(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2009 003 709 A1** 2009.10.08

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 003 709.8**
(22) Anmeldetag: **31.03.2009**
(43) Offenlegungstag: **08.10.2009**

(51) Int Cl.[8]: ***H02P 1/26*** (2006.01)
H02P 27/05 (2006.01)
H02P 9/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
12/098,134 04.04.2008 US

(71) Anmelder:
General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

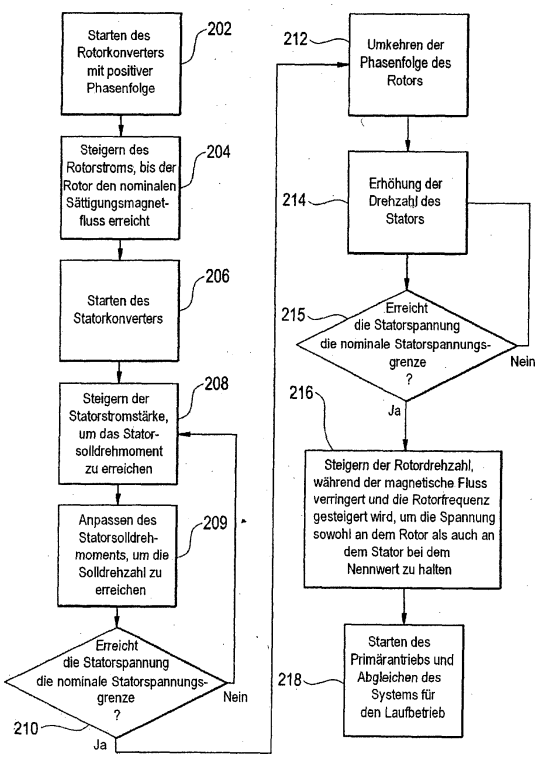
(74) Vertreter:
Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(72) Erfinder:
Larsen, Einar Vaughn, Charlton, N.Y., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Systeme und Verfahren zum Starten von Generatoren mit variabler Drehzahl**

(57) Zusammenfassung: Geschaffen ist ein exemplarisches Verfahren zum Starten eines Generators, wobei zu dem Verfahren die Schritte gehören: Starten eines Rotors mittels einer an den Rotor angelegten Wechselspannung; Starten eines Stators; und Steigerung einer Drehzahl des Rotors.



Beschreibung

HINTERGRUND ZU DER ERFINDUNG

[0001] Ausführungsbeispiele der Erfindung betreffen allgemein Stromgeneratoren und speziell das Hochfahren und den Laufbetrieb von Stromgeneratoren mit variabler Drehzahl.

[0002] In Hinblick darauf werden viele elektrische Generatorenhochgefahren, indem mittels eines Statorkonverters in einem Stator Strom induziert wird, und indem mittels eines Rotorkonverters in einem Rotor Strom induziert wird. Der von dem Statorkonverter stammende Strom tritt in Wechselwirkung mit dem magnetischen Fluss in der Maschine, um in dem Generator ein Drehmoment zu erzeugen. Das Drehmoment treibt den Generatorrotor und einen Primärantrieb des Generators drehend an. Wenn der Generatorprimärantrieb eine nominale Startdrehzahl erreicht, wird in dem Primärantrieb des Generators Brennstoff gezündet. Sobald der Primärantrieb arbeitet, kann der Generator elektrisch abgeglichen werden, um Strom zu erzeugen.

[0003] Während der Startsequenz eines Generators, liefert der Statorkonverter dem Stator Strom, und ein Rotorkonverter liefert dem Rotor Strom. Die Verhältnisse zwischen den Spannungen und Frequenzen der Stator- und Rotorströme beeinflussen den magnetischen Fluss in dem Generator und das durch den Stator zum Starten des Generators induzierte Drehmoment. Während des Startvorgangs wird die Spannung in dem Stator erhöht, bis der Statorkonverter eine nominale Spannungs- und Frequenzgrenze erreicht. Die Bemessung der nominalen Spannung des Statorkonverters begrenzt den in dem Generator induzierten magnetischen Fluss, so dass der magnetische Fluss in Abhängigkeit von der Spannungsgrenze des Statorkonverters bei einer gewissen Drehzahl reduziert werden muss. Daraus ergibt sich eine Beschränkung des zum Starten des Generators verfügbaren Drehmoments.

[0004] Viele Stromgeneratoren benutzen Rotorkonverter, die dem Rotor Gleichstrom zuführen. Da der Gleichstrom keine Frequenz aufweist, ist eine Anpassung der Frequenz des Rotorstroms nicht möglich. Die Begrenzung einer Anpassung der Frequenz des Rotorstroms begrenzt das verfügbare Anfahrdrehmoment, das durch den Stator erzeugt werden kann.

[0005] Es besteht ein Bedarf, den verfügbaren magnetischen Fluss und das Drehmoment in einem Generatorstator während einer Anfahrsequenz zu steigern.

KURZBESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0006] Es handelt sich um ein Verfahren zum Starten/Anfahren eines Generators, wobei zu dem Verfahren die Schritte gehören: Starten eines Rotors mittels einer an den Rotor angelegten Wechselspannung; Starten eines Stators; und Steigerung einer Drehzahl des Rotors.

