(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 208 867 A1**

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
21.07.2010 Patentblatt 2010/29

(51) Int Cl.:
F01K 13/02 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **08015000.6**

(22) Anmeldetag: **25.08.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA MK RS

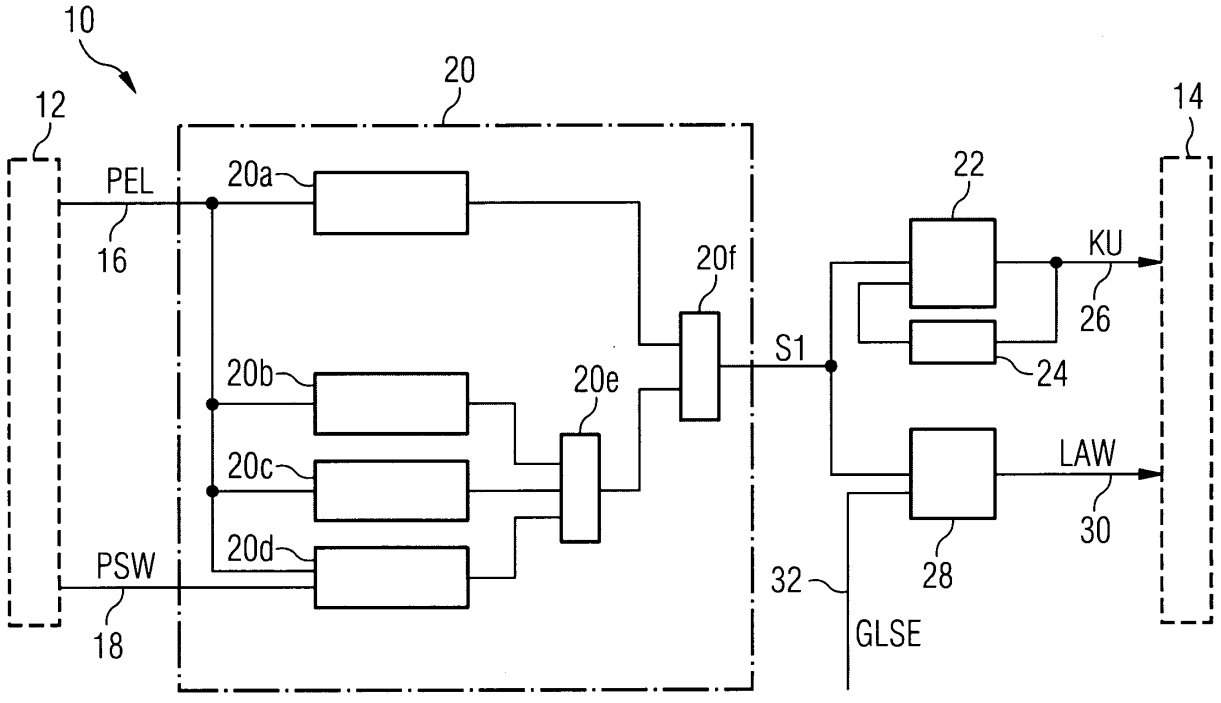
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder:
- **Bennauer, Martin**
  46242 Bottrop (DE)
- **Werthes, Heribert**
  45357 Essen (DE)

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Regeln eines Dampfkraftwerks

(57) Ein erfindungsgemäßes Verfahren umfasst die Schritte: Bereitstellen (34) eines ersten Signals (S1), welches eine Verminderung der Ist-Leistung (PEL) des Generators (12) anzeigt, Erzeugen (36) eines zweiten Signals (KU), welches eine Kurzschlussunterbrechung anzeigt, in Abhängigkeit des ersten Signals (S1), Zurücksetzten (38) des zweiten Signals (KU) nach einer vorbestimmten ersten Zeitspanne (TKU) und Blockieren (38) des zweiten Signals für eine vorbestimmte zweite Zeitspanne (TSPKU), Stoppen und anschließendes Starten (40) der Turbine (14) in Abhängigkeit des zweiten Signals (KU), Erzeugen (42) eines dritten Signals (LAW), welches einen Lastabwurf anzeigt, in Abhängigkeit des ersten Signals (S1) sowie dauerhaftes Stoppen (44) der Turbine (14) in Abhängigkeit des dritten Signals (LAW).

FIG 1



EP 2 208 867 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Regeln eines Dampfkraftwerks mit einem Generator und einer Turbine.

[0002] Dampfkraftwerke tragen maßgeblich zur Spannungs- und Frequenzstabilisierung sowohl in Verbundnetzen als auch in Inselnetzen bei. Um diesen Stabilisierungsanforderungen gerecht zu werden, müssen die Regelungsstrategien der Dampfkraftwerke höchsten Ansprüchen genügen. Die Regelungsstrategien sind dabei besonders bei Netzstörfällen und schnellen Laständerungen von Bedeutung.

[0003] Weicht z.B. die Drehzahl des Generators stark vom Nennwert ab und die Maschine gerät in Gefahr zu Schlüpfen oder der Wellenstrang von Generator und Turbine ist durch Überdrehzahl gefährdet, muss das gesamte Dampfkraftwerk gezielt vom zugehörigen Netz abgekoppelt und auf Eigenbedarf abgefahren werden, damit es schnellstmöglich wieder für den Netzaufbau zur Verfügung steht. Nach einem solchen Lastabwurf reduziert sich die Leistung an den Klemmen des Generators in kurzer Zeit auf sehr geringe Werte. Damit der Wellenstrang durch eine solche Verminderung der Ist-Leistung des Generators nicht zu stark beschleunigt wird, müssen Ventile der zugehörigen Turbine schnell zugefahren werden. Nach einem Lastabwurf bleibt die elektrische Leistung an den Klemmen des Generators im Allgemeinen längere Zeit auf einem niedrigen Wert.

[0004] Der im Folgenden Kurzschlussunterbrechung genannte Störfall ist hingegen ein in der Regel 3-poliger Netzkurzschluss in der Nähe des Kraftwerks, welcher nur wenige 100 ms andauert. Die Leistung an den Klemmen des Generators ist bei einem solchen Netzstörfall aufgrund des genannten Spannungseinbruchs kurzzeitig gleich Null. Sofern der Kurzschluss innerhalb einer Fehlerklärungszeit von mindestens 150 ms gelöscht werden kann, soll der Generator weiterhin Wirk- und Blindleistung ins Netz einspeisen, um Frequenz und Spannung zu stabilisieren. Wenn der Kurzschluss also 150 ms oder kürzer anliegt, darf weder der Wellenstrang durchschlüpfen noch die zugehörige Turbine heruntergefahren werden. In vielen Dampfkraftwerken ist die mögliche Fehlerklärungszeit noch deutlich kürzer.

[0005] Die Regelung eines Dampfkraftwerks muss auf beide Störfälle reagieren, wobei das Problem besteht, dass der Leistungsabwurf und die Kurzschlussunterbrechung zum jeweiligen Beginn nicht zu unterscheiden sind, da in beiden Fällen die Leistung an den Klemmen des Generators abfällt. Ferner besteht die Problematik, dass zwar bei der Kurzschlussunterbrechung die elektrische Leistung nach der Fehlerklärung zurückkommt, woraufhin die Turbine weiterbetrieben werden müsste, die elektrische Leistung aber dennoch im weiteren Verlauf mehrfach durch ihren Nulldurchgang pendelt, sodass bekannte Regler beim Unterschreiten vordefinierter Leistungsgrenzwerte erneut einen Störfall erkennen. Mit jeder Störfallerkennung wird insbesondere bei bekannten Dampfkraftwerken die Leistung der zugehörigen Turbine dadurch reduziert, dass zugehörige Ventile schnell zugefahren werden. Ein solcher Ventilschnellgang der Dampfturbine kann durch das genannte Pendeln der Generatorwirkleistung um den Nullpunkt nach einer Kurzschlussunterbrechung mehrmals hintereinander ansprechen. Dadurch wird die Turbinenleistung und somit die Wirkleistungseinspeisung ins Netz für eine unverhältnismäßig lange Zeit von mehreren Sekunden stark reduziert.

