



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 06 265 T2 2006.07.06**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 389 311 B1**

(51) Int Cl.⁸: **G05B 19/04 (2006.01)**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 06 265.9**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US02/04716**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 706 303.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2002/088852**

(86) PCT-Anmeldetag: **15.02.2002**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **07.11.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **18.02.2004**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **21.09.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **06.07.2006**

(30) Unionspriorität:
842967 26.04.2001 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:
The Boeing Co., Chicago, Ill., US

(72) Erfinder:
MAXWELL, M., John, Eva, US; OFFER, Michelle, Kerry, Huntsville, US; RAMSEY, B., Dale, Sommerville, US; SCHWARZ, R., Charles, Huntsville, US; HORNSBY, M., Rodney, Madison, US

(74) Vertreter:
Witte, Weller & Partner, 70178 Stuttgart

(54) Bezeichnung: **PROGRAMMIERBARE STEUERINHEIT ZUR FERNGESTEUERTEN REGELUNG DER EINGANGSLEISTUNG EINES VERBRAUCHERS VERMITTELS SCHALTER SOWIE VERFAHREN DAZU**

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 betrifft allgemein Schalter und insbesondere eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Fernsteuern des Stroms an zumindest eine Last.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Heutzutage werden in vielen Industriezweigen, wie z.B. in der Flugzeugindustrie und der Automobilindustrie, Stromunterbrecher bzw. Ausschalter und Relais verwendet, um komplexe und teure elektrische Komponenten, Systeme und Subsysteme, elektrische Energiesysteme, die diese Komponenten, Systeme und Subsysteme mit Energie versorgen, zu schützen. Üblicherweise unterbrechen Ausschalter den Strom in einer elektrischen Schaltung, was manchmal als Auslösen des Ausschalters bezeichnet wird, wenn der Strom durch die Schaltung größer wird, als es der Ausschalter zulässt. Herkömmliche Ausschalter werden typischerweise für einen spezifischen Strompegel bemessen, der von den Komponenten in der Schaltung und ihren Stromtoleranzen abhängt. Wenn der Strom durch den Ausschalter den bemessenen Strompegel überschreitet, schaltet der Ausschalter den Strom in der Schaltung ab und unterbricht ihn. Bei einem Typ eines herkömmlichen Ausschalters, einem mechanischen Ausschalter, wird, wenn ausreichend Strom durch die Schaltung fließt, um den Ausschalter abzuschalten, ein Paar von Kontakten, die sich normalerweise berühren, um Strom durch den Ausschalter und die restliche Schaltung zu leiten, beispielsweise durch vorgespannte Federn getrennt, wodurch die Schaltung unterbrochen wird.

[0003] Zusätzlich zu Ausschaltern werden heutzutage in vielen Industriezweigen Relais verwendet, um den Stromfluss zu Komponenten, Systemen und/oder Subsystemen zu steuern. Herkömmliche Relais sind elektromechanische Schalter, die durch einen Stromfluss in einer Schaltung betrieben werden, die den Stromfluss in einer anderen Schaltung steuert. Ein herkömmliches grundlegendes Relais besteht aus einem Elektromagneten mit einem weichen Eisenstab oder einem Anker, der nahe zu dem Elektromagneten angeordnet ist. Ein beweglicher Kontakt ist mit dem Anker derart verbunden, dass der Kontakt durch eine Feder oder eine ähnliche Vorrichtung in einer normalen Position gehalten wird. Um das Relais zu betätigen, wird der Elektromagnet unter Strom gesetzt, wie z.B. durch Hindurchleiten eines Stroms, wodurch eine Kraft auf den Anker ausgeübt wird, die wiederum den Kontakt dazu veranlasst, den Zug der Feder zu überwinden und sich zu bewegen, um so entweder die Schaltung zu schließen oder auszuschalten. Wenn der Elektromagnet ausge-

schaltet wird, wie z.B. durch Halten des Stromflusses durch den Elektromagneten, kehrt der Kontakt in seine ursprüngliche normale Position zurück.

[0004] Während herkömmliche Ausschalter und Relais in vielen Energiesystemen verwendet werden, rufen sie einige Probleme hervor. Viele herkömmliche Ausschalter und Relais ermöglichen einen übermäßigen Stromfluss, wenn die Kontakte die Schaltung öffnen und schließen. Bei diesen Ausschaltern und Relais resultiert der übermäßige Stromfluss in einem elektrischen Bogen, der sich bei den Kontakten bildet, was typischerweise die Kontakte verschleißt und sie unter Umständen zusammenschweißt. Der elektrische Bogen kann auch darin resultieren, dass die Kontakte verkohlen, so dass die Oberflächen der Kontakte elektrischen Strom nicht adäquat leiten können. Zusätzlich kann das Vorhandensein eines elektrischen Bogens eine unnötige Gefahr für elektrische Vorrichtungen und für Leute um solche Vorrichtungen herum unter solchen Umständen bedeuten, wenn denen sich brennbare Gase um den Ausschalter oder das Relais herum gesammelt haben.

[0005] Um einen Zugriff auf herkömmliche Ausschalter und Relais zu ermöglichen, werden sie in vielen herkömmlichen Energiesystemen an zentral angeordneten Panelen in Bereichen platziert, die typischerweise entfernt von den Komponenten, Systemen und/oder Subsystemen sind, die geschützt und/oder gesteuert werden. Dies resultiert in langen Kabelanordnungen, die sich zwischen den Ausschaltern und/oder den Relais und den Komponenten, Systemen und/oder Subsystemen erstrecken, die geschützt und/oder gesteuert werden. Die Länge der Kabel kann zusätzlich in einer parasitären Impedanz resultieren, die im System einen Energieverlust verursachen kann und ein Systemrauschen erhöhen kann. Dies resultiert in einer Absenkung der Effizienz des Energiesystems. Zusätzlich erhöhen längere Kabel auch das Gewicht des Energiesystems, da, wie erwähnt, die Kabel große Längen erreichen müssen, um die verschiedenen Komponenten und/oder Subsysteme zu steuern.

[0006] Zusätzlich zu einer geringeren Zuverlässigkeit und einem erhöhten Gewicht herkömmlicher mechanischer Ausschalter und Relais leiden herkömmliche mechanische Ausschalter aufgrund ihrer Materialeigenschaften unter Beschränkungen. Die meisten dieser herkömmlichen Ausschalter können nicht auf unterschiedliche Anforderungen eingestellt werden, ohne den gesamten Ausschalter zu ersetzen. Falls z.B. ein mechanischer Ausschalter für eine Abschaltung bei 10 A bemessen ist und an eine Schaltung angeschlossen ist, die eine Komponente, ein System oder ein Subsystem beinhaltet, welches für 5 A bemessen ist, würde der für 10 A bemessene Ausschalter durch einen für 5 A bemessenen Ausschalter ersetzt werden, um einen Überstromschutz für die

Komponente, das System oder Subsystem vorzusehen, das für 5 A bemessen ist. Zusätzlich ermöglichen herkömmliche mechanische Ausschalter keine Anpassungen, um einem Einschaltstrom Rechnung zu tragen, oder Anpassungen bei Ausschaltspannungen, um Fluktuationen im Spannungsabfall über einem mechanischen Ausschalter aufgrund von Temperaturänderungen in dem Ausschalter Rechnung zu tragen.

[0007] Die US 6,127,882 zeigt Strommonitore mit unabhängig einstellbaren Doppelpiegel-Stromwellenwerten.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0008] Im Lichte des vorstehenden Hintergrunds ermöglicht die vorliegende Erfindung einen programmierbaren Controller, der mit einem entfernten Hauptcontroller verbunden werden kann, wobei der programmierbare Controller einen Eingangsstrom hin zu zumindest einer Last steuern kann, wie z.B. zu einer Komponente und/oder einem System, welches sich an den programmierbaren Controller anschließt. Der programmierbare Controller der vorliegenden Erfindung umfasst zumindest einen Festkörperschalter, der den Eingangsstrom zu der Last auf einen vorbestimmten Wert bei dem oder unterhalb des maximalen Nennstroms des Festkörperschalters begrenzen kann. Bei einer Ausführungsform umfasst jeder Festkörperschalter ein Schaltelement, welches elektrisch mit einer jeweiligen Last verbunden ist, um den Eingangsstrompegel und den Spannungspegel zu der jeweiligen Last zu überwachen und zu steuern, und ein Ansteuerelement, um den Eingangsstrom an die jeweilige Last zu liefern. Bei dieser Ausführungsform steuert das Schaltelement den Eingangsstrom, der durch das Ansteuerelement bereitgestellt wird. Unter Verwendung eines Festkörperschalters, wie z.B. eines Metalloxid-Halbleiter-Feldeffekttransistors (MOSFET) oder eines Bipolartransistors mit integriertem Gate („integrated gate bipolar transistor, IGBT“), eliminiert der programmierbare Controller die mechanischen Kontakte von herkömmlichen Ausschaltern und Relais, wodurch der Verschleiß und die dazugehörigen Probleme mit solchen Kontakten eliminiert werden.

[0009] Der programmierbare Controller umfasst auch zumindest ein Messelement zum Messen von zumindest einem Parameter, der mit den Lasten und den Festkörperschaltern verknüpft ist. Bei verschiedenen Ausführungsformen kann der programmierbare Controller z.B. den Strom durch die Festkörperschalter, den Strom durch die Lasten und den Spannungsabfall über den Lasten und die Temperatur bei den oder um die Festkörperschalter messen. Unter Verwendung dieser Parameter kann der programmierbare Controller die Lasten schützen und Festkörperschalter vor einem Schaden schützen, wie z.B. ei-

nem Schaden, der durch einen Überstrom, eine Überspannung, zu hohe oder zu niedrige Temperaturzustände hervorgerufen wird.

[0010] Der programmierbare Controller der vorliegenden Erfindung umfasst auch ein Verarbeitungselement, wie z.B. einen Mikrocontroller, der elektrisch mit den Festkörperschaltern und den Messelementen verbunden ist. Das Verarbeitungselement kann die Festkörperschalter steuern. Das Verarbeitungselement kann z.B. die jeweiligen Schalter in einen Ein-Modus, bei dem der Festkörperschalter eine jeweilige Last den Eingangsstrom empfangen lässt, oder in einen Aus-Modus steuern, bei dem der Festkörperschalter verhindert, dass die jeweilige Last den Eingangsstrom empfängt.

[0011] Bei einer Ausführungsform kann der programmierbare Controller des Weiteren eine Speichervorrichtung umfassen, die elektrisch mit dem Verarbeitungselement zum Speichern einer Information relativ zu den Schaltern und/oder Lasten, zusätzlich zu Benutzervorlieben und einer Eigenprüfinformation, verbunden ist. Um die Operation des Verarbeitungselements zu sichern, umfasst der programmierbare Controller bei einer anderen Ausführungsform ein Überwachungselement, das elektrisch mit dem Verarbeitungselement und den Festkörperschaltern verbunden ist. Für Fälle, bei denen das Verarbeitungselement nicht sauber funktioniert, indem eine Steuerung der Festkörperschalter versagt, kann das Überwachungselement die Festkörperschalter steuern, um den Eingangsstrom auf ein vordefiniertes Niveau zu ändern.

[0012] Durch verwenden eines Verarbeitungselements, um die Festkörperschalter und die Messelemente zu steuern, ermöglicht der programmierbare Controller der vorliegenden Erfindung eine Flexibilität bei der Energiesteuerung, die bei herkömmlichen Ausschaltern und Relais nicht zur Verfügung steht. Unter Verwendung des Verarbeitungselements, und indem es nahe zu den Komponenten und/oder Subsystemen platziert wird, verringert der programmierbare Controller die Kabelmenge, die bei elektrischen Geräten erforderlich ist, die herkömmliche Ausschalter und/oder Relais verwenden, und überwindet die Materialbeschränkungen von herkömmlichen Ausschaltern und Relais. Durch Verringern der Länge der durch das Energiesystem erforderlichen Verkabelung verbessert der programmierbare Controller die Effizienz durch Verringern der parasitären Impedanz innerhalb des Kabels. Eine Verringerung des Kabels verringert auch das Gewicht der elektrischen Vorrichtungen.

[0013] Das Verwenden eines Verarbeitungselements ermöglicht es dem programmierbaren Controller der vorliegenden Erfindung auch, die Materialbeschränkungen von herkömmlichen Ausschaltern und

Relais zu überwinden. Bei dem vorherigen Beispiel, falls eine für 5 A bemessene Last mit einem herkömmlichen, für 10 A bemessenen Ausschalter verbunden ist, würde der Ausschalter durch einen neuen, für 5 A bemessenen Ausschalter ausgetauscht werden müssen, um die Last zu schützen. Durch Verwenden des programmierbaren Controllers der vorliegenden Erfindung muss das Verarbeitungselement lediglich für die bestimmte Last konfiguriert werden, wie z.B. das Stromerfordernis der Last, und kann für eine andere Last erneut konfiguriert (oder erneut programmiert) werden. Das Verarbeitungselement kann z.B. abhängig von solchen Lasteigenschaften wie Strom-, Spannungs- und Temperaturbemessungen der Last programmiert und reprogrammiert werden. Das Verarbeitungselement kann auch in Abhängigkeit von Eigenschaften des Festkörperschalters programmiert und erneut programmiert werden, wodurch eine noch größere Flexibilität ermöglicht wird. Zusätzlich ermöglicht ein Verwenden eines Verarbeitungselements, um mehrere Lasten zu steuern, einen programmierbaren Controller, der unabhängig für mehrere verschiedene Lasten konfiguriert ist, ohne mehrere verschiedene Typen von herkömmlichen Ausschaltern zu verwenden.

