



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
29.03.2023 Patentblatt 2023/13

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

(21) Anmeldenummer: **21216126.9**

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

(22) Anmeldetag: **20.12.2021**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder: **Döbler, Fabian**
91710 Gunzenhausen (DE)

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

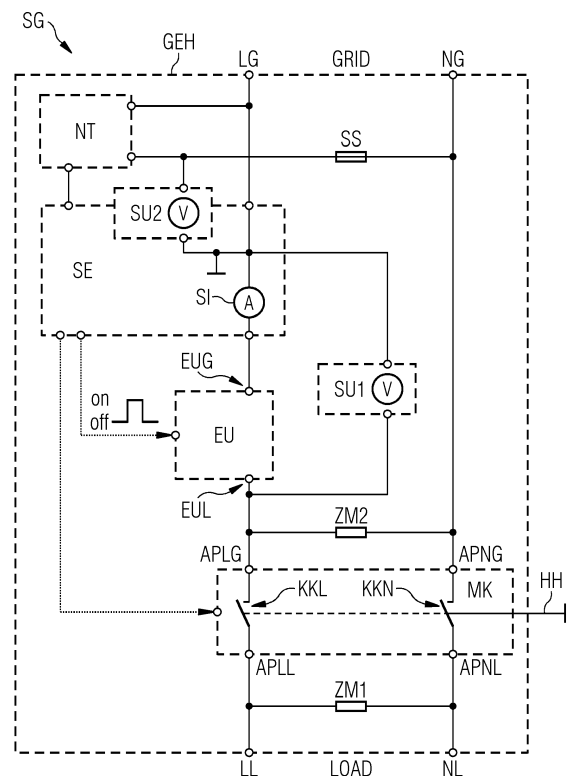
(30) Priorität: **28.09.2021 DE 102021210829**

(54) **SCHUTZSCHALTGERÄT**

(57) Die Erfindung betrifft ein Schutzschaltgerät zum Schutz eines elektrischen Niederspannungsstromkreis mit:

- ein Gehäuse mit einem ersten und einem zweiten netzseitigen Anschluss sowie einem ersten und einem zweiten lastseitigen Anschluss,
- eine mechanische Trennkontakteinheit, die in Serie mit einer elektronischen Unterbrechungseinheit geschaltet ist, wobei die mechanische Trennkontakteinheit den lastseitigen Anschlüssen und die elektronische Unterbrechungseinheit den netzseitigen Anschlüssen zugeordnet ist,
- 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,
- 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,
- dass zwischen dem ersten und dem zweiten lastseitigen Anschluss eine erste Messimpedanz vorgesehen ist.

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft das technische Gebiet eines Schutzschaltgerätes 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 Elektroinstallations-technik 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. 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.

[0005] 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 Anschlüsselemente für Leiter des zu schützenden elektrischen Stromkreises.

[0006] 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 einschlägigen 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.

[0007] 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

[0008] Eine harmonische Wechselspannung lässt sich durch die Rotation eines Zeigers darstellen, dessen Länge der Amplitude (U) der Spannung entspricht. Die Momentanauslenkung ist dabei die Projektion des Zeigers auf ein Koordinatensystem. Eine Schwingungsperiode entspricht einer vollen Umdrehung des Zeigers und dessen Vollwinkel beträgt 2π (2π) bzw. 360° . Die Kreisfrequenz ist die Änderungsrate des Phasenwinkels dieses rotierenden Zeigers. Die Kreisfrequenz einer harmonischen Schwingung beträgt immer das 2π -fache ihrer Frequenz, d.h.:

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

(T = Periodendauer der Schwingung)

[0009] Häufig wird die Angabe der Kreisfrequenz (ω) gegenüber der Frequenz (f) bevorzugt, da sich viele Formeln der Schwingungslehre aufgrund des Auftretens trigonometrischer Funktionen, deren Periode per Definition 2π ist, mit Hilfe der Kreisfrequenz kompakter darstellen lassen:

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

[0010] Im Falle zeitlich nicht konstanter Kreisfrequenzen wird auch der Begriff momentane Kreisfrequenz verwendet.

[0011] Bei einer sinusförmigen, insbesondere zeitlich konstanten, Wechselspannung entspricht der zeitabhängige Wert aus der Winkelgeschwindigkeit ω und der Zeit t dem zeitabhängigen Winkel $\varphi(t)$, der auch als Phasenwinkel $\varphi(t)$ bezeichnet wird. D.h. der Phasenwinkel $\varphi(t)$ durchläuft periodisch den Bereich $0 \dots 2\pi$ bzw. $0^\circ \dots 360^\circ$. D.h. der Phasenwinkel nimmt periodisch einen Wert zwischen 0 und 2π bzw. 0° und 360° an ($\varphi = n \cdot (0 \dots 2\pi)$ bzw. $\varphi = n \cdot (0^\circ \dots 360^\circ)$), wegen Periodizität; verkürzt: $\varphi = 0 \dots 2\pi$ bzw. $\varphi = 0^\circ \dots 360^\circ$.

[0012] Mit momentanem Spannungswert $u(t)$ ist folglich der momentane Wert der Spannung zum Zeitpunkt t, d.h. bei einer sinusförmigen (periodischen) Wechselspannung der Wert der Spannung zum Phasenwinkel φ gemeint ($\varphi = 0 \dots 2\pi$ bzw. $\varphi = 0^\circ \dots 360^\circ$, der jeweiligen Periode).

[0013] 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.

[0014] Diese Aufgabe wird durch ein Schutzschaltgerät mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0015] Erfindungsgemäß wird ein Schutzschaltgerät zum Schutz eines elektrischen Niederspannungsstromkreises, insbesondere Niederspannungswechselstromkreises, vorgeschlagen, aufweisend:

- ein Gehäuse mit einem ersten und einem zweiten netzseitigen Anschluss (netzseitige Anschlüsse) sowie einem ersten und einem zweiten lastseitigen Anschluss (lastseitige Anschlüsse), der erste netzseitige Anschluss und der erste lastseitige Anschluss (die ersten Anschlüsse) sind insbesondere für einen Phasenleiter des Niederspannungsstromkreises vorgesehen und der zweite netzseitige Anschluss und der zweite lastseitige Anschluss (die zweiten Anschlüsse) sind insbesondere für einen Neutraleiter des Niederspannungsstromkreises vorgesehen,
- eine mechanische Trennkontakteinheit, die in Serie mit einer elektronischen Unterbrechungseinheit geschaltet ist, wobei die mechanische Trennkontakteinheit den lastseitigen Anschlüssen und die elektronische Unterbrechungseinheit den netzseitigen Anschlüssen zugeordnet ist,
- 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,
- 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,
- dass zwischen dem ersten und dem zweiten lastseitigen Anschluss eine erste Messimpedanz vorgesehen ist, derart, dass bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit ein Strom vom ersten lastseitigen Anschluss über die Messimpedanz zum zweiten lastseitigen Anschluss fließen könnte.

[0016] Erfindungsgemäß ist zwischen den Leitern an den lastseitigen Anschlüssen eine erste Messimpedanz vorgesehen. Die erste Messimpedanz ist, von den netzseitigen Anschlüssen aus gesehen, d.h. von einer potenziellen Energiequelle aus gesehen, nach der mechanischen Trennkontakteinheit vorgesehen. D.h. bei einem erfindungsgemäßen Schutzschaltgerät, dass sich im noch nicht eingebauten Zustand befindet (bzw. im noch nicht angeschlossenen Zustand), ist bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit an den lastseitigen Anschlüssen die Messimpedanz messtechnisch ermittelbar. Ist die Messimpedanz beispielsweise ein Widerstand, so ist dessen Widerstandswert (plus potenzielle Leitungswiderstände) ermittelbar. Weitere Einheiten des Schutzschaltgerätes sind durch die geöffneten Kontakte elektrisch getrennt.

[0017] Anders ausgedrückt: bei fehlender Last an den lastseitigen Anschlüssen und geschlossenen Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit und niederohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit fließt ein Mess-

strom über die netzseitigen Anschlüsse durch die elektronische Unterbrechungseinheit (EU), die geschlossenen Kontakte der mechanischen Trennk Kontakteinheit und durch die erste Messimpedanz.

[0018] Dies hat den besonderen Vorteil, dass der erste Messwiderstand zur Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes verwendet werden kann. So kann ein Messstrom über den ersten Messwiderstand fließen. Durch Positionierung des ersten Messwiderstandes "am Ende" des Schutzschaltgerätes (in Richtung Last), d.h. nach der mechanischen Trennk Kontakteinheit, kann so insbesondere eine defekte mechanische Trennk Kontakteinheit ermittelt werden, beispielsweise wenn Kontakte der mechanischen Trennk Kontakteinheit verklebt bzw. verschweißt sind bzw. nicht ordnungsgemäß öffnen.