[0007] Es handelt sich weiter um ein abgewandeltes Verfahren zum Starten eines Generators, wobei zu dem Verfahren die Schritte gehören: Starten eines Rotors; Starten eines Stators mit einer ersten Phasenfolge; Steigern einer Drehzahl des Rotors; und Anwenden einer zweiten Phasenfolge auf den Rotor.

[0008] Es handelt sich weiter um ein Ausführungsbeispiel eines Stromerzeugungssystems zu dem gehören: ein Generator, wobei der Generator einen Stator, einen Rotor und eine Drehzahlsteuerung mit einer ersten Logik aufweist, die dazu dient, die Drehzahl des Generators zu steuern; eine frequenzveränderliche Generator-(VFG = Variable Frequency Generator)-Erregerstufe, wobei die VFG-Erregerstufe einen ersten Konverter, der dazu dient, dem Stator Wechselstrom zu liefern, und einen zweiten Konverter enthält, der dazu dient, dem Rotor Wechselstrom zu liefern; eine VFG-Erregerstufensteuerung mit einer zweiten Logik, die dazu dient, den Betrieb der VFG-Erregerstufe zu steuern, wobei die zweite Logik ferner dazu dient, einen zweiten Konverter zu starten, der dazu dient, dem Rotor mittels einer an den Rotor angelegten Wechselspannung Strom zuzuführen, einen ersten Konverter zu starten, der dazu dient, dem Stator Strom zuzuführen, und eine Drehzahl des Rotors zu steigern.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0009] Diese und weitere Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden nach dem Lesen der nachfolgenden detaillierten Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen verständlicher, in denen übereinstimmende Teile durchgängig mit übereinstimmenden Bezugszeichen versehen sind:

[0010] Fig. 1 zeigt in einem Blockschaltbild ein exemplarisches System zur Erzeugung elektrischen Stroms.

[0011] Fig. 2 zeigt ein Flussdiagramm eines exemplarischen Verfahrens zum Starten eines elektrischen Generators.

[0012] **Fig.** 3 zeigt vier grafische Darstellungen A–D, die exemplarische Parameter des exemplarischen Verfahrens zum Starten eines elektrischen Generators nach Fig. 2 veranschaulichen.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0013] In der folgenden detaillierten Beschreibung sind zahlreiche spezielle Einzelheiten dargelegt, um ein gründliches Verständnis vielfältiger Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung zu ermöglichen. Der Fachmann wird allerdings verstehen, dass Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung in der Praxis ohne diese speziellen Einzelheiten eingesetzt werden können, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt ist, und dass die vorliegende Erfindung in vielfältigen abgewandelten Ausführungsbeispielen verwirklicht werden kann. Im Übrigen wurden hinlänglich bekannte Verfahren, Prozeduren und Bauelemente nicht im Einzelnen erläutert.

[0014] Weiter können vielfältige Arbeitsschritte als mehrere einzelne Schritte beschrieben sein, die in einer Weise ausgeführt werden, die zum Verständnis der Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung nützlich ist. Allerdings sollte die Reihenfolge der Beschreibung nicht implizieren, dass diese Schritte unbedingt in der unterbreiteten Reihenfolge auszuführen sind, oder dass sie sogar abhängig von der Reihenfolge sind. Darüber hinaus bezieht sich eine wiederholte Verwendung des Ausdrucks ”in einem Ausführungsbeispiel” nicht unbedingt auf dasselbe Ausführungsbeispiel, obwohl dies möglich ist. Schließlich sind die Begriffe ”umfassen”, ”enthalten”, ”mit” und dergleichen in dem hier verwendeten Sinne, falls nicht anders lautend angegeben, als Synonyme zu verstehen.

[0015] Mit Bezug auf Fig. 1 enthält das System **100** einen Generator **102**. In dem veranschaulichten Ausführungsbeispiel ist der Generator **102** ein Gasturbinengenerator mit einem (nicht gezeigten) für 4 kV, 3,6 kA bemessenen Dreiphasenrotor und einem (nicht gezeigten) Stator mit einer Nennspannung von 18 kV, jedoch kann der Generator **102** dem Bedarf der Konstruktion entsprechend für andere Nennbelastungen ausgelegt sein. In dem veranschaulichten Ausführungsbeispiel weist der Generator **102** drei Schleifringe auf. Der Rotor und Stator des Generators **102** sind über einen ersten Schalter (S1) **103** und einen zweiten Schalter (S2) **105** mit einer frequenzveränderlichen Generator-(VFG = Variable Frequency Generator)-Erregerstufe **104** verbunden.

