(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 031 056**
B1

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift: **21.09.83**

(51) Int. Cl.³: **B 03 C 3/66**, G 05 F 1/46, G 01 R 19/00

(21) Anmeldenummer: **80107568.0**

(22) Anmeldetag: **03.12.80**

(54) **Verfahren zum Ermitteln der Filterstromgrenze eines Elektrofilters.**

(30) Priorität: **11.12.79 DE 2949786**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung: **01.07.81 Patentblatt 81/26**

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung: **21.09.83 Patentblatt 83/38**

(84) Benannte Vertragsstaaten: **AT CH DE FR GB LI SE**

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A-1 557 234
DE-A-2 540 084
DE-B-2 357 017
US-A-2 907 403

(73) Patentinhaber: **METALLGESELLSCHAFT AG, Reuterweg 14 Postfach 3724, D-6000 Frankfurt/M.1 (DE)**
Patentinhaber: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT, Berlin und München Wittelsbacherplatz 2, D-8000 München 2 (DE)**

(72) Erfinder: **Herklotz, Helmut, Dipl.-Ing., Waldstrasse 20, D-6057 Neu Isenburg (DE)**
Erfinder: **Mehler, Günter, Eysseneck Strasse 47, D-6000 Frankfurt/Main (DE)**
Erfinder: **Neulinger, Franz, Dipl.-Ing., Friedrich-Ebert-Strasse 17, D-6057 Dietzenbach (DE)**
Erfinder: **Schummer, Helmut, Dipl.-Ing., Gustav-Adolf-Strasse 27, D-6056 Heusenstamm (DE)**
Erfinder: **Daar, Horst, Dr. Dipl.-Ing., Friedrich-Bauer-Strasse 30, D-8520 Erlangen (DE)**
Erfinder: **Schmidt, Walter, Dipl.-Ing., Waldstrasse 22, D-8521 Uttenreuth (DE)**
Erfinder: **Winkler, Heinrich, Pottensteiner Strasse 2, D-8524 Neunkirchen (DE)**

(74) Vertreter: **Mehl, Ernst, Dipl.-Ing. et al, Postfach 22 01 76, D-8000 München 22 (DE)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt 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).

ACTORUM AG

Verfahren zum Ermitteln der Filterstromgrenze eines Elektrofilters

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Ermitteln der Filterstromgrenze eines Elektrofilters, das z.B. über ein Thyristorstellglied aus einem Wechselstromnez gespeist ist und bei dem die Steuerspannung des Stellgliedes abhängig von Filterbetriebswerten bis zu einer vorgegebenen Filterstromgrenze änderbar ist.

Mit diesem Oberbegriff wird auf ein Steuerverfahren Bezug genommen, wie es beispielsweise in der Siemens-Zeitschrift 1971, S. 567-572 näher beschrieben ist.

Da die Wirksamkeit eines Elektrofilters etwa mit dem Quadrat der anliegenden Spannung steigt, muss man bestrebt sein, die Filterspannung so hoch wie möglich einzustellen. Die Durchbruchsfestigkeit des Gases begrenzt allerdings diese Spannung nach oben. Da es ausser dem Durchbruch selbst kein Kriterium für die maximal mögliche Spannung gibt, müssen in bestimmten Zeitabständen Durchbrüche herbeigefürt werden, um diese Grenze abzutasten. Da sich die Durchbruchsgrenze sehr schnell ändern kann, muss relativ häufig abgetasted werden.

Bei einer derartigen durchschlagabhängingen Regelung muss dafür gesorgt werden, dass die Strombelastbarkeid der Anlage nicht überschritten wird. Bei der bekannten Anordnung wird durch eine einstellbare Strombegrenzung bei Erreichen des eingestellten Wertes ein weiteres Ansteigen der Steuerspannung verhindert. Steigt der Strom wegen einer Verkleinerung des Staubwiderstandes an, dann bewirkt die Strombegrenzung ein langsames Absenken der Steuerspannung, bis der Strom auf seinen eingestellten Wert abgesunken ist.