[0019] So kann mit dieser Ausgestaltung ein sicheres Schutzschaltgerät ermöglicht werden, wodurch die Sicherheit im Niederspannungsstromkreis für elektrische Verbraucher als auch Personen erhöht wird.

[0020] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen und im Ausführungsbeispiel angegeben.

[0021] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet, dass die erste Messimpedanz zur Ermittlung eines geschlossenen Zustandes der Kontakte der mechanischen Trennk Kontakteinheit verwendet wird, insbesondere bei nicht angeschlossener Last an den lastseitigen Anschlüssen. Insbesondere wird ein nicht vorgesehener (fehlerhafter) geschlossener Zustand der Kontakte der mechanischen Trennk Kontakteinheit ermittelt, z.B. wenn Kontakte verschweißt oder verklebt sind, beispielsweise durch zu hohe Ströme.

[0022] Dies hat den besonderen Vorteil, dass die Sicherheit eines Schutzschaltgerätes erhöht wird, da Kontakte, die keine galvanische Trennung als Berührungs- bzw. Personenschutz bieten, erkannt werden. Weiterhin besteht der Vorteil, dass durch die passive Messimpedanz eine Verschleppung von Spannungen bzw. Signalen über die mechanische Trennk Kontakteinheit (insbesondere bei geöffneten Kontakten) nicht erfolgt (beispielsweise im Gegensatz dazu, wenn eine Spannungsmessung an Stelle des Messwiderstandes vorgesehen wäre, die mit der Steuerungseinheit verbunden ist). Die Messimpedanz ist ein rein passives Element ohne galvanische Verbindung zur Steuerungseinheit.

[0023] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die mechanische Trennk Kontakteinheit eine Handhabe zum Öffnen und Schließen der Kontakte auf. Ferner kann ein mit der Steuerungseinheit verbundener Positionssensor vorgesehen sein, der insbesondere die Position der Handhabe ermittelt und an die Steuerungseinheit überträgt.

[0024] Dies hat den besonderen Vorteil, dass die Funktionalität eines klassischen Leitungsschutzschalters gegeben ist. Ferner dass die Position der Handhabe und somit ein vorgesehener geöffneter oder geschlossener Zustand der mechanischen Trennk Kontakteinheit ermittelt wird, wobei der Zustand mit dem erfindungsgemäß ermittelten Zustand verglichen werden kann und bei Abweichungen entsprechende Maßnahmen (hochohmig werden, Signalisierung, etc.) vorgenommen werden können.

[0025] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die mechanische Trennk Kontakteinheit derart ausgestaltet, dass die Kontakte durch die Steuerungseinheit geöffnet, aber nicht geschlossen werden können.

[0026] Dies hat den besonderen Vorteil, dass ein erhöhter Schutz und eine erhöhte Betriebssicherheit gegeben ist, da ein fehlerbedingtes Schließen von Kontakten durch die Steuerungseinheit nicht möglich ist.

[0027] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet, dass zur Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes bei vorgesehenen geöffneten Kontakten der mechanischen Trennk Kontakteinheit und hochohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit die elektronische Unterbrechungseinheit für eine erste Zeitspanne in einen niederohmigen Zustand geschaltet wird, so dass nur dann ein Messstrom über die erste Messimpedanz fließt, wenn die Kontakte der mechanischen Trennk Kontakteinheit unvorhergesehen (fehlerhaft) geschlossen sind. Insbesondere bleibt die elektronische Unterbrechungseinheit anschließend in einem hochohmigen Zustand oder/und es wird ein Fehlerzustand des Schutzschaltgerätes signalisiert.

[0028] Dies hat den besonderen Vorteil, dass relativ einfach eine Prüfung auf fehlerhaft geschlossene Kontakte durchgeführt werden kann, auch wenn kein Verbraucher bzw. keine Last am Schutzschaltgerät (lastseitige Anschlüsse) angeschlossen ist, wobei die erste Messimpedanz einen detektierbaren Messstrom zur Funktionsprüfung hervorruft.

[0029] Im Beispiel wird die elektronische Unterbrechungseinheit ausgehend vom hochohmigen Zustand für eine erste Zeitspanne in den niederohmigen Zustand geschaltet und ist anschließend wieder im hochohmigen Zustand.

[0030] Die erste Zeitspanne kann im Bereich 100 μ s bis 1 s liegen. Beispielsweise 100 μ s, 200 μ s, ..., 1 ms, 2 ms, ..., 10 ms, 11 ms, ..., 20 ms, 21 ms, ..., 100 ms, ..., 200 ms, ... 1 s.

[0031] Bei Schaltzeiten im Bereich 1 ms bis 2 ms kann relativ einfach eine Stromänderung zur Funktionsprüfung detektiert werden. Insbesondere Schaltzeiten von bis zu 10 ms sind vorteilhaft, um trotz eines Fehlers einen Personenschutz zu gewährleisten.

[0032] 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.

[0033] Dies hat den besonderen Vorteil, dass eine weitere Möglichkeit zur Ermittlung unvorhergesehener / fehlerhaft geschlossener Kontakte gegeben ist.

[0034] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet, dass zur Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes bei vorgesehenen geöffneten Kontakten der mechanischen Trennk Kontakteinheit (MK) die Höhe der durch die ersten Messimpedanz festgelegten Spannung über der elektronischen Unterbrechungs-

einheit bei hochohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit (EU) ermittelt wird, dass bei Überschreitung eines ersten Spannungsschwellwertes eine erste Fehlerbedingung vorliegt, so dass ein niederohmig werden der elektronischen Unterbrechungseinheit vermieden oder/und ein Fehlerzustand des Schutzschaltgerätes signalisiert wird.

[0035] Abhängig von der Dimensionierung der Höhe der Messimpedanz und der Impedanz der hochohmigen elektronischen Unterbrechungseinheit, kann ein sinnvoller erster Spannungsschwellwert gewählt werden. Üblicherweise ist ein erster Spannungsschwellwert sinnvoll, der größer als 0,4 mal der anliegenden Nennspannung U_N bzw. U_{Netz} (insbesondere Effektivwert) des Niederspannungsstromkreises ist ($>0,4 \cdot U_N$). Spezieller sinnvoll sind erste Spannungsschwellwerte $> (0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8 \text{ oder } 0,9) \cdot U_N$.

[0036] Dies hat den besonderen Vorteil, dass neben der Ermittlung durch Stromüberwachung eine Überwachung durch eine Ermittlung der Höhe der Spannung gegeben ist, was insbesondere bei großen Werten der Messimpedanz (geringe Ströme) vorteilhaft ist. Weiterer Vorteil gegenüber der strombasierten Variante ist, dass die elektronischen Unterbrechungseinheit nicht niederohmig geschaltet werden muss (eingeschaltet) und somit eine ungewollte Versorgung eines evtl. angeschlossenen Verbrauchers / Last vermieden wird.

[0037] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist zwischen Leitern des Niederspannungsstromkreises eine zweite Messimpedanz derart vorgesehen ist, dass bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit und niederohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit ein Messstrom über die netzseitigen Anschlüsse durch die elektronische Unterbrechungseinheit fließt.

[0038] Durch die beispielsweise zwischen zwei Leitern vor der (dem lastseitigen Anschluss zugeordneten) mechanischen Trennkontakteinheit vorgesehenen zweiten Messimpedanz kann bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit ein weiterer Messstrom fließen. Der weitere Messstrom kann vorteilhaft zur weiteren Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes verwendet werden. Insbesondere, um eine fehlerhafte elektronische Unterbrechungseinheit zu ermitteln. So kann mit dieser Ausgestaltung die Sicherheit eines Schutzschaltgerätes weiter erhöht werden, wodurch die Sicherheit im Niederspannungsstromkreis weiter erhöht wird.

[0039] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die (erste oder/und zweite) Messimpedanz ein elektrischer Widerstand oder/und Kondensator, d.h. ein einzelnes Element oder eine Serien- bzw. Parallelschaltung oder eine Serien- und Parallelschaltung zweier, dreier, vierer, fünfer ... Elemente. In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Messimpedanz eine Serienschaltung eines elektrischen Widerstandes und Kondensators. In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Messimpedanz einen hohen Widerstands- oder Impedanzwert auf, insbesondere dass der Widerstandswert größer als 100 k Ω , 500 k Ω , 1 M Ω , 2 M Ω , 3 M Ω , 4 M Ω oder 5 M Ω ist.

[0040] In einem 230 Volt (Nennspannung U_N - Effektivwert) Niederspannungsstromkreis führt der Einsatz eines Messwiderstandes als Messimpedanz von z.B. 1 M Ω zu etwa 50 mW Verlusten.