[0006] Bei einem Auftreten dieses Problems in mehreren Dampfkraftwerken führt das zu nicht tolerierbaren Lastfluss- und Frequenzproblemen. Die Dampfkraftwerke müssen bei derartigen Fehlern im Zeitbereich von wenigen 100 ms die Frequenz- und Spannungsstabilität des Netzes sichern.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Regeln eines Dampfkraftwerks mit einem Generator und einer Turbine zu schaffen, bei dem die oben genannten Probleme weitestgehend vermieden sind und insbesondere eine Spannungs- und Frequenzstabilität im zugehörigen Netz sowohl bei einem Lastabwurf als auch einer Kurzschlussunterbrechung gewährleistet sind.

[0008] Die Aufgabe ist erfindungsgemäß mit einem Verfahren zum Regeln eines Dampfkraftwerks mit einem Generator und einer Turbine gemäß Anspruch 1 gelöst. Ferner ist die Aufgabe mit einer Vorrichtung zum Regeln eines Dampfkraftwerks gemäß Anspruch 8 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

[0009] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Regeln eines Dampfkraftwerks mit einem Generator und einer Turbine umfasst die Schritte: Bereitstellen eines ersten Signals, welches eine Verminderung der Ist-Leistung des Generators anzeigt, Erzeugen eines zweiten Signals, welches eine Kurzschlussunterbrechung anzeigt, in Abhängigkeit des ersten Signals, Zurücksetzten des zweiten Signals nach einer vorbestimmten ersten Zeitspanne und Blockieren des zweiten Signals für eine vorbestimmte zweite Zeitspanne, Stoppen und anschließendes Starten der Turbine in Abhängigkeit des zweiten Signals, Erzeugen eines dritten Signals, welches einen Lastabwurf anzeigt, in Abhängigkeit des ersten Signals sowie dauerhaftes Stoppen der Turbine in Abhängigkeit des dritten Signals.

[0010] Die erfindungsgemäße Lösung basiert auf der Erkenntnis, dass bei einer Kurzschlussunterbrechung zwar das mehrfache Ansprechen und eine unsymmetrische Stellzeit der Ventile der zugehörigen Turbine bei Schnellgangauslösung in Auf- und Zurichtung möglichst vermieden werden soll, weil dadurch nach und nach die Leistung der Turbine heruntergefahren wird, dass aber ferner selbst bei einer Kurzschlussunterbrechung ein einmaliges Schalten des Schnellgangs nicht verhindert werden soll, weil ein solcher Schnellgang zu einer Rücknahme des Turbinenmomentes führt, was eine dämpfende Wirkung auf die sich sonst ergebende Netzpendelung

hat. Die erfindungsgemäße Lösung geht davon ausgehend den Weg, dass bei beiden genannten Störfällen (also sowohl bei Kurzschlussunterbrechung als auch bei Lastabwurf) ein Signal erzeugt wird, welches zunächst zu einem Stoppen der Turbine führt. Dieses Signal ist im Wortlaut des Anspruchs 1 das zweite Signal, welches in Abhängigkeit oder zeitgleich mit einem ersten Signal generiert wird, welches eine Verminderung der Ist-Leistung des Generators anzeigt. Mit anderen Worten wird die Turbine des erfindungsgemäßen Dampfkraftwerks also gestoppt bzw. in ihrer Leistung reduziert (was in der Regel durch einen Ventilschnellgang erfolgt), sobald ein zugehöriges Signal eine nennenswerte Verminderung der Ist-Leistung des Generators anzeigt. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ferner im Anschluss an dieses Stoppen der Turbine diese wieder gestartet. Während dieses Stoppens und Startens wird mit dem erfindungsgemäßen Regler des zugehörigen Dampfkraftwerks abgeprüft, ob weitere Kriterien für einen Lastabwurf vorliegen. Sofern ein Lastabwurf erkannt wird und ein zugehöriges drittes Signal erzeugt wird, wird erst dann ein dauerhaftes Stoppen der Turbine in Abhängigkeit dieses, im Wortlaut des Anspruchs 1 dritten Signals, ausgelöst. Mit anderen Worten wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren sowohl bei einer Kurzschlussunterbrechung als auch einem Lastabwurf die Turbine zunächst grundsätzlich gestoppt und erst im weiteren Zeitverlauf geprüft, ob zwischen Kurzschlussunterbrechung und Lastabwurf unterschieden werden kann. Während dieses Zeitverlaufs wird die Turbine vorsorglich wieder in den Startmodus versetzt, damit sie durchstartet, sobald die Kurzschlussunterbrechung erkannt und die Lastabwurf-Situation eben nicht erkannt worden ist.

[0011] Wichtig ist bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ferner, dass das zweite Signal, welches eine Kurzschlussunterbrechung anzeigt, zurückgesetzt und anschließend blockiert wird. Dadurch wird sichergestellt, dass dieses zweite Signal eine Kurzschlussunterbrechung nicht erneut anzeigen kann, wenn im nachfolgenden Zeitverlauf die Generatorwirkleistung um den Nullpunkt pendelt.

[0012] Anders ausgedrückt kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zwischen einem Lastabwurf und einer Kurzschlussunterbrechung dadurch unterschieden werden, dass ein sogenanntes zweites Signal immer ein kurzzeitiges Abregeln der zugehörigen Turbine auslöst, die Soll-Leistung des Generators also kurzzeitig auf Null gesetzt wird. Erst ein drittes Signal löst ein dauerhaftes Abregeln der zugehörigen Turbine aus, wobei dann die Soll-Leistung des Generators dauerhaft auf Null gesetzt wird. Dieses dritte Signal wird unabhängig vom zweiten Signal erzeugt und bildet das Unterscheidungssignal, um die zunächst angenommene Kurzschlussunterbrechung von einem Lastabwurf zu unterscheiden.

[0013] Bei einer ersten vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das erste Signal bereitgestellt, wenn sich die Ist-Leistung des Generators sprunghaft um einen vorbestimmten Wert vermindert hat oder die Ist-Leistung des Generators größer als ein vorbestimmter negativer Wert ist sowie die Ist-Leistung des Generators kleiner als das Zweifache des Eigenbedarfs geworden ist sowie die Referenz zwischen einer Soll-Leistung und der Ist-Leistung des Generators größer als das Zweifache des Eigenbedarfs geworden ist. Mit anderen Worten wird das erste Signal, welches eine Verminderung der Ist-Leistung des Generators anzeigt, generiert, wenn sich die Generatorleistung sprungförmig vermindert, wobei diese sprungförmige Verminderung bevorzugt mindestens 70% beträgt. Zur Überprüfung auf Leistungssprünge wird bevorzugt das Leistungssignal zunächst durch ein DT1-Glied gefiltert. Mit dieser Bedingung ist in Form einer Oder-Verknüpfung folgende Verbindung gekoppelt: die Generatorleistung wird mit einem vorbestimmten negativen Wert, insbesondere -2%, verglichen. Sofern die Generatorleistung größer als dieser Wert ist, befindet sich der Generator nicht in einem Motorbetrieb, dessen Leistungen größer als diese Nennleistung ist. Ferner wird überprüft, ob die Ist-Leistung des Generators kleiner als das Zweifache des Eigenbedarfs geworden ist. Als dritte Bedingung wird geprüft, ob die Differenz zwischen Leistungssollwert und Leistungsistwert größer oder kleiner als das Zweifache des Eigenbedarfs ist. Ein Absinken der Ist-Leistung kann somit detektiert werden. Die drei oben genannten Bedingungen sind dabei mit einem logischen Und verknüpft. Das Signal wird also erzeugt, wenn alle diese Bedingungen erfüllt sind oder sich die Generatorleistung um den genannten vorbestimmten Wert sprunghaft geändert hat.

