nuten gleicher Breite eingelegt sein, so daß die Leiter und das Feld effizienter genutzt werden.

Diese Vorteile wirken sich auch in einer Weiterbildung als Luftspaltwicklung besonders stark aus, da hier jede kleine Luftspaltvergrößerung leistungsmindernd wirkt.

In einer Weiterbildung sind die erfindungsgemäßen Spulen oder Wicklungen in rotierenden Maschinen angeordnet. Hier wirken sich die Vorteile der Erfindung so aus, daß höhere Drehmomente erreicht werden oder größere Spannungen generiert werden. Auch die Spulenmasse sinkt, was weitere mechanische und elektrische Vorteile nach sich zieht. Entsprechende Vorteile hat man auch bei linear arbeitenden Maschinen durch den Einsatz der Erfindung.

Die Erfindung ist sowohl im Motor als auch im Generator einzusetzen. Hier werden die entsprechenden Kennwerte die Kraft beim Motor, die Ausgangsspannung beim Generator verbessert oder weniger Erregerleistung muß bereit gestellt werden.

Die erfindungsgemäßen Spulen und Wicklungen werden in Weiterbildungen im Ständer oder im Läufer von Motoren oder Generatoren eingesetzt. In einem Fall wird die Erregerleistung gespart oder diese erhöht sich und im anderen Fall erhöht sich die Ausgangsleistung.

Dieser Einsatz findet in Weiterbildungen in Synchronmaschinen und in mindestens teilweise asynchron arbeitenden Maschinen statt. In beiden Fällen werden die Vorteile der Erfindung für diese beiden großen Gruppen der elektrischen Maschinen mit ihren jeweiligen speziellen Vorteilen nutzbar gemacht.

Bei einer Weiterbildung werden nicht nur Spulen aus zwei gegensinnig verlaufenden Spulenlagen aufgebaut, sondern aus $2n$ ($n=1,2,3,\dots$) Lagen (Fig.7-11), wobei benachbarte Lagen abwechselnd auf der einen Seite des Spulenbündels (z.B. innen) und dann auf der anderen Seite des Spulenbündels (z.B. außen) verbunden werden. Dies hat den Vorteil daß das gesamte Spulenbündel der Gesamtpule gleichmäßig kompakt aufgebaut ist. Die sonst bei herkömmlichen Spulen auftretenden Aufweitungen des Spulenbündels jeweils an Stellen, wo eine neue Leiterlage innerhalb der Spule beginnt, entfällt. Dies ist ein zusätzlicher Vorteil neben den anfangs erwähnten Vorteilen.

Die Herstellung der erfindungsgemäßen Einzelspulen kann auf verschiedene Weise geschehen.

Im ersten Herstellungsverfahren werden beide Spulenteile mit entgegengesetztem Wickelsinn separat gewickelt und dann entsprechend zusammengesetzt und verklebt oder verbacken. Die innerhalb der Spule liegenden Leiterenden werden miteinander verlötet oder anders elektrisch verbunden.

In einem zweiten Herstellungsverfahren werden beide Spulenteile auf einem Wickeldorn nacheinander aus einem ununterbrochenen Draht gewickelt. Dazu wird die Leiterlänge für eine Teilspule auf eine zweite Drahtgeberspule gewickelt, bleibt aber mit der ersten Drahtgeberspule verbunden. Auf den beiden Drahtgeberspulen befinden sich somit mindestens der Leiterdraht der zu der erfindungsgemäßen Spule verarbeitet werden soll. Die Wickelapparatur besteht aus einem Motor, der den Wickeldorn mit einer Drehzahl antreibt. In einer Variante des Verfahrens wird der Draht für die zu wickelnde Spule auf zwei Drahtgeberspulen zu gleichen Teilen verteilt, so wie beim ersten Herstellungsverfahren. Im Unterschied dazu dreht sich die erste Drahtgeberspule beim Wickelvorgang der einen Teilspule mit dem Wickeldorn mit. Nach der Fertigstellung der ersten Teilspule wird diese vorfixiert und die erste Drahtgeberspule wird vom Wickeldorn gelöst und anschließend mit deren Draht die andere Teilspule mit entgegengesetztem Wickelsinn auf dem gleichen Wickeldorn stramm an die andere Teilspule herangewickelt. Nach Fertigstellung der Gesamtpule wird diese verfestigt durch beispielsweise Verkleben oder Verbacken. Die Gesamtpule wird beim Wickelvorgang durch einen Rahmen seitlich begrenzt, der zum Abnehmen der Spule mindestens einseitig von der Welle gelöst werden kann.

In einer anderen Variante dieses zweiten Herstellungsverfahrens wird die zweite Teilspule gleichzeitig mit der ersten Teilspule gewickelt. Dazu ist auf dem Wickeldorn ein Außenläufermotor angebracht, der die erste Drahtgeberspule trägt und mit doppelter Dornzahl dreht, so daß beide Teilspulen mit gleicher Geschwindigkeit gewickelt werden. Zur Drahtführung wird jeweils in allen Varianten des ersten und zweiten Herstellungsverfahrens z.B. ein gesteuerter Linearmotor eingesetzt. Die Teilspulen werden so gewickelt, daß sie sich lagenweise exakt aneinanderfügen oder ineinandergreifen.