[0041] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sollte die Höhe des Wertes der Messimpedanz so bemessen sein, dass der Strom durch die Messimpedanz bei angelegter Netzspannung (im Nennbereich) kleiner als 1 mA ist, so dass die Verluste in der Messimpedanz (vernachlässigbar) klein sind. Bevorzugt ist der (Mess-)Strom kleiner als 0,1 mA.

[0042] Dies hat den besonderen Vorteil, dass die Erwärmung im Schutzschaltgerät durch die Messimpedanz gering gehalten wird.

[0043] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet, dass zur Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit und hochohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit die elektronische Unterbrechungseinheit für eine/die erste Zeitspanne in einen niederohmigen Zustand geschaltet wird, so dass ein Messstrom über die zweite Messimpedanz fließt, dass die erwartete Höhe des Messtromes über die zweite Messimpedanz mit einem ersten Schwellwert verglichen wird und bei dessen Überschreitung (auf einen nicht vorgesehenen geschlossen Zustand der Kontakte der mechanischen Trennkontakteinheit geschlossen werden kann, so dass) die elektronische Unterbrechungseinheit anschließend in einem hochohmigen Zustand verbleibt oder/und ein Fehlerzustand des Schutzschaltgerätes signalisiert wird.

[0044] Dies hat den besonderen Vorteil, dass eine weitere Möglichkeit zur Ermittlung unvorhergesehen / fehlerhaft geschlossener Kontakte gegeben ist, so dass ein Schutzschaltgerät mit erhöhter Sicherheit realisiert werden kann.

[0045] 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.

[0046] Dies hat den besonderen Vorteil, dass eine weitere Möglichkeit zur Ermittlung unvorhergesehener / fehlerhaft geschlossener Kontakte gegeben ist.

[0047] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet, dass bei vor-gesehenen geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit die Höhe der durch die zweite Messimpedanz festgelegten Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit bei hochohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit ermittelt wird,

dass bei Überschreitung eines zweiten Spannungsschwellwertes eine zweite Fehlerbedingung vorliegt, so dass ein niederohmig werden der elektronischen Unterbrechungseinheit vermieden oder/und ein Fehlerzustand des Schutzschaltgerätes signalisiert wird.

[0048] D.h. bei Unterschreitung des zweiten Spannungsschwellwertes liegt keine Fehlerbedingung vor.

[0049] Der zweite Spannungsschwellwert hängt vom Verhältnis der Höhe der Impedanz der elektronischen Unterbrechungseinheit zur Höhe der Impedanz der Messimpedanz ab. Der zweite Spannungsschwellwert kann beispielsweise kleiner als ein Viertel der Höhe der Nennspannung (U_N) des Niederspannungsstromkreises sein. ($0,25 \cdot U_N$). Mit Nennspannung ist in dieser Patentanmeldung insbesondere die tatsächlich vorliegende bzw. anliegende Netzspannung (am Schutzschaltgerät) gemeint. Das Spannungsverhältnis durch den Spannungsteiler bleibt konstant. Bei geänderter Netzspannung ändert sich die Schalterspannung.

[0050] Dies hat den besonderen Vorteil, dass neben der Ermittlung durch Stromüberwachung eine Überwachung durch eine Ermittlung der Höhe der Spannung gegeben ist, was insbesondere bei großen Werten der (ersten oder/und) zweiten Messimpedanz (geringe Ströme) vorteilhaft ist.

[0051] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist bei geschlossenen Kontakten der mechanischen Trennkontaktseinheit und niederohmiger Unterbrechungseinheit und

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

[0052] Dies hat den besonderen Vorteil, dass ein abgestuftes Abschaltkonzept bei erhöhten Strömen für ein erfindungsgemäßes Schutzschaltgerät vorliegt.

[0053] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Steuerungseinheit einen Mikrocontroller auf.

[0054] Dies hat den besonderen Vorteil, dass die erfindungsgemäßen Funktionen zur Erhöhung der Sicherheit eines Schutzschaltgerätes bzw. des zu schützenden elektrischen Niederspannungsstromkreises durch ein (anpassbares) Computerprogrammprodukt realisiert werden können. Ferner können Änderungen und Verbesserungen der Funktion dadurch individuell auf ein Schutzschaltgerät geladen werden.

[0055] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann das Schutzschaltgerät ferner derart ausgestaltet sein, dass eine oder weitere Verfeinerungen vorgesehen sind:

- eine insbesondere zweipolige mechanische Trennkontaktseinheit mit lastseitigen Anschlusspunkten und netzseitigen Anschlusspunkten, wobei die lastseitigen Anschlusspunkte mit lastseitigen Neutral- und Phasenleiteranschlüssen verbunden sind,
- 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 Trennkontaktseinheit verbunden ist.

Wodurch vorteilhaft ein sicheres und zudem einfaches Schutzschaltgerät realisierbar ist.

[0056] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist eine mit der Steuerungseinheit verbundene erste Spannungssensoreinheit vorgesehen, die die Höhe einer/der ersten Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit, insbesondere zwischen netzseitigem Verbindungspunkt und lastseitigem Verbindungspunkt der elektronischen Unterbrechungseinheit, ermittelt.

[0057] Dies hat den besonderen Vorteil, dass eine einfache Lösung mit nur einer Spannungssensoreinheit gegeben ist.

[0058] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist alternativ eine mit der Steuerungseinheit verbundene zweite Spannungssensoreinheit vorgesehen, die die Höhe einer zweiten Spannung zwischen netzseitigem Neutralleiteranschluss und netzseitigem 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 netzseitigem Verbindungspunkt und lastseitigem Verbindungspunkt der elektronischen Unterbrechungseinheit ermittelt wird.

[0059] Dies hat den besonderen Vorteil, dass eine weitere Lösung, basierend auf klassischen Spannungsmessungen gegeben ist. Zudem wird eine weiterreichende Prüfung des Schutzschaltgerätes ermöglicht.

[0060] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Stromsensoreinheit stromkreisseitig zwischen netzseitigem Phasenleiteranschluss und lastseitigem Phasenleiteranschluss vorgesehen.

[0061] Dies hat den besonderen Vorteil, dass eine kompakte Zweiteilung des Gerätes gegeben ist, mit einer elektronischen Unterbrechungseinheit im Phasenleiter nebst Stromsensoreinheit einerseits und einem durchgehenden Neutralleiter andererseits. Ferner wird mit einer Stromsensoreinheit im Phasenleiter eine weitergehende Überwachung bezüglich Ströme sowohl im Stromkreis selbst als auch bei einer fehlerhaften Verbindung eines Phasenleiters zur Erde / einem Erdleiter erreicht.

[0062] Erfindungsgemäß kann ein korrespondierendes Verfahren für ein Schutzschaltgerät für einen Niederspannungsstromkreis mit elektronischen (halbleiterbasierten) Schaltelementen mit den gleichen und weiteren Vorteilen vorgesehen sein. Erfindungsgemäß kann ein korrespondierendes Computerprogrammprodukt beansprucht werden. Das Computerprogrammprodukt umfasst Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Mikrocontroller diesen veranlassen die Sicherheit eines derartigen Schutzschaltgerätes zu verbessern bzw. eine höhere Sicherheit im durch das Schutzschaltgerät zu schützenden elektrischen Niederspannungsstromkreis zu erreichen.

[0063] Der Mikrocontroller ist Teil des Schutzschaltgerätes, insbesondere der Steuerungseinheit.

[0064] Erfindungsgemäß kann ein korrespondierendes computerlesbares Speichermedium, auf dem das Computerprogrammprodukt gespeichert ist, beansprucht werden.

[0065] Erfindungsgemäß kann ein korrespondierendes Datenträgersignal, das das Computerprogrammprodukt überträgt, beansprucht werden.

[0066] Alle Ausgestaltungen, sowohl in abhängiger Form rückbezogen auf den Patentanspruch 1, als auch rückbezogen lediglich auf einzelne Merkmale oder Merkmalskombinationen von Patentansprüchen, bewirken eine Verbesserung eines Schutzschaltgerätes, insbesondere eine Verbesserung der Sicherheit eines Schutzschaltgerätes bzw. in Folge des elektrischen Stromkreises, und stellen ein neues Konzept für ein Schutzschaltgerät bereit.

[0067] 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.

[0068] 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.

[0069] Figur 1 zeigt eine Darstellung eines Schutzschaltgerätes SG zum Schutz eines elektrischen Niederspannungsstromkreises, insbesondere Niederspannungswechselstromkreises, 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 bzw. Last 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.

