

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

11

Veröffentlichungsnummer:

0 210 675
A1

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21

Anmeldenummer: 86201035.2

51

Int. Cl.⁴: B03C 3/68

22

Anmeldetag: 14.06.86

30

Priorität: 26.07.85 DE 3526754

43

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
04.02.87 Patentblatt 87/06

64

Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE FR GB IT LI SE

71

Anmelder: METALLGESELLSCHAFT AG
Reuterweg 14 Postfach 3724
D-6000 Frankfurt/M.1(DE)

72

Erfinder: Leussler, Wilhelm
Westerbachstrasse 255
D-6230 Frankfurt am Main 80(DE)

74

Vertreter: Rieger, Harald, Dr.
Reuterweg 14
D-6000 Frankfurt am Main(DE)

54

Regelverfahren für ein Elektrofilter.

57

Für das Betreiben eines Elektrofilters mit kleinstmöglichem Energieaufwand bei vorgegebenem Reingasstaubgehalt wird die Regelung der Betriebsspannung mittels Semipulsen vorgeschlagen. Dabei wird zunächst ein Kennlinienfeld für ungeladene Spannung bei verschiedenen Staubwiderständen aufgenommen. Danach wird jeder Kennlinie ein k-Wert zugeordnet, mit dem ein vorgegebener Reingasstaubgehalt bei geringstmöglichem Energieaufwand erreicht werden kann. Im Betrieb wird dann die aktuelle Kennlinie mit dem Kennlinienfeld verglichen und jeweils der k-Wert eingestellt, der zu der Kennlinie des Feldes führt, die mit der aktuellen Kennlinie zusammenfällt bzw. als nächste unterhalb der aktuellen Kennlinie liegt.

Die Aufnahme der aktuellen Kennlinie erfolgt in vorgegebenen Intervallen, deren Dauer nach der Geschwindigkeit festgelegt werden, mit der sich die Betriebszustände ändern können.

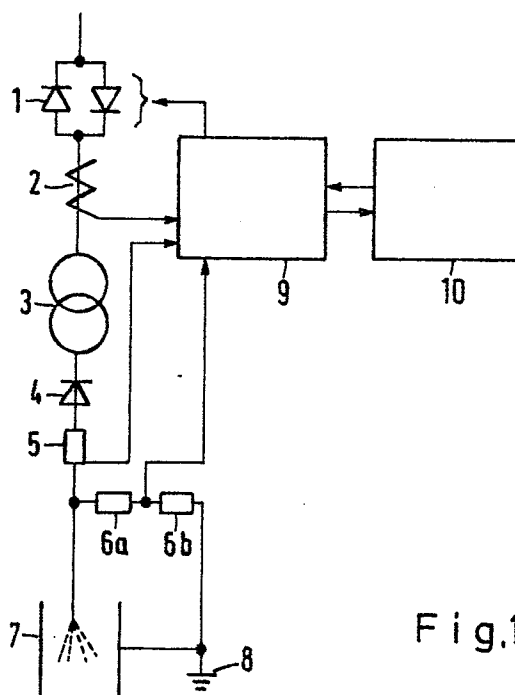


Fig.1

EP 0 210 675 A1

Regelverfahren für ein Elektrofilter

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betreiben eines Elektrofilters mit kleinstmöglichem Energieaufwand bei vorgegebenem Reingasstaubgehalt durch Regelung der Betriebsspannung mittels Semipulsen.

Aus der DE-OS 31 14 009 ist ein Elektrofilter bekanntgeworden, bei dem die Staubabscheidung dadurch erfolgt, daß zwischen den Niederschlagselektroden und den Sprühelektroden eine mittels Thyristor regelbare Gleichstrom-Hochspannung angelegt wird. Außerdem ist eine Steuerung zur intermittierenden Ansteuerung des Thyristors vorgesehen, durch die die Wiederholungsperiode und/oder die Impulsbreite der Gleichstromhochspannung manuell oder automatisch einstellbar ist. Mit einer derartigen Steuerschaltung soll die Abscheideleistung des Elektrofilters insbesondere bei hohem spezifischen Staubwiderstand im Bereich von 10^{11} bis $10^{13} \Omega \text{ cm}$ verbessert werden, in dem ein Elektrofilter normalerweise infolge von Gegen-Koronaeffekten nur unbefriedigend arbeitet.

