



(11)

EP 4 377 981 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
25.06.2025 Patentblatt 2025/26

(21) Anmeldenummer: **22744392.6**

(22) Anmeldetag: **29.06.2022**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H01H 9/54 (2006.01) H01H 71/12 (2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H01H 9/548; H01H 9/547; H01H 71/12

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2022/067897

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2023/051962 (06.04.2023 Gazette 2023/14)

(54) **SCHUTZSCHALTGERÄT**

PROTECTIVE SWITCHING DEVICE

APPAREIL DE CONNEXION DE PROTECTION

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **28.09.2021 DE 102021210829**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
05.06.2024 Patentblatt 2024/23

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft 80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **TANNHÄUSER, Marvin 91353 Hausen (DE)**
• **DÖBLER, Fabian 91741 Theilenhofen (DE)**
• **FREI, Felix 09496 Marienberg OT Zöblitz (DE)**

(74) Vertreter: **Siemens Patent Attorneys Postfach 22 16 34 80506 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 102018 213 354 DE-U1- 202009 014 759
US-A1- 2020 366 078

EP 4 377 981 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft das technische Gebiet eines Schutzschaltgerätes für einen Niederspannungsstromkreis mit einer elektronischen Unterbrechungseinheit und ein Verfahren für ein Schutzschaltgerät für einen Niederspannungsstromkreis mit einer elektronischen Unterbrechungseinheit.

[0002] Mit Niederspannung sind Spannungen von bis zu 1000 Volt Wechselspannung oder bis zu 1500 Volt Gleichspannung gemeint. Mit Niederspannung sind insbesondere Spannungen gemeint, die größer als die Kleinspannung, mit Werten von 50 Volt Wechselspannung bzw. 120 Volt Gleichspannung, sind.

[0003] Mit Niederspannungsstromkreis bzw. -netz oder -anlage sind Stromkreise mit Nennströmen bzw. Bemessungsströmen von bis zu 125 Ampere, spezifischer bis zu 63 Ampere gemeint. Mit Niederspannungsstromkreis sind insbesondere Stromkreise mit Nennströmen bzw. Bemessungsströmen von bis zu 50 Ampere, 40 Ampere, 32 Ampere, 25 Ampere, 16 Ampere oder 10 Ampere gemeint. Mit den genannten Stromwerten sind insbesondere Nenn-, Bemessungs- oder/und Abschalt-Ströme gemeint, d.h. der Strom der im Normalfall maximal über den Stromkreis geführt wird bzw. bei denen der elektrische Stromkreis üblicherweise unterbrochen wird, beispielsweise durch eine Schutzeinrichtung, wie ein Schutzschaltgerät, Leitungsschutzschalter oder Leistungsschalter. Die Nennströme können sich weiter staffeln, von 0,5 A über 1 A, 2 A, 3 A, 4 A, 5 A, 6 A, 7 A, 8 A, 9 A, 10 A, usw. bis 16 A.

[0004] Leitungsschutzschalter sind seit langem bekannte Überstromschutzeinrichtungen, die in der Elektroinstallationstechnik in Niederspannungsstromkreisen eingesetzt werden. Diese schützen Leitungen vor Beschädigung durch Erwärmung infolge zu hohen Stromes und/oder Kurzschluss. Ein Leitungsschutzschalter kann den Stromkreis bei Überlast und/oder Kurzschluss selbsttätig abschalten. Ein Leitungsschutzschalter ist ein nicht selbsttätig zurückstellendes Sicherungselement.

[0005] Leistungsschalter sind, im Gegensatz zu Leitungsschutzschaltern, für Ströme größer als 125 A vorgesehen, teilweise auch schon ab 63 Ampere. Leitungsschutzschalter sind deshalb einfacher und filigraner aufgebaut. Leitungsschutzschalter weisen üblicherweise eine Befestigungsmöglichkeit zur Befestigung auf einer so genannten Hutschiene (Tragschiene, DIN-Schiene, TH35) auf.

[0006] Leitungsschutzschalter sind elektromechanisch aufgebaut. In einem Gehäuse weisen sie einen mechanischen Schaltkontakt bzw. Arbeitsstromauslöser zur Unterbrechung (Auslösung) des elektrischen Stromes auf. Üblicherweise wird ein Bimetall-Schutzelement bzw. Bimetall-Element zur Auslösung (Unterbrechung) bei länger anhaltenden Überstrom (Überstromschutz) respektive bei thermischer Überlast (Überlastschutz) eingesetzt. Ein elektromagnetischer Auslöser mit einer Spule wird zur kurzzeitigen Auslösung bei Überschreiten eines Überstromgrenzwerts bzw. im Falle eines Kurzschlusses (Kurzschlusschutz) eingesetzt. Eine oder mehrere Lichtbogenlöschkammer(n) bzw. Einrichtungen zur Lichtbogenlöschung sind vorgesehen. Ferner Anschlusselemente für Leiter des zu schützenden elektrischen Stromkreises.

[0007] Schutzschaltgeräte mit einer elektronischen Unterbrechungseinheit sind relativ neuartige Entwicklungen. Diese weisen eine halbleiterbasierte elektronische Unterbrechungseinheit auf. D.h. der elektrische Stromfluss des Niederspannungsstromkreises wird über Halbleiterbauelemente respektive Halbleiterschalter geführt, die den elektrischen Stromfluss unterbrechen bzw. leitfähig geschaltet werden können. Schutzschaltgeräte mit einer elektronischen Unterbrechungseinheit weisen ferner häufig ein mechanisches Trennkontaktsystem auf, insbesondere mit Trenneigenschaften gemäß einschlägigem Normen für Niederspannungsstromkreise, wobei die Kontakte des mechanischen Trennkontaktsystems in Serie zur elektronischen Unterbrechungseinheit geschaltet sind, d.h. der Strom des zu schützenden Niederspannungsstromkreises wird sowohl über das mechanische Trennkontaktsystem als auch über die elektronische Unterbrechungseinheit geführt.

[0008] Die vorliegende Erfindung bezieht sich insbesondere auf Niederspannungswechselstromkreise, mit einer Wechselspannung, üblicherweise mit einer zeitabhängigen sinusförmigen Wechselspannung mit der Frequenz f . Die zeitliche Abhängigkeit des momentanen Spannungswertes $u(t)$ der Wechselspannung ist durch die Gleichung:

$$u(t) = U * \sin(2\pi * f * t)$$

beschrieben. Wobei:

$u(t)$ = momentaner Spannungswert zu der Zeit t
 U = Amplitude der Spannung

[0009] Eine harmonische Wechselspannung lässt sich durch die Rotation eines Zeigers darstellen, dessen Länge der Amplitude (U) der Spannung entspricht. Die Momentanauslenkung ist dabei die Projektion des Zeigers auf ein Koordinatensystem. Eine Schwingungsperiode entspricht einer vollen Umdrehung des Zeigers und dessen Vollwinkel beträgt 2π (2π) bzw. 360° . Die Kreisfrequenz ist die Änderungsrate des Phasenwinkels dieses rotierenden Zeigers. Die Kreisfrequenz einer harmonischen Schwingung beträgt immer das 2π -fache ihrer Frequenz, d.h.:

$$\omega = 2\pi \cdot f = 2\pi/T = \text{Kreisfrequenz der Wechselspannung}$$

(T = Periodendauer der Schwingung)

[0010] Häufig wird die Angabe der Kreisfrequenz (ω) gegenüber der Frequenz (f) bevorzugt, da sich viele Formeln der Schwingungslehre aufgrund des Auftretens trigonometrischer Funktionen, deren Periode per Definition 2π ist, mit Hilfe der Kreisfrequenz kompakter darstellen lassen:

$$u(t) = U \cdot \sin(\omega t)$$

[0011] Im Falle zeitlich nicht konstanter Kreisfrequenzen wird auch der Begriff momentane Kreisfrequenz verwendet.

[0012] Bei einer sinusförmigen, insbesondere zeitlich konstanten, Wechselspannung entspricht der zeitabhängige Wert aus der Winkelgeschwindigkeit ω und der Zeit t dem zeitabhängigen Winkel $\varphi(t)$, der auch als Phasenwinkel $\varphi(t)$ bezeichnet wird. D.h. der Phasenwinkel $\varphi(t)$ durchläuft periodisch den Bereich $0 \dots 2\pi$ bzw. $0^\circ \dots 360^\circ$. D.h. der Phasenwinkel nimmt periodisch einen Wert zwischen 0 und 2π bzw. 0° und 360° an ($\varphi = n \cdot (0 \dots 2\pi)$ bzw. $\varphi = n \cdot (0^\circ \dots 360^\circ)$, wegen Periodizität; verkürzt: $\varphi = 0 \dots 2\pi$ bzw. $\varphi = 0^\circ \dots 360^\circ$).

[0013] Mit momentanem Spannungswert $u(t)$ ist folglich der momentane Wert der Spannung zum Zeitpunkt t, d.h. bei einer sinusförmigen (periodischen) Wechselspannung der Wert der Spannung zum Phasenwinkel φ gemeint ($\varphi = 0 \dots 2\pi$ bzw. $\varphi = 0^\circ \dots 360^\circ$, der jeweiligen Periode).

[0014] Die deutsche Gebrauchsmusterschrift DE 20 2009 014 759 U1 offenbart ein Halbleiterrelais mit integriertem mechanischem Schaltelement zur Lastkreisunterbrechung (Hybridrelais). Halbleiterrelais (1) mit einem durch einen Steuerstrom oder eine Steuerspannung über die Steuereingänge (11, 12) betätigbaren und kontaktlos schaltenden Ausgangsleistungsschalter (4) und mit einem in Reihe zum Ausgangsleistungsschalter (4) geschalteten mechanischem Schaltelement (2), dadurch gekennzeichnet, dass in das aus einem Gehäuseoberteil (16) und einem Gehäuseunterteil (17) bestehende und über die Schnappverbindungen (20) formschlüssig und lösbar verbundene, kompakte Gehäuse das Schaltelement (2) integriert und dessen Handbetätigungshebel bzw. Schaltstellungsanzeige (3) auf der Oberseite (16a) herausgeführt ist.

[0015] Die deutsche Offenlegungsschrift DE 10 2018 213 354 A1 beschreibt ein Schaltgerät und Verfahren. Die Erfindung betrifft ein Schaltgerät für einen mehrere Leiter aufweisenden Nieder-spannungsstromkreis,

- mit einem Gehäuse, mit am Gehäuse angeordneten Anschlusskontakten zum Anschluss von Leitern des Niederspannungsstromkreises,
- mit einer im Gehäuse befindlichen mechanischen Einheit mit einer Trennfunktion und einer AUS- oder EIN-Stellung, die Trennkontakte zur galvanischen Unterbrechung der Leiter des Niederspannungsstromkreises aufweist. Eine elektronische Einheit ist vorgesehen, die stromflusseitig in Serie zur mechanischen Einheit geschaltet ist, ein mit der mechanischen Einheit verbundener Hilfsschalter ist vorgesehen, der wiederum mit der elektronischen Einheit verbunden ist, der Hilfsschalter und die elektronische Einheit sind derart ausgestaltet, dass bei einem Öffnungsvorgang der mechanischen Einheit die elektronische Einheit hochohmig wird.

[0016] In der US-amerikanischen Patentanmeldung US 2020/0366078 A1 wird ein intelligenter Leistungsschalter beschrieben. Ein Leistungsschalter umfasst einen elektromechanischen Schalter, einen Stromsensor, einen Spannungssensor und einen Prozessor. Der elektromechanische Schalter ist in Reihe zwischen einem Leitungseingangsanschluss und einem Lastausgangsanschluss des Leistungsschalters angeschlossen und so konfiguriert, dass er in einen geschalteten geschlossenen Zustand oder einen geschalteten offenen Zustand versetzt werden kann. Der Stromsensor ist so konfiguriert, dass er eine Stromstärke erfasst, die in einem Pfad zwischen dem Leitungseingangsanschluss und dem Lastausgangsanschluss fließt, und ein Strommesssignal erzeugt. Der Spannungssensor ist so konfiguriert, dass er eine Spannungstärke an einem Punkt auf dem Pfad zwischen dem Leitungseingangsanschluss und dem Lastausgangsanschluss erfasst, und ein Spannungsmesssignal erzeugt. Der Prozessor ist so konfiguriert, dass er das Strommesssignal und das Spannungsmesssignal empfängt und verarbeitet, um Betriebsstatusinformationen des Leistungsschalters zu ermitteln und Stromverbrauchsinformationen einer an den Lastausgangsanschluss angeschlossenen Last zu ermitteln.

[0017] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Schutzschaltgerät eingangs genannter Art zu verbessern, insbesondere eine neue Ausgestaltung für ein Schutzschaltgerät vorzuschlagen, um die Sicherheit eines derartigen Schutzschaltgerätes zu verbessern bzw. eine höhere Sicherheit im durch das Schutzschaltgerät zu schützenden elektrischen Niederspannungsstromkreis zu erreichen.

[0018] Diese Aufgabe wird durch ein Schutzschaltgerät mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 oder ein Verfahren gemäß Patentanspruch 15 gelöst.

[0019] Erfindungsgemäß wird ein Schutzschaltgerät zum Schutz eines elektrischen Niederspannungsstromkreises, insbesondere Niederspannungswechselstromkreises, vorgeschlagen, aufweisend:

- ein Gehäuse mit netzseitigen Anschlüssen und mindestens einem lastseitigen Anschluss,
- eine mechanische Trennkontakteinheit, die in Serie mit einer elektronischen Unterbrechungseinheit geschaltet ist, wobei die mechanische Trennkontakteinheit dem lastseitigen Anschluss und die elektronische Unterbrechungseinheit den netzseitigen Anschlüssen zugeordnet ist,
- dass die mechanische Trennkontakteinheit durch ein Öffnen von mindestens einem Kontakt zur Vermeidung eines Stromflusses oder ein Schließen des mindestens einem Kontakt für einen Stromfluss im Niederspannungsstromkreis schaltbar ist,
- dass die elektronische Unterbrechungseinheit durch halbleiterbasierte Schaltelemente in einen hochohmigen Zustand der Schaltelemente zur Vermeidung eines Stromflusses oder einen niederohmigen Zustand der Schaltelemente zum Stromfluss im Niederspannungsstromkreis schaltbar ist,
- einer Stromsensoreinheit, zur Ermittlung der Höhe des Stromes des Niederspannungsstromkreises,
- einer Steuerungseinheit, die mit der Stromsensoreinheit,

der mechanischen Trennkontakteinheit und der elektronischen Unterbrechungseinheit verbunden ist, wobei bei Überschreitung von Strom- oder/und Strom-Zeitgrenzwerten eine Vermeidung eines Stromflusses des Niederspannungsstromkreises initiiert wird.

