



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer : **92810152.6**

(51) Int. Cl.⁵ : **F24F 6/18, F22B 1/30**

(22) Anmeldetag : **02.03.92**

(30) Priorität : **12.04.91 CH 1096/91**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung :
14.10.92 Patentblatt 92/42

(84) Benannte Vertragsstaaten :
DE FR GB IT NL

(71) Anmelder : **Condair AG**
Heiligholzstrasse 6
CH-4142 Münchenstein 2 (CH)

(72) Erfinder : **Grieder, Heiner**
Mitteldorfstrasse 20
CH-4414 Füllinsdorf (CH)
Erfinder : **Fackler, Rudolf**
Unter Brieschhalden
CH-4132 Muttens (CH)

(74) Vertreter : **Eschmann, Heinz et al**
A. Braun, Braun, Héritier, Eschmann AG
Patentanwälte Holbeinstrasse 36-38
CH-4051 Basel (CH)

(54) **Verfahren und Einrichtung zur Regelung eines Dampferzeugers.**

(57) Die Dampfleistung eines insbesondere zur Luftbefeuchtung eingesetzten Dampferzeugers, bei dem das zu erwärmende Wasser als Heizwiderstand benutzt wird, wird direkt einem Anforderungssignal (y) folgend geregelt, indem der Heizstrom durch ein Taktsignal mit veränderlichem Tastverhältnis kontinuierlich ein- und ausgeschaltet wird. Die bei direkter Steuerung des Heizstroms vordergründig eingebüsste Möglichkeit, aus dem zeitlichen Verlauf (48) dieses Stroms die zur Regelung des Wasserhaushalts benötigten Größen Wasserstand und elektrische Leitfähigkeit herzuleiten, wird durch die Berechnung eines auf ungesteuerten Betrieb normierten Stromverlaufs (52) wieder hergestellt.

Mit der Erfindung kann die Reaktionsfähigkeit und Regeltreue der Dampfleistungsregelung von Dampferzeugern des oben genannten Typs erheblich verbessert werden.

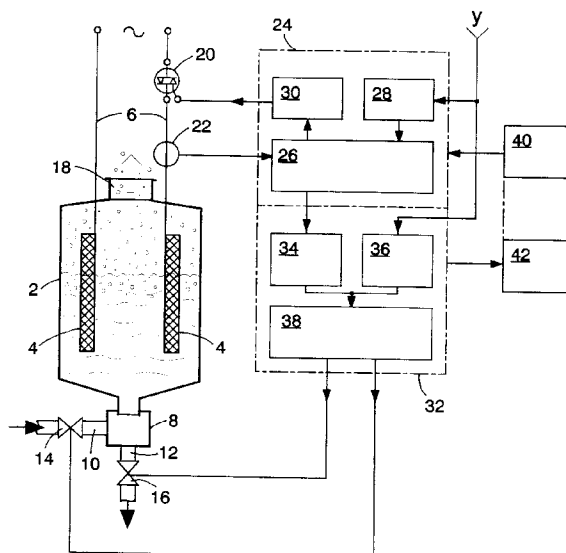


FIG. 1

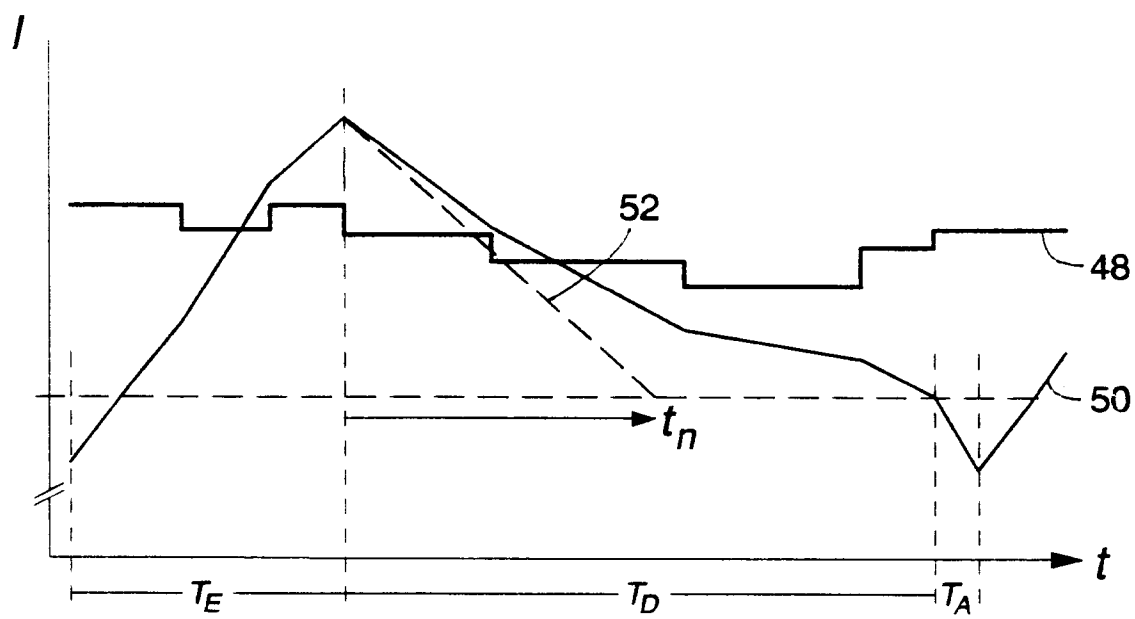


FIG. 5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung eines insbesondere zur Luftbefeuchtung eingesetzten Dampferzeugers gemäss Oberbegriff von Patentanspruch 1, sowie eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäss Oberbegriff von Patentanspruch 7.

Bei dieser Art von Verdampfern, auch Elektrodenverdampfer genannt, wird über zwei oder mehr Elektroden ein ein- oder mehrphasiger Wechselstrom durch das Wasser hindurchgeleitet und das Wasser selbst als Heizwiderstand zur Erzeugung der zum Verdampfen benötigten Wärme benützt. Die verdampfte Menge Wasser wird in gewissen Abständen automatisch durch frisches Wasser ersetzt.

In der Praxis ist es wichtig, die Dampfleistung regeln zu können, einerseits um eine kontinuierliche Dampfabgabe zu gewährleisten, andererseits, um die abgegebene Dampfmenge gezielt zu ändern, sodass beispielsweise die Luftfeuchtigkeit eines Raumes auf einem bestimmten Wert gehalten oder nach einem vorgegebenen Programm verändert werden kann.

