



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 101 516.3**

(22) Anmeldetag: **24.02.2012**

(43) Offenlegungstag: **29.08.2013**

(51) Int Cl.: **H02H 3/20 (2012.01)**

(71) Anmelder:
Pilz GmbH & Co. KG, 73760, Ostfildern, DE

(74) Vertreter:
Witte, Weller & Partner, 70173, Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
**Veil, Richard, 73760, Ostfildern, DE; Müller, Udo,
73760, Ostfildern, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

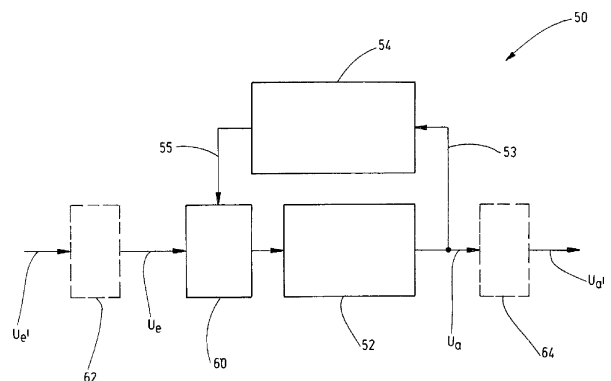
DE	103 03 246	B3
DE	10 2004 020 539	B3
DE	38 32 545	A1
DE	10 2006 004 558	A1
DE	10 2008 060 010	A1
US	6 418 002	B1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Sicherheitsschaltvorrichtung mit Netzteil**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft Sicherheitsschaltvorrichtung (1) zum fehlersicheren Ein- oder Ausschalten einer gefährlichen Anlage (10) mit einem Eingang zum Aufnehmen eines Eingangssignals, mit einer fehlersichereren Steuer/Auswerteeinheit (28), die das Eingangssignal verarbeitet, um in Abhängigkeit davon ein Ausgangssignal zum Ein- oder Ausschalten der gefährlichen Anlage (10) zu erzeugen, und mit einem Netzteil (50) zum Bereitstellen zumindest einer Betriebsspannung für die Steuer/Auswerteeinheit (28). Das Netzteil (50) weist einen Spannungswandler (52) auf zum Umwandeln einer Eingangsspannung (U_e) in eine der Betriebsspannung entsprechende Ausgangsspannung (U_a) eines definierten Ausgangsspannungswertes. Das Netzteil (50) weist einen Fehlerdetektor (54) auf zum Erkennen eines Fehlerzustands des Spannungswandlers (52). Der Fehlerdetektor (54) weist einen Vergleich (56) auf zum Vergleichen der momentan vorhandenen Ausgangsspannung (U_a) mit einer definierten Referenzspannung, wobei der Fehlerdetektor (54) ein Fehlerzustandssignal liefert bei Erkennen einer bestimmten Abweichung von der Referenzspannung. Das Netzteil (50) weist einen Schalter (60) auf, der bei Vorliegen des Fehlerzustandssignals die Eingangsspannung (U_e) des Spannungswandlers (52) abschaltet.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Sicherheitsvorrichtung, insbesondere eine Sicherheits-schaltvorrichtung, zum fehlersicheren Ein- oder Ausschalten einer gefährlichen Anlage mit einem Eingang zum Aufnehmen eines Eingangssignals, mit einer fehlersicheren Steuer/Auswerteeinheit, die das Eingangssignal verarbeitet, um in Abhängigkeit davon ein Ausgangssignal zum Ein- oder Ausschalten der gefährlichen Anlage zu erzeugen, und mit einem Netzteil zum Bereitstellen zumindest einer Betriebsspannung für die Steuer/Auswerteeinheit, wobei das Netzteil einen Spannungswandler zum Umwandeln einer Eingangsspannung in einer der Betriebsspannung entsprechende Ausgangsspannung eines definierten Ausgangsspannungswertes aufweist.

[0002] Eine Sicherheitsschaltvorrichtung dieser Art ist beispielsweise aus DE 10 2006 004 558 A1 bekannt.

[0003] Eine Sicherheitsschaltvorrichtung bzw. eine fehlersichere Steuer/Auswerteeinheit im Sinne der vorliegenden Erfindung ist jede Schaltvorrichtung bzw. Steuer/Auswerteeinheit (z. B. CPU oder Mikrokontroller), die die erforderlichen Sicherheitsnormen erfüllt, insbesondere zumindest die Kategorie 3, bevorzugt sogar die Kategorie 4, und/oder ein entsprechendes PL (Performance Level) nach der Norm EN ISO 13849-1 und/oder ein entsprechendes SIL (Safety Integrity Level) nach EN/IEC 62061 oder eine vergleichbare Sicherheitsnorm beispielsweise die nun nicht mehr gültige europäischen Norm EN 954-1. Hierunter fallen insbesondere Schaltgeräte, Sicherheitssteuerungen, sowie Sensor- und Aktuatormodule, die für die Steuerung und Durchführung von sicherheitskritischen Aufgaben im Bereich industrieller Produktionsumgebungen eingesetzt werden. Dabei sind insbesondere Schaltgeräte bekannt, die die Betriebsstellung eines Not-Aus-Schalters oder einer Schutztür oder beispielsweise den Funktionszustand einer Lichtschranke überwachen und in Abhängigkeit davon eine Maschine oder einen Maschinenbereich abschalten. Ein Versagen derartiger Sicherheitsschaltvorrichtungen kann für Maschinenpersonal lebensgefährliche Folgen haben, weshalb Sicherheitsschaltvorrichtung nur verwendet werden dürfen, wenn sie durch die zuständigen Aufsichtsbehörden (in Deutschland beispielsweise die Berufsgenossenschaften) zugelassen sind.

[0004] Eine solche Sicherheitsschaltvorrichtung ist beispielsweise aus der zuvor genannten DE 10 2006 004 558 A1 bekannt, die eine Sicherheitsschaltvorrichtung zum sicheren Abschalten eines elektrischen Verbrauchers betrifft. Die Sicherheitsschaltvorrichtung weist einen Eingang zum Anschließen eines Meldegeräts, eine ausgangsseitige Schalteinrichtung zum sicheren Abschalten des Ver-

brauchers, eine Steuer/Auswerteeinheit, die in Abhängigkeit von dem Meldegerät die Schalteinrichtung ansteuert, und ein Netzteil zum Bereitstellen einer Betriebsspannung auf.

[0005] Ein Netzteil dient ganz allgemein dazu, eine bestimmte Betriebsspannung für ein Gerät oder eine Baugruppe, insbesondere Steuer/Auswerteeinheit, bereitzustellen, insbesondere eine andere Spannung als vom Stromnetz bereitgestellt. Das Netzteil weist einen Spannungswandler, oder auch Übertrager genannt, auf zum Umwandeln einer Eingangsspannung in eine der Betriebsspannung entsprechende Ausgangsspannung. Die Ausgangsspannung bzw. Betriebsspannung ist insbesondere eine Gleichspannung. Man unterscheidet zwischen externen Netzteilen, die meist über ein Kabel mit dem Gerät verbunden sind, und internen Netzteilen, die innerhalb des Gerätes angeordnet sind bzw. darin integriert sind.

[0006] Bei externen Netzteilen kann beispielsweise eine eingangsseitige Netzspannung, die von einem Energieversorgungsunternehmen bereitgestellt wird, in eine Ausgangsspannung bzw. Betriebsspannung für elektrische oder elektronische Geräte, die mit der vorhandenen Netzspannung nicht betrieben werden können, umgewandelt werden. Beispielsweise erzeugt ein Netzteil aus einer Netzspannung von 230 Volt AC (Wechselspannung) eine Betriebsspannung von 24 Volt DC (Gleichspannung), die für den Betrieb eines bestimmten Gerätes benötigt wird.

[0007] Bei Sicherheitsschaltvorrichtungen muss üblicherweise zum Schutz vor gefährlichen Körperströmen ein externes Netzteil verwendet werden, dessen maximale Ausgangsspannung auch bei Bauteilfehlern einen für Menschen ungefährlichen Wert nicht übersteigt, beispielsweise ein Netzteil mit PELV (Protective Extra-Low Voltage) oder SELV (Safety Extra-Low Voltage). Von außen auf die Sicherheitsschaltvorrichtung eingespeisten Überspannungen müssen deshalb aufgrund des Berührungsschutzes mit maximal ca. 65 Volt angenommen werden. Die Nennspannung ist üblicherweise 24 Volt. Bei einem Netzteil einer Sicherheitsschaltvorrichtung ist die Eingangsspannung daher üblicherweise eine Spannung, die kleiner als die Netzspannung ist. Beispielsweise kann eine Eingangsspannung von 24 Volt in eine kleinere Ausgangsspannung umgewandelt werden, wie beispielsweise 5 Volt oder ein niedrigerer Wert.

[0008] Das Netzteil der Sicherheitsschaltvorrichtung kann beispielsweise so dimensioniert sein, dass es, bei einer Nennspannung von z. B. 24 V, auch bei Einspeisung von maximal 65 V nicht überbeansprucht wird. Die extern auftretende Überspannung kann also durch geeigneten Schaltungsaufbau und entsprechende Bauteilwahl beherrscht werden. Im Fall von Bauteildefekten bzw. Bauteilausfällen in den Netzteilen, beispielsweise bei eingespeisten 65 V,

könnte diese Spannung jedoch auf die versorgten Bauteile des Netzteils gelangen. Bei einer vorgesehenen Betriebsspannung, beispielsweise 5 V oder niedrigeren Werten, können die versorgten Bauteile im Fall von internen Bauteildefekten/ausfällen dann zerstört werden. Das kann zu einem unsicheren Zustand der Sicherheitsschaltvorrichtung führen. Es ist daher wünschenswert Maßnahmen zur Beherrschung dieser durch interne Bauteilausfälle im Netzteil verursachte Überspannungen vorzusehen.

[0009] Es sind Überspannungsüberwachungen für Sicherheitsschaltgeräte bekannt, bei denen bei Erkennen einer Überspannung am Eingang eines Gerätes (insbesondere außerhalb bzw. hinter einem Netzteil), der Strompfad zu diesem Gerät unterbrochen wird. Beispielsweise offenbart DE 10 2008 051 514 A1 eine Überspannungsüberwachung für ein Sicherheitsmodul zum sicheren Betrieb des Moduls, wobei eine Möglichkeit zur Stromabschaltung vorgesehen ist. Für diese Stromabschaltung muss eine hohe Zuverlässigkeit gewährleistet sein, daher wird mittels eines elektrisch ansteuerbaren Stromschaltmittels und eines Eingangsspannungsvergleichsmittels die Stromabschaltung derart realisiert, dass der Strompfad zum Sicherheitsmodul nach Maßgabe des Vergleichsergebnisses unterbrochen werden kann. Eine andere Art der Spannungsüberwachung ist beispielsweise in DE 444 38 62 A1 offenbart. Eine weitere Art ist aus DE 196 33 952 A1 bekannt.

[0010] Bei den bisher bekannten Sicherheitsschaltvorrichtungen wurden Netzteilfehler, wie durch Bauteildefekte verursachte Überspannungen, mit Maßnahmen außerhalb der Netzteile beherrscht. Eine Überspannung, die versorgte Bauteile zerstören kann, wurde angenommen und durch Überwachungsmaßnahmen und fehlersichere Ansteuerung der Ausgänge (bzw. hinter dem Netzteil) beherrscht.

[0011] Bei Netzteilen allgemein sind auch Überspannungsüberwachungen innerhalb eines Netzteils bekannt bzw. die dem Netzteil vorgeschaltet sind. Beispielsweise ist eine Überspannungsabschaltung unter Verwendung einer Klemmschaltung (englisch: crow bar) bekannt ([http://de.wikipedia.org/wiki/Klemmschaltung_\(Stromversorgung\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Klemmschaltung_(Stromversorgung))). Eine Klemmschaltung ist eine elektronische Schaltung, die als Schutz vor Überspannung vor allem in Gleichstromversorgungen niedriger Spannung eingesetzt wird. Dabei wird bei Erreichen einer bestimmten Spannung die Versorgungsspannung niederohmig kurzgeschlossen, so dass sie als Folge eine Sicherung auslösen kann und die Stromversorgung unterbricht. Die Klemmschaltung besitzt als Schaltelement meist einen Thyristor oder Triac, der mit seinen beiden Hauptanschlüssen (Kathode und Anode) direkt an die Versorgungsspannung geschaltet ist. Bei Erreichen eines kritischen Überspannungsniveaus wird

der Thyristor über das Gate mittels einer Auslöseschaltung gezündet und erzeugt einen Kurzschluss der Versorgungsspannung. Der als Folge auftretende Kurzschlussstrom löst ein Sicherungselement aus, meistens eine Schmelzsicherung in der Zuleitung, und unterbricht dauerhaft die Stromversorgung. Diese Schmelzsicherung muss schnell genug auslösen, um Schaden an dem Thyristor zu vermeiden. Bei Verwendung von Schmelzsicherungen müssen diese nach Auslösung ersetzt werden.

[0012] Vor diesem Hintergrund ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Sicherheitsschaltvorrichtung der eingangs genannten Art anzugeben, die eine erhöhte Sicherheit aufweist und/oder eine wirtschaftlichere Reparatur ermöglicht.

[0013] Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird diese Aufgabe durch eine Sicherheitsschaltvorrichtung der eingangs genannten Art gelöst, wobei das Netzteil einen Fehlerdetektor zum Erkennen eines Fehlerzustands des Spannungswandlers aufweist, wobei der Fehlerdetektor einen Vergleicher zum Vergleichen der momentan vorhandenen Ausgangsspannung mit einer definierten Referenzspannung aufweist, wobei der Fehlerdetektor ein Fehlerzustandssignal liefert bei Erkennen einer bestimmten Abweichung von einer Referenzspannung, und wobei das Netzteil einen Schalter aufweist, der bei Vorliegen des Fehlerzustandssignals die Eingangsspannung des Spannungswandlers abschaltet.