In einem dritten Herstellungsverfahren werden beide Teilspulen gleichzeitig auf einem stehenden Dorn gegensinnig gewickelt, wobei beide Drahtgeberspulen durch jeweils einen Außenläufermotor getragen werden, die sich mit ca. der gleichen Drehzahl entgegengesetzt auf der Dornachse drehen. Die Drahtführung wird beispielsweise durch lineare gesteuerte Servomotoren bewerkstelligt. Die Spulen werden ineinandergreifend gewickelt, so daß im Leiterquerschnitt kein Unterschied zu einer herkömmlichen Spule zu sehen ist.

Der Vorteil ist bei den letzten beiden Herstellungsverfahren und deren Varianten, daß der Draht beim Übergang von einer Teilspule zur anderen nicht unterbrochen wird und somit der sonst nötige Arbeitsgang des elektrischen Verbindens, sowie auch die Fehleranfälligkeit dieser Verbindung entfällt.

Figurenbeschreibung

Ausgestaltungen der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen beschrieben. Sie zeigen in:

Fig.1 eine Draufsicht einer 1. Weiterbildung auf eine Prinzipdarstellung einer Teilspule der Gesamtpule in Fig.3,

Fig.2 eine Draufsicht der 1. Weiterbildung auf eine Prinzipdarstellung der anderen Teilspule der Gesamtpule in Fig.3,

Fig.3 eine Draufsicht der 1. Weiterbildung auf eine Prinzipdarstellung der Gesamtpule, die sich aus Teilspulen der Fig.1 und 2 zusammensetzt,

Fig.4 eine Draufsicht einer 2. Weiterbildung auf eine Abwicklung eines Stranges einer zweipoligen Teilwicklung einer Mäanderwicklung,

Fig.5 eine Draufsicht einer 2. Weiterbildung auf eine Abwicklung eines Stranges der anderen zweipoligen Teilwicklung einer Mäanderwicklung zu Fig.4,

Fig.6 eine Draufsicht einer 3. Weiterbildung auf eine Abwicklung einer zweipoligen erfindungsgemäßen Gesamtwicklung einer zickzackförmigen Wicklung,

Fig.7 einen axialen Querschnitt einer 4. Weiterbildung entlang der Linie VI-VI in den Figuren 8-11 durch eine vierlagige Gesamtpule,

Fig.8 eine Draufsicht der 4. Weiterbildung auf die oberste Lage der Gesamtpule von Fig.7 in Richtung des Pfeiles II,

Fig.9 einen Schnitt entlang der Linie III-III in Fig.7,

Fig.10 einen Schnitt entlang der Linie IV-IV in Fig.7,

Fig.11 einen Schnitt entlang der Linie V-V in Fig.7,

Fig.12 das Prinzip einer Wickelmaschine zur Herstellung einer aus Draht gewickelten erfindungsgemäßen Einzelspule,

Fig.13 zwei herkömmliche in Reihe geschaltete Einzelspulen und

Fig.14 ein Prinzipbild einer Wickelmaschine für Einzelspulen.

Gleiche Bauteile haben in allen Figuren gleiche Bezugszahlen.

Fig.1 zeigt eine rechtsgewickelte Teilspule der Gesamtpule von Fig.3 mit Stromeingang A und Verbindungspunkt Z mit der zweiten Teilspule von Fig.2, sowie die Stromrichtung des Stromes *I*.

Fig.2 zeigt eine linksgewickelte Teilspule der Gesamtpule von Fig.3 mit Stromausgang A' und Verbindungspunkt Z mit der zweiten Teilspule von Fig.1, sowie die Stromrichtung des Stromes *I*.

Fig.3 zeigt eine Einzelspule bestehend aus beiden Teilspulen der Figuren 1 und 2, wobei die Teilspulen im Verbindungspunkt Z im Inneren der Gesamtpule kontaktiert sind. Die Teilspulen sind entsprechend ihrer Spulenweite 14 zusammengefügt, und die so entstandene Gesamtpule hat einen äußeren Stromeingang A und einen äußeren Stromabgang A'.

Fig.4 zeigt eine Abwicklung einer zweipoligen Teilwicklung 29' einer Wellenwicklung mit määnderförmigem Verlauf, die mit der Wicklung von Fig.5 eine Gesamtwicklung ergibt.

Fig.5 zeigt eine Abwicklung der anderen zweipoligen Teilwicklung (29'') einer meanderförmigen Wicklung, die mit der Wicklung von Fig.4 die Gesamtwicklung 29 ergibt. Die Wicklungsteile 29', 29'', sowie deren offene Spulen 3', 3'' in Fig.4 und 5, verlaufen gegenläufig und sind im Punkt Z miteinander verbunden und somit in Reihe geschaltet, so daß der Stromeingang Punkt A und der Stromabgang in Punkt A' auf der gleichen Wicklungsseite liegt. Diese Gesamtwicklung 29 kann auch als nur ein Wicklungsstrang einer mehrsträngigen Wicklung angesehen werden, der durch z.B. zwei weitere hier nicht dargestellte Wicklungsstränge gleichen Aufbaus ergänzt wird, so daß die Maschinenfläche voll genutzt wird.

