



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 549 007 B1**

12

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Veröffentlichungstag der Patentschrift: **08.11.95**

Int. Cl.⁸: **B03C 3/68**

Anmeldenummer: **92203453.3**

Anmeldetag: **11.11.92**

Verfahren zur Einstellung der Zielspannung UZF nach einem Durchschlag in einem elektrostatischen Abscheider.

Priorität: **21.12.91 DE 4142501**

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.06.93 Patentblatt 93/26

Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
08.11.95 Patentblatt 95/45

Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE FR GB LI SE

Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 039 817
DE-C- 3 910 123
DE-C- 4 111 673

Patentinhaber: **METALLGESELLSCHAFT Ak-
tiengesellschaft**
Postfach 10 15 01,
Reuterweg 14
D-60015 Frankfurt (DE)

Erfinder: **Schummer, Helmut**
Gustav-Adolf-Strasse 27
W-6056 Heusenstamm (DE)
Erfinder: **Böcker, Heinrich**
Am Rullenweg 2
W-4420 Coesfeld (DE)
Erfinder: **Hundertmark, Ralph**
Schillerstrasse 6
W-8752 Waldaschaff (DE)

EP 0 549 007 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein verfahren zur Einstellung der Zielspannung U_{ZF} nach einem Durchschlag in einem elektrostatischen Abscheider.

Verfahren zur Optimierung der Abscheidung von Schadstoffen in elektrostatischen Abscheidern sind bekannt. In der deutschen Patentanmeldung P 41 11 673.9 wird ein Verfahren zur Bestimmung der optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit DS_n in einem elektrostatischen Abscheider beschrieben, bei dem in aufeinanderfolgenden Schritten durch die Wahl einer bestimmten Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit DS_i die sich einstellende Spannung im Elektrofilter derart eingestellt wird, daß die Fläche unter der Spannungskurve maximiert wird, wobei unter der Spannungskurve die im elektrostatischen Abscheider sich einstellende Spannung als Funktion der Zeit t zu verstehen ist.

In der EP-PS 0 039 817 wird ein verfahren zum Regeln der Spannung eines in der Anlage eingesetzten Elektrofilters mit einem Computer beschrieben, bei dem zur Regelung dienende Parameterwerte prozeßabhängig derart berücksichtigt werden, daß bei einem Durchschlag die Filterspannung um einen vorgegebenen Wert abgesenkt und anschließend mit einem vorgegebenen zeitlichen Spannungsgradienten bis zum erneuten Durchschlag gesteigert wird. Unter dem zeitlichen Spannungsgradienten ist dabei die Steigung der Spannungskurve, welche die sich einstellende Spannung als Funktion der Zeit t beschreibt, zu verstehen. Gemäß der in der EP-PS 0 039 817 beschriebenen technischen Lehre werden jeweils für jeden der Parameter Spannungsabsenkung, Spannungsgradient und Netzstrom eine Reihe von Parameterwerten bei der Inbetriebnahme des Filters in Halbleiterspeicher eingegeben und die zur Regelung dienenden Parameterwerte eines jeden Parameters prozeßabhängig aktiviert.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Einstellung der Zielspannung U_{ZF} nach einem Durchschlag in einem elektrostatischen Abscheider zu schaffen, bei dem eine relativ schnelle Anpassung an schwankende Parameter des Abgases, wie beispielsweise Temperatur oder Konzentration der Schadstoffe, möglich ist, wobei unter Schadstoffen Staub, HF, SO_2 , SO_3 , HCl oder die im Abgas dampfförmig, gasförmig bzw. in sublimierter Form vorliegenden Nichtmetalle wie Pb, Cd, Hg oder As zu verstehen sind.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Einstellung der Spannung eines elektrostatischen Abscheiders in mehreren Schritten gelöst, das dadurch gekennzeichnet ist, daß zur Einstellung der Zielspannung U_{ZF} nach einem Durchschlag in einem elektrostatischen Ab-

scheider in einem ersten Schritt 1 die Filterspannung U_{F1} durch Vorgabe mehrerer Zündwinkel α_{i1} bis zur ersten Durchschlagsspannung U_{1D} stufenweise erhöht wird und die jeweiligen Maximalwerte U_{iF1} der Filterspannung U_{F1} der einzelnen Stufen i im ersten Schritt 1 ermittelt werden und die Funktion $U_{iF1} = f(\alpha_{i1})$ bestimmt wird mit $i = 1$ bis n , und bei dem in einem zweiten Schritt 2 die Zielspannung U_{ZF2} mit $U_{ZF2} < U_{1D}$ vorgegeben wird und die Filterspannung U_{F2} auf 70 bis 85 % der Zielspannung U_{ZF2} stufenweise durch eine Steuerung erhöht wird und die Filterspannung U_{F2} anschließend stufenweise durch eine Regelung weiter erhöht wird, wobei die jeweiligen Maximalwerte U_{iF2} der Filterspannung U_{F2} der einzelnen Stufen i im zweiten Schritt 2 ermittelt werden und die Funktion $U_{iF2} = f(\alpha_{i2})$ bestimmt wird, wobei die einer jeden Stufe i des zweiten Schrittes 2 zugeordneten Zündwinkel α_{i2} bei der Steuerung gemäß der Funktion $U_{iF1} = f(\alpha_{i1})$ vorgegeben werden und bei dem entweder die Filterspannung U_{F2} durch die Regelung im zweiten Schritt 2 soweit erhöht wird, bis gilt: $U_{F2} = U_{ZF2}$ mit $U_{ZF2} = U_{ZF}$ und $i = 1$ bis n , oder im Anschluß an den im zweiten Schritt 2 erfolgten zweiten Durchschlag $m - 2$ weitere entsprechende Schritte j durchgeführt werden, wobei die einer jeden Stufe i eines jeden weiteren entsprechenden Schrittes j zugeordneten Zündwinkel α_{ij} gemäß der Funktion $U_{iF(j-1)} = f(\alpha_{i(j-1)})$ vorgegeben werden und die Zielspannung U_{ZFj} mit $U_{ZFj} < U_{(j-1)D}$ vorgegeben wird mit $i = 1$ bis n , $j = 3$ bis m und $U_{ZFj} = U_{ZF}$. Als elektrostatische Abscheider können trocken und naß arbeitende Elektrofilter eingesetzt werden. Unter der Filterspannung U_{F1} ist die sich im ersten Schritt 1 einstellende Spannung im elektrostatischen Abscheider zu verstehen. Die Filterspannung U_{F2} ist in entsprechender Weise auf den zweiten Schritt 2 bezogen. Die Zielspannung U_{ZF} beträgt in der Regel 80 bis 99% der Durchschlagsspannung des unmittelbar vorangehenden Durchschlags. Unter dem Zündwinkel α_{ij} ist der Zeitpunkt der Zündung zwischen zwei Nulldurchgängen der sinusförmig verlaufenden Netzfrequenz zu verstehen. Bei dem Begriff 'Steuerung' handelt es sich um einen Vorgang in einem System, bei dem eine oder mehrere Größen als Eingangsgrößen andere Größen als Ausgangsgrößen aufgrund der dem System eigentümlichen Gesetzmäßigkeiten beeinflussen. Kennzeichnend für die Steuerung ist der offene Wirkungsablauf über das einzelne Übertragungsglied oder die Steuerkette. Bei der Regelung handelt es sich um einen Vorgang, bei dem eine Größe, die Regelgröße, fortlaufend erfaßt, mit einer anderen Größe, der Führungsgröße, verglichen und abhängig vom Ergebnis dieses Vergleichs im Sinne einer Angleichung an die Führungsgröße beeinflusst wird. Der sich dabei ergebende Wirkungsablauf findet in

