

(12)

(21)

(51)

(56)

(71)

(72)

(74)

(54)

(57)

-



ZUSAMMENFASSUNG

- Verfahren (200) zum Erfassen eines Isolationsfehlerzustands eines LED-Moduls (802), das durch einen nicht isolierten LED-Schaltwandler (801) mit elektrischer
- 5 Leistung versorgt wird, wobei der LED-Schaltwandler (801) eine Steuerschaltung (701) zum Ausgeben eines Steuersignals für mindestens einen Schalter aufweist und an ihn mindestens ein Rückkopplungssignal (803) von dem LED-Modul (802) angelegt wird, um einen rückkopplungsgesteuerten Betrieb des LED-Moduls (802) zu implementieren, wobei das Verfahren (200) den Schritt umfasst:
- 10 - Erhalten und Analysieren (201) eines Signals (300, 400), das die Welligkeitsfrequenz des Rückkopplungssignals (803) von dem LED-Modul (802) angibt, um den Beitrag einer Harmonischen in dem Frequenzbereich einer den Wandler (801) versorgenden Netzspannung in dem Signal (300, 400) auszuwerten, und
- Stoppen oder Reduzieren (202) der dem LED-Modul (802) zugeführten
- 15 elektrischen Leistung, falls der Beitrag der Harmonischen einen gegebenen Schwellenwert während mindestens eines voreingestellten Zeitraums oder einer voreingestellten Anzahl von Zyklen überschreitet.
-

LED-MODUL MIT ISOLATIONSFEHLERERKENNUNG

TECHNISCHES GEBIET DER ERFINDUNG

- Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Erkennen eines
- 5 Isolationsfehlerzustands eines LED-Moduls und ein LED-Modul.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

- Es sind Leuchten bekannt, die LED-Module umfassen, die auf einer Metalloberfläche montiert sind. Diese Metalloberfläche ist in der Regel mit Erde
- 10 verbunden (oder dem Nullleiter, wenn in der Installation keine Erde verfügbar ist). Unter normalen Betriebsbedingungen ist der LED-Ausgang von dieser Montageoberfläche (galvanisch) isoliert.

- Abhängig von der Konstruktion der Leuchte und den Umgebungsbedingungen kann es vorkommen, dass diese Isolation zwischen LED-Ausgang und Montageoberfläche
- 15 zum Beispiel aufgrund von hoher Feuchtigkeit oder Kondenswasser auf den LED-Modulen versagt. Ein solcher Isolationsfehlerzustand, der in einer Metallleuchte aufgrund von Kondenswasser auftritt, ist beispielsweise in Fig. 1 dargestellt.

- Bei einem solchen Isolationsfehlerzustand fließt mindestens ein Teil des LED-Stroms in beispielsweise das Metallgehäuse der Leuchte. Somit ist die Isolierung
- 20 zwischen dem LED-Strompfad und dem Metallgehäuse der Leuchte fehlerhaft. In einem solchen Fall besteht ein Bedarf, den Betrieb des LED-Treibers sehr schnell abzuschalten.

Wenn ein nicht isolierter Treiber verwendet wird, kann ein Strom durch den LED-Treiber und das LED-Modul zurück zum Schutzleiter PE (oder Nullleiter, je nach Aufbau der Leuchte) fließen.

- 25 Bei einer Installation ohne Erdschlussschaltung gibt es kein Element, das diesen Fehlerstrom begrenzen oder das Fließen dieses Fehlerstroms stoppen würde. Dies könnte zur Zerstörung des Treibers oder der Leuchte oder im schlimmsten Fall zu Brandgefahr führen.

LED-Treiber oder -Wandler nach dem Stand der Technik haben keinen Schutz gegen einen solchen Fehlerfall und sind nicht in der Lage, auf ein solches Ereignis zu reagieren.

- 30 Somit besteht eine Aufgabe darin, ein verbessertes Verfahren zum Erkennen eines Isolationsfehlerzustands eines LED-Moduls, das durch einen nicht isolierten LED-Schaltwandler mit elektrischer Leistung versorgt wird, bereitzustellen.

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird durch die in den beigefügten unabhängigen Ansprüchen bereitgestellte Lösung erfüllt. Vorteilhafte Implementierungen der vorliegenden Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen weiter definiert.

