



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 04 105 T2 2004.04.22**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 245 066 B1**

(51) Int Cl.7: **H02B 13/035**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 04 105.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB00/01982**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 985 720.2**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 01/050561**

(86) PCT-Anmeldetag: **29.12.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **12.07.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.10.2002**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **23.07.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **22.04.2004**

(30) Unionspriorität:
476243 03.01.2000 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, ES, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:
Eaton Corp., Cleveland, Ohio, US

(72) Erfinder:
**HODKIN, Alfred G., Nottinghamshire NG5 50L, GB;
MARSHALL, Trevor B., Nottinghamshire NG12
3RD, GB; DAVIES, Norman, Irwin, US; THEISEN, J.,
Peter, West Bend, US; MARCHAUD, Francois,
Pittsburgh, US**

(74) Vertreter:
**WAGNER & GEYER Partnerschaft Patent- und
Rechtsanwälte, 80538 München**

(54) Bezeichnung: **MODULARE, MINIATURISIERTE SCHALTANLAGE**

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

HINTERGRUND DER ERFINDUNG Gebiet der Erfindung

[0001] Diese Erfindung betrifft allgemein Schaltvorrichtungen und andere Schaltausrüstung, die hermetisch abgedichtete Unterbrecher verwenden mit einer Isolierung, die einen höheren elektrischen Widerstand als Luft besitzt, und insbesondere auf kompakte Schaltvorrichtungen, die modulare Komponenten verwenden, um die Gesamtgröße des Systems zu vermindern.

Hintergrundinformation

[0002] Schaltungsunterbrecher sehen Schutz für elektrische Systeme vor elektrischen Fehlerzuständen vor, wie beispielsweise Stromüberlastungen, Kurzschlüssen und abnormalen Spannungspegelbedingungen. Typischerweise umfassen Schaltungsunterbrecher einen federgetriebenen Betriebsmechanismus, welcher elektrische Kontakte öffnet, um den Strom durch die Leiter eines elektrischen Systems zu unterbrechen ansprechend auf abnormale Bedingungen. Insbesondere sind Vakuumschaltungsunterbrechervorrichtungen bekannt, die trennbare Hauptkontakte umfassen, die in einem isolierenden Gehäuse angeordnet sind. Allgemein ist einer der Kontakte festgelegt, und zwar sowohl bezüglich des Gehäuses als auch bezüglich eines externen elektrischen Leiters, der mit der durch den Schaltungsunterbrecher zu steuernden Schaltung verbunden ist. Der andere Kontakt ist beweglich. Im Fall eines Vakuumschaltungsunterbrechers weist die bewegliche Kontaktanordnung üblicherweise einen Schaft mit kreisförmigem Querschnitt auf, wobei der Kontakt an einem Ende davon innerhalb einer Vakuumkammer umschlossen ist, und wobei ein Antriebsmechanismus am anderen Ende davon außerhalb der Vakuumkammer angeordnet ist. Eine Betätigungsstangenanordnung, einschließlich einer Schubstange, welche am Ende des Schafts entgegengesetzt zu dem beweglichen Kontakt befestigt ist, und eines Antriebsmechanismus sehen die Bewegungskraft vor, um den beweglichen Kontakt in Eingriff oder außer Eingriff mit dem festgelegten Kontakt zu bewegen.

[0003] Die Betätigungsstangenanordnung ist funktionsmäßig mit einem verriegelbaren Betätigungsmechanismus verbunden, welcher auf einen abnormalen Stromzustand ansprechend ist. Wenn ein abnormaler Zustand erreicht wird, wird der verriegelbare Betätigungsmechanismus entriegelt, was bewirkt, dass sich die Betätigungsstange in die offene Position bewegt. Die Bewegung der Betätigungsstange bewirkt ihrerseits, dass sich der Kontaktwinkelhebel dreht, und wie oben beschrieben wurde, steuert dies die Bewegung des beweglichen Kontakts.

[0004] Kompressionsfedern sind in Verbindung mit der Betätigungsstangenanordnung vorgesehen, um zu ermöglichen, dass der bewegliche Kontakt von dem feststehenden Kontakt getrennt wird und um die notwendige Kraft zu gewährleisten, so dass die Kontakte sich nicht unter unangemessenen Bedingungen zufällig öffnen. Wenn entsprechende Umstände eine Unterbrechung der Schaltung erfordern, wird zusätzlich eine angemessene Kraft benötigt, um die Kontakte mit ausreichender Geschwindigkeit zu öffnen. Wenn sich die Kontakte nicht schnell öffnen, besteht ein Risiko, dass die Kontakte verschweißen und den Strom nicht unterbrechen.

[0005] Vakuumunterbrecher oder -schließer werden typischerweise verwendet, um beispielsweise Wechselströme bei mittlerer Spannung zu unterbrechen, und im Fall von Vakuumunterbrechern auch Hochspannungs-Wechselströme mit mehreren tausend Ampere oder mehr zu unterbrechen. Schließer bzw. Wiederschließer umfassen Unterbrecher, die konstruiert sind, um typischerweise in einem Strombereich von Ampere und nicht von Kiloampere zu arbeiten und die automatisch nach einer vorgegebenen Verzögerung wieder schließen für eine gegebene Anzahl von Malen in einem Versuch, den Schaltkreis automatisch wiederherzustellen. Vom Standpunkt dieser Erfindung aus sind die hier diskutierten Prinzipien jedoch auf beide gleichermaßen anwendbar sowie auf andere Lastunterbrechungsschalter, Schaltungsunterbrecher und Schaltungstrenner.

[0006] Typischerweise ist in Übereinstimmung mit herkömmlicher Praxis ein Vakuumunterbrecher für jede Phase einer Mehrphasenschaltung vorgesehen, und die Unterbrecher für die verschiedenen Phasen werden gleichzeitig betätigt durch einen gemeinsamen verriegelbaren Betätigungsmechanismus. Dies gestattet kein Wellenpunktschalten bzw. Schalten an einem bestimmten Punkt einer Welle (Point-on-Wave) unter den verschiedenen Phasen und kann eine Spannungstransiente bzw. Spannungsspitze und sogar eine Abnutzung der Kontakte verursachen.

[0007] Mittelgroße Schaltvorrichtungen unter Verwendung von Vakuumunterbrechern besitzen typischerweise einen vorderen Niedrigspannungsteil gerade hinter der Vorderabdeckung, die typischerweise die Unterbrechersteuerungen umfasst. Der Niedrigspannungsteil ist durch die Verwendung von Abstandshaltern von den Hochspannungsteilen, die die Vakuumunterbrecher umfassen, elektrisch isoliert. Die Abstandshalter gestatten einen ausreichenden Abstand zwischen den leitenden Komponenten, so dass Luft innerhalb des Gehäuses ein effektiver Isolator sein kann, um die Niedrigspannungsteile der Schaltvorrichtung von den Hochspannungskomponenten zu trennen bzw. zu isolieren. Jedoch trägt der Abstand auch zur Größe dieser Einheiten bei.

[0008] In letzter Zeit wurden Versuche unternommen, die Größe dieser Einheiten zu vermindern, indem sie hermetisch abgedichtet werden und mit einem gasförmigen Isolator gefüllt werden, der eine höhere dielektrische Kapazität bzw. Fähigkeit als Luft hat, beispielsweise SF₆. Dies erzeugt jedoch eine Anzahl von Umweltschutzproblemen.

[0009] Entsprechend wird eine verbesserte Schaltungsvorrichtungskonstruktion für mittlere Spannung gewünscht, die die Gesamtgröße vermindert und die Wartungsfreundlichkeit der Einheit verbessert.

[0010] Das Dokument US-A-5,864,942 offenbart eine abgedichtete Hochspannungs-Vakuumschaltseinheit gemäß dem Stand der Technik.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0011] Diese und andere Bedürfnisse werden von der vorliegenden Erfindung erfüllt, die ein Schaltungssystem aufweist, das aus einer Anzahl einsteckbarer, integraler, modularer Einheiten besteht, wobei jedes Modul von einer massiven bzw. soliden elektrischen Isolierung umschlossen ist, die die leitenden Glieder an der Verbindung zwischen den Modulen hinsichtlich eines Kontakts mit Niederspannungsteilen der Umgebung isoliert bzw. trennt.

[0012] Um das Ziel zu erreichen, ist gemäß der vorliegenden Erfindung eine Schaltungsschaltvorrichtung vorgesehen, die die Merkmale des Anspruchs 1 aufweist.

[0013] Gemäß einer Ausführungsform weist eines der Module eine Vakuumschaltvorrichtung auf (nachfolgend als "Trenn-Modul" oder "Trenner-Modul" bezeichnet) mit einer Vielzahl stationärer Kontakte und einem beweglichen Kontaktmechanismus, die mit jedem der stationären Kontakte verbindbar ist, die alle in einem Vakuumgefäß, auch als Vakuumflasche (vacuum bottle) bekannt, umschlossen sind. Mindestens zwei leitende Schaltungselemente sind mit einem der stationären Kontakte bzw. mit dem beweglichen Kontaktmechanismus verbunden, während ein zweiter stationärer Kontakt geerdet ist. Der bewegliche Kontakt innerhalb des Vakuumgefäßes des Trenner-Moduls ist verbindbar mit einem Kontakt eines separaten Unterbrechermoduls, das auch einen Vakuumschaltungsunterbrecher enthalten kann. Jede externe elektrische Verbindung an dem Trenner-Modul, das verbindbar ist entweder mit einer Leitungsquelle, z. B. der Hauptstromschiene, oder mit einem elektrischen Verbinder eines separaten Trenner-Moduls, endet in einem isolierten elektrischen Verbinder, der konstruiert ist, so dass er mit einem komplementären isolierten elektrischen Verbinder der Leitungsquelle oder des Unterbrechermoduls zusammenpasst. Die anderen externen elektrischen Verbindungen der Schaltungssystem-Module, die mit irgendeinem anderen Modul in dem System oder der Schaltungsschnittstelle verbunden sind bzw. eine Schnittstelle bilden, verwenden auch in ähnlicher Weise komplementäre isolierte elektrische Verbindere, die die Schnittstelle hinsichtlich der äußeren Umgebung elektrisch isolieren und die zusammenpassenden elektrischen Verbindere hinsichtlich eines Kontakts mit Teilen der Umgebung mit niedrigerer Spannung abdichten, während eine gute elektrische Verbindung aufrecht erhalten wird, mit der möglichen Ausnahme einer Masseverbindung bzw. Verbindung mit Erde. Wenn nur eine einzige Leitungsquelle verwendet wird in dem Fall, dass das Trenner-Modul zur Aufnahme von mehr als einer Leitungsquelle ausgelegt ist, wird der freiliegende elektrische Verbinder mit einem vollständig isolierten, komplementären Verbinder in der Form eines komplementären, elektrisch nicht-leitenden Steckers ausgestattet, um den nicht verwendeten elektrischen Verbinder hinsichtlich einer niedrigeren Spannung aufweisenden Teilen des umgebenden Schaltungssystem oder der Umgebung, z. B. Luft, zu isolieren. Das Vakuum-Trenner-Modul ist betätigbar zum Verbinden des Unterbrechermoduls alternativ mit einer oder mehreren Quellen oder Erde bzw. Masse in dem Fall, dass Wartung erforderlich ist, oder wenn beide Kontakte im offenen Zustand sind, kann das Trenner-Modul das Unterbrechermodul in schwebenden (floating) Zustand isolieren.

[0014] Das Unterbrechermodul bildet eine zweite modulare Komponente dieser Erfindung, die einen herkömmlichen Vakuumunterbrecher umfasst, der ausgelegt ist, um die bei der Unterbrechungsfunktion auftretenden Ströme auszuhalten, und dessen Kontaktanschlüsse mit isolierten elektrischen Verbindern verbunden sind, welche durch das Vakuumgefäß ragen. Zweckmäßigerweise haben beide durch das Vakuumgefäß ragende, isolierte elektrische Verbindere des Unterbrechermoduls den gleichen Aufbau, so dass jeder davon mit jeder Seite der Schaltung verbunden werden kann. Das Unterbrechermodul umfasst ferner einen integrierten oder separaten In-Line-Betätiger, welcher zur Betätigung des beweglichen Kontakts des Unterbrechermoduls dient und vorzugsweise innerhalb eines isolierenden Gehäuses umschlossen ist, das sowohl das Vakuumgefäß als auch den In-Line-Betätiger umschließen könnte. Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel verwendet der In-Line-Betätiger zwei Spulen, die jeweils eine unterschiedliche Bewegungsrichtung des beweglichen Kontakts steuern. Die Spannung an jeder der Spulen des In-Line-Betätigers kann unabhängig gesteuert werden, so dass der bewegliche Kontakt in geeigneter Weise mit Energie versorgt werden kann, um sich in die gewünschte Richtung zu bewegen und gebremst zu werden, um dem beweglichen Kontakt zu einer weichen Landung zu verhelfen. Alternativ dazu kann eine einzige Spule verwendet werden mit Mitteln zum Umkehren des Stroms durch die Spule. Ein einziges Vakuum-Trenner-Modul und Unterbrechermodul, das einen Vakuumunterbrecher und In-Line-Betätiger aufweist, wird für jede Phase der Schaltung verwendet.

[0015] Ein Lastverbinder bildet ein drittes Modul dieser Erfindung. Das Lastverbindermodulumfasst separate, isolierte, elektrische Ausgangsverbinder für jede Phase der Last, die die Schnittstelle hinsichtlich der äußeren Umgebung elektrisch isolieren und die zusammenpassenden Verbinder hinsichtlich Teilen der Umgebung mit niedrigerer Spannung abdichten, während eine gute elektrische Verbindung aufrecht erhalten wird. Das Lastverbindermodulumfasst auch integrierte Überwachungsstromwandler für jede Phase sowie eine elektrische Verbindung zum Einstecken eines modularen Spannungswandlers bzw. Spannungsumformers. Das Lastverbindermodulumfasst ferner isolierte elektrische Eingangsverbinder, die jeweils in elektrischem Kontakt mit den entsprechenden elektrischen Ausgangsverbindern stehen und jeweils mit einem komplementären elektrischen Verbinder an jedem der Unterbrechermodule zusammenpassen. Die Lastverbindermodulkomponenten sind in einem soliden bzw. massiven, elektrisch isolierten Gehäuse aufgenommen.

