



(11) **EP 4 377 984 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

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

(21) Anmeldenummer: **22777619.2**

(22) Anmeldetag: **12.09.2022**

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

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

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2022/075225**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2023/052105 (06.04.2023 Gazette 2023/14)**

(54) **SCHUTZSCHALTGERÄT UND VERFAHREN**  
CIRCUIT BREAKER DEVICE AND METHOD  
PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DISJONCTEUR

(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 102021210833**

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

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

(72) Erfinder: **TANNHÄUSER, Marvin**  
**91353 Hausen (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 4 377 984 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  $2\pi$  ( $2\pi$ ) bzw.  $360^\circ$ . Die Kreisfrequenz ist die Änderungsrate des Phasenwinkels dieses rotierenden Zeigers. Die Kreisfrequenz einer harmonischen Schwingung beträgt immer das  $2\pi$ -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 ( $\omega$ ) gegenüber der Frequenz (f) bevorzugt, da sich viele Formeln der Schwingungslehre aufgrund des Auftretens trigonometrischer Funktionen, deren Periode per Definition  $2\pi$  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  $\omega$  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  $2\pi$  bzw.  $0^\circ$  und  $360^\circ$  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  $\varphi$  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 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, sowie durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 16 gelöst.

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

- ein Gehäuse mit mindestens einem netzseitigen Anschluss und 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 dem netzseitigen Anschluss zugeordnet ist,
  - 5 - dass die mechanische Trennkontakteinheit 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 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,
  - 10 - 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.
- 15 **[0020]** Zwischen zwei Leitern des Niederspannungsstromkreises ist erfindungsgemäß eine Messimpedanz vorgesehen. Die Messimpedanz ist einerseits mit der Verbindung zwischen mechanischer Trennkontakteinheit und elektronischer Unterbrechungseinheit verbunden. Andererseits ist die Messimpedanz mit dem anderen Leiter verbunden. Insbesondere mit dem anderen Leiter am netzseitigen Anschluss.
- 20 **[0021]** Das Schutzschaltgerät ist erfindungsgemäß derart ausgestaltet, dass zur Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit und hochohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit die elektronische Unterbrechungseinheit (EU) für eine erste Zeitspanne in einen niederohmigen Zustand geschaltet wird.
- [0022]** D.h. die elektronischer Unterbrechungseinheit wird ausgehend vom hochohmigen Zustand für eine erste Zeitspanne in den niederohmigen Zustand geschaltet und ist anschließend wieder im hochohmigen Zustand.
- 25 **[0023]** Die erste Zeitspanne kann im Bereich 100  $\mu$ s bis 1 s liegen. Beispielsweise 100  $\mu$ s, 200  $\mu$ s, ..., 1 ms, 2 ms, ..., 10 ms, 11 ms, ..., 20 ms, 21 ms, ..., 100 ms, ..., 200 ms, ... 1s.
- [0024]** 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
- 30 anliegen.
- [0025]** Dies hat den besonderen Vorteil, dass die elektronische Unterbrechungseinheit hinsichtlich ihrer "Einschaltbarkeit und eingeschalteter Zustand" überprüft werden kann.
- [0026]** Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen und im Ausführungsbeispiel angegeben.
- 35 **[0027]** 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.
- [0028]** 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.
- [0029]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird bei der Schaltung(-handlung) der elektronischen Unterbrechungseinheit für die erste Zeitspanne in den niederohmigen Zustand 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 Schließen der Kontakte vermieden wird. (D.h. bei Unterschreitung des zweiten Spannungsschwellwertes liegt keine Fehlerbedingung vor.)
- 40 **[0030]** Der erste Spannungsschwellwert sollte bevorzugt kleiner als 1 V sein. Der erste Spannungsschwellwert kann zwischen 0 Volt (bzw. größer 0 Volt) und kleiner (z.B. 10 % Kleiner) als der Momentanwert der momentan angelegten Wechselspannung sein (speziell bei einer Überwachung bzw. einem Vergleich von Momentanwerten).
- [0031]** Dies hat den besonderen Vorteil, dass die elektronische Unterbrechungseinheit genauer hinsichtlich ihrer "Einschaltbarkeit" bzw. des eingeschalteten Zustandes überprüft werden kann.
- 50 **[0032]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet, dass bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit die Höhe der 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 Schließen der Kontakte vermieden wird. (D.h. bei Überschreitung des ersten Spannungsschwellwertes liegt keine Fehlerbedingung vor.)
- 55 **[0033]** Der erste Spannungsschwellwert könnte ein Effektivwert / Mittelwert / rms-Wert der Wechselspannung sein. Der erste Spannungsschwellwert könnte ein Momentanwert der Spannung sein. Der Vergleich kann über Effektivwerte oder über zeitliche Momentanwerte erfolgen.

**[0034]** Dies dient der Überprüfung der elektronischen Unterbrechungseinheit hinsichtlich ihrer "Ausschaltbarkeit bzw. des ausgeschalteten Zustandes", d.h. dem hochohmig werden bzw. hochohmig sein der halbleiterbasierten Schaltelemente.

**[0035]** Der erste Spannungsschwellwert beträgt zum Beispiel vorteilhafter Weise 5-15 % der Nennspannung oder angelegten Spannung des Niederspannungsstromkreises, beispielsweise 10 %. Dies gilt sowohl für Effektivwerte als auch für Momentanwerte der Wechsellspannung, je nach gewählter Vergleichsart. Beispielsweise kann auch zu bestimmten Zeitpunkten des Momentanwertes der Wechsellspannung gemessen werden. Z.B. zum Zeitpunkt, wo der Momentanwert der Wechsellspannung +300 V oder -300 V beträgt.

**[0036]** Dies hat den besonderen Vorteil, dass eine einfache Überprüfung hinsichtlich des Ausschaltverhaltens der elektronischen Unterbrechungseinheit gegeben ist.

**[0037]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird bei Vorliegen einer (der beiden) Fehlerbedingung ein Schließen der Kontakte der mechanischen Trennk Kontakteinheit vermieden. Insbesondere wird kein Freigabesignal (enable) an die mechanische Trennk Kontakteinheit abgegeben. D.h. ein Schließen der Kontakte der mechanischen Trennk Kontakteinheit durch eine Handhabe ist nicht möglich.

**[0038]** Ferner kann ein niederohmig werden der elektronischen Unterbrechungseinheit vermieden werden.

**[0039]** Es können noch weitere Fehlerbedingungen existieren.

**[0040]** Dies hat den besonderen Vorteil, dass nur ein funktionsfähiges Schutzschaltgerät mit einer funktionsfähigen elektronischen Unterbrechungseinheit einschaltbar ist. Somit wird die Betriebssicherheit im Niederspannungsstromkreis erhöht. Somit ist sichergestellt, dass die Einschaltbarkeit und die Ausschaltbarkeit der elektronischen Unterbrechungseinheit funktioniert.

**[0041]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann das Schutzschaltgerät ferner derart ausgestaltet sein, dass weitere Verfeinerungen 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 Trennk Kontakteinheit 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 Vermeidung 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.

**[0042]** Erfindungsgemäß ist die Höhe der Spannung zwischen netzseitigen Verbindungspunkt und lastseitigen Verbindungspunkt der elektronischen Unterbrechungseinheit ermittelbar bzw. wird ermittelt.

**[0043]** Hierzu kann mindestens eine, mit der Steuerungseinheit verbundene, Spannungssensoreinheit vorgesehen sein. Bei mehreren Spannungssensoreinheiten sind diese mit der Steuerungseinheit verbunden.

**[0044]** Mit der Ermittlung der Höhe der Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit kann erfindungsgemäß die Funktionsfähigkeit der elektronischen Unterbrechungseinheit ermittelt werden. Erfindungsgemäß wird somit eine erhöhte Betriebssicherheit eines Schutzschaltgerätes erzielt. Ferner wird eine neue Architektur bzw. konstruktive Ausgestaltung eines Schutzschaltgerätes vorgeschlagen.

**[0045]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist eine mit der Steuerungseinheit verbundene erste Spannungssensoreinheit vorgesehen ist, die die Höhe einer/der ersten Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit, insbesondere zwischen netzseitigen Verbindungspunkt und lastseitigen Verbindungspunkt der elektronischen Unterbrechungseinheit, ermittelt.

**[0046]** Dies hat den besonderen Vorteil, dass eine einfache Lösung mit nur einer Spannungssensoreinheit gegeben ist.

**[0047]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist alternativ eine mit der Steuerungseinheit verbundene zweite Spannungssensoreinheit vorgesehen, die die Höhe einer zweiten Spannung zwischen netzseitigen Neutralleiteranschluss und netzseitigen Phasenleiteranschluss ermittelt. 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.

**[0048]** Dies hat den besonderen Vorteil, dass eine weitere Lösung, basierend auf klassischen Spannungsmessungen gegeben ist. Zudem wird eine weiterreichende Prüfung des Schutzschaltgerätes ermöglicht.

**[0049]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Stromsensoreinheit stromkreisseitig zwischen netzseitigen Phasenleiteranschluss und lastseitigen Phasenleiteranschluss vorgesehen.

**[0050]** Dies hat den besonderen Vorteil, dass eine kompakte Zerteilung 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.

**[0051]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist insbesondere zwischen den netzseitigen Anschlusspunkten der mechanischen Trennkontakteinheit eine Messimpedanz geschaltet. Insbesondere ist die Messimpedanz ein elektrischer Widerstand oder/und Kondensator, d.h. ein einzelnes Element oder eine Serien- bzw. Parallelschaltung zweier Elemente.

**[0052]** Speziell sollte die Messimpedanz einen hohen Widerstandswert bzw. Impedanzwert haben, um vorteilhaft die Verluste gering zu halten. Insbesondere sollten Widerstandswerte von größer 100 KOhm, besser 1 MOhm, 2 MOhm, 3 MOhm, 4 MOhm oder 5 MOhm vorgesehen sein, spezieller von größer 5 MOhm. In einem 230 Volt Niederspannungsstromkreis führt der Einsatz eines Messwiderstandes von z.B. 1 MOhm zu etwa 50 mW Verlusten.

**[0053]** Dies hat den besonderen Vorteil, dass eine bessere Überprüfung der Funktionsfähigkeit der elektronischen Unterbrechungseinheit gegeben ist, insbesondere bei geöffneten Trennkontakten, speziell bei der erfindungsgemäßen Architektur des Schutzschalters.

**[0054]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der Niederspannungsstromkreis ein Dreiphasenwechselstromkreis. Das Schutzschaltgerät weist mehrere bzw. weitere netzseitige und lastseitige Phasenleiteranschlüsse auf, um die Phasen des elektrischen Stromkreises zu schützen. Zwischen jedem der netzseitigen und lastseitigen Phasenleiteranschlüsse ist jeweils eine elektronische Unterbrechungseinheit mit einer erfindungsgemäßen Spannungsermittlung, insbesondere ersten Spannungssensoreinheiten vorgesehen. Zwischen jedem der netzseitigen und lastseitigen Phasenleiteranschlüsse ist zudem ein Kontakt der mechanischen Trennkontakteinheit vorgesehen. Dies hat den besonderen Vorteil, dass ein Schutz für Dreiphasenwechselstromkreis ermöglicht wird.

**[0055]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet, dass die Kontakte der mechanischen Trennkontakteinheit durch die Steuerungseinheit geöffnet, aber nicht geschlossen werden können.

**[0056]** Dies hat den besonderen Vorteil, dass eine erhöhte Betriebssicherheit erreicht wird, da die Kontakte wesentlich durch die Steuerungseinheit nicht geschlossen werden können.

**[0057]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die mechanische Trennkontakteinheit durch eine mechanische Handhabe bedienbar, um ein Öffnen von Kontakten oder ein Schließen der Kontakte zu schalten.

**[0058]** Dies hat den besonderen Vorteil, dass die Funktionalität eines klassischen Leitungsschutzschalters gegeben ist.

**[0059]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die mechanische Trennkontakteinheit derart ausgestaltet, dass ein Schließen der Kontakte durch die mechanische Handhabe erst nach einer Freigabe (enable), insbesondere einem Freigabesignal, möglich ist.

**[0060]** Dies hat den besonderen Vorteil, dass ein erhöhter Schutz und eine erhöhte Betriebssicherheit gegeben ist da ein Einschalten eines defekten Schutzschalters vermieden wird.

**[0061]** 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. Speziell ist in der Verbindung zum netzseitigen Neutralleiteranschluss eine Sicherung, insbesondere Schmelzsicherung, vorgesehen. Vorteilhaft kann speziell die Messimpedanz über die Sicherung mit dem netzseitigen Neutralleiteranschluss verbunden sein.

