

(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
2. Februar 2006 (02.02.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/010190 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **F03D 7/02**,
7/04, 11/02, 9/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT2005/000302

(22) Internationales Anmeldedatum:
1. August 2005 (01.08.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A 1319/2004 30. Juli 2004 (30.07.2004) AT

(71) Anmelder und

(72) Erfinder: **HEHENBERGER, Gerald** [AT/AT]; Am
Rababach 31, A-9020 Klagenfurt (AT).

(74) Anwälte: **BEER, Manfred** usw.; Lindengasse 8, A-1070
Wien (AT).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

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

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

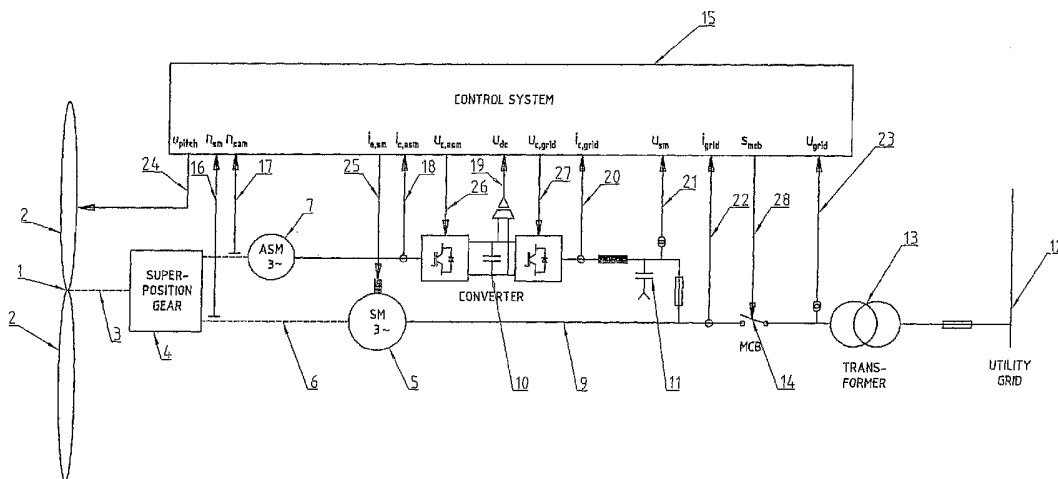
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

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

(54) Title: POWER TRAIN FOR A WIND POWER PLANT

(54) Bezeichnung: TRIEBSTRANG EINER WINDKRAFTANLAGE



(57) Abstract: The invention relates to a power train for a wind power plant comprising a rotor (1) for driving a gear (4), wherein the rotor blades (2) of the rotor are pivotally arranged around the longitudinal axis thereof on the hub of the rotor (1). A three-phase generator (5) is connected to the gear (4) and a power supply network (12). The gear (4) is also provided with an auxiliary variable speed drive (7). Each rotor blade (2) is provided with a drive for individually rotating around the longitudinal axis thereof for levelling the rotation speed and/or the torque of the power train.

(57) Zusammenfassung: Bei einem Triebstrang einer Windkraftanlage ist ein Rotor (1) als Antrieb für ein Getriebe (4) vorgesehen, wobei auf einer Rotornabe des Rotors (1) um ihre Längsachse verdrehbare Rotorblätter (2) gelagert sind. An das Getriebe (4) und an ein Stromnetz (12) ist ein Drehstromgenerator (5) angeschlossen. Weiters ist ein drehzahlvariabler Hilfsantrieb (7) für das Getriebe (4) vorgesehen. Jedes Rotorblatt (2) weist zur Vergleichmäßigung der Drehzahl und/oder des Drehmomentes des Triebstranges einen eigenen Antrieb zum individuellen Verdrehen um seine Längsachse auf.

WO 2006/010190 A1

Triebstrang einer Windkraftanlage

Die Erfindung betrifft einen Triebstrang einer Windkraftanlage mit einem Rotor als Antrieb für ein Getriebe, wobei auf einer Rotor-
5 nabe des Rotors um ihre Längsachse verdrehbare Rotorblätter gelagert sind, mit einem an das Getriebe und an ein Stromnetz angeschlossenen Drehstromgenerator und mit einem drehzahlvariablen Hilfsantrieb für das Getriebe.

Die Erfindung betrifft des Weiteren ein Verfahren zum Regeln
10 der Drehzahl oder des Drehmomentes in einem Triebstrang einer Windkraftanlage, in dem ein Drehstromgenerator von einem Getriebe angetrieben wird, das seinerseits von einer Rotorwelle einer Windkraftanlage sowie einem Hilfsantrieb angetrieben wird.

Bei Windkraftanlagen gibt es grundsätzlich die Möglichkeit,
15 Synchrongeneratoren oder Asynchrongeneratoren zum Erzeugen des in das Stromnetz einzuspeisenden Stromes zu verwenden.

Bei beiden Varianten besteht das Problem, dass der vom Generator erzeugte Strom exakt zum Netz synchronisiert werden muss, was aufwendige Steuerungen und Schaltungen bzw. Umrichter erfordert, die
20 nicht nur in der Herstellung teuer, sondern auch mit einer mehr oder weniger großen Verlustleistung behaftet sind.

Weiters wirken sich Antriebsmomentschwankungen, welche durch ein ungleichmäßiges Windaufkommen bedingt sind, durch starke Leistungsschwankungen bei der Einspeisung in das Stromnetz negativ aus.

25 Um diesem Nachteil abzuhelpen wurde bereits vorgeschlagen, das dem Generator vorgelagerte Getriebe mit einem drehzahlvariablen Hilfsantrieb auszustatten, der sowohl als Generator als auch als Motor betrieben werden kann. Dieser Hilfsantrieb, der sozusagen über eine zweite Antriebswelle an das Getriebe angebaut ist, dient dazu
30 die Abtriebsdrehzahl des Getriebes zum Synchrongenerator hin konstant zu halten, was bei hohen Windgeschwindigkeiten und somit hoher Motordrehzahl bedeutet, dass der Hilfsantrieb als Generator arbeitet, wogegen bei geringen Windgeschwindigkeiten ein motorischer Betrieb des Hilfsantriebes erforderlich ist.

