



(10) **AT 519520 A1 2018-07-15**

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

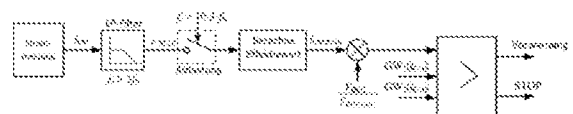
(21) Anmeldenummer: A 51162/2016 (51) Int. Cl.: **G01R 31/02** (2006.01)
 (22) Anmeldetag: 20.12.2016 **H02M 1/32** (2007.01)
 (43) Veröffentlicht am: 15.07.2018

(56) Entgegenhaltungen: EP 2660962 A2 EP 2919024 A1 US 2010161259 A1	(71) Patentanmelder: Schneider Electric Power Drives GmbH 1210 Wien (AT) (72) Erfinder: Hartmann Michael 1040 Wien (AT) (74) Vertreter: KLIMENT & HENHAPEL PATENTANWÄLTE OG WIEN
---	---

(54) **Verfahren zur Überwachung von Filterkondensatoren**

(57) Verfahren zur Überwachung der Betriebssicherheit von in Sternschaltung geschalteten Filterkondensatoren (C_F) eines am netzseitigen Eingang einer dreiphasigen, mit Halbleiterschaltenelementen (T_{1_1} , T_{1_2} , T_{1_3} , T_{2_1} , T_{2_2} , T_{2_3}) und Induktivitäten (L_N) aufgebauten Gleichrichterschaltung angeordneten und mit Gleich- und Gegentaktstörungen belasteten Gleichtaktfilters, bei dem vorgeschlagen wird, dass die Kapazität oder ein zur Kapazität proportionaler Wert mithilfe von gemessenen Gleichtaktströmen (i_{CM}) mit Frequenzen unterhalb oder gleich der Resonanzfrequenz (f_{res}) des von den Filterkondensatoren (C_F) des Gleichtaktfilters und den Induktivitäten (L_N) der Gleichrichterschaltung gebildeten Schwingkreises ermittelt wird, und bei Unterschreiten eines vorgegebenen Grenzwertes (GW) ein Warnsignal generiert wird. Mithilfe der Erfindung gelingt es die Betriebssicherheit der Filterkondensatoren (C_F) auf einfache Weise zu überwachen, und auf diese Weise mögliche Beeinträchtigungen der Filterkondensatoren (C_F) frühzeitig zu erkennen.

Fig. 5



Zusammenfassung:

Verfahren zur Überwachung der Betriebssicherheit von in Sternschaltung geschalteten Filterkondensatoren (C_F) eines am netzseitigen Eingang einer dreiphasigen, mit Halbleiterschaltelementen (T_{1_1} , T_{1_2} , T_{1_3} , T_{2_1} , T_{2_2} , T_{2_3}) und Induktivitäten (L_N) aufgebauten Gleichrichterschaltung angeordneten und mit Gleich- und Gegentaktstörungen belasteten Gleichtaktfilters, bei dem vorgeschlagen wird, dass die Kapazität oder ein zur Kapazität proportionaler Wert mithilfe von gemessenen Gleichtaktströmen (i_{CM}) mit Frequenzen unterhalb oder gleich der Resonanzfrequenz (f_{res}) des von den Filterkondensatoren (C_F) des Gleichtaktfilter und den Induktivitäten (L_N) der Gleichrichterschaltung gebildeten Schwingkreises ermittelt wird, und bei Unterschreiten eines vorgegebenen Grenzwertes (GW) ein Warnsignal generiert wird. Mithilfe der Erfindung gelingt es die Betriebssicherheit der Filterkondensatoren (C_F) auf einfache Weise zu überwachen, und auf diese Weise mögliche Beeinträchtigungen der Filterkondensatoren (C_F) frühzeitig zu erkennen.

(Fig. 5)

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Überwachung der Betriebssicherheit von in Sternschaltung geschalteten Filterkondensatoren eines am netzseitigen Eingang einer dreiphasigen, mit Halbleiterschaltelementen und Induktivitäten aufgebauten Gleichrichterschaltung angeordneten und mit Gleich- und Gegentakstörungen belasteten Gleichtaktfilters, gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

In der modernen Leistungselektronik ist eine Vielzahl an unterschiedlichen Ausführungsformen von Gleichrichterschaltungen bekannt. Die Gleichrichterschaltungen stellen dabei im Wesentlichen aus netzseitigen, sinusförmigen Spannungen am Eingang eine möglichst konstante Gleichspannung am Ausgang der Gleichrichterschaltung bereit. Am netzseitigen Eingang weist die Schaltung dabei drei Phasen L1, L2, L3 auf. Die Phasenströme i_{L1}, i_{L2}, i_{L3} sind dabei in Phase mit den Phasenspannungen und weisen sinusförmigen Verlauf auf. Die Stromperiode der Schaltung ist durch die Netzperiode gegeben.

Eine Ausführungsform einer Gleichrichterschaltung wird etwa von sechs regelbaren Halbleiterschaltelementen, vorzugsweise Leistungsschaltern (IGBTs), gebildet, die durch entsprechendes Schalten mit einer gegebenen Schaltfrequenz aus den netzseitigen, sinusförmigen Spannungen am Eingang die gleichgerichtete Spannung erzeugen. In der Regel werden hierfür die regelbaren Schaltelemente durch eine geeignete Ansteuereinheit entsprechend geschaltet, bei der es sich etwa um einen Pulsweitenmodulator handeln kann, der eingehende Modulationssignale in ausgehende pulswertenmodulierte Schaltsignale für die Schaltelemente umwandelt.

Am gleichstromseitigen Ausgang ist mit den Ausgangsleitungen eine Last verbunden, die auch eine weitere elektronische Schaltung, etwa ein weiterer Stromumrichter, sein kann, wobei die Gleichrichterschaltung in diesem Fall als sogenannter Gleichrichter mit Spannungszwischenkreis verwendet wird. Des Weiteren sind am gleichstromseitigen Ausgang zwischen den Ausgangsleitungen üblicherweise Ausgangskondensatoren

vorgesehen. Aufgrund der hohen gleichgerichteten Spannung müssen zwei Kondensatoren in Serie geschaltet werden. Werden bidirektionale Schalter zwischen den jeweiligen Netzphasen und dem Mittelpunktanschluss der Ausgangskondensatoren verwendet, entsteht eine so genannte aktive 3-Level Gleichrichterstruktur. Die Kommutierungen erfolgen dann nur mit halber Zwischenkreisspannung, wodurch die Leistungsschalter sperrspannungsmäßig nur mit halber Zwischenkreisspannung belastet werden. Auf diese Weise können auch Schaltverluste verringert und die Schaltfrequenz erhöht werden. Zudem kann die Eingangsdrossel kleiner ausgeführt werden.

Der Betrieb von Gleichrichterschaltungen geht jedoch stets mit der Bildung von Störsignalen einher, die in Gleichtaktstörungen (engl. Common mode noise) und Gegentaktstörungen (engl. Differential mode noise) unterteilt werden und vor allem auf die Schaltvorgänge der Schaltelemente der Gleichrichterschaltung zurückzuführen sind. Gleichtaktstörungen beschreiben Störsignale gegenüber Erde, die in allen drei Phasen gleich auftreten, während Gegentaktstörungen zwischen zwei Phasen auftreten und in jeder Phase unterschiedlich sein können. Diese Störsignale zeigen ein vielfältiges Frequenzspektrum, das unter anderem hochfrequente Anteile mit Schaltfrequenz und Vielfachen der Schaltfrequenz aufweist. Diese Störsignale können eine Vielzahl unerwünschter Wirkungen zeigen, etwa unerwünschte Netzurückkopplungen, Lagerströme bei Verwendung der Gleichrichterschaltung in Motorumrichter, oder auch Beeinträchtigungen der Funktionsweise anderer elektronischer Systeme durch hochfrequente Störsignale. Daher werden Gleichrichterschaltungen am netzseitigen Eingang zumeist mit Filteranordnungen versehen. Beispielsweise werden oft LC- oder LCL-Filterstrukturen verwendet, welche mit den Phasen L1, L2, L3 verbundene, sternförmig angeordnete Filterkondensatoren aufweisen. Diese Eingangsfilter reduzieren Gegentaktstörungen am Netz beträchtlich, weisen aber nur eine sehr geringe Abschwächung von Gleichtaktstörungen auf. Der Sternpunkt der

sternförmig angeordneten Filterkondensatoren kann jedoch mit dem Mittelpunktanschluss der Ausgangskondensatoren verbunden werden. Diese Filteranordnung wird auch als Gleichtaktfilter (engl. Common mode filter) bezeichnet und soll den aufgrund der Gleichtaktstörungen entstehenden Gleichtaktstrom in seiner Entstehung und Ausbreitung zum Netz hindern, indem die Impedanz in Richtung des Netzes entsprechend erhöht und/oder ein möglichst großer Anteil des Gleichtaktstroms über eine Verbindung entsprechend niedriger Impedanz zum Ausgang zurückgeführt wird.