einem geschlossenen Kreis, dem Regelkreis, statt. Die Begriffe 'Steuerung' und 'Regelung' werden in der deutschen Norm DIN 19226 vom Mai 1968 definiert.

Es hat sich in überraschender Weise gezeigt, daß mit dem erfindungsgemäßen Verfahren die Einstellung der Zielspannung U_{ZF} relativ schnell realisiert werden kann, wobei die Schwankungen im Abgas hinsichtlich Temperatur und Konzentration der Schadstoffe berücksichtigt werden.

Eine bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, daß zur Regelung ein PI-Regler eingesetzt wird. Durch den Einsatz eines PI-Reglers wird eine bleibende Regeldifferenz vermieden und die Ausregelzeit minimiert, so daß das Verfahren zur Einstellung der Zielspannung U_{ZF} nach einem Durchschlag in einem elektrostatischen Abscheider in besonders vorteilhafter Weise den Schwankungen im Abgas hinsichtlich Temperatur und Konzentration der Schadstoffe angepaßt werden kann.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird als PI-Regler ein adaptiver PI-Regler eingesetzt. Dies hat den Vorteil, daß die einzelnen Kenngrößen der PI-Regeleinrichtung ebenfalls den Schwankungen im Abgas hinsichtlich Temperatur und Konzentration der Schadstoffe angepaßt werden können.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird die Kenngröße K_{pj} der PI-Regeleinrichtung im Schritt j durch $K_{p,neu j}$ ersetzt, wobei gilt:

$$K_{p,neu j} = \frac{K_p(j-1)}{h(j-1) \cdot S(j-1)}$$

mit $h(j-1)$ = jeweiliges Vielfaches der halben Schwingungsdauer T der Netzfrequenz im Schritt (j-1);

$$S(j-1) = \frac{d U_{iF}(j-1)}{d \alpha_i(j-1)}$$

mit $U_{iF}(j-1) = f(\alpha_i(j-1))$ im Schritt (j-1);

i = 1 bis n;

j = 3 bis m.

Unter der PI-Regeleinrichtung ist die PI-Regeleinrichtung zu verstehen, die in der deutschen Norm DIN 19226 vom Mai 1968 auf Seite 22 definiert wird. Die Netzfrequenz beträgt in der Bundesrepublik Deutschland 50 Hz. Daraus ergibt sich eine Schwingungsdauer T der Netzfrequenz von 0,02 sec. Die Entionisierungszeit des Abgases nach einem Durchschlag beträgt in der Regel 0,01 bis 0,1 sec. Während dieser Zeit fällt die Spannung des elektrostatischen Abscheiders auf einem unter-

en Grenzwert, der Restspannung U_R , ab. Anschließend wird die Filterspannung wieder erhöht. Enthält das zu reinigende Abgas Staub mit einem hohen spezifischen Widerstand und wird ein trocken arbeitendes Elektrofilter eingesetzt, so kommt es beim Durchfließen des Sprühstroms durch die an den Niederschlagselektroden abgeschiedene Staubschicht zu elektrischen Entladungen, bei denen positive und negative Ionen entstehen. Während die negativen Ionen von der Niederschlagselektrode absorbiert werden, wandern die positiven Ionen in den Gasstrom zurück und vermindern dort die negative Ladung der Staubpartikel. Dieser Vorgang, den man auch als "Rücksprühen" bezeichnet, hat eine Verschlechterung des Abscheidegrades des elektrostatischen Abscheiders zur Folge, da es zu zusätzlichen Durchschlägen kommt, die nicht auf die schwankenden Parameter des Abgases von Temperatur oder Konzentration der Schadstoffe und der damit verbundenen Schwankung der Durchschlagsspannungskurve, die den funktionellen Zusammenhang zwischen der Durchschlagsspannung und der Zeit beschreibt, zurückzuführen sind. Um diese zusätzlichen Durchschläge zu vermeiden, wird die Entionisierungszeit um ein Vielfaches der halben Schwingungsdauer T der Netzfrequenz erhöht.

