

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 80107568.0

(51) Int. Cl.³: **B 03 C 3/66**

G 05 F 1/46, G 01 R 19/00

(22) Anmeldetag: 03.12.80

(30) Priorität: 11.12.79 DE 2949786

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

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

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

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

(72) Erfinder: Herklotz, Helmut, Dipl.-Ing.
Waldstrasse 20
D-6057 Neu Isenburg(DE)

(72) Erfinder: Mehler, Günter
Eysseneck Strasse 47
D-6000 Frankfurt/Main(DE)

(72) Erfinder: Neulinger, Franz, Dipl.-Ing.
Friedrich-Ebert-Strasse 17
D-6057 Dietzenbach(DE)

(72) Erfinder: Schummer, Helmut, Dipl.-Ing.
Gustav-Adolf-Strasse 27
D-6056 Heusenstamm(DE)

(72) Erfinder: Daar, Horst, Dr. Dipl.-Ing.
Friedrich-Bauer-Strasse 30
D-8520 Erlangen(DE)

(72) Erfinder: Schmidt, Walter, Dipl.-Ing.
Waldstrasse 22
D-8521 Uttenreuth(DE)

(72) 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)

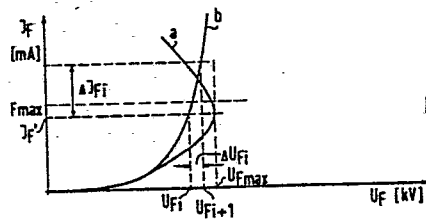
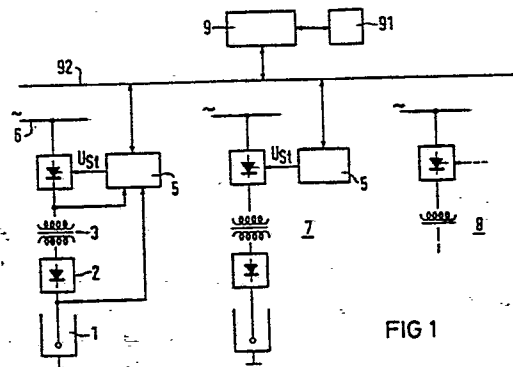
(54) Verfahren zum Ermitteln der Filterstromgrenze eines Elektrofilters.

(57) Es wird die selbsttätige Aufnahme der Stromspannungskennlinie eines Elektrofilters (1) im Rahmen einer Mikroprozessorsteuerung (5) beschrieben. Die sich beim schrittweisen Ändern der Steuerung (Us) des Thyristorstellers ergebende Kennlinie wird dem Bedienungspersonal angezeigt. Gleichzeitig werden Sättigungserscheinungen (b) und Spannungsmaxima (a) erfaßt, d.h. Betriebsfälle, bei denen bei einer Erhöhung der Energiezufuhr die Abscheideleistung nicht mehr nennenswert ansteigt.

Bei mehreren zusammenarbeitenden Filtern (1, 7, 8) wird die Aufnahme der Kennlinie von einem Leitrechner (9) veranlaßt, der den Mikrocomputern (5) der einzelnen Filter überlagert ist.

EP 0 031 056 A1

./...



METALLGESELLSCHAFT AKTIENGESELLSCHAFT
Frankfurt/Main

Unser Zeichen

79 P 8 5 2 9 EUR

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Berlin und München

5

Verfahren zum Ermitteln der Filterstromgrenze eines
Elektrofilters

- 10 Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Er-
mitteln der Filterstromgrenze eines Elektrofilters, das
z.B. über ein Thyristorstellglied aus einem Wechsel-
stromnetz gespeist ist und bei dem die Steuerspannung
des Stellgliedes abhängig von Filterbetriebswerten bis
15 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.

20

Da die Wirksamkeit eines Elektrofilters etwa mit dem
Quadrat der anliegenden Spannung steigt, muß man be-
strebt sein, die Filterspannung so hoch wie möglich
einzustellen. Die Durchbruchsfestigkeit des Gases be-

grenzt allerdings diese Spannung nach oben. Da es außer dem Durchbruch selbst kein Kriterium für die maximal mögliche Spannung gibt, müssen in bestimmten Zeitabständen Durchbrüche herbeigeführt werden, um diese Grenze abzutasten. Da sich die Durchbruchsgrenze sehr schnell ändern kann, muß relativ häufig abgetastet werden.