[0014] Bei einer zweiten vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens beträgt die vorbestimmte erste Zeitspanne zwischen 100ms und 200ms, insbesondere 150ms. Die vorbestimmte erste Zeitspanne dient dazu, festzulegen, wie lange das zweite Signal gesetzt bleibt und damit eine Kurzschlussunterbrechung angezeigt ist. Diese zweite vorbestimmte Zeitspanne ist vorteilhaft so bemessen, dass die zugehörige Turbine gestoppt bzw. deren Ventile schnell geschlossen werden können, also der Schnellgang ausgelöst werden kann. Zugleich ist diese vorbestimmte erste Zeitspanne so gewählt, dass die Turbine ausreichend schnell wieder in den Startmodus versetzt wird, um durch Einspeisen von Wirk- und Blindleistung mit dem Generator die Frequenz- und Spannungsstabilität im Netz zu stützen. Das Starten selbst birgt eine gewisse Verzögerung in sich, die dazu führt, dass die Turbine im Rahmen der nachfolgenden Lastabwurf-Kontrolle ausreichend schnell dauerhaft gestoppt werden kann.

[0015] Bei einer dritten vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens beträgt die vorbestimmte zweite Zeitspanne zwischen 4s und 10s, insbesondere 7s. Die vorbestimmte zweite Zeitspanne dient dazu das zweite Signal zu verblocken und zu verhindern, dass nach einem Erkennen einer Kurzschlussunterbrechung durch ein Pendeln der Generatorwirkleistung um den Nullpunkt die Kurzschlussunterbrechungs-Erkennung mehrmals hintereinander anspricht. Die vorbestimmte

zweite Zeitspanne ist dabei vorteilhaft derart gewählt, dass das mechanische Moment und folglich die elektrische Leistung des Generators schneller wieder zurückkommen als diese gewählte zweite Zeitspanne.

[0016] Bei einer vierten vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt das Erzeugen des dritten Signals, welches einen Lastabwurf anzeigt, in Abhängigkeit des ersten Signals und einer vorbestimmten dritten Zeitspanne. Für das den Lastabwurf anzeigende Signal ist also wiederum das erste Signal der Auslöser und es wird zusätzlich ermittelt, ob dieses erste Signal während einer vorbestimmten dritten Zeitspanne dauerhaft besteht. Ein Lastabwurf liegt also dann vor, wenn über einen längeren Zeitraum, eben diese vorbestimmte dritte Zeitspanne, die Ist-Leistung des Generators stark vermindert ist. Bei einer Kurzschlussunterbrechung liegt eine Leistung von nahe Null im Allgemeinen hingegen nur wenige 100ms an.

[0017] Besonders bevorzugt ist die vorbestimmte dritte Zeitspanne mit einem Wert zwischen 1,5s und 2,5s, insbesondere 2s gewählt. Diese Zeitspanne führt dazu, dass sicher festgestellt werden kann, ob ein Lastabwurf vorliegt oder etwa nur ein Pendeln der elektrischen Leistung um die mechanische Leistung nach einer Kurzschlussunterbrechung. Ferner ist die Zeitspanne derart gewählt, dass die zugehörige Turbine ausreichend früh dauerhaft gestoppt wird. Dabei ist insbesondere zu beachten, dass nach einem erneuten Starten der Turbine im Anschluss an das Setzen des Signals Kurzschlussunterbrechung dieses Starten durch eine zugehörige Drehzahlregelung der Turbine gesteuert wird. Mit dem Wegfall der elektrischen Leistung des Generators beschleunigt der Antriebsstrang der Turbine derart stark, dass deren Drehzahlregelung ausreichend eingreift und ein Überdrehen der Turbine verhindert. Dies führt auch dazu, dass die Turbine, welche nach ca. 1,5 s nach dem Stoppen wieder mit dem eigentlichen Starten beginnt, beim dauerhaften Stoppen nach 2 s nicht überdreht und allenfalls ein sehr kurzfristiges Schlüpfen am Generator stattfindet. Nach einem Lastabwurf beschleunigt also der Wellenstrang und nimmt die überschüssige Leistung der Turbine auf, die sie nicht mehr an das Netz abgeben kann. Die Drehzahl der Turbine steigt über den Nennwert an (beispielsweise auf einen Wert bis zu 5% über dem Nennwert). Daraufhin bestimmt maßgeblich der Drehzahlregler die Stellgröße für das Öffnen der zugehörigen Ventile der Turbine. Dadurch bleiben die Ventile zu, selbst wenn bereits wieder das Signal zum Starten der Turbine in Abhängigkeit des zweiten Signals anliegt. Nachfolgend kommt gegebenenfalls das Signal zum dauerhaften Stoppen der Turbine, sodass die Ventile während dieses Zeitraums insgesamt noch geschlossen bleiben und das Turbinenmoment wie gefordert auf Null gefahren wird, bis die Drehzahl der Turbine unterhalb des Sollwerts liegt.

[0018] Bei einer sechsten vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt das Erzeugen des dritten Signals, welches einen Lastabwurf anzeigt, in Abhängigkeit eines Lastschalters für den Generator. Der Lastschalter des Generators gibt an, ob der Generator überhaupt elektrische Leistung ins Netz einspeisen soll. Allerdings wird ein solcher Lastschalter nicht bei jedem Lastabwurf sicher mitbetätigt, sodass aus diesem Grund zusätzlich die oben genannten Bedingungen berücksichtigt werden, um einen Lastabwurf sicher zu erkennen.

[0019] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Lösung anhand der beigefügten schematischen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 ein Schaubild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Regeln eines Dampfkraftwerks,

Fig. 2 ein Schaubild eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Regeln eines Dampfkraftwerks,

Fig. 3 die Verläufe von diversen Kenngrößen eines Dampfkraftwerks im Falle einer Kurzschlussunterbrechung gemäß dem Stand der Technik,

Fig. 4 die Verläufe diverser Kenngrößen eines Dampfkraftwerks im Falle einer Kurzschlussunterbrechung gemäß der erfindungsgemäßen Lösung und

Fig. 5 die Verläufe diverser Kenngrößen eines Dampfkraftwerks im Falle eines Lastabwurfs gemäß der erfindungsgemäßen Lösung.

[0020] In Fig. 1 ist eine Schaltungsanordnung bzw. Vorrichtung 10 zum Regeln eines weiter nicht dargestellten Dampfkraftwerks mit einem Generator 12 und einer Turbine 14 veranschaulicht. Die Vorrichtung 10 umfasst als wesentliche Elemente eine PEL-Signalleitung 16 sowie eine PSW-Signalleitung 18, die von dem Generator 12 zu einem Mittel 20 zum Bereitstellen eines ersten Signals führen. Dieses Mittel 20 ist als Steuer- bzw. Regeleinrichtung ausgestaltet, in dem insgesamt sechs Schaltelemente 20a, 20b, 20c, 20d, 20e und 20f ausgebildet sind. Dabei wird über die PEL-Signalleitung 16 die Ist-Leistung (PEL) des Generators 12 an das Schaltelement 20a weitergegeben, welches überprüft, ob die Ist-Leistung sprunghaft um einen vorbestimmten Wert GPLSP abgesunken ist. Dabei wird vorliegend insbesondere eine sprungförmige Verminderung um größer 70% überprüft. Zur Überprüfung auf solche Leistungssprünge wird das Leistungssignal PEL zunächst durch ein DT1-Glied gefiltert.