[0016] Ein Wellenpunktsteuerungsmodul bzw. Point-on-Wave-Steuerungsmodul ist auch vorgesehen, das gemäß einem Ausführungsbeispiel geeignet ist, Eingaben zu erhalten von den Drei-Phasen-Überwachungsstromwandlern, dem Spannungswandler und Sensoren, die die Position, Geschwindigkeit, Temperatur und Vergangenheit der Unterbrechermodulkomponenten sowie die verfügbare Steuerspannung überwachen. Die Wellenpunktsteuerung analysiert Eigenschaften bzw. Charakteristiken des Unterbrechermoduls und die Laststromwellenform, überwacht und empfängt Eingaben von den Schaltungsauslöserrelais und gibt Anweisungen an die In-Line-Betätiger, die entsprechenden Phasen zu geeigneten Zeiten zu öffnen oder zu schließen, um Spannungsspitzen bzw. Spannungstransienten und schädlichen Einfluß auf die Schaltung und die Komponenten des Schaltungsschaltsystems zu minimieren. Die Wellenpunktsteuerung ist besonders zweckmäßig zur Minimierung von Lichtbogenbildung beim Schließen des Kreises bzw. der Schaltung, indem jede Phase bei ihrem Null-Strom geschlossen wird und die Wahrscheinlichkeit einer Neuzündung verringert wird.

[0017] Entsprechend sind die stromführenden Komponenten der modularen Einheiten vollständig isoliert bezüglich Teilen der Umgebung mit niedrigerer Spannung, wobei trennbare komplementäre isolierte elektrische Verbinder verwendet werden. Zusätzlich ist die Außenschicht bzw. Außenseite des Gehäuses jeder modularen Einheit mit einer elektrisch leitenden Beschichtung überzogen bzw. bedeckt, die gestattet, dass die Module in engem Kontakt stehen, ohne die umgebende Luft zu ionisieren. Die beschriebene Isolierung und elektrisch leitende Beschichtung ermöglichen, dass die verschiedenen Module in dem Gehäuse des Schaltungsschaltsystems viel näher beieinander angeordnet sein können, wodurch die Gesamtgröße des Schaltsystemgehäuses signifikant vermindert wird. Die trennbaren, lösbaren Module verbessern ferner die Wartung, während die Wellenpunktsteuerung und die Unterbrechungsfähigkeit der In-Line-Betätiger die Lebensdauer der integrierten Komponenten und des Systems verlängern.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0018] Ein besseres Verständnis der Erfindung kann erhalten werden aus der folgenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen, in denen:

[0019] **Fig. 1** eine Darstellung der modularen mechanischen Komponenten dieser Erfindung ist;

[0020] **Fig. 2** eine Darstellung von Teilen des modularen Systems dieser Erfindung ist und insbesondere die Wellenpunktsteuereinrichtung (Point-on Wave Controller) sowie die universelle Leistungsversorgungswechselwirkung mit dem Rest des modularen Systems darstellt;

[0021] **Fig. 3a** ist eine Seitenansicht, teilweise im Schnitt, des Unterbrecherpoleinheitsanordnungsmoduls dieser Erfindung;

[0022] **Fig. 3b** ist eine Seitenschnittansicht eines in Reihe befindlichen bzw. In-Line-Betätigers, welcher zwei Betätigerspulen umfasst und von dem Unterbrechermodul dieser Erfindung verwendet werden kann;

[0023] **Fig. 4** ist eine Darstellung des Drei-Positions-Vakuumisolator-Moduls dieser Erfindung;

[0024] **Fig. 5a** ist eine Darstellung, die die mechanischen modularen Komponenten dieser Erfindung zeigt, und zwar verbunden in einer Anordnung mit einer einzigen Drei-Phasen-Stromschiene;

[0025] **Fig. 5b** ist eine Darstellung der mechanischen modularen Komponenten dieser Erfindung verbunden zu zwei separaten Drei-Phasen-Stromschieneanordnungen, die alternativ mit dem System verbunden werden können;

[0026] **Fig. 6a** ist eine graphische Darstellung, die die Wirkung auf eine Drei-Phasen-Federstromwellenform durch gleichzeitiges Öffnen eines herkömmlichen Dreipol-Schaltungsunterbrechers zeigt; und

[0027] **Fig. 6b** ist eine graphische Darstellung, die die Wirkung auf eine Drei-Phasen-Fehlerstromwellenform durch synchrones Öffnen von drei Polen eines Schaltungsunterbrechers mit unabhängigen Betätigern für jeden Pol gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele

[0028] **Fig. 1** zeigt die modularen mechanischen Komponenten dieser Erfindung. Das Unterbrechermodul **14** weist eine Vakuumunterbrecher-/lineare Betätigeranordnung auf. Obwohl **Fig. 3(a)** nur den Vakuumunterbre-

cherteil der Anordnung abgedichtet innerhalb eines soliden isolierten Gehäuses **24**, wie beispielsweise aus Epoxid, Silicon, Polyurethan, etc. zeigt, sollte erkannt werden, dass die gesamte Einheit in dem isolierten Gehäuse abgedichtet werden kann, jedoch ist es nicht notwendig, dass der Betätiger derart isoliert ist, da er eine Komponente mit relativ niedriger Spannung ist. Der Vakuumunterbrecherteil **26** des Unterbrechermoduls **14** ist eine herkömmliche Vakuumschaltungsunterbrecherkonstruktion und ist vollständiger in **Fig. 3** dargestellt. Der Vakuumunterbrecher **26** ist in einem hermetisch abgedichteten Gefäß **34** aufgenommen und umfasst einen stationären Kontakt **28** und einen beweglichen Kontakt **30**, welcher betätigt wird durch eine Anordnung **32** aus Schubstange und beweglichem Kontaktschaft, die gleitbar und abgedichtet durch das Gefäß **34** eingepasst ist und betätigbar ist, um den beweglichen Kontakt **30** in Eingriff und außer Eingriff mit dem stationären Kontakt **28** zu bewegen. Der stationäre Kontakt **28** ist über einen innerhalb des elektrisch isolierten Gehäuses **24** abgedichteten elektrischen Leiter mit einem elektrischen Verbinder **38** verbunden, der konstruiert ist, um mit einem entsprechenden komplementären elektrischen Verbinder an dem in **Fig. 1** gezeigten Vakuumisolator-Modul **12** zusammenzupassen. In ähnlicher Weise ist der bewegliche Kontakt über einen elektrischen Leiter mit einem elektrischen Verbinder **36** verbunden, der auch elektrisch abgeschirmt ist, durch das elektrisch isolierte Gehäuse **24** und konstruiert ist, um mit einem komplementären elektrischen Verbinder auf dem in **Fig. 1** gezeigten Lastverbindermodul **16** zusammenzupassen. Die elektrischen Verbinder **36** und **38** können entweder Stecker oder Buchsen sein, aber zweckmäßigerweise sollten sie die gleiche Konstruktion besitzen, so dass die Verbindungen untereinander austauschbar sind. Die Anordnung **32** aus beweglichem Kontaktschaft und Schubstange ist ihrerseits mit dem Anker auf dem In-Line-Betätiger **40** verbunden, der den beweglichen Kontakt in Eingriff und außer Eingriff mit dem stationären Kontakt **28** antreibt, und zwar ansprechend auf eine Eingabe eines geeigneten Betriebssignals, das an der elektrischen Verbindung zu der In-Line-Betätigerspule bzw. den In-Line-Betätigerspulen **44** angelegt ist und von dem Wellenpunktsteuereinrichtungsmodul abgeleitet ist, das in größeren Einzelheiten mit Bezug auf **Fig. 2** beschrieben wird.

[0029] Der In-Line-Betätiger **40** besitzt eine herkömmliche Konstruktion und besteht entweder aus einer oder zwei elektrischen Spulen, die um eine magnetisch permeable bzw. durchlässige, hohle Form gewickelt sind, die benachbart zu einem hohlen Seltenerd-magnet angeordnet ist. Beim Zwei-Spulen-Design ist der Seltenerd-magnet zwischen den zwei Spulen angeordnet, und ein Anker ist in der hohlen Mitte angeordnet. Beim Ein-Spulen-Design, wie es in **Fig. 3(a)** gezeigt ist, wird eine Spannung mit einer gegebenen Polarität an die Spule **39** angelegt, um den Anker **45** in einer ersten Richtung zu bewegen, und Spannung mit der umgekehrten Polarität wird an die Spule **39** angelegt, um den Anker **45** in der entgegengesetzten Richtung zu bewegen. Beim Zwei-Spulen-Design des In-Line-Betätigers **40**, welcher in **Fig. 3(b)** gezeigt ist, wird Spannung an eine der Spulen **39** in einer ersten Richtung angelegt, um eine Bewegung des Ankers **45** in einer Richtung zu bewirken, und Spannung wird an die zweite Spule **41** in der entgegengesetzten Richtung angelegt, um eine entgegengesetzte Bewegung des Ankers **42** zu bewirken. Beim Zwei-Spulen-Design, das in **Fig. 3(b)** gezeigt ist, steuert das Wellenpunktsteuereinrichtungsmodul, das mit Bezug auf **Fig. 2** nachfolgend genauer beschrieben wird, unabhängig die an jede Spule angelegte Spannung und ist bei einem Ausführungsbeispiel programmiert, um zu entsprechenden Zeiten und in entsprechender Höhe eine Spannung an beide Spulen gleichzeitig anzulegen, um den beweglichen Kontakt **30** zu bremsen, um diesem zu einer weichen Landung auf dem stationären Kontakt **28** zu verhelfen. Alternativ dazu kann bei dem Ein-Spulen-Design die an die Antriebsspule angelegte Spannungspolarität umgekehrt werden, gerade bevor der Kontakt geschlossen wird, um die Landung abzufedern. Auf diese Weise wird der bewegliche Kontakt in jede Richtung angetrieben, indem ein geeigneter Antriebsstrom an die entsprechende elektrische Spule angelegt wird und die Bewegung gesteuert wird, um eine Abnutzung der Komponenten zu vermindern. Obwohl es nicht notwendig ist, da die an den In-Line-Betätiger angelegte Spannung relativ klein ist verglichen mit der Spannung über den Vakuumunterbrecher hinweg, ist es dennoch zweckmäßig, dass das isolierte Gehäuse **24** das gesamte Unterbrechermodul **14**, wie es in **Fig. 1** gezeigt ist, umgibt, um eine integrale Einheit zu bilden, was die Ganzheit bzw. Integrität des Moduls insgesamt verbessert.

[0030] Das in **Fig. 1** gezeigte Vakuum-Trenner-Modul **12** ist zwischen der Stromschiene **20** und einem der elektrischen Verbinder **38** oder **36** des Unterbrechermoduls **14** angeordnet; vorzugsweise steht der elektrische Verbinder **38** elektrisch in Verbindung mit dem stationären Kontakt **28**. Das Vakuum-Trenner-Modul **12** ist vollständiger dargestellt in **Fig. 4**, die einen Drei-Positions-Trenner zeigt, der in der Lage ist, das Unterbrechermodul **14** entweder mit einer ersten Stromschiene oder einer zweiten Stromschiene oder Masse oder Erde zu verbinden. Alternativ dazu kann das Vakuum-Trenner-Modul dieser Erfindung einen Zwei-Positions-Vakuum-Trenner verwenden, in dem nur eine Stromschienenverbindung vorgesehen ist und eine geerdete Verbindung nicht erwünscht ist, obwohl ein Drei-Positions-Vakuum-Trennmodul mit geerdeter Verbindung bevorzugt wird. Das Vakuum-Trenner-Modul **12** ist in vielerlei Hinsicht analog zu dem Vakuumunterbrecher des Unterbrechermoduls **14**, das vorher mit Bezug auf **Fig. 3** beschrieben wurde. Einer der elektrischen Verbinder des Unterbrechermoduls, entweder **36** oder **38** und üblicherweise **38**, ist mit einem der elektrischen Eingangsverbinder **46** des Vakuum-Trenner-Moduls **12** verbunden. Die Verbindung wird hergestellt über eine komplementäre Konstruktion aus Stecker und Buchse, die die elektrischen Leiter innerhalb der Verbinder elektrisch isoliert und

