

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **87201167.1**

51 Int. Cl.4: **H05G 1/20** , **H05G 1/46** ,
H05G 1/56

22 Anmeldetag: **17.06.87**

30 Priorität: **28.06.86 DE 3621803**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.01.88 Patentblatt 88/03

64 Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB NL

71 Anmelder: **Philips Patentverwaltung GmbH**
Wendenstrasse 35 Postfach 10 51 49
D-2000 Hamburg 1(DE)

84 **DE**

71 Anmelder: **N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken**
Groenewoudseweg 1
NL-5621 BA Eindhoven(NL)

84 **FR GB NL**

72 Erfinder: **Ochmann, Rudolf**
Wogenmannsburg 60
D-2000 Hamburg 61(DE)
Erfinder: **Stege, Peter**
Von Suppe Strasse 4
D-2000 Hamburg 73(DE)
Erfinder: **Zimmermann, Robert**
Pinneberger Weg 20
D-2000 Hamburg 19(DE)

74 Vertreter: **Hartmann, Heinrich, Dipl.-Ing. et al**
Philips Patentverwaltung GmbH
Wendenstrasse 35 Postfach 10 51 49
D-2000 Hamburg 1(DE)

64 **Röntgenerators.**

EP 0 253 417 A2
 57 Bei Röntgeneratoren, die zur Erzeugung der Hochspannung für eine Röntgenröhre einen Wechselrichter enthalten, können sich bei Serienbetrieb mit fester Aufnahmezeit infolge von Versorgungsspannungs- oder Objektabsorptionsänderungen starke Änderungen der Dosis von Aufnahme zu Aufnahme bei einer Aufnahmeserie ergeben. Diese Dosischwankungen sind um so ausgeprägter, je kürzer die Aufnahmezeit ist und je geringer die Wechselrichterfrequenz ist. Nach der Erfindung können diese Änderungen dadurch reduziert werden, daß die Aufnahmen einer Serie jeweils nach der gleichen Zahl von Wechselrichterschwingungen beendet werden, wenn die Abweichung zwischen dem Istwert und dem Sollwert der

Dosis bzw. der Dosisleistung einen vorgegebenen Wert unterschreitet. Zur Verringerung von Regelabweichungen wird dabei vorzugsweise nur die Röhrenspannung geändert.

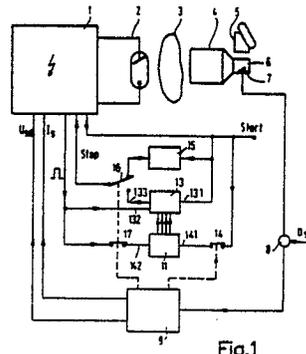


Fig.1

"Röntngenerator"

Die Erfindung betrifft einen Röntngenerator mit einer Wechselrichteranordnung und mit Mitteln zur Dosis-oder zeitgesteuerten Abschaltung der Hochspannung für eine Röntngnröhre.

Ein derartiger Röntngenerator ist im wesentlich bekannt - DE-OS 29 08 767 und DE-OS 30 46 413. Wenn damit Serien von Aufnahmen eines Objektes angefertigt werden, können sich auch bei einer Dosis-bzw. Dosisleistungsregelung erhebliche Schwankungen der Dosis ergeben, insbesondere wenn die Aufnahmezeiten relativ kurz sind und die Spannungswelligkeit relativ hoch ist. Dies führt zu Schwankungen der Bildhelligkeit, die sich besonders störend auswirken, wenn die Aufnahmen der Serie fortlaufend betrachtet werden, wie z.B. bei Kinobetrieb.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Röntngenerator der eingangs genannten Art so auszugestalten, daß die geschilderten Schwankungen der Dosis (hinter dem Objekt) bei einer Aufnahmeserie weitgehend unterdrückt werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß eine Zählordnung vorgesehen ist, die die Zahl der Wechselrichterschwingungen bei einer Aufnahme bestimmt und die nachfolgenden Aufnahmen einer Aufnahmeserie bei der gleichen Zahl von Wechselrichterschwingungen wie die vorangegangene Aufnahme abschaltet.

