



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤¹ Int. Cl.³: H 02 J 3/36
H 02 J 3/18
H 02 J 3/12



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENT**SCHRIFT A5

⑪

639 801

⑳ Gesuchsnummer: 1267/78

㉓ Inhaber:
ASEA Aktiebolag, Västeras (SE)

㉒ Anmeldungsdatum: 06.02.1978

㉔ Priorität(en): 28.03.1977 SE 7703490

㉒ Erfinder:
Lars-Erik Juhlin, Ludvika (SE)

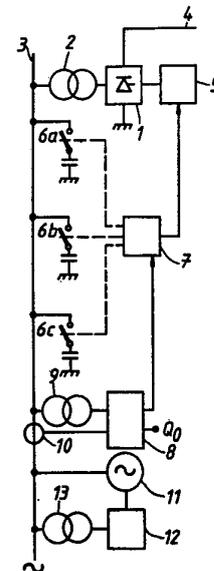
㉔ Patent erteilt: 30.11.1983

㉕ Patentschrift veröffentlicht: 30.11.1983

㉔ Vertreter:
Patentanwälte W.F. Schaad, V. Balass, E.E. Sandmeier, Zürich

⑤⁴ **Verfahren zur Kompensation von Blindleistung bei einem Stromrichter zwischen Wechselstromnetz und Gleichstromleitung und Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens.**

⑤⁷ Die Kompensation der Blindleistung erfolgt bei einem zwischen einem Wechselstromnetz (3) und einer Gleichstromleitung (4) angeordneten zündwinkelgesteuerten Stromrichter (1) durch stufenweise an das Wechselstromnetz (3) an- und abschaltbare Blindwiderstände (6a, 6b, 6c). Um Spannungstöße beim An- und Abschalten der Blindwiderstände zu vermeiden, wird gleichzeitig der Zündwinkel des Stromrichters (1) unter Berücksichtigung der An- und Abschalttrichtung und der Art der zu schaltenden kapazitiven oder induktiven Blindwiderstände vorübergehend geändert. Zur Steuerung des Stromrichters (1) dienen Steuerblöcke (5, 7), denen die Eingangsgrößen von einem den Strom und die Spannung erfassenden Messwertgeber (8) zugeführt werden.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Kompensation von Blindleistung bei einem zwischen einem Wechselstromnetz (3) und einer Gleichstromleitung (4) angeordneten zündwinkel-gesteuerten Stromrichter (1) mittels Blindwiderständen (6a, 6b, 6c), die an das Wechselstromnetz (3) stufenweise an- und abgeschaltet werden und mittels Beeinflussung der Zündwinkelsteuerung des Stromrichters (1), dadurch gekennzeichnet, dass beim An- und Abschalten jeder Stufe (6a, 6b, 6c) der Blindwiderstände gleichzeitig der Zündwinkel (α) des Stromrichters (1) unter Berücksichtigung der An- und Abschaltrichtung und der Art des zu schaltenden kapazitiven oder induktiven Blindwiderstandes vorübergehend derart geändert wird, dass die durch das An- und Abschalten im Wechselstromnetz (3) verursachten Spannungsänderungen kompensiert werden, wozu bei einer erforderlichen Änderung des Zündwinkels in Richtung auf 90° hin der Zündwinkel unmittelbar nach einer in dieser Richtung sprunghaften Änderung stetig verzögert auf den ursprünglichen Wert zurückgestellt wird und wozu bei einer erforderlichen Änderung des Zündwinkels von 90° weg der Zündwinkel vor einer sprunghaften Rückstellung auf den ursprünglichen Wert stetig verzögert vom ursprünglichen Wert weg in Richtung auf 90° hin geändert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Grösse der vorübergehenden Zündwinkeländerung, unter Berücksichtigung der die Spannung des Stromrichters (1) beeinflussenden Parameter, auf den Stromrichter (1) abgestimmt wird, um die Wechselspannung des Wechselstromnetzes (3) beim An- und Abschalten von Blindwiderständen innerhalb vorgegebener Grenzen zu halten.

3. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass einem den Stromrichter (1) ansteuernden ersten Steuerblock (5) ein mit einem die Blindleistung messenden Messwertgeber (8) verbundener zweiter Steuerblock (7) vorgeschaltet ist, der Verzögerungsglieder (73a, 73b) und Signalgeber (74a, 74b) zur Abgabe von sich sprunghaft bzw. stetig verzögert ändernden Signalen in Abhängigkeit vom An- und Abschalten von Blindwiderständen aufweist.

4. Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 1 bei einem Wechselstromnetz, an welches eine mit einem Stromregler (12) verbundene Synchronmaschine (11) angeschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Übergangszeit der allmählichen Änderungen des Zündwinkels (α) auf die Regelgeschwindigkeit der Synchronmaschine abgestimmt wird, um die Wechselspannung des Wechselstromnetzes (3) beim An- und Abschalten von Blindwiderständen innerhalb vorgegebener Grenzen zu halten.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kompensation von Blindleistung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, eine Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens und eine Anwendung des Verfahrens nach dem Oberbegriff des Anspruchs 4.

Um die Blindleistung eines Stromrichters zu kompensieren, ist es bekannt, an die Wechselstromseite des Stromrichters aus Kondensatoren und/oder Drosseln bestehende Blindwiderstände stufenweise an- und abzuschalten.

Aus der CH-PS 483 153 ist es bekannt, dass eine solche Regelung der Blindleistung ergänzt werden kann, indem die Zündwinkelsteuerung des Stromrichters beeinflusst wird. Gemäss der genannten CH-PS wird bei einem Wechselrichter der Sicherheitswinkel vorübergehend erhöht. Bei einem Gleichrichter lässt sich dasselbe Resultat erzielen, wenn die untere Grenze des Steuerwinkels erhöht wird.

Nachteilig ist bei den bekannten Verfahren, dass die stufenweise Ein- und Ausschaltung der Blindwiderstände, insbesondere in Niederspannungs-Wechselstromnetzen, unerwünschte Spannungsstösse hervorruft. Ein solcher Nachteil lässt sich dadurch vermeiden, dass die Blindleistung durch die Zündwinkelsteuerung des Stromrichters kontinuierlich geregelt wird, wodurch der Stromrichter allerdings normalerweise mit einer unnötig hohen Blindleistung arbeiten wird.

Nach dem kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 der vorliegenden Erfindung werden solche Spannungsstösse ohne die erwähnten Nachteile kompensiert. Dabei wird im Moment der Umschaltung keine Veränderung im Wechselstromnetz erfolgen, sondern erst während des allmählichen Überganges zwischen dem geänderten Steuerwinkel und dem normalen Steuerwinkel. Dabei ist es selbstverständlich, dass der Steuerwinkel beim Einschalten einer Kondensatorstufe schnell, und zwar nahezu augenblicklich, in Richtung auf einen Steuerwinkel von 90° geändert werden soll und danach diese vorübergehende Änderung während einer oder einiger Sekunden wieder abklingen soll. Beim Ausschalten einer Stufe soll der Steuerwinkel hingegen erst allmählich in Richtung auf 90° hin geändert werden, wonach er gleichzeitig mit dem Umschalten auf den normalen Bereich zurückgeführt wird. Erfolgt die Regelung mit einer Drossel, so wird die Ausschaltung eines Drosselteils der Einschaltung eines Kondensatorsteils entsprechen.

Im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 3 ist erfindungsgemäss eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens gekennzeichnet.

Anhand der Zeichnungen wird ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 ein Blockschaltbild einer Stromrichteranlage,
Figur 2 ein Blockschaltbild einer Anordnung zur Spannungssteuerung einer Stromrichteranlage,

Figur 3 ein Diagramm zur Veranschaulichung der zeitlichen Funktionen und

Figur 4 ein Diagramm zur Veranschaulichung des Zusammenhangs zwischen der Wirkleistung und der Blindleistung.