im Wesentlichen die Leiter von Niederspannungsteilen der Umgebung trennt. Der elektrische Verbinder **46** ist über einen elektrischen Leiter mit einer beweglichen Kontaktanordnung **48** (figürlich an seiner Stelle bezeichnet, aber nicht ausdrücklich gezeigt) verbunden, die axial beweglich ist und sich innerhalb eines hermetisch abgedichteten Vakuumgefäßes **50**, **50N** innerhalb des Isolator- bzw. Trenner-Moduls **12** hin- und herbewegen kann. Das Vakuumgefäß **50**, **50N** nimmt auch zwei stationäre Kontakte **52** und **56** (figürlich bezeichnet an ihrer Stelle) auf, die jeweils über individuelle Leiter mit elektrischen Verbindern **54** und **58** verbunden sind, die mit Komplementären elektrischen Verbindern zusammenpassen, welche jeweils mit einer Masseverbindung und einer Stromschiene assoziiert sind; Jedoch wird der Fachmann erkennen, dass es nicht notwendig ist, die Masseverbindung so zu isolieren. Die elektrischen Verbinder **54** und **62** sind mit dem gleichen stationären Kontakt verbunden. Wenn nur eine einzige Stromschiene verwendet wird, kann ein elektrisch isolierter, abdichtbarer Stecker **16** verwendet werden können. Wenn nur einen einzigen Stromschiene verwendet wird, kann ein elektrisch isolierter, abdichtbarer Stecker **60** verwendet werden, um einen der elektrischen Verbinder, beispielsweise **62**, elektrisch zu isolieren und diesen Verbinder bezüglich eines Kontakts mit Niederspannungsteilen der Umgebung im Wesentlichen zu isolieren bzw. trennen. Das in **Fig. 4** gezeigte Drei-Positions-Vakuum-Trenner-Modul **12** ist aufgebaut aus zwei nebeneinander angeordneten Vakuumunterbrechergefäßen **50** und **50N**, die den beweglichen Kontakt **48** und den stationären Kontakt **52** bzw. den beweglichen Kontakt **49** und den stationären Kontakt **56** aufnehmen. Bei dieser Anordnung sind die beweglichen Kontakte **48** und **49** mit dem gleichen elektrischen Verbinder **46** verbunden. Der Umschalter **68** bewegt die Schubstange **66** des beweglichen Kontakts in entgegengesetzter Richtungen bezüglich des stationären Kontakts **52** und versieht den beweglichen Kontakt **48** mit zwei stabilen Positionen, entweder in Eingriff mit dem stationären Kontakt **52** oder außer Eingriff damit. In ähnlicher Weise und unabhängig von der Position des beweglichen Kontakts **48** ist der Umschalter **68** angeordnet, um die Schubstange **67** des beweglichen Kontakts in entgegengesetzte Richtungen relativ zu dem stationären Kontakt **56** zu bewegen, was den beweglichen Kontakt **49** mit zwei stabilen Positionen versieht, entweder in Eingriff mit dem stationären Kontakt **56** oder außer Eingriff damit. Wenn der bewegliche Kontakt **49** vollständig geschlossen ist und der bewegliche Kontakt **48** in der geöffneten Position ist, ist das System geerdet. Wenn der bewegliche Kontakt **48** vollständig geschlossen ist und der bewegliche Kontakt **49** in der geöffneten Position ist, ist das Unterbrechermodul **14** über den elektrischen Leiter **54** mit der Leistungsquelle verbunden. Wenn der Umschalter **68** bewirkt, dass beide beweglichen Kontakte **48** und **49** in der offenen Position sind, und zwar außer Kontakt mit ihren entsprechenden stationären Kontakten **52** bzw. **56**, ist das Unterbrechermodul **14** schwimmend bzw. schwebend. Der Umschalter **68** ist mit einer Verriegelung ausgestattet, die verhindert, dass beide beweglichen Kontakte **48** und **49** gleichzeitig geschlossen sind. Ein ähnliches Ergebnis kann erreicht werden unter Verwendung eines In-Line-Betätigers als Antriebsmechanismus für die beweglichen Kontakte. Alternativ dazu kann das Drei-Positions-Trenner-Modul konstruiert werden, wie es in der gleichzeitig hiermit eingereichten Anmeldung mit der Seriennr. _ (Anwaltsaktenzeichen: 98-PDC-065) beschrieben ist.

[0031] Verschiedene Vakuum-Trenner-Module **12** können kaskadiert werden, wie es in **Fig. 5b** dargestellt ist, um mehr als eine Leistungsquelle mit der Last zu verbinden, entweder um die Leistungseingabe zu erhöhen oder um eine alternative Ersatzleistungsquelle vorzusehen. Somit können die beweglichen Kontakte innerhalb des Vakuum-Trenner-Moduls **12**, verbunden mit dem Unterbrechermodul **14** über den elektrischen Verbinder **46**, das Unterbrechermodul **14** mit der einen oder der anderen der zwei Hauptstromschienen, oder mit Masse verbinden, oder können eine schwimmende bzw. schwebende Unterbrechung vorsehen, mit beiden beweglichen Kontakten **48** und **49** in der offenen Position. Bei dem in **Fig. 4** gezeigten Ausführungsbeispiel werden die beweglichen Kontakte **48** und **49** unter dem Einfluss eines Umschalters **68** und Schubstangen **66** und **67** durch die drei diskreten Positionen der beweglichen Kontakte bewegt, und zwar entweder ein beweglicher Kontakt geschlossen bezüglich seines entsprechenden stationären Kontakts oder beide beweglichen Kontakte offen, wobei diese Positionen gesteuert werden durch den übermittigen Umschaltmechanismus **68** unter dem Einfluss eines Drehwirkungsschalters (nicht gezeigt) auf der Vorderseite des Trenner-Moduls **12**. Die elektrisch leitenden Teile des Isolator- bzw. Trenner-Moduls **12**, die mit anderen Systemmodulen in Verbindung stehen, sind innerhalb eines soliden isolierten Gehäuses **70** eingeschlossen.

[0032] Bezugnehmend wiederum auf **Fig. 1** sei bemerkt, dass ein drittes integrales Modul **16** vorgesehen ist, um einen der Anschlüsse, üblicherweise **36** des Unterbrechermoduls **14** mit einem Leiterkabel einer Mehrleiterkabellastschaltung **72** zu verbinden. Das Lastschaltungsverbindermodul **16** umfasst einen entsprechenden elektrischen Verbinder **74**, der den Lastleiter hinsichtlich eines Kontakts mit Niederspannungsteilen der Umgebung elektrisch isoliert und im Wesentlichen davon trennt. Ein elektrischer Verbinder **74** ist für jedes Leiterkabel vorgesehen. Das Mehrleiterkabel könnte unterschiedliche Stromphasen von einer Mehrphasenstromschaltung führen oder den Strom in einer gegebenen Phase aufteilen. Somit kann die Mehrleiterkabellastschaltung **72** mehr als die drei Leiterkabel aufweisen, die in **Fig. 1** dargestellt sind, die veranschaulichend sein soll. Jeder elektrische Verbinder **74** ist über einen internen elektrischen Leiter mit einem elektrischen Ausgangsverbinder **76** gekoppelt, der konstruiert ist, um mit einem der elektrischen Verbinder **36** oder **38** des Unterbrechermoduls **14** zusammen zu passen, und zwar üblicherweise mit dem Verbinder **36**. Jede Phase ist auch mit ei-

nem integrierten Stromwandler **80** versehen, der Überwachungsausgänge vorsieht, die in **Fig. 1** nicht gezeigt sind. Das Lastschaltungsverbindermodul **16** umfasst auch eine Einsteckverbindung **78** für einen Spannungswandler **18**, der intern konfiguriert ist innerhalb des Lastschaltungsverbindermoduls **16**, um eine der Leitungsphasen mit Masse zu verbinden. Das gesamte Lastschaltungsverbindermodul **16** ist in einer soliden elektrischen Isolierung umschlossen, wie beispielsweise Epoxid, Silikon, Polyurethan, etc.

[0033] Somit zeigt **Fig. 1** die hochstromigen zusammensteckbaren mechanischen Module des Schaltsystems dieser Erfindung. Man sollte erkennen, dass ein Unterbrechermodul **14** für jede Phase erforderlich ist, und dass mindestens ein Vakuum-Trenner-Modul **12** in ähnlicher Weise für jede Phase der Last benötigt wird. Die Überwachungs- und Steuerfunktionen innerhalb des Wellenpunktsteuermoduls **88**, die Eingaben erhalten von den Stromwandlern, die einen Teil des Lastschaltungsverbindermoduls **16** bilden, von dem Spannungswandler, der das Modul **18** bildet, und von anderen Sensoren in dem Schaltungssystem und die Treiber-signale für den In-Line-Betätiger **40** in dem Unterbrechermodul **14** vorsehen, sind vollständiger in **Fig. 2** dargestellt.

[0034] Das Wellenpunktsteuermodul **84** dieser Erfindung, das eine programmierbare Steuereinrichtung bzw. Controller **88** und Treiberschaltungen **96** umfasst, arbeitet bei einer viel niedrigeren Spannung als die Leitungs- und Lastspannungen, die von dem Unterbrechermodul geschützt werden, das durch das Bezugszeichen **14** in **Fig. 2** dargestellt ist. Die Spannung zum Betrieb der Elektronik und Steuerschaltungen innerhalb des Wellenpunktsteuermoduls **84** ist vorgesehen durch eine Aufbereitungsschaltung **86**, die eine universelle Leistungsversorgung für die verschiedenen Überwachungs-, Steuer- und Betätigungsfunktionen dieser Erfindung bildet. Die Leistungsversorgung **86** sieht Eingaben an die Wellenpunktsteuereinrichtung **88** und Treiber **96** vor, die die entsprechenden Betätigungssignale an die In-Line-Betätiger **40** im Unterbrechermodul **14** liefern. Die Wellenpunktsteuereinrichtung **88** empfängt Eingaben von den Drei-Phasenstromwandlern des Eingabemoduls **16**, der Spannungsabgabe vom Modul **18**; Ausgaben von Temperatursensoren, die die Temperatur an Schlüsselkontaktstellen überwachen; den Schließensensoren **94**, die den Zustand jedes Vakuumunterbrechers **14** für jede Phase der Schaltung identifizieren; und Beschleunigungs- und Geschwindigkeitssensoren, die mit den Vakuumunterbrechern **14** assoziiert sind. Andere Sensoreingaben können auch angenommen werden, um die Umgebung, den aktuellen Zustand der Komponenten, die Wartungshistorie und die Betriebsgeschichte des Systems besser zu verstehen. Eingaben können auch geliefert werden durch manuell betätigte Relais und/oder Auslöserelais, die beispielsweise augenblickliche und Verzögerungsauslösungsberechnungen durchführen. Die Wellenpunktsteuereinrichtung **88** führt programmiertes synchrones Schließen der Kontakte im Unterbrechermodul **14** durch, durch Vorsehen der entsprechenden Ausgangssignale an die Treiber **96**, und zwar unabhängig, um die In-Line-Betätiger **40** an dem geeigneten Punkt im Stromzyklus für jede Phase der Leistungsquelle zu erregen, und zwar entsprechend der gegebenen programmierten Funktion, die die Wellenpunktsteuereinrichtung anspricht. Beispielsweise wenn ein Befehl **90** zum manuellen Schließen empfangen wird, wird die Wellenpunktsteuereinrichtung den Stromzyklus in jeder Phase überwachen und den In-Line-Betätiger anleiten, den entsprechenden Vakuumunterbrecher in dem Unterbrechermodul **14** an dem am besten geeigneten Zeitpunkt zu Schließen, um ein optimiertes Szenario von Schaltungsbedingungen zu erreichen, das eine Funktion der Art der Last ist, z. B. kapazitiv, induktiv, etc. Wenn andererseits die Wellenpunktsteuereinrichtung ein Auslösesignalempfängt, leitet es jeden der entsprechenden In-Line-Betätiger **40** an, den entsprechenden Vakuumunterbrecher in den Unterbrechermodulen **14** unmittelbar zu öffnen, um Schäden an der Ausrüstung zu vermeiden und Lichtbogenbildung zu minimieren. Für jede Art von Last gibt es im Allgemeinen zwei solcher Szenarios zum Schließen und zwei zum Öffnen – normale Last und Fehlerzustand.

[0035] Genauer gesagt, ist die Wellenpunktsteuereinrichtung **88** im Modul **84** eine Mikroprozessor-basierte elektronische Steuerung, die synchrones Schließen und Öffnen von Schaltungsverbindungen für jeden individuellen Pol vorsieht, um die Lebensdauer der Vakuumunterbrecherkontakte innerhalb des Unterbrechermoduls **14** und anderer Systemkomponenten zu erhöhen, und vermindert dramatisch Schaltspitzen, während ein einzigartig kleines Produkt vorgesehen wird. Das Wellenpunktsteuereinrichtungsmodul **84** sieht auch Zeitsteueranpassungen für die Permanentmagnet-In-Line-Betätigerschaltungen **40** vor, um Kontaktersion, Abnützung und Umweltbedingungen zu kompensieren. Das System funktioniert auf elektrische oder manuelle Befehlssignale hin.

[0036] Die Elektronik zum Betreiben der In-Line-Betätiger **40** umfasst Folgendes: einen Leistungsaufbereiter und eine Leistungsversorgung **86**, die Wellenpunktsteuereinrichtung **88** und die In-Line-Betätigertreiber **96** des Unterbrechermoduls **14**. Wie in **Fig. 2** gezeigt ist, ist die Wellenpunktsteuereinrichtung **88** zwischen die Leistungsversorgung **86** und die In-Line-Betätigertreiber **96** des Unterbrechermoduls geschaltet. Die Wellenpunktsteuereinrichtung **88** funktioniert als Kommandozentrum. Sie empfängt Daten von Sensoren, die auf dem Unterbrechermodul **14** angebracht sind, z. B. Beschleunigungsmesser, Geschwindigkeitssensor, etc., um die Zeit zu bestimmen, die erforderlich ist, um die Kontakte zu schließen oder zu öffnen sowie die Menge bzw. den Grad an Kontaktersion. Sie überwacht auch die Temperatur und kann andere Umweltbedingungen, z. B. Feuchtigkeit, überwachen, um den Betrieb des In-Line-Betätigers entsprechend anzupassen, und empfängt Information von der Steuerspannung und den Spannungs- und Stromwandlern, die die Leistungsquelle überwachen. Die

Wellenpunktsteuereinrichtung **88** empfängt auch Öffnen- und Schließ-Befehle von einem Schaltungsrelais und sieht die Intelligenz vor, um den Wellenpunktbetrieb (Point-on-Wave-Betrieb) durchzuführen.

[0037] Die Wellenpunktsteuereinrichtung **88** steht auch in Verbindung mit anderen elektronischen Systemen in der Schaltvorrichtung, wie beispielsweise Schutzrelais, Fernsteuerungen, Kommunikationsfunktionen. Jedoch ist sie unabhängig von diesen anderen elektronischen Systemen und muss funktionieren, selbst wenn solche anderen Systeme nicht vollständig betriebsfähig sind.