[0070] Erfindungsgemäß ist zwischen Leitern des Niederspannungsstromkreises eine erste Messimpedanz ZM1 derart vorgesehen, dass bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit ein Strom vom ersten lastseitigen Anschluss / lastseitigen Neutralleiteranschluss NL über die Messimpedanz zum zweiten lastseitigen Anschluss / lastseitigen Phasenleiteranschluss LL fließen könnte.

[0071] Dies kann derart erfolgen, dass zwischen lastseitigen Neutralleiteranschluss NL und lastseitigen Phasenleiteranschluss LL die erste Messimpedanz ZM1 geschaltet ist. Die erste Messimpedanz ZM1 kann beispielsweise ein elektrischer Widerstand oder/und Kondensator sein. Insbesondere kann die Messimpedanz eine Serienschaltung oder/(und) Parallelschaltung eines Widerstandes oder/und Kondensator sein.

[0072] Ferner kann erfindungsgemäß zwischen Leitern des Niederspannungsstromkreises eine zweite Messimpedanz ZM2 derart vorgesehen sein, dass bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit und niederohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit ein Messstrom über die netzseitigen Anschlüsse durch die elektronische Unterbrechungseinheit fließt.

[0073] Dies kann derart erfolgen, dass zwischen den netzseitigen Anschlusspunkten APLG, APNG der mechanischen Trennkontakteinheit MK eine zweite Messimpedanz ZM2 geschaltet ist. Die zweite Messimpedanz ZM2 kann ebenfalls beispielsweise ein elektrischer Widerstand oder/und Kondensator sein. Insbesondere kann die Messimpedanz eine Serienschaltung oder/(und) Parallelschaltung eines Widerstandes oder/und Kondensator sein.

[0074] Durch die zweite Messimpedanz ZM2 wird ein definiertes Potential im Schutzschaltgerät erzeugt, insbesondere ein definiertes Spannungspotential über der elektronischen Unterbrechungseinheit EU. Ferner ein definierter Messstrom im Schutzschaltgerät, ohne dass ein angeschlossener Verbraucher / Last davon beeinflusst wird.

[0075] Sowohl der Messstrom, hervorgerufen durch die erste oder/und zweite Messimpedanz kann erfindungsgemäß ausgewertet werden, als auch (oder/und) die Spannung über bestimmten Einheiten, wie beispielsweise der elektronischen Unterbrechungseinheit EU.

[0076] Durch die Auswertung kann das korrekte Verhalten der Einheiten, insbesondere der elektronischen Unterbrechungseinheit EU, erfasst werden.

[0077] Durch die erste Messimpedanz wird insbesondere ein Fehlverhalten der mechanischen Trennkontakteinheit ermittelt, insbesondere bei nicht angeschlossenem Verbraucher bzw. Last.

[0078] Die (erste bzw. zweite) Messimpedanz ZM1, ZM2 sollte einen sehr hohen Wert (Widerstands- oder Impedanzwert) haben, um die Verluste gering zu halten. Beispielsweise bei einem Widerstand einen Wert von z.B. 1 MOhm. Ein Wert von 1 MOhm führt zu Verlusten von etwa 50 mW in einem 230 V Niederspannungsstromkreis.

[0079] Die Messimpedanz sollte größer als 100 KOhm, 500 KOhm, 1 MOhm, 2 MOhm, 3 MOhm, 4 MOhm oder besser 5 MOhm sein.

[0080] Das Schutzschaltgerät kann derart ausgestaltet sein, dass die Höhe der Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit ermittelbar ist. D.h. die Höhe einer ersten Spannung zwischen netzseitigen Verbindungspunkt EUG und lastseitigen Verbindungspunkt EUL der elektronischen Unterbrechungseinheit EU ist ermittelbar bzw. wird ermittelt.

[0081] 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.

[0082] 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.

[0083] Vorteilhafterweise kann eine zweite Spannungssensoreinheit SU2 vorgesehen sein, die die Höhe der Spannung zwischen netzseitigen Neutralleiteranschluss NG und netzseitigen Phasenleiteranschluss LG ermittelt.

[0084] 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.

[0085] 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.

[0086] 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 Trennkontakteinheit MK mit dem netzseitigen Neutralleiteranschluss NG des Gehäuses GEH verbunden.

[0087] Das Schutzschaltgerät SG ist vorteilhaft derart ausgestaltet, dass die Kontakte der mechanischen Trennkontakteinheit MK durch die Steuerungseinheit SE geöffnet, aber nicht geschlossen werden können, was durch einen Pfeil von der Steuerungseinheit SE zur mechanischen Trennkontakte Einheit MK angedeutet ist.

[0088] Die mechanische Trennkontakteinheit MK ist durch eine mechanische Handhabe HH am Schutzschaltgerät SG bedienbar, um ein manuelles (händisches) Öffnen oder ein Schließen der Kontakte KKL, KKN zu schalten. Die mechanische Handhabe HH zeigt den Schaltzustand (Offen oder Geschlossen) der Kontakte der mechanischen Trennkontakte Einheit MK an.

[0089] Des Weiteren kann die Position der Handhabe, geschlossen bzw. geöffnet) an die Steuerungseinheit SE übermittelbar sein. Die Position der Handhabe kann z.B. mittels eines (Positions-) Sensors ermittelt werden.

[0090] Die mechanische Trennkontakteinheit MK ist vorteilhaft derart ausgestaltet, dass ein (manuelles) Schließen der Kontakte durch die mechanische Handhabe erst nach einer Freigabe (enable), insbesondere einem Freigabesignal, möglich ist. Dies ist ebenfalls durch den Pfeil von der Steuerungseinheit SE zur mechanischen Trennkontakte Einheit MK angedeutet. D. h., die Kontakte KKL, KKN der mechanischen Trennkontakteinheit MK können durch die Handhabe HH erst bei Vorliegen der Freigabe bzw. des Freigabesignals (von der Steuerungseinheit) geschlossen werden. Ohne die Freigabe bzw. das Freigabesignal kann die Handhabe HH zwar betätigt, die Kontakte aber nicht geschlossen werden ("Dauerrutscher").

[0091] 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.

[0092] Alternativ kann im Falle einer zweiten Messimpedanz ZM2 diese über die Sicherung SS mit dem netzseitigen Neutralleiteranschluss NG verbunden sein.

[0093] Damit kann vorteilhaft eine dreipolige Elektroneinheit EE (Fig 3) realisiert werden, beispielsweise als Modul, die drei Anschlusspunkte aufweist, einen Neutralleiteranschlusspunkt und zwei Phasenleiteranschlusspunkte. Die Elektroneinheit 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.

[0094] 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 ist in analoger Weise jeweils eine Serienschaltung einer elektronischer Unterbrechungseinheiten bzw. deren halbleiterbasierte Schaltelemente und ein Kontakt der mechanischen Trennkontakteinheit vorgesehen. Die erste oder/und zweite Messimpedanz können jeweils zwischen Phasenleiter und Neutralleiter oder/und zwischen den Phasenleitern vorgesehen sein.

[0095] 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.

[0096] Mit niederohmig ist ein Zustand gemeint, bei dem der auf dem Schutzschaltgerät angegebene Stromwert fließen könnte.

[0097] 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.

[0098] 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. Die Nennspannung U_N soll auch zwischen netzseitigen Neutralleiteranschluss NG und netzseitigen Phasenleiteranschluss LG anliegen. Mit Nennspannung ist in dieser Patentanmeldung die tatsächlich vorliegende bzw. anliegende Netzspannung (am Schutzschaltgerät) gemeint.

[0099] Diese kann im Schutzschaltgerät durch die zweite Spannungssensoreinheit SU2 ermittelt werden.

[0100] Der Spannungsabfall U_{switch} über der elektronischen Unterbrechungseinheit EU kann durch die erste Spannungssensoreinheit SU1 ermittelt werden.

[0101] Ferner ist an der Lastseite LOAD ein Verbraucher bzw. Energiesenke ES angeschlossen.

[0102] Weiterhin ist bei der Verbindung von Steuerungseinheit SE zur mechanischen Trennkontakteinheit 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 1 und 2, 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 zweite Messimpedanz ZM2, die Stromsensoreinheit SI, die elektronische Unterbrechungseinheit EU, die Energieversorgung NT, aufweisen. Ferner kann der erste Teil die erste Spannungssensoreinheit SU1, die zweite Spannungssensoreinheit SU2, die Schmelzsicherung SS, einen Schalter SCH, einen Temperatursensor TEM (insbesondere für die elektronische Unterbrechungseinheit EU), eine Kommunikationseinheit COM, eine Anzeigeeinheit DISP aufweisen.

[0106] 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 Trennkontakteinheit MK,
- einen Anschluss für eine Verbindung zum netzseitigen Neutraleiteranschluss NG.