Gemäß einem ersten Gesichtspunkt bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren
 5 (200) zum Erkennen eines Isolationsfehlerzustands eines LED-Moduls (802), das durch einen nicht isolierten LED-Schaltwandler (801) mit elektrischer Leistung versorgt wird, wobei der LED-Schaltwandler (801) eine Steuerschaltung (701) zum Ausgeben eines Steuersignals für mindestens einen Schalter aufweist und an ihn mindestens ein Rückkopplungssignal (803) von dem LED-Modul (802) angelegt wird, um einen rückkopplungsgesteuerten Betrieb des LED-
 10 Moduls (802) zu implementieren, wobei das Verfahren (200) den Schritt umfasst:

- Erhalten und Analysieren (201) eines Signals (300, 400), das die Welligkeitsfrequenz des Rückkopplungssignals (803) von dem LED-Modul (802) angibt, um den Beitrag einer Harmonischen in dem Frequenzbereich einer den Wandler (801) versorgenden Netzspannung in dem Signal (300, 400) auszuwerten, und
 15 - Stoppen oder Reduzieren (202) der dem LED-Modul (802) zugeführten elektrischen Leistung, falls der Beitrag der Harmonischen einen gegebenen Schwellenwert während mindestens eines voreingestellten Zeitraums oder einer voreingestellten Anzahl von Zyklen überschreitet.

Dies bietet den Vorteil, dass der Fehlerzustand des LED-Moduls auf einfache
 20 und effiziente Weise erkannt werden kann.

In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst der LED-Wandler einen Abwärtswandler, vorzugsweise einen Synchron-Abwärtswandler. Der LED-Wandler kann sogar einen Aufwärtswandler oder einen Abwärts-/Aufwärtswandler umfassen.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Signal, das die
 25 Welligkeitsfrequenz des Rückkopplungssignals von dem LED-Modul angibt, das Signal des erfassten LED-Stroms, der durch das LED-Modul fließt.

In einer alternativen bevorzugten Ausführungsform ist das Signal, das die Welligkeitsfrequenz des Rückkopplungssignals von dem LED-Modul angibt, das Signal der erfassten LED-Spannung.

30 Dies bietet den Vorteil, dass das LED-Modul genau überwacht werden kann.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Steuerschaltung ein ASIC, und das Angeben der Welligkeitsfrequenz des Rückkopplungssignals von dem LED-Modul wird durch einen Mikrocontroller analysiert.

Dies bietet den Vorteil, dass bekannte Steuerschaltungen verwendet werden können. Darüber hinaus bietet dies den Vorteil, dass das Signal effizient analysiert werden kann.

In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst der Schritt des Analysierens eines Signals, das die Welligkeitsfrequenz des Rückkopplungssignals von dem LED-Modul angibt, die Schritte:

- Prüfen, ob die Welligkeit einen Schwellenwert überschreitet, und wenn ja, Starten eines ersten Zählers, um einen Zählerwert aufwärts zu zählen, und
- Vergleichen des ersten Zählerwerts mit einem bestimmten ersten Zählergrenzwert, und Aufwärtszählen eines zweiten Zählers, wenn der erste Zählerwert den bestimmten ersten Zählergrenzwert überschreitet,

Vergleichen des zweiten Zählers mit einem gegebenen Schwellenwert.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird die elektrische Leistung durch Abschalten des LED-Wandlers gestoppt.

Dies bietet den Vorteil, dass eine Beschädigung des LED-Moduls vermieden werden kann.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird der Schwellenwert durch den LED-Wandler adaptiv eingestellt oder über eine Benutzerschnittstelle eingestellt.

Dies bietet den Vorteil, dass der Schwellenwert leicht eingestellt werden kann.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird der Schwellenwert durch den LED-Wandler als ein definierter Prozentsatz des Durchschnitts des Signals adaptiv eingestellt.

Dies bietet den Vorteil, dass der Schwellenwert leicht eingestellt werden kann.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird der Schwellenwert auf mindestens 0,5 % des Durchschnittswerts des Signals eingestellt.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Signal mit einer Abtastrate analysiert, die mindestens so hoch wie das Doppelte der Netzfrequenz ist.

In einer bevorzugten Ausführungsform implementiert der Steuerschaltkreis einen Steueralgorithmus, um eine Abweichung von dem Rückkopplungssignal, vorzugsweise ein LED-Strom anzeigendes Signal, auf einen Nennwert, wie einen Dimmsignalwert, zu reduzieren.