[0038] Die Leistungsversorgung **86** umfasst eine Leistungsaufbereitung, die einen Bereich von Eingabesteuerleistung annimmt und die Steuerleistung auf eine Spannung, d. h. 48–250 V Gleichstrom oder Wechselstrom, umwandelt, die von der Leistungsversorgung **86** benötigt wird. Die Spannung von der als Teil der universellen Leistungsversorgung **86** gezeigten Aufbereitung wird verwendet zum Laden der Leistungsversorgung, falls notwendig, d. h. zum Laden eines Kondensators/einer Batterie. Die Leistungsversorgung **86** funktioniert als Energiespeichermittel für das gesamte elektronische System. Die Wellenpunktsteuereinrichtung **88** empfängt diese Leistung von der Leistungsversorgung und sieht die gesamte Zeitabstimmung und Steuerung vor, die notwendig sind zum Betrieb der In-Line-Betätiger **40** und empfängt über Sensoren Information über die Betriebseigenschaften der Unterbrechermodule **14** und passt sich selbst an, um „von vorneherein“ („up front“) zu kompensieren, basierend auf gegenwärtigen Bedingungen und Information über vorhergehenden Betrieb, die in ihrem Speicher gespeichert ist. Der In-Line-Betätigertreiber **96** des Unterbrechermoduls ist die Auslöseschaltung, die als Verbindung zwischen der Leistungsversorgung **86**, der Wellenpunktsteuereinrichtung **88** und der In-Line-Betätiger **40** wirkt, in dem er seine Leistung von der Leistungsversorgung und Befehle von der Wellenpunktsteuereinrichtung **88** empfängt, um die In-Line-Betätigerspulen **39** und **41** auszulösen bzw. mit Energie zu versorgen.

[0039] Die Wellenpunktsteuereinrichtung ist intelligent genug, um den Zustand der Kontakte in den Unterbrechermodulen **14**, Leistungsquellenspannungen und -ströme, Steuerspannung, Abnutzung der Kontakte, Geschichte bzw. Historie der Kontaktbewegung, Ladezustand der Steuerleistungsversorgung und Temperatur und andere Eigenschaften der Umgebung zu kennen. Die folgende Aufstellung erklärt veranschaulichende Eingaben und Ausgaben der Wellenpunktsteuereinrichtung sowie den Grund, warum die Individuellen Eigenschaften überwacht werden.

Tabelle 1

Eingabe (Welche Eingaben?)	P.O.W. (Wellenpunktsteuereinrichtung) (Was durchführen?)	Ausgabe (Warum durchführen?)
Signal von der Auslöseeinheit für mittlere Spannung	(Empfange Signal zum Öffnen oder Schließen von der Auslöseeinheit.) Befiehlt den Start des Prozesses zum Erzeugen von Spulensteuersignalen zum Öffnen oder Schließen synchronisiert mit der Leitung für den Lasttyp	Synchroner Betrieb der Phasen A, B, C.
Strom Phase A Phase B Phase C	Lokalisierere Kreuzungspunkte bzw. Nulldurchgänge zur Verwendung als Referenz zum Synchronisieren der Kontaktöffnung. Phase A ist die primäre Referenz, Phase B wird verwendet als Ersatz, falls A fehlt.	Synchroner Betrieb der Phasen A, B, C.
Spannung Phase A Phase B Phase C	Lokalisierere Kreuzungspunkte bzw. Nulldurchgänge zur Verwendung als Referenz zum Synchronisieren zum Schließen der Kontakte. Phase A ist die primäre Referenz, Phase B wird verwendet als Ersatz, falls Phase A fehlt. Alle Phasen werden verwendet zum Bestätigen der Phasensequenz. Leitungsfrequenz wird berechnet aus Kreuzungs- bzw. Nulldurchgangszeiten.	Synchroner Betrieb der Phasen A, B, C. Anpassen an Phasensequenz. Verwende Phase B als Referenz, wenn Phase A offen ist. Bestimme Leitungsfrequenz.
	Rotiere Unterbrechung unter den Phasen. (Phase, auf die die letzte Operation bezogen war.)	Verlängern der Lebensdauer von Vakuumunterbrechern.
Temperatur	Berücksichtigen der Betriebseigenschaften des Permanentmagneten und der Spule aufgrund von Änderungen der Temperatur. Spannung an die Spule wird verändert bei Temperaturdifferenzen, um die Öffnungs- und Schließzeiten über einen Temperaturbereich hinweg konstant zu halten.	Versuch, konstante Öffnungs- und Schließzeiten für unterschiedliche Temperaturen aufrecht zu erhalten und Drift zu kompensieren.
Beschleunigungsmesser (Kontaktberührung/Trennung) & Geschwindigkeitssensor (Anker vollständig geschlossen/offen)	Berechne Differenz zwischen aktueller Position und Bezugsposition, um Abnutzung zu bestimmen. Verwende zur Bestimmung wann Leistung von der Spule wegzunehmen ist. Bestimme Werte für Kontaktberührung und -trennung.	Bessere Voraussage zukünftiger Zeitpunkte für Wellenpunkt-Betrieb. Energiesparen bei optimaler Abschaltung des Spulenantriebs, Voraussage des Endes der Kontaktlebensdauer wegen Abnutzung.
Lasttyp	Verwende Nachschlagetabelle für jeden Lasttyp. (Die meisten Lasten schießen bei einer Spannung Null +/- eine Millisekunde und die meisten Lasten öffnen mit einem Kontaktpalt von 4 bis 6 mm bei einem Strom Null.)	Minimiere Spannungsspitzen durch Verwendung der besten Schließ-/Öffnungspunkte auf der Welle.
Historie	Für Lebensdauer des Unterbrechers überwache: Kontakt-Schließ-/Öffnungs-Zeit, Temperatur, Lasttyp und Kontaktabnutzung.	Voraussage, was mit Kontakten passiert – sind tatsächliche gegenüber vorhergesagten Schließ-/Öffnungszeiten ähnlich; Sende Merker an Wartungsperson, dass Vakuumunterbrecherkontakte abgenutzt sind und ersetzt werden müssen, sonst versagt das Wellenpunkt-System. Vorsehen langfristiger Korrektur für Öffnungs-/Schließzeit.
Ladezustand der Versorgung	Überwache Zustand der Versorgung, Ladepegel und Ladezeit, was möglicherweise anzeigt, dass sich die Versorgung verschlechtert.	Sende Merker an Wartungsperson, dass Versorgung schlechter wird und Wartung/Ersatz benötigt.
	Betriebszyklenzähler (Bestimme, wann 10.000 Operationen durchgeführt wurden für eine Vakuumunterbrecher-Flasche.)	Wenn 10.000 Betriebsvorgänge erreicht sind, sende Merker an Wartungsperson zur Überprüfung der Kontakte.*

* (Der Vakuumunterbrecher kann wahrscheinlich 30.000 oder mehr Laststromschaltoperationen durchführen, bevor er abgenutzt ist.)

[0040] Die Wellenpunktsteuereinrichtung **88** ist eine Steuereinrichtung bzw. ein Controller auf Mikroprozessorbasis, die bzw. der programmierbar ist für verschiedene Arten von Lasten. Es gibt einen Eingang zu der

Wellenpunktsteuereinrichtung, der nicht gezeigt ist und es einem Bediener ermöglicht, die geeignete Art von Last zu identifizieren, für die die entsprechenden Wellenpunktsteueranforderungen vorprogrammiert sind. Die Arten von angesprochenen Lasten umfassen Kondensator- ungeerdet/geerdet, induktiv und resistiv bzw. ohmisch.

[0041] Zum Schließen der Schaltung bzw. des Kreise für die meisten Lasten wird jeder Pol separat synchronisiert zum Schließen beim Minimum jeder Phasenspannung, um Spannungsstörungen zu minimieren. Beim Schließen des Kreises bei einem Kurzschlussstrom sollte jeder Pol separat synchronisiert werden, um am Minimum jeder Phasenspannung zu schließen, was die maximale Strom-Asymmetrie unter Kurzschlussbedingungen erzeugen wird. Da der Kurzschlusszustand im Lastkreis nicht im vornherein bekannt sein kann, ist dies eine unvermeidbare Konsequenz. Zum Öffnen eines Laststroms, sollten alle Pole gemeinsam betrieben werden für gleichzeitige Kontaktunterbrechung, wobei eine Phase mit ihrem Phasenstrom synchronisiert ist, so dass die Kontakte 1,5 bis 2,5 Millisekunden vor einem Strom Null sich trennen. Eine Öffnung um diese Zeit vor einem Strom Null mit einer minimalen empfohlenen Öffnungsgeschwindigkeit wird das Auftreten wiederholter Neuzündungen beseitigen. Dieses Verfahren ergibt einen vergrößerten Spalt an der Spitzenerholungs- spannung, wenn bei einer kapazitiven Last geöffnet wird, was das Risiko von Neuanschlägen (Restrikes) minimiert.

[0042] Beim Öffnen bei einem Fehlerstrom wird ein zufälliges Öffnen mit allen Polen zusammengefasst für gleichzeitiges Trennen der Kontakte ergeben, dass die Kontakte an zufälligen Stellen auf den Stromwellen in jeder Phase sich trennen. Da der sich aus einem Kurzschluss ergebende Strom eine Asymmetrie in den Strömen hervorruft, die in den Phasen zufällig sind, werden die Zeiten, an denen der Strom Null auftritt, schwer vorhersagbar. Daher sind Versuche zum Synchronisieren zu schwierig und das zufällige Trennen, das bei den gegenwärtigen Unterbrechern auftritt, ist ausreichend.

[0043] Die Strategie für synchronen Betrieb unter Verwendung der Wellenpunktsteuerung dieser Erfindung ist wie folgt:

Beim Schließen

Bevorzugte Strategie

a) Schließen innerhalb einer Millisekunde von einer Spannung Null wird die Erregungsspannungsspitze klein halten. Schließen um 0,35 Millisekunden zu früh wird eine Voranschlags- bzw. Prestrike-Spannung von 0,37 pro Einheit ergeben, während Schließen um 1,65 Millisekunden zu spät wird eine Voranschlags- spannung von 0,37 pro Einheit ergeben wird. Die nominale Schließzeit ist daher 0,65 Millisekunden nach der Spannung Null für ein Schließfenster von -1 Millisekunde bis +1 Millisekunde auf jeder Seite der Nenn- schließzeit.

b) Schließen nahe einer Spannung Null oder bei einer Spannung wesentlich weniger als der Spitzenspannung ist wichtig: (i) für kapazitive Lasten zum Verhindern von großen Anfangsströmen, die zusätzliche Strom- oder Spannungsnullen erzeugen; (ii) für induktive Lasten zum Verhindern von Hochenergiespannungsspitzen; und für ohmsche Lasten ist es weniger wichtig, aber das Verhindern von Hochenergiespannungsspitzen war immer vorteilhaft.

c) Schließen nahe einer Spannung Null ergibt eine maximale Asymmetrie für Kurzschlussströme. Diese Ergebnis ist unvermeidbar, wenn die bevorzugte Schließstrategie verwendet wird, da das Vorhandensein eines Kurzschlusses im Allgemeinen vor dem Schließen nicht bekannt ist.

Alternative Strategie

[0044] Schließen bei oder nahe einer Spannungsspitze kann manchmal wichtig sein, um asymmetrische Anfangsströme zu minimieren: (i) für induktive Lasten, um hohe Anfangsströme zu verhindern – dies ist hauptsächlich ein Problem bei Nebenschlussreaktoren bzw. Arbeitsstromauslösern; und (ii) obwohl Schließen nahe einer Spannungsspitze auch eine Stromasymmetrie für Kurzschlüsse minimieren kann, ist dieser Vorteil nur verfügbar, wenn die alternative Schließstrategie verwendet wird.

Empfohlene Schließgeschwindigkeiten

[0045] Die empfohlene minimale Schließgeschwindigkeit basiert auf der Begrenzung der Spannung beim Voranschlag bei kapazitiven Schaltanwendungen, auf weniger als oder gleich 0,6 pro Einheit, was eine Schließgeschwindigkeit von 1,1 Meter pro Sekunde bei einer Nennspannung von 27 Kilovolt erfordert; oder 1,5 Meter pro Sekunde minimaler Schließgeschwindigkeit bei einer Nennspannung von 38 Kilovolt.

Beim Öffnen

(a) Öffnen vor einem Strom Null mit einer minimalen anfänglichen Öffnungsgeschwindigkeit, um einen minimalen Spalt am Strom Null zu erreichen, ist wichtig: (i) für kapazitive Lasten, um das Risiko von Neuanschlägen zu minimieren, indem ein ausreichender Spalt erreicht wird, um der Spannung zu widerstehen, wenn die Spitzenerholungsspannung erreicht ist; (ii) für induktive Lasten zum Minimieren des Risikos wiederholter Neuzündungen, die auftreten können, wenn sich die Kontakte nahe einem Strom Null trennen; und (iii) für ohmsche Lasten ist es weniger wichtig, aber ein vernünftig großer Spalt bei Strom Null ist stets bevorzugt.

(b) Öffnen vor einem Strom Null, um einen minimalen Spalt beim Strom Null zu erreichen, setzt eine Minimalzeit, und die Zeit zwischen Strom-Nullstellen setzt eine Maximalzeit. Die Zeit zwischen Nullstellen ist 2,77 Millisekunden bei 60 Hertz und 3,33 Millisekunden bei 50 Hertz. Daher muss die maximale Zeit zu einem Strom Null weniger als 2,77 Millisekunden sein oder eine andere Stromnullstelle wird kritisch. Das Kontakttrennzeitenfenster beim Öffnen ist kleiner als beim Schließen, wobei ein Bereich zwischen 1,5 Millisekunden und 2,5 Millisekunden empfohlen wird, für einen Bereich von -0,5 Millisekunden bis +0,5 Millisekunden von der Nennzeit. Eine minimale Zeit zum Strom Null von 1,5 Millisekunden sieht einen Spalt von 2,3 Millimetern bei 1,5 Metern bei Sekunde für 27 Kilovolt Nennspannung vor; und 3,2 Millimeter bei 2,1 Meter pro Sekunde für 38 Kilovolt Nennspannung. Dies ist ein ausreichender Spalt, um das Risiko wiederholter Neuzündungen zu minimieren. Eine maximale Zeit zum Strom Null von 2,5 Millisekunden sieht ein Polster von 0,27 Millisekunden vor bevor die vorhergehende Strom-Nullstelle in einer anderen Phase erreicht wird.

