

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 80103430.7

(51) Int. Cl.³: **G 05 F 1/44**

(22) Anmeldetag: 19.06.80

(30) Priorität: 27.09.79 DE 2939251

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.04.81 Patentblatt 81/14

(84) Benannte Vertragsstaaten:
BE CH DE FR GB IT LI SE

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT Berlin und München**
Postfach 22 02 61
D-8000 München 22(DE)

(72) Erfinder: **Schmid, Eberhard, Dipl.-Ing.**
Sebalder Strasse 28
D-8524 Dormitz(DE)

(72) Erfinder: **Kaufhold, Wolfgang, Dipl.-Ing.**
Lannersberg 15
D-8520 Erlangen(DE)

(54) **Vorrichtung zum Konstanthalten der Spannung zwischen zwei Leitern eines Wechselstromversorgungsnetzes für rasch wechselnde Last.**

(57) Zwischen den Leitern ist ein Wechselstromsteller 7 angeordnet, dessen Ventilsteuerung einen Spannungswandler 11, vorzugsweise mit nachgeschaltetem Funktionsgeber 12, einen Integrator 13 sowie wenigstens einen Grenzwertmelder 16, 18 enthält. Dem Grenzwertmelder ist die Integratorausgangsspannung und ein Sollwert M^* für die Spannungszeitfläche der positiven (in Bezug auf die Durchlaßrichtung des zugeordneten Ventils) Spannungshalbschwingung bzw. das Integral der Funktionsgeber-Ausgangsgröße aufgeschaltet. Sobald die mittels des Integrators gebildete Spannungszeitfläche den Sollwert überschreitet, wird durch Zündung des in Durchlaßrichtung liegenden Ventils die Spannung kurzgeschlossen (Fig. 1).

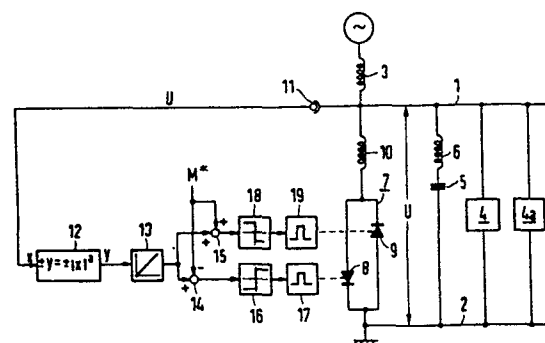


FIG 1

EP 0 026 260 A1

SIEMENS AKTIENGESellschaft
Berlin und München

Unser Zeichen:
VPA 80 P 3088 E

- 5 Vorrichtung zum Konstanthalten der Spannung zwischen
zwei Leitern eines Wechselstromversorgungsnetzes für
rasch wechselnde Last

- Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Konstanthal-
10 ten der Spannung zwischen zwei Leitern eines Wechselstrom-
Versorgungsnetzes für rasch wechselnde Last auf einem
vorgebbaren Halbschwingungs-Mittelwert (Soll-Mittelwert),
mit einem zwei antiparallele steuerbare Ventile enthal-
tenden Wechselstromsteller zwischen den Leitern und einer
15 Ventilsteuerung mit einem an wenigstens einem Leiter an-
geordneten Meßglied.

- Eine derartige Vorrichtung ist aus "Siemens-Forschungs-
und Entwicklungs-Bericht", Band 6 (1977), Seiten 29 bis
20 38 bekannt und wird eingesetzt an einem Versorgungsnetz
für Elektroöfen, die in der Stahlerzeugung zum Schmelzen
von Schrott eingesetzt werden. Der in einem derartigen
Ofen auftretende Lichtbogen zwischen Elektroden und
Schmelzgut reißt beim Abschmelzen des Gutes in unregel-
25 mäßigen Abständen ab. Die Stromstärke schwankt also un-
regelmäßig zwischen Null und Kurzschlußstromstärke. Da
das speisende Netz zwar einen vernachlässigbaren ohm-
schen Innenwiderstand, jedoch eine erhebliche Impedanz
aufweisen kann, bewirken vor allem die Blindstromantei-
30 le der Lastschwankungen erhebliche Spannungsschwankungen,
die andere Verbraucher stören können. Ähnliche unregel-
mäßige oder auch regelmäßige Einbrüche im Spannungsniveau
eines Versorgungsnetzes treten auch bei anderen Verbrau-
chern, z.B. Pulsstromversorgungen für Synchrotrons oder
35 Stromrichterantrieben in Walzwerken auf. Da z.B. bei
ebenfalls an das Versorgungsnetz angeschlossenen Glüh-
lampen das menschliche Auge im Frequenzbereich von 3 bis

10 Hz Helligkeitsschwankungen, die von Schwankungen der Versorgungsspannung um 0,5 % hervorgerufen werden, bereits als störend empfunden (sog. "Flicker"), ist es erforderlich, die Rückwirkung derartiger Verbraucher auf
5 das Versorgungsnetz zu unterdrücken bzw. konstant zu halten.

Bei der bekannten Vorrichtung ist parallel zu dem an ein dreiphasiges Versorgungsnetz gelegten Verbraucher eine
10 Batterie aus Kondensatoren geschaltet, die so bemessen ist, daß sie soviel Blindstrom liefern kann, wie der Ofen maximal aufnimmt. Bei geringerem Verbraucher-Blindstrom werden die Ventile eines ebenfalls an das Versorgungsnetz angeschlossenen Drehstromstellers mit Dreiecks-
15 schaltung gezündet. Der Drehstromsteller besteht dabei jeweils aus einer zwischen zwei Phasen liegenden Reihenschaltung einer Drossel und eines von zwei antiparallelen steuerbaren Ventilen gebildeten Wechselstromstellers. Zur Zündung der Drehstromstellerventile werden diese von
20 einer Regelung angesteuert, die Meßglieder sowohl für den durch den Ofen fließenden Strom wie den durch die Drehstromsteller fließenden Strom enthält und aus einer Vielzahl von Recheneinheiten zur Koordinatentransformation, Vektoridentifizierung und Vektordrehung besteht.
25 Diese Regelung ist aufwendig.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine einfachere und sehr schnell wirkende Regeleinrichtung anzugeben, die das Spannungsniveau zwischen den einzelnen Leitern
30 eines ein-, drei- oder mehrphasigen Versorgungsnetzes zumindest kurzfristig konstant hält. Innerhalb jeder Halbschwingung soll also die zwischen zwei Leitern (z.B. einer Phase und dem Nulleiter oder zwischen zwei Phasen eines Mehrphasennetzes) liegende Spannung auf einem vor-
35 gebbaren Mittelwert gehalten werden. Dieser Mittelwert muß nicht der arithmetische Mittelwert der Spannung sein,

vielmehr kann es vorteilhaft sein, den Mittelwert für eine bestimmte Funktion, z.B. eine Potenz, der Spannung vorzugeben, um damit z.B. den Spannungseffektivwert zu beeinflussen. Dieser Mittelwert kann konstant gehalten
5 werden, oder er kann auch langfristig innerhalb derart niedriger Frequenzen schwanken, daß diese Schwankungen nicht mehr störend wirken.

Gemäß der Erfindung wird die Aufgabe gelöst durch eine
10 Vorrichtung der eingangs genannten Art, bei der mit dem Meßglied die Spannung zwischen den Leitern erfaßt ist (Spannungswandler) und die Ventilsteuerung so ausgebildet ist, daß zur Zündung des in einer Spannungshalbschwingung in Durchlaßrichtung liegenden Ventils ein
15 Zündimpuls abgegeben wird, sobald ein aus den Istwerten der Spannungshalbschwingung mittels eines ersten, dem Meßglied nachgeordneten Integrators gebildetes Integral einen dem Soll-Mittelwert entsprechenden Wert erreicht. Soll also z.B. ein konstanter arithmetischer Mittelwert
20 für jede Spannungshalbschwingung eingehalten werden, so wird in jeder Spannungshalbwelle ein Wechselstromsteller-ventil gezündet, sobald die Spannungszeitfläche dieser Spannungshalbwelle den vorgegebenen Soll-Mittelwert erreicht.