Neben dieser Nennstrombegrenzung ist noch eine andere Art der Filterstrombegrenzung von Interesse. Unter bestimmten Betriebsbedingungen des Elektrofilters, z.B. in Sinteranlagen oder im Bypassbetrieb im Zementwerk kann entweder ein Filterspannungsmaximum oder auch eine Filterspannungssättigung eintreten. Hier ist das Ziel der Funktion «Strombegrenzung» das Maximum bzw. die Sättigung festzustellen, um unnötig hohe Filterströme zu verhindern.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, die vom Betriebszustand des Filters abhängige Fil terstromgrenze so zu bestimmen, dass sich ein optimales Verhältnis von Abscheiderleistung zum Energieaufwand ergibt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass während des Filterbetriebes in vorgegebenen Zeitabständen die Steuerspannung selbsttätig in vorgegebenen Schritten bis zu einem Minimalwert und von hier aus wieder bis zum ursprünglichen Wert geändert wird, dass dabei fortlaufend die Verhältnisse von Anderung der Steuerspannung und Anderung der Filterspannung zur Änderung des Filterstromes berechnet werden und dass beim Unterschreiten vorgegebener Grenzwerte dieser Verhältnisse oder bei einer Vorzeichenänderung zweier aufeinanderfolgender Verhältniswerte der jeweils zugehörige Filterstrom die Filterstromgrenze bestimmt.

Auf diese Weise lassen sich Sättigungserscheinungen bzw. Maximalwerte der Filterspannung erkennen, ab denen eine weitere Steigerung der Energiezufuhr zum Filter, d.h. Stromerhöhung, keine wesentliche Erhöhung der Abscheiderleistung mehr ergibt.

Das Erkennen derartiger Grenzwerte ist im Hinblick auf einen wirtschlaftlichen Betrieb des Elektrofilters von grossen Interesse.

Vorteilhafterweise wird die Filterstromgrenze, ab der eine weitere Streigerung der Filterleistung verhindert wird, etwa so gewählt, dass sie 3 bis 15% über dem Filterstrom liegt, an dem die vorstehend erwähnten Kriterien vorliegen.

Vorteilhafterweise werden ferner die zu jedem Schritt gehörigen Werte von Filterstrom und Filterspannung gespeichert und die daraus bestimmbare Filtercharakteristik angezeigt. Dies gibt zum einen dem Bedienungspersonal einen Aufschluss über das Betriebsverhalten des Filters und kann andererseits von Interesse für übergeordnete Optimierungsstrategien mehrerer Filter sein. Bei der Aufnahme der Filtercharakteristik wird ferner vorteilhafterweise das Verhältnis von Anderung der Filterspannung und Anderung der Steuerspannung berechnet. Ergibt sich, dass die relative Anderung der Filterspannung bei einer Änderung der Steuerspannung grösser ist als die Anderung des Filterstromes, so wird bei Durchschlägen des Filters eine definierte Spannungsabsenkung vorgenommen. Ergibt sich der umgekehrte Fall, so wird bei Durchschlägen eine definierte Stromabsenkung vorgenommen. Auf diese Weise kann entschieden werden, ob als Reaktion auf einen Durchbruch zweckmässigerweise der Strom oder die Spannung um einen vorgegebenen Betrag abzusenken ist, damit man z.B. im Rahmen der vorgegebenen Durchschlagshäufigkeit bleibt.

Vorteilhafterweise werden ferner bei Vorhandensein mehrerer hintereinander oder parallelgeschalteter Filter die Zeitpunkte für die Aufnahme der Filtercharakteristik so gewählt, dass jeweils nur bei einem Filter die Steuerspannung variiert wird. Sei z.B. angenommen, dass die Filtercharakteristik alle 15 minuten aufgenommen wird und die Aufnahme jeweils eine Sekunde dauert, ist einzusehen, dass hierdurch der Abscheidebetrieb praktisch nicht berührt wird.

Anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels sei die Erfindung näher erläutert; es zeigen:

Figur 1 das elektrische Schaltungsschema einer Filteranlage mit Steuerung,

Figur 2 zwei Filtercharakteristiken, d.h. Abhängigkeit von Filterspannung und Filterstrom und

Figur 3 den Verlauf der Filterspannung in Abhängigkeit von der Steuerspannung am Stellglied.

Bei der in Figur 1 gezeigten Anordnung wird das Elektrofilter 1 über Hochspannungsgleichrichter 2, Hochspannungstransformator 3 und ein aus antiparallelgeschlalteten Thyristoren bestehendes Thyristorstellglied 4 aus einem Wechselspannungsnetz 6 gespeist. In Abhängigkeit von Filterbetriebswerten, wie z.B. Primärstrom und Primärspannung, Sekundärspannung, Sekundärstrom und Zahl der Durchschläge im Filter, wird durch einen Regler 5 die Steu-

erspannung U_{St} für das Thyristorstellglied 4 so bestimmt, dass sich optimale Filterbetriebswerte ergeben. Eine Steuerung dieser Art ist beispielsweise in dem eingangs genannten Aufsatz beschrieben. Im Zuge der heutigen Digitalisierung der Technik ist es von Vorteil, wenn dieser Regler 5 heute als digitaler Regler ausgebildet wird, d.h. im wesentlichen aus einem Mikrocomputersystem besteht.

Zusätzlich zu dem gerade beschriebenen Filter sind noch weitere Filter 7 und 8 angedeutet. Die Digitalregler 5 der einzelnen Filter verkehren über einen Datenbus 92 mit einem übergeordneten Leitrechner 9, dem eine Anzeige 91 zugeordnet ist. Vom Leitrechner 9 her können die einzelnen Betriebsparameter und Einstellwerte vorgegeben werden und gegebenenfalls Optimierungsstrategien für die Filter berechnet werden.

Die Funktion Filterstrom als Funktion der Scheitelspannung bzw. des arithmetischen Mittelwertes oder des Effektivwertes der Filterspannung sei nachfolgend als Filtercharakteristik bezeichnet. Sie ist u.a. von den momentanen Betriebsverhältnissen des Elektrofilters abhängig und muss daher zyklisch, z.B. im Abstand von 15 Minuten ermittelt werden, und zwar zu einemZeitpunkt, an dem nicht gerade die Durchschlagsgrenze abgetasted wird.

Bei der Aufnahme der Filtercharakteristik wird zunächst die aktuelle Steuerspannung U_{St} gespeichert und dieser Wert nach Abschluss der Filtercharakteristikaufnahme erneut an den Thyristorsteller 4 ausgegeben. Gleichzeitig werden die zugeordneten Werte von Filterspannung und Filterstrom gespeichert. Anschliessend wird zu Beginn jeder Halbwelle der Primärspannung die Steuerspannung um ein konstantes Inkrement $\triangle U_{St}$ vermindert bis zum Erreichen eines Minimalwertes von z.B. 1 Volt, der durch die untere mögliche Steuerspannung gegeben ist. Anschliessend wird die Steuerspannung U_{St} von diesem Minimalwert mit dem gleichen Inkrement wieder bis zum aktuellen Wert am Beginn der Aufnahme hochgefahren. Sei z.B. angenommen, dass die gesamte Filtercharakteristik in 32 Stützpunkte unterteilt sei, was für die normalen Betriebverhältnisse völlig ausreicht, so ist dabei mit einer Maximaldauer von etwa 0,5 bis 1 Sekunde für die Aufnahme der Filtercharakteristik zu rechnen.

Die jeder Steuerspannung U_{St} zugeordneten Werte der Filterspannung U_{Fi}, U_{Fi+1} usw. und des Filterstromes I_F werden während der Absenkphase gespeichert und mit den entsprechenden Werten der Hochlaufphase arithmetisch gemittelt. Die hieraus berechnete Charakteristik kann dann in der Anzeige 91 angezeigt werden.