35 Der Hilfsantrieb seinerseits ist im Stand der Technik ebenfalls mit der Generatorwelle verbunden, und zwar über einen Umrichter und einen weiteren Generator bzw. Motor, der unmittelbar mit der Antriebswelle des Drehstromgenerators gekuppelt ist. Dies er-

fordert nicht nur einen hohen technischen Aufwand, sondern ist durch die zwei zusätzlichen Hilfsantriebe bzw. Generatoren und den Umrichter zwischen diesen beiden für eine Verringerung des Gesamtwirkungsgrades in nicht unerheblichem Ausmaß mitverantwortlich.

5 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde einen Triebstrang mit den Merkmalen des Oberbegriffes des Anspruchs 1 zur Verfügung zu stellen, der mit einem geringeren Aufwand für die Drehzahl- und Drehmomentregelung des Triebstranges auskommt und die Belastung der gesamten Anlage verringert.

10 Gelöst wird diese Aufgabe mit einem Antriebsstrang mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

Diese Aufgabe wird des Weiteren mit einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 11 gelöst.

15 Bei der Erfindung wird der Weg beschritten, durch eine individuelle Steuerung der Position der Rotorblätter oder von Teilen der Rotorblätter, d.h. ihres Anstellwinkels ("pitch") zur Drehrichtung des Rotors bzw. zur Windrichtung, eine Vergleichmäßigung der Drehzahl des Triebstranges bzw. des Antriebsdrehmomentes in Verbindung mit dem Hilfsantrieb zu erzielen und die Belastung der gesamten
20 Anlage zu verringern.

Die Kombination eines Hilfsantriebes mit der individuellen Positionsregelung der Rotorblätter führt weiters dazu, dass der Hilfsantrieb bezüglich seiner Nennleistung kleiner ausgelegt werden kann. Durch eine effektive Nutzung des zur Verfügung stehenden
25 Windes kann darüber hinaus im motorischen Betrieb mit kleineren Drehmomenten gefahren werden, wodurch ein Betrieb des Hilfsantriebes z.B. einer 4-poligen Drehstrommaschine, auch im Feldschwächebereich (z.B. $-2000/\text{min}^{-1}$) möglich wird, wogegen der Hilfsantrieb im generatorischen Betrieb für einen Drehzahlbereich bis z.B. $+1500/\text{min}^{-1}$
30 ausgelegt ist. Durch die größere Drehzahlspreizung des Hilfsantriebes wird eine kleinere Nennleistung des Hilfsantriebes möglich, da die notwendige Leistung des Hilfsantriebes proportional zur Nennleistung der Anlage und zum Drehzahlbereich (Schlupf) ist.

Der Hilfsantrieb kann gemäß der Erfindung zusätzlich dazu
35 verwendet werden, Triebstrangschwingungen, die durch die innere Triebstrangdynamik verursacht werden, zu dämpfen. Dazu wird an der Abtriebswelle des Getriebes bzw. an der Antriebswelle des Drehstromgenerators eine Messeinrichtung zum Erfassen der Drehzahl bzw.

des Drehmomentes angeordnet. Die dabei erfassten Schwingungen können für einen entsprechend abgestimmten Antrieb des Hilfsantriebes herangezogen werden, wodurch die Triebstrangschwingungen insgesamt gedämpft werden können.

5 Alternativ oder zusätzlich ist es auch möglich, dass im Anschlussbereich des Hilfsantriebes an das Getriebe und/oder an der Rotorwelle eine Messeinrichtung zum Erfassen der Drehzahl bzw. des Drehmomentes angeordnet ist, da sich auch an dieser Stelle Triebstrangschwingungen gut erfassen lassen.

10 In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der Hilfsantrieb eine Asynchronmaschine, die über einen Umrichter mit dem Stromnetz verbunden ist. Die erforderliche Leistung bei motorischem Antrieb wird daher direkt aus dem Stromnetz entnommen bzw. verringert die vom Drehstromgenerator in das Netz eingespeiste
15 Leistung. Allenfalls anfallende generatorische Leistung wird über den Umrichter ins Stromnetz eingespeist. Da die Leistung des Hilfsantriebes allerdings gering ist kann der Umrichter klein dimensioniert werden und die Verlustleistung des Umrichters ist daher ebenfalls klein.

20 Alternativ kann der Hilfsantrieb auch ein hydrostatischer oder hydrodynamischer Antrieb bzw. Drehmomentwandler sein.

 In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Drehstromgenerator ein Synchrongenerator.

 Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus
25 der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung.

 Es zeigt: Fig. 1 einen Schaltplan eines Triebstranges einer Windkraftanlage gemäß der Erfindung, Fig. 2 schematisch eine Ausführungsform des Triebstranges mit einem Planetengetriebe, Fig. 3
30 den Verlauf des Drehmomentes über der Zeit ohne die erfindungsgemäße Rotorblattverstellung und Triebstrangdämpfung und Fig. 4 den Verlauf des Drehmomentes über der Zeit mit der erfindungsgemäßen Rotorblattverstellung und Triebstrangdämpfung

 Wie Fig. 1 und 2 schematisch zeigt, treibt ein Rotor 1 mit
35 Rotorblättern 2 ein Getriebe, vorzugsweise ein Planetengetriebe 4 über eine Rotorwelle 3 an. Am Planetengetriebe 4 sind eine Drehstrommaschine, im dargestellten Ausführungsbeispiel Synchronmaschine
5 über eine Hauptwelle 6 und ein Hilfsantrieb, z.B. in Form einer

Asynchronmaschine 7, über eine Hilfswelle 8 angeschlossen. Die Synchronmaschine 5 ist über eine Leitung 9 direkt mit dem Netz gekoppelt, wogegen die Asynchronmaschine 7 über einen Umrichter 10 und ein Netzfilter 11 an die Leitung 9 bzw. das Stromnetz 12 angeschlossen ist. Zwischen die Leitung 9 und das Stromnetz 12 kann wie üblich ein Transformator 13 sowie ein Hauptschalter 14 geschaltet sein.