[0020] Erfindungsgemäß ist zwischen Leitern des Niederspannungsstromkreises eine Serienschaltung einer Messimpedanz und eines Schalters derart vorgesehen, dass bei geschlossenem Schalter und niederohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit ein Messstrom über die netzseitigen Anschlüsse durch die elektronische Unterbrechungseinheit fließt.

[0021] D.h. es wird eine zuschaltbare Messimpedanz vorgeschlagen, so dass wahlweise ein Messstrom bzw. ein definiertes Potential im Schutzschaltgerät erzeugbar ist.

[0022] Die Serienschaltung der Messimpedanz und des Schalters kann beispielsweise einerseits mit der Verbindung zwischen mechanischer Trennkontakteinheit und elektronischer Unterbrechungseinheit verbunden sein. Andererseits kann die Messimpedanz beispielsweise mit dem anderen Leiter verbunden sein, insbesondere mit dem anderen Leiter am netzseitigen Anschluss.

[0023] Durch die zwischen zwei Leitern vor dem lastseitigen Anschluss, insbesondere vor der dem lastseitigen Anschluss zugeordneten mechanischen Trennkontakteinheit, kann bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit, d.h. bei von der Netzseite (Energiequelle) getrennter Last/Verbraucher, wahlweise ein Messstrom fließen. Der Messstrom kann vorteilhaft zur Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes verwendet werden. So kann mit dieser Ausgestaltung ein sicheres Schutzschaltgerät ermöglicht werden, wodurch die Sicherheit im Niederspannungsstromkreis erhöht wird.

[0024] So kann bei geschlossenem Schalter und geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit und niederohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit ein Messstrom über die netzseitigen Anschlüsse durch die elektronische Unterbrechungseinheit fließen.

[0025] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen und im Ausführungsbeispiel angegeben.

[0026] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Messimpedanz ein elektrischer Widerstand oder/und Kondensator, d.h. ein einzelnes Element oder eine Serien- bzw. Parallelschaltung eines elektrischen Widerstandes und eines Kondensators. Alternativ eine Serien- und Parallelschaltung zweier, dreier, vierer, fünfer, ... Elemente.

[0027] Speziell kann die Messimpedanz einen hohen Widerstandswert bzw. Impedanzwert haben, um vorteilhaft die Verluste gering zu halten. Durch die schaltbare Messimpedanz, d.h. die Serienschaltung einer Messimpedanz (ZM) und eines Schalters (Smeas) kann die Messimpedanz vorteilhaft einen geringeren Widerstandswert aufweisen, da die Verluste durch eine temporäre Zuschaltung mittels des Schalters begrenzt werden. Insbesondere kann dadurch der Widerstandswert kleiner als 1 MOhm, 500 kOhm, 100 kOhm, 50 kOhm, 10 kOhm, 5 kOhm, 1 kOhm, 500 Ohm oder 100 Ohm sein. In einem 230 Volt Niederspannungsstromkreis führt der Einsatz eines Messwiderstandes von z.B. 1 MOhm zu etwa 50 mW Verlusten.

[0028] In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die Höhe des Wertes der Messimpedanz derart bemessen, dass bei hochohmiger elektronischer Unterbrechungseinheit und eingeschalteter Messimpedanz (geschlossener Schalter) und geschlossenen Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit die Spannung an den lastseitigen Anschlüssen (bzw. dem mindestens einem lastseitigen Anschluss gegenüber dem anderen Potential) kleiner als eine erste Spannungshöhe ist. Beispielsweise kann die erste Spannungshöhe dem Maximalwert der Schutzkleinspannung (50 Volt Wechselspannung Effektivwert) entsprechen bzw. kleiner sein. So wird vorteilhaft die durch einen Leckstrom der elektronischen Unterbrechungseinheit verursachte Spannung an den lastseitigen Anschlüssen verringert bzw. definiert.

[0029] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der Schalter ein steuerbarer Schalter. In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der Schalter mit der Steuerungseinheit verbunden, so dass der Schalter durch die Steuerungseinheit ein- und ausgeschaltet werden kann. Beispielsweise kann der Schalter ein Relais, wie ein Reed-Relais, oder ein so genannter Analog-Schalter sein, d.h. ein Schalter, der durch ein Steuersignal geschaltet werden kann

(ein/aus), wobei das geschaltete Signal (Messstrom) ein Analog- (oder Digital-)Signal sein kann. Der Schalter kann auch ein elektronischer Schalter sein, wie z.B. ein TRIC, Thyristor, IGBT oder MOSFET.

[0030] Dies hat den besonderen Vorteil, dass die Steuerungseinheit je nach Zustand der elektronischen Unterbrechungseinheit einen Messstrom erzeugen kann.

[0031] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet, dass der Schalter bei hochohmiger elektronischer Unterbrechungseinheit eingeschaltet ist. Dies hat den besonderen Vorteil, dass bei hochohmiger elektronischer Unterbrechungseinheit und geschlossenen Kontakten der mechanischen Trennkontakt-einheit ein definiertes (niedriges) Potential an den lastseitigen Anschlüssen vorliegt. Das Potential wird durch die Höhe der (zugeschalteten) Messimpedanz bestimmt. Je geringer beispielsweise der Widerstandswert der Messimpedanz ist, desto geringer ist der Potentialunterschied an den lastseitigen Anschlüssen. Der Potentialunterschied wird ferner durch den Leckstrom der elektronischen Unterbrechungseinheit bestimmt. Je geringer der Leckstrom der elektronischen Unterbrechungseinheit, desto geringer der Potentialunterschied / Spannungsabfall über der (zugeschalteten) Messimpedanz.

[0032] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet, dass der Schalter bei niederohmiger elektronischer Unterbrechungseinheit ausgeschaltet ist.

[0033] Dies hat den besonderen Vorteil, dass bei niederohmiger elektronischer Unterbrechungseinheit und geschlossenen Kontakten der mechanischen Trennkontakt-einheit, d.h. üblicherweise bei einem normalen Betriebsfall des Schutzschaltgerätes, in der Regel mit angeschlossenem Verbraucher / Last, die durch die Messimpedanz verursachte Verlustleistung reduziert wird, da die Messimpedanz ausgeschaltet ist.

[0034] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet, dass der Schalter bei hochohmiger elektronischer Unterbrechungseinheit eingeschaltet ist und bei niederohmiger elektronischer Unterbrechungseinheit ausgeschaltet ist.

[0035] Dies hat den besonderen Vorteil, dass eine einfache (grundsätzliche) Implementierung des Schaltverhaltens des Schalters gekoppelt an das Schaltverhalten der elektronischen Unterbrechungseinheit gegeben ist, so dass bei geschlossenen Kontakten der mechanischen Trennkontakt-einheit einerseits ein definiertes Potential an den lastseitigen Anschlüssen und andererseits eine minimierte Verlustleistung erzielt wird.

[0036] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet, dass bei hochohmiger elektronischer Unterbrechungseinheit und eingeschaltetem Schalter die Höhe des Stromes mittels der Stromsensoreinheit ermittelt wird. Bei Überschreitung eines ersten Stromschwellwertes wird auf eine fehlerhafte elektronische Unterbrechungseinheit geschlossen wird. Bei Überschreitung eines ersten Stromschwellwertes liegt üblicherweise eine fehlende Ausschaltbarkeit der elektronischen Unterbrechungseinheit vor, d.h. ein hochohmiger Zustand ist nicht mehr gegeben. Beispielsweise sind die halbleiterbasierten Schaltelemente durchgelegt (dauerhaft leitend / kurzgeschlossen). Bei Überschreitung eines ersten Stromschwellwertes, bei der auf eine fehlerhafte elektronische Unterbrechungseinheit geschlossen wird, kann das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet sein, dass die mechanische Trennkontakt-einheit nicht geschlossen werden kann oder geöffnet wird. Dies hat den besonderen Vorteil, dass durch die (zuschaltbare) Messimpedanz die elektronische Unterbrechungseinheit geprüft wird, insbesondere dessen hochohmiger Zustand. Bei fehlender bzw. ungenügender Hochohmigkeit können entsprechende Schutzmaßnahmen, wie verhindern des Schließens der Kontakte (falls diese noch nicht geschlossen sind) oder Öffnen der Kontakte, vollzogen werden. Ebenso kann dieser Zustand gemeldet werden.

[0037] Der erste Stromschwellwert kann im Bereich kleiner 50 mA, sein, vorteilhaft kleiner als 6 mA sein.

[0038] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet, dass zur Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakt-einheit und hochohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit sowie eingeschaltetem Schalter wird die elektronische Unterbrechungseinheit für eine erste Zeitspanne in einen niederohmigen Zustand geschaltet, ohne dass der Schalter ausgeschaltet wird, so dass der Messstrom durch die Messimpedanz fließt, zur Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes, insbesondere der elektronischen Unterbrechungseinheit.

[0039] D.h. die elektronische Unterbrechungseinheit wird ausgehend vom hochohmigen Zustand für eine erste Zeitspanne in den niederohmigen Zustand geschaltet und ist anschließend wieder im hochohmigen Zustand.

[0040] Die erste Zeitspanne kann im Bereich 100 μ s bis 1 s liegen. Beispielsweise 100 μ s, 200 μ s, ..., 1 ms, 2 ms, ..., 10 ms, 11 ms, ..., 20 ms, 21 ms, ..., 100 ms, ..., 200 ms, ... 1s.

[0041] Bei Schaltzeiten im Bereich 1 ms bis 2 ms kann eine Spannungsänderung zur Funktionsprüfung detektiert werden. Bei Zeitspannen von 20 ms bis 100 ms oder 1 Sekunde, kann (mehrfach) überprüft werden, ob etwa 0 V Spannung (Momentan- bzw. dann auch Effektivwert der Spannung) über der elektronischen Unterbrechungseinheit anliegen.

[0042] Dies hat den besonderen Vorteil, dass die elektronische Unterbrechungseinheit hinsichtlich ihrer "Einschaltbarkeit" überprüft werden kann, wobei die (eingeschaltete) Messimpedanz einen detektierbaren Messstrom zur Funktionsprüfung hervorruft.

[0043] Die Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes kann:

- eine Ermittlung der Höhe des Messstromes mittels der Stromsensoreinheit aufweisen, insbesondere das die Höhe des ermittelten Messstromes mit einer Sollmessstromhöhe verglichen wird und bei einer Abweichung von der Sollmessstromhöhe, die außerhalb eines ersten Toleranzbereiches liegt, auf ein fehlerhaftes Schutzschaltgerät geschlossen wird (insbesondere kann auf eine fehlerhafte elektronische Unterbrechungseinheit geschlossen werden; der erste Toleranzbereich kann eine (weitere) Stromgrenze sein;

d.h. ist der Strom zu groß, liegt eine fehlerhafte elektronische Unterbrechungseinheit vor;
ist der Strom zu klein, könnte die Messimpedanz fehlerhaft sein).

[0044] Bei einer Abweichung von der Sollmessstromhöhe, die außerhalb eines ersten Toleranzbereiches liegt, kann beispielsweise die mechanische Trennkontakteinheit nicht geschlossen werden oder wird geöffnet, oder (/und)

- eine Ermittlung der Höhe einer Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit aufweisen, insbesondere das die Höhe der ermittelten Spannung mit einer Sollspannungshöhe verglichen wird und bei einer Abweichung von der Sollspannungshöhe, die außerhalb eines zweiten Toleranzbereiches liegt, auf eine fehlerhafte elektronischen Unterbrechungseinheit geschlossen wird, insbesondere, dass die mechanische Trennkontakteinheit nicht geschlossen werden kann oder geöffnet wird.

[0045] Alternativ oder zusätzlich kann die Höhe der ermittelten Spannung insbesondere auch mit der Sollspannungshöhe verglichen werden und bei Überschreitung der Sollspannungshöhe wird auf eine fehlerhafte elektronischen Unterbrechungseinheit geschlossen, insbesondere, dass die mechanische Trennkontakteinheit nicht geschlossen werden kann oder geöffnet wird. Dies hat den besonderen Vorteil, dass eine Prüfung auf die Niederohmigkeit der elektronischen Unterbrechungseinheit durchgeführt werden kann, wobei das Vorliegen eines korrekten Messstromes bei Niederohmigkeit überprüft wird.

[0046] Die Sollmessstromhöhe ist beispielsweise gleich des Wertes der Höhe der aktuell angelegten Netzspannung (Spannung, Niederspannung) geteilt durch den Wert der Höhe der Messimpedanz. Bei z.B. 230 V aktuell angelegter Niederspannung (Effektivwert) und einem Wert der Höhe der Messimpedanz von 10 kOhm ist die Sollmessstromhöhe 23 mA. Der erste Toleranzbereich kann z.B. +/- 10 % (oder +/- 20%) dieses Wertes betragen sein.

[0047] Die Sollspannungshöhe zur Überprüfung der Niederohmigkeit der elektronischen Unterbrechungseinheit liegt z.B. bei Werten von oder kleiner 1 V, allgemeiner kleiner 2 V. D.h. in der Alternative wird bei Überschreitung dieser Sollspannungshöhe auf eine fehlerhafte Unterbrechungseinheit geschlossen.

[0048] Der zweite Toleranzbereich kann z.B. +/- 10 % bis +/- 100 % dieses Wertes betragen sein.

[0049] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet, dass der Messstrom zur Kalibrierung der durch die Stromsensoreinheit ermittelten Höhe des Stromes verwendet wird, insbesondere nachdem eine vor genannte Funktionsprüfung (zumindest teilweise) durchgeführt wurde.