[0021] In dem Schaltelement 20b wird aus dem Eingangssignal PEL abgeleitet, ob die Ist-Leistung des Generators 12 größer als ein bestimmter negativer Wert GPNEG ist. Vorliegend wird dabei insbesondere die Generatorleistung mit dem Wert GPNEG = -2% verglichen. Es wird dadurch überprüft, ob sich der Generator 12 im Motorbetrieb mit Leistungen größer -2% der Nennleistung befindet.

[0022] Im Schaltelement 20c wird überprüft, ob die Ist-Leistung PEL des Generators 12 kleiner als das Zweifache des Eigenbedarfs GP2EB geworden ist. Es wird so ein Absinken der Ist-Leistung auf kleiner zweimal Eigenbedarf erkannt.

[0023] Mit dem Schaltelement 20d wird mittels der Eingangssignale Ist-Leistung PEL und Soll-Leistung PSW des Generators 12 die Differenz zwischen dem Leistungssollwert und dem Leistungsistwert ermittelt und mit dem Wert 2 x Eigenbedarf verglichen. Es wird so ein Absinken der Ist-Leistung detektiert.

[0024] Die Ergebnisse der Schaltelemente 20b, 20c und 20d sind über das Schaltelement 20e miteinander verknüpft, wobei dieses eine UND-Verknüpfung bildet. Das Ergebnis dieser Verknüpfung ist mittels des Schaltelements 20f mit dem Ergebnis des Schaltelements 20a verknüpft, wobei diese Verknüpfungen im Schaltelement 20f eine Oder-Verknüpfung ist. Auf diese Weise wird mit dem Mittel 20 zum Bereitstellen eines ersten Signals ein Signal S1 generiert, welches angibt, ob eine Verminderung der Ist-Leistung PEL des Generators 12 vorliegt. Dieses Signal S1 wird einem Mittel 22 zum Erzeugen eines zweiten Signals KU zugeführt. Dieses Signal KU wird als ein Signal betrachtet, welches grundsätzlich eine Kurzschlussunterbrechung anzeigt und zwar in Abhängigkeit des ersten Signals S1. Das erzeugte zweite Signal KU wird nach einer vorbestimmten ersten Zeitspanne TKU von vorliegend 150ms zurückgesetzt und nachfolgend für eine vorbestimmte zweite Zeitspanne CSPKU von vorliegend 7 s blockiert. Dies geschieht mit einem Mittel 24 zum Zurücksetzen und Blockieren des zweiten Signals KU, wobei dieses Mittel mit einem RS-Flipflop und einem zugehörigen Setsignal gestaltet ist. Das Signal wird für die Zeitspanne von CSPKU gehalten und auf den Reset-Eingang des Flipflops gegeben. Diese Verschaltung bewirkt, dass das KU-Signal maximal 150ms ansteht und danach erst nach frühestens 7 s wieder anstehen kann. Das KU-Signal wird über eine KU-Signalleitung 26 an die Turbine 14 weitergeleitet, wo ein nicht dargestelltes Mittel in Gestalt eines Reglers zum Stoppen und Starten der Turbine 14 vorgesehen ist. Dieser Regler bewirkt aufgrund des kurzzeitigen KU-Signals ein vorübergehendes Abschalten des Leistungssollwertes PSW der Turbine 14.

[0025] Das Signal S1 wird ferner an ein Mittel 28 zum Erzeugen eines dritten Signals LAW geleitet, wobei dieses dritte Signal LAW gebildet wird, wenn das erste Signal S1 länger als eine vorbestimmte dritte Zeitspanne TLAW, vorliegend 2s, besteht. Das Signal LAW wird dabei über eine LAW-Signalleitung 30 an die Turbine 14 geleitet, wo ein nicht dargestelltes Mittel zum dauerhaften Stoppen der Turbine in Abhängigkeit des LAW-Signals 30 vorgesehen ist.

[0026] In Fig. 2 ist der zugehörige Verfahrensablauf zum Regeln eines Dampfkraftwerks mit dem Generator 12, der Turbine 14 und der Vorrichtung 10 veranschaulicht. Das Verfahren umfasst einen Schritt 34, bei dem das erste Signal S1 bereitgestellt wird, welches eine Verminderung der Ist-Leistung PEL des Generators 12 anzeigt. Dieses Signal ist entweder Nein bzw. 0, wobei man zum Eingang des Schritts 34 zurückkehrt oder das Signal S1 ist 1 bzw. Ja, wobei zunächst ein weiterer Schritt 36 des Erzeugens des zweiten Signals KU stattfindet. Das Signal KU zeigt, wie oben erläutert, grundsätzlich eine Kurzschlussunterbrechung an bzw. es wird davon ausgegangen, dass eine solche Kurzschlussunterbrechung vorliegen könnte. In einem nachfolgenden Schritt 38 wird dann das zweite Signal KU nach einer vorbestimmten ersten Zeitspanne TKU zurückgesetzt und nachfolgend die vorbestimmte zweite Zeitspanne TSPKU blockiert. Dabei wird eine Schleife durchlaufen, die zurück zum Schritt 36 führt. Zugleich wird das derart erzeugte, dann zurückgesetzte und blockierte Signal einem Schritt 40 zugeführt, bei dem die Turbine 14 stoppt und anschließend wieder gestartet wird. Der Weg vom Schritt 40 führt nachfolgend zurück zum Schritt 34.

[0027] Mit dem positiven Signal S1 wird in einem Schritt 42 zeitgleich mit den Schritten 36, 38 und 40 ferner geprüft, ob das Signal S1 nur die dritte Zeitspanne TLAW von vorliegend 2s dauerhaft anliegt. Ist dies nicht der Fall, kehrt das Verfahren zurück zum Schritt 34. Ist dies aber der Fall, wird das zugehörige dritte Signal LAW auf Ja bzw. 1 gesetzt und es wird in einem Schritt 44 die Turbine 14 dauerhaft gestoppt.

[0028] In Fig. 3 sind verschiedene Verläufe von Signalen und Messwerten des Generators 12 und der Turbine 14 über der Zeit angetragen. Dabei ist ein Verfahren zum Regeln eines Dampfkraftwerks gemäß dem Stand der Technik veranschaulicht, wobei eine erste Kurve 46 den Verlauf des mechanischen Moments der Turbine 14 zeigt. Es ist zu erkennen, wie dieses mechanische Moment aufgrund einer plötzlichen Verminderung der Ist-Leistung des Generators abfällt und nachfolgend wegen des Vorliegens einer Kurzschlussunterbrechung wieder zumindest geringfügig ansteigt. Die Kurven 48 und 50 zeigen den zugehörigen Verlauf des elektrischen Moments des Generators 12 sowie der Wirkleistung des Generators 12. Diese Wirkleistung entspricht der Ist-Leistung PEL. Es ist zu erkennen, dass sowohl das elektrische Moment als auch die Wirkleistung aufgrund der Kurzschlussunterbrechung zu schwingen beginnen und mehrmals einen Nulldurchlauf aufweisen. Die Kurve 52 zeigt den zugehörigen Verlauf bzw. die Kurve des sich damit gemäß dem Stand der Technik ergebenden ersten Signals S1. Dieses Signal wird mit der Kurzschlussunterbrechung selbst generiert und nachfolgend noch mehrmals aufgrund des Durchlaufens des Nulldurchgangs. Dabei ergibt sich, dass aufgrund des Signals S1 die zugehörige Turbine 14 mehrmals gestoppt wird (siehe die drei Kreismarkierungen bei Kurve 46) und es dadurch zu einer starken Minderung und Verzögerung der Leistung der Turbine kommt. Zugehörige Kurven 54 und 56 zeigen schließlich noch den Polradwinkel in ° sowie den Schlupf am Generator 12.

