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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
7. August 2003 (07.08.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/065567 A1

(51) Internationale Patentklassifikation[7]: H02P 9/10, 7/635

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE03/00172

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. Januar 2003 (23.01.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 03 468.0 29. Januar 2002 (29.01.2002) DE
102 06 828.3 18. Februar 2002 (18.02.2002) DE

(71) Anmelder und
(72) Erfinder: FEDDERSEN, Lorenz [DE/DE]; Professor-Mensing-Strasse 11, 24937 Flensburg (DE).

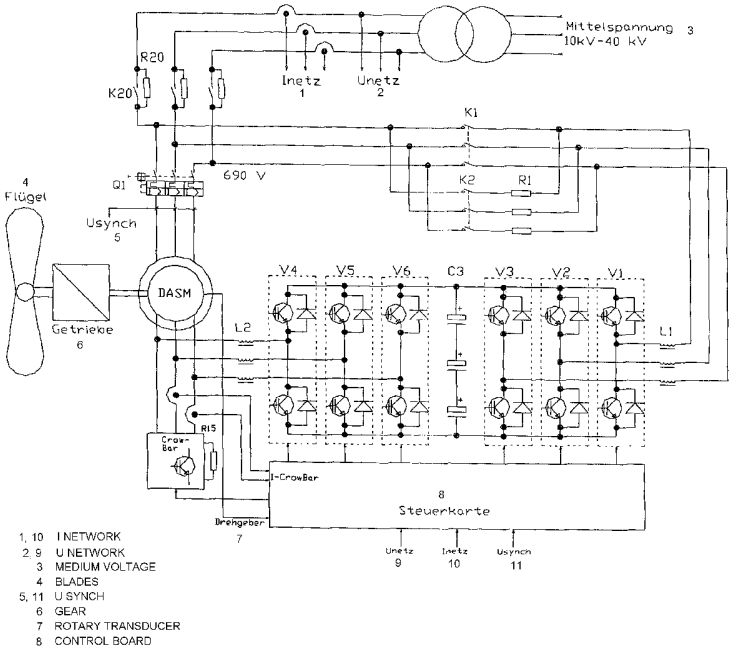
(74) Anwälte: SCHEFFLER, Jörg; Tergau & Pohl, Hildesheimer Strasse 133, 30173 Hannover usw. (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(national)*: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: CIRCUIT TO BE USED IN A WIND POWER PLANT

(54) Bezeichnung: SCHALTUNGSANORDNUNG ZUM EINSATZ BEI EINER WINDENERGIEANLAGE



(57) Abstract: The invention relates to a circuit with a variable rotational speed to be used particularly in a wind power plant, comprising a double fed asynchronous generator (DASM), a crow-bar, an additional resistor (R15) and a converter. In order to meet the requirements of the network provider, whereby a particularly permanent coupling to the network should be ensured so that the wind power plant can start up and stabilize the network during and after medium voltage short circuit in the network, the additional resistor can be regulated with the aid of a fast switch in such a way that the converter can be provisionally disconnected at least partly in case of a short circuit in the network. The rotor current is momentarily assumed by the additional resistor and disconnected after the rotor short circuit current dies out so that the converter can be subsequently connected once again and so that it can supply the desired active short circuit current to the network.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/065567 A1

(84) Bestimmungsstaaten *(regional)*: ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine insbesondere zum Einsatz bei einer Windenergieanlage mit variabler Drehzahl bestimmte Schaltungsanordnung umfassend einen doppelt gespeisten Asynchrongenerator (DASM), einer Crow-Bar, einen Zusatzwiderstand (R15) und einen Umrichter. Um die Anforderungen der Netzbetreiber erfüllen zu können, bei der insbesondere eine dauerhafte Netzkoppelung, damit die Windenergieanlage während und nach beendetem Mittelspannungsnetzkurzschluss das Netz wieder aufbauen und stabilisieren kann, gewährleistet werden kann, wird erfindungsgemäss vorgeschlagen, dass der Zusatzwiderstand mit Hilfe eines schnellen Schalters derart regelbar ist, dass der Umrichter im Netzkurzschlussfall zumindest teilweise vorübergehend abschaltbar ist. Dadurch wird der Rotorstrom mittels des Zusatzwiderstandes kurzzeitig übernommen und nach Abklingen des Rotorkurzschlussstromes abgeschaltet, so dass der Umrichter anschliessend wieder zuschaltbar ist und den gewünschten aktiven Kurzschlussstrom ins Netz liefern kann.

Schaltungsanordnung zum Einsatz bei einer Windenergieanlage

Die Erfindung betrifft eine insbesondere zum Einsatz bei einer Windenergieanlage mit variabler Drehzahl bestimmte Schaltungsanordnung umfassend einen doppeltgespeisten Asynchrongenerator, einen Zusatzwiderstand und einen Umrichter.

Solche zum Einsatz bei drehzahlvariablen Windenergieanlagen vorgesehene Schaltungsanordnungen werden in der Praxis vielfach eingesetzt und zählen daher durch offenkundige Vorbenutzung zum Stand der Technik. Im Betrieb erweist es sich jedoch beim Einsatz doppeltgespeister Asynchronmaschinen (DASM) als hinderlich, dass diese sich im Falle eines Netzkurzschlusses auf der Mittelspannungsebene vom Netz trennen. Daher kann die erwünschte Netzstabilisierung durch eine Windkraftanlage, die mit einer doppeltgespeisten Asynchronmaschine betrieben wird, nicht realisiert werden.