Gemäß einem zweiten Gesichtspunkt bezieht sich die Erfindung auf einen nicht isolierten rückkopplungsgesteuerten LED-Schaltwandler, der ein Verfahren gemäß dem ersten Gesichtspunkt implementiert, und dessen Implementierungsformen.

Gemäß einem dritten Gesichtspunkt bezieht sich die Erfindung auf eine LED-Beleuchtungsanordnung, die einen LED-Wandler gemäß dem zweiten Gesichtspunkt und ein von dem Wandler versorgtes LED-Modul umfasst.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist das LED-Modul galvanisch getrennt auf einer Metalloberfläche montiert, die mit der Erd- oder Nullphase der den LED-Wandler versorgenden Netzspannung verbunden ist.

Gemäß einem vierten Gesichtspunkt bezieht sich die Erfindung auf eine LED-Leuchte mit einer LED-Beleuchtungsanordnung gemäß dem dritten Gesichtspunkt und deren Implementierungsform.

10

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Die Erfindung wird im Folgenden zusammen mit den Figuren erläutert.

Fig. 1 zeigt eine Leuchte nach dem Stand der Technik;

Fig. 2 zeigt eine Ausführungsform eines Verfahrens zum Erkennen eines Isolationsfehlerzustands eines LED-Moduls, das durch einen nicht isolierten Schaltwandler mit elektrischer Leistung versorgt wird;

Fig. 3 zeigt ein Profil eines Signals, das einen ersten Normalbetrieb eines LED-Moduls gemäß einer Ausführungsform darstellt, im Zeitverlauf;

Fig. 4 zeigt ein Profil eines Signals, das einen zweiten Normalbetrieb eines LED-Moduls gemäß einer Ausführungsform darstellt, im Zeitverlauf;

Fig. 5 zeigt ein Profil eines Signals, das einen Fehlerbetrieb eines LED-Moduls gemäß einer Ausführungsform darstellt, im Zeitverlauf;

Fig. 6 zeigt ein schematisches Diagramm eines Mikrocontrollers, LED-Wandlers und LED-Moduls in einer Leuchte gemäß einer Ausführungsform;

Fig. 7 zeigt eine LED-Beleuchtungsanordnung gemäß einer Ausführungsform.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

Gesichtspunkte der vorliegenden Erfindung werden hierin im Zusammenhang mit einem Verfahren zum Erkennen eines Isolationsfehlerzustands eines LED-Moduls beschrieben, das durch einen nicht isolierten Schaltwandler mit elektrischer Leistung versorgt wird.

Dabei soll ‚LED-Leuchte‘ eine Leuchte mit einer Lichtquelle bedeuten, die eine oder mehrere LED oder OLED umfasst. LED sind im Stand der Technik gut bekannt und werden daher nur kurz erörtert, um eine vollständige Beschreibung der Erfindung bereitzustellen.

Fig. 2 zeigt eine Ausführungsform eines Verfahrens 200 zum Erkennen eines
 5 Isolationsfehlerzustands eines LED-Moduls 802, das durch einen nicht isolierten Schaltwandler 801 mit elektrischer Leistung versorgt wird (siehe auch Beschreibung von Fig. 6 und Fig. 7).

Der LED-Schaltwandler 801 weist eine Steuerschaltung (z. B. ASIC) 701 zum Ausgeben eines Steuersignals für mindestens einen Schalter HS-FET, LS-FET auf und an
 10 ihn wird mit mindestens ein Rückkopplungssignal 803 von dem LED-Modul 802 angelegt, um einen rückkopplungsgesteuerten Betrieb des LED-Moduls 802 zu implementieren. In dem Beispiel repräsentiert das Rückkopplungssignal den über einen Nebenschluss R_{Shunt} erhaltenen LED-Strom. Somit wird eine Rückkopplungssteuerung des Stroms durch die LED-Last erhalten. Die Steuerschaltung 701 implementiert die Rückkopplungssteuerung
 15 durch Vergleichen des Rückkopplungssignals mit einem Referenzwert und Anwenden z. B. eines PI-Steuerverfahrens bei einer Abweichung davon.

Der Schaltwandler ist ein nicht isolierter Wandler, im vorliegenden Beispiel ein Synchron-Abwärtswandler. Andere Beispiele sind Aufwärts-, Abwärts-, Aufwärts-/Abwärts-, LLC-Wandler usw.