[0029] In den Fig. 4 und 5 ist veranschaulicht, wie sich der Verlauf von derartigen und ähnlichen Kurven verän-

dert, wenn man die erfindungsgemäße Lösung einsetzt. Insbesondere ist in Fig. 4 mit der Kurve 58 veranschaulicht, wie sich das mechanische Moment über der Zeit verhält, wenn mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und der zugehörigen Vorrichtung eine Kurzschlussunterbrechung ermittelt wird. Es ist deutlich zu erkennen, dass es nicht zu einem mehrmaligen Stoppen bzw. Schnellgangauslösung kommt. Während die Kurven 60 und 62 das zugehörige elektrische Moment sowie die zugehörige Wirkleistung des Generators 12 zeigen, ist mit der Kurve 64 veranschaulicht, dass bei der erfindungsgemäßen Vorgehensweise nur einmalig ein vergleichsweise kurzes KU-Signal erzeugt wird. Dieses wird, wie oben erläutert, zurückgesetzt und nachfolgend derart blokkiert, dass es nicht zu einem erneuten Auslösen eines Schnellgangs kommen kann. Entsprechend führt dieses Vorgehen zu einem sehr zeitnahen Wiederstart der zugehörigen Turbine 14 mit entsprechend anderem Polradwinkel (siehe Kurve 66) sowie etwas anderem Schlupfverhalten (siehe Kurve 68).

[0030] In Fig. 5 ist veranschaulicht, wie sich das erfindungsgemäße Dampfkraftwerk verhält, wenn es zu einem Lastabwurf kommt. Eine Kurve 70 zeigt dabei die Wirkleistung des Generators und eine Kurve 72 die zugehörige Soll-Leistung (PSW). Eine Kurve 74 zeigt das Verhalten eines zugehörigen Turbinenreglers, wobei zu erkennen ist, dass dieser Turbinenregler nach einer kurzen Unterbrechung zwar die zugehörige Turbine 14 wieder startet, dennoch aber deren Drehzahl begrenzt. Mit Kurven 76 und 78 ist der zugehörige Verlauf des Mitteldrucks der Ventile der Turbine 14 sowie des Frischdampfdrucks der Ventile der Turbine 14 veranschaulicht. Es ist dabei zu erkennen, dass die Ventile mit dem Wegfall des mechanischen Moments mit dem Turbinenregler geschlossen werden und nachfolgend vom Turbinenregler auch gezielt 1,5s geschlossen gehalten werden. Eine Kurve 80 zeigt das zugehörige, oben genannte erste Signal und dessen Verlauf. Es ist zu erkennen, dass dieses Signal ab dem Wegfall des mechanischen Moments konstant anliegt. Eine Kurve 82 zeigt schließlich den Verlauf des zugehörigen, oben genannten zweiten Signals (KU), welches kurzzeitig erzeugt, dann zurückgesetzt und nachfolgend blockiert wird. Eine Kurve 84 zeigt den Verlauf eines oben genannten dritten Signals (LAW) welches dadurch generiert wird, dass das erste Signal (siehe Kurve 80) fortdauernd anliegt. Mit diesem dritten Signal 84 wird entsprechend die Turbine 14 dauerhaft gestoppt, was wieder am Verlauf der Kurve 74 (Turbinenregler) zu erkennen ist. Eine Kurve 86 zeigt den Verlauf des mechanischen Moments an der Turbine, wobei zu erkennen ist, wie dieses mechanische Moment aufgrund des Wegfalls des mechanischen Moments des Generators 12 absinkt. Mit dem Absinken des mechanischen Moments beschleunigt zugleich die Turbine 14, da ein erhebliches Maß Schwungmasse vorhanden ist, wenngleich die zugehörigen Ventile geschlossen gehalten werden (siehe Kurven 76 und 78). Mit diesem Beschleunigen der Turbine 14 bildet sich eine Kurve 88, welche den Verlauf der Abweichung der Drehzahl darstellt. Es ist zugleich zu erkennen, dass dieses Beschleunigen derart begrenzt stattfindet, dass es nicht zu einem Überdrehen der Turbine 14 kommen kann.

[0031] Erfindungsgemäß wird also der Schnellgang der Ventile an der Turbine 14 durch das Signal KU ausgelöst und dieses Auslösen erfolgt aus den genannten Gründen nur einmal. Wenn nach einer vordefinierten Zeit das Signal, welches zur Erzeugung des Signals KU geführt hat, weiterhin anliegt, wird das Signal LAW erzeugt und die Ventile bleiben geschlossen, bis die Drehzahl der Turbine weitestgehend abgesunken ist, danach kann das mechanische Moment gefahrlos auf Eigenbedarf erhöht werden. Diese Verzögerungsphase schützt den Generator 12 vor Überdrehzahl und dauert im Allgemeinen länger als 10s.

[0032] Aus den Fig. 4 und 5 lässt sich schließen, dass ein mehrmaliges Auslösen des Schnellgangs bei einer reinen Kurzschlussunterbrechung erfindungsgemäß nicht stattfinden kann. Bei Eintritt des Kurzschlusses wird das Turbinenmoment heruntergefahren und steigt nach 1,5s wieder an. Das elektrische Moment (Kurve 60), der Schlupf (Kurve 68) und der Polradwinkel (Kurve 66) des Generators 12 zeigen das bekannte Verhalten eines Dampfkraftwerks beim 3-poligen Netzkurzschluss. Der Polradwinkel (Kurve 66) pendelt um den Nullwert, was bedeutet, dass der Generator 12 noch nicht begonnen hat zu schlüpfen. Bei einem Lastabwurf auf Eigenbedarf wird durch das erfindungsgemäße Verblocken bzw. Blockieren des eigentlich mehrmaligen Auslösens des KU-Signals ein geordnetes Herunterfahren der Turbine 14 nicht beeinträchtigt. Es löst vielmehr zunächst das Signal KU den Schnellgang auch bei Lastabwürfen aus. Danach wird die Turbine 14 eigentlich zwar wieder gestartet, wodurch deren Wellenstrang beschleunigt wird und die überschüssige Leistung der Turbine 14 aufnimmt, da die Turbine 14 keine Leistung mehr über den Generator an das Netz abgeben kann. Die Drehzahl des Wellenstrangs steigt auf bis zu 5% über den Nennwert an (siehe Kurve 88). Dabei bestimmt maßgeblich der Drehzahlregler (siehe Kurve 74) die Stellgröße für das Öffnen der Ventile der Turbine 14. Dadurch bleiben die Ventile zu und das Turbinenmoment wird wie gefordert auf Null gefahren, bis die Drehzahl unterhalb des Sollwerts liegt. Nach Verstreichen einer Zeitspanne TLAW wird das Signal LAW gesetzt und bleibt vorliegend 5 s stehen. Dies führt dazu, dass die Turbine über diesen Zeitraum dauerhaft gestoppt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Regeln eines Dampfkraftwerks mit einem Generator (12) und einer Turbine (14), mit den Schritten:

   - Bereitstellen (34) eines ersten Signals (S1), welches eine Verminderung der Ist-Leistung

(PEL) des Generators (12) anzeigt,
- Erzeugen (36) eines zweiten Signals (KU), welches eine Kurzschlussunterbrechung anzeigt, in Abhängigkeit des ersten Signals (S1),
- Zurücksetzten (38) des zweiten Signals (KU) nach einer vorbestimmten ersten Zeitspanne (TKU) und Blockieren (38) des zweiten Signals für eine vorbestimmte zweite Zeitspanne (TSPKU),
- Stoppen und anschließendes Starten (40) der Turbine (14) in Abhängigkeit des zweiten Signals (KU),
- Erzeugen (42) eines dritten Signals (LAW), welches einen Lastabwurf anzeigt, in Abhängigkeit des ersten Signals (S1) sowie
- dauerhaftes Stoppen (44) der Turbine (14) in Abhängigkeit des dritten Signals (LAW).