Die Dampfleistung wird im Normalbetrieb, das heisst abgesehen von Startvorgängen und anderweitigen Stör- und Sonderfällen, und bei gegebener Geometrie des Dampferzeugers bestimmt durch die Heizstromstärke. Diese hängt in erster Linie von zwei Parametern ab: von der Eintauchlänge der Elektroden und von der elektrischen Leitfähigkeit des Wassers. Die bekannten Elektrodenverdampfer benutzen einen intermittierenden Zyklus von Einfüllen und Ablassen von Wasser zur Regelung dieser beiden die Stromstärke bestimmenden Grössen. Während des Verdampfungsvorgangs sinkt der Wasserpegel, und die Stromstärke nimmt nach einer bestimmten Charakteristik ab. Durch Einfüllen von frischem Wasser in gewissen Zeitabständen, und gegebenenfalls durch Ablassen von Wasser, kann die Eintauchlänge der Elektroden in einfacher Weise auf einen Sollwert gebracht werden. Schwieriger ist die Beherrschung der Leitfähigkeit des Wassers. Diese muss aus zwei Gründen einstellbar sein. Erstens ist die Wasserzusammensetzung, insbesondere der Gehalt an Mineralsalzen, und damit die Leitfähigkeit, von Ort zu Ort sehr verschieden. Zweitens werden die leitfähigkeitsbestimmenden Bestandteile nicht mitverdampft, so dass ihre Konzentration im Verlauf des Verdampfungsprozesses ständig zunimmt, was die Leitfähigkeit kontinuierlich erhöht. Diese Erhöhung ist dann erwünscht, wenn die Leitfähigkeit des frischen Wassers zu klein ist, sie führt jedoch in der Folge auch zu unerwünscht hoher Leitfähigkeit. Zur Neueinstellung der Leitfähigkeit wird deshalb ebenfalls in gewissen Zeitabständen ein Teil des mit leitfähigkeitsbestimmenden Bestandteilen angereicherten Wassers abgelassen und durch frisches Wasser ersetzt. Im Dauerbetrieb entsteht so eine wiederholte Abfolge von Einfüllphase, Dampfphase und gegebenenfalls Ablassphase, wobei die Geräte so ausgelegt sind, dass auch während den Einfüll- und Ablassphasen Dampf erzeugt wird.

Zur Bestimmung von Zeitpunkt und Dauer der verschiedenen Phasen existieren verschiedene Verfahren, die alle in irgendeiner Weise aus dem zeitlichen Verlauf der Heizstromstärke den momentanen Wasserstand und die Leitfähigkeit des Wassers herleiten. So beschreibt beispielsweise die schweizerische Patentschrift Nr. 663 458 ein Verfahren, bei dem während der Dampfphase über eine vorbestimmte Zeitspanne die Stromstärke gemessen und deren Abnahme mit einem der optimalen Leitfähigkeit entsprechenden Betrag verglichen wird. Falls die Stromstärke in dieser Zeitspanne um weniger als diesen Betrag abnimmt, das heisst die Leitfähigkeit kleiner als optimal ist, wird am Ende der Dampfphase kein Wasser abgelassen. Falls andererseits die Stromstärke vor Ende der Zeitspanne um den genannten Betrag abnimmt, das heisst die Leitfähigkeit grösser als optimal ist, wird aus der Restdauer der Zeitspanne eine Ablassdauer errechnet, während der Wasser abgelassen wird. Ein anderes Verfahren ist der schweizerischen Patentschrift Nr. 672 015 zu entnehmen. Hier wird die Tatsache ausgenutzt, dass die Heizstromstärke nach Ende des Einfüllens noch etwas weiter steigt, bevor sie wieder abfällt, und dass die Form des so entstehenden "Stromgipfels" von der Leitfähigkeit des Wassers abhängt. Zur Neueinstellung der Leitfähigkeit wird Wasser abgelassen, wenn ein charakteristischer Parameter, vorzugsweise die Dauer -des Stromgipfels, einen vorbestimmten Grenzwert überschreitet.

Da bei all diesen bekannten Verfahren die Dampfleistung allein über eine Niveau-Steuerung des Wasserpegels geregelt wird, ist die Regelung nicht sehr genau und relativ träge. Dies ist schon bei üblicher Verwendung der Dampferzeuger nachteilig. Insbesondere jedoch verhindert dieser Umstand den Einsatz derartiger Dampferzeuger in all jenen Fällen, in denen speziell hohe Anforderungen an die Feuchtigkeitsregelung gestellt werden, wie beispielsweise in Labors oder in speziellen Produktionsräumen der Halbleiterindustrie.

Es ist daher eine Hauptaufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Einrichtung zu schaffen, welche die Reaktionsfähigkeit sowie die Regeltreue, das heisst die Genauigkeit, Stabilität usw., der Dampfleistungsregelung verbessert.

Die Lösung dieser Aufgabe ist durch die in den unabhängigen Patentansprüchen 1 und 7 angegebenen Kennzeichen definiert. Ausgestaltungen und bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen.

Durch die gemäss der Erfindung eingesetzte getaktete direkte Steuerung der Heizstromstärke wird eine entscheidend schnellere und genauere Regelung der Dampfleistung erreicht, als dies bei Regelungen über die Niveau-Steuerung des Wasserpegels nach dem Stand der Technik möglich ist. Die Reaktionszeit wird dabei

durch die Periodendauer des Taktsignals bestimmt, die im allgemeinen einen Wert von etwa 100 Millisekunden bis zu einer Sekunde betragen wird. Die bei einer direkten Steuerung der Heizstromstärke vordergründig eingebüsste Möglichkeit, aus dem zeitlichen Verlauf dieser Heizstromstärke den Wasserstand und die elektrische Leitfähigkeit herzuleiten, wird durch die erfindungsgemässe Berechnung eines auf ungesteuerten Betrieb normierten Stromverlaufs wieder hergestellt.

Weiterhin ist bei den bekannten Verfahren abgesehen von der vergleichsweise trägen Niveau-Steuerung des Wasserpegels zusätzlich während einer zur Bestimmung der Leitfähigkeit benötigten Zeitdauer, üblicherweise in der Grössenordnung von 10 bis 100 Sekunden, die Regeldynamik blockiert, währenddem im Gegensatz dazu beim erfindungsgemässen Verfahren die Regelung kontinuierlich erfolgen kann.

