



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.01.2008 Patentblatt 2008/01

(51) Int Cl.:
B03C 3/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07111016.7**

(22) Anmeldetag: **26.06.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
80333 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Graß, Norbert, Prof.**
91074 Herzogenaurach (DE)
• **Hoffmann, Enrico**
91052 Erlangen (DE)

(30) Priorität: **29.06.2006 DE 102006030430**

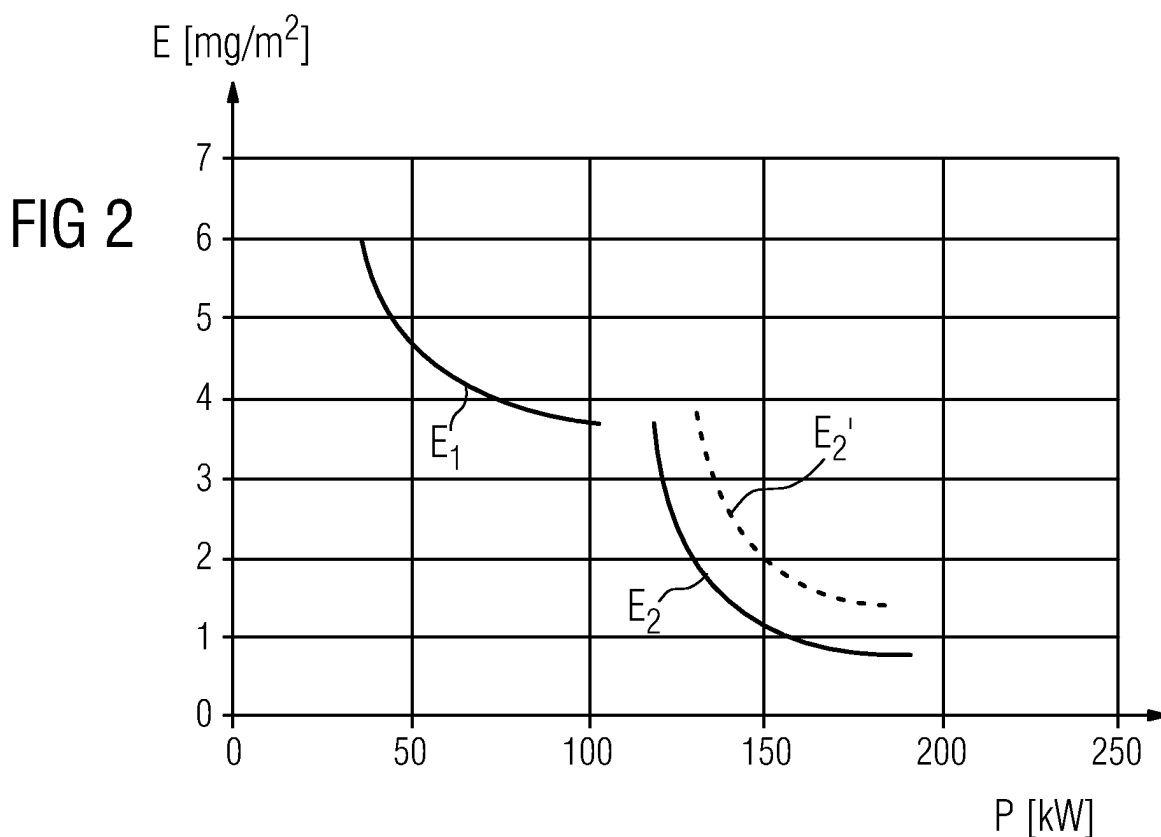
(54) **Verfahren zur Optimierung eines mehrzonigen Elektrofilters**

(57) Zur Optimierung eines mehrzonigen Elektrofilters wird ein Verfahren mit den folgenden Verfahrensschritten vorgeschlagen:

a) Absenkung der elektrischen Leistung in allen Zonen des Elektrofilters bis am Ausgang der letzten Zone ein vorgegebener Emissionswert erreicht wird,

b) nacheinander für jede der Zonen: schrittweise Erhöhung der elektrischen Leistung der Zone und Erfassung des jeweils zugehörigen Emissionswertes am Ausgang des Filters für jede Erhöhung,

c) Ermittlung der Änderung der Emission bei Änderung der Leistung für jede der Zonen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Optimierung eines mehrzonigen Elektrofilters gemäß Patentanspruch 1. Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß Patentanspruch 9, ein Computerprogramm-Produkt gemäß Patentanspruch 12 sowie ein computerlesbares Medium gemäß Patentanspruch 13.

[0002] Elektrofilter finden in den vielfältigsten technischen Prozessen zur Entstaubung von Gasen Verwendung. Hierbei wird ein Paket von Abscheideelektroden im Gasstrom angeordnet. Zwischen diesen Abscheideelektroden werden vorzugsweise drahtförmige Sprühelektroden eingefügt, wobei zwischen den elektrisch jeweils parallel geschalteten Sprühelektroden einerseits und den Abscheideelektroden andererseits eine hohe Gleichspannung in der Größenordnung von etwa 50V angelegt wird. Hierdurch werden die Gasmoleküle ionisiert und geben sodann ihre Ladung an die im Gasstrom enthaltenen Staubpartikel ab, welche negativ aufgeladen werden und dadurch zu dem positiv geladenen Teil der Elektroden gezogen werden. Dort können sie durch Vibration oder durch Abstreifeinrichtungen gelöst werden und fallen so dann nach unten in eine Staubsammelvorrichtung.