25

Hierzu enthält die Ventilsteuerung vorzugsweise hinter dem dem Meßglied nachgeschalteten Integrator für jedes der antiparallelen Ventile einen Grenzwertmelder mit nachgeschaltetem Impulsformer als Zündimpulsgeber. Dabei
30 ist jedem Grenzwertmelder die Differenz aus der Ausgangsgröße des Integrators und einer Größe aufgeschaltet, die dem Soll-Mittelwert für die in Durchlaßrichtung des zugeordneten Ventils positive Spannungshalbschwingung entspricht; d.h., dem Grenzwertmelder, dessen zugeordnetes
35 Ventil bei einer positiven Halbschwingung leitend sein kann, wird als Soll-Mittelwert der Spannungshalbschwin-

- gung die Differenz aus der Integratorausgangsgröße und einem positiven Sollwert aufgeschaltet und dem anderen Ventil die Summe aus der Integratorausgangsgröße und dem Sollwert (Differenzbildung mit dem negativen Sollwert).
- 5 Um die Ventile immer dann zu zünden, wenn das Integral der konstant zu haltenden Spannung (d.h. die Spannungszeitfläche $\int U dt$) bzw. einer vorgegebenen Funktion der Spannung (z.B. $\int |U|^a dt$) den Soll-Mittelwert erreicht, kann die Ventilsteuerung auch aus einer anderen Integrations- und Vergleicherschaltung aufgebaut sein. Z.B. kann
- 10 das Ausgangssignal eines Wechselspannungsintegrators gleichgerichtet und einem einzigen Grenzwertmelder zum Vergleich mit dem Soll-Mittelwert aufgeschaltet sein, wobei die Ausgangssignale des Grenzwertmelders zum alternierenden Zünden der Wechselstromstellerventile verwendet werden.
- 15

Vorteilhaft ist eine Drosselspule in Reihe zum Wechselstromsteller geschaltet, die zusammen mit der Netzinduktivität einen Spannungsteiler bildet. Dadurch wird der

20 durch den Wechselstromsteller fließende Strom begrenzt und die Netzspannung beim Zünden der Wechselstromstellerventile nicht mehr kurzgeschlossen.

- 25 Vorteilhaft ist ferner dem Integrator ein Funktionsbildner vorgeschaltet, der aus dem zugeführten Spannungsmeßwert U eine Ausgangsgröße $\pm |U|^a$ ($a > 1$) bildet. Dadurch kann der Spannungsmittelwert auf einen dem Effektivwert verwandte Größe geregelt werden. Außerdem findet dadurch
- 30 der Soll-Istwertvergleich zeitlich früher statt, wodurch ein korrigierender Eingriff durch den Wechselstromsteller früher ermöglicht ist.

- Bei Verwendung einer Drosselspule ergibt sich auch nach
- 35 dem Zünden der Ventile noch ein Beitrag zur Spannung am Ausgang des Integrators, der in manchen Fällen zu einer

unerwünschten Abweichung vom Soll-Mittelwert führt. Dies kann jedoch korrigiert werden, wenn der Strom durch den Wechselstromsteller durch ein Meßglied erfaßt wird, dem ein Integrator nachgeschaltet ist. Die Ausgangsgröße des
5 Integrators wird dem Spannungsmeßwert aufgeschaltet. Durch geeignetes Einstellen der Integrierzeit dieses weiteren Integrators läßt sich erreichen, daß der Zündzeitpunkt des entsprechenden Ventils soweit verschoben wird, daß die nach der Zündung noch auftretende Spannungs-
10 zeitfläche kompensiert wird und die innerhalb einer Halbschwingung auftretende Spannungszeitfläche dem Sollwert entspricht.

Die Vorrichtung nach der Erfindung regelt kurzfristige
15 Spannungsänderungen, z.B. im Bereich einer Sekunde, sehr schnell aus. Schwankungen im Bereich mehrerer Sekunden sind jedoch meist nicht durch die Last verursacht, wirken weniger störend und brauchen nicht kompensiert zu werden. Daher kann vorteilhaft der Soll-Mittelwert für
20 die Spannung so nachgeführt werden, daß die Vorrichtung über mehrere Perioden gesehen immer in der Mitte ihres Steuerbereiches steht. Dies wird erreicht durch eine Reihenschaltung aus einem Gleichrichter für den Meßwert des durch den Wechselstromstellers fließenden Stromes,
25 einem Glättungsglied und einem PI-Regler. Dem Eingang des PI-Reglers ist zusätzlich zur Ausgangsgröße des Glättungsgliedes ein Sollwert für den über mehrere Perioden gemittelten, durch den Wechselstromsteller fließenden Strom negativ aufgeschaltet. Die Ausgangsgröße des Reg-
30 lers wird als dem Soll-Mittelwert entsprechende Größe verwendet und dem Grenzwertmelder zugeführt.

Es ist wünschenswert, die Wechselstromstellerventile so zu steuern, daß unabhängig von der Regeleinrichtung ein
35 gewisser Mindeststrom im Wechselstromsteller und in der vorgeschalteten Drosselspule nicht unterschritten wird.

Hierzu werden die Ventile durch jeweils ein Zusatzzündsignal gezündet, wenn ihre Sperrzeit eine vorgegebene Maximalzeit überschreiten würde. Dieses Zusatzzündsignal kann vorteilhaft von einem netzsynchronisierten Steuersatz gebildet werden, wobei die konstante Maximalsperrzeit durch eine konstante Aussteuerung des Steuersatzes vorgegeben werden kann.

Für ein exaktes Arbeiten der Vorrichtung ist eine möglichst geringe Nullpunktdrift des dem Grenzwertmelder vorgeschalteten ersten Integrators erforderlich. Übliche Maßnahmen zur Unterdrückung dieser Drift sind aufwendig, bedeuten für den Integrator eine meist unerwünschte Phasendrehung und können das transiente Verhalten des Integrators beeinträchtigen. Bei Verwendung getrennter Zweige mit je einem eigenen Grenzwertmelder für die Ansteuerung der antiparallelen Ventile ergeben sich ferner häufig gewisse Unsymmetrien der beiden Zweige, die ebenso wie eine Drift des Integrators zu einem unerwünschten Gleichstromanteil im Netz führen können. Auch die Verwendung des erwähnten Funktionsbildners für die Funktion $\pm |u|^a$ kann zu Schwierigkeiten führen, wenn insbesondere bei schwachem Netz Mehrfach-Nulldurchgänge der Netzspannung auftreten.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung werden diese Schwierigkeiten dadurch vermieden, daß in der Ventilsteuerung zwischen dem Meßglied und dem ersten Integrator ein Gleichrichter mit einem anschließenden Potenzierer zur Bildung der Funktion $y = x^a$ mit $x \geq 0$ und beliebigem a angeordnet ist. Dem Integratorausgang ist am Eingang eines Grenzwertmelders ein dem Soll-Mittelwert entsprechender Wert aufgeschaltet. Das Grenzwertmelder-Ausgangssignal ist einem Impulsformer eingegeben, dessen Impulse über einen Impulsverteiler dem jeweils gerade in Stromführung liegenden Ventil zugeführt werden. Der erste

Integrator selbst ist jeweils nach Abgabe eines Zündimpulses und noch vor dem nächsten Nulldurchgang der Spannung rücksetzbar. Insbesondere kann der Integrator durch das Zusatzzündsignal rückgesetzt werden.

5

Bei dieser Ausführungsform wird also nur ein einziger Grenzwertmelder für beide antiparallelen Ventile verwendet. Ferner fängt der Integrator bei jeder Spannungshalbwelle erneut von Null zu integrieren an, so daß eine Nullpunkt-
10 punktdrift die Ventilzündungen stets in gleicher Richtung verschiebt und keinen Gleichanteil bewirken kann.

Diese Ausführungsform wird bevorzugt weitergebildet, indem zwischen dem Potenziierer und der Aufschaltung des
15 Soll-Mittelwertes ein Schalter angeordnet ist, der immer dann geöffnet ist, wenn die Polarität der zur letzten Ventilzündung gehörenden Spannungshalbwelle mit der augenblicklichen Polarität der Spannung übereinstimmt. Wenn also z.B. das in positiver Richtung liegende Ventil zur
20 Beeinflussung der positiven Spannungshalbwelle gezündet worden ist, so wird der Schalter geöffnet, bis die Spannung negativ wird. Inzwischen wird auch der Integrator auf Null gesetzt. Nach dem Nulldurchgang werden durch Schließen des Schalters negative Spannungen dem Integra-
25 tor eingegeben; treten jedoch infolge der häufig unvermeidlichen Netzschwankungen Mehrfach-Nulldurchgänge auf, so werden nach wie vor alle positiven Spannungen durch Öffnen des Schalters ausgeblendet.