Nach Erreichen des Anfangswertes der Steuerspannung wird geprüft, ob die Filterstrombegrenzung verändert werden muss und der aktuelle Umschaltpunkt zwischen Strom- und Spannungsabsenkung bei Durchschlägen berechnet. In diesem Zusammenhang sei noch bemerkt, dass beim Auftreten eines Durchschlages während der Aufnahme der Filtercharakteristik die normale Spannungs- bzw. Stromabsenkungsroutine eingreift und die Aufnahme der Charakteristik abgebrochen wird, da während des eigentlichen Durchschlages keine brauchbaren Verhältniswerte berechenbar sind.

In Figur 2 sind zwei Filtercharakteristiken, d.h. Filterstrom I_F in Abhängigkeit von der Filterspannung U_F aufgetragen, und zwar zeigt die Kurve a eine Filtercharakteristik mit einem Spannungsmaximum und die Kurve b eine Filtercharakteristik mit Sättigungserscheinungen. Eine Filterspannungssättigung liegt vor, wenn,

$$\frac{\triangle U_{Fi}}{\triangle U_{I_{Fi}}} < \varepsilon \text{ oder - vgl. Figur 3 - } \frac{\triangle U_{Fi}}{\triangle U_{Sti}} < \varepsilon \text{ ist}$$

wobei $\triangle U_{Fi}$, $\triangle I_{Fi}$ und $\triangle U_{Sti}$ normierte Inkremente von Filterspannung, Filterstrom und Steuerspannung im Messpunkt i sind, mit $\triangle \leq i \leq 32$

Als Schwellwert sei z.B. $\varepsilon = 0{,}005$ vereinbart. Wird also während der Aufnahme der Filtercharakteristik dieser Wert ε unterschritten, so wird in diesem Fall der maximale Filtergrenzstrom auf den Wert $I_{Fmax} = X \cdot I'_F$ begrenzt, wobei I'_F derjenige Wert ist, an dem das betreffende Kriterium festgestellt wurde und x zwischen 103% und 115% gewählt ist.

Ein Filterspannungsmaximum liegt vor, wenn das Vorzeichen eines Filterspannungsinkrementes ungleich dem Vorzeichen des nächsten Filterspannungsinkrementes bei veränderter Steuerspannung ist (vgl. Kurve a), d.h. also Vorzeichen

$$\triangle U_{Fi+1} \neq \triangle U_{Fi} \text{ mit } \triangle U_{Fi+1} = U_{Fi+2} - U_{Fi+1}$$
$$\triangle U_{Fi} = U_{Fi+1} - U_{Fi} \text{ oder } \frac{\triangle U_{Fi1+1}}{\triangle U_{Sti+1}} \neq \frac{\triangle U_{Fi}}{\triangle U_{Sti}}$$

wobei mit i die Abtastpunkte der Filtercharakteristik bezeichnet sind. Auch in diesem Fall wird der maximale Filterstrom auf den Wert begrenzt: $I_{Fmax} = X \cdot I'_F$

Der maximale Filterstrom sowie die ihm zugeordneten Werte der Filter-und der Steuerspannung werden gespeichert. Sie begrenzen z.B. den Stellbereich einer Rauchgasdichteregelung oder das Abstaten der Durchschlagsgrenze.