Diese Gleichtaktfilter zeigen an sich gute Resultate. Die Filterkondensatoren werden allerdings zusätzlich mit dem Gleichtaktstrom beansprucht. Im praktischen Einsatz lässt sich beobachten, dass die Filterkondensatoren aufgrund äußerer Einflüsse eine reduzierte Lebensdauer aufweisen, insbesondere unter heißen Umgebungsbedingungen und bei hoher Luftfeuchtigkeit. Danach zeigt sich eine allmähliche Reduktion der Kapazität mit entsprechender Zunahme der Kondensatorströme, die mitunter auch zur Brandentwicklung führen kann. Eingangsfilter weisen somit die unangenehme Eigenschaft auf, dass ihre technische Funktion bei Betrieb mit erhöhter Umgebungstemperatur und hoher Luftfeuchtigkeit mitunter bereits nach wenigen Jahren zunehmend beeinträchtigt ist und die oben beschriebenen Probleme im Zusammenhang mit den Störsignalen wieder verstärkt auftreten, etwa die Beeinträchtigung anderer Systeme durch hochfrequente Störsignale.

Daher wäre es wünschenswert, wenn die Filterkondensatoren entsprechend überwacht werden könnten, um deren ordnungsgemäßen Betrieb sicherzustellen. Eine Möglichkeit bestünde etwa darin den Strom und die Spannung an jedem Kondensator zu messen und durch Quotientenbildung gemäß den hinlänglich bekannten Formeln die Kapazität zu ermitteln. Eine solche Vorgangsweise erfordert aber Strom- und Spannungsmessungen an jedem Kondensator, und somit einen entsprechenden messtechnischen Aufwand.

Es ist daher das Ziel der Erfindung die Betriebssicherheit der Filterkondensatoren auf einfache Weise zu überwachen, um mögliche Beeinträchtigungen der Filterkondensatoren frühzeitig erkennen zu können.

Diese Ziele werden durch die Merkmale von Anspruch 1 erreicht. Anspruch 1 bezieht sich auf ein Verfahren zur Überwachung der Betriebssicherheit von in Sternschaltung geschalteten Filterkondensatoren eines am netzseitigen Eingang einer dreiphasigen, mit Halbleiterschaltetelementen und Induktivitäten aufgebauten Gleichrichterschaltung angeordneten und mit Gleich- und Gegentaktstörungen belasteten Gleichtaktfilters. Erfindungsgemäß wird hierbei vorgeschlagen, dass die Kapazität oder ein zur Kapazität proportionaler Wert mithilfe von gemessenen Gleichtaktströmen mit Frequenzen unterhalb oder gleich der Resonanzfrequenz des von den Filterkondensatoren des Gleichtaktfilter und den Induktivitäten der Gleichrichterschaltung gebildeten Schwingkreises ermittelt wird, und bei Unterschreiten eines vorgegebenen Grenzwertes ein Warnsignal generiert wird.

Erfindungsgemäß wird somit die Kapazität oder ein zur Kapazität proportionaler Wert zur Überwachung der Betriebssicherheit der Filterkondensatoren herangezogen. Bei Unterschreiten eines vorgegebenen Grenzwertes wird ein Warnsignal generiert, das den Anwender auf die fehlende Betriebssicherheit der Filterkondensatoren hinweist. Dabei kann etwa ein erstes Warnsignal bei Unterschreiten eines ersten Grenzwertes als Vorwarnsignal vorgesehen sein, um noch vor dem Eintreten von Problemen aufgrund fehlender Betriebssicherheit erforderliche Maßnahmen wie das Wechseln der Filterkondensatoren setzen zu können. Zudem kann ein zweites Warnsignal bei Unterschreiten eines zweiten Grenzwertes, der unterhalb des ersten Grenzwertes liegt, vorgesehen sein, um etwa eine sofortige Außerbetriebnahme des betroffenen Umrichters anzuzeigen. Erfindungsgemäß werden des Weiteren Gleichtaktströme mit Frequenzen unterhalb oder gleich

der Resonanzfrequenz des von den Filterkondensatoren des Gleichtaktfilter und den Induktivitäten der Gleichrichterschaltung gebildeten Schwingkreises zur Beurteilung der Betriebssicherheit der Filterkondensatoren herangezogen. Beobachtungen der Anmelderin haben nämlich gezeigt, dass sich bei diesen Frequenzen die Abnahme der Kapazität mit ausreichender Deutlichkeit feststellen lässt, um eine zuverlässige Beurteilung der Betriebssicherheit zu ermöglichen, wie noch näher ausgeführt werden wird.

Die Messung der Gleichtaktströme sowie die Ermittlung der Kapazität oder eines zur Kapazität proportionalen Wertes kann auf unterschiedliche Weise vorgenommen werden. So könnten die Gleichtaktströme etwa mithilfe einer Strommessung in der elektrischen Leitung zwischen dem Sternpunkt der sternförmig angeordneten Filterkondensatoren und dem Mittelpunktanschluss der Ausgangskondensatoren der Gleichrichterschaltung gemessen werden. Diese Vorgangsweise erfordert allerdings die Anordnung eines zusätzlichen Stromsensors. Daher wird vorzugsweise vorgeschlagen, dass der Gleichtaktstrom durch Addition der in jeder der drei Phasen gemessenen Eingangsströme am netzseitigen Eingang ermittelt wird. Bei dieser Addition verbleibt lediglich der Gleichtaktstrom als Summenwert, da sich die Gegentaktströme neben den eigentlichen Phasenströmen zu Null addieren. Die Eingangsströme werden aber ohnehin zur Überwachung und Regelung des Umrichters gemessen, sodass hierfür kein zusätzlicher messtechnischer Aufwand erforderlich ist.

Eine Möglichkeit zur Ermittlung der Kapazität oder eines zur Kapazität proportionalen Wertes anhand der so gemessenen Gleichtaktströme besteht vorzugsweise darin, den Effektivwert des Gleichtaktstromes bei der Frequenz der dritten Netzharmonischen oder bei ungeraden Vielfachen dieser Frequenz als einen zur Kapazität proportionalen Wert zu ermitteln. Die Gleichtaktspannung ist nämlich nur von der Zwischenkreisspannung abhängig und direkt proportional zur Zwischenkreisspannung. Da die Zwischenkreisspannung bekannt

ist, hängt der Kapazitätswert daher nur vom Effektivwert des Gleichtaktstroms ab, der somit zur Beurteilung der Filterkondensatoren herangezogen werden kann. Die dritte Netzharmonische zeigt mitunter auch eine Abhängigkeit von der für die Halbleiterschaltetelemente gewählten Modulationsfunktion, sodass bei Änderungen der Modulationsfunktion die Wahl von Netzharmonischen mit ungeraden Vielfachen der Frequenz der dritten Netzharmonischen, also etwa der neunten Netzharmonischen, vorteilhaft sein kann, die eine solche Abhängigkeit nicht zeigen. Dabei könnte in weiterer Folge die Kapazität unter Quotientenbildung mit dem Effektivwert der Gleichtaktspannung errechnet werden, und die so errechnete Kapazität mit vorgegebenen Grenzwerten verglichen werden, oder es wird der Effektivwert des Gleichtaktstroms nach Multiplikation mit einem entsprechenden Korrekturfaktor für die Zwischenkreisspannung mit entsprechenden Grenzwerten verglichen.