Bei der bekannten Steuerschaltung wird der Thyristor in der Weise angesteuert, daß die Gleichstrom-Hochspannung während einer ersten Phase T_1 (von beispielsweise 0,001 bis 1 s) angelegt und während einer zweiten Phase T_2 (von beispielsweise 0,01 bis 1 s) unterbrochen wird. Für das Verhältnis von T_1 zu $(T_1 + T_2)$, also von Einschaltzeit zu Einschalt- und Pausenzeit eines jeden Schaltzyklus ist der Ausdruck k-Wert gebräuchlich und für das gesamte Verfahren "Regelung mittels Semipulsen".

Das bekannte Verfahren zielt insbesondere darauf ab, einen Gegen-Koronaeffekt zu vermeiden, der im Strom-Spannungsfeld durch einen vergleichsweise sehr steilen Anstieg des Stroms bei nur geringfügiger Erhöhung der Spannung gekennzeichnet ist. Bei derartigen Kennlinien ist ein hoher Energieaufwand mit niedriger Staubabscheideleistung des Elektrofilters verbunden. Da jedoch das Auftreten des Gegen-Koronaeffektes mit einer gewissen Verzögerung gegenüber einer von der üblichen Regelung veranlaßten Erhöhung der Spannung bzw. des Stroms erfolgt, ist es möglich mit der Methode des Semipulsens die Gegen-Koronaeffekte weitgehend zu vermeiden und einen wirtschaftlichen Betrieb des Elektrofilters zu erreichen.

Die Maßnahmen gemäß DE-OS 31 14 009 zielen also darauf ab, auch im Bereich hoher spezifischer Staubwiderstände eine optimale Abscheideleistung zu erreichen.

Unberücksichtigt bleibt dabei aber, daß mit einer optimalen Abscheideleistung -je nachdem wie hoch der spezifische Staubwiderstand ist -ganz unterschiedliche Reingasstaubgehalte erreicht werden, die von einem vorgeschriebenen Wert nach oben und unten abweichen können. Mit anderen Worten, die bekannte Regelung orientiert sich nicht an dem eigentlichen Ziel der Staubabscheidung, nämlich den ursprünglich vorhandenen Staubgehalt auf einen Wert zu senken, der den Vorschriften entspricht. Eine wesentliche Unterschreitung vorgegebener Reingasstaubgehalte mag im Hinblick auf den Umweltschutz an sich zwar wünschenswert sein, belastet die Produktion aber mit vermeidbaren Kosten und gefährdet zumindest tendenziell die Wettbewerbsfähigkeit. Ohne Einbeziehung des Reingasstaubgehaltes in das Regelsystem für einen Elektrofilter mag die Regelung zwar technisch optimal sein, eine wirtschaftliche Optimierung kann so aber nicht erreicht werden.

Es besteht somit die Aufgabe, das anhand der DE-OS 31 14 009 skizzierte Regelverfahren für ein Elektrofilter dahingehend weiterzuentwickeln, daß unter wechselnden Betriebsbedingungen nicht nur die jeweils optimale Abscheideleistung erreicht wird, sondern daß der vorgeschriebene Reingasstaub jeweils unter wirtschaftlich optimalen Bedingungen, d.h. mit kleinstmöglichem Energieaufwand eingehalten wird.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird bei dem gattungsmäßigen Verfahren vorgeschlagen, daß

a) für ein vorgegebenes Elektrofilter ein repräsentatives Feld der Strom-Spannungs-Kennlinien für ungepulste Spannung ($k = 1$) bei verschiedenen Staubwiderständen aufgenommen wird ($I = f(V, \Omega)$),

b) zu jeder Kennlinie derjenige kleinste k-Wert ermittelt wird, mit dem der vorgegebene Reingasstaubgehalt noch erreicht wird,

c) jeder Kennlinie der so ermittelte kleinste k-Wert zugeordnet wird und die laufende Regelung des Elektrofilters anhand dieses Kennfeldes vorgenommen wird, indem

d) die aktuelle Kennlinie bei ungepulster Spannung mit dem Kennfeld verglichen und schließlich der k-Wert eingestellt wird, der zu der Kennlinie des Feldes gehört, die mit der aktuellen Kennlinie zusammenfällt bzw. als nächste unterhalb der aktuellen Kennlinie liegt.