Haben die Differenzen zweier Zündwinkel den gleichen Betrag, so bedeutet das nicht, daß die jeweilig resultierenden Änderungen der Filterspannung ebenfalls gleich sind, da die Filterspannung in keiner linearen Abhängigkeit zu den Zündwinkeln steht.

Bei der Größe $S(j-1)$ handelt es sich um die erste Ableitung der Maximalwerte $U_{iF}(j-1)$ der Filterspannung als Funktion der Zündwinkel im Schritt (j-1). Wird die Kenngröße K_{pj} der PI-Regeleinrichtung im Schritt j durch $K_{p,neu j}$ ersetzt, so werden einerseits dieser funktionelle Zusammenhang und andererseits die zusätzlichen Durchschläge durch den Vorgang des Rücksprühens berücksichtigt, so daß die Ausregelzeit der Regelung ebenfalls den Schwankungen im Abgas angepaßt werden kann.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung (Fig. 1, a bis d, bis Fig. 5) näher erläutert.

Fig. 1 a bis d zeigt jeweils die funktionelle Abhängigkeit der Primärspannung U_p , des Primärstroms I_p , des Filterstroms I_F und der Filterspannung U_F als Funktion der Zeit t.

Fig. 2 zeigt die Durchschlagsspannung U_{Dj} als Funktion der Zeit t.

Fig. 3 zeigt die sich im Betrieb einstellende Filterspannung U_F als Funktion der Zeit t.

Fig. 4 und 5 zeigen die Maximalwerte U_{iF} der Filterspannung eines beliebigen Schrittes j als Funktion des Zündwinkels α_i .

In Fig. 1a bis d ist jeweils der funktionelle Zusammenhang der Primärspannung U_P , des Primärstroms I_P , des Filterstroms I_F sowie der Filterspannung U_F und der Zeit t schematisch dargestellt. Unter der Primärspannung U_P ist dabei die Spannung zu verstehen, die vom Stromnetz geliefert wird.

Unter dem Primärstrom I_P ist der Strom zu verstehen, der dem Stromnetz aufgrund der Primärspannung U_P entnommen werden kann. Unter dem Filterstrom I_F ist der sich im als elektrostatischen Abscheider verwendeten Elektrofilter einstellende Strom zu verstehen. Unter der Filterspannung U_F ist die sich im als elektrostatischen Abscheider verwendeten Elektrofilter einstellende Spannung zu verstehen. Fig. 1 ist auf den ersten Schritt 1 des Verfahrens zur Einstellung der Zielspannung U_{ZF} bezogen, wobei auf die Bezeichnung 1, die für den ersten Schritt 1 steht, aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet worden ist. Wird, wie in Fig. 1 a dargestellt, beim Zündwinkel α_1 gezündet, so steigt der Primärstrom I_P zunächst an und fällt nach der halben Schwingungsdauer T wieder auf 0 ab. Erst wenn beim Zündwinkel α_2 erneut gezündet wird, erhöht sich auch der Betrag des Primärstroms I_P bis zum nächsten Nulldurchgang, an welchem der Primärstrom I_P erneut den Betrag 0 A annimmt, wie es in Fig. 1 b dargestellt ist. Wie aus Fig. 1 c hervorgeht, wird der Filterstrom I_F ebenfalls ab dem Zündwinkel α_1 erhöht und fällt beim ersten Nulldurchgang der Primärspannung U_P auf 0 A ab. Der Filterstrom I_F wird über einen Gleichrichter eingestellt, was dadurch deutlich wird, daß der Filterstrom I_F hinter dem Zündwinkel α_2 erneut erhöht wird, wobei der Graph der dargestellten Funktion oberhalb der Abszisse verläuft. In der Regel wird dabei der Filterstrom I_F stufenweise erhöht. Wie in Fig. 1 d dargestellt ist, steigt die sich im Betrieb einstellende Filterspannung U_F mit Erreichen des Zündwinkels α_1 von 0 auf den ersten Maximalwert U_{F1} an, der mit der halben Schwingungsdauer T der Netzfrequenz erreicht wird. Anschließend fällt die Spannung ab, bis der Zündwinkel α_2 erreicht ist. Die Filterspannung U_F wird dann erneut erhöht bis nach Ablauf der gesamten Schwingungsdauer T der zweite Maximalwert U_{F2} erreicht ist. Auch die Filterspannung U_F steigt stufenweise entsprechend dem Filterstrom I_F an.

In Fig. 2 ist die Durchschlagsspannung U_D als Funktion der Zeit t mit der schraffierten Fläche (2) unter der Durchschlagsspannungskurve (1) dargestellt. Die Durchschlagsspannungskurve (1) verläuft entsprechend den Schwankungen des Abgases hinsichtlich Temperatur oder Konzentration der Schadstoffe.

In Fig. 3 ist die Filterspannung U_F als Funktion der Zeit t mit der Spannungskurve (3) für den

Übergang des ersten Schrittes 1 zum zweiten Schritt 2 des Verfahrens zur Einstellung der Zielspannung U_{ZF} mit der schraffierten Fläche (4) unter der Spannungskurve (3) schematisch dargestellt, wobei auf die Angaben 1 für den ersten Schritt 1 und 2 für den zweiten Schritt 2 aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet wurde. In Fig. 3 ist ferner die Durchschlagsspannungskurve (1) punktiert dargestellt. Erreicht die Filterspannung U_F den Wert der Durchschlagsspannung U_{D1} , so sinkt die Filterspannung U_F schlagartig auf eine Restspannung U_R ab. Nach Entionisierung des Abgases wird die Spannung gemäß der Spannungskurve (3) und der Vorgabe der Zündwinkel α_1 bis α_4 stufenweise erhöht. Fig. 3 verdeutlicht den Fall, daß das Verfahren zur Einstellung der Zielspannung U_{ZF} mit einem ersten Schritt 1 und einem zweiten Schritt 2 durchgeführt werden kann und weitere Schritte nicht erforderlich sind. Mit Abschluß des zweiten Schrittes 2 wird bereits die Zielspannung U_{ZF} , die kleiner ist als die Durchschlagsspannung U_{D1} , erreicht.