Die Figur 1 zeigt einen Stromrichter 1, der über einen Stromrichtertransformator 2 an ein Wechselstromnetz 3 angeschlossen ist. Gleichstromseitig ist der Stromrichter 1 mit einer Gleichstromleitung 4 verbunden. Ein mit dem Stromrichter 1 verbundener erster Steuerblock 5 dient zur Steuerung des Stromrichters 1. Der Steuerblock 5 kann beispielsweise nach der CH-PS 491 533 ausgeführt sein.

An das Wechselstromnetz 3 sind Blindwiderstände in Form einer Kondensatorbatterie anschaltbar, welche Kondensatorstufen 6a, 6b und 6c aufweist. Ein zweiter Steuerblock 7 dient zur Steuerung der die Kondensatorstufen mit dem Wechselstromnetz 3 verbindenden Schaltern.

Obwohl im dargestellten Ausführungsbeispiel zur Kompensation der Blindleistung Kondensatoren einer Kondensatorbatterie dargestellt sind, lassen sich auf die gleiche Art mehr oder weniger Stufen einer Drosselspule an das Wechselstromnetz 3 anschalten. Um kapazitive oder induktive Blindleistung zu kompensieren, ist es auch möglich, Kondensatoren und Drosselspulen zur Anschaltung an das Wechselstromnetz 3 vorzusehen.

Die Kondensatoren der Kondensatorstufen 6a, 6b und 6c lassen sich nicht nur zur Kompensation der Blindleistung verwenden, sondern können auch Bestandteile von Filter- oder Dämpfungskreisen bilden, durch welche das Wechselstromnetz 3 beeinflusst werden soll.

Der zweite Steuerblock 7 ist an einen Messwertgeber 8 angeschlossen, der seinerseits mit einem Spannungswandler 9 und einem Stromwandler 10 verbunden ist, um die im Wechselstromnetz 3 auftretende Blindleistung zu messen. Der Messwertgeber 8 ist vorzugsweise als Diskriminator ausgeführt, der in Abhängigkeit von den Abweichungen der Blindleistung Q

von einem Sollwert Q_0 ein Signal zum Ein- und Ausschalten der Kondensatorstufen 6a, 6b und 6c liefert.

Ferner ist eine Synchronmaschine 11, beispielsweise ein Generator oder ein Synchronkompensator, mit dem Wechselstromnetz 3 verbunden. Ein mit der Synchronmaschine 11 verbundener Spannungsregler 12 ist über einen Spannungstransformator 13 an das Wechselstromnetz 3 angeschlossen.

Aus der Figur 2 sind Einzelheiten des zweiten Steuerblocks 7 für die Kondensatorenatterie und dessen Verbindung mit dem ersten Steuerblock 5 für den Stromrichter 1 ersichtlich.

Der Messwertgeber 8 liefert entweder ein positives oder ein negatives Signal, je nach dem, ob Kondensatorstufen ein- oder ausgeschaltet werden sollen. Aus der Figur 2 ist ersichtlich, dass die Ausgangssignale des Messwertgebers 8 je nach Polarität entweder über eine Diode 81 einem Schaltelement 71a oder über eine Diode 82 einem Schaltelement 71b zugeführt werden.

Das Signal für die Einschaltung von Kondensatorstufen der Kondensatorenatterie wird über einen ersten Ausgang 75a den entsprechenden Schaltelementen zugeführt, die stufenweise einschaltbar sind. Ferner gelangt dieses Signal über ein Oder-Glied 72a und ein Verzögerungsglied 73a zu einem Signalgeber 74a, der ein rasch ansteigendes Signal abgibt, welches danach in einer vorbestimmten Zeit abklingt. Die Verzögerung durch das Verzögerungsglied 73a entspricht der Schaltzeit für das entsprechende Schaltelement der Kondensatoratterie, so dass das Signal des Signalgebers 74a mit dem Einschalten der entsprechenden Kondensatorstufe 6a, 6b oder 6c zusammenfällt. Um Störungen im Stromrichter 1 zu vermeiden, soll das Signal des Signalgebers 74a nicht steil, sondern während einiger Millisekunden ansteigen.