**[0062]** Dies hat den besonderen Vorteil, dass eine kompakte elektronische Baugruppe ermöglicht wird. Ferner gibt es im Schutzschaltgerät nur eine Querverbindung zwischen Phasenleiter und Neutralleiter. Ein Fehler im Schutzschaltgerät, der einen Kurzschluss zwischen Phasenleiter und Neutralleiter verursacht, kann so leicht geschützt, gesichert bzw. gefunden werden.

**[0063]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist bei geschlossenen Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit 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 Trennk Kontakteinheit 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 Trennk Kontakteinheit geöffnet wird,
- bei einem ermittelten Strom, der einen (noch höheren) dritten Stromwert überschreitet, die elektronische Unterbrechungseinheit hochohmig wird und die mechanische Trennk Kontakteinheit geöffnet wird.

**[0064]** Dies hat den besonderen Vorteil, dass ein abgestuftes Abschaltkonzept bei erhöhten Strömen für ein erfindungsgemäßes Schutzschaltgerät vorliegt.

**[0065]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Steuerungseinheit einen Mikrocontroller auf.

**[0066]** 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.

**[0067]** Erfindungsgemäß wird ein korrespondierendes Verfahren für ein Schutzschaltgerät für einen Niederspannungsstromkreis mit elektronischen (halbleiterbasierten) Schaltelementen mit den gleichen und weiteren Vorteilen beansprucht.

**[0068]** Das Verfahren für ein Schutzschaltgerät zum Schutz eines elektrischen Niederspannungsstromkreis mit:

- einem Gehäuse mit mindestens einem netzseitigen Anschluss und einem lastseitigen Anschluss,
- einer mechanischen Trennk Kontakteinheit, die in Serie mit einer elektronischen Unterbrechungseinheit geschaltet ist, wobei die mechanische Trennk Kontakteinheit dem lastseitigen Anschluss und die elektronische Unterbrechungseinheit dem netzseitigen Anschluss zugeordnet ist,
- dass die mechanische Trennk Kontakteinheit 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 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,
- dass die Höhe des Stromes im Niederspannungsstromkreis, insbesondere zwischen netzseitigen Phasenleiteranschluss und lastseitigen Phasenleiteranschluss, ermittelt wird, dass bei Überschreitung von Strom- oder/und Strom-Zeitgrenzwerten eine Vermeidung eines Stromflusses des Niederspannungsstromkreises initiiert wird,
- dass zwischen zwei Leitern des Niederspannungsstromkreises eine Messimpedanz vorgesehen ist, wobei die Messimpedanz einerseits mit der Verbindung zwischen mechanischer Trennk Kontakteinheit und elektronischer Unterbrechungseinheit verbunden ist.

**[0069]** Zur Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes wird bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennk Kontakteinheit und hochohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit die elektronische Unterbrechungseinheit für eine erste Zeitspanne in einen niederohmigen Zustand geschaltet.

**[0070]** Mit der Polarität des angelegten Momentanwertes der Wechselspannung, d.h. dem Messzeitpunkt, kann ermittelt werden, ob ein erstes halbleiterbasiertes Schaltelement (für eine erste Spannungspolarität) oder ein zweites halbleiterbasiertes Schaltelement (für eine zweite Spannungspolarität) geprüft wird.

**[0071]** Bei der Schaltung der elektronischen Unterbrechungseinheit für die erste Zeitspanne in den niederohmigen Zustand wird die Höhe der Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit ermittelt. Bei Überschreiten eines/des zweiten Spannungsschwellwertes liegt eine zweite Fehlerbedingung vor, so dass ein weiteres niederohmig werden der elektronischen Unterbrechungseinheit vermieden oder/und Schließen der Kontakte vermieden wird.

**[0072]** Bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennk Kontakteinheit und hochohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit (EU) kann ferner die Höhe der Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit ermittelt werden. Bei Unterschreitung eines/des ersten Spannungsschwellwertes liegt eine erste Fehlerbedingung vor, so dass ein niederohmig werden der elektronischen Unterbrechungseinheit vermieden oder/und Schließen der Kontakte vermieden wird.

**[0073]** Erfindungsgemäß wird ein korrespondierendes Computerprogrammprodukt beansprucht. 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.

**[0074]** Der Mikrocontroller ist Teil des Schutzschaltgerätes, insbesondere der Steuerungseinheit.

**[0075]** Erfindungsgemäß wird ein korrespondierendes computerlesbares Speichermedium, auf dem das Computerprogrammprodukt gespeichert ist, beansprucht.

**[0076]** Erfindungsgemäß wird ein korrespondierendes Datenträgersignal, das das Computerprogrammprodukt überträgt, beansprucht.

**[0077]** Alle Ausgestaltungen, sowohl in abhängiger Form rückbezogen auf den Patentanspruch 1 bzw. 16, als auch rückbezogen lediglich auf einzelne Merkmale oder Merkmalskombinationen von Patentansprüchen, insbesondere auch ein Rückbezug der anhängigen Anordnungsansprüche auf den unabhängigen Verfahrensanspruch und vice versa, bewirken eine Verbesserung eines Schutzschaltgerätes, insbesondere eine Verbesserung der Sicherheit eines Schutzschaltgerätes bzw. des elektrischen Stromkreises, und stellen ein neues Konzept für ein Schutzschaltgerät bereit.

**[0078]** 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.

**[0079]** Dabei zeigt die Zeichnung:

Figur 1 eine erste Darstellung eines Schutzschaltgerätes,

Figur 2 eine zweite Darstellung eines Schutzschaltgerätes,

Figur 3 eine dritte Darstellung eines Schutzschaltgerätes mit ersten Spannungsverläufen,

Figur 4 eine vierte Darstellung eines Schutzschaltgerätes mit zweiten Spannungsverläufen,

Figur 5 eine fünfte Darstellung eines Schutzschaltgerätes.

**[0080]** Figur 1 zeigt eine Darstellung eines Schutzschaltgerätes SG zum Schutz eines elektrischen Niederspannungsstromkreises, insbesondere Niederspannungswechselstromkreis, mit einem Gehäuse GEH, aufweisend:

- einen netzseitigen Neutralleiteranschluss NG, einem netzseitigen Phasenleiteranschluss LG, einem lastseitigen Neutralleiteranschluss 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 Neutralleiter ein lastseitiger Anschlusspunkt APNL, für den Phasenleiter ein lastseitiger Anschlusspunkt APLL, für den Neutralleiter 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.



**[0081]** Erfindungsgemäß ist das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet, 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.

**[0082]** 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.

**[0083]** 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.

**[0084]** Erfindungsgemäß ist ferner zwischen den netzseitigen Anschlusspunkten APLG, APNG der mechanischen Trennkontaktseinheit MK eine Messimpedanz ZM geschaltet. Die Messimpedanz ZM kann beispielsweise ein elektrischer Widerstand oder/und Kondensator sein. Die Messimpedanz kann ferner eine Induktivität sein. Insbesondere kann die Messimpedanz eine Serienschaltung oder Parallelschaltung eines Widerstandes oder/und Kondensator oder/und Induktivität sein.

**[0085]** Vorteilhafterweise kann eine zweite Spannungssensoreinheit SU2 vorgesehen ist, die die Höhe der Spannung zwischen netzseitigen Neutralleiteranschluss NG und netzseitigen Phasenleiteranschluss LG ermittelt.

**[0086]** 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.

**[0087]** 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.

**[0088]** 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 Trennkontaktseinheit MK mit den netzseitigen Neutralleiteranschluss NG des Gehäuses GEH verbunden.

**[0089]** Das Schutzschaltgerät SG ist vorteilhaft derart ausgestaltet, dass die Kontakte der mechanischen Trennkontaktseinheit MK durch die Steuerungseinheit SE geöffnet, aber nicht geschlossen werden können, was durch einen Pfeil von der Steuerungseinheit SE zur mechanischen Trennkontaktseinheit MK angedeutet ist.

**[0090]** Die mechanische Trennkontaktseinheit 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 Trennkontaktseinheit MK an.

**[0091]** 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.

**[0092]** Die mechanische Trennkontaktseinheit 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.

**[0093]** Dies ist ebenfalls durch den Pfeil von der Steuerungseinheit SE zur mechanischen Trennkontaktseinheit MK angedeutet. D. h., die Kontakte KKL, KKN der mechanischen Trennkontaktseinheit 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").

**[0094]** 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 Energieversorgung 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.

**[0095]** Alternativ kann die Messimpedanz ZM über die Sicherung SS mit dem netzseitigen Neutralleiteranschluss NG verbunden sein. Damit kann vorteilhaft eine dreipolige Elektronikeinheit EE (Fig 5) realisiert werden, beispielsweise als

Modul, die drei Anschlusspunkte aufweist, einen Neutralleiteranschlusspunkt und zwei Phasenleiteranschlusspunkte. Die Elektronikeneinheit EE weist beispielsweise die elektronische Unterbrechungseinheit EU, die Steuerungseinheit SE, die Energieversorgung NT (insbesondere inklusive Sicherung SS), die Stromsensoreinheit SI, die erste Spannungssensoreinheit SU1 und optional die zweite Spannungssensoreinheit SU2 auf.

**[0096]** Der Niederspannungsstromkreis kann ein Dreiphasenwechselstromkreis sein, mit einem Neutralleiter und drei Phasenleitern. Das Schutzschaltgerät kann hierfür als dreiphasige Variante ausgestaltet sein und beispielsweise weitere netzseitige und lastseitige Phasenleiteranschlüsse aufweisen. Zwischen den weiteren netzseitigen und lastseitigen Phasenleiteranschlüssen sind in analoger Weise jeweils erfindungsgemäße elektronische Unterbrechungseinheiten und Spannungsermittlungen (z.B. durch erste Spannungssensoreinheiten) vorgesehen. Ebenso Kontakte der mechanischen Trennkontakte Einheit.

**[0097]** Die Meßimpedanz ZM sollte einen sehr hohen Wert (Widerstands- oder Impedanzwert) haben, um die Verluste gering zu halten. Beispielsweise bei einem Widerstand einem Wert von z.B. 1 MOhm. Ein Wert von 1 MOhm führt zu Verlusten von etwa 50 mW in einem 230 V Niederspannungsstromkreis.

**[0098]** Die Meßimpedanz sollte vorteilhaft größer als 100 KOhm sein.

**[0099]** 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.

**[0100]** 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.

**[0101]** Figur 2 zeigt eine Abbildung gemäß Figur 1, mit dem Unterschied, dass an der Netzseite GRID eine Energiequelle EQ mit einer Nennspannung  $U_N$  des Niederspannungsstromkreises angeschlossen ist. Ferner an der Lastseite LOAD ein Verbraucher bzw. Energiesenke ES angeschlossen ist.

**[0102]** Weiterhin ist bei der Verbindung von Steuerungseinheit SE zur mechanischen Trennkontakte Einheit MK ein Freigabesignal enable eingezeichnet.

**[0103]** Die mechanische Trennkontakteinheit MK ist in einem geöffneten Zustand OFF dargestellt, d. h. mit geöffneten Kontakten KKN, KKL zur Vermeidung eines Stromflusses.

**[0104]** Das Schutzschaltgerät SG arbeitet beispielsweise prinzipiell derart, dass bei geschlossenen Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit 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 Trennkontakteinheit 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 Trennkontakteinheit MK geöffnet wird,
- bei einem ermittelten Strom, der einen noch höheren dritten Stromwert überschreitet, die elektronische Unterbrechungseinheit hochohmig wird und die mechanische Trennkontakteinheit MK geöffnet wird.

**[0105]** Figur 3 zeigt eine Darstellung gemäß Figur 2, mit verschiedenen Unterschieden. Die Spannungen am und im Schutzschaltgerät sind näher dargestellt:

- die Nennspannung  $U_N$  der Energiequelle EQ des Niederspannungsstromkreises,
- die zwischen netzseitigen Neutralleiteranschluss NG und netzseitigen Phasenleiteranschluss LG anliegende Netzspannung  $U_{LN}$ ,
- die im Schutzschaltgerät durch die zweite Spannungssensoreinheit SU2 gemessene zweite Spannung  $U_2$  bzw.  $U_{N,GND}$ ,
- die mit der ersten Spannungssensor Einheit SU1 über der elektronischen Unterbrechungseinheit EU gemessene erste Spannung  $U_1$  bzw.  $U_{SW}$ .

**[0106]** In dieser Variante gemäß Figur 3 wird die erste Spannung  $U_1$  (bzw.  $U_{SW}$ ) direkt über der elektronischen Unterbrechungseinheit gemessen (d.h. ohne Stromsensoreinheit SI). Die zweite Spannung  $U_2$  (bzw.  $U_{N,GND}$ ) entspricht der Netzspannung  $U_{LN}$  abzüglich des (minimalen) Spannungsabfalls über der Stromsensoreinheit SI sowie den ohmschen Verlusten.