Gesteuerte wird die gesamte Anlage von einer Steuereinheit 15. Diese Steuereinheit erhält folgende Daten: Über Leitungen 16 und 17 die Drehzahl der Antriebswelle 6 der Synchronmaschine 5 sowie der Hilfswelle 8 der Asynchronmaschine 7. Über eine Leitung 18 den Strom der Asynchronmaschine. Über eine Leitung 19, die Zwischenkreisspannung des Umrichters 10. Über eine Leitung 20 den netzseitigen Strom. Über eine Leitung 21 die netzseitige Spannung der Synchronmaschine. Über eine Leitung 22 den netzseitigen Strom und über eine Leitung 23 die netzseitige Spannung.

Aus diesen Daten berechnet die Steuereinheit 15 die entsprechenden Einstellwerte für die Steuerung der einzelnen Komponenten des Antriebstranges. Im Besonderen werden über eine Leitung 24 die Antriebe gesteuert mit denen jedes Rotorblatt 2 einzelnen verstellt, d.h. um seine Längsachse verdreht werden kann. Über eine weitere Leitung 25 wird die Erregung der Synchronmaschine 5 gesteuert. Über zwei Leitungen 26 und 27 werden der asynchronmaschinenseitige und der netzseitige Teil des Umrichters 10 gesteuert. Über eine weitere Leitung 28 wird der Hauptschalter 14 ein- und ausgeschaltet.

Da die Synchronmaschine 5 direkt netzgekoppelt ist, ist ihre Drehzahl konstant. Bei 50 Hz Netzfrequenz beträgt die Drehzahl der Synchronmaschine daher $3000 \text{ min}^{-1} / p$. Je nach Polpaarzahl p kann die Drehzahl daher 3000 min^{-1} , 1500 min^{-1} , 1000 min^{-1} usw. sein. Da die Windkraftanlage mit einer variablen Drehzahl des Rotors 1 betrieben werden soll dient der Hilfsantrieb 7 zum Drehzahlausgleich zwischen Rotor und Synchronmaschine. Als Hilfsantrieb wird eine über den Umrichter 10 gespeiste Asynchronmaschine (Käfigläufer) verwendet. Der Umrichter ist als Spannungszwischenkreisumrichter ausgeführt, bei dem die Schaltelemente z.B. IGBT's sind. Eine feldorientierte Regelung der Asynchronmaschine 7 ermöglicht eine genaue und hochdynamische Einstellung des Drehmomentes. Der netzseitige Teil des Umrichters 10 ist ebenfalls als Wechselrichter ausgeführt, damit ein

Leistungsfluss in beide Richtungen möglich ist, d.h. die Asynchronmaschine 7 sowohl als Generator als auch als Motor verwendet werden kann. Die Ankopplung des Umrichters 10 an das Netz 12 erfordert ein Netzfilter (Sinusfilter) um die schaltfrequenten Oberschwingungsströme des Umrichters 10 auf das zulässige Maß zu begrenzen.

Die Drehzahl der Synchronmaschine 5 ist konstant. Der Hilfsantrieb 7 liefert die Differenzdrehzahl und Differenzleistung zwischen Rotor 1 und Synchronmaschine 5. Bei kleinen Rotorleistungen bzw. Rotordrehzahlen arbeitet der Hilfsantrieb 7 motorisch, bei größeren Leistungen bzw. Drehzahlen generatorisch. Bei der erfindungsgemäßen Ausführungsform des Triebstranges sind die beiden Stellgrößen zur Leistungssteuerung der Windkraftanlage der Blattwinkel der Rotorblätter 2 ("pitch") und das Drehmoment bzw. die Drehzahl des Hilfsantriebes 7. Das Drehmoment des Hilfsantriebes 7 ist proportional zum Drehmoment der Synchronmaschine 5 bzw. proportional zum Drehmoment des Rotors 1. Die Einstellung eines bestimmten Drehmoments am Hilfsantrieb entspricht daher einer Drehmomenteinstellung an der Synchronmaschine 5.

Bei Windgeschwindigkeiten unterhalb der Nenngeschwindigkeit, was einer Rotorleistung unterhalb der Nennleistung entspricht wird der Blattwinkel der Rotorblätter 2 im Mittel konstant gehalten und das Drehmoment proportional zum Quadrat der Rotordrehzahl verstellt. Damit wird der Rotor 1 stets mit bestmöglichem aerodynamischen Wirkungsgrad betrieben.

Bei Windgeschwindigkeiten über der Nenngeschwindigkeit, d.h. einer Rotorleistung über der Nennleistung, wird das Mittel des Drehmomentes der Synchronmaschine konstant gehalten und mit Hilfe der Verstellung des Blattwinkels der Rotorblätter 2 eine konstante Drehzahl bzw. konstante Leistung geregelt, wobei der für diesen Zwecke vorgegebene Sollwert für alle Rotorblätter gleich ist. Zusätzlich können den genannten Sollwertvorgaben für den Blattwinkel und das Drehmoment des Rotors 1 der Steuerung der einzelnen Rotorblätter noch zusätzliche, für jedes Rotorblatt individuell regelbare bzw. gesteuerte Werte überlagert werden um das dynamische Verhalten zu verbessern und dadurch die Belastung an der gesamten Anlage zu reduzieren. Derartige zusätzliche Einflussgrößen ergeben sich z.B. aus den unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Höhe der sich drehenden Rotorblätter über dem Boden sowie Stör-

effekte, die sich im Bereich des Mastes der Windkraftanlage ergeben.

Das Netzanschlussverhalten der Synchronmaschine 5 entspricht dem eines konventionellen Kraftwerks mit einer Synchronmaschine. Die Blindleistung der Anlage kann innerhalb der Belastungsgrenzen durch die Erregung der Synchronmaschine frei eingestellt werden. Durch eine netzspannungsabhängige Vorgabe der Blindleistung kann zur Spannungsregelung im Netz beigetragen werden. Im Falle von Netzstörungen (Spannungseinbrüche usw.) ergibt sich das bekannte Verhalten einer Synchronmaschine, d.h. eine Synchronmaschine bleibt am Netz und kann einen entsprechenden Kurzschlussstrom einspeisen. Dadurch werden die einschlägigen Forderungen der Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber (z.B. "E:ON-Richtlinie") ohne zusätzliche technische Maßnahmen in einfacher Weise erfüllt. Der große Kurzschlussbeitrag der Synchronmaschine gewährleistet dabei die Funktion eines selektiven Netzschutzes in gewohnter Weise.