2. Verfahren nach Anspruch 1,
bei dem das erste Signal bereitgestellt wird, wenn sich die Ist-Leistung (PEL) des Generators (12) sprunghaft um einen vorbestimmten Wert (GPLSP) vermindert hat oder
die Ist-Leistung (PEL) des Generators (12) auf einen vorbestimmten negativen Wert (GPNEG) abgesunken ist sowie die Ist-Leistung (PEL) des Generators (12) kleiner als das Zweifache des Eigenbedarfs (GP2EB) geworden ist sowie die Differenz zwischen einer Soll-Leistung (PSW) und der Ist-Leistung (PEL) des Generators (12) größer als das Zweifache des Eigenbedarfs (GP2EB) geworden ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
bei dem die vorbestimmte erste Zeitspanne (TKU) zwischen 100ms und 200ms, insbesondere 150ms beträgt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
bei dem die vorbestimmte zweite Zeitspanne (TSPKU) zwischen 4s und 10s, insbesondere 7s beträgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
bei dem das Erzeugen des dritten Signals (LAW), welches einen Lastabwurf anzeigt, in Abhängigkeit des ersten Signals und einer vorbestimmten dritten Zeitspanne (TLAW) erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 5,
bei dem die vorbestimmte dritte Zeitspanne (TLAW) zwischen 1,5s und 2,5s, insbesondere 2s beträgt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
bei dem das Erzeugen des dritten Signals (LAW), welches einen Lastabwurf anzeigt, in Abhängigkeit eines Lastschalters für den Generator erfolgt (GLSE).

8. Vorrichtung zum Regeln eines Dampfkraftwerks mit einem Generator und einer Turbine, mit:

- einem Mittel (20) zum Bereitstellen (34) eines ersten Signals (S1), welches eine Verminderung der Ist-Leistung (PEL) des Generators (12) anzeigt,
- einem Mittel (22) zum Erzeugen (36) eines zweiten Signals (KU), welches eine Kurzschlussunterbrechung anzeigt, in Abhängigkeit des ersten Signals (S1),
- einem Mittel (24) zum Zurücksetzten (38) des zweiten Signals (KU) nach einer vorbestimmten ersten Zeitspanne (TKU) und Blockieren (38) des zweiten Signals (KU) für eine vorbestimmte zweite Zeitspanne (TSPKU),
- einem Mittel zum Stoppen (40) und anschließendes Starten (40) der Turbine (14) in Abhängigkeit des zweiten Signals (KU),
- einem Mittel (28) zum Erzeugen (42) eines dritten Signals (LAW), welches einen Lastabwurf anzeigt, in Abhängigkeit des ersten Signals (S1) sowie
- einem Mittel zum dauerhaften Stoppen (44) der Turbine (14) in Abhängigkeit des dritten Signals (LAW).

