



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 22 764 T2 2006.07.13**

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 202 139 B1**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G05B 19/042 (2006.01)**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 22 764.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 123 342.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **27.10.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.05.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **21.09.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **13.07.2006**

(73) Patentinhaber:

**Invensys Systems, Inc., Foxboro, Mass., US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, GB**

(74) Vertreter:

**HOFFMANN & EITLE, 81925 München**

(72) Erfinder:

**Löchner, Michael, 70794 Filderstadt, DE**

(54) Bezeichnung: **Busspannungsdetektor in einem Feldgerät**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

## GEBIET DER ERFINDUNG

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Feldvorrichtung zur Überwachung eines Herstellungsprozesses und zur Einstellung von Herstellungsprozessvariablen, und insbesondere auf eine Feldvorrichtung für eine Überwachung eines Herstellungsprozesses und auf eine Einstellung von Herstellungsprozessvariablen, die die Fähigkeit zur Stromversorgungsausfallerkennung haben.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

**[0002]** Die im Folgenden beschriebenen Feldvorrichtungen werden allgemein in Herstellungsprozessen zur Überwachung des Betriebes und der Einstellung von Prozessvariablen in einem solchen Herstellungsprozess genutzt. Typischerweise wird eine Vielzahl von Stellgliedern in der Herstellungsumgebung zur Bedienung einer Vielzahl von unterschiedlichen Prozesssteuerelementen, d.h. Ventilen, Sensoren usw., platziert. Weiterhin werden Sender in der Herstellungsumgebung zur Überwachung von Prozessvariablen, d.h. Eluidruck, Fluidtemperatur oder Fluiddurchfluss, installiert.

**[0003]** Die Stellglieder und Sender werden mit einem Steuerbus gekoppelt, um Prozessinformationen an eine zentralisierte Steuerung, welche den gesamten Herstellungsprozess überwacht, zu senden und von ihr zu empfangen. Dieser Steuerbus kann als Zweidrahtkreis, durch den ein Strom zur Versorgung der Feldvorrichtungen fließt, implementiert werden.

**[0004]** In einer solchen Steuerung ist die Systemkommunikation typischerweise durch einen Feldbusstandard realisiert, welcher einem digitalen Kommunikationsstandard entspricht, nach dem eine Vielzahl von Sendern an nur einen Kontrollbus gekoppelt werden können, um gemessene Prozessvariable an die Zentralsteuerung zu senden. Ein Beispiel für solche Kommunikationsstandards sind ISA 50.02-1992 Abschnitt 11 HART<sup>®</sup>, der auf einer digitalen Kommunikation auf der Basis eines 4-20-mA-Prozessorvariablen-signals beruht.

**[0005]** Ein wichtiger Aspekt hinsichtlich der oben beschriebenen Steuersysteme ist die intrinsische Sicherheit. Wenn sich eine Feldvorrichtung ohne explosions-sichere Ausrüstung in einem gefährlichen Bereich befindet, sollte die Feldvorrichtung intrinsisch sicher sein. Dabei bedeutet eine intrinsische Sicherheit, dass die Elektronik derart gestaltet sein muss, dass auch dann keine Funken oder Hitze erzeugt werden/wird, wenn ein Fehler an einer oder mehreren Komponenten zur gleichen Zeit auftritt.

**[0006]** Normalerweise wird intrinsische Sicherheit

durch zusätzliche Schutzelemente bewirkt, die die elektronischen Komponenten unter Fehlerbedingungen schützen. Abhängig von der spezifischen Anwendung – z.B. dem Explosionstyp von Gasen, das im Herstellungsprozess genutzt wird – stellen unterschiedliche Design-Spezifikationen und Zertifikate die Sicherheit der Schutzelemente sicher.

**[0007]** [Fig. 1](#) stellt die peripheren Teile eines Herstellungsprozesssteuersystems dar.

**[0008]** Wie in [Fig. 1](#) dargestellt, können die peripheren Teile ein erstes Bussegment **10** vom Typ intrinsische Sicherheit und ein zweites Bussegment umfassen, das beispielsweise den RS485-Standard zur Datenkommunikation nutzt. Das intrinsisch sichere Feldbussegment **10** und das RS485-Bus-Segment **12** sind durch einen Buskoppler **14** gekoppelt. Darüber hinaus ist die Seite des intrinsisch sicheren Bussegmentes, das nicht an den Buskoppler angeschlossen ist, an einen Anschlussschaltkreis angeschlossen, der Reflexionen an dem intrinsisch sicheren Feldbussegment **10** verhindert.

**[0009]** Wie auch in [Fig. 1](#) dargestellt, ist an jedes Bussegment **10**, **12**, mindestens eine Feldvorrichtung **18**, **20** und **22** angeschlossen. Jede Feldvorrichtung ist entweder ein Stellglied, ein Sender oder eine E/A-Vorrichtung, die Informationen empfängt/sendet.

**[0010]** Darüber hinaus ist die Feldvorrichtung, die an dem intrinsisch sicheren Feldbussegment **10** anliegt, mit einem elektrischen Strom versorgt, der von dem intrinsisch sicheren Feldbus erhalten wurde, was zu einem Spannungsabfall über den Feldvorrichtungen **20**, **22** führt. Typischerweise wird der intrinsisch sichere Feldbus **10** unter einem Busprotokoll oder irgendeinem anderen passenden Protokoll betrieben, welches es erlaubt, digitale Informationen auszutauschen.

**[0011]** Wie in [Fig. 1](#) dargestellt, tauschen die Feldvorrichtungen **20**, **22**, die an den intrinsisch sicheren Feldbus gekoppelt sind, im Betrieb Informationen durch Änderungen im Stromfluss zu jeder Feldvorrichtung **20**, **22** aus. Zur digitalen Kommunikation wird ein Basiswert des Stromes des intrinsisch sicheren Feldbusses **10** moduliert, um einen vorbestimmten Wert um einen Offset-Wert, d.h. um 9mA beim Feldbusstandard, zu erhöhen oder zu verkleinern. Diese Modulation des Stromflusses, entweder in der Feldvorrichtung **20** oder in der Feldvorrichtung **22**, führt zu einer Veränderung der Spannung  $U_B$  auf dem intrinsisch sicheren Feldbussegment **10**, sodass eine digitale Kommunikation ermöglicht wird.

**[0012]** [Fig. 2](#) stellt einen detaillierteren Schaltplan, der in [Fig. 1](#) dargestellten Feldvorrichtung dar.

**[0013]** Wie in [Fig. 2](#) dargestellt, kann das intrinsisch

sichere Feldbussegment **10** in einen gleichwertigen Schaltplan mit einer idealen Spannungsquelle **24** und einem Widerstand **26** zusammengefasst werden, um die AC-Spannungsimpedanz zu modellieren und um intrinsische Sicherheitsanforderungen hinsichtlich Funkenbildung, Strombegrenzung und Leistungsbegrenzung in gefährlichen Umgebungen zu erfüllen.

**[0014]** Wie auch in [Fig. 2](#) dargestellt, ist jede Feldvorrichtung mit zwei Drähten **28**, **30** an ein intrinsisch sicheres Feldbussegment **10** und gleichzeitig an eine Entladeschutzvorrichtung **32** angeschlossen. Am Ausgang der Entladeschutzvorrichtung **32** ist eine Modulationseinheit **34** vorgesehen, die es erlaubt, den zur Feldvorrichtung fließenden Betriebsstrom zu modulieren.

**[0015]** Die Modulationseinheit **34** ist in Reihe an eine Leistungswandlereinheit **36** angeschlossen, die zur Abbildung des über die Modulationseinheit **34** fließenden Betriebsstromes in ein geeignetes Stromversorgungssignal für eine Steuereinheit **38** ausgebildet ist, die an den Ausgang der Leistungswandlereinheit **36** und eine Stellglied-/Sensor-Einheit **40**, die von der Steuereinheit **38** gesteuert wird, angeschlossen ist.

**[0016]** Wie in [Fig. 2](#) auch dargestellt, ist die Steuereinheit **38** in eine Hauptsteuerung und eine Kommunikationssteuerung **44** aufgeteilt. Während die Kommunikationssteuerung die Betriebsstrommodulationseinheit **34** zur Erreichung einer Modulation des Betriebsstromes steuert und somit den Austausch von Informationen zwischen dem intrinsisch sicheren Feldbussegment **10** und der Feldvorrichtung bewirkt, wird die Hauptsteuerung des Feldbusses von der Hauptsteuerung **42** durchgeführt.

**[0017]** Deshalb steuert die Hauptsteuerung **42** nicht nur die Kommunikationssteuerung **44** sondern auch die Stellglieder **46**, **48** oder einen Sensor **50** in der Stellglied/Sensor-Einheit **40**. Für jedes Stellglied **46**, **48** gibt es eine dedizierte Digital/Analog-Wandler-Einheit **52**, **54**, wobei für den Sensor **50** ein Analog/Digital-Wandler verfügbar ist.

**[0018]** Weiterhin sei darauf hingewiesen, dass, obwohl [Fig. 2](#) eine spezifische Anzahl von Stellgliedern und einen einzelnen Sensor zeigt, die Anzahl von Stellgliedern und/oder Sensoren entsprechend der vorliegenden Erfindung frei wählbar ist, und dass es keinen Einfluss auf die unterschiedlichen Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung – wie sie nachfolgend beschrieben wird – hat. [Fig. 3](#) stellt einen detaillierteren Schaltplan der in [Fig. 2](#) dargestellten Leistungswandlereinheit **36** dar.

**[0019]** Wie in [Fig. 3](#) dargestellt, umfasst die Leistungswandlereinheit **36** einen Kondensator **58**, der über den Eingangsanschlüssen eines DC/DC-Wand-

lers **60** liegt. Im Betrieb bewirkt der Kondensator **58** eine Stabilisierung der Eingangsspannung  $U_i$  am DC/DC-Wandler **60**. Die Ausgangsspannung  $U_o$  des DC/DC-Wandlers **60** wird dann an die nachfolgende Steuereinheit **38** weitergeleitet.

**[0020]** Im Betrieb empfängt jede Feldvorrichtung **20**, **22**, die an das intrinsisch sichere Feldbussegment **10** angeschlossen ist, einen Betriebsstrom von dem intrinsisch sicheren Feldbussegment **10**. Wenn Information von der Feldvorrichtung an das intrinsisch sichere Feldbussegment **10** gesandt wird, wird der Betriebsstrom durch die Modulationseinheit **34** unter Kontrolle der Kommunikationssteuerung bestimmt. Mit anderen Worten variiert zur Erreichung der digitalen Kommunikation der Betriebsstrom, der der Feldvorrichtung zur Verfügung steht, und somit variiert auch die Spannung des intrinsisch sicheren Feldbussegmentes **10** entsprechend dem Steuersignal, das der Modulationseinheit **34** von der Kommunikationssteuerung zur Verfügung steht.