[0016] Die VFG-Erregerstufe **104** enthält ein Gleichstromverbindungselement **106**. Ein Wandler (G1) **112** ist mit dem Gleichstromverbindungselement **106** und über einen Unterbrecher **118** mit einer 3,3 kV-Spannungsquelle **114** verbunden. Die VFG-Erregerstufe **104** enthält ferner einen ersten Konverter (R1) **120** und einen zweiten Konverter (R2) **122**, die jeweils mit dem Gleichstromverbindungselement **106** verbunden sind. R2 ist ebenfalls mit dem Rotor des Generators **102** verbunden. R1 **120** ist mit S1 **103** und S2 **105** verbunden, so dass, wenn S2 **105** geschlossen ist, R1 **120** in Parallelschaltung mit R2 **122** mit dem Rotor des Generators **102** verbunden ist. Wenn S2 **105** geöffnet ist und S1 **103** geschlossen ist, ist R1 **120** mit dem Stator des Generators **102** verbunden. Die VFG-Erregerstufe wird durch eine Steuereinrichtung gesteuert, die einen Prozessor enthält.

[0017] In dem veranschaulichten Ausführungsbeispiel ist der Leistungsausgang des Stators des Generators **102** über einen Unterbrecher **119** mit einer auf der Generatoraufspanneinheit (GSU = Generator Step-up Unit) **128** angeordneten Tertiärwicklung verbunden. Die GSU liefert der 3,3 kV-Spannungsquelle **114** und einem Hochspannungs-(HV)-Netz **130** Strom. Auf dem Weg zu dem Hochspannungsnetz **130** kann ein Unterbrecher **118** angeordnet sein. Betriebsarten des Systems **100** beinhalten den Laufbetrieb und das Starten. Im Laufbetrieb nimmt die VFG-Erregerstufe **104** über den Unterbrecher **118** Wechselstrom von der 3,3 kV-Spannungsquelle **114** auf. Ein Wandler G1 **112** nimmt den Wechselstrom auf und wandelt den Wechselstrom in Gleichstrom um, um dem Gleichstromverbindungselement **106** Strom zuzuführen. Der Wandler G1 **112** kann ferner die Wechselspannung der 3,3 kV-Spannungsquelle **114** vor einer Umwandlung des Wechselstroms in Gleichstrom auf eine geeignete Spannung transformieren.

[0018] R1 **120** und R2 **122** nehmen den Gleichstrom von dem Gleichstromverbindungselement **106** entgegen und wandeln den Gleichstrom für den Rotor des Generators **102** in Wechselstrom (4 kV, 3,6 kA) um. Während des Laufbetriebs ist S1 **103** geöffnet und S2 **105** geschlossen. Somit sind R1 **120** und R2 **122** in Parallelschal-

tung mit dem Rotor des Generators **102** verbunden.

[0019] Der Generator **102** liefert der GSU **128** über einen Generatorunterbrecher **119** Wechselstrom zur Spannungsumwandlung zu. In dem veranschaulichten Ausführungsbeispiel enthält die GSU **128** eine Tertiärwicklung. Die GSU wandelt die Ausgangsspannung (18 kV) des Generators **102** in die geeigneten Spannungen für die 3,3 kV-Spannungsquelle **114** und für das Hochspannungsnetz **130** um. In dem veranschaulichten Beispiel überträgt die GSU **128** 3,3 kV, 12 MVA an die 3,3 kV-Spannungsquelle **114** und 230 MVA an das Hochspannungsnetz **130**. Der Unterbrecher **118** kann zwischen dem Hochspannungsnetz **130** und der GSU **128** angeordnet sein. In Verbindung mit der 3,3 kV-Spannungsquelle **114** und dem Rotor des Generators **102** können (nicht gezeigte) harmonische Filter verwendet werden.

[0020] Während des Anfahrvorgangs nimmt der Stator des Generators **102** von der VFG-Erregerstufe **104** Strom (Drehstrom) auf, um den Generator **102** drehend anzutreiben. Der Rotor des Generators **102** nimmt ebenfalls Strom von der VFG-Erregerstufe **104** auf. Das Drehen des Generators **102** treibt den Primärantrieb des Generators **102** drehend an. Sobald der Primärantrieb mit einer geeigneten Drehzahl rotiert, zündet der Brennstoff in dem Primärantrieb und der Generator **102** beginnt Strom zu erzeugen. Wenn der Generator **102** mit der Stromerzeugung beginnt, kann das System **100** konfiguriert werden, um in einem Laufbetrieb zu arbeiten.

[0021] Diesbezüglich ist während des Anfahrvorgangs der Generatorunterbrecher **119** geöffnet, S1 **103** geschlossen und S2 **105** geöffnet. Somit liefert die VFG-Erregerstufe **104** dem Stator des Generators **102** über R1 **120** Strom, und führt auch dem Rotor des Generators **102** über R2 **122** Strom zu. Sobald der Primärantrieb des Generators **102** gestartet ist, ist die Stromzuführung zu dem Stator des Generators **102** nicht mehr erforderlich, und das System **100** geht in den Laufbetrieb über. R1 **120** wird daher gesperrt, S1 **103** öffnet sich und S2 **105** schließt sich, so dass R1 **120** und R2 **122** parallel geschaltet sind. Die VFG-Erregerstufe **104** setzt die an dem Generatorunterbrecher **119** anliegende Spannung unabhängig von der Drehzahl (innerhalb des Schlupfbereichs) auf Null, und der Generatorunterbrecher kann geschlossen werden, um Strom in das Hochspannungsnetz **130** einzuspeisen.