30 Vorteilhaft ist auch bei dieser Ausführungsform eine Drosselspule in Reihe mit dem Wechselstromsteller geschaltet. Auch in diesem Fall kann der Strom durch den Wechselstromsteller mittels eines Meßgliedes erfaßt werden. Dem Meßglied ist dann ein zweiter Gleichrichter
35 und ein zweiter Integrator nachgeschaltet. Dieser zweite Integrator ist ungefähr gleichzeitig mit dem ersten

- Integrator rücksetzbar. Zwischen Gleichrichter und Integrator ist ein weiterer, gleichzeitig mit dem ersten Schalter zu öffnender und schließender Schalter angeordnet. Der Ausgang dieses zweiten Integrators ist mit negativem Vorzeichen zusätzlich zu dem Ausgangssignal des Potenzierers dem Eingang des ersten Integrators aufgeschaltet. Die Ansteuerung der Schalter sowie die Verteilung der Zündimpulse und der Zusatzzündsignale auf die Ventile lassen sich mit einer einfachen Logikschaltung erreichen. Dabei kann vorteilhaft der zweite Integrator stets gleichzeitig mit dem ersten Integrator auf Null gesetzt werden und bis zum nächsten Nulldurchgang der Spannung auf Null gehalten bleiben.
- 15 Anhand von 7 Ausführungsbeispielen und 9 Figuren wird die Erfindung näher erläutert. Die Figuren 1 bis 3 zeigen das Prinzip der Erfindung am Beispiel eines einphasigen Versorgungsnetzes, die Figuren 4 und 5 am Beispiel eines dreiphasigen Versorgungsnetzes, in den Figuren 6 und 7 ist eine weitere Ausführungsform und deren Weiterbildung dargestellt, und Figur 8 und 9 verdeutlichen die Impulsdiagramme und den Aufbau einer Logikschaltung für die Ausführungsbeispiele nach den Figuren 6 und 7.
- 25 In den Figuren 1 bis 3 sind mit 1 und 2 die Leiter eines einphasigen Wechselstromnetzes bezeichnet, wobei die Impedanz dieses Versorgungsnetzes symbolisch durch eine Spule 3 angedeutet ist, während der Leiter 2 auf Massepotential liegt. An die Leiter ist die Last 4 angeschlossen, deren rasch wechselnde Impedanz Rückwirkungen hervorruft, vor der weitere Verbraucher 5, z.B. Glühlampen, geschützt werden sollen. Parallel zur Last 4 liegt üblicherweise eine aus vielen Kondensatoren aufgebaute Kondensatorbatterie 5 mit einer vorgeschalteten Drossel 6. Die Kondensatorbatterie ist so dimensioniert, daß sie bei maximalem Laststrom die auftretenden Blindströme kompensieren

kann. Diese Kondensatorbatterie ermöglicht es, für die Anlage einen günstigen Leistungsfaktor einzuhalten, sie ist aber für die Wirkungsweise der Vorrichtung nicht unbedingt erforderlich. Ferner ist zwischen den Leitern 1 und 2 ein Wechselstromsteller 7 angeordnet, der aus zwei antiparallelen Thyristorventilen 8 und 9 besteht. Die in Reihe zum Wechselstromsteller 7 angeordnete, vorteilhafte Spule 10 soll vorerst nicht betrachtet werden. Ferner ist ein Meßglied 11 vorgesehen. Insoweit entspricht Figur 1 der eingangs genannten bekannten Vorrichtung für den Fall eines einphasigen Netzes.

Um die Ventile 8 und 9 mit Zündimpulsen anzusteuern, erfaßt das Meßglied 11 die konstant zu haltende Spannung U zwischen den Leitern und führt sie über einen vorerst ebenfalls nicht weiter betrachteten Funktionsgeber 12 dem Eingang eines Integrators 13 zu. Verwendet wird ein Integrator, dessen Nullpunkt nicht driftet und der gegebenenfalls am Ausgang anstehende Gleichspannungsanteile (über mehrere Perioden gesehen) selbsttätig ausregelt. Die Ausgangsgröße des Integrators 13 wird den Vergleichsstellen 14 und 15 zugeführt, die mit einer positiven Größe M^* beaufschlagt sind, die dem Sollwert des Spannungsniveaus, d.h. dem Soll-Mittelwert einer Spannungshalbschwingung entspricht.

Bei $U > 0$ ist das Ventil 8 des Wechselstromstellers 7 in Durchlaßrichtung gepolt. Der diesem Ventil zugeordneten Vergleichsstelle 14 wird daher die Größe M^* negativ aufgeschaltet. Das Differenzsignal wird einem Grenzwertmelder 16 zugeführt, aus dessen Ausgangssignal im Impulsformer 17 ein Zündimpuls für das Ventil 8 gebildet wird. Für die Zündimpulse des Ventils 9, das nur bei $U < 0$ stromführend sein kann, wird die positive Größe M^* der entsprechenden Vergleichsstelle 15 additiv zugeführt. Die Vergleichsstelle 15 liefert also einen Soll/Istwertver-

gleich zwischen der Spannungszeitfläche der Spannung U und dem (negativen) Sollwert für die negative Spannungshalbschwingung. Die erhaltene Summengröße wird wiederum über einen Grenzwertmelder 18 mit nachgeschaltetem Impulsformer 19 zur Zündung des Ventils 9 herangezogen.

Zur Erläuterung der Arbeitsweise wird zunächst eine positive Halbschwingung betrachtet. Der zu Beginn dieser Halbwelle zunächst auf einem negativen Anfangswert stehende Integrator 13 integriert die Meßwerte (Spannungswerte) U , bis der Wert M^* erreicht ist. Sodann erfolgt über den Grenzwertmelder die Zündung des Ventiles 8. Dadurch wird die Spannung kurzgeschlossen, sobald die Spannungszeitfläche innerhalb einer Halbschwingung einen durch M^* bestimmten Wert erreicht hat. In der negativen Halbschwingung erlischt das Ventil 8 und die negative Halbschwingung wird durch entsprechende Steuerung des Ventiles 9 auf den negativen Mittelwert geregelt.

Bei dieser Regelung ist M^* als Sollwert für die Spannungszeitfläche $\int U dt$ einer Halbschwingung vorgegeben. Es ist aber auch möglich, M^* nicht direkt als Halbschwingungsmittelwert, sondern als einen Mittelwert für eine andere, vorgegebene Funktion der Spannung U zu wählen. Insbesondere kann M^* als Sollwert für $+\int U^a dt$ für die positive Halbwelle, $-M^*$ als Sollwert für $-\int |U|^a dt$ für die negative Halbwelle vorgegeben werden. Durch geeignete Wahl des Parameters $a > 1$ kann dadurch die Spannung auf eine dem Effektivwert verwandte Größe geregelt werden. Hierzu dient der potenzierende, dem Wechselspannungsintegrator 13 vorgeschaltete Funktionsgeber 12. Dieser Funktionsgeber 12 kann so geschaltet sein, daß sein Ausgangssignal $\pm |U|^a$ positiv ist, wenn sein Eingangssignal positiv ist, bzw. negativ, wenn das Eingangssignal negativ ist.

Um die Verzerrung der Netzspannung und die hohen Kurzschlußströme zu reduzieren, ist es vorteilhaft, die Drosselspule 10 einzufügen. Dadurch werden Kurzschlüsse der Netzspannung beim Zünden des Wechselstromstellers 7 vermieden.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Figur 2 wird mittels eines Stromwandlers 20 der durch den Wechselstromsteller fließende Strom I_b gemessen, dessen Meßwerte an einem zweiten Integrator 21 integriert werden. Die dem Wert $\int I_b dt$ proportionale Ausgangsspannung wird über das Meßglied 11 gemessenen Meßwerten der Netzspannung an einem Summierglied 22 negativ aufgeschaltet. Durch Verwendung der Drosselspule 10 tritt auch nach Kurzschließen der Spannung noch eine Netzspannung auf, die vom ersten Integrator 13 erfaßt wird und dazu führen würde, daß das Integral den vorgegebenen Wert M^* überschreitet. Durch geeignete Wahl der Zeitkonstante T_1 des Integrators kann nun erreicht werden, daß zumindest im eingeschwungenen Zustand die Eingangsgröße für den Integrator 13 so verstellt wird, daß in jeder Halbschwingung tatsächlich die Bedingung $M^* = \int U^a dt$ eingehalten wird. Zum Vergleich mit dem Sollwert M^* wird nämlich nunmehr das Integral der Spannung $U^a - \int I_b dt$ herangezogen, wodurch der Zündzeitpunkt soweit vorverlegt wird, daß die nach dem Zündzeitpunkt noch anliegende und im ersten Integrator 13 aufintegrierte Spannung ungefähr kompensiert wird.

Gemäß Figur 3 kann diese Vorrichtung erweitert werden durch eine am Ausgang des Meßgliedes 20 abzweigende Reihenschaltung aus einem Gleichrichter 30, einem Glättungsglied 31 (Zeitkonstante T_2 mehrere Sekunden) und einem PI-Regler 32. Die gleichgerichtete und geglättete Ausgangsspannung des Strom-Meßgliedes 20 wird am Eingang des Reglers 32 mit einem Sollwert für den entsprechenden längerfristigen Strommittelwert verglichen. Das Regler-

ausgangssignal wird den Vergleichsstellen 15 und 16 anstelle der dem kurzfristigen Spannungs-Sollmittelwert M^* direkt entsprechenden Eingangsgröße zugeführt. Über mehrere Perioden gesehen mitteln sich die Blindstromschwankungen der raschveränderlichen Last 4 zu einem ungefähr konstanten Blindstrom, so daß eine feste Beziehung zwischen dem Sollwert M^* und dem durch den Wechselstromsteller fließenden mittleren Strom $\bar{I}_b$ ergibt. Durch Vorgabe des Sollwertes $\bar{I}_b^*$ für das langfristige Mittel dieses Stromes wird also erreicht, daß der Sollwert für den Halbschwingungsmittelwert, z.B. die Effektivspannung, längerfristigen Schwankungen in der Amplitude der Netzspannung folgt. Die Auswirkungen kurzfristiger Lastschwankungen auf die Netzspannung, die zu dem störenden Flicker führen, werden nach wie vor durch die schnelle Regelung über den Integrator 13 und die Grenzwertmelder 16 und 18 ausgeregelt.