In Fig. 4 ist der funktionelle Zusammenhang der maximalen Werte U_{Fi} und dem Zündwinkel α_i für einen beliebigen Schritt j des Verfahrens zur Einstellung der Zielspannung U_{ZF} schematisch dargestellt. Wie aus Fig. 4 ersichtlich ist, haben die Differenzen zweier Zündwinkel $\Delta\alpha_i(I)$ und $\Delta\alpha_i(II)$, die vom Betrag her gleich sind, jeweils Spannungsanstiege $\Delta U_{Fi}(I)$ und $\Delta U_{Fi}(II)$ zur Folge, die vom Betrag her unterschiedlich sind. Im Bereich der Differenz zweier Zündwinkel $\Delta\alpha_i(I)$, innerhalb dessen die Steigung der dargestellten Kurve relativ groß ist, muß somit die Anpassung an die Zielspannung U_{ZF} langsamer erfolgen als dies im Bereich der Differenz zweier Zündwinkel $\Delta\alpha_i(II)$ erforderlich ist, innerhalb dessen die Steigung der dargestellten Kurve niedriger ist. Im Schritt j kann dies dadurch erzielt werden, daß die Kenngröße K_P der PI-Regel-einrichtung im Schritt j durch $K_{P,neu}$ ersetzt wird, welche die Änderung der Steigung mit der Größe $S(j-1)$ berücksichtigt.

Das Verfahren zur Einstellung der Zielspannung U_{ZF} nach einem Durchschlag in einem elektrostatischen Abscheider läuft im einzelnen folgendermaßen ab:

In einem ersten Schritt 1 wird die Filterspannung U_{F1} durch Vorgabe mehrerer Zündwinkel α_{i1} stufenweise erhöht, wie es in Fig. 1 d dargestellt ist. Die Differenz zwischen zwei gewählten Zündwinkeln kann dabei beispielsweise 10° betragen. Die jeweiligen Maximalwerte U_{F1} , U_{F2} usw., in Fig. 1 d mit U_{F1} und U_{F2} bezeichnet, werden gespeichert. Anschließend wird die Funktion $U_{Fi1} = f(\alpha_{i1})$ für den ersten Schritt 1 bestimmt. Dabei ist es vorteilhaft, die Maximalwerte U_{Fi1} entweder durch Geraden miteinander zu verbinden oder eine berechnete Funktion in Form einer Ausgleichskurve anzuge-

ben, wie dies in den Fig. 4 und 5 dargestellt ist. Man erhält eine funktionelle Abhängigkeit, die in den Fig. 4 und 5 dargestellt ist. Die Filterspannung U_F wird im ersten Schritt 1 bis zur ersten Durchschlagsspannung U_{1D} erhöht, wie es in Fig. 3 dargestellt ist. Bei diesem ersten Durchschlag sinkt die Filterspannung U_F schlagartig auf eine Restspannung U_R ab. Da der Betrag der Durchschlagsspannung U_{1D} bekannt ist, kann die Zielspannung U_{ZF2} für den zweiten Schritt 2, die in Fig. 3 mit U_{ZF} gekennzeichnet ist, vorgegeben werden. In Fig. 5 ist der funktionelle Zusammenhang zwischen den Maximalwerten U_{iF} und dem Zündwinkel α_i für den ersten Schritt 1 dargestellt, wobei auf die 1, die den ersten Schritt kennzeichnet, aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet worden ist. Mit Hilfe dieses Graphen, der der Funktion entspricht, werden die Zündwinkel α_{i2} für den zweiten Schritt 2 vorgegeben. Dies geschieht auf folgende Weise:

Die Zielspannung U_{ZF2} entspricht einem Maximalwert y , der dem Graph der Funktion $U_{iF1} = f(\alpha_{i1})$ entnommen werden kann. Die Spannung x , die ebenfalls dem Graph dieser Funktion entnommen werden kann, entspricht 70 bis 85% der Zielspannung U_{ZF2} . Der Spannung x kann ein Zündwinkel α_x zugeordnet werden. Die Filterspannung U_{F2} wird im zweiten Schritt durch eine Steuerung erhöht, bis die Spannung x erreicht ist, wobei die Anzahl der erforderlichen Zündwinkel α_{i2} , die mit der Anzahl der einzelnen Stufen des zweiten Schrittes 2 identisch ist, erfahrungsgemäß vorgegeben wird und die Beträge der einzelnen Zündwinkel α_{i2} im Bereich zwischen α_R und α_x gewählt werden, wobei α_R derjenige Zündwinkel ist, der der Restspannung U_R zugeordnet werden kann. Der Bereich zwischen den Spannungen U_R und x wird dabei gemäß der gewählten Anzahl der erforderlichen Zündwinkel α_{i2} aufgeteilt und die zugehörigen Zündwinkel α_{i2} dem Graph entnommen. Die Differenz der gewählten Zündwinkel α_{i2} beträgt in der Regel mehr als 10° , so daß die schraffierte Fläche (4) unter der Spannungskurve (3) im zweiten Schritt 2 gemäß den Fig. 2 und 3 größer ist als im ersten Schritt 1 und somit der schraffierten Fläche (2) unter der Durchschlagsspannungskurve (1) gemäß Fig. 2 angenähert werden kann, was eine Verbesserung des Abscheidegrades des Elektrofilters zur Folge hat. Ist die Spannung x erreicht, wird die Filterspannung U_{F2} im zweiten Schritt 2 durch eine Regelung weiter erhöht.

