



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Int. Cl. 3: B 05 B 5/02

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



PATENTSCHRIFT A5

11

620 375

21 Gesuchsnummer: 3734/74

73 Inhaber:
Graco Inc., Minneapolis/MN (US)

22 Anmeldungsdatum: 18.03.1974

30 Priorität(en): 26.03.1973 US 344685

72 Erfinder:
Ronald F. Parson, Minneapolis/MN (US)

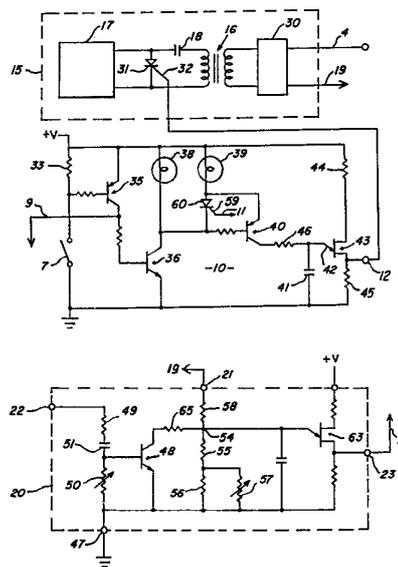
24 Patent erteilt: 28.11.1980

45 Patentschrift
veröffentlicht: 28.11.1980

74 Vertreter:
E. Blum & Co., Zürich

54 Anlage zum Sprühen von Pulver mittels einer elektrostatischen Sprühpistole.

57 Die Anlage weist eine Steuerschaltung (10), eine durch die Steuerschaltung (10) steuerbare Hochspannungsquelle (15) und eine Ionisationsstromüberwachungsschaltung (20) auf, die den Ionisationsstrom abtastet. Übersteigt der Ionisationsstrom einen bestimmten Wert, so wird die Hochspannungsquelle (15) durch die Steuerschaltung (10) abgeschaltet, um das Auftreten von Lichtbögen zu vermindern. Nach dem Einschalten der Anlage wird während eines kurzen Zeitraumes ein Verzögerungsschaltkreis (49, 50, 51) in der Überwachungsschaltung (20) eingeschaltet. Die Steuerschaltung (10) spricht während dieser Verzögerungszeit, während der das Kabel (4) aufgeladen wird, auf einen höheren durch die Überwachungselemente (48, 56) bestimmten Ionisationsstrom an, womit ein unnötiges Abschalten der Hochspannung während des Einschaltens der Anlage vermieden werden kann.



PATENTANSPRÜCHE

1. Anlage zum Sprühen von Pulver mittels einer Sprühpi-
stole (3), mit einer Hochspannungsquelle (15) und mit einer
Vorrichtung (7) zu ihrer manuellen Aktivierung, ferner mit
einer Hochspannungs-Last und einer Ionisationsstromüberwa-
chungsschaltung (20) mit einer Widerstands-Serievorrichtung
(55, 56, 57, 58), um eine Spannung zu entwickeln, die zum
Ionisationsstrom durch die Last proportional ist, und mit einer
Steuerschaltung (10) zur Deaktivierung der Hochspannungs-
quelle (15), sofern ein vorbestimmter erster Spannungspegel in
der Überwachungsschaltung (20) überschritten wird, dadurch
gekennzeichnet, dass die Überwachungsschaltung (20) einen
Verzögerungsteil (49, 50, 51) aufweist, der mit der Steuerschal-
tung (10) verbunden ist, und der bewirkt, dass die Steuerschal-
tung nur nach dem Ablauf der Verzögerung dieses Teils (49,
50, 51) auf den ersten vorbestimmten Spannungspegel an-
spricht, dass eine Vorrichtung (48, 65, 70, 71) zur Reduktion
der Ansprechempfindlichkeit der Überwachungsschaltung
vorhanden ist, welche Vorrichtung der Steuerschaltung und
dem Verzögerungsteil (49, 50, 51) zugeordnet ist, welche
Reduktionsvorrichtung während der vom Verzögerungsteil
bewirkten Verzögerung einen zweiten, vom ersten verschiede-
nen Ansprechpegel liefert, wobei nur bei dessen Überschrei-
tung eine Entregung der Hochspannungsquelle (15) erfolgt.

2. Anlage nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass die Überwachungsschaltung (20) eine mit der Wider-
stands-Serievorrichtung (55...58) verbundene Schwellenwert-
Schaltung (63) aufweist, die in Abhängigkeit vom vorgewähl-
ten, ersten Spannungspegel ein Ausgangs-Schaltsignal erzeugt,
und die Steuerschaltung (10) eine mit der Hochspannungs-
quelle (15) und der Schwellenwert-Schaltung (63) verbundene
Last-Abschaltvorrichtung (41, 43, 46) aufweist, die in Abhän-
gigkeit vom Ausgangsschaltsignal die Hochspannung von der
Last abschaltet.

3. Anlage nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass die Überwachungsschaltung (20) ein Mittel (57) zum
Einstellen des ersten Spannungspegels aufweist.

4. Anlage nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet,
dass die Überwachungsschaltung (20) einen Widerstand (57)
aufweist, der zumindest mit einem Teil (56) der Widerstands-
Serievorrichtung parallel geschaltet ist.

5. Anlage nach den Patentansprüchen 2 und 4, dadurch
gekennzeichnet, dass die Last-Abschaltvorrichtung einen Os-
zillatorkreis (41, 43, 46) zur Abgabe von Impulsen aufweist,
die beim Auftreten des Ausgangs-Schaltsignals der Schwellen-
wert-Schaltung unterbrochen sind.

6. Anlage nach Patentanspruch 5, dadurch gekennzeichnet,
dass die Last-Abschaltvorrichtung einen durch die gesagten
Impulse gezündeten, steuerbaren Silicium-Gleichrichter (31)
zur Erzeugung einer Wechsellspannung aufweist, wobei die
Unterbrechung der Impulse die Zündung des Gleichrichters
unterbricht.