Die Erfindung basiert auf folgenden Überlegungen:

Einem Röntngenerator mit einem (oder mehreren) Wechselrichter(n), der aus einer Gleichspannung mit Hilfe von Schaltelementen (z.B. Thyristoren), die nach dem Einschalten so lange leitend bleiben, bis der sie durchfließende Strom seine Polarität umkehrt, eine Wechselspannung erzeugt, kann jeweils nur nach einer ganzen Zahl von Schwingungen dieser Wechselspannung abgeschaltet werden. Je nach Größe der Aufnahmeparameter bei den einzelnen Aufnahmen einer Serie kann der Abschaltzeitpunkt kurz vor oder kurz nach dem Beginn einer Wechselrichterschwingung liegen. Damit variiert die effektive Aufnahmezeit um die Dauer einer Wechselrichterschwingung, was eine entsprechende Dosischwankung ergibt, die um so ausgeprägter ist, je kleiner die Zahl der Wechselrichterschwingungen pro Aufnahme ist.

Wenn das Aufnahmeende jeweils durch die Zählordnung bestimmt wird, wird die nachfolgende Aufnahme stets nach derselben Zahl von Wechselrichterschwingungen abgeschaltet wie die vorangehende Aufnahme. Infolgedessen können die durch Änderung der Zahl der Wechselrichterschwingungen pro Aufnahme bedingten Dosischwankungen nicht auftreten.

Der Begriff "Aufnahme" ist dabei breit zu interpretieren, hier und im folgenden wird die Erfassung jedes Röntgenbildes, das durch Ein-und Ausschaltung einer Röntgenstrahlung festgelegt wird, als Aufnahme bezeichnet - also beispielsweise auch die gepulste Durchleuchtung.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß ein Zeitschalter zum Abschalten einer Aufnahme nach einem vorgebbaren Zeitintervall vorgesehen ist und daß der Röntngenerator in Abhängigkeit von der Differenz zwischen Sollwert und Istwert der Dosis bzw. Dosisleistung so gesteuert ist, daß unterhalb eines Schwellenwertes der Differenz die Zählordnung und oberhalb des Schwellenwertes der Zeitschalter die Aufnahme beendet.

Bei dieser Ausgestaltung, die beispielsweise bei Kinoaufnahmen anwendbar ist, wird eine Aufnahme durch den Zeitschalter (d.h. nach einer definierten Zeit) beendet, wenn eine relativ große Regelabweichung vorliegt, und bei kleinen Regelabweichungen durch die Zählordnung, d.h. nach einer definierten Anzahl von Wechselrichterschwingungen.

Diese Ausgestaltung ist für alle die Aufnahmeverfahren geeignet, bei denen eine Aufnahme üblicherweise nach einer definierten Zeit beendet wird, wie beispielsweise im Kinobetrieb. Grundsätzlich ist die Erfindung jedoch auch bei solchen Aufnahmeverfahren anwendbar, bei denen die einzelnen Aufnahmen von einem Belichtungsautomaten nach Erreichen einer bestimmten Abschaltosis beendet werden. Denn auch hierbei kann die Zahl der Wechselrichterschwingungen von Aufnahme zu Aufnahme schwanken. Die Erfindung ist aber auch bei solchen Aufnahmeverfahren anwendbar, bei denen die Belichtung der Aufnahmen einer Serie einmal durch eine Testaufnahme bestimmt wird und bei denen alle folgenden Aufnahmen der Serie mit den gleichen Aufnahmeparametern durchgeführt werden. Netzspannungsschwankungen, die durch eine Änderung der Wechselrichterfrequenz ausgeglichen werden, haben dabei praktisch keinen Einfluß auf die Aufnahmeosis.

Eine für die vorerwähnte Ausgestaltung der Erfindung zweckmäßige Weiterbildung sieht vor, daß die Stellglieder so gesteuert sind, daß bei einer Differenz zwischen Sollwert und Istwert unterhalb des Schwellenwertes im wesentlichen nur das Stellglied für die Röhrenspannung wirksam ist. Dadurch können trotz sich von Aufnahme zu Aufnahme ändernder Absorption der Röntgenstrahlung gleichmäßig belichtete Aufnahmen erhalten werden.

Die Erfindung wird nachstehend anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 ein Prinzipschaltbild eines erfindungsgemäßen Röntngengenerators,

Fig. 2 einige Einzelheiten eines solchen Generators, und

Fig. 3 den zeitlichen Verlauf der Röhrenspannung bei einer Röntgenaufnahme.