Nachstehend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schaubildliche Darstellung eines Dampferzeugers mit einem Blockschema einer erfindungsgemässen Steuer- und Regelungseinrichtung,

Fig. 2 zwei Diagramme zur Veranschaulichung der Steuerung des in den Elektroden fliessenden Wechselstroms durch ein Taktsignal mit veränderlichem Tastverhältnis,

Fig. 3 ein Diagramm mit einem zeitlichen Stromverlauf (Durchschnittsstrom pro Taktperiode) bei erfindungsgemässer Steuerung nach einem angenommenen Anforderungssignal von 100% sowie mit einem Stromverlauf, wie er sich bei Vollaussteuerung ergäbe,

Fig. 4 einen schematischen Prozessverlauf der Grössen Wasserpegel, elektrische Leitfähigkeit und Tastverhältnis, und

Fig. 5 ein Diagramm mit einem Stromverlauf bei erfindungsgemässer Steuerung nach einem dynamisch variierenden Anforderungssignal sowie mit einem zugehörigen erfindungsgemäss normierten Stromverlauf.

In Fig. 1 ist ein Dampferzeuger schematisch dargestellt, zusammen mit einem Blockschema einer erfindungsgemässen Steuer- und Regelungseinrichtung. Der Behälter 2 ist bis zu einem angedeuteten Niveau mit Wasser gefüllt. Ein Paar Elektroden 4 ist teilweise in das Wasser eingetaucht. Je nach Ausbildung des Dampferzeugers können auch mehr als zwei Elektroden vorhanden sein. Die Elektroden lassen sich über Leitungen 6 an ein elektrisches Wechselspannungsnetz anschliessen. Üblicherweise erfolgt der Anschluss über ein (nicht gezeigtes) Schaltorgan, beispielsweise über einen Schütz. Am Boden des Behälters 2 befindet sich ein kombinierter Ein-/Auslass 8. Dieser umfasst eine Zuleitung 10 und eine Ableitung 12. Die Zuleitung kann beispielsweise an ein Wasserleitungsnetz angeschlossen sein, und die Ableitung beispielsweise an eine Abwasserleitung, die in die öffentliche Kanalisation oder ein beliebiges Abwasserreservoir mündet. Sowohl Zu- als auch Ableitung sind je mit einem elektrisch steuerbaren Ventil 14 und 16 versehen. In der Decke des Behälters 2 befindet sich ein Dampfablass 18, über den der erzeugte Dampf direkt oder über ein Verteilsystem oder über eine Klimatisierungsanlage in einen zu befeuchtenden Raum, etwa einen Aufenthaltsraum für Personen, eine hochklimatisierte Produktionsanlage, ein Labor oder einen klimatisierten Geräteschrank hinein austreten kann.

Gemäss der Erfindung sind die Elektroden 6 an der Wechselspannung über einen durch ein Taktsignal steuerbaren Leistungssteller 20 angeschlossen, mit welchem der Strom in den Elektroden getaktet gesteuert werden kann. Der Leistungssteller 20 ist vorzugsweise ein Leistungshalbleiterbauelement, beispielsweise ein Triac. Diese Art der Leistungssteuerung ist im Prinzip bekannt, auf die erfindungsgemässe Verwendung wird weiter unten näher eingegangen. Der in den Elektroden fliessende Strom wird mit einem Strom-Messwertgeber 22, beispielsweise einem Stromwandler, erfasst.

Als Führungsgrösse für die Stromsteuerung dient ein Anforderungssignal y, welches einen Dampfleistungs-Sollwert repräsentiert und zum Beispiel durch eine Feuchtigkeitsmess- und regelvorrichtung oder nach einem festen Programm erzeugt wird.

Eine elektronische Stromsteuerungseinrichtung 24 weist einen Steuerlogikteil 26, einen Geräteanpassungsteil 28 und einen Taktgeber 30 auf. Der Taktgeber 30 ist mit dem Leistungssteller 20, und der Strom-Messwertgeber 22 mit dem Steuerlogikteil 26 elektrisch verbunden. Das Anforderungssignal y wird in den Geräteanpassungsteil 28 eingeführt. Eine elektronische Wasserregelungseinrichtung 32 weist einen Strom-Normierungsteil 34, einen Anforderungs-Normierungsteil 36 und eine Ablass-/Einfüllsteuerung 38 auf. Der Strom-Normierungsteil 34 ist elektrisch mit dem Steuerlogikteil 26 verbunden. Die steuerbaren Ventile 14 und 16 der Zu- und Ableitung für das Wasser sind mit der Ablass-/Einfüllsteuerung 38 elektrisch verbunden. Weiterhin sind Stromsteuerungs- und Wasserregelungseinrichtung mit einer Parameter-Eingabevorrichtung 40 und einer Anzeigevorrichtung 42 versehen. Die Funktion der Stromsteuerungseinrichtung 24 und der Wasserregelungseinrichtung 32 wird nachfolgend erläutert. Elektronisch können diese Einrichtungen in vielerlei dem Fachmann bekannten Ausbildungen realisiert werden. Vorzugsweise werden digitale Bauteile verwendet, insbesondere ein entsprechend programmierter Mikroprozessor.

Anhand der Fig. 2 soll nun auf die Funktionsweise der Steuerung des Stromes näher eingegangen werden. In der Figur sind zwei Diagramme a) und b) zu sehen, die beide den Verlauf eines Wechselstroms i und eines zugehörigen Taktsignals s zeigen. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Taktsignal ein Rechtecksignal mit der konstanten Impulsperiode T , der Impulsdauer t_e und dem dadurch definierten Tastverhältnis $V = t_e/T$. Mit dem Taktsignal wird der oben genannte Leistungssteller 20 angesteuert, sodass er während der Impulsdauer den Strom durchlässt und während der restlichen Zeit sperrt. Ein wirkender Durchschnittsstrom I_d pro Impulsperiode ist somit abhängig vom Tastverhältnis und kann durch Verändern dieses Tastverhältnisses gesteuert werden. In Diagramm a) ist ein längeres Tastverhältnis und in Diagramm b) ein kürzeres abgebildet. Zur Verdeutlichung, dass bei dieser Steuerungsart der Scheitelwert des Wechselstroms nicht beeinflusst wird, sind die Scheitelwerte in den beiden Diagrammen unterschiedlich gross gezeichnet. Um die bei jedem Schalten unvermeidlich entstehenden störenden Einschwingglieder möglichst klein zu halten, werden als Leistungssteller 20 bevorzugt Halbleiterbauteile verwendet, die nach Ein- oder Ausschalten des Taktsignals erst nahe beim darauffolgenden Nulldurchgang des Wechselstroms schalten. Auf diese Weise - bei der sogenannten Halbwellenpaketsteuerung - besteht ein einzelnes Strompaket immer aus einer Anzahl ganzer Halbwellen (vgl. Fig. 2).