[0014] Bei Ausführungsformen, die ein Schaltelement und ein Ansteuerelement umschließen, kann das Schaltelement einen maximalen Nennstrom aufweisen und jeder Festkörperschalter kann des Weiteren ein Schaltschutzelement umfassen, welches elektrisch mit dem Schaltelement und dem Ansteuerelement verbunden ist. Das Schaltschutzelement schützt den Festkörperschalter vor einem Überstrom durch Abtasten eines tatsächlichen Stroms durch das Schaltelement und durch Steuern des Eingangsstroms an Lasten in Abhängigkeit von dem tatsächlichen Strom und dem maximalen Nennstrom. Das Schaltschutzelement kann z.B. das Ansteuerelement steuern, um den Eingangsstrom an eine jeweilige Last derart zu ermöglichen, dass der tatsächliche Strom durch das Schaltelement nicht größer als der maximale Nennstrom des jeweiligen Schaltelements ist. Außerdem kann das Schaltschutzelement, alternativ oder zusätzlich, das Ansteuerelement steuern, um zu warten, den tatsächlichen Strom durch das Schaltelement bis nach einer vordefinierten Zeitdauer zu steuern, oder kann konfiguriert sein, um den Strom auf verschiedene Weisen zu verschiedenen Zeiten oder in verschiedenen Betriebsmodi zu konfigurieren, damit ein Einschaltstrom durch das Schaltelement möglich ist, wenn es initialisiert wird.

[0015] Die vorliegende Erfindung ermöglicht auch ein System zum Fernsteuern von zumindest einer Last, einschließlich eines Hauptcontrollers zum Steuern eines Eingangsstroms an die zumindest eine Last, und von zumindest einem Nebencontroller, der fern von dem Hauptcontroller und unmittelbar zu den Lasten angeordnet ist, wobei der Nebencontroller

elektrisch zwischen dem Hauptcontroller und der Last verbunden ist. Der Nebencontroller umfasst die Festkörperschalter, die Messelemente und das Verarbeitungselement. Und bei einer Ausführungsform umfasst das System des Weiteren eine Benutzerschnittstelle, die elektrisch mit dem Hauptcontroller verbunden ist. Die Benutzerschnittstelle ermöglicht es einem Benutzer, den Eingangsstrom zu den Lasten zu steuern.

[0016] Im Betrieb ist das Verarbeitungselement basierend auf zumindest einer Eigenschaft, wie z.B. einem Nennstrom von jeder Last, einer Nennspannung von jeder Last, einem maximalen Nennstrom von jedem Schalter und/oder einer Nenntemperatur von jedem Schalter, konfiguriert. Dann überwacht das Verarbeitungselement, wie z.B. über die Messelemente, zumindest einen Parameter, der mit jedem Schalter und jeder Last verknüpft ist, wie z.B. den Eingangsstrom an die Last, einen Spannungsabfall über der Last, den Eingangsstrom durch den Schalter und/oder eine Temperatur des Schalters. Dann bestimmt das Verarbeitungselement einen Zustand eines jeden Schalters und von jeder Last, und zwar in Abhängigkeit von zumindest einer Eigenschaft der zumindest einen Eigenschaft und von zumindest einem Parameter. Dann betätigt das Verarbeitungselement jeden Schalter, um den Eingangsstrom zu jeder Last zu steuern, wie z.B. durch Schalten von jedem Schalter in den Ein-Modus oder durch Versetzen von jedem Schalter in den Aus-Modus, wobei der ausgewählte Modus von dem Zustand der jeweiligen Last und des Schalters abhängt.

[0017] Wie zuvor erläutert, kann der programmierbare Controller die Lasten und die Festkörperschalter vor Schaden schützen, der durch Überstrom, Überspannung, Unterstrom, zu hohen oder zu niedrigen Temperaturbedingungen verursacht wird. Um jeden Schalter vor plötzlich auftretendem Überstrom zu schützen, kann bei Ausführungsformen, die ein Schaltschutzelement umfassen, das Schaltschutzelement den Zustand jedes Schalters basierend auf dem maximalen Nennstrom des Schalters und dem Eingangsstrom durch den Schalter bestimmen und danach den Schalter steuern. Das Schaltschutzelement kann z.B. den Schalter in den Ein-Modus schalten, wenn der Eingangsstrom durch den Schalter nicht größer als der maximale Nennstrom für diesen Schalter ist, und kann den Schalter in den Aus-Modus versetzen, wenn der Eingangsstrom durch den Schalter den maximalen Nennstrom überschreitet. Wie zuvor erläutert, kann, um einen Ein-Strom zu ermöglichen, das Schaltschutzelement, alternativ oder zusätzlich, eine vordefinierte Zeitdauer abwarten, um es dem Einschaltstrom zu ermöglichen, sich einzustellen, bevor überprüft wird, um zu bestimmen, ob der Schalter in den Aus-Modus versetzt werden sollte.

[0018] Beim Schützen jeder Last vor Überströmen kann das Verarbeitungselement des programmierbaren Controller den Zustand jeder Last basierend auf dem Nennstrom der Last und dem Eingangsstrom zu der Last bestimmen. Bei einer Ausführungsform, wenn der Eingangsstrom zu einer jeweiligen Last nicht mehr als ein vorbestimmter Wert relativ zu dem Nennstrom der Last ist, schaltet das Verarbeitungselement den jeweiligen Schalter z.B. in den Ein-Modus. Auf der anderen Seite jedoch betätigt das Verarbeitungselement, wenn der Eingangsstrom zu der jeweiligen Last den vorbestimmten Wert überschreitet, den Schalter durch Versetzen desselben in den Aus-Modus. Bei einer anderen Ausführungsform kann das Verarbeitungselement zusätzlich eine Zeitdauer berücksichtigen, während der die Last den Eingangsstrom empfangen hat, wenn der Zustand der jeweiligen Last bestimmt wird. Und bei einer weiteren Ausführungsform kann das Verarbeitungselement verschiedene Strombelastungen an dem Schalter und/oder der Last berücksichtigen (z.B. wenn der Eingangsstrom den vorbestimmten Wert überschreitet), indem ein Zähler beibehalten wird, der sich erhöht, wenn der Eingangsstrom über dem vorbestimmten Wert bleibt, und der sich erniedrigt, sobald der Eingangsstrom unter den vorbestimmten Wert fällt.

[0019] Um jede Last vor Überspannungsbedingungen zu schützen, bestimmt das Verarbeitungselement bei einer Ausführungsform den Zustand von jeder Last basierend auf der Nennspannung der Last und dem Spannungsabfall über der Last. Falls z.B. der Spannungsabfall über einer jeweiligen Last nicht größer als ein vorbestimmter Wert relativ zu der Nennspannung der Last ist, schaltet das Verarbeitungselement den jeweiligen Schalter in den Ein-Modus. Falls der Spannungsabfall den vorbestimmten Wert jedoch überschreitet, schaltet das Verarbeitungselement den Schalter, indem es ihn in den Aus-Modus versetzt. Um jede Last gegen Unterspannungsbedingungen zu schützen, kann das Verarbeitungselement den Schalter in den Ein-Modus schalten, wenn der Spannungsabfall über einer jeweiligen Last nicht kleiner als der vorbestimmte Wert ist, und kann ihn in den Aus-Modus versetzen, wenn der Spannungsabfall unterhalb des vorbestimmten Werts ist.

[0020] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform schützt das Verarbeitungselement jeden Schalter gegenüber Hitze, indem zuerst der Zustand jedes Schalters basierend auf der Nenntemperatur des Schalters und der Temperatur bei dem oder um den Schalter herum bestimmt wird. Falls z.B. die Temperatur des Schalters nicht größer als ein vorbestimmter Wert relativ zu der jeweiligen Nenntemperatur ist, schaltet das Verarbeitungselement den jeweiligen Schalter in den Ein-Modus; falls jedoch die Temperatur, den vorbestimmten Wert überschreitet, versetzt

das Verarbeitungselement den jeweiligen Schalter in den Aus-Modus. Um jeden Schalter gegen Unter-temperaturbedingungen zu schützen, überwacht das Verarbeitungselement jeden Schalter auf einen Zustand und schaltet den Schalter dementsprechend. Wenn z.B. die Temperatur des jeweiligen Festkörperschalters nicht kleiner als der vorbestimmte Wert ist, schaltet das Verarbeitungselement den jeweiligen Schalter in den Ein-Modus. Wenn jedoch die Temperatur unterhalb des vorbestimmten Wert ist, versetzt das Verarbeitungselement den Schalter in den Aus-Modus.

[0021] Die vorliegende Erfindung sieht deshalb einen programmierbaren Controller vor, der mit einem entfernten Hauptcontroller verbunden werden kann, wobei der programmierbare Controller einen Eingangsstrom an zumindest eine Last steuern kann. Der programmierbare Controller ermöglicht mehrere Vorteile gegenüber herkömmlichen Ausschaltern und Relais, indem ein Festkörperschalter und ein Verarbeitungselement verwendet wird. Durch Umfassen von Festkörperschaltern eliminiert der programmierbare Controller die problematischen mechanischen Kontakte herkömmlicher Ausschalter und Relais. Durch Verwenden eines Verarbeitungselements ermöglicht der programmierbare Controller eine Flexibilität hinsichtlich einer Energiesteuerung, die bei herkömmlichen Ausschaltern oder Relais nicht zur Verfügung steht. Der programmierbare Controller kann gleichzeitig die Lasten und Schalter hinsichtlich des Stroms durch die Lasten und/oder Schalter, den Spannungsabfall über den Lasten und/oder die Temperatur der Schalter messen und überwachen. Unter Verwendung eines Verarbeitungselements und durch Anordnen desselben nahe den Lasten kann der programmierbare Controller die Kabelmenge verringern, die für Energiesysteme erforderlich ist, die die vorliegende Erfindung verwenden, was wiederum eine parasitäre Impedanz in dem Kabel und das Gewicht des Systems verringert. Das Verarbeitungselement ermöglicht es dem programmierbaren Controller der vorliegenden Erfindung auch, die Materialbegrenzungen herkömmlicher Ausschalter und Relais zu überwinden und viele verschiedene Lasttypen zu betreiben.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0022] Nachdem die Erfindung mit allgemeinen Begriffen beschrieben wurde, wird nun auf die beigefügten Zeichnungen Bezug genommen werden, die nicht unbedingt im Maßstab gezeichnet sind, und wobei:

[0023] [Fig. 1](#) ein Blockdiagramm eines Systems zum Fernsteuern von zumindest einer Last gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0024] [Fig. 2](#) ein Blockdiagramm eines programmierbaren Controllers einschließlich eines einzigen Festkörperschalters und Mehrfachmessvorrichtungen gemäß einer Ausführungsform darstellt;

[0025] [Fig. 3](#) ein Blockdiagramm eines Festkörperschalters gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0026] [Fig. 4](#) einen Graph darstellt, der eine charakteristische Auslösekurve für eine jeweilige Last und verschiedene Stromparametermessungen für die jeweilige Last veranschaulicht;

[0027] [Fig. 5](#) ein schematisches Diagramm einer Ausführungsform eines programmierbaren Controllers der vorliegenden Erfindung einschließlich mehrerer Festkörperschalter und mehrerer Messvorrichtungen darstellt;

[0028] [Fig. 6](#) ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Fernsteuern eines Eingangstroms von einem Hauptcontroller durch zumindest einen Schalter an zumindest eine Last gemäß einer ersten Ausführungsform darstellt; wobei das Verfahren hinsichtlich eines jeweiligen Schalters und einer Last veranschaulicht ist, obwohl der Hauptcontroller eine Steuerung des Eingangstroms an mehrere Lasten durch mehrere Schalter steuern kann und dies vorzugsweise tut;

[0029] [Fig. 7](#) ein schematisches Schaltdiagramm darstellt, welches eine beispielhafte Konfiguration eines Schaltelements und eines Ansteuerelements des Festkörperschalters gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht;

[0030] [Fig. 8](#) ein schematisches Schaltdiagramm darstellt, welches eine beispielhafte Konfiguration des Schaltschutzelements veranschaulicht, welches über Knoten **8A** und **8B** der Beispielkonfiguration verbunden ist, die in [Fig. 7](#) veranschaulicht ist;

[0031] [Fig. 9](#) ein schematisches Schaltdiagramm darstellt, welches eine beispielhafte Konfiguration des Strommeselements veranschaulicht, welches über Knoten **9A** und **9B** der Beispielkonfiguration verbunden ist, die in [Fig. 7](#) veranschaulicht ist; und

[0032] [Fig. 10](#) ein schematisches Schaltdiagramm darstellt, welches eine beispielhafte Konfiguration des Spannungsmeselements veranschaulicht, welches mit einem Knoten **10A** der Beispielkonfiguration verbunden ist, die in [Fig. 7](#) veranschaulicht ist.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0033] Die vorliegende Erfindung wird nun nachfolgend ausführlich unter Bezugnahme auf die beige-

fügten Zeichnungen beschrieben werden, in denen bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung gezeigt sind. Diese Erfindung könnte jedoch in vielen verschiedenen Formen verkörpert werden und sollte nicht als auf die hier ausgeführten Ausführungsformen beschränkt angesehen werden; diese Ausführungsformen werden vielmehr dazu bereitgestellt, dass diese Offenbarung ernsthaft und vollständig ist, und werden dem Fachmann den Schutzzumfang der Erfindung vollständig vermitteln. Gleiche Ziffern beziehen sich durchweg auf gleiche Elemente.

[0034] [Fig. 1](#) stellt eine Veranschaulichung einer Ausführungsform der Implementierung des programmierbaren Controllers der vorliegenden Erfindung dar. Diese Veranschaulichung ist derart vorgesehen, dass ein vollständigeres Verständnis der vorliegenden Erfindung gewonnen werden kann. Es versteht sich, dass die vorliegende Erfindung nicht auf diese Konfiguration begrenzt ist und in vielen verschiedenen Energiesystemen verkörpert sein könnte.