**[0107]** Weiter ist ein Detail der elektronischen Unterbrechungseinheit EU dargestellt, wobei die (einpolige) elektronische Unterbrechungseinheit EU halbleiterbasierte Schaltelemente T1, T2 aufweist. Im Beispiel gemäß Figur 3 sind zwei in Serie geschaltete halbleiterbasierte Schaltelemente T1, T2 vorgesehen. Vorteilhaft ist über der Serienschaltung der beiden halbleiterbasierten Schaltelementen T1, T2 eine Überspannungsschutzeinrichtung TVS vorgesehen.

**[0108]** In der Ausgestaltung gemäß Figur 3 sind zwei unidirektionale elektronische Schaltelemente (antiseriell) in Serie geschaltet. Das erste unidirektionale Schaltelement ist hierbei in einer ersten Stromrichtung schaltbar angeordnet und das zweite unidirektionale Schaltelement in der entgegengesetzten Stromrichtung schaltbar angeordnet, wobei die unidirektionalen Schaltelemente entgegen ihrer Stromschalttrichtung (direkt oder indirekt, z.B. durch interne oder extern parallel geschaltete Dioden) leitend sind. Insbesondere ist das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet, dass das erste und das zweite Schaltelement unabhängig voneinander schaltbar sind.

**[0109]** Im Folgenden wird folgende Situation betrachtet:

- Es liegt Nennspannung bzw. Netzspannung (z.B. 230 VAC) am netzseitigen Anschluss LG, NG bzw. Netzseite GRID bzw. Netzanschluss des Schutzschaltgerätes an,
- Es ist ein Verbraucher bzw. Energiesenke ES bzw. Last an der Lastseite LOAD des Schutzschaltgerätes angeschlossen,

**[0110]** Im ersten Schritt soll die Überprüfung im AUS-Zustand des elektronischen Schutzgerätes betrachtet werden.

**[0111]** Dazu ist:

- Der mechanische Trennkontakteinheit ist geöffnet (Kontakte offen)
- Die elektronische Unterbrechungseinheit ist ausgeschaltet (halbleiterbasierte Schaltelemente hochohmig)
- Die Steuerungseinheit (inkl. Controller-Einheit) ist aktiv

**[0112]** Das elektrische Potential zwischen der elektronischen Unterbrechungseinheit und der mechanischen Trennkontakteinheit ist durch die Meßimpedanz ZM und der Impedanz der elektronischen Unterbrechungseinheit im ausgeschalteten Zustand definiert (Spannungsteiler).

**[0113]** Die Steuerungseinheit kann nun zu einem beliebigen Zeitpunkt (und somit zu einer bestimmten Spannungsaufteilung (je nach Momentanwert der Spannung, Halbwelle der Spannung) die halbleiterbasierten Schaltelemente (welcher der beiden Halbleiter ist aktiv?) einschalten. Unter Berücksichtigung der Polarität der Wechselspannung respektive AC-Spannung können hiermit die Schaltelemente der elektronischen Unterbrechungseinheit EU getestet werden.

**[0114]** Die elektronische Unterbrechungseinheit EU (respektive der elektronische Schalter) wird somit für z.B. eine sehr kurze Zeit (im Millisekunden-Bereich) eingeschaltet. Ist die elektronische Unterbrechungseinheit funktionsfähig, kann dies durch die (gleichzeitige) Spannungsmessung (z.B. erste Spannungssensoreinheit, zweite Spannungssensoreinheit) und (anschließende) Auswertung festgestellt werden. Z.B. kann bei einem defekten halbleiterbasierten Schaltelement festgestellt werden, ob er stets eingeschaltet bleibt (Fehlerbild: "durchgelegt") oder stets ausgeschaltet bleibt (Fehlerbild: "durchgebrannt").

**[0115]** Somit sind zwei typische und häufige Fehlerbilder abgedeckt. Ist die Überprüfung fehlerfrei, kann eine (erste) Freigabebedingung zum Einschalten des Schutzschaltgerätes, speziell der elektronischen Unterbrechungseinheit bzw. der mechanischen Trennkontakteinheit, vorliegen.

**[0116]** Ist die Überprüfung nicht fehlerfrei, wird keine Freigabe zum Einschalten des Schutzschaltgerätes erfolgen, es liegt eine Fehlerbedingung vor, sodass der Abgang bzw. Verbraucher / Load nicht eingeschaltet werden kann und somit ein gefährlicher Zustand verhindert wird.

**[0117]** Das Schutzschaltgerät ist derart ausgestaltet, dass bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit MK und hochohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit EU die Höhe der Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit, d.h. die erste Spannung U1, ermittelt wird. Bei Unterschreitung eines ersten Spannungsschwellwertes liegt eine erste Fehlerbedingung vor, so dass ein niederohmig werden der elektronischen Unterbrechungseinheit vermieden oder/und Schließen der Kontakte vermieden wird. Bezüglich der mechanischen Trennkontakteinheit MK wird beispielsweise ein Freigabesignal enable von der Steuerungseinheit SE zur mechanischen Trennkontakteinheit MK nicht abgegeben.

**[0118]** Auf der rechten Seite der Figur 3 sind drei dazu korrespondierende Spannungsverläufe über der Zeit dargestellt. Auf der vertikalen y-Achse ist die Höhe der Spannung in Volt und auf der horizontalen x-Achse die Zeit in Millisekunden (ms) aufgetragen. Es ist jeweils der Verlauf der Höhe der ersten Spannung U1 und der Höhe der zweiten Spannung U2 über der Zeit dargestellt.

**[0119]** In der ersten oberen Grafik NORM sind die Spannungsverläufe für einen fehlerfreien Zustand der elektronischen Unterbrechungseinheit EU dargestellt. Die Differenz der Amplitude zwischen erster Spannung U1 und zweiter Spannung U2 ist in diesem Fall durch den Spannungsabfall über der Messeimpedanz ZM bedingt. Der erste Spannungsschwellwert sollte sich an der Größe der Meßimpedanz orientieren. Der erste Spannungsschwellwert sollte beispielsweise etwas kleiner sein, als die Nennspannung abzüglich des Spannungsabfalls über der Messeimpedanz. Ist die erste Spannung U1 größer als der erste Spannungsschwellwert, liegt eine fehlerfreie elektronische Unterbrechungseinheit EU vor. Die Auswertung kann basierend auf den Momentanwerten der Spannung als auch auf den Effektivwerten der Spannung

erfolgen. Ist die erste Spannung  $U_1$  größer als der erste Spannungsschwellwert liegt folglich eine erste Freigabebedingung vor, in deren Folge die elektronische Unterbrechungseinheit niederohmig werden darf oder/und ein Schließen der Kontakte der mechanischen Trennkontakte Einheit ermöglicht wird. Dies ist in Figur 3 durch einen Pfeil, mit der Bezeichnung enable, von der Steuerungseinheit SE zur mechanischen Trennkontakteinheit MK dargestellt, für die Freigabe des Schließens der Kontakte der mechanischen Trennkontakte Einheit MK durch die Handhabe HH. Die Verbindung bzw. der Pfeil von der Steuerungseinheit SE zur elektronischen Unterbrechungseinheit EU weist eine Darstellung eines Verlaufs des Schaltzustandes der elektronischen Unterbrechungseinheit über der Zeit auf, bei der ein ausgeschalteter/hochohmiger Zustand mit off und ein eingeschalteter/niederohmiger Zustand der elektronischen Unterbrechungseinheit EU mit on gekennzeichnet ist. Im Beispiel befindet sich die elektronische Unterbrechungseinheit EU im ausgeschalteten Zustand off, was durch einen geraden Strich neben „off“ dargestellt ist.

**[0120]** In der zweiten mittleren Grafik „T1 is „shorten““ ist der Spannungsverlauf für eine defekte elektronische Unterbrechungseinheit EU dargestellt, bei der im Beispiel ein halbleiterbasiertes Schaltelement, im Beispiel das Schaltelement T1, ständig leitfähig ist (durchgelegt/kurzgeschlossen). Dadurch fließt in einer Halbwelle der elektrischen Spannung ein Strom durch die elektronische Unterbrechungseinheit, obwohl diese eigentlich hochohmig ist (sein sollte). Die Leitfähigkeit in der durch das betroffene halbleiterbasierte Schaltelement betroffenen Stromrichtung verhindert den Aufbau einer Spannung über dem betroffenen halbleiterbasierten Schaltelement. D.h., die Höhe der ersten Spannung  $U_1$  kann den ersten Spannungsschwellwert nicht überschreiten, was mittels der ersten Spannungssensoreinheit SU1 in Verbindung mit der Steuerungseinheit SE ermittelt werden kann. Dies ist in Figur 3 durch die Abkürzung DT angedeutet.

**[0121]** In der dritten unteren Grafik „T2 is „shorten““ ist der Spannungsverlauf für eine defekte elektronische Unterbrechungseinheit EU dargestellt, bei der das andere halbleiterbasierte Schaltelement, im Beispiel der Schaltelement T2, ständig leitfähig ist (durchgelegt/kurzgeschlossen). Es gilt analog das zur mittleren Grafik gesagte.

**[0122]** In der zweiten und dritten Grafik ist ein Fehlerzustand der elektronischen Unterbrechungseinheit EU dargestellt, der bei geschlossenen Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit und niederohmiger Unterbrechungseinheit erfindungsgemäß vor dem Schließen der Kontakte der mechanischen Trennkontakteinheit gefunden werden kann und ein manuelles Schließen der Kontakte der mechanischen Trennkontakteinheit verhindert.

**[0123]** Dies wird noch einmal mit anderen Worten erläutert. Figur 3 zeigt eine Übersicht zum Schaltbild und Spannungsverläufe für den Fall, dass ein Schaltelement in der elektronischen Unterbrechungseinheit defekt ist, in diesem Fall durchgelegt/kurzgeschlossen ist. Da typischerweise unidirektional sperrende Leistungs-Halbleiter eingesetzt werden, kann je nach angelegter Spannungspolarität das halbleiterbasierte Schaltelement T1 oder T2 auf Funktionalität geprüft werden. Liegt an den Anschlüssen eines funktionsfähigen Schutzschaltgerätes eine Wechselspannung an, entsteht über der elektronischen Unterbrechungseinheit eine Spannung  $U_1$  bzw. Usw, die über eine entsprechende erste Spannungssensoreinheit SU1 ermittelt werden kann. Dies ist in der oberen Grafik NORM dargestellt. Ist eines der beiden Schaltelemente durchgelegt, kann die Spannung von der elektronischen Unterbrechungseinheit nicht mehr aufgenommen werden. Die gemessene Spannung wird hier für einen gewissen Zeitraum (ca. 5ms) Null. Dies ist in den beiden Verläufen „T1 is „shorten““ und „T2 is „shorten““ dargestellt. Dies ermöglicht das Messen bzw. das Feststellen eines defekten Schaltelementes. Sind beide Schaltelemente durchgelegt, ist die erste Spannung  $U_1$  bzw. Usw stets null (nicht dargestellt).

**[0124]** Figur 4 zeigt eine Darstellung gemäß Figur 3 mit dem Unterschied, dass die elektronische Unterbrechungseinheit EU kurzzeitig ein und ausgeschaltet wird. Dies ist durch ein Rechtecksignal bezüglich der Zustände off on an der Verbindung zwischen Steuerungseinheit SE elektronischer Unterbrechungseinheit EU angedeutet.

**[0125]** Auf der rechten Seite der Figur 4 sind wieder drei Grafiken gemäß Figur 3 dargestellt. Gezeigt sind Spannungsverläufe für den Fall, dass ein Schaltelement in der elektronischen Unterbrechungseinheit defekt ist, in diesem Fall durchgebrannt/offen ist. Da typischerweise unidirektional sperrende Leistungs-Halbleiter eingesetzt werden, kann je nach angelegter Spannungspolarität Schaltelement T1 oder T2 auf Funktionalität geprüft werden.

**[0126]** Liegt netzseitig am funktionsfähigen Schutzschaltgerät eine Wechselspannung an, entsteht über der elektronischen Unterbrechungseinheit eine Spannung  $U_1$  bzw. Usw, die über eine entsprechende Spannungsmessung (erste Spannungssensoreinheit SU1) gemessen werden kann. Dies ist in den oberen Verläufen „Health“ dargestellt.