In Fig. 1 ist mit I ein Röntngengenerator bezeichnet, der die Spannung und den Strom für eine Röntgenröhre 2 erzeugt, die ein Objekt 3 durchstrahlt, dessen Röntgenshattenbild von einem Bildverstärker 4 in ein sichtbares Bild umgesetzt wird. Dieses sichtbare Bild wird über einen Bildverteiler 6 einerseits einer Kinokamera 5 und andererseits einem Dosis- bzw. Dosisleistungsmeßglied 7 zugeführt, dessen Meßwert in einer Vergleichseinrichtung 8 mit einem vorgegebenen Sollwert D_s der Dosis bzw. Dosisleistung verglichen wird.

Aus der Differenz zwischen Sollwert und Istwert bestimmt eine Steuereinheit 9 Sollwerte für den Röhrenstrom und die Röhrenspannung, die auf in dem Röntngengenerator I befindliche Stellglieder einwirken.

Wie sich aus Fig. 2 ergibt, wird in dem Röntngengenerator I mit Hilfe einer an ein Drehstromnetz R, S, T angeschlossenen Drehstrom-Gleichrichterbrücke 101 an einem an deren Ausgänge angeschlossenen Kondensator 102 eine Gleichspannung erzeugt. Diese Gleichspannung speist einen Serienresonanz-Wechselrichter. Dieser enthält (als Vollbrückenschaltung) zwei parallelgeschaltete Zweige, von denen jeder zwei mit gleicher Durchlaßrichtung in Serie geschaltete Thyristoren 103 und 104 bzw. 105 und 106 enthält. Jedem Thyristor ist eine Freilaufdiode 107 und 108 bzw. 109 und 110 parallelgeschaltet. Die Thyristoren 103 und 106 werden durch ihren Zündelektroden a zugeführte Zündimpulse gleichzeitig und im Wechsel zu den ebenfalls gleichzeitig durch Zündimpulse an ihren Zündelektroden b eingeschalteten Thyristoren 105 und 104 eingeschaltet. Von den Thyristoren in einem Brückenweig ist daher allenfalls einer leitend.

Zwischen die Verbindungspunkte der Thyristoren 103 und 104 einerseits und 105 und 106 andererseits ist die Serienschaltung eines Kondensators 111 und einer Induktivität geschaltet, die durch die Primärwicklung eines Hochspannungstransformators 112 gebildet wird, dessen Sekundärseite an einen Gleichrichter 113 angeschlossen ist, dessen Ausgangsspannung mittels eines Kondensators 114 geglättet und der Röntgenröhre 2 zugeführt wird. Um die Spannung an der Röntgenröhre (bei konstantem Röhrenstrom, zu ändern, ist lediglich eine kurzzeitige bzw. geringfügige Änderung der Frequenz der den Thyristoren 103...106 zugeführten

Zündimpulse erforderlich. Um jedoch bei einer Änderung des Röhrenstromes eine vorgegebene Röhrenspannung aufrechtzuerhalten, muß die Zündfrequenz nahezu proportional zum Röhrenstrom geändert werden.

Der Röntngengenerator enthält zur Einstellung von Röhrenstrom und Röhrenspannung zwei Regelkreise. Der Röhrenstrom-Regelkreis umfaßt einen Regler 115, in dem der von der Steuereinrichtung 9 gelieferte Sollwert I_s für den Röhrenstrom mit dem an einem Widerstand 116 in der Kathoden-zuleitung der Röntgenröhre 2 abgegriffenen Spannungsabfall, der dem Istwert des Röhrenstroms entspricht, verglichen wird. Die von dem Regler 115 erzeugte Regelgröße wird über einen Verstärker 117 und einen Heizstromwandler 118 dem Heizfaden der Röntgenröhre 2 zugeführt, wobei der Röhrenstrom sich mit dem Heizstrom ändert.