Zusätzlich kann noch aus der Aufnahme der Filtercharakteristik der Umschaltpunkt festgelegt werden, d.h. der Punkt, ab dem bei einem Durchschlag vorteilhafterweise eine definierte Spannungs- oder Stromabsenkung vorgenommen werden soll. Der als Kriterium für diese Wahl angenommene Umschaltpunkt wird dadurch ermittelt, dass das Verhältnis von Änderung der Filterspannung zur Änderung der Steuerspannung und das Verhältnis von Änderung des Filterstromes zur Änderung der Steuerspannung berechnet wird und dass diese beiden Verhältniswerte miteinander verglichen werden. Ergibt sich eine relativ grössere Reaktion des Filterstromes als der Filterspannung bei Änderung der Steuerspannung, so wird bei Durchschlägen mit definierter Stromabsenkung gearbeitet, da dies dann verfahrenstechnisch günstiger ist. Das Umgekehrte gilt, falls die relative Spannungsänderung höher als die relative Stromänderung bei Änderung der Steuerspannung ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln der Filterstromgrenze eines Elektrofilters (1), das über ein Stellglied (4) aus einem Wechselstromnetz (6) gespeist ist und bei dem die Steuerspannung (U_{St}) des Stellgliedes ab-

hängig von Filterbetriebswerten bis zu einer vorgegebenen Filterstromgrenze (I_{Fmax}) änderbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass während des Filterbetriebes in vorgegebenen Zeitabständen die Steuerspannung (U_{St}) in vorgegebenen Schritten ($\triangle U_{St}$) bis zu einem Minimalwert und von hier aus wieder bis zum ursprünglichen Wert geändert wird, dass dabei fortlaufend die Verhältnisse von Änderung der Filterspannung (U_F) zur Änderung der Steuerspannung und Änderung des Filterstromes (I_F) berechnet werden und dass bei Unterschreiten vorgegebener Grenzwerte ( ) dieser Verhältnisse oder bei einer Vorzeichenänderung zweier aufeinanderfolgender Verhältniswerte der jeweils zugehörige Filterstrom (I'_F) die Filterstromgrenze (I_{Fmax}) bestimmt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Filterstromgrenze (I_{Fmax}) zu etwa 3 bis 15% über demjenigen Filterstrom (I'_F) liegt, bei dem eines der Kriterien erfüllt ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zu jedem Schritt gehörigen Werte von Filterstrom (I_F) und Filterspannung (U_F) gespeichert werden und die resultierende Filtercharakteristik angezeigt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei Vorhandensein mehrerer hintereinander oder parallelgeschalteter Filter (1, 7, 8) die Zeitpunkte für die Aunahme der Filtercharakteristik so gewählt sind, dass jeweils nur bei einem Filter die Steuerspannung (U_{St}) variiert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis von Änderung der Filterspannung (U_F) und Änderung des Filterstromes (I_F) zur Änderung der Steuerspannung (U_{St}) berechnet wird und durch den jeweils grösseren relativen Wert festgelegt ist, ob als Reaktion auf die Durchschläge des Filters eine definierte Spannungs- oder Stromänderung durchgeführt wird.

Claims

1. A method of determining the filter current limit of an electrical filter (1) fed via a correcting element (4) from an alternating current network (6) wherein the control voltage (U_{St}) of the correcting element is variable up to a pre-determined filter current limit (I_{Fmax}) in dependence upon filter operation values, characterised in that during the filter operation the control voltage (U_{St}) is altered in predetermined time intervals by predetermined steps ($\triangle U_{St}$) to a minimal value and back to the original value, the ratios of the change of the filter voltage (U_F) to the change of the control voltage and of the change of the filter voltage to the change of the filter current (I_F) continuously calculated, and that on undershooting predetermined limit values (ξ) of these ratios or on a change of sign in two consecutive ratio values of the respectively assigned filter current (I'_F) the filter current limit (I_{Fmax}) is determined.

2. A method as claimed in Claim 1, characterised in that the filter current limit (I_{Fmax}) lies approximately 3 to 15% above that filter current (I_{Fmax}) wherein one of the criteria is fulfilled.

3. A method as claimed in Claim 1, characterised in that the values of filter current (I_F) and filter voltage (U_F) assigned to each step are stored and the resulting filter characteristic is indicated.

4. A method as claimed in Claim 1, characterised in that where a plurality of filters (1, 7, 8) are connected consecutively or in parallel, the times for recording the filter characteristic are so selected that the control voltage (U_{St}) is varied in only one filter in each case.