Bei einer derartigen durchschlagabhängigen Regelung muß dafür gesorgt werden, daß die Strombelastbarkeit 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 Filterstromgrenze 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 Zeitabstän-

den 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 Änderung der Filterspannung zu Änderung der Steuerspannung und Änderung der Filterspannung zur Änderung des Filterstromes berechnet werden und daß beim Unterschreiten vorgegebener Grenzwerte dieser Verhältnisse oder bei einer Vorzeichenänderung zweier aufeinanderfolgender Verhältnisswerte 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 wirtschaftlichen Betrieb des Elektrofilters von großem Interesse.

Vorteilhafterweise wird die Filterstromgrenze, ab der eine weitere Steigerung 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 Änderung der Filterspannung und Änderung des Filterstromes zur Änderung der Steuerspannung berechnet. Ergibt sich, daß die relative Änderung der Filterspannung bei einer Änderung der Steuerspannung größer ist als die Änderung 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.
- 10 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.
- 15
- 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.
- 20
- 25
- Anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels sei die Erfindung näher erläutert; es zeigen:
- Figur 1 das elektrische Schaltungsschema einer Filteranlage mit Steuerung,
- 30
- 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.
- 35
- Bei der in Figur 1 gezeigten Anordnung wird das Elek-

trofilter 1 über Hochspannungsgleichrichter 2, Hochspannungstransformator 3 und ein aus antiparallelschalteten 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 Steuerspannung U_{St} für das Thyristorstellglied 4 so bestimmt, daß sich optimale Filterbetriebswerte ergeben.

10 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

15 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

20 mit einem übergeordneten Leitreechner 9, dem eine Anzeige 91 zugeordnet ist. Vom Leitreechner 9 her können die einzelnen Betriebsparameter und Einstellwerte vorgegeben werden und gegebenenfalls Optimierungsstrategien für die Filter berechnet werden.

25

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 dem

30 momentanen Betriebsverhältnissen des Elektrofilters abhängig und muß daher zyklisch, z.B. im Abstand von 15 Minuten ermittelt werden, und zwar zu einem Zeitpunkt, an dem nicht gerade die Durchschlagsgrenze abgetastet wird.

35

Bei der Aufnahme der Filtercharakteristik wird zunächst

- 6 -

VPA 79 P 8 5 2 9 EUR

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 5 Filterstrom gespeichert. Anschließend wird zu Beginn jeder Halbwelle der Primärspannung die Steuerspannung um ein konstantes Inkrement ΔU_{St} vermindert bis zum Erreichen eines Minimalwertes von z.B. 1 Volt, der durch die untere mögliche Steuerspannung gegeben ist. Anschließend 10 schließlich 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 Betriebsverhältnisse völlig ausreicht, so ist dabei mit 15 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 20 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.

25

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 30 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 35 eigentlichen Durchschlages keine brauchbaren Verhältnismiwerte berechenbar sind.

- 7 - VPA 79 P 8529 EUR

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,

$$\frac{\Delta U_{Fi}}{\Delta U_{I_{Fi}}} < \epsilon \quad \text{oder} \quad - \text{vgl. Figur 3} -$$

$$10 \quad \frac{\Delta U_{Fi}}{\Delta U_{Sti}} < \epsilon \quad \text{ist}$$

wobei ΔU_{Fi} , ΔI_{Fi} und ΔU_{Sti} normierte Inkremente von Filterspannung, Filterstrom und Steuerspannung im Meßpunkt i sind, mit $\Delta \leq 1 \leq 32$

15 Als Schwellwert sei z.B. $\epsilon = 0,005$ 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 Filterspannungsincrementes ungleich dem Vorzeichen des nächsten Filterspannungsincrementes bei veränderter Steuerspannung ist (vgl. Kurve a), d.h. also Vorzeichen

$$\Delta U_{Fi+1} \neq \Delta U_{Fi} \quad \text{mit} \quad \Delta U_{Fi+1} = U_{Fi+2} - U_{Fi+1}$$

$$30 \quad \Delta U_{Fi} = U_{Fi+1} - U_{Fi} \quad \text{oder}$$

$$\frac{\Delta U_{Fi+1}}{\Delta U_{Sti+1}} \neq \frac{\Delta U_{Fi}}{\Delta U_{Sti}}$$

wobei mit i die Abtastpunkte der Filtercharakteristik bezeichnet sind. Auch in diesem Fall wird der maximale 35 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 Rauchgasdichteregulierung oder das Abtasten der Durchschlagsgrenze.