In der Vergangenheit erfolgte die erforderliche Netzstabilisierung daher durch die Netzbetreiber mit konventionellen Kraftwerken. Aufgrund der schnell steigenden Anzahl der Windkraftanlagen und der damit verbundenen rasch ansteigenden Leistung, die inzwischen die Größe konventioneller Kraftwerke erreicht haben, müssen jedoch auch die Anforderungen der Windkraftanlagen an diejenigen der konventionellen Kraftwerke angepasst werden. Insbesondere wird zunehmend eine dauerhafte Netzkoppelung verlangt, damit die Windenergieanlage während und nach beendetem Mittelspannungsnetzkurzschluss das Netz wieder aufbauen und stabilisieren kann.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schaltungsanordnung zum Einsatz bei Windkraftanlagen mit einer Asynchronmaschine zu schaffen, mittels der die erhöhten Anforderungen an moderne Windkraftanlagen, insbesondere hinsichtlich der Netzstabilisierung, erfüllt werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einer Schaltungsanordnung gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Die Unteransprüche betreffen besonders zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung.

Erfindungsgemäß ist also eine Schaltungsanordnung vorgesehen, bei welcher der Zusatzwiderstand mittels eines schnellen Schalters derart regelbar ist, dass der Umrichter im Netzkurzschlussfall zumindest teilweise vorübergehend abschaltbar ist, um den Rotorstrom mittels des Zusatzwiderstandes kurzzeitig zu übernehmen, und nach Abklingen des Rotorkurzschlussstromes zur aktiven Einkopplung eines Kurzschlussstromes ins Netz wieder zuschaltbar ist.

Hierdurch können die erhöhten Netzanforderungen im Betrieb der mit einem Asynchrongenerator ausgestatteten Windkraftanlage zur Netzstabilisierung optimal erfüllt werden, weil dabei im Falle eines Netzkurzschlusses auf der Mittelspannungsebene keine Trennung vom Netz eintritt. Hierzu ist im Rotorkreis beispielsweise ein als regelbarer Lastwiderstand ausgeführter Zusatzwiderstand oder ein Crow-Bar, der hierzu mit dem Zusatzwiderstand ausgestattet ist, eingefügt worden, der beim Eintreten des Netzkurzschlussfalls die Rotorkurzschlussenergie aufnimmt und anschließend, nach Abklingen des Kurzschlussstromes, abgeschaltet wird. Der Lastwiderstand wird mit einem insbesondere aktiv abschaltbaren Schalter geregelt, der insbesondere kein natürlich kommutierter Thyristor ist. Der vorhandene Rotorwechselrichter des Vier-Quadranten-Umrichters wird sofort nach Eintreten des Netzkurzschlusses kurzzeitig deaktiviert und nach Abklingen des Kurzschlussausgleichsvorganges, wobei der Schwellenwert vorteilhafter Weise unterhalb eines Rotorwechselrichternennstromes liegt, wieder aktiviert und speist dann während des Netzkurzschlusses und bei wiederkehrender Netzspannung die erforderliche Leistung in das Netz.

Als besonders vorteilhaft erweist sich dabei eine Abwandlung der vorliegenden Erfindung, bei welcher die Schaltungsanordnung mehrere abhängig oder unabhängig voneinander schaltbare Widerstände aufweist. Hierdurch wird erreicht, dass der hohe Rotorkurzschlussstrom, der häufig 1000 A übersteigt, auf mehrere Schalter aufgeteilt werden kann, da diese

abschaltbaren Schalter für den Gesamtstrom sehr aufwendig parallel geschaltet werden müssen.

Besonders vorteilhaft ist auch eine Schaltungsanordnung mit einem Zweipunktregler, zur Regelung des Zusatzwiderstandes, weil dadurch eine sehr einfache, schnelle und robuste Regelung aufgebaut werden kann.

Hierbei erweist sich eine weitere Abwandlung als besonders zweckmäßig, wenn die Regelung des aktiven Schalters mit einer Pulsweitenmodulation mit einer festen Taktfrequenz erfolgt, weil auf diese Weise eine digitale Regelung mit einer festen Taktfrequenz erfolgen kann.

Weiterhin ist es auch besonders Erfolg versprechend, wenn die Regelung des aktiven Schalters mit einem P-Regler, PI-Regler oder PID-Regler erfolgt. Hierdurch wird erreicht, dass beim Eintreten des Netzkurzschlusses der Rotorkurzschlussstrom bzw. die Rotorklemmspannung optimal geregelt werden können.

Besonders vorteilhaft ist auch eine Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung, bei der im Netzkurzschlussfall kapazitiver Strom oder induktiver Strom in den Kurzschluss geliefert wird, weil dadurch je nach Anforderung der Netzbetreiber das Netz optimal stabilisiert werden kann. Üblicherweise wird ein kapazitiver Strom erwünscht, um die induktiven Netzverbraucher zu versorgen.

Weiterhin ist es besonders sinnvoll, wenn im Netzkurzschlussfall eine Übertragung von Blindleistung in den Kurzschluss ausgeschlossen ist, weil dann der geringste Strom in den Kurzschluss gespeist wird, um vorhandene Mittelspannungsschalter nicht zu überlasten.

Außerdem ist nach einer weiteren besonders vorteilhaften Ausgestaltung im Statorkreis kurzzeitig eine Zusatzimpedanz eingefügt, um den Stator und Rotorstrom zu begrenzen. Durch das bedarfsweise Einfügen der Zusatzimpedanz kann der Stator- und Rotorstrom bei wiederkehrender Netzspannung begrenzt werden.

Besonders zweckmäßig ist auch eine Ausführungsform, bei der im Statorkreis parallel zur Zusatzimpedanz ein schnelles Schütz eingesetzt ist, um so die Zusatzimpedanz im normalen Betrieb zu überbrücken und keine Verluste zu erzeugen.

Ferner ist es auch besonders Erfolg versprechend, wenn im Statorkreis parallel zum Widerstand zumindest ein Thyristor mit natürlicher Kommutierung eingesetzt ist. Hierdurch wird erreicht, dass, verglichen mit aktiv abschaltbaren Schaltern, reduzierte Verluste im Normalbetrieb entstehen und die Kosten geringer sind.