Die Drehzahlbereiche der Synchronmaschine 5 und der Asynchronmaschine 7 können beispielsweise bei einer 2000 KW-Anlage wie folgt eingestellt werden:

20 Drehzahlbereiche:

Rotor:	Synchronmaschine:	Asynchronmaschine:
$n_{\min} = 10 \text{ min}^{-1}$	$n = 1000 \text{ min}^{-1}$	$n_{\min} = -2000 \text{ min}^{-1}$
$n_{\max} = 16.5 \text{ min}^{-1}$	$n = 1000 \text{ min}^{-1}$	$n_{\max} = 1500 \text{ min}^{-1}$

25 Aus der Drehzahlgleichung

$$n_{SM} = 72,92 \cdot n_{Rotor} - 0,1354 \cdot n_{ASM}$$

kann die Drehmomentgleichung

$$M_{SM} = \frac{M_{Rotor}}{72.92} \quad M_{ASM} = \frac{M_{Rotor}}{538.6}$$

abgeleitet werden. Daraus ergeben sich folgende Leistungen bei Nenndrehzahl und Nennmoment:

30 Rotor: $P_R = 2000 \text{ kW}$ (16.5rpm, 1157.5kNm)

- 7 -

Synchronmaschine: $P_{SM} = 1662 \text{ kW}$ (1000rpm, 15.87kNm)
Asynchronmaschine: $P_{ASM} = 338 \text{ kW}$ (1500rpm, 2.15kNm)

Daraus ist ersichtlich, dass die Nennleistung des Hilfsantriebes 7 etwa nur etwa 17% der Nennleistung der Anlage betragen muss, sodass sich insgesamt ein äußerst stabiles Einspeiseverhalten der Windkraftanlage in das Netz ergibt.

Durch eine exakte Messung der Drehzahl bzw. des Drehmoments der Antriebswelle 6 und/oder der Hilfswelle 8 lassen sich auch 10
Triebstrangschwingungen, die durch die Dynamik des Triebstranges selbst entstehen, sehr genau erfassen. Es wird dadurch möglich diesen Schwingungen entgegen zu steuern, d.h. diese Schwingungen zu dämpfen, indem der Hilfsantrieb 7 entsprechend abgestimmt so angetrieben wird, dass die Triebstrangschwingungen gedämpft werden. 15
Die Berechnung dieser schwingungsdämpfenden Gegenmaßnahmen erfolgt ebenfalls in der Steuereinheit 15, welche in weiterer Folge den Umrichter 10 entsprechend steuert.

In Fig. 2 ist schematisch ein erfindungsgemäßer Triebstrang dargestellt, bei dem ein dreistufiges Getriebe 4 verwendet wird. Die 20
erste Planetenstufe 4a ist konventionell ausgeführt, das heißt, dass die Rotorwelle 3 als Antriebswelle mit einem Planetenträger 30 und eine Abtriebswelle 31 mit einem Sonnenrad 32 verbunden ist. Die Abtriebswelle 31 der ersten Getriebestufe 4a ist gleichzeitig die Antriebswelle der zweiten Getriebestufe 4b, die wiederum mit einem 25
Planetenträger 33 verbunden ist. Die mit einem Sonnenrad 34 verbundene Abtriebswelle 35 der zweiten Getriebestufe 4b ist über eine dritte Getriebestufe 36 mit der Antriebswelle 6 der Synchronmaschine verbunden.

Während das Hohlrad 37 der ersten Getriebestufe 4a fest steht, 30
ist das Hohlrad 38 der zweiten Getriebestufe 4b drehbar und wird vom Hilfsantrieb 7 über eine Stirnradstufe 39 und ein Zahnrad 38 angetrieben. Das Hohlrad ist zu diesem Zweck mit einer innen- und einer Außenverzahnung versehen. Durch Verdrehen des Hohlrades 38 mit verschiedenen Geschwindigkeiten und unterschiedlichen Drehrichtungen 35
kann daher das Übersetzungsverhältnis der zweiten Getriebestufe 4b so verändert werden, dass die Welle 6 auch bei variabler Drehzahl der Rotorwelle 3 immer mit konstanter Drehzahl angetrieben wird.

In Fig. 3 und 4 sind Schwankungen des Antriebsmomentes bei

turbulenten Windverhältnissen als Drehmomentverlauf an der Antriebswelle 3 über der Zeit dargestellt. Fig. 3 zeigt den Drehmomentverlauf ohne individuelle Rotorblattregelung und ohne Triebstrangdämpfung und Fig. 4 den Drehmomentverlauf mit individueller Rotorblattregelung und mit Triebstrangdämpfung gemäß der Erfindung. Aus dem Vergleich der beiden Kurvenverläufe ist erkennbar, dass die individuelle Rotorblattregelung mit der Triebstrangdämpfung eine deutliche Vergleichmäßigung des Drehmomentes vor allem im Nennlastbereich bewirkt, was zu einer entsprechenden Reduktion der Belastungen und somit auch optimierter Auslegung des Getriebes, der Drehstrommaschine und des Hilfsantriebes führt.