**[0127]** Um zu überprüfen, ob eines der beiden halbleiterbasierten Schaltelemente durchgebrannt ist, wird ein kurzer Einschaltimpuls gegeben, erste Zeitspanne. Ist eines der beiden enthaltenen Schaltelemente durchgebrannt, kann das Schaltelement von der elektronischen Unterbrechungseinheit nicht mehr eingeschaltet werden. Dann bleibt auch bei einem Einschalten die gemessene Spannung stets wie im ausgeschalteten Zustand. Dies ist in der mittleren Grafik „T1 is „open““ und der unteren Grafik „T2 is „open““ dargestellt. Dies ermöglicht das Messen bzw. das Feststellen eines defekten Schaltelementes.

**[0128]** D.h. das Schutzschaltgerät ist derart ausgestaltet, dass bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit MK und hochohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit EU die elektronische Unterbrechungseinheit EU für eine erste Zeitspanne in einen niederohmigen Zustand geschaltet wird, die Höhe der Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit ermittelt wird.

**[0129]** Bei Überschreitung eines zweiten Spannungsschwellwertes liegt eine zweite Fehlerbedingung vor, so dass ein

niederohmig werden der elektronischen Unterbrechungseinheit vermieden oder/und Schließen der Kontakte vermieden wird.

**[0130]** Das Schutzschaltgerät ist vorteilhafterweise derart ausgestaltet, dass bei Vorliegen einer Fehlerbedingung ein Schließen der Kontakte der mechanischen Trennk Kontakteinheit MK vermieden wird. Insbesondere wird kein Freigabesignal (enable) an die mechanische Trennk Kontakteinheit MK abgegeben.

**[0131]** Figur 5 zeigt eine Darstellung gemäß Figur 1 bis 4, mit dem Unterschied, dass das Schutzschaltgerät zweiteilig aufgebaut ist. Es enthält einen elektronischen ersten Teil EPART, beispielsweise auf einer Leiterplatte / Printed Circuit Board. Der erste Teil EPART kann die Steuerungseinheit SE, die erste Spannungssensoreinheit SU1, die zweite Spannungssensoreinheit SU2, die Stromsensoreinheit SI, die elektronische Unterbrechungseinheit EU, die Energieversorgung NT, aufweisen. Ferner kann der erste Teil die Schmelzsicherung SS, einen Schalter SCH, die Meßimpedanz ZM, einen Temperatursensor TEM (insbesondere für die elektronische Unterbrechungseinheit EU), eine Kommunikationseinheit COM, eine Anzeigeeinheit DISP aufweisen.

**[0132]** 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 Trennk Kontakteinheit MK,
- einen Anschluss für eine Verbindung zum netzseitigen Neutraleiteranschluss NG.

**[0133]** Das Schutzschaltgerät enthält einen, insbesondere mechanischen, zweiten Teil MPART. Der zweite Teil MPART kann die mechanische Trennk Kontakteinheit MK, die Handhabe HH, eine Freigabeeinheit FG aufweisen. Ferner kann der zweite Teil eine Positionseinheit POS, zur Meldung der Position der Kontakte der mechanischen Trennk Kontakteinheit MK an die Steuerungseinheit, sowie die (Neutraleiter-)Verbindung(en) aufweisen. Es können weitere, nicht näher bezeichnete, Einheiten vorgesehen sein.

**[0134]** Durch die Zweiteilung lässt sich vorteilhaft ein erfindungsgemäßes kompaktes Schutzschaltgerät realisieren.

**[0135]** Die Freigabeeinheit FG bewirkt eine Freigabe der Betätigung der Kontakte der mechanischen Trennk Kontakteinheit durch die Handhabe HH, wenn ein Freigabesignal enable vorliegt. s

**[0136]** Im Folgenden soll die Erfindung nochmals zusammengefasst und näher erläutert werden.

**[0137]** Beispielhaft vorgeschlagen wird ein elektronisches Schutz- und Schaltgerät mit:

- Gehäuse mit netzseitigen und lastseitigen Anschlüssen
- Spannungssensoreinheit
- Stromsensoreinheit zur Messung des (Last)Stromes
- mechanische Trennk Kontakteinheit inkl. Handhabe (inkl. Anzeige der Kontaktstellung, Auslöser durch die Elektronik, Trenneigenschaften)
- elektronische Unterbrechungseinheit mit halbleiterbasierten Schaltelementen
- Steuerungseinheit
- die Funktionsfähigkeit der elektronischen Unterbrechungseinheit wird überprüft,
- durch die kontinuierliche Messung der Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit. Hier kann z.B. im eingeschalteten Zustand festgestellt werden, ob z.B. ein Halbleiterbauelement durchgebrannt ist.
- indem die elektronische Unterbrechungseinheit kurzzeitig (<10ms, bevorzugt <1ms, allgemein: <20ms, 50ms, 100ms, 200ms, 500ms oder 1s) bei geöffneten Kontakten ein- und gleich wieder ausgeschaltet wird,

und gleichzeitig Spannungsmesswerte und/oder Strommesswerte erfasst werden und diese so analysiert werden, dass eine durchlegierte oder durchgebrannte elektronische Unterbrechungseinheit erkannt wird bzw. durchlegierte oder durchgebrannte Schaltelemente erkannt werden.

**[0138]** Vorteilhaft wird zunächst erstmal gemessen, dann geschaltet und gemessen.

**[0139]** Es wird eine erste Spannungssensoreinheit / Spannungsmesseinheit über der elektronischen Unterbrechungseinheit vorgeschlagen, um die Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit zu bestimmen. Alternativ kann parallel zur zweiten Spannungssensoreinheit eine dritte Spannungssensoreinheit vorgesehen sein, die am lastseitigen Anschluss der elektronischen Unterbrechungseinheit, d. h. zwischen elektronischer Unterbrechungseinheit und mechanischer Trennk Kontakte Kontakteinheit vorgesehen ist, wobei diese einerseits mit dem Phasenleiter und andererseits mit dem Neutraleiter verbunden ist. Aus der Differenzbildung der Spannungen zwischen zweiter und dritter Spannungssensoreinheit kann die erste Spannung ermittelt werden. Die erste Spannungssensor Einheit kann in diesem Fall entfallen.

**[0140]** Vorgeschlagen wird eine zusätzliche Messimpedanz, die zwischen den beiden Leitern / Strombahnen (Phasenleiter L und Neutraleiter N) angebracht ist, um das elektrische Potential zwischen der elektronischen Unterbrechungseinheit EU und der mechanischen Trennk Kontakte Einheit für Messzwecke zu definieren (kein "floatendes" Potential.)

[0141] Vorgeschlagen wird ein Computerprogrammprodukt bzw. Algorithmus, der die elektronische Unterbrechungseinheit bzw. die halbleiterbasierten Schaltelemente 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.

[0142] 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.

[0143] Auf einem computerlesbaren Speichermedium, wie einer CD-ROM, einem USB-Stick oder ähnlichen, kann das Computerprogrammprodukt gespeichert sein.

[0144] Ferner kann ein Datenträgersignal, das das Computerprogrammprodukt überträgt, existieren.

[0145] Vorgeschlagen wird eine mechanische Trennkontakteinheit, die nicht eingeschaltet werden kann, solange die Steuerungseinheit kein Freigabesignal "enable" sendet.

[0146] Der Zeitpunkt für das Schalten der halbleiterbasierten Schaltelemente (für die Überprüfung) richtet sich nach der Polarität der aktuell anliegenden Netzspannung, sodass gezielt einzelne Schaltelemente überprüft werden können. Des Weiteren kann der Momentanwert der Spannung bei der Auswahl des Zeitpunktes berücksichtigt werden.

[0147] Insbesondere sind:

- die erste Zeitspanne: sehr kurz bis kurz, 10  $\mu$ s bis 1 s,
- der erste Spannungsschwellwert: 5-10% des Effektivwertes / RMS-Wertes der Nennspannung bzw. angelegten Wechselspannung bzw. des Momentanwertes der Wechselspannung; z.B. 10-20 V,
- der zweite Spannungsschwellwert: kleiner als 1 Volt,

[0148] Zusammengefasst:

- Spannungsmessung über der elektronischen Unterbrechungseinheit bzw. Ermittlung des Spannungsabfalls über der elektronischen Unterbrechungseinheit EU (z.B. über einen einfachen Spannungsteiler),
- Hochohmige Meßimpedanz (bevorzugt R und/oder C) zur Festlegung des elektrischen Potentials zwischen elektronischer Unterbrechungseinheit und mechanischer Trennkontakteinheit
- Spannungsermittlung über der elektronischen Unterbrechungseinheit wird verwendet werden, um: einen durchlegierten oder durchgebrannten Zustand eines Leistungshalbleiters zu erkennen
- Freigabe der Möglichkeit zum Einschalten des mechanischen Trennkontakteinheit nach fehlerfreier Prüfung der elektronischen Unterbrechungseinheit

[0149] 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 Erfindung zu verlassen, der durch die beigefügten Ansprüche definiert ist.

## Patentansprüche

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

- ein Gehäuse (GEH) mit mindestens einem netzseitigen Anschluss und 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) dem netzseitigen Anschluss 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 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 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, **dadurch gekennzeichnet,**
- **dass** zwischen zwei Leitern des Niederspannungsstromkreises eine Messimpedanz vorgesehen ist, wobei die

Messimpedanz einerseits mit der Verbindung zwischen mechanischer Trennkontakteinheit (MK) und elektronischer Unterbrechungseinheit (EU) verbunden ist,  
 - **dass** das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet ist,

**dass** zur Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit (MK) und hochohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit (EU) die elektronische Unterbrechungseinheit (EU) für eine erste Zeitspanne in einen niederohmigen Zustand geschaltet wird.

2. Schutzschaltgerät (SG) nach Patentanspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet ist, dass für einen Leiter die Höhe der Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit ermittelbar ist.

3. Schutzschaltgerät (SG) nach Patentanspruch 2,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet ist, dass bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit (MK) die Höhe der Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit bei hochohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit (EU) ermittelt wird,

**dass** bei Unterschreitung eines ersten Spannungsschwellwertes eine erste Fehlerbedingung vorliegt, so dass ein niederohmig werden der elektronischen Unterbrechungseinheit vermieden oder/und Schließen der Kontakte vermieden wird.

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

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** bei der Schaltung der elektronischen Unterbrechungseinheit (EU) für die erste Zeitspanne in den niederohmigen Zustand die Höhe der Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit ermittelt wird,

**dass** bei Überschreiten eines zweiten Spannungsschwellwertes eine zweite Fehlerbedingung vorliegt, so dass ein weiteres niederohmig werden der elektronischen Unterbrechungseinheit vermieden oder/und Schließen der Kontakte vermieden wird.

5. Schutzschaltgerät (SG) nach Patentanspruch 3 und 4,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** bei Vorliegen einer Fehlerbedingung ein Schließen der Kontakte der mechanischen Trennkontakteinheit (MK) vermieden wird,  
 insbesondere kein Freigabesignal (enable) an die mechanische Trennkontakteinheit (MK) abgegeben wird.

6. Schutzschaltgerät (SG) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** eine mit der Steuerungseinheit (SE) verbundene erste Spannungssensoreinheit (SU1) vorgesehen ist, die die Höhe einer ersten Spannung zwischen einem netzseitigen Verbindungspunkt (EUG) und einem lastseitigen Verbindungspunkt (EUL) der elektronischen Unterbrechungseinheit (EU) ermittelt.

7. Schutzschaltgerät (SG) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche 1 bis 5,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** eine mit der Steuerungseinheit (SE) verbundene zweite Spannungssensoreinheit (SU2) vorgesehen ist, die die Höhe einer zweiten Spannung zwischen netzseitigen Neutralleiteranschluss (NG) und netzseitigen Phasenleiteranschluss (LG) ermittelt,

**dass** eine mit der Steuerungseinheit verbundene dritte Spannungssensoreinheit (SU3) vorgesehen ist, die die Höhe einer dritten Spannung zwischen netzseitigen Neutralleiteranschluss (NG) und lastseitigen Verbindungspunkt (EUL) der elektronischen Unterbrechungseinheit (EU) ermittelt,

**dass** das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet ist, dass aus der Differenz zwischen zweiter und dritter Spannung die Höhe einer ersten Spannung zwischen netzseitigen Verbindungspunkt (EUG) und lastseitigen Verbindungspunkt (EUL) der elektronischen Unterbrechungseinheit (EU) ermittelt wird.