Dabei ist es auch denkbar, dass ein Gleichtaktsignal einer ungeraden Vielfachen der Frequenz der dritten Netzharmonischen zum Modulationssignal für die Halbleiterschaltetelemente addiert wird, da solch ein Gleichtaktsignal, das zu den Modulationssignalen der drei Phasen des Umrichters hinzuaddiert wird, keine Auswirkungen auf die Eingangsströme hat. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass nur ungerade Vielfache der dritten Netzharmonischen keine nachteiligen Auswirkungen haben.

Eine bevorzugte Möglichkeit zur Ermittlung des Effektivwerts des Gleichtaktstromes bei der Frequenz der dritten Netzharmonischen oder ungeraden Vielfachen dieser Frequenz besteht etwa darin, die Netzharmonische mithilfe eines Tiefpassfilters mit einer Grenzfrequenz oberhalb der Frequenz der dritten Netzharmonischen oder ungeraden Vielfachen dieser Frequenz aus dem gemessenen Gleichtaktstrom zu ermitteln und mit einer zumindest der Schaltfrequenz der Halbleiterschaltetelemente entsprechenden Abtastrate abzutasten,

und aus den abgetasteten Werten den Effektivwert des gefilterten Gleichtaktstroms zu errechnen. Da die Frequenz etwa der dritten Netzharmonischen das Dreifache der Netzfrequenz beträgt, also 150 Hz, ist eine Abtastrate mit zumindest der Schaltfrequenz der Halbleiterschaltetelemente, die im kHz-Bereich liegt, somit ausreichend. Die Ermittlung eines zur Kapazität proportionalen Wertes anhand des so abgetasteten Gleichtaktstromes kann dabei digital erfolgen, oder auch analog. Im Zuge einer bevorzugten Ausführung können die abgetasteten Werte einem Quadrierer zugeführt werden, dessen Ausgangssignal mithilfe eines Tiefpassfilters geglättet wird. Das Ergebnis ist ein dem Quadrat des Effektivwerts des Gleichtaktstromes entsprechender Wert, der in weiterer Folge nach Multiplikation mit einem entsprechenden Korrekturfaktor für die Zwischenkreisspannung als ein zur Kapazität proportionaler Wert für den Vergleich mit vorgegebenen Grenzwerten, die auf das Quadrat des Gleichtaktstromes abstellen, herangezogen werden kann.

Als Alternative zur oben beschriebenen Vorgangsweise auf Basis von Netzharmonischen wird vorgeschlagen, dass aus den gemessenen Gleichtaktströmen mithilfe eines Tiefpassfilters Gleichtaktströme mit Frequenzen unterhalb der Schaltfrequenz der Halbleiterschaltetelemente ermittelt und abgetastet werden, und aus den abgetasteten Werten mithilfe einer Fourier-Transformation die Resonanzfrequenz des von den Filterkondensatoren des Gleichtaktfilter und den Induktivitäten der Gleichrichterschaltung gebildeten Schwingkreises als ein zur Kapazität proportionaler Wert als Maximum im Frequenzspektrum ermittelt wird. Die Filterkondensatoren des Gleichtaktfilters und die Induktivitäten der Gleichrichterschaltung können mit der von der Gleichrichterschaltung gebildeten Störspannungsquelle als Schwingkreis aufgefasst werden, dem eine Resonanzfrequenz zugeordnet werden kann. Beobachtungen der Anmelderin haben nun ergeben, dass sich diese Resonanzfrequenz bei zunehmender Beeinträchtigung der Filterkondensatoren mit ausreichender Deutlichkeit verändert, um eine zuverlässige Beurteilung der

Betriebssicherheit zu ermöglichen. Die Resonanzfrequenz ist über hinlänglich bekannte Formeln abhängig von der Kapazität der Kondensatoren, sodass sich somit auch die Resonanzfrequenz als ein zur Kapazität proportionaler Wert verwenden lässt, der sich mit vorgegebenen Grenzwerten vergleichen lässt. Die Resonanzfrequenz liegt aber in der Regel zwischen den niederfrequenten Oberschwingungsfrequenzen des Netzes und unterhalb der Schaltfrequenz der Halbleiterelemente. Die Schaltfrequenzanteile können daher nicht mehr in einfacher Weise mit einem Tiefpassfilter weggefiltert werden, sodass auch die Abtastrate entsprechend höher gewählt werden muss. Abtastraten in der Höhe der Zehnfachen Schaltfrequenz sollten jedenfalls ausreichend sein. Die so abgetasteten Werte können in weiterer Folge einer schnellen Fourier-Transformation (FFT, Fast Fourier Transformation) oder diskreten Fourier-Transformation (DFT, Discrete Fourier Transformation) unterzogen werden, um das Frequenzspektrum zu errechnen. Die Resonanzfrequenz erscheint im entsprechenden Bereich des Frequenzspektrums als Maximum, sodass über die Ermittlung des Maximums im Frequenzspektrum die Resonanzfrequenz ermittelt werden kann. Die Resonanzfrequenz kann in weiterer Folge als ein zur Kapazität proportionaler Wert mit vorgegebenen Grenzwerten, die auf die Resonanzfrequenz abstellen, verglichen werden.

Die Erfindung bezieht sich des Weiteren auch auf einen Umrichter mit einem Prozessor zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Ein erfindungsgemäßer Umrichter wird dabei in der Regel einen Prozessor aufweisen, auf dem entsprechende Softwaremodule zur Durchführung der erfindungsgemäßen Verfahrensmerkmale implementiert sind.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen mithilfe der beiliegenden Figuren näher erläutert. Hierbei zeigen die

Fig. 1 beispielhaft eine Ausführungsform einer Gleichrichterschaltung mit Gleichtaktfilter zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 eine Darstellung zur beobachteten Verschlechterung der Funktion von Filterkondensatoren,

Fig. 3 eine schematische Darstellung zur Beurteilung der Betriebssicherheit von Filterkondensatoren,

Fig. 4a ein Ersatzschaltbild für den von den Filterkondensatoren des Gleichtaktfilter und den Induktivitäten der Gleichrichterschaltung mit der von der Gleichrichterschaltung gebildeten Störspannungsquelle gebildeten Schwingkreis,

Fig. 4b eine Darstellung des Zusammenhangs zwischen Gleichtaktstrom und Schwingkreisfrequenz für das Ersatzschaltbild der Fig. 4a und dessen Entwicklung mit zunehmendem Alter der Filterkondensatoren,

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer möglichen Implementierung einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 6 eine weitere Darstellung zur Ausführungsform gemäß der Fig. 5 in analoger Umsetzung,

Fig. 7 eine schematische Darstellung einer möglichen Implementierung einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem eine Gleichtaktkomponente mit neunten Stromharmonischen zur Modulationsfunktion des Umrichters hinzuaddiert wird,

Fig. 8a ein Ersatzschaltbild für den von den Filterkondensatoren des Gleichtaktfilter und den Induktivitäten der Gleichrichterschaltung mit der von der Gleichrichterschaltung gebildeten Störspannungsquelle

gebildeten Schwingkreis für die Ausführungsform gemäß der Fig. 7,

Fig. 8b eine Darstellung des Zusammenhangs zwischen Gleichtaktstrom und Schwingkreisfrequenz für das Ersatzschaltbild der Fig. 8a und dessen Entwicklung mit zunehmendem Alter der Filterkondensatoren, und die

Fig. 9 eine schematische Darstellung einer möglichen Implementierung einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens unter Zuhilfenahme schneller Fourier-Transformation.