(c) Öffnen synchron zu einem Strom Null in jeder Phase wird nicht empfohlen. Gleichzeitige Kontakttrennung in allen Phasen mit synchroner Kontakttrennung in nur einer Phase wird bevorzugt. Für kapazitives Schalten ergibt gleichzeitige Kontakttrennung eine Spitzenerholungsspannung von 2,5 pro Einheit in einem nicht geerdeten Drei-Phasen-System. Der erste Pol öffnet sich und der zweite und dritte Pol öffnen sich 90 elektrische Grad später oder 4,1 Millisekunden bei 60 Hertz. Für kapazitives Schalten kann nicht-simultanes Kontakttrennen eine Spitzenerholungsspannung von 3,0 pro Einheit ergeben in einem nicht geerdeten Drei-Phasen-System. Der erste Pol öffnet sich und die zweiten und dritten Pole öffnen sich 180 elektrische Grad oder mehr später, oder 8,3 Millisekunden bei 60 Hertz. Wenn jeder Pol mit einem Strom Null in seiner jeweiligen Phase synchronisiert wäre, dann würden Kontakttrennungen bei Null, 2,77 bis 3,3 Millisekunden und 5,54 bis 6,66 Millisekunden auftreten, was genug ist, um eine Erholungsspannung von 3 pro Einheit zu erzeugen.

(d) Für Kurzschlussströme besitzt jede Phase eine gewisse Asymmetrie. Die Zeit zwischen Strom-Nullstellen ist nicht gleichförmig oder leicht vorhersagbar. Daher können Versuche eines synchronen Betriebs eher schädlich als gut sein. Gleichzeitiges Kontakttrennen ohne Versuch einer Synchronisation wird daher für Fehlerströme empfohlen.

(e) Die empfohlene Öffnungsgeschwindigkeit basierend auf dem Erhalten eines angemessen offenen Spalts oder kapazitiver bzw. Kondensator-Schaltung bei der Spitzenerholungsspannung ist 1,5 bis 2,0 Meter pro Sekunde, bei einem minimalen Öffnungsspalt von 15 Millimetern bei einer Nennspannung von 27 Kilovolt; und 2,1 bis 2,5 Meter pro Sekunde bei einem minimalen Öffnungsspalt von 21 Millimetern bei einer Nennspannung von 38 Kilovolt.

[0046] **Fig. 6a** zeigt den Effekt des herkömmlichen Ansprechverhaltens auf einen Auslösebefehl, bei dem jede Phase simultan getrennt wird an einem unterschiedlichen Punkt im Zyklus. Dies erfolgte, weil ein einziger Betätiger üblicherweise verwendet wurde, um die Auslösung für alle Phasen zu implementieren. Das Wellenpunktsteuereinrichtungsmodul **84** und individuelle In-line-Unterbrechermodule **14** der vorliegenden Erfindung ermöglichen ein synchrones Öffnen der jeweiligen Phasen mit individueller Steuerung, was Lichtbogenbildung minimiert, wie es in **Fig. 6b** dargestellt ist.

[0047] **Fig. 5a** zeigt die modularen Komponenten dieser Erfindung, wie sie vorher in **Fig. 1** gezeigt wurde und zwar angewandt auf eine Drei-Phasenordnung **98** mit einer einzigen Hauptstromschiene. Die modulare Anordnung dieser Erfindung ist nur mit einer Phase verbunden gezeigt, obwohl erkennbar ist, dass separate Unterbrechermodule **14** und Vakuum-Trenner-Module **12** für jede Phase vorgesehen sind.

[0048] Wie oben beschrieben wurde, zeigt **Fig. 5b** eine alternative Anordnung, bei der jedes Unterbrechermodul **14** entsprechend der individuellen Phasen der Last durch ein erstes Vakuum-Trenner-Modul **12** mit einer ersten Stromschiene **98** verbunden ist, oder über ein zweites Vakuum-Trenner-Modul **12** durch das erste Vakuum-Trenner-Modul **12** zu einer entsprechenden Phase einer zweiten Stromschiene **100** verbunden ist, die alternativ verwendet werden kann zum Versorgen der Last mit Energie, in dem Fall, dass ein Problem mit der ersten Stromschiene **98** auftritt. Dies erfolgt durch geeignete Verbindung der beweglichen Kontakte in den ersten und zweiten Vakuum-Trenner-Modulen **12**. Die Verbindung zwischen den Vakuum-Trenner-Modulen **12** wird hergestellt durch einen in **Fig. 4** gezeigten zweiten Verbinder **62**, der mit dem gleichen stationären Kontakt **52** gekoppelt ist, mit dem die erste Stromschiene **98** durch den Ver-

binder **54** verbunden ist.

[0049] Somit sieht diese Erfindung verbesserte Wartungsfähigkeiten vor mit der Möglichkeit, individuelle Module innerhalb eines Schaltvorrichtungsgehäuses zu ersetzen mit minimalen Wartungsausfallzeiten, während eine Größenverminderung der Gesamtausrüstung ermöglicht wird durch die verständige Verwendung solider Isolation und Spannungstrennung von Niederspannungsteilen der Umgebung. Die versuchten und getesteten Kombinationen von soliden Epoxidharzsteckern in (spritzguss-)geformten Silikon- bis EPDM-Gummi-Buchsen besitzen eine günstige Historie für Kabel und können angewandt werden zum Abdichten aller genannten elektrischen Verbindungen für das Schaltvorrichtungspaket, das oben für diese Erfindung beschrieben wurde. Die einzigartige Kombination aus dem magnetischen In-Line-Betätiger und Vakuumunterbrecher innerhalb des Unterbrechermoduls **14** und des Vakuum-Trenner-Moduls **12** wird die einzigartige Fähigkeit vorsehen, Wellenpunktschalten bzw. Schalten an einem bestimmten Punkt der Welle zu ermöglichen, das lange ein unerreichbares praktisches Ziel der Industrie gewesen ist.

[0050] Während spezielle Ausführungsbeispiele der Erfindung in Einzelheiten beschrieben wurden, ist es dem Fachmann klar, dass verschiedene Modifikationen und Alternativen zu diesen Einzelheiten entwickelt werden könnten angesichts der Gesamtlehre der Offenbarung. Entsprechend sollen die bestimmten offenbarten Ausführungsbeispiele nur veranschaulichend sein und nicht den Umfang der Erfindung einschränken, dem die volle Breite der beigefügten Ansprüche und jeglicher Äquivalente davon gegeben werden soll.

Bezugszeichenliste

10	Schalteinrichtung
12	Vakuuminulator-Schaltmodul
14	Vakuumunterbrecher/In-Line-Betätiger-Modul
16	Lastverbinder mit integrierten Stromwandlern und Spannungswandlersteckern
18	Spannungswandlermodul
20	Busverbinder
22	Isolierter elektrischer Verbinderstecker
24	Epoxidgehäuse für Vakuumunterbrecher/In-Line-Betätiger-Modul
26	Vakuumunterbrecher
28	Stationärer Kontakt des Vakuumunterbrechers
30	Beweglicher Kontakt des Vakuumunterbrechers
32	Antriebsankers des beweglichen Kontakts
34	Gefäß des Vakuumunterbrechers
36	Externer elektrischer Verbinder des beweglichen Kontakts
38	Externer elektrischer Verbinder des stationären Kontakts
39	Erste Spule des In-Line-Betätigers
40	In-Line-Betätiger
41	Zweite Spule des In-Line-Betätigers
42	Anker des In-Line-Betätigers
43	Selten Erdmagnet des In-Line-Betätigers
44	Elektrischer Verbinder des In-Line-Betätigers
46	Elektrischer Verbinder auf Vakuum-Trenner verbunden mit beweglichem Kontakt zur Verbindung mit dem Unterbrechermodul
48	Erster beweglicher Kontakt des Vakuum-Trenners
49	Zweiter beweglicher Kontakt des Vakuum-Trenners
50	Vakuumgefäß des Trenner-Moduls
52	Erster stationärer Kontakt im Vakuum-Trenner
54	Verbinder zur Verbindung zu einer Stromschiene
56	Zweiter stationärer Kontakt im Vakuum-Trenner
58	Verbinder zu Masse bzw. Erde
60	Verbinderkappe
62	Verbinder zum Kaskadieren zu einem zweiten Vakuum-Trenner
64	Masseverbindung
66	Antriebsschaft des beweglichen Kontakts des Vakuum-Trenners
67	Antriebsschaft des zweiten beweglichen Kontakts des Vakuum-Trenners
68	Umschaltmechanismus des Vakuum-Trenners
70	Solides Isolationsgehäuse für Vakuum-Trenner
72	Mehrphasenlastkreis
74	Lastverbinder

76	Vakuumunterbrecherverbinder
78	Spannungswandlerverbinder
80	Stromwandler
82	Solides Isolationsgehäuse
84	Steuerelektronik
86	Leistungsaufbereitungselektronik
88	Wellenpunktsteuereinrichtung
90	Manuelle Eingaben
92	Spannungs-, Strom- und Temperatureingaben
94	Kontaktschlusssensoren
96	In-Line-Betätiger-Antrieb
98	Erste Stromschienen-Drei-Phasen-Anordnung
100	Zweite Stromschienen-Drei-Phasen-Anordnung

Patentansprüche

1. Eine Schaltungsschaltvorrichtung (**10**), die folgendes aufweist:
 einen abgedichteten Behälter (**34**), der ein Medium enthält mit einer niedrigeren elektrischen Leitfähigkeit als Luft, wobei der Behälter (**34**) für das Medium impermeabel ist; einen ersten stationären Kontakt (**28**), welcher innerhalb des Behälters (**34**); abgedichtet ist;
 einen ersten elektrischen Leiter, verbunden mit dem ersten stationären Kontakt (**28**) an einem Ende, abgedichtet in den Behälter (**34**) eindringend und am anderen Ende in einem ersten elektrisch isolierten elektrischen Verbinder (**38**) endend;
 bewegliche Kontaktmittel (**30**), abgedichtet innerhalb des Behälters (**34**) und beweglich zwischen einer ersten Position und einer zweiten Position, wobei die beweglichen Kontaktmittel in der ersten Position nicht in elektrischer Verbindung mit dem ersten stationären Kontakt (**28**) stehen, während in der zweiten Position die Kontaktmittel in elektrischer Verbindung mit dem stationären Kontakt (**28**) stehen;
 einen zweiten elektrischen Leiter, verbunden mit den beweglichen Kontaktmitteln (**30**) an einem Ende, abgedichtet in den Behälter eindringend und am anderen Ende in einem zweiten elektrisch isolierten elektrischen Verbinder (**36**) endend;
 feste oder massive Isoliermittel (**24**) zum elektrischen Isolieren des Behälters (**34**) und der elektrischen Leiter und der Verbinder (**36** und **38**) außerhalb des Behälters (**34**) und im wesentlichen den Behälter (**34**), die Leiter und die Verbinder (**36** und **38**) vom Kontakt mit den eine niedrige Spannung aufweisenden Teilen der Schaltungsvorrichtung (**14**) isolierend, wenn die Verbindung mit einem System vorhanden ist, für das die Schaltungsvorrichtung (**14**) zur Unterbrechung konstruiert ist; und
 Mittel (**40**) zur Bewegung der beweglichen Kontaktmittel (**30**) zwischen den ersten und zweiten Positionen ansprechend auf einen Betätigungsbefehl, der eine Anzeige für einen gegebenen Schaltungszustand bildet.
2. Schaltungsvorrichtung (**10**) nach Anspruch 1, mit einem Sensor (**94**) zum Liefern einer Ausgangsgröße, wenn die beweglichen Kontaktmittel (**30**) sich in einer entweder der ersten oder der zweiten Position befinden.
3. Schaltungsvorrichtung (**10**) nach Anspruch 1, mit einem Sensor (**94**) zum Liefern einer Ausgangsgröße, die eine Anzeige für die Bewegungsgeschwindigkeit der beweglichen Kontaktmittel (**30**) liefert.
4. Schaltungsvorrichtung (**10**) nach Anspruch 1, mit einem Sensor (**94**) zum Vorsehen einer elektrischen Ausgangsgröße die eine Anzeige für die Länge oder Zeit des Laufs der beweglichen Kontaktmittel (**30**) gibt.
5. Schaltungsvorrichtung (**10**) nach Anspruch 1, wobei die Anschlüsse der elektrischen Verbinder (**36** und **38**) derart konstruiert sind, dass sie jeweils mit komplementären Verbindern in einer Art und Weise zusammenpassen, die die Leiter und elektrisch leitende Teile der Verbinder (**36** und **38**) vom Kontakt mit den Niederspannungsteilen der Umgebung isoliert.
6. Schaltungsvorrichtung (**10**) nach Anspruch 5, wobei folgendes vorgesehen ist:
 ein zweiter stationärer Kontakt (**56**), abgedichtet innerhalb des Behälters (**50**) und verbunden mit Erde;
 ein dritter elektrischer Leiter, verbunden mit dem zweiten stationären Kontakt (**56**) an einem Ende, abgedichtet in den Behälter (**50**) eindringend und am anderen Ende in einem dritten elektrisch isolierten elektrischen Verbinder (**54**) endend; und
 wobei die beweglichen Kontaktmittel (**30**, **66**) zwischen den ersten und zweiten stationären Kontakten (**52**, **28** und **56**) beweglich sind.

7. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 6, wobei die beweglichen Kontaktmittel (48, 49 und 30) zwischen ersten, zweiten und dritten Positionen bewegbar sind, und zwar in elektrischer Verbindung mit dem zweiten stationären Kontakt (56), und wobei die zweite Position außer elektrischer Verbindung steht mit den ersten und zweiten stationären Kontakten (52 und 56).

8. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 5, wobei die Verbinder (46 und 54) ausgewählt aus folgendem ausgebildet sind:
entweder als Stecker oder Sockel und der komplementäre Verbinder entweder als Stecker oder Sockel.

9. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 6, wobei die Verbinderanschlüsse (46 und 54) am anderen Ende der ersten und dritten Leiter von gleicher Konstruktion sind.

10. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 6, wobei der abgedichtete Behälter (50) in zwei Tandemabteile (50 und 50') unterteilt ist, wobei jedes Abteil (50) eine der erwähnten ersten und zweiten stationären Kontakte (52 und 56) unterbringt, und zwar an benachbarten Enden der Abteile, und wobei die beweglichen Kontaktmittel (48, 49) einen ersten beweglichen Kontakt (48) aufweisen, untergebracht in einem ersten der zwei Abteile (50) mit dem ersten stationären Kontakt (52) und mit einem zweiten beweglichen Kontakt (49) untergebracht in einem zweiten der zwei Abteile (50'), und zwar mit dem zweiten stationären Kontakt (56), wobei die ersten und zweiten beweglichen Kontakte (48 und 49) mit dem zweiten elektrischen Leiter (46) verbunden sind und durch die Bewegungsmittel (68) bewegt werden.

11. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 10, wobei die ersten und zweiten beweglichen Kontakte (48, 49) derart verriegelt sind, dass sie nicht jeweils mit ihren entsprechenden ersten und zweiten stationären Kontakten (52 und 56) zur gleichen Zeit verbunden werden können.

12. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 6, wobei die ersten und zweiten stationären Kontakte (52 und 56) elektrisch voneinander isoliert sind.

13. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 12, wobei die Abteile (50 und 50') aus zwei Rücken an Rücken angebrachten Vakuumunterbrechern (26) gebildet sind.

14. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 1, wobei die Verbinderanschlüsse (46 und 54) an dem anderen Ende der ersten und zweiten Leiter von gleicher Konstruktion sind.

15. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 1, wobei die feste Isolierung (70) ein Gehäuse ist, das den Behälter und äußere Teile der Leiter und Verbinder (46 und 54) einkapselt.

16. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 15, wobei das Gehäuse (70) aus Epoxyharz ausgebildet ist.

17. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 1, wobei das Medium ein Vakuum ist.

18. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 1, wobei die Mittel (68) zur Bewegung des beweglichen Kontaktes (48, 49) ein In-Line (in-line)-Linearbetätiger (40) sind.

19. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 18, wobei der In-Line-Betätiger (40) eine erste und eine zweite elektromagnetische Spule (39, 41) aufweist, wobei die erste elektromagnetische Spule (39) zur Bewegung des beweglichen Kontaktes (48, 49) in einer ersten Richtung dient und die zweite elektromagnetische Spule (41) zur Bewegung des beweglichen Kontaktes (48, 49) in einer zweiten Richtung dient.

20. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 19, wobei die ersten und zweiten Spulen (39 und 41) in programmierbarer Weise gleichzeitig erregt werden, um für den beweglichen Kontakt (48, 49) eine weiche Landung am stationären Kontakt (52, 51) beim Schließen vorzusehen.

21. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 18, wobei die Polarität der an eine Treiber-Spule (39) des In-Line-Betätigers (40) angelegten Spannung unmittelbar vor dem Kontakt schließen (48, 49) umgekehrt wird, um die „Landung“ zu erleichtern.

22. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 18, mit einer Vielzahl von Modulareinheiten (12, 14, 16 und 18) die in komplementäre Modulareinheiten der Modulareinheiten (12, 14, 16 und 18) eingesteckt werden können, wobei der Behälter (34) und der In-Line-Linearbetätiger (40) ein erstes integrales Schalterunterbrechermodul

(14) bilden.

23. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 22, wobei das erste integrale Schaltungsunterbrechermodul (14) und mindestens ein weiteres Modul (14, 16, 18) dass in einer Interface bzw. Verbindungsbeziehung damit steht einen elektrisch leitenden Außenüberzug aufweisen.

24. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 22, wobei die festen bzw. massiven Isoliermittel (24) eine elektrisch isolierende Sperre bilden, und zwar im wesentlichen um das erste Schaltungsunterbrechermodul (14) herum, mit der Ausnahme der elektrisch leitenden Interfaces des Verbinders (36 und 38) mit den komplementären Verbindern, wobei in effektiver Weise die elektrisch leitenden Teile der Schaltvorrichtung (14) isoliert werden, und zwar von einer elektrischen Verbindung mit den Niederspannungsteilen der Umgebung.

25. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 22, wobei ein gesondertes entsprechendes erstes Modul (14) in unabhängiger Weise die physikalische Verbindung oder Trennung der elektrischen Leitung in jeder Phase einer Mehrphasenschaltung (72) steuert.

26. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 25, mit einem zweiten integralen Schaltungsverbindermodul (16), welches folgendes aufweist:

eine Vielzahl von ersten elektrisch isolierten elektrischen Ausgangsverbindern (74), die mindestens der Anzahl der Phasen in einer Leitungsquelle (98) entsprechen, an die die Schaltvorrichtung (14) angelegt werden soll, wobei jeder erste Ausgangsverbinder (74) konstruiert ist zur Zusammenpassung mit einem entsprechenden komplementären elektrischen Verwendungsschaltungsverbinder, angebracht an der entsprechenden Phase einer Lastschaltung (72) in einer Art und Weise, dass die leitenden Teile des Verwendungsschalterverbinders und des Ausgangsverbinders (74) elektrisch isoliert werden von der umgebenden Umgebung, während elektrische Verbindung dazwischen vorgesehen wird, und im wesentlichen Isolierung derjenigen Teile vom Kontakt mit der umgebenden Umgebung;

eine Vielzahl von Stromsensoren (80), die jeweils verbunden sind zur Überwachung des Stromes der durch die entsprechenden ersten Ausgangsverbinder (74) fließt und eine Ausgangsgröße erzeugt, die dafür eine Anzeige bildet;

eine Vielzahl von Ausgangsleitern, jeweils verbunden an einem Ende mit entsprechenden Verbindern der ersten Ausgangsverbinder (74) und am anderen Ende mit entsprechenden zweiten Ausgangsverbindern (76), die jeweils einen komplementären Endanschluss aufweisen, und zwar konstruiert zur Zusammenpassung mit entweder dem ersten oder zweiten isolierten Verbinder (38 und 36) am ersten Modul (14) in einer Art und Weise, die die elektrisch leitenden Teile der zusammenpassenden Verbinder von dem externen Stromfluss elektrisch isoliert, wobei eine gute elektrische Leitung zwischen den zusammenpassenden Verbindern vorgesehen ist und im wesentlichen jene leitenden Teile isoliert werden von dem Kontakt mit den Niederspannungsteilen der umgebenden Umgebung; und

ein zweites isoliertes Gehäuse (82) die ersten und zweiten Ausgangsverbinder (74 und 76) die Ausgangsleiter und Stromtransformatoren (80) umschließend, und zwar im wesentlichen in einer Art und Weise, die jede Phase von jeder anderen isoliert, im wesentlichen sämtliche stromführenden Teile isoliert vom Kontakt mit Niederspannungsteilen der umgebenden Umgebung, und die ersten und zweiten Ausgangsverbinder (74 und 76), die Ausgangsleiter und die Stromtransformatoren (80) zusammen als eine integrale Einheit (16) verbindet.

27. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 26, mit einer Vielzahl von isolierten Spannungsleitern (74), die jeweils verbunden sind zwischen unterschiedlichen Phasen der Ausgangsleiter (74) oder zwischen einer ausgewählten Phase der Ausgangsleiter (74) und eines neutralen Leiters, und zwar innerhalb des zweiten isolierten Gehäuses (82) des zweiten Moduls (16) an einem Ende und mit einem Spannungsverbinder (78) am anderen Ende des Spannungsleiters, wobei der Spannungsverbinder (78) derart konstruiert ist, dass er mit einem kompatiblen Verbinder an einem Spannungstransformator (18) zusammenpasst.

28. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 26, mit einem dritten integralen Schaltmodul (12), welches folgendes aufweist:

einen abgedichteten Schalterbehälter (50, 50') der ein Medium enthält, mit einem niedrigeren elektrischen Leitfähigkeit als Luft, wobei der Schalterbehälter (50, 50') für das Medium impermeabel ist;

einen ersten stationären Schalterkontakt (52) abgedichtet innerhalb des Schalterbehälters (50);

einen ersten elektrischen Schalterleiter (52), verbunden mit dem ersten stationären Schalterkontakt an einem Ende, abdichtend den Schalterbehälter (50) durchdringend und endend bzw. abgeschlossen am anderen Ende in einem ersten elektrischen Schalterverbinder (54);

einen zweiten stationären Schalterkontakt (56) abgedichtet innerhalb des Schalterbehälters (50');

einen zweiten elektrischen Schalterleiter, verbunden mit dem zweiten stationären Schalterkontakt (56) an ei-

nem Ende, und abdichtend den Schalterbehälter (50') durchdringend und am anderen Ende in einem elektrischen Schalterverbinder (58) endend;
 bewegliche Schalterkontaktmittel (48, 49), abgedichtet innerhalb des Schalterbehälters (50') und beweglich zwischen einer ersten und einer zweiten Position, wobei in der ersten Position eine elektrische Verbindung mit dem ersten stationären Schalterkontakt (52) vorgesehen ist, während in der zweiten Position eine elektrische Verbindung mit dem zweiten stationären Schalterkontakt (56) vorgesehen ist;
 einen dritten elektrischen Schalterleiter verbunden mit dem beweglichen Kontakt (48, 49) an einem Ende, und zwar abdichtend den Schalterbehälter (50, 50') durchdringend und endend am anderen Ende in einem dritten elektrischen Schalterverbinder (46); und Mittel (68) zur Bewegung der beweglichen Schalterkontaktmittel zwischen ersten und zweiten Positionen ansprechend auf eine gegebene Betätigeraktion.

29. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 28, wobei der zweite Schalterverbinder (58) mit Erde verbunden ist.

30. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 28, wobei die Mittel (68) zur Bewegung der beweglichen Schalterkontaktmittel (48, 49) die beweglichen Schalterkontaktmittel (48, 49) sich in elektrischen Eingriff bewegen, und zwar entweder mit den ersten stationären Schalterkontakt (52), dem zweiten stationären Schalterkontakt (56) oder einer dritten Position außer elektrischem Eingriff mit entweder dem ersten (52) oder zweiten (56) stationären Schalterkontakt, und zwar bei einem gegebenen Benutzerbefehl.

31. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 28, wobei der erste elektrische Schalterleiter am anderen Ende in dem ersten elektrischen Schalterverbinder (54) endet und einen vierten elektrischen Schalterverbinder (62).

32. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 31, mit Mitteln (60) zum Isolieren des ersten oder vierten Schalterverbinders, wenn keine Verbindung mit der Schaltung besteht.

33. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 32, wobei die Mittel (60) zur Isolierung des ersten (44) oder vierten (62) Schalterverbinders bei keiner Verbindung mit der Schaltung einen komplementären Verbinder (60) aufweisen im wesentlichen aufgebaut aus elektrischer Isolierung.

34. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 28, mit festen Isoliermitteln (70) zum elektrischen Isolieren des Schalterbehälters (50, 50') und der entsprechenden ersten (54) und dritten (46) elektrischen Leiter und Verbinder außerhalb des Schalterbehälters (50, 50') und im wesentlichen den Schalterbehälter (50, 50') isolieren, und zwar entsprechend ersten (54) und dritten (46) Leitern und Verbindern vom Kontakt mit Niederspannungsteilen der Schaltung, wenn die Schaltvorrichtung mit einem System verbunden ist, welches zur Unterbrechung ausgelegt ist.

35. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 25, wobei das Öffnen und Schließen der entsprechenden Phasen der Schaltung (72), physikalisch betätigt durch das entsprechende erste Schaltungsunterbrechermodul (14), gesteuert wird durch ein Mastersteuermodul (84), welches unabhängige unterschiedliche Steuersignale (96) zu den entsprechenden ersten Schaltungsunterbrechermodulen (14) schickt.

36. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 35, wobei das Mastersteuermodul (84) den Strom in jeder Phase der Schaltung (72) überwacht und bei Befehl die entsprechenden ersten Module (14) betätigt, um den Schalter (72) zu öffnen oder zu schließen, wenn der entsprechende Strom sich auf einem vorprogrammierten Punkt in dem Stromwellenformzyklus befindet.

37. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 35, wobei das Mastersteuermodul (84) bei einer Anzeige eines Stromausfallzustandes das entsprechende erste Schalterunterbrechermodul (14) für jede Phase gleichzeitig betätigt, um die Schaltung (72) zu öffnen.

38. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 36, wobei das Mastersteuermodul (84) elektrische Charakteristika des Stromes und mechanische Charakteristika der Schaltungsvorrichtungszählmodule (12, 14, 16, und 18) überwacht und diese Parameter dazu verwendet, die Zeitsteuerung der Betätigungssignale zu berechnen, und zwar zum Schließen oder Öffnen der Unterbrechermodule (14) zu dem vorprogrammierten Punkt in dem Stromwellenformzyklus.

39. Schaltvorrichtung (10) nach Anspruch 38, wobei das Mastersteuermodul (84) auch eine Parametercharakteristik der Umgebung überwacht, die ein Schaltvorrichtungsmodule (12, 14, 16 und 18) umgibt und den Umgebungsparameter bei Berechnen der Zeit der Betätigungssignale (96) verwendet.

40. Schaltvorrichtung (**10**) nach Anspruch 39, wobei der Umgebungsparameter ein Maß der Temperatur ist.

41. Schaltvorrichtung (**10**) nach Anspruch 36, wobei der vorprogrammierte Punkt in dem Stromwellenformzyklus ein ausgewählter Bereich auf der einen oder anderen Seite eines Stromes Null ist.