7. Anlage nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass eine Schaltvorrichtung (31, 43) zur Erzeugung der Hoch-
spannung auf den Auslöseschalter (7) anspricht, und die Deak-
tivierungsvorrichtung mit dem Auslöseschalter verbunden ist
und bewirkt, dass das Ausgangssignal der Steuerschaltung in
Abhängigkeit von einem vom zweiten Spannungspegel bewirk-
ten Steuerschaltungs-Eingangssignalpegel erzeugt wird, wobei
die Deaktivierungsvorrichtung während eines vorbestimmten
Zeitintervalls nach Betätigung des Auslöseschalters aktivier-
bar ist.

8. Anlage nach Patentanspruch 7, dadurch gekennzeichnet,
dass die Deaktivierungsvorrichtung eine Widerstands-Serien-
schaltung, eine durch Betätigen des Auslöseschalters (7) ge-
schlossene Schaltvorrichtung (48) und einen mit dem Steuer-
schaltungs-Eingang gekoppelten Widerstand (65) aufweist.

9. Anlage nach Patentanspruch 8, dadurch gekennzeichnet,

dass die Deaktivierungsvorrichtung einen Widerstands-Kon-
densatorkreis (49...51) aufweist, der bewirkt, dass die Schalt-
vorrichtung (48) nach Aufladung des Kondensators (51) bei
einer vorbestimmten Ladung öffnet.

10. Anlage nach Patentanspruch 7, dadurch gekennzeich-
net, dass die Deaktivierungsvorrichtung ein Mittel (70, 71)
aufweist, das zusätzlich zum Eingangssignalpegel am Steuer-
schaltungs-Eingang an der Steuerschaltung eine Spannung
erzeugt.

11. Anlage nach Patentanspruch 9, dadurch gekennzeich-
net, dass der Widerstands-Kondensatorkreis (49...51) einen
veränderbaren Widerstand (50) aufweist zur Einstellung des
Zeitintervalls während dem die Schaltvorrichtung (48) geöff-
net ist.

12. Anlage nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeich-
net, dass die Steuerschaltung mit einer Schwellenwert-Schal-
tung (63) verbunden ist, die eingangsseitig an der Wider-
stands-Serievorrichtung (55...58) und ausgangsseitig an der
Abschaltvorrichtung für die Hochspannungsquelle angeschlos-
sen ist, dass die Deaktivierungsvorrichtung eine Schaltvorrich-
tung (48) aufweist, die ausgangsseitig mit dem Eingang der
Schwellenwert-Schaltung verbunden ist und mindestens ein
Teil der Widerstands-Serievorrichtung parallel zum Ausgang
der Schaltvorrichtung geschaltet ist, und dass der Zeitverzöge-
rungskreis einen Widerstands-Kondensatorkreis (49...51)
enthält, der an der Eingangsklemme der Schaltvorrichtung
sowie am Auslöseschalter (7) für die Hochspannungsquelle
angeschlossen ist und bewirkt, dass die Schaltvorrichtung nur
während eines durch den Widerstand und die Kapazität be-
stimmten Zeitintervalls aktiviert ist.

13. Anlage nach Patentanspruch 12, dadurch gekennzeich-
net, dass ein mit dem Ausgang der Schaltvorrichtung (48) und
dem Eingang der Schwellenwert-Schaltung (63) seriegelachte-
ter Widerstand (65) vorhanden ist.

14. Anlage nach Patentanspruch 13, dadurch gekennzeich-
net, dass die Widerstands-Serie (55-58) einen veränderbaren
Widerstand (57) aufweist.

15. Anlage nach Patentanspruch 14, dadurch gekennzeich-
net, dass die Schwellenwert-Schaltung (63) eine Unijunction-
Halbleitervorrichtung umfasst, deren Steuerelektrode (62) mit
dem Ausgang der Schaltvorrichtung (48) verbunden ist, wobei
der Ausgang der Halbleitervorrichtung mit einem auf einen
vorbestimmten Eingangssignalpegel ansprechenden Impulsge-
neratorkreis verbunden ist.

16. Anlage nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeich-
net, dass die Steuerschaltung mit einer Schwellenwert-Schal-
tung (63) über einen Leiter (11) verbunden ist, die (63) ein-
gangsseitig mit der Widerstands-Serievorrichtung verbunden
ist und mit ihren Ausgängen mit einem Spannungsteiler-Netz-
werk seriegelaltet ist, wobei der Leiter (11) mit einem
ersten Punkt (23) des Netzwerks sowie mit der Abschaltvor-
richtung für die Hochspannungsquelle verbunden ist, dass die
Deaktivierungsvorrichtung eine Schaltvorrichtung (48) ein-
schliesst, die ausgangsseitig an einen zweiten Punkt (75) des
Netzwerkes angeschlossen ist und mit mindestens einem Teil
des Widerstands im Netzwerk parallelgeschaltet ist, und dass
die Zeitverzögerungsvorrichtung einen Widerstands-Kondensa-
torkreis (49...51) aufweist, der an einer Eingangsklemme der
Schaltvorrichtung (48) sowie am Auslöse-Schalter (7) für die
Hochspannungsquelle angeschlossen ist und bewirkt, dass die
Schaltvorrichtung (48) nur bei einem durch die Widerstands-
und die Kondensatorwerte bestimmten Zeitintervall aktiviert
ist.

17. Anlage nach Patentanspruch 16, dadurch gekennzeich-
net, dass die Widerstands-Serievorrichtung (55...58) einen
veränderbaren Widerstand (57) aufweist.

18. Anlage nach Patentanspruch 17, dadurch gekennzeich-
net, dass ein zwischen dem zweiten Punkt (75) des Netzwerks

und Erde angeordneter Nebenschlusswiderstand (70) vorhanden ist.

19. Anlage nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerschaltung (10) während der Verzögerung einen Ausgang liefert, der bei Überschreitung des zweiten Pegels eine Entregung der Hochspannungsquelle (15) bewirkt.