Weiterhin kann die Schaltungsanordnung in besonders vorteilhafter Weise so ausgeführt sein, dass am Zwischenkreis des Umrichters ein geregelter Widerstand betrieben wird, weil dadurch einige Bauteile in der Crow-Bar gespart werden können und die Regelung des Rotorwechselrichters dauerhaft den Rotorphasenstrom misst.

Eine andere besonders zweckmäßige Ausgestaltung der Erfindung wird auch dann erreicht, wenn sowohl in der Crow-Bar als auch am Zwischenkreis des Umrichters ein geregelter Widerstand betrieben wird. Hierdurch wird erreicht, dass eine Leistungsaufteilung erfolgt und kleinere Einzelschalter eingesetzt werden können. Gegen Ende des Ausgleichsvorganges des Rotorkurzschlussstromes erfolgt die Übernahme des gesamten Rotorstromes, und die Regelung des Rotorwechselrichters misst dann den gesamten Phasenstrom.

Weiterhin wird eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung auch dann erreicht, wenn bei wiederkehrender Netzspannung der Rotorwechselrichter abgeschaltet, der Überstrom dann durch den regelbaren Widerstand übernommen wird, um nach Abklingen des Überstromes und Abschalten des geregelten Widerstandes den Rotorstrom aktiv zu übernehmen. Hierdurch wird eine mögliche Abschaltung bzw. Netztrennung der Windenergieanlage bei insbesondere plötzlich wiederkehrender Netzspannung vermieden.

Die Erfindung lässt verschiedene Ausführungsformen zu. Zur weiteren Verdeutlichung ihres Grundprinzips ist eine davon in der Zeichnung dargestellt und wird nachfolgend beschrieben. Diese zeigt in

Fig.1 eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung;

Fig.2 einen möglichen Kurzschlussverlauf;

Fig.3 Schaltungsanordnung mit regelbarem Rotorwiderstand und Zusatzstatorwiderstand;

Fig.4 einen Spannungs- und Strom-Zeitverlauf mit Zusatzwiderstand;

Fig.5 Schaltungsanordnung mit verstärkten Inverterdioden und regelbarem Lastwiderstand im Zwischenkreis.

Figur 1 zeigt eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung. Im Normalbetrieb ist ein Schalter V15, beispielsweise IGBT, GTO, IGCT, abgeschaltet und die Crow-Bar ist völlig inaktiv. Der volle Rotorstrom fließt in einen Umrichter und wird von diesem geregelt. Sofern ein Netzkurzschluss auf der Mittelspannung auftritt, liefert ein Asynchrongenerator bedingt durch die volle Erregung einen Ausgleichskurzschlussstrom zum Kurzschluss. Der Strom wird nur durch die Streuinduktivitäten des Asynchrongenerators und Mittelspannungstransformators begrenzt, wobei der maximale Strom folgenden Wert erreicht:

$$I_{Stator} \approx 1.8 \bullet \frac{U_{Netz}}{Xtr + X1 + X2'}$$

Dabei ist X*tr* die gesamte Streuimpedanz des Transformators, X1 die Streuimpedanz des Stators und X2' die Streuimpedanz des Rotors. Der maximale Statorstrom liegt bei einem Kurzschluss an der Mittelspannung in der Praxis in der Größenordnung von bis zu dem 8-fachen Statornennstrom. Der Rotorstrom ist transformatorisch mit dem Statorstrom gekoppelt und erreicht auch bis zu dem 8-fachen des Rotornennstromes. Dieser hohe Ausgleichstrom kann nicht technisch sinnvoll vom Umrichter geführt bzw. aufgenommen werden. Beim Eintritt des Kurzschlusses wird ein Rotorwechselrichter bedingt durch den Überstrom abgeschaltet. Der Rotorstrom fließt weiter über Freilaufdioden des Rotorwechselrichters und lädt einen Zwischenkreis C3 auf. Gleichzeitig steigt die Spannung über einen Kondensator C10 in der Crow-Bar. Beim Erreichen eines Spannungsgrenzwertes über den Kondensator C10 wird der Schalter V15 eingeschaltet. Ein Widerstand R15 übernimmt den gesamten gleichgerichteten Rotorstrom, und die Spannung über den Kondensator C10 sinkt unter den Spannungsgrenzwert, so dass der Schalter V15 abgeschaltet wird. Die Spannung steigt anschließend über den Kondensator C10, bedingt durch den Rotorstrom, wieder an und der Schalter V15 wird wieder eingeschaltet. Die Stromänderungsgeschwindigkeit und damit auch die Taktfrequenz werden durch L15 bestimmt. Die Taktfrequenz liegt bis in den kHz-Bereich und kann nicht durch natürliche Kommutierung von Thyristoren erfolgen, da die Rotorfrequenz bei maximal 15 Hz liegt. Mit dieser Zweipunkt-Regelung wird eine konstante Gegenspannung für die Rotorspannung erzeugt und der Ausgleichstrom klingt bedingt durch die konstant hohe Gegenspannung in kürzester Zeit ab. Der gesamte Strom ist vom Rotorwechselrichter in die Crow-Bar kommutiert. Der Umrichterstrom ist nahe null. Der Crow-Bar Strom wird von der Steuerkarte gemessen und ausgewertet. Der Lastwiderstand ist für den maxi-

malen Strom ausgelegt und die Einschaltdauer des Schalters V15 ist anfangs nahe 100 %. Mit sinkendem Ausgleichstrom wird die Einschaltdauer geringer und liegt beim Rotornennstrom bei ca. 12 %, was in etwa 1/8 des maximalen Stromes entspricht. Denkbar wären auch mehrere Widerstände, die einzeln zu und abgeschaltet werden können. Unterschreitet der Ausgleichstrom den Rotornennstrom, so wird der Schalter V15 ganz abgeschaltet und der Rotorstrom kommutiert in den Umrichter zurück. Der Umrichter nimmt seinen Betrieb und die Regelung auf und speist aktiv in den Kurzschluss. Während der regelbare Widerstand aktiv ist, kann der Netzwechselrichter abgeschaltet werden, es ist aber auch der gleichzeitige Betrieb möglich. In der Crow-Bar ist aus Sicherheitsgründen ein Thyristor V10 vorgesehen, der selbständig die Spannung misst und bei Versagen von dem Schalter V15 oder beim direkten Generatorkurzschluss gezündet wird. L10 verhindert einen zu schnellen Stromanstieg, um den Thyristor V10 nicht zu zerstören. Dabei verhindert D10 eine Schnellentladung von einem Kondensator C10 durch den Schalter V15. Die Regelung des Schalters V15 kann entweder direkt in der Crow-Bar oder durch die Steuerkarte des Umrichters erfolgen.