**[0021]** Es sei darauf hingewiesen, dass der besondere Kommunikationsstandard, der für den Kommunikationsprozess benutzt wird, nicht als beschränkend für die vorliegende Erfindung, wie sie nachfolgend beschrieben wird, angesehen werden soll.

**[0022]** Zum Empfang von Informationen hält die Kommunikationssteuerung **44** den Widerstand der Modulationseinheit **34** konstant. Im Falle des Triggers einer Spannungsänderung auf dem intrinsisch sicheren Feldbussegment **10** durch eine andere Feldvorrichtung kann/können die übrigen Feldvorrichtung/en, die an dieses intrinsisch sichere Feldbussegment **10** angeschlossen ist/sind, diese Spannungsänderung über ihre Anschlussleitungen **28**, **30** zur weiteren Verarbeitung in der Steuereinheit **38** detektieren. Dieser digitale Kommunikationsmechanismus wird genutzt, um die Hauptsteuerung **42** in jeder Feldvorrichtung mit Steuerinformationen zur Aktivierung der Stellglieder und/oder Sensoren zur Herstellungsprozesssteuerung und Überwachung zu versorgen.

**[0023]** Es ist in [Fig. 2](#) auch dargestellt, dass jede Feldvorrichtung eine effektive Kapazität  $C_{eff}$  gegenüber dem intrinsisch sicheren Feldbussegment **10** darstellt.

**[0024]** Aus diesem Grunde wurde die Entladeschutzzeinheit **32** zwischen dem intrinsisch sicheren Feldbussegment **10** und der Feldvorrichtung eingefügt, um eine Entladung der effektiven Kapazität  $C_{eff}$  über das intrinsisch sichere Feldbussegment **10** und somit eine Störung des Kommunikationsprozesses zu verhindern. Ein anderer Grund ist die Verhinderung einer Gesamtkapazität auf dem intrinsisch sicheren Feldbussegment **10**, die zur Erzeugung von Funken führen kann, wenn irgendwo auf dem intrinsisch si-

cheren Feldbussegment **10** ein Kurzschluss auftritt.

**[0025]** Auf der anderen Seite bricht im Falle eines Zusammenbrechens der Spannung auf dem intrinsisch sicheren Feldbussegment **10** deshalb auch die Stromversorgung zu jeder Feldvorrichtung zusammen. Dieser Stromversorgungsausfall wird nicht sofort durch die Steuereinheit **38**, wie in [Fig. 2](#) dargestellt, detektiert, weil Energie in der Feldvorrichtung **38** gespeichert ist, z.B. in dem in [Fig. 3](#) dargestellten Kondensator **58** oder durch andere Kapazitäten/induktive Schaltkreiskomponenten in der Feldvorrichtung, die den internen Gleichstrom in der Feldvorrichtung stabilisieren.

**[0026]** Aus diesem Grunde gibt es im Falle eines Stromversorgungsausfalles eine Verzögerung zwischen einer Abnahme der Spannung auf dem intrinsisch sicheren Feldbussegment **10** und der Erkennung durch die Steuereinheit **38**.

**[0027]** Wenn die Steuereinheit **38** einmal solch einen Stromversorgungsausfall detektiert hat, ist es nicht möglich, Daten im internen Speicher der Steuereinheit **38** zu speichern, die sich z.B. auf interne Stati der Steuereinheit oder gemessene Prozessvariable oder gespeicherte Stellgliedkommandos beziehen, weil keine Energie mehr verfügbar ist, um eine derartige Datensicherungsprozedur durchzuführen.

**[0028]** Mit anderen Worten wird diese Erkennung hinsichtlich des tatsächlichen Stromversorgungsausfalles auf dem intrinsisch sicheren Feldbussegment **10** verzögert, weil die Steuereinheit **38** einen Stromausfall nur über das von der Leistungswandereinheit **36** bereitgestellte Signal – d.h., einer internen Komponente der Feldvorrichtung – feststellt, so dass wertvolle Zeit zur Sicherung der internen Daten und Stellgliedkommandowerte und gemessenen Prozessvariablen in der Steuereinheit **38** verloren geht.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0029]** Angesichts des oben Erwähnten ist ein erstes Ziel der vorliegenden Erfindung die Erkennung eines Stromversorgungsausfalls auf dem intrinsisch sicheren Feldbus eines Herstellungsprozesssteuer-systems in effizienter Weise.

**[0030]** Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung eines Verfahrens zur Stromversorgungsausfallerkennung in einem solchen Herstellungsprozesssteuersystem.

**[0031]** Entsprechend der vorliegenden Erfindung wird das erste Ziel durch eine Vorrichtung zur Überwachung eines Herstellungsprozesses und/oder zur Einstellung von Herstellungsprozessvariablen entsprechend Anspruch 1 erreicht.

**[0032]** Entsprechend der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, einen Stromversorgungsausfall auf dem intrinsisch sicheren Feldbus nicht durch eine interne Feldbusvorrichtung zu detektieren sondern durch Detektion eines Signals, das in direkter Beziehung zur Spannung auf dem intrinsisch sicheren Feldbus steht und frei von Verzögerungen durch irgendeine Energiespeicherung ist.

**[0033]** Mit anderen Worten hat der Erfinder der vorliegenden Erfindung gefunden, dass es sehr vorteilhaft ist, eines der Signale der internen Knoten der Entladeschutzeinheit zu nutzen, die nicht von der effektiven Kapazität der Feldvorrichtung betroffen sind.

**[0034]** Aus diesem Grunde wird so ein Knotensignal simultan mit der Spannung des intrinsisch sicheren Feldbussegments einbrechen, sobald es zu diesem Stromversorgungsausfall auf dem intrinsisch sicheren Feldbus kommt. Es kann deshalb als ein Hinweis auf einen Stromversorgungsausfall genutzt werden.

**[0035]** Eine bedeutende Leistung der vorliegenden Erfindung ist es, den Einfluss der internen Stromspeicherelemente – z.B. Kondensatoren – bei der Energieversorgungsausfallerkennung durch Ableitung eines Interruptsignals zur Stromversorgungsausfallerkennung aus der ersten Schaltkreisstufe der Feldvorrichtung zur direkten Versorgung der Steuereinheit zu verhindern. Deshalb wird die Steuereinheit auf so einen Stromversorgungsausfall durch eine Abnahme z.B. der Spannung auf dem intrinsisch sicheren Feldbussegment direkt hingewiesen.

**[0036]** Weil ein bestimmtes Zeitintervall zwischen dem Zusammenbruch der Spannung auf dem intrinsisch sicheren Feldbus bedingt durch die intern in der Feldvorrichtung gespeicherte Energie vergeht, kann dieses Zeitintervall zur Speicherung von Daten genutzt werden, die in der Steuereinheit gespeichert sind, wie z.B. Kommandodaten für die Stellglieder, Messdaten von den Sensoren oder zugehörige interne Stati.

**[0037]** Deshalb ist ein kontrollierter Neustart der Feldvorrichtung nach einer Wiederherstellung der Stromversorgung garantiert. Die vorliegende Erfindung erlaubt auch die Betriebssicherheitscharakteristika der Feldvorrichtung signifikant zu erhöhen, weil keine unbekanntenen Steuerungsstati – z.B. falsche Kommandowerte für die Stellglieder – strikt vermieden werden.

**[0038]** Ein weiterer wichtiger Vorteil der vorliegenden Erfindung ist – weil interne Stati, Kommandos und Messdaten gespeichert sind –, dass die Feldvorrichtung sofort nach der Wiederherstellung der ihr bereitgestellten Energie betriebsbereit ist, sodass zeitraubende Wiederherstellungsmechanismen in dem Herstellungsprozesssteuersystem, oder – noch

schlimmer – unkontrollierte Betriebszustände des Herstellungsumfeldes vermeiden werden.

**[0039]** Entsprechend einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung umfasst die Entladeinheit mindestens drei gleichrichtende Elemente, die in den Stromweg des Betriebsstromes mit identischer Durchflussrichtung und in Reihe eingefügt sind. Entweder ein Eingangssignal oder ein Ausgangssignal eines ausgewählten Gleichrichterelementes wird denn als Interruptsignal der Steuereinheit der Energieversorgungsausfallerkennung zugeführt.

**[0040]** Die Nutzung einer Kaskadierung der Gleichrichterelemente mit einer identischen Durchlassrichtung ermöglicht eine leichte Veränderung der Redundanzlevel in der Entladeschutzeinheit, d.h., dass der Grad zu dem die Entladung von Energie von der Feldvorrichtung auf den Steuerbus vermieden wird. Je höher die Anzahl der der Gleichrichterelemente ist, desto höher sind das Redundanzniveau und der Schutzgrad.

**[0041]** Entsprechend eines weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung umfasst die Entladeschutzvorrichtung vier Gleichrichterelemente, die in einer Vollwellen-Gleichrichter-Brücken-Netzwerk-Tolpologie verbunden sind. Vorzugweise kann ein weiteres Gleichrichterelement an einen Armknoten des Gleichrichter-Brücken-Netzwerkes angeschlossen sein, um das Entladeschutzredundanzniveau zu erhöhen.

**[0042]** Die Nutzung eines Gleichrichter-Brücken-Netzwerkes erlaubt die Anpassung an unterschiedliche Busspannungspolaritäten, wenn die Feldvorrichtung an das intrinsisch sichere Feldbussegment angeschlossen wird. Dieses bevorzugte Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung ist besonders nützlich, wenn man an unterschiedliche Kommunikationsstandards denkt, die verschiedene Buspolaritäten nutzen.

**[0043]** Für den Fall, dass ein weiteres Gleichrichterelement an den Brückenarmknoten die Vollwellen-Gleichrichter-Brücke angeschlossen ist, erlaubt dieses, die intrinsische Sicherheit zu erhöhen, weil das zusätzliche Gleichrichterelement einen umgekehrten Stromfluss und zugehörige Energieentladung von der Feldvorrichtung auf das intrinsisch sichere Feldbussegment blockiert.

**[0044]** Entsprechend einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung kann ein zusätzliches Entladeschutzelement in die Leitung, die einen Interruptsignalausgangsanschluss der Entladeschutzeinheit und die Steuereinheit verbindet, eingefügt werden.