[0003] Durch Erhöhung der Effizienz des Elektrofilters lassen sich dessen Emissionen, der Energieverbrauch sowie die Betriebskosten senken. Aufgrund der hohen Kosten für mechanische Filtererweiterungen bietet es sich an, die Effizienzerhöhung durch einen Upgrade der Hochspannungsversorgungseinrichtung des Elektrofilters zu realisieren. So bieten sich insbesondere durch die Verwendung von Hochspannungsversorgungen auf Basis der IGBT-Technologie (siehe z.B. EP 1 119 912 B1 und EP552389-A1) neue Möglichkeiten zur Effizienzerhöhung.

[0004] Elektrofilter weisen oftmals mehrere Filterzonen auf, die von dem Gasstrom nacheinander durchströmt werden, d.h. die einzelnen Filterzonen sind in Richtung des Gasstromes hintereinander (seriell) geschaltet, und die jeweils eine separate Hochspannungsversorgungseinrichtung aufweisen. Der Gasstrom tritt dabei in eine erste Filterzone (die Eingangszone) ein und tritt am Ausgang des Elektrofilters aus einer letzten Zone (der Ausgangszone) aus dem Elektrofilter aus. Zwischen der Eingangs- und der Ausgangszone können ein oder mehrere weitere Filterzonen angeordnet sein. Eine einzelne Zone kann wiederum aus einem oder mehreren parallel bezüglich des Gasstromes angeordneten Feldern bestehen, die wiederum aus jeweils einer separaten Hochspannungsversorgungseinrichtung versorgt werden.

[0005] Ausgehend hiervon ist es Aufgabe vorliegender Erfindung, ein Verfahren anzugeben, durch das bei möglichst geringem Aufwand eine maximale Optimierung des Elektrofilters ermöglicht wird. Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß durch ein Verfahren gemäß Pa-

tentanspruch 1.

[0006] Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens ist Gegenstand des Patentanspruchs 9, ein Computerprogramm-Produkt ist Gegenstand des Patentanspruchs 12 und ein computerlesbares Medium ist Gegenstand des Patentanspruchs 13.

[0007] Das erfindungsgemäße Verfahren sieht die folgenden Verfahrensschritte vor:

- a) Absenkung der elektrischen Leistung in allen Zonen des Elektrofilters, bis am Ausgang der letzten Zone ein vorgegebener Emissionswert erreicht wird,
- b) nacheinander für jede der Zonen: schrittweise Erhöhung der elektrischen Leistung der Zone und Erfassung des jeweils zugehörigen Emissionswertes am Ausgang des Filters für jede Erhöhung,
- c) Ermittlung der Änderung der Emission bei Änderung der Leistung für jede der Zonen.

[0008] Die Änderung der Emission bei Änderung der elektrischen Leistung (d.h. der Gradient der Emission (oder der Opazität) über der elektrischen Leistung) ist ein Maß für den Einfluss der elektrischen Leistung einer Zone auf die Partikelemission.

[0009] In den Zonen, bei denen die Änderung der Emission bei Änderung der elektrischen Leistung (d.h. die Gradienten der Emission (oder der Opazität) über der elektrischen Leistung) am größten ist, kann im Vergleich zu den anderen Zonen mit einer vorgegebenen Leistungsänderung die größte Emissionswertänderung erzielt werden.

[0010] Wenn die Leistungsänderung durch eine Modernisierungsmaßnahme erzielt werden soll, z.B. Ersatz eines SCR (=silicon controlled rectifier) durch einen IGBT-Umrichter, so kann in diesen Zonen mit dem geringsten Modernisierungsaufwand eine maximale Effizienzerhöhung erzielt werden, wobei der vorgeschriebene oder gewünschte Emissionswert eingehalten wird.

[0011] Eine erste vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht deshalb folgenden weiteren Schritt vor:

- d) Erhöhung der elektrischen Leistungsabgabefähigkeit der Spannungsversorgungseinrichtung der Zone, in der die Änderung der Emission bei Änderung der Leistung am größten ist.

[0012] Weist eine Zone mehrere in Richtung des Gasstromes parallel angeordnete Felder auf, so werden diese parallelen Felder vorteilhafterweise stets synchron behandelt.

[0013] Weitere Vorteile sind hierbei dadurch erzielbar, dass

- im Schritt b) zusätzlich für jedes der Felder einer Zone schrittweise die elektrische Leistung des Feldes erhöht wird, wobei die elektrische Leistung in allen anderen Feldern der Zone abgesenkt bleibt,

und der jeweils zugehörige Emissionswert am Ausgang des Filters für jede Erhöhung erfasst wird,

- im Schritt c) zusätzlich die Änderung der Emission bei Änderung der Leistung für jedes der Felder jeder der Zonen ermittelt wird und
- im Schritt d) zur Erhöhung der elektrischen Leistungsaufnahmefähigkeit der Zone die elektrische Leistungsaufnahmefähigkeit desjenigen Feldes oder derjenigen Felder der Zone erhöht wird, in dem bzw. in denen die Änderung der Emission bei Änderung der Leistung am größten ist.

[0014] In den Feldern, bei denen die Änderung der Emission bei Änderung der elektrischen Leistung (d.h. die Gradienten der Emission (oder der Opazität) über der elektrischen Leistung) dann am größten ist, kann im Vergleich zu den anderen Feldern mit einer bestimmten Leistungsänderung die größte zugehörige Emissionswertänderung erzielt werden. Wenn die Leistungsänderung durch eine Modernisierungsmaßnahme erzielt werden soll, z.B. Ersatz eines SCR (=silicon controlled rectifier) durch einen IGBT-Umrichter in einem derartigen Feld, so kann mit dem geringsten Modernisierungsaufwand eine maximale Effizienzsteigerung erzielt werden, wobei der vorgeschriebene oder gewünschte Emissionswert gerade erreicht wird.