Fig.6 zeigt eine zweipolige Gesamtwicklung, bestehend aus gegensinnig angeordneten Teilwicklungen, ähnlich wie in Fig.4,5, nur daß hier schräg zur Bewegungsrichtung verlaufende Leiter verwendet werden. Auch hier kann diese Wicklung als nur ein Strang einer Gesamtwicklung angesehen werden, die dann entsprechend ergänzt wird.

Fig.7 zeigt einen Querschnitt durch eine Einzelspule, die aus vier Teilspulen zusammengesetzt ist, wobei die Teilspulen aufeinanderfolgend gegensinnig 3', 3'' gewickelt sind. Die vier Teilspulen sind in den Schnitten in Fig.8 bis 11 zu sehen. Die Verbindungspunkte zwischen zwei Lagen sind mit Z1, Z2, Z3 und die Stromzuleitung mit A und die Stromableitung mit A' gekennzeichnet.

Fig.8 bis 11 zeigt die vier Teilspulen der Gesamtpule 3 von Fig.7 gemäß den dort eingezeichneten Schnitten. Die Verbindungspunkte zwischen zwei Lagen, bei denen der Leiter die Spulenebene wechselt, sind mit $Z1$, $Z2$, $Z3$ und die Stromzuleitung A und die Stromableitung mit A' gekennzeichnet.

Fig.12 zeigt das Prinzip einer Vorrichtung zur Herstellung der erfindungsgemäßen Einzelspulen. Zu sehen ist ein Wickeldorn 16, der den Rahmen 19 für die beiden Teilspulen trägt. Der Motor M_2 dreht den Dorn mit der Drehzahl n_2 . Der Motor M_1 ist ein Außenläufermotor und dreht mit doppelter Drehzahl n_1 . Die Drahtgeberspule 50 wird von diesem Motor mitgedreht. Die Spulenführung wird durch die Linearmotoren M_{L1} , M_{L2} bestimmt.

In einer Variante ist der Motor M_2 ersetzt durch einen weiteren Außenläufermotor mit entgegengesetzter Drehrichtung zu M_1 , aber gleicher Drehzahl.

Fig.13 zeigt die Verbindung nebeneinanderliegender herkömmlicher Einzelspulen und deren Leiterverbindung über jeweils ein Spulenbündel hinweg. Die Spulen sind hier noch idealisiert gezeichnet, da die Spulenbündel in der Praxis, speziell am Anfang jeder neuen Wicklungslage nach herkömmlicher Technik, nicht so gleichmäßig gewickelt werden können.

Fig.14 zeigt eine Abwicklung einer mit Draht gewickelten Zylinderwicklung die aus zwei gegensinnig verlaufenden Wicklungsteilen $29'$, $29''$ besteht, die im Punkt Z in Reihe geschaltet sind. Der Leiter 53 hat hier keine elektrische Funktion und ist vorzugsweise aus mechanischen Gründen mit einzubeziehen.

Zusammenfassung

Es handelt sich, für den Einsatz in elektrischen Maschinen, um eine Gesamtpule oder Gesamtwicklung, die aus mindestens zwei Spulen oder Wicklungen aufgebaut ist, die in Luftspaltrichtung übereinanderliegen, zueinander gegensinnig verlaufen oder gegensinnig gewickelt und dabei in Reihe geschaltet sind.

Die so verlaufenden Spulen haben eine umfangsseitige Stromzu- und -ableitung, so daß lästige Leiterführungen aus dem Innenbereich der Spulen quer über das Leiterbündel nach außen entfallen. Ähnliche Vorteile bestehen bei Wellenwicklungen, bei denen Stromzu- und -ableitung auf einer Seite der Wicklung liegen und auch hier Querverbindungen über das Leiterbündel entfallen. Bei Luftspulenmaschinen kann so der Luftspalt kurz gehalten werden und Kupferverluste werden eingespart, was auch für in Nuten eingelegte Spulen und Wicklungen gilt, die auf diese Weise dicht gepackt über die volle Wicklungslänge gleichmäßig aufgebaut sind und ggf. stramm in der Nut liegen können.

