

12

# **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 84106084.1

51 Int. Cl.<sup>3</sup>: **H 05 H 7/04**  
**G 21 K 1/08, H 01 J 3/20**

22 Anmeldetag: 28.05.84

30 Priorität: 10.06.83 DE 3321117

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
27.12.84 Patentblatt 84/52

84 Benannte Vertragsstaaten:  
DE FR GB IT

71 Anmelder: Siemens Aktiengesellschaft  
Berlin und München Wittelsbacherplatz 2  
D-8000 München 2(DE)

72 Erfinder: Voss, Erich, Dr.  
Hedwig-Fichtel-Strasse 22  
D-8740 Bad Neustadt/Saale(DE)

72 Erfinder: Wollnik, Hermann, Prof. Dr.  
Auf der Platte 30  
D-6310 Fernwald 2(DE)

54 Magnetische Multipolanordnung n-ter Ordnung.

57 Die Erfindung betrifft eine magnetische Multipolanordnung n-ter Ordnung zur Beeinflussung der Flugbahn von geladenen Teilchen. Um ohne gesondert herzustellende Bauteile auszukommen, wird vorgeschlagen, daß als Multipolanordnung der Ständer (1) einer mehrphasigen Wechselstrommaschine vorgesehen ist, deren Ständerwicklung von einer Spannungsquelle derart gespeist wird, daß das Produkt aus Strom und Windungszahl (Amperewindungszahl) in einer unter dem Azimutwinkel  $\theta$  angeordneten Nut oder Nutgruppe proportional zu  $\cos(n\theta)$  ist, wobei n der Ordnungszahl der Multipolanordnung entspricht und die Faktoren a und b dem Verhältnis  $b/a$ , welches die Orientierung des Multipols relativ zu dem Azimutwinkel  $\theta = 0$  angibt, entnommen sind. Als Multipolanordnung kann auch ein durch Dauermagnete erregter Ständer einer Gleichstrommaschine vorgesehen werden.

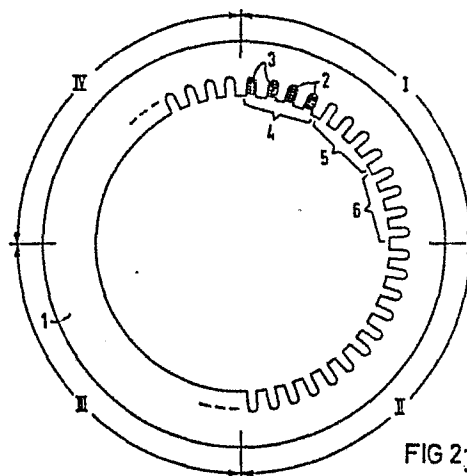


FIG 2:

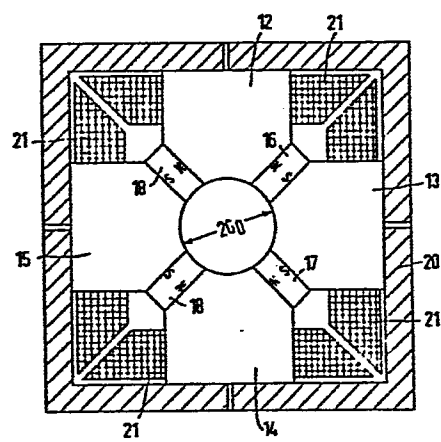


FIG 4

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
Berlin und München

Unser Zeichen  
VPA 83 P 8 5 1 6 E

## 5 Magnetische Multipolanordnung n-ter Ordnung

Die Erfindung betrifft eine magnetische Multipolanordnung n-ter Ordnung zur Beeinflussung der Flugbahnen von geladenen Teilchen.

10

Die Fokussierung von Ionen oder Elektronenbündeln kann mittels elektrischer oder magnetischer Felder erfolgen. Für die Fokussierung mittels magnetischer Felder werden häufig magnetische Quadrupollinsen, d.h. Vierpollinsen, verwendet. Durch  
15 die DE-OS 26 56 302 ist z.B. eine derartige Quadrupollinse zur Fokussierung des Elektronenstrahles einer Farbbildröhre bekannt. Diese Quadrupollinse besteht aus einer in einer Platte vorgesehenen quadratischen Öffnung, deren Seitenkan-  
ten mit abwechselnder Polarität magnetisiert sind. Auf diese  
20 Weise wird ein vierpoliges Magnetfeld gebildet, dessen optische Achse z mit der Ausbreitungsrichtung des Teilchenbündels zusammenfällt. In der x- und y-Achsenrichtung werden die Teilchen in der einen Achsenrichtung auf die optische Achse zugelenkt, d.h. fokussiert, und in der anderen Achsen-  
25 richtung von der optischen Achse weggelenkt, d.h. defokussiert.

Magnetische Quadrupollinsen haben große Bedeutung bei der Fokussierung des Teilchenstromes von Teilchenbeschleunigern.