Die Erfindung betrifft eine Anlage zum Sprühen von Pulver mittels einer Sprühpistole, mit einer Hochspannungsquelle und mit einer Vorrichtung zu ihrer manuellen Aktivierung, ferner mit einer Hochspannungs-Last und einer Ionisationsstromüberwachungsschaltung mit einer Widerstands-Serievorrichtung, um eine Spannung zu entwickeln, die zum Ionisationsstrom durch die Last proportional ist, und mit einer Steuerschaltung zur Deaktivierung der Hochspannungsquelle, sofern ein vorbestimmter erster Spannungspegel in der Überwachungsschaltung überschritten wird.

Bei automatischen Sprühbeschichtungsanlagen ist der Sprühapparat relativ zu einem sich bewegenden Förderer fest montiert, wobei die zu besprühenden Körper am Förderer angebracht sind und an dem Sprühapparat vorbeibewegt werden. Bei manuellen Systemen wird die Sprühpistole von einer Bedienungsperson in der Hand gehalten und so betätigt, dass ein gewöhnlich fest montierter Körper beschichtet wird. Da übermässige Ionisationsströme mit grösserer Wahrscheinlichkeit bei manuell betätigten Sprühpistolen-Systemen auftreten, ist die vorliegende Anlage insbesondere bei derartigen manuellen Systemen von Nutzen. Bei beiden Systemen werden gewöhnlich elektrische Ionisationsspannungen von bis zu 100 000 V zwischen der Sprühpistolen-Elektrode und dem zu beschichtenden Körper angewandt. Um einen leistungsfähigen Betrieb zu erzielen, ist es zweckmässig, die Sprühpistolen-Elektrode in angemessener Nähe, etwa 15 bis 30 cm vom zu beschichtenden und auf Erdpotential gehaltenen Körper anzuordnen. Wird die Elektrode jedoch zu nahe an den Körper herangeführt, so steigt der elektrostatische Ionisationsstrom rasch an, und es besteht die Möglichkeit, dass gefährliche elektrostatische Funken entstehen. Die vorliegende Weiterentwicklung bezieht sich nun insbesondere auf eine Sicherheitsvorrichtung, die Anstiege in dem elektrostatischen Ionisationsstrom misst und die Hochspannung abschaltet, bevor ein elektrostatischer Funke erzeugt wird.

Messschaltungen zur Überwachung des elektrostatischen Ionisationsstroms in Systemen zur elektrostatischen Beschichtung sind bekannt. Ein Beispiel für eine derartige Schaltung ist in der US-Patentschrift 2 509 277 beschrieben, die als Mittel zur Überwachung des elektrostatischen Ionisationsstroms einen in Serie mit der Sekundärwicklung eines Hochspannungstransformators geschalteten Widerstand offenbart. Die genannte Patentschrift beschreibt eine Schaltung, die den Hochspannungstransformator abschaltet, wenn der Ionisationsstrom durch den Widerstand einen vorbestimmten Wert überschreitet. Um Stromstösse in dem Ionisationsstrom zu kompensieren, die beim ersten Einschalten des Apparates auftreten, ist eine manuelle Unterbrechungsmöglichkeit offenbart, um die genannte Sicherheitsschaltung unwirksam zu machen. Ein weiteres Beispiel aus dem Stand der Technik ist in der US-Patentschrift 3 641 971 beschrieben. Diese Patentschrift offenbart zwar eine raffinierte Sicherheitsschaltung, arbeitet aber ebenfalls mit handbetätigten Mitteln, um die Arbeitsweise der Sicherheitsschaltung beim ersten Einschalten unwirksam zu machen.

Zweck der Erfindung ist die Schaffung einer Anlage, welche die Nachteile bekannter Ausführungen nicht aufweist und

gegen zu hohe Ionisationsströme beim Betrieb elektrostatischer Anlagen zur Sprühbeschichtung einen besseren Schutz bietet.

Die erfindungsgemässe Anlage zum Sprühen von Pulver mittels einer Sprühpistole der eingangs genannten Art ist dadurch gekennzeichnet, dass die Überwachungsschaltung einen Verzögerungsteil aufweist, der mit der Steuerschaltung verbunden ist und der bewirkt, dass die Steuerschaltung nur nach dem Ablauf der Verzögerung dieses Teils auf den ersten vorbestimmten Spannungspegel anspricht, dass eine Vorrichtung zur Reduktion der Ansprechempfindlichkeit der Überwachungsschaltung vorhanden ist, welche Vorrichtung der Steuerschaltung und dem Verzögerungsteil zugeordnet ist, welche Reduktionsvorrichtung während der vom Verzögerungsteil bewirkten Verzögerung einen zweiten vom ersten verschiedenen Ansprechpegel liefert, wobei nur bei dessen Überschreitung eine Entregung der Hochspannungsquelle erfolgt.

Eine Weiterbildung der Anlage arbeitet dabei mit einem Widerstand, der mit einem Hochspannungs-Generatorkreis zur Erzeugung einer zu dem Ionisationsstrom proportionalen Spannung in Serie geschaltet ist. Mit diesem Widerstand ist eine Schwellenwert-Schaltung verbunden, die in Abhängigkeit eines vorbestimmten, einen zu hohen Ionisationsstrom angehenden Spannungspegels ein Ausgangsschaltensignal erzeugt. Die Schwellenwert-Schaltung ist ferner mit einer Last-Abschaltvorrichtung verbunden, die in Abhängigkeit des Ausgangsschaltensignals die Hochspannung von der elektrostatischen Sprühpistolen-Elektrode abschaltet. Zwischen dem Hochspannungs-Einschalter und der Schwellenwert-Schaltung kann ferner eine Deaktivierungsvorrichtung eingeschaltet werden, die während der anfänglichen Einschaltperiode des elektrostatischen Systems einen alternativen Schwellenwert-Schaltpegel erzeugt. Die Deaktivierungsvorrichtung bewirkt, dass die Schwellenwert-Schaltung nur auf Ionisationsströme anspricht, die erheblich höher sind als die zum anfänglichen Aufladen der Leitungskapazitäten erforderlichen Ströme. Die Deaktivierungsvorrichtung bewirkt nach dem anfänglichen Aufladen der Leitungskapazitäten, dass die Schwellenwert-Schaltung zu ihrem normalen Ansprechverhalten gegenüber Ionisationsströmen zurückkehrt.