Figur zur Zusammenfassung: Fig. 3

Patentansprüche

1. Elektrische Spule (3) mit mehreren Windungen, als Einzelspule oder Teil einer Wicklung (29), innerhalb einer elektrischen Maschine, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Spulen (3',3'') als Teil einer Einzelspule oder als Teil von Wicklungen (29',29'') gegensinnig (gegenläufig) in Luftspaltrichtung übereinander gelegt und betrieben werden, wobei die Leiterenden (Z), die auf einer Seite der Spulenbündel der Spulen (3',3'') oder Wicklungen (29',29'') liegen, miteinander elektrisch verbunden sind und deren andere Leiterenden (A,A') dieser, auf einer gemeinsamen Seite des Gesamtspulenbündels liegen und der Gesamtspulenanfang (A) und das Gesamtspulenende (A') sind.
2. Elektrische Spule (3) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Spulen (3',3'') Einzelspulen sind, die mit Draht gewickelt sind, die ihrer Spulenweite (14) entsprechend übereinanderliegen, wobei die Leiterenden (Z), die innerhalb der so entstandenen Gesamtspule liegen, miteinander elektrisch verbunden und die Spulen (3',3'') somit elektrisch in Reihe geschaltet sind und diese gleichzeitig vom gleichen Feld innerhalb der elektrischen Maschine durchdrungen werden.
3. Elektrische Spule (3) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Spulen (3',3'') spiralförmige Einzel-Flachspulen sind, die galvanisch, durch Ausstanzen oder Fräsen oder ähnliches hergestellt sind, die ihrer Spulenweite (14) entsprechend übereinanderliegen und die beiden Spiralenenden (Z) innerhalb der Spulen (3',3'') miteinander verbunden und die Spulen somit elektrisch in Reihe geschaltet sind und diese gleichzeitig vom gleichen Feld innerhalb der elektrischen Maschine durchdrungen werden.
4. Elektrische Spule (3) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Spulen (3',3'') Teil jeweils einer Wellenwicklung (29',29'') sind, wobei die beiden Wellenwicklungen gegensinnig (gegenläufig) verlaufen und in Luftspaltrichtung in mindestens zwei Schichten, der Spulenweite (14) ihrer Spulen (3',3'') entsprechend, übereinanderliegen und betrieben werden, oder anders gesagt die Wellenberge einer Wicklungsschicht in Luftspaltrichtung gesehen auf den Wellentälern der zweiten Wicklungsschicht liegen.

5. Elektrische Spule (3) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß zwei übereinanderliegende, jeweils quer zum Wellenstrang liegende Wicklungsenden (Z) der beiden gegenläufigen Wicklungen (29',29'') miteinander elektrisch verbunden und die beiden Wicklungen somit in Reihe geschaltet sind und auf einer, quer zur Bewegungsrichtung liegenden, äußeren Wicklungsseite Stromeingang und Stromausgang der Gesamtwicklung (29) liegen.
6. Elektrische Spule (3) nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die wellenförmigen Einzelleiter in jeder der Wellenwicklungen (29',29'') quer zur Bewegungsrichtung versetzt nebeneinander und im wesentlichen im gleichmäßigem Abstand zueinander liegen und mäander-, sinus- oder zickzackförmig verlaufen.
7. Elektrische Spule (3) nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die wellenförmigen Einzelleiter, die Spulen mit einer Windung sind, in jeder der Wellenwicklungen (29',29'') in Bewegungsrichtung versetzt zueinander liegen, so daß jede der Einzelleiterspulen alle benachbarten Einzelleiterspulen des gleichen Wellenberges oder Wellentales des gemeinsamen Leiterbündels kreuzt.
8. Elektrische Spule (3) nach Anspruche 7, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Wellenwicklungen (29',29'') sinus- oder zickzackförmig verlaufen.
9. Elektrische Spule (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Spulen (3',3'') innerhalb einer rotierend arbeitenden Maschine um eine Achse oder Welle angeordnet sind.
10. Elektrische Spule (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Spulen (3',3'') zu einer Linearmaschine gehören.
11. Elektrische Spule (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Spulen (3',3'') Teil einer trommelförmigen Wicklung (29) einer rotierend arbeitenden Maschine sind.

12. Elektrische Spule (3) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Spulen (3',3'') Teil einer zylindrischen Wicklung (29) einer rotierend arbeitenden Maschine sind.
13. Elektrische Spule (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 oder nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Spulen (3',3'') Teil einer scheibenförmigen Wicklung (29) einer rotierend arbeitenden Maschine sind.
14. Elektrische Spule (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine Spule (3) oder Wicklung (29), die aus mindestens einer Spule (3) aufgebaut ist, im Schnitt quer zur Bewegungsrichtung gebogen und/oder gefaltet ist und vorzugsweise die gesamten Spulenseiten vom Feld durchdrungen werden.
15. Elektrische Spule (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Spulenseiten der mindestens zwei Spulen (3',3'') in Nuten einer Luftspaltgrenzfläche eingelegt sind.
16. Elektrische Spule (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Spulen (3',3'') Luftspulen oder Teil einer Luftspaltwicklung sind.
17. Elektrische Spule (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Spulen (3',3'') zum Ständer der Maschine gehören.
18. Elektrische Spule (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Spulen (3',3'') zum Läufer der Maschine gehören.
19. Elektrische Spule (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Spulen (3',3'') zu einem Motor gehören.
20. Elektrische Spule (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Spulen (3',3'') zu einem Generator gehören.