30 Um eine ausreichende Ablenkung der energiereichen Teilchen zu erreichen, sind allerdings starke magnetische Felder erforderlich. Bei einem Quadrupol gilt für die radiale Komponente der Magnetflußdichte im Abstand r von der optischen Achse und in Abhängigkeit von dem Azimutwinkel  $\theta$  die Beziehung

35  $B_r = B_T (r/G_0) \cdot \sin 2\theta,$

wobei  $B_T$  die Magnetflußdichte in der Mitte der Polschuhe und  $2G_0$  der Aperturdurchmesser der von den Polschuhen begrenzten

Offnung des Quadrupols ist. Die gewünschte Verteilung der Magnetflußdichte erzielt man optimal, indem man, wie in Fig. 1 dargestellt, vier hyperbelförmig geformte Polschuhe verwendet, die elektrisch erregt und magnetisch alternierend gepolt sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Multipolanordnung mit einem  $B_r = B_T (r/G_o)^{n-1} \cdot \sin(n\theta)$  mit  $n = 1, 2, 3, 4, \dots$ , also auch einen Quadrupol mit  $n = 2$  zu schaffen, der nicht wie üblich aus einer Anordnung mit für  $n = 2$  geeignet geformten Polschuhen besteht, sondern aus nicht gesondert herzustellenden Bauteilen. Ein weiteres Ziel der Erfindung ist es, bei einer solchen Multipolanordnung auch eine erhebliche Energieeinsparung gegenüber den bisher üblichen Anordnungen zu erzielen.

Die Lösung der gestellten Aufgabe gelingt nach der Erfindung dadurch, daß als Multipolanordnung der Ständer einer mehrphasigen Wechselstrommaschine vorgesehen ist, deren Ständerwicklung von einer Spannungsquelle derart gespeist wird, daß das Produkt aus Strom und Windungszahl (Amperewindungszahl) in einer unter dem Azimutwinkel  $\theta$  angeordneten Nut oder Nutgruppe proportional oder angenähert proportional zu  $\cos(n\theta)$  oder zu  $a \cdot \cos(n\theta) + b \cdot \sin(n\theta)$  ist, wobei  $n$  der Ordnungszahl der Multipolanordnung entspricht und die Faktoren  $a$  und  $b$  dem Verhältnis  $b/a$ , welches die Orientierung des Multipols relativ zu dem Azimutwinkel  $\theta = 0$  angibt, entnommen sind. Eine magnetische Multipolanordnung kann damit aus Elementen aufgebaut werden, die schon in Großserienfertigung hergestellt werden und daher entsprechend preisgünstig sind.

Eine Überlagerung von mehreren Multipolen verschiedener Ordnung mit der jeweils gewünschten Stärke der einzelnen Multipole erreicht man dadurch, daß das Produkt aus Strom und Windungszahl in einer unter dem Azimutwinkel  $\theta$  angeordneten Nut oder Nutgruppe proportional zu der Summe

$(iw)_s = \sum_{n=k}^{\infty} (iw)_{2n} \cdot \cos(n\theta)$  oder proportional zu der Summe

$(iw)_s = \sum_{n=k}^{\infty} [a(iw)_{2n} \cdot \cos(n\theta) + b(iw)_{2n} \cdot \sin(n\theta)]$  ist,

wobei  $(iw)_{2n}$  jeweils die dem entsprechenden n-ten Multipol zugeordnete maximale Amperewindungszahl bedeutet.

5

Eine solche Überlagerung wird mit einfachen Mitteln dadurch erzielt, daß als Wechselstrommaschine eine n-polige Drehstrommaschine vorgesehen ist, deren Phasenwicklungen jeweils aus zwei gesonderten Spulensätzen bestehen, wobei

10 diese Spulensätze mit ihrem einen Schenkel in einer Nut oder Nutgruppe unter dem Azimutwinkel  $\theta$  und mit ihrem anderen Schenkel in einer Nut oder Nutgruppe unter dem Azimutwinkel  $-\theta$  liegen, daß der eine Spulensatz von einem solchen Strom durchflossen wird, daß das Produkt aus Strom und

15 Windungszahl dieses Spulensatzes proportional zu  $\sum_{n=k}^{\infty} a(i \cdot w)_{2n} \cdot \cos(n\theta)$  ist und der andere Spulensatz von

einem solchen Strom durchflossen wird, daß das Produkt aus Strom und Windungszahl dieses Spulensatzes proportional zu  $\sum_{n=k}^{\infty} b(i \cdot w)_{2n} \cdot \sin(n\theta)$  ist.

n = k

20

Eine derartige Überlagerung kann auch dadurch erreicht werden, daß als Wechselstrommaschine eine n-polige Drehstrommaschine vorgesehen ist, deren Phasenwicklungen jeweils aus zwei gesonderten Spulensätzen bestehen, wobei diese Spulensätze mit ihrem einen Schenkel in einer Nut oder Nutgruppe

25 unter dem Azimutwinkel  $\theta$  und mit ihrem anderen Schenkel in einer Nut oder Nutgruppe unter dem Azimutwinkel  $\theta + \pi/k$  liegen, daß der eine Spulensatz von einem solchen Strom durchflossen wird, daß das Produkt aus Strom und Windungs-

30 zahl dieses Spulensatzes proportional zu

$\sum_{n=k}^{\infty} a [(iw)_{2(k+2n)} \cos(k+2n)\theta + (iw)_{2(k+2n+1)} \sin(k+2n+1)\theta]$

n = k

ist und der andere Spulensatz von einem solchen Strom durchflossen wird, daß das Produkt aus Strom und Windungszahl dieses Spulensatzes proportional zu

$$\sum_{n=k}^{\infty} b \left[ (iw)_{2(k+2n)} \sin(k+2n)\theta + (iw)_{2(k+2n+1)} \cos(k+2n+1)\theta \right]$$

5 ist.