[0050] Dies hat den besonderen Vorteil, dass die (zugeschaltete) Messimpedanz (bekannter Größe und somit bekannten Messstromes) zur Kalibrierung der Stromsensoreinheit verwendet werden kann.

[0051] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet, dass zur Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes - bei geschlossenen Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit und niederohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit sowie bei ausgeschaltetem Schalter - der Schalter für einen ersten Zeitbereich in einen geschlossenen Zustand geschaltet wird, so dass ein durch den Messwiderstand hervorgerufener zusätzlicher Strom (= Zusatzstrom) durch die elektronische Unterbrechungseinheit fließt, dessen Höhe (vom zusätzlichen Strom = Zusatzstrom) (mittels der Stromsensoreinheit oder/und Steuerungseinheit) ermittelt wird, mit Zusatzstromwerten verglichen wird und bei Abweichung außerhalb eines dritten Toleranzbereiches eine Zusatzstrom-Fehlerbedingung vorliegt. Ist an den lastseitigen Anschlüssen kein Verbraucher bzw. Last angeschlossen, kann der zugrunde liegende Ausgangsstrom den Wert Null aufweisen. In diesem Fall ist die Höhe des Stromes durch die Höhe des Zusatzstromes bestimmt.

[0052] Dies hat den besonderen Vorteil, dass bei fehlendem Verbraucher bzw. während des Betriebes des Schutzschaltgerätes die Stromsensoreinheit bzw. die Ermittlung der Höhe des Stromes überprüft werden kann.

[0053] Der erste Zeitbereich kann im Bereich 10 ms bis 10 s liegen.

[0054] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird der Schalter dann für den ersten Zeitbereich in einen geschlossenen Zustand geschaltet, wenn die durch die Stromsensoreinheit ermittelte Höhe des Stromes eine erste Stromhöhe unterschreitet. Die erste Stromhöhe kann kleiner 5 A, 1 A oder insbesondere kleiner 0,5 A sein.

[0055] Damit kann vorteilhaft insbesondere ein fehlerhaftes Schutzschaltgerät, insbesondere eine fehlerhafte Stromsensoreinheit oder Stromerfassung ermittelt werden. So kann bei fehlendem Verbraucher die Stromsensoreinheit bzw. die Ermittlung der Höhe des Stromes überprüft werden.

[0056] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet, dass (für einen

Leiter) die Höhe der Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit ermittelbar ist.

[0057] Dies hat den besonderen Vorteil, dass speziell die Höhe der Spannung zwischen netzseitigen Verbindungspunkt und lastseitigen Verbindungspunkt der elektronischen Unterbrechungseinheit ermittelbar ist bzw. ermittelt wird.

[0058] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet, dass bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit und eingeschaltetem Schalter die Höhe der durch die eingeschaltete Messimpedanz festgelegten Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit bei hochohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit ermittelt wird. Bei Unterschreitung eines ersten Spannungsschwellwertes liegt eine erste Fehlerbedingung vor, so dass ein (ggfs. erneutes bzw. erstmaliges) niederohmig werden der elektronischen Unterbrechungseinheit vermieden wird oder/und die mechanische Trennkontakteinheit nicht geschlossen werden kann oder geöffnet wird.

(D.h. bei Überschreitung des ersten Spannungsschwellwertes liegt keine Fehlerbedingung vor.)

[0059] Dies dient der Überprüfung der elektronischen Unterbrechungseinheit hinsichtlich ihrer "Ausschaltbarkeit", d.h. dem Hochohmig werden der halbleiterbasierten Schaltelemente.

[0060] Der erste Spannungsschwellwert ist abhängig von der Höhe der Messimpedanz. Beispielsweise entspricht die Spannung über der (funktionsfähigen) ausgeschalteten (hochohmigen) elektronischen Unterbrechungseinheit der angelegten Netzspannung minus dem Spannungsabfall über der Messimpedanz. Die Spannung an der Messimpedanz ist gleich dem Leckstrom mal der Höhe des Wertes der Messimpedanz. Z.B. ist bei einem Leckstrom vom 0,1 mA und einer Messimpedanz von 20 kOhm der Spannungsabfall 2 V und somit ist der erste Spannungsschwellwert z.B. kleiner 230 V - 2 V = 228 V (bei Effektivwerten).

[0061] Dies hat den besonderen Vorteil, dass eine einfache Überprüfung hinsichtlich des Ausschaltverhaltens der elektronischen Unterbrechungseinheit gegeben ist, wobei die Messimpedanz einerseits ein definiertes Potential und andererseits durch die Höhe des Widerstands- bzw. Impedanzwertes der Messimpedanz eine definierte Spannungshöhe in Verbindung mit (der ermittelbaren) hochohmigen Impedanz der elektronischen Unterbrechungseinheit erzeugt wird.

[0062] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird bei der Schaltung der elektronischen Unterbrechungseinheit für die erste Zeitspanne in den niederohmigen Zustand, ohne dass der Schalter ausgeschaltet wird, die Höhe der Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit ermittelt. Bei Überschreiten eines zweiten Spannungsschwellwertes liegt eine zweite Fehlerbedingung vor, so dass ein weiteres bzw. nachfolgendes niederohmig werden der elektronischen Unterbrechungseinheit vermieden oder/und die mechanische Trennkontakteinheit nicht geschlossen werden kann oder geöffnet wird.

(D.h. bei Unterschreitung des zweiten Spannungsschwellwertes liegt keine Fehlerbedingung vor.)

[0063] Der zweite Spannungsschwellwert sollte 1 Volt oder besser kleiner als 1 V sein.

[0064] Dies hat den besonderen Vorteil, dass die elektronische Unterbrechungseinheit genauer hinsichtlich ihrer "Einschaltbarkeit" überprüft werden kann, wobei durch die eingeschaltete Messimpedanz ein definiertes Potential bereitgestellt wird.

[0065] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird bei Vorliegen einer (der beiden) Fehlerbedingung ein Schließen der Kontakte der mechanischen Trennkontakteinheit vermieden. Insbesondere wird kein Freigabesignal (enable) an die mechanische Trennkontakteinheit abgegeben. D.h. ein Schließen der Kontakte der mechanischen Trennkontakteinheit durch eine Handhabe ist nicht möglich.

[0066] Ferner kann ein niederohmig werden der elektronischen Unterbrechungseinheit vermieden werden.

[0067] Alternativ bzw. weiterhin kann die mechanische Trennkontakteinheit geöffnet werden.

[0068] Es können noch weitere Fehlerbedingungen existieren.

[0069] Dies hat den besonderen Vorteil, dass nur ein funktionsfähiges Schutzschaltgerät mit einer funktionsfähigen elektronischen Unterbrechungseinheit einschaltbar ist bzw. bei einem defekten Schutzschaltgerät, was durch die erfindungsgemäße Messimpedanz ermittelbar ist, wird der Niederspannungsstromkreis unterbrochen. Somit wird die Betriebssicherheit des Schutzschaltgerätes und dadurch auch im Niederspannungsstromkreis erhöht. Somit ist sichergestellt, dass die Einschaltbarkeit und die Ausschaltbarkeit der elektronischen Unterbrechungseinheit funktioniert.

[0070] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann das Schutzschaltgerät ferner derart ausgestaltet sein, dass weitere Ausgestaltungen vorgesehen sind:

- ein Gehäuse mit einem netzseitigen Neutralleiteranschluss, einem netzseitigen Phasenleiteranschluss, einem lastseitigen Neutralleiteranschluss, einem lastseitigen Phasenleiteranschluss des Niederspannungsstromkreises,
- eine, insbesondere zweipolige (speziell bei einem einphasigen Stromkreis), mechanische Trennkontakteinheit mit lastseitigen Anschlusspunkten und netzseitigen Anschlusspunkten, wobei die lastseitigen Anschlusspunkte mit den lastseitigen Neutral- und Phasenleiteranschlüssen verbunden sind, so dass ein Öffnen von Kontakten zur Ver-

meidung eines Stromflusses oder ein Schließen der Kontakte für einen Stromfluss im Niederspannungsstromkreis schaltbar ist,

- eine, insbesondere einpolige, elektronische Unterbrechungseinheit,

mit einem netzseitigen Verbindungspunkt, der mit dem netzseitigen Phasenleiteranschluss in elektrischer Verbindung steht, und

einem lastseitigen Verbindungspunkt, der mit einem netzseitigen Anschlusspunkt der mechanischen Trennk Kontakteinheit verbunden ist,

wobei die elektronische Unterbrechungseinheit durch halbleiterbasierte Schaltelemente einen hochohmigen Zustand der Schaltelemente zur Vermeidung eines Stromflusses oder einen niederohmigen Zustand der Schaltelemente zum Stromfluss im Niederspannungsstromkreis aufweist,

- eine Stromsensoreinheit, zur Ermittlung der Höhe des Stromes des Niederspannungsstromkreises,
- einer Steuerungseinheit, die mit der Stromsensoreinheit,

der mechanischen Trennk Kontakteinheit und der elektronischen Unterbrechungseinheit verbunden ist, wobei bei Überschreitung von Strom- oder/und Strom-Zeitgrenzwerten eine Vermeidung eines Stromflusses des Niederspannungsstromkreises initiiert wird.

[0071] Die Höhe der Spannung zwischen netzseitigen Verbindungspunkt und lastseitigen Verbindungspunkt der elektronischen Unterbrechungseinheit ist ermittelbar bzw. wird ermittelt.

[0072] Hierzu kann mindestens eine, mit der Steuerungseinheit verbundene, Spannungssensoreinheit vorgesehen sein. Bei mehreren Spannungssensoreinheiten sind diese mit der Steuerungseinheit verbunden.

[0073] Erfindungsgemäß wird eine neue Architektur bzw. konstruktive Ausgestaltung eines Schutzschaltgerätes vorgeschlagen, mit dem eine erhöhte Betriebssicherheit eines Schutzschaltgerätes erzielt bzw. des Niederspannungsstromkreises erzielt.

[0074] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist eine mit der Steuerungseinheit verbundene erste Spannungssensoreinheit vorgesehen, die die Höhe einer/der ersten Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit, insbesondere zwischen netzseitigen Verbindungspunkt und lastseitigen Verbindungspunkt der elektronischen Unterbrechungseinheit, ermittelt.

[0075] Dies hat den besonderen Vorteil, dass eine einfache Lösung mit nur einer Spannungssensoreinheit gegeben ist.

[0076] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist alternativ oder zusätzlich eine mit der Steuerungseinheit verbundene zweite Spannungssensoreinheit vorgesehen, die die Höhe einer zweiten Spannung zwischen netzseitigen Neutralleiteranschluss und netzseitigen Phasenleiteranschluss ermittelt.

[0077] Weiterhin ist eine mit der Steuerungseinheit verbundene dritte Spannungssensoreinheit vorgesehen, die die Höhe einer dritten Spannung zwischen netzseitigen Neutralleiteranschluss und lastseitigen Verbindungspunkt der elektronischen Unterbrechungseinheit ermittelt. Das Schutzschaltgerät ist derart ausgestaltet, dass aus der Differenz zwischen zweiter und dritter Spannung die Höhe einer/der ersten Spannung zwischen netzseitigen Verbindungspunkt und lastseitigen Verbindungspunkt der elektronischen Unterbrechungseinheit ermittelt wird.

[0078] Dies hat den besonderen Vorteil, dass eine weitere Lösung, basierend auf klassischen Spannungsmessungen gegeben ist. Zudem wird eine weiterreichende Prüfung des Schutzschaltgerätes ermöglicht.

[0079] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Stromsensoreinheit stromkreisseitig zwischen netzseitigen Phasenleiteranschluss und lastseitigen Phasenleiteranschluss vorgesehen. Insbesondere ist die Stromsensoreinheit zwischen netzseitigen Phasenleiteranschluss und mechanischer Trennk Kontakteinheit vorgesehen, insbesondere dass der durch den eingeschalteten Schalter hervorgerufene Messstrom durch die Stromsensoreinheit erfassbar ist.

[0080] Dies hat den besonderen Vorteil, dass eine kompakte Zweiteilung des Gerätes gegeben ist, mit einer elektronischen Unterbrechungseinheit im Phasenleiter nebst Stromsensoreinheit einerseits und einem durchgehenden Neutralleiter andererseits. Ferner wird mit einer Stromsensoreinheit im Phasenleiter eine weitergehende Überwachung bezüglich Ströme sowohl im Stromkreis selbst als auch bei Erdfehlerströmen erreicht.

[0081] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet, dass die Kontakte der mechanischen Trennk Kontakteinheit durch die Steuerungseinheit geöffnet, aber nicht geschlossen werden können.

[0082] Dies hat den besonderen Vorteil, dass eine erhöhte Betriebssicherheit erreicht wird, da die Kontakte versehentlich durch die Steuerungseinheit nicht geschlossen werden können.

[0083] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die mechanische Trennk Kontakteinheit durch eine mechanische Handhabe bedienbar, um ein Öffnen von Kontakten oder ein Schließen der Kontakte zu schalten.

[0084] Dies hat den besonderen Vorteil, dass die Funktionalität eines klassischen Leitungsschutzschalters gegeben ist.

[0085] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die mechanische Trennk Kontakteinheit derart ausgestaltet, dass ein Schließen der Kontakte durch die mechanische Handhabe erst nach einer Freigabe (enable), insbesondere

einem Freigabesignal, möglich ist.

[0086] Dies hat den besonderen Vorteil, dass ein erhöhter Schutz und eine erhöhte Betriebssicherheit gegeben ist da ein Einschalten eines defekten Schutzschaltgerätes vermieden wird.

[0087] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist eine Energieversorgung, insbesondere für die Steuerungseinheit, vorgesehen, die mit dem netzseitigen Neutralleiteranschluss und dem netzseitigen Phasenleiteranschluss verbunden ist. Vorteilhaft kann speziell die Messimpedanz an den mit dem netzseitigen Neutralleiteranschluss verbundenen Versorgungsleiter angeschlossen sein.

[0088] Dies hat den besonderen Vorteil, dass eine kompakte elektronische Baugruppe ermöglicht wird.