[0035] Unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) ist ein Energiesystem gezeigt, bei dem die vorliegende Erfindung verwendet wird. Das System, welches üblicherweise verwendet wird, um Vorrichtungen an Bord von Flugzeugen und Autos mit Energie zu versorgen, umfasst einen programmierbaren Controller (d.h. einen Nebencontroller) **10**, der anschließend an zumindest eine Last **14** angeordnet und elektrisch mit derselben verbunden ist, wie z.B. eine oder mehrere elektrische Komponenten, Systeme und/oder Subsysteme. Der programmierbare Controller kann z.B. verwendet werden, um elektrische Motoren und Servomotoren anzusteuern, wodurch hydraulische Vorrichtungen mit häufiger Wartung ersetzt werden. Durch Verwenden eines programmierbaren Controllers, um mehrere Lasten zu steuern, und durch Anordnen des Controllers nächst zu den Lasten, im Gegensatz zu einer zentralen, menschlich zugänglichen Stelle, wird eine Verkabelung im System verringert, was wiederum eine parasitäre Impedanz im System verringert, und das Gewicht des Systems verringert sich. Der programmierbare Controller kann elektrisch mit einem entfernten Hauptcontroller **12** verbunden sein, wie z.B. mit einem Großprozessor oder -computer, der den Eingangstrom zu den Lasten durch den programmierbaren Controller steuert. Obwohl der programmierbare Controller elektrisch mit dem Hauptcontroller verbunden sein kann, kann der programmierbare Controller zusätzlich, oder alternativ, konfiguriert sein, um unabhängig von dem Hauptcontroller oder einem anderen Controllertyp betrieben zu werden. Der programmierbare Controller und der entfernte Hauptcontroller können jeweils Leistung aus einer Vielzahl von Quellen ziehen, wie sie dem Fachmann z.B. bekannt sind. Bei Vorrichtungen, wie z.B. Flugzeugen und Autos, können der programmierbare Controller und der entfernte Hauptcontroller z.B. zusätzlich zu den Lasten Leistung aus dem existieren-

den Energiebus der Vorrichtung ziehen. Zusätzlich, oder alternativ, können der programmierbare Controller und/oder der Hauptcontroller mit einer selbstständigen Energiequelle verbunden sein, die Energie an den programmierbaren Controller und/oder den Hauptcontroller liefert. Der Hauptcontroller des Systems kann zusätzlich mit verschiedenen anderen elektrischen Systemen innerhalb verschiedener Vorrichtungen verbunden sein. Bei der Automobilindustrie kann der Hauptcontroller z.B. mit dem Fahrzeugverwaltungssystem verbunden sein und Weisungen des Fahrzeugverwaltungssystems an die Lasten auf eine autonome Weise ausführen. Es versteht sich, dass ein einziger Hauptcontroller, obwohl das veranschaulichte System einen programmierbaren Controller zeigt, der elektrisch mit dem Hauptcontroller verbunden ist, elektrisch mit mehreren entfernten, programmierbaren Controllern verbunden sein kann, und vorzugsweise auch ist, ohne den Schutzbereich der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0036] Wie zuvor erwähnt, steuert der Hauptcontroller **12** den Eingangsstrom an die Lasten **14** durch den programmierbaren Controller **10**. Der programmierbare Controller als solcher kann als Energierelay oder Ausschalter verwendet werden, abhängig von der gewünschten Anwendung und der angeschlossenen Lasttypen. Wie unten unter Bezugnahme auf den programmierbaren Controller erläutert, der die Lasten steuert, steuert der Hauptcontroller den programmierbaren Controller durch kontinuierliches Überwachen des programmierbaren Controllers, wobei der Ausgangsstrom aus dem programmierbaren Controller an die Lasten, wie z.B. bei Ein- und Aus-Modus, gesteuert wird, die verschiedenen Systemparameter, wie z.B. Strom, Spannung und Temperaturgrenzen, ausgewählt werden und die verschiedenen Systemparameter in den programmierbaren Controller hineinprogrammiert werden. Alternativ, oder zusätzlich, kann der programmierbare Controller vor einem Einbau in eine Vorrichtung vorprogrammiert werden und frei von einer Steuerung von dem Hauptcontroller laufen. Deshalb wird durch die ganze Beschreibung der vorliegenden Erfindung hindurch lediglich Bezug auf den programmierbaren Controller genommen. Es versteht sich jedoch, dass die Steuerungsmerkmale des programmierbaren Controllers durch den Hauptcontroller und/oder den programmierbaren Controller durchgeführt werden können.

[0037] Bezugnehmen auf [Fig. 2](#) umfasst der programmierbare Controller **10** der vorliegenden Erfindung ein Verarbeitungselement **28**. Das Verarbeitungselement kann aus einer Vielzahl von Prozessoren ausgewählt sein, wie z.B. der PIC17C752-Microcontroller, der von Microchip Technology Inc. hergestellt wird. Das Verarbeitungselement überwacht und steuert die Funktionen von zumindest einem, und vorzugsweise mehreren Festkörperschaltern **20**, wie nachfolgend erläutert. Das Verarbeitungselement

überwacht und steuert die Funktionen der Schalter jedoch nicht nur, das Verarbeitungselement bestimmt auch einen Zustand der Schalter und/oder der Lasten, indem Berechnungen in der Firmware unter Verwendung zuvor konfigurierter Eigenschaften und gemessener Parameter der Schalter und/oder Lasten durchgeführt werden. Das Verarbeitungselement ermöglicht es dem programmierbaren Controller, dem Energiesystem der vorliegenden Erfindung eine Flexibilität zu ermöglichen, die mit herkömmlichen Ausschaltern oder Relais nicht zur Verfügung steht. Durch Emulieren der Materialbeschränkungen von herkömmlichen Ausschaltern und Relais mit einer Firmware überwindet das Verarbeitungselement des programmierbaren Controllers die Materialbeschränkungen von herkömmlichen Ausschaltern und Relais, indem es die Fähigkeit aufweist, das Verarbeitungselement für verschiedene Lasten umzuprogrammieren, im Gegensatz zu einem Ändern diskreter Komponenten (d.h. von herkömmlichen Ausschaltern und Relais). Der programmierbare Controller ermöglicht es auch, dass eine breite Vielfalt von Energiesteuerimplementierungen programmiert werden können und durch das System auswählbar gemacht werden, wie z.B. verschiedene Implementierungen einer Auslösekurve. Zusätzlich kann das Verarbeitungselement eine Bedienperson warnen, falls ein gefährlicher Zustand angetroffen wird, oder das Verarbeitungselement kann den jeweiligen Schalter dementsprechend automatisch steuern.

[0038] Der programmierbare Controller **10** umfasst auch zumindest einen, und vorzugsweise mehr als einen, Festkörperschalter **20**, wobei jeder mit einer jeweiligen Last **14** verbunden ist. Während die Veranschaulichung der [Fig. 2](#) lediglich einen einzigen Festkörperschalter veranschaulicht, versteht es sich, dass die Figur lediglich zu Veranschaulichungszwecken gedacht ist und nicht dazu herangezogen werden sollte, um den Schutzbereich der vorliegenden Erfindung zu begrenzen. Bei einer Ausführungsform, die in [Fig. 3](#) veranschaulicht ist, umfasst jeder Festkörperschalter ein Schaltelement **26**, ein Ansteuerelement **24** und ein Schaltschutzelement **22**. Während das Schaltelement eine beliebige Anzahl von verschiedenen Festkörperschaltern, wie z.B. einen MOSFET oder einen IGBT, aufweisen kann, bewirkt das Schaltelement, den Eingangsstrom zu der jeweiligen Last zu ändern, die üblicherweise entweder in einem Ein-Modus, wobei das Schaltelement die jeweilige Last einen Eingangsstrom empfangen lässt, oder in einem Aus-Modus betreibt, wobei das Schaltelement verhindert, dass die jeweilige Last den Eingangsstrom empfängt. Wie zuvor festgestellt, eliminiert ein Festkörperschalter die mechanischen Kontakte von herkömmlichen Ausschaltern und Relais, was wiederum den Verschleiß und andere Probleme eliminiert, die mit mechanischen Kontakten verbunden sind.

[0039] Der Festkörperschalter **20** umfasst auch ein Ansteuerelement **24**, das den Eingangsstrom an das Schaltelement **26** liefert, und weist typischerweise eine Schaltung auf, die aus herkömmlichen elektrischen Komponenten gebildet ist, wie z.B. aus Widerständen, Dioden und Transistoren. Zusätzlich könnte der Festkörperschalter ein Schaltschutzelement **22** umfassen, das das Schaltelement gegen spontane Überstromzustände schützt, die das Schaltelement schädigen könnten. Das Schaltschutzelement kann eine beliebige Anzahl von verschiedenen Konfigurationen aufweisen, aber üblicherweise weist es, wie das Ansteuerelement, herkömmliche elektrische Komponenten auf, wie z.B. Dioden, Transistoren, Widerstände und Kondensatoren.

[0040] Im Betrieb tastet das Schaltschutzelement **22** einen tatsächlichen Strom durch das Schaltelement **26** ab. Falls der tatsächliche Strom über einem vorbestimmten Wert liegt, wie z.B. einem maximalen Nennstrom des Schaltelements, ändert das Schaltschutzelement den tatsächlichen Strom durch das Schaltschutzelement derart, dass der tatsächliche Strom nicht größer als der vorbestimmte Wert ist, wobei üblicherweise das Schaltelement in den Aus-Modus versetzt wird. In einigen Fällen, wenn der Festkörperschalter **20** beim Anlaufen initialisiert wird, fließt ein Einschaltstrom des tatsächlichen Stroms durch das Schaltelement. Während dieser Strom jedoch über dem vorbestimmten Wert liegen könnte, stellt er sich typischerweise innerhalb einer recht kurzen Zeit auf einem Niveau bei dem oder unterhalb des vorbestimmten Werts ein. Um diesem Einschaltstrom Rechnung zu tragen und um das Schalt-zu-tragen und um das Schaltschutzelement daran zu hindern, den Eingangsstrom vorzeitig zu ändern, ist das Schaltschutzelement einer Ausführungsform dazu in der Lage, eine vorbestimmte Zeitdauer zu warten, bevor der Pegel eines Stroms durch das Schaltelement überwacht wird. Diese vorbestimmte Zeitdauer ermöglicht es, dass sich der Strompegel auf einen konstanteren Betriebspegel einstellt, bevor das Schaltschutzelement das Schaltelement hinsichtlich momentaner Überstromsituationen überwacht. Zusätzlich, oder alternativ, kann das Schaltschutzelement konfiguriert sein, um den tatsächlichen Strom auf verschiedene Weisen zu verschiedenen Zeiten oder in verschiedenen Betriebsmodi zu steuern. Das Schaltschutzelement kann z.B. konfiguriert sein, um den vorbestimmten Wert zu verringern, bei dem ein Strom von einem ursprünglichen, erhöhten Wert auf einen stabilen, konstanten Wert am Ende der vorbestimmten Zeitdauer unterbrochen wird.

[0041] Bezugnehmend auf [Fig. 2](#) umfasst der programmierbare Controller der vorliegenden Erfindung zumindest, und insbesondere mehr als, ein Messelement, das verschiedene Zustände der Lasten **14** und der Festkörperschalter **20** misst. Der programmierbare Controller könnte z.B. ein Strommesselement **30**

und/oder ein Spannungsmesselement **32** umfassen, die den Eingangsstrom durch und den Spannungsabfall über einer jeweiligen Last messen. Zusätzlich könnte der programmierbare Controller ein Temperaturmesselement **34** umfassen, das die Temperatur bei oder um den Festkörperschalter misst. Das Strommesselement und das Spannungsmesselement werden typischerweise aus herkömmlichen elektrischen Komponenten gebildet, wie z.B. aus Widerständen, Kondensatoren und Operationsverstärkern. Auch die Temperaturmessvorrichtung kann aus einer beliebigen Anzahl von Vorrichtungen hergestellt werden, wie z.B. aus dem digitalen Temperatursensor LM75, der von National Semiconductor hergestellt wird. Im Betrieb schützen die Messelemente die Lasten **14** und/oder die Festkörperschalter **20** vor ungewünschten Zuständen, wie z.B. Überstrom, Über- und Unterspannung und Über- und Untertemperaturzuständen, indem diese gemessenen Parameter mit vorbestimmten Werten für die jeweilige Last und/oder den jeweiligen Schalter verglichen werden. Der für jede Last vorbestimmte Wert könnte z.B. auf Materialeigenschaften der Last basieren, wie z.B. einem maximalen Nennstrom, einer maximalen Nennspannung oder einer minimalen Betriebsspannung. Der vorbestimmte Temperaturwert für jeden Festkörperschalter könnte z.B. auch eine maximale Nenntemperatur für den jeweiligen Festkörperschalter aufweisen, bei der, wenn sie überschritten wird, dem Festkörperschalter einen Schaden zufügt wird. Außerdem kann der vorbestimmte Wert, der auf einer Nennstromeigenschaft oder einer Nennspannungseigenschaft basiert, zusätzlich den vorbestimmten Temperaturwert berücksichtigen, da sich die Strom- und Spannungseigenschaften von verschiedenen Lasten typischerweise über einen Temperaturbereich ändern.