Eine der Cosinusform angenäherte Verteilung der Amperewindungszahlen wird ohne gesonderten Aufwand dadurch erreicht, daß als Wechselstrommaschine eine n-polige Drehstrommaschine  
 10 vorgesehen ist, bei der die einen Phasenstrang bildenden Spulen zu der Reihenschaltung der die beiden anderen Phasenstränge bildenden Spulen umgekehrt parallelgeschaltet sind. Kleine Änderungen der Orientierung des Multipolfeldes sind dabei dadurch möglich, daß zu der einen von den beiden in  
 15 Reihe liegenden Phasenwicklungen ein ohmscher Widerstand parallelgeschaltet ist. Mit einem verstellbaren ohmschen Widerstand kann die Orientierung des Multipolfeldes somit jederzeit nachgestellt werden. Eine Änderung der Orientierung des Multipolfeldes ist andererseits auch dadurch mög-  
 20 lich, daß die einzelnen Spulen an verschiedene, regelbare Gleichstromquellen angeschlossen sind.

Eine wesentliche Energieeinsparung bei gleichzeitiger Verwendung eines Serienproduktes für einen Multipol ist da-  
 25 durch möglich, daß als Multipolanordnung ein durch Dauermagnete erregter Ständer einer Gleichstrommaschine vorgesehen ist.

Ein besonders starkes magnetisches Feld wird durch Vermin-  
 30 derung von Streuverlusten dadurch erreicht, daß die gesamte Fläche der Polstücke des Ständers mit Ausnahme der der Ständerbohrung zugewandten Fläche mit Dauermagneten bedeckt ist.

35 Das magnetische Feld und damit die Wirkung des Multipols kann dadurch verändert werden, daß zusätzlich zu den

Dauermagneten eine Erregerwicklung auf den Polstücken angeordnet ist.

Der Aufbau einer Multipolanordnung mit Dauermagneten und elektrischer Zusatzerregung wird dadurch sehr einfach, daß nur die radialen Seitenflächen der Polstücke mit Dauermagneten bedeckt sind.

Das magnetische Feld der Multipolanordnung kann auch dadurch verstärkt werden, daß zumindest in dem der Ständerbohrung benachbarten Bereich die radialen Seitenflächen der Polstücke mit Seltenerd-Kobalt-Magneten bedeckt sind. Eine Verdrehung des magnetischen Feldes der Multipolanordnung zumindest um kleine Winkel gelingt nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung dadurch, daß der Strom in den Erregerwicklungen von aufeinanderfolgenden Polstücken unterschiedlich einstellbar ist.

Anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen wird die Erfindung nachfolgend näher beschrieben. Es zeigt

- Fig. 1 einen Quadrupol mit hyperbelförmigen Polschuhen nach dem Stand der Technik,  
Fig. 2 einen als Multipolanordnung verwendeten Ständer einer Wechselstrommaschine,  
Fig. 3 die Verschaltung der Phasenwicklung der in Fig. 2 dargestellten Wechselstrommaschine,  
Fig. 4 einen als Multipolanordnung verwendeten Ständer einer dauermagneterregten Gleichstrommaschine.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten bekannten Quadrupol sind mit 30 hyperbelförmige Polschuhe bezeichnet, auf denen eine Erregerwicklung 31 angeordnet ist. Durch diese Erregerwicklung 31 werden die Polschuhe 30 derart magnetisch erregt, daß aufeinanderfolgende Polschuhe eine unterschiedliche

magnetische Polarität aufweisen. Über ein Rückschlußjoch 32 sind die Polschuhe miteinander verbunden.

Mit 1 ist in Fig. 2 der Ständer einer vierpoligen Wechsel-  
 5 strommaschine bezeichnet, in dessen Nuten 2 eine übliche dreiphasige Wicklung 3 eingebracht ist. Mit I-IV sind die Bereiche der einzelnen Pole angedeutet. Gemäß dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind pro Pol zwölf Nuten 2 vorgesehen, so daß bei einer dreiphasigen Maschine für  
 10 jeden Phasenstrang 4 bis 6 vier Nuten zur Verfügung stehen.

Gemäß dem Schaltbild nach Fig. 3 sind die Phasenstränge 4 und 6 miteinander in Reihe geschaltet und parallel zum Phasenstrang 5 an eine Gleichspannungsquelle angeschlossen.  
 15 Zu dem Phasenstrang 6 ist weiterhin ein einstellbarer ohmscher Widerstand 7 parallelgeschaltet.

Bei Drehstrombetrieb einer elektrischen Maschine gilt für den Strom in den einzelnen Phasensträngen:

$$\begin{aligned} 20 \quad i_1 &= i_0 \cdot \cos wt \\ i_2 &= i_0 \cdot \cos \left( wt + \frac{2\pi}{3} \right) \\ i_3 &= i_0 \cdot \cos \left( wt + \frac{4\pi}{3} \right) \end{aligned}$$

Für den Zeitpunkt  $t = 0$  gilt dann  $i_1 = i_0$  und  $i_2 = i_3 = -i_0/2$ .