FIG 1

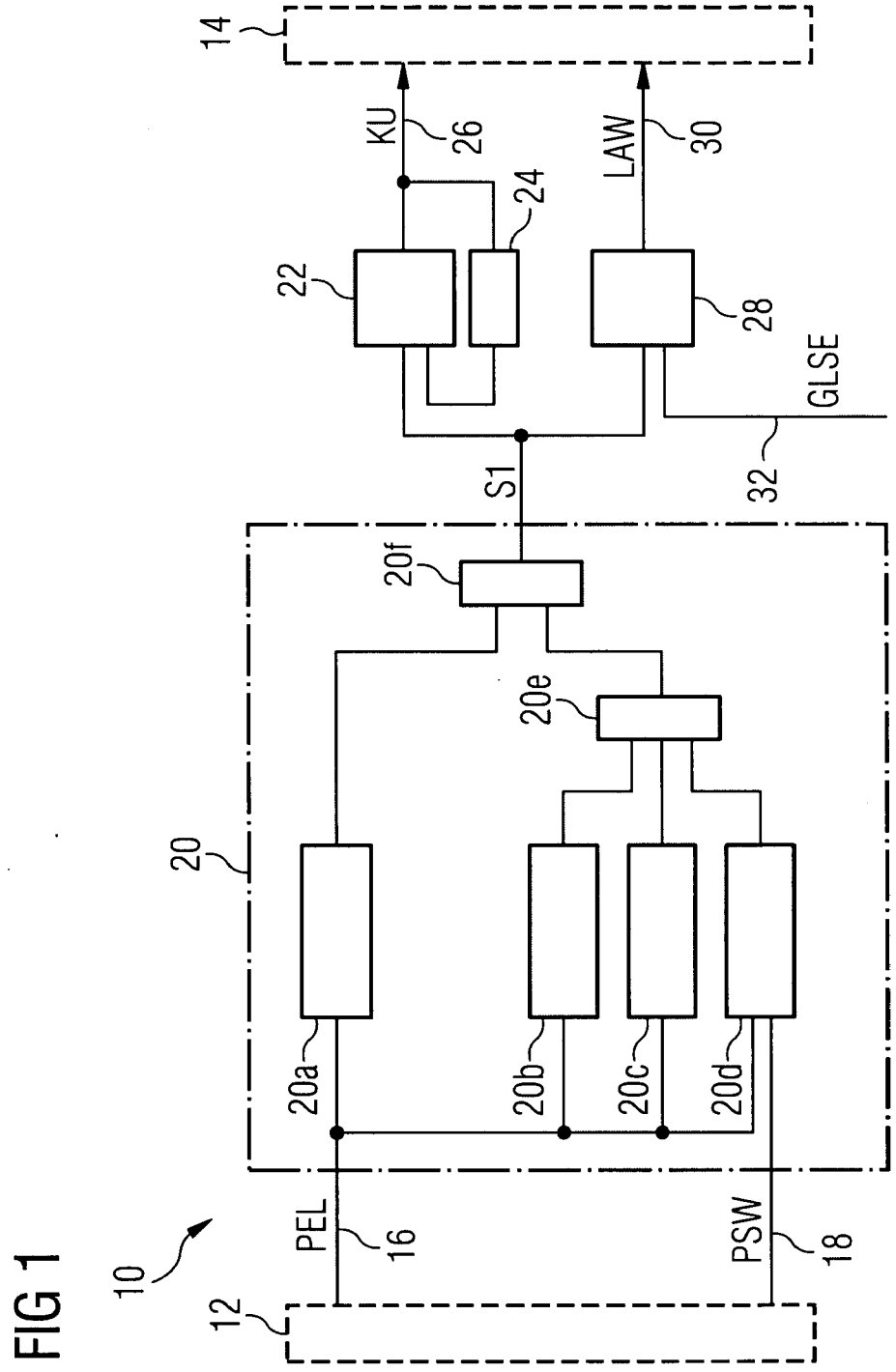

14
KU
26
LAW
30
24
22
28
GLSE
32
S1
20f
20e
20
20a
20b
20c
20d
10
PEL
16
PSW
18
12

FIG 2

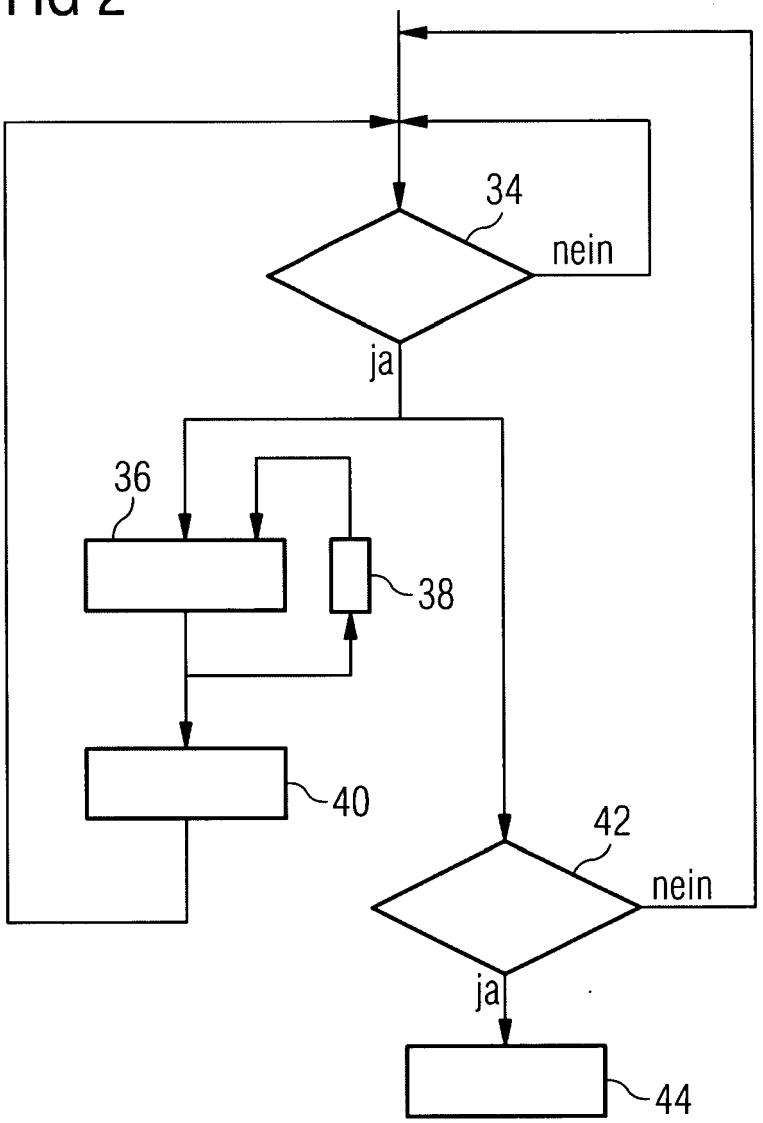


FIG 3

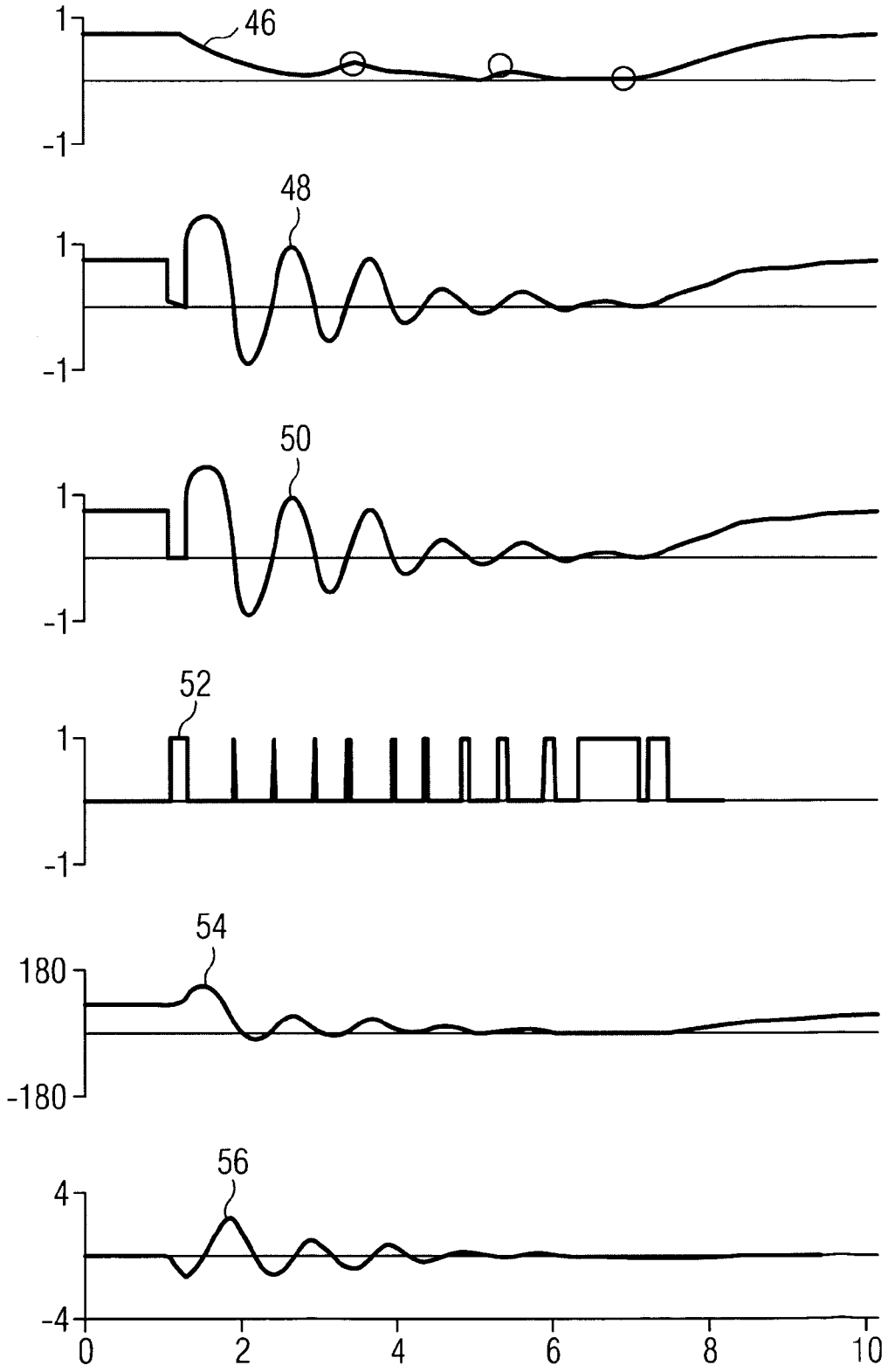


FIG 4

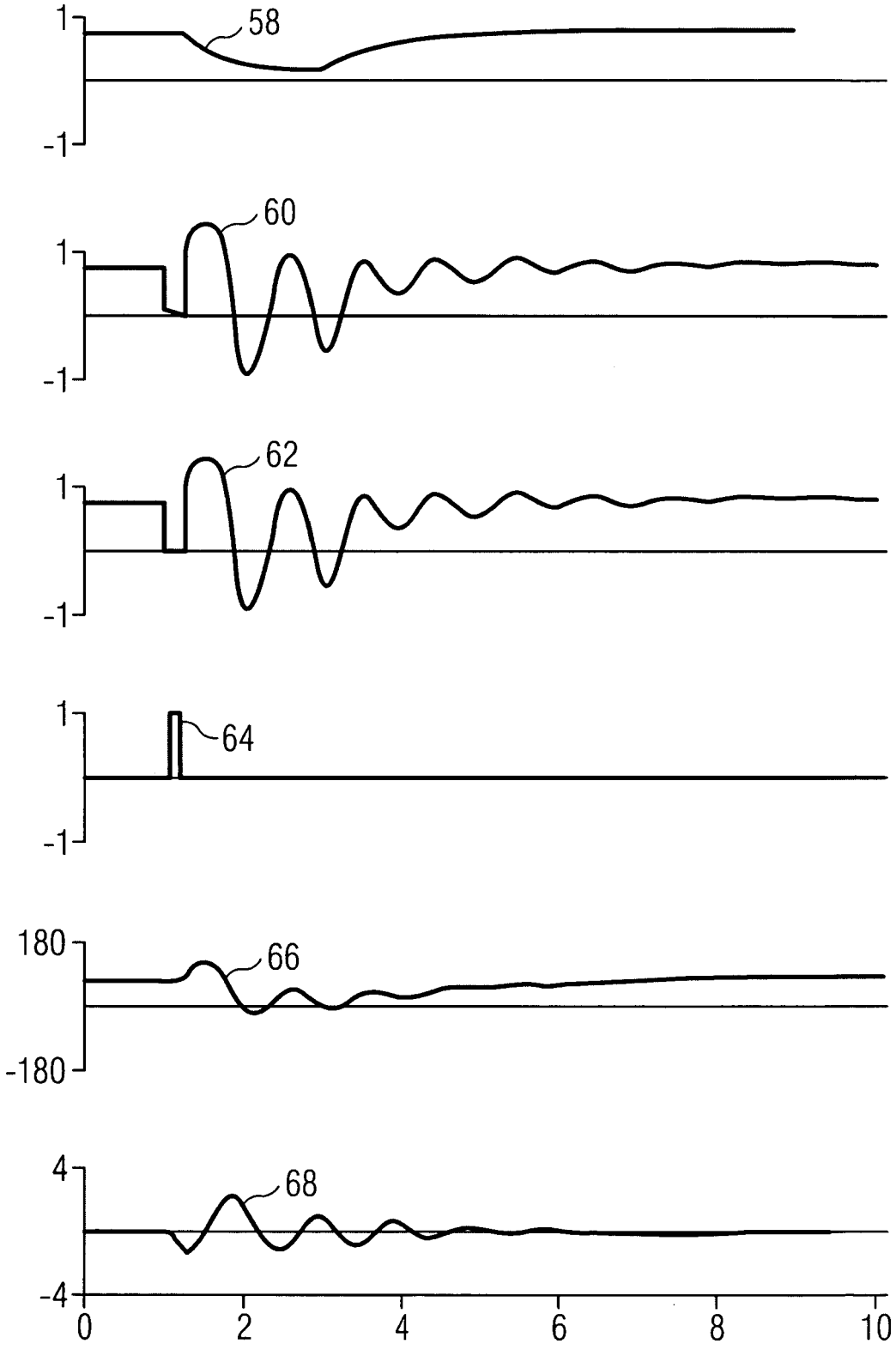
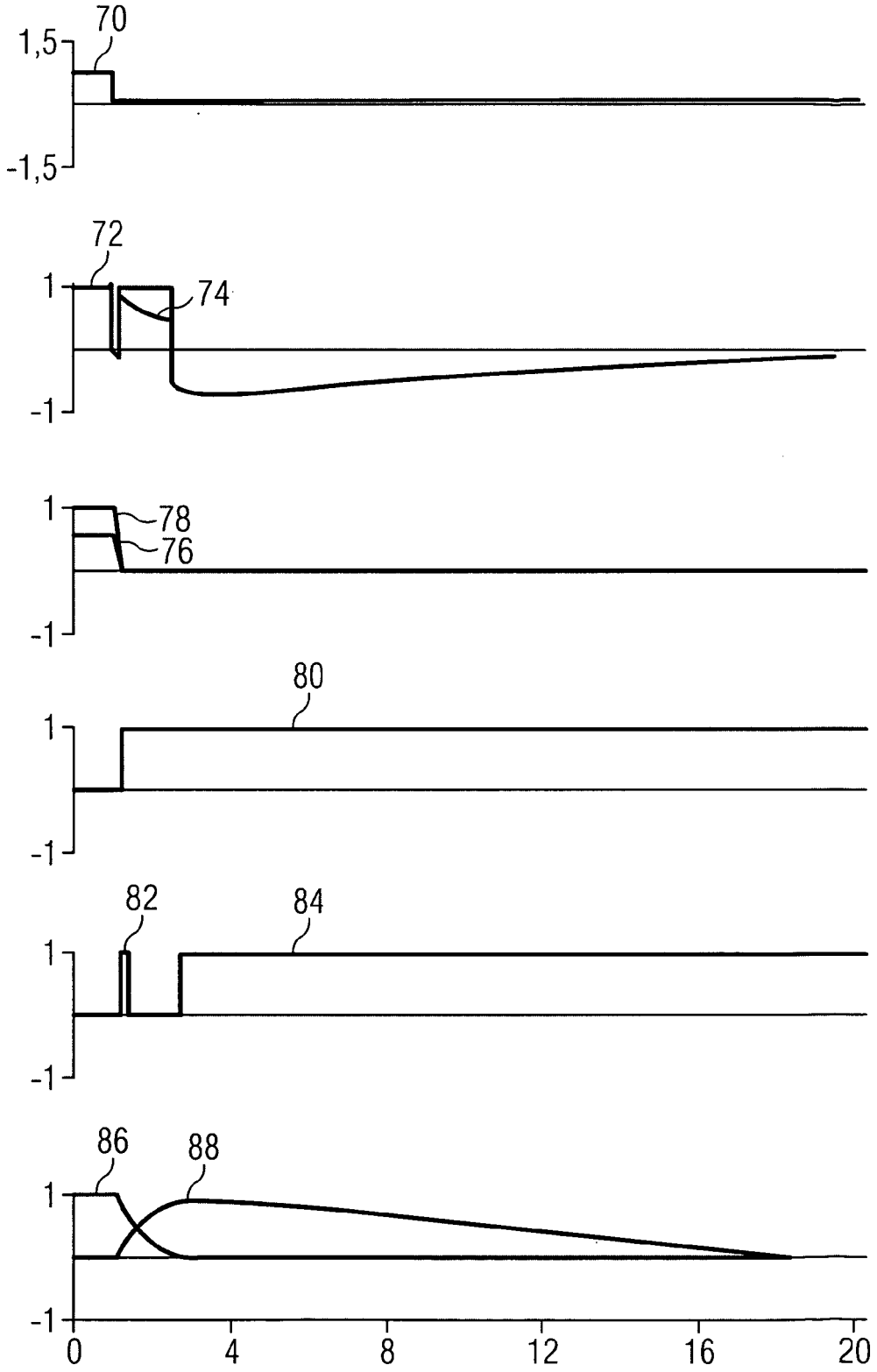


FIG 5



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 08 01 5000

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	EP 0 465 137 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 8. Januar 1992 (1992-01-08) * Seite 4, Zeile 52 - Seite 9, Zeile 39; Ansprüche; Abbildungen * * Zusammenfassung *	1-8	INV. F01K13/02
A	DE 44 11 327 C1 (VER ENERGIEWERKE AG [DE]) 30. März 1995 (1995-03-30) * Spalte 3, Zeile 48 - Spalte 4, Zeile 63; Ansprüche 1,2; Abbildungen 1,2 * * Zusammenfassung *	1-8	
A	WO 2008/099894 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 21. August 2008 (2008-08-21) * das ganze Dokument *	1-8	