[0022] Ein rasches und effizientes Starten des Generators **102** kann mit größter Effizienz erreicht werden, wenn der Stator des Generators **102** unter Vorgabe der Konstruktion und Nennleistung der Komponenten in dem System **100** das größtmögliche Drehmoment ausgibt. Es ist daher wünschenswert ein Anfahrverfahren zu verwenden, das es dem Generator **102** erlaubt, ein höheres Drehmoment auszugeben als andere Verfahren.

[0023] Ein exemplarisches Anfahrverfahren ist in Fig. 2 und **Fig.** 3 näher erläutert. Unter Bezugnahme auf Fig. 2 wird in Block **202** R2 **122** mit einer positiven Phasenfolge gestartet. Die Frequenz von R2 **122** sollte die Erzeugung eines nominalen Rotorstroms und nominalen magnetischen Flusses des Generators innerhalb der Nennleistung des Konverters R2 **122** erlauben. In Block **204** wird die Stromstärke gesteigert, bis der Generator **102** den nominalen Sättigungsmagnetfluss erreicht. In Block **206** wird der Konverter R1 **120** gestartet. Die Frequenz des Konverters R1 **120** ist die Frequenz von R2 **122** plus der Drehzahl des Rotors. Zu Beginn ist die Frequenz des R1 **120**, da die Rotordrehzahl gleich Null ist, gleich der Frequenz des R2 **122**. Der Konverter R1 **120** wird die Frequenz und Spannung des R2 **122** abgleichen, um die Stromstärke zu erreichen, die erforderlich ist, um das Solldrehmoment zu erreichen. In Block **208** wird die Stromstärke in dem Stator erhöht, um in dem Generator **102** ein Solldrehmoment zu erreichen. In Block **209** wird das Statorsolldrehmoment mittels des Drehzahlreglers des Generators **102** angepasst, um die Solldrehzahl zu erreichen. Der Drehzahlbefehl kann zeitlich monoton wachsen.

[0024] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 3 ergibt sich aus der grafischen Darstellung A, dass der magnetische Fluss in dem Generator 1 pu ist, während die Generatordrehzahl 0 pu ist. Die Rotorfrequenz beträgt, wie der grafischen Darstellung C zu entnehmen, in etwa 3 Hz, während die Statorstromfrequenz, wie der grafischen Darstellung B zu entnehmen, etwa 0,05 pu beträgt. In dem veranschaulichten Ausführungsbeispiel beträgt die Nennfrequenz der Maschine 60 Hz, so dass 3 Hz an dem Rotor mit dem Wert 0,05 pu an dem Stator gleichzusetzen ist, d. h. die Stator- und Rotorfrequenz stimmen überein. Mit Bezug auf die graphische Darstellung D ist die Rotorspannung bei etwa 3,3 kV konstant, und die Statorspannung beträgt etwa 1,1 kV.

[0025] Wie den grafischen Darstellungen D und B zu entnehmen, steigen mit wachsender Drehzahl auch die Spannung und Frequenz des Stators. In Anwort auf das Erreichen der nominale Statorspannungsgrenze durch den Stator wird in Block **210** die Phasenfolge des Rotors in Block **212** umgekehrt.

[0026] Sobald die Phasenfolge des Rotors umgekehrt ist, wird die Frequenz und Spannung des Stators reduziert. Da die Drehzahl weiter steigt, wird die Statorfrequenz und Spannung wieder steigen. In Block **215** fährt das Verfahren in Antwort auf das Erreichen der nominalen Statorspannungsgrenze des Stators in Block **214** mit Block **216** fort. In dem veranschaulichten Beispiel erreicht die Statorspannung die Nenngrenze bei einer Drehzahl von etwa 0,22 pu.

[0027] In Block **216** wird der Rotorstrom reduziert, um den magnetischen Fluss zu verringern, so dass R1 **120** und R2 **122**, während die Drehzahl weiter ansteigt, bei einer konstanten Spannung arbeiten. Die konstante Spannung kann beispielsweise gleich den entsprechenden nominalen Spannungen von R1 **120** und R2 **122** sein. Die grafische Darstellung A veranschaulicht die Verringerung des magnetischen Flusses in dem Generator, während die Drehzahl des Generators erhöht wird. Aus der grafischen Darstellung D ist zu ersehen, dass die Spannung des Stators konstant bleibt, wenn die nominale Spannung des Stators erreicht ist.

[0028] Sobald die nominale Startdrehzahl des Primärantriebs (z. B. einer Gasturbine) erreicht ist, kann der Primärantrieb gestartet werden, und das System kann abgeglichen werden, um den Generator **102** in einem Laufbetriebsmodus zu betreiben, wie in Block **218** gezeigt.

[0029] Die folgende Tabelle fasst das Verfahren von Fig. 2 übersichtlich zusammen. Diesbezüglich sind drei allgemeine Stadien des Anfahrvorgangs vorhanden, die den Blöcken von Fig. 2 entsprechen.