21. Elektrische Spule (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Spulen (3',3'') zu einer mindestens teilweise asynchron arbeitenden Maschine gehören.
22. Elektrische Spule (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Spulen (3',3'') zu einer Synchronmaschine gehören.
23. Elektrische Spule (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Spule (3) oder Wicklung (29) lagenweise abwechselnd links und rechts gewickelt ist und zwei Lagen miteinander, abwechselnd auf einer Seite des Leiterbündels (z.B. der Innenseite) und bei der nächsten Lage auf der anderen Seite des Leiterbündels (z.B. der Außenseite), verbunden sind.
24. Herstellungsverfahren zum Wickeln von Spulen (3) in Form von Einzelspulen mit umfangsseitigem Stromeingang A und Stromausgang A' nach einem der Ansprüche 1,2,9 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Spulen (3',3'') separat gewickelt und anschließend gegensinnig zusammengefügt, vorzugsweise verklebt oder verbacken werden und deren innerhalb der Spulen (3',3'') liegende Drahtenden (Z), miteinander verbunden werden.
25. Herstellungsverfahren zum Wickeln von Spulen (3) in Form von Einzelspulen mit umfangsseitigem Stromeingang A und Stromausgang A' nach einem der Ansprüche 1,2,9 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Spulen (3',3'') auf einem Wickeldorn 16 gewickelt werden, wobei die Gesamtpule (3) gewickelt wird, indem zuerst die eine Teilspule (3') gewickelt wird und deren innenliegendes Leiterende mit dem Leiteranfang der zu wickelnden Spule (3'') elektrisch verbunden wird, bevor diese dann auf den gleichen Wickeldorn stramm an die erste Teilspule (3') herangewickelt wird, so daß eine kompakte Gesamtpule (3) entsteht.
26. Herstellungsverfahren zum Wickeln von Spulen (3) in Form von Einzelspulen mit umfangsseitigem Stromeingang A und Stromausgang A' nach einem der Ansprüche 1,2,9 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens zwei Spulen (3',3'') auf einem Wickeldorn 16 gewickelt werden, wobei die Gesamtpule (3) gewickelt wird, indem die Gesamtpule aus einem durchgehenden Draht gewickelt wird und zuerst die eine Teilspule (3') gewickelt wird

und dann auf den gleichen Wickeldorn die zweite Teilspule stramm an die erste Teilspule (3') herangewickelt wird, so daß eine kompakte Gesamtpule (3) entsteht.

27. Herstellungsverfahren zum Wickeln von Spulen (3) in Form von Einzelspulen mit umfangsseitigem Stromeingang A und Stromausgang A' nach einem der Ansprüche 1,2,9 bis 23 oder nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Spulen aus einem durchgängigen Leiter gewickelt werden, wobei mindestens dieser auf zwei Drahtgeberspulen (50,51) verteilt liegt oder eine elektrische Verbindung der beiden Leiterenden der beiden Drahtgeberspulen hergestellt wird und der Leiter vor Beginn des Wickelvorganges um den Dorn (16) gelegt wird und beim Wickelvorgang die erste Teilspule (3') durch Rotation des Dornes auf diesen gewickelt wird unter Zuhilfenahme einer Leiterführung, die den Wickelvorgang fest vorbestimmt ausführt, und die andere Teilspule (3'') danach auf den gleichen Dorn (16) gegensinnig gewickelt wird, wobei das innerhalb der Spule (3') liegende Leiterende zusammen mit der Drahtgeberspule (50) für die zweite Teilspule (3'') beim Wickeln der ersten Teilspule (3') fest mit dem Dorn (16) verbunden ist und mit diesem rotiert und diese Drahtgeberspule (50) erst danach mit einer Drahtführungsvorrichtung verbunden wird, die das Wickeln der zweiten Teilspule (3'') vorbestimmt ausführt, wenn der Wickeldorn nun andersherum drehend den Draht zur Teilspule (3'') aufwickelt und die Gesamtpule (3) außenseitig beim Wickelvorgang durch eine Spulenbegrenzung (19) begrenzt wird und die Gesamtpule vorzugsweise in dieser Begrenzung zumindest vorfixiert oder sogar verklebt, vergossen oder verbacken wird.

28. Herstellungsverfahren zum Wickeln von Spulen (3) in Form von Einzelspulen mit umfangsseitigem Stromeingang A und Stromausgang A' nach einem der Ansprüche 1,2,9 bis 23 oder nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Spulen aus einem durchgängigen Leiter gewickelt werden, wobei mindestens dieser auf zwei Drahtgeberspulen (50,51) verteilt liegt oder eine elektrische Verbindung der beiden Leiterenden der beiden Drahtgeberspulen hergestellt wird und der Leiter vor Beginn des Wickelvorganges um den Dorn (16) gelegt wird und beim Wickelvorgang die erste Teilspule (3') durch Rotation des Dornes auf diesen gewickelt wird unter Zuhilfenahme einer Leiterführung, die den Wickelvorgang fest vorbestimmt ausführt, und die andere Teilspule (3'') gleichzeitig mit der ersten Teilspule (3') gewickelt wird, wobei die Drahtgeberspule (50) für die zweite Teilspule (3'') mit doppelter Drehzahl rotiert und mit einer Drahtführungsvorrichtung M_{L1} verbunden ist, so daß beide Teilspulen (3',3'') mit gleicher Geschwindigkeit gewickelt werden, und die

Gesamtpule (3) außenseitig beim Wickelvorgang durch eine Spulenbegrenzung (19) begrenzt wird und die Gesamtpule vorzugsweise in dieser Begrenzung zumindest vorfixiert oder sogar verklebt, vergossen oder verbacken wird.

