



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 576 069 B1**

12

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Veröffentlichungstag der Patentschrift: **21.06.95**

Int. Cl.⁸: **B03C 3/68**

Anmeldenummer: **93201715.5**

Anmeldetag: **15.06.93**

Verfahren zum Führen der Spannung UF eines elektrostatischen Abscheiders an der Durchschlagsgrenze.

Priorität: **24.06.92 DE 4220658**

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.12.93 Patentblatt 93/52

Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
21.06.95 Patentblatt 95/25

Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE FR GB LI SE

Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 030 657

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

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

EP 0 576 069 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 zum Führen der Spannung U_F eines elektrostatischen Abscheiders an der Durchschlagsgrenze.

- 5 Verfahren zur Optimierung der Abscheidung von Schadstoffen in elektrostatischen Abscheidern sind bekannt. In der deutschen Patentanmeldung P 4111673.9 wird ein Verfahren zur Bestimmung der optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit Ds_n in einem elektrostatischen Abscheider beschrieben. Bei diesem Verfahren wird in n aufeinanderfolgenden Schritten jeweils eine bestimmte Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit Ds_i vorgegeben und die sich einstellende Spannung U_i ermittelt, wobei die einzelnen
 10 Werte der Durchschlagsspannung U_{iD} als Funktion der Zeit t bestimmt werden. Für $i = 1$ bis n werden die Werte

$$15 \quad F_{akt_i} = \int_{t_{i-1}}^{t_i} U_i(t) \cdot dt \quad , \quad F_{max_i} = \int_{t_{i-1}}^{t_i} U_{iD}(t) \cdot dt$$

20 und

$$Vh_i = \frac{F_{akt_i}}{F_{max_i}}$$

25

ermittelt, und die Werte Vh_i jeweils zweier aufeinanderfolgender Schritte werden miteinander verglichen, wobei dieser Vergleich zur Wahl der Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit in den darauffolgenden Schritten herangezogen wird.

- 30 In der deutschen Patentanmeldung P 4142501.4 wird ein Verfahren zur Einstellung der Zielspannung U_{ZF} nach einem Durchschlag in einem elektrostatischen Abscheider beschrieben, bei dem die Filterspannung U_F durch Vorgabe mehrerer Zündwinkel α_j bis zur jeweiligen Durchschlagsspannung U_{jD} stufenweise erhöht wird. Die jeweiligen Maximalwerte U_{iFj} der Filterspannung U_{Fj} der einzelnen Stufen i werden in den einzelnen Stufen i ermittelt und die jeweilige Funktion $U_{iFj} = f(\alpha_{ij})$ bestimmt, die zur Bestimmung weiterer
 35 Zündwinkel α_{ij} eingesetzt wird. Nach den einzelnen Durchschlägen wird die Filterspannung U_{Fj} auf 70 bis 85% der Zielspannung U_{ZFj} stufenweise durch eine Steuerung erhöht. Anschließend wird die Filterspannung U_{Fj} durch eine Regelung weiter erhöht, bis gilt: $U_{Fj} = U_{ZF}$.

- In der EP-PS 0030657 wird ein Verfahren zum selbsttätigen Führen der Spannung eines Elektrofilters an der Durchschlagsgrenze durch zeitabhängige Steigerung der Filterspannung bis zum Durchschlag und
 40 anschließende durchschlagsabhängige Absenkung beschrieben. Bei diesem Verfahren ist es vorgesehen, die Durchschlagsgrenze laufend zeitabhängig abzutasten, wobei möglichst nahe an der Durchschlagsgrenze gefahren wird und gleichzeitig die Zahl der zum Fahren an dieser Grenze erforderlichen Durchschläge in vorbestimmten Grenzen gehalten wird.

- Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Führen der Spannung U_F eines elektrostatischen Abscheiders an der Durchschlagsgrenze zu schaffen, bei dem die Durchschlagsgrenze unter Berücksichtigung des Verlaufs der Durchschlagsspannungskurve prozeßabhängig abgetastet wird.

- Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Führen der Spannung U_F eines elektrostatischen Abscheiders an der Durchschlagsgrenze gelöst, bei dem die Zielspannung U_{ZF} nach einem Durchschlag eingestellt wird und eine anschließende Betriebszeit t_B aus der optimalen Anzahl
 50 von Durchschlägen pro Zeiteinheit Ds_n ermittelt wird, wobei mit der optimalen Anzahl der Durchschläge D gilt:

$$55 \quad Ds_n = \frac{D}{t_B}$$

und bei dem die anschließende Betriebszeit t_B in n Zeitintervalle Δt_i ausgeteilt wird, wobei mit der Anzahl von realisierten Durchschlägen D_i^* im jeweiligen Zeitintervall Δt_i und $i = 1$ bis n gilt:

$$\Delta t_1 = \frac{t_B}{D} = \frac{1}{Ds_n} \quad ,$$

$$\left[(\Delta t_{i+1} = \Delta t_i) \iff (D_i^* = 1 \vee D_i^* = 0) \right]$$

$$\vee \left[\left(\Delta t_{i+1} = \frac{t_B - \sum_{j=1}^i \Delta t_j}{D - \sum_{j=1}^i D_j^*} \right) \iff (D_i^* > 1) \right]$$

und bei dem die Spannung U_F unmittelbar nach Ablauf der Zeit T_i des jeweiligen Zeitintervalls Δt_i bis zur Durchschlagsgrenze erhöht wird, wenn gilt: $D_i^* = 0$, wobei das Verfahren vor Ablauf der sich anschließenden Betriebszeit t_B abgebrochen und ausgehend von einer erneut ermittelten Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit Ds_n erneut in entsprechender Weise gestartet wird, sofern und sobald die optimale Anzahl der Durchschläge D vor Beginn des Zeitintervalls Δt_n realisiert wurde oder vor Ablauf des Zeitintervalls Δt_n durch realisierte Durchschläge überschritten wurde.