Ferner kann, wie in Figur 3 gezeigt ist, der Wechselstromsteller 7 über einen Transformator 33 an das Versorgungsnetz angeschlossen werden. Ist dessen Streuinduktivität höher als normal, so kann u.U. auf eine eigene Drosselspule 10 verzichtet werden.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung, die bisher für den Fall eines Wechselstromnetzes mit zwei Leitern beschrieben wurde, läßt sich analog auch auf ein N-phasiges Wechselstromnetz anwenden. Dazu kann z.B. eine der in den Figuren 1 bis 3 gezeigten Vorrichtungen jeweils zwischen einem der Leiter und dem Nulleiter angeordnet sein. Für Schaltungen ohne Nulleiter ist es auch möglich, jeweils zwischen zwei in der Drehrichtung der Wechselspannung aufeinander folgenden Leitern eine derartige Vorrichtung anzuordnen. Derartige Möglichkeiten für ein dreiphasiges Drehstromnetz sind in Figuren 4 (Sternschaltung) und 5 (Dreieckschaltung) gezeigt.

Die Phasen dieses Netzes sind mit 1R, 1S und 1T, die dreiphasige Last mit 40, die jeweils zwischen einer Phase und dem Sternpunkt bzw. paarweise zwischen zwei Phasen angeordneten Kondensatorbatterien und vorgeschalteten Drosseln mit 50 und 60 und die ebenfalls jeweils zwischen einer Phase und dem Nulleiter bzw. zwischen zwei Phasen paarweise angeordneten Wechselstromsteller und die diesen vorgeschalteten Drosseln mit 70 bzw. 30 bezeichnet. Zur Steuerung der Wechselstromstellerthyristoren werden die Phasenspannungen über Meßglieder 11R, 11S, 11T und die durch die Wechselstromsteller 70 fließenden Ströme über Meßglieder 20', 20'', 20''' erfaßt. Die Meßwerte werden den Steuereinheiten 80', 80'', 80''' zugeführt, die entsprechend den Figuren 1 bis 3 aus Wechselstromintegratoren, Grenzwertmeldern, Impulsformern, Funktionsgebern, Gleichrichtern, Glättungsgliedern und Reglern aufgebaut sind. Diesen Steuereinheiten wird auch der Sollwert für den langfristigen Mittelwert $\overline{I_b^*}$ der durch die Wechselstromsteller fließenden Ströme über eine gemeinsame Leitung 90 vorgegeben.

Die Anordnung nach Bild 6, bei der die Elemente 1 bis 11 mit den Elementen der Figuren 1 bis 5 übereinstimmen, unterscheidet sich von den bisherigen Ausführungsbeispielen vor allem in der Verwendung einer zentralen Logikschaltung 100, die die Zündimpulse F und G für die Zündgeräte 111 und 112 der Ventile 8 und 9 des Wechselstromstellers 7 liefert. Um im Wechselstromsteller 7 und in der Drosselspule 10 einen Minimalstrom aufrecht zu erhalten, ist ein handelsüblicher Steuersatz, in diesem Fall ein zwei-pulsiger Steuersatz 110 vorgesehen, der auf die vom Spannungswandler 11 abgegriffene Spannung U synchronisiert ist und dessen Aussteuerung durch Vorgabe eines konstanten Steuervektors so eingestellt ist, daß eine feste Zeitspanne vor Ende jeder Halbschwingung ein Zusatzzündsignal L bzw. M dem Zündimpuls F bzw. G für

das in der jeweiligen Halbschwingung in Durchlaßrichtung liegende Ventil aufgeschaltet ist.

Dem Funktionsgeber 12 in den Figuren 1 bis 3 entsprechen
5 bei dieser bevorzugten Ausführungsform der Gleichrichter 101 und der nachgeschaltete Potenzierer 102, der die Funktion $y = x^a$ ($x \geq 0$, a beliebig, vorzugsweise $a > 1$) liefert. Eine derartige Schaltung ist z.B. aus Tietze-Schenk "Halbleiterschaltungstechnik", Berlin, Heidelberg, New
10 York, 4. Aufl. 1978, Seite 212, bekannt. Für ganzzahlige Werte von a können auch Multiplizierer eingesetzt werden. Mit der Wahl von a läßt sich die Qualität der Flickerregelung beeinflussen.

15 Die Ausgangsgröße des Potenzierers 102 wird über einen Schalter 103 auf den ersten Integrator 105, dessen Rücksetzeingang durch den Schalter 104 angedeutet ist, gegeben. Die Schalter 103 und 104 können durch einen "high"-Impuls der Steuersignale K und H geschlossen gehalten
20 werden. Die Integratorausgangsgröße ist zusammen mit dem negativen Soll-Mittelwert M^* einem Summationspunkt 106 am Eingang eines ersten Grenzwertmelders 107 zugeführt. Mittels eines Impulsformers 108 wird der Logikschaltung 100 jeweils dann ein Zündimpuls eingegeben, wenn die In-
25 tegratorausgangsgröße den Wert M^* überschreitet. Die Logikschaltung 100 verteilt die Zündimpulse A zusammen mit den Zusatzzündsignalen L, M auf die Zündgeräte 111, 112.

Die Diagramme der bisher erwähnten Impulse A, F, G, H,
30 K, L, M sind in Figur 8 zusammen mit dem Verlauf der Spannung U dargestellt. Mit α_0 ist der Steuerwinkel des netzsynchronisierten Steuersatzes 110 bezeichnet, der die Zusatzzündsignale L, M zur Begrenzung der maximalen Sperrzeit der Wechselstromstellerventile liefert. Die
35 Pfeile 70 kennzeichnen die Zeitpunkte, bei denen das Integratorausgangssignal den Sollmittelwert erreicht. Das

Rücksetzen des Schalters 104 mittels des Signales H und damit die Vorbereitung des Integrators zur Bildung der Spannungszeitfläche einer Halbschwingung (z.B. der negativen Halbschwingung) erfolgt frühestens mit der ersten
5 zur vorangegangenen (im Beispiel der positiven) Spannungshalbwelle gehörenden Zündung, also mit dem Signal A oder der positiven Flanke des Zusatzzündsignales L, wenn diese Flanke zeitlich vor dem Impuls A liegt. Das Rücksetzen soll im Idealfall beendet sein, wenn nach einem Null-
10 durchgang der Spannung U die neue (im Beispiel die negative) Spannungshalbwelle beginnt. Da bei einem schwachen Netz jedoch meist, wie in Figur 8 dargestellt ist, mehrere Nulldurchgänge kurz hintereinander folgen, können dadurch Schwierigkeiten auftreten. Daher erfolgen bei
15 diesem Ausführungsbeispiel die Rücksetzimpulse gleichzeitig mit den positiven Flanken der Zusatzzündsignale L und M.

Im Spannungsverlauf der Figur 8 ist mit der gestrichelten Linie 71 das Eingangssignal des ersten Integrators
20 105 für $a = 1$ eingezeichnet. Da für die Beeinflussung z.B. der negativen Spannungshalbwellen die Bildung der Spannungszeitflächen nicht zu dem idealen Zeitpunkt, der durch den Nulldurchgang der Spannungs-Grundschwingung gegeben wäre, erfolgt, sondern der Integrator bereits vorher von Null an zu integrieren beginnt, könnte ein Fehler entstehen. Dieser Fehler wird jedoch dadurch klein gehalten, daß durch Schließen und Öffnen des Schalters
25 103 dem Integrator z.B. zur Ermittlung der negativen Spannungszeitflächen nur die Abschnitte des Spannungsverlaufes zugeleitet werden, die eine negative Polarität aufweisen. In Figur 8 ist die vom Integrator 105 ermittelte Spannungszeitfläche schraffiert dargestellt, die am Grenzwertmelder 107 auf Überschreiten des Soll-Mittel-
30 wertes M^* überwacht wird.
35

Die weiteren in Figur 8 dargezeigten Pulsdiagramme beziehen sich auf das in Figur 9 dargestellte Beispiel einer Logikschaltung 100 und das Ausführungsbeispiel nach Figur 7. Aus den bereits im Zusammenhang mit Figur 2 erläuterten Gründen, ist auch nach Figur 7 ein Strommeßglied 20 in der Wechselstromsteller-Zuleitung sowie ein zweiter Integrator 116 vorgesehen. Dem Integrator 116 ist über einen Schalter 115, der wie der Schalter 103 durch die Impulse K geöffnet werden kann, ein zweiter Gleichrichter 10 114 vorgeschaltet. Auch dieser zweite Integrator 117 soll wie der erste Integrator 105 im Idealfall mit dem Nulldurchgang der Spannungsgrundschwingung rückgesetzt werden. Es ist jedoch schaltungstechnisch einfacher und ergibt praktisch keinen Fehler, wenn der Rücksetzschalter 117 15 mit dem Beginn des Zusatzzündsignales geschlossen und bis zum ersten Nulldurchgang des tatsächlichen Spannungsverlaufes geschlossen bleibt, wie durch den entsprechenden Schließimpuls I dargestellt ist.