Da die erwähnten Einschwingglieder auch Gleichstromanteile aufweisen können, kann es bei der Anwendung dieser Steuerungsart in hier betroffenen Elektrodenverdampfern zu elektrolytischen Effekten kommen, die einerseits zu Materialwanderungen, andererseits zu Spaltgasabscheidung führen. Aus diesem Grunde wird bei der vorliegenden Erfindung das Taktsignal s vorzugsweise so kontrolliert, dass immer zwei aufeinanderfolgende Halbwellenpakete ein gemeinsames Steuerpaket bilden, in welchem beide Halbwellenpakete dieselbe Anzahl Halbwellen aufweisen, das zweite Halbwellenpaket jedoch bezüglich der Nullachse antisymmetrisch zum ersten verläuft. In Fig. 2 bilden jeweils die ersten beiden Halbwellenpakete ein solches Steuerpaket. Mit diesem Vorgehen werden die Gleichstromanteile zu niederfrequenten Wechselstromanteilen formiert, die keine nachteiligen Wirkungen haben können. Im Gegenteil gibt es Hinweise dafür, dass derartige niederfrequente Wechselströme die Kalkbildung in Leitungswassersystemen verzögern oder sogar verhindern können, womit vorteilhaft die Betriebs- und Lebensdauer erfindungsgemässer Dampferzeuger verlängert würde.

Zurückkommend auf Fig. 1 kann nun der Ablauf der Stromsteuerung beschrieben werden. Durch das Anforderungssignal y wird die geforderte Dampfleistung, das heisst der geforderte wirkende Durchschnittsstrom I_d in den Elektroden, in Prozent bezüglich einer verfügbaren Nennleistung bestimmt. Das Anforderungssignal y wird im Geräteanpassungsteil 28 unter Berücksichtigung der System-Randbedingungen (Netzspannung, Gerätetyp, eventuelle Begrenzungen usw.) aufbereitet und anschliessend dem Steuerlogikteil 26 zugeführt. Die Steuergrösse, der Wechselstrom in den Elektroden, wird durch den Strom-Messwertgeber 22 als Echtstrom ermittelt, gleichgerichtet und als elektrisches Signal ebenfalls dem Steuerlogikteil 26 zugeführt. Der Steuerlogikteil berechnet durch Integration dieses Signals über jede Impulsperiode T den wirkenden Durchschnittsstrom, bereitet diesen zu einem mit dem Anforderungssignal y vergleichbaren Wert auf und berechnet aus der Abweichung ein neu angepasstes Tastverhältnis V für das Taktsignal s . Mit dem neuen Tastverhältnis V wird der Taktgeber 30 betrieben, und dieser steuert den Leistungssteller 20 mit einem entsprechend angepassten Taktsignal s an. In einer bevorzugten Ausführungsform sorgt der Steuerlogikteil 26 auch dafür, dass die oben erwähnten Steuerpakete mit jeweils zwei antisymmetrischen Halbwellenpaketen erzeugt werden.

Die erfindungsgemässe Steuerung des Stroms verfolgt gegenüber dem Stand der Technik zwei Ziele. Erstens soll die während der Zyklen Einfüllphase-Dampfphase-Ablassphase durch das Ändern des Wasserpegels entstehende Stromänderung ausgeglichen werden und zweitens soll der Strom praktisch kontinuierlich nach dem Anforderungssignal y gesteuert werden. Zur Erläuterung des Ausgleichs der durch den ändernden Wasserpegel bewirkten Stromänderung dient Fig. 3. Diese stellt ein schematisches Strom-Zeit-Diagramm über einen Zyklus Einfüllphase einer Dauer T_E , Dampfphase einer Dauer T_D , Ablassphase einer Dauer T_A dar, in welchem als Beispiel für einen möglichen Prozessverlauf ein ungesteuerter Stromverlauf 44 und ein nach einem konstanten Anforderungssignal von 100% gesteuerter Stromverlauf 46 eingetragen sind. Der ungesteuerte Stromverlauf 44 folgt grundsätzlich dem Wasserpegel, das heisst er steigt während der Einfüllphase, nimmt dann mit fortschreitender Verdampfung während der Dampfphase ab und fällt während der Ablassphase noch weiter, bis er während der nachfolgenden Einfüllphase wieder ansteigt. Beim erfindungsgemäss gesteuerten Stromverlauf 46 werden diese Änderungen durch entsprechende Anpassung des Tastverhältnisses des Taktsignals ausgeglichen, so dass der Durchschnittsstrom bis auf kleine Abweichungen durchgehend der Anforderung 100% entspricht. Die eingekreisten Einschübe in der Figur zeigen für charakteristische Punkte das zugehörige Taktsignal sowie das Tastverhältnis (in Prozent). Damit der volle Kompensationsspielraum abgedeckt werden kann, muss das einer Anforderung von 100% entsprechende Tastverhältnis kleiner als 100% sein; es wird deshalb beispielsweise, wie in Fig. 3 gezeigt, so gewählt, dass 100% Anforderung 80% Tastverhältnis entsprechen.

Zur weiteren Illustration des Prozessverlaufs sind in Fig. 4 die zum Verlauf in Fig. 3 korrespondierenden

Größen Wasserpegel h , elektrische Leitfähigkeit k und Tastverhältnis t_e/T schematisch dargestellt.

Noch etwas komplizierter werden die Verhältnisse, wenn das Anforderungssignal nicht konstant gehalten wird, sondern, wie durch die Erfindung beabsichtigt, veränderlich ist. In Fig. 5 ist in einem der Fig. 3 ähnlichen Strom-Zeit-Diagramm ein nach einem veränderlichen Anforderungssignal gesteuerter Stromverlauf 48 eingezeichnet. Ersichtlicherweise kann ein derart gesteuerter Stromverlauf nicht direkt zur Regelung des Wasserhaushalts, das heisst zur Regelung von Einfüllphasen und Ablassphasen, herangezogen werden, wie dies bei den Verfahren nach dem Stand der Technik der Fall ist, da ja gerade die Einflüsse der zu regelnden Größen Wasserpegel und elektrische Leitfähigkeit ausgeglichen werden.