[0042] Bezugnehmend auf [Fig. 4](#) vergleicht das Verarbeitungselement **28** typischerweise die gemessenen Parameter mit den vorbestimmten Werten, indem zuerst eine Modellauslösekurve **50** konstruiert wird, die eine Vielzahl von gemessenen Parameterwerten zu verschiedenen Zeitpunkten aufweist. Das Verarbeitungselement vergleicht die Modellauslösekurve mit einer charakteristischen Auslösekurve **52** für die jeweilige Last und/oder den Schalter. Die charakteristische Auslösekurve ist typischerweise basierend auf einer Eigenschaft des Schalters und/oder der Last vordefiniert, die mit dem besonderen Parameter verknüpft ist, wie z.B. eine charakteristische Nennstromauslösekurve, die mit dem gemessenen Eingangsstrom durch den Schalter und/oder zu der Last verknüpft ist. [Fig. 4](#) veranschaulicht eine charakteristische Auslösekurve entlang einer konstruierten Modellauslösekurve für einen Schalter und/oder eine Last mit einem Nennstrom von 10 A. Obwohl es nicht veranschaulicht ist, kann die charakteristische Auslösekurve zusätzlich basierend auf einer Kombination von verschiedenen Parametern vordefiniert

sein, die sich mit dem Schalter und/oder der Last in Abhängigkeit von der Temperatur des Schalters und/oder der Last ändern können. Die charakteristische Auslösekurve wird durch das Verarbeitungselement oder eine zugeordnete Speichervorrichtung **40** (veranschaulicht in [Fig. 5](#) und nachfolgend erläutert) gespeichert, wodurch jegliche Auslösekurvenimplementierung ermöglicht wird, wie z.B. I²T und abgestuft („tiered“). Die vorbestimmten Werte der charakteristischen Auslösekurve werden definiert, um den Festkörperschalter und/oder die Last daran zu hindern, zulange in einem gefährlichen Bereich **56** zu arbeiten. Durch Referenzieren der charakteristischen Auslösekurve kann das Verarbeitungselement den gemessenen Parameter in einem sicheren Bereich **58** halten, wie z.B. unterhalb des Nennstroms des Schalters und/oder der Last, und den Schalter ausschalten, bevor der Schalter und/oder die Last durch Kreuzen eines kritischen Punkts **54** auf der charakteristischen Auslösekurve beschädigt werden kann bzw. können. Falls der durch das jeweilige Messelement gemessene Zustand außerhalb des Bereichs der vorbestimmten Werte oder oberhalb der vorbestimmten Werte fällt oder, wie häufiger, falls anzunehmen ist, dass die Modellauslösekurve, die durch das Verarbeitungselement basierend auf dem gemessenen Parameter oder den gemessenen Parametern konstruiert ist, den kritischen Punkt auf der charakteristischen Auslösekurve erreicht, ändert das Verarbeitungselement den Eingangsstrom durch den Festkörperschalter dementsprechend. Falls z.B. das Verarbeitungselement in Verbindung mit dem Messelement bestimmt, dass der Eingangsstrom zu der Last bei oder oberhalb eines gewissen Pegels länger als die maximale Zeit, die von der charakteristischen Auslösekurve innerhalb einer vordefinierten Zeitdauer zugelassen ist, bleiben wird, kann das Verarbeitungselement den Eingangsstrom ändern, um den gemessenen Strom in den vorbestimmten Wertebereich oder unterhalb den vorbestimmten Wert bringen, oder das Verarbeitungselement kann den Festkörperschalter vorzugsweise in den Ein-Modus oder den Aus-Modus versetzen.

[0043] Bei einer anderen vorteilhaften Ausführungsform erhöht das Verarbeitungselement wiederholt einen Zähler, wenn der Eingangsstrom zu dem Schalter und/oder der Last einen gewissen Pegel, wie z.B. einen maximalen Nennstrom bzw. einen Nenneingangsstrom, erreicht oder überschreitet. Falls der Zähler einen vorbestimmten Schwellenwert überschreitet, der für die vordefinierte Zeitdauer repräsentativ ist, kann das Verarbeitungselement den Eingangsstrom ändern, um den Eingangsstrom unter den gewissen Pegel zu verringern, wie z.B. durch Versetzen des Schalters in den Aus-Modus. Falls sich jedoch der Eingangsstrom zu der Last unter den bestimmten Pegel verringert, bevor der Zähler den Schwellenwert überschreitet, wird das Verarbeitungselement wiederholt den Zähler verringern. In

dieser Hinsicht kann das Verarbeitungselement vorherige Strombeanspruchungen (z.B. einen Überstrom) zu dem Schalter und/oder der Last berücksichtigen, sollte der Schalter und/oder die Last eine nachfolgende Strombeanspruchung erfahren, bevor der Zähler die Null erreicht, da der Zähler wieder anfangen würde, aufwärts zu zählen, obwohl er nicht von Null, sondern von einem Wert startet, der für die restliche Beanspruchung des Schalters und/oder der Last repräsentativ ist.

[0044] Wie in [Fig. 5](#) veranschaulicht, umfasst der programmierbare Controller **10** der vorliegenden Erfindung vorzugsweise das Verarbeitungselement **28**, welches elektrisch mit mehreren Festkörperschaltern **20** verbunden ist, wobei jeder einen Satz aus Strommeselementen **30** und Spannungsmesselementen **32** aufweist, und wobei jeder einen Ausgangsstrom an eine jeweilige Last **14** vorsieht. Durch nahes Aneinanderplatzieren von zwei Festkörperschaltern können mehrere Festkörperschalter parallel verwendet werden, um den Ausgangsnennstrom zu einem einzelnen Festkörperschalter zu verdoppeln oder auf sonstige Weise zu erhöhen. Wie veranschaulicht, kann der programmierbare Controller aufgrund der Nähe der Komponenten des programmierbaren Controllers und aufgrund des leichten Abfalls einer Festkörperschaltertemperatur über dem Bereich des programmierbaren Controllers ein einzelnes Temperaturmeselement **34** umfassen, welches nahe zu mehreren Festkörperschaltern angeordnet ist. Es versteht sich, dass jedoch mehrere Temperaturmeselemente umfasst sein können, wobei jedes die Temperatur eines jeweiligen Festkörperschalters messen kann, ohne den Schutzbereich der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0045] Obwohl es nicht veranschaulicht ist, erzeugen die Ausgänge der Messelemente typischerweise ein analoges Signal zum Eingeben in das Verarbeitungselement **28**. Abhängig vom verwendeten Verarbeitungselementtyp könnte der programmierbare Controller **10** zusätzlich einen oder mehrere Analog-Digital-Wandler („analog-to-digital, A/D“) umfassen, um die analogen Signale von den Messelementen in digitale Signale zum Eingeben in das Verarbeitungselement zu wandeln. Der programmierbare Controller könnte auch ein Überwachungselement **42** aufweisen. Das Verarbeitungselement pulst das Überwachungselement, um eine richtige Leistung des programmierbaren Controllers sicherzustellen. Für den Fall, dass das Verarbeitungselement versagt, richtig zu funktionieren, indem der Eingangsstrom nicht gesteuert wird, wie z.B. wenn sich die Firmware-Schleife aufhängt oder das Verarbeitungselement versagt, übernimmt das Überwachungselement eine Steuerung der Schalter **20**, um den Eingangsstrom auf ein vordefiniertes Niveau zu ändern. Das Überwachungselement kann z.B. die Schalter in den Aus-Modus versetzen und sie daran hindern, in

dem Ein-Modus betrieben zu werden, bis es angewiesen wird. Das Überwachungselement kann z.B. auch die Schalter entweder in einen Ein-Modus steuern oder andererseits den Eingangsstrom auf ein vordefiniertes Niveau ändern. Zusätzlich zu dem Überwachungselement könnte der programmierbare Controller auch eine oder mehrere Speichervorrichtungen **40** umfassen, wie z.B. EEPROMs für einen nicht flüchtigen Speicher und/oder einen Programmspeicher. Der nicht flüchtige Speicher könnte verwendet werden, um eine ursprüngliche Zustandsinformation für das Verarbeitungselement, die Schalter und/oder die Lasten zu speichern, wie z.B. die charakteristischen Auslösekurven für die verschiedenen Schalter und/oder Lasten. Zusätzlich kann der nicht flüchtige Speicher verwendet werden, um Statussignale für die Schalter und/oder die Lasten zur späteren Verwendung durch den programmierbaren Controller oder zum späteren Übermitteln an den Hauptcontroller **12** speichern.

[0046] Bezugnehmend auf [Fig. 6](#) beginnt ein Verfahren zum Fernsteuern des Eingangsstroms von dem Verarbeitungselement **28** durch jeden Schalter **20** an jede Last **14**, gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, durch Konfigurieren der Firmware des Verarbeitungselements basierend auf den gewünschten Eigenschaften der Schalter und Lasten, wie z.B. Nennstrom und Nennspannung von jeder Last, einem maximalen Nennstrom von jedem Schalter und/oder eine Nenntemperatur von jedem Schalter (Block **100**). Die Firmware kann z.B. mit den charakteristischen Auslösekurven konfiguriert werden, die typischerweise basierend auf den Eigenschaften des Schalters und/oder der Last vordefiniert sind. Zusätzlich können die charakteristischen Auslösekurven basierend auf einer Kombination der verschiedenen Eigenschaften des Schalters und/oder der Last vordefiniert werden, wie z.B. basierend auf der Temperatur des Schalters und/oder der Last zusammen mit einem anderen Parameter des Schalters und/oder der Last, da viele Parameter des Schalters und/oder der Last abhängig von der Temperatur des Schalters und/oder der Last variieren können. Somit können verschiedene charakteristische Auslösekurven abhängig von der Temperatur des Schalters verwendet werden. Zusätzlich, oder alternativ, können die Eigenschaften von jedem Schalter, die einen Strom durch den Schalter betreffen, wie z.B. den maximalen Nennstrom, in dem jeweiligen Schaltschutzelement **22** konfiguriert sein, um den tatsächlichen Strom durch den jeweiligen Schalter zu überwachen. Vorteilhafterweise kann das Verarbeitungselement durch Konfigurieren des Verarbeitungselements mit den Eigenschaften der Schalter und der Lasten, falls ein Schalter oder eine Last mit verschiedenen Eigenschaften mit dem Energiesystem verbunden ist, rekonfiguriert werden, wie z.B. durch Konstruieren und Speichern der charakteristischen Auslösekurven, die mit dem anderen Schalter oder

der Last verknüpft sind, im Gegensatz zu einem Ersetzen der diskreten Komponenten von herkömmlichen Ausschaltern und Relais.

[0047] Nachdem das Verarbeitungselement **28** konfiguriert wurde, wird jeder Schalter **20**, wie gewünscht, in dem Ein-Modus betrieben, um den Eingangsstrom an die jeweilige Last **14** zu liefern (Block **102**). Da der Schalter in dem Ein-Modus betrieben wird, tastet das Schaltschutzelement den tatsächlichen Strom durch den Schalter ab (Block **104**). Falls der tatsächliche Strom über einem vorbestimmten Wert liegt, wie z.B. dem maximalen Nennstrom des Schalters, kann das Schaltschutzelement eine vorbestimmte Zeitdauer warten, damit sich ein Einschaltstrom auf ein stabiles Niveau einstellen kann (Block **106** und **108**). Zusätzlich, oder alternativ, kann das Schaltschutzelement konfiguriert sein, um den tatsächlichen Strom zu verschiedenen Zeiten oder in verschiedenen Betriebsmodi zu steuern. Das Schaltschutzelement und/oder das Verarbeitungselement kann z.B. konfiguriert sein, um den vorbestimmten Wert von einem ursprünglich erhöhten Wert auf einen stabilen Wert am Ende der vorbestimmten Zeitdauer zu verringern. Falls der tatsächliche Strom nach der vorbestimmten Zeitdauer noch über dem vorbestimmten Wert liegt, verringert das Schaltschutzelement den tatsächlichen Strom, wie z.B. durch Versetzen des Schalters in den Aus-Modus (Block **111** und **126**). Für den Fall, dass der tatsächliche Strom unterhalb des vorbestimmten Werts ist, und zwar entweder ursprünglich oder nach der vorbestimmten Zeitdauer, überwacht das Schaltschutzelement kontinuierlich den tatsächlichen Strom, um sicherzustellen, dass der tatsächliche Strom unter dem vorbestimmten Wert bleibt (Block **110** und **111**).

[0048] Da das Schaltschutzelement **22** den Schalter **20** auf eine Überstromsituation überwacht, tastet das Verarbeitungselement **28** den Strom und/oder die Spannung durch und/oder über die Last **14** periodisch ab und tastet die Temperatur des Schalters oder um den Schalter herum ab, um einen Zustand der Last und/oder des Schalters zu erhalten (Block **112**). Der Zustand wird dann durch Vergleichen des Stroms, der Spannung und/oder der Temperatur mit den durch das Verarbeitungselement vordefinierten Eigenschaften bestimmt.

[0049] Das Verarbeitungselement kann bestimmen, ob im Schalter ein Übertemperatur-(Block **114**) oder ein Untertemperatur-(Block **116**)-Zustand existiert. Falls dem so ist, kann das Verarbeitungselement den Eingangsstrom dementsprechend ändern. Das Temperaturmessselement kann z.B. die Lufttemperatur bei dem Schalter oder um den Schalter messen und die gemessene Temperatur mit den vorbestimmten Werten für den gewünschten Temperaturbereich vergleichen, wie z.B. mit kritischen Temperaturgrenzen. Falls die gemessene Temperatur unterhalb oder

oberhalb des gewünschten Temperaturbereichs liegt, kann das Verarbeitungselement den jeweiligen Schalter in den Aus-Modus versetzen, um zu verhindern, dass der Schalter beschädigt wird oder dass die jeweilige Last beschädigt wird (Block **126**). Alternativ kann das Verarbeitungselement verschiedene charakteristische Auslösekurven basierend auf anderen Parametern konstruieren, um die Temperatur bei dem Schalter oder um den Schalter basierend auf Eigenschaften des Schalters zu emulieren, die sich im Verhältnis zu der Temperatur des Schalters ändern.

[0050] Das Verarbeitungselement kann auch bestimmen, ob ein Überspannungs-(Block **120**) oder ein Unterspannungs-(Block **122**)-Zustand bei der Last **14** existiert und kann den Eingangsstrom dementsprechend ändern. Falls der gemessene Spannungsabfall über einer jeweiligen Last z.B. außerhalb des vorkonfigurierten Spannungsbereichs für die jeweilige Last fällt, kann das Verarbeitungselement den Eingangsstrom ändern, um den Spannungsabfall innerhalb der gewünschten Pegel zu platzieren oder kann den jeweiligen Schalter **20** in den Aus-Modus versetzen.