[0015] Es können somit gezielt die Zone(n) oder das oder die Felder modernisiert werden, bei denen durch eine Leistungsänderung eine maximale Effizienzverbesserung erzielbar ist und somit der Modernisierungsaufwand klein gehalten werden.

[0016] Hochspannungsversorgungseinrichtungen auf Basis der SCR (Silicon Control Rectifier)-Technologie sind immer noch auf dem Markt erhältlich und können mit neuer, leistungsfähiger Steuerung ausgerüstet werden um einen Elektrofilter zu optimieren. Ein wichtiger Vorteil dieser Technologie liegt darin, dass die Kosten der Leistungselektronikkomponenten immer noch sehr klein sind im Vergleich zu IGBT-Umrichterkomponenten. Wenn nun ein schlechter Leistungsfaktor kein Problem darstellt, können SCR-Komponenten für Felder von Elektrofiltern mit geringeren Anforderungen bezüglich der Qualität der Spannung und der Überschlagsreaktionen verwendet werden. In großen Anlagen ist dies häufig der Fall bei den mittleren Feldern der Elektrofilter. Große Elektrofilter können dagegen vorteilhafterweise aus einer Kombination von IGBT-Umrichtern und SCRs aufgebaut werden, denn IGBT-Umrichter können genutzt werden, um den Betrieb nachfolgender Felder zu stabilisieren. Mit hohen Strömen in den ersten Feldern, wie sie durch IGBT-Umrichter möglich sind, kann die Durchschlagsrate in den nachfolgenden Feldern deutlich vermindert werden und zugleich die Spannung erhöht werden.

[0017] Eine zweite vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht folgenden weiteren Schritt vor:

d) Erhöhung der elektrischen Leistung der Spannungsversorgungseinrichtung der Zone, in der die Änderung der Emission bei Änderung der Leistung am größten ist.

[0018] Durch rechnergesteuerte Durchführung und Auswertung der Messungen, kann somit der Betrieb des Elektrofilters automatisch optimiert werden.

[0019] Weitere Vorteile sind hierbei dadurch erzielbar, dass

- im Schritt b) zusätzlich für jedes der Felder einer Zone schrittweise die elektrische Leistung des Feldes erhöht wird, wobei die elektrische Leistung in allen anderen Feldern der Zone abgesenkt bleibt, und der jeweils zugehörige Emissionswert am Ausgang des Filters für jede Erhöhung erfasst wird,
- im Schritt c) zusätzlich die Änderung der Emission bei Änderung der Leistung für jedes der Felder jeder der Zonen ermittelt wird und
- im Schritt d) zur Erhöhung der elektrischen Leistungsaufnahme der Zone die elektrische Leistungsaufnahme desjenigen Feldes oder derjenigen Felder der Zone erhöht wird, in dem bzw. in denen die Änderung der Emission bei Änderung der Leistung am größten ist.

[0020] Es wird somit nicht die Leistungsaufnahme des gesamten Filters, d.h. aller Felder des Filters, sondern gezielt nur die Leistungsaufnahme desjenigen oder derjenigen Felder mit größtem Einfluss auf den Emissionswert erhöht.

[0021] Eine dritte vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht folgenden weiteren Schritt vor:

d) Durchlaufen der Schritte a) bis c) zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten, Vergleichen der in den beiden unterschiedlichen Zeitpunkten jeweils ermittelten Änderungen der Emission bei Änderung der Leistung für jede der Zonen miteinander und Ermittlung von Zonen mit eingeschränkter Funktionsfähigkeit, z.B. Staubablagerungen auf Filterplatten, durch diesen Vergleich.

[0022] Da sich eine eingeschränkte Funktionsfähigkeit, wie z.B. Staubablagerungen auf Filterplatten, durch eine Änderung der Emission bei Änderung der Leistung bemerkbar macht, können durch einen derartigen Vergleich Zonen oder Felder mit eingeschränkter Funktionsfähigkeit ermittelt und Maßnahmen zur Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit, z.B. Plattenklopfen ("Rapping") bei Staubablagerungen, ausgelöst werden.

[0023] Von Vorteil wird bei einer Erhöhung der Spannung der zugehörigen Emissionswertes am Ausgang des Filters erst nach Ablauf einer Wartezeit erfasst. Es kann somit sichergestellt werden, dass sich die Emission auf einem neuen Wert stabilisiert hat.

[0024] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur

Durchführung des Verfahrens bei einem Elektrofilter mit mehreren Zonen mit jeweils zumindest einem Feld und mit jeweils einer Hochspannungsversorgungseinheit für jedes der Felder einer Zone weist einen Computer zur Steuerung der Leistungsabgaben der Hochspannungsversorgungseinheiten, zur Aufzeichnung von Messwerten für die Emission und zur Ermittlung der Änderung der Emission bei Änderung der Leistung auf, wobei der Computer eine Software aufweist, die den Computer zur Durchführung der Schritte a) bis c) veranlasst.

[0025] Von Vorteil ist der Computer über ein Netzwerk mit den Hochspannungsversorgungseinheiten verbunden.

[0026] Die Software kann hierbei auf dem Computer in eine Bedienungs- und Diagnosesoftware für den Elektrofilter integriert sein.