Der Röhrenspannungs-Regelkreis umfaßt einen Regler 119 (z.B. mit PID-Verhalten), dessen Eingangsgröße durch die Differenz zwischen dem von der Steuereinheit 9 vorgegebenen Sollwert U_s der Röhrenspannung und dem Istwert der Röhrenspannung gebildet wird, der an einem zur Röntgenröhre 2 parallelgeschalteten Spannungsteiler 120 abgegriffen wird. Die Ausgangsgröße des Reglers 119 wird einem Spannungs-Frequenz-Wandler 121 zugeführt, dessen Ausgangsfrequenz die Frequenz ist, mit der die Thyristoren 103...106 gezündet werden. Ein Impulsgeber 123, der mit dem Wandler 121 über eine Torschaltung 122 verbunden ist, bildet daraus die Zündimpulse für die Zündelektroden a und b der Thyristoren 103...106. Die Torschaltung 122 ist geöffnet - bzw. es werden Zündimpulse erzeugt - wenn auf einer Leitung "Start" ein Startsignal anliegt und wenn auf einer Leitung "Stop" kein Stoppsignal anliegt. In allen anderen Fällen ist die Torschaltung gesperrt, so daß keine Zündimpulse mehr gebildet werden.

Erfindungsgemäß enthält der Röntngengenerator eine Zählordnung, die zwei Zähler 11 und 13 umfaßt. Die Datenausgänge des Zählers 11 sind mit den Dateneingängen des Zählers 13 verbunden, so daß bei einem Signal auf dem Setzeingang 131 des Zählers 13 der Zählerstand des Zählers 11 in den Zähler 13 geladen wird. Dies erfolgt immer dann, wenn auf der Leitung Start ein Startsignal erscheint. Der Zähleringang 142 des Zählers 11 ist über einen von der Steuereinheit 9 gesteuerten Schalter 17 mit dem Ausgang der Torschaltung 122 verbunden, der ebenfalls - und zwar direkt - mit dem Zähleringang 132 des zweiten Zählers 13 verbunden ist. Wenn der Schalter 17 geschlossen ist, zählen beide Zähler also die den Thyristoren des Wechselrichters zugeführten Zündimpulse und damit die von den Wechselrichtern erzeugten Schwingungen. Während aber der Zähler 11 als Aufwärtszähler ge-

schaltet ist, wirkt der Zähler I3 als Abwärtszähler. Der Zähler II ist mit seinem Rücksetzeingang I4I über einen ebenfalls von der Steuereinrichtung 9 steuerbaren Schalter I4 mit der Leitung Start verbunden, so daß er jeweils bei Erscheinen eines Startsignals auf der Leitung Start, d.h. jeweils bei Aufnahmebeginn, auf Null zurückgestellt wird.

Durch das Startsignal wird auch ein Zeitschalter I5 gestartet, dessen Ausgang über einen Umschalter I6 mit der Leitung Stop verbunden ist, über die die Aufnahme beendet wird. Der andere Anschluß des Umschalters I6 ist mit einem Ausgang I23 des Zählers I3 verbunden, an dem immer dann ein Signal zur Beendigung der Aufnahme erscheint, wenn der Zählerstand den Wert Null erreicht hat.

Bei Beginn einer Aufnahmeserie sind die Schalter I7 und I4 geschlossen und der Umschalter I6 ist mit dem Ausgang des Zeitschalters I5 verbunden. Das Aufnahmeende wird also zunächst durch den Zeitschalter I5 vorgegeben, so daß der zeitliche Abstand zwischen dem Start- und dem Stoppsignal genau definiert und für alle Aufnahmen der Serien gleich ist. Weicht die gemessene Dosis von der vorgegebenen Soll-dosis D_s ab, dann werden von der Steuereinheit 9 für die nachfolgende Aufnahme Sollwerte von Röhrenstrom und Röhrenspannung vorgegeben, die nach einem geeigneten Regelalgorithmus so bestimmt sind, daß die Differenz zwischen Sollwert und Istwert bei der folgenden Aufnahme verringert wird. Bei jeder Aufnahme wird durch das Startsignal auf der Leitung Start der Zählerstand des Zählers II in den Zähler I3 übernommen, der Zähler II auf Null zurückgestellt, und der Zähler II zählt die Zündimpulse bzw. die Wechselrichterschwingungen während einer Aufnahme.