Über einen ersten Summierer 70 und einen Rechner 76 wird das Ausgangssignal des Signalgebers 74a einem zweiten Summierer 50 zugeführt, welcher dem Eingang des ersten Steuerblocks 5 vorgeschaltet ist.

Auf den zweiten Summierer 50 wird auch der Sollwert für die obere und die untere Grenze des Steuerwinkels des Stromrichters geschaltet. Falls der Stromrichter 1 als Gleichrichter arbeitet, liegt am Eingang des zweiten Summierers 50 der unteren Grenze des Steuerwinkels zugeordnete Sollwert α_{\min} gemäss der erwähnten CH-PS 491 533. Arbeitet der Stromrichter 1 jedoch als Wechselrichter, dann liegt am Eingang des zweiten Summierers 50 hingegen der kleinste zulässige Sicherheitswinkel γ_0 , welcher die obere Grenze α_{\max} des Steuerwinkels bestimmt.

In beiden Fällen bedeutet eine Addition über 50, dass eine Änderung des Steuerwinkels in Richtung auf 90° hin veranlasst wird, wodurch die innere Spannung des Stromrichters sinkt und dadurch der Spannungsschoss kompensiert wird, welcher durch die Einschaltung einer Kondensatorstufe verursacht wird.

Die absolute Grösse der Addition zu 50 kann im Rechner 76 in Abhängigkeit von den zugeführten Parametern berechnet werden. Die zugeführten Parameter sind die Grösse ΔQ des Signals des Messwertgebers 8, die momentane Leistung P des Stromrichters 1, der Gleichstrom I und der Steuerwinkel α . Durch die Berücksichtigung dieser Parameter lässt sich der Steuerwinkel derart beeinflussen, dass die Spannungsänderung im Netz innerhalb annehmbarer Grenzen gehalten wird.

Die Verhältnisse zwischen den genannten Parametern sind aus der Figur 4 ersichtlich, in der die Beziehung zwischen der

Wirkleistung P und der Blindleistung Q des Stromrichters 1 dargestellt ist. Die kreisförmigen Kurven entsprechen dabei den Verhältnissen bei konstantem Strom I , während die gekrümmten, radial verlaufenden Kurven den Verhältnissen bei einem konstanten Steuerwinkel α entsprechen.

In der Annahme, dass sich die Blindleistung Q bei einer bestimmten Wirkleistung P_1 um den Betrag ΔQ erhöht, muss der Steuerwinkel von α_1 auf α_2 geändert werden.

Beim Ausschalten von Kondensatorstufen 6a, 6b oder 6c wird über das Schaltelement 71b ein Signal auf ein Verzögerungsglied 73b gegeben. Über ein Oder-Glied 72b wird ein Signal dem Signalgeber 74b zugeführt, der beispielsweise ein allmählich ansteigendes Sollwertsignal über den ersten Summierer 70 und den Rechner 76 an den zweiten Summierer 50 liefert. Das verzögerte Ausgangssignal des Verzögerungsgliedes 73b wird einerseits über den Ausgang 75b der Kondensatorenatterie und andererseits einem Oder-Glied 72c zugeführt. Über das Oder-Glied 72c gelangt dieses Signal an den Signalgeber 74b, welcher dadurch sein Ausgangssignal unterbricht. Der zeitliche Verlauf der einzelnen Parameter ist aus der Figur 3 ersichtlich. Das Diagramm a zeigt hier die Zunahme an Blindleistung Q_c vom Einschalten eines Teils der Kondensatorstufen 6a, 6b oder 6c zum Zeitpunkt t_1 bis zum Ausschalten zum Zeitpunkt t_2 .