[0089] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist bei geschlossenen Kontakten der mechanischen Trennkontaktseinheit und niederohmiger Unterbrechungseinheit und

- bei einem ermittelten Strom, der einen ersten Stromwert überschreitet, insbesondere dass der erste Stromwert für eine erste Zeitgrenze überschritten wird, die elektronische Unterbrechungseinheit hochohmig wird und die mechanische Trennkontaktseinheit geschlossen bleibt,
- bei einem ermittelten Strom, der einen (höheren) zweiten Stromwert, insbesondere für eine zweite Zeitgrenze, überschreitet, die elektronische Unterbrechungseinheit hochohmig wird und die mechanische Trennkontaktseinheit geöffnet wird,
- bei einem ermittelten Strom, der einen (noch höheren) dritten Stromwert überschreitet, die elektronische Unterbrechungseinheit hochohmig wird und die mechanische Trennkontaktseinheit geöffnet wird.

[0090] Dies hat den besonderen Vorteil, dass ein abgestuftes Abschaltkonzept bei erhöhten Strömen für ein erfindungsgemäßes Schutzschaltgerät vorliegt.

[0091] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Steuerungseinheit einen Mikrocontroller auf.

[0092] Dies hat den besonderen Vorteil, dass die erfindungsgemäßen Funktionen zur Erhöhung der Sicherheit eines Schutzschaltgerätes bzw. des zu schützenden elektrischen Niederspannungsstromkreis durch ein (anpassbares) Computerprogrammprodukt realisiert werden können. Ferner können Änderungen und Verbesserungen der Funktion dadurch individuell auf ein Schutzschaltgerät geladen werden.

[0093] Erfindungsgemäß kann ein korrespondierendes Verfahren für ein Schutzschaltgerät für einen Niederspannungsstromkreis mit elektronischen (halbleiterbasierten) Schaltelementen mit den gleichen und weiteren Vorteilen vorgesehen sein.

[0094] Das Verfahren für ein Schutzschaltgerät zum Schutz eines elektrischen Niederspannungsstromkreis aufweisend:

- ein Gehäuse mit netzseitigen Anschlüssen und mindestens einem lastseitigen Anschluss,
- eine mechanische Trennkontaktseinheit, die in Serie mit einer elektronischen Unterbrechungseinheit geschaltet ist, wobei die mechanische Trennkontaktseinheit dem lastseitigen Anschluss und die elektronische Unterbrechungseinheit den netzseitigen Anschlüssen zugeordnet ist,
- dass die mechanische Trennkontaktseinheit durch ein Öffnen von Kontakten zur Vermeidung eines Stromflusses oder ein Schließen der Kontakte für einen Stromfluss im Niederspannungsstromkreis geschaltet werden kann,
- dass die elektronische Unterbrechungseinheit durch halbleiterbasierte Schaltelemente in einen hochohmigen Zustand der Schaltelemente zur Vermeidung eines Stromflusses oder einen niederohmigen Zustand der Schaltelemente zum Stromfluss im Niederspannungsstromkreis geschaltet werden kann,
- dass die Höhe des Stromes des Niederspannungsstromkreises ermittelt wird und bei Überschreitung von Strom- oder/und Strom-Zeitgrenzwerten eine Vermeidung eines Stromflusses des Niederspannungsstromkreises initiiert wird,
- dass im Schutzschaltgerät zwischen Leitern des Niederspannungsstromkreises eine Serienschaltung einer Messimpedanz und eines Schalters derart vorgesehen ist, dass bei geschlossenem Schalter und niederohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit ein Messstrom über die netzseitigen Anschlüsse durch die elektronische Unterbrechungseinheit fließt.

[0095] Vorteilhafterweise wird der Schalter bei hochohmiger elektronischer Unterbrechungseinheit eingeschaltet und bei niederohmiger elektronischer Unterbrechungseinheit ausgeschaltet. So kann bei hochohmiger elektronischer Unterbrechungseinheit ein definiertes Potential erzeugt werden und bei niederohmiger elektronischer Unterbrechungseinheit die Verluste durch die Messimpedanz minimiert werden.

[0096] Bei hochohmiger elektronischer Unterbrechungseinheit und eingeschaltetem Schalter, insbesondere geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontaktseinheit, kann die Höhe des Stromes mittels der Stromsensoreinheit ermittelt werden, zur Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes. Bei Überschreitung eines ersten Stromschwellwertes wird auf eine fehlerhafte elektronische Unterbrechungseinheit geschlossen. Infolgedessen kann die mechanische

Trennkontakteinheit nicht geschlossen werden oder wird geöffnet.

[0097] Zur Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes wird bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit, geschlossenem / eingeschaltetem Schalter und hochohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit die elektronische Unterbrechungseinheit für eine erste Zeitspanne in einen niederohmigen Zustand geschaltet. Bei der

Schaltung der elektronischen Unterbrechungseinheit für die erste Zeitspanne in den niederohmigen Zustand wird die Höhe des Stromes (Messstromes) oder/und die Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit ermittelt. Die Höhe des ermittelten Messstromes wird mit einer Sollmessstromhöhe verglichen und bei einer Abweichung von der Sollmessstromhöhe, die außerhalb eines ersten Toleranzbereiches liegt, wird auf ein fehlerhaftes Schutzschaltgerät geschlossen. Die mechanische Trennkontakteinheit kann nicht geschlossen werden oder wird geöffnet.

[0098] Bei Ermittlung der Höhe einer Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit wird die Höhe der ermittelten Spannung mit einer Sollspannungshöhe verglichen wird und bei einer Abweichung von der Sollspannungshöhe, die außerhalb eines zweiten Toleranzbereiches liegt, auf eine fehlerhafte elektronischen Unterbrechungseinheit geschlossen wird. Die mechanische Trennkontakteinheit kann nicht geschlossen werden oder wird geöffnet.

[0099] Erfindungsgemäß kann ein korrespondierendes Computerprogrammprodukt beansprucht werden. Das Computerprogrammprodukt umfasst Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Mikrocontroller diesen

veranlassen die Sicherheit eines derartigen Schutzschaltgerätes zu verbessern bzw. eine höhere Sicherheit im durch das Schutzschaltgerät zu schützenden elektrischen Niederspannungsstromkreis zu erreichen.

[0100] Der Mikrocontroller ist Teil des Schutzschaltgerätes, insbesondere der Steuerungseinheit.

[0101] Erfindungsgemäß kann ein korrespondierendes computerlesbares Speichermedium, auf dem das Computerprogrammprodukt gespeichert ist, beansprucht werden.

[0102] Erfindungsgemäß kann ein korrespondierendes Datenträgersignal, das das Computerprogrammprodukt überträgt, beansprucht werden.

[0103] Alle Ausgestaltungen, sowohl in abhängiger Form rückbezogen auf den Patentanspruch 1 oder 15, als auch rückbezogen lediglich auf einzelne Merkmale oder Merkmalskombinationen von Patentansprüchen, bewirken eine

Verbesserung eines Schutzschaltgerätes, insbesondere eine Verbesserung der Sicherheit eines Schutzschaltgerätes bzw. in Folge des elektrischen Stromkreises, und stellen ein neues Konzept für ein Schutzschaltgerät bereit.

[0104] Die beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden.

[0105] Dabei zeigt die Zeichnung:

Figur 1 eine erste Darstellung eines Schutzschaltgerätes,
Figur 2 eine zweite Darstellung eines Schutzschaltgerätes.

[0106] Figur 1 zeigt eine Darstellung eines Schutzschaltgerätes SG zum Schutz eines elektrischen Niederspannungsstromkreises, insbesondere Niederspannungswechselstromkreis, mit einem Gehäuse GEH, aufweisend:

- einen netzseitigen Neutraleiteranschluss NG, einem netzseitigen Phasenleiteranschluss LG, einem lastseitigen Neutraleiteranschluss NL, einem lastseitigen Phasenleiteranschluss LL des Niederspannungsstromkreises;
- an der Netzseite GRID ist üblicherweise eine Energiequelle angeschlossen, an der Lastseite LOAD ist üblicherweise ein Verbraucher angeschlossen;
- eine (zweipolige) mechanische Trennkontakteinheit MK mit lastseitigen Anschlusspunkten APLL, APNL und netzseitigen Anschlusspunkten APLG, APNG, wobei für den Neutraleiter ein lastseitiger Anschlusspunkt APNL, für den Phasenleiter ein lastseitiger Anschlusspunkt APLL, für den Neutraleiter ein netzseitiger Anschlusspunkt APNG, für den Phasenleiter ein netzseitiger Anschlusspunkt APLG vorgesehen ist. Die lastseitigen Anschlusspunkte APNL, APLL sind mit den lastseitigen Neutral- und Phasenleiteranschlüssen NL, LL verbunden, so dass ein Öffnen von Kontakten KKN, KKL zur Vermeidung eines Stromflusses oder ein Schließen der Kontakte für einen Stromfluss im Niederspannungsstromkreis schaltbar ist,
- eine, insbesondere einpolige, elektronische Unterbrechungseinheit EU, (die bei einpoliger Ausführung insbesondere im Phasenleiter angeordnet ist,)

mit einem netzseitigen Verbindungspunkt EUG, der mit dem netzseitigen Phasenleiteranschluss LG in elektrischer Verbindung steht, und einem lastseitigen Verbindungspunkt EUL, der mit dem netzseitigen Anschlusspunkt APLG der mechanischen Trennkontakteinheit MK in elektrischer Verbindung steht bzw. verbunden ist,

wobei die elektronische Unterbrechungseinheit durch halbleiterbasierte Schaltelemente einen hochohmigen Zustand der Schaltelemente zur Vermeidung eines Stromflusses oder einen niederohmigen Zustand der Schaltelemente zum Stromfluss im Niederspannungsstromkreis aufweist bzw. schaltbar ist,

- eine Stromsensoreinheit SI, zur Ermittlung der Höhe des Stromes des Niederspannungsstromkreises, die insbesondere im Phasenleiter angeordnet ist,
- einer Steuerungseinheit SE, die mit der Stromsensoreinheit SI, der mechanischen Trennkontakteinheit MK und der elektronischen Unterbrechungseinheit EU verbunden ist, wobei bei Überschreitung von Strom- oder/und Strom-Zeitgrenzwerten eine Vermeidung eines Stromflusses des Niederspannungsstromkreises initiiert wird.

[0107] Erfindungsgemäß ist zwischen Leitern des Niederspannungsstromkreises eine Serienschaltung einer Messimpedanz ZM und eines Schalters Smeas derart vorgesehen ist, dass bei geschlossenem Schalter Smeas und niederohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit EU ein Messstrom über die netzseitigen Anschlüsse LG, NG durch die elektronische Unterbrechungseinheit EU fließt. Gemäß Figur 1 fließt bei geschlossenem Schalter Smeas und geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit MK und niederohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit EU ein Messstrom über die netzseitigen Anschlüsse LG, NG durch die elektronische Unterbrechungseinheit EU.

[0108] Gemäß Figur 1 ist zwischen den netzseitigen Anschlusspunkten APLG, APNG der mechanischen Trennkontakteinheit MK die Serienschaltung der Messimpedanz ZM und des Schalters Smeas geschaltet. Die Serienschaltung der Messimpedanz ZM und des Schalters Smeas ist einerseits mit der Verbindung (Phasenleiter) zwischen mechanischer Trennkontakteinheit MK (APLG) und elektronischer Unterbrechungseinheit EU (EUL) verbunden. Die Serienschaltung der Messimpedanz ZM und des Schalters Smeas ist andererseits mit dem anderen Leiter (Neutralleiter) am netzseitigen Anschluss (NG) verbunden.

[0109] Die Messimpedanz ZM kann beispielsweise ein elektrischer Widerstand oder/und Kondensator sein. Insbesondere kann die Messimpedanz eine Serienschaltung oder/(und) Parallelschaltung eines Widerstandes oder/und Kondensator sein.

[0110] Durch die zugeschaltete (=eingeschaltete) Messimpedanz wird ein definiertes Potential im Schutzschaltgerät erzeugt, insbesondere ein definiertes Spannungspotential über der elektronischen Unterbrechungseinheit EU, konkret am lastseitigen Verbindungspunkt EUL.

[0111] Ferner kann ein definierter Messstrom im Schutzschaltgerät, insbesondere bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit MK erzeugt werden.

[0112] Ferner kann ein zusätzlicher Strom durch die zugeschaltete Messimpedanz erzeugt werden, ohne dass ein angeschlossener Verbraucher / Last davon beeinflusst wird.

[0113] Sowohl der Messstrom (bzw. zusätzliche (Mess-)Strom) kann erfindungsgemäß ausgewertet werden, als auch (oder/und) die Spannung über bestimmten Einheiten, wie beispielsweise der elektronischen Unterbrechungseinheit EU.

[0114] Durch die Auswertung kann das korrekte Verhalten der Einheiten, insbesondere der elektronischen Unterbrechungseinheit EU, erfasst werden.

[0115] Die Messimpedanz ZM sollte einen hohen Wert (Widerstands- oder Impedanzwert) haben, um die Verluste gering zu halten.

[0116] Allerdings können durch die Erfindung auch mittlere und kleinere Werte (Widerstands- oder Impedanzwerte) verwendet werden.

[0117] Beispielsweise kann der Widerstandswert kleiner als 1 MOhm, 500 kOhm, 100 kOhm, 50 kOhm, 10 kOhm, 5 kOhm, 1 kOhm, 500 Ohm oder 100 Ohm sein.

[0118] Durch den Schalter bzw. zuschaltbare Messimpedanz können die Verluste reduziert werden, da (größere) Verluste nur auftreten würden, wenn die Messimpedanz eingeschaltet ist und die elektronische Unterbrechungseinheit einen niederohmigen Zustand aufweist.