Die Anlage weist somit eine verbesserte Sicherheitsschaltung auf, die Schutz nicht nur gegen zu hohe Ionisationsströme beim Betrieb von Systemen zur elektrostatischen Sprühbeschichtung sondern auch gegen zu hohe Ionisationsströme eines zweiten Pegels während des anfänglichen Einschaltens derartiger Systeme bietet. Ausserdem besitzt die Anlage eine Sicherheitsvorrichtung, die verbesserte elektronische Komponenten aufweist und ohne elektromechanische Vorrichtungen auskommt.

Vorzugsweise ist der Sicherheitspegel für den Ionisationsstrom wählbar und einstellbar, so dass sich die elektronische Sicherheitsschaltung bei einer grossen Vielzahl von elektrostatischen Sprühbeschichtungsanlagen verwenden lässt.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der erfindungsgemässen Anlage anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schrägbildliche Darstellung einer elektrostatischen Anlage zur Sprühbeschichtung.

Fig. 2 ein Blockschaltbild einer hauptsächlich aus elektronischen Elementen bestehenden Steuervorrichtung für die Anlage nach Fig. 1,

Fig. 3 ein detailliertes Schaltbild eines der elektronischen Elemente nach Fig. 2,

Fig. 4 ein detailliertes Schaltbild eines weiteren elektronischen Elements nach Fig. 2,

Fig. 5 eine erste Variante zum Schaltbild nach Fig. 4 und Fig. 6 eine zweite Variante zum Schaltbild nach Fig. 4.

In Fig. 1 ist eine elektrostatische Anlage zur Beschichtung

durch Sprühen gezeigt, bei der eine elektrostatische Sprühpistole 3 mittels Schläuchen an einem Vorratsbehälter 1 mit elektrostatischem Pulver angeschlossen ist. Der Behälter 1 enthält Beschichtungspulver, das der Sprühpistole 3 zum Auftrag auf einen zu beschichtenden, nicht gezeigten Gegenstand unter Druck zugeführt wird. Die elektrostatische Sprühpistole 3 ist ferner über ein Hochspannungskabel 4 an einem Hochspannungsaggregat 2 mit zugehörigen Schaltkreisen angeschlossen. Das Hochspannungskabel 4 kann in den verschiedensten Längen, z. B. von wenigen bis zu 35 Metern, vorliegen. Wegen seiner Länge und elektrischen Eigenschaften weist das Hochspannungskabel 4 eine beträchtliche Eigenkapazität auf, die jedesmal aufgeladen werden muss, wenn das Hochspannungsaggregat 2 eingeschaltet wird. Wegen dieser Aufladung des Kabels muss das Aggregat 2 für einen erheblich höheren Strombedarf ausgelegt sein als dies für eine normale Sprühbeschichtung erforderlich ist. Ein zweites Kabel 5 enthält einen Draht, der den Betätigungsschalter 7 der Sprühpistole 3 mit einer im Aggregat 2 enthaltenen und nachfolgend beschriebenen Steuerschaltung verbindet. Der Schalter 7 steuert die Hochspannungs-Generatorstufe innerhalb des Aggregats 2.

Im Blockschaltbild nach Fig. 2 wird eine Steuerschaltung 10 über das Kabel 5 aktiviert, welche die Hochspannungs-Energiequelle 15 erregt. Die Energiequelle 15 umfasst einen Transformator und einen Gleichrichterkreis, so dass am Hochspannungskabel 4 eine Gleichspannung von 50 bis 100 KV angelegt und mit der nicht gezeigten Hochspannungselektrode in der Sprühpistole 3 gekoppelt wird. Der durch diese Hochspannung hervorgerufene Ionisationsstrom wird durch einen Messkreis 20 überwacht, der über eine Leitung 19 und eine Klemme 21 an dem Hochspannungstransformator der Energiequelle 15 angeschlossen ist. Die Leitung 19 ist dabei an einer Seite der Ausgangsstufe für die gleichgerichtete Hochspannung angeschlossen. Der Messkreis 20 empfängt von der Steuerschaltung 10, über eine Leitung 9 und eine Klemme 22 ein Steuersignal, das den anfänglichen Einschaltzustand der elektrostatischen Hochspannung angibt. Der Messkreis 20 weist ferner eine Ausgangsklemme 23 auf, die über eine Leitung 11 mit der Steuerschaltung 10 verbunden ist: Die Ausgangsklemme 25 führt gegebenenfalls ein einen übermässigen Ionisationsstrom anzeigendes Signal, das bewirkt, dass die Steuerschaltung 10 die an der Sprühpistole 3 liegende Hochspannung abschaltet.

Fig. 3 ist ein vereinfachtes Schaltbild der Steuerschaltung 10 und der Energiequelle 15 gezeigt. Die Primärwicklung des Hochspannungstransformators 16 ist kapazitiv an einen Gleichrichter-Transformator 17 mit sättigbarem Kern angeschlossen. Dieser Transformator 17 wird in der Technik allgemein zur Erzeugung hoher Spannungen benützt und liefert eine typische Ausgangs-Gleichspannung von etwa 400 V. Die Ausgangsspannung lädt einen Kondensator 18, und ein steuerbarer Siliciumgleichrichter 31 wird periodisch gezündet, so dass die Kondensatorladung über die Primärwicklung des Transformators 16 entladen wird. Die Zündung des Gleichrichters 31 erfolgt in bekannter Weise durch Anlegen eines Spannungsimpulses an seine Steuerelektrode 32. Diese Spannung wird transformiert und in einer Gleichrichterstufe 30 gleichgerichtet, so dass an dem Hochspannungskabel 4 eine Hochspannung von 50 bis 100 KV erzeugt wird, die der Elektrode der elektrostatischen Spritzpistole zugeführt wird. Bei der Gleichrichterstufe 30 kann es sich um eine der vielfältigen bekannten Einrichtungen zum Gleichrichten von Wechselströmen, vorzugsweise vom Typ des Spannungsverdopplers oder -verdreifachers, handeln.