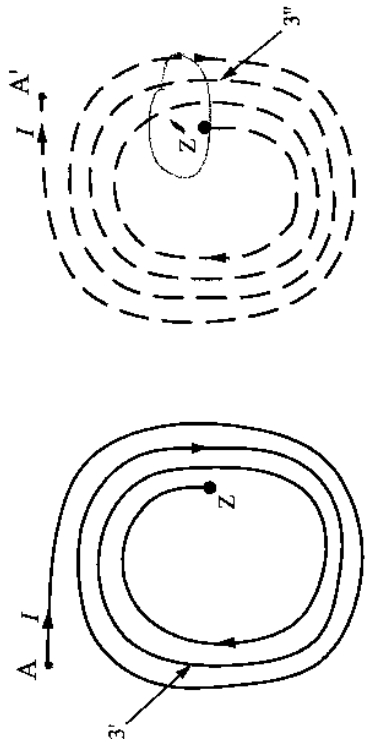
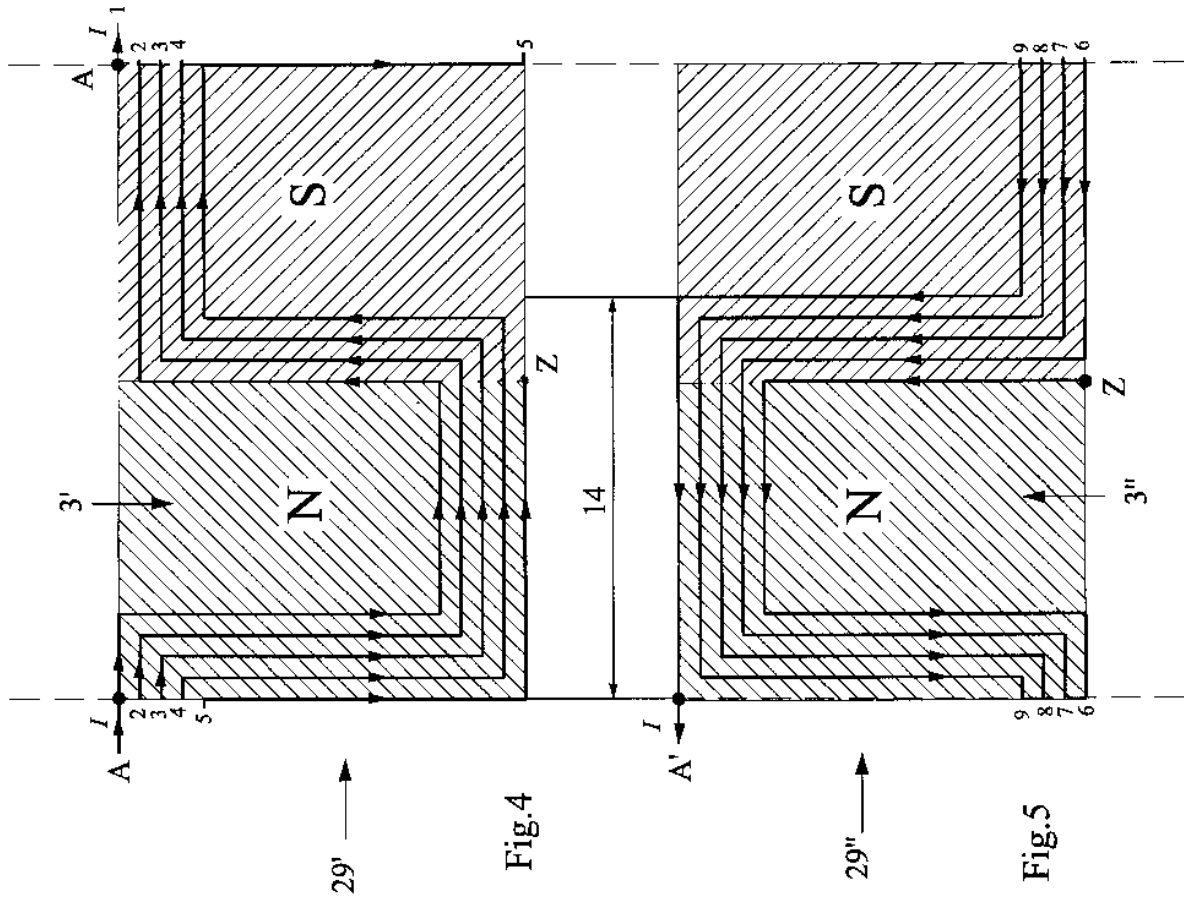