[0107] Das Schutzschaltgerät enthält einen, insbesondere mechanischen, zweiten Teil MPART. Der zweite Teil MPART kann die mechanische Trennkontakteinheit MK, die Handhabe HH, eine Freigabeeinheit FG aufweisen. Ferner kann der zweite Teil eine Positionseinheit POS, zur Meldung der Position der Kontakte der mechanischen Trennkontakte Einheit MK an die Steuerungseinheit, sowie die (Neutraleiter-)Verbindung(en) aufweisen. Der zweite Teil MPART enthält in diesem Beispiel die erste Messimpedanz ZM1.

[0108] Es können weitere, nicht näher bezeichnete, Einheiten vorgesehen sein.

[0109] Durch die Zweiteilung lässt sich vorteilhaft ein erfindungsgemäßes kompaktes Schutzschaltgerät realisieren.

[0110] Die Freigabeeinheit FG bewirkt eine Freigabe der Betätigung der Kontakte der mechanischen Trennkontakteinheit durch die Handhabe HH, wenn ein Freigabesignal enable vorliegt.

[0111] Im Folgenden soll die Erfindung nochmals zusammengefasst und näher erläutert werden.

[0112] Ein typisches Fehlerbild von Kontakten mechanischer Trennkontakteinheiten MK ist das Verschweißen der Kontaktflächen, wodurch ein Öffnen des Kontaktes nicht mehr möglich ist. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, dass sich ein Kontakt nicht mehr schließen lässt.

[0113] Für die sichere Betriebsführung eines Schutzschaltgerätes wäre eine verlässliche Erkennung des Schaltzustandes der Kontakte wünschenswert bzw. andererseits die Erkennung einer fehlerhaften mechanischer Trennkontakteinheit.

[0114] Vorteilhaft ist eine Abfrage des Schaltzustandes der Kontakte mit unterschiedlichen Messprinzipien, um diese wichtige Information redundant bestimmen zu können. Weiterhin ist es von Vorteil, wenn möglichst wenig zusätzliche Komponenten für die Zustandserkennung benötigt werden.

[0115] Eine Möglichkeit ist die Positionsüberwachung der Handhabe, beispielsweise mittels Hall-Sensoren oder Endlagentastern. Hierbei ist es üblich, eine (absolute) Endlage zu erfassen. Verschleißt beispielsweise ein Kontakt beim Öffnen, kann z.B. eine Handhabe in einer Zwischenstellung zwischen "geschlossen" und "getrennt" verbleiben. Dieser Zustand ist dann nicht eindeutig auswertbar. Ein anderer Fall ist, wenn die Handhabe in der Ein-Position (geschlossen) gehalten wird und eine Freiauslösung die Kontakte öffnet. Der Sensor erfasst weiter die Ein-Position der Handhabe, wobei der Kontakt bereits geöffnet ist.

[0116] Durch Ermittlung der Spannung über dem Kontakt könnte der Schaltzustand ermittelt werden, allerdings versagt diese Methode, wenn kein Verbraucher (bzw. Last) angeschlossen ist, also im unbelasteten Fall des Schutzschaltgerätes.

[0117] Erfindungsgemäß wird eine erste Messimpedanz am lastseitigen Anschluss vorgeschlagen (zwischen mechanischer Trennkontakteinheit und lastseitigen Anschlüssen).

[0118] Durch Messung und Auswertung von Strom, Spannung oder Impedanz (bei rein ohmscher Messimpedanz(en): Widerstandswerten) kann eine Ermittlung eines fehlerhaften bzw. nicht vorgesehen Zustandes der Kontakte einer mechanischen Trennkontakteinheit erfolgen.

[0119] Dies soll anhand der folgenden Spannungs- bzw. Impedanzverhältnisse beispielhaft erläutert werden.

[0120] Mit der zusätzlichen ersten Messimpedanz ZM1 ergeben sich die folgenden Spannungsverhältnisse.

Wobei:

[0121]

5 $Z_{el\ switch\ off}$ Impedanzwert der elektronischen Unterbrechungseinheit im hochohmigen Zustand

Z_{meas1} Impedanzwert der ersten Messimpedanz ZM1

10 Z_{meas2} Impedanzwert der zweiten Messimpedanz ZM2

Z_{load} Impedanzwert eines angeschlossenen Verbrauchers ES

- Kontakte offen:

15

$$\frac{U_{switch}}{U_N} = \frac{Z_{el\ switch\ off}}{Z_{el\ switch\ off} + Z_{meas2}}$$

- Kontakte geschlossen:

20 ◦ Belastet (mit angeschlossenem Verbraucher ES):

25

$$\frac{U_{switch}}{U_N} = \frac{Z_{el\ switch\ off}}{Z_{el\ switch\ off} + \left(Z_{meas1}^{-1} + Z_{meas2}^{-1} + Z_{load}^{-1} \right)^{-1}}$$

◦ Unbelastet (ohne angeschlossenem Verbraucher ES):

30

$$\frac{U_{switch}}{U_N} = \frac{Z_{el\ switch\ off}}{Z_{el\ switch\ off} + \left(Z_{meas1}^{-1} + Z_{meas2}^{-1} \right)^{-1}}$$

35 **[0122]** Es ist zu erkennen, dass die Schaltzustände der Kontakte im belasteten und unbelasteten Fall eindeutig unterschieden werden können.

[0123] Im geschlossenen, unbelasteten Zustand konvergiert die Ausgangsimpedanz des Schutzschaltgerätes mit erster und zweiter Messimpedanz ZM1, ZM2 gegen den Impedanzwert $Z_{meas1} \parallel Z_{meas2}$ (Impedanzwert der Parallelschaltung beider Messimpedanzen). Unter der Annahme $Z_{meas1} \ll Z_{meas2}$ konvergiert die Ausgangsimpedanz des Schutzschaltgerätes im geschlossenen, unbelasteten Zustand mit erster Messimpedanz ZM1 gegen den Impedanzwert Z_{meas1} .

[0124] Ohne die erste Messimpedanz ZM1 konvergiert die gemessene Spannung bei offenem Kontakt ohne Last gegen die Spannung bei geöffnetem Kontakten.

45 **[0125]** Durch die erste Messimpedanz ZM1 wird die maximale Ausgangsimpedanz des Schutzschaltgerätes nach oben hin begrenzt, wodurch die Spannungsverhältnisse sich deutlich vom Fall ohne die erste Messimpedanz ZM1 mit geöffnetem Trenner unterscheiden.

[0126] In den vorangegangenen Ausführungen wurden für die Impedanzwerte ein ohmsches Verhalten angenommen. Das Verfahren kann jedoch genauso mit komplexen Impedanzen angewandt werden.

50 **[0127]** Bei der Verwendung von komplexen Impedanzen kann optional zur gemessenen Spannungsamplitude (oder zum Effektivwert) die Phasenlage der gemessenen Spannungen ausgewertet werden. Die Auswertung der Spannungen wird dadurch komplexer, aber es kann noch deutlicher zwischen den Schaltzuständen unterschieden werden.

[0128] In einer vorteilhaften Gestaltung werden große Messimpedanzen verwendet, um die Verluste gering zu halten, wobei für die Höhe der ersten Messimpedanz ein anderer Wert als für die Höhe der zweiten Messimpedanz verwendet wird, beispielsweise:

55

$$Z_{meas1} = 1M\Omega \quad Z_{meas2} = 2M\Omega$$

[0129] Die Impedanz der elektronischen Unterbrechungseinheit EU hängt stark von der Schaltungstopologie und dessen Energieabsorber ab. Typische Werte liegen hier bei $|Z_{el\ switch\ off}| = 600k\Omega$ wobei es sich hierbei um eine ohmsch-kapazitive Impedanz handelt.