[0014] Die neue Sicherheitsschaltvorrichtung verwendet also eine Überwachung der Ausgangsspannung des Spannungswandlers, um im Fehlerfall (insbesondere Bauteildefekt/-ausfall im Netzteil) die Eingangsspannung des Spannungswandlers abzuschalten. Das heißt, es wird (bezogen auf die Strom- bzw. Signalflossrichtung des Netzteils vom Eingang zum Ausgang) vor der Spannungsmessung oder Spannungsüberwachung (insbesondere dem Punkt an dem die Ausgangsspannung gemessen oder überwacht wird) abgeschaltet. Im Vergleich zu einer Abschaltung hinter der Spannungsmessung oder Spannungsüberwachung ist das Abschalten so einfacher, da kleinere Ströme geschaltet werden müssen. Die Sicherheitsschaltvorrichtung schaltet sich im Fehlerfall selbst die Energie ab bzw. die Eingangsspannung des Netzteils. Die Fehlerzustandserkennung und Abschaltung findet innerhalb des Netzteiltes statt. Bei Erkennen des Fehlerzustands schaltet das Netzteil sich selbst ab. Eine durch Netzteildefekte bzw. Spannungswandlerdefekte verursachte Gefahr wird direkt am Entstehungsort, d. h. dem Netzteil bzw. Spannungswandler, ausgeschaltet. Es wird so der den Fehlerzustand (insbesondere Überspannung oder Unterspannung) verursachende Spannungsschaltungsteil abgeschaltet. In anderen Worten wird die Fehlerzustandsursache beseitigt. Insbesondere wird eine Überspannung oder Unterspannung

direkt an der Stelle der möglichen Verursachung erfasst und direkt dort abgeschaltet. Durch dieses vorgelagerte Abschalten werden Folgefehler vermieden, wie sie durch ein aktives defektes Netzteil entstehen könnten, beispielsweise Übertemperatur oder sogar Brand in der Sicherheitsschaltvorrichtung, bei dem ein sicherer Zustand nicht mehr gewährleistet ist. Die neue Sicherheitsschaltvorrichtung ermöglicht daher eine erhöhte Sicherheit, insbesondere bei Bauteildefekten bzw. Bauteilausfällen im Netzteil, und ermöglicht eine wirtschaftliche Reparatur.

[0015] Bekannte Sicherheitsschaltvorrichtungen haben in der Regel eine Überspannungsüberwachung außerhalb bzw. hinter dem Netzteil und am Eingang des zu versorgenden Gerätes. Dies birgt das Risiko, dass der Fehlerzustand verursachende Schaltungsteil, wie ein Bauteil im Netzteil, weiter bestromt wird und ein Sicherheitsrisiko darstellt. Auf der anderen Seite sind Netzteile unter Verwendung einer dem Netzteil vorgeschalteten Klemmschaltung bekannt, bei denen bei Erkennen einer Überspannung der Versorgungsspannung die Versorgungsspannung kurzgeschlossen wird. Dies hat jedoch den Nachteil, dass bei einer irrtümlichen Auslösung, z. B. durch eine Störung, die Schmelzsicherung ausgetauscht werden muss.

[0016] Insgesamt ermöglicht die neue Sicherheitsschaltvorrichtung daher eine erhöhte Sicherheit. Die oben genannte Aufgabe ist daher vollständig gelöst.

[0017] In einer bevorzugten Ausgestaltung weist der Fehlerdetektor weiterhin einen Speicher zum Speichern des Fehlerzustandssignals auf. Insbesondere kann der Speicher einen mit dem Vergleicher verbundenen Eingang und zumindest einen den Schalter steuernden Ausgang aufweisen.

[0018] In dieser Ausgestaltung wird gewährleistet, dass die Eingangsspannung abgeschaltet bleibt, wenn die Ausgangsspannung nach erkanntem Fehlerzustand (z. B.

[0019] Überspannung oder Unterspannung) ausgeschaltet ist. Die Sicherheit kann somit noch weiter erhöht werden. Gleichzeitig kann der Speicher durch ein zusätzliches kostengünstiges Bauteil, bzw. nur wenige zusätzliche kostengünstige Bauteile, bereitgestellt werden. Der zusätzliche Aufwand und die zusätzlichen Kosten sind daher gering.

[0020] In einer weiteren Ausgestaltung weist der Speicher weiterhin einen zweiten Eingang auf, der bei Einschalten der Eingangsspannung ein Signal zum Beenden des Speicherns des Fehlerzustandssignals empfängt.

[0021] In dieser Ausgestaltung wird der Power-On-Reset vom Netzteil selbst eingeleitet. Beispielswei-

se kann nach behobener Fehlerursache das Netzteil so durch erneutes Einschalten oder Hochfahren der Eingangsspannung wieder in Betrieb genommen werden. Dies erhöht die Verfügbarkeit der Sicherheitsschaltvorrichtung. Der zweite Eingang kann mit der Eingangsspannung verbunden sein. Der zweite Eingang kann beispielsweise mit einem Setzsignal-Erzeuger verbunden sein, der in Abhängigkeit von der Eingangsspannung das Signal zum Beenden des Speicherns erzeugt, insbesondere ein Setzsignal oder einen Setzimpuls.

[0022] In einer weiteren Ausgestaltung ist der Speicher eine bistabile Kippstufe. Insbesondere kann der erste Eingang ein Rücksetz-Eingang und/oder der zweite Eingang ist ein Setz-Eingang der bistabilen Kippstufe sein. Alternativ können die Eingänge auch vertauscht werden, so dass der erste Eingang ein Setz-Eingang der bistabilen Kippstufe und/oder der zweite Eingang ein Rücksetz-Eingang der bistabilen Kippstufe sein kann.

[0023] In dieser Ausgestaltung wird durch die bistabile Kippstufe eine einfache Implementierung des Speichers bereitgestellt. Eine bistabile Kippstufe ist ein besonders kostengünstiges zusätzliches Bauteil. Eine bistabile Kippstufe (auch Flip-Flop genannt, insbesondere RS-Flip-Flop) ist eine elektronische Schaltung, die zwei stabile Zustände einnehmen kann und den Zustand über eine lange Zeit speichern kann. Insbesondere kann der Rücksetz-Eingang von dem Vergleicher bei Erkennen des Fehlerzustands ein Rücksetzsignal empfangen und/oder der Setz-Eingang kann bei Einschalten der Eingangsspannung ein Setzsignal empfangen. Alternativ können die Eingänge auch vertauscht werden, wie oben beschrieben.

[0024] In einer bevorzugten Ausgestaltung liefert der Fehlerdetektor ein Fehlerzustandssignal bei Erkennen einer bestimmten Überschreitung der Referenzspannung, so dass der Fehlerzustand einer Überspannung der Ausgangsspannung entspricht.

[0025] In dieser Ausgestaltung wird das Überwachen auf Überspannung bereitgestellt. Der Fehlerdetektor erkennt insbesondere die für die versorgten Bauteile des Netzteils gefährlichen Überspannungen. Es kann so beispielsweise verhindert werden, dass Bauteile zerstört werden.

[0026] In einer weiteren Ausgestaltung liefert der Fehlerdetektor ein Fehlerzustandssignal bei Erkennen einer bestimmten Unterschreitung der Referenzspannung, so dass der Fehlerzustand einer Unterspannung der Ausgangsspannung entspricht.

[0027] In dieser Ausgestaltung wird ein Überwachen auf Unterspannung bereitgestellt. Der Fehlerdetektor erkennt insbesondere die für die versorgten Bauteile-

le des Netzteils gefährlichen Unterspannungen. Es kann so beispielsweise ein Schwingen von Bauteilen verhindert werden. Diese Ausgestaltung ist besonders vorteilhaft in Kombination mit der vorhergehenden Ausgestaltung.

[0028] In einer weiteren Ausgestaltung ist der Schalter im Strompfad eines Eingangs des Spannungswandlers angeordnet, so dass der Schalter bei Vorliegen des Fehlerzustandssignals die Stromzufuhr zu dem Eingang des Spannungswandlers unterbricht.

[0029] In dieser Ausgestaltung wird eine direkte Abschaltung der Eingangsspannung bereitgestellt. Die Abschaltung erfolgt so auf besonders einfache und effektive Weise.

[0030] In einer weiteren Ausgestaltung weist der Spannungswandler einen Schaltregler zur Regelung eines Stromflusses durch den Spannungswandler auf, um die Ausgangsspannung auf den definierten Ausgangsspannungswert zu halten. Insbesondere kann der Schalter zum Abschalten der Eingangsspannung ein Schalttransistor des Schaltreglers sein.

[0031] In dieser Ausgestaltung wird ein Schaltnetzteil mit Schaltregler bereitgestellt. Das Netzteil ist somit ein Schaltnetzteil. Dieses liefert eine konstante und somit zuverlässige Ausgangsspannung. Die Zuverlässigkeit bzw. Sicherheit der Sicherheitsschaltvorrichtung wird somit erhöht, und zudem ein hoher Wirkungsgrad bereitgestellt. Wenn der Schalttransistor des Schaltreglers zum Abschalten der Eingangsspannung verwendet wird, so kann ein bereits vorhandener Schalttransistor für das Abschalten der Eingangsspannung genutzt werden. Es wird somit kein zusätzliches Schaltelement benötigt, wodurch die Kosten minimiert werden.

[0032] In einer weiteren Ausgestaltung weist der Schaltregler einen Eingang für eine Schaltreglerversorgungsspannung auf, und der Schalter ist im Strompfad des Eingangs für die Schaltreglerversorgungsspannung angeordnet, so dass der Schalter bei Vorliegen des Fehlerzustandssignals die Stromzufuhr zu dem Eingang des Schaltreglers unterbricht.

[0033] In dieser Ausgestaltung wird eine indirekte Abschaltung der Eingangsspannung bereitgestellt unter Verwendung eines Schaltnetzteils mit Schaltregler. Die Abschaltung erfolgt so auf besonders effiziente Weise.

[0034] In einer weiteren Ausgestaltung weist die Sicherheitsschaltvorrichtung weiterhin zumindest einen Watchdog auf, der mit der fehlersicheren Steuer/Auswerteeinheit verbunden ist. Insbesondere liefert der Watchdog bei Erkennen eines Fehlerzustands der Steuer/Auswerteeinheit ein Fehlerzustandssignal an

den Schalter, um die Eingangsspannung des Spannungswandlers abzuschalten.

[0035] In dieser Ausgestaltung wird eine zusätzliche Fehlerüberwachung der Steuer/Auswerteeinheit in Form eines Watchdogs bereitgestellt. Der Watchdog führt nach dem Ansprechen ebenfalls zum Abschalten der Eingangsspannung. Ein Watchdog ist allgemein eine Komponente der Vorrichtung, die die Funktion einer oder mehrerer anderer Komponenten der Vorrichtung überwacht. Der Watchdog wird hier zur Überwachung der Steuer/Auswerteeinheit verwendet, um beispielsweise einem Komplettausfall der Vorrichtung durch Softwareversagen zuvorzukommen. Der Watchdog dient daher zur Überwachung der korrekten Funktionsfähigkeit der Steuer/Auswerteeinheit (z. B. CPU oder Mikrocontroller). Der Watchdog spricht bei Erkennen eines Fehlerzustands der überwachten Steuer/Auswerteeinheit an. Der Watchdog leitet dann eine Sicherheitsreaktion ein durch Abschalten der Eingangsspannung des Spannungswandlers. Durch das Abschalten der Eingangsspannung bzw. Energieversorgung können so Folgefehler, wie beispielsweise ein Schwingen eines Treibers in der Ansteuerung der Ausgänge der Sicherheitsschaltvorrichtung, ausgeschlossen werden.

[0036] Der Watchdog kann insbesondere ein Hardware-Watchdog (HW-Watchdog) sein. Der Watchdog kann beispielsweise eine separate Komponente (außerhalb der Steuer/Auswerteeinheit) mit Kommunikation zur Steuer/Auswerteeinheit sein oder kann in der Steuer/Auswerteeinheit integriert sein. Alternativ kann der Watchdog auch ein Software-Watchdog (SW-Watchdog) sein. Ein SW-Watchdog ist üblicherweise in die Steuer/Auswerteeinheit integriert und dient insbesondere zur Überwachung des korrekten Softwareprogrammablaufs der Steuer/Auswerteeinheit.

[0037] In einer weiteren Ausgestaltung weist die fehlersichere Steuer/Auswerteeinheit zumindest zwei Verarbeitungseinheiten auf, die das Eingangssignal redundant zueinander verarbeiten und logische Signalverknüpfungen vornehmen, um in Abhängigkeit davon das Ausgangssignal zu erzeugen.

[0038] In dieser Ausgestaltung werden zwei redundante Signalverarbeitungskanäle mit jeweils (zumindest) einer Verarbeitungseinheit bereitgestellt, um so entsprechende Sicherheitsnormen zu erfüllen. Es wird so eine mehrkanalige bzw. zweikanalige Sicherheitsschaltvorrichtung bereitgestellt. Dies ermöglicht es eine Sicherheitsschaltvorrichtung bereitzustellen, die zumindest die Kategorie 3 der erforderlichen Sicherheitsnorm erfüllt.

[0039] In einer weiteren Ausgestaltung ist das Netzteil zum Erzeugen mehrerer Betriebsspannungen für die fehlersichere Steuer/Auswerteeinheit aus-

gebildet. Insbesondere weist das Netzteil mehrere Spannungswandler auf, um die Eingangsspannung in mehrere Ausgangsspannungen jeweils eines definierten Ausgangsspannungswertes umzuwandeln, wobei jede Ausgangsspannung jeweils einer Betriebsspannung für die Steuer/Auswerteeinheit entspricht.

[0040] In dieser Ausgestaltung stellt das Netzteil mehrere Betriebsspannungen für die Steuer/Auswerteeinheit bereit. Insbesondere werden mehrere Spannungswandler verwendet, die aus derselben Eingangsspannung jeweils unterschiedliche Ausgangsspannungswerte erzeugen. Bei mehreren Spannungswandlern muss so nur eine gemeinsame Eingangsspannung abschaltbar sein, um die Sicherheit zu gewährleisten. Die Vorrichtung kann somit selbst bei Vorsehen mehrerer Betriebsspannungen kostengünstig realisiert werden.

[0041] In einer weiteren Ausgestaltung weist das Sicherheitsschaltgerät weiterhin einen Addierer zum Bereitstellen einer Summenspannung auf, die der Summe der mehreren Betriebsspannungen entspricht. Insbesondere ist die Summenspannung die momentan vorhandene Ausgangsspannung für den Vergleich.

[0042] In dieser Ausgestaltung wird bei Verwendung mehrerer Betriebsspannungen eine einfache Spannungsüberwachung bereitgestellt. Insbesondere ist die Überwachung der Summenspannung einfacher als eine Überwachung jeder einzelnen Spannung. Die einzelnen Werte der Ausgangsspannung bzw. Betriebsspannung werden addiert und die Summe wird überwacht. Die Vorrichtung kann somit selbst bei Vorsehen mehrerer Betriebsspannungen kostengünstig realisiert werden.

[0043] In einer weiteren Ausgestaltung haben die zumindest zwei Verarbeitungseinheiten unterschiedliche Betriebsspannungen der von dem Netzteil erzeugten mehreren Betriebsspannungen.