20 Die Elemente 30, 31 und 32 sind baugleich mit den bereits in Figur 3 beschriebenen Elementen und erfüllen die gleiche Aufgabe.

In der Logikschaltung nach Figur 9 wird der Spannungsverlauf U über ein Verzögerungsglied 90, z.B. ein Verzögerungsglied zweiter Ordnung, einem Grenzwertmelder 91 zugeführt. Das Signal C am Ausgang dieses Grenzwertmelders liefert für den Zeitabschnitt, in dem sowohl die Zündimpulse A wie die Nulldurchgänge des tatsächlichen Spannungsverlaufes zu erwarten sind, eine Information über 30 die Polarität der letzten Spannungshalbwelle. Mit dieser Information können die Zündimpulse A und die Zusatzzündsignale L und M auf die Leitungen zu den Zündgeräten 111 und 112 der entsprechenden Wechselstromstellerventile 35 verteilt werden. Hierzu wird der Impuls C einem UND-Gatter 92 und negiert einem UND-Gatter 93 zugeführt. Die

Zusatzzündsignale L und N ihrerseits werden an einem ODER-Gatter 94 vereinigt. Aus den positiven Flanken des kombinierten Signals wird mittels eines Impulsformers 95 das Signal H gebildet, das zusammen mit den Zündimpulsen
5 A an einem ODER-Gatter 96 zu der Zündimpulsfolge E vereinigt wird, die auf die anderen Eingänge der UND-Gatter 92 und 93 gegeben ist. Das Signal H wird ferner zur Betätigung des Rücksetzschalters 104 des ersten Integrators aus der Logikschaltung herausgeführt.

10

Um den Impuls K zum Schließen der Schalter 103 und 115 zu erhalten, werden die Zusatzzündsignale L, M unter Berücksichtigung des an einem Grenzwertmelder 97 abgeleiteten Vorzeichens von U gebildet. Hierzu wird das Zusatz-
15 zündsignal L bzw. M an den $\bar{R}$ -bzw. $\bar{S}$ - Eingang eines RS-Flip-Flops 98 gegeben, dessen Ausgang Q (Impuls B) zusammen mit dem negierten Grenzwertausgangssignal an ein UND-Gatter 99 und der $\bar{Q}$ -Ausgang zusammen mit dem Grenzwertmelderausgang an den Eingang eines UND-Gatters 99' gelegt
20 sind. Die negierten Ausgänge dieser beiden UND-Gatter werden über ein UND-Gatter 89 das Signal des K-Ausganges.

Um den Rücksetzschalter 117 des zweiten Integrators jeweils mit der positiven Flanke des Zusatzzündsignales
25 zu schließen und bis zum ersten Nulldurchgang geschlossen zu halten (Impuls I), werden die Impulse E und K über ein Gedächtnis 88 dem entsprechenden I-Ausgang zugeführt.

Analog zu den Figuren 4 und 5 kann auch die Schaltung
30 nach den Figuren 6 und 7 auf ein mehrphasiges Netz angewendet werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Regeln der Spannung zwischen zwei Leitern (1, 2) eines Wechselstromversorgungsnetzes für rasch wechselnde Last auf einen vorgebbaren Halbschwun-
5 gungs-Mittelwert (Soll-Mittelwert), mit einem zwei anti-
parallele steuerbare Ventile (8, 9) enthaltenden Wechsel-
stromsteller (7) zwischen den Leitern und einer Ventil-
steuerung mit einem an wenigstens einem Leiter angeord-
10 neten Meßglied (11), d a d u r c h g e k e n n -
z e i c h n e t , daß mit dem Meßglied (11) die Span-
nung (U) erfaßt ist und daß die Ventilsteuerung so aus-
gebildet ist, daß zur Zündung des in einer Spannungshalbschwingung in Durchlaßrichtung liegenden Ventils ein
15 Zündimpuls abgegeben wird, sobald ein aus den Istwerten
(U), der Spannungshalbschwingung mittels eines ersten,
dem Meßglied (11) nachgeordneten Integrators (13) gebil-
detes Integral einen dem Soll-Mittelwert entsprechenden
Wert (M*) erreicht (Fig. 1).
20
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , daß durch ein Zusatzzündsig-
nal (L, M) die Ventile jeweils gezündet werden, wenn
ihre Sperrzeit eine vorgegebene Maximalzeit (α_0) über-
25 schreitet (Fig. 8).
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , daß das Zusatzzündsignal
(L, M) von einem netzsynchronisierten Steuersatz (110)
30 gebildet und die konstante Maximalsperrzeit durch eine
konstante Aussteuerung (α_0) vorgegeben ist (Fig. 6).
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß für jedes
35 der antiparallelen Ventile (9, 10) ein Grenzwertmelder
(16, 18) mit nachgeschaltetem Impulsformer (17, 19) vor-

gesehen ist und daß jedem Grenzwertmelder (16 bzw. 18) die Differenz aus der Ausgangsgröße des ersten Integrators (13) und einer dem Soll-Mittelwert für die in Durchlaßrichtung des zugeordneten Ventils (9, 10) positive
5 Spannungshalbschwingung entsprechenden Größe (M^*) aufgeschaltet ist (Fig. 2).

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß ein dem
10 ersten Integrator nachgeordneter Gleichrichter und ein Grenzwertmelder mit nachgeschaltetem Impulsformer vorgesehen ist, daß dem Grenzwertmelder die Differenz aus der Ausgangsgröße des Gleichrichters und einer dem Soll-Mittelwert der Spannungshalbwelle entsprechenden Größe (M^*)
15 aufgeschaltet ist und daß mit dem Ausgangssignalen des Grenzwertmelders die antiparallelen Ventile alternierend gezündet werden.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, g e -
20 k e n n z e i c h n e t durch einen dem ersten Integrator (13) vorgeschalteten Funktionsbildner (12), dessen Ausgangsgröße ($\pm y = \pm |x|^a$) eine Potenz größer als 1 des Spannungsmeßwertes ist (Fig. 1).

25 7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, g e -
k e n n z e i c h n e t durch eine in Reihe zum Wechselstromsteller (7) geschaltete Drosselspule (10) (Fig. 1).

30 8. Vorrichtung nach Anspruch 7, g e k e n n z e i c h -
n e t durch ein Meßglied (20) für den Strom durch den Wechselstromsteller (7) und einem nachgeschalteten zweiten Integrator (21), dessen Ausgangsgröße dem Spannungsmeßwert negativ aufgeschaltet ist (Figur 2).

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß in der
Ventilsteuerung zwischen dem Meßglied (11) und dem
ersten Integrator (105) ein Gleichrichter (101) mit an-
5 schließendem Potenziierer (102) angeordnet ist, daß dem
Integratorausgang am Eingang eines Grenzwertmelders (107)
ein dem Soll-Mittelwert entsprechender Wert (M*) aufge-
schaltet ist, daß das Ausgangssignal des Grenzwertmelders
(107) einem Impulsformer (108) eingegeben ist, dessen
10 Impulse in einem Impulsverteiler dem jeweils gerade in
Stromführungsrichtung liegenden Ventil zugeführt werden,
und daß der Integrator (105) jeweils nach Abgabe eines
Zündimpulses und vor dem nächsten Nulldurchgang der Span-
nung rücksetzbar (Schalter 104) ist (Fig. 6).
- 15 10. Vorrichtung nach Anspruch 9, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , daß der Integrator (105) durch
ein Zusatzsignal (H), insbesondere das Zusatzzündsignal
(L, M) nach Anspruch 2 oder 3, rücksetzbar ist (Fig. 6).
- 20 11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß dem Potenziierer ein
Schalter (103) nachgeordnet ist, der geöffnet gehalten
ist, wenn die Polarität der zur letzten Ventilzündung ge-
25 hörenden Spannungshalbwelle mit der Polarität der augen-
blicklichen Istwerte (U) der Spannung übereinstimmt
(Fig. 6).
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, g e -
30 k e n n z e i c h n e t durch eine in Reihe zum Wech-
selstromsteller (7) geschaltete Drosselspule (10), ein
Meßglied (20) für den Strom durch den Wechselstromstel-
ler (7), einen nachgeschalteten zweiten Gleichrichter
(114) und einen zweiten, ungefähr gleichzeitig mit dem
35 ersten Integrator rücksetzbaren Integrator (117), dessen
Eingang über einen weiteren zum Öffnen und Schließen

gleichzeitig mit dem ersten Schalter (103) betätigten Schalter (115) mit dem Ausgang des zweiten Gleichrichters verbunden ist und dessen Ausgang dem Eingang des ersten Integrators zusätzlich negativ aufgeschaltet ist
5 (Fig. 7).