8. Schutzschaltgerät (SG) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Stromsensoreinheit (SI) stromkreisseitig zwischen netzseitigen Phasenleiteranschluss und lastseitigen Phasenleiteranschluss vorgesehen ist.
9. Schutzschaltgerät (SG) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Messimpedanz ein elektrischer Widerstand oder/und Kondensator ist.
10. Schutzschaltgerät (SG) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Niederspannungsstromkreis ein Dreiphasenwechselstromkreis ist und das Schutzschaltgerät mehrere netzseitige und lastseitige Phasenleiteranschlüsse aufweist, zwischen denen jeweils ein Kontakt der mechanischen Trennkontakteinheit und elektronische Unterbrechungseinheiten vorgesehen sind, sowie, insbesondere erste, Spannungssensoreinheiten vorgesehen sind, mit denen die Höhe der Spannung über der jeweiligen elektronischen Unterbrechungseinheit ermittelbar ist.
11. Schutzschaltgerät (SG) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das Schutzschaltgerät (SG) derart ausgestaltet ist, dass die Kontakte der mechanischen Trennkontakteinheit (MK) durch die Steuerungseinheit (SE) geöffnet, aber nicht geschlossen werden können.
12. Schutzschaltgerät (SG) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die mechanische Trennkontakteinheit (MK) durch eine mechanische Handhabe bedienbar ist, um ein Öffnen von Kontakten oder ein Schließen der Kontakte zu schalten.
13. Schutzschaltgerät (SG) nach Patentanspruch 12,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die mechanische Trennkontakteinheit (MK) derart ausgestaltet ist, dass ein Schließen der Kontakte durch die mechanische Handhabe erst nach einer Freigabe (enable), insbesondere einem Freigabesignal, möglich ist.
14. Schutzschaltgerät (SG) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** bei geschlossenen Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit 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 Trennkontakteinheit (MK) geschlossen bleibt,
  - bei einem ermittelten Strom, der einen zweiten Stromwert, insbesondere für eine zweite Zeitgrenze, überschreitet, die elektronische Unterbrechungseinheit hochohmig wird und die mechanische Trennkontakteinheit (MK) geöffnet wird,
  - bei einem ermittelten Strom, der einen dritten Stromwert überschreitet, die elektronische Unterbrechungseinheit hochohmig wird und die mechanische Trennkontakteinheit (MK) geöffnet wird.
15. Schutzschaltgerät (SG) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Steuerungseinheit (SE) einen Mikrocontroller aufweist.
16. Verfahren für ein Schutzschaltgerät (SG) zum Schutz eines elektrischen Niederspannungsstromkreises mit:
  - einem Gehäuse (GEH) mit mindestens einem netzseitigen Anschluss und einem lastseitigen Anschluss,
  - einer mechanischen Trennkontakteinheit (MK), die in Serie mit einer elektronischen Unterbrechungseinheit (EU) geschaltet ist, wobei die mechanische Trennkontakteinheit dem lastseitigen Anschluss und die elektronische Unterbrechungseinheit (EU) dem netzseitigen Anschluss 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 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,
- dass die Höhe des Stromes im Niederspannungsstromkreis, insbesondere zwischen netzseitigen Phasenleiteranschluss und lastseitigen Phasenleiteranschluss, ermittelt wird,
- dass bei Überschreitung von Strom- oder/und Strom-Zeitgrenzwerten eine Vermeidung eines Stromflusses des Niederspannungsstromkreises initiiert wird,
- dass zwischen zwei Leitern des Niederspannungsstromkreises eine Messimpedanz vorgesehen ist, wobei die Messimpedanz einerseits mit der Verbindung zwischen mechanischer Trennkontakteinheit (MK) und elektronischer Unterbrechungseinheit (EU) verbunden ist,
- dass zur Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit (MK) und hochohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit (EU) die elektronische Unterbrechungseinheit (EU) für eine erste Zeitspanne in einen niederohmigen Zustand geschaltet wird.

**17. Verfahren nach Patentanspruch 16,  
dadurch gekennzeichnet,**

- dass** bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit (MK) und hochohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit (EU) die Höhe der Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit ermittelt wird,
- dass** bei Unterschreitung eines ersten Spannungsschwellwertes eine erste Fehlerbedingung vorliegt, so dass ein niederohmig werden der elektronischen Unterbrechungseinheit vermieden oder/und Schließen der Kontakte vermieden wird.

**18. Verfahren nach Patentanspruch 16 oder 17,  
dadurch gekennzeichnet,**

- dass** bei der Schaltung der elektronischen Unterbrechungseinheit (EU) für die erste Zeitspanne in den niederohmigen Zustand die Höhe der Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit ermittelt wird,
- dass** bei Überschreiten eines zweiten Spannungsschwellwertes eine zweite Fehlerbedingung vorliegt, so dass ein weiteres niederohmig werden der elektronischen Unterbrechungseinheit vermieden oder/und Schließen der Kontakte vermieden wird.

**19. Verfahren nach Patentanspruch 17 und 18,  
dadurch gekennzeichnet,**

- dass** bei Vorliegen einer Fehlerbedingung ein manuelles Schließen der Kontakte durch eine Handhabe der mechanischen Trennkontakteinheit (MK) vermieden wird.

**20. Computerprogrammprodukt umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Mikrocontroller diesen veranlassen das Verfahren nach einem der Patentansprüche 16 bis 19 mit einem Schutzschaltgerät gemäß einem der Patentansprüche 1 bis 15 zu unterstützen, insbesondere durchzuführen.**

**21. Computerlesbares Speichermedium, auf dem das Computerprogrammprodukt nach Patentanspruch 20 gespeichert ist.**

**22. Datenträgersignal, das das Computerprogrammprodukt nach Patentanspruch 20 überträgt.**

**Claims**

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

- a housing (GEH) having at least one grid-side terminal and one load-side terminal,
- a mechanical break contact unit (MK) which is connected in series with an electronic interrupt unit (EU), wherein the mechanical break contact unit is assigned to the load-side terminal and the electronic interrupt unit (EU) is assigned to the grid-side terminal,
- wherein the mechanical break contact unit (MK) can be switched by opening contacts for avoiding a current flow or closing the contacts for a current flow in the low-voltage circuit,

- wherein the electronic interrupt unit (EU) can be switched by semiconductor-based switching elements into a high-resistance state of the switching elements for avoiding a current flow or a low-resistance state of the switching elements for current flow in the low-voltage circuit,  
 - a current sensor unit (SI) for determining the level of the current of the low-voltage circuit,  
 - a control unit (SE) which is connected to the current sensor unit (SI), the mechanical break contact unit (MK) and the electronic interrupt unit (EU), wherein avoidance of a current flow of the low-voltage circuit is initiated if current or/and current/time limit values are exceeded, **characterized**  
 - **in that** a measuring impedance is provided between two wires of the low-voltage circuit, wherein on one side, the measuring impedance is connected to the connection between mechanical break contact unit (MK) and electronic interrupt unit (EU),  
 - **in that** the circuit breaker is designed in such a manner that, to function test the circuit breaker when contacts of the mechanical break contact unit (MK) are open and the electronic interrupt unit (EU) is switched to high-resistance, the electronic interrupt unit (EU) is switched to a low-resistance state for a first time period.

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

**in that** the circuit breaker is designed in such a manner that, for one wire, the level of the voltage can be determined across the electronic interrupt unit.

3. Circuit breaker (SG) according to Patent Claim 2, **characterized**

**in that** the circuit breaker is designed in such a manner that, when contacts of the mechanical break contact unit (MK) are open, the level of the voltage across the electronic interrupt unit is determined when the electronic interrupt unit (EU) is switched to high-resistance,  
**in that** if a value falls below a first voltage threshold value, a first fault condition exists, so the electronic interrupt unit becoming low-resistance is avoided or/and closing of the contacts is avoided.

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

**in that** during the switching of the electronic interrupt unit (EU) to the low-resistance state for the first time period, the level of the voltage is determined across the electronic interrupt unit,  
**in that** if a second voltage threshold value is exceeded, a second fault condition exists, so the electronic interrupt unit becoming low-resistance a further time is avoided or/and closing of the contacts is avoided.

5. Circuit breaker (SG) according to Patent Claims 3 and 4, **characterized**

**in that** when a fault condition exists, closing of the contacts of the mechanical break contact unit (MK) is avoided, in particular, no approval signal (enable) is output to the mechanical break contact unit (MK).

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

**in that** a first voltage sensor unit (SU1) is provided, which is connected to the control unit (SE) and which determines the level of a first voltage between a grid-side connecting point (EUG) and a load-side connecting point (EUL) of the electronic interrupt unit (EU).

7. Circuit breaker (SG) according to one of the preceding Patent Claims 1 to 5, **characterized**

**in that** a second voltage sensor unit (SU2) is provided, which is connected to the control unit (SE) and which determines the level of a second voltage between grid-side neutral wire terminal (NG) and grid-side phase wire terminal (LG),

**in that** a third voltage sensor unit (SU3) is provided, which is connected to the control unit and which determines the level of a third voltage between grid-side neutral wire terminal (NG) and load-side connecting point (EUL) of the electronic interrupt unit (EU),

**in that** the circuit breaker is designed in such a manner that the level of a first voltage between grid-side

connecting point (EUG) and load-side connecting point (EUL) of the electronic interrupt unit (EU) is determined from the difference between second and third voltage.

8. Circuit breaker (SG) according to one of the preceding patent claims,  
**characterized**  
**in that** the current sensor unit (SI) is provided at the circuit between grid-side phase wire terminal and load-side phase wire terminal.
9. Circuit breaker (SG) according to one of the preceding patent claims,  
**characterized**  
**in that** the measuring impedance is an electrical resistor or/and capacitor.
10. Circuit breaker (SG) according to one of the preceding patent claims,  
**characterized**  
**in that** the low-voltage circuit is a three-phase AC circuit and the circuit breaker has a plurality of grid-side and load-side phase wire terminals, between which in each case one contact of the mechanical break contact unit and electronic interrupt units are provided, and, in particular first, voltage sensor units are provided, using which the level of the voltage across the respective electronic interrupt unit can be determined.
11. Circuit breaker (SG) according to one of the preceding patent claims,  
**characterized**  
**in that** the circuit breaker (SG) is designed in such a manner that the contacts of the mechanical break contact unit (MK) can be opened, but not closed by the control unit (SE).
12. Circuit breaker (SG) according to one of the preceding patent claims,  
**characterized**  
**in that** the mechanical break contact unit (MK) can be operated by a mechanical handle, in order to engage an opening of contacts or a closing of the contacts.
13. Circuit breaker (SG) according to Patent Claim 12,  
**characterized**  
**in that** the mechanical break contact unit (MK) is designed in such a manner that a closing of the contacts by the mechanical handle is only possible after an approval (enable), particularly an approval signal.
14. Circuit breaker (SG) according to one of the preceding patent claims,  
**characterized**  
**in that** when contacts of the mechanical break contact unit are closed and the interrupt unit is low-resistance, and
  - when a current is determined, which exceeds a first current value, in particular in that the first current value is exceeded for a first time limit, the electronic interrupt unit becomes high-resistance and the mechanical break contact unit (MK) stays closed,
  - when a current is determined, which exceeds a second current value, in particular for a second time limit, the electronic interrupt unit becomes high-resistance and the mechanical break contact unit (MK) is opened,
  - when a current is determined, which exceeds a third current value, the electronic interrupt unit becomes high-resistance and the mechanical break contact unit (MK) is opened.
15. Circuit breaker (SG) according to one of the preceding patent claims,  
**characterized**  
**in that** the control unit (SE) has a microcontroller.
16. Method for a circuit breaker (SG) for protecting an electrical low-voltage circuit, having:
  - a housing (GEH) having at least one grid-side terminal and one load-side terminal,
  - a mechanical break contact unit (MK) which is connected in series with an electronic interrupt unit (EU), wherein the mechanical break contact unit is assigned to the load-side terminal and the electronic interrupt unit (EU) is assigned to the grid-side terminal,
  - wherein the mechanical break contact unit (MK) can be switched by opening contacts for avoiding a current flow or closing the contacts for a current flow in the low-voltage circuit,

- wherein the electronic interrupt unit can be switched by semiconductor-based switching elements into a high-resistance state of the switching elements for avoiding a current flow or a low-resistance state of the switching elements for current flow in the low-voltage circuit,  
 - wherein the level of the current in the low-voltage circuit particularly between grid-side phase wire terminal and load-side phase wire terminal, is determined,  
 wherein avoidance of a current flow of the low-voltage circuit is initiated when current or/and current/time limit values are exceeded,  
 - wherein a measuring impedance is provided between two wires of the low-voltage circuit, wherein on one side, the measuring impedance is connected to the connection between mechanical break contact unit (MK) and electronic interrupt unit (EU),  
 - wherein, to function test the circuit breaker when contacts of the mechanical break contact unit (MK) are open and the electronic interrupt unit (EU) is switched to high resistance, the electronic interrupt unit (EU) is switched to a low-resistance state for a first time period.