[0027] Weiterhin ist Gegenstand vorliegender Erfindung ein Computerprogramm-Produkt, welches auf einem computerlesbaren Medium speicherbar ist und einen Software-Code-Abschnitt aufweist, welcher geeignet ist, den vorgenannten Computer zur Durchführung der Verfahrensschritte a) bis c) zu veranlassen.

[0028] Weiterhin ist Gegenstand vorliegender Erfindung ein Computerlesbares Medium, auf dem ein derartiges Computerprogramm-Produkt gespeichert ist.

[0029] Da normalerweise eine Staubdichtemessung nur nach dem Gasaustritt aus dem Elektrofilter möglich ist, kann die Wirkung eines einzelnen Feldes nicht isoliert gemessen werden. Weiterhin darf der Emissionsgrenzwert der jeweiligen Anlage auch während der Messung, die im Betrieb der Anlage durchzuführen ist, nicht überschritten werden.

[0030] Bei einer manuellen Einstellung der elektrischen Parameter (Spannung, Strom) und Ablesen der Emissionswerte nach Abwarten der Reaktionszeit des Filters, Eintragen der Werte in eine Tabelle und grafische Darstellung der Abhängigkeiten beträgt der Aufwand bei großen Filtern bis zu 10 Stunden.

[0031] Von Vorteil erfolgt deshalb die Durchführung der Verfahrensschritte a) bis c) mit Hilfe einer automatisierten Messdatenaufnahme, wie sie im Folgenden beschrieben wird:

- Gleichmäßige, schrittweise Absenkung der elektrischen Leistung (alternativ: Spannung / Strom) bis der zulässige Emissionsgrenzwert erreicht wird.
- Nach Stabilisierung des Emissionswerts wird nun in den 1. Feldern am Gaseinlaß des Filters schrittweise der Strom (Leistung / Spannung) erhöht. Nach jedem Schritt muss abgewartet werden, bis sich die Emission auf einem neuen Wert stabilisiert hat. Diese Wartezeit liegt normalerweise im Bereich einiger Minuten.
- Anschließend werden die nächsten Felder im Gasweg auf die gleiche Weise vermessen. Dabei werden parallele Felder immer synchron behandelt.

Beispiel: Filter mit 4 seriellen und 4 parallelen Feldern; Wartezeit pro Wert 5 Minuten; Messung von nur 10 Stromwerten pro Feld; $10 \cdot 5 \cdot 4 = 200$ Minuten, ca. 3,5 Stunden.

- danach erfolgt eine Auswertung, wo die Emission in Abhängigkeit von der elektrischen Leistung in den einzelnen Feldern optimiert werden kann. Eine höhere Leistung wird eingesetzt in den Feldern, in denen die Steigung der Kurven $E_m = f(P)$ am größten ist. Von besonderer Vorteil ist es, wenn in diesen Feldern IGBT-Umrichter zur Hochspannungserzeugung eingesetzt werden, da die Leistung damit deutlich erhöht werden kann.

- Weitere Werte, die aufgezeichnet werden können:

Anzahl der Filterdurchschläge
Filtercharakteristik ($U = f(i)$)
Welligkeit der Filterspannung
Plattenklopfung

[0032] Die Messung kann automatisiert durch einen PC mit einer entsprechenden Software durchgeführt werden, wenn die Hochspannungsgeräte über ein Daten-Netzwerk (z.B. PROFIBUS) mit dem genannten PC verbunden sind.

[0033] Der Ablauf einer derartigen automatisierten Messung mittels eines PC und einer entsprechenden Software gemäß einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung soll nun beispielhaft anhand der FIGen 1 und 2 noch einmal näher beschrieben werden. Dabei zeigen:

FIG 1 Zeitverlauf einer Messung an einem 2-stufigen Filter,

FIG 2 Auswertung der Messdaten, Verlauf der Emission bei Änderung der Filterströme zunächst im 1. Feld und anschließend im 2. Feld.

[0034] Hierbei sind die folgenden Schritte vorgesehen:

- Ein Emissionsgrenzwert EG bzw. der für den Versuch maximal zulässige Emissionswert ist in den PC einzugeben
- Zunächst bestimmt das System bei hoher elektrischer Leistung den Emissionswert als Mittelwert über einen Zeitraum von beispielsweise 10 Minuten.
- Anschließend wird der Strom in allen Feldern, vorzugsweise gleichzeitig, um einen bestimmten Wert, z.B. 30 %, abgesenkt und die Emissionsmittelwerte in Intervallen von z.B. 30s bestimmt.
- Nach einer Wartezeit von z.B. weiteren 10 Minuten werden die Emissionsmittelwerte verglichen und die Zeitkonstante der Reaktion auf die sprungartige Lei-

stungsänderung bestimmt. Dazu wird ein Band um die Kurve gelegt, innerhalb dessen alle Messwerte Platz finden müssen.

- Diese Zeitkonstante wird für alle folgenden Aktionen als Wartezeit nach einer Änderung der elektrischen Parameter verwendet.
- Der Strom wird nun mit einem P- oder PI-Regler oder einfach in festen oder variablen Stufen für alle Felder solange verkleinert, bis der maximal zulässige Emissionswert EG erreicht wird (siehe FIG 1)
- Nun beginnt die Datenaufzeichnung. Auch später nachvollziehbar wird jede Parameteränderung registriert und in einer Tabelle abgespeichert.
- in dem ersten Feld im Gasstrom wird der Strom nun in festen oder variablen (z.B. einstellbarer %-Satz des aktuellen Stromes) erhöht bis zum zulässigen Maximalwert. Die weiteren Felder folgen bis alle Felder mit max. Strom betrieben werden. (zeitlicher Verlauf der elektrischen Leistung P1 des Feldes 1 und der elektrischen Leistung P2 des Feldes 2 siehe FIG 1) .
- Es entstehen Kurven E1, E2 wie in FIG 2 gezeigt, aus denen für jedes Feld die Änderung der Emission bei Änderung der Leistung ableitbar ist. Dabei bezeichnet E1 die Emission in Abhängigkeit von der Leistung im Feld 1 und E2 die Emission in Abhängigkeit von der Leistung im Feld 2.