25 Durch die Reihenschaltung der zwei Phasenstränge 4 und 6 wird auf einfache Weise der halbe Strom in diesen Phasensträngen gegenüber dem Strom in dem für sich allein an die Gleichspannungsquelle angeschlossen Phasenstrang 5 erreicht. Das Minuszeichen für die Ströme  $i_2$  und  $i_3$  bedeutet,  
 30 daß die entsprechenden Phasenstränge 4 und 6 gegenüber dem Phasenstrang 5 mit umgekehrtem Wickelsinn an die Gleichspannungsquelle angeschlossen werden müssen.

Mit der in Fig. 3 dargestellten Schaltung läßt sich daher  
 35 auch bei einer Gleichspannungsquelle mit einer festen Spannung auf einfache Weise ein vierpoliges Magnetfeld mit



angenähert cosinusförmiger Magnetflußdichteverteilung über den Bereich eines Poles erreichen.

Die Parallelschaltung des ohmschen Widerstandes 7 zu einem  
 5 der Phasenstränge 4 und 6 bewirkt eine Verdrehung des  
 Magnetfeldes um einen kleinen Winkel gegenüber dem Magnet-  
 feld, das von den Phasensträngen ohne einen solchen Wider-  
 stand erzeugt wird. Durch ein Verstellen des Widerstandes 7  
 kann der Verdrehungswinkel eingestellt werden. Eine solche  
 10 Verdrehung kann auch durch eine Veränderung des Stromes in  
 den Phasensträngen erreicht werden. Eine solche Stromände-  
 rung ist mittels einer regelbaren Gleichspannungsquelle  
 möglich.

15 Eine Überlagerung von Multipolen verschiedener Ordnung wird  
 erreicht, wenn die Amperewindungszahl in einer Nut oder  
 einer Nutgruppe, die unter dem Azimutwinkel  $\theta$  angeordnet

ist, der Bedingung  $(iw)_s = \sum_{n=k}^{\infty} (i \cdot w)_{2n} \cdot \cos(n\theta)$  ent-

spricht, wobei  $2k$  den Multipol der niedrigsten auftretenden  
 20 Ordnung beschreibt. für  $k=2$  erzielt man eine Überlagerung  
 eines Quadrupols, eines Hexapols usw. Eine Dipolkomponente  
 tritt hierbei jedoch nicht auf.

Unter Azimutwinkel  $\theta$  wird der Winkel der Nut oder Nutgruppe  
 25 gegenüber den Koordinaten einer zu der Ständerachse senk-  
 rechten Ebene verstanden.

Die gewünschte Stromverteilung über dem Azimutwinkel  $\theta$  kann  
 man auf verschiedene Weise erreichen. Eine Möglichkeit be-  
 30 steht beispielsweise darin, daß jede Einzelspule mit ihrem  
 ersten Schenkel in der unter dem Azimutwinkel  $\theta$  liegenden  
 Nut und mit ihrem zweiten Schenkel in der unter dem Azimut-  
 winkel  $-\theta$  liegenden Nut angeordnet ist, wobei die Ampere-  
 windungszahl einer solchen Spule der vorgenannten Summe  
 35  $(iw)_s$  entspricht.

Die Stärke der einzelnen Multipole kann durch ein für jede Einzelspule getrennt regelbares Netzgerät oder mittels eines zu den Einzelspulen in Serie oder parallelgeschalteten verstellbaren Widerstandes getrennt variiert werden. Damit  
 5 ist die Stromverteilung über dem Azimutwinkel auch während des Betriebes veränderbar.

Eine Überlagerung von Multipolen verschiedener Ordnung, deren Orientierung relativ zum Azimutwinkel  $\theta = 0$  veränderbar  
 10 sein soll, erhält man, wenn die Amperewindungszahl in einer unter dem Azimutwinkel  $\theta$  angeordneten Nut oder Nutgruppe der

$$\text{Bedingung } (i \cdot w)_s = \sum_{n=k}^{\infty} a(i \cdot w)_{2n} \cdot \cos(n\theta) + b(i \cdot w)_{2n} \sin(n\theta)$$

entspricht, wobei der Wert von  $a$  und  $b$  kleiner bis gleich eins ist. Hierbei beschreibt  $2k=2$  den Multipol der niedrigsten Ordnung (Dipol) und das Verhältnis von  $b$  zu  $a$  den  
 15 Tangens des Winkels, um den die Orientierung der Multipolüberlagerung gegenüber der den Werten  $b=1$  und  $a=0$  entsprechenden verdreht ist.

20 Die gewünschte Verteilung der Amperewindungszahlen über dem Azimutwinkel  $\theta$  kann wiederum auf verschiedene Weise erreicht werden. Eine vorteilhafte Möglichkeit besteht darin, daß die Spulenweite der einzelnen Spulen so gewählt ist, daß diese mit ihrem ersten Schenkel in einer unter dem  
 25 Azimutwinkel  $\theta$  liegenden Nut und mit ihrem zweiten Schenkel in einer unter dem Azimutwinkel  $-\theta$  liegenden Nut angeordnet sind. Die Amperewindungszahl muß der obengenannten Summe für  $(i \cdot w)_s$  entsprechen. Eine Veränderung des Verhältnisses von  $b$  zu  $a$  während des Betriebes ist dadurch möglich, daß  
 30 der Strom in den einzelnen Spulen mittels eines Widerstandnetzwerkes oder durch ein entsprechend regelbares Netzgerät verändert wird.