[0044] In dieser Ausgestaltung können mehrere getrennte bzw. unterschiedliche Spannungsversorgungen bei einer mehrkanaligen Sicherheitsschaltvorrichtung (d. h. mit mehreren Signalverarbeitungskanälen) bereitgestellt werden. Dadurch, dass die Verarbeitungseinheiten unterschiedlicher Signalverarbeitungskanäle unterschiedliche Betriebsspannungen erhalten, ist der Weiterbetrieb der vom Fehler nicht betroffenen Verarbeitungseinheit bzw. des vom Fehler nicht betroffenen Signalverarbeitungskanals möglich. Die Sicherheit der Sicherheitsschaltvorrichtung wird so weiter erhöht.

[0045] In einer weiteren Ausgestaltung weist die fehlersichere Steuer/Auswerteeinheit einen Eingang zum Empfangen eines Statussignals auf, das von

dem Fehlerdetektor bei Erkennen eines Fehlerzustands des Spannungswandlers erzeugt wird. Insbesondere kann die fehlersichere Steuer/Auswerteeinheit einen Speicher zum Speichern eines entsprechenden Fehlereintrags bei Empfang des Statussignals aufweisen.

[0046] Bei dieser Ausgestaltung kann die Ursache für den Fehler bzw. Ausfall der Sicherheitsschaltvorrichtung später ausgelesen bzw. überprüft werden. Es kann so ein Nullspannungssicheres Speichern von Versorgungsspannungsfehler-Meldungen bereitgestellt werden. Wenn der Fehlerdetektor einen Fehlerzustand erkannt hat bzw. die Spannungsüberwachung ausgelöst hat, gibt der Fehlerdetektor eine entsprechende Meldung in Form eines Statussignals an die Steuer/Auswerteeinheit (z. B. CPU oder Mikrocontroller) ab. Durch die Energie-Pufferung im Netzteil bleibt ausreichend Zeit, um einen entsprechenden Fehlereintrag in dem Speicher zu speichern, beispielsweise in einen Errorstack. Wenn der Fehlerzustand keine dauerhafte Zerstörung der Steuer/Auswerteeinheit zur Folge hatte, d. h. nur eine vorübergehende Störung war, oder wenn das Netzteil ausgetauscht werden kann, dann kann beispielsweise nach der Wiederinbetriebnahme der Vorrichtung die Ursache für den Ausfall der Sicherheitsschaltvorrichtung aus dem Speicher (z. B. Errorstack) ausgelesen werden. Dies erhöht die Benutzerfreundlichkeit der Vorrichtung und kann die Sicherheit weiter erhöhen.

[0047] In einer weiteren Ausgestaltung ist die Sicherheitsschaltvorrichtung, insbesondere der Fehlerdetektor und der Schalter, für eine maximal im Fehlerfall auftretende Überspannung ausgelegt. Beispielsweise kann die maximal im Fehlerfall auftretende Überspannung 60 V oder 65 V sein. In dieser Ausgestaltung werden von außen auf die Sicherheitsschaltvorrichtung eingespeisten Überspannungen mit der maximal im Fehlerfall auftretende Überspannung angenommen. Es wird so ein Berührungsschutz bzw. eine Berührungssicherheit der Sicherheitsschaltvorrichtung bereitgestellt. Die im Fehlerfall maximal auftretende Überspannung ist derart gewählt, dass ein Benutzer die Sicherheitsschaltvorrichtung bzw. das Netzteil ohne Verletzung oder Schädigung berühren kann (z. B. 65 Volt). Dies verringert das Verletzungsrisiko.

[0048] In einer weiteren Ausgestaltung weist das Netzteil an seinem Ausgang weiterhin einen Ausgangsfilter auf. Der Fehlerdetektor ist insbesondere vor dem Ausgangsfilter angeordnet. In anderen Worten ist insbesondere dem Fehlerdetektor (bzw. der Stelle an der die Ausgangsspannung gemessen wird) ein Ausgangsfilter nachgeschaltet. Somit ist die Spannungsüberwachung bzw. der Fehlerdetektor innerhalb des Netzteils und vor dem Ausgangsfilter angeordnet. Der Fehlerzustand bzw. Spannungsfehler wird somit an der nächsten Stelle zu seinem Entstehungsort (z. B. im Spannungswandler) erfasst. Da-

durch ergibt sich eine kürzest mögliche Fehlerreaktionszeit.

[0049] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0050] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

[0051] [Fig. 1](#) eine vereinfachte Darstellung eines Ausführungsbeispiels der Sicherheitsschaltvorrichtung,

[0052] [Fig. 2](#) eine vereinfachte Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels des Netzteils der neuen Sicherheitsschaltvorrichtung,

[0053] [Fig. 3](#) eine vereinfachte Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels des Netzteils der neuen Sicherheitsschaltvorrichtung,

[0054] [Fig. 4](#) ein Blockschaltbild eines ersten Implementierungsbeispiels des Ausführungsbeispiels der [Fig. 3](#),

[0055] [Fig. 5](#) ein Blockschaltbild eines zweiten Implementierungsbeispiels des Ausführungsbeispiels der [Fig. 3](#),

[0056] [Fig. 6](#) eine vereinfachte Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels des Netzteils der neuen Sicherheitsschaltvorrichtung,

[0057] [Fig. 7](#) ein Blockschaltbild eines Implementierungsbeispiels eines Watchdogs,

[0058] [Fig. 8](#) eine vereinfachte Darstellung eines Teils eines Ausführungsbeispiels der neuen Sicherheitsschaltvorrichtung,

[0059] [Fig. 9](#) ein Blockschaltbild eines Implementierungsbeispiels eines Addierers, und

[0060] [Fig. 10](#) ein Blockschaltbild eines Implementierungsbeispiels eines Setzsignal-Erzeugers.

[0061] [Fig. 1](#) zeigt eine vereinfachte Darstellung eines Ausführungsbeispiels der Sicherheitsschaltvorrichtung **1** zum fehlersicheren Ein- oder Ausschalten einer gefährlichen Anlage **10**. In anderen Worten wird die Sicherheitsschaltvorrichtung **1** für Sicherheitsaufgaben verwendet. Die Anlage **10** beinhaltet hier beispielhaft einen Roboter **12**, von dessen Bewegungen im Arbeitsbetrieb eine Gefahr für Personen ausgeht, die sich im Arbeitsbereich des Roboters **12** aufhalten.

Aus diesem Grund ist der Arbeitsbereich des Roboters **12** mit einem Schutzzaun mit einer Schutztür **14** abgesichert. Die Schutztür **14** ermöglicht den Zugang in den Arbeitsbereich des Roboters **12**, beispielsweise für Wartungsarbeiten oder für Einrichtarbeiten. Im normalen Arbeitsbetrieb darf der Roboter **12** jedoch nur arbeiten, wenn die Schutztür **14** geschlossen ist. Sobald die Schutztür **14** geöffnet wird, muss der Roboter **12** abgeschaltet werden oder auf andere Weise in einen sicheren Zustand gebracht werden.

[0062] Um den geschlossenen Zustand der Schutztür **14** zu detektieren, ist an der Schutztür **14** ein Schutztürschalter mit einem Türteil **16** und einem Rahmenteil **18** angebracht. Das Rahmenteil **18** erzeugt auf einer Leitung **19** ein Schutztürsignal, das über die Leitung **19** der neuen Sicherheitsschaltvorrichtung **1** zugeführt ist.

[0063] Die Sicherheitsschaltvorrichtung **1** weist mindestens einem Eingang zum Aufnehmen eines Eingangssignals auf, beispielsweise zumindest einen ersten Eingang zum Aufnehmen des über die Leitung **19** übertragenden Schutztürsignals. In diesem Ausführungsbeispiel besitzt die Sicherheitsschaltvorrichtung **1** einen E/A-Teil **24** mit einer Vielzahl von Eingängen und Ausgängen. Die Eingänge und Ausgänge sind in der Form von Anschlüssen (bzw. externen oder Geräteanschlüssen) ausgebildet. In einigen Ausführungsbeispielen sind die Anschlüsse Anschlussklemmen oder Feldklemmen, die an einer Gehäusesseite des Gehäuses **27** der Sicherheitsschaltvorrichtung **1** angeordnet sind. Beispielsweise kann es sich um Federzugklemmen oder um Schraubklemmen handeln. In anderen Ausführungsbeispielen können die Anschlüsse Stecker oder Buchsen sein, die mehrere Kontaktelemente (Pins) beinhalten, wobei jeweils ein Pin einen Anschluss bildet. Häufig werden M8-Buchsen mit fünf Kontaktpins für den Anschluss von Meldegeräten oder anderen Sensoren auf Feldebene verwendet. Dementsprechend können Ausführungsbeispiele der neuen Sicherheitsschaltvorrichtung **1** Feldgeräte sein oder umfassen, die außerhalb eines Schaltschranks in räumlicher Nähe zu dem Roboter **12** angeordnet sind.

[0064] Die Sicherheitsschaltvorrichtung **1** weist weiterhin eine fehlersicherere Steuer/Auswerteeinheit **28** auf. Die Steuer/Auswerteeinheit **28** verarbeitet das Eingangssignal, beispielsweise das über die Leitung **19** übertragenden Schutztürsignal, um in Abhängigkeit davon ein Ausgangssignal zum Ein- oder Ausschalten der gefährlichen Anlage **10** zu erzeugen. In diesem Ausführungsbeispiel besitzt die fehlersicherere Steuer/Auswerteeinheit **28** zwei Verarbeitungseinheiten **28a**, **28b**. Die Verarbeitungseinheiten **28a**, **28b** können beispielsweise in Form von Mikrokontrollern bereitgestellt werden. Die Verarbeitungseinheiten **28a**, **28b** sind hier jeweils mit dem E/A-Teil **24** verbunden. Die Verarbeitungseinheiten

28a, 28b verarbeiten das Eingangssignal redundant zueinander und nehmen logische Signalverknüpfungen vor (z. B. durch Vergleichen der Signale, was in **Fig. 1** mit einem Pfeil **29** dargestellt ist), um in Abhängigkeit davon das Ausgangssignal zu erzeugen. Die Sicherheitsschaltvorrichtung **1** besitzt daher in diesem Ausführungsbeispiel zwei redundante Signalverarbeitungskanäle. Die Verarbeitungseinheiten können beispielsweise in Form von Mikrokontrollern bereitgestellt werden. Anstelle von zwei Mikrocontrollern können Mikroprozessoren, ASICs, FPGAs und/oder andere Signalverarbeitungsschaltkreise verwendet sein. Das Ausgangssignal wird verwendet, um ein Schaltelement zum Abschalten des Roboters **12** anzusteuern. Eine solche Sicherheitsschaltvorrichtung **1** kann daher zum fehlersicheren (FS) Abschalten der Anlage **10**, hier des Roboters **12**, verwendet werden.

[0065] In dem hier dargestellten Fall besitzt die Sicherheitsschaltvorrichtung **1** zwei redundante Schaltelemente **30a, 30b**. Jedes dieser beiden Schaltelemente ist in der Lage, ein hohes Spannungspotential zu einem Ausgang oder Geräteanschluss **38a, 38b** der Sicherheitsschaltvorrichtung **1** durchzuschalten, um einen Stromfluss zu einem Schütz **40a, 40b** zu ermöglichen, oder diesen Stromfluss zu unterbrechen. Damit kann jedes der Schaltelemente **30** einen Aktor, wie einen Schütz oder ein Magnetventil, abschalten.

[0066] Die Schütze **40a, 40b** besitzen jeweils Arbeitskontakte **42a, 42b**. Die Arbeitskontakte **42a, 42b** sind hier in Reihe zueinander in einen Stromversorgungspfad von einer Stromversorgung **44** zu dem Roboter **12** angeordnet. Sobald die Sicherheitsschaltvorrichtung **1** die Schütze **40a, 40b** abschaltet, fallen die Kontakte **42** ab und die Stromversorgung für den Roboter **12** wird abgeschaltet. Den einschlägigen Fachleuten ist klar, dass eine solche "radikale" Abschaltung hier beispielhaft beschrieben ist. Abweichend hiervon können bei einer Sicherheitsanforderung lediglich Teile des Roboters **12** abgeschaltet werden, wie etwa die gefährlichen Antriebe, während andere Teile des Roboters **12** funktionsbereit bleiben. Auch ein verzögertes Abschalten ist denkbar, damit der Roboter **12** ggf. vor dem Abschalten der Antriebe kontrolliert abgebremst werden kann.

[0067] Die Sicherheitsschaltvorrichtung **1** steuert die Schaltelemente **30a, 30b** in diesem Ausführungsbeispiel in Abhängigkeit von dem Signal des Schutztürschalters auf der Leitung **19** und in Abhängigkeit von einem weiteren Eingangssignal von einem Not-Aus-Taster **46** an. Auch der Not-Aus-Taster **46** ist über Leitungen mit Geräteanschlüssen der Sicherheitsschaltvorrichtung **1** verbunden. Insbesondere weist die Sicherheitsschaltvorrichtung einem zweiten Eingang zum Aufnehmen des Eingangssignals von dem Not-Aus-Taster **46**. Bevorzugt kann jedes der Eingangssignale redundant anliegen bzw. es können je-

weils zwei Eingangs- und Ausgangsleitungen oder Anschlüsse vorgesehen sein (in **Fig. 1** nicht dargestellt). In dem in **Fig. 1** gezeigten Beispiel können also für den Not-Aus-Taster **46** zwei Eingangsleitungen oder Eingänge vorgesehen sein, die jeweils ein Eingangssignal von dem Not-Aus-Taster **46** liefern. Ähnliches gilt für das Signal des Schutztürschalters.

[0068] In einigen Ausführungsbeispielen erzeugt die Sicherheitsschaltvorrichtung **1** Ausgangssignale, die den einzelnen Meldegeräten zugeführt sind. Beispielhaft ist ein solches Ausgangssignal über eine Leitung **48** zu dem Rahmenteil **18** des Schutztürschalters geführt. Das Rahmenteil **18** schleift das Ausgangssignal des Sicherheitsschaltgerätes **1** von der Leitung **48** auf die Leitung **19**, wenn sich das Türteil **16** in der Nähe des Rahmenteils **18** befindet, das heißt wenn die Schutztür **14** geschlossen ist. Daher kann die Sicherheitsschaltvorrichtung **1** den Schutztürschalter mit Hilfe des Ausgangssignals auf der Leitung **48** und mit Hilfe des Eingangssignals auf der Leitung **19** überwachen. In vergleichbarer Weise überwacht die Sicherheitsschaltvorrichtung **1** hier den Not-Aus-Taster **46**.

[0069] Abweichend von der Darstellung in **Fig. 1** werden in der Praxis häufig zwei redundante Ausgangssignale der Sicherheitsschaltvorrichtung **1** verwendet, die jeweils über eine separate Signalleitung zu einem Meldegerät geführt sind und über dieses Meldegerät zurück zur Sicherheitsschaltvorrichtung **1** geschleift sind. Beispielhaft für eine solche Realisierung sei auf DE 10 2004 020 995 A1 verwiesen, die hinsichtlich der Details einer solchen redundanten Überwachung eines Meldegerätes durch Bezugnahme aufgenommen ist. Auch der Not-Aus-Taster **46** wird in der Praxis häufig mit redundanten Eingangs- und Ausgangsleitungen überwacht, wie oben erwähnt.