Das Verfahren zur Einstellung der Zielspannung U_{ZF} ist in diesem Fall nach zwei Schritten abgeschlossen, so daß die Zielspannung U_{ZF2} der Zielspannung U_{ZF} entspricht. Es kann jedoch vorkommen, daß die Durchschlagsspannungskurve (1), die in Fig. 2 dargestellt ist, während des zweiten Schrittes 2 abfällt, so daß der Betrag der Durchschlagsspannung U_{2D} des zweiten Schrittes

2 kleiner ist als die Spannung y , die der Zielspannung U_{ZF2} entspricht. Dann ist es nicht möglich, die Zielspannung U_{ZF2} im zweiten Schritt 2 zu realisieren, da es schon vorzeitig zu einem erneuten Durchschlag kommt. In diesem Fall muß mindestens ein weiterer Schritt realisiert werden. Auch während des zweiten Schrittes 2 werden die jeweiligen Maximalwerte U_{iF2} der Filterspannung U_{F2} der einzelnen Stufen i gespeichert und die Funktion $U_{iF2} = f(\alpha_{i2})$ bestimmt, so daß sich auch für den zweiten Schritt 2 ein ähnlicher Graph erstellen läßt, wie er in Fig. 5 für den ersten Schritt 1 dargestellt ist. Sollte es im zweiten Schritt 2 zu einem Durchschlag kommen, bevor die Spannung y eingestellt werden kann, so sinkt die Spannung erneut schlagartig auf die Restspannung U_R ab. Mit dem Graph der Funktion $U_{iF2} = f(\alpha_{i2})$, der für den zweiten Schritt 2 erstellt wurde, lassen sich erneut die erforderlichen Zündwinkel für den dritten Schritt 3 bestimmen, wobei die Spannung y der Zielspannung U_{ZF3} des dritten Schrittes entspricht und 80 bis 99% der Durchschlagsspannung U_{2D} beträgt. Sollte die Durchschlagsspannungskurve (1) im dritten Schritt 3 weiter sinken, so muß ein entsprechender vierter Schritt 4 durchgeführt werden. Bei dem Verfahren zur Einstellung U_{ZF} wird die Anzahl der Schritte weiter erhöht, bis die Zielspannung U_{ZF} realisiert werden kann, die dann der Zielspannung U_{ZF} entspricht. Innerhalb der Schritte 2 bis m werden die Zündwinkel im Bereich zwischen α_R und α_x in der Regel in größeren Abständen gewählt als dies beim ersten Schritt 1 der Fall ist, um die Fläche (4) unter der Spannungskurve (3), die in Fig. 3 dargestellt ist, zu maximieren und die Schwankungen im Abgas weitgehend vollständig zu berücksichtigen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Einstellung der Spannung eines elektrostatischen Abscheiders in mehreren Schritten, dadurch gekennzeichnet, daß zur Einstellung der Zielspannung U_{ZF} nach einem Durchschlag in einem elektrostatischen Abscheider in einem ersten Schritt 1 die Filterspannung U_{F1} durch Vorgabe mehrerer Zündwinkel α_{i1} bis zur ersten Durchschlagsspannung U_{1D} stufenweise erhöht wird und die jeweiligen Maximalwerte U_{iF1} der Filterspannung U_{F1} der einzelnen Stufen i im ersten Schritt 1 ermittelt werden und die Funktion $U_{iF1} = f(\alpha_{i1})$ bestimmt wird mit $i = 1$ bis n , und bei dem in einem zweiten Schritt 2 die Zielspannung U_{ZF2} mit $U_{ZF2} < U_{1D}$ vorgegeben wird und die Filterspannung U_{F2} auf 70 bis 85 % der Zielspannung U_{ZF2} stufenweise durch eine Steuerung erhöht wird und die Filterspannung U_{F2} anschließend stufenweise

durch eine Regelung weiter erhöht wird, wobei die jeweiligen Maximalwerte U_{iF2} der Filterspannung U_{F2} der einzelnen Stufen i im zweiten Schritt 2 ermittelt werden und die Funktion $U_{iF2} = f(\alpha_{i2})$ bestimmt wird, wobei die einer jeden Stufe i des zweiten Schrittes 2 zugeordneten Zündwinkel α_{i2} bei der Steuerung gemäß der Funktion $U_{iF1} = f(\alpha_{i1})$ vorgegeben werden und bei dem entweder die Filterspannung U_{F2} durch die Regelung im zweiten Schritt 2 soweit erhöht wird, bis gilt: $U_{F2} = U_{ZF2}$ mit $U_{ZF2} = U_{ZF}$ und $i = 1$ bis n , oder im Anschluß an den im zweiten Schritt 2 erfolgten zweiten Durchschlag $m - 2$ weitere entsprechende Schritte j durchgeführt werden, wobei die einer jeden Stufe i eines jeden weiteren entsprechenden Schrittes j zugeordneten Zündwinkel α_{ij} gemäß der Funktion $U_{iF(j-1)} = f(\alpha_{i(j-1)})$ vorgegeben werden und die Zielspannung U_{ZFj} mit $U_{ZFj} < U_{(j-1)D}$ vorgegeben wird mit $i = 1$ bis n , $j = 3$ bis m und $U_{ZFj} = U_{ZF}$.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem zur Regelung ein PI-Regler eingesetzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem als PI-Regler ein adaptiver PI-Regler eingesetzt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem die Kenngröße K_{pj} der PI-Regeleinrichtung im Schritt j durch $K_{P,neu j}$ ersetzt wird, wobei gilt:

$$K_{P,neu j} = \frac{K_{P(j-1)}}{h(j-1) \cdot S(j-1)}$$

mit $h(j-1)$ = jeweiliges Vielfaches der halben Schwingungsdauer T der Netzfrequenz im Schritt $(j-1)$;

$$S(j-1) = \frac{d U_{iF(j-1)}}{d \alpha_{i(j-1)}}$$

mit $U_{iF(j-1)} = f(\alpha_{i(j-1)})$ im Schritt $(j-1)$;
 $i = 1$ bis n ;
 $j = 3$ bis m .