Die Erfindung benutzt deshalb ein eigenes Vorgehen, um aus dem gesteuerten Stromverlauf einen auf ungesteuerten Betrieb normierten Stromverlauf zu berechnen. Dazu wird ein normierter Strom I_n berechnet, der dem Effektivwert des während einer jeweiligen Impulsdauer t_e wirkenden Wechselstroms entspricht, indem der gemessene wirkende Durchschnittsstrom I_d durch das jeweilige Tastverhältnis V dividiert wird. In Fig. 5 ist der so aus dem gesteuerten Stromverlauf 48 berechnete Verlauf von I_n über die tatsächliche Zeit t als Kurve 50 eingezeichnet. Da dieser normierte Strom nur während der Einschaltzeit respektive Impulsdauer des Taktsignals wirkt, muss zur Erreichung des normierten Stromverlaufs auch eine zugehörige normierte Zeit t_n berechnet werden. Dies kann dadurch geschehen, dass ab einem bestimmten Zeitpunkt, dem fiktiven Start des normierten Stromverlaufs, die Impulsdauern t_e aufsummiert werden. Wird diese Berechnung des normierten Stromverlaufs in Formeln ausgedrückt, so gilt also:

$$I_n = I_d \cdot \frac{1}{V} = I_d \cdot \frac{T}{t_e} \quad \text{und} \quad t_n = \sum_i t_{e_i} .$$

Ein so normierter Stromverlauf mit Start bei Beginn der Dampfphase T_D stellt die Kurve 52 in Fig. 5 dar. Der normierte Stromverlauf entspricht einem fiktiven ungesteuerten Stromverlauf und kann somit zur Ermittlung von Wasserpegel und elektrischer Leitfähigkeit, beispielsweise nach einem der bekannten Verfahren, herangezogen werden. Der Start des normierten Stromverlaufs muss dabei nicht zwingend bei Beginn der Dampfphase liegen, sondern kann je nach benutztem Verfahren frei gewählt werden.

In der erfindungsgemässen Einrichtung (Fig. 1) erfolgt die Berechnung des normierten Stromverlaufs im Strom-Normierungsteil 34, der die dazu benötigten Informationen über den gemessenen Durchschnittsstrom und das Taktsignal vom Steuerlogikteil 26 erhält.

Zusätzlich zur Möglichkeit, zur Regelung des Wasserhaushalts nach erfolgter Berechnung des normierten Stromverlaufs eines der bekannten Verfahren einzusetzen, schlägt die Erfindung in einer bevorzugten Ausführungsform ein neues Verfahren zur Ermittlung der geeigneten Länge von Dampf- und Ablassphase vor. Dieses Verfahren geht vom Gedanken aus, den gemessenen, durch den normierten Stromverlauf repräsentierten Ablauf mit einem theoretischen, aus dem Verlauf des Anforderungssignals berechneten Ablauf zu vergleichen. Der theoretische Ablauf beschreibt dabei, wie der Verdampfungsprozess bei idealen Verhältnissen, das heisst mit idealer elektrischer Leitfähigkeit des Wassers und ohne störende Einflüsse wie Kalkablagerungen an den Elektroden, Blasenbildung im aufgeheizten Wasser usw., stattfinden sollte. Für den theoretischen Ablauf wird eine ideale durchschnittliche Impulsdauer t_{eid} des Taktsignals, die auf eine Anforderung von 100% abgestimmt ist, mit dem jeweiligen Wert y_i des Anforderungssignals y gewichtet, das heisst, es wird eine ideale Zeit t_{id} berechnet durch Aufsummieren der mit der idealen Impulsdauer multiplizierten Werte y_i . Als Formel geschrieben bedeutet dies:

$$t_{id} = t_{eid} \cdot \sum_i y_i .$$

Die ideale Impulsdauer ist dabei ein theoretischer Mittelwert über den gesamten, auf den Wasserhaushalt bezogenen, Dynamik-Bereich und kann für jeden bestimmten Dampferzeuger-Typ festgelegt werden. Bei den der Fig. 3 zugrunde gelegten Verhältnissen beispielsweise läge die ideale Impulsdauer bei 80% der Taktperiode.

Mit diesen Voraussetzungen kann die Regelung des Wasserhaushalts beispielsweise wie folgt ablaufen. Während der Einfüllphase wird der (ansteigende) normierte Strom überwacht, und sobald dieser einen ersten vorgegebenen Wert I_1 erreicht, wird das Einfüllen beendet, sodass die reine Dampfphase beginnt. Zur gleichen Zeit wird die Berechnung der normierten Zeit t_n und der idealen Zeit t_{id} gestartet. Im Verlauf der Dampfphase

sinkt der normierte Strom in einer von der Stromsteuerung und der elektrischen Leitfähigkeit des Wassers abhängigen Weise. Sobald der normierte Strom einen zweiten vorgegebenen Wert I_2 erreicht, wird die Berechnung der normierten und der idealen Zeit gestoppt. Zwischen Start und Stopp der Berechnung sind so eine bestimmte Anzahl m Taktperioden abgelaufen. Es ergeben sich damit zwei Zeitdauern, nämlich eine normierte
 5 Zeitdauer

$$T_n = \sum_{i=1}^m t_{e_i}$$

und eine ideale Zeitdauer

$$T_{id} = t_{e_{id}} \cdot \sum_{i=1}^m y_i \quad .$$

Aus der Differenz dieser beiden Zeitdauern kann nach einer auf den Dampferzeuger-Typ optimierten Funktion die zur Neueinstellung der elektrischen Leitfähigkeit des Wassers notwendige Länge der Ablassphase errechnet werden. Entspräche die normierte Zeitdauer der idealen Zeitdauer, wäre der Verdampfungsprozess also ideal abgelaufen, so müsste kein Wasser abgelassen werden, und es könnte direkt die nächste Einfüllphase gestartet werden.

Alternativ zum Stoppen der Berechnung von normierter und idealer Zeitdauer bei Erreichen eines bestimmten zweiten Werts des normierten Stroms wäre es auch möglich, einen festen Wert für die ideale Zeitdauer oder die normierte Zeitdauer vorzugeben, und die Berechnung dann zu stoppen, wenn der vorgegebene Wert erreicht ist.