In weiterer Ausbildung des Erfindungsgedankens ist vorgesehen, daß das Kennfeld entweder bei der Inbetriebnahme eines Elektrofilters oder anhand von Erfahrungswerten erstellt wird. Außerdem ist vorgesehen, daß das Kennfeld unter Verwendung der im Betrieb ermittelten aktuellen

Kennlinien laufend korrigiert wird. Die Einstellung des k-Wertes gemäß Maßnahme d) in Anspruch 1 wird in vorgegebenen zeitlichen Abständen wiederholt. Schließlich ist bei dem erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen, daß alle Verfahrensschritte

völlig automatisch ablaufen.

Weitere Einzelheiten und Vorteile werden anhand der Figuren 1 bis 5 näher erläutert.

Fig. 1 zeigt das vereinfachte Schaltbild für die Spannungsversorgung eines Elektrofilters mit Semipuls-Regelung.

Fig. 2 zeigt den zeitlichen Verlauf der Primärspannung bei einem k-Wert = 1/3.

Fig. 3 zeigt den zeitlichen Verlauf des Filterstromes bei einem k-Wert = 1/3.

Fig. 4 zeigt die am Elektrofilter anliegende Spannung bei einem k-Wert = 1/3.

Fig. 5 zeigt vier Strom-Spannungskennlinien, denen vier verschiedene k-Werte zugeordnet sind.

Die Einspeisung der Energie in das Elektrofilter erfolgt gemäß Fig. 1 über zwei antiparallel geschalteten Thyristoren 1, einen Hochspannungstransformator 3 und einen Gleichrichter 4. Die Niederschlagselektroden liegen wie das Filtergehäuse 7 an Erde 8, während die Sprühelektroden mit dem Minuspol der Hochspannungsquelle verbunden sind. Der Primärstrom des Hochspannungstransformators 3 wird mittels Stromwandler 2 gemessen. Die Ermittlung des Sekundär-bzw. Filterstroms erfolgt über einen Shunt 5, während die Sekundär-bzw. Filterspannung über eine Meßbrücke 6a, 6b gemessen wird. Die Meßwerte (von 2, 5, 6a und 6b) werden einem elektronischen Regelgerät 9 zugeführt, das die Impulse zum Zünden des Thyristors 1 erzeugt. Das Regelgerät 9 arbeitet vollautomatisch; es überwacht den Strom und verhindert, daß der Nennstrom überschritten wird; es überwacht die Spannung und sorgt dafür, daß immer mit einer möglichst nahe an der Überschlagespannung liegenden Spannung gearbeitet wird, daß bei Überschlägen die Spannung abgesenkt und bei Dauerkurzschluß die Anlage abgeschaltet wird.

Außerdem ist ein Mikrocomputer 10 vorgesehen, in dem die digitalisierten Kennlinien des Filters mit den zugehörigen k-Werten abgespeichert sind. In vorgegebenen Intervallen wird über das Regelgerät 9 die aktuelle Strom-Spannungskennlinie des Filters aufgenommen, diese mit den gespeicherten Kennlinien verglichen und ein neuer k-Wert an das Regelgerät weitergegeben, falls sich aus dem Kennlinienvergleich ein günstigerer k-Wert ergeben hat.

Erfindungsgemäß sind den unter verschiedenen Betriebsbedingungen aufgenommenen Kennlinien jeweils die k-Werte zugeordnet, mit denen ein vorgegebener Reingasstaubgehalt mit geringstmöglichem Energieaufwand eingehalten

werden kann. Da die Meß- und Rechenvorgänge sehr schnell ablaufen, tritt während der Neuaufnahme einer Kennlinie keine Verschlechterung des Abscheidegrades auf. Da moderne Elektrofilter zudem in der Regel mehrere hintereinander geschaltete Filter aufweisen, die in der beschriebenen Weise nacheinander überprüft und optimiert werden, können selbst stark und rasch wechselnde Änderungen der Betriebszustände unter Beibehaltung der Energieverbrauchsoptimierung ohne Überschreitung vorgegebener Reingasstaubgehalte ausgeregelt werden.

Außerdem ist es möglich, jeweils nur ausgewählte Teilstücke der Kennlinien miteinander zu vergleichen, wobei die Zeit für die Aufnahme des Kennlinienteils entsprechend verkürzt und dementsprechend auch schneller auf Änderungen im Filterbetrieb reagiert werden kann. Die Wiederholungsintervalle können zwischen wenigen Minuten und Stunden eingestellt werden, je nach dem ob es sich wie bei der Entstaubung von Stahlkonvertern um rasch wechselnde Betriebszustände oder um nur geringfügige und langsame Änderungen wie bei der Entstaubung der Kesselabgase von Kraftwerken handelt.