Ein möglicher Kurzschlussverlauf ist in Fig. 2 dargestellt, wobei die gestrichelte Linie die Mittelspannung und die durchgezogene Linie die Netzspannung darstellt. Der Kurzschluss tritt im Augenblick 0 msec. auf. Der Strom springt sofort auf den Maximalwert und klingt dann, bedingt durch den Ausgleichsvorgang, ab. Der hohe Strom wird von der Crow-Bar bzw. Widerstand aufgenommen. Beim Unterschreiten des Rotornennstromes wird der Strom wieder durch den Umrichter übernommen und geregelt. Der Generator wird übererregt und liefert während des Netzkurzschlusses kapazitive Blindleistung ans Netz. Es kann aber auch induktiver Strom in den Kurzschluss gespeist werden. Die Vorgabe kann frei gewählt werden. Die Netzspannung liegt, bedingt durch den Spannungsabfall über den Mittelspannungstransformator, in der Größe von ~ 20 % von der Nennspannung. Im Augenblick der Spannungswiederkehr steigt die Spannung nicht schlagartig auf den Nennwert, sondern über eine dU/dt Flanke. Durch die Flankensteilheit der wiederkehrenden Netzspannung und der Zeitkonstante des Generators tritt ein dynamischer Überstrom im Stator und Rotor auf. Dieser Überstrom muss vom Umrichter geliefert werden können und führt nicht zur Abschaltung des Rotorwechselrichters. Ist die Flankensteilheit zu groß oder liegt ein Phasenfehler zwischen der Generatorspannung und der wiederkehrenden Netzspannung vor, so wird der dynamische Überstrom bzw. Ausgleichsstrom zu hoch, der Rotorwechselrichter wird abgeschaltet. Der regelbare Widerstand übernimmt auch hier kurzzeitig den Ausgleichsstrom und nach Unterschreiten des Rotornennstromes wird der Widerstand abgeschaltet und der Rotorwechselrichter übernimmt wieder seine Regelung. Während des Spannungseinbruches und bei wie-

derkehrender Spannung wird der regelbare Widerstand kurzeitig aktiviert. Der Rotorwechselrichter ist während dieser Zeit abgeschaltet.

Bei extrem schnellen Spannungsanstiegszeiten kann in den Statorkreis eine Zusatzimpedanz, beispielsweise durch einen Widerstand oder eine Drossel, eingefügt werden. Ein solches System ist in der Figur 3 dargestellt. Zwischen dem Mittelspannungstransformator und dem Generator- Umrichter -system ist ein Schütz K20 eingefügt. Über dem Schütz K20 liegt parallel ein Widerstand R20. Tritt der Kurzschlussfall auf, so wird der Schütz K20 geöffnet und der Statorstrom fließt durch den Widerstand R20.

In der Figur 4 ist der Spannungs-Zeitverlauf mit Zusatzwiderstand dargestellt. Der Statorstrom wird begrenzt und klingt schneller, als nur mit der geregelten Crow-Bar, ab. Das Schütz muss sehr schnell schalten, damit bei sehr kurzen Spannungseinbrüchen der Widerstand aktiv ist. Es kann auch ein antiparalleler Thyristorschalter mit natürlicher Kommutierung eingesetzt werden, der beispielsweise eine Abschaltzeit von 6,7 msec. bei 50 Hz aufweist. Dieses ergibt einen schnellen Schalter, aber hat den Nachteil von hohen Verlusten, verglichen mit der Schütz-Lösung. In der Figur 4 ist der Schalter nach 10 msec. geöffnet. Nach dem Ausgleichsvorgang übernimmt der Umrichter wiederum die Regelung. Die Restnetzspannung ist, bedingt durch den zusätzlichen Spannungsabfall über den Widerstand, höher als ohne Zusatzimpedanz im Stator. Bei der wiederkehrenden Spannung begrenzt der zusätzliche Widerstand den dynamischen Statorstromanstieg und erlaubt höhere Spannungsflanken bzw. geringere Überströme.

Die Freilaufdioden von IGBT-Modulen sind nicht für sehr hohe Pulsströme ausgelegt. Daher wurden die Bauteile des geregelten Widerstandes in die Crow-Bar gelegt. Eine Schaltungsanordnung mit leistungsstarken Freilaufdioden zeigt Figur 5. Der Schalter V15 wird direkt mit dem Zwischenkreis des Umrichters gekoppelt und regelt direkt die Zwischenkreisspannung. Dieses würde den gesamten Aufbau vereinfachen. Die zusätzliche Standard-Crow-Bar bleibt für Extremsituationen erhalten.

Denkbar ist auch der völlige Verzicht der Crow-Bar. In diesem Fall muss der Zusatzwiderstand für alle Extremsituationen ausgelegt werden. Im Kurzschlussfall werden die Rotorwechselrichter IGBTs abgeschaltet und der Rotorkurzschlussstrom fließt durch die Freilaufdioden in den Zwischenkreis. Beim Überschreiten eines Grenzwertes wird der Zusatzwiderstand aktiviert und die Kurzschlussenergie im Zusatzwiderstand aufgenommen. Nach Abklingen des Kurzschlussstromes wird der Rotorwechselrichter wieder aktiviert und der Zu-

satzwiderstand wird abgeschaltet. Es kann auch zuerst der Zusatzwiderstand abgeschaltet und der Rotorwechselrichter zugeschaltet werden. Es ist auch ein gleichzeitiger Betrieb des Zusatzwiderstandes und des Rotorwechselrichters möglich.