[0130] Das Schutzschaltgerät ist derart ausgestaltet, dass zur Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes bei vorgesehenen geöffneten Kontakten der mechanischen Trennk Kontakteinheit MK und hochohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit EU die elektronische Unterbrechungseinheit EU für eine erste Zeitspanne in einen niederohmigen Zustand geschaltet wird, so dass nur dann ein Messstrom über die erste Messimpedanz fließt, wenn die Kontakte der mechanischen Trennk Kontakteinheit MK fehlerhaft bzw. unvorhergesehen geschlossen sind. Fließt ein Messstrom, der über die Stromsensoreinheit erfasst wird, so kann auf einen fehlerhaft geschlossenen Zustand der Kontakte geschlussfolgert werden. Die Höhe des Messstromes ist durch den Wert der Höhe der ersten Messimpedanz ZM1 bestimmt. Wird auf einen fehlerhaft geschlossenen Zustand der Kontakte geschlussfolgert, weil ein Messstrom fließt, dessen Höhe im Bereich des durch den Wert der Höhe der ersten Messimpedanz ZM1 liegt, so kann beispielsweise die elektronische Unterbrechungseinheit anschließend in einem hochohmigen Zustand verbleiben. Alternativ oder zusätzlich kann dieser Fehlerzustand des Schutzschaltgerätes signalisiert werden. Ferner kann das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet sein, dass zur Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes bei vorgesehenen geöffneten Kontakten der mechanischen Trennk Kontakteinheit MK die Höhe der durch die erste Messimpedanz ZM1 festgelegten Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit bei hochohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit EU ermittelt wird. Bei Überschreitung eines ersten Spannungsschwellwertes liegt eine erste Fehlerbedingung vor. Üblicherweise wird bei geöffneten Kontakten und nur der ersten Messimpedanz eine sehr kleine Spannung (idealerweise keine Spannung) (kleiner 10 Volt) über der elektronischen Unterbrechungseinheit anliegen. Liegt eine Spannung an, insbesondere in der Höhe der durch die erste Messimpedanz ZM1 festgelegten Spannung, so kann auf fehlerhaft geschlossene Kontakte geschlussfolgert werden. So kann in der Folge ein niederohmig werden der elektronischen Unterbrechungseinheit vermieden werden. Alternativ oder zusätzlich kann dieser Fehlerzustand des Schutzschaltgerätes signalisiert werden.

[0131] Das Schutzschaltgerät kann derart ausgestaltet sein, dass zur Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennk Kontakteinheit MK und hochohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit EU die elektronische Unterbrechungseinheit EU für eine/die erste Zeitspanne in einen niederohmigen Zustand geschaltet wird, so dass ein Messstrom über die zweite Messimpedanz fließt. Die erwartete Höhe des Messstromes über die zweite Messimpedanz wird mit einem ersten Schwellwert verglichen und bei dessen Überschreitung, d.h. wenn die erste Messimpedanz durch die Parallelschaltung den Impedanzwert verringert - ein größerer Strom fließt, kann auf einen nicht vorgesehen geschlossen Zustand der Kontakte der mechanischen Trennk Kontakteinheit MK geschlossen werden. Infolgedessen kann die elektronische Unterbrechungseinheit anschließend in einem hochohmigen Zustand verbleiben. Alternativ oder zusätzlich kann dieser Fehlerzustand des Schutzschaltgerätes signalisiert werden.

[0132] Das Schutzschaltgerät kann ferner derart ausgestaltet sein, dass bei vorgesehenen geöffneten Kontakten der mechanischen Trennk Kontakteinheit MK die Höhe der durch die zweite Messimpedanz festgelegten Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit bei hochohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit (EU) ermittelt wird. Bei Überschreitung eines zweiten Spannungsschwellwertes liegt eine zweite Fehlerbedingung vor, da durch die nicht vorgesehene erste Messimpedanz eine höhere Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit abfällt, so dass auf einen nicht vorgesehen geschlossen Zustand der Kontakte der mechanischen Trennk Kontakteinheit MK geschlossen werden kann. Infolgedessen kann ein niederohmig werden der elektronischen Unterbrechungseinheit vermieden werden. Alternativ oder zusätzlich kann dieser Fehlerzustand des Schutzschaltgerätes signalisiert werden.

[0133] Mit einer Positionsmeldung der Kontakte kann z.B. ein erwarteter Zustand der Kontakte (geschlossen, geöffnet) gemeldet bzw. abgefragt werden.

[0134] Die elektronische Unterbrechungseinheit EU (respektive der elektronische Schalter) wird z.B. für eine sehr kurze Zeit (im Millisekunden-Bereich) eingeschaltet. Durch eine Strom- oder/und Spannungsmessung und (anschließender) Auswertung kann festgestellt werden, ob der vorgesehene (Schalt-)Zustand der Kontakte (geschlossen / geöffnet) mit dem realen (Schalt-)Zustand der Kontakte (geschlossen / geöffnet) übereinstimmt.

[0135] So können verklebte bzw. verschweißte Kontakte ermittelt werden.

[0136] Ist die Überprüfung fehlerfrei, kann eine (erste) Freigabebedingung zum Einschalten des Schutzschaltgerätes, speziell der elektronischen Unterbrechungseinheit vorliegen.

[0137] 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.

[0138] Mit vorliegender Erfindung ist es möglich, den Schaltzustand der Kontakte eines Schutzschaltgerätes bzw. dessen mechanischer Trennk Kontakteinheit über die vorhandenen Strom- oder (speziell) Spannungsmessungen im belasteten und unbelasteten Zustand eindeutig zu erkennen.

[0139] Die zusätzliche erste Messimpedanz ZM1 (Z_{meas1}) kann genauso bei den strombasierten Zustandsermittlungen der Kontakte eingesetzt werden. Auch hier definiert die erste Messimpedanz ZM1 eine maximale Ausgangsimpedanz und somit fest definierte Strompegel im unbelasteten Zustand des Schutzschaltgerätes. Eine eindeutige Unterscheidung

zwischen geöffnetem und geschlossenem Kontakten ist somit stets möglich.

[0140] Erfindungsgemäß müssen keine zusätzlichen Messungen bzw. Sensoren verwendet werden. Der Schaltzustand wird anhand rein elektrischer Größen ermittelt. Er kann ggfs. mit weiteren Positionserfassungen verglichen werden.

[0141] Vorteile:

- Nutzung bereits vorhandener Messungen
- Nur eine zusätzliche Messimpedanz wird benötigt → günstige Lösung
- Eindeutige Detektion von geöffneten und geschlossenen Trennkontakten mit und ohne angeschlossene Last
- Erkennung von verschweißten Kontakten
- Unabhängig von mechanischen Endlagenschaltern oder Hallsensoren
- Erkennung des offenen Kontaktes auch bei Freiauslösung. Dies ist mit einem einzelnen Positionssensor, der den Ein-Zustand der Handhabe erkennt, nicht möglich.

[0142] 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.

Patentansprüche

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

- ein Gehäuse (GEH) mit einem ersten und einem zweiten netzseitigen Anschluss sowie einem ersten und einem zweiten lastseitigen Anschluss,
- eine mechanische Trennk Kontakteinheit (MK), die in Serie mit einer elektronischen Unterbrechungseinheit (EU) geschaltet ist, wobei die mechanische Trennk Kontakteinheit den lastseitigen Anschlüssen und die elektronische Unterbrechungseinheit (EU) den netzseitigen Anschlüssen zugeordnet ist,
- dass die mechanische Trennk Kontakteinheit (MK) durch ein Öffnen von Kontakten zur Vermeidung eines Stromflusses oder ein Schließen der Kontakte für einen Stromfluss im Niederspannungsstromkreis schaltbar ist,
- dass die elektronische Unterbrechungseinheit (EU) durch halbleiterbasierte Schaltelemente in einen hochohmigen Zustand der Schaltelemente zur Vermeidung eines Stromflusses oder einen niederohmigen Zustand der Schaltelemente zum Stromfluss im Niederspannungsstromkreis schaltbar ist,
- einer Stromsensoreinheit (SI), zur Ermittlung der Höhe des Stromes des Niederspannungsstromkreises,
- einer Steuerungseinheit (SE), die mit der Stromsensoreinheit (SI), der mechanischen Trennk Kontakteinheit (MK) und der elektronischen Unterbrechungseinheit (EU) verbunden ist, wobei bei Überschreitung von Strom- oder/und Strom-Zeitgrenzwerten eine Vermeidung eines Stromflusses des Niederspannungsstromkreises initiiert wird,
- dass zwischen dem ersten und dem zweiten lastseitigen Anschluss eine erste Messimpedanz (ZM1) vorgesehen ist,

derart, dass bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennk Kontakteinheit (MK) ein Strom vom ersten lastseitigen Anschluss über die Messimpedanz zum zweiten lastseitigen Anschluss fließen könnte.

2. Schutzschaltgerät (SG) nach Patentanspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet ist, dass die erste Messimpedanz zur Ermittlung eines geschlossenen Zustandes der Kontakte der mechanischen Trennk Kontakteinheit (MK) verwendet wird, insbesondere bei nicht angeschlossener Last an den lastseitigen Anschlüssen, insbesondere dass ein nicht vorgesehener geschlossener Zustand der Kontakte der mechanischen Trennk Kontakteinheit (MK) ermittelt wird.

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

dass die mechanische Trennk Kontakteinheit eine Handhabe zum Öffnen und Schließen der Kontakte aufweist,

dass ein mit der Steuerungseinheit verbundener Positionssensor vorgesehen ist, der insbesondere die Position der Handhabe ermittelt und an die Steuerungseinheit überträgt.