[0035] Wenn die vorstehend beschriebene Messung zu einem anderen, späteren Zeitpunkt wiederholt wird, bei dem die Filterplatten des Feldes 2 eine eingeschränkte Funktionsfähigkeit aufgrund von Staubablagerungen auf den Filterplatten des Feldes 2 aufweist, so würde für die Emission des Feldes 2 die in FIG 2 strichliert gezeigte Kurve E2' entstehen. Lässt sich durch einen Vergleich der beiden Emissionskurven E2 und E2' für die unterschiedlichen Zeitpunkte ein Unterschied in den Änderungen der Emission über der Änderung der Leistung feststellen, so ist daraus schließbar, dass die Funktionsfähigkeit der Platten des Feldes 2 eingeschränkt ist und ein Plattenklopfen ("Rapping") ausgelöst werden muss.

[0036] Weitere Anwendung dieser Messmethode und des erfindungsgemäßen Verfahrens:

Untersuchung des gepulsten Betriebes durch Variation der Pulsmuster in den einzelnen Zonen. Dabei kann die Messung jedoch um ein Vielfaches länger dauern, da die Reaktionszeiten auf die geänderten Betriebsweisen erheblich größer sind.

Vorteile: Diese Funktion kann in die Bedienungs- und Diagnosesoftware von Elektrofiltern integriert werden. In Anlagen, in denen die Hochspannungs-

geräte ohnehin bereits über ein Datennetz verbunden sind, sind keine zusätzlichen Hardwarekomponenten nötig. Mit einer netzwerk- und internetfähigen Software kann diese Untersuchung auch remote durchgeführt werden, es entfallen Reiseaufwendungen. Bei kurzzeitigen, sporadisch auftretenden kritischen Anlagenzuständen kann diese Messung unverzüglich und sogar automatisiert begonnen werden. Dies ist ein besonderer Vorteil, da mit der konventionellen Messmethode die Rüstzeit häufig länger war als das Ereignis selbst. Durch rechnergesteuerte Durchführung und Auswertung der Messungen, kann der Betrieb des Elektrofilters automatisch optimiert werden.

Beispiel: Optimierung eines Elektrofilters eines fossilen Kraftwerkes:

[0037] Es wurden Messungen der Elektrofiltereffizienz an einem Elektrofilterkanal(precipitator duct), vorgenommen der aus fünf hintereinandergeschalteten Zonen bzw. Feldern bestand, wobei die Felder 1, 2 und 5 mit IGBT-Umrichter-Energieversorgungseinrichtungen und Felder 3 und 4 mit neuen Steuerungen und Thyristor-Energieversorgungseinrichtungen ausgerüstet waren. Die Effizienz wurde gemessen mit einem Opazitäts-Messgerät, Änderungen in der Opazität in Folge von Änderungen von elektrischen Parametern konnten somit zuverlässig im Opazitätssignal festgestellt werden.

[0038] Anfangsbedingungen für die Tests war so wenig elektrische Leistung wie möglich in allen Feldern, wobei das Opazitätssignal einen vorgegebenen Grenzwert nicht überschritt. Die Opazitätsmessungen reagierten sehr zuverlässig auf die elektrischen Änderungen. Das Ziel war die Effizienz (d.h. Opazität/elektrische Leistung) jedes Feldes in dem Kanal ("duct") zu bestimmen. Um das Feld in realistischen Konditionen zu betreiben, mussten die elektrischen Ströme für alle Felder getrennt erhöht werden, wobei in dem ersten Feld begonnen wurde und dann in den nachfolgenden Feldern in Richtung des Gasstromes fortgeführt wurde.

[0039] FIG 3 zeigt den Strom I im Feld 1, d.h. mit einer IGBT-Umrichter-Energieversorgungseinrichtung, und das Opazitätssignal O während des Experiments. Die Skalierung des Opazitätssignals ist nicht in FIG 3 gezeigt. Während mit einer Standard-SCR-Energieversorgungseinrichtung wegen des Durchschlagslimits des Filters nur etwa 350 mA erreicht werden können, können mit einem schnell schaltenden IGBT-Umrichter die Ströme auf Werte bis zu 700 mA erhöht werden. Die folgende Tabelle zeigt die sich dadurch ergebenden Opazitätswerte und Verbesserungen.

	Thyristor	IGBT	Verbesserung
I _{prim} [mA]	350	700	100%
Opazität[%]	10-12	8	20-30%

[0040] Während der Reinigung der Staubfangelektroden durch Plattenklopfung ("Rapping"), in FIG 3 mit R gekennzeichnet, erhöht sich die Opazität O deutlich, wenn der Strom gering ist. Während des Rappings verursacht eine Vibration der Platten, dass die Staubschicht die Platten heruntergleitet. Der Gasstrom verursacht wegen der leichten Aufeinanderlage der Staubschichten, dass einige Partikel von dem Gasstrom mitgerissen werden. Im Falle eines hohen elektrischen Stromes wird die Staubschicht fester und somit die Staubauslösung während des Rappings reduziert.