Bei der in Fig. 1 abgebildeten erfindungsgemässen Einrichtung wird das eben beschriebene Verfahren durch die Wasserregelungseinrichtung 32 realisiert. Wie weiter oben schon beschrieben, sorgt der Strom-Normierungsteil 34 für die Berechnung des normierten Stroms und der normierten Zeit. Die Berechnung der idealen Zeit aus dem jeweiligen Wert des Anforderungssignals erfolgt durch den Anforderungs-Normierungsteil 36. Die Ablass-/Einfüllsteuerung 38 steuert die Ventile 14 und 16. Sie erhält vom Strom-Normierungsteil 34 den jeweilig berechneten Wert des normierten Stroms. Sobald dieser während der Einfüllphase den Wert I_1 erreicht, schliesst die Ablass-/Einfüllsteuerung 32 das Ventil 14 und startet die Berechnung von normierter und idealer
 35 Zeitdauer T_n und T_{id} . Wenn der normierte Strom den Wert I_2 erreicht, oder alternativ dazu, wenn die ideale Zeitdauer einen vorgegebenen Wert erreicht, stoppt die Ablass-/Einfüllsteuerung die Berechnung von normierter und idealer Zeitdauer, ermittelt aus der Differenz dieser Zeitdauern eine Ablassdauer, öffnet während dieser Ablassdauer das Ventil 16 und beginnt anschliessend mit dem Öffnen des Ventils 14 eine nächste Einfüllphase, womit der nächste Wasserhaushalt-Zyklus beginnt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung eines insbesondere zur Luftbefeuchtung eingesetzten Dampferzeugers, bei welchem
 - mittels wenigstens zweier in das zu verdampfende Wasser mindestens teilweise hineinragender Elektroden ein elektrischer Wechselstrom im sich im Bereich der Elektroden befindenden Wasser erzeugt und das Wasser damit erwärmt wird,
 - in gewissen Abständen zum Ersetzen des verdampften Wassers während einer Einfüllphase frisches Wasser eingefüllt wird,
 - von Zeit zu Zeit zum Neueinstellen der Leitfähigkeit des sich im Dampferzeuger befindenden Wassers während einer Ablassphase ein Teil dieses Wassers abgelassen und durch frisches Wasser ersetzt wird, und
 - die Stromstärke eines in den Elektroden fließenden Wechselstroms gemessen wird,
dadurch gekennzeichnet, dass
 - der Wechselstrom einem einen Dampfleistungs-Sollwert repräsentierenden Anforderungssignal (y) folgend gesteuert wird, indem der Wechselstrom durch ein Taktsignal (s) kontinuierlich ein- und aus-

geschaltet wird, wobei zur Steuerung das Tastverhältnis (V) des Taktsignals verändert wird, und dass – zur Ermittlung von zur Regelung der Einfüllphasen und der Ablassphasen verwendbarer Grössen ein auf einen ungesteuerten Betrieb normierter zeitlicher Stromverlauf berechnet wird.

- 5 **2.** Verfahren nach Patentanspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass durch Dividieren eines pro Impulsperiode gemessenen Durchschnittsstroms (I_d) durch das jeweilige Tastverhältnis (V) ein fiktiver normierter Strom (I_n) und durch Aufsummieren der Impulsdauern (t_e) aufeinanderfolgender Impulse des Taktsignals (s) eine fiktive normierte Zeit (t_n) berechnet wird, wobei der normierte Strom (I_n) in Funktion der normierten Zeit (t_n) den normierten zeitlichen Stromverlauf ergibt.
- 10 **3.** Verfahren nach Patentanspruch 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass während einer bestimmten Anzahl (m) aufeinanderfolgender Taktperioden des Taktsignals (s) eine für den normierten Stromverlauf charakteristische normierte Zeitdauer (T_n) und eine für den Verlauf des Anforderungssignals charakteristische ideale Zeitdauer (T_{id}) berechnet wird, und in Funktion der Differenz von normierter und idealer Zeitdauer die Dauer der nächstfolgenden Ablassphase errechnet wird.
- 15 **4.** Verfahren nach Patentanspruch 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass die normierte Zeitdauer (T_n) durch Aufsummieren der Impulsdauern (t_e) der bestimmten Anzahl (m) aufeinanderfolgender Taktperioden und die ideale Zeitdauer (T_{id}) durch Aufsummieren der in der jeweiligen Taktperiode der bestimmten Anzahl (m) aufeinanderfolgender Taktperioden geforderten Werte (y_i) des Anforderungssignals (y), multipliziert mit einer vorbestimmten idealen Impulsdauer (t_{eid}), gebildet wird.
- 20 **5.** Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 4, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Wechselstrom in Halbwellenpaketen, das heisst für die Dauer einer bestimmten Anzahl Halbwellen, ein- und ausgeschaltet wird, wobei jeweils im Nulldurchgangsbereich geschaltet wird.
- 25 **6.** Verfahren nach Patentanspruch 5, *dadurch gekennzeichnet*, dass zur Beseitigung von durch das Ein- und Ausschalten entstehender Gleichstromanteile das Taktsignal so kontrolliert wird, dass jeweils zwei aufeinanderfolgende Halbwellenpakete des gesteuerten Wechselstroms ein gemeinsames Steuerpaket bilden, in welchem beide Halbwellenpakete dieselbe Anzahl Halbwellen aufweisen, jedoch bezüglich der Nullachse antisymmetrisch zueinander verlaufen.
- 30 **7.** Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Patentanspruch 1, mit einem Behälter (2) zur Aufnahme von Wasser, wenigstens zwei sich mindestens teilweise im Behälter (2) befindenden Elektroden (4), die an ein elektrisches Wechselspannungsnetz anschliessbar sind, Mitteln (14, 16) zum Ein- und Auslassen von Wasser und einem Strom-Messwertgeber (22) zur Messung der Stromstärke eines in den Elektrode fliessenden Wechselstroms, *dadurch gekennzeichnet*, dass sie einen steuerbaren Leistungssteller (20), eine Stromsteuerungseinrichtung (24) und eine Wasserregelungseinrichtung (32) aufweist, wobei mit der Stromsteuerungseinrichtung (24) der Leistungssteller (20) mittels eines Taktsignals (s) mit durch die Stromsteuerungseinrichtung (24) veränderbarem Tastverhältnis (V) einem Anforderungssignal (y) folgend steuerbar ist, und die Wasserregelungseinrichtung (32) so ausgebildet ist, dass aus von der Stromsteuerungseinrichtung (24) übermittelten Informationen über das Tastverhältnis (V) und die gemessene Stromstärke ein auf einen ungesteuerten Betrieb normierter zeitlicher Stromverlauf berechenbar ist, in dessen Abhängigkeit die Mittel (14, 16) zum Ein- und Auslassen von Wasser steuerbar sind.
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