Nach wenigen Aufnahmen hat in der Regel die Abweichung zwischen Istwert und Sollwert der Dosis für eine Aufnahme einen vorgebbaren Schwellenwert unterschritten, der beispielsweise bei 30 % des Sollwertes liegen kann. In diesem Fall schaltet die Steuereinheit die Schalteranordnung I7, I4, I6 um, so daß die Schalter I7 und I4 geöffnet und der Umschalter I6 mit dem Ausgang I33 des Zählers I3 verbunden wird. Bei Beginn der darauffolgenden Aufnahme wird dann der bei der vorangegangenen Aufnahme ermittelte Zählerstand des Zählers II in den Zähler I3 geladen und dieser wird durch die während der Aufnahme erzeugten Zündimpulse abwärts gezählt. Wenn der Zählerstand Null erreicht ist, d.h. wenn der Zähler I3 genausoviel Zündimpulse gezählt hat wie bei der vorangegangenen Aufnahme, wird ein Stoppsignal am Ausgang I33 des Zählers I3 erzeugt und dadurch die Aufnahme beendet. Da der Zählerstand des Zählers II in diesem Betriebszustand nicht mehr verändert wird, wirkt er wie ein

Speicher, dessen Inhalt jeweils bei Beginn einer Aufnahme in den Zähler I3 geladen wird, so daß auch alle weiteren Aufnahmen nach der gleichen Zahl von Zündimpulsen bzw. Wechselrichterschwingungen beendet werden. Dies dauert so lange, wie die Abweichung unterhalb des erwähnten Schwellenwertes bleibt. Wird die Abweichung größer, dann werden die Schalter I7 und I4 und der Umschalter I6 wieder in die aus Fig. I ersichtliche Stellung gebracht und der Röntgengenerator arbeitet wieder im reinen Zeitschalterbetrieb.

Die Steuereinheit 9 ist so ausgelegt, daß Dosisabweichungen, in dem Betriebszustand, in dem der Zähler I3 das Aufnahmeende bestimmt, indem jede Aufnahme also nach der gleichen Anzahl von Wechselrichterschwingungen abgeschaltet wird, bei der nächsten Aufnahme dadurch verringert werden, daß der dafür vorgegebene Sollwert U_s für die Röhrenspannung geändert wird, während der Sollwert I_s für den Röhrenstrom im wesentlichen unverändert bleibt. Der Grund dafür ist, daß eine Änderung des Röhrenstrom-Sollwertes (bei konstant bleibender Röhrenspannung) zur Folge hätte, daß -wie schon zuvor erläutert - die Zündfrequenz nahezu proportional mit dem Röhrenstrom geändert werden müßte. Die Aufnahmedauer würde sich dann entsprechend stark in entgegengesetztem Sinne ändern, was dazu führen würde, daß sich das Produkt von Aufnahmedauer und Röhrenstrom, das für die Dosis maßgebend ist, praktisch nicht oder in einer nicht vorhersagbaren Weise ändern würde. Ein solches Verhalten kann bei einem Regelkreis aber zu Instabilitäten führen. Es kommt hinzu, daß die starke Änderung der Aufnahmedauer bei Aufnahmen mit Kinokameras zu unerwünschten Ergebnissen führen kann.

Aus diesen Gründen ist die Steuereinheit 9 so ausgelegt, daß in dem erwähnten Betriebszustand eine Änderung des Röhrenstrom-Sollwertes nur in Verbindung mit einer umgekehrt proportionalen Änderung des Röhrenspannungs-Sollwertes und nur in dem Grenzfall erfolgt, in dem das Produkt aus Röhrenstrom und Röhrenspannung der für die Röntgenröhre 2 jeweils gerade noch zulässigen Röhrenleistung entspricht. Wäre in diesem Grenzfall nämlich die Ist-dosis zu niedrig, dann würde eine Erhöhung der Röhrenspannung zwecks Vergrößerung der Dosis bei der nächsten Aufnahme, zu einer Überlastung der Röntgenröhre 2 führen, wenn nicht gleichzeitig der Röhrenstrom in entgegengesetztem Sinne so verändert würde, daß die zulässige Röhrenleistung nicht überschritten wird. Trotz der Verringerung des Stromes würde dabei die Dosis bei der nachfolgenden Aufnahme vergrößert werden, weil die Änderung der Röhrenspannung sich bekanntlich auf die Dosis viel stärker auswirkt als die Änderung des Röhrenstromes. Dabei würde sich also

Röhrenstrom und Zündfrequenz gegensinnig zu der Röhrenspannung ändern, was eine zur Röhrenspannung gleichsinnige Änderung der Aufnahmezeitdauer zur Folge hätte, wodurch die Dosis zusätzlich in dem gewünschten Sinne beeinflusst würde.