In Fig. 2 ist die Primärspannung des Hochspannungstransformators 3 als gestrichelte Linie für den Wert $k=1$ (umgepult) und als durchgezogene Linie für den Wert $k=1/3$ dargestellt, d.h. es wird von insgesamt 3 vollen Sinuswellen über den Thyristor nur jede dritte gezündet.

In Fig. 3 ist der Sekundärstrom des Gleichrichters 4 bzw. der Filterstrom bei einem Pulsbetrieb gemäß Fig. 1 dargestellt. Auf jeweils zwei Pulse folgt eine stromlose Zeit von doppelter Länge der Pulszeit.

Fig. 4 zeigt die am Elektrofilter anliegende Spannung. Da das Filter als Kondensator wirkt, geht die Spannung nach dem Pulsen nicht auf Null zurück, sondern auf einen mehr oder weniger hohen "Restwert". Bei erneutem Pulsen wird sie wieder auf den maximalen Wert angehoben.

Fig. 5 schließlich zeigt das Kennlinienfeld eines Filters, d.h. den aufgenommenen Strom als Funktion der angelegten Spannung für verschiedene Betriebszustände. Letztere werden durch die Gastempertur, die Gaszusammensetzung, den Staubwiderstand und durch eine Reihe weiterer Einflußgrößen bestimmt. Erfindungsgemäß sind den verschiedenen Kennlinien die k-Werte zugeordnet worden, die angewandt werden müssen, wenn der vorgegebene Reingasstaubgehalt mit kleinstmöglichem Energieaufwand erreicht werden soll.

Die mit $k=1$ bezeichnete Kennlinie zeigt den für niedrige Staubwiderstände bis etwa $10^{11} \Omega \text{ cm}$ typischen Verlauf, während die mit $k = 0,1$ bezeichnete Kennlinie den Verlauf bei sehr hohen Staubwiderstand mit mehr als $10^{13} \Omega \text{ cm}$ zeigt. Die beiden anderen Kennlinien beziehen sich auf dazwischen liegende Staubwiderstände.

Aus der Zuordnung der k -Werte zu den Kennlinien läßt sich folgendes ablesen. Während man bei niedrigen Staubwiderständen den vorgegebenen Reingasstaubgehalt am besten mit einer ungepulsten Arbeitsweise erreicht, wird das gleiche Ziel bei sehr hohen Staubwiderständen erreicht, wenn die Pausenzeit beispielsweise 9 mal so lang ist, wie die Pulszeit T_{p} , d.h. wenn nur während einem $1/10$ der Zeit gepulst wird. Interessant und optimierungsbedürftig sind insbesondere die Kennlinien zwischen den k -Werten 1 und 0,1, weil der Staubwiderstand in vielen Fällen zwischen 10^{11} und $10^{13} \Omega \text{ cm}$ liegt und hier eine wiederholte, genaue Anpassung an die aktuellen Gegebenheiten besonders wichtig und lohnend ist.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, unter allen vorkommenden Betriebszuständen einen vorgegebenen Reingasstaubgehalt mit geringstem Energieaufwand zu erreichen. Bei der Festlegung von Emissionsgrenzen kann man nicht nur eine möglichst geringe Umweltbelastung anstreben, man muß auch die technischen Möglichkeiten und wirtschaftlichen Belastungen berücksichtigen. Würden die Reingasstaubgehalte beispielsweise bei einer Stromerzeugungsanlage so niedrig angesetzt, daß der Aufwand sie zu realisieren, so hoch ist, daß mit dem erzeugten Strom keine Gewinne gemacht werden können, dann würde man solche Anlage nicht mehr betreiben bzw. gar nicht erst bauen. Will man aber die Stromversorgung sicherstellen, dann müssen die Reingasstaubgehalte realistisch festgelegt werden. Wenn nun unter Verwendung des Erfindungsgedankens nicht ein kleinstmöglicher Reingasstaubgehalt -ohne Rücksicht auf den Energieaufwand - sondern die Einhaltung eines vorgegebenen Reingasstaubgehaltes mit gerinstmöglichem Energieaufwand angestrebt und realisiert wird, so kann das dazu führen, daß auch niedrigere Reingasstaubgehalte realistisch, d.h. technisch und wirtschaftlich realisierbar werden.

Ansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Elektrofilters mit kleinstmöglichem Energieaufwand bei vorgegebenem Reingasstaubgehalt durch Regelung der Betriebsspannung mittels Semipulsen, dadurch gekennzeichnet, daß

a) für ein vorgegebenes Elektrofilter ein repräsentatives Feld der Strom-Spannungs-Kennlinien für ungeladene Spannung ($k = 1$) bei verschiedenen Staubwiderständen aufgenommen wird ($I = f(V, \Omega)$),

b) zu jeder Kennlinie derjenige kleinste k -Wert ermittelt wird, mit dem der vorgegebene Reingasstaubgehalt noch erreicht wird,

c) jeder Kennlinie der so ermittelte kleinste k -Wert zugeordnet wird und die laufende Regelung des Elektrofilters anhand dieses Kennfeldes vorgenommen wird, indem

d) die aktuelle Kennlinie bei ungeladener Spannung mit dem Kennfeld verglichen und schließlich der k -Wert eingestellt wird, der zu der Kennlinie des Feldes gehört, die mit der aktuellen Kennlinie zusammenfällt bzw. als nächste unterhalb der aktuellen Kennlinie liegt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Kennfeld bei der Inbetriebnahme eines Elektrofilters erstellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Kennfeld mit Erfahrungswerten aufgestellt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Kennfeld unter Verwendung der im Betrieb ermittelten aktuellen Kennlinien laufend korrigiert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung des k -Wertes gemäß Maßnahme d in Anspruch 1 in vorgegebenen zeitlichen Abständen wiederholt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Schritte vollständig automatisch ablaufen