A	DE 195 45 520 A1 (ELECTRICITE DE FRANCE [FR]) 13. Juni 1996 (1996-06-13) * Spalte 1, Zeile 25 - Zeile 41 * * Spalte 4, Zeile 52 - Spalte 11, Zeile 2; Ansprüche; Abbildungen * * Zusammenfassung *	1-8	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F01K
A	ACKENHEIL R ET AL: "PRIMARY FREQUENCY CONTROL FOR COMBINED CYCLE POWER PLANTS" VGB POWERTECH, VGB POWERTECH, ESSEN, DE, Bd. 86, Nr. 3, 1. Januar 2006 (2006-01-01) , Seiten 76-78, XP001241930 ISSN: 1435-3199 * das ganze Dokument *	1-8	

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München	4. Juni 2010	Zerf, Georges

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 08 01 5000

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

04-06-2010

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0465137 A1	08-01-1992	CS 9101996 A3	15-01-1992
		JP 3197578 B2	13-08-2001
		JP 4232311 A	20-08-1992
		US 5301499 A	12-04-1994
DE 4411327 C1	30-03-1995	KEINE	
WO 2008099894 A1	21-08-2008	AU 2008215418 A1	21-08-2008
		EP 2119879 A1	18-11-2009
		JP 2008202432 A	04-09-2008
		US 2009288414 A1	26-11-2009
DE 19545520 A1	13-06-1996	FR 2727809 A1	07-06-1996

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82