Claims

1. A method for setting the voltage of an electrostatic precipitator in a plurality of steps, characterised in that in order to set the target voltage U_{ZF} after a discharge in an electrostatic precipitator in a first step 1 the precipitator voltage U_{F1} is increased in steps by preset-

ting a plurality of firing angles α_{i1} until the first discharge voltage U_{1D} and the respective maximum values U_{iF1} of the precipitator voltage U_{F1} of the individual stages i in the first step 1 are determined and the function $U_{iF1} = f(\alpha_{i1})$ is determined with $i = 1$ to n , and in which in a second step 2 the target voltage U_{ZF2} is preset with $U_{ZF2} < U_{1D}$ and the precipitator voltage U_{F2} is increased in steps to 70 to 85% of the target voltage U_{ZF2} by a control means and the precipitator voltage U_{F2} is then increased further in steps by an automatic control means, the respective maximum values U_{iF2} of the precipitator voltage U_{F2} of the individual stages i in the second step 2 being determined and the function $U_{iF2} = f(\alpha_{i2})$ being determined, with the firing angles α_{i2} associated with each stage i of the second step 2 being preset upon the control in accordance with the function $U_{iF1} = f(\alpha_{i1})$ and in which either the precipitator voltage U_{F2} is increased by the automatic control means in the second step 2 until: $U_{F2} = U_{ZF2}$, with $U_{ZF2} = U_{ZF}$ and $i = 1$ to n , or following the second discharge which has been effected in the second step 2 $m - 2$ further corresponding steps j are effected, with the firing angles α_{ij} associated with each stage i of each further corresponding step j being preset in accordance with the function $U_{iF(j-1)} = f(\alpha_{i(j-1)})$ and the target voltage U_{ZFj} being preset with $U_{ZFj} < U_{(j-1)D}$, with $i = 1$ to n , $j = 3$ to m and $U_{ZFj} = U_{ZF}$.

2. A method according to claim 1, wherein a PI controller is used for the control means.
3. A method according to Claim 2, wherein an adaptive PI controller is used as the PI controller.
4. A method according to Claim 3, wherein the characteristic K_{pj} of the PI control means in the step j is replaced by $K_{P,neu j}$, wherein:

$$K_{P,neu j} = \frac{K_{P(j-1)}}{h(j-1) \cdot S(j-1)}$$

with $h(j-1)$ = respective multiple of half the oscillation period T of the mains frequency in the step $(j-1)$;

$$S(j-1) = \frac{d U_{iF(j-1)}}{d \alpha_{i(j-1)}}$$

with $U_{iF}(j-1) = f(\alpha_i(j-1))$ in the step (j-1);
 $i = 1$ to n ;
 $j = 3$ to m .

$$K_{P \text{ nouveau } j} = \frac{K_{P(j-1)}}{h(j-1) \cdot S(j-1)}$$

Revendications

1. Procédé de réglage de la tension d'un séparateur électrostatique en plusieurs stades, caractérisé en ce qu'il consiste pour régler la tension U_{ZF} à atteindre après un claquage à augmenter pas à pas dans un premier stade 1 la tension U_{F1} du filtre en prescrivant plusieurs angles d'amorçage α_{i1} jusqu'à la première tension U_{1D} de claquage et à déterminer les valeurs maximum U_{iF1} de la tension U_{F1} du filtre des divers pas i du premier stade et à déterminer la fonction $U_{iF1} = f(\alpha_i;1)$ avec $i = 1$ à n , et à prescrire dans un deuxième stade 2 la tension U_{ZF2} à atteindre, avec $U_{ZF2} < U_{1D}$ et à augmenter la tension U_{F2} du filtre jusqu'à ce qu'elle représente de 70 à 85% de la tension U_{ZF2} à atteindre pas à pas par une commande et à augmenter encore ensuite pas à pas par une régulation la tension U_{F2} du filtre, les valeurs maximum U_{iF2} de la tension U_{F2} du filtre des pas i du deuxième stade 2 étant déterminé et la fonction $U_{iF2} = f(\alpha_i;2)$ étant déterminée, l'angle d'amorçage α_{i2} associé à l'un de chaque pas i du deuxième stade 2 étant prescrit lors de la commande par la fonction $U_{iF1} = f(\alpha_i;1)$ et à augmenter soit la tension U_{F2} du filtre par la régulation dans le deuxième stade 2 jusqu'à ce qu'on ait $U_{F2} = U_{ZF2}$ avec $U_{ZF2} = U_{ZF}$ et $i = 1$ à n , soit à effectuer, à la suite du deuxième claquage ayant eu lieu au deuxième stade 2, $m - 2$ autres stades j correspondants, l'angle d'amorçage α_{ij} associé à chacun des pas i d'un autre stade j correspondant étant prescrit suivant la fonction $U_{iF}(j-1) = f(\alpha_i(j-1))$ et la tension U_{ZFj} à atteindre avec $U_{ZFj} < U_{(j-1)D}$ étant prescrite avec $i = 1$ à n , $j = 3$ à m et $U_{ZFj} = U_{ZF}$.

5
10
15
20
25
30
35
40
2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à utiliser un régleur proportionnel intégral pour la régulation.

45
3. Procédé suivant la revendication 2, caractérisé en ce qu'il consiste à utiliser comme régulateur proportionnel intégral, un régulateur proportionnel intégral adaptatif.