Die Fig. 1 zeigt beispielhaft eine Ausführungsform einer Gleichrichterschaltung als Anwendungsbeispiel für das erfindungsgemäße Verfahren. In der Figur 1 ist netzseitig ein Neutralpunkt N, das Massen-Potential des Netzes, dargestellt. Am gleichstromseitigen Ausgang ist mit den Ausgangsleitungen $+u_0/2$ und $-u_0/2$ eine Last verbunden. Des Weiteren sind am gleichstromseitigen Ausgang zwischen den Ausgangsleitungen $+u_0/2$ und $-u_0/2$ üblicherweise Ausgangskondensatoren C_{0p} und C_{0n} mit einem gemeinsamen Mittelpunktanschluss M vorgesehen. Die Last kann auch eine weitere elektronische Schaltung, etwa ein weiterer Stromumrichter, sein, wobei die dargestellte Gleichrichterschaltung dann als sogenannter Gleichrichter mit Spannungszwischenkreis verwendet wird. Des Weiteren weist die Schaltung gemäß Figur 1 eingangsseitig in jeder Phase noch eine Eingangsdrossel L_N auf. Die Phasenströme i_{L1}, i_{L2}, i_{L3} sind in Phase mit den Netzspannungen und daher entsprechend eines Drehstromnetzes phasenverschoben. Die Stromperiode der Schaltung ist dabei durch die Netzperiode f_N gegeben. Die Gleichrichtenanordnung wird aus sechs vorzugsweise als Leistungsschalter (IGBTs) ausgebildete Halbleiterschaltelemente $T_{1_1}, T_{1_2}, T_{1_3}, T_{2_1}, T_{2_2}$ und T_{2_3} gebildet. Des Weiteren sind in der gezeigten Ausführungsform einer 3-Level Gleichrichterstruktur rückwärtssperrende Leistungsschalter (IGBTs) $T_{3_1}, T_{4_1}, T_{3_2}, T_{4_2}$, sowie T_{3_3} und T_{4_3} zu jeder Phase L1, L2, L3 gezeigt und mit dem gemeinsamen

Mittelpunktanschluss der Ausgangskondensatoren C_{0p} und C_{0n} verbunden. Schaltungen gemäß der Fig. 1 verfügen des Weiteren über einen Prozessor (in der Fig. 1 nicht ersichtlich) zur Steuerung der verwendeten Leistungsschalter.

Der Betrieb von Gleichrichterschaltungen geht jedoch wie bereits erwähnt mit der Bildung von Störsignalen einher, die in Gleichtaktstörungen (engl. Common mode noise) und Gegentaktstörungen (engl. Differential mode noise) unterteilt werden und vor allem auf die Schaltvorgänge der Schaltelemente der Gleichrichterschaltung zurückzuführen sind. Daher werden Gleichrichterschaltungen am netzseitigen Eingang mit Filteranordnungen in LC- oder LCL-Ausführung versehen, die beispielsweise mit den Phasen L1, L2, L3 verbundene, sternförmig angeordnete Filterkondensatoren C_F aufweisen, und deren Sternpunkt mit dem Mittelpunktanschluss M der Ausgangskondensatoren C_{0p} und C_{0n} der Gleichrichterschaltung verbunden ist. Diese Filteranordnung wird auch als Gleichtaktfilter (engl. Common mode filter) bezeichnet und soll den aufgrund der Gleichtaktstörungen entstehenden Gleichtaktstrom in seiner Entstehung und Ausbreitung zum Netz hindern.

Wie bereits erwähnt wurde, werden die Filterkondensatoren C_F allerdings sehr beansprucht, wobei sich im praktischen Einsatz beobachten lässt, dass die Lebensdauer der Filterkondensatoren aufgrund äußerer Einflüsse reduziert werden kann, wie anhand der Fig. 2 erläutert wird. Gemäß Fig. 2 zeigt sich im Vergleich zu den gewünschten Kapazitätswerten (obere Kurve) eine allmähliche Reduktion der Kapazität (untere Kurve), die auf den Betrieb bei erhöhter Umgebungstemperatur von 40°C und hoher Luftfeuchtigkeit bei permanenter Spannungsbelastung zurückzuführen ist. Die technische Funktion der Kondensatoren und somit der Gleichtaktfilterstufe kann somit bereits nach wenigen Jahren beeinträchtigt sein, und daher können Probleme im Zusammenhang mit Störsignalen wieder verstärkt auftreten, etwa unerwünschte Netzzrückkopplungen, Lagerströme bei Verwendung der Gleichrichterschaltung in Motorumrichter, oder

die Beeinträchtigung anderer Systeme durch hochfrequente Störsignale.

Daher wäre es wünschenswert, wenn die Filterkondensatoren C_F entsprechend überwacht werden könnten, um deren ordnungsgemäßen Betrieb sicherzustellen. Hierfür wird vorgeschlagen die Kapazität oder einen zur Kapazität proportionalen Wert zur Überwachung der Betriebssicherheit der Filterkondensatoren C_F heranzuziehen, wie anhand der Fig. 3 erläutert wird. Bei Unterschreiten eines vorgegebenen ersten Grenzwertes GW_1 wird ein Vorwarnsignal generiert, das den Anwender auf eine bevorstehende fehlende Betriebssicherheit der Filterkondensatoren C_F hinweist. Bei Unterschreiten eines zweiten Grenzwertes GW_2 , der unterhalb des ersten Grenzwertes GW_1 liegt, wird ein Warnsignal generiert, das eine sofortige Außerbetriebnahme des betroffenen Umrichters empfiehlt.

In weiterer Folge sollen unterschiedliche Möglichkeiten zur Ermittlung eines Werts vorgeschlagen werden, der sich zur Bewertung der Betriebssicherheit gemäß der Fig. 3 eignet. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird hierfür die Kapazität oder ein zur Kapazität proportionaler Wert für die Filterkondensatoren C_F des Gleichtaktfilters ermittelt und mit den Grenzwerten GW_1 und GW_2 verglichen. Zur Erläuterung der unterschiedlichen Möglichkeiten wird zunächst auf die Fig. 4 Bezug genommen. Die Fig. 4a zeigt dabei ein Ersatzschaltbild für den von den Filterkondensatoren C_F des Gleichtaktfilter und den Induktivitäten L_N der Gleichrichterschaltung mit der von der Gleichrichterschaltung gebildeten Störspannungsquelle U_{CM} gebildeten Schwingkreis. Hinsichtlich der Störspannungsquelle U_{CM} wird schematisch angedeutet, dass die Störspannungen hochfrequente Anteil $U_{CM, HF}$ aufgrund der Schaltvorgänge der Schaltelemente enthalten, sowie im Vergleich dazu niederfrequente Anteile $U_{CM, \sim}$, beispielsweise aufgrund einer gewünschten dritten Harmonischen Spannungskomponente, welche zur Erhöhung des Aussteuergrades der Gleichrichterschaltung verwendet wird. Die Fig. 4b zeigt eine Darstellung des Zusammenhangs zwischen dem Gleichtaktstrom i_{CM} und der

Schwingkreisfrequenz f für das Ersatzschaltbild der Fig. 4a. Der Gleichtaktstrom i_{CM} steigt zunächst mit zunehmender Schwingkreisfrequenz f an (durchgezogene Kurve), und fällt nach Erreichen der Resonanzfrequenz f_{res} wieder ab. Mit zunehmendem Alter der Filterkondensatoren C_F (gestrichelte Kurve) verschiebt sich die Resonanzfrequenz f_{res} zu höheren Werten, was aufgrund des hinlänglich bekannten Zusammenhangs zwischen der Resonanzfrequenz f_{res} , der Induktivität und der Kapazität eines Schwingkreises auf eine abnehmende Kapazität schließen lässt. Es ist jedoch bemerkenswert, dass für Frequenzen oberhalb der Resonanzfrequenz f_{res} kein merklicher Unterschied zwischen einem unbeeinträchtigten Filterkondensator C_F (durchgezogene Kurve) und einem beeinträchtigten Filterkondensator C_F (gestrichelte Kurve) besteht. Für Frequenzen unterhalb der Resonanzfrequenz f_{res} ist jedoch ein deutlicher Unterschied zu beobachten, der im Rahmen der vorliegenden Erfindung für eine Bewertung der Betriebssicherheit von Filterkondensator C_F herangezogen wird.