**[0045]** Deshalb kann das Konzept, die intrinsische Sicherheit durch Einfügen von Gleichrichterelementen in den Stromfluss zu erhöhen, auch auf den Anschluss des Interruptsignals an die Steuereinheit angewendet werden. Mit anderen Worten erlaubt die Vorsehung eines Entladeschutzelementes in der Bereitstellungsleitung des Interruptsignals an die Steuereinheit den gleichen Level von intrinsischer Sicherheit für die Zufuhr des Betriebsstromes an die Feldvorrichtung und die Zufuhr des Interruptsignals an die Steuereinheit.

**[0046]** Entsprechend der vorliegenden Erfindung wird das zweite oben beschriebene Ziel erreicht durch ein Verfahren des Betriebes einer Vorrichtung zur Überwachung eines Herstellungsprozesses zur Einstellung von Herstellungsprozessparametern, die wie in Anspruch 12 ausgeführten Eigenschaften haben.

**[0047]** Deshalb stützt sich das erfinderische Verfahren auch auf das generell Wesentliche der vorliegenden Erfindung, nämlich dass es zwingend ist, einen Stromversorgungsausfall auf dem intrinsisch sicheren Feldbus sobald wie möglich zu erkennen, um zu garantieren, dass genügend Energie für die Sicherung der internen Stati in der Steuereinheit der Feldvorrichtung verfügbar ist.

**[0048]** Vorzugweise wird die Auslösung des Interrupt an die Steuereinheit und die interne Sicherungsprozedur in der Steuereinheit durch die Nutzung von vorbestimmten Schwellenwerten erreicht, die derart ausgewählt sind, dass eine sichere Speicherung der internen Stati nach einem Stromversorgungsausfall garantiert ist.

**[0049]** Entsprechend einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel des erfinderischen Verfahrens schaltet die Steuereinheit nach Empfang des Stromversorgungsinterrupts die Energieverbraucher in der Feldvorrichtung ab, welche nicht notwendigerweise in die Datensicherungsprozedur involviert sind, z.B. Flüssigkeitskristallanzeigen oder LED-Dioden.

**[0050]** Dieses ausgeklügelte Energiemanagement ermöglicht eine größere Zeitspanne zur Sicherung der wichtigen Daten in der Steuereinheit der Feldvorrichtung und somit einen Beitrag zur intrinsischen Sicherheit des Feldvorrichtung.

**[0051]** Entsprechend einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel des erfinderischen Verfahrens wird die Sicherung der internen Stati und Daten entsprechend einem bevorzugten Prioritätsschema ausgeführt.

**[0052]** Dieses Ausführungsbeispiel des erfinderischen Verfahrens ist besonders für den Fall nützlich, dass Daten unterschiedlicher Relevanz und Wichtig-

keit im Speicher der Steuereinheit gespeichert werden.

[0053] Deshalb ist es angesichts der knappen Ener-giereserven sehr vorteilhaft, zunächst die wichtigsten Daten und nachfolgend Daten von geringer Relevanz zu sichern.

[0054] Es sein hier angemerkt, dass unterschiedli-chen Prioritäten für unterschiedliche Anwendungen existieren können, und sie somit perfekt geeignet sind, die Betriebssicher der unterschiedlichen An-wendungen durch eine Anpassung der vorbestimm-ten Prioritäten für die Sicherung der internen Da-ten/Stati für jede einzelne Anwendung zu erhöhen.

#### BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0055] Die beste Möglichkeit der Ausführung der Er-findung sowie deren Vorteile, Ziele und bevorzugte Ausführungsbeispiele werden im Folgenden anhand der Zeichnungen beschrieben. Dabei sind:

[0056] [Fig. 1](#) stellt periphere Teile eines Herstel-lungsprozesssteuersystems als technischen Hinter-grund der vorliegenden Erfindung dar;

[0057] [Fig. 2](#) stellt ein Schaltbild der in [Fig. 1](#) darge-stellten Feldvorrichtung dar;

[0058] [Fig. 3](#) stellt ein Schaltbild der in [Fig. 2](#) darge-stellten Energiewandlereinheit dar;

[0059] [Fig. 4](#) stellt ein Schaltbild einer Feldvorrich-tung entsprechend der vorliegenden Erfindung dar;

[0060] [Fig. 5](#) stellt ein Signalwellenformdiagramm, das den Einfluss eines Energieversorgungsausfalls auf dem Energieversorgungssignal an die Steuerung in der in [Fig. 4](#) dargestellten Feldvorrichtung dar;

[0061] [Fig. 6](#) stellt ein Flussdiagramm des Verfah-rens zum Betrieb einer Feldvorrichtung entsprechend der vorliegenden Erfindung dar;

[0062] [Fig. 7](#) zeigt eine Entladeschutzeinheit, wel-che ein Interrupt-Signal entsprechend der vorliegen- den Erfindung bereitstellt;

[0063] [Fig. 8](#) zeigt eine andere Entladeschutzein-heit, welche ein Interrupt-Signal entsprechend der vorliegenden Erfindung bereitstellt;

[0064] [Fig. 9](#) zeigt eine andere Entladeschutzein-heit, welche ein Interrupt-Signal entsprechend der vorliegenden Erfindung bereitstellt;

[0065] [Fig. 10](#) zeigt eine Entladeschutzeinheit, wel-che ein Interrupt-Signal entsprechend der vorliegen- den Erfindung bereitstellt; und

[0066] [Fig. 11](#) zeigt wiederum eine andere Entlade-schutzeinheit, welche ein Interrupt-Signal entspre-chend der vorliegenden Erfindung bereitstellt.

#### DER BESTE MODUS ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0067] [Fig. 4](#) zeigt einen Schaltplan für eine Feld-vorrichtung entsprechend der vorliegenden Erfin-dung. Diejenigen Teile in [Fig. 4](#), die zu den neuen vo-rangehende diskutierten identisch sind, haben die gleichen Bezugszeichen, und auf eine Erklärung wird verzichtet, um Redundanz zu vermeiden.

[0068] Wie in [Fig. 4](#) dargestellt, ist die Entlade-schutzeinheit **32** entsprechend der vorliegenden Er-findung mit einem Interrupt-Signalausgangs-an-schluss **62** ausgerüstet. Wie im Folgenden detaillier-ter erklärt ist, kann dieser Interrupt-Signalausgangs-an-schluss **62** an einen internen Netzwerkknoten der Entladeschutzeinheit **32** angeschlossen sein, d.h. auch an den Eingangsanschluss oder den Aus-gangsanschluss der Entladeschutzeinheit **32**.

[0069] Wie auch in [Fig. 4](#) dargestellt, gibt es eine In-terrupt-Signalleitung **64**, die den Interrupt-Signalaus-gangsanschluss **62** mit der Steuereinheit **68** der Feld-vorrichtung verbindet. Vorzugsweise wird ein Entla-deschutzelement **66** in die Interrupt-Signalversor-gungsleitung **64** eingefügt, um einen rückwärtigen Stromfluss zum intrinsisch sicheren Feldbussegment **10** und so eine Entladung von Energie zu verhindern.

[0070] Es ist wichtig festzustellen, dass die Entlade-schutzeinheit **32** nur Gleichrichterelemente und des-halb keine Energiespeicherkomponenten, beispiele-weise Kondensatoren, enthält. Deshalb sinkt dem-entsprechend das Signalniveau am internen Knoten in der Entladeschutzeinheit **32**, sobald die Spannung auf dem intrinsisch sicheren Feldbussegment **10** beding-t durch einen Stromversorgungsausfall abnimmt.

[0071] Weil einer der internen Knotensignale an den Interrupt-Signalausgangsanschluss **62** angeschlos-sen ist, ist im Betrieb ein Interrupt-Signal verfügbar, das sofort abnimmt, wenn die Busspannung auf dem intrinsisch sicheren Feldbussegment **10** abnimmt.

[0072] Mit anderen Worten nimmt das Signal am In-terrupt-Signalausgangsanschluss **62** im Falle eines Stromversorgungsausfalls sofort ab, während das Ausgangssignal der Leistungswandlereinheit **36**, welches die Steuereinheit **38** versorgt, erst nach ei-ner gewissen Zeitperiode, nach der die in der Feld-vorrichtung gespeicherte Energie – zum Beispiel in dem in [Fig. 3](#) dargestellten Kondensator **58** – ver-braucht ist.

[0073] Es ist ein wichtiger Aspekt der vorliegenden Erfindung, dass diese Zeitperiode genutzt werden

kann, um interne Stati und/oder Kommandodaten und/oder Messdaten, die in der Steuereinheit gespeichert sind, zu sichern. Eine Option ist es, derartige Daten in einem (nicht dargestellt) nicht-flüchtigen Speicher der Steuereinheit **38**, zum Beispiel einem EEPROM-Speicher (EEPROM = Electrically Erasable Read Only Memory), zu speichern. Dieses benötigt typischerweise einige Millisekunden.

**[0074]** [Fig. 5](#) zeigt ein Signalwellenformdiagramm, das den Einfluss eines Stromversorgungsausfalls auf dem intrinsisch sicheren Feldbussegment auf das Versorgungssignal der Steuereinheit im größeren Detail darstellt. Insbesondere zeigte der obere Teil von [Fig. 5](#) die Spannung auf dem intrinsisch sicheren Feldbussegment **10**, und der untere Teil von [Fig. 5](#) zeigt das Versorgungssignal  $U_o$  für die Steuereinheit **38** der Feldvorrichtung.

**[0075]** Wenn ein Stromversorgungsausfall auf dem intrinsisch sicheren Feldbussegment **10** auftritt, wird die Busspannung von dem Nominalwert auf ungefähr den Wert NULL abfallen.

**[0076]** Um zu verhindern, dass jeder kleinere Abfall der Busspannung als Stromversorgungsausfall interpretiert wird, wird vorzugsweise ein Schwellenwertvergleich zwischen der Busspannung  $U_B$  und einer minimalen Busspannung  $U_{B,min}$  – d.h., einem vorher bestimmten ersten Schwellenwert – durchgeführt, um einen inkorrekten Interrupt der Steuereinheit zu verhindern.

**[0077]** Wie in [Fig. 5](#) dargestellt, wird ein Interrupt-Signal über den Interrupt-Signalausgangsanschluss **62** der Entladeschutzeinheit **32** der Steuereinheit **38** der Feldvorrichtung, zum Beispiel in Form eines nicht maskierbaren Interrupts, für den Fall bereitgestellt, bei dem die Busspannung  $U_B$  kleiner wird als die minimal erforderliche Busspannung  $U_{B,min}$  zum Zeitpunkt  $t_1$ .