**17. Method according to Patent Claim 16, characterized**

**in that** when contacts of the mechanical break contact unit (MK) are open and the electronic interrupt unit (EU) is switched to high-resistance, the level of the voltage across the electronic interrupt unit is determined,  
**in that** if a value falls below a first voltage threshold value, a first fault condition exists, so the electronic interrupt unit becoming low-resistance is avoided or/and closing of the contacts is avoided.

**18. Method according to Patent Claim 16 or 17, characterized**

**in that** during the switching of the electronic interrupt unit (EU) to the low-resistance state for the first time period, the level of the voltage is determined across the electronic interrupt unit,  
**in that** if a second voltage threshold value is exceeded, a second fault condition exists, so the electronic interrupt unit becoming low-resistance a further time is avoided or/and closing of the contacts is avoided.

**19. Method according to Patent Claims 17 and 18, characterized**

**in that** when a fault condition exists, manual closing of the contacts by a handle of the mechanical break contact unit (MK) is avoided.

**20. Computer program product comprising commands which, during the execution of the program by a microcontroller, cause the microcontroller to support, in particular to carry out the method according to one of Patent Claims 16 to 19 using a circuit breaker according to one of Patent Claims 1 to 15.**

**21. Computer-readable storage medium, on which the computer program product according to Patent Claim 20 is stored.**

**22. Data carrier signal which transmits the computer program product according to Patent Claim 20.**

**Revendications**

**1. Dispositif disjoncteur (SG) pour la protection d'un circuit électrique basse tension, comprenant :**

- un boîtier (GEH) avec au moins un raccordement côté réseau et 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 au raccordement 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**

- une impédance de mesure est prévue entre deux conducteurs du circuit électrique basse tension, l'impédance de mesure étant reliée d'une part à la liaison entre l'unité mécanique de contact de rupture(MK) et l'unité d'interruption électronique (EU),

- le dispositif disjoncteur est conçu de sorte que, pour le contrôle de fonctionnement du dispositif disjoncteur, 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, l'unité d'interruption électronique (EU) est commutée dans un état de basse impédance pendant un premier intervalle de temps.

**2. Dispositif disjoncteur (SG) selon la revendication 1,**

**caractérisé en ce que,**

le dispositif disjoncteur est conçu de sorte que la valeur de la tension au-dessus de l'unité d'interruption électronique peut être déterminée pour un conducteur.

**3. Dispositif disjoncteur (SG) selon la revendication 2,**

**caractérisé en ce que,**

le dispositif disjoncteur est conçu de sorte que, lorsque les contacts de l'unité mécanique de contact de rupture(MK) sont ouverts, la valeur de la tension au-dessus de l'unité d'interruption électronique est déterminée lorsque l'unité d'interruption électronique (EU) est commutée à haute impédance, lorsqu'une première valeur limite de tension n'est pas atteinte, une première condition d'erreur est présente, de sorte qu'une mise à basse impédance de l'unité d'interruption électronique est évitée et/ou qu'une fermeture des contacts est évitée.

**4. Dispositif disjoncteur (SG) selon la revendication 2 ou 3,**

**caractérisé en ce que,**

lors de la commutation de l'unité d'interruption électronique (EU), la valeur de la tension au-dessus de l'unité d'interruption électronique est déterminée pour le premier intervalle de temps dans l'état de basse impédance, en cas de dépassement d'une deuxième valeur limite de tension, une deuxième condition d'erreur existe, de sorte qu'une nouvelle mise à basse impédance de l'unité d'interruption électronique est évitée et/ou qu'une fermeture des contacts est évitée.

**5. Dispositif disjoncteur (SG) selon les revendications 3 et 4,**

**caractérisé en ce que,**

en présence d'une condition d'erreur, une fermeture des contacts de l'unité mécanique de contact de rupture(MK) est évitée,  
 en particulier, aucun signal de libération (enable) n'est délivré à l'unité mécanique de contact de rupture(MK).

**6. Dispositif disjoncteur (SG) selon l'une des revendications précédentes,**

**caractérisé en ce que,**

une première unité de détection de tension (SU1) reliée à l'unité de commande (SE) est prévue ; elle détermine la valeur d'une première tension entre un point de liaison (EUG) côté réseau et un point de liaison (EUL) côté charge de l'unité d'interruption électronique (EU).

**7. Dispositif disjoncteur (SG) selon l'une des revendications précédentes,**

**caractérisé en ce que,**

une deuxième unité de détection de tension (SU2) reliée à l'unité de commande (SE) est prévue ; elle détermine la valeur d'une deuxième tension entre le raccordement du conducteur neutre (NG) côté réseau et le raccordement du conducteur de phase (LG) côté réseau,

une troisième unité de détection de tension (SU3) reliée à l'unité de commande est prévue ; elle détermine la valeur d'une troisième tension entre le raccordement du conducteur neutre (NG) côté réseau et le point de liaison (EUL) côté charge de l'unité d'interruption électronique (EU),

le dispositif disjoncteur est conçu de sorte qu'à partir de la différence entre la deuxième et la troisième tensions, on détermine la valeur d'une première tension entre le point de liaison (EUG) côté réseau et le point de liaison (EUL) côté charge de l'unité d'interruption électronique (EU).

- 5     **8.** Dispositif disjoncteur (SG) selon l'une des revendications précédentes,  
**caractérisé en ce que,**  
l'unité de détection de courant (SI) est prévue côté circuit électrique entre le raccordement du conducteur de phase côté réseau et le raccordement du conducteur de phase côté charge.
- 10    **9.** Dispositif disjoncteur (SG) selon l'une des revendications précédentes,  
**caractérisé en ce que,**  
l'impédance de mesure est une résistance électrique et/ou un condensateur.
- 15    **10.** Dispositif disjoncteur (SG) selon l'une des revendications précédentes,  
**caractérisé en ce que,**  
le circuit électrique basse tension est un circuit électrique alternatif triphasé et le dispositif disjoncteur présente plusieurs raccordements de conducteurs de phase côté réseau et côté charge, entre lesquels sont prévus respectivement un contact de l'unité mécanique de contact de rupture et des unités d'interruption électroniques, ainsi que, en particulier, des premières unités de détection de tension, avec lesquelles la valeur de la tension au-dessus de l'unité d'interruption électronique respective peut être déterminée.
- 20    **11.** Dispositif disjoncteur (SG) selon l'une des revendications précédentes,  
**caractérisé en ce que,**  
le dispositif disjoncteur (SG) est conçu de sorte que les contacts de l'unité mécanique de contact de rupture(MK) peuvent être ouverts par l'unité de commande (SE), mais ne peuvent pas être fermés.
- 25    **12.** Dispositif disjoncteur (SG) selon l'une des revendications précédentes,  
**caractérisé en ce que,**  
l'unité mécanique de contact de rupture(MK) peut être actionnée par une poignée mécanique pour commuter une ouverture des contacts ou une fermeture des contacts.
- 30    **13.** Dispositif disjoncteur (SG) selon la revendication 12,  
**caractérisé en ce que,**  
l'unité mécanique de contact de rupture(MK) est conçue de sorte qu'une fermeture des contacts par la poignée mécanique n'est possible qu'après une libération (enable), en particulier après un signal de libération.
- 35    **14.** Dispositif disjoncteur (SG) selon l'une des revendications précédentes,  
**caractérisé en ce que,**  
lorsque les contacts de l'unité mécanique de contact de rupture sont fermés et que l'unité d'interruption est à basse impédance, et  
40       - lorsqu'un courant détecté dépasse une première valeur de courant, en particulier la première valeur de courant est dépassée pendant une première limite de temps, l'unité d'interruption électronique devient à haute impédance et l'unité mécanique de contact de rupture(MK) reste fermée,  
45       - lorsque le courant détecté dépasse une deuxième valeur de courant, en particulier pendant une deuxième limite de temps, l'unité d'interruption électronique devient à haute impédance et l'unité mécanique de contact de rupture(MK) s'ouvre,  
      - lorsqu'un courant détecté dépasse une troisième valeur de courant, l'unité d'interruption électronique devient à haute impédance et l'unité mécanique de contact de rupture(MK) s'ouvre.
- 50    **15.** Dispositif disjoncteur (SG) selon l'une des revendications précédentes,  
**caractérisé en ce que,**  
l'unité de commande (SE) présente un microcontrôleur.
- 55    **16.** Procédé pour un dispositif disjoncteur (SG) pour la protection d'un circuit électrique basse tension avec :  
      - un boîtier (GEH) avec au moins un raccordement côté réseau et un raccordement côté charge,  
      - une unité mécanique de contact de rupture(MK), qui est montée en série avec une unité d'interruption

électronique (EU), l'unité mécanique de contact de rupture étant associée au raccordement côté charge et l'unité d'interruption électronique (EU) étant associée au raccordement 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 de contact de séparation électronique 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,

- l'intensité du courant dans le circuit électrique basse tension, en particulier entre le raccordement du conducteur de phase côté réseau et le raccordement du conducteur de phase côté charge, 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,

- une impédance de mesure est prévue entre deux conducteurs du circuit électrique basse tension, l'impédance de mesure étant reliée d'une part à la liaison entre l'unité mécanique de contact de rupture(MK) et l'unité d'interruption électronique (EU),

- pour le contrôle de fonctionnement du dispositif disjoncteur, 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, l'unité d'interruption électronique (EU) est commutée dans un état de basse impédance pendant un premier intervalle de temps.

**17. Procédé selon la revendication 16,  
caractérisé en ce que,**

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, la valeur de la tension au-dessus de l'unité d'interruption électronique est déterminée,

lorsqu'une première valeur limite de tension n'est pas atteinte, une première condition d'erreur est présente, de sorte qu'une mise à basse impédance de l'unité d'interruption électronique est évitée et/ou une fermeture des contacts est évitée.

**18. Procédé selon la revendication 16 ou 17,  
caractérisé en ce que,**

lors de la commutation de l'unité d'interruption électronique (EU), la valeur de la tension au-dessus de l'unité d'interruption électronique est déterminée pour le premier intervalle de temps dans l'état de basse impédance, en cas de dépassement d'une deuxième valeur limite de tension, une deuxième condition d'erreur existe, de sorte qu'une nouvelle mise à basse impédance de l'unité d'interruption électronique est évitée et/ou une fermeture des contacts est évitée.

**19. Procédé selon les revendications 17 et 18,  
caractérisé en ce que,**

en présence d'une condition d'erreur, une fermeture manuelle des contacts est évitée par une manipulation de l'unité mécanique de contact de rupture(MK).

**20. Produit de programme d'ordinateur comprenant des instructions qui, lors de l'exécution du programme par un microcontrôleur, amènent celui-ci à assister et en particulier à exécuter le procédé selon l'une des revendications 16 à 19 avec un dispositif disjoncteur selon l'une des revendications 1 à 15.**

**21. Support de stockage lisible par ordinateur, sur lequel est stocké le produit de programme d'ordinateur selon la revendication 20.**