Das Diagramm b der Figur 3 zeigt, wie der Sicherheitswinkel γ zum Zeitpunkt t_1 nahezu augenblicklich erhöht wird und danach allmählich wieder absinkt. Die dadurch verursachte Änderung der Blindleistung des Stromrichters 1 ist aus dem Diagramm c der Figur 3 ersichtlich.

Das Ausschalten zum Zeitpunkt t_2 wird dadurch vorbereitet, dass der Sicherheitswinkel γ gemäss Diagramm b der Figur 3 allmählich auf den gewünschten Wert erhöht wird, worauf er zum Zeitpunkt t_2 wieder auf den ursprünglichen Wert reduziert wird.

Eventuelle Spannungsänderungen im Netz während dieser Verläufe werden die Spannungssteuerung der Synchronmaschine 11 beeinflussen, wie es im Diagramm d der Figur 3 angedeutet ist. Um sicherzustellen, dass die Spannungssteuerung der Synchronmaschine 11 folgen kann, sind die Signallsollwerte durch die Signalgeber 74a und 74b entsprechend langsam zu verändern.

Die in der Figur 2 dargestellten, mehrere Eingänge aufweisenden Oder-Glieder 72a, 72b und 72c sind dann erforderlich, wenn der zweite Steuerblock 7 auch zum Ein- und Ausschalten von Blindwiderständen dienen soll, die beispielsweise Glieder von Filtern, Dämpfungskreisen oder sonstigen Kompensationselementen sind.

Die bisherige Beschreibung zur Figur 3 bezieht sich im wesentlichen auf eine Erhöhung des Sicherheitswinkels γ an einem Wechselrichter. Dasselbe Ergebnis lässt sich, wie bereits erwähnt, auch durch eine Erhöhung der unteren Grenze α_{\min} des Steuerwinkels bei der Gleichrichtung erzielen.

Die Ein- und Ausschaltung von Blindwiderständen kann, wie bereits erwähnt, in Abhängigkeit von irgendeinem Arbeitsparameter in der Anlage automatisch erfolgen, sie kann aber auch von Hand durch direkte Beeinflussung der in der Fig. 2 dargestellten Schaltelemente 71a und 71b vorgenommen werden. Die in den Figuren 1 und 2 dargestellte Anordnung arbeitet parallel zur normalen Leistungsregelung der Übertragung, ohne dieselbe zu stören, so dass die übertragene Wirkleistung aufrechterhalten wird.