**[0078]** Wie auch in [Fig. 5](#) dargestellt, nimmt die Versorgungsspannung  $U_o$  am Ausgang der Leistungswandlereinheit **36** erst nach einer Zeitperiode  $\Delta T$  ab, weil Energie intern in der Feldvorrichtung gespeichert ist, die als weitere Stromversorgung der Steuereinheit nach dem Auftreten eines Stromversorgungsausfalls genutzt werden kann.

**[0079]** Deshalb kann während dieser Zeitperiode  $\Delta T$  die Steuereinheit **38** weiter betrieben werden, um die Abschaltprozedur zu durchlaufen und um interne Stati und/oder Kommandodaten und/oder Messdaten zu sichern.

**[0080]** Um zu garantieren, dass eine solche Sicherungsprozedur immer unter definierten Betriebsbedingungen abläuft, sollte die Sicherungsprozedur abgeschlossen sein, wenn das Versorgungssignal an

der Steuereinheit **38** unter ein minimal benötigtes Versorgungssignal  $U_{o,min}$  zum Zeitpunkt  $t_2$  fällt.

**[0081]** Hier sei darauf hingewiesen, dass entsprechend der vorliegenden Erfindung die spezifischen Werte der minimalen Busspannung  $U_{B,min}$  und des minimal erforderlichen Versorgungssignal  $U_{o,min}$  für die Steuereinheit **38** frei wählbare Parameter sind.

**[0082]** Z.B. wird die Zeitperiode  $\Delta T$  umso länger sein, je höher  $U_{B,min}$  und je geringer der Wert  $U_{o,min}$  ist; dies geschieht mit dem Risiko einer leicht erhöhten Möglichkeit eines falschen Interrupt-Signal oder dem Risiko eines Betriebes der Steuereinheit **38** während der Periode  $\Delta T$ , bei dem das Versorgungssignal  $U_o$  zu gering ist. Im Gegensatz dazu und für den Fall dass  $U_{B,min}$  verringert wird und der Wert von  $U_{o,min}$  vergrößert wird, wird das Risiko eines falschen Interrupts minimiert, und die Steuereinheit **38** wird immer eine stabile Sicherungsprozedur durchführen, allerdings zu Lasten einer reduzierten Zeitperiode  $\Delta T$ . Es folgt, dass es bestimmte Design-Kompromisse gibt, welche vorzugsweise mit Hinblick auf die beabsichtigte Anwendung entschieden werden.

**[0083]** Während oben die Erkennung eines Stromversorgungsausfalls in Bezug auf die Spannung auf dem intrinsisch sicheren Feldbussegment diskutiert wurde, sollte klar sein, dass die gleichen Ergebnisse durch eine Detektion des Betriebsstromes, der durch die Feldvorrichtung fließt, erreicht werden kann, z.B. durch eine Detektion des durch die Modulationseinheit **34** gehenden Stromes. Dieser Stromwert kann dann in analoger Weise für eine Stromausfallerkennung verarbeitet werden. Alternativ kann das Signal einem Komperator (nicht dargestellt) für einen Schwellenwertvergleich zugeführt werden, um einen auf einen Stromausfall hinweisenden digitalen Ausgangswert abzuleiten.

**[0084]** Für den Fall, dass die Feldvorrichtung mit einem dedizierten Energiepuffer zur Energieversorgung der Schaltkreiskomponenten der Feldvorrichtung für das Auftreten eines Stromausfalls ausgerüstet ist, kann auch das Entladesignal an solch einem dedizierten Energiepuffer zur Stromausfallerkennung genutzt werden. Dieses ist beschrieben in der parallelen Anmeldung „Load Voltage Controller For a Field Device And Related Control Method“ des gleichen Anmelders, und sie soll durch Bezugnahme auf diese Anmeldung hier vollständig eingeschlossen ist.

**[0085]** [Fig. 6](#) stellt ein Flussdiagramm des erfinderschen Verfahrens zum Betrieb einer Feldvorrichtung im größeren Detail dar. Während das Flussdiagramm auf die Busspannung auf dem intrinsisch sicheren Feldbus Bezug nimmt, sei darauf hingewiesen, dass es äquivalent auf die oben beschriebene Alternative anwendbar ist, d.h. auf die Überwachung des Betriebsstromes, welcher durch die Feldvorrichtung

fließt, oder auf einen Versorgungsstrom, der aus dem in der Feldvorrichtung bereitgestellten Energiepuffer fließt.

**[0086]** Wie in [Fig. 6](#) dargestellt, wird die Spannung auf dem intrinsisch sicheren Feldbussegment in Schritt S1 festgestellt und mit einer minimal erforderlichen Busspannung  $U_{B,min}$  im Schritt S2 verglichen. Für den Fall, dass die Busspannung höher ist als der minimal erforderliche Wert, wird die Überwachung der Busspannung in Schritt S1 fortgesetzt.

**[0087]** Gleichzeitig mit dem Schritt S1 und dem Schritt S2 wird das Signal, welches am Interrupt-Signalausgangsanschluss **62** der Entladeschutzeinheit **32** verfügbar ist, an die Steuereinheit **38** der Feldvorrichtung geleitet. Deshalb kann die Hauptsteuerung **42** der Steuereinheit **38** kontinuierlich das Signal, welches über den Interrupt-Signalausgangsanschluss **62** ohne irgendeine Verzögerung durch energiespeichernde Schaltkreiskomponenten der Feldvorrichtung, scannen, wie es oben beschrieben ist.

**[0088]** Wie auch in [Fig. 6](#) dargestellt ist, wird in Schritt S3 anschließend an die Erkennung eines Stromversorgungsausfalls in Schritt S2 überwacht, ob das Versorgungssignal an die Steuereinheit **32** der Feldvorrichtung größer als der benötigten Minimalwert  $U_{o,min}$  ist. Wenn dies nicht der Fall ist – z.B. in den seltenen Fall, bei dem ein Stromversorgungsausfall direkt nach Betriebsbeginn der Feldvorrichtung auftritt – verzweigt der in [Fig. 6](#) dargestellt Prozess zum Schritt S4, um den Wiederanlauf der Stromversorgung zur Feldvorrichtung abzuwarten. Anderenfalls wird die Sicherung der internen Stati und/oder Kommandodaten und/oder Messdaten im Schritt S5 gestartet.

**[0089]** Dementsprechend wird im Ausführungsbeispiel, welches in [Fig. 6](#) dargestellt ist, angenommen, dass die Speicherung der internen Stati/Daten so segmentiert ist, dass ein weiterer Untersuchungsschritt mit Schritt S6 ausgeführt wird, der untersucht, ob mehrere Stati gesichert werden müssen. In dem angenommenen Fall wird dann überprüft, ob noch genug Energie für die Steuereinheit **38** der Feldvorrichtung verfügbar ist. Wenn keine weiteren internen Stati/Daten zu sichern sind oder keine weitere Energie verfügbar ist, verzweigt die Prozedur zu Schritt S4, um die Wiederherstellung der Stromversorgung abzuwarten. Anderenfalls wird Schritt S5 wiederholt, um weitere interne Stati/Daten in den nicht flüchtigen Speicher der Steuereinheit **38** zu schreiben.

**[0090]** Die Segmentierung der Sicherung von internen Stati/Daten, wie sie in [Fig. 6](#) dargestellt ist, erlaubt eine wiederholte Evaluierung der für die die Sicherungsprozedur durchlaufende Steuereinheit **38** der Feldvorrichtung verfügbaren Energie. Deshalb wird keine Sicherung von internen Stati/Daten in dem

Fall ausgeführt, in dem die der Steuereinheit zugeführte Energie außerhalb eines Betriebsbereich liegt, um inkorrekten Speicherung von Stati/Daten und deshalb einen nachfolgenden inkorrekten Betrieb der Feldvorrichtung zu verhindern. Dieses unterstützt den gesamten sicheren Betrieb der Feldvorrichtung.

**[0091]** Noch weitergehend erlaubt der sequenzielle Ansatz der Sicherung der internen Stati/Daten die Einführung eines Prioritätsschemas bei dem wichtigere Stati/Daten vor weniger relevanten Stati/Daten mit einem geringeren Einfluss auf den gesamten sicheren Betrieb der Feldvorrichtung gesichert werden.

**[0092]** Ein weiteres Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung berücksichtigt die Struktur der Software, die in der Steuerung läuft. Hierbei umfasst die Software eine Mehrzahl von sogenannten Funktionsblöcken entsprechend einer Vielzahl von Protokollen. Entsprechend der vorliegenden Erfindung ist es auch möglich, das an die Steuereinheit abgegebene Interrupt-Signal für eine Stromversorgungsausfallerkennung auf eine Variable abzubilden. Diese Variable ist eine von mehreren Sendervariablen, die den in der Feldvorrichtung ausgeführten Funktionsblöcken zur Verfügung steht. In dem Fall, in dem diese Variable auf einen Stromversorgungsausfall hinweist, könnte jeder Funktionsblock mindestens eine Aktion vor der Abschaltprozedur und in der Feldvorrichtung ausführen.

**[0093]** [Fig. 7](#) (a) und (c) stellen eine Entladeschutzeinheit entsprechend der vorliegenden Erfindung dar, die ein Interrupt-Signal zur Verfügung stellt.

**[0094]** Wie in [Fig. 7](#) dargestellt, nutzt die erste Entladeschutzeinheit eine Kaskade von Dioden **68**, **70**,..., **72** als Entladeschutz auf das intrinsisch sicheren Bussegment **10** für die Feldvorrichtung.

**[0095]** Weiterhin kann das Interrupt-Signal entweder von dem Eingangsanschluss, von einem Knoten der Entladeschutzeinheit zwischen den Gleichrichter-elementen – z.B. Dioden – oder dem zugehörigen Ausgangsanschluss, wie in den [Fig. 7](#) (a) bis (c) dargestellt, abgezweigt sein.

**[0096]** Weil die in [Fig. 7](#) dargestellten Entladeschutzeinheit keine Energiespeicherschaltkreiskomponenten enthält, wird das Spannungssignal entweder an dem Eingangsanschluss, und dem Ausgangsanschluss oder irgendeinem internen, zugehörigen Knoten gleichzeitig mit der Busspannung auf dem intrinsisch sicheren Feldbussegment **10** beim Auftreten eines Stromversorgungsausfalls abnehmen.