**22. Signal de support de données transmis par le produit de programme d'ordinateur selon la revendication 20.**

**FIG 1**

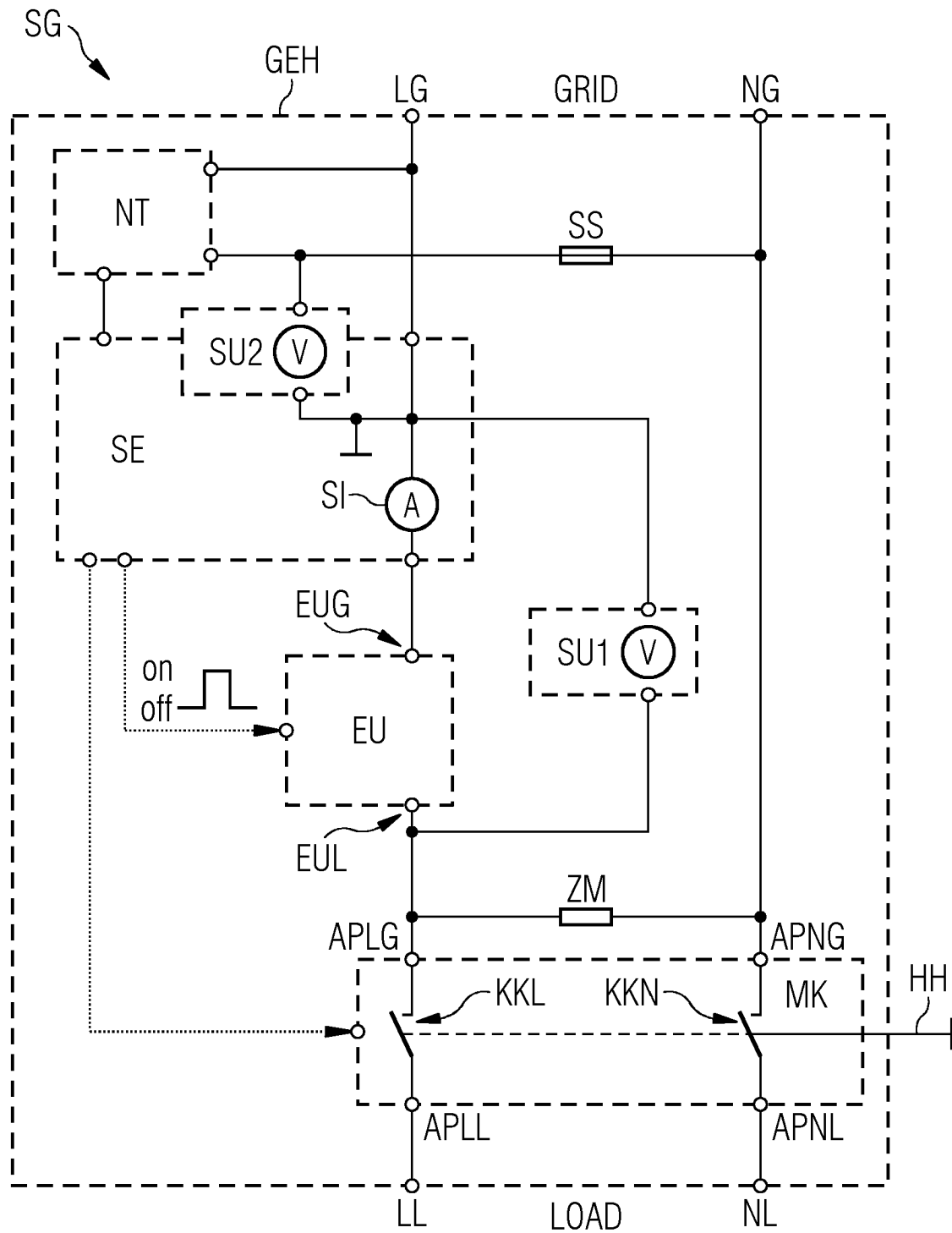




FIG 2

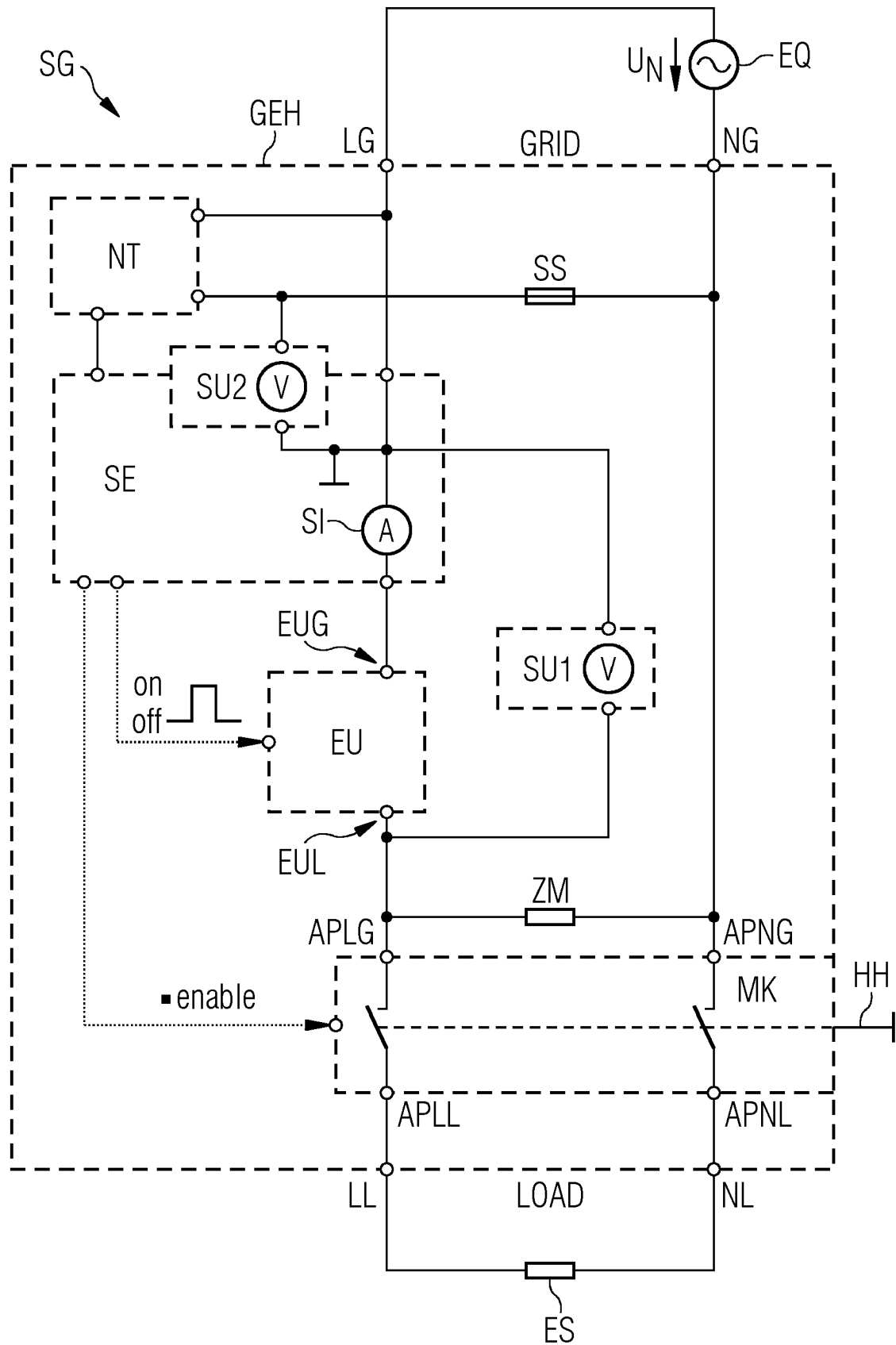


FIG 3

FIG 3A	FIG 3B
--------	--------

FIG 3A

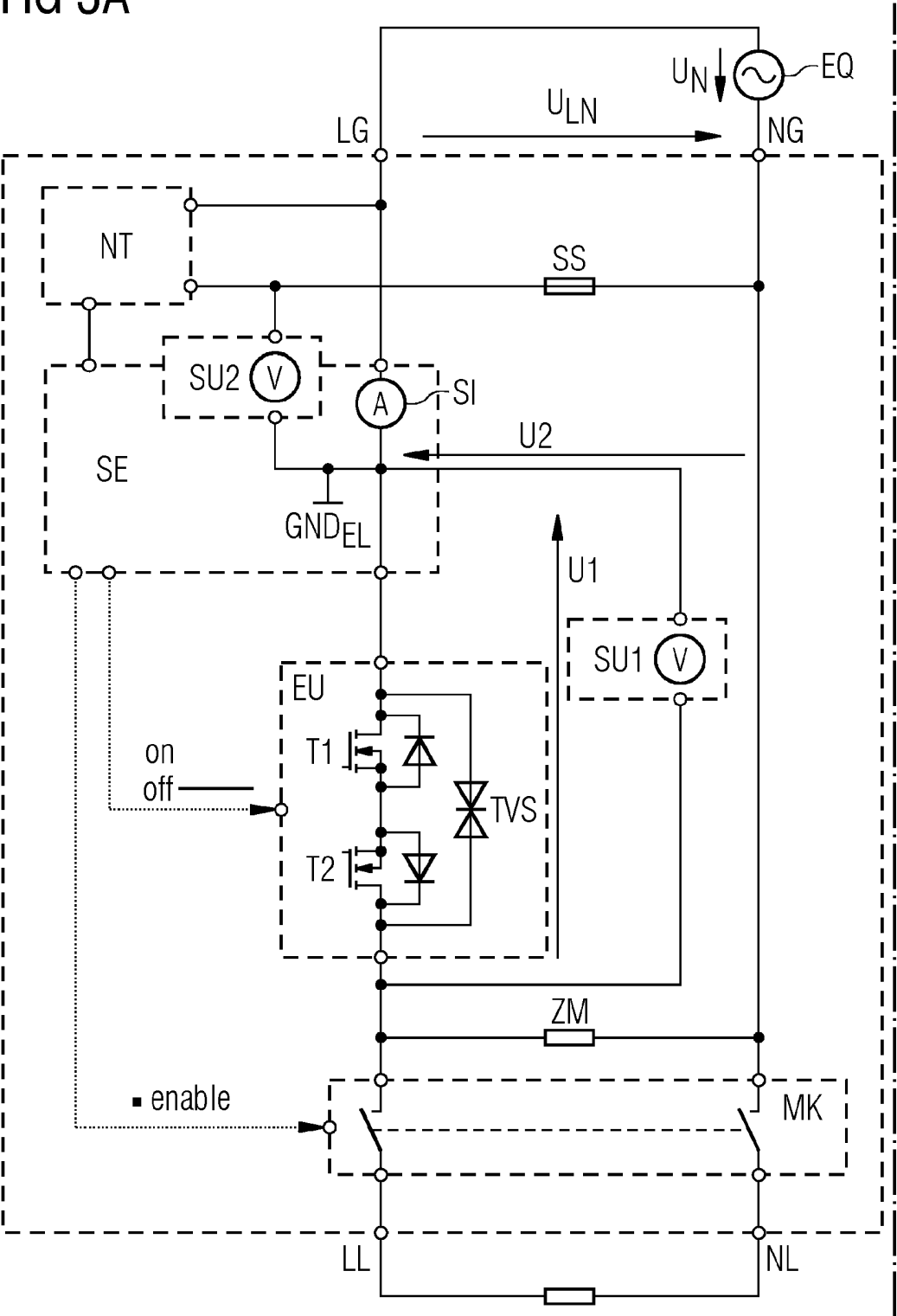