Betriebsart	I	II	III
Entsprechende Blöcke von Fig. 2	**202–210**	**212–215**	**216**
Drehzahlbereich	0 bis Drehzahl 1	Drehzahl 1 bis Drehzahl 2	> Drehzahl 2
Magnetischer Fluss des Generators	nominal	nominal	abnehmend
Rotorstrom	konstant	konstant	abnehmend
Rotorfrequenz	minimal	minimal	steigend
Rotorphasenfolge	positiv	negativ	negativ
Rotorspannung	nominal	nominal	nominal
Statorfrequenz	von Minimum ausgehend steigend	von Minimum ausgehend steigend	steigend
Statorphasenfolge	positiv	positiv	positiv
Statorspannung	bis zum Nominalwert steigend	bis zum Nominalwert steigend	nominal

[0030] Die vorliegende Beschreibung verwendet Beispiele, um die Erfindung einschließlich des besten Modus zu offenbaren, und um außerdem jedem Fachmann zu ermöglichen, die Erfindung in die Praxis umzusetzen, beispielsweise beliebige Einrichtungen und Systeme herzustellen und zu nutzen und beliebige damit verbundene Verfahren durchzuführen. Der patentfähige Schutzumfang der Erfindung ist durch die Ansprüche definiert und kann andere dem Fachmann in den Sinn kommende Beispiele umfassen. Solche anderen Beispiele sollen in den Schutzumfang der Ansprüche fallen, falls sie strukturelle Elemente aufweisen, die sich von dem wörtlichen Inhalt der Ansprüche nicht unterscheiden, oder falls sie äquivalente strukturelle Elemente mit unwesentlichen Unterschieden gegenüber dem wörtlichen Inhalt der Ansprüche enthalten.

[0031] Geschaffen ist ein exemplarisches Verfahren zum Starten eines Generators, wobei zu dem Verfahren die Schritte gehören: Starten eines Rotors mittels einer an den Rotor angelegten Wechselspannung; Starten eines Stators; und Steigerung einer Drehzahl des Rotors.

Bezugszeichenliste

102	Generator
104	frequenzveränderliche Generator-(VFG)-Erregerstufe
103	erster Schalter (S1)
105	zweiter Schalter (S2)
106	Gleichstromverbindungselement
112	Wandler (G1)
114	3,3 kV-Spannungsquelle
118	Unterbrecher
119	Unterbrecher
120	erster Konverter (R1)
122	zweiter Konverter (R2)
128	Generatoraufspanneinheit (GSU)
130	Hochspannungs-(HV)-Netz

Patentansprüche

1. Verfahren zum Starten eines Generators (**102**), wobei das Verfahren die Schritte aufweist:
Starten eines Rotors (Rotor) mittels einer an den Rotor (Rotor) angelegten Wechselspannung;
Starten eines Stators (Stator); und
Steigern einer Drehzahl des Rotors (Rotor).

2. Verfahren nach Anspruch 1, zu dem ferner der Schritt gehört, eine Stromstärke in dem Rotor (Rotor) zu erhöhen, bis der Generator (**102**) einen nominalen Sättigungsmagnetfluss erreicht.

3. Verfahren nach Anspruch 1, zu dem ferner der Schritt gehört, in Antwort auf das Starten des Stators (Stator) eine Stromstärke in dem Stator (Stator) zu erhöhen, um ein Statorsolldrehmoment zu erreichen.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Rotor (Rotor) mit einer ersten Phasenfolge gestartet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, ferner mit dem Schritt, in Antwort darauf, dass eine Statorspannung eine nominale Statorspannungsgrenze erreicht, die erste Phasenfolge eines Rotorkonverters (**120**) umzukehren, wobei das Umkehren der Phasenfolge des Rotorkonverters (**120**) die Statorspannung senkt.

6. Verfahren nach Anspruch 1, zu dem ferner der Schritt gehört, eine Drehzahl des Generators (**102**) zu steigern, bis eine Statorspannung eine nominale Statorspannungsgrenze erreicht.

7. Verfahren nach Anspruch 1, zu dem ferner der Schritt gehört, eine Frequenz des Stroms in dem Rotor (Rotor) und eine Drehzahl des Rotors (Rotor) und eine Frequenz des Stroms in dem Stator (Stator) und die Drehzahl des Generators (**102**) zu steigern, bis eine erste Drehzahl des Generators (**102**) erreicht ist.

8. Verfahren nach Anspruch 1, zu dem ferner der Schritt gehört, eine Frequenz des Stroms in dem Rotor (Rotor) und eine Drehzahl des Rotors (Rotor) und eine Frequenz des Stroms in dem Stator (Stator) und die Drehzahl des Generators zu steigern, bis eine Anfahrdrehzahl eines Primärantriebs des Generators (**102**) erreicht ist.

9. Verfahren zum Starten eines Generators (**102**), wobei das Verfahren die Schritte aufweist:
Starten eines Rotors (Rotor);
Starten eines Stators (Stator) mit einer ersten Phasenfolge;
Steigern einer Drehzahl des Rotors (Rotor); und
Anwenden einer zweiten Phasenfolge auf den Rotor (Rotor).