Als elektrostatische Abscheider können trocken und naß arbeitende Elektrofilter eingesetzt werden. Nach einem Durchschlag fällt die Spannung des elektrostatischen Abscheiders auf einen unteren Grenzwert, der Restspannung U_R , ab. Unter der Zielspannung UZ_F ist diejenige Spannung zu verstehen, die anschließend, ausgehend von der Restspannung U_R im elektrostatischen Abscheider eingestellt wird. Die Zielspannung UZ_F beträgt in der Regel 80 bis 99% der Durchschlagsspannung des unmittelbar vorangehenden Durchschlags. Die Zielspannung UZ_F kann vom Fachmann aufgrund seiner Erfahrung festgelegt, oder nach dem Verfahren zur Einstellung der Zielspannung UZ_F ermittelt werden, das in der deutschen Patentanmeldung P 4142501.4 beschrieben wird. Unter der optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit Ds_n ist diejenige Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit zu verstehen, bei deren Vorgabe der Wirkungsgrad des elektrostatischen Abscheiders am größten ist. Die optimale Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit Ds_n wird beispielsweise mit dem Verfahren zur Bestimmung der optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit Ds_n ermittelt, das in der deutschen Patentanmeldung P 4111673.9 beschrieben wird. Unter dem Zeitintervall Δt_n ist dasjenige Zeitintervall zu verstehen, mit dessen Ablauf die sich anschließende Betriebszeit t_B endet.

Es hat sich in überraschender Weise gezeigt, daß mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ein prozeßabhängiges Abtasten der Durchschlagsgrenze erfolgen kann, so daß Schwankungen im Abgas hinsichtlich Temperatur und Konzentration der Schadstoffe berücksichtigt werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung (Fig. 1 bis 6) näher erläutert.

Fig. 1 zeigt die Durchschlagsspannung und die Spannung U_F des elektrostatischen Abscheiders als Funktionen der Zeit t .

Fig. 2 zeigt eine fallende Durchschlagsspannung und die Spannung U_F des elektrostatischen Abscheiders als Funktion der Zeit t .

Fig. 3 zeigt eine vereinfachte Darstellung von Fig. 1.

Fig. 4 zeigt den Verlauf der Durchschlagsspannungskurve und die Spannung U_F des elektrostatischen Abscheiders als Funktion der Zeit t gemäß Beispiel 1.

Fig. 5 zeigt den Verlauf der Durchschlagsspannungskurve und die Spannung U_F des elektrostatischen Abscheiders als Funktion der Zeit t gemäß Beispiel 2.

Fig. 6 zeigt den Verlauf der Durchschlagsspannungskurve und die Spannung U_F des elektrostatischen Abscheiders als Funktion der Zeit t gemäß Beispiel 3.

In Fig. 1 ist die Durchschlagsspannung als Funktion der Zeit t in Form der Durchschlagsspannungskurve (1) und die Spannung U_F (2) des elektrostatischen Abscheiders als Funktionen der Zeit t dargestellt. Ausgehend von einer eingestellten Zielspannung U_{ZF} nach einem Durchschlag in einem elektrostatischen Abscheider wird eine anschließende Betriebszeit t_B aus einer vorher bestimmten optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit Ds_n ermittelt, wobei die anschließende Betriebszeit t_B in n Zeitintervalle Δt_i aufgeteilt wird. Dabei wird angestrebt, daß sich in jedem Zeitintervall Δt_i ein Durchschlag einstellt. Die Zielspannung U_{ZF} wird so lange aufrechterhalten, bis es zu einem ersten Durchschlag D_1 kommt, wie es in Fig. 1 dargestellt ist. Danach sinkt die Spannung U_F schlagartig auf eine Restspannung U_R ab. Nach einer Entionisierungszeit des Abgases wird die Spannung U_F (2) des elektrostatischen Abscheiders auf eine erneut ermittelte Zielspannung Z_1 erhöht und auf der Zielspannung Z_1 gehalten, bis sich ein zweiter Durchschlag D_2 einstellt. Nach erneutem Abfallen der Spannung U_F (2) des elektrostatischen Abscheiders auf die Restspannung U_R wird danach die Spannung U_F (2) des elektrostatischen Abscheiders auf eine erneut ermittelte Zielspannung Z_2 angehoben. Wie aus der Fig. 1 hervorgeht, haben sich in den ersten beiden Zeitintervallen Δt_1 und Δt_2 zwei Durchschläge D_1 und D_2 eingestellt, was einem relativ optimalen Verlauf der Spannung U_F (2) des elektrostatischen Abscheiders entspricht. Dies ist der Fall, wenn nach Ablauf des ersten Zeitintervalls Δt_1 zum Zeitpunkt T_1 ein Durchschlag D_1 realisiert wurde und zwischen den Zeiten T_1 und T_2 ebenfalls ein Durchschlag D_2 realisiert wurde. Für die Zeitintervalle Δt_1 und Δt_2 betragen die Anzahlen von realisierten Durchschlägen D^*_1 bzw. D^*_2 somit jeweils gleich 1. Es ist daher nicht erforderlich, unmittelbar nach Ablauf der Zeit T_1 oder unmittelbar nach Ablauf der Zeit T_2 die Spannung U_F (2) des elektrostatischen Abscheiders bis zur Durchschlagsgrenze zu erhöhen, um einen zusätzlichen Durchschlag zu realisieren. Wie aus Fig. 1 hervorgeht, kommt es innerhalb des Zeitintervalls Δt_3 nicht zu einem weiteren Durchschlag, so daß nach Ablauf der Zeit T_3 bereits drei vorgegebene Zeitintervalle Δt_i abgelaufen sind, sich aber nur zwei Durchschläge D_1 und D_2 eingestellt haben. Für das Zeitintervall Δt_3 beträgt die Anzahl von realisierten Durchschlägen $D^*_3 = 0$, so daß die Spannung U_F (2) des elektrostatischen Abscheiders zum Zeitpunkt T_3 bis zur Durchschlagsgrenze erhöht wird. Dadurch wird bewirkt, daß ein zusätzlicher, prozeßunabhängiger Durchschlag D_3 realisiert wird, und somit die Anzahl der abgelaufenen Zeitintervalle Δt_i und die Anzahl von realisierten Durchschlägen D^*_i im jeweiligen Zeitintervall Δt_i wieder gleich ist, was einer Realisierung der optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit Ds_n entspricht. Wird der zusätzliche, prozeßunabhängige Durchschlag D_3 realisiert, sinkt die Spannung U_F (2) des elektrostatischen Abscheiders schlagartig erneut auf die Restspannung U_R ab. Nach der Entionisierung des Abgases wird die Spannung U_F (2) des elektrostatischen Abscheiders bis zur Zielspannung Z_3 erhöht und so lange konstant gehalten, bis sich erneut ein Durchschlag D_4 einstellt. Gemäß Fig. 1 wird der Durchschlag D_4 innerhalb des Zeitintervalls Δt_4 realisiert, so daß gilt: $D^*_4 = 1$.