[0119] Der Schalter Smeas ist steuerbar, d.h. elektrisch ein- und ausschaltbar. Der Schalter ist im Beispiel mit der Steuerungseinheit SE verbunden, so dass er ein- und ausgeschaltet werden kann. Beispielsweise kann der Schalter Smeas durch ein Steuersignal Control Smeas ein bzw. ausgeschaltet (on / off) werden, was durch einen Pfeil von der Steuerungseinheit SE zum Schalter Smeas angedeutet ist ("Control Smeas" mit "(on/off)") (Figur 2). Das Schutzschaltgerät ist derart ausgestaltet,

dass der Schalter (Smeas) bei hochohmiger elektronischer Unterbrechungseinheit (EU) eingeschaltet ist, und insbesondere, dass der Schalter (Smeas) bei niederohmiger elektronischer Unterbrechungseinheit (EU) ausgeschaltet ist. So können die Verluste durch die Messimpedanz, auch bei niedrigen Werten, verringert werden.

[0120] Das Schutzschaltgerät kann derart ausgestaltet sein, dass die Höhe der Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit ermittelbar ist. D.h. die Höhe einer ersten Spannung zwischen netzseitigen Verbindungspunkt EUG und lastseitigen Verbindungspunkt EUL der elektronischen Unterbrechungseinheit EU ist ermittelbar bzw. wird ermittelt.

[0121] Hierzu ist im Beispiel gemäß Figur 1 eine mit der Steuerungseinheit SE verbundene erste Spannungssensoreinheit SU1 vorgesehen, die die Höhe der Spannung zwischen netzseitigen Verbindungspunkt EUG und lastseitigen Verbindungspunkt EUL der elektronischen Unterbrechungseinheit EU ermittelt.

[0122] Bei der Spannungsmessung durch die erste Spannungssensoreinheit SU1 kann alternativ auch die Spannung über der Serienschaltung von elektronischer Unterbrechungseinheit EU und Stromsensor SI ermittelt werden, wie in Figur 1 dargestellt. Die Stromsensoreinheit SI weist einen sehr geringen Innenwiderstand auf, so dass die Ermittlung der Höhe der Spannung nicht oder vernachlässigbar beeinträchtigt wird.

[0123] Vorteilhafterweise kann eine zweite Spannungssensoreinheit SU2 vorgesehen ist, die die Höhe der Spannung zwischen netzseitigen Neutralleiteranschluss NG und netzseitigen Phasenleiteranschluss LG ermittelt.

[0124] Die erste Spannungssensoreinheit kann auch ersetzt werden, in dem zwei Spannungsmessungen (vor der elektronischen Unterbrechungseinheit und nach der elektronischen Unterbrechungseinheit) verwendet werden. Durch eine Differenzbildung wird die Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit ermittelt.

[0125] So kann eine/die mit der Steuerungseinheit SE verbundene zweite Spannungssensoreinheit SU2 vorgesehen sein, die die Höhe einer zweiten Spannung zwischen netzseitigen Neutralleiteranschluss (NG) und netzseitigen Phasenleiteranschluss (LG) ermittelt. Ferner kann eine mit der Steuerungseinheit verbundene (nicht dargestellte) dritte Spannungssensoreinheit SU3 vorgesehen sein, die die Höhe einer dritten Spannung zwischen netzseitigen Neutralleiteranschluss NG und lastseitigen Verbindungspunkt EUL der elektronischen Unterbrechungseinheit EU ermittelt. Das Schutzschaltgerät ist derart ausgestaltet, dass aus der Differenz zwischen zweiter und dritter Spannung die Höhe einer/der ersten Spannung zwischen netzseitigen Verbindungspunkt EUG und lastseitigen Verbindungspunkt EUL der elektronischen Unterbrechungseinheit EU ermittelt wird.

[0126] Im Beispiel gemäß Figur 1 ist die elektronische Unterbrechungseinheit EU einpolig ausgeführt, im Beispiel im Phasenleiter. Hierbei ist der netzseitige Anschlusspunkt APNG für den Neutralleiter der mechanischen Trennkontakt-einheit MK mit den netzseitigen Neutralleiteranschluss NG des Gehäuses GEH verbunden.

[0127] Das Schutzschaltgerät SG ist vorteilhaft derart ausgestaltet, dass die Kontakte der mechanischen Trenn-kontakteinheit MK durch die Steuerungseinheit SE geöffnet, aber nicht geschlossen werden können, was durch einen Pfeil mit "b.) open" von der Steuerungseinheit SE zur mechanischen Trennkontakte Einheit MK angedeutet ist (Figur 2).

[0128] Die mechanische Trennkontakteinheit MK ist durch eine mechanische Handhabe HH am Schutzschaltgerät SG bedienbar, um ein manuelles (händisches) Öffnen oder ein Schließen der Kontakte KKL, KKN zu schalten. Die mechanische Handhabe HH zeigt den Schaltzustand (Offen oder Geschlossen) der Kontakte der mechanischen Trennkontakte Einheit MK an.

[0129] Des Weiteren kann die Kontaktstellung (bzw. die Position der Handhabe, geschlossen bzw. geöffnet) an die Steuerungseinheit SE übermittelbar sein. Die Kontaktstellung (bzw. die Position der Handhabe) kann z.B. mittels eines Sensors ermittelt werden.

[0130] Die mechanische Trennkontakteinheit MK ist vorteilhaft derart ausgestaltet, dass ein (manuelles) Schließen der Kontakte durch die mechanische Handhabe erst nach einer Freigabe (enable), insbesondere einem Freigabesignal, möglich ist. Dies ist ebenfalls durch den Pfeil mit "a.) enable" von der Steuerungseinheit SE zur mechanischen Trenn-kontakte Einheit MK angedeutet (Figur 2). D. h., die Kontakte KKL, KKN der mechanischen Trennkontakteinheit MK können durch die Handhabe HH erst bei Vorliegen der Freigabe bzw. des Freigabesignals (von der Steuerungseinheit) geschlossen werden. Ohne die Freigabe bzw. das Freigabesignal kann die Handhabe HH zwar betätigt, die Kontakte aber nicht geschlossen werden ("Dauerrutscher"). Hierfür kann eine weitere Freigabeeinheit LC vorgesehen sein (Figur 2).

[0131] Das Schutzschaltgerät SG weist eine Energieversorgung NT, beispielsweise ein Netzteil, auf. Insbesondere ist die Energieversorgung NT für die Steuerungseinheit SE vorgesehen, was durch eine Verbindung zwischen Energie-versorgung NT und Steuerungseinheit SE in Figur 1 angedeutet ist. Die Energieversorgung NT ist (andererseits) mit dem netzseitigen Neutralleiteranschluss NG und dem netzseitigen Phasenleiteranschluss LG verbunden. In die Verbindung zum netzseitigen Neutralleiteranschluss NG (oder/und Phasenleiteranschluss LG) kann vorteilhaft eine Sicherung SS, insbesondere Schmelzsicherung, vorgesehen sein.

[0132] Alternativ kann die Messimpedanz ZM über die Sicherung SS mit dem netzseitigen Neutralleiteranschluss NG verbunden sein.

[0133] Vorteilhaft kann eine dreipolige Elektronikeinheit EPART (Figur 2) realisiert werden, beispielsweise als Modul, die drei Anschlusspunkte aufweist, einen Neutralleiteranschlusspunkt und zwei Phasenleiteranschlusspunkte. Die Elektronikeinheit EPART weist beispielsweise die elektronische Unterbrechungseinheit EU, die Steuerungseinheit SE, die Energieversorgung NT (insbesondere inklusive Sicherung SS), die Stromsensoreinheit SI, die erste Spannungssensoreinheit SU1, optional die zweite Spannungssensoreinheit SU2 auf sowie die Serienschaltung aus (elektrisch schaltbarem) Schalter Smeas und Messimpedanz ZM auf.

[0134] Mit hochohmig ist ein Zustand gemeint, bei dem nur noch ein Strom vernachlässigbarer Größe fließt. Insbesondere sind mit hochohmig Widerstandswerte von größer als 1 Kiloohm, besser größer als 10 Kiloohm, 100 Kiloohm, 1 Megaohm, 10 Megaohm, 100 Megaohm, 1 Gigaohm oder größer gemeint.

[0135] Mit niederohmig ist ein Zustand gemeint, bei dem der auf dem Schutzschaltgerät angegebene Stromwert fließen

könnte. Insbesondere sind mit niederohmig Widerstandswerte gemeint, die kleiner als 10 Ohm, besser kleiner als 1 Ohm, 100 Milliohm, 10 Milliohm, 1 Milliohm oder kleiner sind.

[0136] Figur 2 zeigt eine Abbildung gemäß Figur 1, mit dem Unterschied, dass das Schutzschaltgerät im Wesentlichen zweiteilig aufgebaut ist, mit einem ersten (dreipoligen) Teil / Elektronikeinheit EPART und einem zweiten mechanischen Teil / mechanische Einheit MPART. Der elektronische erste Teil EPART kann beispielsweise auf einer Leiterplatte / Printed Circuit Board angeordnet sein und enthält die oben genannten bzw. dargestellten Einheiten.

[0137] Der erste Teil EPART weist nur drei Anschlüsse auf:

- den netzseitigen Phasenleiter Anschluss LG,
- einen Anschluss für den bzw. zum netzseitigen Phasenleiteranschlusspunkt APLG der mechanischen Trennkontakt-einheit MK,
- einen Anschluss für eine Verbindung zum netzseitigen Neutralleiteranschluss NG.

[0138] Der zweite Teil MPART kann die mechanische Trennk Kontakteinheit MK, die Handhabe HH, eine Freigabeeinheit LC aufweisen. Ferner kann der zweite Teil eine Positionseinheit POS (nicht dargestellt), zur Meldung der Position der Kontakte der mechanischen Trennk Kontakte Einheit MK an die Steuerungseinheit, sowie die (Neutralleiter-)Verbindun-(en) aufweisen.

[0139] Es können weitere, nicht näher bezeichnete, Einheiten vorgesehen sein.

[0140] Durch die Zweiteilung lässt sich vorteilhaft ein erfindungsgemäßes kompaktes Schutzschaltgerät realisieren.

[0141] Das Schutzschaltgerät kann ferner eine Kommunikationseinheit COM, eine Anzeigeeinheit DISP, eine Eingabeeinheit EE aufweisen. Diese können der Steuerungseinheit SE zugeordnet sein oder mit dieser verbunden sein, wie in Figur 2 angedeutet.

[0142] Das Schutzschaltgerät SG arbeitet beispielsweise prinzipiell derart, dass bei geschlossenen Kontakten der mechanischen Trennk Kontakteinheit und niederohmiger Unterbrechungseinheit und

- bei einem ermittelten Strom, der einen ersten Stromwert überschreitet, insbesondere dass der erste Stromwert für eine erste Zeitgrenze überschritten wird, die elektronische Unterbrechungseinheit EU hochohmig wird und die mechanische Trennk Kontakteinheit MK geschlossen bleibt,
- bei einem ermittelten Strom, der einen höheren zweiten Stromwert, insbesondere für eine zweite Zeitgrenze, überschreitet, die elektronische Unterbrechungseinheit EU hochohmig wird und die mechanische Trennk Kontakt-einheit MK geöffnet wird,
- bei einem ermittelten Strom, der einen noch höheren dritten Stromwert überschreitet, die elektronische Unterbrechungseinheit hochohmig wird und die mechanische Trennk Kontakteinheit MK geöffnet wird.

[0143] Im Folgenden wird die Erfindung für das Schutzschaltgerät SG weiter mit anderen Worten beschrieben.

[0144] Zur Funktionsprüfung der elektronischen Unterbrechungseinheit EU ist eine Strommessung oder/und Spannungsmessung über der elektronischen Unterbrechungseinheit EU vorgesehen. Ist die elektronische Unterbrechungseinheit EU im hochohmigen Zustand, dann ist das Potential zwischen der elektronischen Unterbrechungseinheit EU (EUL) und der mechanischen Trennk Kontakteinheit MK (APLG) bei geöffneten Kontakten unbestimmt bzw. es wird bei geschlossenen Kontakten von der angeschlossenen Last / Verbraucher mitbestimmt. Erfindungsgemäß wird eine Messimpedanz zwischen diesem Punkt und dem anderen Leiter / Neutralleiter im Schutzschaltgerät vorgesehen. Damit wird das elektrische Potential an diesem Punkt (mit) festgelegt. Die Auslegung der Messimpedanz ist problematisch, da für eine genaue Messung der Wert der Messimpedanz (Bsp. Widerstand) einerseits möglichst klein (im Vergleich zum Widerstand der elektronischen Unterbrechungseinheit EU im hochohmigen Zustand) sein sollte. Andererseits ist die Messimpedanz zwischen den beiden Leitern / Phasenleiter und Neutralleiter angeordnet / geschaltet, wodurch dauerhaft Verluste entstehen, sodass der Wert der Messimpedanz möglichst groß sein sollte. Um beidem gerecht zu werden, muss bei der Auslegung ein Kompromiss getroffen werden.

[0145] Zudem besteht das Problem, dass ein kleiner Ableitstrom (Leckstrom) durch die elektronische Unterbrechungseinheit EU fließt, wenn diese sich im hochohmigen Zustand befindet.

[0146] Je nach angeschlossener Last / Verbraucher kann über diesen Ableitstrom die Last mit sehr geringer Energie versorgt werden. Insbesondere bei Lasten, die nur eine sehr kleine Energie benötigen (z. B. LEDs), kann dies zur Energieversorgung dieser Lasten führen, was nicht erwünscht ist.

[0147] Erfindungsgemäß wird eine Serienschaltung eines (elektrisch) schaltbaren Schalters Smeas und einer Messimpedanz vorgeschlagen, wie beispielsweise ein einschaltbarer Messwiderstand im Schutzschaltgerät. Messimpedanz ZM ist über den z.B. (Halbleiter-)Schalter Smeas ein- bzw. ausschaltbar.

[0148] Befindet sich die elektronische Unterbrechungseinheit EU im hochohmigen (ausgeschalteten) Zustand (Gerätezustand: Standby), kann die Messimpedanz eingeschaltet (Schalter Smeas ein bzw. geschlossen) werden, um das Potential am lastseitigen Verbindungspunkt bzw. Anschlusspunkt EUL der elektronischen Unterbrechungseinheit EU

festzulegen und eine elektrisch leitende Verbindung von diesem Punkt zum netzseitigen Neutraleiteranschluss zu realisieren. Die Messimpedanz bildet dann zusammen mit der hochohmigen/ausgeschalteten elektronischen Unterbrechungseinheit EU einen hochohmigen Spannungsteiler. Der Spannungsteiler ist dabei so dimensioniert, dass der größere Teil der Netzspannung über der ausgeschalteten/hochohmigen elektronischen Unterbrechungseinheit abfällt.