50
4. Procédé suivant la revendication 3, dans lequel les grandeurs caractéristiques K_{Pj} du dispositif de régulation proportionnel intégral sont remplacées au stade j par $K_{P \text{ nouveau } j}$ avec :

55

avec $h(j-1)$ = nombre de fois de la demi durée T d'oscillation de la fréquence du réseau au stade (j-1) ;

$$S(j-1) = \frac{d U_{iF}(j-1)}{d \alpha_i(j-1)}$$

avec $U_{iF}(j-1) = f(\alpha_i(j-1))$ au stade (j-1) ;
 $i = 1$ à n
 $j = 3$ à m

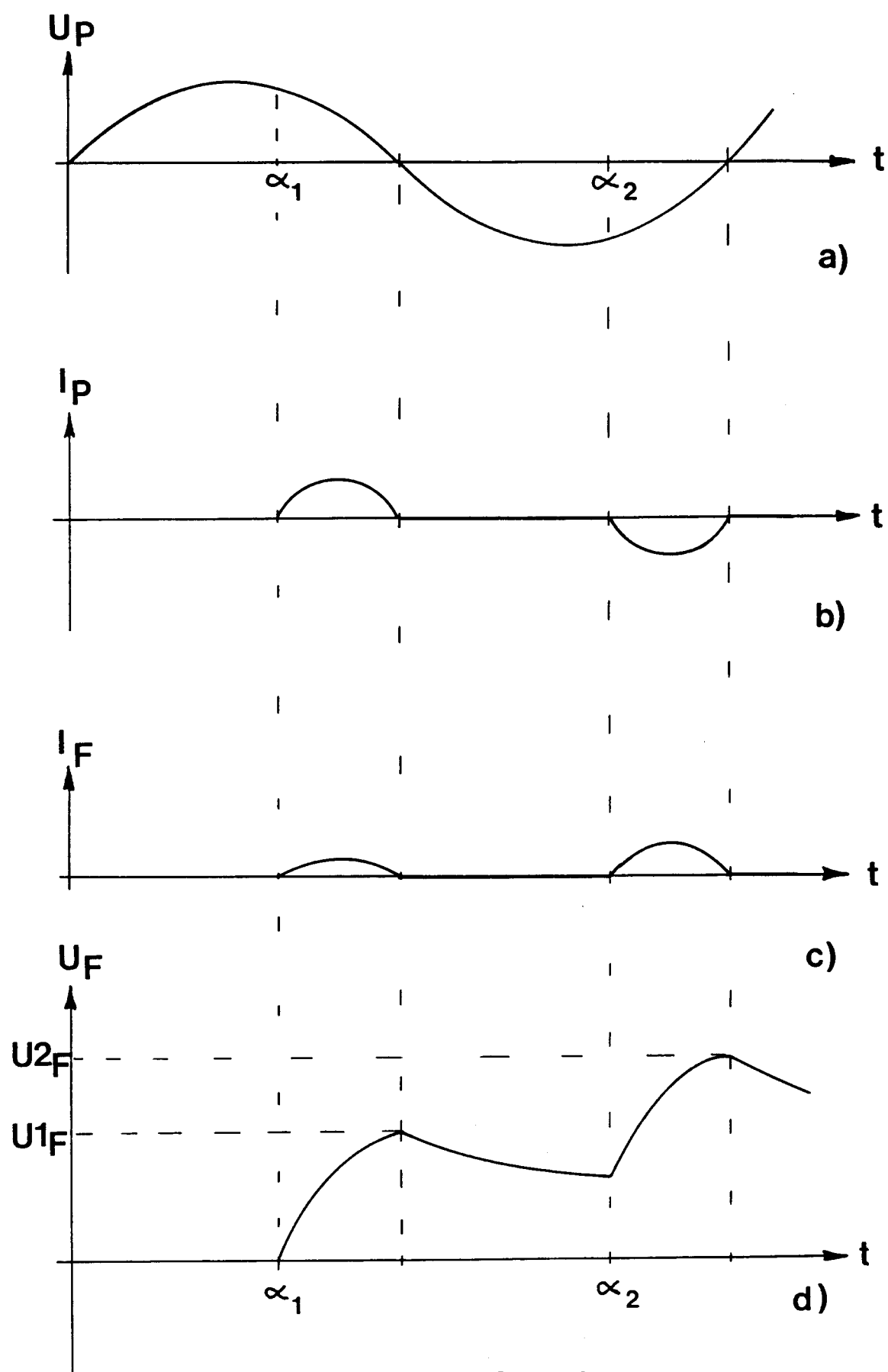


Fig. 1

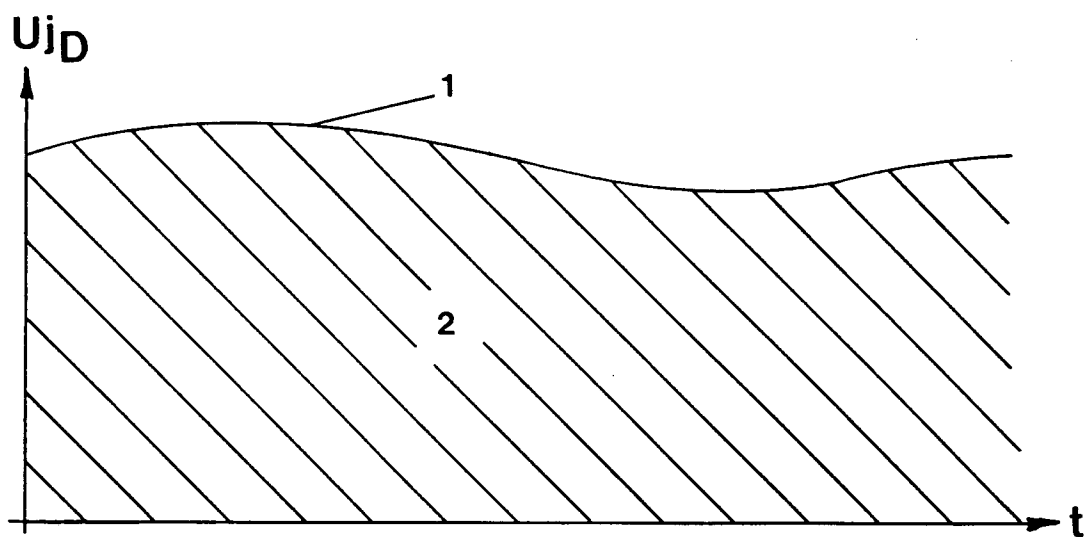


Fig. 2

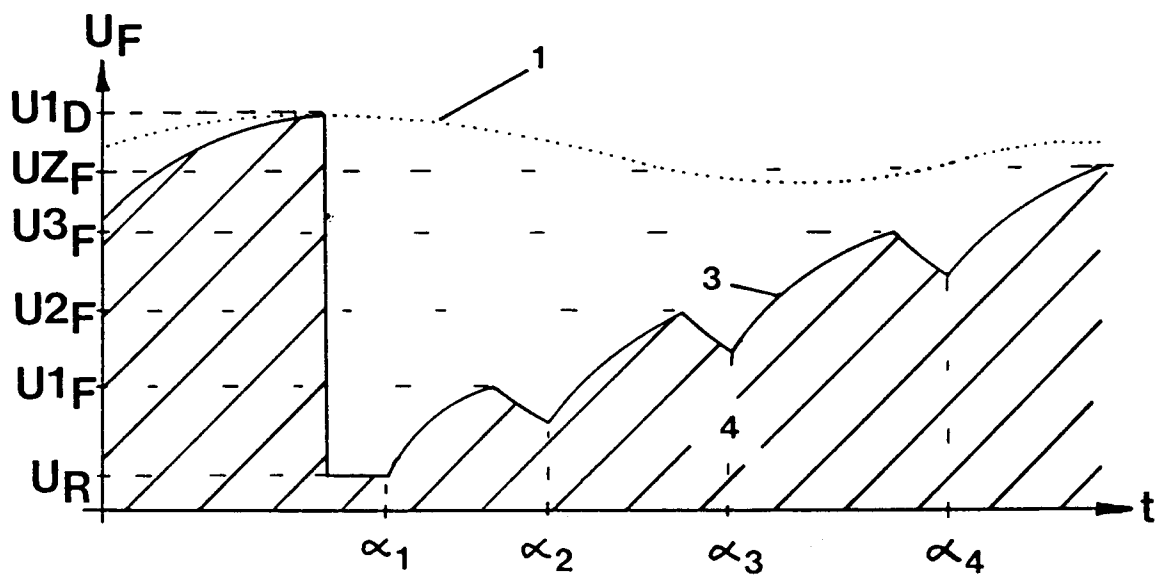


Fig.3

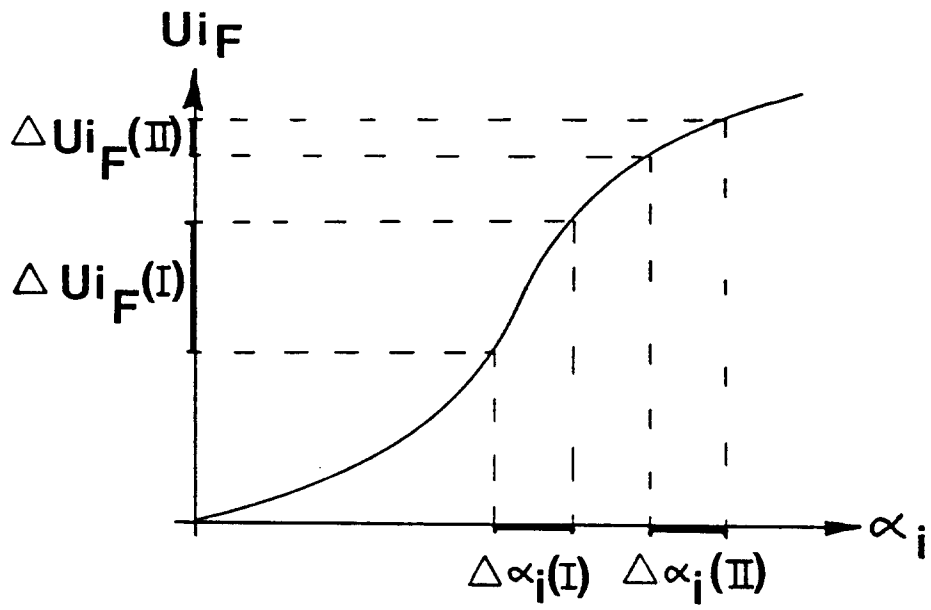


Fig. 4

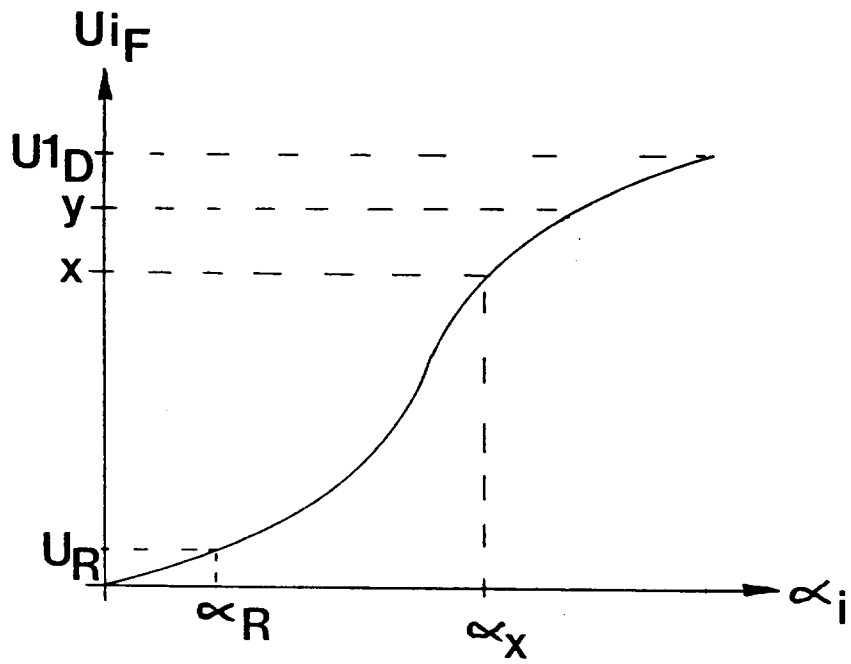


Fig. 5