Gemäß Fig. 1 ist es somit auch unmittelbar nach Ablauf der Zeit T_4 nicht erforderlich, die Spannung U_F (2) des elektrostatischen Abscheiders bis zur Durchschlagsgrenze zu erhöhen, um einen zusätzlichen Durchschlag zu realisieren. Da für $i = 1$ bis 4 gilt: $D^*_i = 1$ oder 0, folgt $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t_3 = \Delta t_4$. Die Zeitintervalle Δt_i mit $i = 1$ bis 4 sind somit gleich groß, was ebenfalls Fig. 1 zu entnehmen ist. Nach dem Durchschlag D_4 wird daher die Spannung U_F (2) des elektrostatischen Abscheiders, ausgehend von der Restspannung U_R , auf eine erneut ermittelte Zielspannung Z_4 angehoben und konstant gehalten.

In Fig. 2 ist eine fallende Durchschlagsspannung als Funktion der Zeit t in Form der Durchschlagsspannungskurve (1) und der Verlauf der Spannung U_F (2) des elektrostatischen Abscheiders als Funktion der Zeit t dargestellt. Die Steigung der dargestellten Durchschlagsspannungskurve (1) ist gleich 0 oder kleiner 0.

Die einzelnen Bezeichnungen Z_i für die während der Betriebszeit t_B erneut eingestellten Zielspannungen Z_i wurden in Fig. 2 aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht eingetragen. Innerhalb des ersten Zeitintervalls Δt_1 fällt die Spannung U_F (2) des elektrostatischen Abscheiders, ausgehend von der eingestellten Zielspannung U_{ZF} bei dem ersten Durchschlag D_1 schlagartig auf die Restspannung U_R ab. Nach Entionisierung des Abgases wird die Spannung U_F (2) des elektrostatischen Abscheiders auf eine erneute Zielspannung Z_1 erhöht und konstant gehalten, bis sich der zweite Durchschlag D_2 einstellt. Wie aus Fig. 2 hervorgeht, kommt es innerhalb des zweiten Zeitintervalls Δt_2 zu drei Durchschlägen D_2 bis D_4 , so daß nach Ablauf der Zeit T_2 des zweiten Zeitintervalls Δt_2 bereits insgesamt vier Durchschläge realisiert wurden, aber erst zwei Zeitintervalle der Betriebszeit t_B abgelaufen sind. Dies hat zur Folge, daß das dritte Zeitintervall Δt_3 im Vergleich zu den jeweils gleichgroßen Zeitintervallen Δt_1 und Δt_2 vergrößert werden muß, wobei gilt:

$$\Delta t_3 = \frac{t_B - \sum_{j=1}^2 \Delta t_j}{D - (1+3)} = \frac{t_B - (\Delta t_1 + \Delta t_2)}{D - 4}$$

Eine Verlängerung des Zeitintervalls Δt_3 ist erforderlich, da die Anzahl von realisierten Durchschlägen D_2^* im zweiten Zeitintervall Δt_2 mit 3 anzugeben ist, also weder den Wert 1 noch den Wert 0 annimmt. Eine Erhöhung der Spannung U_F (2) des elektrostatischen Abscheiders unmittelbar nach Ablauf der Zeit T_i des jeweiligen Zeitintervalls Δt_i bis zur Durchschlagsgrenze ist bei einem Verlauf der Durchschlagsspannungskurve (1) gemäß Fig. 2 nicht erforderlich und wird erst dann wieder durchgeführt, wenn die Steigung der Durchschlagsspannungskurve (1) wieder positiv wird, was bewirkt, daß sich dann innerhalb eines Zeitintervalls Δt_i kein Durchschlag einstellen wird, so daß gilt $D_i^* = 0$.

In Fig. 3 ist der Verlauf der Durchschlagsspannungskurve (1) und die Spannung U_F (2) des elektrostatischen Abscheiders als Funktion der Zeit t gemäß Fig. 1 vereinfacht dargestellt, wobei jeweils die schlagartigen Spannungsabfälle auf die Restspannung U_R aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht eingetragen wurden. Die in Fig. 3 verwendete Darstellungsweise wurde auch bei den Fig. 4 bis 6 gewählt, die sich auf die nachfolgend beschriebenen Beispiele beziehen.