[0051] Das Verarbeitungselement **28** kann auch bestimmen, ob eine Überstrombedingung (Block **124**) bei der Last **14** existiert, und, falls dem so ist, den Eingangsstrom unter das vorbestimmte Niveau ändern. Das Verarbeitungselement kann z.B. eine Modellauslösekurve **50** unter Verwendung einer Vielzahl von gemessenen Parameterwerten bei verschiedenen Zeitpunkten bestimmen. Das Verarbeitungselement vergleicht die Modellauslösekurve mit der charakteristischen Auslösekurve **52** für die jeweilige Last und/oder den Schalter **20**. Die vorbestimmten Werte in der charakteristischen Auslösekurve sind definiert, um zu verhindern, dass der Schalter zu lang in dem gefährlichen Bereich **56** betrieben wird. Zusätzlich kann das Verarbeitungselement vorherige Strombeanspruchungen (z.B. vorherige Schaltoperationen in dem gefährlichen Bereich) durch Beibehalten eines Zählers berücksichtigen. Da der Schalter in dem gefährlichen Bereich betrieben wird, erhöht das Verarbeitungselement wiederholt den Zähler. Und falls der Schalter dazu zurückkehrt, außerhalb des gefährlichen Bereichs zu arbeiten, bevor der Zähler eine vorbestimmten Schwellenwert (der für die maximale Zeitdauer repräsentativ ist, während der Schalter im gefährlichen Bereich betrieben werden kann), kann das Verarbeitungselement wiederholt den Zähler verringern, solange der Schalter außerhalb des gefährlichen Bereichs bleibt, wie zuvor beschrieben. Durch Bezugnehmen auf die charakteristische Auslösekurve kann das Verarbeitungselement den Schalter ausschalten, bevor der Schalter und/oder die Last beschädigt werden können, wie z.B. durch Versetzen des Schalters in den Aus-Modus (Block **126**).

[0052] [Fig. 7](#), [Fig. 8](#), [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) veran-

schaulichen beispielhafte Konfigurationen des Festkörperschalters **20**, einschließlich des Ansteuerelements **24** und des Schaltelements **26** ([Fig. 7](#)), und des Schaltschutzelements **22** ([Fig. 8](#)), des Strommesselements **30** ([Fig. 9](#)) und des Spannungsmesselements **32** ([Fig. 10](#)). [Fig. 7](#) veranschaulicht eine beispielhafte Anordnung von herkömmlichen elektrischen Komponenten, die das Ansteuerelement und das Schaltelement des Festkörperschalters umfassen. Das veranschaulichte Schaltelement ist ein N-Kanal-MOSFET für Oberspannung Q3, der mit seiner Source als Sourcefolger wirkt, die den Schaltelementausgang darstellt, der seinem Gate nachfolgt. Das Ansteuerelement ist aus einer Pull-Up-Ansteuerung und einer Pull-Down-Ansteuerung gebildet. Die Pull-Up-Ansteuerung kommt von zwei Transistoren Q7 und Q9. In dem veranschaulichten Beispiel stellt Q7 einen Folger-verbundenen NPN-Transistor dar, der durch einen Ausgang CH_ON des Verarbeitungselements **28** angesteuert wird. Der andere Transistor Q9 ist ein für Hochspannung bemessener Basis-PNP-Transistor, über dem die gesamte Spannungsschwingung des NPN-Transistors Q7 auftritt. Der Ausgang des PNP-Transistors Q9 ist mit dem Gate des MOSFET Q3 verbunden. Die Pull-Down-Ansteuerung wird durch einen weiteren PNP-Transistor Q10 gebildet, der die Ausgangsspannung herunterzieht, die Last entlädt und die Lastspannung niedrig hält. Eine Diode D7 verhindert jeglichen Stromfluss zurück durch Teile der Pull-Up-Ansteuerung und stellt sicher, dass der PNP-Transistor Q10 sich nicht einschaltet, während sich der MOSFET Q3 in dem Ein-Modus befindet.

[0053] [Fig. 8](#) veranschaulicht eine beispielhafte Konfiguration des Schaltschutzelements **22**, das mit Knoten **8A** und **8B** des Ansteuerelements **24** und des Schaltelements **26** verbunden ist, die in [Fig. 7](#) veranschaulicht sind. Das Schaltschutzelement verwendet einen Basis-Emitter-Typ, der von einem Abtast-NPN-Transistor Q4b über einen Widerstand R11 (in [Fig. 7](#) veranschaulicht) abtastet. Ein anderer NPN-Transistor Q4a ist mit einer Diode verbunden und stellt einen angepassten Paartransistor mit einem Abtasttransistor Q4b dar. Ein Verwenden eines angepassten Paartransistors, der als Diode verbunden ist, verschiebt den Basis-Emitter-Abfall über dem Abtasttransistor Q4b und ermöglicht die Verwendung eines niederwertigen Widerstands R11. Das Verarbeitungselement **28** sendet einen Strom ILIMIT durch ein R2R-Widerstand-Leiternetzwerk mit einem Kondensator C11 und mit einem Widerstand R18, die zusammen mit dem R2R-Netzwerk eine konstante Spannung erzeugen, die proportional zu dem vorbestimmten Stromwert im Vergleich zu dem tatsächlichen Strom ist, der durch das Stromschutzelement gemessen wird. Zusätzlich wird die RC-Konstante des R2R-Netzwerks verwendet, um vorbestimmte Zeit zu bestimmen, während der das Schaltschutzelement warten wird, oder um den vorbestimmten

Stromwert zu verringern, um jeglichen Einschaltstrom zu ermöglichen, wenn das Schaltelement in dem Ein-Modus startet.

[0054] Wie in [Fig. 9](#) gezeigt, ist ein exemplarisches Strommesselement **30** mit Knoten **9A** und **9B** des Ansteuerelements **24** und des Schaltelements **26** verbunden, die in [Fig. 7](#) veranschaulicht sind. Das Strommesselement umfasst einen differenziellen Operationsverstärker U1, der den Strompegel über dem Widerstand R11 zum Eingeben in das Verarbeitungselement **28** als Strommessung Iana abtastet. Vorteilhafterweise ermöglicht diese Konfiguration eine sehr genaue Strommessung, selbst für hohe Spannungen. Dem ist so, weil der Widerstand R11 seriell mit der Oberspannung der Sourcespannung Vin verbunden ist, und da die Energieversorgung des differenziellen Verstärkers U1 und des Verarbeitungselements mit der Oberspannung referenziert ist, gibt es keine Common-Mode-Spannung, die den differenziellen Verstärker U1 beeinflussen könnte. Die verschiedenen Widerstände und Kondensatoren ermöglichen eine Signalkonditionierung und -filterung für die Strommessung, wenn sie in den differenziellen Verstärker eintritt und austritt, wie es einem Fachmann bekannt ist.

[0055] [Fig. 10](#) veranschaulicht ein Beispiel des Spannungsmesselements **33**, das mit einem Knoten **10A** des Ansteuerelements **24** und des Schaltelements **26** verbunden ist, die in [Fig. 7](#) veranschaulicht sind. Das Spannungsmesselement umfasst einen differenziellen Operationsverstärker U2, der den Spannungsabfalls abtastet, der über der Last **14** zur Eingabe in das Verarbeitungselement **28** als Spannungsmessung Vana anliegt. Ähnlich wie bei dem exemplarischen Strommesselement **30**, das in [Fig. 9](#) veranschaulicht ist, ermöglichen die verschiedenen Widerstände und Kondensatoren, die in [Fig. 10](#) gezeigt sind, eine Signalkonditionierung und -filterung für die Spannungsmessung, wenn sie in den differenziellen Verstärker eintritt und austritt, wie es dem Fachmann bekannt ist.

[0056] Deshalb ermöglichen die Vorrichtung, das System und das Verfahren der vorliegenden Erfindung einen programmierbaren Controller, der mit einem entfernten Hauptcontroller verbunden sein kann, wobei der programmierbare Controller den Eingangsstrom zu zumindest einer Last steuern kann. Der programmierbare Controller umfasst deshalb zumindest einen Festkörperschalter, um die problematischen mechanischen Kontakte von herkömmlichen Ausschaltern und Relais zu eliminieren. Der programmierbare Controller umfasst auch ein Verarbeitungselement, um dadurch eine Flexibilität bei einer Energiesteuerung hinzuzufügen, die bei herkömmlichen Ausschaltern und Relais nicht zur Verfügung steht. Der programmierbare Controller kann gleichzeitig den Strom durch die Lasten und/oder die

Schalter, den Spannungsabfall über den Lasten und/oder die Temperatur der Schalter messen und die Lasten und Schalter daraufhin überwachen. Durch Verwendung eines Verarbeitungselements und durch Platzieren desselben nahe der Lasten, kann der programmierbare Controller die für Energiesysteme erforderliche Verkabelungsmenge verringern. Durch eine Verringerung der Verkabelungsmenge verringert die vorliegende Erfindung eine parasitäre Impedanz in der Verkabelung und das Gewicht des Systems. Durch Verwenden eines Verarbeitungselements ist der programmierbare Controller auch leicht rekonfigurierbar und kann somit die Materialbeschränkungen von herkömmlichen Ausschaltern und Relais überwinden und mehrere verschiedene Lasttypen betreiben.

[0057] Viele Modifikationen und weitere Ausführungsformen der Erfindung werden dem Fachmann in den Sinn kommen, den diese Erfindung betrifft, und zwar mit dem Vorteil der in der vorhergehenden Beschreibung und den damit verbundenen Zeichnungen präsentierten Lehre. Deshalb versteht es sich, dass die Erfindung nicht auf die spezifischen, offenbarten Ausführungsformen begrenzt ist und dass Modifikationen und andere Ausführungsformen vom Schutzzumfang der beigefügten Ansprüche umfasst sind.

Patentansprüche

1. Programmierbarer Controller (**10**), der mit einem entfernten Hauptcontroller (**12**) verbunden werden kann, wobei der programmierbare Controller (**10**) einen Eingangsstrom zu mindestens einer Last (**14**), vorzugsweise elektrisch, steuern kann, wobei der programmierbare Controller (**10**) aufweist:
 - zumindest einen Festkörperschalter (**20**), der den Eingangsstrom zu der zumindest einen Last (**14**) steuerbar ändern kann;
 - zumindest ein Messelement (**30, 32, 34**) zum Messen von zumindest einem Parameter, der mit der zumindest einen Last (**14**) und zumindest dem einen Festkörperschalter zugeordnet ist; und
 - ein Verarbeitungselement (**28**), welches nahe der zumindest einen Last (**14**) angeordnet ist und elektrisch mit dem zumindest einen Festkörperschalter (**20**) und dem zumindest einen Messelement (**30, 32, 34**) verbunden ist, wobei das Verarbeitungselement (**28**) zumindest den einen Festkörperschalter (**20**) gemäß dem zumindest einen Parameter steuern kann.
2. Programmierbarer Controller gemäß Anspruch 1, wobei jeder der Festkörperschalter (**20**) aufweist:
 - ein Schaltelement (**26**), das elektrisch mit der zumindest einen Last (**14**) verbunden ist, wobei das Schaltelement (**26**) den Eingangsstrom zu der zumindest einen Last (**14**) ändern kann; und
 - ein Ansteuerelement (**24**) zum Liefern des Eingangsstroms an die zumindest eine Last (**14**), wobei das

Schaltelement (26) den Eingangsstrom steuert, der durch das Ansteuerelement (24) an die zumindest eine Last (14) geliefert wird.

3. Programmierbarer Controller nach Anspruch 2, wobei das Schaltelement (26) einen maximalen Nennstrom aufweist, und wobei jeder Festkörperschalter (20) des Weiteren ein Schaltschutzelement (22) aufweist, welches elektrisch mit dem Schaltelement (26) und dem Ansteuerelement (24) verbunden ist, wobei das Schaltschutzelement (22) einen tatsächlichen Strom durch das Schaltelement (26) abtasten und den Eingangsstrom zu der zumindest einen Last (14) in Abhängigkeit von dem tatsächlichen Strom und dem maximalen Nennstrom steuern kann.

4. Programmierbarer Controller nach Anspruch 3, wobei das Schaltschutzelement (22) das Ansteuerelement (24) steuern kann, um den Eingangsstrom an eine jeweilige Last derart zu liefern, dass der tatsächliche Strom durch das Schaltelement (26) nicht mehr als den maximalen Nennstrom beträgt.

5. Programmierbarer Controller nach Anspruch 3, wobei, wenn der tatsächliche Strom durch das Schaltelement (26) den maximalen Nennstrom länger als eine vordefinierte Zeitdauer überschreitet, das Schaltschutzelement (26) das Ansteuerelement (24) steuert, um dadurch den tatsächlichen Strom durch das Schaltelement (26) auf nicht mehr als den maximalen Nennstrom zu verringern.

6. Programmierbarer Controller nach Anspruch 1, wobei das zumindest eine Messelement (32, 30) einen Spannungsabfall über einer jeweiligen Last bzw. einen Strom dadurch messen kann, und wobei das Verarbeitungselement (28) den zumindest einen Festkörperschalter (20) gemäß dem Spannungsabfall über der jeweiligen dem Strom durch die jeweilige Last steuern kann.

7. Programmierbarer Controller nach Anspruch 1, wobei das zumindest eine Messelement (34) eine Temperatur des zumindest einen Festkörperschalters (20) messen kann und wobei das Verarbeitungselement (28) den zumindest einen Festkörperschalter (20) gemäß der Temperatur eines jeweiligen Festkörperschalters (20) steuern kann.

8. Programmierbarer Controller nach Anspruch 7, der des Weiteren eine Speichervorrichtung (40) aufweist, die elektrisch mit dem Verarbeitungselement (28) verbunden ist.

9. Programmierbarer Controller nach Anspruch 1, der des Weiteren ein Überwachungselement (42) aufweist, das elektrisch mit dem Verarbeitungselement (28) und dem zumindest einen Festkörperschalter (20) verbunden ist, wobei, wenn das Verarbeitungselement (28) versagt, richtig zu funktionie-

ren, indem es versagt, den zumindest einen Festkörperschalter (20) zu steuern, das Überwachungselement (42) den Festkörperschalter (20) steuern kann, um den Eingangsstrom auf einen vordefinierten Pegel zu ändern.

10. Programmierbarer Controller nach Anspruch 1, wobei der zumindest eine Festkörperschalter (20) in zumindest einem Modus betrieblich ist, der aus einer Gruppe bestehend aus einem An-Modus, wobei der zumindest eine Festkörperschalter (20) es einer jeweiligen Last (14) erlaubt, einen Eingangsstrom zu empfangen, und einem Aus-Modus ausgewählt ist, wobei der zumindest eine Festkörperschalter (20) verhindert, dass die jeweilige Last (14) den Eingangsstrom empfängt, und wobei das Verarbeitungselement (28) den Modus in Abhängigkeit von dem zumindest einen Parameter steuert.