[0041] Gerade im Betrieb mit niedriger Leistung ist es deshalb wichtig, bei Beginn der Klopfung den Strom zu erhöhen, um den Anstieg der Emission zu vermeiden.

[0042] Ähnliche Effekte konnten erzielt werden, wenn der Strom im Feld 2 erhöht wurde. Die zugehörigen Werte für den Strom I und die Opazität O sind aus folgender Tabelle ersichtlich.

	Thyristor	IGBT	Verbesserung
I _{prim} [mA]	500	650	30%
Opazität[%]	7	5.6	25%

[0043] Der Effekt der Ströme in den Feldern 3 und 4 ist wesentlich geringer. Dies wurde bereits erwartet, denn wegen der hohen Effizienz der Felder 1 und 2 verbleibt den Feldern 3 und 4 im Wesentlichen die Aufgabe, die bereits geladenen Artikel zu sammeln. Die Durchschlagsrate ist deshalb wesentlich geringer in diesen Feldern und wegen der geringen Anzahl von Partikel die die Felder 3 und 4 erreichen ist der sogenannte "back corona"-Effekt ebenfalls gering.

[0044] Im Feld 5 verursachte die Erhöhung des Stromes keine große Änderung in dem Durchschnittswert für die Opazität (siehe FIG 4). Der IGBT-Umrichter ist auch in der Lage, im Vergleich zu einem SCR den Strom wesentlich schneller zu erhöhen, so dass die Prozesseffizienz erhöht wird. Für eine Modernisierung bietet es sich somit unter Kosten-/Nutzen-betrachtungen an, nicht alle Felder 1 bis 5, sondern nur die Felder 1 und 2 mit moderner IGBT-Technologie auszustatten.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Optimierung eines mehrzonigen Elektrofilters mit den folgenden Schritten:

- a) Absenkung der elektrischen Leistung in allen Zonen des Elektrofilters bis am Ausgang der letzten Zone ein vorgegebener Emissionswert erreicht wird,
- b) nacheinander für jede der Zonen: schrittweise Erhöhung der elektrischen Leistung der Zone und Erfassung des jeweils zugehörigen Emissionswertes am Ausgang des Filters für jede Er-

höhung,

c) Ermittlung der Änderung der Emission bei Änderung der Leistung für jede der Zonen.

2. Verfahren nach Anspruch 1 mit folgendem weiteren Schritt:

d) Erhöhung der elektrischen Leistungsabgabefähigkeit der Spannungsversorgungseinrichtung der Zone, in der die Änderung der Emission bei Änderung der Leistung am größten ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem

- im Schritt b) zusätzlich für jedes der Felder einer Zone schrittweise die elektrischen Leistung des Feldes erhöht wird, wobei die elektrische Leistung in allen anderen Feldern der Zone abgesenkt bleibt, und der jeweils zugehörige Emissionswert am Ausgang des Filters für jede Erhöhung erfasst wird,

- im Schritt c) zusätzlich die Änderung der Emission bei Änderung der Leistung für jedes der Felder jeder der Zonen ermittelt wird und

- im Schritt d) zur Erhöhung der elektrischen Leistungsaufnahmefähigkeit der Zone die elektrische Leistungsaufnahmefähigkeit desjenigen Feldes oder derjenigen Felder der Zone erhöht wird, in dem bzw. denen die Änderung der Emission bei Änderung der Leistung am größten ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1 mit folgendem weiteren Schritt:

d) Erhöhung der elektrischen Leistung der Spannungsversorgungseinrichtung der Zone, in der die Änderung der Emission bei Änderung der Leistung am größten ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem

- im Schritt b) zusätzlich für jedes der Felder einer Zone schrittweise die elektrischen Leistung des Feldes erhöht wird, wobei die elektrische Leistung in allen anderen Feldern der Zone abgesenkt bleibt, und der jeweils zugehörige Emissionswert am Ausgang des Filters für jede Erhöhung erfasst wird,

- im Schritt c) zusätzlich die Änderung der Emission bei Änderung der Leistung für jedes der Felder jeder der Zonen ermittelt wird und

- im Schritt d) zur Erhöhung der elektrischen Leistungsaufnahme der Zone die elektrische Leistungsaufnahme desjenigen Feldes oder derjenigen Felder der Zone erhöht wird, in dem bzw. denen die Änderung der Emission bei Änderung der Leistung am größten ist.

6. Verfahren nach Anspruch 1 mit folgendem weiteren Schritt:
- d) Durchlaufen der Schritte a) bis c) zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten, Vergleichen der in den beiden unterschiedlichen Zeitpunkten jeweils ermittelten Änderungen der Emission bei Änderung der Leistung für jede der Zonen miteinander und Ermittlung von Zonen mit eingeschränkter Funktionsfähigkeit, z.B. Staubablagerungen auf Filterplatten, durch diesen Vergleich. 5 10
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem bei einer Erhöhung der Spannung der zugehörigen Emissionswertes am Ausgang des Filters erst nach Ablauf einer Wartezeit Erfasst wird. 15
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem zusätzlich nacheinander für jede der Zonen die Pulsmuster in den einzelnen Zonen geändert werden und die Änderung der Emission bei Änderung der Pulsmuster für jede der Zonen ermittelt wird. 20 25
9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens bei einem Elektrofilter mit mehreren Zonen mit jeweils zumindest einem Feld und mit jeweils einer Hochspannungsversorgungseinheit für jedes der Felder einer Zone, mit einem Computer zur Steuerung der Leistungsabgaben der Hochspannungsversorgungseinheiten, zur Aufzeichnung von Messwerten für die Emission und zur Ermittlung der Änderung der Emission bei Änderung der Leistung, wobei der Computer eine Software aufweist, die den Computer zur Durchführung der Schritte a) bis c) veranlasst. 30 35
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, bei der der Computer über ein Netzwerk mit den Hochspannungsversorgungseinheiten verbunden ist. 40
11. Vorrichtung nach Anspruch 9, bei der die Software auf dem Computer in eine Bedienungs- und Diagnosesoftware für den Elektrofilter integriert ist. 45
12. Computerprogramm-Produkt, welches auf einem computerlesbaren Medium speicherbar ist und einen Software-Code-Abschnitt aufweist, welcher geeignet ist, den Computer nach Anspruch 9 zur Durchführung der Schritte a) bis c) zu veranlassen, wenn das Produkt in dem Computer ausgeführt wird. 50
13. Computerlesbares Medium, auf dem das Computerprogramm-Produkt nach Anspruch 12 gespeichert ist. 55