**[0097]** Wie bereits oben beschrieben, kann der Interrupt-Signalausgangsanschluss **62** an ein Entladeschutzelement, welches eine Durchlassrichtung hat, die von der Entladeschutzeinheit **32** zur Steuerein-

heit **38** verläuft, angeschlossen sein, um auch dann eine intrinsisch Sicherheit in der Feldvorrichtung zu garantieren, wenn die Busspannung auf dem intrinsisch sicheren Bussegment **10** erkannt wird.

**[0098]** **Fig. 8** zeigt ein andere Entladeschutzeinheit, die ein Interrupt-Signal entsprechend der vorliegenden Erfindung bereitstellt.

**[0099]** Wie in **Fig. 8** dargestellt, ist die Entladeschutzeinheit vom Typ eines vollständigen Brückengleichrichters, d.h. eine Graetz-Dioden-Brücke, und umfasst vier Gleichrichterelemente **74** bis **80**, z.B. Dioden. Wie dem Fachmann bekannt ist, sind die unterschiedlichen Gleichrichterelemente in einer brückenartigen Form (dargestellten unteren Teil der **Fig. 8**) zwischen einem Knoten a und d, welche die beiden Eingangsanschlüsse der Entladeschutzeinrichtung **32** bilden, und weiter zwischen den Knoten b, c, welche die Ausgangsanschlüsse der Entladeschutzeinheit **32** bilden, anordnet. Weil eine derartige Schaltungsanordnung dem Fachmann bekannt ist, muss keine weitere Erklärung gegeben werden.

**[0100]** Was die vorliegende Erfindung angeht, ist die Entladeschutzeinheit **32** mit einem zusätzlichen Interrupt-Signalausgangsanschluss **62** versehen, der selektiv entweder an den Knoten a, b, c oder d angeschlossen ist. Deshalb kann das Knotensignal irgendeines der Knoten a bis d der Steuereinheit **38** als Interrupt-Signal zur Auslösung des nicht maskierbaren Interrupts an der Steuereinheit zugeführt werden.

**[0101]** **Fig. 9** zeigt eine andere Entladeschutzeinheit, die ein Interrupt-Signal entsprechend der vorliegenden Erfindung bereitstellt. Diejenigen Teile, die identisch mit dem Schaltkreiskomponenten sind, wie sie mit Bezug auf **Fig. 8** beschrieben wurden, werden mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet, und eine Beschreibung davon erübrigt sich.

**[0102]** Wie in **Fig. 9** dargestellt, unterscheidet sich die in **Fig. 9** dargestellte Entladeschutzeinheit von der vorangehenden beschriebenen, in **Fig. 8** dargestellten Entladeschutzeinheit dadurch, dass ein zusätzliches Gleichrichterelement **82** – z.B. eine Diode – zwischen dem Knoten b und dem Ausgangsanschlussknoten e der Entladeschutzeinheit **32** mit seiner Durchgangsrichtung zum Ausgangsknoten e der Entladeschutzeinheit **32** vorhanden ist.

**[0103]** Dieses zusätzliche Gleichrichterelement **82** erlaubt eine Erhöhung intrinsischer Sicherheit der Feldvorrichtung, welche dadurch bedingt ist, dass das zusätzliche Gleichrichterelement einen Entladeschutz von der Feldvorrichtung auf das intrinsisch sichere Feldbussegment unterstützt. Entsprechend der vorliegenden Erfindung kann der Interrupt-Signalausgangsanschluss **62** der Entladeschutzeinheit **32** an irgendeinen der im **Fig. 9** dargestellten Knoten

a bis e für eine Stromausfallerkennung angeschlossen sein.

**[0104]** **Fig. 10** zeigt nochmals eine andere Entladeschutzeinheit, die ein Interrupt-Signal entsprechend der vorliegenden Erfindung zur Verfügung stellt. Wiederum werden die Schaltkreiselemente, die vorangehend unter Berücksichtigung der **Fig. 8** und **Fig. 9** beschrieben wurden, mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet, und eine Beschreibung erübrigt sich.

**[0105]** Die in **Fig. 10** dargestellt Entladeschutzeinheit unterscheidet sich von der vorangehenden, in **Fig. 9** dargestellten Entladeschutzeinheit dadurch, dass das zusätzliche Gleichrichterelement **82** über den Knoten b in den Zweig a-b und d-b der Vollwellengleichrichterbrücke verschoben wurde. Die in **Fig. 10** dargestellte Entladeschutzeinheit **32** erreicht ein höheres Niveau des Entladeschutzes durch das Vorsehen von zusätzlichen Gleichrichterelementen **82-1**, **82-2**. Der Interrupt-Signalausgangsanschluss **62** kann an irgendeinen Knoten a, b, c, oder d oder jeden weiteren internen Knoten angeschlossen sein, z.B. zwischen die Gleichrichterelemente **74/82-1** und/oder zwischen die Gleichrichterelemente **76/82-2**.

**[0106]** **Fig. 11** zeigt nochmals eine andere Entladeschutzeinheit, welche ein Interrupt-Signal entsprechend der vorliegenden Erfindung bereitstellt. Die Schaltkreiselemente, die zu der vorangehend diskutierten Entladeschutzeinheit unter Berücksichtigung von **Fig. 10** identisch sind, werden mit den gleichen Bezugsziffern bezeichnet, und eine Beschreibung erübrigt sich.

**[0107]** Die in **Fig. 11** dargestellte Entladeschutzeinheit **32** unterscheidet sich von der in **Fig. 10** dargestellten Entladeschutzeinheit dadurch, dass ein ersten Widerstand **84** mit einem zweiten Widerstand **86** in Reihe zwischen einer Leitung, die das Gleichrichterelement **74** und das Gleichrichterelement **82-1** und einer Leitung, welches das Gleichrichterelement **76** und das Gleichrichterelement **82-2** verbindet, angeschlossen sind.

**[0108]** Wie in **Fig. 11** dargestellt, wird ein Signal an dem Netzwerkknoten **88** zwischen dem ersten Widerstand **84** und dem zweiten Widerstand **86** als Interrupt-Signal an dem Interrupt-Signalausgangsanschluss **62** genutzt. Im Betrieb erlauben die Widerstände **84** und **86** die Feststellung eines geeigneten Interrupt-Signalniveaus an dem Interrupt-Signalausgangsanschluss **62**.

**[0109]** Während die obige vorliegende Erfindung unter Berücksichtigung von Schaltplänen der bevorzugten Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Feldvorrichtung beschrieben wurden, soll darauf

hingewiesen werden, dass die vorliegende Erfindung ganz klar auch durch das Betriebsverfahren einer Feldvorrichtung entsprechend der vorliegenden Erfindung in digitaler Weise unter Nutzung eines Mikrocontrollers implementiert werden kann. In diesem Fall kann die vorliegende Erfindung als ein Computerprogrammprodukt ausgeführt sein, welches direkt in den internen Speicher des Mikrocontrollers geladen werden kann, und welche Software-Code-Anteile zur Implementierung des vorliegenden Verfahrens umfasst.

**[0110]** Weiterhin ist es selbstverständlich, dass verschiedene andere Modifikationen dem Fachmann klar sind und von ihm leicht ausgeführt werden können, ohne von der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Dementsprechend ist nicht beabsichtigt, dass der Umfang der hieran anhängenden Ansprüche auf die voran stehende Beschreibung beschränkt ist. Vielmehr sollen die Ansprüche so verstanden werden, dass sie alle Merkmale der patentierbaren Neuheit, die in der vorliegenden Erfindung angelegt sind, umfassen. Darin eingeschlossen sind alle Merkmale, die vom Fachmann als gleichwertig und zur vorliegenden Erfindung gehörig angesehen werden.

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Überwachung eines Herstellungsprozesses und/oder zur Einstellung von Herstellungsprozessvariablen, mit

a) einer Entladeschutzeinheit (32), die zur Bereitstellung eines Betriebsstromes von einem Steuerbus (10) an eine Feldvorrichtung (20, 22) an einen Steuerbus (10) angeschlossen ist, so dass die Entladeschutzeinheit (32) eine Entladung von Energie, die in der Feldvorrichtung (20, 22) gespeichert ist, über den Steuerbus (10) verhindert wird;

b) eine Feldvorrichtungsteuereinheit (38) angepasst zur Steuerung des Betriebes einer Feldvorrichtung (20, 22) und versorgt mit dem Betriebsstrom von dem Steuerbus (10); wobei

c) die Entladeschutzeinheit (32) mindestens zwei Gleichrichterelemente enthält, die mit identischen Durchlassrichtungen in den Strompfad des Betriebsstroms eingefügt sind, und

**dadurch gekennzeichnet**, dass

die Vorrichtung angepasst ist zur Bereitstellung entweder eines Eingangssignals oder eines Ausgangssignals von einem der ausgewählten Gleichrichterelemente als ein Interruptsignal an die Steuereinheit (38) zur Stromversorgungsfehlererkennung.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Entladeschutzeinheit (32) ausgerüstet ist mit einem Interruptausgangssignalanschluss (62), der an einen Eingang oder einen Ausgang der ausgewählten Gleichrichterelemente angeschlossen ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Betriebsstrommodulationseinheit (34) enthält, die angepasst ist zur Veränderung eines effektiven Widerstandes, der durch die Feldvorrichtung (20, 22) gegenüber dem Steuerbus (10) dargestellt wird, wobei die Betriebsstrommodulationseinheit (34) in Reihe mit der Entladeschutzeinheit (32) zum Informationsaustausch durch Betriebsstrommodulation zu der/von der Feldvorrichtung (20, 22) unter Kontrolle der Steuereinheit (38) verbunden ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3 dadurch gekennzeichnet, dass eine Stromumwandlereinheit (36) in Reihe zwischen der Betriebsstrommodulationseinheit (34) und der Steuereinheit (38) zur Stromversorgung der Steuereinheit (38) und/oder der Stellglieder (46, 48) und/oder Sensoren der Feldvorrichtung (20, 22) angeschlossen ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Entladeschutzeinheit (32) drei in Reihe verbundene Gleichrichterelemente (68, 70, 72) enthält.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Entladeschutzeinheit (32) vier Gleichrichterelemente (74–80), die in einer Vollwellen-Gleichrichterbrücken-Netzwerktopologie verbunden sind, enthält.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Entladeschutzeinheit (32) weiterhin ein zusätzliches Gleichrichterelement (82) enthält, das an einen Brückenarmknoten (b) der Vollwellengleichrichterbrücke (74–80) als sein Eingang und an die Betriebsstrommodulationseinheit (34) als sein Ausgang angeschlossen ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Entladeschutzeinheit (32) sechs Gleichrichterelemente enthält, die in einer Vollwellen-Gleichrichterbrücken-Netzwerktopologie verbunden sind, wobei die Vollwellengleichrichterbrücke einen ersten Knoten (a) und einen zweiten Knoten (d) aufweist, die an den Steuerbus (10) angeschlossen sind, und einen dritten Knoten (b), der an eine abwärts gerichtete Schaltkreiskomponente (34) der Feldvorrichtung angeschlossen ist, und einen vierten Knoten (c), der an Masse angeschlossen ist, wobei weiterhin ein erstes Gleichrichterelement (78), das eine erste Durchlassrichtung hat, zwischen dem ersten Knoten (a) und dem dritten Knoten (c) eingefügt ist, ein zweites Gleichrichterelement (80), das eine zweite Durchlassrichtung hat, zwischen dem vierten Knoten (c) und dem zweiten Knoten (d) eingefügt ist, ein drittes Gleichrichterelement (74) und ein viertes Gleichrichterelement (82-1) mit der zweiten Durchlassrichtung, die entsprechend zwischen dem ersten Knoten (a) und dem dritten