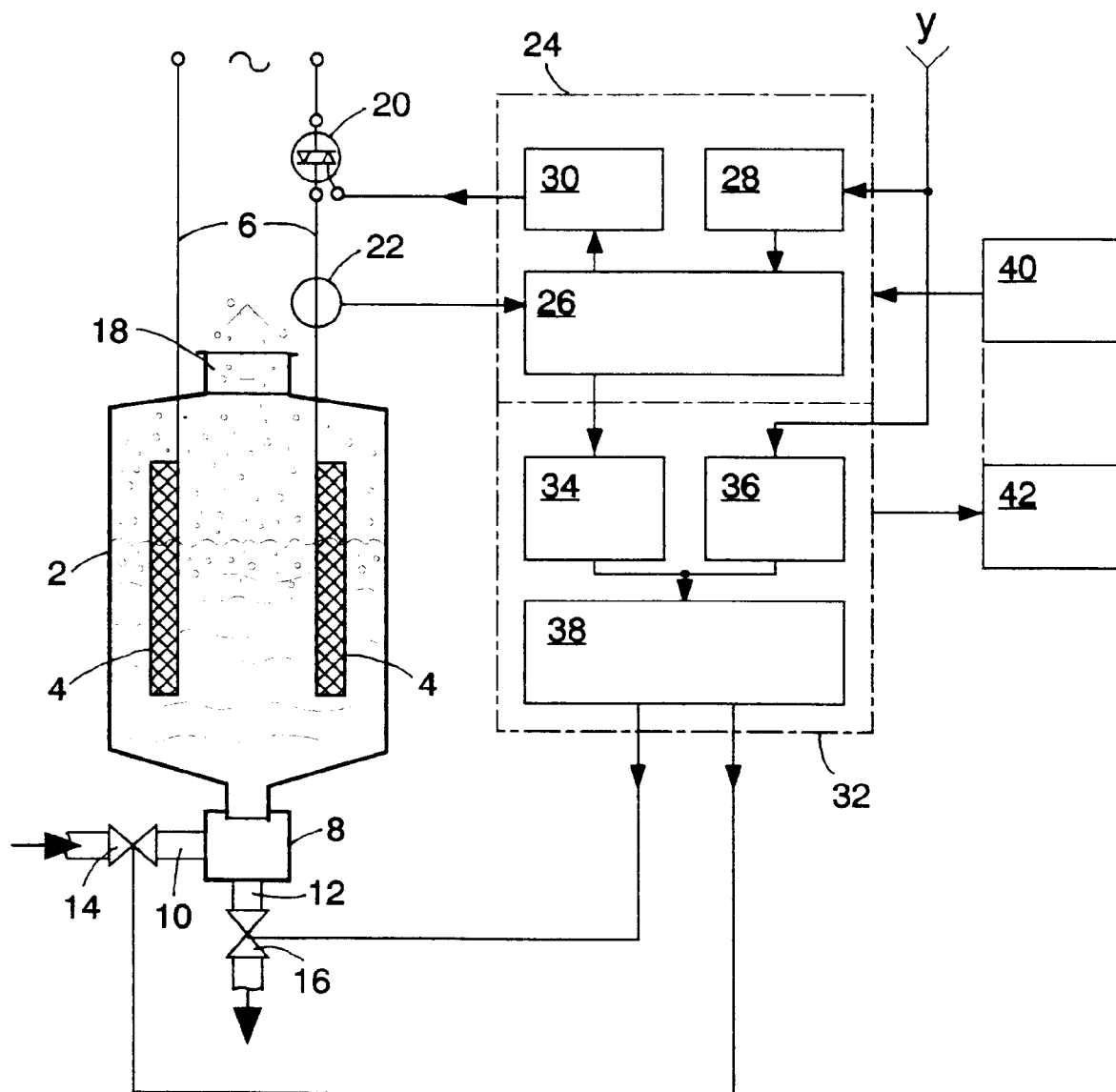


FIG. 1

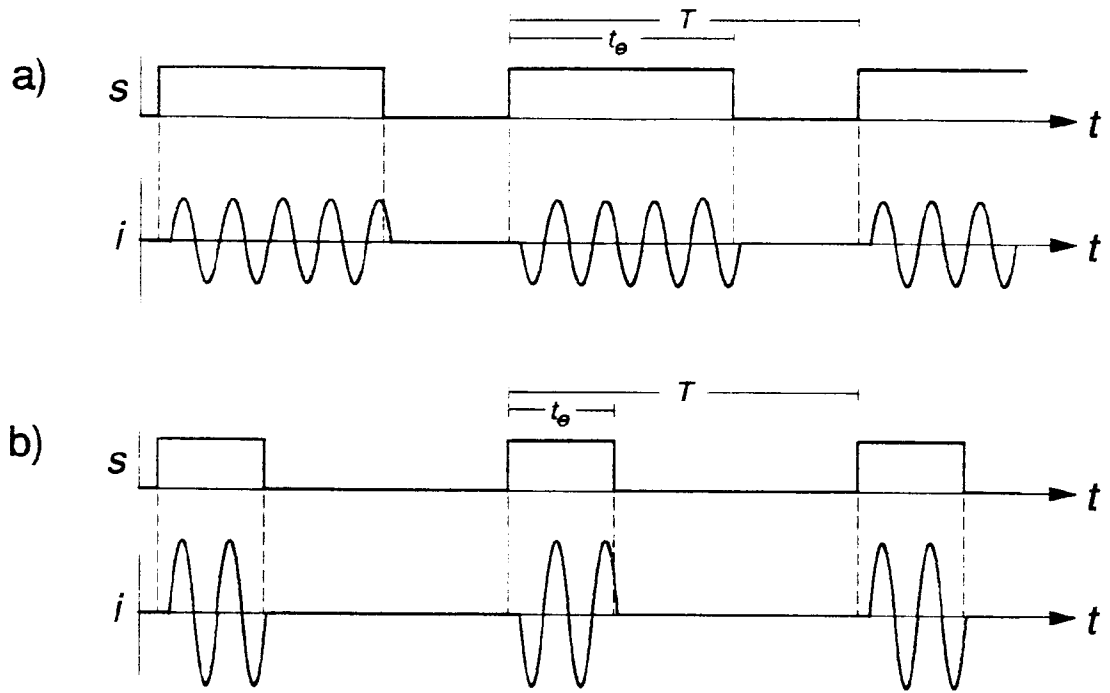


FIG. 2

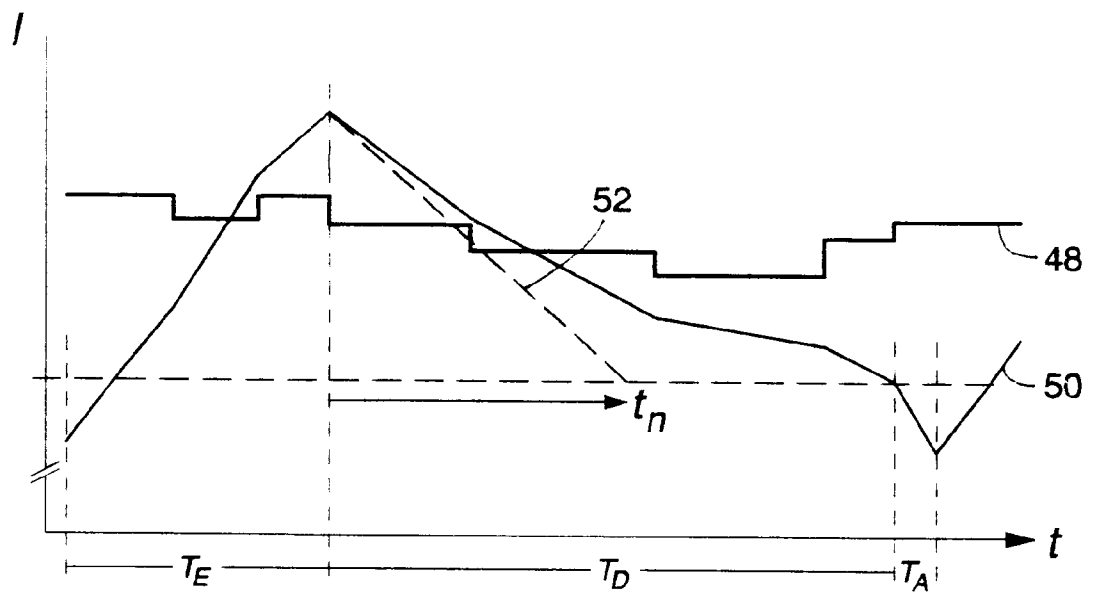