Das Verfahren zum Führen der Spannung U_F eines elektrostatischen Abscheiders an der Durchschlagsgrenze läuft im einzelnen folgendermaßen ab:

Nach Einstellung einer ermittelten Zielspannung U_{ZF} nach einem Durchschlag im elektrostatischen Abscheider wird der elektrostatische Abscheider während einer Betriebszeit t_B die aus einer vorher bestimmten optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit DS_n ermittelt wird, betrieben. Die Betriebszeit t_B wird in n Zeitintervalle Δt_i aufgeteilt, deren Größe so gewählt wird, daß die vorher bestimmte optimale Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit DS_n realisiert werden kann. In der Praxis setzt dies einen Verlauf der Durchschlagsspannungskurve voraus, der auch bei der Ermittlung der optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit DS_n zugrundegelegt wurde. Während der Betriebszeit t_B kann sich jedoch der Verlauf der Durchschlagsspannungskurve verändern, so daß eine entsprechende prozeßabhängige Korrektur durch Verändern der einzelnen Zeitintervalle Δt_i erfolgen muß. Das erste Zeitintervall Δt_1 wird jedoch immer als Kehrwert der optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit DS_n festgelegt. Sollte innerhalb des ersten Zeitintervalls Δt_1 die Anzahl von realisierten Durchschlägen $D_1^* = 0$ oder 1 betragen, so wird als zweites Zeitintervall Δt_2 ein Zeitintervall gewählt, das mit dem ersten Zeitintervall Δt_1 identisch ist, wie es in den Fig. 1 und 3 dargestellt ist. Werden im ersten Zeitintervall Δt_1 mehrere Durchschläge erzielt, so muß als zweites Zeitintervall Δt_2 ein Zeitintervall gewählt werden, das größer ist, als das erste Zeitintervall Δt_1 . Ein solcher Fall ist in Fig. 2 für die Zeitintervalle Δt_2 und Δt_3 dargestellt. Aufgrund dieser Verfahrensweise ist es möglich, durch eine entsprechende Wahl der Zeitintervalle Δt_i prozeßabhängige Schwankungen der Durchschlagsspannungskurve zu kompensieren. Für die Realisierung der optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit DS_n ist es bei diesem Verfahren erforderlich, die Spannung U_F unmittelbar nach Ablauf der Zeit T_i des jeweiligen Zeitintervalls Δt_i bis zur Durchschlagsgrenze zu erhöhen, sofern innerhalb dieses Zeitintervalls Δt_i kein Durchschlag realisiert wurde, und somit gilt $D_i^* = 0$. Dies trifft beispielsweise für das Zeitintervall Δt_3 zu, das in den Fig. 1 und 3 dargestellt ist.

Nach Ablauf der Betriebszeit t_B wird erneut eine optimale Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit DS_n ermittelt und daraus eine neue anschließende Betriebszeit t_B festgelegt, die ebenfalls in n Zeitintervalle Δt_i aufgeteilt wird.

Ist die Steigung der sich ergebenden Durchschlagsspannungskurve kleiner 0, so kann der Fall eintreten, daß die optimale Anzahl der Durchschläge D bereits vor Ablauf des letzten Zeitintervalls Δt_n realisiert wird. Dies kann beispielsweise im dritten Zeitintervall Δt_3 oder im vierten Zeitintervall Δt_4 erfolgen. Ferner kann der Fall eintreten, daß die optimale Anzahl der Durchschläge D bereits vor Ablauf des letzten Zeitintervalls Δt_n durch realisierte Durchschläge überschritten wird. In beiden Fällen läßt sich die optimale Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit DS_n nicht mehr realisieren, so daß das Verfahren vor Ablauf der sich anschließenden Betriebszeit t_B unmittelbar nach Eintreten eines dieser beiden Fälle abgebrochen wird. Ausgehend von einer erneut ermittelten Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit DS_n wird dann das Verfahren erneut in entsprechender Weise gestartet.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Beispielen näher beschrieben:

Beispiel 1:

=====

Der Verlauf der Durchschlagsspannungskurve (1) gemäß Beispiel 1 ist in Fig. 4 dargestellt.
Als optimale Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit D_{s_n} wurde ermittelt:

10 $D_{s_n} = 10/300 \text{ sec.}$

Mit der optimalen Anzahl der Durchschläge D von 10 ergibt sich eine Betriebszeit t_B von 300 sec. Für das erste Zeitintervall Δt_1 gilt somit: $\Delta t_1 = 1/D_{s_n} = 300 \text{ sec.}/10 = 30 \text{ sec.}$ Innerhalb des ersten Zeitintervalls Δt_1 kommt es nicht zu einem realisierten Durchschlag D_1 , so daß gilt: $D_1^* = 0$. Nach Ablauf der Zeit T_1 des ersten Zeitintervalls Δt_1 wird daher die Spannung U_F bis zur Durchschlagsgrenze erhöht, so daß es zu einem prozeßunabhängigen Durchschlag kommt. Da für das erste Zeitintervall Δt_1 gilt: $D_1^* = 0$, werden auch für das zweite Zeitintervall Δt_2 30 sec. festgesetzt. Auch innerhalb des zweiten Zeitintervalls Δt_2 wird kein Durchschlag realisiert, so daß ebenfalls gilt: $D_2^* = 0$. Nach Ablauf der Zeit T_2 des zweiten Zeitintervalls Δt_2 werden daher die Spannung U_F erneut bis zur Durchschlagsgrenze erhöht und für das dritte Zeitintervall Δt_3 30 sec. festgelegt. Im vorliegenden Beispiel gilt für alle Zeitintervalle Δt_i : $D_i^* = 0$. Dies ist der Fall, wenn die Steigung der Durchschlagsspannungskurve (1) gleich 0 oder positiv ist. Nach 10 Zeitintervallen Δt_i mit $i = 1$ bis 10 ist die Betriebszeit t_B abgelaufen. Dann kann eine erneute Bestimmung der optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit D_{s_n} bestimmt werden und daraus eine weitere Betriebszeit t_B ermittelt werden. Die einzelnen Angaben über Zeiten und Anzahlen von Durchschlägen werden in Tabelle 1 wiedergegeben.

Tabelle 1:

=====

	$t_B - \sum_{j=1}^i \Delta t_j$	Δt_i	D_i^*	$D - \sum_{j=1}^i D_j^*$
35	i in sec.	in sec.		
40	1 270	30	1	9
	2 240	30	1	8
	3 210	30	1	7
45	4 180	30	1	6
	5 150	30	1	5
	6 120	30	1	4
50	7 90	30	1	3
	8 60	30	1	2
	9 30	30	1	1
55	10 0	30	1	0

Beispiel 2:

=====

5

Der Verlauf der Durchschlagsspannungskurve (1) gemäß Beispiel 2 ist in Fig. 5 dargestellt.