Knoten (b) eingefügt sind, und ein fünftes Gleichrichterelement (**76**) und ein sechstes Gleichrichterelement (**82-2**) mit der ersten Durchlassrichtung, die entsprechend zwischen dem dritten Knoten (b) und dem zweiten Knoten (d) eingefügt sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein erster Widerstand (**84**) und ein zweiter Widerstand (**86**) in Reihe angeschlossen sind zwischen einer Leitung, die das dritte Gleichrichterelement (**74**) und das vierte Gleichrichterelement (**82-1**) verbindet und einer Leitung, die das fünfte Gleichrichterelement (**76**) und das sechste Gleichrichterelement (**82-2**) verbindet, und dass das Signal am Netzknoten (**88**) zwischen dem ersten Widerstand (**84**) und dem zweiten Widerstand (**86**) als Interruptsignal am Interruptausgangssignalanschluss (**62**) genutzt wird.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Entladeschutzelement (**66**) in die Leitung (**64**) eingefügt ist, die den Interruptausgangssignalanschluss (**62**) und die Steuereinheit (**38**) verbindet.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Gleichrichterelement (**72-82-2**) und/oder das Entladeschutzelemente (**66**) eine Diode ist.

12. Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung zur Überwachung eines Herstellungsprozesses und/oder zur Einstellung von Herstellungsprozessvariablen mit den folgenden Schritten:

- a) kontinuierliche Überwachung einer Spannung an einem Steuerbus (**10**), der an eine Feldvorrichtung (**20, 22**) über eine Entladeschutzeinheit angeschlossen ist, oder eines Betriebsstromes, der vom Steuerbus (**102**) zur Feldvorrichtung (**20, 22**) fließt;
- b) Erzeugung eines Stromversorgungsinterruptsignals, wenn die überwachte Spannung/Betriebsstrom unter einen vorbestimmten Schwellenwert ( $U_{B,min}$ ) fällt; und
- c) Sicherung der internen Stati in der Feldvorrichtungsteuereinheit (**38**) bei einem Auftreten des Stromversorgungsinterruptsignals an der Feldvorrichtungsteuereinheit (**38**).

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass interne Stati der Feldvorrichtungsteuereinheit (**38**) gesichert werden bis das Versorgungssignal der Feldvorrichtungsteuereinheit (**38**) unter einen zweiten Schwellenwert ( $U_{0,min}$ ) fällt oder alle internen Status-Daten gesichert sind.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Feldvorrichtungsteuereinheit (**38**) beim Auftreten des Stromversorgungsinterruptsignal die Stromverbraucher in der Vorrichtung zur Reduktion des Stromverbrauchs ab-

schaltet.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Sichern der internen Stati nach einem vorbestimmten Prioritätsschema ausgeführt wird.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

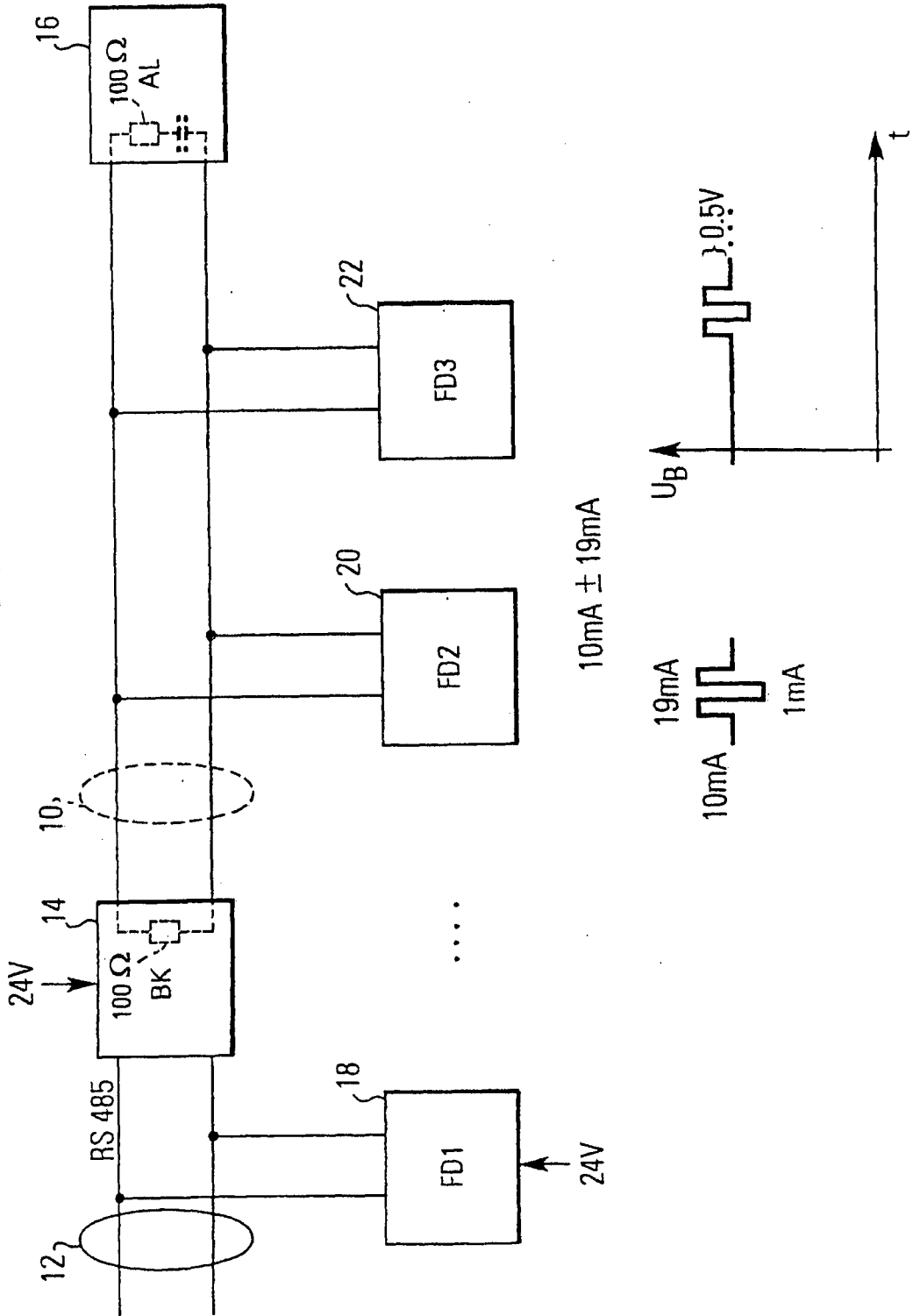
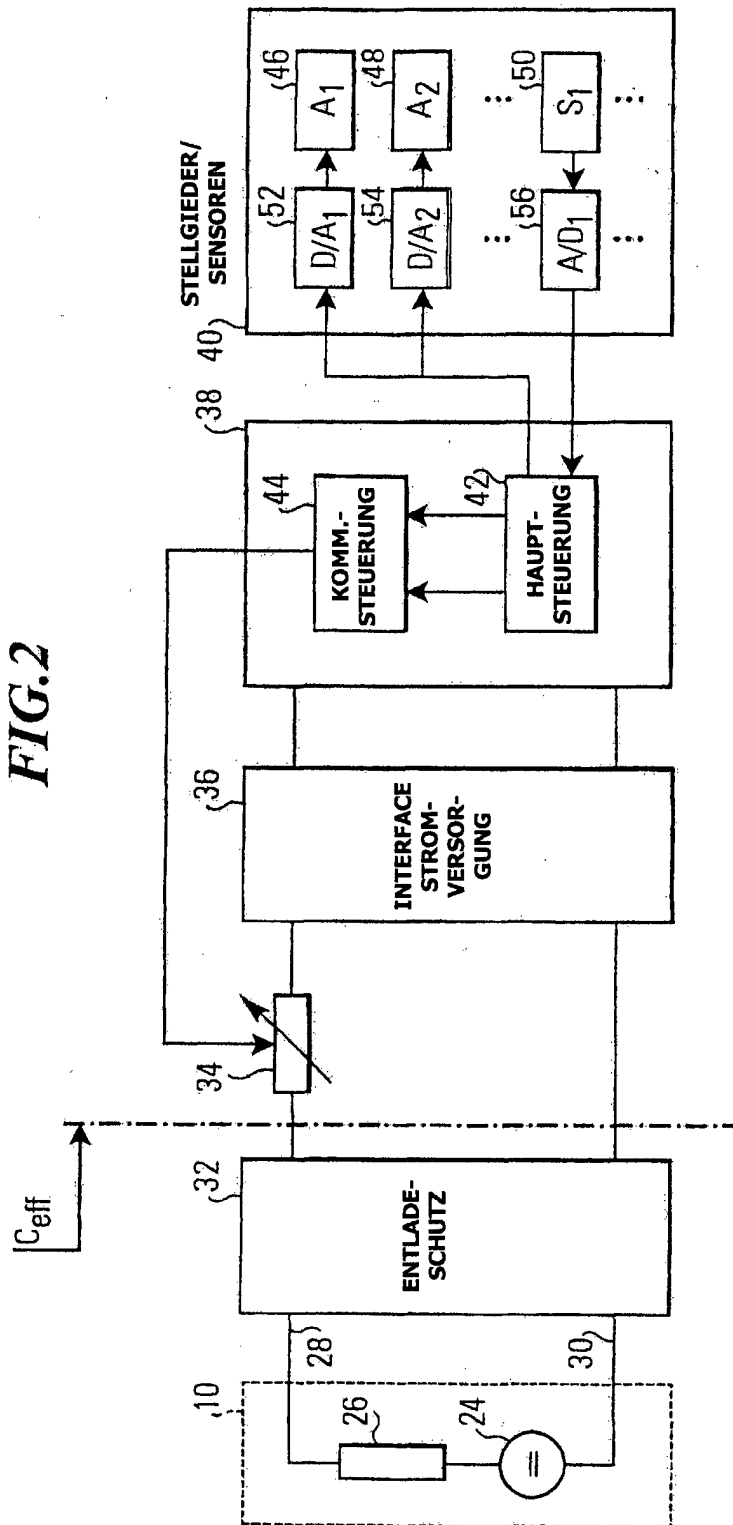
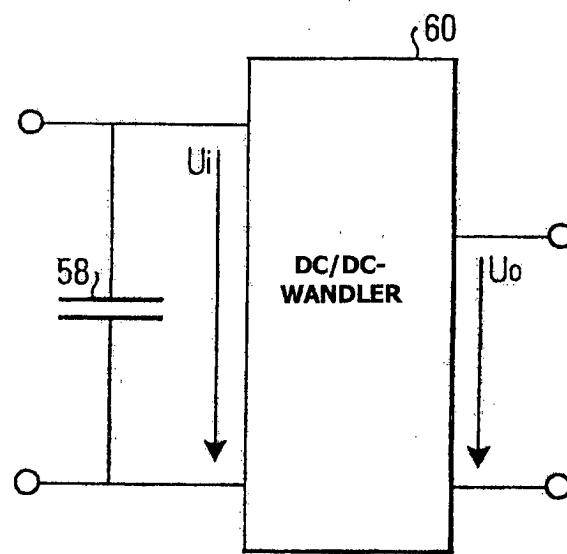