20 Das Verfahren 200 umfasst die folgenden Schritte: Erhalten und Analysieren 201 eines Signals 300, 400, das die Welligkeitsfrequenz des Rückkopplungssignals 803 von dem LED-Modul 802 angibt, um den Beitrag einer Harmonischen in dem Frequenzbereich einer den Wandler 801 versorgenden Netzspannung in dem Signal 300, 400 auszuwerten, und Stoppen oder Reduzieren 202 der dem LED-Modul 802 zugeführten elektrischen Leistung,
 25 falls der Beitrag der Harmonischen einen gegebenen Schwellenwert während mindestens eines voreingestellten Zeitraums oder einer voreingestellten Anzahl von Zyklen überschreitet.

Dies bietet den Vorteil, dass ein Fehlerzustand des LED-Moduls 802 leicht und effizient erkannt werden kann und somit Schäden an dem LED-Modul 802 vermieden werden.

Fig. 3 zeigt ein schematisches Profil des Signals 300, das einen ersten
 30 Normalbetrieb des LED-Moduls 802 gemäß einer Ausführungsform darstellt, im Zeitverlauf.

Insbesondere ist das in Fig. 3 gezeigte Signal 300 das erfasste Rückkopplungssignal 803 von dem LED-Modul 802, das der Steuerschaltung 701 bereitgestellt wird. In diesem Beispiel ist das erfasste Rückkopplungssignal 803 der gemessene LED-Strom I_{LED_meas} . Aufgrund der Regelschleife des LED-Wandlers 801

ist der Durchschnittswert des erfassten Rückkopplungssignals 803 von dem LED-Modul 802 gleich dem LED-Nennstrom `ILED_target`. Das erfasste Rückkopplungssignal 803 von dem LED-Modul 802 umfasst eine Welligkeit, die eine Frequenz von 100 Hz aufweist. Diese Welligkeit überschreitet den Schwellenwert `ripple_detection_threshold` nicht. Daher bleibt der Wert des ersten Zählers `ripple_period_cnt` null und es wird kein erster Zähler gestartet, ebenso bleibt der Wert des zweiten Zählers `error_event_cnt` null.

Insbesondere liegt, wenn man das erfasste Rückkopplungssignal 803 von dem LED-Modul 802 betrachtet, unter normalen Bedingungen eine Welligkeitskomponente mit einer Frequenz von der doppelten Netzfrequenz (somit 100 bzw. 120 Hz) vor.

Fig. 4 zeigt ein schematisches Profil des Signals 300, das einen zweiten Normalbetrieb des LED-Moduls 802 gemäß einer Ausführungsform darstellt, im Zeitverlauf.

Insbesondere ist das in Fig. 3 gezeigte Signal 300 das erfasste Rückkopplungssignal 803 von dem LED-Modul 802, das der Steuerschaltung 701 bereitgestellt wird. In diesem Beispiel ist das erfasste Rückkopplungssignal 803 der gemessene LED-Strom `ILED_meas`. Aufgrund der Regelschleife des LED-Wandlers 801 ist der Durchschnittswert des erfassten Rückkopplungssignals 803 von dem LED-Modul 802 gleich dem LED-Nennstrom `ILED_target`. Das erfasste Rückkopplungssignal 803 von dem LED-Modul 802 umfasst eine Welligkeit, die eine Frequenz von 100 Hz aufweist. Im Vergleich zu dem Beispiel von Fig. 3 ist die Welligkeit höher. Dies kann beispielsweise für einen Treiber, der ältere Komponenten umfasst, z. B. ältere Elektrolytkondensatoren, die über die Lebensdauer eine geringere Kapazität aufweisen, oder bei niedriger Umgebungstemperatur der Fall sein. Diese Welligkeit überschreitet wiederholt den Schwellenwert `ripple_detection_threshold`. Sobald die Welligkeit den Schwellenwert `ripple_detection_threshold` überschreitet, beginnt ein erster Zähler, einen Zählerwert mit einer gegebenen Zeitauflösung von z. B. 1 ms aufwärts (oder abwärts) zu zählen, bis der Schwellenwert `ripple_detection_threshold` wieder überschritten wird. Daher beginnt der Wert des ersten Zählers `ripple_period_cnt` auf einen bestimmten Wert (in diesem Beispiel 10) zu steigen, aber der Wert des zweiten Zählers `error_event_cnt` bleibt null, da der Wert des ersten Zählers `ripple_period_cnt` keinen bestimmten Grenzwert überschreitet, da er auf null zurückgesetzt wird, bevor der Wert des ersten Zählers `ripple_period_cnt` einen bestimmten ersten Zählergrenzwert erreicht, der den zweiten Zählerwert `error_event_cnt` erhöhen würde. In diesem Fall wird kein Fehler erkannt, und der Normalbetrieb wird fortgesetzt.