[0070] Die Sicherheitsschaltvorrichtung **1** besitzt ein Netzteil zum Bereitstellen zumindest einer Betriebsspannung für die Steuer/Auswerteeinheit **28**. **Fig. 2** zeigt eine vereinfachte Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels des Netzteils **50** der neuen Sicherheitsschaltvorrichtung **1**. Das Netzteil **50** besitzt einen Spannungswandler **52** zum Umwandeln einer Eingangsspannung U_e in eine der Betriebsspannung entsprechende Ausgangsspannung U_a eines definierten Ausgangsspannungswertes. Der Spannungswandler **52** ist insbesondere ein Gleichspannungswandler (DC-DC-Wandler), der eine Gleichspannung als Eingangsspannung U_e in eine Gleichspannung als Ausgangsspannung U_a umwandelt. Der Spannungswandler **52** kann beispielsweise ein Tiefsetzsteller (auch Abwärtswandler genannt) sein, bei dem der definierte Ausgangsspannungswert kleiner ist als der Spannungswert der Eingangsspannung. Der Spannungswandler kann beispielsweise ein Sperrwandler (auch Hoch-Tiefsetzsteller genannt) sein, der ei-

ne galvanische Trennung besitzt. Alternativ, kann der Spannungswandler auch keine galvanische Trennung aufweisen (z. B. Tiefsetzsteller ohne galvanische Trennung).

[0071] Das Netzteil **50** weist einen Fehlerdetektor **54** zum Erkennen eines Fehlerzustands des Spannungswandlers **52** auf. Der Fehlerdetektor **54** weist einen Vergleicher zum Vergleichen der momentan vorhandenen Ausgangsspannung U_a mit einer definierten Referenzspannung auf. Der Fehlerdetektor **54** bzw. dessen Eingang ist über eine elektrische Verbindung **53** mit der Ausgangsspannung U_a bzw. dem Ausgang des Spannungswandlers **52** verbunden. Der Fehlerdetektor **54** bzw. dessen Ausgang liefert bei Erkennen einer bestimmten Abweichung von der Referenzspannung ein Fehlerzustandssignal. Insbesondere kann der Fehlerdetektor **54** ein Fehlerzustandssignal liefern bei Erkennen einer bestimmten Überschreitung der Referenzspannung, d. h. bei Erkennen des Fehlerzustands. Der Fehlerzustand entspricht dann einer Überspannung der Ausgangsspannung U_a . Es wird so eine Überspannungsüberwachung bereitgestellt. Alternativ oder kumulativ kann der Fehlerdetektor **54** ein Fehlerzustandssignal liefern bei Erkennen einer bestimmten Unterschreitung der Referenzspannung. Der Fehlerzustand entspricht dann einer Unterspannung der Ausgangsspannung U_a . Es wird so eine Überspannungsüberwachung bereitgestellt bzw. eine Überspannungs- und Unterspannungsüberwachung.

[0072] Das Netzteil **50** besitzt weiterhin einen Schalter **60**. Der Schalter **60** und der Fehlerdetektor **54** sind über eine elektrische Verbindung **55** miteinander verbunden. Bei Erkennen einer bestimmten Abweichung von der Referenzspannung, d. h. bei Erkennen des Fehlerzustands, liefert der Fehlerdetektor **54** das Fehlerzustandssignal über die elektrische Verbindung **55** an den Schalter **60**. Der Schalter **60** schaltet bei Vorliegen des Fehlerzustandssignals die Eingangsspannung U_e des Spannungswandlers **52** ab.

[0073] Die Fehlerzustandserkennung und Abschaltung findet daher innerhalb des Netzteiles **50** statt. Bei Erkennen des Fehlerzustands (bzw. bei Vorliegen des Fehlerzustandssignals) schaltet das Netzteil **50** sich selbst ab. Die neue Sicherheitsschaltvorrichtung verwendet eine Überwachung der Ausgangsspannung U_a des Spannungswandlers **52**, um im Fehlerfall bzw. bei Vorliegen des Fehlerzustandssignals (insbesondere durch Bauteildefekt/-ausfall im Netzteil) die Eingangsspannung U_e des Spannungswandlers **52** abzuschalten. Bezogen auf die Strom- bzw. Signalfflussrichtung des Netzteils **50** (vom Eingang zum Ausgang) findet eine Abschaltung vor dem Fehlerdetektor **54**, bzw. dem Punkt an dem die Spannung U_a überwacht wird, statt. Eine durch Netzteildefekte bzw. Spannungswandlerdefekte ver-

ursachte Gefahr wird direkt am Entstehungsort, d. h. dem Netzteil bzw. Spannungswandler, ausgeschaltet. Es wird so der den Fehlerzustand (insbesondere Überspannung oder Unterspannung) verursachende Spannungsschaltungsteil abgeschaltet. In anderen Worten wird die Fehlerzustandsursache beseitigt.

[0074] Optional kann das Netzteil **50** an seinem Eingang weiterhin einen Eingangsfiler **62** (in [Fig. 2](#) gestrichelt dargestellt) aufweisen, der die Eingangsspannung U_e in die Eingangsspannung U_e' umwandelt bzw. filtert. Der Eingangsfiler **62** kann beispielsweise ein EMV-Filter oder ähnliches sein. Es sollte verstanden werden, dass die Eingangsspannung U_e und U_e' miteinander austauschbar verwendet werden können. Optional kann das Netzteil **50** an seinem Ausgang weiterhin einen Ausgangsfiler **64** (in [Fig. 2](#) gestrichelt dargestellt), insbesondere mit Puffer, sein, der die Ausgangsspannung U_a in eine Ausgangsspannung U_a' umwandelt bzw. filtert. Der Ausgangsfiler **64** kann beispielsweise ein Glättungsfiler sein. Es sollte verstanden werden, dass die Eingangsspannung U_a und U_a' miteinander austauschbar verwendet werden können.

[0075] In dem in [Fig. 2](#) gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Fehlerdetektor **54** vor dem Ausgangsfiler **64** angeordnet, bezogen auf die Strom- bzw. Signalfflussrichtung des Netzteils **50** (vom Eingang zum Ausgang). In anderen Worten ist dem Fehlerdetektor **54**, insbesondere der Stelle an der die Ausgangsspannung U_a durch den Fehlerdetektor **54** bzw. Vergleicher **56** gemessen oder abgegriffen wird, der Ausgangsfiler **64** nachgeschaltet. Somit ist die Spannungsüberwachung bzw. der Fehlerdetektor **54** innerhalb des Netzteils **50** und vor dem Ausgangsfiler **64** angeordnet. Der Fehlerzustand bzw. Spannungsfehler wird somit an der nächsten Stelle zu seinem Entstehungsort, beispielsweise im Spannungswandler **52**, erfasst.

[0076] Die Sicherheitsschaltvorrichtung, insbesondere der Fehlerdetektor **54** und der Schalter **60**, kann bzw. können für eine maximal im Fehlerfall auftretende Überspannung ausgelegt sein. Beispielsweise kann die maximal im Fehlerfall auftretende Überspannung 60 V oder 65 V sein. Es wird so ein Berührungsschutz bzw. eine Berührungssicherheit der Sicherheitsschaltvorrichtung bereitgestellt. Die im Fehlerfall maximal auftretende Überspannung ist derart gewählt, dass ein Benutzer die Sicherheitsschaltvorrichtung bzw. das Netzteil ohne Verletzung oder Schädigung berühren kann.

[0077] [Fig. 3](#) zeigt eine vereinfachte Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels des Netzteils der neuen Sicherheitsschaltvorrichtung. Das zweite Ausführungsbeispiel der [Fig. 3](#) basiert auf dem ersten Ausführungsbeispiel der [Fig. 2](#), so dass die Erläuterungen zu [Fig. 2](#) ebenfalls auf [Fig. 3](#) zutreffen. Im

Ausführungsbeispiel der [Fig. 3](#) weist der Fehlerdetektor **54** neben dem Vergleicher **56** weiterhin einen Speicher **58** zum Speichern des Fehlerzustandssignals auf. Der Vergleicher **56** bzw. dessen Eingang ist über die elektrische Verbindung **53** mit der Ausgangsspannung U_a verbunden. Der Speicher **58** besitzt einen mit dem Vergleicher **56** verbundenen ersten Eingang **58a** und zumindest einen den Schalter **60** ansteuernden Ausgang **58c**. Der Ausgang **58c** ist über die elektrische Verbindung **55** mit dem Schalter **60** verbunden, um bei Erkennen des Fehlerzustands das Fehlerzustandssignal über die elektrische Verbindung **55** an den Schalter **60** zu liefern. Der Speicher **58** besitzt weiterhin einen zweiten Eingang **58b**, der über eine elektrische Verbindung **59** mit der Eingangsspannung U_e verbunden ist. Bei erneutem Einschalten der Eingangsspannung U_e empfängt der Speicher **58** über die elektrische Verbindung **59** ein Signal zum Beenden des Speicherns des Fehlerzustandssignals, so dass ein Power-On-Reset durchgeführt wird. Der Speicher **58** kann beispielsweise in Form einer bistabilen Kippstufe, insbesondere RS-Flip-Flop, realisiert werden. Es ist jedoch auch jede andere geeignete Art des Fehlerzustandssignalspeicherns denkbar.

[0078] [Fig. 4](#) zeigt ein Blockschaltbild eines ersten Implementierungsbeispiels des Ausführungsbeispiels der [Fig. 3](#), und [Fig. 5](#) zeigt ein Blockschaltbild eines zweiten Implementierungsbeispiels des Ausführungsbeispiels der [Fig. 3](#). Es sollte jedoch verstanden werden, dass die Implementierungsbeispiele der [Fig. 4](#) und der [Fig. 5](#) rein beispielhaft sind und dass jede andere geeignete Art der Implementierung vorgesehen werden kann. In dem Implementierungsbeispiel der [Fig. 4](#) oder [Fig. 5](#) ist der Vergleicher **56** in Form eines Komparators realisiert. Der Komparator ist hier ein zu einem Komparator verschalteter Operationsverstärker OP1. Der Vergleicher **56** bzw. Komparator besitzt einen zwei Eingänge aufweisenden Operationsverstärker OP1, an dessen erstem Eingang ein Schwellwert-Schaltelement Z2 geschaltet ist und an dessen zweitem Eingang ein Spannungsteiler mit Spannungsteiler-Widerständen R4, R5 geschaltet ist. An dem ersten Eingang ist zusätzlich ein weiterer Widerstand R3 geschaltet, der mit dem Schwellwert-Schaltelement Z2 einen Spannungsteiler bildet. Das Schwellwert-Schaltelement Z2 liefert die Referenzspannung bzw. legt diese fest. Das Schwellwert-Schaltelement Z2 ist in diesem Beispiel eine Zener-Diode. Es sollte jedoch verstanden werden, dass auch jede andere geeignete Art von Schwellwert-Schaltelement vorgesehen werden kann.

[0079] In dem Implementierungsbeispiel der [Fig. 4](#) oder [Fig. 5](#) ist der Speicher **58** eine bistabile Kippstufe. Der erste Eingang **58a** des Speichers **58** ist in diesem Beispiel ein Rücksetz-Eingang R der bistabilen Kippstufe und der zweite Eingang **58b** des Speichers

58 ist ein Setz-Eingang S der bistabilen Kippstufe. Der den Schalter **60** ansteuernde Ausgang des Speichers ist hier ein Ausgang \bar{Q} der bistabilen Kippstufe. Der andere Ausgang Q der bistabilen Kippstufe ist in diesem Beispiel ungenutzt. Die Rücksetz-Eingang R der bistabilen Kippstufe ist mit dem Vergleicher **56** verbunden, genauer gesagt der Treiberstufe (mit Transistor T13) an dem Ausgang des Operationsverstärkers OP1. Der Rücksetz-Eingang R empfängt so von dem Vergleicher **56** bei Erkennen des Fehlerzustands ein Rücksetzsignal. Der Setz-Eingang S empfängt bei Einschalten der Eingangsspannung U_e ein Setzsignal, so dass die bistabile Kippstufe „kippt“, um auf diese Weise das Power-On-Reset einzuleiten.

[0080] In diesem Ausführungsbeispiel weist die Sicherheitsschaltvorrichtung einen Setzsignal-Erzeuger **65** auf, der in Abhängigkeit von der Eingangsspannung U_e das Setzsignal erzeugt. Beispielsweise kann der Setzsignal-Erzeuger **65** dazu ausgebildet sein das Setzsignal bei einem bestimmten, beispielsweise rampenförmigen, Anstieg der Eingangsspannung U_e zu erzeugen. Ein Implementierungsbeispiel des Setzsignal-Erzeugers **65** wird nachfolgend mit Bezug auf [Fig. 10](#) erklärt werden.

[0081] Eine bistabile Kippstufe (auch Flipflop genannt) ist bekannterweise eine elektronische Schaltung, die zwei stabile Zustände einnehmen und damit eine Datenmenge von einem Bit über eine lange Zeit speichern kann. Die bistabile Kippstufe kann insbesondere ein RS-Flipflop sein, wie in dem Implementierungsbeispiel der [Fig. 3](#) oder [Fig. 4](#) dargestellt. Die bistabile Kippstufe in Form eines RS-Flipflop hat folgende Pegeltabelle, wobei H (HIGH) für einen hohen Pegel und L (LOW) für einen niedrigen Pegel steht. Es sollte verstanden werden, dass insbesondere bei den Eingänge R und S der niedrige Pegel L auch "hochohmig" bedeuten kann, beispielsweise durch gesperrte Transistoren.

R	S	Q	\bar{Q}	Zustand
H	H	L	L	Verboten
H	L	L	H	Rücksetzen
L	H	H	L	Setzen
L	L	wie vorher	wie vorher	Speichern

[0082] In dem Implementierungsbeispiel der [Fig. 4](#) oder [Fig. 5](#) ist eine Überspannungsüberwachung verwirklicht. Es wird angenommen, dass, wenn kein Fehlerzustand vorliegt, die Ausgangsspannung U_a dem definierten Ausgangsspannungswert entspricht, und dass bei Vorliegen eines Fehlerzustands die Ausgangsspannung U_a höher ist als der definierte Ausgangsspannungswert. Somit entspricht der Fehlerzustand einer Überspannung der Ausgangsspannung

Ua. Das heißt, der Fehlerzustandsdetektor **54** liefert das Fehlerzustandssignal bei Erkennen einer bestimmten Überschreitung der Referenzspannung, die hier durch das Schwellwert-Schaltelement bzw. die Zener-Diode Z2 festgelegt ist. Die Zener-Diode ist hier derart gewählt, dass deren Durchbruchspannung kleiner ist als der definierte Ausgangsspannungswert der Ausgangsspannung Ua.