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

dadurch gekennzeichnet,

dass die mechanische Trennkontakteinheit (MK) derart ausgestaltet ist, dass die Kontakte durch die Steuerungseinheit (SE) geöffnet, aber nicht geschlossen werden können.

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

dadurch gekennzeichnet,

dass das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet ist,

10 **dass** zur Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes bei vorgesehenen 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, so dass nur dann ein Messstrom über die erste Messimpedanz fließt, wenn die Kontakte der mechanischen Trennkontakteinheit (MK) fehlerhaft/unvorhergesehen geschlossen sind, insbesondere dass die elektronische Unterbrechungseinheit anschließend in einem hochohmigen Zustand verbleibt oder/und ein Fehlerzustand des Schutzschaltgerätes signalisiert wird.

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

dadurch gekennzeichnet,

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

7. Schutzschaltgerät (SG) nach Patentanspruch 6,

dadurch gekennzeichnet,

25 **dass** das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet ist,

dass zur Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes bei vorgesehenen geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit (MK) die Höhe der durch die ersten Messimpedanz festgelegten Spannung über der elektronischen Unterbrechungseinheit bei hochohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit (EU) ermittelt wird,

30 **dass** bei Überschreitung eines ersten Spannungsschwellwertes eine erste Fehlerbedingung vorliegt, so dass ein niederohmig werden der elektronischen Unterbrechungseinheit vermieden oder/und ein Fehlerzustand des Schutzschaltgerätes signalisiert wird.

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

35 **dadurch gekennzeichnet,**

dass zwischen Leitern des Niederspannungsstromkreises eine zweite Messimpedanz (ZM2) derart vorgesehen ist, dass bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkontakteinheit (MK) und niederohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit (EU) ein Messstrom über die netzseitigen Anschlüsse durch die elektronische Unterbrechungseinheit (EU) fließt.

40

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

dadurch gekennzeichnet,

dass die Messimpedanz ein elektrischer Widerstand oder/und Kondensator ist.

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

dadurch gekennzeichnet,

dass die Messimpedanz eine Serienschaltung eines elektrischen Widerstandes und Kondensators ist.

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

50 **dadurch gekennzeichnet,**

dass die Messimpedanz einen hohen Widerstands- oder Impedanzwert aufweist, insbesondere dass der Widerstands- oder Impedanzwert größer als 100 kOhm, 500 kOhm, 1 MOhm, 2 MOhm, 3 MOhm, 4 MOhm oder 5 MOhm ist.

12. Schutzschaltgerät (SG) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche 8 bis 11,

55

dadurch gekennzeichnet,

dass das Schutzschaltgerät derart ausgestaltet ist,

dass zur Funktionsprüfung des Schutzschaltgerätes bei geöffneten Kontakten der mechanischen Trennkon-

takteinheit (MK) und hochohmig geschalteter elektronischer Unterbrechungseinheit (EU) die elektronische Unterbrechungseinheit (EU) für eine erste Zeitspanne in einen niederohmigen Zustand geschaltet wird, so dass ein Messstrom über die zweite Messimpedanz fließt,

dass die erwartete Höhe des Messtromes über die zweite Messimpedanz mit einem ersten Schwellwert verglichen wird und bei dessen Überschreitung die elektronische Unterbrechungseinheit anschließend in einem hochohmigen Zustand verbleibt oder/und ein Fehlerzustand des Schutzschaltgerätes signalisiert wird.

13. Schutzschaltgerät (SG) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche 8 bis 12,

dadurch gekennzeichnet,

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

14. Schutzschaltgerät (SG) nach Patentanspruch 13,

dadurch gekennzeichnet,

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

dass bei Überschreitung eines zweiten Spannungsschwellwertes eine zweite Fehlerbedingung vorliegt, so dass ein niederohmig werden der elektronischen Unterbrechungseinheit vermieden oder/und ein Fehlerzustand des Schutzschaltgerätes signalisiert wird.

15. 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.

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

dadurch gekennzeichnet,

dass die Steuerungseinheit (SE) einen Mikrocontroller aufweist.