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die zweite Phasenfolge gegenüber der ersten Phasenfolge entge-

gengesetzt ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

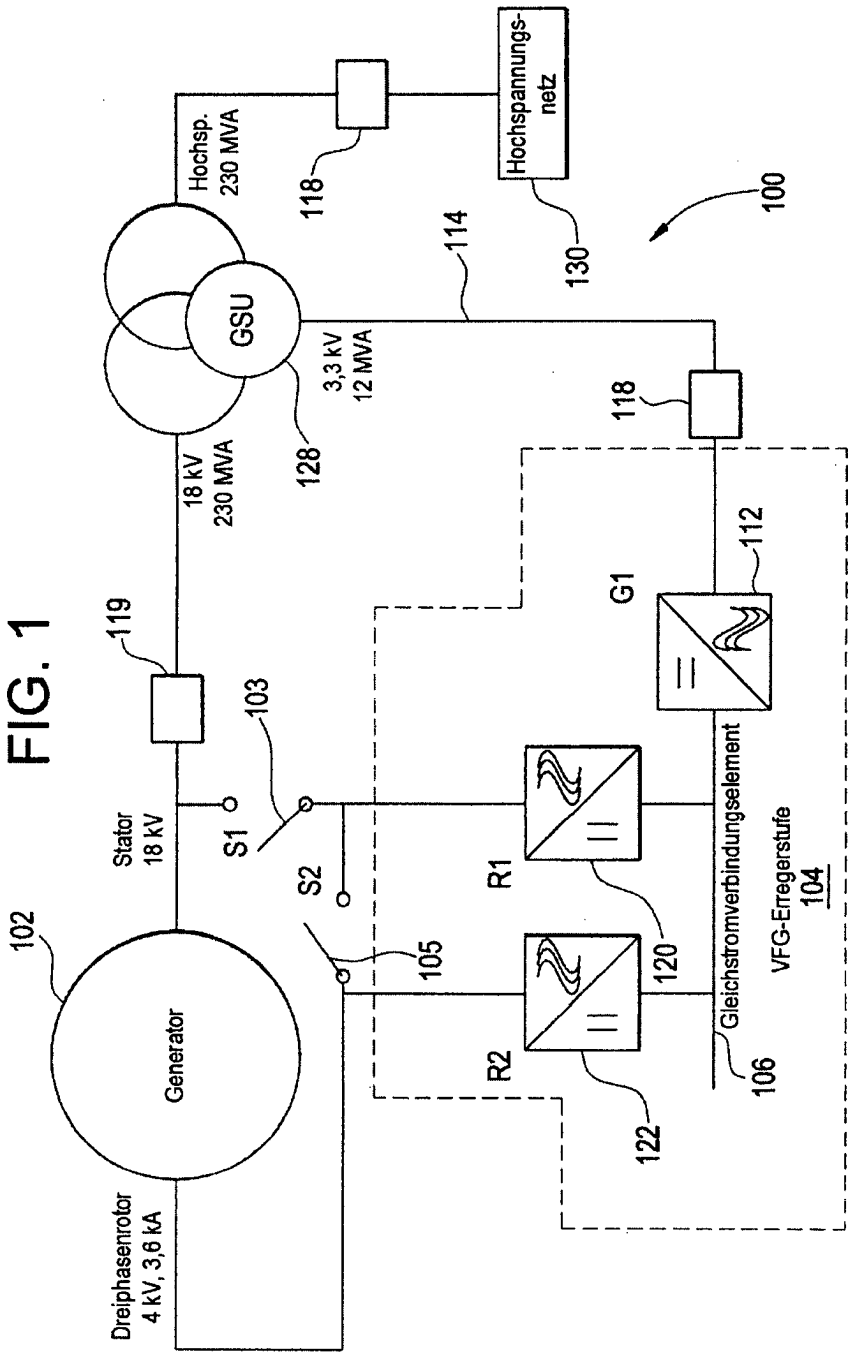


FIG. 2

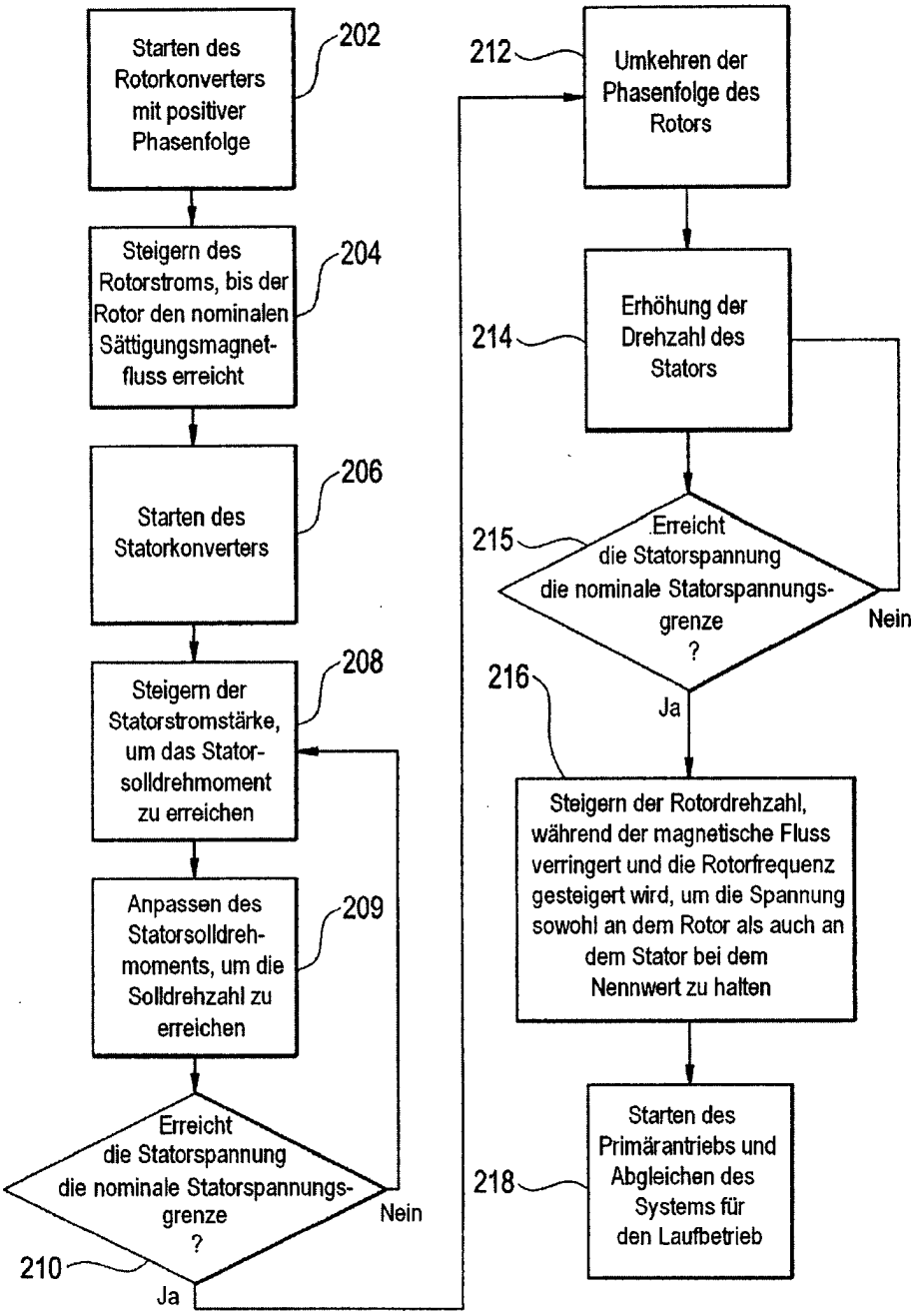
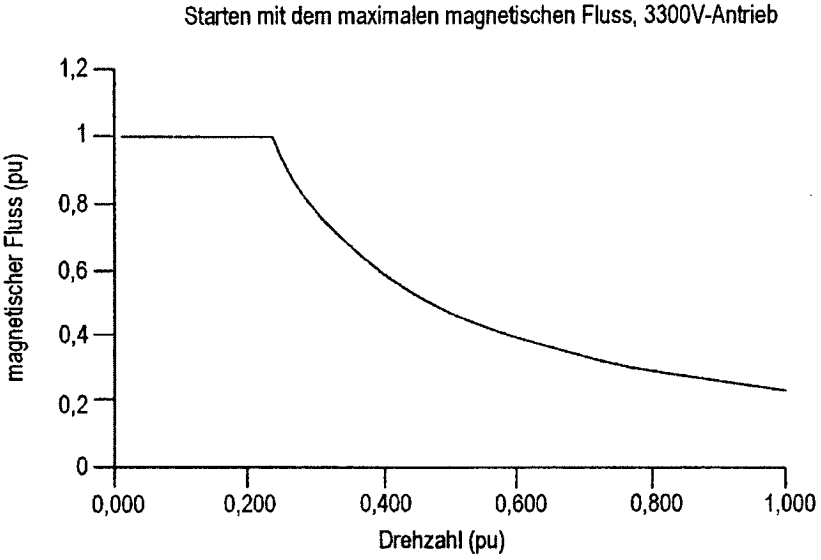

Starten des Rotorkonverters mit positiver Phasenfolge
202
Steigern des Rotorstroms, bis der Rotor den nominalen Sättigungsmagnet-fluss erreicht
204
Starten des Statorkonverters
206
Steigern der Statorstromstärke, um das Stator-solldrehmoment zu erreichen
208
Anpassen des Statorsolldreh-moments, um die Solldrehzahl zu erreichen
209
Erreicht die Statorspannung die nominale Statorspannungs-grenze ?
Nein
210
Ja
212
Umkehren der Phasenfolge des Rotors
Erhöhung der Drehzahl des Stators
214
Erreicht die Statorspannung die nominale Statorspannungs-grenze ?
215
Nein
Ja
216
Steigern der Rotordrehzahl, während der magnetische Fluss verringert und die Rotorfrequenz gesteigert wird, um die Spannung sowohl an dem Rotor als auch an dem Stator bei dem Nennwert zu halten
Starten des Primärantriebs und Abgleichen des Systems für den Laufbetrieb
218