Über der Messimpedanz kann vorteilhaft ein Wert der Schutzkleinspannung, d.h. maximal 50 Volt abfallen.

[0149] D.h. der Spannungsteiler ist so dimensioniert, dass ein maximaler Spannungswert, von z.B. 50 Volt Wechselspannung (Effektivwert), über dem eingeschalteten Messwiderstand abfällt (in einem 230 Volt Niederspannungsstromkreis).

[0150] Eine Spannungsmessung über der elektronischen Unterbrechungseinheit EU kann genutzt werden um die Funktionsfähigkeit der elektronischen Unterbrechungseinheit EU zu prüfen bzw. zu überwachen.

[0151] Vorteilhaft wird durch die eingeschaltete Messimpedanz ein stets vorhandener Leckstrom, z. B. verursacht durch vorhandene (parasitäre) Kapazitäten in der elektronischen Unterbrechungseinheit EU gegen den netzseitigen Neutraleiteranschluss abgeleitet. Dieser Leckstrom ist üblicherweise kleiner als 1 mA, kann jedoch zu einem ungewollten Energiefluss zur Last führen, der so vermieden wird.

[0152] Die Dimensionierung/Auslegung der Messimpedanz sollte anhand der folgenden Punkte durchgeführt werden.

[0153] Die Messimpedanz bildet zusammen mit der ausgeschalteten elektronischen Unterbrechungseinheit EU einen hochohmigen Spannungsteiler. Dieser Spannungsteiler sollte so dimensioniert werden, dass der Spannungsabfall über der Messimpedanz kleiner der Schutzkleinspannung (50 Vac) ist, da diese Spannung an den lastseitigen Anschlüssen LL, NL ansteht. Z. B kann die Messimpedanz 10 % der Impedanz der ausgeschalteten elektronischen Unterbrechungseinheit sein. Liegt diese z. B. bei 2 MOhm sollte der Wert der Messimpedanz ZM kleiner 200 kOhm sein. An den lastseitigen Anschlüssen LL, NL kann dann maximal 23 Vac auftreten.

[0154] Die Messimpedanz ZM schützt den Schalter Smeas vor Überspannungen (z.B. Surges). Im eingeschalteten Zustand und bei geschlossenen Kontakten liegt der Schalter Smeas und die Messimpedanz ZM zwischen Phasenleiter und Neutraleiter. Dies führt dazu, dass bei Netzüberspannungen (z. B. ausgelöst durch Surge-Events) der Schalter Smeas belastet würde. Die Messimpedanz ZM schützt in diesem Fall den Schalter Smeas vor einer Zerstörung, da dieser einen größeren Vorwiderstand darstellt und somit einem höheren Impulsstrom im Gerät verhindert.

[0155] Des Weiteren kann die Messimpedanz ZM so dimensioniert sein, dass das Schutzschaltgerät vor einer thermischen Zerstörung im Fall eines defekten Schalters Smeas geschützt wird. Der Strom, der in diesem Fall über die Messimpedanz fließen würde, wird durch die Messimpedanz auf einen maximalen Wert, z.B. von einigen 10 mA begrenzt.

[0156] Neben dem Nutzen zur Funktionsprüfung des elektronischen Schalters und der Ableitung eines Leck-Stromes ist eine weitere Funktion der einschaltbaren Messimpedanz denkbar. Die einschaltbare Messimpedanz kann bei einer entsprechenden Dimensionierung bzw. Auslegung zur Überprüfung und ggfs. Kalibrierung der enthaltenen Strommessung genutzt werden. Die Steuerungseinheit SE schaltet die elektronische Unterbrechungseinheit EU und den Schalter Smeas ein, sodass (insbesondere bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit MK) ein Messstrom imeas (Figur 2) fließt, der durch die Stromsensoreinheit SI erfasst wird. Je nach Dimensionierung der Messimpedanz kann dieser im Bereich von einigen mA oder einigen 10 mA liegen, sodass hiermit die Strommessung (Stromsensoreinheit SI und Steuerungseinheit SE) auf eine entsprechende Funktionsfähigkeit überprüft werden kann. Nach der Funktionsprüfung wird die elektronische Unterbrechungseinheit EU wieder hochohmig geschaltet. Die Messung dauert nur wenige ms, z.B. 10ms, 20ms, oder ein (weiteres) Vielfaches der halben Netzperiodendauer.

[0157] Die Prüfung und ggfs. Kalibrierung kann vorteilhaft vor der Freigabe des Schließens der Kontakte der mechanischen Trennkontakteinheit mittels der Handhabe erfolgen. Sodass die Funktionsprüfung bzw. Kalibrierung der Strommessung vor der Freigabe: Einschaltbarkeit der Trennkontakte - durchgeführt wird. Des Weiteren kann die Messung (bei entsprechender Dimensionierung) auch bei geschlossenen Kontakten und niederohmiger elektronischer Unterbrechungseinheit EU erfolgen, indem kurzzeitig der Schalter Smeas geschlossen wird und ein zusätzlicher (Mess-) Strom durch die Messimpedanz im Stromkreis erzeugt wird. Der zusätzliche Messstrom imeas wird dann über die Stromsensoreinheit erfasst, durch die Steuerungseinheit ausgewertet werden (Algorithmus), um insbesondere vom normalen Laststrom unterschieden werden zu können.

[0158] Die Erfindung weist die folgenden Vorteile auf:

- 1.) Durch geringere Widerstandswerte genauere Spannungsmessung über der elektronischen Unterbrechungseinheit EU zur Funktionsprüfung der elektronischen Unterbrechungseinheit EU.
- 2.) Reduzierte Verluste im Gerät, da die Messimpedanz im niederohmigen Zustand der elektronischen Unterbrechungseinheit EU ausgeschaltet werden kann.
- 3.) Ableitung von Leckströmen der elektronischer Unterbrechungseinheit EU im hochohmigen Zustand der elektronischen Unterbrechungseinheit EU.
- 4.) Möglichkeit zur Überprüfung und Kalibrierung der Strommessung
- 5.) Berührspannung an den lastseitigen Anschlüssen im hochohmigen Zustand der elektronischen Unterbrechungs-

einheit EU wird begrenzt wird begrenzt.

[0159] Vorgeschlagen wird ferner ein Computerprogrammprodukt bzw. Algorithmus, der die elektronische Unterbrechungseinheit EU bzw. den Schalter Smeas zu geeigneten Zeitpunkten (Momentanwerten der Netzspannung) ein- und ausschaltet und gleichzeitig die gemessenen Strom- und Spannungswerte auswertet, um zu erkennen, dass die elektronische Unterbrechungseinheit funktionsfähig bzw. nicht funktionsfähig ist.

[0160] Die Steuerungseinheit SE kann (dazu) einen Mikrocontroller aufweisen. Auf dem Mikrocontroller kann das Computerprogrammprodukt ausgeführt werden. Das Computerprogrammprodukt umfasst Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch den Mikrocontroller diesen veranlassen das Schutzschaltgerät zu steuern, insbesondere das erfindungsgemäße Verfahren zu unterstützen, insbesondere durchzuführen.

[0161] Auf einem computerlesbaren Speichermedium, wie einer CD-ROM, einem USB-Stick oder ähnlichen, kann das Computerprogrammprodukt gespeichert sein.

[0162] Ferner kann ein Datenträgersignal, das das Computerprogrammprodukt überträgt, existieren.

[0163] Obwohl die Erfindung im Detail durch das Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der angefügten Ansprüche zu verlassen.

Patentansprüche

1. Schutzschaltgerät (SG) zum Schutz eines elektrischen Niederspannungsstromkreises aufweisend:

- ein Gehäuse (GEH) mit netzseitigen Anschlüssen und mindestens einem lastseitigen Anschluss,
- eine mechanische Trennk Kontakteinheit (MK), die in Serie mit einer elektronischen Unterbrechungseinheit (EU) geschaltet ist, wobei die mechanische Trennk Kontakteinheit dem lastseitigen Anschluss und die elektronische Unterbrechungseinheit (EU) den netzseitigen Anschlüssen zugeordnet ist,
- dass die mechanische Trennk Kontakteinheit (MK) durch ein Öffnen von Kontakten zur Vermeidung eines Stromflusses oder ein Schließen der Kontakte für einen Stromfluss im Niederspannungsstromkreis schaltbar ist,
- dass die elektronische Unterbrechungseinheit (EU) durch halbleiterbasierte Schaltelemente in einen hochohmigen Zustand der Schaltelemente zur Vermeidung eines Stromflusses oder einen niederohmigen Zustand der Schaltelemente zum Stromfluss im Niederspannungsstromkreis schaltbar ist,
- einer Stromsensoreinheit (SI), zur Ermittlung der Höhe des Stromes des Niederspannungsstromkreises,
- einer Steuerungseinheit (SE), die mit der Stromsensoreinheit (SI), der mechanischen Trennk Kontakteinheit (MK) und der elektronischen Unterbrechungseinheit (EU) verbunden ist, wobei bei Überschreitung von Strom- oder/und Strom-Zeitgrenzwerten eine Vermeidung eines Stromflusses des Niederspannungsstromkreises initiiert wird,

dadurch gekennzeichnet dass zwischen Leitern des Niederspannungsstromkreises eine Serienschaltung einer Messimpedanz (ZM) und eines Schalters (Smeas) derart vorgesehen ist, dass bei geschlossenem Schalter (Smeas) und niederohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit (EU) ein Messstrom über die netzseitigen Anschlüsse durch die elektronische Unterbrechungseinheit (EU) fließt.

2. Schutzschaltgerät (SG) nach Patentanspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass bei geschlossenem Schalter (Smeas) und geöffneten Kontakten der mechanischen Trennk Kontakteinheit (MK) und niederohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit (EU) ein Messstrom über die netzseitigen Anschlüsse durch die elektronische Unterbrechungseinheit (EU) fließt.

3. Schutzschaltgerät (SG) nach Patentanspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Serienschaltung der Messimpedanz (ZM) und des Schalters (Smeas) einerseits mit der Verbindung zwischen mechanischer Trennk Kontakteinheit (MK) und elektronischer Unterbrechungseinheit (EU) verbunden ist.

4. Schutzschaltgerät (SG) nach Patentanspruch 2 oder 3,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Serienschaltung der Messimpedanz (ZM) und des Schalters (Smeas) andererseits mit dem anderen Leiter am netzseitigen Anschluss verbunden ist.

5. Schutzschaltgerät (SG) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Messimpedanz ein elektrischer Widerstand oder/und Kondensator ist.

6. Schutzschaltgerät (SG) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Messimpedanz eine Serienschaltung oder Parallelschaltung eines elektrischen Widerstandes und Kondensators ist.

7. Schutzschaltgerät (SG) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Messimpedanz einen hohen Widerstands- oder Impedanzwert aufweist, insbesondere dass der Widerstandswert kleiner als 1 MOhm, 500 kOhm, 100 kOhm, 50 kOhm, 10 kOhm, 5 kOhm, 1 kOhm, 500 Ohm oder 100 Ohm ist.

8. Schutzschaltgerät (SG) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,
dadurch gekennzeichnet,

dass der Schalter mit der Steuerungseinheit verbunden ist, so dass der Schalter durch die Steuerungseinheit ein- und ausgeschaltet werden kann;

dass das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet ist,

dass der Schalter (Smeas) bei hochohmiger elektronischer Unterbrechungseinheit (EU) eingeschaltet ist, insbesondere, dass der Schalter (Smeas) bei niederohmiger elektronischer Unterbrechungseinheit (EU) ausgeschaltet ist.

9. Schutzschaltgerät (SG) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,
dadurch gekennzeichnet,

dass das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet ist,

dass bei hochohmiger elektronischer Unterbrechungseinheit (EU) und eingeschaltetem Schalter (Smeas) die Höhe des Stromes mittels der Stromsensoreinheit ermittelt wird,

dass bei Überschreitung eines ersten Stromschwellwertes auf eine fehlerhafte elektronische Unterbrechungseinheit geschlossen wird, insbesondere, dass die mechanische Trennkontakteinheit nicht geschlossen werden kann oder geöffnet wird.

10. Schutzschaltgerät (SG) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,
dadurch gekennzeichnet,

dass das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet ist, dass zur Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit (MK) und hochohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit (EU) sowie eingeschaltetem Schalter (Smeas) die elektronische Unterbrechungseinheit (EU) für eine erste Zeitspanne in einen niederohmigen Zustand geschaltet wird, ohne dass der Schalter (Smeas) ausgeschaltet wird, so dass der Messstrom durch die Messimpedanz fließt, zur Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes, insbesondere der elektronischen Unterbrechungseinheit (EU) .

11. Schutzschaltgerät (SG) nach Patentanspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,

dass die Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes:

- eine Ermittlung der Höhe des Messstromes mittels der Stromsensoreinheit aufweist, insbesondere dass die Höhe des ermittelten Messstromes mit einer Sollmessstromhöhe verglichen wird und bei einer Abweichung von der Sollmessstromhöhe, die außerhalb eines ersten Toleranzbereiches liegt, auf ein fehlerhaftes Schutzschaltgerät geschlossen wird, insbesondere, dass die mechanische Trennkontakteinheit nicht geschlossen werden kann oder geöffnet wird,

oder

- eine Ermittlung der Höhe einer Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit aufweist, insbesondere dass die Höhe der ermittelten Spannung mit einer Sollspannungshöhe verglichen wird und bei einer Abweichung von der Sollspannungshöhe, die außerhalb eines zweiten Toleranzbereiches liegt, auf eine fehlerhafte elektronische Unterbrechungseinheit geschlossen wird, insbesondere, dass die mechanische Trenn-

kontakteinheit nicht geschlossen werden kann oder geöffnet wird.