FIG 1

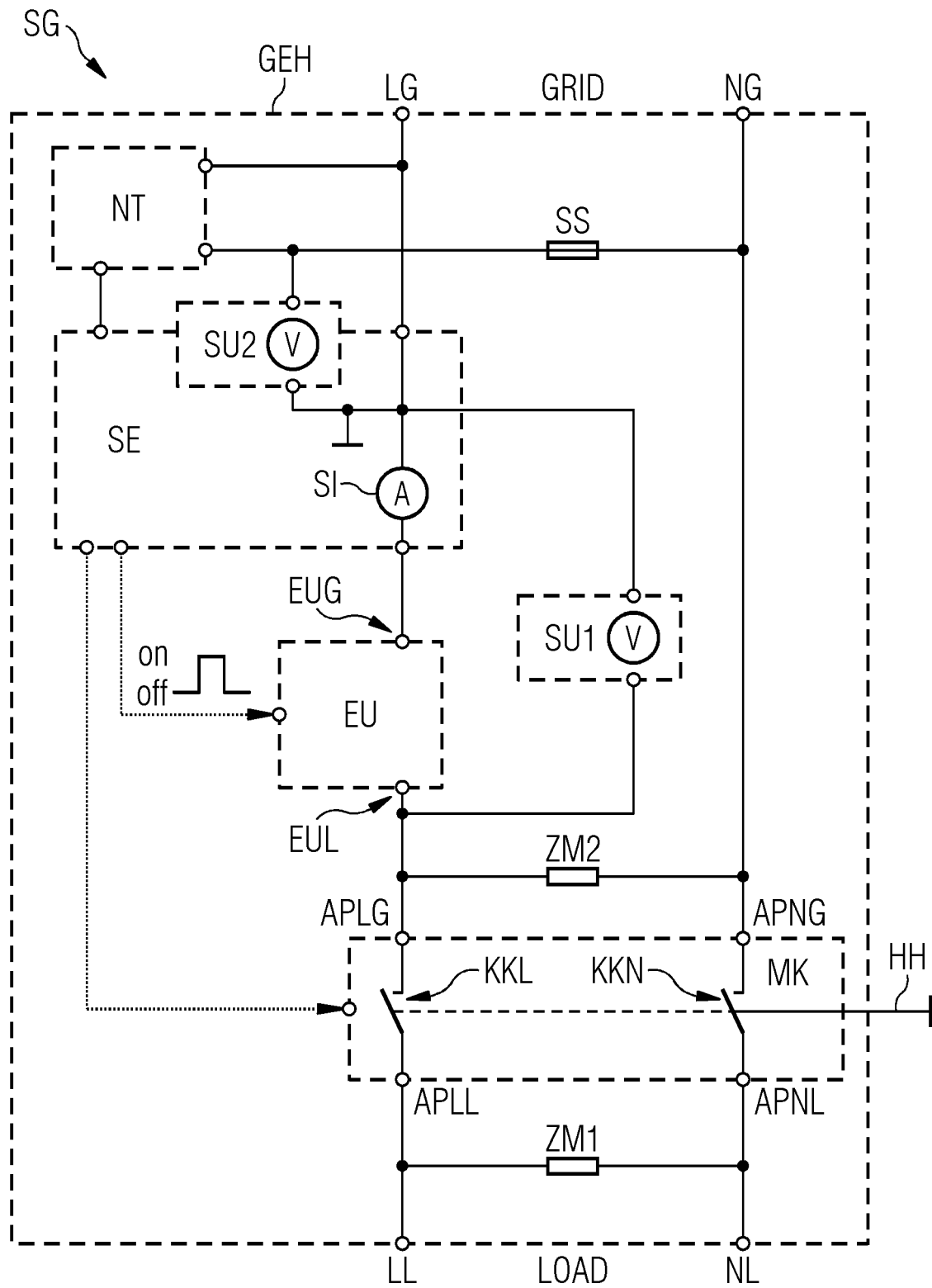


FIG 2

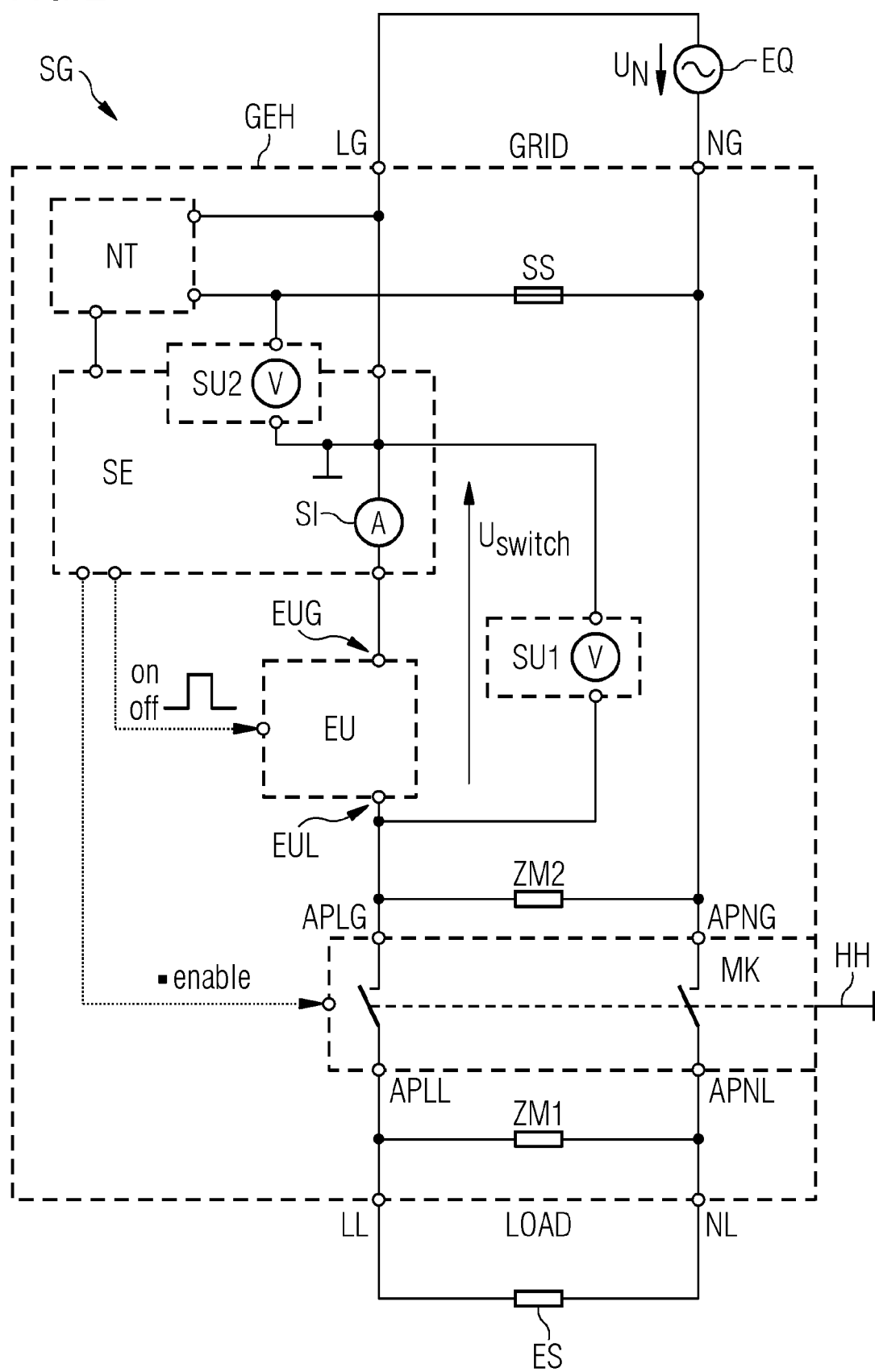
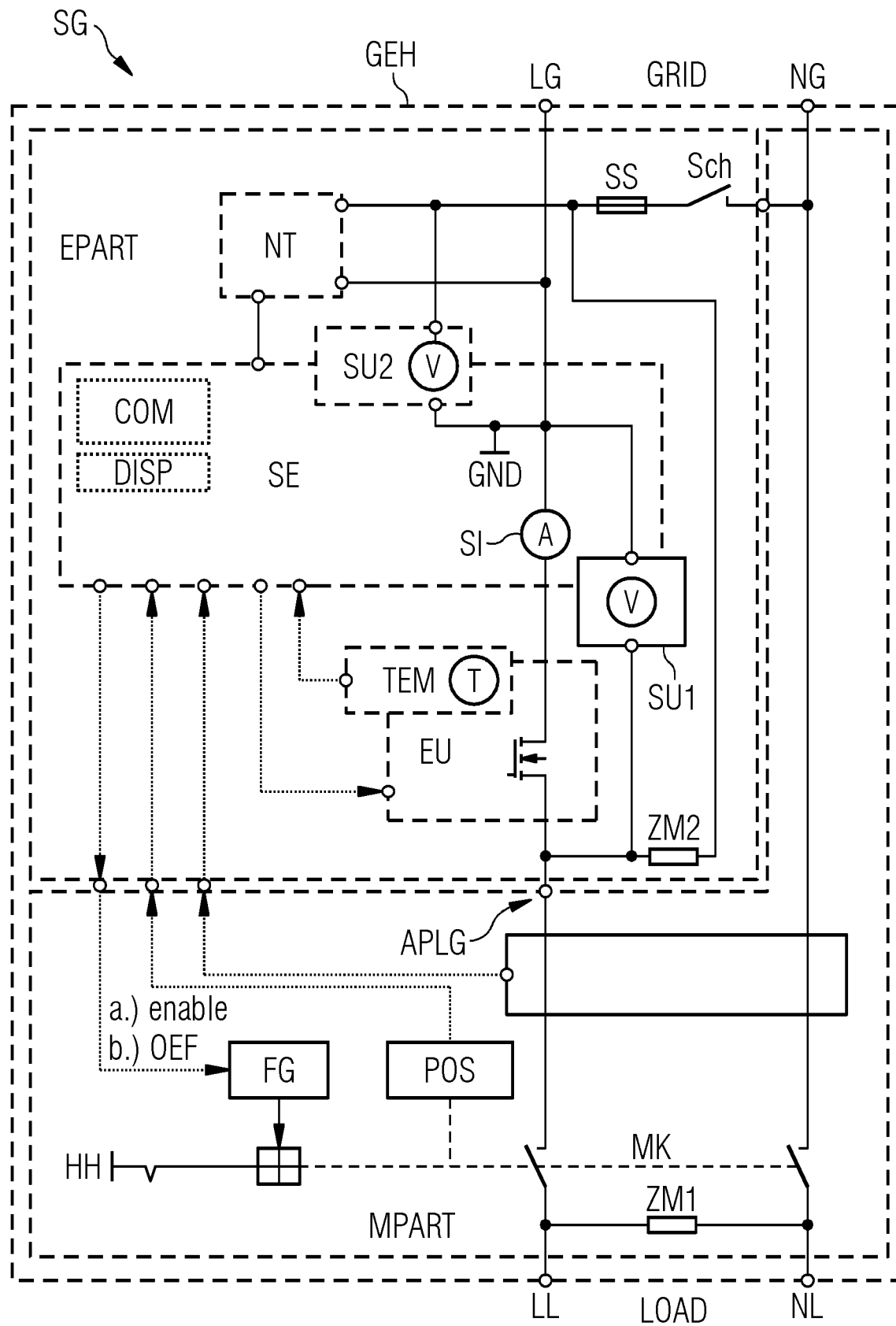


FIG 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 21 6126

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 20 2009 014759 U1 (DOLD & SOEHNE KG E [DE]) 18. Februar 2010 (2010-02-18) * Seite 2, Absatz 0016 - Seite 3, Absatz 0023; Abbildung 1 *	1-16	INV. H01H9/54 H01H71/12
A	DE 10 2018 213354 A1 (SIEMENS AG [DE]) 13. Februar 2020 (2020-02-13) * Seite 7, Absatz 0071 - Seite 9, Absatz 0105; Abbildung 1 *	1-16	
A	US 2020/366078 A1 (TELEFUS MARK [US] ET AL) 19. November 2020 (2020-11-19) * Seite 6, Absatz 0084 - Seite 10, Absatz 0108; Abbildungen 3A-3B *	1-16	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H01H
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 1. Juni 2022	Prüfer Pavlov, Valeri
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 21 21 6126

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

01-06-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 202009014759 U1	18-02-2010	KEINE	
DE 102018213354 A1	13-02-2020	CN 112543986 A	23-03-2021
		DE 102018213354 A1	13-02-2020
		EP 3797436 A1	31-03-2021
		US 2021296059 A1	23-09-2021
		WO 2020030379 A1	13-02-2020
US 2020366078 A1	19-11-2020	CN 114503233 A	13-05-2022
		EP 3970173 A1	23-03-2022
		KR 20220038599 A	29-03-2022
		US 2020365345 A1	19-11-2020
		US 2020365346 A1	19-11-2020
		US 2020365356 A1	19-11-2020
		US 2020366078 A1	19-11-2020
		US 2020366079 A1	19-11-2020
		WO 2020236726 A1	26-11-2020

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82