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , daß der zweite Integrator
gleichzeitig mit dem ersten Integrator auf Null gesetzt
10 wird und bis zum nächsten Nulldurchgang der Spannung auf
Null gehalten bleibt.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, g e -
k e n n z e i c h n e t durch eine Reihenschaltung aus
15 einem Gleichrichter (30) für den Meßwert des durch den
Wechselstromsteller fließenden Stromes (I_b), einem Glät-
tungsglied (31) und einem PI-Regler (32), wobei dem Ein-
gang des Reglers zusätzlich ein Sollwert ($\bar{I}_b^*$) für den
über mehrere Perioden gemittelten, durch den Wechselstrom-
20 steller (7) fließenden Strom negativ aufgeschaltet und
die Reglerausgangsgröße als dem Sollmittelwert entspre-
chende Größe dem Grenzwertmelder zugeführt ist (Fig. 3,
Fig. 7).

1/7

80 P 30 8 8 E

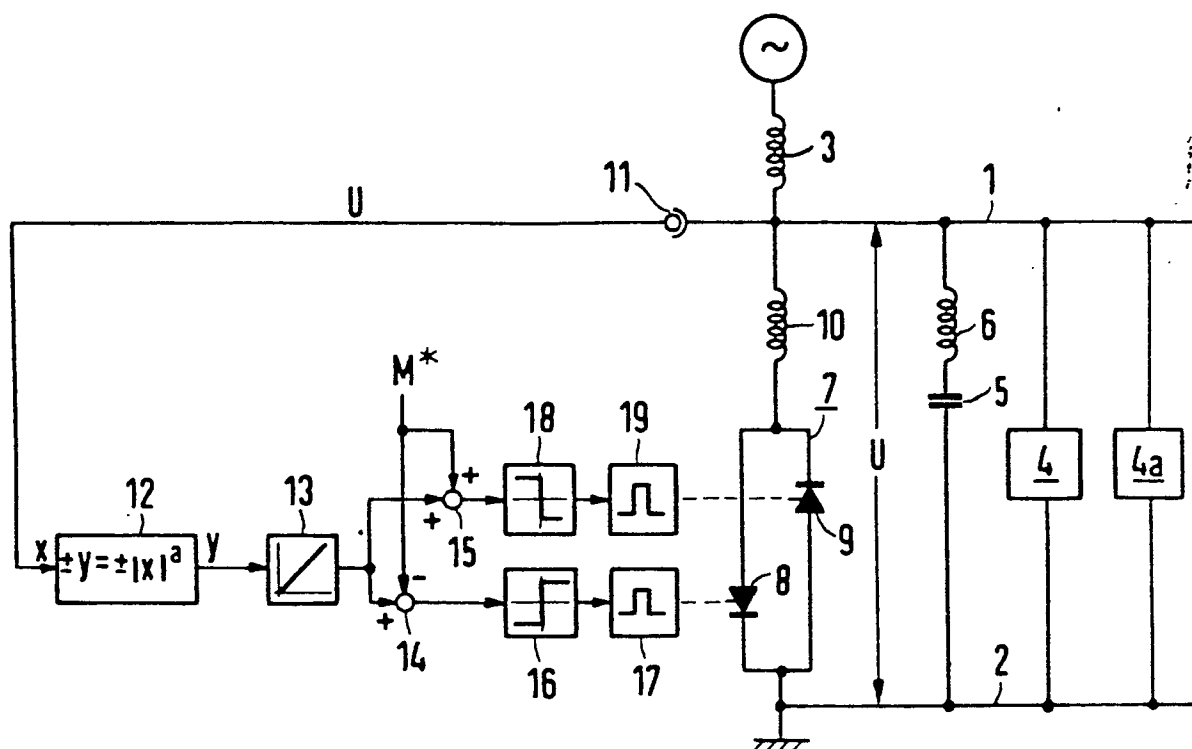


FIG 1

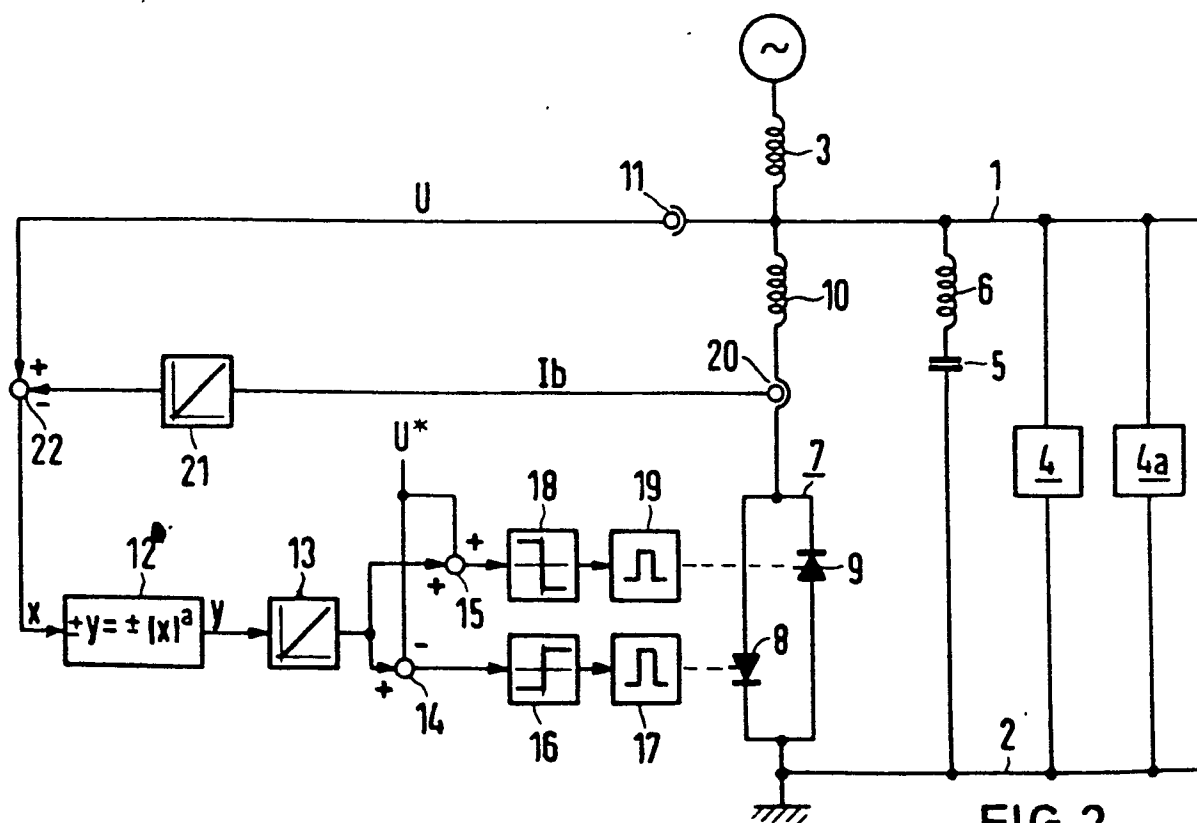


FIG 2

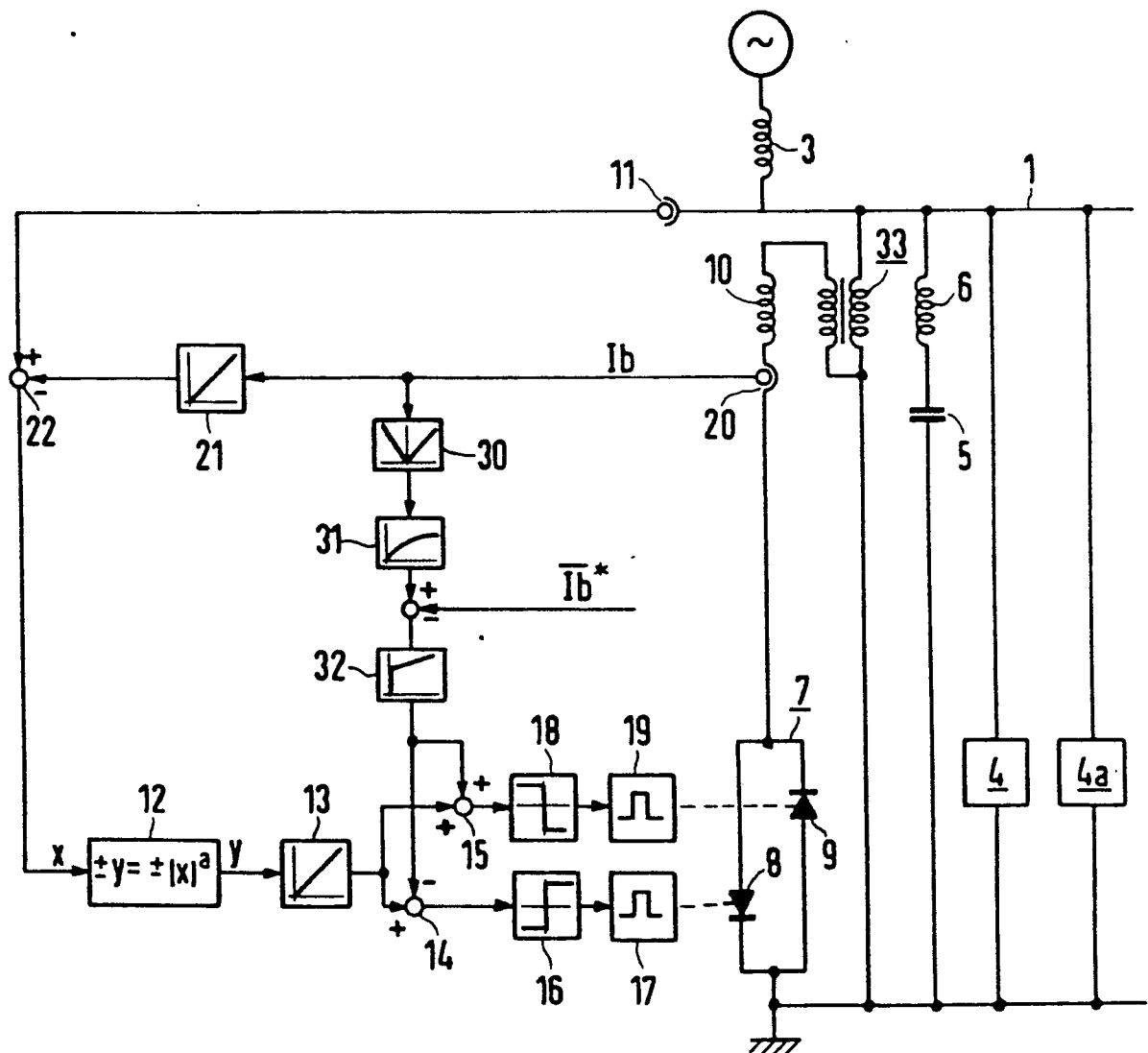
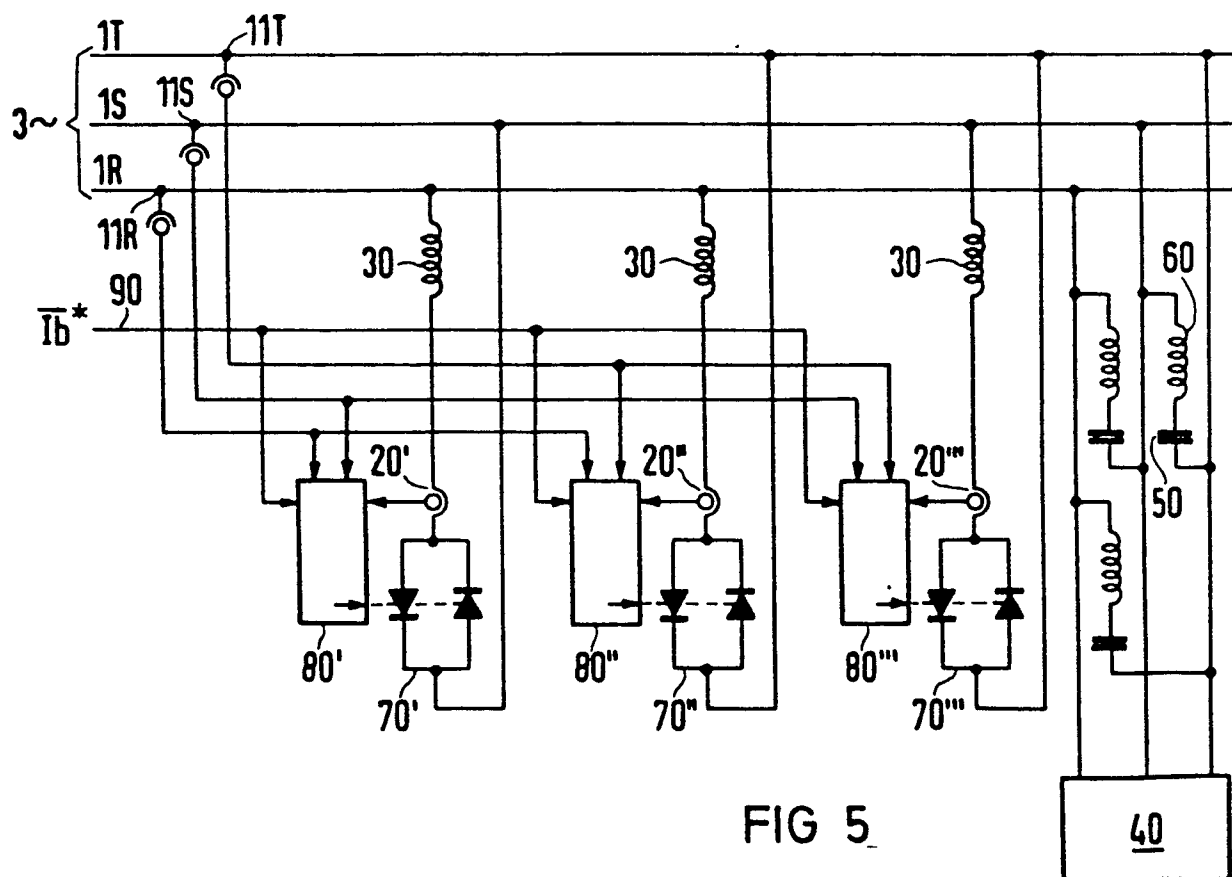