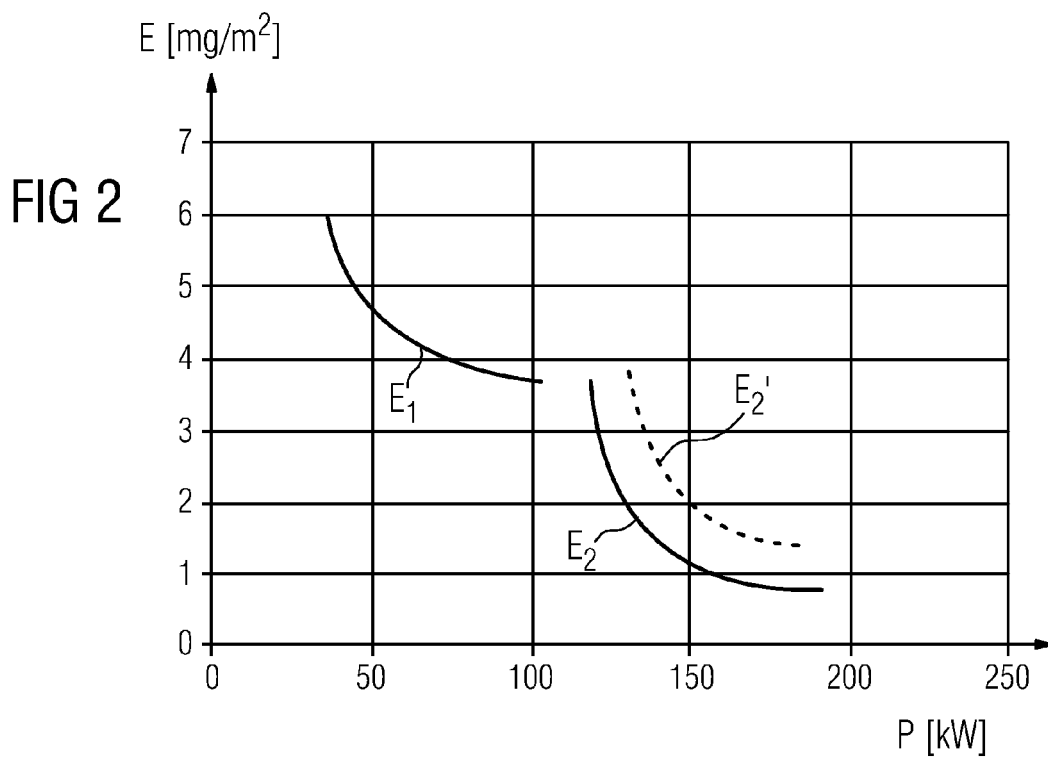
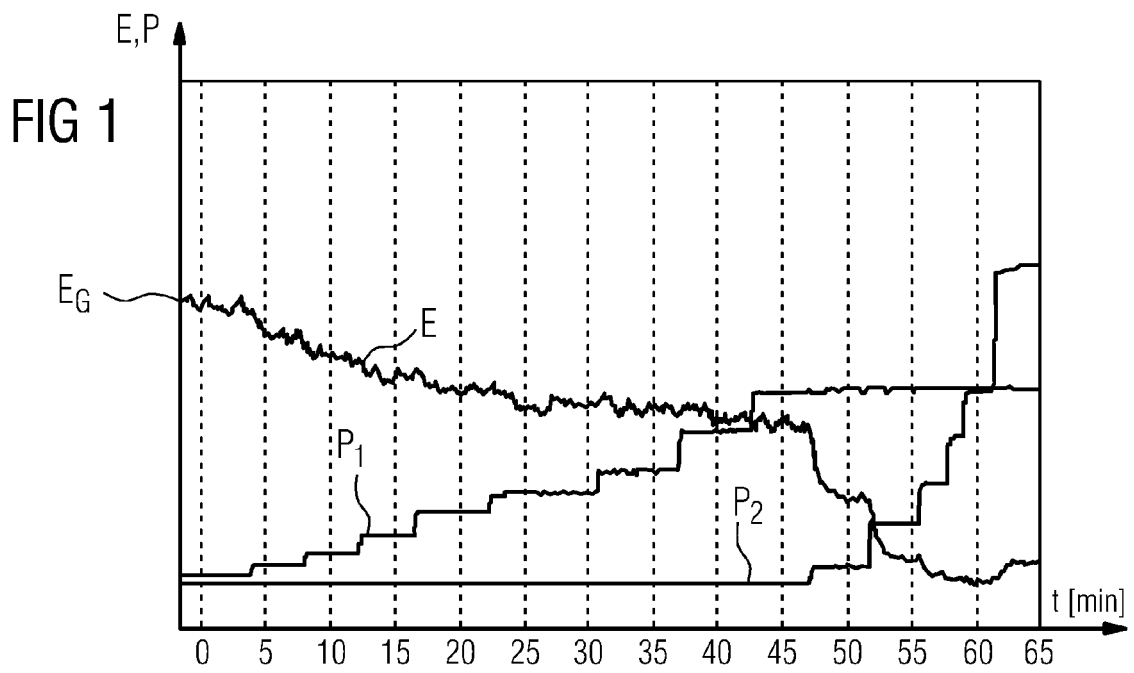