Das elektrostatische Hochspannungspotential besteht zwischen der Leitung 19 von der Energiequelle und dem Hochspannungskabel 4. Die Leitung 19 ist, wie im Folgenden anhand von Fig. 4 beschrieben werden soll, über einen Serienwi-

derstand geerdet. Die auf das Kabel 4 gegebene Hochspannung wird also durch periodisches Anlegen eines Impulses an die Steuerelektrode 32 des Gleichrichters 31 erzeugt: durch Abschalten dieser periodischen Impulse von der Steuerelektrode 32 wird bewirkt, dass die Hochspannung aufhört. Das Signal zur Aussteuerung der Steuerelektrode 32 wird auf die im Folgenden beschriebene Art und Weise von der Steuerschaltung 10 nach Fig. 3 erzeugt.

Die Steuerschaltung 10 wird, wie oben erwähnt, von dem Fingerschalter 7 der Sprühpistole 3 aktiviert, wobei es sich bei dem Fingerschalter um einen elektrischen Kontakt handelt, der beim Drücken des Schalters 7 einen Widerstand 33 erdet. Da die andere Seite des Widerstands 33 mit einer positiven Spannungsquelle verbunden ist, fliesst durch den Widerstand 33 ein Strom, der bewirkt, dass ein Transistor 35 einschaltet und starken Strom zieht. Dadurch steigt das Potential auf der Leitung 9 sowie an der Basis eines Transistors 36, wodurch der Transistor 36 einschaltet und ebenfalls Strom zieht. Der Strom durch den Transistor 36 fliesst über eine Lampe 38, die aufleuchtet. Die Lampe 38 ist an einer Steuertafel der Energieversorgung 2 angebracht und dient dazu, den Zustand anzuzeigen, dass die «Hochspannung eingeschaltet» ist. Bei der Lampe 38 handelt es sich um denjenigen Typ, der aufleuchtet, wenn Ströme in der Grössenordnung von 100 mA fliessen.

Schaltet der Transistor 36 ein und wird er leitend, so wird auch ein Transistor 40 eingeschaltet. Der durch den Transistor 40 fliessende Strom liegt in der Grössenordnung von weniger als einigen mA und reicht, obwohl er über eine Lampe 39 fliesst, in seiner Stärke zur Beleuchtung dieser Lampe nicht aus. Der Strom durch den Transistor 40 fliesst ferner durch eine RC-Schaltung, die einen Widerstand 46 und einen Kondensator 41 umfasst. Die RC-Zeitkonstante dieser Schaltungselemente steuert die Länge der Zeitspanne, die erforderlich ist, damit sich an dem Kondensator 41 eine Spannung aufbaut. Da an dem Verbindungspunkt zwischen dem Widerstand 46 und dem Kondensator 41 ein Unijunction-Transistor 43 mit seiner Steuerelektrode 42 angeschlossen ist, spricht diese Elektrode 42 auf die Spannung am Kondensator 41 an. Bei dem Unijunction-Transistor 43 handelt es sich um denjenigen Typ, der auf gewisse Schwellenspannungen an seiner Steuerelektrode anspricht, wobei ein charakteristisches Merkmal darin besteht, dass sein Ausgang umgeschaltet wird, wenn die Eingangsspannung einen vorbestimmten Schwellenwert erreicht. Diese Arbeitscharakteristik bewirkt, dass der Transistor 43 ausgangseitig plötzlich Strom führt, wenn die Spannung am Kondensator 41 auf einen vorbestimmten Pegel ansteigt. Tritt dieser Zustand ein, so wird über die Klemme 12 ein positiv verlaufender Spannungsimpuls an die Steuerelektrode 32 des Gleichrichters 31 übertragen, so dass der Gleichrichter 31 zündet.

Führt der Transistor 43 ausgangseitig Strom, so wird für die Ladung am Kondensator 41 ein Entladungspfad über die Steuerelektrode 42 und einen Widerstand 45 geschaffen. Dieser Entladungspfad sorgt dafür, dass die Spannung am Kondensator 41 absinkt und schliesslich auf einen Pegel fällt, der den Transistor 43 nicht mehr im leitenden Zustand erhält; sodann schaltet der Transistor 43 in den abgeschalteten oder nicht leitenden Zustand. In diesem Moment beginnt der Kondensator 41 wieder sich aufzuladen, und der Zyklus wiederholt sich. Wie ersichtlich, stellt die oben beschriebene Schaltung somit einen Oszillator dar, der der Steuerelektrode 32 des Siliciumgleichrichters 31 periodisch Spannungsimpulse zuführt.

Wird der Schalter 7 losgelassen, so hört der Transistor 35 auf zu leiten, und die Spannung an der Leitung 9 sowie an der Basis des Transistors 36 wird stärker negativ. Dadurch wird der Transistor 36 nicht-leitend, wodurch der Strom durch die Lampe 38 sowie der leitende Zustand des Transistors 40 unterbrochen werden. Wird der Transistor 40 nicht-leitend, so

schaltet auch der Oszillatorkreis des Unijunction-Transistors 43 ab, so dass der Steuerelektrode 32 des Gleichrichters 31 keine Zündimpulse mehr zugeführt werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Steuerschaltung 10 in Abhängigkeit von Schalter 7 bewirkt, dass die Anzeigelampe 38 «Hochspannung eingeschaltet» aufleuchtet und der Gleichrichter 31 zur Erzeugung einer Hochspannung periodisch gezündet wird. Wird der Schalter 7 losgelassen, so bewirkt die Steuerschaltung 10, dass die Hochspannungs-Anzeigelampe 38 ausgeschaltet und die Zündung des Gleichrichters 31 beendet wird, so dass die Hochspannung am Eingang des Kabels 4 weggenommen wird. In dieser Form lässt sich die Arbeitsweise der Steuerschaltung 10 zusammenfassen, wenn man die Wirkung des Messkreises 20 ausser Betracht lässt. Im Folgenden soll nun unter besonderer Bezugnahme auf die Figuren 3 und 4 die Arbeitsweise der Steuerschaltung 10 in Verbindung mit dem Messkreis 20 beschrieben werden.