FIG 3



4/7

80 P 3 0 8 8 E

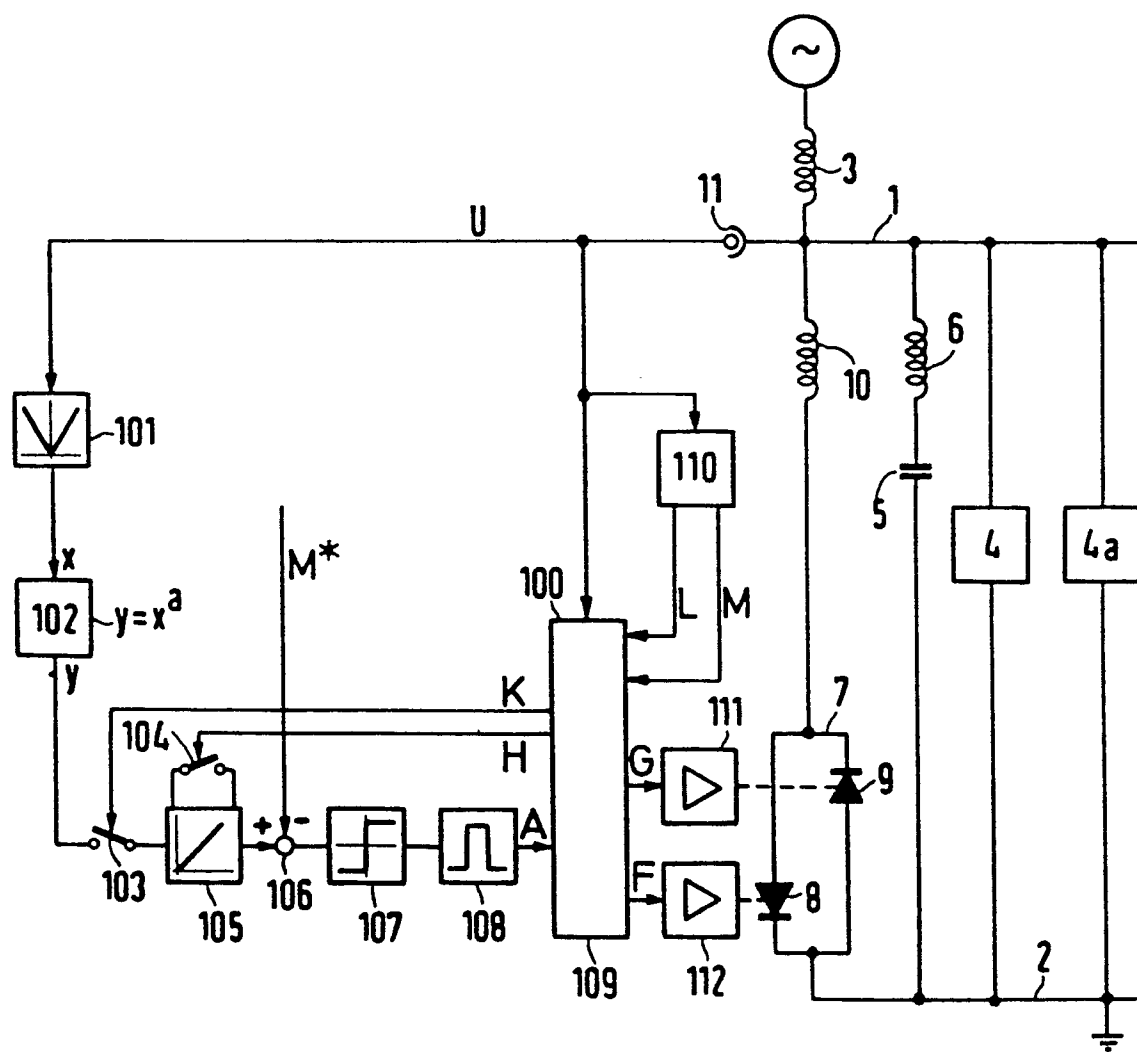


FIG 6



6/7

80 P 3088 E

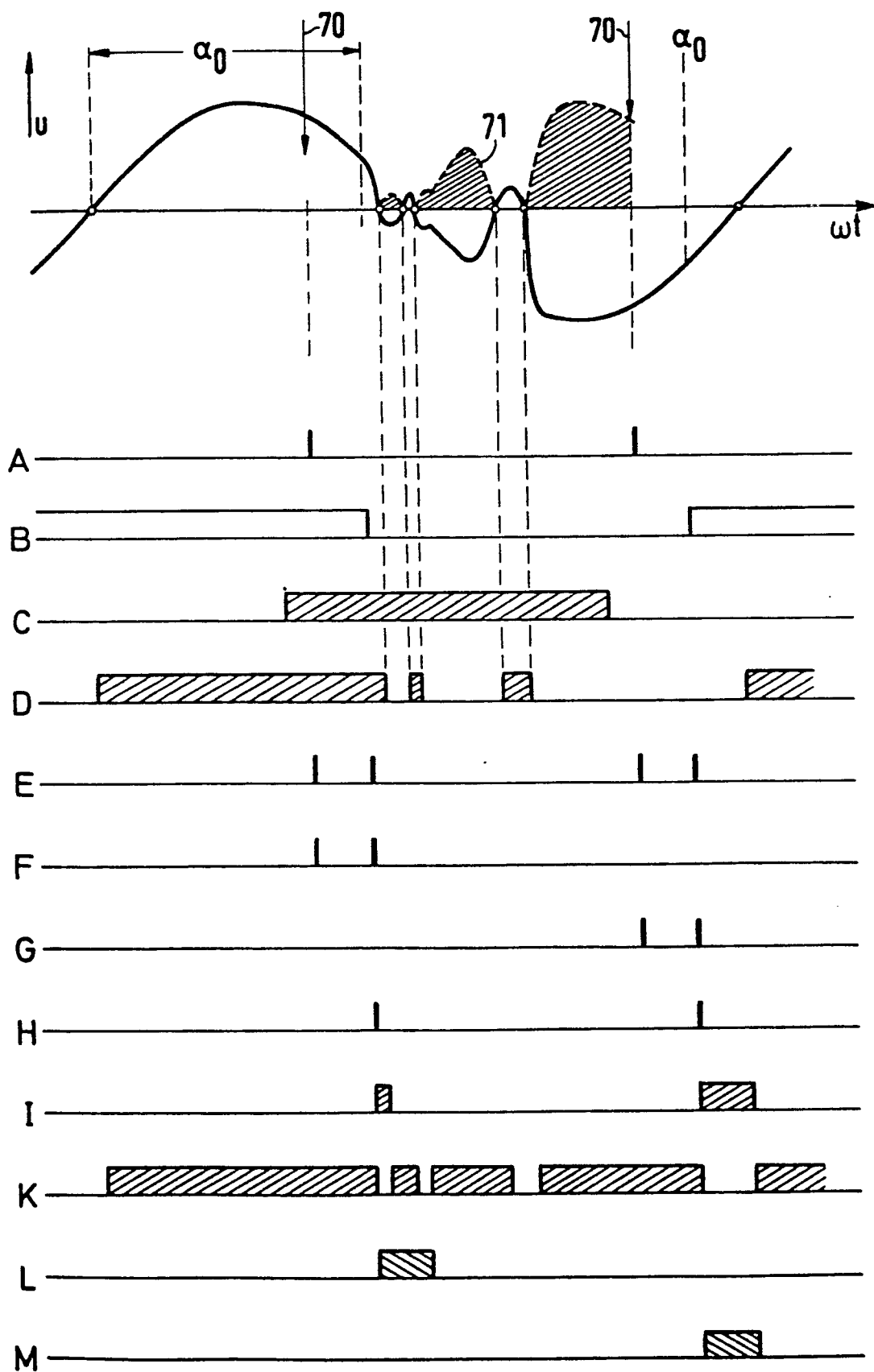


FIG 8

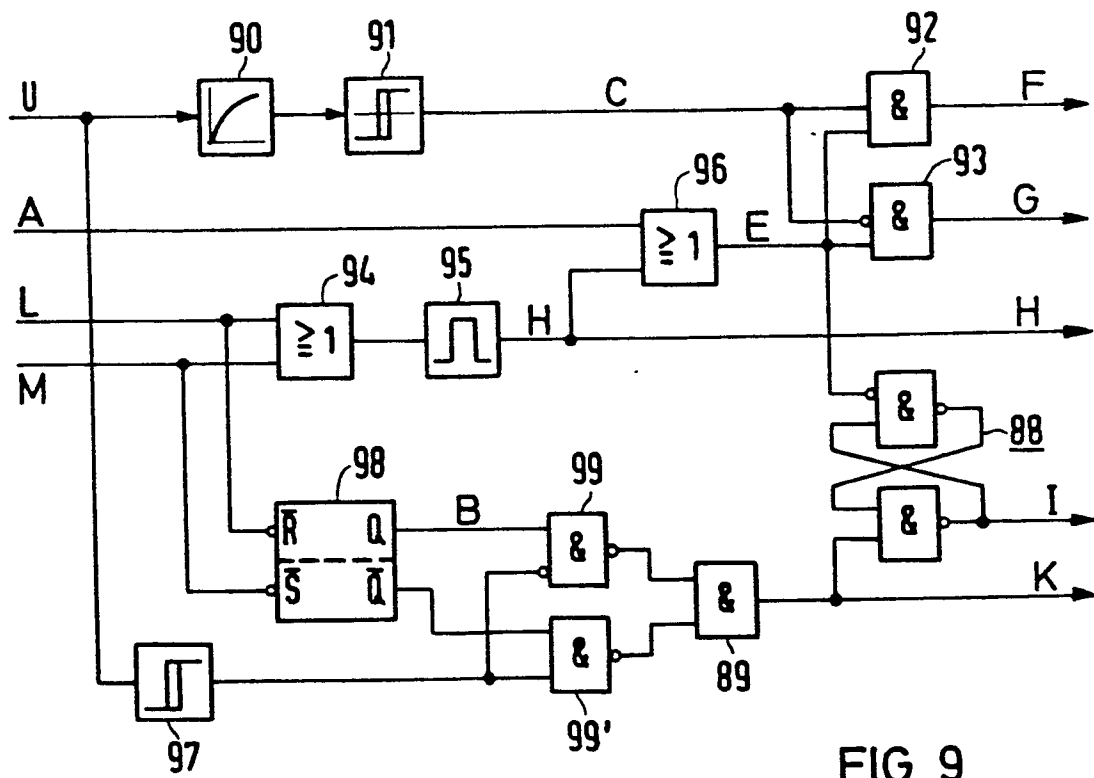


FIG 9



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0026260

Nummer der Anmeldung
EP 80 10 3430

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 1)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch	
A	<u>US - A - 3 939 396 (ECC)</u> * Spalte 2, Zeile 21 bis Spalte 5, Zeile 55; Figuren 1,2 * --	1	G 05 F 1/44
	<u>US - A - 3 435 248 (BORG-WARNER)</u> * Spalte 3, Zeile 20 bis Spalte 5, Zeile 25; Figuren 1-4 * & DE - A - 1 588 088 --	1,7	
	<u>US - A - 3 944 909 (W.K. REYMOND)</u> * Spalte 2, Zeile 30 bis Spalte 5, Zeile 22; Figuren 1,2 * --	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 1) G 05 F 1/44 H 02 M 5/02 H 02 P 13/30
	<u>US - A - 3 906 337 (BBC)</u> * Zusammenfassung; Figur 2 * & DE - A - 2 317 068 & DE - A - 2 317 067 ----	1	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X: von besonderer Bedeutung A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: kollidierende Anmeldung D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus andern Gründen angeführtes Dokument &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument
☒	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.		
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
Den Haag	22-12-1980	ZAEGEL	