Die Fig. 5 zeigt etwa eine erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei der gemäß Fig. 4b beobachtete Sachverhalt ausgenutzt wird, dass sich der Gleichtaktstrom i_{CM} bei gleicher Frequenz verringert. Hierbei wird der Effektivwert $i_{CM,RMS}$ des Gleichtaktstromes i_{CM} bei der Frequenz $3f_N$ der dritten Netzharmonischen als ein zur Kapazität der Filterkondensatoren C_F proportionaler Wert ermittelt. Nach Ermittlung des zeitabhängigen Gleichtaktstromes i_{CM} , etwa durch Messung der in jeder der drei Phasen L1, L2, L3 gemessenen Eingangsströme am netzseitigen Eingang und deren Addition, wird die dritte Netzharmonische mithilfe eines Tiefpassfilters LP mit einer Grenzfrequenz oberhalb der Frequenz $3f_N$ der dritten Netzharmonischen aus dem gemessenen Gleichtaktstrom i_{CM} gefiltert. Der gefilterte Gleichtaktstrom $i_{CM,LF}$ enthält nur mehr entsprechend niedrige Frequenzanteile im Bereich der dritten Netzharmonischen und wird in weiterer Folge mit einer zumindest der Schaltfrequenz f_s der Halbleiterschaltelemente entsprechenden Abtastrate abgetastet. Aus den abgetasteten Werten kann der Effektivwert $i_{CM,RMS}$ des Gleichtaktstroms i_{CM} als

Quadratwurzel des quadratischen Mittelwerts des zeitlich veränderlichen Gleichtaktstroms i_{CM} errechnet werden. Dieser Effektivwert $i_{CM,RMS}$ des Gleichtaktstroms i_{CM} kann nach Multiplikation mit einem entsprechenden Korrekturfaktor $V_{BUS}/V_{BUS,nom}$ für die Zwischenkreisspannung V_{BUS} mit entsprechenden Grenzwerten $GW_1(i_{CM})$ und $GW_2(i_{CM})$ verglichen werden.

Die Ermittlung eines zur Kapazität proportionalen Wertes anhand des abgetasteten Gleichtaktstromes i_{CM} kann dabei digital erfolgen, oder auch analog, wie anhand der Fig. 6 gezeigt wird. Im Zuge einer analogen Ermittlung können die gefilterten und abgetasteten Werte einem Quadrierer 1 zugeführt werden, dessen Ausgangssignal mithilfe eines Tiefpassfilters 2 geglättet wird. Das Ergebnis ist ein dem Quadrat des Effektivwerts des Gleichtaktstromes $i_{CM,RMS}^2$ entsprechender Wert, der in weiterer Folge nach Multiplikation mit dem Korrekturfaktor $V_{BUS}/V_{BUS,nom}$ für die Zwischenkreisspannung V_{BUS} als ein zur Kapazität proportionaler Wert für den Vergleich mit vorgegebenen Grenzwerten $GW_1(i_{CM}^2)$ und $GW_2(i_{CM}^2)$, die auf das Quadrat des Gleichtaktstromes i_{CM} abstellen, herangezogen werden kann.

Anstelle der dritten Netzharmonischen könnte auch jedes ungerade Vielfache der dritten Netzharmonischen zur Ermittlung der Kapazität herangezogen werden, etwa die neunte Netzharmonische. Es ist auch denkbar, eine Gleichtaktkomponente mit neunten Netzharmonischen der Modulationsfunktion des Umrichters hinzuzuaddieren, wie anhand der Fig. 7 und 8 erläutert wird. Die Fig. 7 zeigt dabei eine schematische Darstellung einer üblichen Regelung eines Umrichters. Die in Fig. 7 dargestellte aktive Gleichrichterschaltung umfasst wiederum sechs regelbare Halbleiterschaltenelemente $T_{1,1}$, $T_{1,2}$, $T_{1,3}$, $T_{2,1}$, $T_{2,2}$, $T_{2,3}$, vorzugsweise IGBTs. Zur Ansteuerung der Halbleiterschaltenelemente $T_{1,1}$, $T_{1,2}$, $T_{1,3}$, $T_{2,1}$, $T_{2,2}$, $T_{2,3}$ etwa über Pulsweitenmodulation ist eine Regeleinrichtung vorgesehen, die an sich bekannte Regelelemente umfasst, im gezeigten Ausführungsbeispiel gemäß der Fig. 7 beispielsweise

einen Stromregler $K(s)$, einen Pulsweitenmodulator PWM, sowie ein Messglied $M(s)$ zum Erfassen der jeweiligen Eingangsströme in den drei Phasen L1, L2, L3. Das Messglied $M(s)$ stellt die gemessenen Eingangsströme i_{meas} dem Stromregler $K(s)$ bereit, wo in an sich bekannter Weise ein Abgleich mit einem Zielwert i_{ref} erfolgt und ein Modulationssignal m_r für den Pulsweitenmodulator PWM erzeugt wird. Der Pulsweitenmodulator PWM wandelt eingehende Modulationssignale m_r in ausgehende pulsweitenmodulierte Schaltsignale g für die Halbleiterschaltelemente T_{1_1} , T_{1_2} , T_{1_3} , T_{2_1} , T_{2_2} , T_{2_3} um. Den Modulationssignalen m_r wird jedoch zusätzlich eine Gleichtaktkomponente m_9 mit der Frequenz der neunten Netzharmonischen addiert. Alternativ oder zusätzlich könnte auch eine Gleichtaktkomponente m_3 mit der Frequenz der dritten Netzharmonischen addiert werden, zum Beispiel um in bekannter Weise den Aussteuerbereich der Gleichrichterschaltung zu erhöhen. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass nur ungeradzahlige Vielfache der dritten Netzharmonischen keine nachteiligen Auswirkungen auf die Eingangsströme haben.

Die Fig. 8a zeigt dabei ein Ersatzschaltbild für den von den Filterkondensatoren C_F des Gleichtaktfilter und den Induktivitäten L_N der Gleichrichterschaltung mit der von der Gleichrichterschaltung gebildeten Störspannungsquelle U_{CM} gebildeten Schwingkreis, der nun auch Gleichtaktspannungen U_{h9} aufgrund der hinzuaddierten Gleichtaktkomponente mit neunten Netzharmonischen enthält. Die Fig. 8b zeigt hierfür wieder eine Darstellung des Zusammenhangs zwischen dem Gleichtaktstrom i_{CM} und der Schwingkreisfrequenz f für das Ersatzschaltbild der Fig. 8a, wobei auch die Frequenz $3 \cdot 3f_N$ der neunten Netzharmonischen h_9 eingezeichnet ist. Der Gleichtaktstrom i_{CM} steigt wiederum mit zunehmender Schwingkreisfrequenz f an (durchgezogene Kurve), und fällt nach Erreichen der Resonanzfrequenz f_{res} wieder ab. Mit zunehmendem Alter der Filterkondensatoren C_F (gestrichelte Kurve) verschiebt sich die Resonanzfrequenz f_{res} zu höheren Werten, was aufgrund des hinlänglich bekannten Zusammenhangs zwischen der Resonanzfrequenz f_{res} , der Induktivität und der

Kapazität eines Schwingkreises auf eine abnehmende Kapazität schließen lässt. Bei gleicher Frequenz verringert sich der Gleichtaktstrom i_{CM} , wie unter anderem bei der Frequenz $3 \cdot 3f_N$ für die neunte Netzharmonische h_9 zu beobachten ist. Analog zur Fig. 5 wird der Effektivwert $i_{CM,RMS}$ des Gleichtaktstromes i_{CM} bei der Frequenz $3 \cdot 3f_N$ der neunten Netzharmonischen als ein zur Kapazität der Filterkondensatoren C_F proportionaler Wert ermittelt. Nach Ermittlung des zeitabhängigen Gleichtaktstromes i_{CM} , etwa durch Messung der in jeder der drei Phasen L1, L2, L3 gemessenen Eingangsströme am netzseitigen Eingang und deren Addition, wird die neunte Netzharmonische h_9 mithilfe eines Tiefpassfilters LP mit einer Grenzfrequenz oberhalb der Frequenz der neunten Netzharmonischen aus dem gemessenen Gleichtaktstrom i_{CM} gefiltert. Der gefilterte Gleichtaktstrom $i_{CM,LF}$ enthält nur mehr entsprechend niedrige Frequenzanteile im Bereich der neunten Netzharmonischen und wird in weiterer Folge mit einer zumindest der Schaltfrequenz f_s der Halbleiterschaltentelemente entsprechenden Abtastrate abgetastet. Aus den abgetasteten Werten kann der Effektivwert $i_{CM,RMS}$ des Gleichtaktstroms i_{CM} als Quadratwurzel des quadratischen Mittelwerts des zeitlich veränderlichen Gleichtaktstroms i_{CM} errechnet werden. Dieser Effektivwert $i_{CM,RMS}$ des Gleichtaktstroms i_{CM} kann nach Multiplikation mit einem entsprechenden Korrekturfaktor $V_{BUS}/V_{BUS,nom}$ für die Zwischenkreisspannung V_{BUS} mit entsprechenden Grenzwerten $GW_1(i_{CM})$ und $GW_2(i_{CM})$ verglichen werden.