Als optimale Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit Ds_n wurde ermittelt: $Ds_n = 30/300 \text{ sec.}$, so daß sich für die optimale Anzahl der Durchschläge D und der Betriebszeit t_B ergibt: $D = 30$; $t_B = 300 \text{ sec.}$. Daraus ergibt sich für das erste Zeitintervall Δt_1 : $\Delta t_1 = 1/Ds_n = 10 \text{ sec.}$. Innerhalb des ersten Zeitintervalls Δt_1 werden 8 Durchschläge realisiert, so daß für die Anzahl von realisierten Durchschlägen D^*_1 im ersten Zeitintervall Δt_1 gilt: $D^*_1 = 8$. Für das zweite Zeitintervall Δt_2 , das daher größer gewählt werden muß als das erste Zeitintervall Δt_1 , muß somit gelten:

$$\Delta t_2 = \frac{300 \text{ sec.} - 10 \text{ sec.}}{30 - 8} = 13,2 \text{ sec.}$$

Im zweiten Zeitintervall Δt_2 werden 5 Durchschläge realisiert, so daß gilt: $D^*_2 = 5$. Dies hat zur Folge, daß das dritte Zeitintervall Δt_3 größer gewählt werden muß als das zweite Zeitintervall Δt_2 . Für das Zeitintervall Δt_3 gilt:

$$\Delta t_3 = \frac{300 \text{ sec.} - (10 + 13,2) \text{ sec.}}{30 - (8 + 5)} = 16,3 \text{ sec.}$$

30

Im dritten Zeitintervall Δt_3 werden 8 Durchschläge realisiert, so daß gilt: $D^*_3 = 8$. Dies hat zur Folge, daß das vierte Zeitintervall Δt_4 größer gewählt werden muß, als das dritte Zeitintervall Δt_3 . Für das vierte Zeitintervall Δt_4 gilt:

35

$$\Delta t_4 = \frac{300 \text{ sec.} - (10 + 13,2 + 16,3) \text{ sec.}}{30 - (8 + 5 + 8)} = 28,9 \text{ sec.}$$

40

Im Beispiel 2 ist die Steigung der Durchschlagsspannungskurve (1) immer negativ. Dies bedeutet, daß für alle D^*_i gilt: $D^*_i \neq 0$, was zur Folge hat, daß die Spannung U_F des elektostatischen Abscheiders während der Betriebszeit t_B nicht bis zur Durchschlagsgrenze erhöht werden muß. Nach Ablauf des vierten Zeitintervalls Δt_4 wurde die optimale Anzahl der Durchschläge D von 30 bereits realisiert. Da mit Ablauf des vierten Zeitintervalls Δt_4 die sich anschließende Betriebszeit t_B nicht endet, handelt es sich bei dem vierten Zeitintervall Δt_4 nicht um das Zeitintervall Δt_n . Somit liegt der Fall vor, daß die optimale Anzahl der Durchschläge D vor Beginn des Zeitintervalls Δt_n realisiert wurde, und daß die optimale Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit Ds_n nicht mehr realisiert werden kann. Das Verfahren muß daher bereits vor Ablauf der sich anschließenden Betriebszeit t_B von 300 sec. abgebrochen und erneut gestartet werden. Zum Zeitpunkt T_N , wenn die optimale Anzahl der Durchschläge D von 30 im vierten Zeitintervall Δt_4 bereits realisiert wurde, wird daher erneut eine optimale Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit Ds_n ermittelt und die daraus resultierende weitere Betriebszeit t_B bestimmt. In der Tabelle 2 sind nähere Angaben bezüglich der Zeiten und der Anzahlen von Durchschlägen angeführt.

55

Tabelle 2:

=====

5					
10	i	$t_B - \sum_{j=1}^i \Delta t_j$	Δt_i	D_i^*	$D - \sum_{j=1}^i D_j^*$
		in sec.	in sec.		
15					
	1	290	10	8	22
	2	276,8	13,2	5	17
	3	260,5	16,3	8	9
20	4	Neubeginn	28,9	9	0

Beispiel 3:

=====

Der Verlauf der Durchschlagsspannungskurve (1) für die Zeitintervalle Δt_1 bis Δt_5 gemäß Beispiel 3 ist in Fig. 6 dargestellt.

Aus der optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit D_{s_n} von 30/300 sec. ergibt sich eine Betriebszeit t_B von 300 sec.. Daraus ergibt sich ein erstes Zeitintervall Δt_1 von 10 sec.. Innerhalb des ersten Zeitintervalls Δt_1 wird kein Durchschlag realisiert, so daß gilt $D_1^* = 0$. Nach Ablauf des ersten Zeitintervalls Δt_1 wird daher die Spannung U_F bis zur Durchschlagsgrenze erhöht, so daß es zu einem prozeßunabhängigen Durchschlag kommt. Da für das erste Zeitintervall Δt_1 gilt: $D_1^* = 0$, werden für das zweite Zeitintervall Δt_2 somit ebenfalls 10 sec. festgelegt. Wie aus der Tabelle 3 und aus der Fig. 6 hervorgeht, werden im zweiten Zeitintervall Δt_2 4 Durchschläge realisiert, so daß gilt: $D_4^* = 4$. Dies hat zur Folge, daß das dritte Zeitintervall Δt_3 verlängert werden muß. Für das dritte Zeitintervall Δt_3 gilt:

$$\Delta t_3 = \frac{300 \text{ sec.} - (10+10) \text{ sec.}}{30 - (1+4)} = 11,2 \text{ sec.}$$

Innerhalb des dritten Zeitintervalls Δt_3 werden ebenfalls 4 Durchschläge realisiert, so daß gilt: $D_4^* = 4$. Für das vierte Zeitintervall Δt_4 , das somit größer gewählt werden muß als das dritte Zeitintervall Δt_3 , gilt:

$$\Delta t_4 = \frac{300 \text{ sec.} - (10+10+11,2) \text{ sec.}}{30 - (1+4+4)} = 12,8 \text{ sec.}$$

Da im vierten Zeitintervall Δt_4 7 Durchschläge realisiert werden, ergibt sich für das fünfte Zeitintervall Δt_5 :

$$\Delta t_5 = \frac{300 \text{ sec.} - (10+10+11,2+12,8) \text{ sec.}}{30 - (1+4+4+7)} = 18,3 \text{ sec.}$$

Innerhalb des fünften Zeitintervalls Δt_5 wird ein Durchschlag realisiert, so daß für das sechste Zeitintervall Δt_6 ebenfalls 18,3 sec. festgelegt werden. Weitere Angaben über Zeiten und Anzahlen von Durchschlägen können Tabelle 3 entnommen werden.