Fig. 4 zeigt diesen Messkreis 20, der in bezug auf seine Wechselwirkung mit der in Fig. 3 gezeigten Steuerschaltung 10 beschrieben werden soll. Der Kollektor des Transistors 35 ist über die Leitung 9 mit der Eingangsklemme 22 des Messkreises 20 verbunden. Wird der Fingerschalter 7 gedrückt, so wird die Spannung auf der Leitung 9 positiv und bewirkt, da sie über die Klemme 22 an der Basis eines Transistors 48 liegt, dass dieser Transistor 48 einschaltet und Strom zieht. Der Transistor 48 bleibt während der durch die RC-Zeitkonstante der Widerstände 49 und 50 sowie des Kondensators 51 bestimmten Zeitspanne leitend. Diese Zeitspanne ist veränderbar und lässt sich durch Verstellen des Widerstands 50 vorwählen: Dabei ist der Widerstand 50 z. B. auf einen Wert eingestellt, der sich nach den elektrischen Eigenschaften und der Länge des Hochspannungskabels 4 richtet, damit das gewünschte Ergebnis erreicht wird, dass nämlich der Transistor 48 über eine Zeitspanne leitend bleibt, die erforderlich ist, um das Hochspannungskabel 4 auf sein letztlisches elektrostatisches Ionisationspotential aufzuladen.

Der Transistor 48 liegt während der Dauer seiner Leitfähigkeit parallel zu den Widerständen 55, 56 und 57 zwischen dem Verbindungspunkt 54 und Erde. Da die Steuerelektrode 62 eines Unijunction-Transistors 63 ebenfalls an den Verbindungspunkt 54 angeschlossen ist, ist auch diese Elektrode geerdet und hält den Transistor 63 im nichtleitenden Zustand. In diesem Zustand wird die Spannung an der Ausgangsklemme 23 auf einem Minimalwert gehalten. Die Ausgangsklemme 23 ist an die Steuerelektrode 59 eines steuerbaren Siliciumgleichrichters 60 angeschlossen, der gemäss Fig. 3 in der Steuerschaltung 10 liegt. Diese Verbindung besteht über die Leitung 11. Somit wird die Erzeugung eines Signals an der Ausgangsklemme 23 verhindert, solange der Transistor 48 leitet. Dadurch wird verhindert, dass der Gleichrichter 60 zündet.

Nach Ablauf eines Zeitintervalls, das von der Einstellung des Widerstands 50 abhängt, hört der Transistor 48 auf, leitfähig zu sein, und die Spannung am Verbindungspunkt 54 kehrt auf einen von den relativen Werten der Widerstände 55 bis 58 und dem Strom an der Klemme 21 bestimmten Pegel zurück. Der Widerstand 58 ist dabei über die Klemme 21 und die Leitung 19 an den Ausgang der Energiequelle 15 angeschlossen. An dem die Widerstände 55 bis 58 umfassenden Netzwerk entsteht somit eine Spannung, die durch den Stromfluss aus der Energiequelle 15 bestimmt wird; dieser Strom bildet den Ionisationsstrom für die elektrostatische Hochspannung zwischen der Hochspannungselektrode der Spritzpistole und dem geerdeten zu beschichtenden Ziel. Der Strompfad verläuft von der Leitung 19 am Ausgang der Energiequelle 15 über die Klemme 21, die in Serie liegenden Widerstände 58 und 55 sowie die parallel geschalteten Widerstände 56 und 57 nach Erde, die in Fig. 4 als Punkt 47 dargestellt ist. In dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel hat die an die Elektrode

der Spritzpistole abgegebene Hochspannung negative Polarität.

Die Spannung am Verbindungspunkt 54 ist proportional zu diesem Ionisationsstrom und liegt an der Steuerelektrode 62 des Unijunction-Transistors 63, so dass die Leitfähigkeit dieses Transistors 63 gesteuert wird. Steigt der Ionisationsstrom, so steigt auch die Spannung am Verbindungspunkt 54; bei einem gewissen Schwellenwert-Potential zieht der Transistor 63 Strom und bewirkt, dass die Spannung an der Klemme 23 positiv wird. Dieser Spannungs-Schwellenwert lässt sich durch Einstellen des Widerstands 57 vorwählen. Die positiv werdende Spannung an der Klemme 23 liegt über die Leitung 11 an der Steuerelektrode 59, so dass der Gleichrichter 60 zündet und leitend wird. Tritt dieser Fall ein, so fliesst Strom durch die Lampe 39, und diese leuchtet auf. Die Lampe 39 ist wiederum an der Steuertafel der Hochspannungs-Energieversorgung angebracht und zeigt beim Aufleuchten den Zustand «Hochspannungs-Überlastung» an. Die Zündung des Gleichrichters 60 bewirkt ferner, dass der Transistor 40 nichtleitend wird, wodurch die Oszillatorwirkung des Transistors 43 und seines zugehörigen Schaltkreises unterbrochen wird. Dadurch wird weiterhin bewirkt, dass die Spannungsimpulse an der Klemme 12 aufhören und eine weitere Zündung des Gleichrichters 31 verhindert wird.