12. Schutzschaltgerät (SG) nach Patentanspruch 10,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Messstrom zur Kalibrierung der durch die Stromsensoreinheit ermittelten Höhe des Stromes verwendet wird, insbesondere nachdem eine Funktionsprüfung gemäß Patentanspruch 11 durchgeführt wurde.

13. Schutzschaltgerät (SG) nach Patentanspruch 1 bis 9,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet ist, dass zur Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes bei geschlossenen Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit (MK) und niederohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit (EU) sowie bei ausgeschaltetem Schalter (Smeas) der Schalter (Smeas) für eine erste Zeitbereich in einen geschlossenen Zustand geschaltet wird, so dass ein durch die Messimpedanz hervorgerufener zusätzlicher Strom durch die elektronische Unterbrechungseinheit (EU) fließt, dessen Höhe ermittelt wird, mit Zusatzstromwerten verglichen wird und bei Abweichung außerhalb eines dritten Toleranzbereiches eine Zusatzstrom-Fehlerbedingung vorliegt.

14. Schutzschaltgerät (SG) nach Patentanspruch 13,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Schalter (Smeas) für den ersten Zeitbereich dann in einen geschlossenen Zustand geschaltet wird, wenn die durch die Stromsensoreinheit ermittelte Höhe des Stromes eine erste Stromhöhe unterschreitet, um insbesondere ein fehlerhaftes Schutzschaltgerät, insbesondere eine fehlerhafte Stromsensoreinheit oder Stromerfassung zu ermitteln.

15. Verfahren für ein Schutzschaltgerät zum Schutz eines elektrischen Niederspannungsstromkreises aufweisend:

- ein Gehäuse (GEH) mit netzseitigen Anschlüssen und mindestens einem lastseitigen Anschluss,
- eine mechanische Trennkontakteinheit (MK), die in Serie mit einer elektronischen Unterbrechungseinheit (EU) geschaltet ist, wobei die mechanische Trennkontakteinheit dem lastseitigen Anschluss und die elektronische Unterbrechungseinheit (EU) den netzseitigen Anschlüssen zugeordnet ist,
- dass die mechanische Trennkontakteinheit (MK) durch ein Öffnen von Kontakten zur Vermeidung eines Stromflusses oder ein Schließen der Kontakte für einen Stromfluss im Niederspannungsstromkreis geschaltet werden kann,
- dass die elektronische Unterbrechungseinheit (EU) durch halbleiterbasierte Schaltelemente in einen hochohmigen Zustand der Schaltelemente zur Vermeidung eines Stromflusses oder einen niederohmigen Zustand der Schaltelemente zum Stromfluss im Niederspannungsstromkreis geschaltet werden kann,
- dass die Höhe des Stromes des Niederspannungsstromkreises ermittelt wird und bei Überschreitung von Strom- oder/und Strom-Zeitgrenzwerten eine Vermeidung eines Stromflusses des Niederspannungsstromkreises initiiert wird,
- dass im Schutzschaltgerät zwischen Leitern des Niederspannungsstromkreises eine Serienschaltung einer Messimpedanz (ZM) und eines Schalters (Smeas) derart vorgesehen ist, dass bei geschlossenem Schalter (Smeas) und niederohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit (EU) ein Messstrom über die netzseitigen Anschlüsse durch die elektronische Unterbrechungseinheit (EU) fließt.

16. Verfahren nach Patentanspruch 15,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Schalter (Smeas) bei hochohmiger elektronischer Unterbrechungseinheit (EU) eingeschaltet wird und bei niederohmiger elektronischer Unterbrechungseinheit (EU) ausgeschaltet wird.

Claims

1. Circuit breaker device (SG) for protecting an electrical low-voltage circuit, having:

- a housing (GEH) having grid-side connections and at least one load-side connection,
- a mechanical isolating contact unit (MK) that is connected in series with an electronic interruption unit (EU), wherein the mechanical isolating contact unit is assigned to the load-side connection and the electronic

interruption unit (EU) is assigned to the grid-side connections,

- wherein the mechanical isolating contact unit (MK) is able to be switched by opening contacts so as to avoid a current flow or closing the contacts to allow a current flow in the low-voltage circuit,

- wherein the electronic interruption unit (EU) is able to be switched by semiconductor-based switching elements to a high-resistance state of the switching elements so as to avoid a current flow or a low-resistance state of the switching elements so as to allow a current flow in the low-voltage circuit,

- a current sensor unit (SI) for ascertaining the level of the current of the low-voltage circuit,

- a control unit (SE) that is connected to the current sensor unit (SI), the mechanical isolating contact unit (MK) and the electronic interruption unit (EU), wherein, in the event of current or/and current-time limit values being exceeded, avoidance of a current flow in the low-voltage circuit is initiated,

characterized

in that a series circuit consisting of a measurement impedance (ZM) and a switch (Smeas) is provided between conductors of the low-voltage circuit such that, when the switch (Smeas) is closed and the electronic interruption unit (EU) is switched to the low-resistance state, a measurement current flows through the electronic interruption unit (EU) via the grid-side connections.

2. Circuit breaker device (SG) according to Patent Claim 1,

characterized

in that, when the switch (Smeas) is closed and the contacts of the mechanical isolating contact unit (MK) are open and the electronic interruption unit (EU) is switched to the low-resistance state, a measurement current flows through the electronic interruption unit (EU) via the grid-side connections.

3. Circuit breaker device (SG) according to Patent Claim 1 or 2,

characterized

in that the series circuit consisting of the measurement impedance (ZM) and the switch (Smeas) is connected on one side to the connection between mechanical isolating contact unit (MK) and electronic interruption unit (EU).

4. Circuit breaker device (SG) according to Patent Claim 2 or 3,

characterized

in that the series circuit consisting of the measurement impedance (ZM) and the switch (Smeas) is connected on the other side to the other conductor at the grid-side connection.

5. Circuit breaker device (SG) according to one of the preceding patent claims,

characterized

in that the measurement impedance is an electrical resistor or/and capacitor.

6. Circuit breaker device (SG) according to one of the preceding patent claims,

characterized

in that the measurement impedance is a series circuit or parallel circuit consisting of an electrical resistor and capacitor.

7. Circuit breaker device (SG) according to one of the preceding patent claims,

characterized

in that the measurement impedance has a high resistance or impedance value, in particular in that the resistance value is less than 1 Mohm, 500 kohm, 100 kohm, 50 kohm, 10 kohm, 5 kohm, 1 kohm, 500 ohm or 100 ohm.

8. Circuit breaker device (SG) according to one of the preceding patent claims,

characterized

in that the switch is connected to the control unit, such that the switch is able to be switched on and off by the control unit; in that the circuit breaker device is designed such that the switch (Smeas) is switched on when the electronic interruption unit (EU) is in the high-resistance state, in particular that the switch (Smeas) is switched off when the electronic interruption unit (EU) is in the low-resistance state.

9. Circuit breaker device (SG) according to one of the preceding patent claims,

characterized

in that the circuit breaker device is designed such that the level of the current is ascertained by way of the current sensor unit when the electronic interruption unit (EU) is in the high-resistance state and the switch (Smeas) is switched on,
 in the event of a first current threshold value being exceeded, a faulty electronic interruption unit is inferred, in particular the mechanical isolating contact unit is not able to be closed or is opened.

10. Circuit breaker device (SG) according to one of the preceding patent claims,
characterized

in that the circuit breaker device is designed such that, in order to test the function of the circuit breaker device when the contacts of the mechanical isolating contact unit (MK) are open and the electronic interruption unit (EU) is switched to the high-resistance state and the switch (Smeas) is switched on, the electronic interruption unit (EU) is switched to a low-resistance state for a first time interval without the switch (Smeas) being switched off, such that the measurement current flows through the measurement impedance in order to test the function of the circuit breaker device, in particular of the electronic interruption unit (EU).

11. Circuit breaker device (SG) according to Patent Claim 10,
characterized
in that the function test of the circuit breaker device:

- comprises ascertaining the level of the measurement current by way of the current sensor unit, in particular comparing the level of the ascertained measurement current with a reference measurement current level and, in the event of a deviation from the reference measurement current level that is outside a first tolerance range, inferring a faulty circuit breaker device, in particular not being able to close or opening the mechanical isolating contact unit,

or

- comprises ascertaining the level of a voltage across the electronic interruption unit, in particular comparing the level of the ascertained voltage with a reference voltage level and, in the event of a deviation from the reference voltage level that is outside a second tolerance range, inferring a faulty electronic interruption unit, in particular not being able to close or opening the mechanical isolating contact unit.

12. Circuit breaker device (SG) according to Patent Claim 10,
characterized

in that the measurement current is used to calibrate the level of the current ascertained by the current sensor unit, in particular after a function test according to Patent Claim 11 has been performed.

13. Circuit breaker device (SG) according to Patent Claim 1 to 9,
characterized

in that the circuit breaker device is designed such that, in order to test the function of the circuit breaker device when the contacts of the mechanical isolating contact unit (MK) are closed and the electronic interruption unit (EU) is switched to the low-resistance state and when the switch (Smeas) is switched off, the switch (Smeas) is switched to a closed state for a first time range such that an additional current caused by the measurement impedance flows through the electronic interruption unit (EU), the level of which additional current is ascertained, is compared with additional current values and, in the event of a deviation outside a third tolerance range, an additional current fault condition is present.

14. Circuit breaker device (SG) according to Patent Claim 13,
characterized

in that the switch (Smeas) is switched to a closed state for the first time range when the level of the current ascertained by the current sensor unit falls below a first current level, in order in particular to ascertain a faulty circuit breaker device, in particular a faulty current sensor unit or current detection.

15. Method for a circuit breaker device for protecting an electrical low-voltage circuit having:

- a housing (GEH) having grid-side connections and at least one load-side connection,
 - a mechanical isolating contact unit (MK) that is connected in series with an electronic interruption unit (EU), wherein the mechanical isolating contact unit is assigned to the load-side connection and the electronic

interruption unit (EU) is assigned to the grid-side connections,

- wherein the mechanical isolating contact unit (MK) is able to be switched by opening contacts so as to avoid a current flow or closing the contacts to allow a current flow in the low-voltage circuit,

- wherein the electronic interruption unit (EU) is able to be switched by semiconductor-based switching elements to a high-resistance state of the switching elements so as to avoid a current flow or a low-resistance state of the switching elements so as to allow a current flow in the low-voltage circuit,

- wherein the level of the current of the low-voltage circuit is ascertained and, in the event of current or/and current-time limit values being exceeded, avoidance of a current flow in the low-voltage circuit is initiated,

- wherein, in the circuit breaker device, a series circuit consisting of a measurement impedance (ZM) and a switch (Smeas) is provided between conductors of the low-voltage circuit such that, when the switch (Smeas) is closed and the electronic interruption unit (EU) is switched to the low-resistance state, a measurement current flows through the electronic interruption unit (EU) via the grid-side connections.

16. Method according to Patent Claim 15,

characterized

in that the switch (Smeas) is switched on when the electronic interruption unit (EU) is in the high-resistance state and is switched off when the electronic interruption unit (EU) is in the low-resistance state.

Revendications

1. Appareil de connexion de protection (SG) pour la protection d'un circuit électrique basse tension, comprenant :

- un boîtier (GEH) avec des raccordements côté réseau et au moins un raccordement côté charge,

- une unité mécanique de contact de rupture (MK), qui est montée en série avec une unité d'interruption électronique (EU), dans lequel l'unité mécanique de contact de rupture est associée au raccordement côté charge et l'unité d'interruption électronique (EU) est associée aux raccordements côté réseau,

- l'unité mécanique de contact de rupture (MK) peut être commutée par une ouverture des contacts pour éviter un flux de courant ou par une fermeture des contacts pour un flux de courant dans le circuit électrique basse tension,

- l'unité d'interruption électronique (EU) peut être commutée par des éléments de commutation basés sur des semi-conducteurs dans un état de haute impédance des éléments de commutation pour éviter un flux de courant ou dans un état de basse impédance des éléments de commutation pour le flux de courant dans le circuit électrique basse tension,

- une unité de détection de courant (SI), pour déterminer la valeur du courant du circuit électrique basse tension,

- une unité de commande (SE), qui est reliée à l'unité de détection de courant (SI), à l'unité mécanique de contact de rupture (MK) et à l'unité d'interruption électronique (EU), dans lequel, en cas de dépassement de valeurs limites de courant et/ou de temps de courant, une prévention d'un flux de courant du circuit électrique basse tension est initiée,

caractérisé en ce que

- un montage en série d'une impédance de mesure (ZM) et d'un interrupteur (Smeas) entre des conducteurs du circuit électrique basse tension est prévu de sorte que, lorsque l'interrupteur (Smeas) est fermé et que l'unité d'interruption électronique (EU) est commutée à basse impédance, un courant de mesure circule à travers l'unité d'interruption électronique (EU) via les raccordements côté réseau.

2. Appareil de connexion de protection (SG) selon la revendication 1,

caractérisé en ce que,

lorsque l'interrupteur (Smeas) est fermé et que les contacts de l'unité mécanique de contact de rupture (MK) sont ouverts et que l'unité d'interruption électronique (EU) est commutée à basse impédance, un courant de mesure circule à travers l'unité d'interruption électronique (EU) via les raccordements côté réseau.

3. Appareil de connexion de protection (SG) selon la revendication 1 ou 2,

caractérisé en ce que,

le montage en série de l'impédance de mesure (ZM) et de l'interrupteur (Smeas) est relié d'une part à la liaison entre l'unité mécanique de contact de rupture (MK) et l'unité d'interruption électronique (EU).

4. Appareil de connexion de protection (SG) selon la revendication 2 ou 3,

caractérisé en ce que,

le montage en série de l'impédance de mesure (ZM) et de l'interrupteur (Smeas) est relié d'autre part à l'autre

conducteur sur le raccordement côté réseau.

5. Appareil de connexion de protection (SG) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que,**

l'impédance de mesure est une résistance électrique et/ou un condensateur.

6. Appareil de connexion de protection (SG) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que,**

l'impédance de mesure est un montage en série ou en parallèle d'une résistance électrique et d'un condensateur.