PATENTANSPRÜCHE

1. Eine insbesondere zum Einsatz bei einer Windenergieanlage mit variabler Drehzahl bestimmte Schaltungsanordnung umfassend einen doppelt gespeisten Asynchrongenerator, einen Zusatzwiderstand und einen Umrichter, dadurch gekennzeichnet, dass der Zusatzwiderstand mittels eines Schalters derart regelbar ist, dass der Umrichter im Netzkurzschlussfall zumindest teilweise vorübergehend abschaltbar ist, um den Rotorstrom mittels des Zusatzwiderstandes kurzzeitig zu übernehmen, und nach Abklingen des Rotorkurzschlussstromes zur aktiven Einkopplung eines Kurzschlussstromes ins Netz wieder zuschaltbar ist.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Umrichter nach Abklingen des Rotorkurzschlussstromes unterhalb eines Rotorwechselrichternennstromes zuschaltbar ist.

3. Schaltungsanordnung nach den Ansprüchen 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltungsanordnung mehrere abhängig oder unabhängig voneinander schaltbare Widerstände aufweist.

4. Schaltungsanordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen Zweipunktregler zur Regelung des Zusatzwiderstandes.

5. Schaltungsanordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelung des Schalters mit einer Pulsweitenmodulation mit einer festen Taktfrequenz erfolgt.

6. Schaltungsanordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelung des Schalters mit einem P-Regler, PI-Regler oder PID-Regler erfolgt.

7. Schaltungsanordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Zusatzwiderstand als Bestandteil eines Crow-Bars ausgeführt ist.

8. Schaltungsanordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelung des aktiven Schalters direkt von der Crow-Bar erfolgt.

9. Schaltungsanordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelung des Crow-Bar-Schalters direkt von der Umrichtersteuerkarte erfolgt.

10. Schaltungsanordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Netzkurzschlussfall kapazitiver Strom oder induktiver Strom in den Kurzschluss geliefert wird.

11. Schaltungsanordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Netzkurzschlussfall eine Übertragung von Blindleistung in den Kurzschluss ausgeschlossen ist.

12. Schaltungsanordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Statorkreis kurzzeitig eine Zusatzimpedanz eingefügt ist, um den Stator und Rotorstrom zu begrenzen.

13. Schaltungsanordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Statorkreis parallel zum Widerstand ein schnelles Schütz eingesetzt ist.

14. Schaltungsanordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Statorkreis parallel zum Widerstand zumindest ein Thyristor mit natürlicher Kommutierung eingesetzt ist.

15. Schaltungsanordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass am Zwischenkreis des Umrichters ein geregelter Widerstand betrieben wird.

16. Schaltungsanordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sowohl in der Crow-Bar als auch am Zwischenkreis des Umrichters ein geregelter Widerstand betrieben wird.

17. Schaltungsanordnung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei wiederkehrender Netzspannung der Rotorwechselrichter abgeschaltet wird und der Überstrom durch den regelbaren Widerstand übernommen wird und nach Abklingen des Überstromes der geregelte Widerstand abgeschaltet wird und der Rotorwechselrichter aktiv den Rotorstrom übernimmt.

18. Schaltungsanordnung zum Einsatz bei einer Windenergieanlage mit variabler Drehzahl umfassend einen doppelt gespeisten Asynchrongenerator, einen Zusatzwiderstand und einen Umrichter, dadurch gekennzeichnet, dass bei ansteigender Netzspannung der Rotorwechselrichter abgeschaltet wird und der Überstrom durch den regelbaren Widerstand übernommen wird und nach Abklingen des Überstromes der geregelte Widerstand abgeschaltet wird und der Rotorwechselrichter aktiv den Rotorstrom übernimmt.