Tabelle 3:

=====				
i	$t_B - \sum_{j=1}^i \Delta t_j$	Δt_i	D_i^*	$D - \sum_{j=1}^i D_j^*$
	in sec.	in sec.		
1	290	10	1	29
2	280	10	4	25
3	268,8	11,2	4	21
4	256	12,8	7	14
5	237,7	18,3	1	13
6	219,4	18,3	6	7
7	188,1	31,3	4	3
8	125,4	62,7	1	2
9	62,7	62,7	1	1
10	0	62,7	1	0

Nach zehn festgelegten Zeitintervallen Δt_i ist die Betriebszeit t_B abgelaufen. Nach einer erneuten Bestimmung der optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit Ds_n wird erneut eine weitere anschließende Betriebszeit t_B ermittelt und das Verfahren zum Führen der Spannung U_F eines elektrostatischen Abscheiders an der Durchschlagsgrenze entsprechend fortgesetzt.

Patentansprüche

- Verfahren zum Führen der Spannung U_F eines elektrostatischen Abscheiders an der Durchschlagsgrenze, bei dem die Zielspannung U_{ZF} nach einem Durchschlag eingestellt wird und eine anschließende Betriebszeit t_B aus der optimalen Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit Ds_n ermittelt wird, wobei mit der optimalen Anzahl der Durchschläge D gilt:

$$Ds_n = \frac{D}{t_B}$$

und bei dem die anschließende Betriebszeit t_B in n Zeitintervalle Δt_i aufgeteilt wird, wobei mit der Anzahl von realisierten Durchschlägen D_i^* im jeweiligen Zeitintervall Δt_i und $i = 1$ bis n gilt:

$$\Delta t_1 = \frac{t_B}{D} = \frac{1}{Ds_n} \quad ,$$

$$\left[(\Delta t_{i+1} = \Delta t_i) \iff (D_i^* = 1 \vee D_i^* = 0) \right]$$

$$\vee \left[\left(\Delta t_{i+1} = \frac{t_B - \sum_{j=1}^i \Delta t_j}{D - \sum_{j=1}^i D_j^*} \right) \iff (D_i^* > 1) \right]$$

und bei dem die Spannung U_F unmittelbar nach Ablauf der Zeit T_i des jeweiligen Zeitintervalls Δt_i bis zur Durchschlagsgrenze erhöht wird, wenn gilt: $D_i^* = 0$, wobei das Verfahren vor Ablauf der sich anschließenden Betriebszeit t_B abgebrochen und ausgehend von einer erneut ermittelten Anzahl von Durchschlägen pro Zeiteinheit Ds_n erneut in entsprechender Weise gestartet wird, sofern und sobald die optimale Anzahl der Durchschläge D vor Beginn des Zeitintervalls Δt_n realisiert wurde oder vor Ablauf des Zeitintervalls Δt_n durch realisierte Durchschläge überschritten wurde.

Claims

1. A process for guiding the voltage U_F of an electrostatic precipitator at the discharge limit, in which the target voltage U_{ZF} is set after a discharge and a subsequent operating time t_B is determined from the optimum number of discharges per unit of time Ds_n , wherein with the optimum number of discharges D :

$$Ds_n = \frac{D}{t_B}$$

and in which the subsequent operating time t_B is divided into n time intervals Δt_i , wherein with the number of discharges effected D_i^* in the respective time interval Δt_i and $i = 1$ to n :

$$\Delta t_1 = \frac{t_B}{D} = \frac{1}{Ds_n}$$

5

10

$$\left[(\Delta t_{i+1} = \Delta t_i) \Leftrightarrow (D^*_i = 1 \vee D^*_i = 0) \right]$$

15

20

$$\vee \left[(\Delta t_{i+1} = \frac{t_B - \sum_{j=1}^i \Delta t_j}{D - \sum_{j=1}^i D^*_j} \Leftrightarrow (D^*_i > 1) \right]$$

25

and in which the voltage U_F is increased to the discharge limit immediately after the expiry of the time T_i of the respective time interval Δt_i , if: $D^*_i = 0$, wherein the process is interrupted before expiry of the subsequent operating time t_B and, starting from a newly-determined number of discharges per unit of time Ds_n , is then restarted correspondingly, provided that and as soon as the optimum number of discharges D has been produced before the beginning of the time interval Δt_n or has been exceeded by discharges effected before expiry of the time interval Δt_n .

30

Revendications

1. Procédé pour amener la tension U_F d'un séparateur électrostatique à la limite de claquage, selon lequel on règle la tension cible UZ_F après un claquage et on détermine un temps de fonctionnement suivant t_B à partir du nombre optimum Ds_n de claquages par unité de temps, le nombre optimum des claquages D étant égal à :

35

40

$$Ds_n = \frac{D}{t_B}$$

45

et selon lequel on divise le temps de fonctionnement suivant t_B en n intervalles de temps Δt_i , auquel cas avec le nombre de claquages réalisés D^*_i pendant l'intervalle de temps respectif Δt_i et avec $i = 1$ à n , on a :

50

55

$$\Delta t_1 = \frac{t_B}{D} = \frac{1}{Ds_n} \quad ,$$

$$\left[(\Delta t_{i+1} = \Delta t_i) \iff (D_i^* = 1 \vee D_i^* = 0) \right]$$

$$\vee \left[\left(\Delta t_{i+1} = \frac{t_B - \sum_{j=1}^i \Delta t_j}{D - \sum_{j=1}^i D_j^*} \right) \iff (D_i^* > 1) \right]$$

et selon lequel on augmente la tension U_F directement après l'écoulement du temps T_i de l'intervalle de temps respectif Δt_i jusqu'à la limite de claquage, lorsque l'on a $D_i^* = 0$, et on interrompt le procédé avant l'écoulement de l'intervalle de temps suivant t_B et on le fait redémarrer de façon correspondante à partir d'un nombre Ds_n nouvellement déterminé de claquages par unité de temps dans la mesure où et dès que le nombre optimum des claquages D a été atteint avant le début de l'intervalle de temps Δt_n ou a été dépassé, par les claquages intervenus, avant l'écoulement de l'intervalle de temps Δt_n .