11. Programmierbarer Controller nach Anspruch 10, wobei jede Last (14) einen Eingangsnennstrom aufweist, und wobei das Verarbeitungselement (28) den Modus des zumindest einen Festkörperschalters (20) in Abhängigkeit von dem Eingangsstrom, dem Eingangsnennstrom einer jeweiligen Last (14) und einer Zeitdauer steuert, während der die Last den Eingangsstrom empfangen hat.

12. Programmierbarer Controller nach Anspruch 11, wobei, wenn der Eingangsstrom zu der jeweiligen Last (14) nicht mehr als der Eingangsnennstrom der Last (14) ist, das Verarbeitungselement (28) den jeweiligen Festkörperschalter (20) in den An-Modus schaltet, und wobei, wenn der Eingangsstrom zu der Last (14) den Eingangsnennstrom überschreitet, insbesondere für länger als eine vordefinierte Zeitdauer, das Verarbeitungselement (28) den jeweiligen Festkörperschalter (20) in den Aus-Modus schaltet.

13. Programmierbarer Controller nach Anspruch 12, wobei, wenn der Eingangsstrom zu einer jeweiligen Last (14) den Eingangsnennstrom überschreitet, das Verarbeitungselement (26) wiederholt einen Zähler erhöht, der einer abgelaufenen Zeit zugeordnet ist, bis sich zumindest ein Ereignis, welches aus einer Gruppe bestehend aus dem Eingangsstrom ausgewählt ist, auf nicht mehr als den Eingangsnennstrom verringert und der Zähler einen vorbestimmten Schwellenwert erreicht, der repräsentativ für die vordefinierte Zeitdauer ist, wobei, wenn sich der Eingangsstrom auf nicht mehr als den Eingangsnennstrom verringert, das Verarbeitungselement (28) den Zähler wiederholt herabsetzt.

14. Programmierbarer Controller nach Anspruch 10, wobei der zumindest eine Festkörperschalter (20) einen maximalen Nennstrom aufweist, wobei, wenn der Eingangsstrom durch einen jeweiligen Festkörperschalter (20) nicht mehr als ein jeweiliger maximaler Nennstrom ist, das Verarbeitungselement (28)

den jeweiligen Festkörperschalter (20) in den An-Modus schaltet, und wobei, wenn der Eingangsstrom durch den Festkörperschalter (20) den jeweiligen maximalen Nennstrom überschreitet, das Verarbeitungselement (28) den jeweiligen Festkörperschalter (20) in den Aus-Modus schaltet.

15. Programmierbarer Controller nach Anspruch 10, wobei der zumindest eine Festkörperschalter (20) einen maximalen Nennstrom aufweist, wobei, wenn der Strom durch einen jeweiligen Festkörperschalter (20) einen jeweiligen maximalen Nennstrom für mehr als eine vordefinierte Zeitdauer überschreitet, das Verarbeitungselement (28) den jeweiligen Festkörperschalter (20) in den Aus-Modus schaltet.

16. Programmierbarer Controller nach Anspruch 10, wobei das Verarbeitungselement (28) den Modus des zumindest einen Festkörperschalters (20) in Abhängigkeit von einer Temperatur eines jeweiligen Festkörperschalters (20) oder von einem Spannungsabfall über einer jeweiligen Last (14) steuert.

17. Programmierbarer Controller nach Anspruch 16, wobei, wenn die Temperatur eines jeweiligen Festkörperschalters (20) nicht mehr/weniger als einen vorbestimmten Wert beträgt, das Verarbeitungselement (28) den jeweiligen Festkörperschalter (20) in den An-Modus schaltet, und wobei, wenn die Temperatur den vorbestimmten Wert überschreitet/darunter liegt, das Verarbeitungselement (28) den jeweiligen Festkörperschalter (20) in den Aus-Modus schaltet.

18. Programmierbarer Controller nach Anspruch 16, wobei, wenn der Spannungsabfall über einer jeweiligen Last (14) nicht mehr/weniger als ein vorbestimmter Wert ist, das Verarbeitungselement (28) den jeweiligen Festkörperschalter (20) in den An-Modus schaltet, und wobei, wenn der Spannungsabfall den vorbestimmten Wert überschreitet/darunter ist, das Verarbeitungselement (28) den jeweiligen Festkörperschalter (20) in den Aus-Modus schaltet.

19. Programmierbarer Controller nach Anspruch 3, wobei das Schaltschutzelement (22) einen tatsächlichen Strom durch den zumindest einen Festkörperschalter (20) abtasten und den Betriebsmodus des jeweiligen Festkörperschalters (20) in Abhängigkeit von dem tatsächlichen Strom durch den jeweiligen Festkörperschalter (20) und einem jeweiligen maximalen Nennstrom steuern kann.

20. Programmierbarer Controller nach Anspruch 19, wobei, wenn der tatsächliche Strom durch den jeweiligen Festkörperschalter (20) nicht mehr als ein maximaler Nennstrom ist, das Schaltschutzelement (28) den jeweiligen Festkörperschalter (20) in den An-Modus schaltet, und wobei, wenn der tatsächliche Strom durch den jeweiligen Festkörperschalter (20)

den jeweiligen maximalen Nennstrom, vorzugsweise für länger als eine vordefinierte Zeit, überschreitet, das Schaltschutzelement (28) den jeweiligen Festkörperschalter (20) in den Aus-Modus schaltet.

21. Programmierbarer Controller nach Anspruch 10, wobei die zumindest eine Last (14) einen Eingangsnennstrom aufweist, und wobei das Verarbeitungselement (28) den Modus des zumindest einen Festkörperschalters (20) in Abhängigkeit von dem Eingangsstrom und dem Eingangsnennstrom einer jeweiligen Last (14) steuert.

22. Programmierbarer Controller nach Anspruch 6, wobei, wenn der Spannungsabfall über der zumindest einen Last (14) nicht mehr/weniger als ein vorbestimmter Wert ist, das Verarbeitungselement (28) den jeweiligen Festkörperschalter (20) in den An-Modus schaltet, und wobei, wenn der Spannungsabfall den vorbestimmten Wert überschreitet/darunter ist, das Verarbeitungselement (28) den jeweiligen Festkörperschalter (20) in den Aus-Modus schaltet.

23. System zum Fernsteuern von zumindest einer Last (14), wobei das System aufweist: einen Hauptcontroller (12) zum Steuern eines Eingangsstroms zu der zumindest einen Last (14); zumindest einen Nebencontroller (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 22, der entfernt zu dem Hauptcontroller (12) und nahe der zumindest einen Last (14) angeordnet ist, wobei der zumindest eine Nebencontroller (10) elektrisch zwischen dem Hauptcontroller (12) und der zumindest einen Last (14) verbunden ist.

24. System nach Anspruch 23, das des Weiteren eine Benutzerschnittstelle aufweist, die elektrisch mit dem Hauptcontroller (12) verbunden ist, wobei ein Benutzer mit der Benutzerschnittstelle interagiert, um den Eingangsstrom zu der zumindest einen Last (14) zu steuern.

25. Verfahren zum Fernsteuern eines Eingangsstroms von einem Hauptcontroller (12) durch zumindest einen Schalter (20) zu zumindest einer Last (14), wobei das Verfahren die Schritte aufweist: Konfigurieren (100) eines Verarbeitungselements (28), das entfernt zu dem Hauptcontroller (12) und nahe zu der zumindest einen Last (14) angeordnet ist, wobei das Konfigurieren auf zumindest einer Eigenschaft basiert, die aus einer Gruppe bestehend aus einem Nennstrom von jeder Last (14), einer Nennspannung von jeder Last (14), einem maximalen Nennstrom von jedem Schalter (20) und einer Nenntemperatur von jedem Schalter (20) ausgewählt ist; Überwachen von zumindest einem Parameter, der jedem Schalter (20) und einer jeweiligen Last zugeordnet ist, die aus einer Gruppe bestehend aus dem Eingangsstrom zu der Last (14), einem Spannungsabfall

über der Last **(14)**, dem Eingangsstrom durch den Schalter **(20)** und einer Temperatur des Schalters **(20)** ausgewählt ist;

Bestimmen einer Bedingung von jedem Schalter **(20)** und einer jeweiligen Last **(14)** in Abhängigkeit von zumindest entweder der zumindest einen Eigenschaft oder dem zumindest einen Parameter;

Schalten von jedem Schalter **(20)** in zumindest einen Modus, der aus einer Gruppe bestehend aus einem An-Modus, wobei der Schalter **(20)** es dem Eingangsstrom ermöglicht, zu einer jeweiligen Last **(14)** zu fließen, und einem Aus-Modus ausgewählt ist, wobei der Schalter **(20)** den Eingangsstrom daran hindert, zu der jeweiligen Last **(14)** zu fließen, wobei der ausgewählte Betriebsmodus von der Bedingung der jeweiligen Lasten **(14)** abhängt.

26. Verfahren nach Anspruch 25, wobei das Bestimmen der Bedingung ein Bestimmen der Bedingung von jeder Last **(14)** basierend auf dem maximalen Nennstrom des jeweiligen Schalters **(20)** und dem Eingangsstrom durch den Schalter **(20)** aufweist.

27. Verfahren nach Anspruch 26, wobei das Schalten jedes Schalters **(20)** ein Schalten des Schalters **(20)** in den An-Modus, wenn der Eingangsstrom durch den Schalter **(20)** nicht mehr als ein jeweiliger maximaler Nennstrom ist, und ein Schalten des Schalters **(20)** in den Aus-Modus aufweist, wenn der Eingangsstrom durch den Schalter **(20)** den maximalen Nennstrom überschreitet.

28. Verfahren nach Anspruch 26, wobei das Schalten von jedem Schalter **(20)** ein Schalten des Schalters **(20)** in den Aus-Modus aufweist, wenn der Strom durch den Schalter **(20)** den maximalen Nennstrom für mehr als eine vorbestimmte Zeitdauer überschreitet.

29. Verfahren nach Anspruch 25, wobei das Bestimmen der Bedingung ein Bestimmen der Bedingung von jeder Last **(14)** basierend auf dem Nennstrom der Last **(14)** und dem Eingangsstrom zu der Last **(14)** aufweist.

30. Verfahren nach Anspruch 29, wobei das Betätigen von jedem Schalter **(20)** ein Betätigen des Schalters **(20)** in den An-Modus, wenn der Eingangsstrom zu einer jeweiligen Last **(14)** nicht mehr als ein vorbestimmter Wert relativ zu dem Nennstrom der Last **(14)** ist, und ein Schalten des Schalters **(20)** in den Aus-Modus aufweist, wenn der Eingangsstrom zu der Last **(14)** den vorbestimmten Wert überschreitet.

31. Verfahren nach Anspruch 29, wobei das Bestimmen der Bedingung des Weiteren von einer Zeitdauer abhängt, während der die Last **(14)** den Eingangsstrom empfangen hat.

32. Verfahren nach Anspruch 31, wobei das Schalten von jedem Schalter **(20)** ein Schalten des Schalters **(20)** in den An-Modus, wenn der Eingangsstrom an eine jeweilige Last **(14)** nicht mehr als der Eingangsnennstrom der Last **(14)** ist, und ein Schalten des Schalters **(20)** in den Aus-Modus aufweist, wenn der Eingangsstrom an die Last **(14)** den Eingangsnennstrom für mehr als eine vorbestimmte Zeitdauer überschreitet.

33. Verfahren nach Anspruch 32, wobei das Bestimmen der Bestimmung ein wiederholtes Erhöhen eines Zählers aufweist, der einer abgelaufenen Zeit zugeordnet ist, wenn der Eingangsstrom zu einer jeweiligen Last **(14)** den Eingangsnennstrom übersteigt, wobei ein Erhöhen des Zählers ein Erhöhen des Zählers aufweist, bis sich zumindest ein Ereignis, welches aus einer Gruppe bestehend aus dem Eingangsstrom ausgewählt ist, auf nicht mehr als den Eingangsnennstrom verringert und der Zähler einen vorbestimmten Schwellenwert erreicht, der für die vorbestimmte Zeitdauer repräsentativ ist, und wobei das Bestimmen der Bedingung des Weiteren ein wiederholtes Herabsetzen des Zählers aufweist, wenn sich der Eingangsstrom auf nicht mehr als den Eingangsnennstrom verringert.

34. Verfahren nach Anspruch 25, wobei das Bestimmen der Bedingung ein Bestimmen der Bedingung von jedem Schalter **(20)** basierend auf der Nenntemperatur des Schalters **(20)** und der Temperatur des Schalters **(20)** aufweist.

35. Verfahren nach Anspruch 34, wobei das Schalten von jedem Schalter **(20)** ein Schalten des Schalters **(20)** in den An-Modus, wenn die Temperatur des Schalters **(20)** nicht mehr als ein vorbestimmter Wert relativ zu der jeweiligen Nenntemperatur beträgt, und ein Schalten des Schalters **(20)** in den Aus-Modus aufweist, wenn die Temperatur den vorbestimmten Wert überschreitet.

36. Verfahren nach Anspruch 34, wobei das Schalten von jedem Schalter **(20)** ein Schalten des Schalters **(20)** in den An-Modus, wenn die Temperatur eines jeweiligen Festkörperschalters **(20)** nicht geringer als ein vorbestimmter Wert relativ zu der jeweiligen Nenntemperatur ist, und ein Schalten des Schalters **(20)** in den Aus-Modus aufweist, wenn die Temperatur unterhalb des vorbestimmten Werts liegt.

37. Verfahren nach Anspruch 25, wobei die Bestimmung der Bedingung ein Bestimmen der Bedingung von jeder Last **(14)** basierend auf der Nennspannung der Last **(14)** und dem Spannungsabfall über der Last **(14)** aufweist.