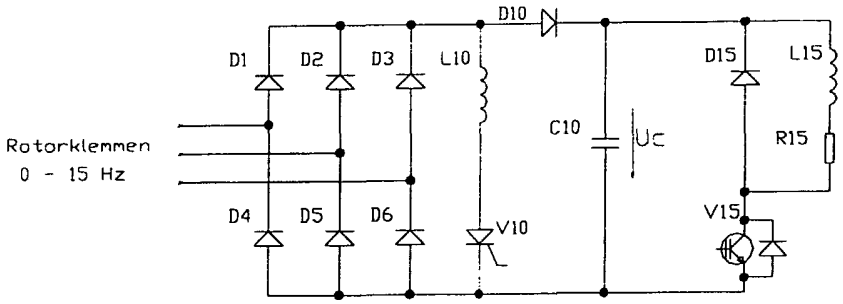

D10
D1
D2
D3
L10
D15
L15
C10
Uc
R15
Rotorklemmen
0 - 15 Hz
D4
D5
D6
V10
V15

Fig. 1

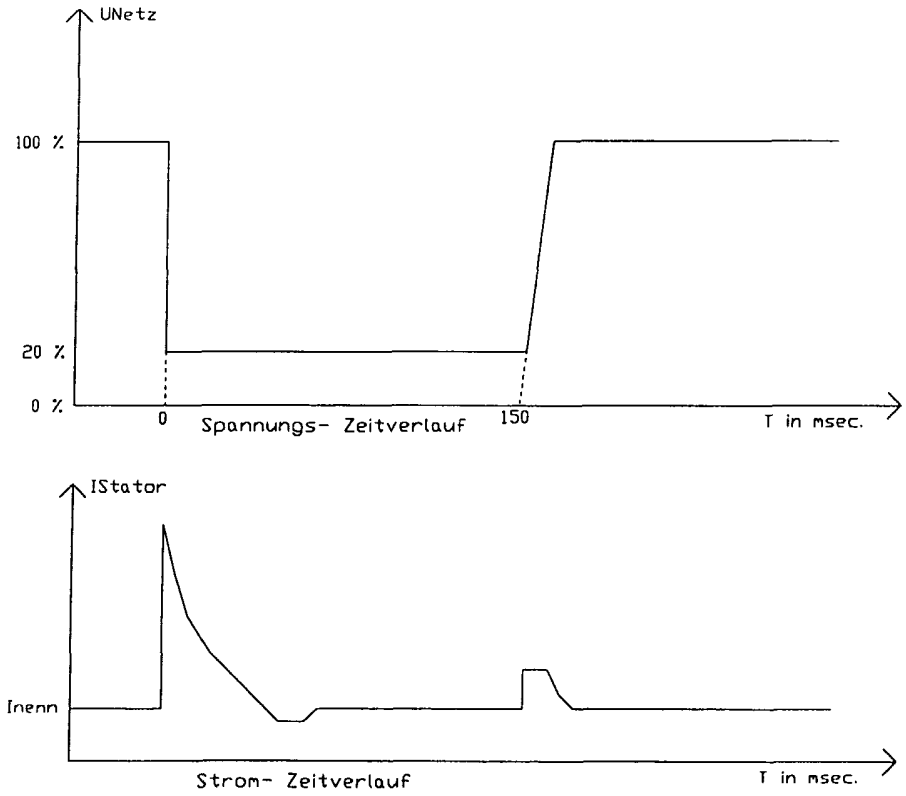

UNetz
100 %
20 %
0 %
0
Spannungs- Zeitverlauf
150
T in msec.
IStator
Inenn
Strom- Zeitverlauf
T in msec.

Fig. 2

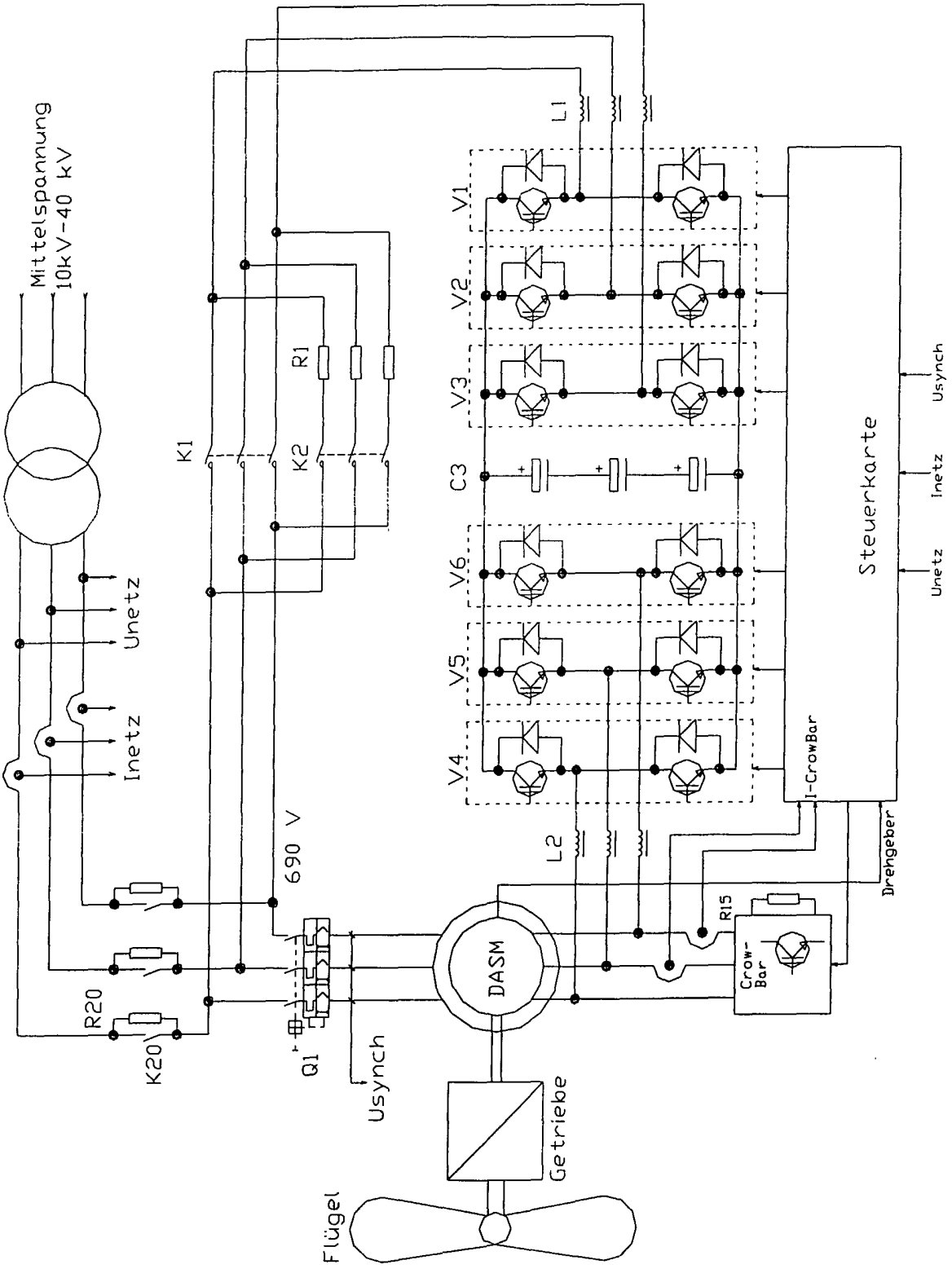

Mittelspannung
10kV-40 kV
Unetz
Inetz
R20
K20
K1
R1
K2
690 V
Q1
Usynch
DASM
Getriebe
Flügel
L1
L2
V1
V2
V3
C3
V6
V5
V4
I-CrowBar
Steuerkarte
Usynch
Inetz
Unetz
Drehgeber
R15
Crow-
Bar