42. Schaltvorrichtung (**10**) nach Anspruch 36, wobei der vorprogrammierte Punkt in dem Stromwellenformzyklus ein ausgewählter Bereich auf der einen oder anderen Seite des Stromwertes entsprechend einer Spannungsspitze ist.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

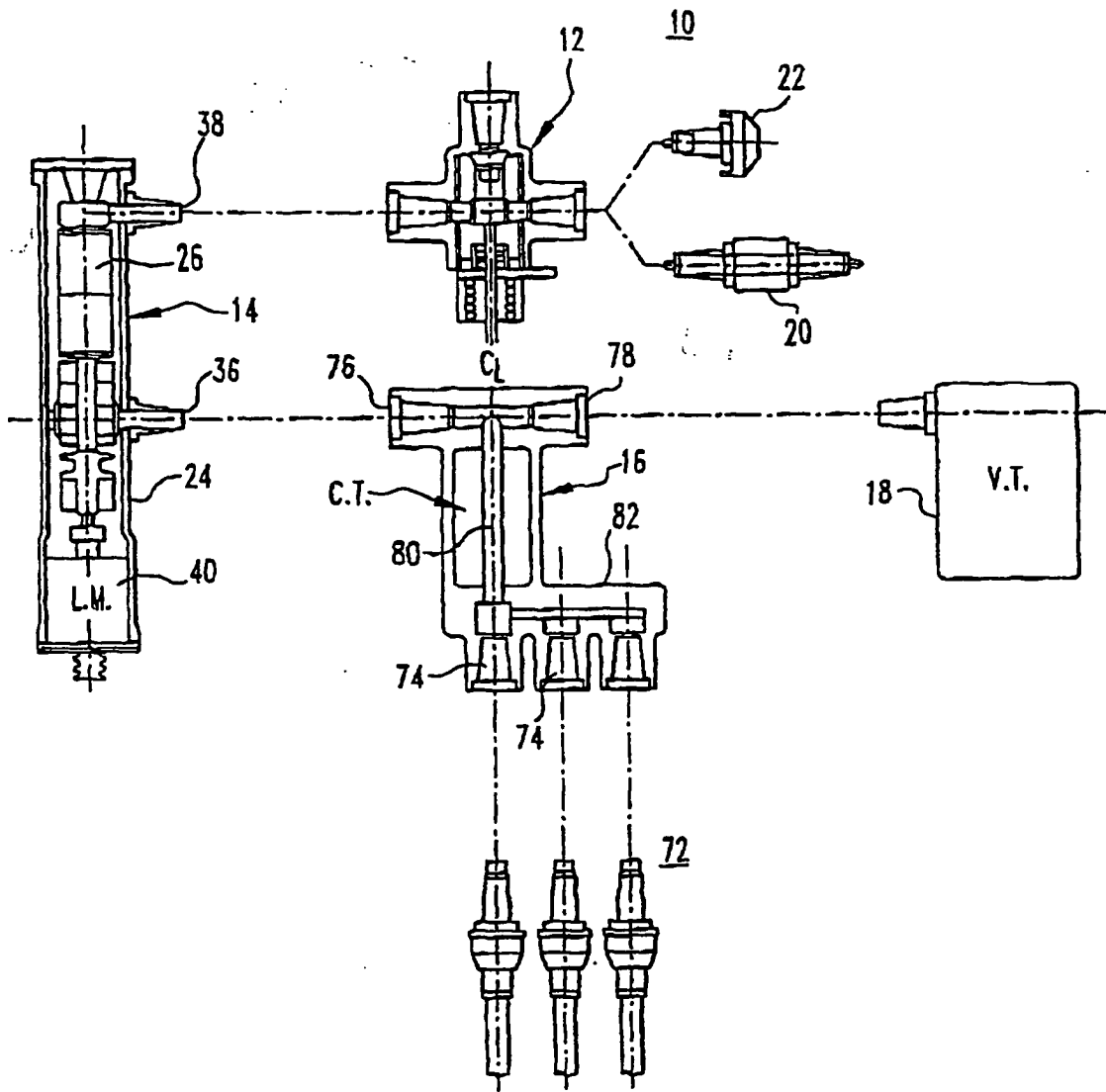


FIG.1

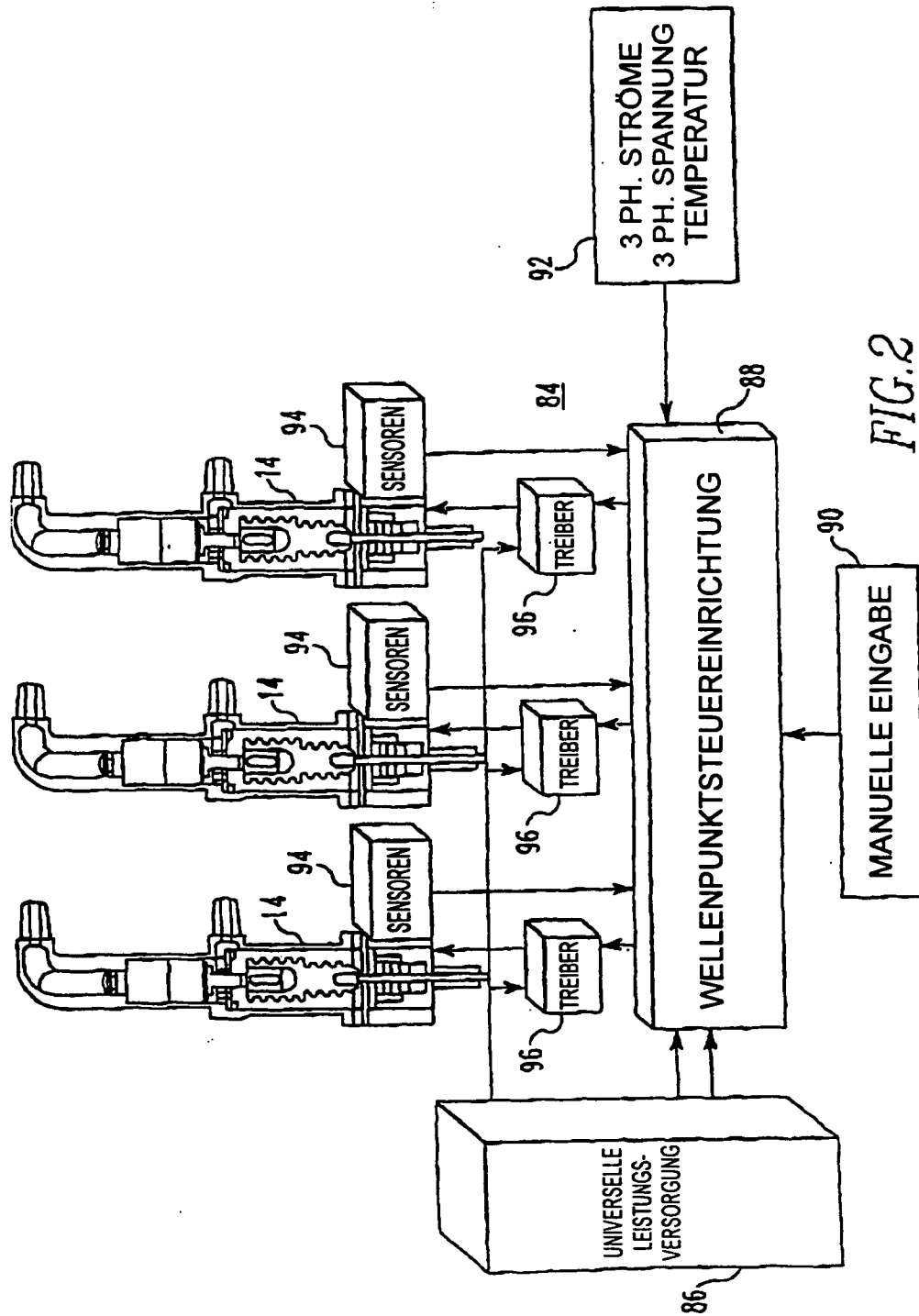


FIG.2

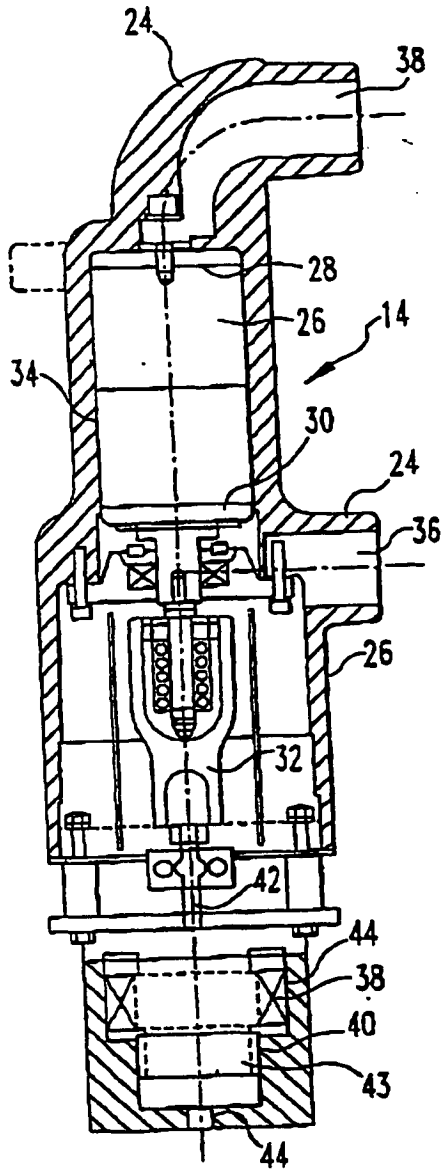


FIG. 3A