[0083] Liegt kein Fehlerzustand vor, dann ist die Ausgangsspannung Ua größer als die Durchbruchspannung und an der Zener-Diode Z2 fällt die Durchbruchspannung als Referenzspannung ab. Am nicht-invertierenden Eingang des Operationsverstärkers OP1 liegt dann eine größere Spannung an als am invertierenden Eingang. In anderen Worten liegt am nichtinvertierenden Eingang eine größere Spannung an als die Spannung über dem Widerstand R5, d. h. am invertierenden Eingang, aufgrund des Spannungsteilers R4, R5. Die Spannung zwischen nichtinvertierendem und invertierendem Eingang des Operationsverstärkers OP1 ist somit positiv. Dementsprechend liegt am Ausgang des Operationsverstärkers OP1 ein hoher Pegel (H) an. Dadurch sperrt der Transistor bzw. Optokoppler-Ausgang T3 der Treiberstufe am Ausgang des Operationsverstärkers OP1. Der erste npn Transistor T4 der bistabilen Kippstufe **58** sperrt und der zweite npn Transistor T5 der bistabilen Kippstufe **58** leitet und zieht den Ausgang \bar{Q} auf einen niedrigen Pegel (L), der den pnp Transistor T6 des Schalters **60** leiten lässt. Somit liegt im Nicht-Fehler-Fall immer eine Eingangsspannung Ue am Spannungswandler **52** an.

[0084] Bei Eintritt des Fehlerzustands bzw. Fehler-Falls durch eine Überspannung bei Ua, steigt die (über den Spannungsteiler R4, R5 angepasste) Spannung über dem Widerstand R5 über die Durchbruchspannung der Zener-Diode Z2. Am nichtinvertierenden Eingang des OP1 liegt dann eine kleinere Spannung an als die Spannung am invertierenden Eingang. Die Spannung zwischen nichtinvertierendem und invertierendem Eingang des Operationsverstärkers OP1 wird somit negativ. Dadurch liegt am Ausgang des Operationsverstärkers OP1 ein niedriger Pegel (L) an. Dies führt dazu, dass der Transistor bzw. Optokoppler-Ausgang T3 der Treiberstufe am Ausgang des OP1 leitet. Der Rücksetz-Eingang R ist dadurch aktiv. Die Spannung, die an den ersten npn Transistor T4 angelegt wird bewirkt das Leiten von Transistor T4 und zieht den Ausgang \bar{Q} auf einen niedrigen Pegel (L) und den Ausgang \bar{Q} auf hohen Pegel (H), der den pnp Transistor T6 des Schalters **60** sperrt. Somit liegt bei Vorliegen des Fehlerzustands bzw. Fehler-Falls keine Eingangsspannung Ue am Spannungswandler **52** an.

[0085] Solange bei Vorliegen des Fehlerzustands der Rücksetz-Eingang R auf einem niedrigeren Pegel (L) bzw. hochohmig ist und auch der Setz-Eingang S

auf einem niedrigen Pegel (L) bzw. hochohmig ist, ändert sich nichts an den am Ausgang Q und Ausgang \bar{Q} anliegenden Pegeln. Die bistabile Kippstufe behält den angenommenen Zustand bei und dient daher als Speichervorrichtung zum Speichern des Fehlerzustands. Erst wenn die Eingangsspannung Ue wieder eingeschaltet wird, wird in dem Setzsignal-Erzeuger **65** ein hoher Pegel (H) erzeugt und auf den Setz-Eingang S gegeben. So kommt der Punkt \bar{Q} auf einen niedrigeren Pegel (L). Das heißt die bistabile Kippstufe „kippt“ in diesem Fall. Dadurch leitet auch wieder der Transistor T6 des Schalters **60**.

[0086] Rein beispielhaft ist in **Fig. 10** ein Blockschaltbild eines Implementierungsbeispiels eines Setzsignal-Erzeugers **65** gezeigt. Es sollte jedoch verstanden werden, dass das Implementierungsbeispiel der **Fig. 10** rein beispielhaft ist und dass jede andere geeignete Art der Implementierung vorgesehen werden kann. Der Setzsignal Erzeuger **65** der **Fig. 10** umfasst zwei (pnp) Transistoren T10, T11 und zwei Zener-Dioden Z6, Z7. Die Zener-Dioden Z6 und Z7 werden hier in Sperrrichtung betrieben. Wenn die Eingangsspannung Ue kleiner als die Durchbruchspannung der Zener-Dioden Z6, Z7 ist, sperren die Zener-Dioden Z6, Z7. Bei Überschreiten der Durchbruchspannung werden die Zener-Dioden Z6, Z7 in Sperrrichtung leitend und halten die Durchbruch- oder Zener-Dioden-Spannung fast konstant. Die Differenzspannung zwischen der Durchbruchspannung und der angelegten Spannung bzw. die Eingangsspannung Ue fällt an den vorgeschalteten Widerständen ab. Rein beispielhaft kann angenommen, dass bei einer Emitter-Basis-Spannung von ca. 1 V die Transistoren T10, T11 leitend werden.

[0087] Wegen der Kapazitäten (z. B. im Eingangsfilter **62**) und dem begrenzten Eingangsstrom, steigt die Eingangsspannung Ue nach Power-On rampenförmig an. Solange die Eingangsspannung Ue kleiner als die Durchbruchspannung (z. B. 8 V) der Zener-Diode Z6 ist, sind alle Strompfade in der obigen Schaltung stromlos. Das Setzsignal S ist dann auf einem niedrigen Pegel (L) bzw. hochohmig. Ab einer Eingangsspannung Ue etwas oberhalb der Durchbruchspannung der Zener-Diode Z6 (z. B. ab etwa 9 V bei Durchbruchspannung 8 V) bzw. bei einer bestimmten Emitter-Basis-Spannung (z. B. 1 V) leitet der Transistor T10. Das Setzsignal S nimmt dann die Eingangsspannung Ue an bzw. ist auf einem hohen Pegel (H). Ab einer Eingangsspannung Ue etwas oberhalb der Durchbruchspannung der Zener-Diode Z7 (z. B. ab etwa 14 V bei Durchbruchspannung 13 V) bzw. bei einer bestimmten Emitter-Basis-Spannung (z. B. 1 V) leitet der Transistor T11. Dadurch wird die Emitter-Basis-Spannung des Transistors T10 kurzgeschlossen und der Transistor T10 in den gesperrten Zustand zurückgesetzt. Das Setzsignal S ist daher dann wieder auf einem niedrigen Pegel (L) bzw. hochohmig. Durch das so erzeugte Setzsignal S, auch Setz-

impuls genannt, wird an der bistabilen Kippstufe bzw. am RS-Flipflop der Ausgang \bar{Q} auf einen niedrigen Pegel (L) bzw. Massepotential gesetzt. Dadurch wird der Transistor T6 des Schalters **60** leitend und der Schalter **60** somit eingeschaltet. Das Setzsignal S wird hier also bei einem bestimmten (rampenförmigen) Anstieg der Eingangsspannung erzeugt.

[0088] In dem Implementierungsbeispiel der [Fig. 4](#) ist der Spannungswandler ein Tiefsetzsteller ohne galvanische Trennung. In dem Implementierungsbeispiel der [Fig. 5](#) ist der Spannungswandler ein Sperrwandler (bzw. Hoch-Tiefsetzsteller), der eine galvanische Trennung in Form eines Transformators **68** besitzt. In dem Implementierungsbeispiel der [Fig. 4](#) oder der [Fig. 5](#) ist der Spannungswandler **52** daher in Form eines gebräuchlichen Spannungswandlers implementiert, so dass auf eine detaillierte Erläuterung des Aufbaus des Spannungswandlers an dieser Stelle verzichtet wird. Es ist jedoch zu bemerken, dass in dem Implementierungsbeispiel der [Fig. 4](#) oder der [Fig. 5](#) der Spannungswandler **52** einen Schaltregler **66** zur Regelung eines Stromflusses durch den Spannungswandler **52** besitzt, um die Ausgangsspannung U_a auf dem definierten Ausgangsspannungswert zu halten.

[0089] In dem Implementierungsbeispiel der [Fig. 4](#) ist der Schalter **60** im Strompfad des Eingangs des Spannungswandlers **52** angeordnet, so dass der Schalter **60** bei Vorliegen des Fehlerzustandssignals die Stromzufuhr zu dem Eingang des Spannungswandlers **52** unterbricht. Es wird so eine direkte Abschaltung der Eingangsspannung U_e bereitgestellt. Wie oben erwähnt ist in dem Implementierungsbeispiel der [Fig. 4](#) der Spannungswandler ein Tiefsetzsteller ohne galvanische Trennung. In dem Beispiel der [Fig. 4](#) kann eine Überspannung der Ausgangsspannung U_a beispielsweise durch Defekte im Schaltregler **66** oder der Spannungsteiler-Widerstände R1, R2 verursacht werden. Ausfälle der anderen Bauteile können im Regelfall keine Überspannung der Ausgangsspannung U_a bzw. des Netzteils **50** erzeugen. Bei erkanntem Fehlerzustand, bzw. Überspannung der Ausgangsspannung U_a , wird die Eingangsspannung U_e vor dem Schaltregler **66** durch den Schalter **60** bzw. den Transistor T6 abgeschaltet. Damit kann der Spannungswandler **52** bzw. Tiefsetzsteller keinen Strom mehr an die Speicherdrossel L1 liefern und die Ausgangsspannung U_a wird ausgeschaltet. Die Eingangsspannung U_e bleibt abgeschaltet auch wenn die Ausgangsspannung U_a nach der erkannten Überspannung ausgeschaltet ist. Das wird durch den zuvor beschriebenen Speicher **58** in Form der bistabilen Kippstufe hinter dem Vergleichler **56** vorgenommen. Die Eingangsspannung des Spannungswandlers **52** bzw. Tiefsetzstellers wird erst nach erneutem Einschalten der Eingangsspannung U_e versucht wieder einzuschalten.

[0090] In dem Implementierungsbeispiel der [Fig. 5](#) besitzt der Schaltregler **66** einen Eingang **67** für eine Schaltreglerversorgungsspannung aufweist, und wobei der Schalter **60** im Strompfad des Eingangs **67** für die Schaltreglerversorgungsspannung angeordnet ist, so dass der Schalter **60** bei Vorliegen des Fehlerzustandssignals die Stromzufuhr zu dem Eingang **67** des Schaltreglers **66** unterbricht. Wie oben erwähnt ist in dem Implementierungsbeispiel der [Fig. 5](#) der Spannungswandler ein Sperrwandler (bzw. Hoch-Tiefsetzsteller), der eine galvanische Trennung in Form eines Transformators **68** besitzt. In dem Beispiel der [Fig. 5](#) kann eine Überspannung der Ausgangsspannung U_a beispielsweise durch Defekte im Schaltregler **66** oder des einstellbaren Zener-Shunt-Reglers Z1 oder der Spannungsteiler-Widerstände R1, R2 verursacht werden. Ausfälle der anderen Bauteile können im Regelfall entweder ausgeschlossen werden oder führen zu einem ungefährlichen Zustand des Netzteils. Fällt beispielsweise der Feldeffekttransistor (FET) T7 aus, der den Primärstrom durch den Transformator **68** ein- und ausschaltet, kann keine Wechsellspannung mehr erzeugt werden und deshalb auch keine Spannung am Ausgang des Transformators **68** entstehen. Bei erkanntem Fehlerzustand, bzw. Überspannung der Ausgangsspannung U_a , wird die Eingangsspannung U_e vor dem Schaltregler **66** durch den Schalter **60** bzw. den Transistor T6 abgeschaltet. Damit kann der FET T7 des Spannungswandlers **52** bzw. Sperrwandlers nicht mehr angesteuert werden und die Ausgangsspannung U_a wird ausgeschaltet. Die Eingangsspannung U_e bleibt abgeschaltet auch wenn die Ausgangsspannung U_a nach der erkannten Überspannung ausgeschaltet ist. Das wird durch den zuvor beschriebenen Speicher **58** in Form der bistabilen Kippstufe hinter dem Vergleichler **56** vorgenommen. Die Eingangsspannung des Spannungswandlers **52** wird erst nach erneutem Einschalten der Eingangsspannung U_e versucht wieder einzuschalten.

[0091] Es sollte verstanden werden, dass obwohl vorhergehend mit Bezug auf das Implementierungsbeispiel der [Fig. 4](#) oder der [Fig. 5](#) analoge Schaltungstechnik beschrieben wurde, die gleichen Funktionen ebenfalls mit digitaler Schaltungstechnik realisiert werden können.

[0092] [Fig. 6](#) zeigt eine vereinfachte Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels des Netzteils **50** der neuen Sicherheitsschaltvorrichtung **1**. Das Ausführungsbeispiel der [Fig. 6](#) basiert auf dem Ausführungsbeispiel der [Fig. 3](#), so dass die Erläuterungen zu [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) ebenfalls auf [Fig. 6](#) zutreffen. In diesem Ausführungsbeispiel der [Fig. 6](#) weist die Sicherheitsschaltvorrichtung **1** weiterhin zumindest einen Watchdog auf. Genauer gesagt sind in diesem Ausführungsbeispiel ein erster Watchdog **70** und ein zweiter Watchdog **71** vorgesehen. Der erste und zweite Watchdog **70**, **71** ist jeweils über eine

elektrische Verbindung **70a**, **71a** mit der fehlersicheren Steuer/Auswerteeinheit **28** (in [Fig. 6](#) nicht dargestellt) verbunden. In dem Ausführungsbeispiel der [Fig. 6](#) ist der Watchdog **70**, **71** jeweils eine separate Komponente (außerhalb der Steuer/Auswerteeinheit) mit Kommunikation zur Steuer/Auswerteeinheit über die elektrische Verbindung **70a**, **71a**. Beispielsweise kann der erste Watchdog **70** mit einer ersten Verarbeitungseinheit **28a** und der zweite Watchdog mit einer zweiten Verarbeitungseinheit **28b** der Steuer/Auswerteeinheit **28** verbunden sein, wie beispielsweise die zuvor beschriebenen Verarbeitungseinheiten **28a**, **28b** zweier unterschiedlicher, redundanter Signalverarbeitungskanäle. Der erste und zweite Watchdog **70**, **71** liefert jeweils bei Erkennen eines Fehlerzustands der Steuer/Auswerteeinheit **28** ein Fehlerzustandssignal an den Schalter **60**, um die Eingangsspannung U_e des Spannungswandlers **52** abzuschalten. Es wird so eine zusätzliche Fehlerüberwachung der Steuer/Auswerteeinheit **28** in Form eines Watchdogs **70**, **71** bereitgestellt (z. B. gegen einen Komplettausfall der Vorrichtung durch Softwareversagen). Der Watchdog **70**, **71** spricht bei Erkennen des Fehlerzustands der überwachten Steuer/Auswerteeinheit **28** an und führt nach dem Ansprechen ebenfalls zum Abschalten der Eingangsspannung U_e . Der Watchdog **70**, **71** der [Fig. 8](#) kann beispielsweise ein Hardware-Watchdog (HW-Watchdog) sein.