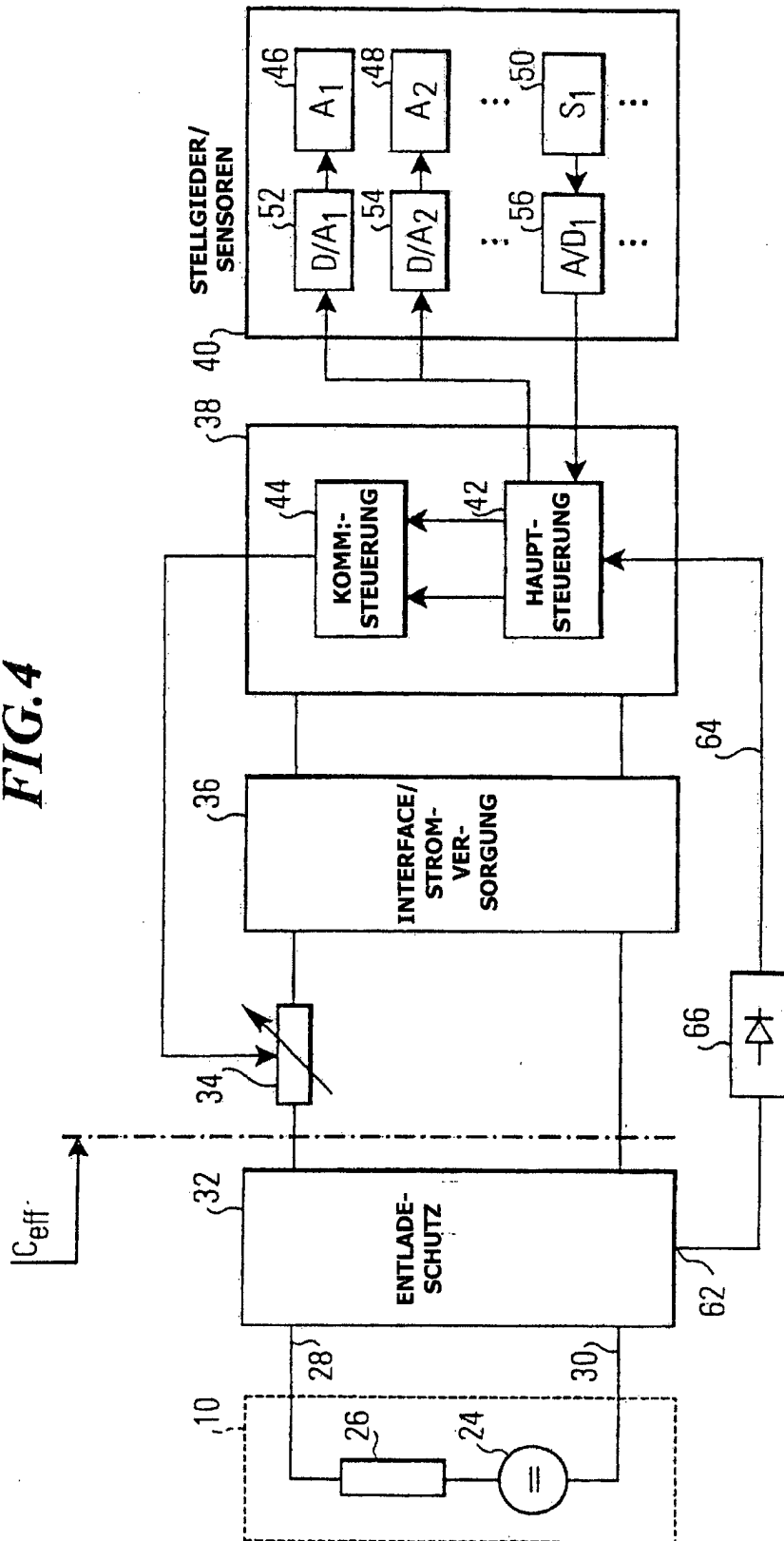
FIG.2



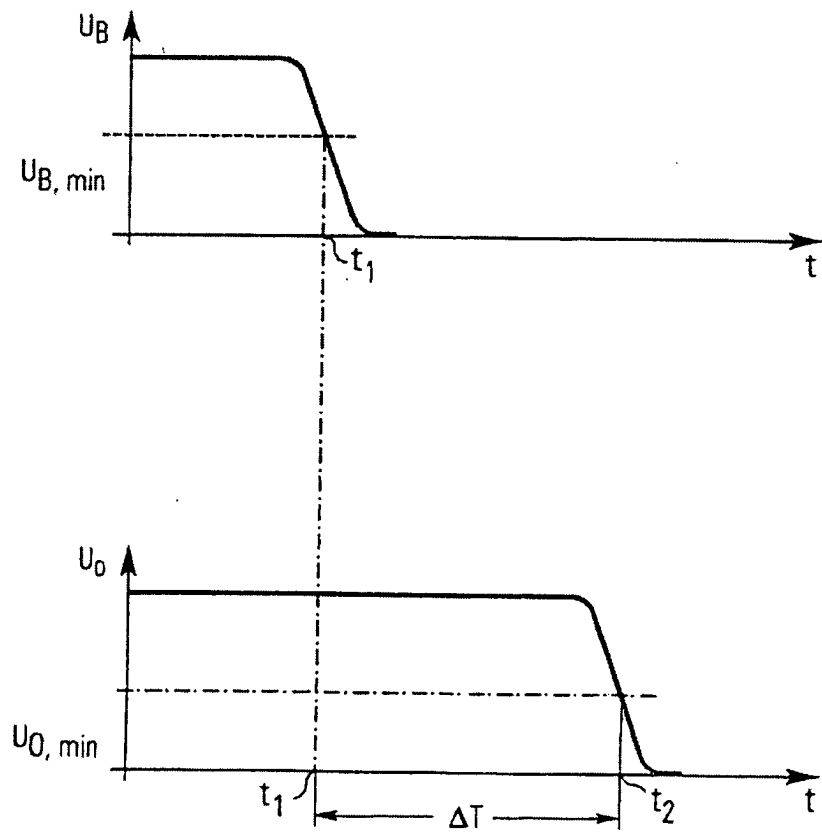
**FIG.3**



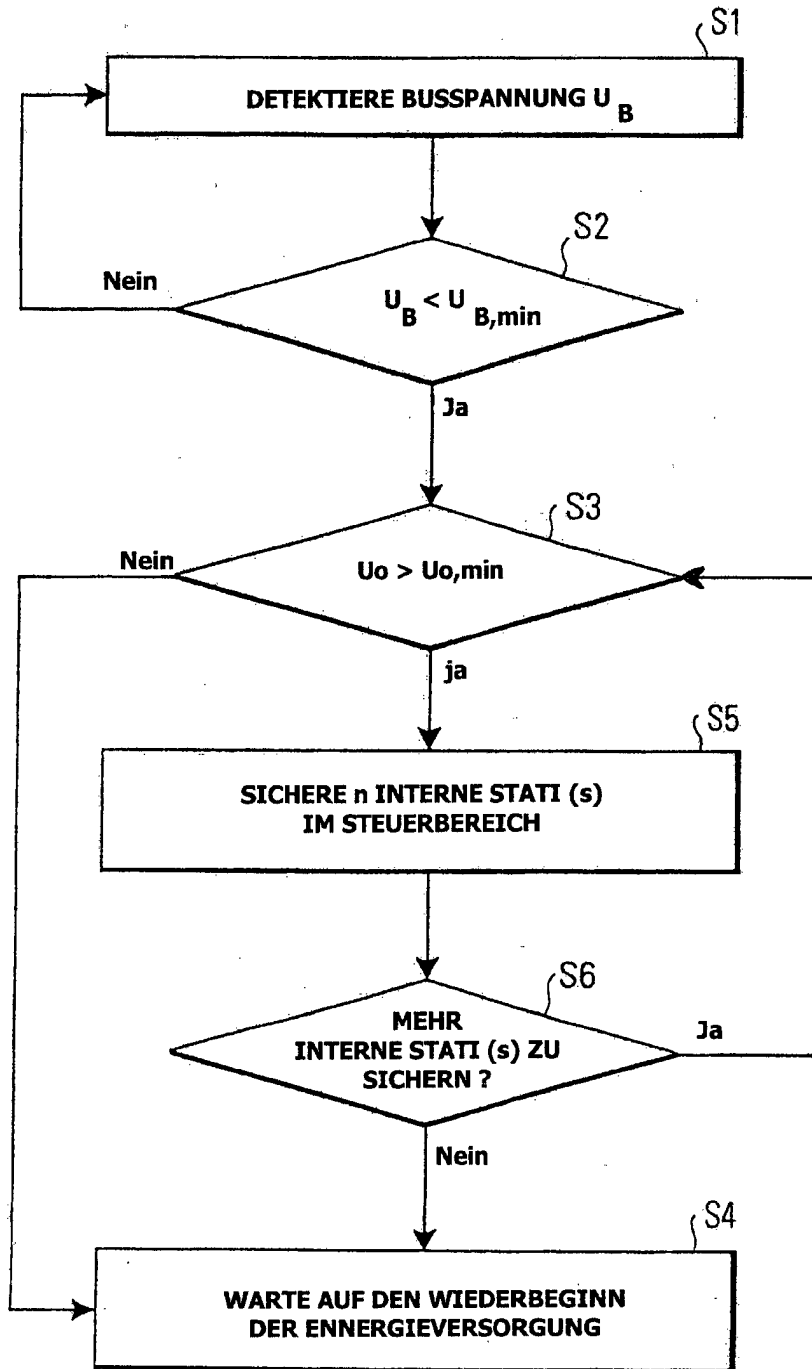
**FIG. 4**



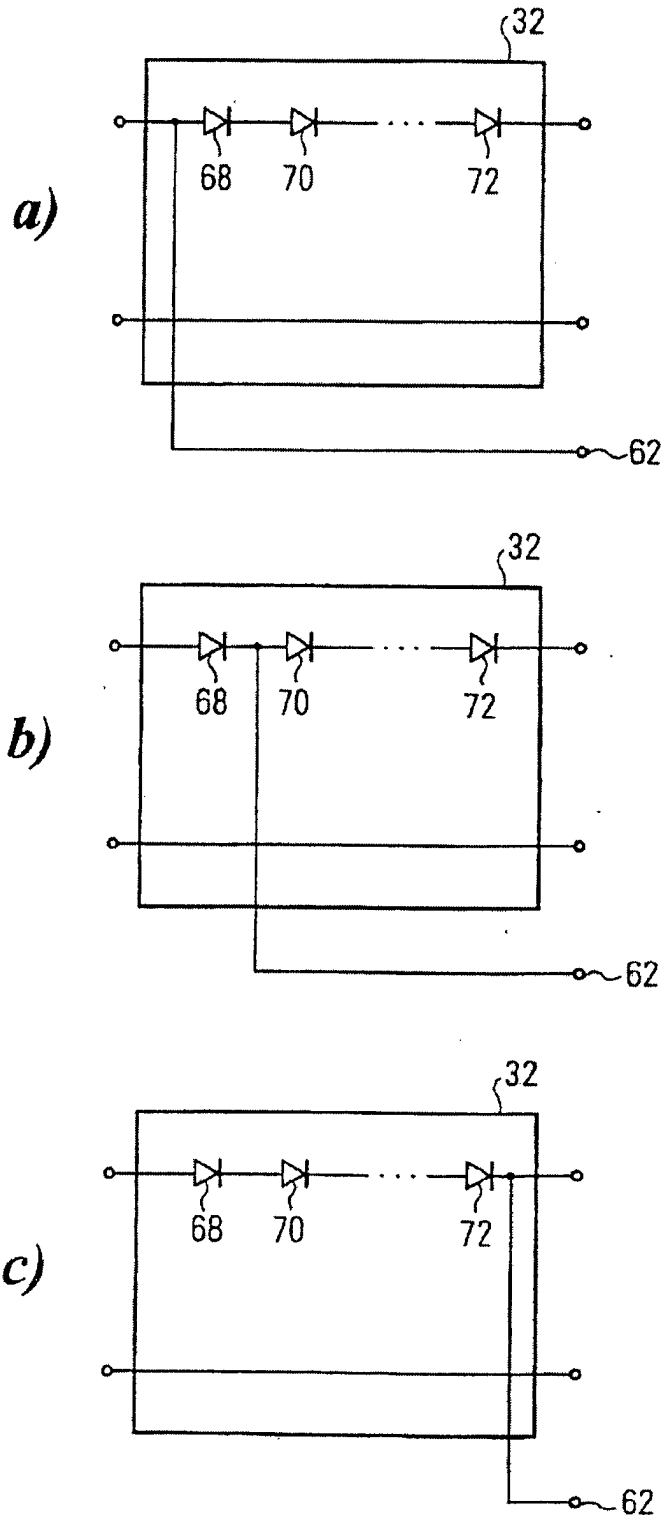
**FIG. 5**



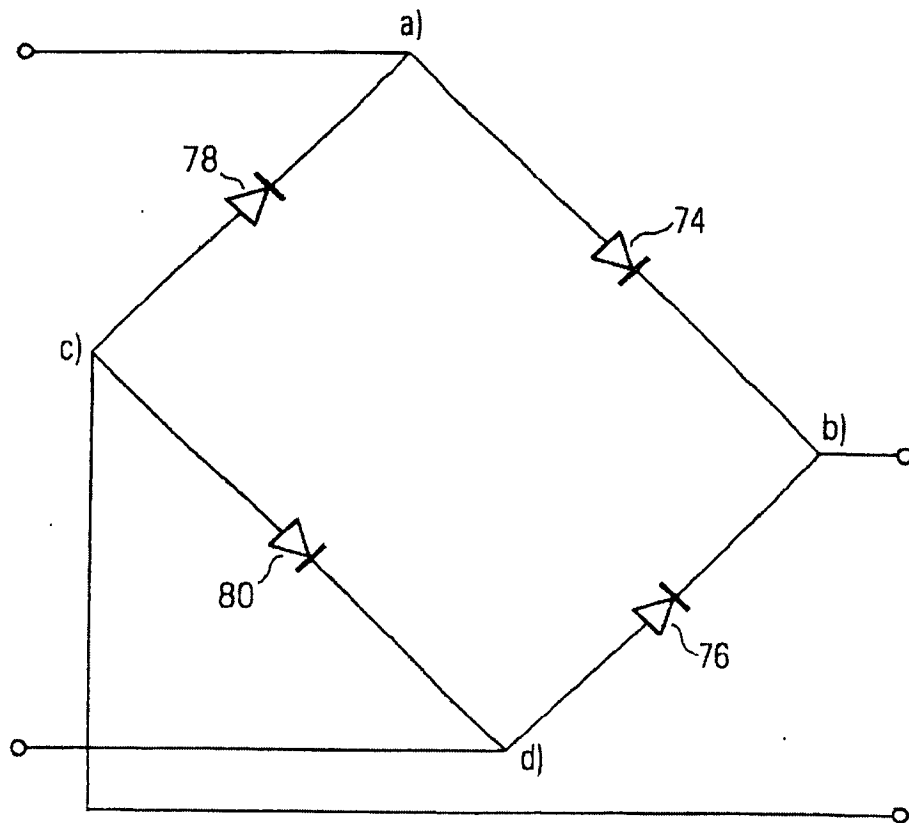