Ansprüche:

1. Triebstrang einer Windkraftanlage mit einem Rotor als Antrieb für ein Getriebe, wobei auf einer Rotornabe des Rotors um ihre
5 Längsachse verdrehbare Rotorblätter gelagert sind, mit einem an das Getriebe und an ein Stromnetz angeschlossenen Drehstromgenerator und mit einem drehzahlvariablen Hilfsantrieb für das Getriebe, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Rotorblatt einen eigenen Antrieb zum individuellen Verdrehen um seine Längsachse aufweist.
- 10 2. Triebstrang nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Hilfsantrieb motorisch und generatorisch betrieben werden kann.
3. Triebstrang nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Hilfsantrieb für einen Betrieb mit asymmetrischem Drehzahlbereich, z.B. von -2000 bis $+1500 \text{ min}^{-1}$, ausgelegt ist.
- 15 4. Triebstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass an einer Abtriebswelle des Getriebes oder an einer Antriebswelle des Drehstromgenerators eine Messeinrichtung zum Erfassen der Drehzahl und/oder des Drehmomentes angeordnet ist.
5. Triebstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass im Anschlussbereich des Hilfsantriebes an das
20 Getriebe eine Messeinrichtung zum Erfassen der Drehzahl und/oder des Drehmomentes angeordnet ist.
6. Triebstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Hilfsantrieb eine Asynchronmaschine ist, die
25 über einen Umrichter mit dem Stromnetz verbunden ist.
7. Triebstrang nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Hilfsantrieb ein hydrostatischer oder hydrodynamischer Antrieb bzw. Drehmomentwandler ist.
8. Triebstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Drehstromgenerator ein Synchrongenerator ist.
30
9. Triebstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Antrieb jedes Rotorblattes mittels individueller Sollwertvorgaben individuell ansteuerbar ist.
10. Triebstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Getriebe ein Planetengetriebe ist.
35
11. Verfahren zum Regeln der Drehzahl oder des Drehmomentes in einem Triebstrang einer Windkraftanlage, in dem ein Drehstromgenerator von einem Getriebe angetrieben wird, das seinerseits von einer

Rotorwelle einer Windkraftanlage sowie einem Hilfsantrieb angetrieben wird, dadurch gekennzeichnet, dass zur Vergleichmäßigung der Drehzahl und/oder des Drehmomentes des Triebstranges jedes Rotorblatt über einen eigenen Antrieb um seine Längsachse verdreht wird.

5 12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass dem Antrieb eines jeden Rotorblattes ein individueller Sollwert vorgegeben werden kann.

 13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Hilfsantrieb motorisch und generatorisch betrieben wird.

10 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass Schwingungen des Triebstranges gemessen und durch ein abgestimmtes Antreiben oder Abbremsen des Hilfsantriebes gedämpft werden.

 15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass
15 die Drehzahl und/oder das Drehmoment der Antriebswelle der Drehstrommaschine erfasst wird.

 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehzahl und/oder das Drehmoment der Abtriebswelle des Hilfsantriebes erfasst wird.

20 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehzahl und/oder das Drehmoment der Rotorwelle erfasst wird.

 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass bekannte und/oder gemessene und/oder periodisch
25 wiederkehrende Belastungsschwankungen durch äußere Kräfte zur Berechnung der Antriebssteuerung verwendet werden.

 19. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Hilfsantrieb über einen Umrichter direkt an das Stromnetz angeschlossen ist.