50

55

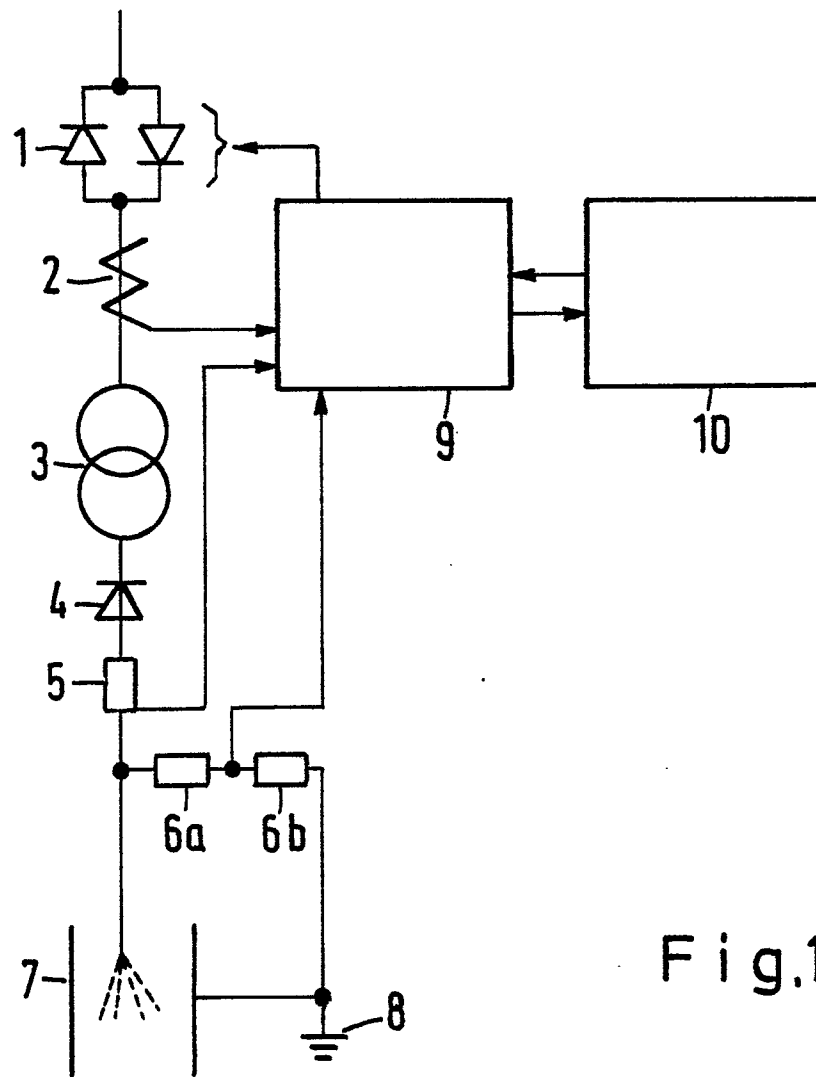


Fig.1

Fig.2

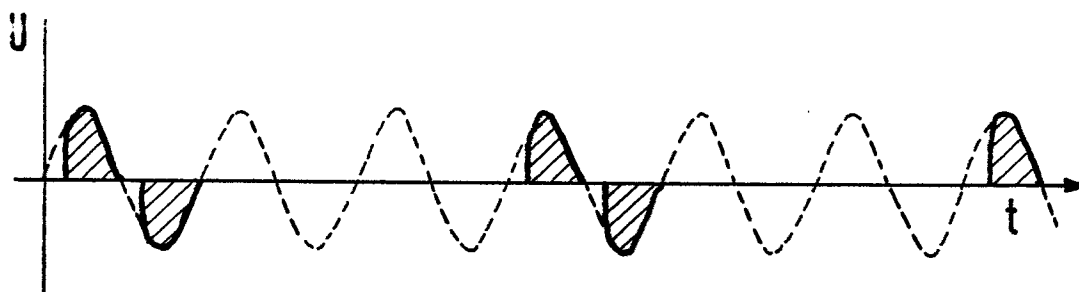


Fig.3

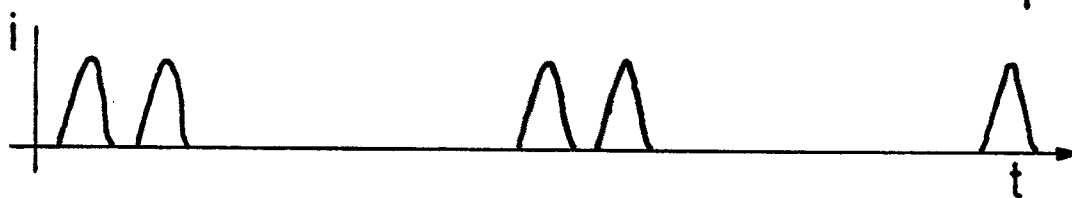
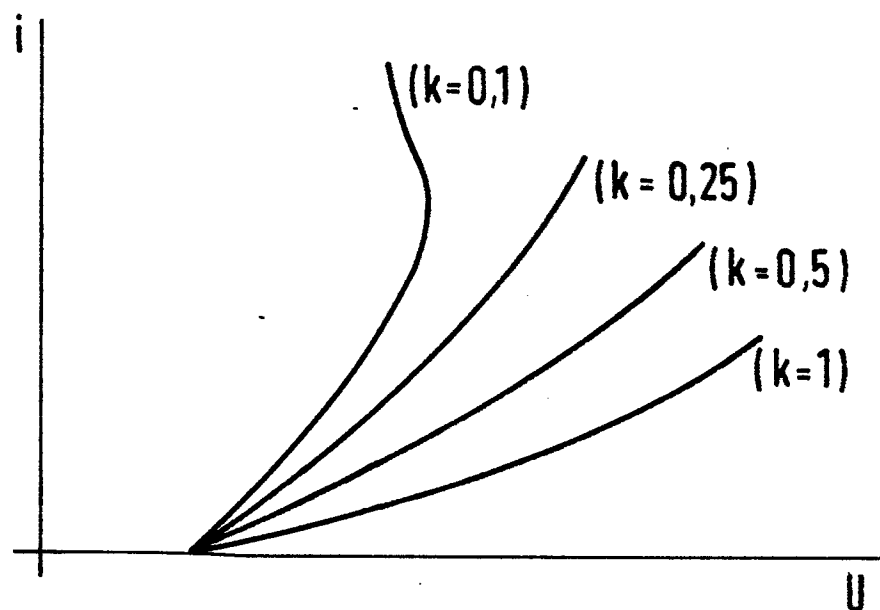


Fig.4



Fig.5





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 86 20 1035

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
A	US-A-4 152 124 (GENERAL ELECTRIC)		B 03 C 3/68

D, A	GB-A-3 114 009 (MITSUBISHI)		

			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4)
			B 03 C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 08-10-1986	Prüfer BERTIN M.H.J.
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 : mündliche 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 andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			