Der Gleichrichter 60 zieht Strom durch die Lampe 39 und den leitenden Transistor 36 nach Erde. Er bleibt leitend, solange der Transistor 36 in leitendem Zustand gehalten wird, was durch den Fingerschalter 7 bestimmt wird. Wird der Schalter 7 freigegeben, so schalten der Transistor 35 und damit auch der Transistor 36 ab und unterbrechen den Stromkreis durch die Lampe 39, den Gleichrichter 60 und den Transistor 36. Zusammenfassend ist festzustellen, dass dann, wenn der Strom für die Hochspannungs-Ionisation auf eine vorbestimmte Grösse ansteigt, von dem Transistor 63 ein Impuls erzeugt wird, der den Gleichrichter 60 zündet. Dadurch wird andererseits die Lampe 39 «Hochspannungs-Überlastung» beleuchtet und die Hochspannungs-Energiequelle 15 abgeschaltet. Die Hochspannung kann so lange nicht wieder entstehen, bis der Fingerschalter 7 freigegeben wird, wodurch eine Unterbrechung des Serienstrompfades durch den Transistor 36 unterbrochen wird. Nachdem der Schalter 7 freigegeben worden ist, kann er erneut gedrückt werden, um die Erzeugung der Hochspannung, wie oben beschrieben, erneut aufzunehmen.

Fig. 5 zeigt eine verbesserte Variante des Messkreises 20, die auf übermässige Ionisationsströme selbst während des für die elektrostatische Aufladung des Kabels 4 erforderlichen Zeitintervalls anspricht. Die Schaltung nach Fig. 5 ist der nach Fig. 4 in jeder Hinsicht gleich mit der Ausnahme, dass zwischen dem Verbindungspunkt 54 und dem Kollektor des Transistors 48 ein Widerstand 65 eingeschaltet ist. Wie oben erwähnt, ist der Transistor 48 nach Fig. 4 während eines Zeitintervalls leitend, das etwa gleich der zum Aufladen der Eigenkapazität des Kabels 4 erforderlichen Zeit ist. Während dieses Zeitintervalls ist der Strom wegen des zum Aufladen der Leitungskapazität benötigten Stroms höher, als es für den Normalbetrieb erforderlich ist. Der Transistor 48 dient deshalb dazu, die Widerstände 55, 56 und 57 zu überbrücken, um den Ionisations-Messkreis effektiv abzuschalten, der sonst auf einen solchen übermässigen Ionisationsstrom ansprechen und seinerseits die Hochspannung abschalten würde.

Die Verbesserung der Schaltung nach Fig. 5 besteht darin, dass der mit dem Transistor 48 in Serie geschaltete Widerstand 65 effektiv nicht als Abschalt- sondern als Deaktivierungskreis wirkt. Ist der Transistor 48 leitend, so liegt der Widerstand 65 parallel zu dem aus den Widerständen 55, 56 und 57 bestehenden Netzwerk. Für einen gegebenen Pegel des Ionisationsstroms wird dadurch die Spannung am Verbindungspunkt 54 vermindert, jedoch nicht auf Erdpotential geklemmt. Daher

spricht der den Unijunction-Transistor 63 und zugehörige Schaltungselemente umfassende Messkreis noch auf übermäßige Werte des Ionisationsstroms an und kann noch die Erzeugung der Hochspannung unterbrechen, wenn übermäßige Ionisationsströme auftreten. Beispielsweise mag während der zum Aufladen der Eigenkapazität des Kabels 4 benötigten Zeitspanne, die gewöhnlich kürzer ist als 0,5 sec, der Strombedarf der Hochspannungsquelle 15 bis zu $200 \mu\text{A}$ betragen. Ist die Aufladung des Kabels beendet und wird der Normalbetrieb aufgenommen, so liegt der Ionisationsstrom-Pegel für den Normalbetrieb in der Größenordnung von 20 bis $100 \mu\text{A}$. Wird jedoch die Hochspannungs-Elektrode der Spritzpistole 3, wenn der Fingerschalter 7 anfänglich gedrückt wird, nahe an Erde geführt, so wird die Hochspannungs-Energiequelle stark überlastet, und die Serienschaltung aus dem Widerstand 65 und dem Transistor 48 bewirkt, dass der Messkreis auf diesen Zustand anspricht und die weitere Erzeugung von Hochspannung unterbricht.

Fig. 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel des Messkreises 20. In diesem Ausführungsbeispiel weist der Messkreis eine Deaktivierungs-Eigenschaft auf, die einen Kabel-Aufladestrom in Höhe eines festen Vielfachen des normalen Überlast-Ionisationsstroms gestattet. Das besagte Vielfache bestimmt sich nach dem Verhältnis aus der Summe der beiden Widerstände 70 und 71 zu dem Widerstand 70 entsprechend dem

Ausdruck $\frac{R(70) + R(71)}{R(71)}$. In dieser Schaltung wird der

Schalt-Schwellenwert des Unijunctions-Transistors 63 normalerweise durch die Spannung am Verbindungspunkt 54 bestimmt, die zu dem Pegel des Ionisationsstroms proportional

ist. Der Transistor 63 arbeitet jedoch wegen der Wirkung des von den Widerständen 71 und 70 gebildeten Spannungsteilers auf verminderter Spannung. Die Widerstände 70 und 71 ergeben an ihrem Verbindungspunkt 75 eine verminderte Spannung, so dass der Transistor 63 auf eine verminderte Trigger-Spannung an dem Verbindungspunkt 54 anspricht. Die Widerstände 55 bis 58 sind entsprechend der für den Transistor 63 erforderlichen Schwellen-Schaltspannung bemessen, so dass die Umschaltung bei einem vorbestimmten Pegel des Ionisationsstroms stattfindet.