[0093] Rein beispielhaft ist in [Fig. 7](#) ein Blockschaltbild eines Implementierungsbeispiels eines Watchdogs in Form eines HW-Watchdogs gezeigt. Es sollte jedoch verstanden werden, dass das Implementierungsbeispiel der [Fig. 7](#) rein beispielhaft ist und dass jede andere geeignete Art der Implementierung vorgesehen werden kann. In dem Implementierungsbeispiel der [Fig. 7](#) weist der Watchdog einen Operationsverstärker OP10 sowie vorgeschaltete Kondensatoren C10 und C20 und einen Transistor T9 auf. Der Transistor T9 befindet sich am Eingang des Watchdogs und der Operationsverstärker OP10 befindet sich am Ausgang des Watchdogs. Ein kurzer Trigger-Impuls TR von der Steuer/Auswerteeinheit **28** auf den Transistor T9 entlädt den Kondensator C10. Nach Beendigung des Trigger-Vorgangs lädt sich die Reihenschaltung der beiden Kondensatoren C10 und C20 auf die Versorgungsspannung V auf. Die Kapazität des Kondensators C10 ist sehr viel größer als die Kapazität des Kondensators C20. Nach dem Gesetz für kapazitive Spannungsteiler, liegt nach Beendigung des Ladevorgangs am sehr viel kleineren Kondensator C20 fast die gesamte Versorgungsspannung V an. Der Kondensator C20 entlädt sich jetzt über den Widerstand R21. Dabei sperrt die Diode D20. Der hochohmige Widerstand R21 bewirkt eine langsame Entladung des Kondensators C20. Wenn der Kondensator C20 auf eine Spannung entladen ist, die dem von der Zener-Diode Z10 bestimmten Schwellwert entspricht, ändert

der Operationsverstärker OP10 seinen Ausgangszustand und schaltet auf einen niedrigen Pegel (L). Der Watchdog spricht damit an und erkennt den Fehlerzustand. Der Watchdog liefert dann also das Fehlerzustandssignal. Im Nicht-Fehler-Fall bzw. fehlerfreien Betrieb wird das Ansprechen des Watchdogs durch rechtzeitiges Triggern der Transistorstufe verhindert.

[0094] In einem weiteren Ausführungsbeispiel (nicht gezeigt) der Sicherheitsschaltvorrichtung **1** weist die fehlersichere Steuer/Auswerteeinheit **28** einen Eingang zum Empfangen eines Statussignals auf, das von dem Fehlerdetektor **54** bei Erkennen eines Fehlerzustandes des Spannungswandlers **52** erzeugt wird. Die fehlersichere Steuer/Auswerteeinheit **28** besitzt weiterhin einen Speicher zum Speichern eines entsprechenden Fehlereintrags bei Empfang des Statussignals.

[0095] Vorhergehend wurde das Netzteil **50** derart beschreiben, dass es eine Ausgangsspannung U_a bzw. Betriebsspannung bereitstellt. Das Netzteil **50** kann jedoch auch zum Bereitstellen mehrerer Betriebsspannungen geeignet sein. [Fig. 8](#) zeigt eine vereinfachte Darstellung eines Teils eines Ausführungsbeispiels der neuen Sicherheitsschaltvorrichtung **1**. In diesem Ausführungsbeispiel ist das Netzteil **50** zum Erzeugen mehrerer Betriebsspannungen für die fehlersichere Steuer/Auswerteeinheit **28** ausgebildet. Das Netzteil **50** besitzt daher mehrere Spannungswandler (in [Fig. 8](#) nicht gezeigt), um die Eingangsspannung U_e in mehrere Ausgangsspannungen U_1 , U_2 , U_3 jeweils eines definierten Ausgangsspannungswertes umzuwandeln. Das heißt jeder Spannungswandler wandelt die eine Eingangsspannung U_e in eine bestimmte Ausgangsspannung um. Jede Ausgangsspannung U_1 , U_2 , U_3 entspricht jeweils einer Betriebsspannung für die Steuer/Auswerteeinheit **28**. Jede Ausgangsspannung U_1 , U_2 , U_3 bzw. Betriebsspannung wird über jeweils eine entsprechende elektrische Verbindung jeweils einem entsprechenden Versorgungsspannungseingang **28'**, **28''**, **28'''** der Steuer/Auswerteeinheit **28** zugeführt.

[0096] Die Sicherheitsschaltvorrichtung **1** besitzt weiterhin einen Addierer **80** zum Bereitstellen einer Summenspannung U_{sum} , die der Summe der mehreren Betriebsspannungen U_1 , U_2 , U_3 entspricht. Die Summenspannung U_{sum} ist hier die momentan vorhandene Ausgangsspannung U_a für den Vergleicher **56**. Die Summenspannung U_{sum} wird also dem Fehlerdetektor **54** zugeführt. Somit wird die Summenspannung U_{sum} überwacht, insbesondere auf Überspannung oder Unterspannung. Bei mehreren Spannungswandlern muss so nur eine gemeinsame Eingangsspannung abschaltbar sein, um die Sicherheit zu gewährleisten. Rein beispielhaft ist in [Fig. 9](#) ein Blockschaltbild eines Implementierungsbeispiels eines Addierers **80** gezeigt. Der Addierer **80** in [Fig. 9](#) ist ein zu einem Addierer verschalteter Operations-

verstärker OPa. Obwohl in [Fig. 8](#) bzw. [Fig. 9](#) drei bzw. vier Ausgangsspannungen dargestellt sind, sollte verstanden werden, dass jede andere beliebige Anzahl von Spannungen addiert werden kann.

[0097] Wenn die Steuer/Auswerteeinheit **28** zumindest zwei Verarbeitungseinheiten **28a**, **28b** aufweist, dann können die zumindest zwei Verarbeitungseinheiten **28a**, **28b** unterschiedliche Betriebsspannungen der von dem Netzteil **50** erzeugten mehreren Betriebsspannungen haben. Es können mehrere getrennte bzw. unterschiedliche Spannungsversorgungen bei einer mehrkanaligen Sicherheitsschaltvorrichtung (d. h. mit mehreren Signalverarbeitungskanälen) bereitgestellt werden. Dadurch, dass die Verarbeitungseinheiten unterschiedlicher Signalverarbeitungskanäle unterschiedliche Betriebsspannungen erhalten, ist der Weiterbetrieb der vom Fehler nicht betroffenen Verarbeitungseinheit bzw. Signalverarbeitungskanals möglich. Die Sicherheit der Sicherheitsschaltvorrichtung wird so weiter erhöht. Alternativ, können die zumindest zwei Verarbeitungseinheiten **28a**, **28b** die gleiche Betriebsspannung oder Betriebsspannungen haben. Dies ermöglicht eine einfachere und weniger aufwendige Implementierung.

[0098] Optional kann in dem Beispiel der [Fig. 8](#) natürlich auch ein zuvor beschriebener Watchdog **70**, **71** (in [Fig. 8](#) gestrichelt dargestellt) verwendet werden. Der Watchdog **70** ist über eine elektrische Verbindung **70a** mit der Steuer/Auswerteeinheit **28** verbunden und kommuniziert so mit der Steuer/Auswerteeinheit. Der Watchdog **70** liefert bei Erkennen eines Fehlerzustands der Steuer/Auswerteeinheit **28** ein Fehlerzustandssignal an den Schalter **60** (in [Fig. 8](#) nicht dargestellt), um die Eingangsspannung U_e des Spannungswandlers **52** abzuschalten, wie zuvor beschrieben.

[0099] Abschließend soll nun allgemein und beispielhaft eine Risikobetrachtung der neuen Sicherheitsschaltvorrichtung durchgeführt werden. Einige Bauteile im Spannungswandler, beispielsweise die Bauteile für die Regelung der Ausgangsspannung U_a (z. B. Bauteile des Schaltreglers), können bei ihrem Ausfall Überspannungen verursachen. Diese Bauteil-ausfall-Wahrscheinlichkeiten erhöhen das Gefahrenrisiko. Die Ausfallraten der risikoerhöhenden Bauteile können zusammengezählt werden und beziffern das Risiko für Gefahren durch Überspannungen. Der Wert soll mit der Variablen R_a bezeichnet werden. Zur Kompensation dieses Risikos werden die Maßnahmen zur Überwachung der Ausgangsspannung des Netzteils und dem Abschalten der Eingangsspannung in das sichere Netzteil integriert. Die Ausfallraten aller Bauteile, die für die Maßnahmen zur Beherrschung des Überspannungsrisikos benötigt werden, können gleichfalls zusammengezählt werden und beziffern das Risiko dafür, dass

die Maßnahmen zur Beherrschung des Überspannungsrisikos nicht funktionieren. Dieser Wert soll mit der Variablen R_b bezeichnet werden. Die Gefahr durch Überspannungen tritt mit der Wahrscheinlichkeit R_a auf. Sie wird beherrscht mit Maßnahmen, die mit der Wahrscheinlichkeit R_b nicht funktionieren. Wenn beide Wahrscheinlichkeiten R_a sowie R_b eintreffen, ist die Gefahr durch Überspannungen eingetreten und nicht beherrschbar. Diese Wahrscheinlichkeit entspricht $R_c = R_a \cdot R_b$. Wenn zwei kleine Wahrscheinlichkeiten multipliziert werden, ist das Ergebnis üblicherweise eine vernachlässigbar kleine Wahrscheinlichkeit. Die Gesamtwahrscheinlichkeit für das gefährliche Versagen des Sicherheitsgerätes muss unter einem akzeptablen Wert liegen, der das verbleibende Restrisiko angibt. Werte für das zulässige Restrisiko können für unterschiedliche Sicherheitskategorien aus den anzuwendenden Normen entnommen werden. Für die Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ausfalls durch Überspannungen wird von der zulässigen Gesamtwahrscheinlichkeit ein Teil (z. B. 1%) als Grenzwert angesetzt.

ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102006004558 A1 [[0002](#), [0004](#)]
- DE 102008051514 A1 [[0009](#)]
- DE 4443862 A1 [[0009](#)]
- DE 19633952 A1 [[0009](#)]
- DE 102004020995 A1 [[0069](#)]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- EN ISO 13849-1 [[0003](#)]
- EN/IEC 62061 [[0003](#)]
- EN 954-1 [[0003](#)]

Patentansprüche

1. Sicherheitsschaltvorrichtung (1) zum fehlersicheren Ein- oder Ausschalten einer gefährlichen Anlage (10), mit einem Eingang zum Aufnehmen eines Eingangssignals, mit einer fehlersichereren Steuer/Auswerteeinheit (28), die das Eingangssignal verarbeitet, um in Abhängigkeit davon ein Ausgangssignal zum Ein- oder Ausschalten der gefährlichen Anlage (10) zu erzeugen, und mit einem Netzteil (50) zum Bereitstellen zumindest einer Betriebsspannung für die Steuer/Auswerteeinheit (28), wobei das Netzteil (50) einen Spannungswandler (52) zum Umwandeln einer Eingangsspannung (U_e) in eine der Betriebsspannung entsprechende Ausgangsspannung (U_a) eines definierten Ausgangsspannungswertes aufweist, gekennzeichnet dadurch, dass das Netzteil (50) einen Fehlerdetektor (54) zum Erkennen eines Fehlerzustands des Spannungswandlers (52) aufweist, wobei der Fehlerdetektor (54) einen Vergleicher (56) zum Vergleichen der momentan vorhandenen Ausgangsspannung (U_a) mit einer definierten Referenzspannung aufweist, wobei der Fehlerdetektor (54) ein Fehlerzustandssignal liefert bei Erkennen einer bestimmten Abweichung von der Referenzspannung, und wobei das Netzteil (50) einen Schalter (60) aufweist, der bei Vorliegen des Fehlerzustandssignals die Eingangsspannung (U_e) des Spannungswandlers (52) abschaltet.

2. Sicherheitsschaltvorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Fehlerdetektor (54) weiterhin einen Speicher (58) zum Speichern des Fehlerzustandssignals aufweist, der einen mit dem Vergleicher (56) verbundenen ersten Eingang (58a) aufweist und zumindest einen den Schalter (60) ansteuernden Ausgang (58c) aufweist.

3. Sicherheitsschaltvorrichtung nach Anspruch 2, wobei der Speicher (56) weiterhin einen zweiten Eingang (58b) aufweist, der bei Einschalten der Eingangsspannung (U_e) ein Signal zum Beenden des Speicherns des Fehlerzustandssignals empfängt.

4. Sicherheitsschaltvorrichtung nach Anspruch 2 oder Anspruch 3, wobei der Speicher (58) eine bistabile Kippstufe ist, insbesondere wobei der erste Eingang (58a) ein Rücksetz-Eingang (R) und/oder wobei der zweite Eingang (58b) ein Setz-Eingang (S) der bistabilen Kippstufe ist.

5. Sicherheitsschaltvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Fehlerdetektor (54) ein Fehlerzustandssignal liefert bei Erkennen einer bestimmten Überschreitung der Referenzspannung, so dass der Fehlerzustand einer Überspannung der Ausgangsspannung (U_a) entspricht.

6. Sicherheitsschaltvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Fehlerdetektor (54)

ein Fehlerzustandssignal liefert bei Erkennen einer bestimmten Unterschreitung der Referenzspannung, so dass der Fehlerzustand einer Unterspannung der Ausgangsspannung (U_a) entspricht.

7. Sicherheitsschaltvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Schalter (60) im Strompfad eines Eingangs des Spannungswandlers (52) angeordnet ist, so dass der Schalter (60) bei Vorliegen des Fehlerzustandssignals die Stromzufuhr zu dem Eingang des Spannungswandlers (52) unterbricht.

8. Sicherheitsschaltvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Spannungswandler (52) einen Schaltregler (66) zur Regelung eines Stromflusses durch den Spannungswandler (52) aufweist, um die Ausgangsspannung (U_a) auf dem definierten Ausgangsspannungswert zu halten, insbesondere wobei der Schalter (52) zum Abschalten der Eingangsspannung (U_e) ein Schalttransistor des Schaltreglers (66) ist.