Eine weitere vorteilhafte Möglichkeit zur Erzielung einer  
 35 gewünschten Verteilung der Amperewindungszahlen ist dadurch

gegeben, daß die gesamte Wicklung des Maschinenständers aus zwei getrennten Teilwicklungen besteht. In jeder Nut ist dann ein Schenkel einer zu der einen Teilwicklung gehörenden Spule und ein Schenkel einer zu der anderen Teilwicklung gehörenden Spule angeordnet. Die Spulenweite ist so gewählt, daß die Spulen mit ihrem ersten Schenkel in einer Nut unter dem Azimutwinkel  $\theta$  und mit ihrem zweiten Schenkel in einer Nut unter dem Azimutwinkel  $-\theta$  zu liegen kommen. Die Amperewindungszahl der zu der einen Teilwicklung gehörenden Spule ist dabei proportional zu

$$\sum_{n=k}^{\infty} a(i \cdot w)_{2n} \cdot \cos(n\theta) \text{ und die der zu der anderen Teilwicklung gehörenden Spule proportional zu } \sum_{n=k}^{\infty} b(i \cdot w)_{2n} \cdot \sin(n\theta).$$

Diese so spezifizierten Amperewindungszahlen lassen sich bei gleichem Strom in den beiden Teilwicklungen durch entsprechende Windungszahlen der einzelnen Spulen erreichen. Geht man dagegen von gleichen Windungszahlen aus, müssen die Ströme in den Spulen entsprechend variiert werden. Es können auch beide Möglichkeiten kombiniert werden.

In Fig. 4 ist mit 11 der vierpolige Ständer einer Gleichstrommaschine bezeichnet. Dieser Ständer 11 weist vier aus ferromagnetischem Material bestehende Polstücke 12 bis 15 auf, zwischen denen sich radial erstreckte Dauermagnete 16 bis 19 eingefügt sind. Die Polstücke 12 bis 15 sind an einem Rückschlußjoch 20 befestigt. Auf jedem der Polstücke 12 bis 15 ist ferner eine zusätzliche Erregerwicklung 21 angeordnet.

Mit N und S ist die Polarisierung der Dauermagnete 16 bis 19 angedeutet. Die Dauermagnete 16 bis 19 sind so zwischen den Polstücken 12 bis 15 eingefügt, daß jeweils aufeinanderfolgende Polstücke eine unterschiedliche Polarität aufweisen.

Die Bohrung des Ständers 11 entspricht dem Aperturdurchmesser  $2G_0$ .

Bei dem in Fig. 4 dargestellten Ausführungsbeispiel weisen die Polstücke 12 bis 15 auf der der Ständerbohrung zugekehrten Seite einen konkaven Verlauf auf. Um eine bestimmte Magnetfeldverteilung zu erreichen, kann der Verlauf der

5 Polstücke an dieser Stelle auch anders gestaltet werden. Die Polstücke können beispielsweise nach Art einer Hyperbel konvex vorgewölbt sein, um so die Polschuhform nach Fig. 1 zu approximieren. Durch einen entsprechend gestalteten Verlauf der Polstückoberfläche im Bereich der Aperturöffnung  
10 ist es möglich, ein Magnetfeld zu erzeugen, daß aus einer Überlagerung von Magnetfeldern verschiedener Ordnung besteht.

Die Verwendung von Dauermagneten 16 bis 19 zur Erzeugung des Magnetfeldes ergibt eine beträchtliche Energieeinsparung  
15 gegenüber den rein elektrisch erzeugten Magnetfeldern. Durch die Anordnung einer zusätzlichen, elektrisch gespeisten Erregerwicklung 21 ist eine Regelmöglichkeit gegeben. Je nach Stromrichtung in dieser Erregerwicklung kann das durch die Dauermagnete erzeugte Magnetfeld verstärkt oder ge-  
20 schwächt werden. Außerdem ist es möglich, die Erregerwicklungen 21 von aufeinanderfolgenden Polstücken, beispielsweise den Polstücken 12 und 13, mit unterschiedlichen Strömen zu speisen, so daß eine leichte Verdrehung des Magnetfeldes erreicht wird.

25 Eine Steuerung des Magnetfeldes ist bei einem solchen durch Dauermagnete erregten Ständer auch durch das Anbringen von einstellbaren Nebenschlußwegen möglich. Durch solche Nebenschlußwege wird ein Teil des von den Dauermagneten ausgehen-  
30 den magnetischen Flusses parallel zu den Polstücken kurzgeschlossen, so daß das Magnetfeld entsprechend dem kurzgeschlossenen Fluß geschwächt wird.

Zur Erreichung besonders starker Magnetfelder ist es vor-  
35 teilhaft, wenn zumindest in dem der Ständerbohrung benachbarten Bereich (Polstückspitzen) Seltenerd-Kobalt-Magnete

(Samarium-Kobalt-Magnete) angeordnet sind. In dem weiter zurückliegenden Bereich können Ferritmagnete eingefügt sein.

Wird auf eine elektrische Erregerwicklung 21 verzichtet,  
5 dann können zur Verstärkung des Magnetfeldes zwischen den Polstücken 12 bis 15 und dem Rückschlußjoch 20 weitere Dauermagnete, insbesondere Ferritmagnete, eingefügt werden.

In dem Ausführungsbeispiel ist ein vierpoliger Ständer dargestellt.  
10 gestellt. Es können auch Ständer anderer Polzahl verwendet werden, wenn ein magnetisches Feld höherer oder niedriger Polzahl zur Beeinflussung des Teilchenstromes benötigt wird.