Fig.1

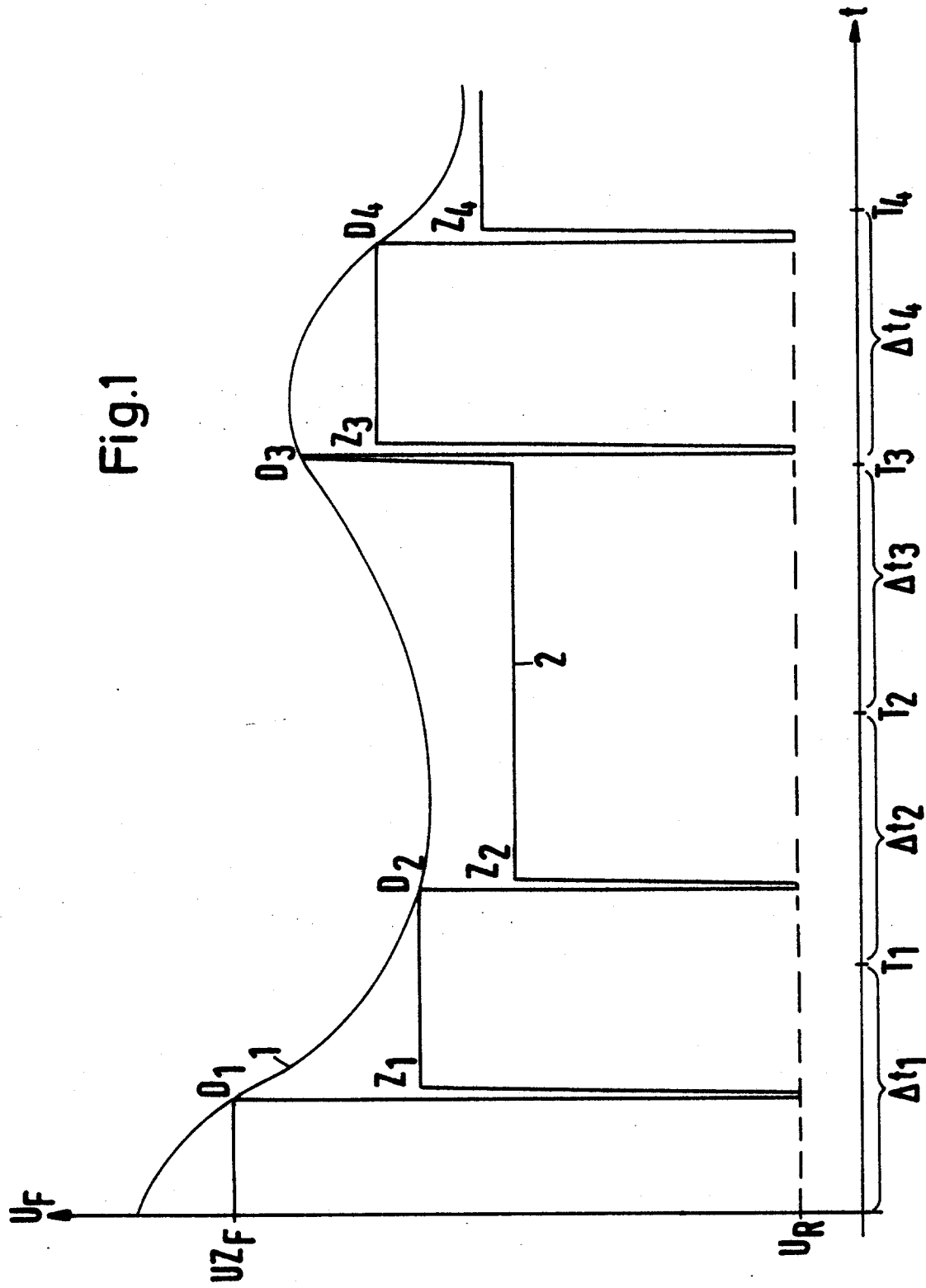
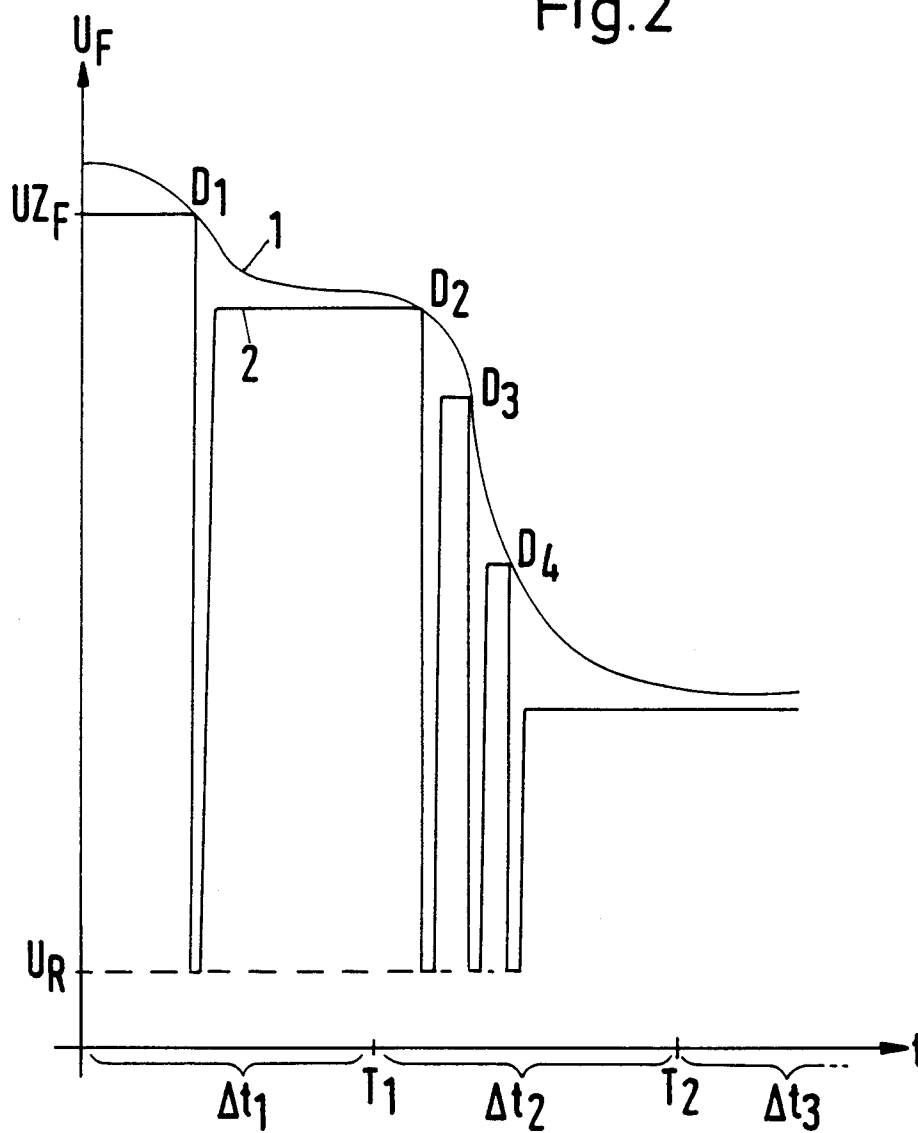