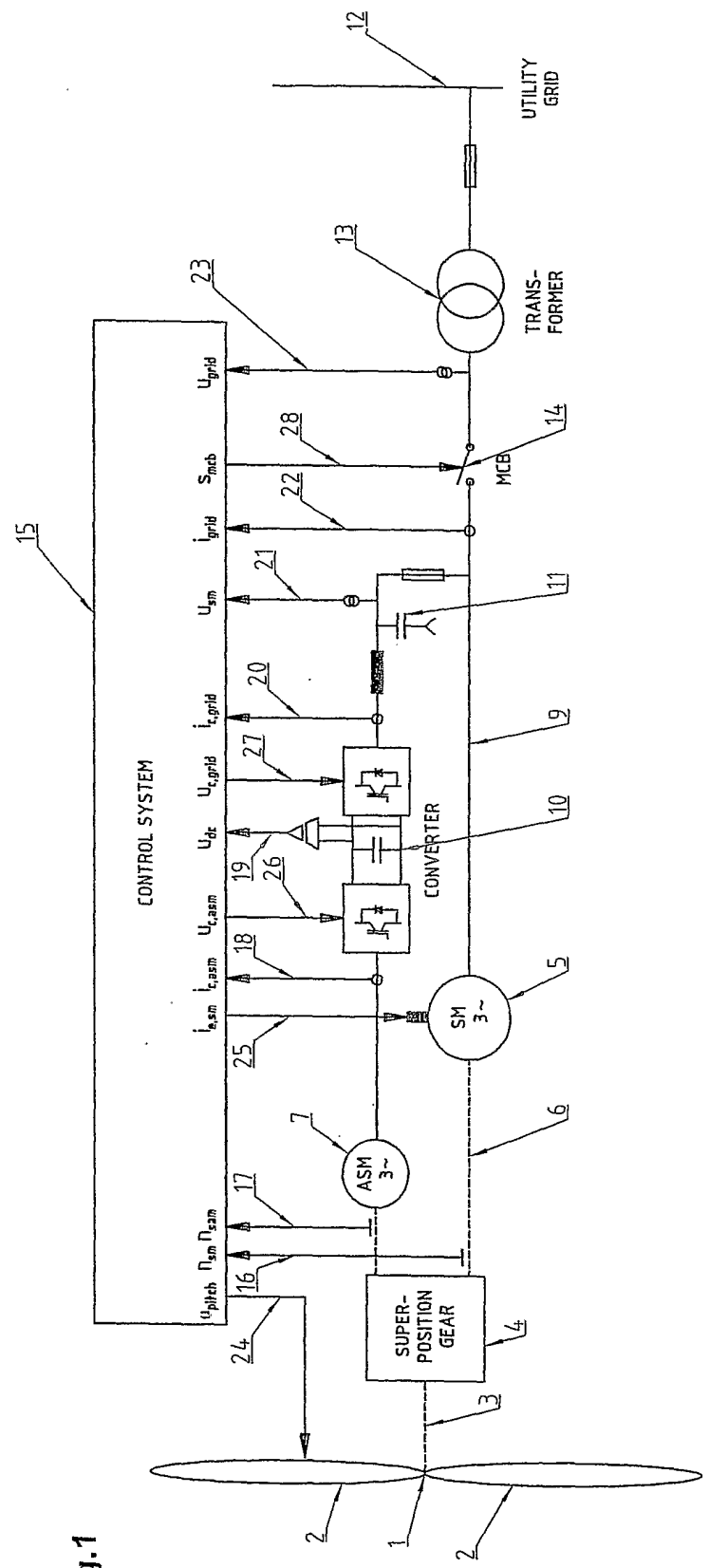


Fig.1

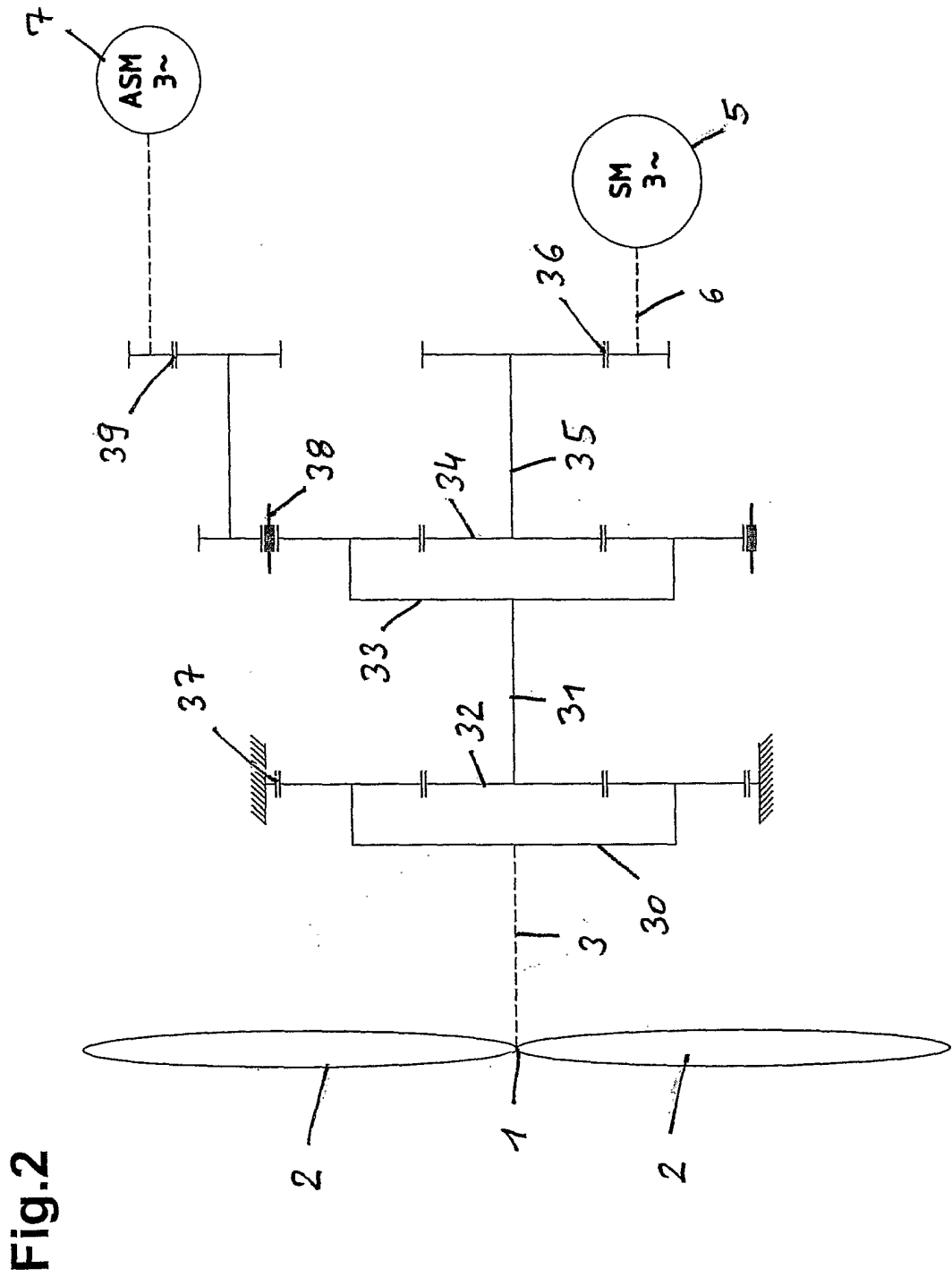


Fig.2

Fig.3

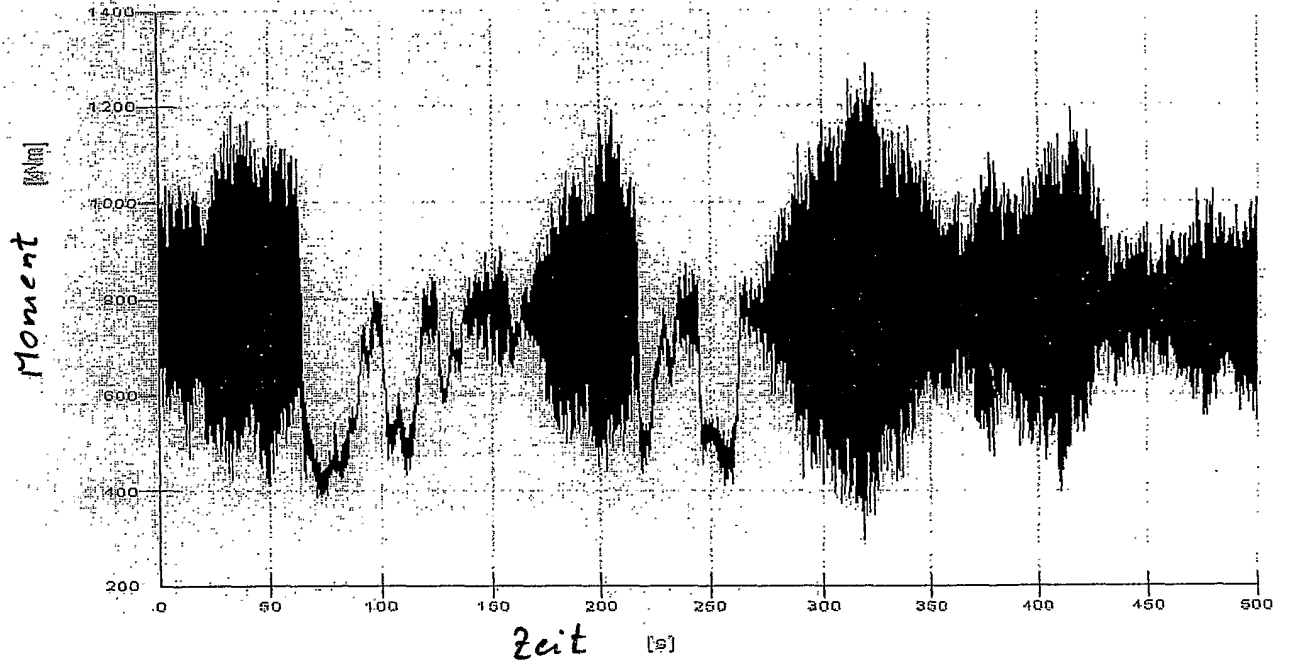
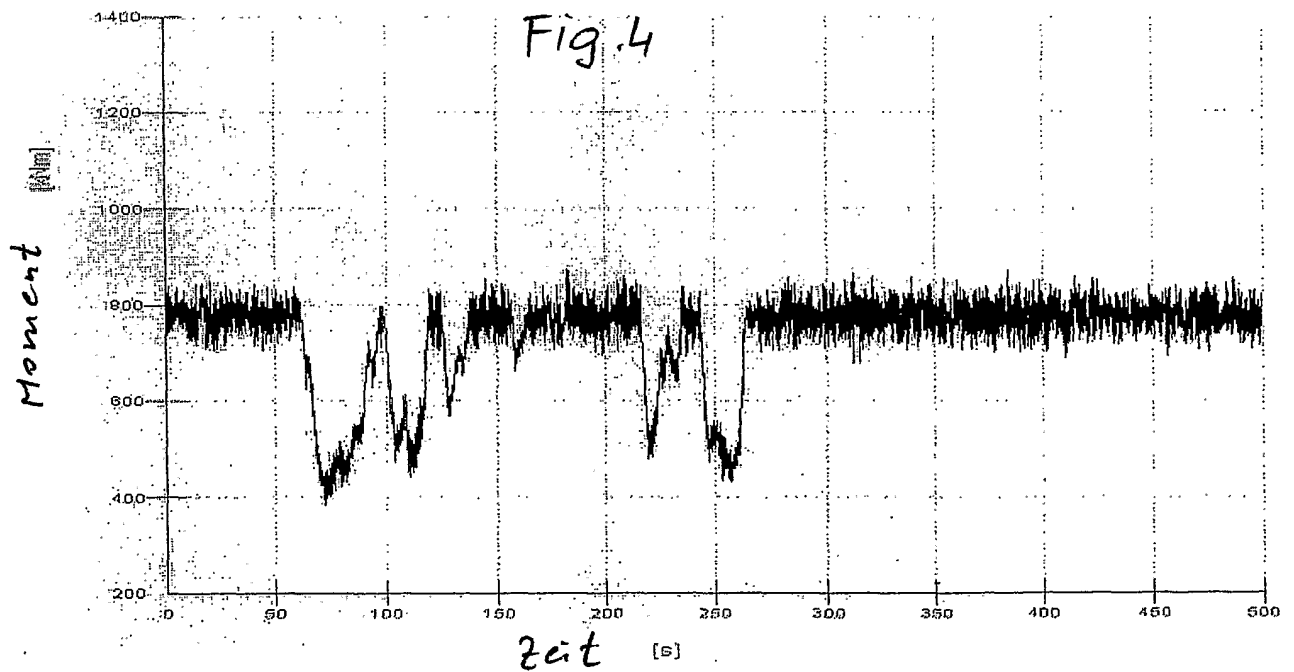


Fig.4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/AT2005/000302

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F03D7/02 F03D7/04 F03D11/02 F03D9/00

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 F03D

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, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>WO 81/01444 A (ALLMAENNA INGENJOERSBYRAN AB; NYGREN K) 28 May 1981 (1981-05-28)</p> <p>abstract; figure 2 page 1, line 1 - line 20 page 3, line 28 - line 37 page 4, line 8 - line 20 page 5, line 11 - line 18</p> <p style="text-align: center;">----- -/--</p>	<p>1, 2, 6-8, 10, 11, 13, 14, 19</p>

Further documents are listed in the continuation of box C. 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	"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
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"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
"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)	"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.
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 1 November 2005	Date of mailing of the international search report 11/11/2005
---	---

Name and mailing address of the ISA 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	Authorized officer de Rooij, M
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/AT2005/000302