FIG. 5

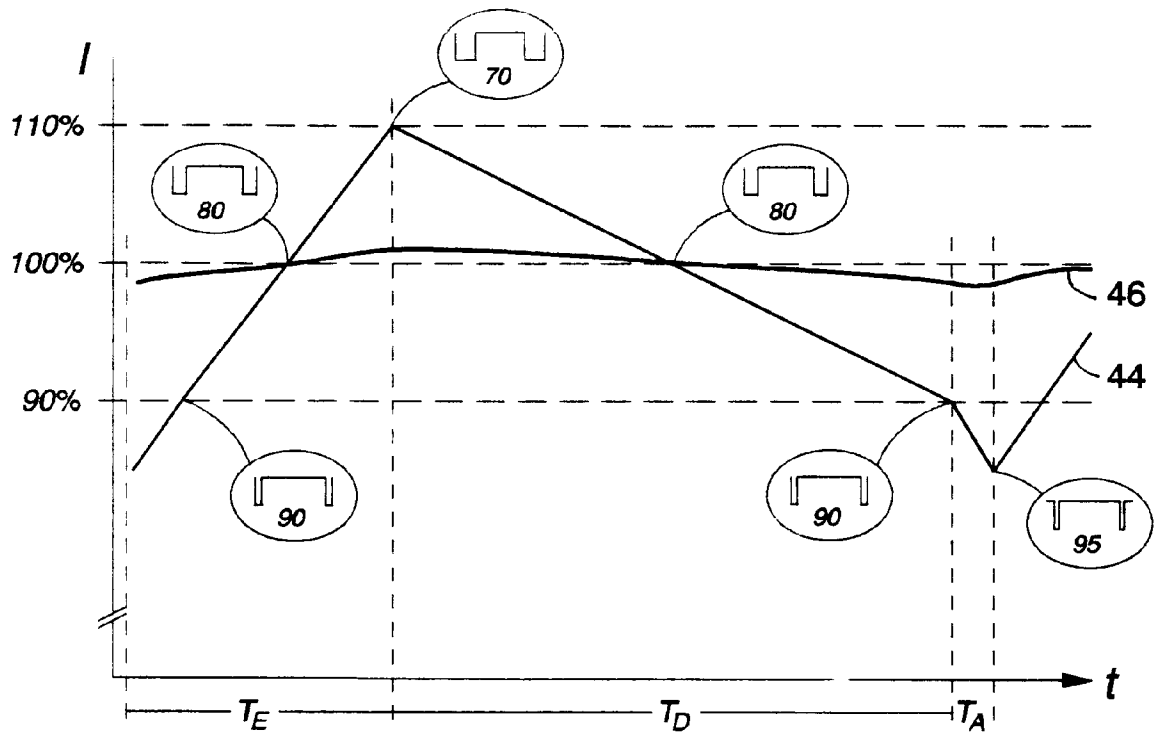


FIG. 3

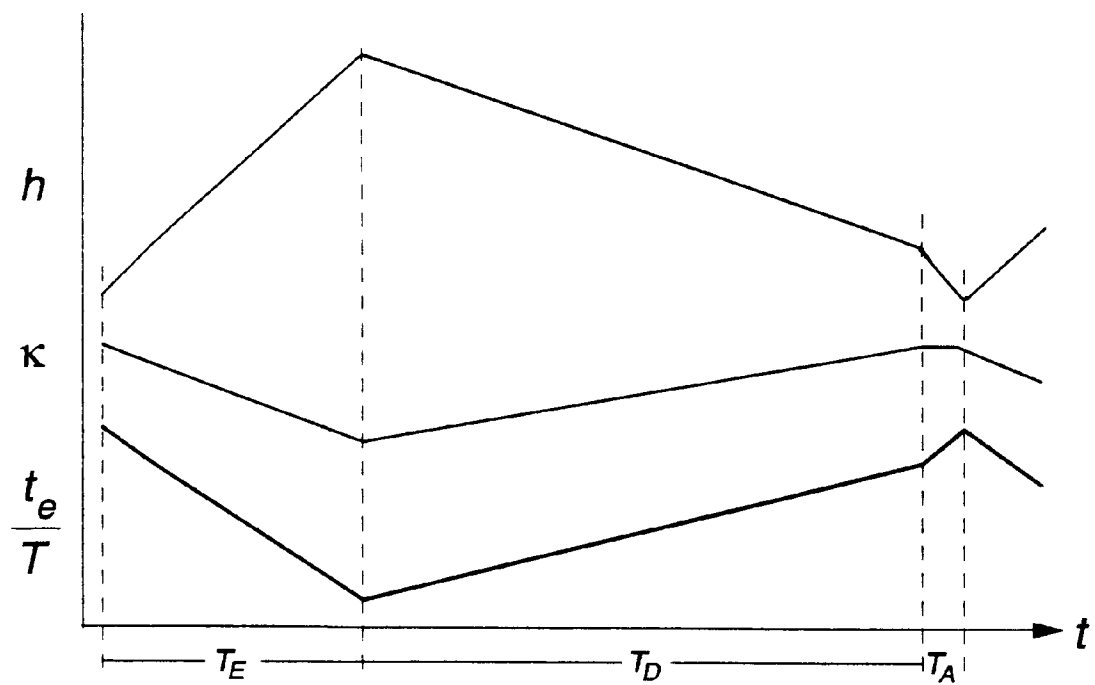


FIG. 4