4 Figuren

18 Patentansprüche

Patentansprüche

1. Magnetische Multipolanordnung n-ter Ordnung zur Beeinflussung der Flugbahnen von geladenen Teilchen, d a -  
 d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß als Multipol-  
 5 anordnung der Ständer einer mehrphasigen Wechselstrom-  
 maschine vorgesehen ist, deren Ständerwicklung von einer  
 Spannungsquelle derart gespeist wird, das das Produkt aus  
 Strom und Windungszahl (Amperewindungszahl i . w) in einer  
 unter dem Azimutwinkel  $\theta$  angeordneten Nut oder Nutgruppe  
 10 proportional oder zumindest angenähert proportional zu  
 $\cos n\theta$  oder zu  $a \cos(n\theta) + b \sin(n\theta)$  ist, wobei n der Ord-  
 nungszahl der Multipolanordnung entspricht und die Faktoren  
 a und b dem Verhältnis  $b/a$ , welches die Orientierung des  
 Multipols relativ zu dem Azimutwinkel  $\theta = 0$  angibt, ent-  
 15 nommen sind.

2. Multipolanordnung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -  
 k e n n z e i c h n e t , daß das Produkt aus Strom und  
 Windungszahl in einer unter dem Azimutwinkel  $\theta$  angeordneten  
 20 Nut oder Nutgruppe proportional zu der Summe

$$(i \cdot w)_s = \sum_{n=k}^{\infty} (iw)_{2n} \cdot \cos(n\theta) \text{ oder proportional zu der}$$

$$\text{Summe } (i \cdot w)_s = \sum_{n=k}^{\infty} [a (iw)_{2n} \cos(n\theta) + b (iw)_{2n} \cdot \sin(n\theta)]$$

ist, wobei  $(iw)_{2n}$  jeweils die dem n-ten Multipol zugeordnete  
 maximale Amperewindungszahl bedeutet.  
 25

3. Multipolanordnung nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h  
 g e k e n n z e i c h n e t , daß als Wechselstrommaschine  
 eine n-polige Drehstrommaschine vorgesehen ist, deren Pha-  
 senwicklungen jeweils aus zwei gesonderten Spulensätzen  
 30 bestehen, wobei diese Spulensätze mit ihrem einen Schenkel  
 in einer Nut oder Nutgruppe unter dem Azimutwinkel  $\theta$  und  
 mit ihrem anderen Schenkel in einer Nut oder Nutgruppe  
 unter dem Azimutwinkel  $-\theta$  liegen, daß der eine Spulensatz

von einem solchen Strom durchflossen wird, daß das Produkt aus Strom und Windungszahl dieses Spulensatzes proportional

zu  $\sum_{n=k}^{\infty} a (i \cdot w)_{2n} \cdot \cos(n\theta)$  ist und der andere Spulensatz von

5 einem solchen Strom durchflossen wird, daß das Produkt aus Strom und Windungszahl dieses Spulensatzes proportional zu  $\sum_{n=k}^{\infty} b (i \cdot w)_{2n} \cdot \sin(n\theta)$  ist.

4. Multipolanordnung nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h  
10 g e k e n n z e i c h n e t , daß als Wechselstrommaschine eine n-polige Drehstrommaschine vorgesehen ist, deren Phasenwicklungen jeweils aus zwei gesonderten Spulensätzen bestehen, wobei diese Spulensätze mit ihrem einen Schenkel in einer Nut oder Nutgruppe unter dem Azimutwinkel  $\theta$  und  
15 mit ihrem anderen Schenkel in einer Nut oder Nutgruppe unter dem Azimutwinkel  $\theta + \pi/k$  liegen, daß der eine Spulensatz von einem solchen Strom durchflossen wird, daß das Produkt aus Strom und Windungszahl dieses Spulensatzes proportional zu

20  $\sum_{n=k}^{\infty} a [(iw)_{2(k+2n)} \cos(k+2n)\theta + (iw)_{2(k+2n+1)} \sin(k+2n+1)\theta]$   
ist und der andere Spulensatz von einem solchen Strom durchflossen wird, daß das Produkt aus Strom und Windungszahl dieses Spulensatzes proportional zu  $\sum_{n=k}^{\infty} b [(iw)_{2(k+2n)} \sin(k+2n)\theta + (iw)_{2(k+2n+1)} \cos(k+2n+1)\theta]$  ist.

25

5. Multipolanordnung nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t , daß als Wechselstrommaschine eine n-polige Drehstrommaschine vorgesehen ist, bei der die einen Phasenstrang (5) bildenden Spulen zu der Reihenschaltung der die beiden anderen Phasenstränge (4 und 6) bildenden Spulen umgekehrt parallelgeschaltet sind.  
30

6. Multipolanordnung nach Anspruch 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß zu dem einen (6) von den

beiden in Reihe liegenden Phasensträngen (4 und 6) ein ohmscher Widerstand (7) parallelgeschaltet ist.

7. Multipolanordnung nach Anspruch 6, d a d u r c h g e -  
5 k e n n z e i c h n e t , daß der ohmsche Widerstand (7) verstellbar ist.

8. Multipolanordnung nach einem oder mehreren der vorher-  
gehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h -  
10 n e t , daß die einzelnen Spulen an verschiedene regelbare Gleichstromquellen angeschlossen sind.