38. Verfahren nach Anspruch 37, wobei das Schalten von jedem Schalter **(20)** ein Schalten des Schalters **(20)** in dem An-Modus, wenn der Span-

nungsabfall über einer jeweiligen Last (**14**) nicht mehr als ein vorbestimmter Wert relativ zu der Nennspannung der Last (**14**) ist, und ein Schalten des Schalters (**20**) in den Aus-Modus umfasst, wenn der Spannungsabfall den vorbestimmten Wert überschreitet.

39. Verfahren nach Anspruch 37, wobei das Schalten von jedem Schalter (**20**) ein Schalten des Schalters (**20**) in den An-Modus, wenn der Spannungsabfall über einer jeweiligen Last (**14**) nicht geringer als ein vorbestimmter Wert relativ zu der Nennspannung der Last (**14**) ist, und ein Schalten des Schalters (**20**) in den Aus-Modus umfasst, wenn der Spannungsabfall unterhalb dem vorbestimmten Wert ist.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

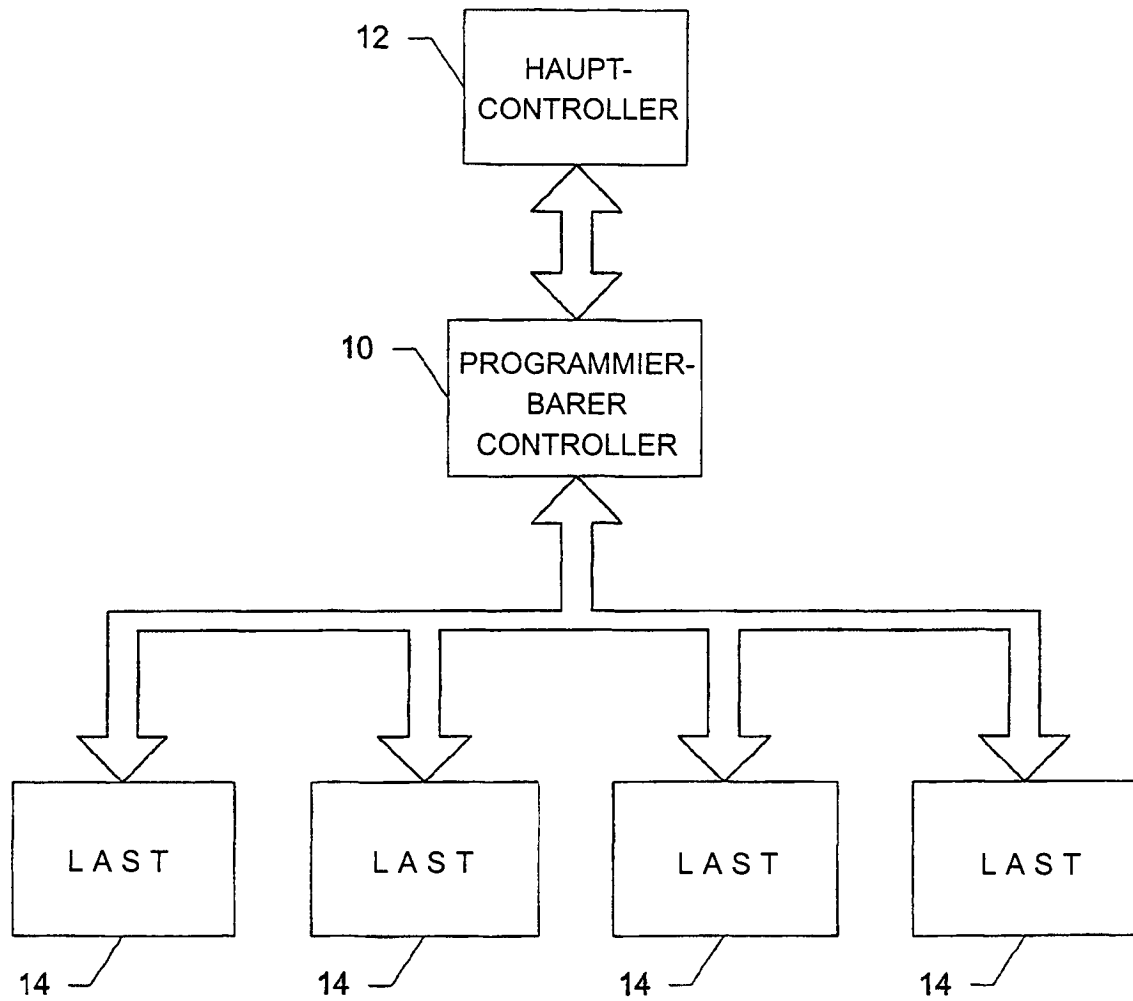


FIG. 1.

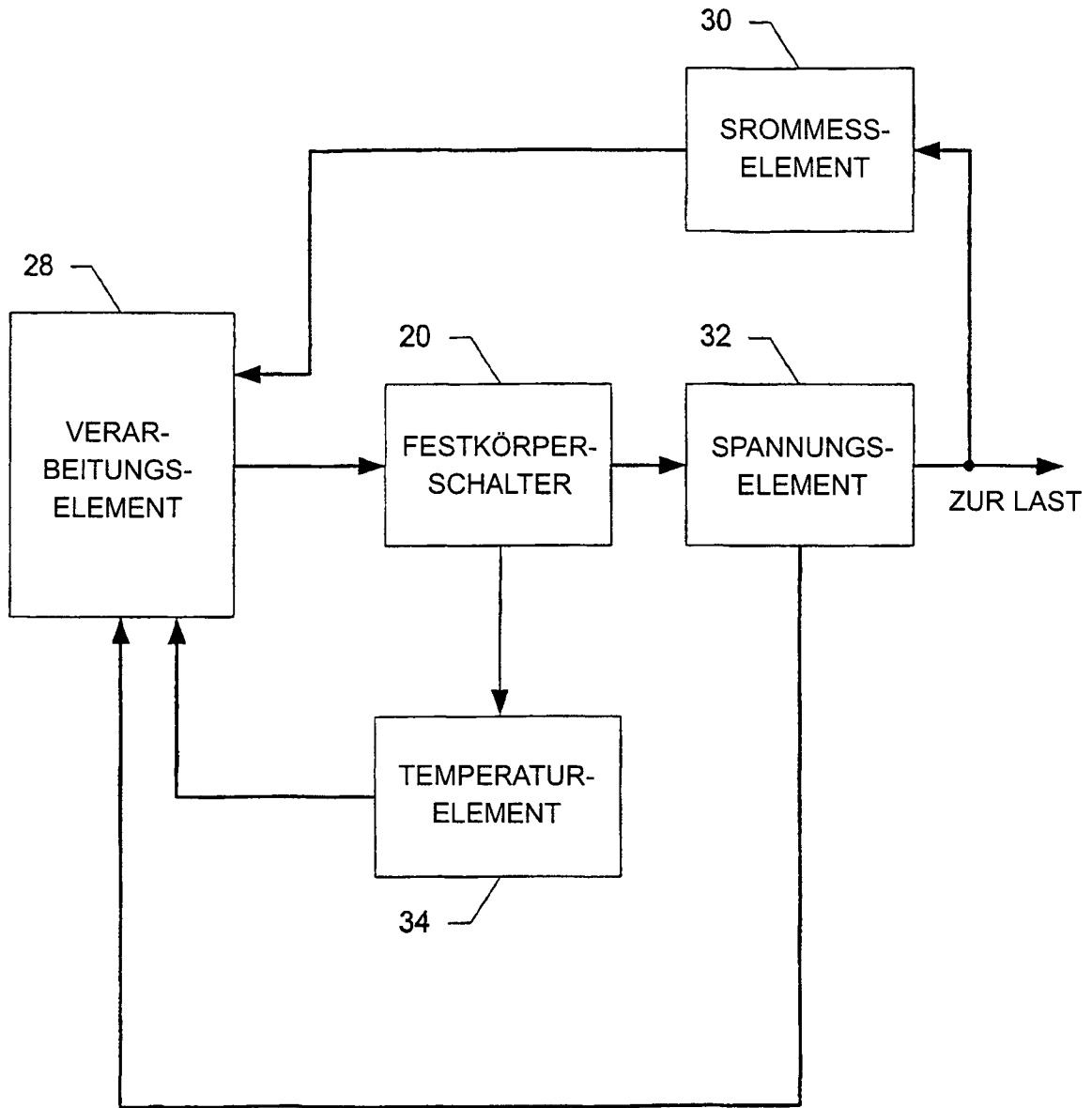


FIG. 2.

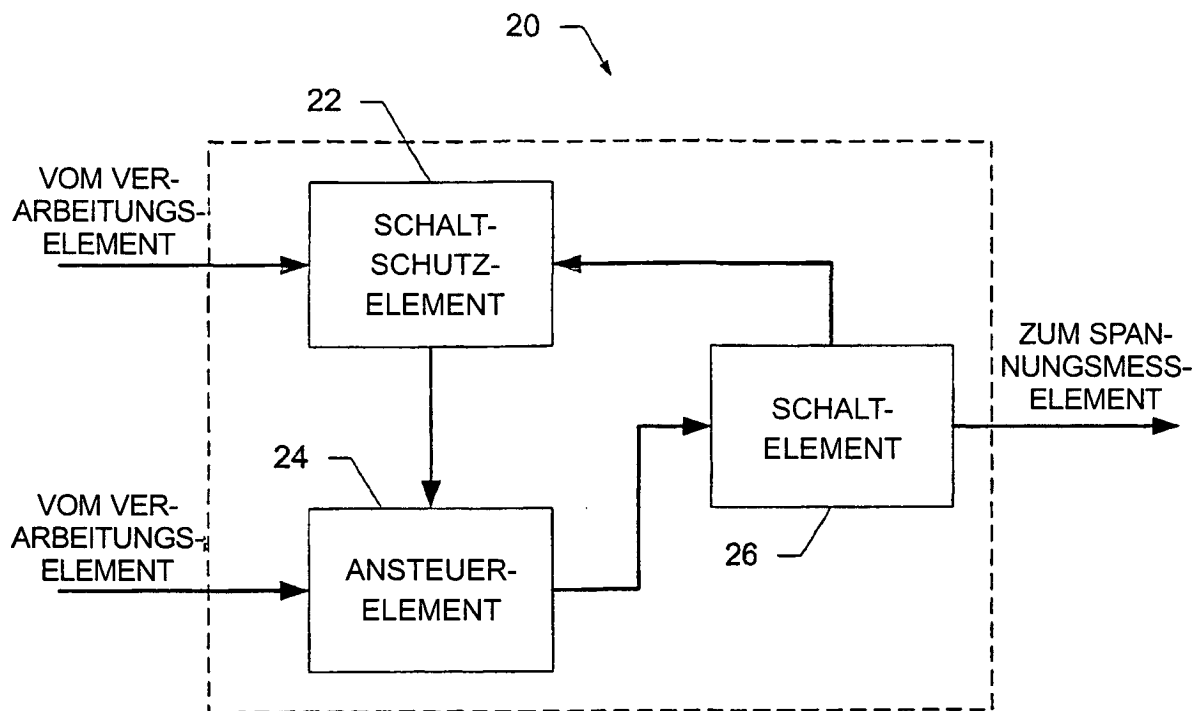


FIG. 3.

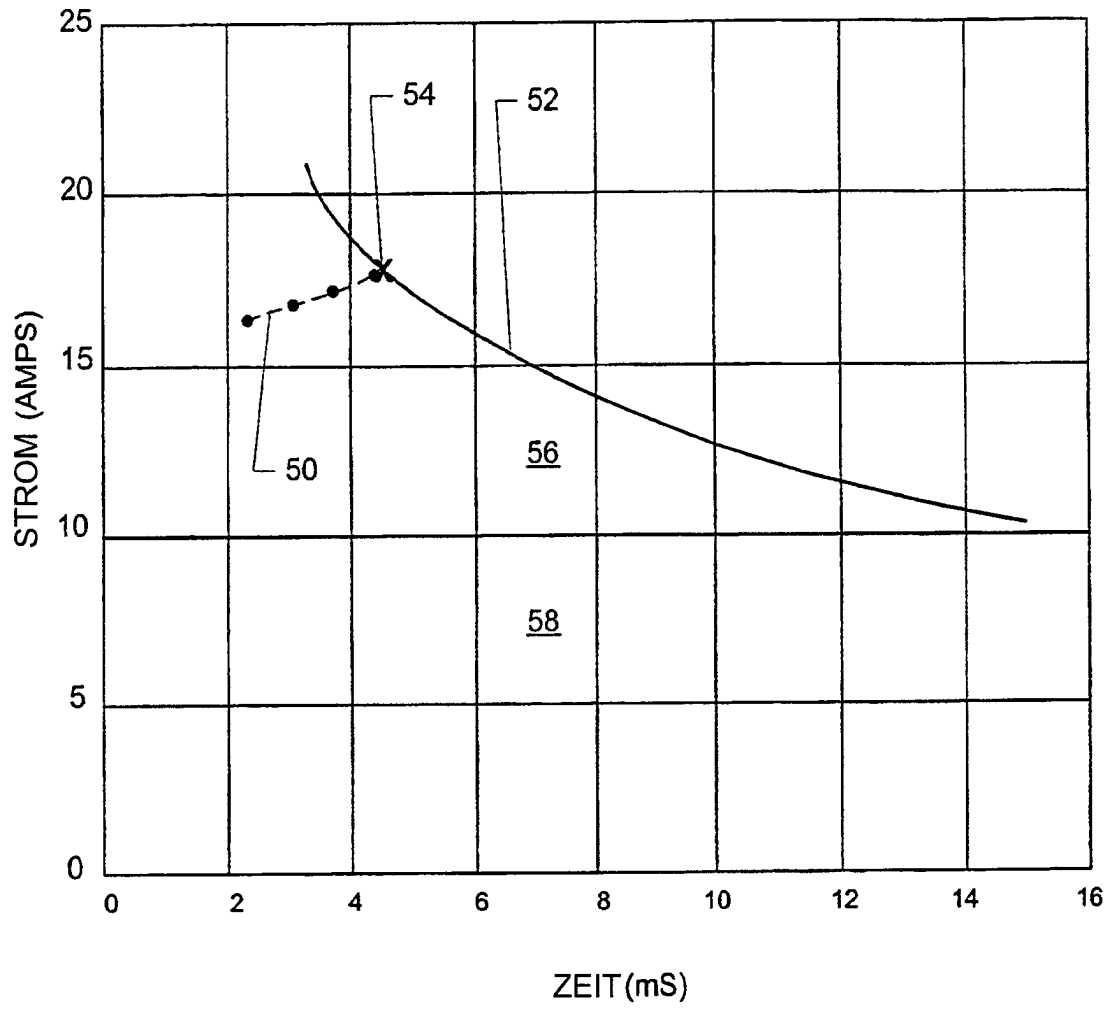


FIG. 4.