Wie bereits erwähnt, erfolgt in dem Betriebszustand, in dem der Zähler (13) die Aufnahmezeitdauer bestimmt, eine Änderung der Dosis bzw. der Dosisleistung im Regelfall nur durch eine Änderung des Röhrenspannungs-Sollwertes U_s , während der Röhrenstrom konstant bleibt. Der zeitliche Verlauf der Röhrenspannung ist in Fig. 3 dargestellt, und zwar in ausgezogenen Linien für eine erste Röhrenspannung und in gestrichelten Linien für eine zweite Röhrenspannung, die höher ist als die erste. Zu Beginn einer jeden Aufnahme ist die Zündfrequenz relativ hoch, so daß die Röhrenspannung relativ schnell ihren Sollwert erreicht. Bei einem niedrigeren Sollwert nimmt die Zündfrequenz jedoch schon eher ab als bei einem höheren Sollwert, so daß die Dauer einer Aufnahme mit niedrigerer Röhrenspannung geringfügig - um die Zeitdauer dT - größer ist als die einer Aufnahme mit höherer Röhrenspannung. Indes ist diese Änderung so gering, daß ihre zur Änderung der Röhrenspannung gegensinnige Wirkung auf die Dosis sich praktisch nicht bemerkbar macht.

Ansprüche

1. Röntgengenerator mit einer Wechselrichteranordnung und mit Mitteln zur dosis-oder zeitgesteuerten Abschaltung der Hochspannung einer Röntgenröhre

dadurch gekennzeichnet, daß eine Zählordnung (II, 13) vorgesehen ist, die die Zahl der Wechselrichterschwingungen bei einer Aufnahme bestimmt und die nachfolgenden Aufnahmen einer Aufnahmeserie bei der gleichen Zahl von Wechselrichterschwingungen wie die vorangegangene Aufnahme abschaltet.

2. Röntgengenerator nach Anspruch 1 mit einem Regelkreis für die Dosis oder die Dosisleistung

dadurch gekennzeichnet, daß ein Zeitschalter (15) zum Abschalten einer Aufnahme nach einem vorgebbaren Zeitintervall vorgesehen ist und daß der Röntgengenerator in Abhängigkeit von der Differenz zwischen Sollwert und Istwert der Dosis bzw. Dosisleistung so gesteuert ist, daß unterhalb eines Schwellenwertes der Differenz die Zählordnung (II, 13) und oberhalb des Schwellenwertes der Zeitschalter (15) die Aufnahme beendet.

3. Röntgengenerator nach Anspruch 2 mit Stellgliedern für die Spannung und den Strom an bzw. durch eine angeschlossene Röntgenröhre in

Abhängigkeit von der Differenz zwischen Sollwert und Istwert der Dosis bzw. Dosisleistung, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellglieder so gesteuert sind, daß bei einer Differenz zwischen Sollwert und Istwert unterhalb des Schwellenwertes im wesentlichen nur das Stellglied für die Röhrenspannung wirksam ist.

4. Röntgengenerator nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, daß die Zählordnung wenigstens einen Speicher (II) enthält, in dem die Zahl der Wechselrichterschwingungen für eine Aufnahme gespeichert ist und daß ein Zähler (13) die Aufnahme nach Zählung der gespeicherten Zahl von Wechselrichterschwingungen beendet.

5. Röntgengenerator nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Speicher durch einen Zähler (II) gebildet wird, der die Zahl der Wechselrichterschwingungen während einer Aufnahme bestimmt und dessen Zählstand bei Beginn einer nachfolgenden Aufnahme in den Zähler (13) der Zählordnung geladen wird.