9. Multipolanordnung nach einem oder mehreren der vorher-  
gehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h -  
15 n e t , daß die Spulen mit Gleichspannungsimpulsen gespeist sind, deren Frequenz auf die Pulsung des Teilchenstromes derart abgestimmt ist, daß jeder Teilchenpuls in den räumlich hintereinander angeordneten Maschinenständen gleiche oder in von Maschinenstände zu Maschinenstände fest vorgegebener Weise veränderte Multipolfelder vorfindet.  
20

10. Magnetische Multipolanordnung n-ter Ordnung zur Beeinflussung der Flugbahn von geladenen Teilchen, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß als Multipolanordnung ein  
25 durch Dauermagnete erregter Ständer einer Gleichstrommaschine vorgesehen ist.

11. Multipolanordnung nach Anspruch 10, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , daß die gesamte Fläche der Pol-  
30 stücke des Ständers mit Ausnahme der der Ständerbohrung zugewandten Fläche mit Dauermagneten bedeckt ist.

12. Multipolanordnung nach Anspruch 10, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , daß zusätzlich zu den Dauer-  
35 magneten eine Erregerwicklung auf den Polstücken angeordnet ist.



13. Multipolanordnung nach Anspruch 10 oder 12, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t , daß nur die radial gerichteten  
Seitenflächen der Polstücke mit Dauermagneten bedeckt sind.

5 14. Multipolanordnung nach Anspruch 10, 11, 12 oder 13,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß zumindest  
in dem der Ständerbohrung benachbarten Bereich die radialen  
Seitenflächen der Polstücke mit Seltenerd-Kobalt-Magneten  
bedeckt sind.

10

15. Multipolanordnung nach Anspruch 12 d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , daß der Strom in den Erregerwick-  
lungen von aufeinanderfolgenden Polstücken unterschiedlich  
einstellbar ist.

15

16. Multipolanordnung nach einem oder mehreren der  
Ansprüche 10 bis 15, d a d u r c h g e k e n n -  
z e i c h n e t , daß die Polstücke auf der Ständerbohrungs-  
seite hyperbelförmig ausgebildet sind.

20

17. Multipolanordnung nach einem oder mehreren der  
Ansprüche 10 bis 15, d a d u r c h g e k e n n -  
z e i c h n e t , daß die Polstücke auf der Ständerbohrungs-  
seite so ausgebildet sind, daß ihr Konturenverlauf in

25 Zylinderkoordinaten  $r, \theta$ , deren Achse mit der optischen  
Achse der Anordnung zusammenfällt, zumindest näherungs-  
weise beschrieben wird durch

$$r = G_0 / \sqrt[n]{\cos(n\theta)} \text{ oder } r = G_0 / \sqrt[n]{\sin(n\theta)}, \text{ wobei } G_0 \text{ der}$$

Scheitelabstand der Polstücke von der optischen Achse und  
30  $n$  die Anordnung des Multipols ist, der in der vorliegenden  
Multipolanordnung am stärksten ausgebildet sein soll.

18. Multipolanordnung nach einem oder mehreren der  
Ansprüche 10 bis 14, d a d u r c h g e k e n n z e i c h -

35 n e t , daß durch entsprechende Gestaltung der Polstücke

und/oder durch entsprechende elektrische Zusatzerregung eine Magnetflußdichteverteilung erzeugt wird, bei der sich mehrere Multipole verschiedener Ordnung mit der jeweils gewünschten Stärke der einzelnen Multipole überlagern.