Als Alternative zur oben beschriebenen Vorgangsweise auf Basis von Stromharmonischen wird vorgeschlagen, dass die Resonanzfrequenz f_{res} als ein zur Kapazität indirekt proportionaler Wert ermittelt und mit vorgegebenen Grenzwerten $GW_1(f_{res})$ und $GW_2(f_{res})$ verglichen wird, wie anhand der Fig. 9 erläutert wird. Wie bereits ausgeführt wurde, können nämlich die Filterkondensatoren C_F des Gleichtaktfilter und die Induktivitäten L_N der Gleichrichterschaltung mit der von der Gleichrichterschaltung gebildeten Störspannungsquelle U_{CM} als Schwingkreis aufgefasst werden, dem eine Resonanzfrequenz f_{res} zugeordnet werden kann. Beobachtungen der Anmelderin haben nun

ergeben, dass sich diese Resonanzfrequenz f_{res} bei zunehmender Beeinträchtigung der Filterkondensatoren C_F mit ausreichender Deutlichkeit verändert, um eine zuverlässige Beurteilung der Betriebssicherheit zu ermöglichen.

Hierfür wird nach Ermittlung des zeitabhängigen Gleichtaktstromes i_{CM} , etwa durch Messung der in jeder der drei Phasen L1, L2, L3 gemessenen Eingangsströme am netzseitigen Eingang und deren Addition, mithilfe eines Tiefpassfilters LP Gleichtaktströme $i_{\text{CM,LF}}$ mit Frequenzen unterhalb der Schaltfrequenz f_s der Halbleiterschalt Elemente gefiltert. Der gefilterte Gleichtaktstrom $i_{\text{CM,LF}}$ enthält nur mehr entsprechend niedrige Frequenzanteile und wird in weiterer Folge mit einer zumindest der Schaltfrequenz f_s der Halbleiterschalt Elemente entsprechenden Abtastrate abgetastet. Die Abtastrate sollte dabei zumindest das Zehnfache der Resonanzfrequenz f_{res} betragen. Falls der Wert der Resonanzfrequenz f_{res} nicht im Vorhinein hinreichend abgeschätzt werden kann, empfiehlt sich eine Abtastung mit einer Abtastrate von zumindest dem Zehnfachen der Schaltfrequenz f_s . Die so abgetasteten Werte können in weiterer Folge einer schnellen Fourier-Transformation FFT oder einer diskreten Fourier-Transformation DFT unterzogen werden, um das Frequenzspektrum zu errechnen. Die Resonanzfrequenz f_{res} erscheint im Frequenzspektrum im entsprechenden Frequenzbereich als Maximum, sodass über die Ermittlung des Maximums im Frequenzspektrum die Resonanzfrequenz f_{res} ermittelt werden kann. Die Resonanzfrequenz f_{res} kann in weiterer Folge als ein zur Kapazität proportionaler Wert mit vorgegebenen Grenzwerten $GW_1(f_{\text{res}})$ und $GW_2(f_{\text{res}})$, die auf die Resonanzfrequenz f_{res} abstellen, verglichen werden. Die Ermittlung der Resonanzfrequenz f_{res} mithilfe schneller Fourier-Transformation könnte dabei auch mithilfe eines selektiven Bandpassfilter erfolgen, das im Bereich der erwarteten Resonanzfrequenz f_{res} entsprechend durchgestimmt werden kann, um die Resonanzfrequenz f_{res} aufzufinden.

Mithilfe der Erfindung gelingt es die Betriebssicherheit der Filterkondensatoren C_F auf einfache Weise zu überwachen, und auf diese Weise mögliche Beeinträchtigungen der Filterkondensatoren frühzeitig zu erkennen.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Überwachung der Betriebssicherheit von in Sternschaltung geschalteten Filterkondensatoren (C_F) eines am netzseitigen Eingang einer dreiphasigen, mit Halbleiterschaltetelementen (T_{1_1} , T_{1_2} , T_{1_3} , T_{2_1} , T_{2_2} , T_{2_3}) und Induktivitäten (L_N) aufgebauten Gleichrichterschaltung angeordneten und mit Gleich- und Gegentaktstörungen belasteten Gleichtaktfilters, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kapazität oder ein zur Kapazität proportionaler Wert mithilfe von gemessenen Gleichtaktströmen (i_{CM}) mit Frequenzen unterhalb oder gleich der Resonanzfrequenz (f_{res}) des von den Filterkondensatoren (C_F) des Gleichtaktfilter und den Induktivitäten (L_N) der Gleichrichterschaltung gebildeten Schwingkreises ermittelt wird, und bei Unterschreiten eines vorgegebenen Grenzwertes (GW) ein Warnsignal generiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Gleichtaktstrom (i_{CM}) durch Addition der in jeder der drei Phasen ($L1$, $L2$, $L3$) gemessenen Eingangsströme am netzseitigen Eingang ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Effektivwert ($i_{CM,RMS}$) des Gleichtaktstroms (i_{CM}) bei der Frequenz ($3f_N$) der dritten Netzharmonischen oder bei ungeraden Vielfachen dieser Frequenz ($m \cdot 3f_N$ mit $m=1,3,\dots$) als ein zur Kapazität proportionaler Wert ermittelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Gleichtaktsignal mit der Frequenz ($3f_N$) der dritten Netzharmonischen oder ungeraden Vielfachen dieser Frequenz ($m \cdot 3f_N$ mit $m=1,3,\dots$) zum Modulationssignal (m_r) für die Halbleiterschaltetelemente (T_{1_1} , T_{1_2} , T_{1_3} , T_{2_1} , T_{2_2} , T_{2_3}) addiert wird, und der Gleichtaktstrom (i_{CM}) an dieser Frequenz ($m \cdot 3f_N$) als ein zur Kapazität proportionaler Wert ermittelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Netzharmonische mithilfe eines Tiefpassfilters (LP) mit einer Grenzfrequenz oberhalb der Frequenz der dritten Netzharmonischen oder ungeraden Vielfachen dieser Frequenz aus dem gemessenen Gleichtaktstrom (i_{CM}) ermittelt und mit einer zumindest der Schaltfrequenz (f_s) der Halbleiterschalt Elemente (T_{1_1} , T_{1_2} , T_{1_3} , T_{2_1} , T_{2_2} , T_{2_3}) entsprechenden Abtastrate abgetastet wird, und aus den abgetasteten Werten der Effektivwert ($i_{CM,RMS}$) des gefilterten Gleichtaktstroms (i_{CM}) errechnet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus den gemessenen Gleichtaktströmen (i_{CM}) mithilfe eines Tiefpassfilters (LP) Gleichtaktströme mit Frequenzen unterhalb der Schaltfrequenz (f_s) der Halbleiterschalt Elemente (T_{1_1} , T_{1_2} , T_{1_3} , T_{2_1} , T_{2_2} , T_{2_3}) ermittelt und abgetastet werden, und aus den abgetasteten Werten mithilfe einer Fourier-Transformation (FTT) die Resonanzfrequenz (f_{res}) des von den Filterkondensatoren (C_F) des Gleichtaktfilter und den Induktivitäten (L_N) der Gleichrichterschaltung gebildeten Schwingkreises als ein zur Kapazität proportionaler Wert als Maximum im Frequenzspektrum ermittelt wird.
7. Umrichter mit einem Prozessor zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6.