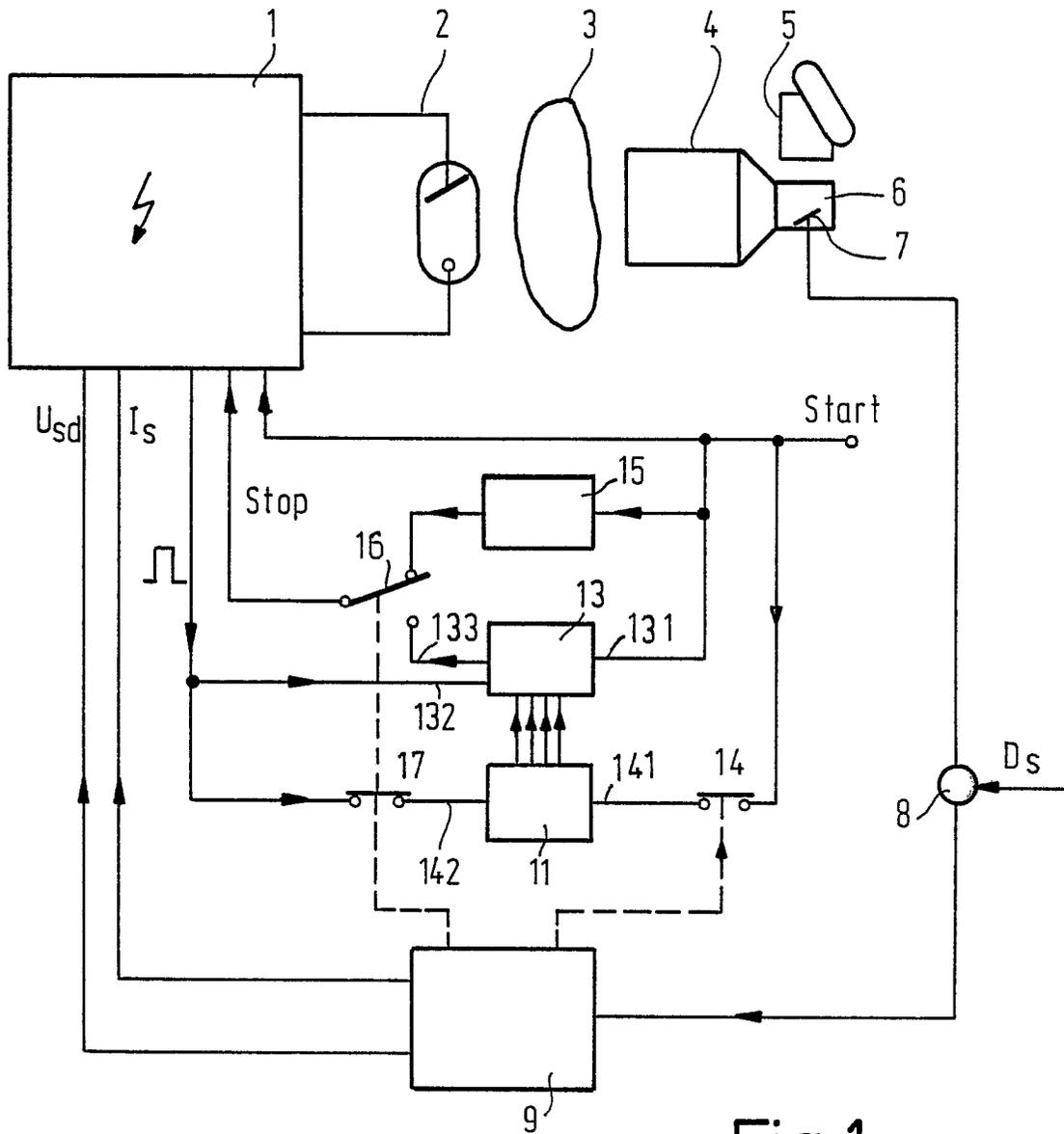


Fig.1

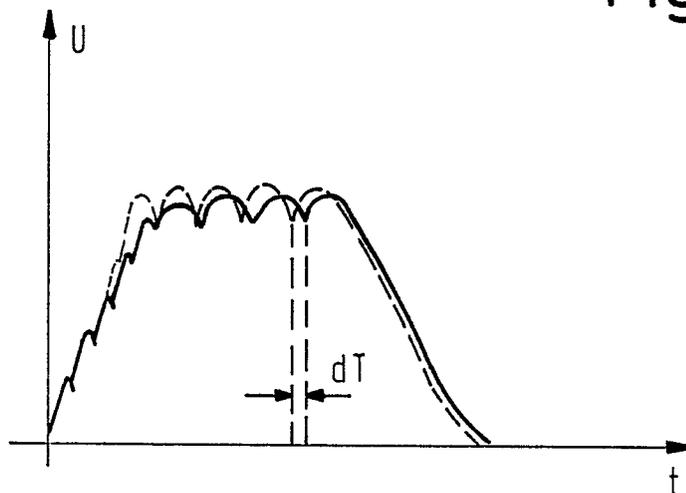