5. A method as claimed in Claim 1, characterised in that the ratio of the change of the filter voltage (U_F) and the change of the filter current (I_F) to the change of the control voltage (U_{St}) are calculated and it is determined from the respectively higher relative value whether a defined voltage or current change is passed as a reaction due to the cut-offs of the filter.

Revendications

1. Procédé pour déterminer la limite du courant d'un filtre d'un électrofiltre (1) qui est alimenté, par l'intermédiaire d'un dispositif de réglage (4), à partir d'un réseau de courant alternatif (6), et dans lequel la tension de commande (U_{St}) du dispositif de réglage peut être modifiée en fonction des valeurs de fonctionnement du filtre jusqu'à une limite prédéterminée du courant du filtre (I_{Fmax}), caractérisé par le fait que pendant le fonctionnement du filtre, et à des intervalles de temps prédéterminés, la tension de commande (U_{St}) est modifiée par paliers déterminés ($\triangle U_{St}$)jusqu'à une valeur minimum et à partir de là jusqu'à la valeur initiale, que, ce faisant, on calcule de façon continue les rapports entre la modification de la tension du filtre (U_F) et la modification de la tension de commande entre la modification de la tension de filtre et la modification du courant du filtre (I_F), et que dans le cas de dépassements de valeurs limites prédéterminées (ξ) de ces rapports ou dans le cas d'un changement de signe de deux valeurs successives des rapports, le courant de filtre associé (I'_F) détermine la limite du courant de filtre (I_{Fmax}).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la limite du courant des filtres (I_{Fmax}) est située à peu près à 3 à 15 % au-dessus du courant de filtre (I'_F) pour lequel est satisfait l'un des critères.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que les valeurs de courant de filtre (I_F) et de la tension de filtre (U_F) associées à chaque palier, sont mémorisées et que la caractéristique résultant du filtre est affichée.

4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le cas de la présence de plusieurs filtres successifs ou montés en parallèle (1, 7, 8) les instants pour la prise en charge de la caractéristique du filtre sont choisis de telle manière que la tension de courant (U_{St}) n'est modifiée que pour un filtre.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le rapport entre la modification de la tension de filtre (U_F) et la modification de courant du filtre (I_F) et la modification de la tension de commande (U_{St}) est calculé et est déterminé par la valeur relative respective la plus grande, comme si on réalisait une réaction sur les décharges du filtre d'une modification détérminée de la tension ou du courant.