Fig. 4

Fig. 2

Fig. 1

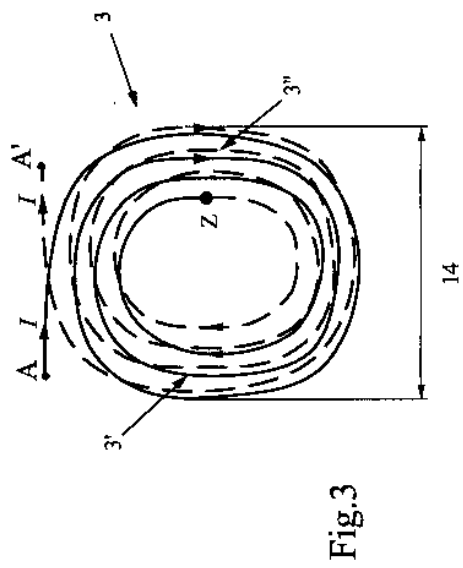


Fig. 3

Fig. 5

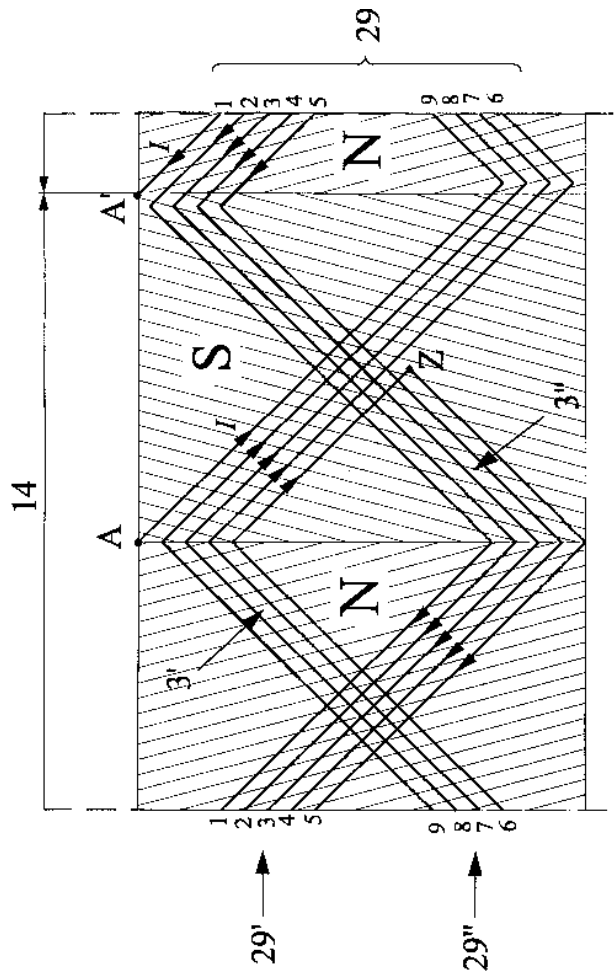


Fig. 6

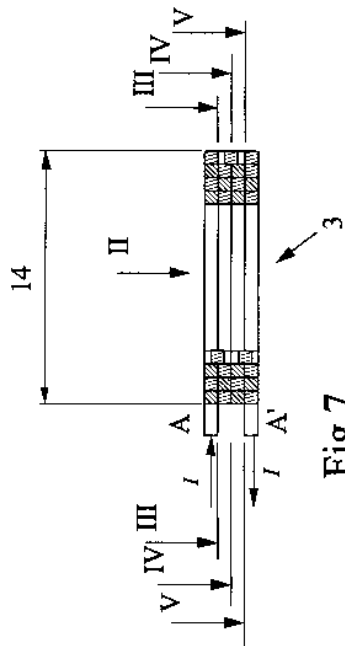


Fig. 7