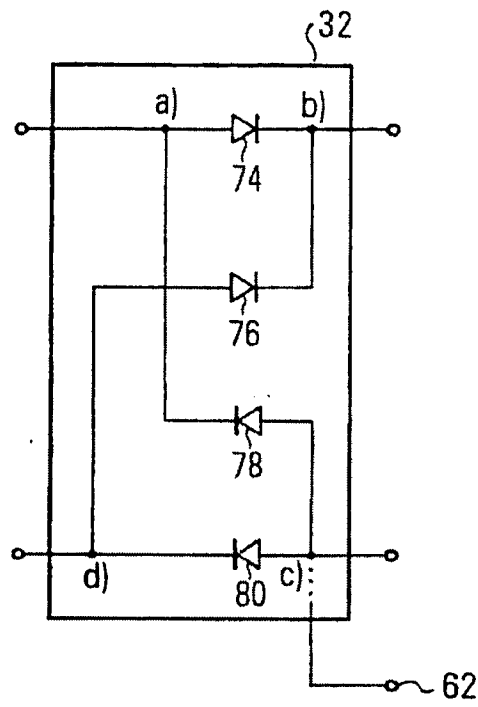
**FIG.6**



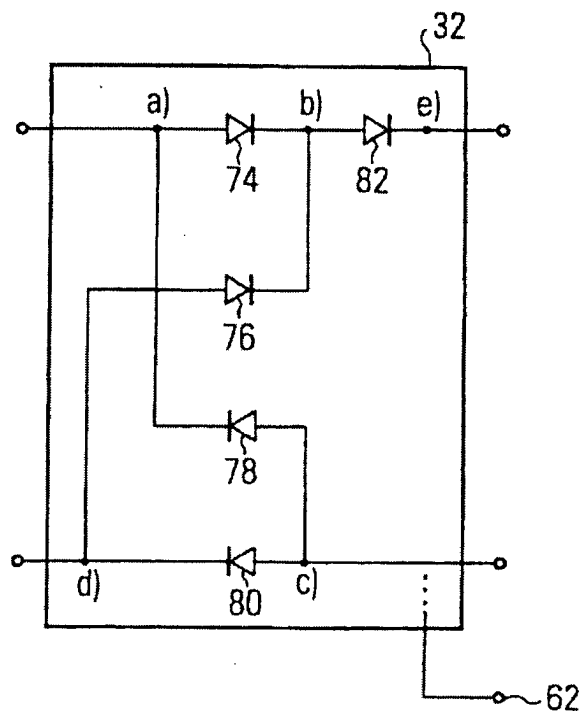
**FIG. 7**



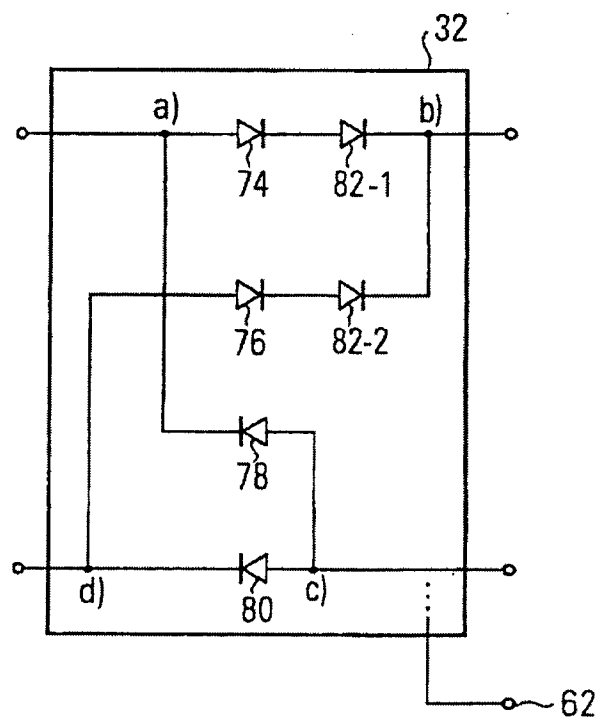
**FIG. 8**



**FIG. 9**



**FIG.10**



**FIG.11**