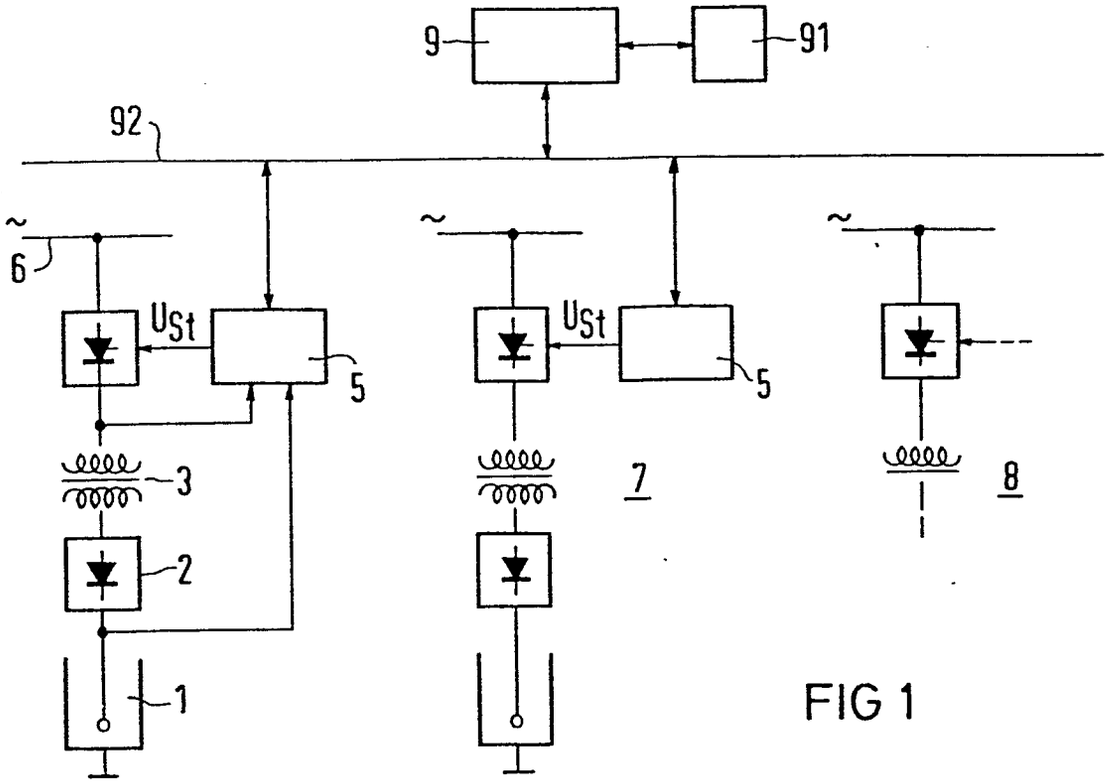

FIG 1

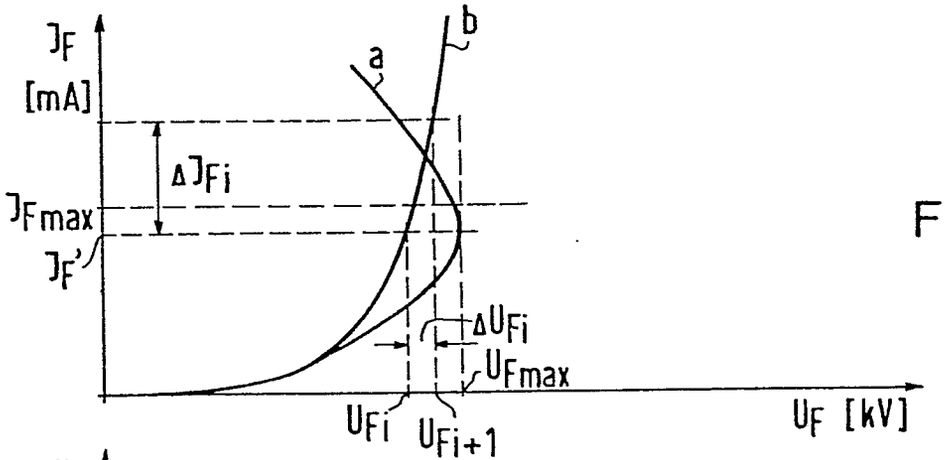

FIG 2

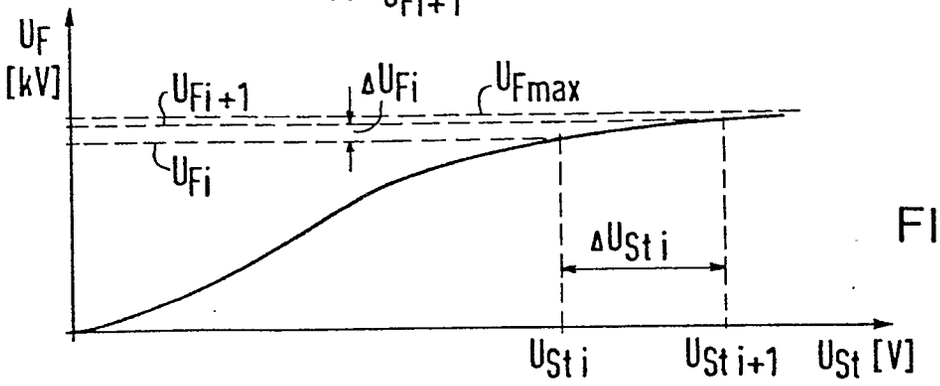

FIG 3