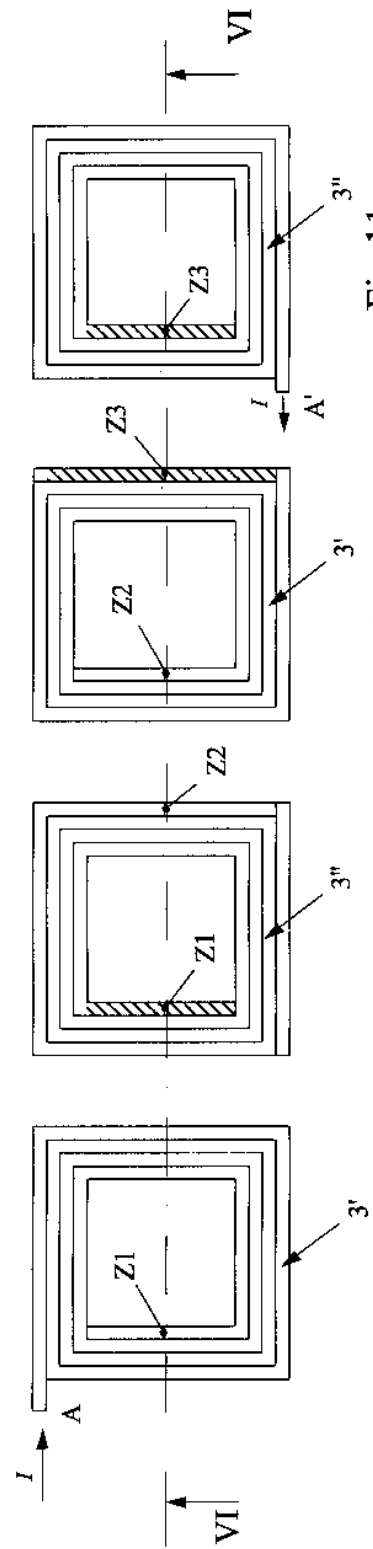


Fig. 8

Fig. 9

Fig. 10

Fig. 11

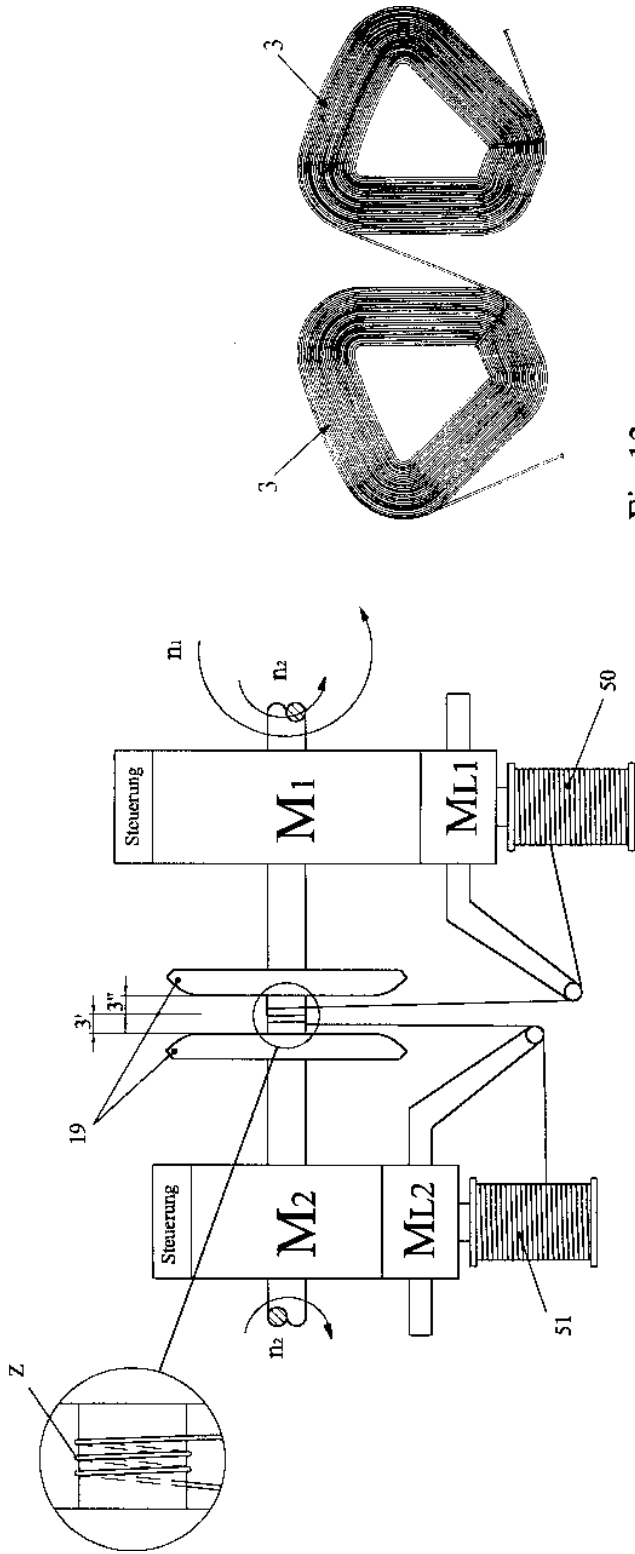


Fig.13

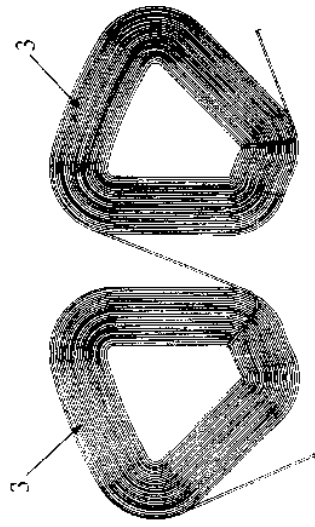


Fig.12

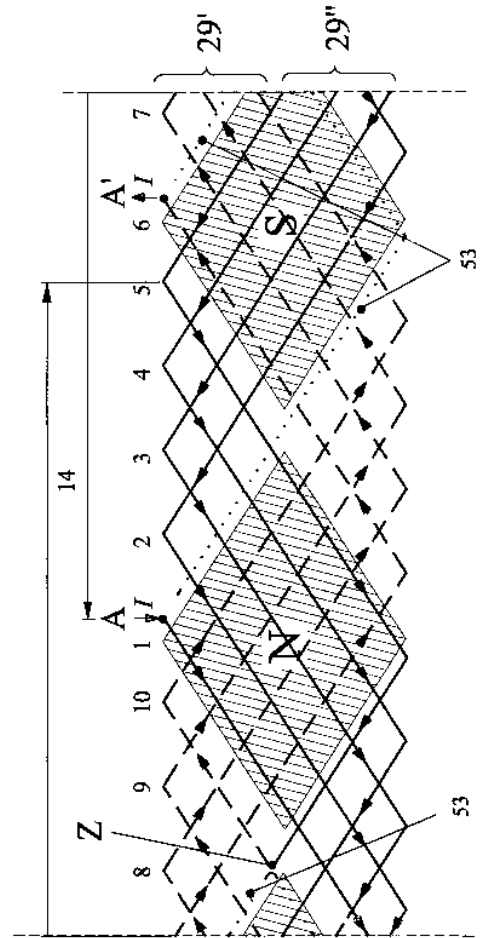


Fig.14