9. Sicherheitsschaltvorrichtung nach Anspruch 8, wobei der Schaltregler (66) einen Eingang (67) für eine Schaltreglerversorgungsspannung aufweist, und wobei der Schalter (60) im Strompfad des Eingangs (67) für die Schaltreglerversorgungsspannung angeordnet ist, so dass der Schalter (60) bei Vorliegen des Fehlerzustandssignals die Stromzufuhr zu dem Eingang (67) des Schaltreglers (66) unterbricht.

10. Sicherheitsschaltvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, weiterhin mit zumindest einem Watchdog (70, 71), der mit der fehlersicheren Steuer/Auswerteeinheit (28) verbunden ist und der bei Erkennen eines Fehlerzustands der Steuer/Auswerteeinheit (28) ein Fehlerzustandssignal an den Schalter (60) liefert, um die Eingangsspannung (U_e) des Spannungswandlers (52) abzuschalten.

11. Sicherheitsschaltvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die fehlersicherere Steuer/Auswerteeinheit (28) zumindest zwei Verarbeitungseinheiten (28a, 28b) aufweist, die das Eingangssignal redundant zueinander verarbeiten und logische Signalverknüpfungen vornehmen, um in Abhängigkeit davon das Ausgangssignal zu erzeugen.

12. Sicherheitsschaltvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei das Netzteil (50) zum Erzeugen mehrerer Betriebsspannungen für die fehlersichere Steuer/Auswerteeinheit (28) ausgebildet ist, wobei das Netzteil (50) mehrere Spannungswandler aufweist, um die Eingangsspannung (U_e) in mehrere Ausgangsspannungen (U_1 , U_2 , U_3 , U_4) jeweils eines definierten Ausgangsspannungswertes umzuwandeln, wobei jede Ausgangsspannung (U_1 , U_2 , U_3 , U_4) jeweils einer Betriebsspannung für die Steuer/Auswerteeinheit (28) entspricht.

13. Sicherheitsschaltvorrichtung nach Anspruch 12, und wobei die Sicherheitsschaltvorrichtung (1) weiterhin einen Addierer (80) zum Bereitstellen einer Summenspannung (Usum) aufweist, die der Summe der mehreren Betriebsspannungen (U1, U2, U3, U4) entspricht, und wobei die Summenspannung (Usum) die momentan vorhandene Ausgangsspannung (Ua) für den Vergleich (56) ist.

14. Sicherheitsschaltvorrichtung nach Anspruch 11 und einem der Ansprüche 12 oder 13, wobei die zumindest zwei Verarbeitungseinheiten (28a, 28b) unterschiedliche Betriebsspannungen der von dem Netzteil (50) erzeugten mehreren Betriebsspannungen haben.

15. Sicherheitsschaltvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die fehlersichere Steuer/Auswerteeinheit (28) einen Eingang zum Empfangen eines Statussignals aufweist, das von dem Fehlerdetektor (54) bei Erkennen eines Fehlerzustandes des Spannungswandlers (52) erzeugt wird, und wobei die fehlersichere Steuer/Auswerteeinheit (28) einen Speicher zum Speichern eines entsprechenden Fehlereintrags bei Empfang des Statussignals aufweist.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