FIG 3B

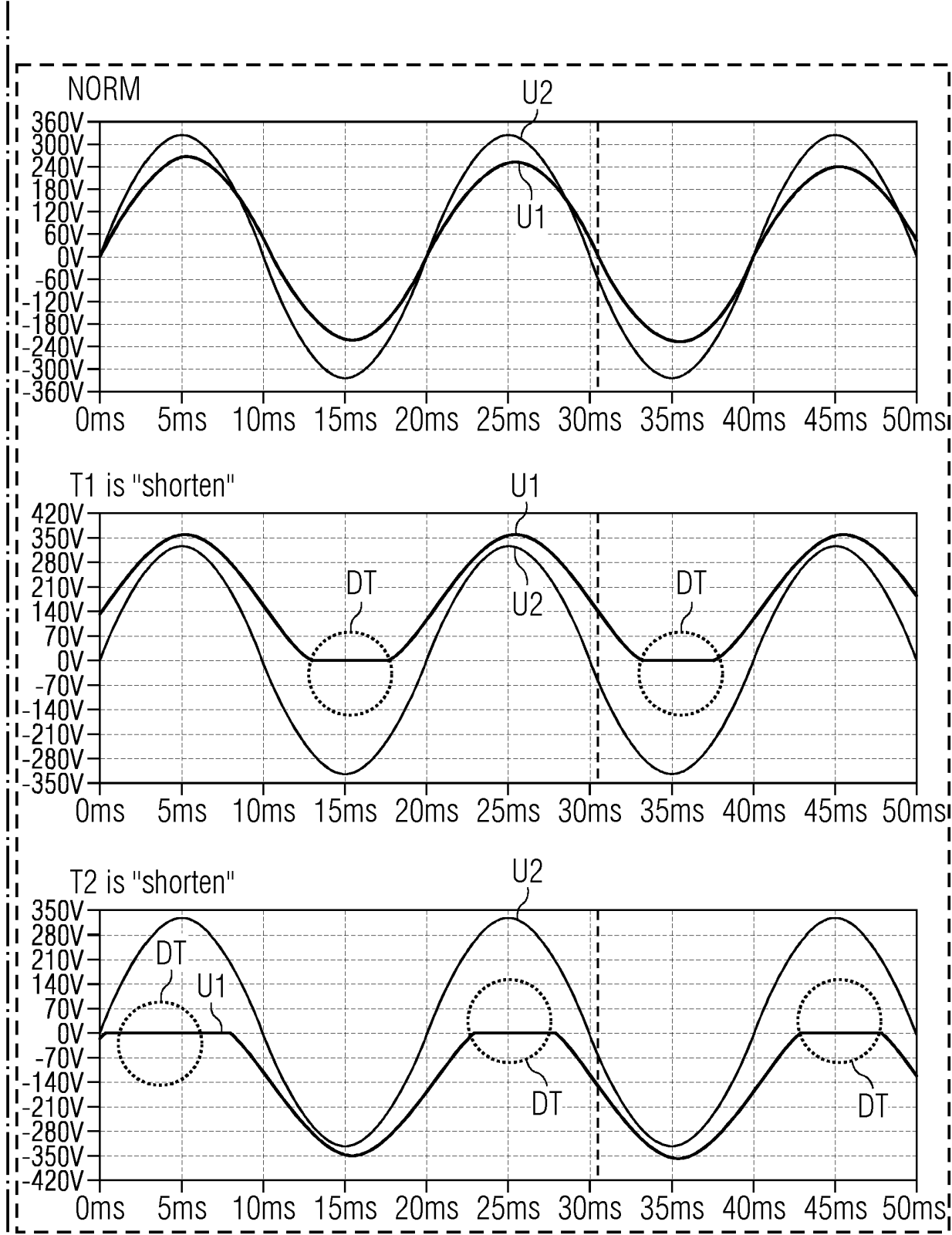


FIG 4

FIG 4A	FIG 4B
--------	--------

FIG 4A

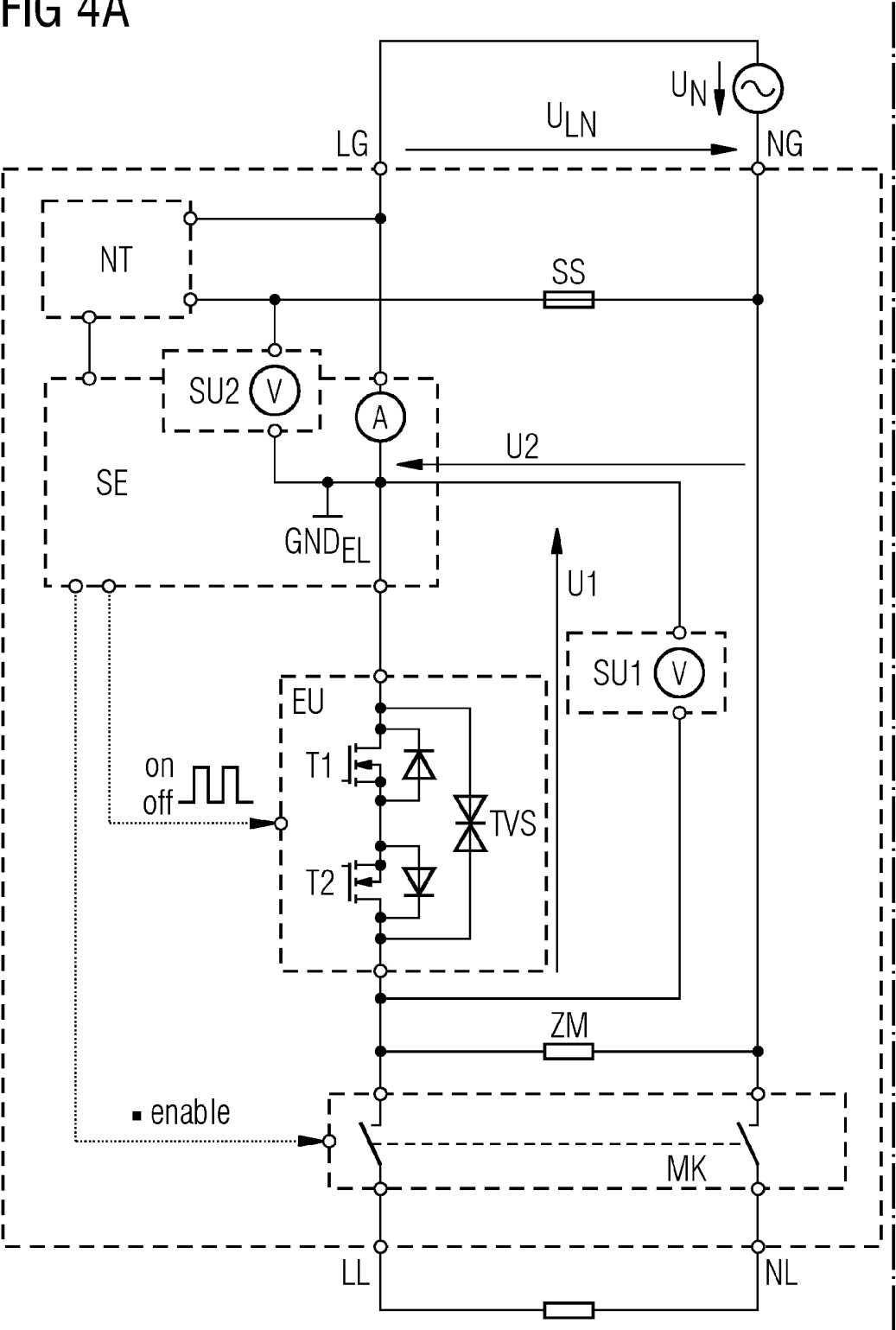


FIG 4B

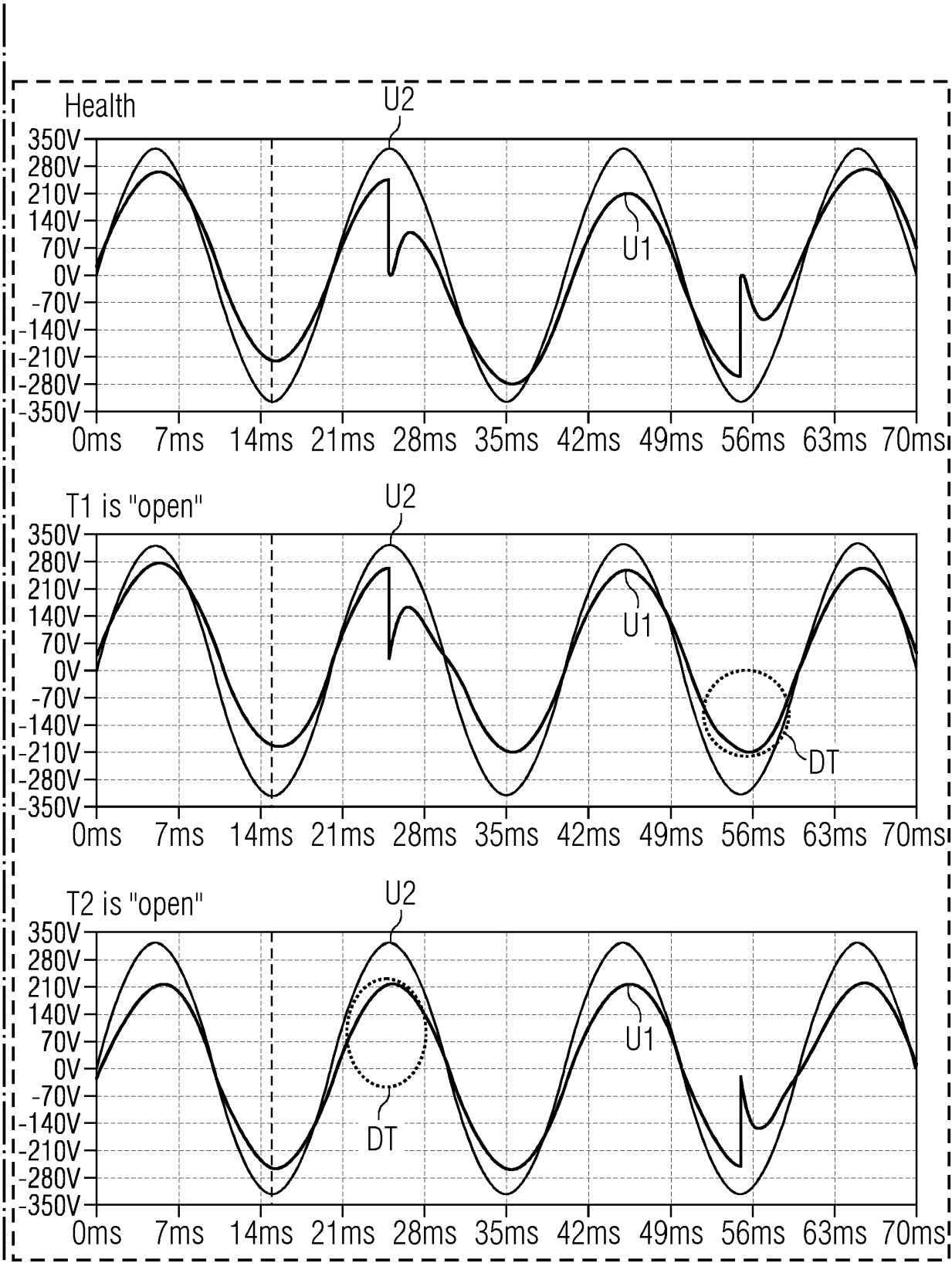
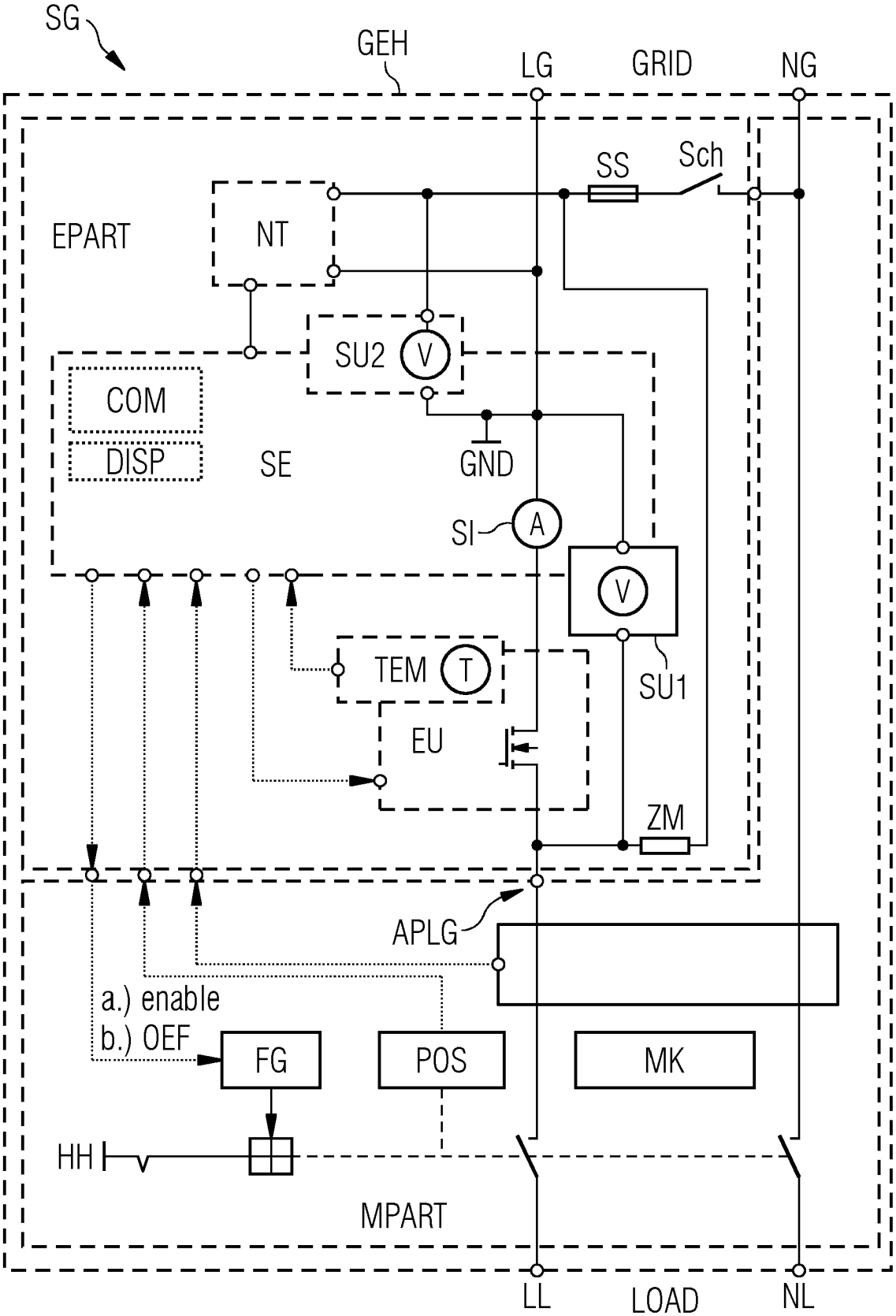


FIG 5



**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]