Fig.3

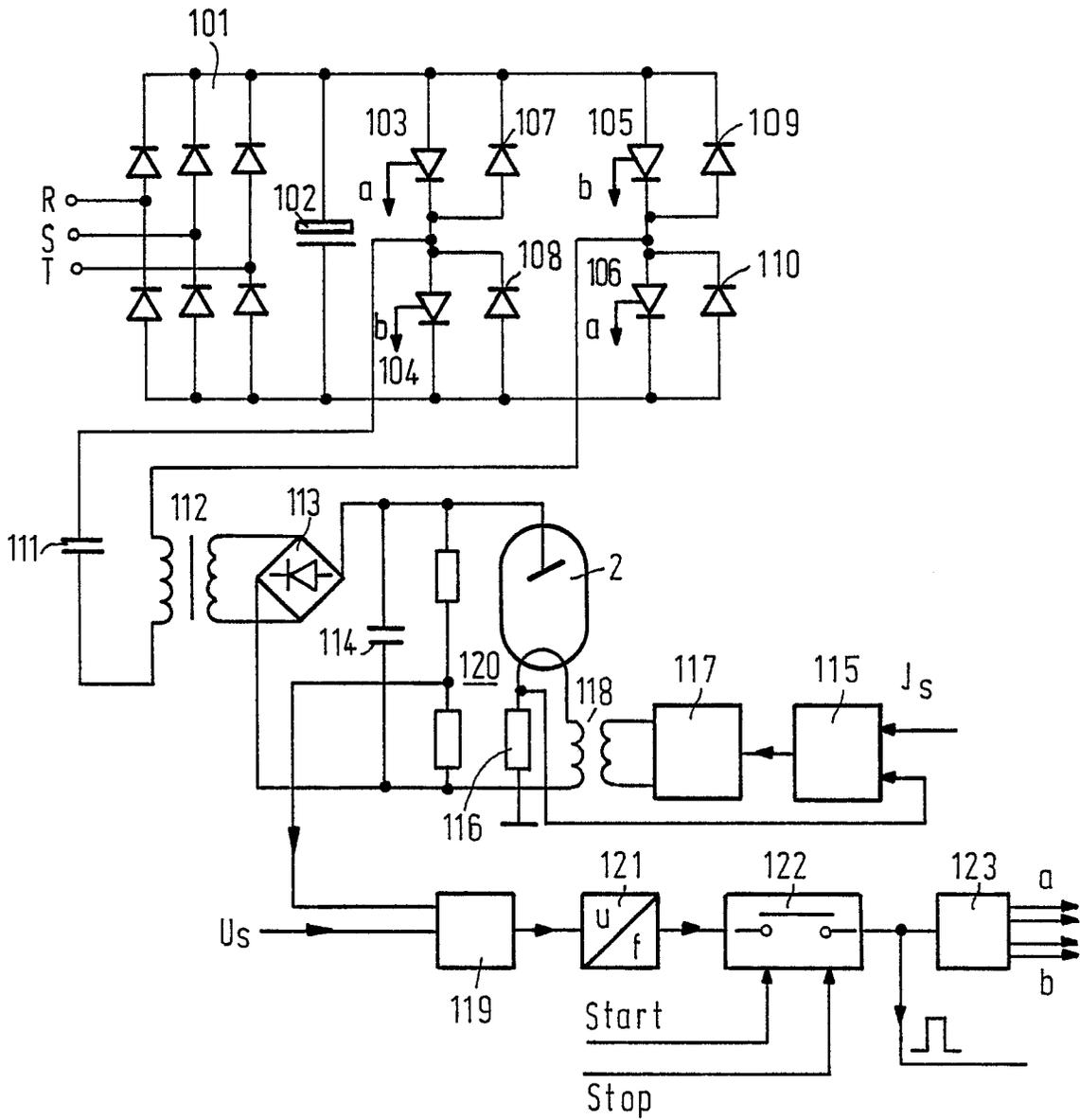


Fig.2