7. Appareil de connexion de protection (SG) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que,**

l'impédance de mesure présente une valeur de résistance ou d'impédance élevée, caractérisé en particulier **en ce que** la valeur de résistance est inférieure à 1 MOhm, 500 kOhms, 100 kOhms, 50 kOhms, 10 kOhms, 5 kOhms, 1 kOhm, 500 ohms ou 100 ohms.

8. Appareil de connexion de protection (SG) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que,**

l'interrupteur est relié à l'unité de commande de sorte que l'interrupteur peut être activé et désactivé par l'unité de commande,
l'appareil de protection est conçu de telle sorte que l'interrupteur (Smeas) est activé lorsque l'unité d'interruption électronique (EU) est à haute impédance,
caractérisé en particulier **en ce que** l'interrupteur (Smeas) est désactivé lorsque l'unité d'interruption électronique (EU) est à basse impédance.

9. Appareil de connexion de protection (SG) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que,**

l'appareil de protection est conçu de sorte que la valeur de courant est déterminée au moyen de l'unité de détection de courant lorsque l'unité d'interruption électronique (EU) est à haute impédance et que l'interrupteur (Smeas) est activé,
en cas de dépassement d'une première valeur limite de courant, on en déduit que l'unité d'interruption électronique est défectueuse, caractérisé en particulier **en ce que** l'unité mécanique de contact de rupture ne peut pas être fermée ou est ouverte.

10. Appareil de connexion de protection (SG) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que,**

l'appareil de connexion de protection est conçu de sorte que, pour le contrôle de fonctionnement de l'appareil de connexion de protection, lorsque les contacts de l'unité mécanique de contact de rupture (MK) sont ouverts et que l'unité d'interruption électronique (EU) est commutée à haute impédance et que l'interrupteur (Smeas) est activé, l'unité d'interruption électronique (EU) est commutée dans un état de basse impédance pendant un premier intervalle de temps, sans que l'interrupteur (Smeas) soit désactivé, de sorte que le courant de mesure circule par l'impédance de mesure, pour contrôler le fonctionnement de l'appareil de protection, en particulier de l'unité d'interruption électronique (EU).

11. Appareil de connexion de protection (SG) selon la revendication 10, **caractérisé en ce que,**

le contrôle du fonctionnement de l'interrupteur inclut :

- une détermination de la valeur de courant de mesure au moyen de l'unité de détection de courant, caractérisé en particulier **en ce que** la valeur de courant de mesure déterminée est comparée à une valeur théorique de courant de mesure et, en cas d'écart par rapport à la valeur théorique de courant de mesure qui se situe en dehors d'une première plage de tolérance, on en déduit que l'appareil de connexion de protection est défectueux, caractérisé en particulier **en ce que** l'unité mécanique de contact de rupture ne peut pas être fermée ou est ouverte, ou
- une détermination de la valeur d'une tension au-dessus de l'unité d'interruption électronique, caractérisé en particulier en ce que la valeur de la tension déterminée est comparée à une valeur de tension théorique et, en cas

d'écart par rapport à la valeur de tension théorique qui se situe en dehors d'une deuxième plage de tolérance, on en déduit que l'unité d'interruption électronique est défectueuse, caractérisé en particulier **en ce que** l'unité mécanique de contact de rupture ne peut pas être fermée ou est ouverte.

5 12. Appareil de connexion de protection (SG) selon la revendication 10,

caractérisé en ce que,

le courant de mesure est utilisé pour calibrer la valeur de courant déterminée par l'unité de détection de courant, en particulier après l'exécution d'un test de fonctionnement selon la revendication 11.

10 13. Appareil de connexion de protection (SG) selon les revendications 1 à 9,

caractérisé en ce que,

l'appareil de connexion de protection est conçu de sorte que, pour le contrôle de fonctionnement de l'appareil de connexion de protection, lorsque les contacts de l'unité mécanique de contact de rupture (MK) sont fermés et que l'unité d'interruption électronique (EU) est commutée à basse impédance, ainsi que lorsque l'interrupteur (Smeas) est désactivé, l'interrupteur (Smeas) est commuté dans un état fermé pendant une première plage de temps, de sorte qu'un courant supplémentaire provoqué par l'impédance de mesure circule à travers l'unité électronique d'interruption (EU), dont la valeur est déterminée, comparée à des valeurs de courant supplémentaire et, en cas d'écart en dehors d'une troisième plage de tolérance, une condition d'erreur de courant supplémentaire est présente.

20 14. Appareil de connexion de protection (SG) selon la revendication 13,

caractérisé en ce que,

l'interrupteur (Smeas) est commuté dans un état fermé pour la première plage de temps lorsque la valeur de courant déterminée par l'unité de détection de courant est inférieure à une première valeur de courant, pour déterminer en particulier un appareil de protection défectueux, notamment une unité de détection de courant ou une détection de courant défectueuse.

15. Procédé pour un appareil de connexion de protection pour la protection d'un circuit électrique basse tension comprenant :

- un boîtier (GEH) avec des raccordements côté réseau et au moins un raccordement côté charge,
- une unité mécanique de contact de rupture (MK), qui est montée en série avec une unité d'interruption électronique (EU), dans lequel l'unité mécanique de contact de rupture est associée au raccordement côté charge et l'unité d'interruption électronique (EU) est associée aux raccordements côté réseau,
- l'unité mécanique de contact de rupture (MK) peut être commutée par une ouverture des contacts pour éviter un flux de courant ou par une fermeture des contacts pour un flux de courant dans le circuit électrique basse tension,
- l'unité d'interruption électronique (EU) peut être commutée par des éléments de commutation basés sur des semi-conducteurs dans un état de haute impédance des éléments de commutation pour éviter un flux de courant ou dans un état de basse résistance des éléments de commutation pour le flux de courant dans le circuit électrique basse tension,
- l'intensité du courant du circuit électrique basse tension est déterminée et, en cas de dépassement de valeurs limites de courant et/ou de temps de courant, une prévention d'un flux de courant du circuit électrique basse tension est initiée,
- un montage en série d'une impédance de mesure (ZM) et d'un interrupteur (Smeas) est prévu dans l'appareil de connexion de protection entre des conducteurs du circuit électrique basse tension de sorte que, lorsque l'interrupteur (Smeas) est fermé et que l'unité d'interruption électronique (EU) est commutée à basse impédance, un courant de mesure circule à travers l'unité d'interruption électronique (EU) via les raccordements côté réseau.

16. Procédé selon la revendication 15,

caractérisé en ce que,

l'interrupteur (Smeas) est activé lorsque l'unité d'interruption électronique (EU) est à haute impédance et désactivé lorsque l'unité d'interruption électronique (EU) est à basse impédance.

FIG 1

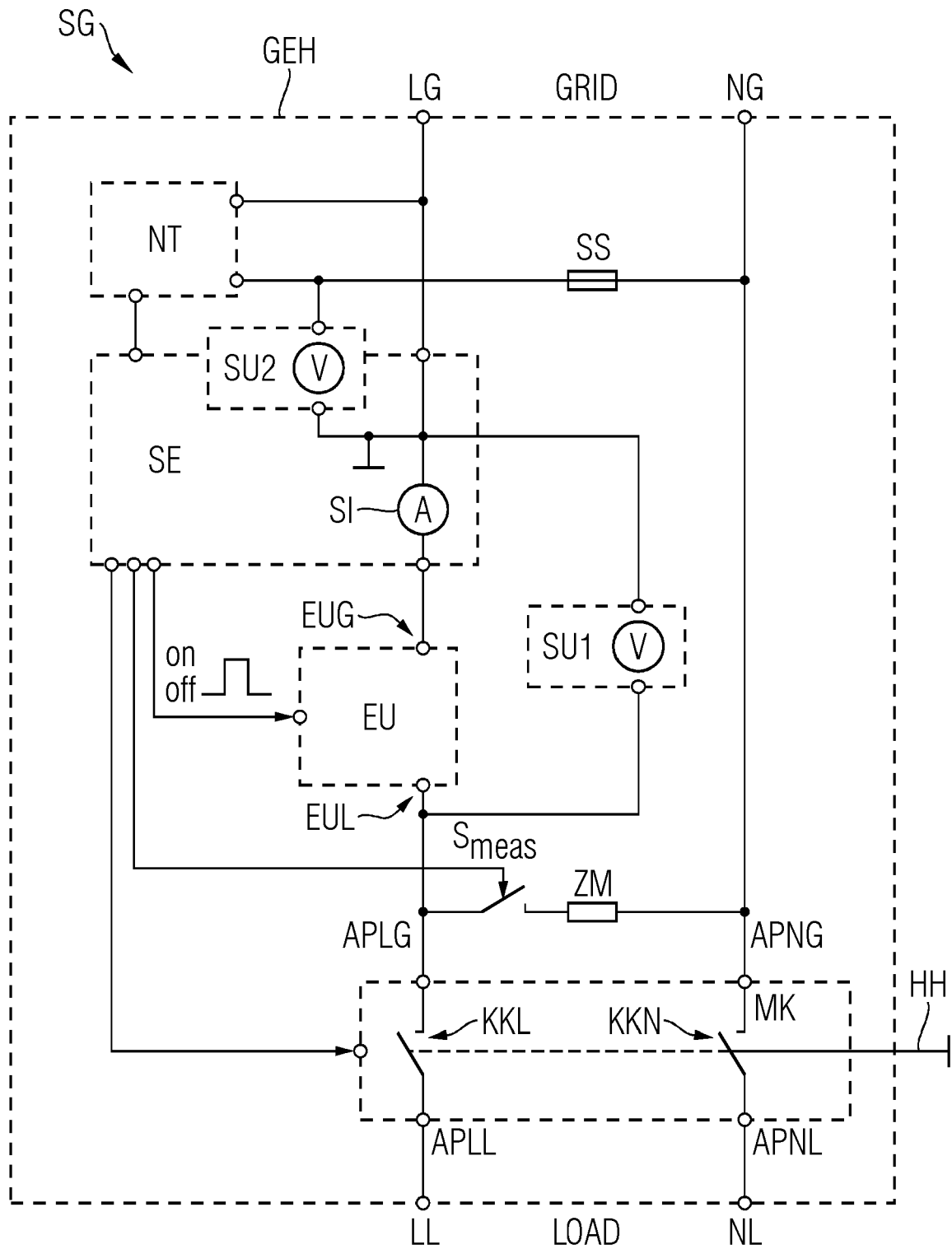
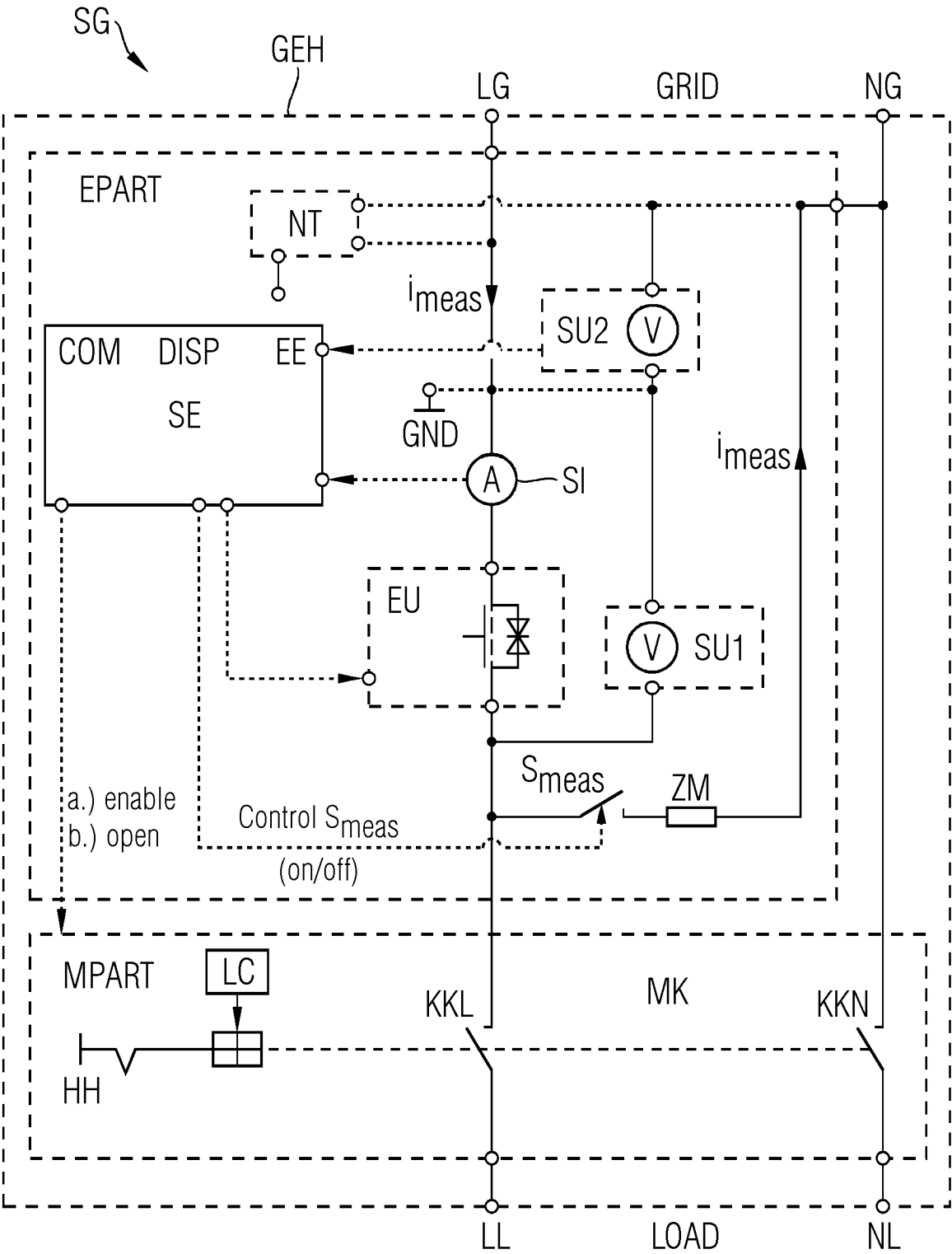


FIG 2



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 202009014759 U1 [0014]
- DE 102018213354 A1 [0015]
- US 20200366078 A1 [0016]