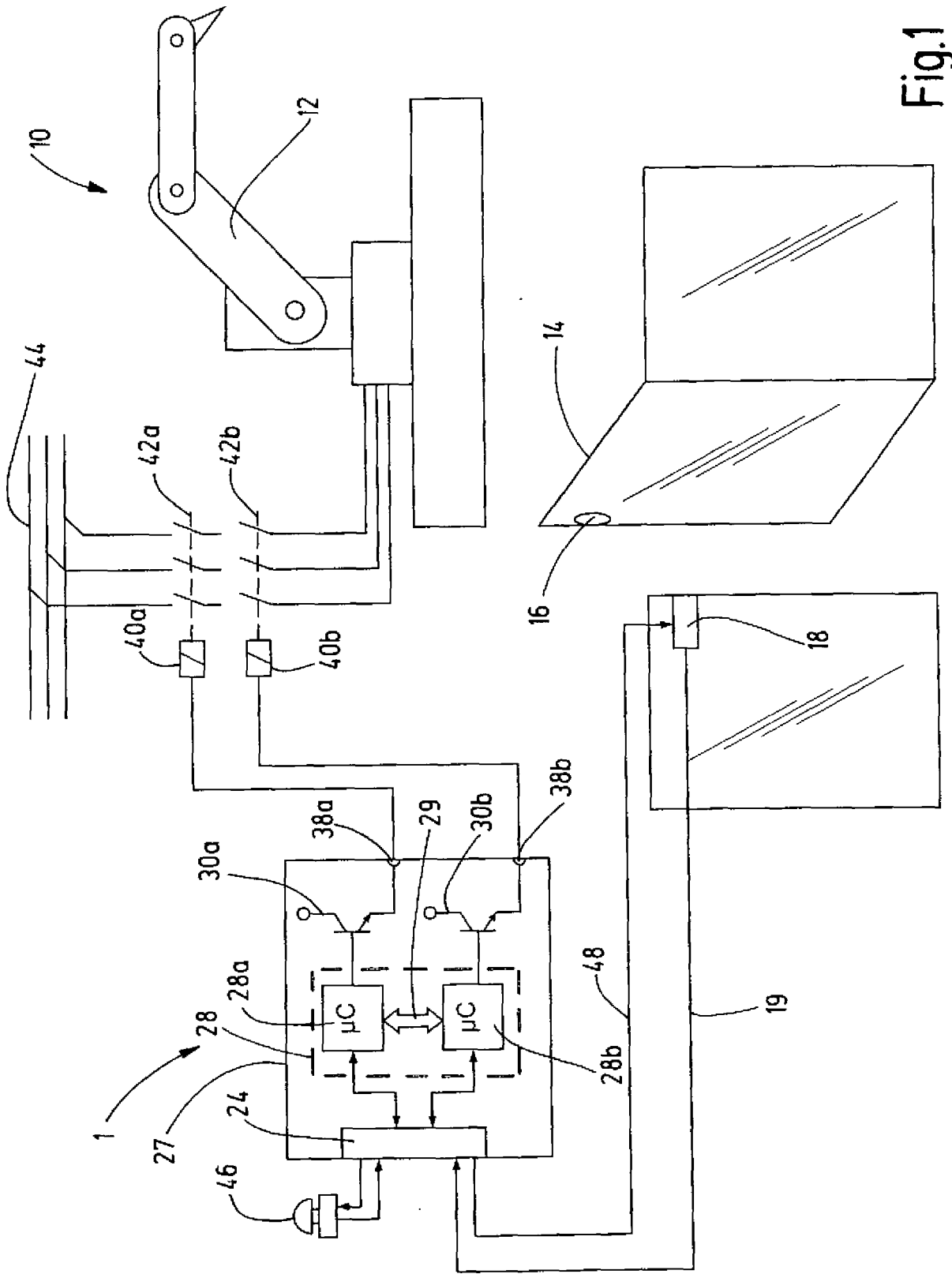


Fig.1



Fig.3

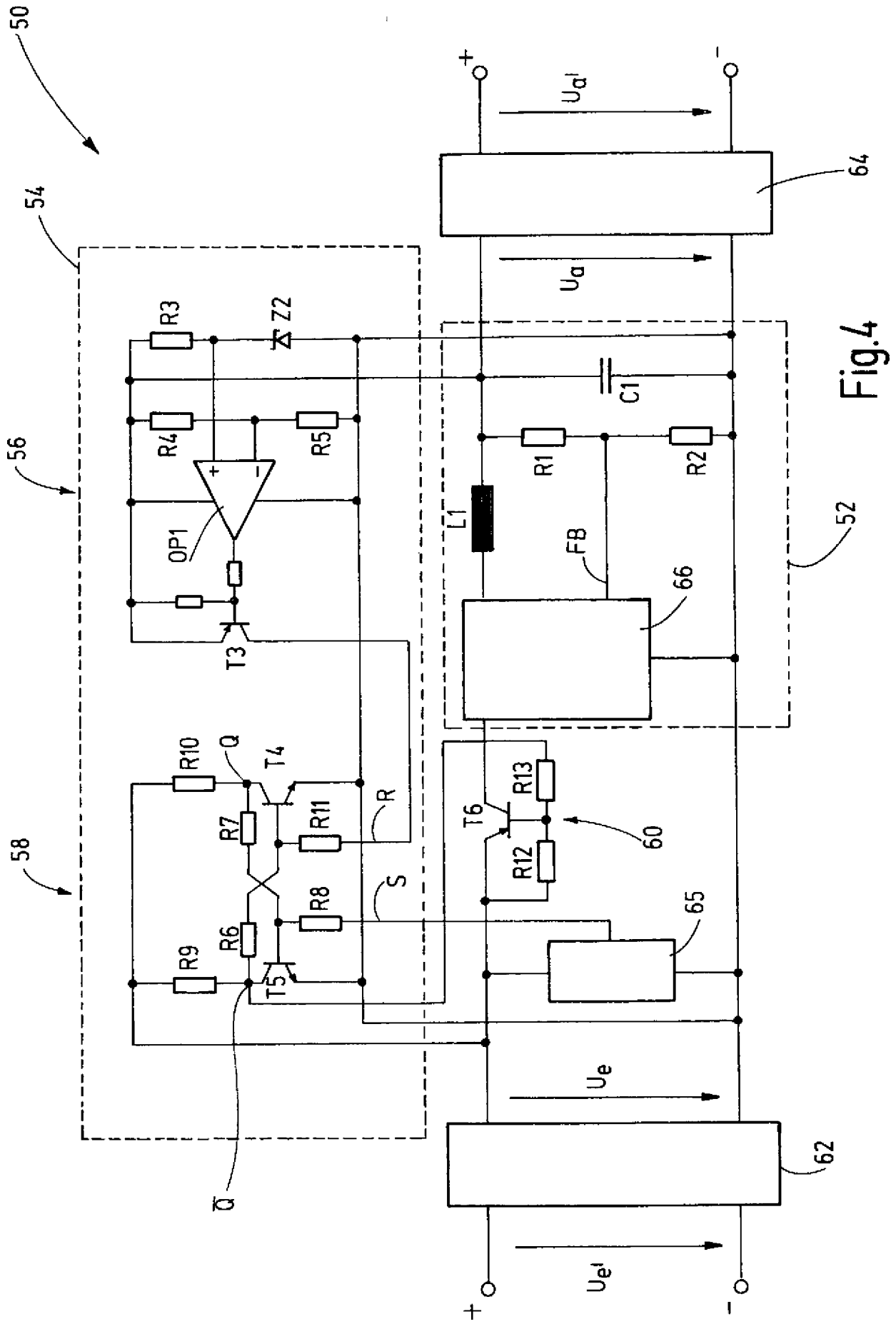


Fig.4

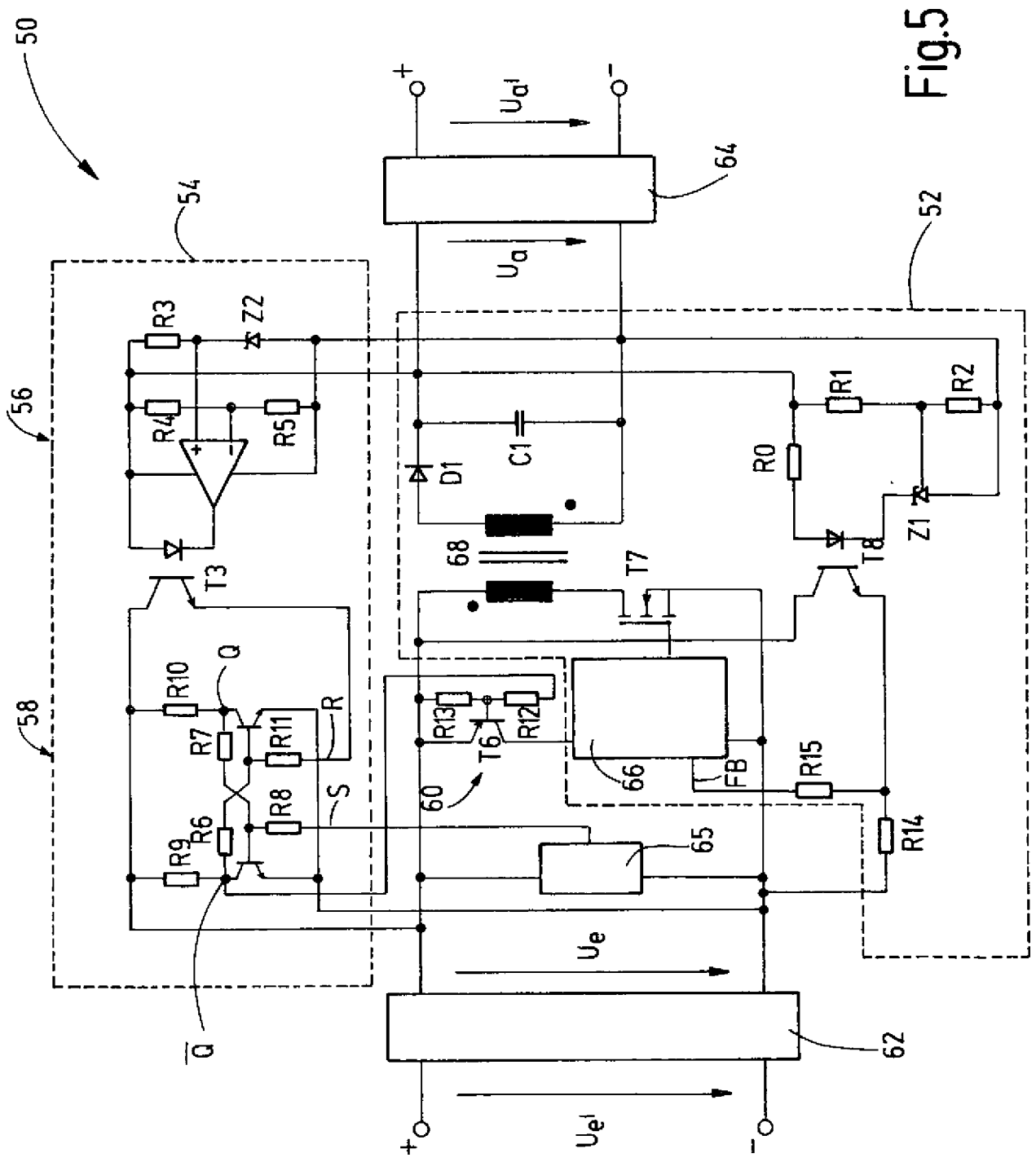


Fig.5

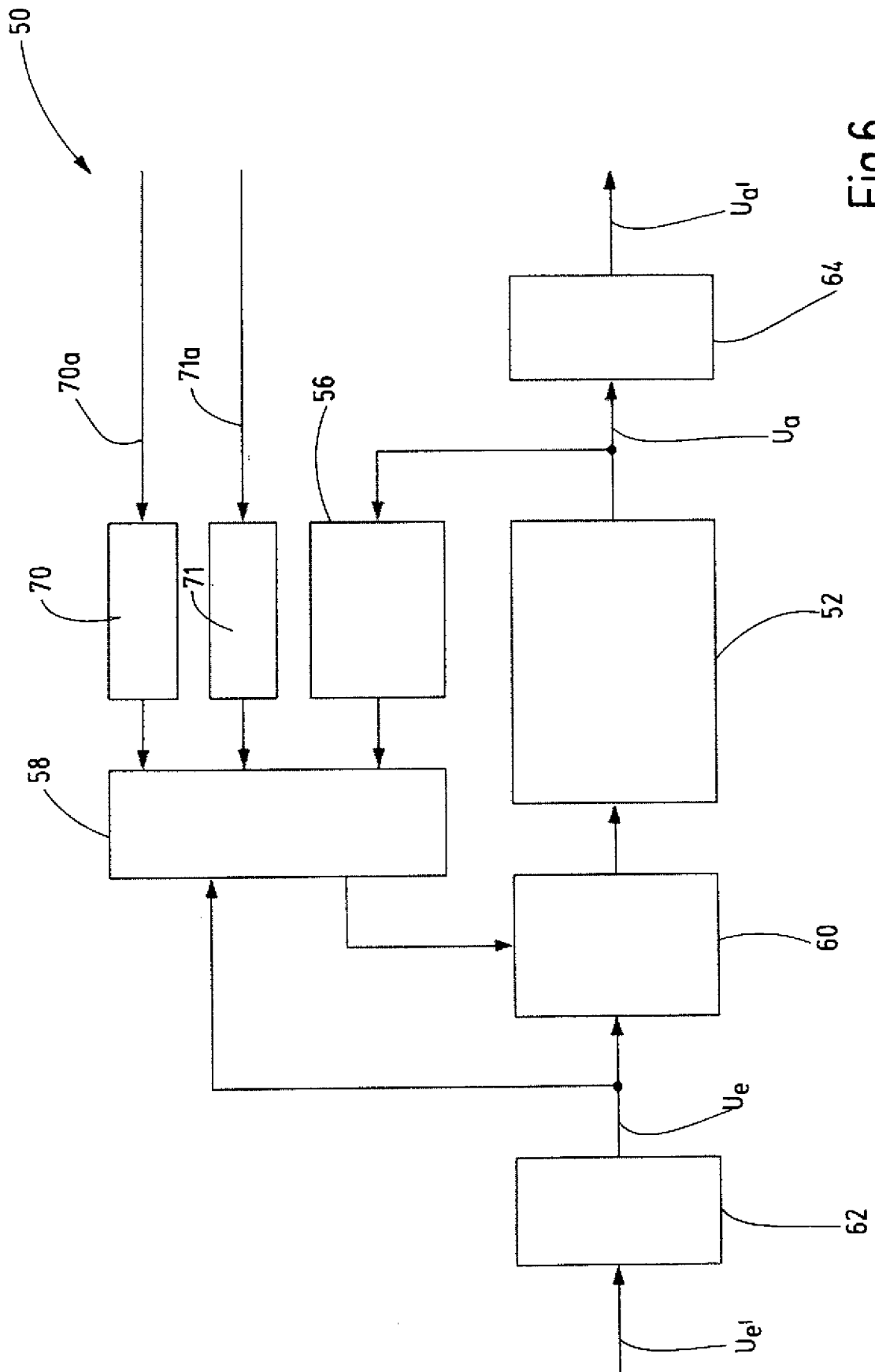


Fig.6

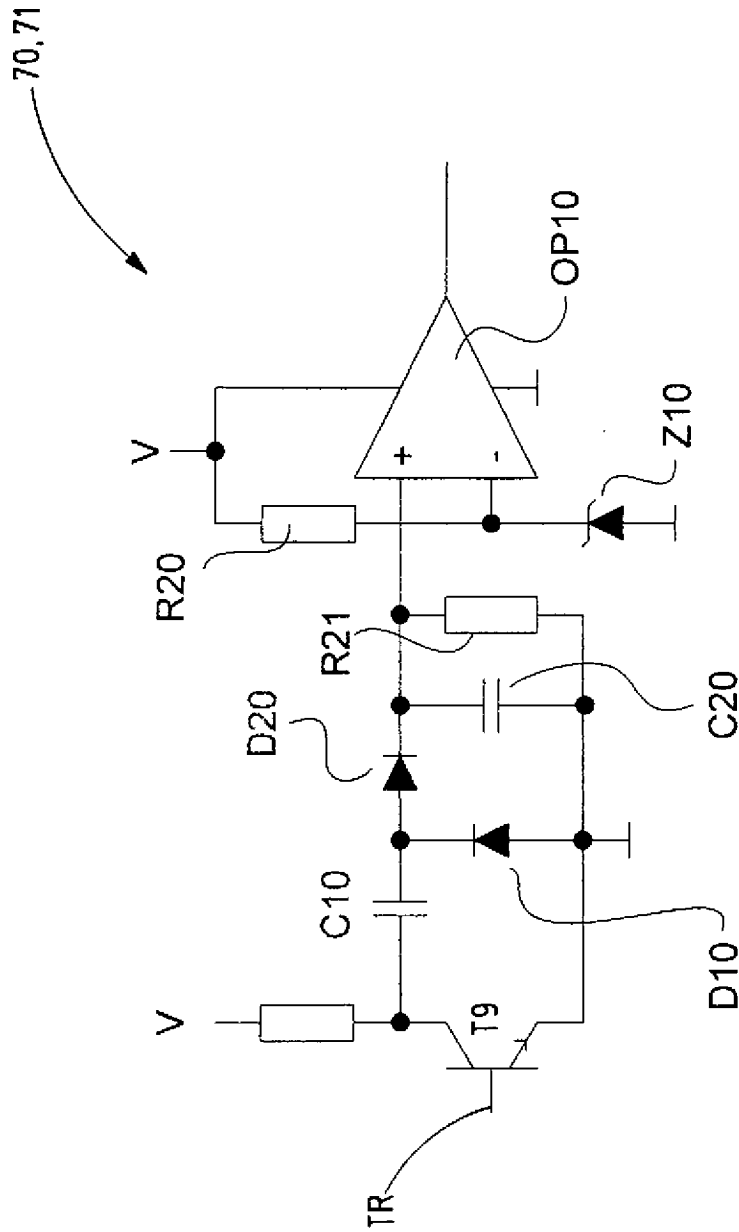


Fig.7

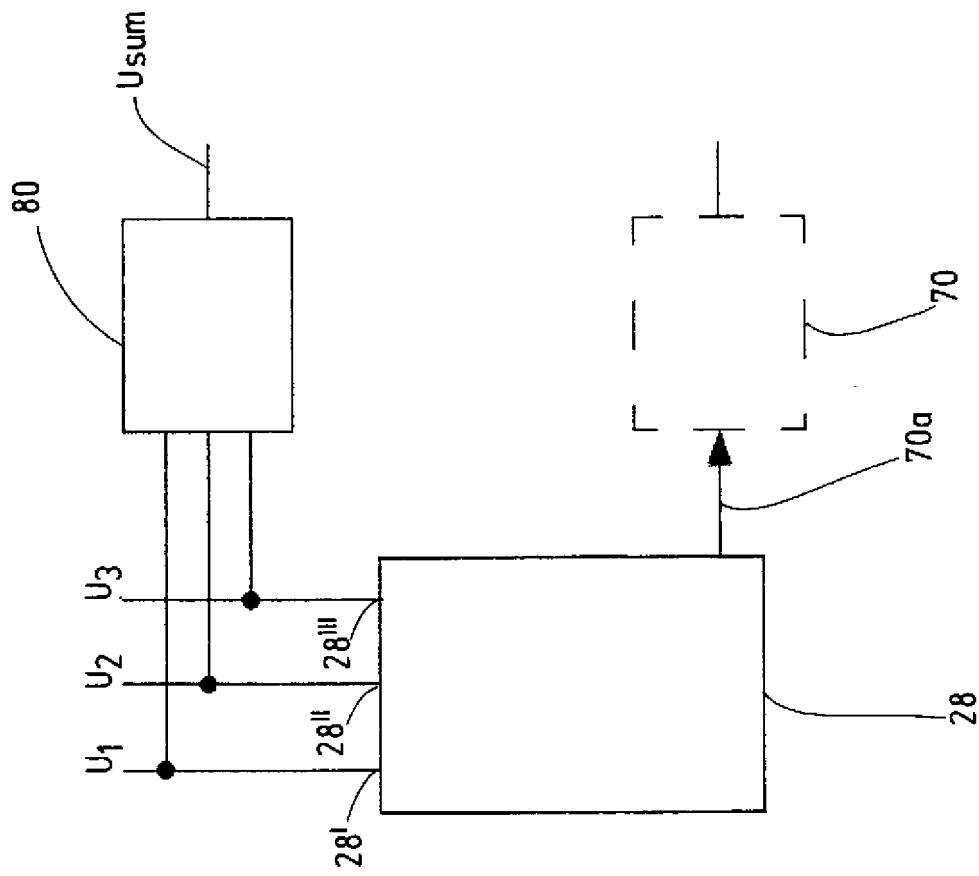


Fig.8

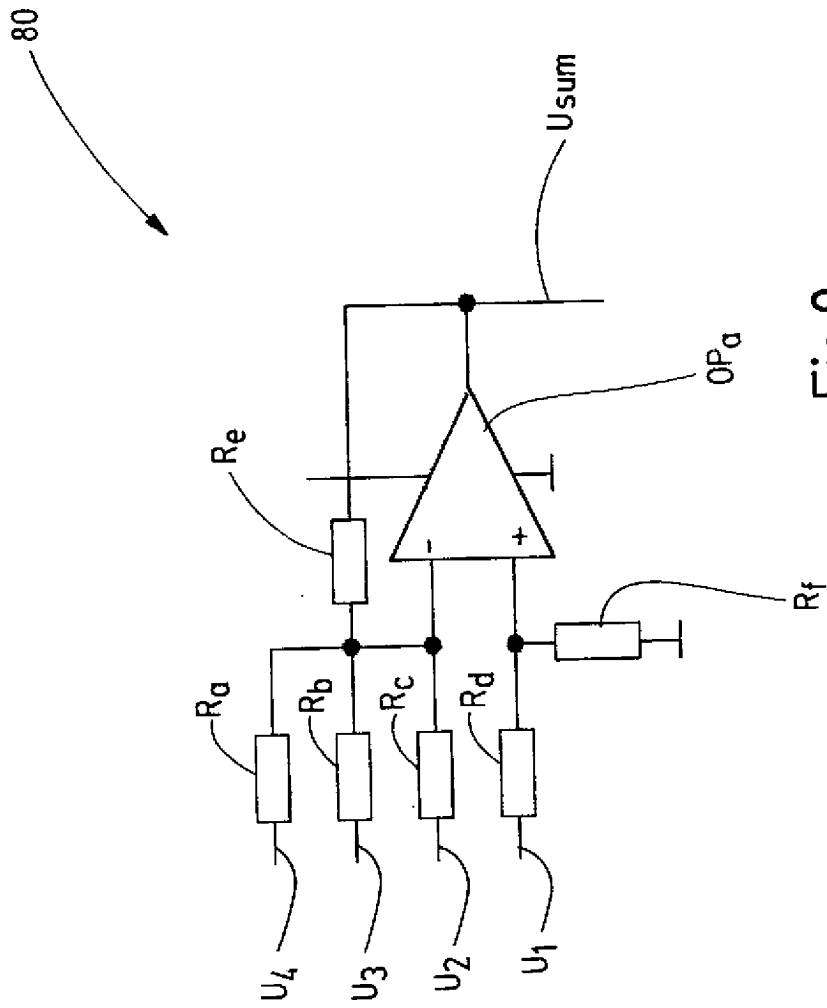


Fig.9

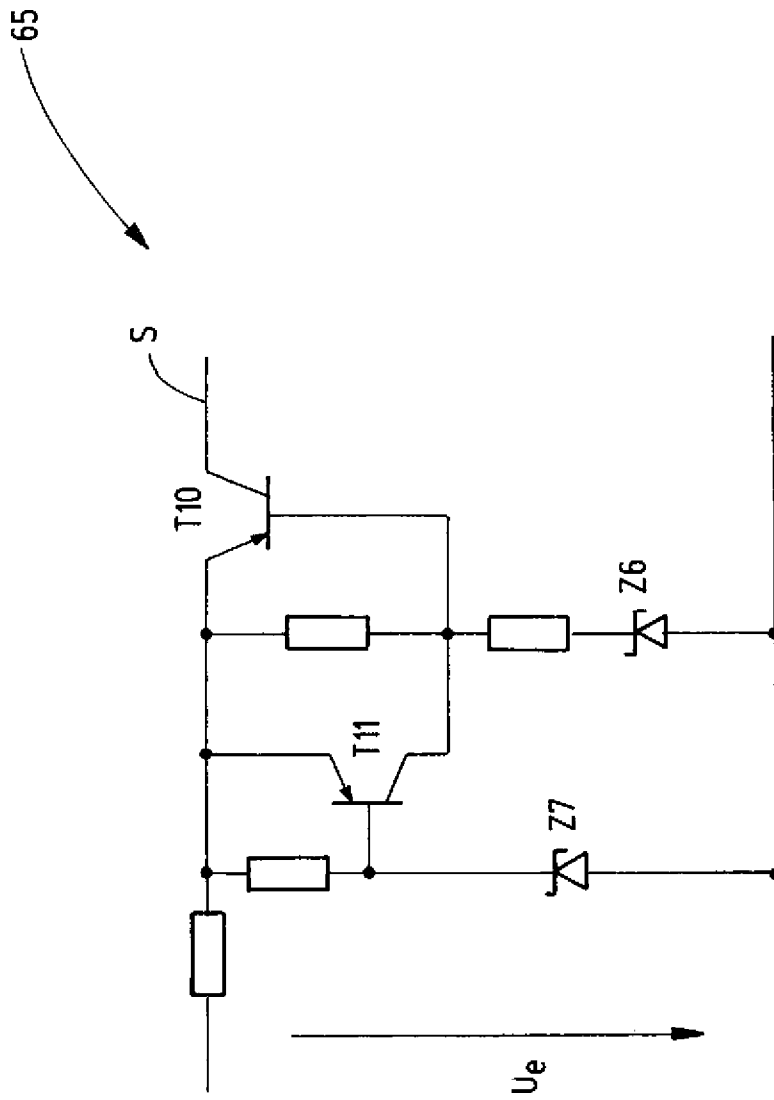


Fig.10