FIG. 3A



0,9

FIG. 3B

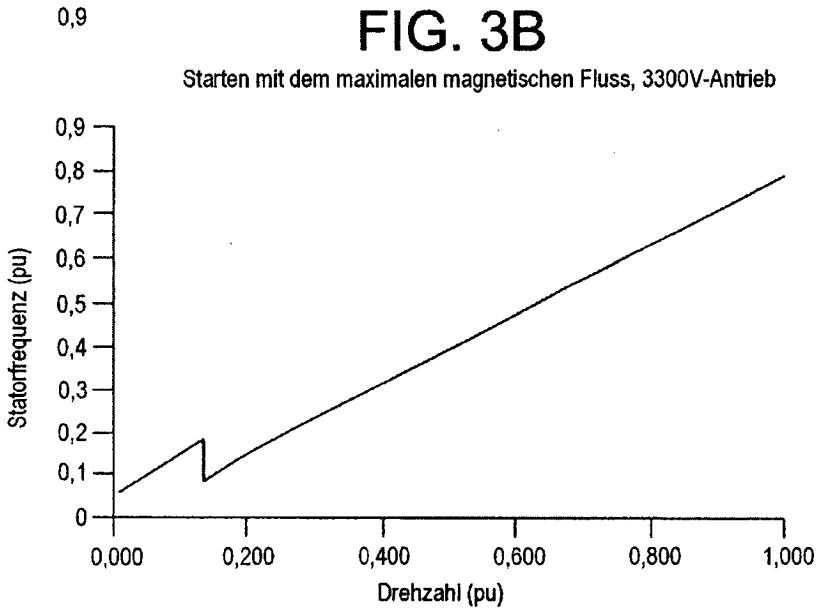


FIG. 3C

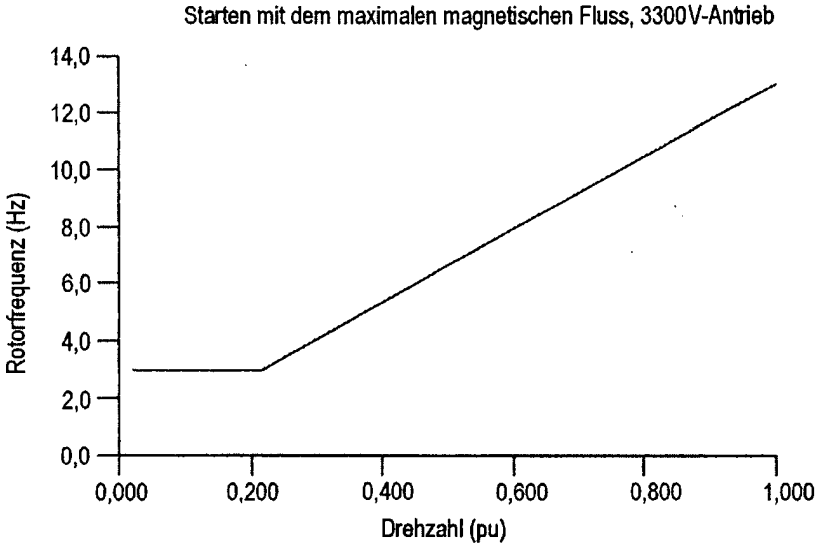
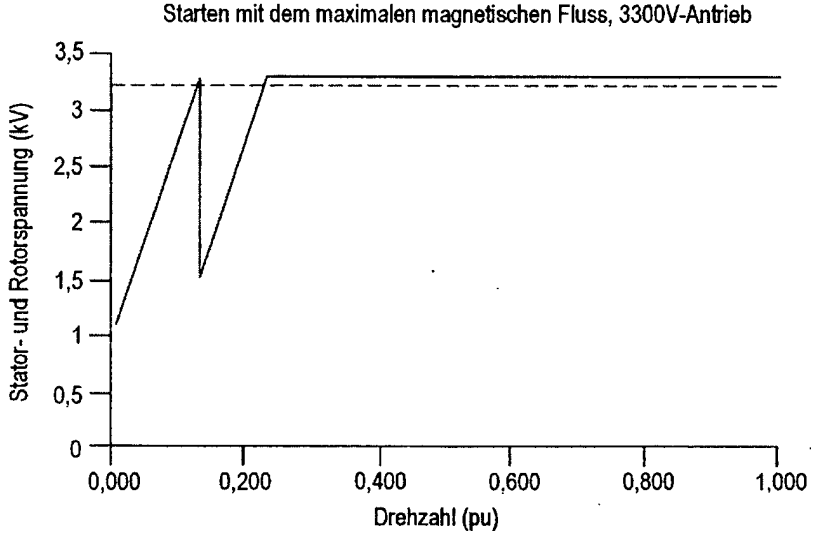

Starten mit dem maximalen magnetischen Fluss, 3300V-Antrieb
Rotorfrequenz (Hz)
14,0
12,0
10,0
8,0
6,0
4,0
2,0
0,0
0,000
0,200
0,400
0,600
0,800
1,000
Drehzahl (pu)

FIG. 3D


Starten mit dem maximalen magnetischen Fluss, 3300V-Antrieb
Stator- und Rotorspannung (kV)
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
0,000
0,200
0,400
0,600
0,800
1,000
Drehzahl (pu)