Wird der Schalter 7 an der Sprühpistole zunächst gedrückt, so wird der Transistor 48 wie vorher leitend, so dass der Messkreis 20 während einer zum Aufladen der Kabel-Eigenkapazität erforderlichen Zeitspanne deaktiviert wird. Bei der Arbeitsweise der Schaltung nach Fig. 6 liegt jedoch dann, wenn der Transistor 48 leitend wird, die gesamte Spannung (+V) der Energieversorgung an dem Verbindungspunkt 75, so dass die Schwellenspannungs-Empfindlichkeit des Transistors 63 angehoben wird. Würden die Widerstände 70 und 71 beispielsweise so gewählt, dass am Verbindungspunkt 75 normalerweise eine Spannung von $+V/2$ liegt, so würde beim Einschalten des Transistors 48 das Potential am Verbindungspunkt 75 plötzlich auf +V steigen und die Schwellenspannung des Transistors 63 um den Faktor 2 zunehmen. Dadurch wird der Messkreis 20 derart deaktiviert, dass er das doppelte des normalen Überlast-Ionisationsstroms benötigt, bevor die Hochspannungs-Energiequelle 15 abgeschaltet wird. Die Schaltung nach Fig. 6 gestattet also einen Stossstrom zur Kabel-Aufladung, der ein festes Vielfaches des normalen Überlast-Ionisationsstroms ist.

FIG. 3.

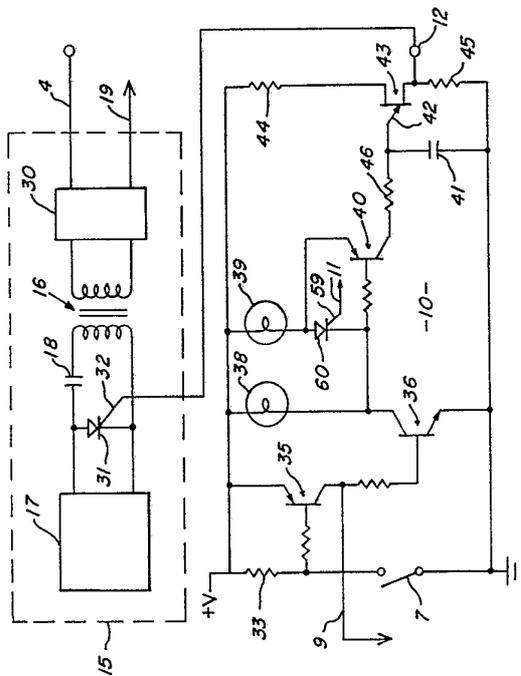


FIG. 5.

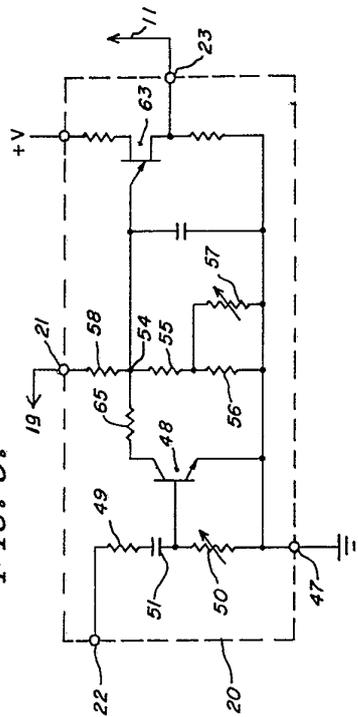


FIG. 6.

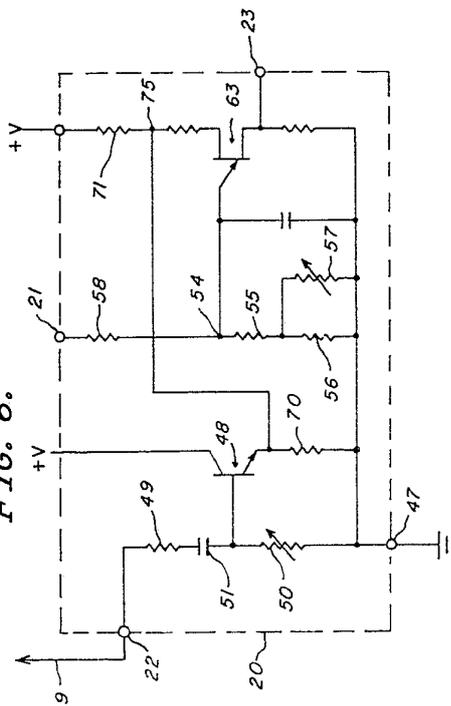
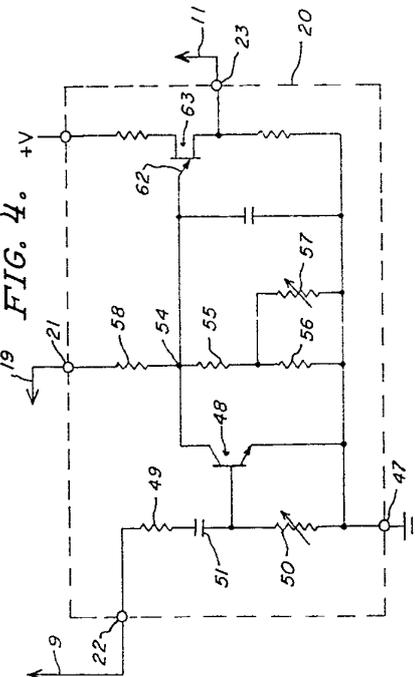


FIG. 4.



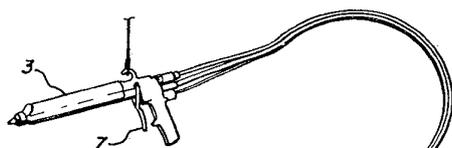


FIG. 1.

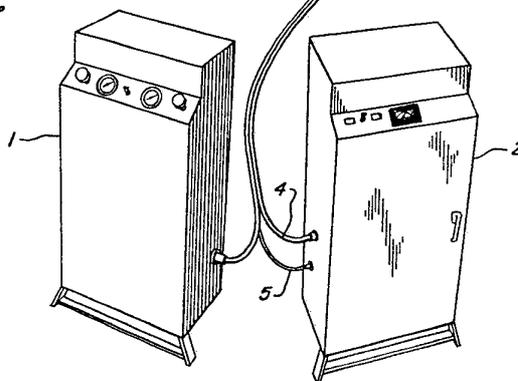


FIG. 2.