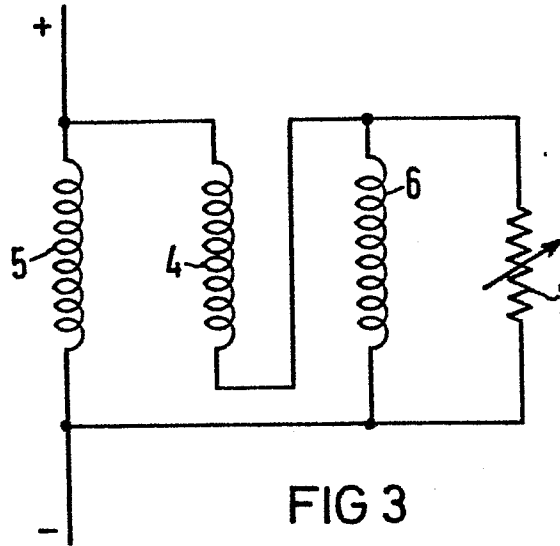


FIG 3

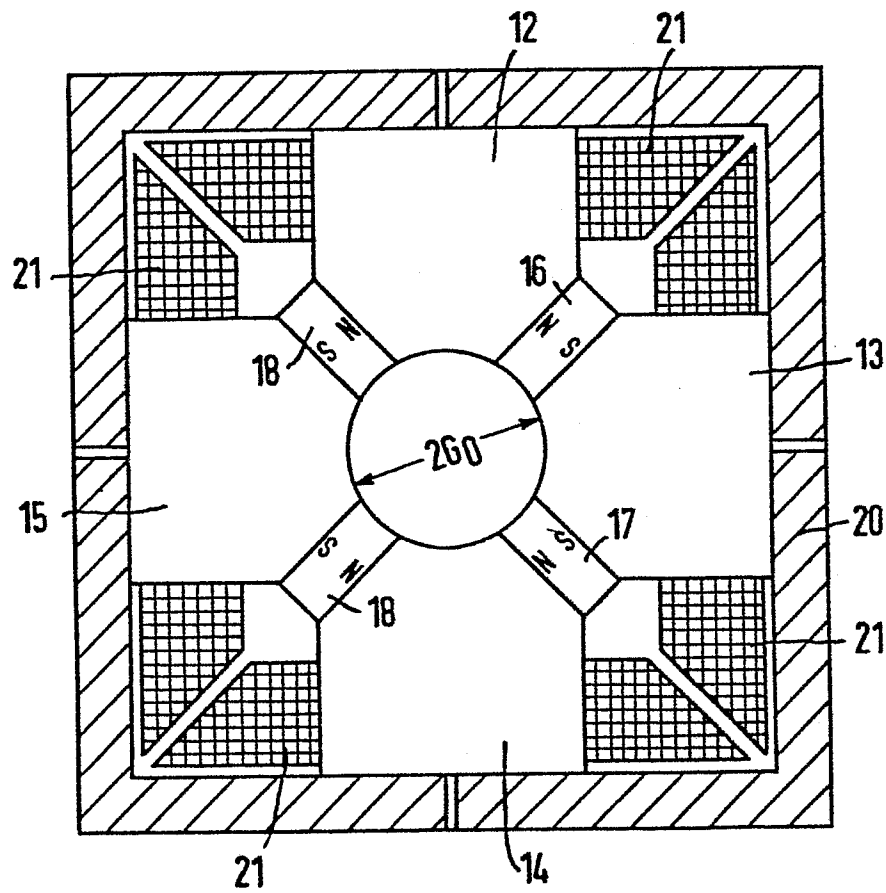


FIG 4



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0129111

Nummer der Anmeldung

EP 84 10 6084

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                           |                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                                                                                                                                                                                    | Betrifft Anspruch                         | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. <sup>3</sup> ) |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | FR-A-1 339 925 (BROWN-BOVERI)<br>* Seite 1, rechte Spalte, Zeilen 11-35; Figuren 2,3 *                                                                                                                                                                                                 | 1                                         | H 05 H 7/04<br>G 21 K 1/08<br>H 01 J 3/20             |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | * Seite 2, linke Spalte, Zeilen 34-46 *                                                                                                                                                                                                                                                | 8                                         |                                                       |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ---<br>NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHODS,<br>Band 115, Nr. 1, 1974, Seiten 213-220, North-Holland Publishing Co., Amsterdam, NL;<br>F. KIRCHER et al.: "Utilisation d'aimants supraconducteurs pour des faisceaux de particules de 400GeV"<br>* Seite 213, rechte Spalte, Zeilen 10-14 * | 1                                         |                                                       |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ---<br>NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHODS,<br>Band 146, Nr. 2, 1977, Seiten 339-341, North-Holland Publishing Co., Amsterdam, NL;<br>H. BRÜCKMANN et al.: "A compact versatile beam steering unit"<br>* Seite 339, linke Spalte, Zeilen 10-14; Figur 1 *                                  | 1                                         |                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | --- -/-                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                           |                                                       |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                           |                                                       |
| Recherchenort<br>DEN HAAG                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Abschlußdatum der Recherche<br>18-09-1984 |                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Prüfer<br>ANTHONY R.G.                    |                                                       |
| <p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet</p> <p>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie</p> <p>A : technologischer Hintergrund</p> <p>O : nichtschriftliche Offenbarung</p> <p>P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</p> <p>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument</p> <p>L : aus andern Gründen angeführtes Dokument</p> <p>&amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                           |                                                       |



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0129111

Nummer der Anmeldung

EP 84 10 6084

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                   |                                           | Seite 2                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                                                                                                                | Betrifft Anspruch                         | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. <sup>3</sup> ) |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHODS, Band 10, Nr. 2, 1961, Seiten 113-120, North-Holland Publishing Co., Amsterdam, NL; R. BENAROYA et al.: "Deflection coil for an external accelerator beam"<br>* Zusammenfassung * | 1                                         |                                                       |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | GB-A- 958 826 (SIEMENS)<br>* Insgesamt *                                                                                                                                                                          | 1                                         |                                                       |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | US-A-4 355 236 (R.F. HOLSINGER)<br>* Spalte 2, Zeilen 17-41; Figur 1 *                                                                                                                                            | 10                                        |                                                       |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | DE-B-1 539 799 (C.N.R.S.)<br>* Patentansprüche; Figur 1 *                                                                                                                                                         | 10                                        |                                                       |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | DE-A-2 155 163 (SIEMENS)<br>* Seite 6; Figur 1 *                                                                                                                                                                  | 12                                        |                                                       |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                   |                                           | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. <sup>3</sup> )    |
| Recherchenort<br>DEN HAAG                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                   | Abschlußdatum der Recherche<br>18-09-1984 | Prüfer<br>ANTHONY R.G.                                |
| <p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br/>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br/>A : technologischer Hintergrund<br/>O : nichtschriftliche Offenbarung<br/>P : Zwischenliteratur<br/>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</p> <p>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br/>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br/>L : aus andern Gründen angeführtes Dokument<br/>&amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p> |                                                                                                                                                                                                                   |                                           |                                                       |