Fig.2



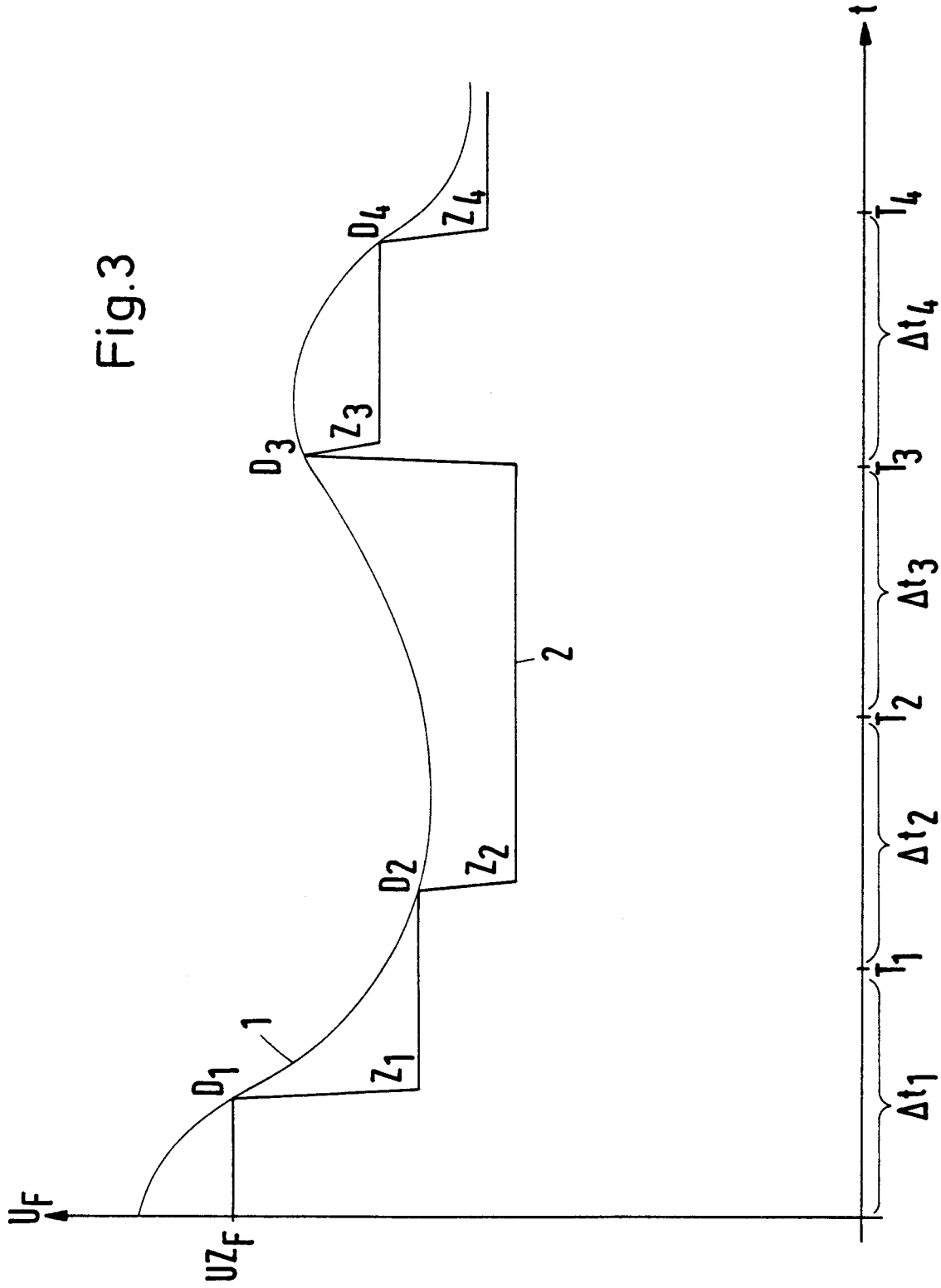


Fig.4