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>EP 0 120 654 A (THE ENGLISH ELECTRIC COMPANY LIMITED) 3 October 1984 (1984-10-03) page 1, line 12 - line 25 page 2, line 20 - page 3, line 18 page 3, line 30 - page 4, line 28 page 5, line 27 - line 37 page 6, line 29 - page 7, line 24 page 8, line 1 - line 18 page 8, line 35 - page 9, line 5; claims 1,4-6,11-15; figures 1-3,5</p>	1,2,4, 10,11, 13-15
X	<p>US 4 239 977 A (STRUTMAN, WARREN A) 16 December 1980 (1980-12-16) abstract; figures 1,2 column 1, line 6 - column 2, line 12 column 2, line 58 - column 3, line 54 column 5, line 10 - line 68</p>	1,4,7,8, 10,11, 16,18
P,X	<p>EP 1 548 279 A (VOITH TURBO GMBH & CO. KG) 29 June 2005 (2005-06-29) abstract; figures 1,2 paragraphs '0001!', '0005!' - '0009!', '0013!' - '0015!', '0017!' - '0019!', '0027!', '0031!', '0032!'</p>	1,2,10, 11,13, 14,18
X	<p>US 4 636 707 A (LAW ET AL) 13 January 1987 (1987-01-13) abstract; figure 1 column 1, line 4 - line 25 column 1, line 38 - line 55 column 2, line 25 - line 55</p>	1,2,11, 13
A	<p>DE 199 55 586 A1 (SIEMENS AG) 13 June 2001 (2001-06-13) abstract; claims; figures column 1, line 36 - line 68 column 2, line 20 - line 36</p>	1,3,6,8, 10,11, 13,15,19
A	<p>WO 02/44561 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 6 June 2002 (2002-06-06) page 1, line 3 - line 8 page 3, line 31 - page 5, line 20; figure 1</p>	1,8-12
A	<p>GB 2 023 237 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP) 28 December 1979 (1979-12-28) the whole document</p>	1-19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/AT2005/000302