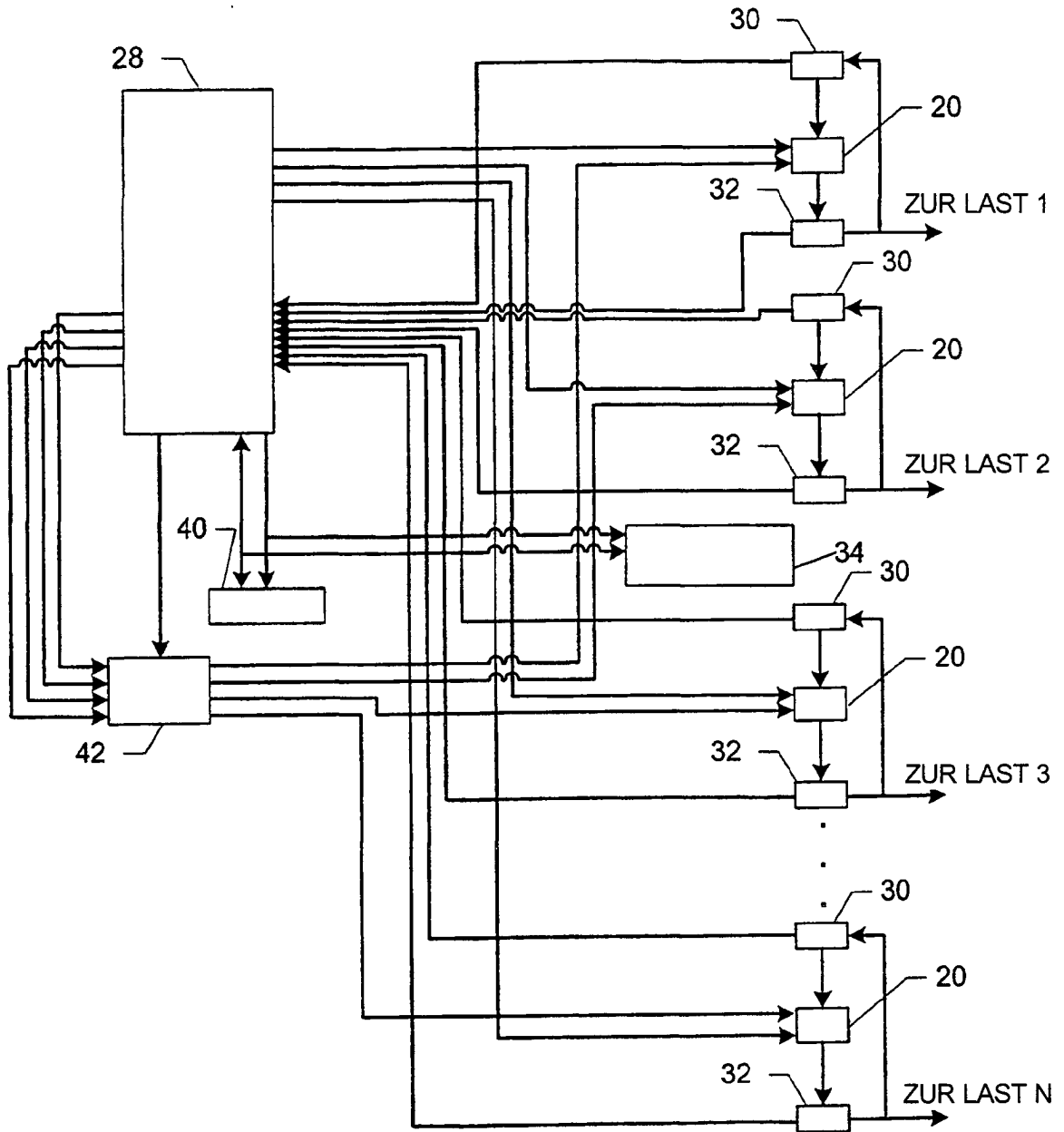


FIG. 5.

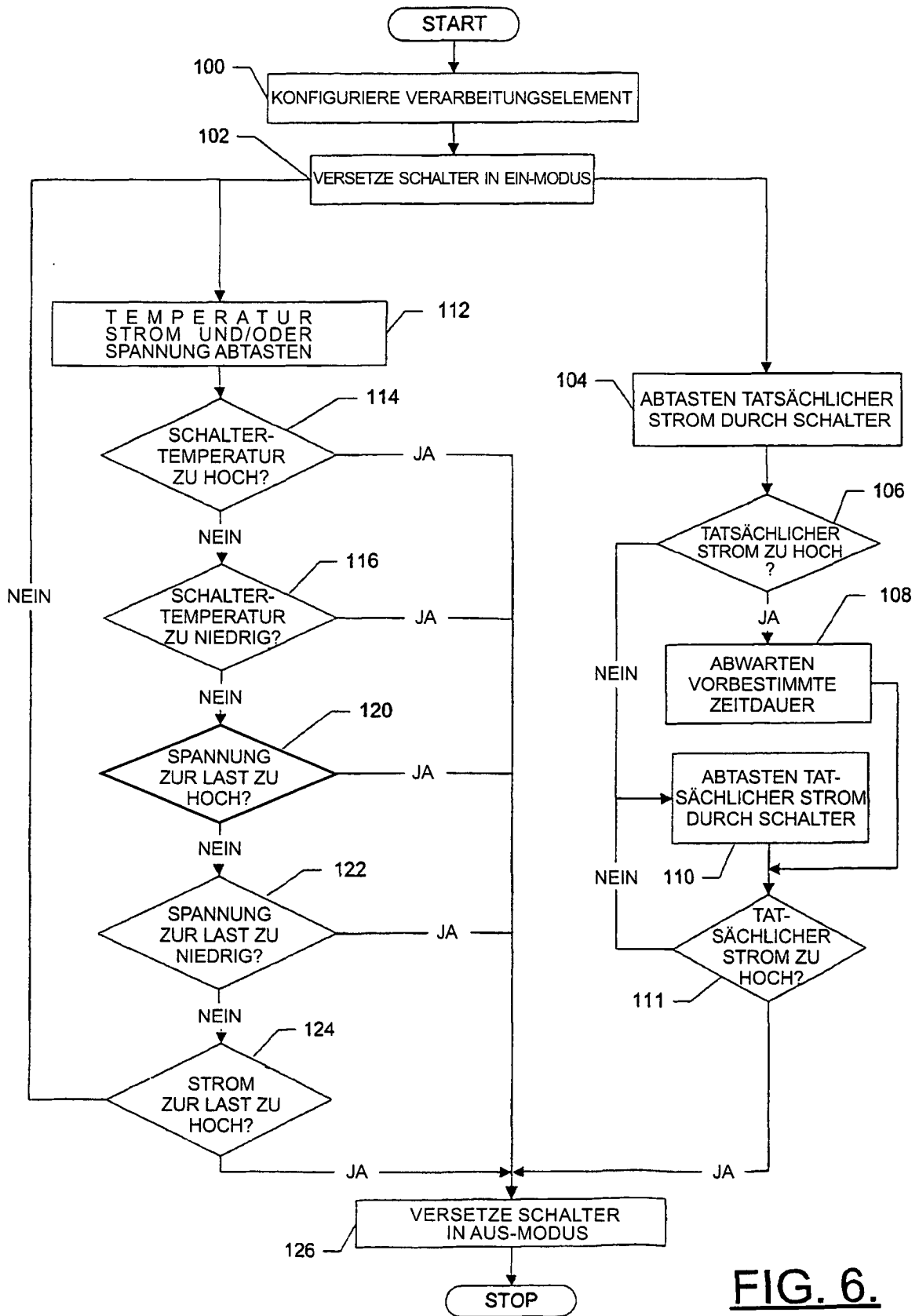


FIG. 6.

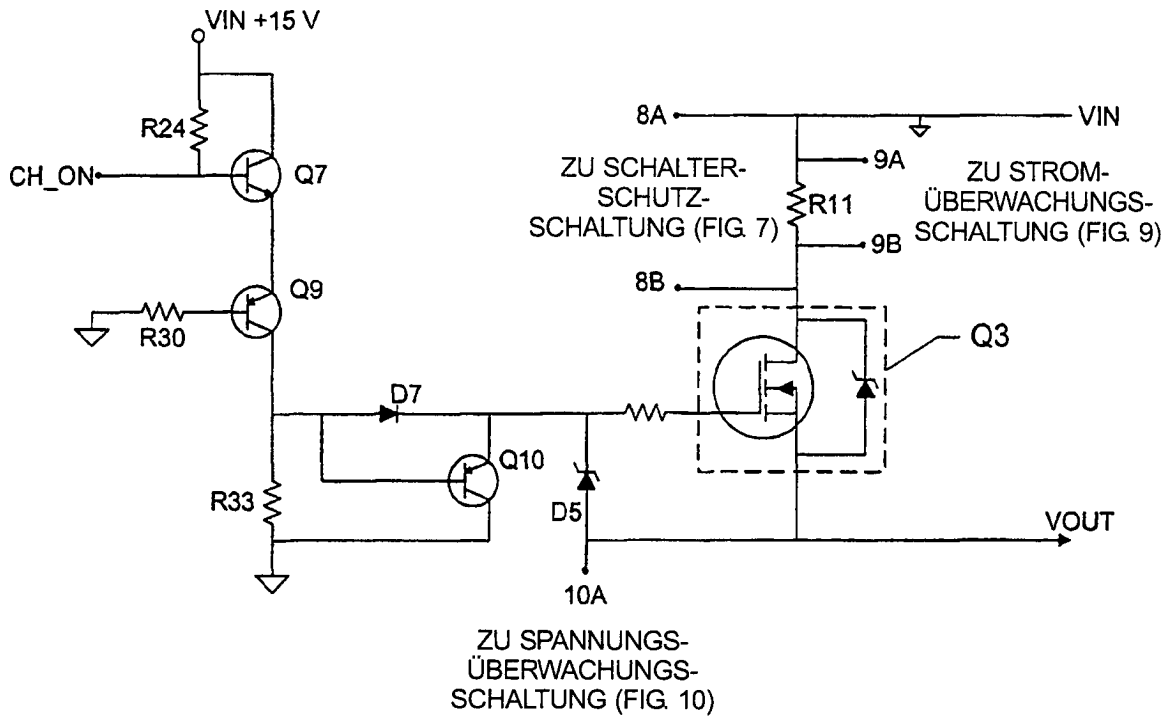


FIG. 7.

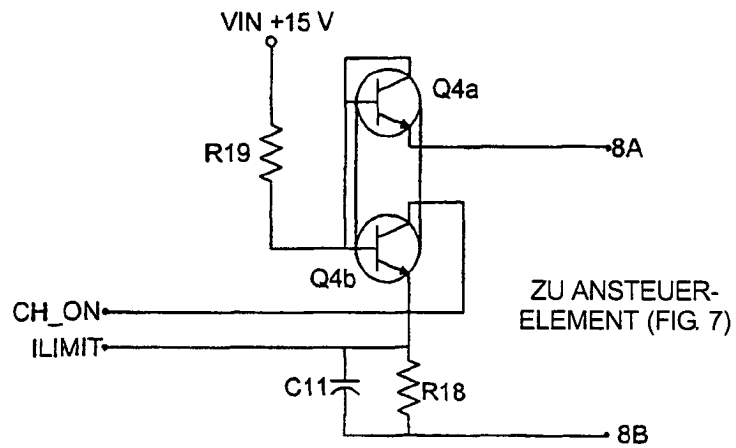


FIG. 8.

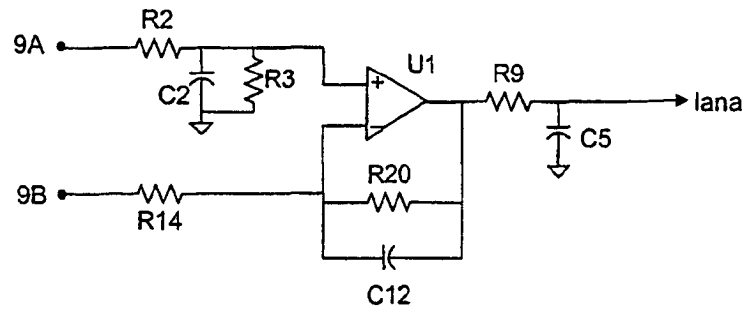


FIG. 9.

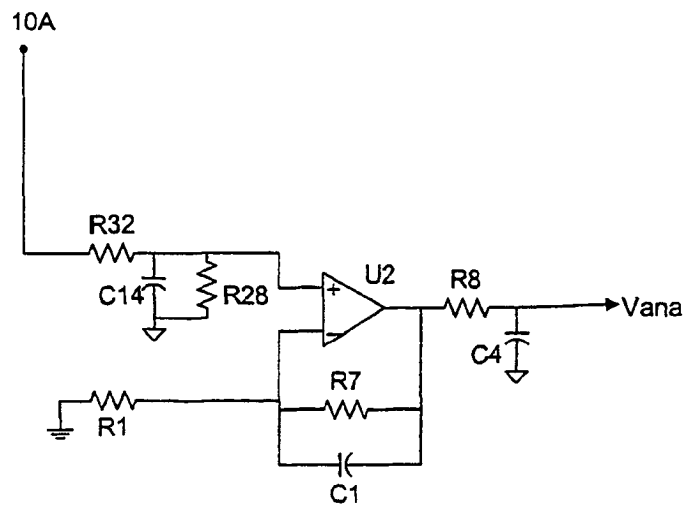


FIG. 10.