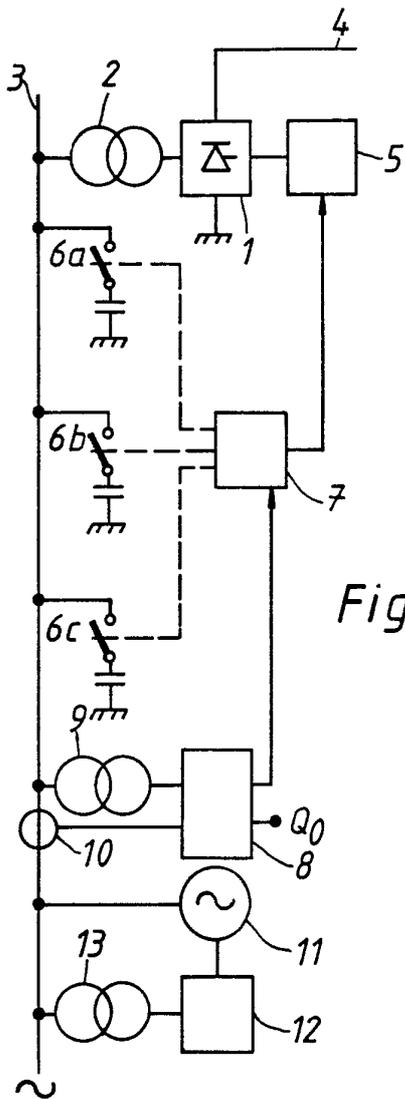


Fig. 1

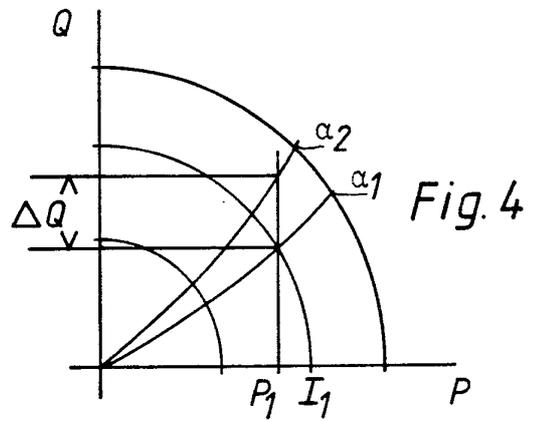


Fig. 4

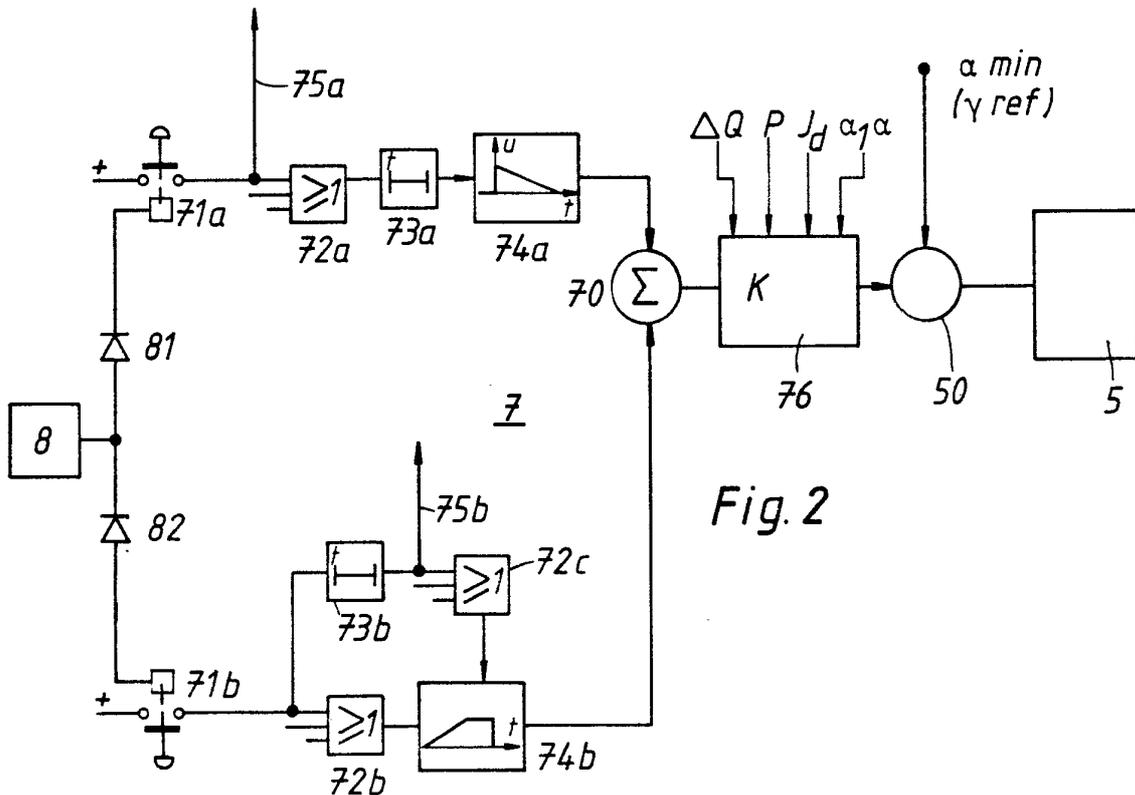


Fig. 2

Fig. 3