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 8101444	A	28-05-1981	CA 1144077 A1	05-04-1983
			DK 295981 A	03-07-1981
			EP 0039710 A1	18-11-1981
			SE 419113 B	13-07-1981
			SE 7909379 A	15-05-1981
EP 0120654	A	03-10-1984	DE 3471978 D1	14-07-1988
			DK 162184 A	24-09-1984
			GB 2136883 A	26-09-1984
			IN 160889 A1	15-08-1987
US 4239977	A	16-12-1980	NONE	
EP 1548279	A	29-06-2005	CN 1637279 A	13-07-2005
			DE 10361443 A1	28-07-2005
			JP 2005201260 A	28-07-2005
			US 2005194787 A1	08-09-2005
US 4636707	A	13-01-1987	DK 378985 A	21-02-1986
			EP 0175479 A2	26-03-1986
			GB 2163609 A	26-02-1986
DE 19955586	A1	13-06-2001	NONE	
WO 0244561	A	06-06-2002	DE 20020232 U1	17-01-2002
GB 2023237	A	28-12-1979	DE 2922972 A1	03-01-1980
			DK 243579 A	16-12-1979
			FR 2428749 A1	11-01-1980
			SE 444599 B	21-04-1986
			SE 7905005 A	16-12-1979

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/AT2005/000302

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 F03D7/02 F03D7/04 F03D11/02 F03D9/00		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 F03D		
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, WPI Data, PAJ		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 81/01444 A (ALLMAENNA INGENJOERSBYRAN AB; NYGREN K) 28. Mai 1981 (1981-05-28) Zusammenfassung; Abbildung 2 Seite 1, Zeile 1 - Zeile 20 Seite 3, Zeile 28 - Zeile 37 Seite 4, Zeile 8 - Zeile 20 Seite 5, Zeile 11 - Zeile 18 ----- -/--	1,2,6-8, 10,11, 13,14,19
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen	<input checked="" type="checkbox"/> 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	
1. November 2005	11/11/2005	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde 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	Bevollmächtigter Bediensteter de Rooij, M	

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>EP 0 120 654 A (THE ENGLISH ELECTRIC COMPANY LIMITED) 3. Oktober 1984 (1984-10-03) Seite 1, Zeile 12 - Zeile 25 Seite 2, Zeile 20 - Seite 3, Zeile 18 Seite 3, Zeile 30 - Seite 4, Zeile 28 Seite 5, Zeile 27 - Zeile 37 Seite 6, Zeile 29 - Seite 7, Zeile 24 Seite 8, Zeile 1 - Zeile 18 Seite 8, Zeile 35 - Seite 9, Zeile 5; Ansprüche 1,4-6,11-15; Abbildungen 1-3,5</p>	1,2,4, 10,11, 13-15
X	<p>US 4 239 977 A (STRUTMAN, WARREN A) 16. Dezember 1980 (1980-12-16)</p> <p>Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 Spalte 1, Zeile 6 - Spalte 2, Zeile 12 Spalte 2, Zeile 58 - Spalte 3, Zeile 54 Spalte 5, Zeile 10 - Zeile 68</p>	1,4,7,8, 10,11, 16,18
P,X	<p>EP 1 548 279 A (VOITH TURBO GMBH & CO. KG) 29. Juni 2005 (2005-06-29)</p> <p>Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 Absätze '0001!', '0005!' - '0009!', '0013!' - '0015!', '0017!' - '0019!', '0027!', '0031!', '0032!'</p>	1,2,10, 11,13, 14,18
X	<p>US 4 636 707 A (LAW ET AL) 13. Januar 1987 (1987-01-13) Zusammenfassung; Abbildung 1 Spalte 1, Zeile 4 - Zeile 25 Spalte 1, Zeile 38 - Zeile 55 Spalte 2, Zeile 25 - Zeile 55</p>	1,2,11, 13
A	<p>DE 199 55 586 A1 (SIEMENS AG) 13. Juni 2001 (2001-06-13)</p> <p>Zusammenfassung; Ansprüche; Abbildungen Spalte 1, Zeile 36 - Zeile 68 Spalte 2, Zeile 20 - Zeile 36</p>	1,3,6,8, 10,11, 13,15,19
A	<p>WO 02/44561 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 6. Juni 2002 (2002-06-06) Seite 1, Zeile 3 - Zeile 8 Seite 3, Zeile 31 - Seite 5, Zeile 20; Abbildung 1</p>	1,8-12
A	<p>GB 2 023 237 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP) 28. Dezember 1979 (1979-12-28) das ganze Dokument</p>	1-19

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT2005/000302

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 8101444	A	28-05-1981	CA	1144077 A1	05-04-1983
			DK	295981 A	03-07-1981
			EP	0039710 A1	18-11-1981
			SE	419113 B	13-07-1981
			SE	7909379 A	15-05-1981
EP 0120654	A	03-10-1984	DE	3471978 D1	14-07-1988
			DK	162184 A	24-09-1984
			GB	2136883 A	26-09-1984
			IN	160889 A1	15-08-1987
US 4239977	A	16-12-1980	KEINE		
EP 1548279	A	29-06-2005	CN	1637279 A	13-07-2005
			DE	10361443 A1	28-07-2005
			JP	2005201260 A	28-07-2005
			US	2005194787 A1	08-09-2005
US 4636707	A	13-01-1987	DK	378985 A	21-02-1986
			EP	0175479 A2	26-03-1986
			GB	2163609 A	26-02-1986
DE 19955586	A1	13-06-2001	KEINE		
WO 0244561	A	06-06-2002	DE	20020232 U1	17-01-2002
GB 2023237	A	28-12-1979	DE	2922972 A1	03-01-1980
			DK	243579 A	16-12-1979
			FR	2428749 A1	11-01-1980
			SE	444599 B	21-04-1986
			SE	7905005 A	16-12-1979