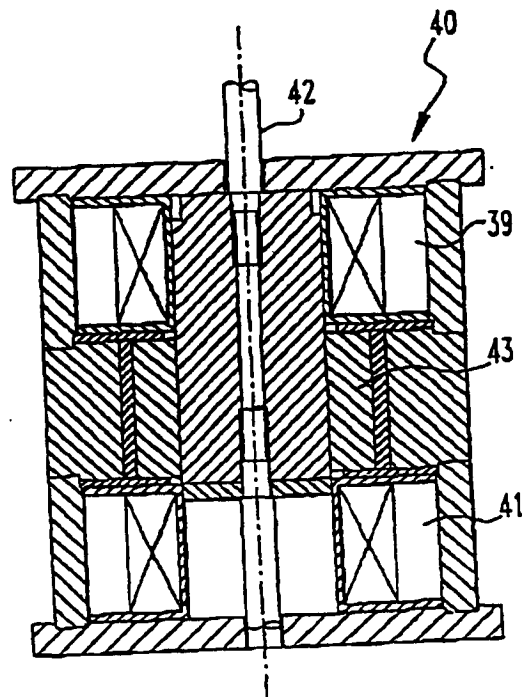


FIG. 3B

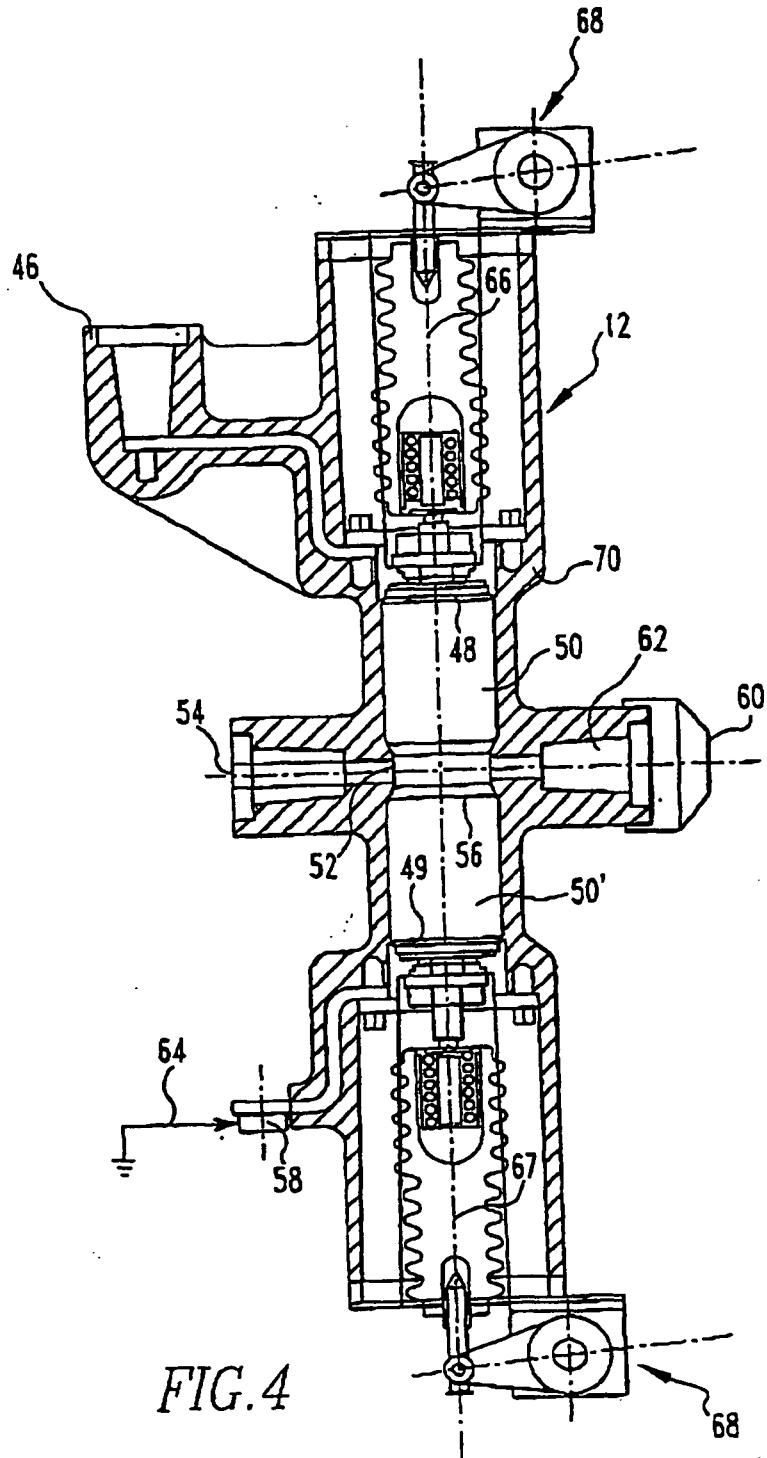


FIG. 4

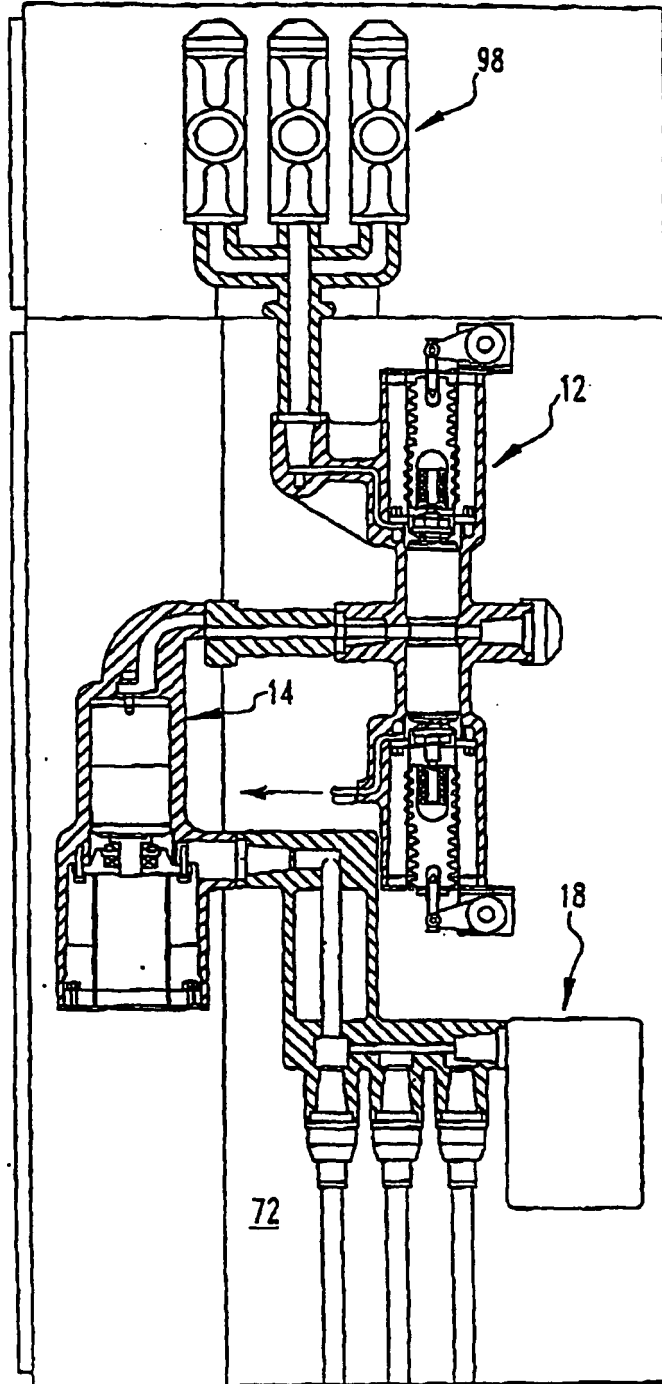


FIG. 5A

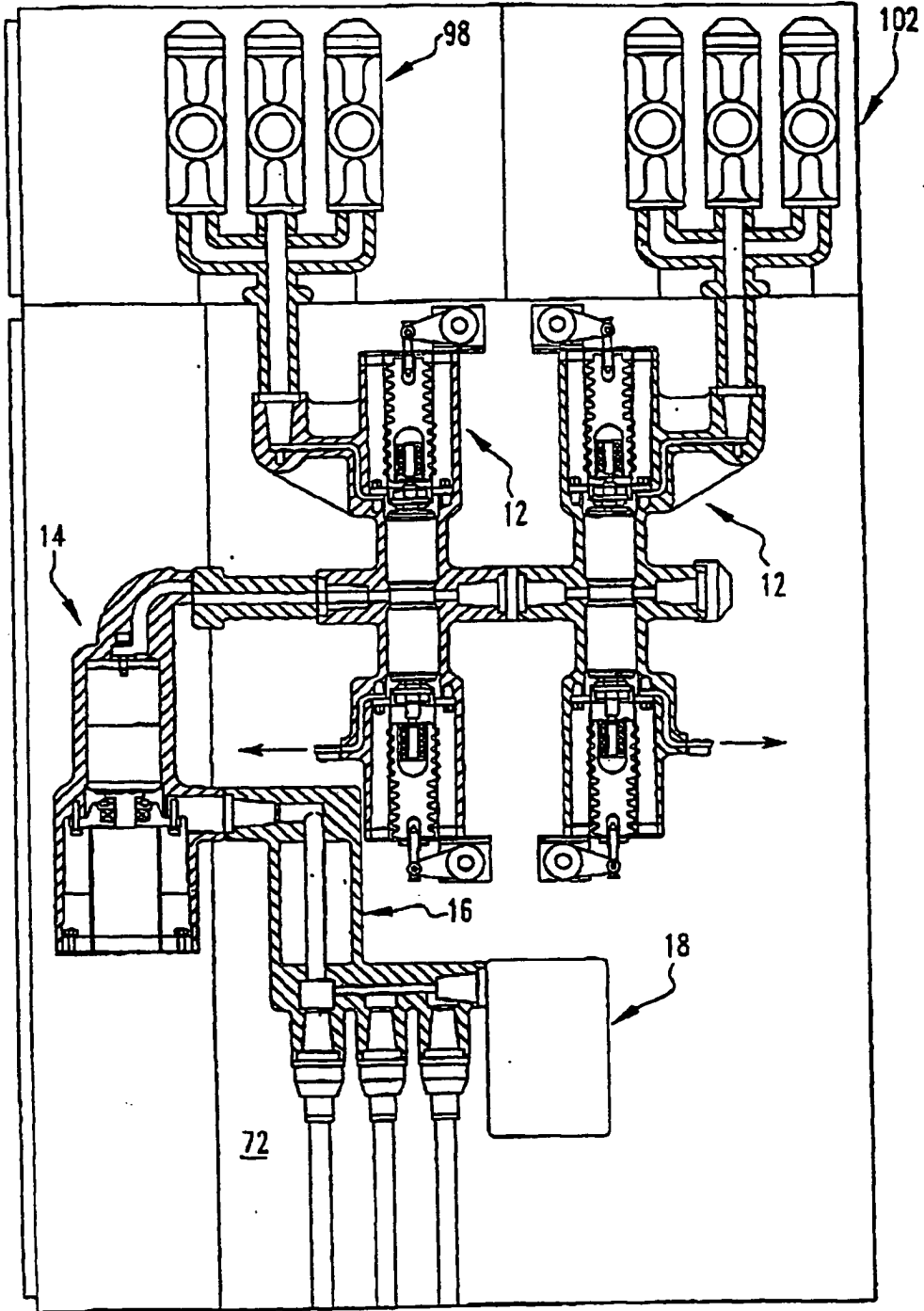


FIG. 5B

SYNCHRONES (NORMALES) ÖFFNEN DES DREI-POL-SCHALTUNGSUNTERBRECHERS

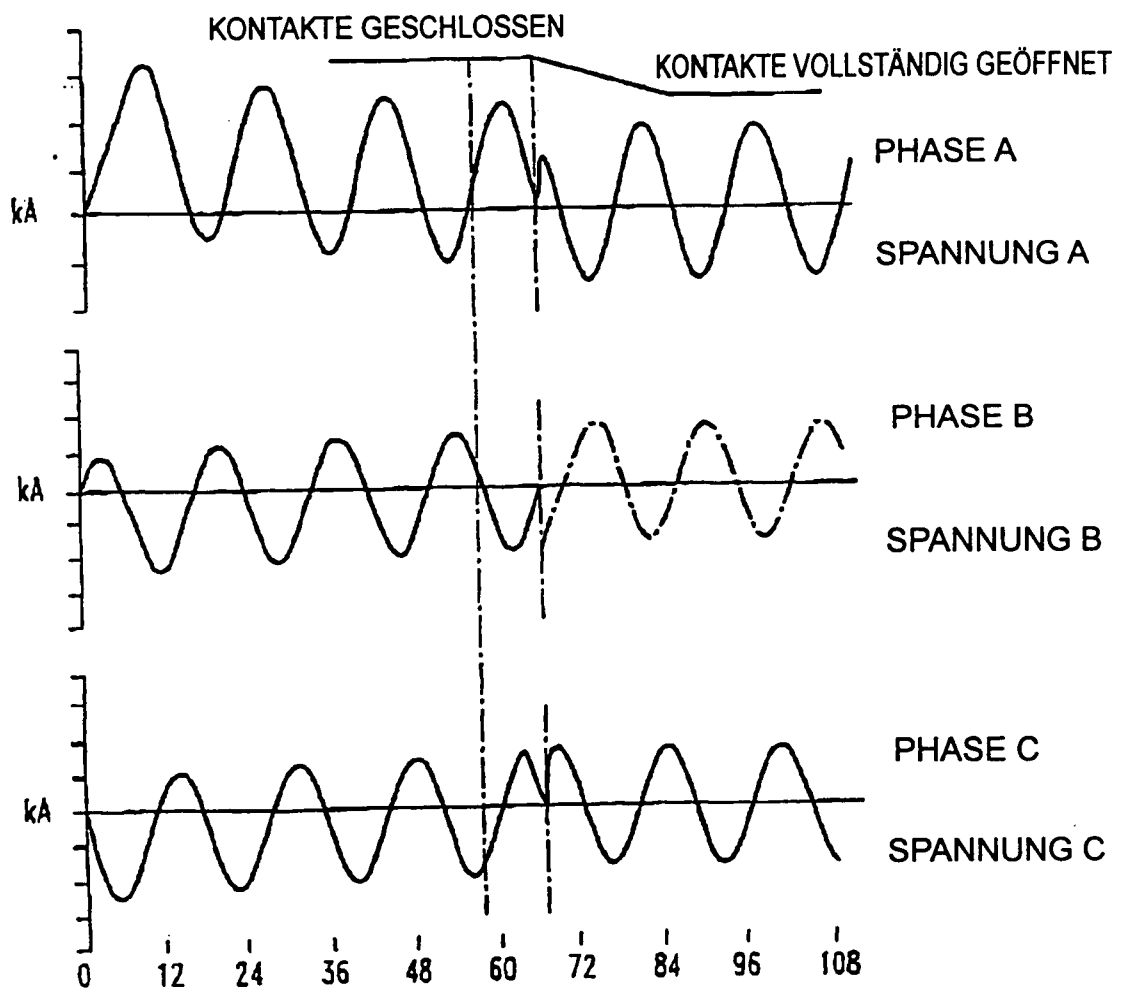


FIG. 6A
STAND DER TECHNIK

SYNCHRONES ÖFFNEN DES DREI-POL-SCHALTUNGSUNTERBRECHERS

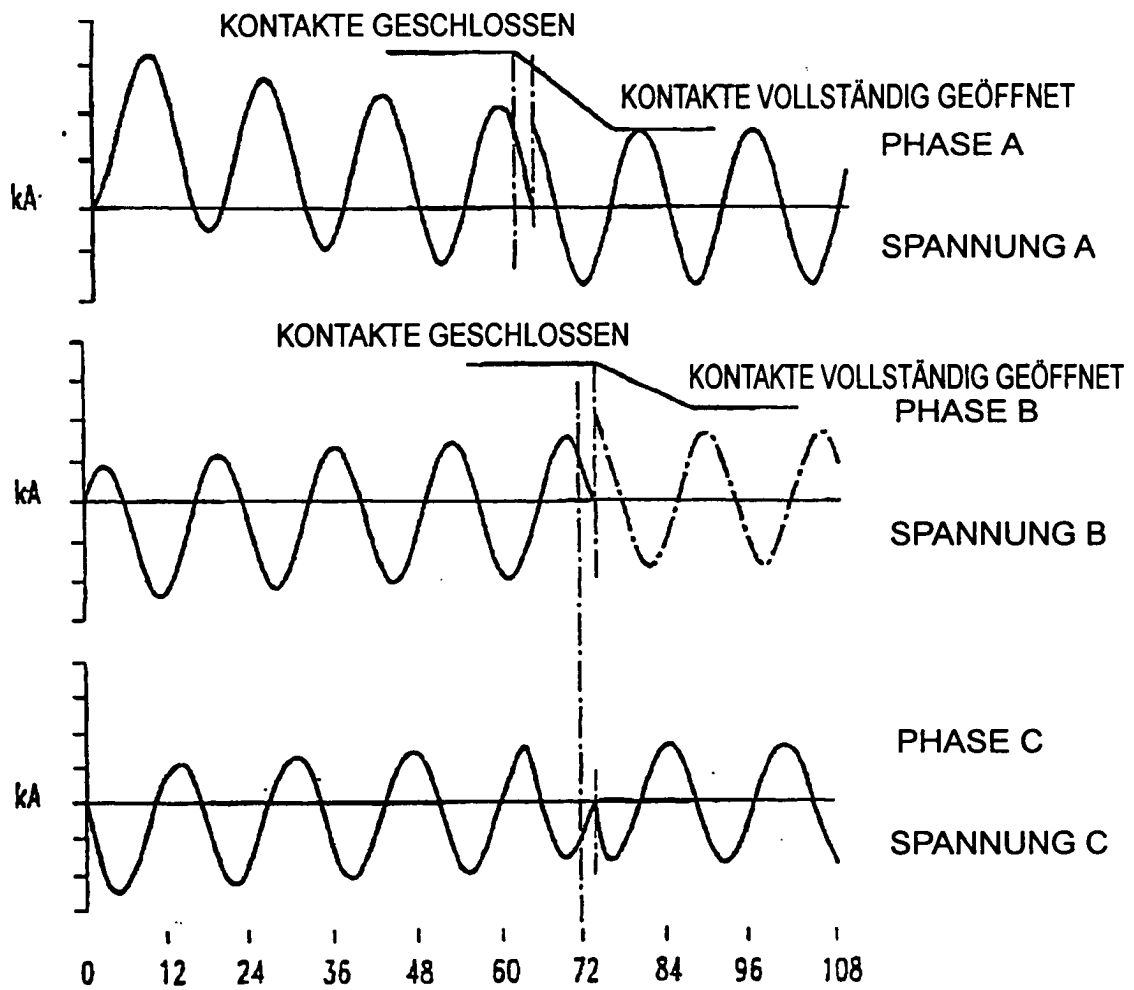


FIG. 6B