5

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 15 berechnet wird und daß diese beiden Verhältnismerte 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 20 dies dann verfahrenstechnisch günstiger ist. Das umgekehrte gilt, falls die relative Spannungsänderung höher als die relative Stromänderung bei Änderung der Steuerspannung ist.

25 5 Patentansprüche

3 Figuren

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln der Filterstromgrenze eines Elektrofilters, das über ein Stellglied aus einem Wechselstromnetz gespeist ist und bei dem die Steuerspannung des Stellgliedes abhängig von Filterbetriebswerten bis zu einer vorgegebenen Filterstromgrenze änderbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß während des Filterbetriebes in vorgegebenen Zeitabständen die Steuerspannung (U_{St}) in vorgegebenen Schritten (ΔU_{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 der Filterspannung zur Änderung des Filterstromes (I_F) berechnet werden und daß bei Unterschreiten vorgegebener Grenzwerte (ξ) 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 Aufnahme der Filtercharakteristik so gewählt

sind, daß jeweils nur bei einem Filter die Steuerspannung (U_{St}) variiert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
5 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 je-
weils größeren relativen Wert festgelegt ist, ob als
Reaktion auf die Durchschläge des Filters eine defi-
10 nierte Spannungs- oder Stromänderung durchgeführt wird.

1/1

79 P 8529

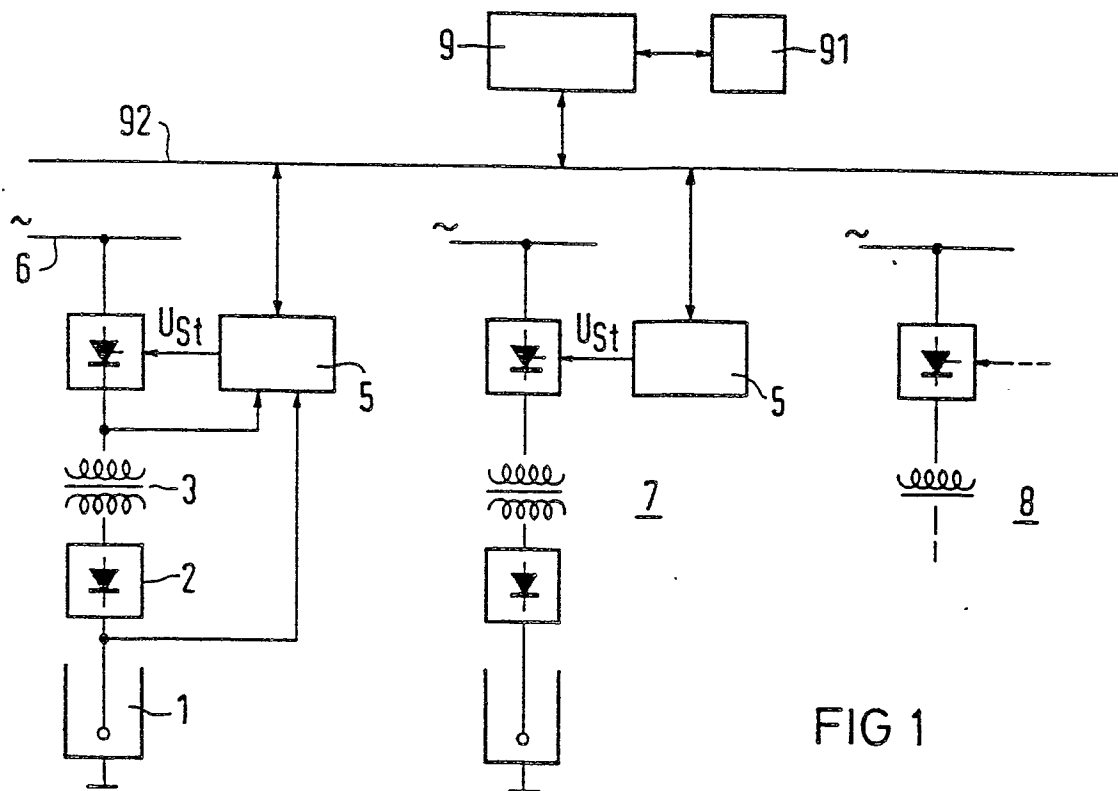


FIG 1

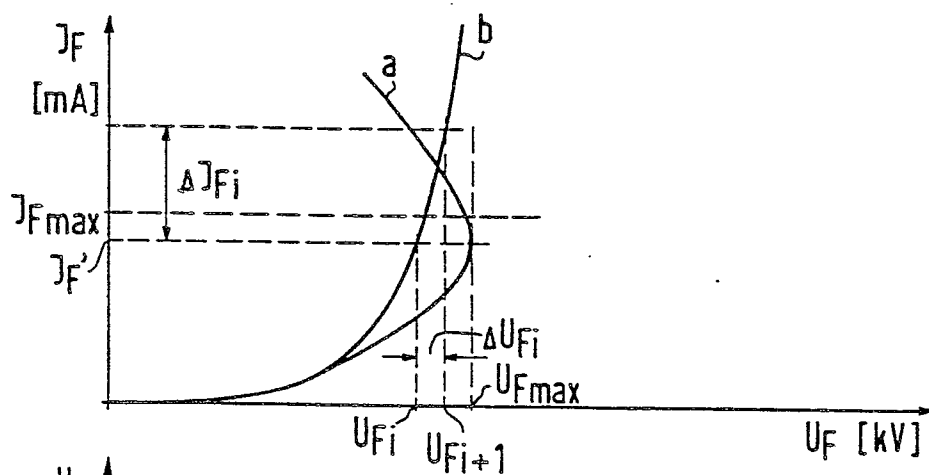


FIG 2

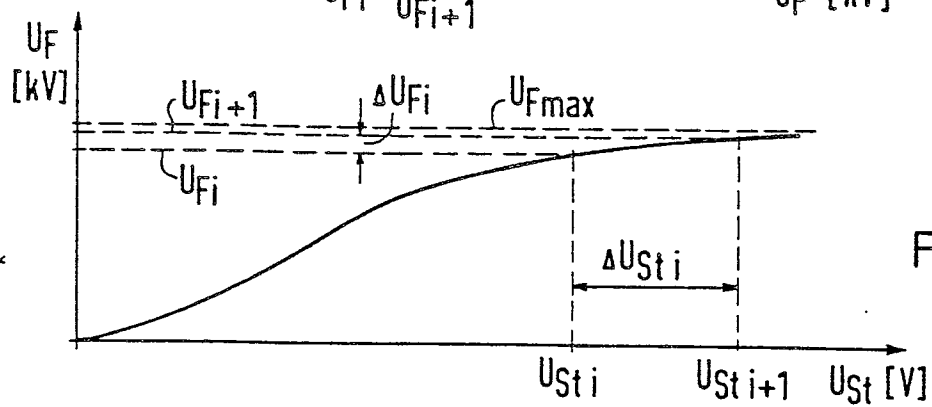


FIG 3

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. ³)	
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch		
	<u>DE - B2 - 2 357 017</u> (LODGE-COTTRELL LTD.) * Ansprüche 1 bis 4; Spalte 1, Zeile 39 bis Spalte 2, Zeile 31 * & GB - B - 1 424 346 & US - A - 3 959 715 	1,3	B 03 C 3/66 G 05 F 1/46 G 01 R 19/00	
	<u>US - A - 2 907 403</u> (M.P. FOLEY) * Spalte 2, Zeile 7 bis Spalte 3, Zeile 24; Fig. 1, 2 *	1		
			RECHERCHIESTE SACHGEBIETE (Int. Cl. ³)	
	A	<u>DE - A - 1 557 234</u> (VEB PROJEKTIERUNGS-, KONSTRUKTIONS- UND MONTAGEBÜRO, KOHLEVERARBEITUNG) * Ansprüche 1 bis 3; Fig. 3, 4 *	1	B 03 C 3/66 B 03 C 3/68 G 01 R 19/00 G 05 F 1/46
	A	<u>DE - A1 - 2 540 084</u> (SIEMENS AG) * Seite 1 bis Seite 2, Absatz 4 *		
				KATEGORIE DER GENANNTE DOKUMENTE
X	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.		X: von besonderer Bedeutung A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: kollidierende Anmeldung D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus anderen Gründen angeführtes Dokument &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Priifer	
Berlin		25-03-1981	LEMMERICH	