Fig. 3

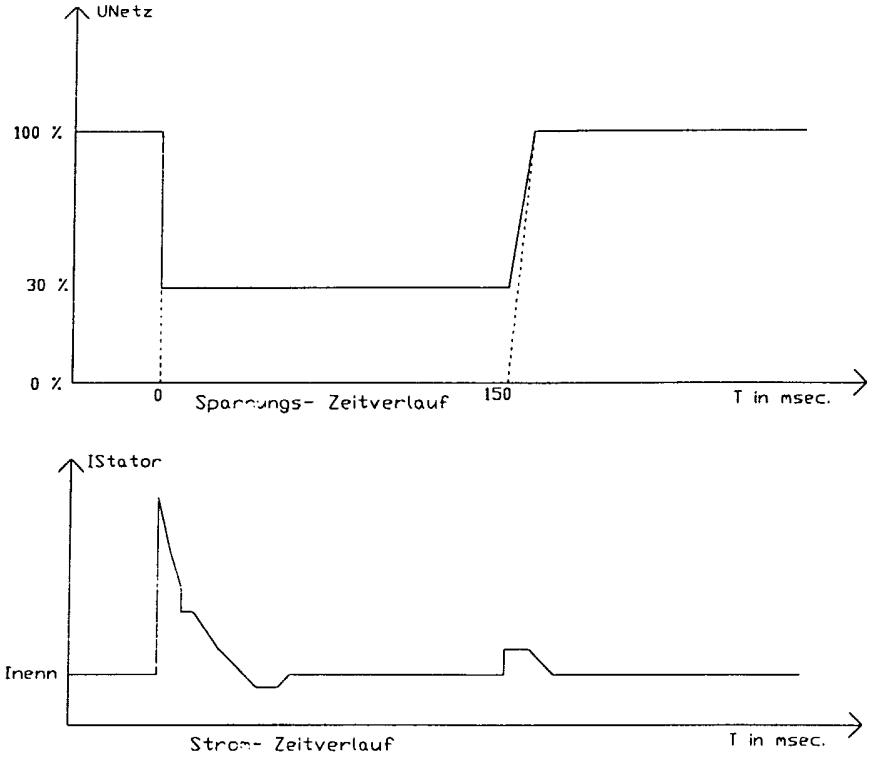


Fig. 4

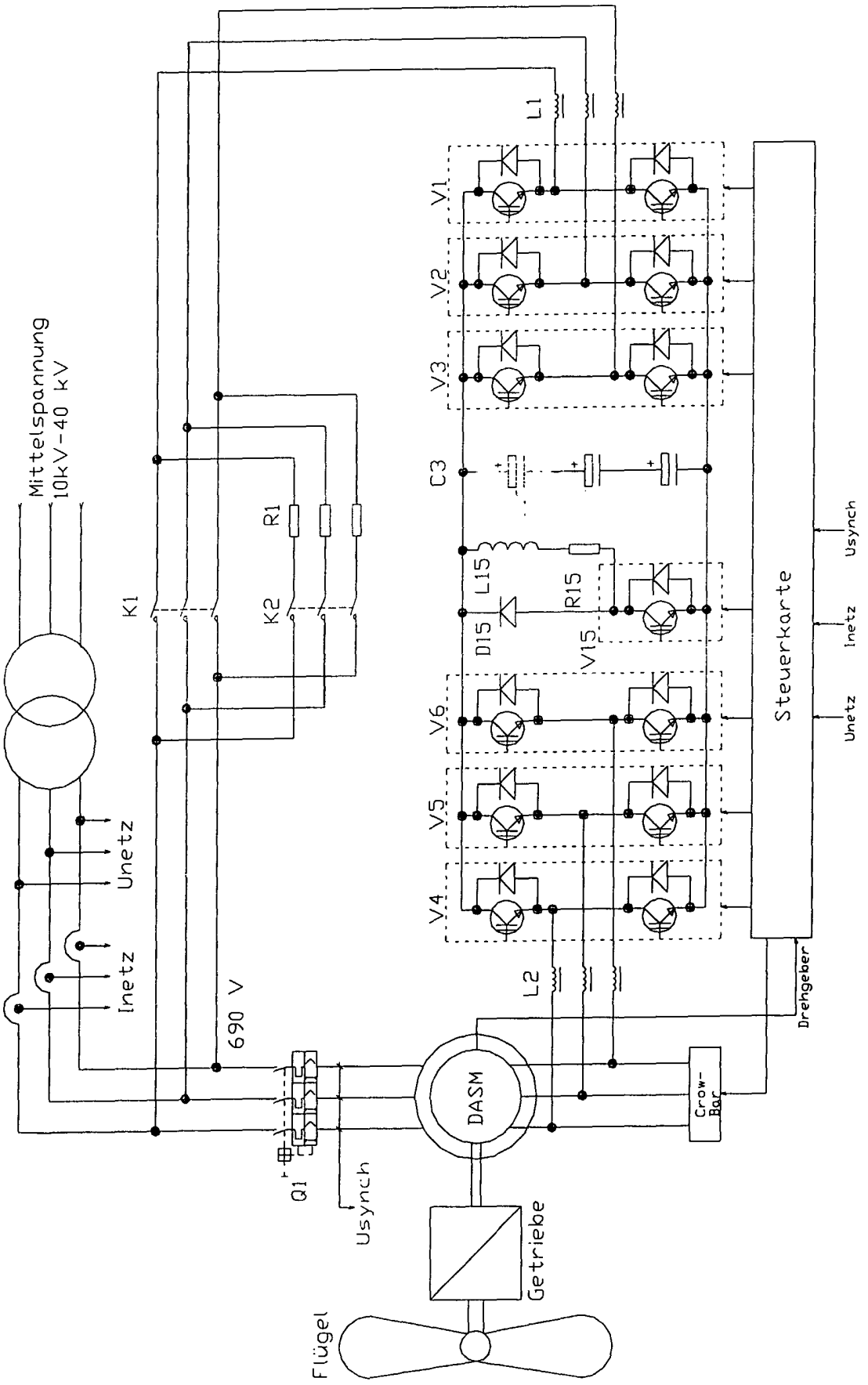

Mittelspannung
10kV-40 kV
Unetz
Inetz
690 V
K1
K2
R1
L1
L2
V1
V2
V3
V4
V5
V6
C3
L15
D15
R15
V15
Steuerkarte
Usynch
Inetz
Unetz
Drehgeber
Crow-Bar
DASM
Q1
Usynch
Getriebe
Flügel

Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 03/00172

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H02P9/10 H02P7/635

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H02P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 812 729 A (OONO YASUTERU ET AL) 14 March 1989 (1989-03-14) column 8, line 63 -column 9, line 2; figures 8,9 column 1, line 29 - line 44 ---	1-3,10, 11,17,18
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 06, 31 July 1995 (1995-07-31) -& JP 07 067393 A (TOKYO ELECTRIC POWER CO INC:THE;OTHERS: 02), 10 March 1995 (1995-03-10) abstract --- -/--	1,3-11, 15-18

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
19 May 2003	28/05/2003

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Roy, C

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication,where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 10, 30 November 1995 (1995-11-30) -& JP 07 194196 A (TOSHIBA CORP;OTHERS: 01), 28 July 1995 (1995-07-28) abstract	1,3-11, 15-18
X	EP 0 309 814 A (SIEMENS AG) 5 April 1989 (1989-04-05) column 4, line 12 - line 15; figure 1 column 4, line 32 - line 45	1,12
X	DE 197 35 742 A (SIEMENS AG) 25 February 1999 (1999-02-25) column 5, line 36 - line 42; figure 3	1
A	US 6 285 533 B1 (SAKAMOTO SHIGERU) 4 September 2001 (2001-09-04) figures 2,3	1,2
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 26, 1 July 2002 (2002-07-01) -& JP 2001 268992 A (TOSHIBA CORP), 28 September 2001 (2001-09-28) abstract	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/DE 03/00172

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4812729 A	14-03-1989	JP 1831200 C	15-03-1994
		JP 5042236 B	25-06-1993
		JP 63052699 A	05-03-1988
		JP 1961628 C	25-08-1995
		JP 6081559 B	12-10-1994
		JP 63140697 A	13-06-1988
JP 07067393 A	10-03-1995	JP 3100805 B2	23-10-2000
JP 07194196 A	28-07-1995	JP 3348944 B2	20-11-2002
EP 0309814 A	05-04-1989	DE 3881810 D1	22-07-1993
		DK 535088 A	29-03-1989
		EP 0309814 A1	05-04-1989
		ES 2040788 T3	01-11-1993
		FI 882228 A	29-03-1989
		JP 1110100 A	26-04-1989
DE 19735742 A	25-02-1999	DE 19735742 A1	25-02-1999
US 6285533 B1	04-09-2001	DE 19960532 A1	05-07-2001
JP 2001268992 A	28-09-2001	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 03/00172

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H02P9/10 H02P7/635

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H02P

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 812 729 A (OONO YASUTERU ET AL) 14. März 1989 (1989-03-14) Spalte 8, Zeile 63 -Spalte 9, Zeile 2; Abbildungen 8,9 Spalte 1, Zeile 29 - Zeile 44 ---	1-3,10, 11,17,18
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 06, 31. Juli 1995 (1995-07-31) -& JP 07 067393 A (TOKYO ELECTRIC POWER CO INC:THE;OTHERS: 02), 10. März 1995 (1995-03-10) Zusammenfassung --- -/--	1,3-11, 15-18

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

[X] Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
'A' Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
'E' älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
'L' Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
'O' Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
'P' Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
'T' Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
'X' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
'Y' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
'&' Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
19. Mai 2003	28/05/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Roy, C

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (Juli 1992)

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 10, 30. November 1995 (1995-11-30) -& JP 07 194196 A (TOSHIBA CORP;OTHERS: 01), 28. Juli 1995 (1995-07-28) Zusammenfassung	1,3-11, 15-18
X	EP 0 309 814 A (SIEMENS AG) 5. April 1989 (1989-04-05) Spalte 4, Zeile 12 - Zeile 15; Abbildung 1 Spalte 4, Zeile 32 - Zeile 45	1,12
X	DE 197 35 742 A (SIEMENS AG) 25. Februar 1999 (1999-02-25) Spalte 5, Zeile 36 - Zeile 42; Abbildung 3	1
A	US 6 285 533 B1 (SAKAMOTO SHIGERU) 4. September 2001 (2001-09-04) Abbildungen 2,3	1,2
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 26, 1. Juli 2002 (2002-07-01) -& JP 2001 268992 A (TOSHIBA CORP), 28. September 2001 (2001-09-28) Zusammenfassung	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 03/00172

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4812729 A	14-03-1989	JP 1831200 C	15-03-1994
		JP 5042236 B	25-06-1993
		JP 63052699 A	05-03-1988
		JP 1961628 C	25-08-1995
		JP 6081559 B	12-10-1994
		JP 63140697 A	13-06-1988
JP 07067393 A	10-03-1995	JP 3100805 B2	23-10-2000
JP 07194196 A	28-07-1995	JP 3348944 B2	20-11-2002
EP 0309814 A	05-04-1989	DE 3881810 D1	22-07-1993
		DK 535088 A	29-03-1989
		EP 0309814 A1	05-04-1989
		ES 2040788 T3	01-11-1993
		FI 882228 A	29-03-1989
		JP 1110100 A	26-04-1989
DE 19735742 A	25-02-1999	DE 19735742 A1	25-02-1999
US 6285533 B1	04-09-2001	DE 19960532 A1	05-07-2001
JP 2001268992 A	28-09-2001	KEINE	