FIG 3

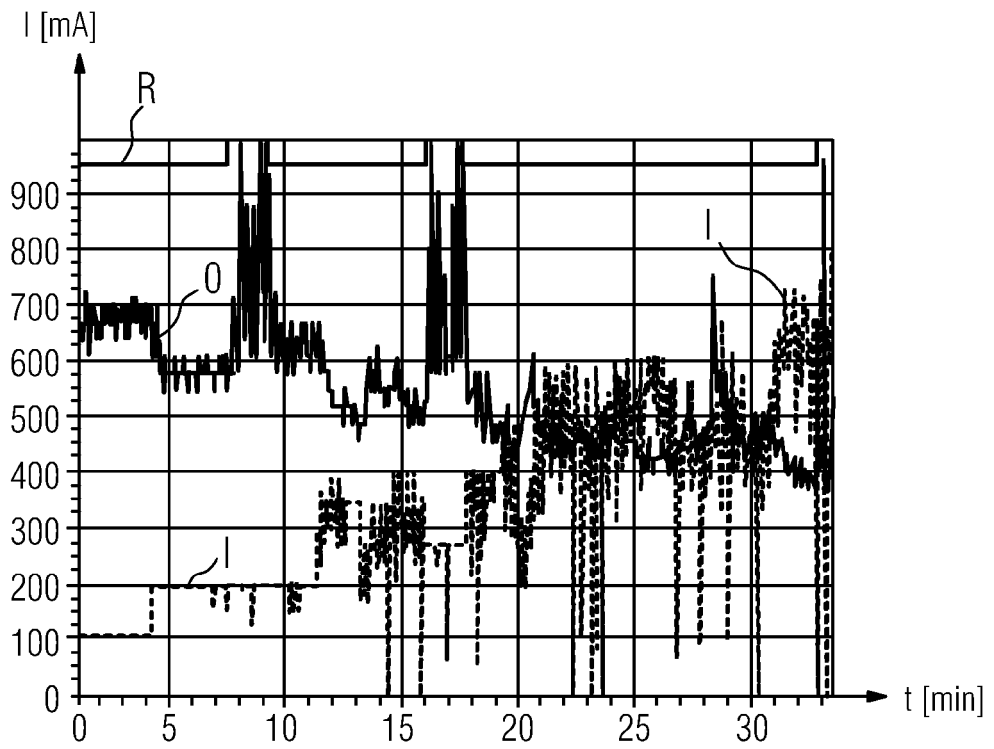
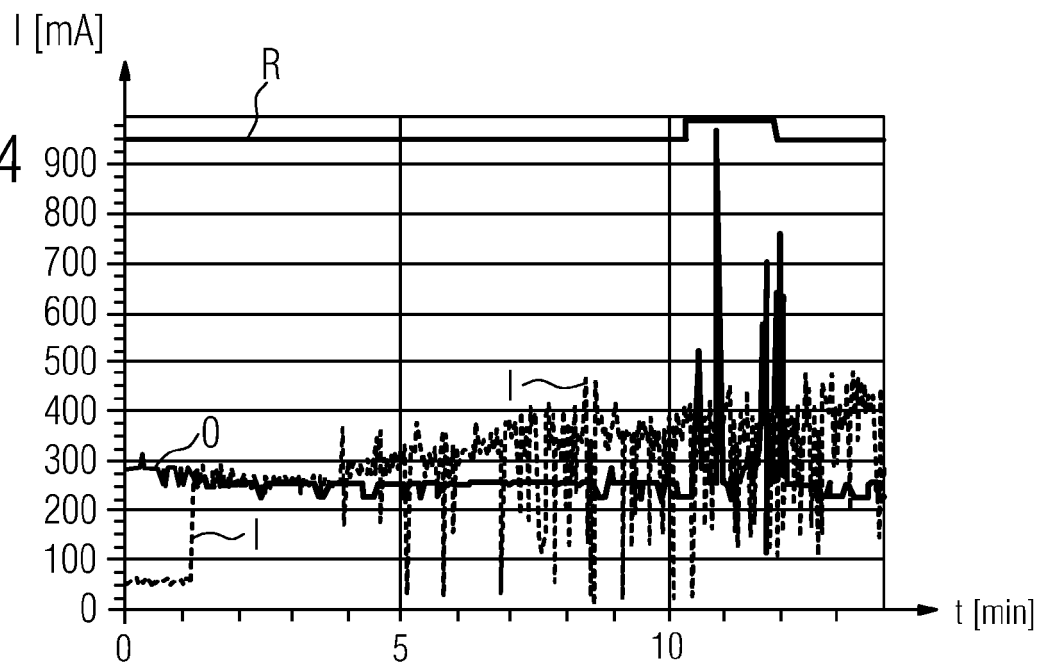


FIG 4



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1119912 B1 [0003]
- EP 552389 A1 [0003]