Fig. 1

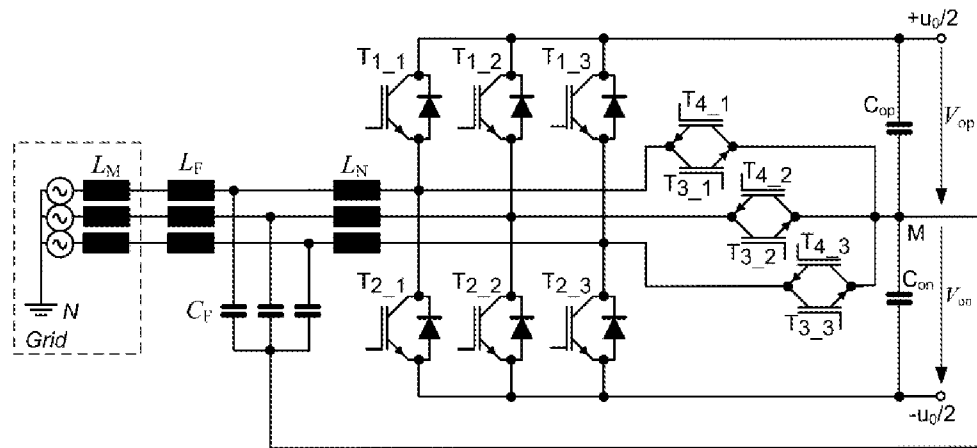


Fig. 2

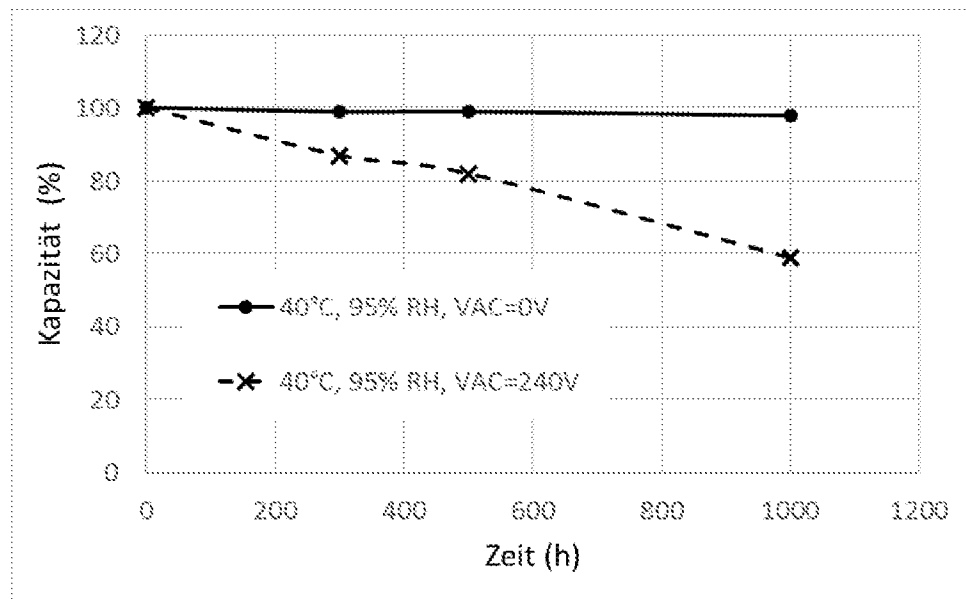


Fig. 3

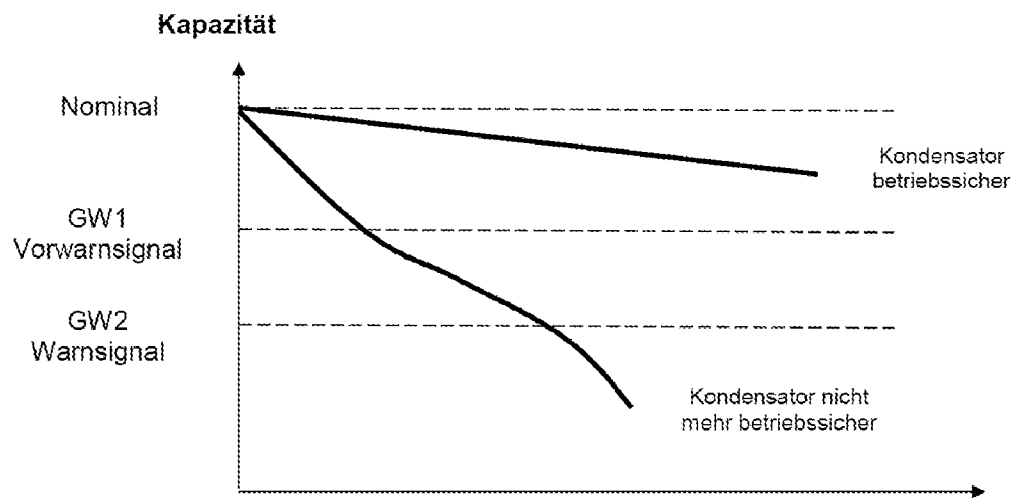


Fig. 4a

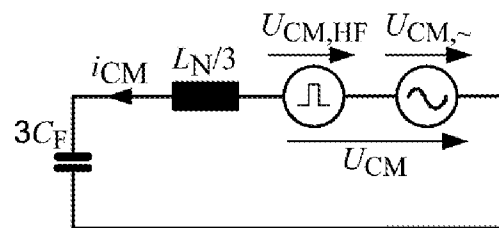


Fig. 4b

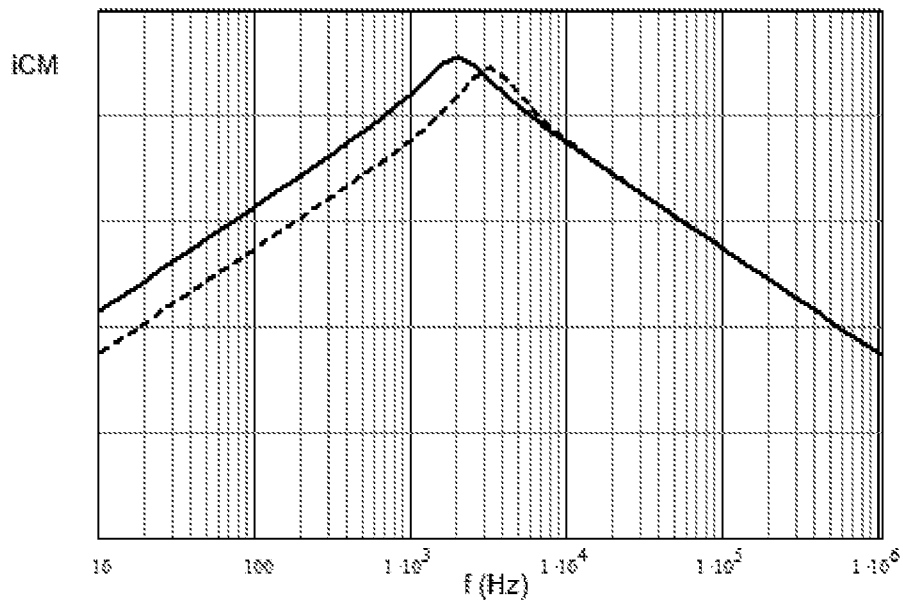


Fig. 5

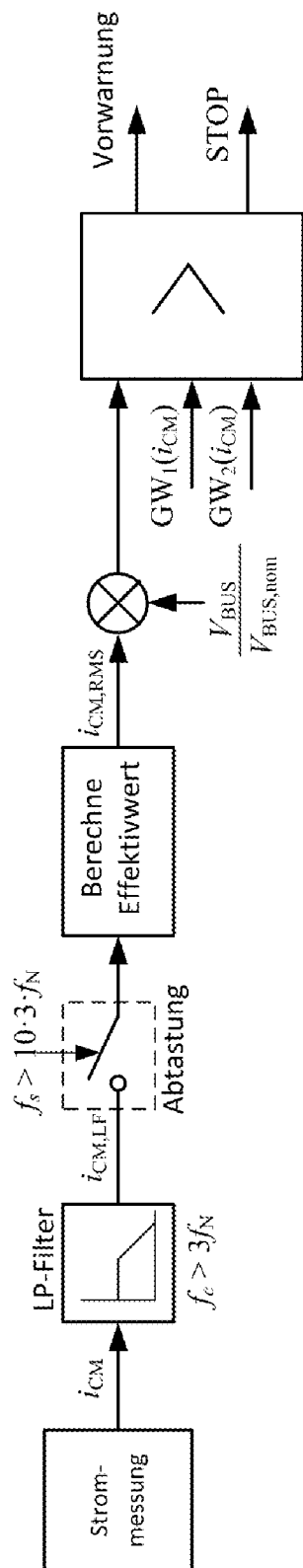


Fig. 6

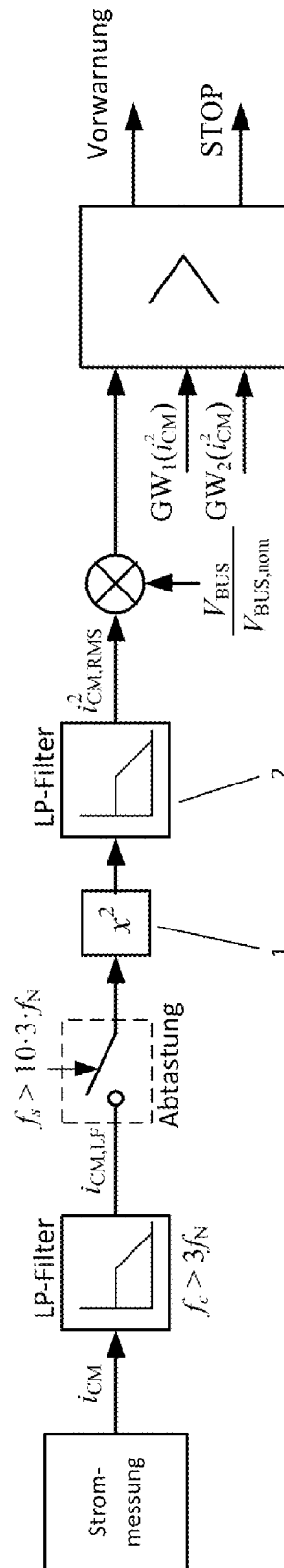


Fig. 7

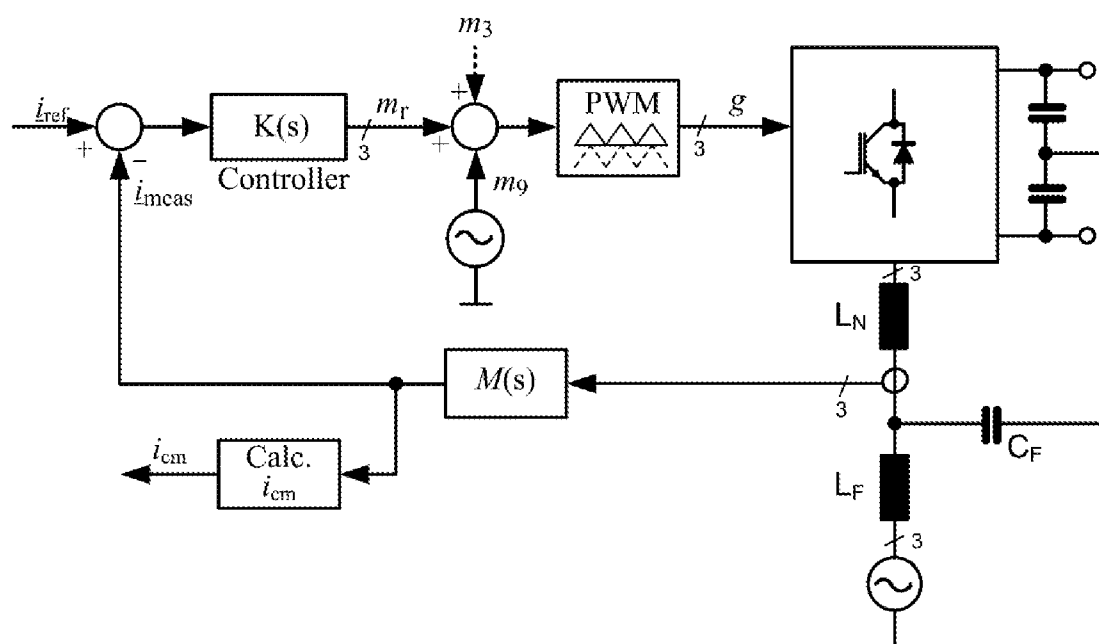


Fig. 8a

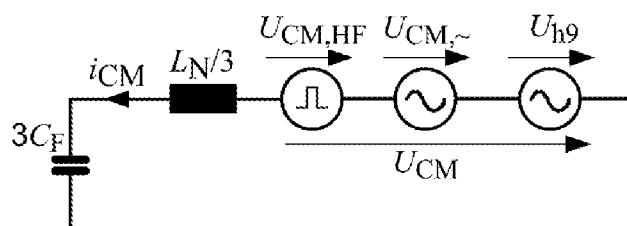
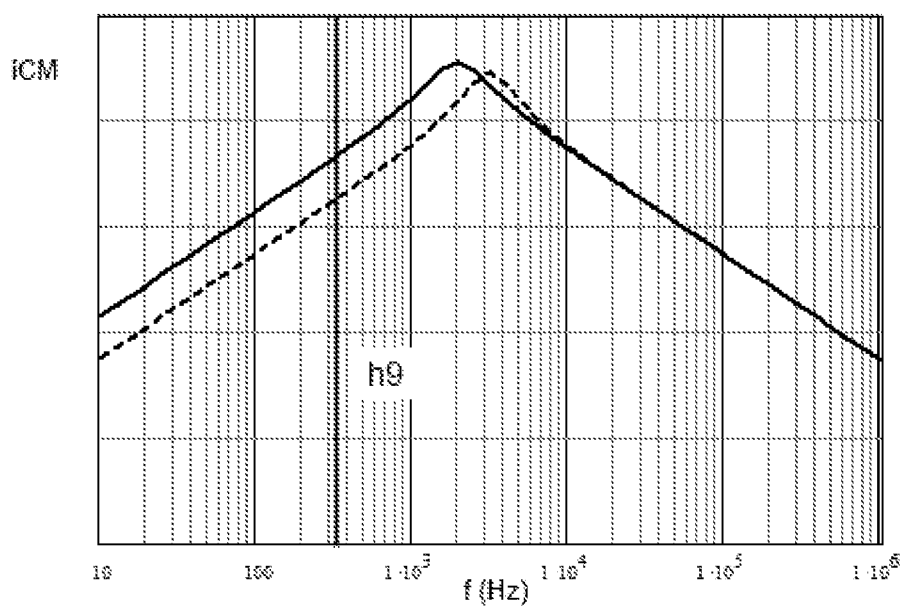


Fig. 8b



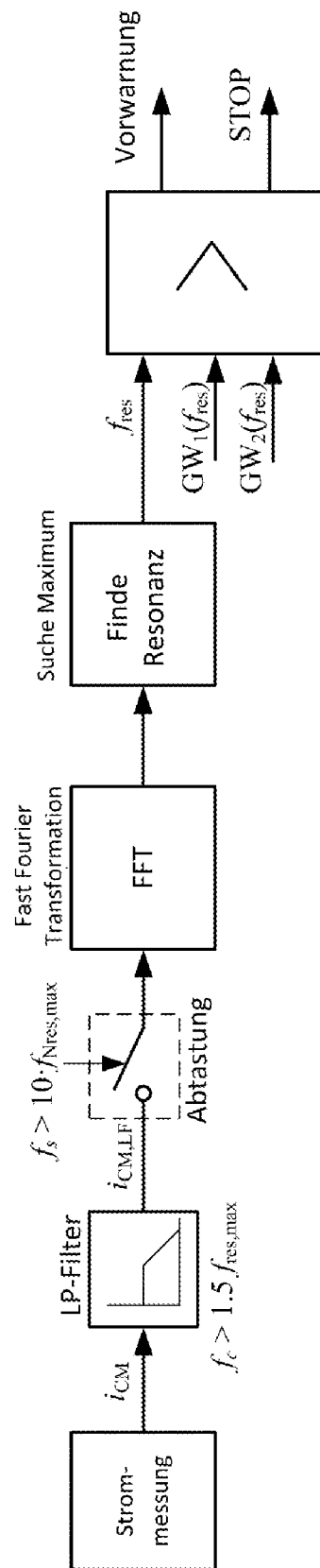


Fig. 9

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
G01R 31/02 (2006.01); **H02M 1/32** (2007.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
G01R 31/028 (2013.01); **H02M 1/32** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
G01R, H02M

Konsultierte Online-Datenbank:
WPI, EPODOC, Volltext-Datenbanken

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **20.12.2016** eingereichten Ansprüchen **1 - 7** erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	EP 2660962 A2 (ROCKWELL AUTOMATION TECH INC) 06. November 2013 gesamtes Dokument	1 - 7
A	EP 2919024 A1 (ROCKWELL AUTOMATION TECH INC) 16. September 2015 gesamtes Dokument	1 - 7
A	US 2010161259 A1 (KIM DEUK SOO, KIM RAE YOUNG) 24. Juni 2010 gesamtes Dokument	1 - 7

Datum der Beendigung der Recherche:
21.11.2017

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

PAVDI Dominika

^{*)} **Kategorien** der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.