Insbesondere liegt, wenn man das erfasste Rückkopplungssignal 803 von dem LED-Modul 802 betrachtet, unter normalen Bedingungen eine Welligkeitskomponente mit einer Frequenz von der doppelten Netzfrequenz (somit 100 bzw. 120 Hz) vor.

Fig. 5 zeigt ein Profil eines Signals 400, das einen Fehlerbetrieb eines LED-Moduls 802 gemäß einer Ausführungsform darstellt, im Zeitverlauf.

Insbesondere zeigt Fig. 5 den Fall eines Isolationsfehlerzustands. In diesem Fall ist die Amplitude der Welligkeit viel größer als die des Signals 300, und es gibt eine wesentliche Welligkeitskomponente mit einer Frequenz, die mit der Netzfrequenz identisch ist, also in der Größenordnung von 50 oder 60 Hz.

Auch hier beginnt, sobald die Welligkeit wiederholt den Schwellenwert `ripple_detection_threshold` überschreitet, ein erster Zähler, mit einer gegebenen Zeitauflösung von z. B. 1 ms aufwärts (oder abwärts) zu zählen, bis der Schwellenwert `ripple_detection_threshold` wieder überschritten wird. Daher beginnt der erste Wert `ripple_period_cnt`, auf einen bestimmten Wert (in diesem Beispiel 20) zu steigen, und während der zweite Wert `error_event_cnt` nach aufwärts (oder abwärts) gezählt wird, während der erste Wert `ripple_period_cnt` einen bestimmten Grenzwert von z. B. 15 überschreitet, bevor er auf null zurückgesetzt wird. In dem Moment, in dem der Schwellenwert `ripple_detection_threshold` wieder überschritten wird, beginnt der Wert des ersten Zählers `ripple_period_cnt` wieder, sich zu erhöhen. Wenn er erneut den bestimmten Grenzwert von z. B. 15 überschreitet, wird der Wert des zweiten Zählers `error_event_cnt` wieder aufwärts (oder abwärts) gezählt. Wie in diesem Beispiel zu sehen ist, erreicht der Wert des zweiten Zählers `error_event_cnt` den Wert 3 als gegebenen Schwellenwert, was als Hinweis auf einen Fehler angesehen werden kann, der in diesem Fall ein Isolationsfehlerzustand ist.

Daher bleibt im Normalbetrieb das erfasste Rückkopplungssignal 803 von dem LED-Modul 802 auf einem konstanten Niveau oder mit einer niedrigen Welligkeit bei der doppelten Netzfrequenz. Diese niedrige Welligkeit wird beispielsweise durch eine Regelung der PFC-Bus-Welligkeit verursacht, um einen Ausgangsstrom ohne eine Niederfrequenzwelligkeit zu erreichen. In der Regel liegt diese Welligkeit im Bereich von maximal ± 1 % ihres nominellen Durchschnittswerts mit einer Frequenz von der doppelten Netzfrequenz.

Wie oben erwähnt, erhöht sich diese Welligkeit jedoch, wenn der Fehlerzustand eintritt, und ändert ihre Frequenz von der doppelten Netzfrequenz auf die Netzfrequenz. Zum Beispiel beträgt die Welligkeit 3,5 % ihres nominellen Durchschnittswerts.

Zusammenfassend können die folgenden Kriterien angewendet werden, um einen Fehlerzustand des LED-Moduls 802 zu erkennen:

1. Das Signal weist eine Netzfrequenz (50 Hz/60 Hz) auf und kein Vielfaches davon; und/oder

5 2. Die Amplitude Signalwelligkeit steigt signifikant an.

Fig. 5 Profil einer Erkennung eines Fehlerbetriebs eines LED-Moduls 802 gemäß einer Ausführungsform im Zeitverlauf.

Der Abschaltschwellenwert kann als relativer Faktor zu dem Durchschnittswert
10 des LED-Nennstroms (ILED_target) einstellbar sein.

Dies bietet den Vorteil, dass der Abschaltschwellenwert genauer ist, da das Niveau von dem durchschnittlichen Ist-Wert abhängt, der sich in einem Fehlerzustandsfall nicht ändert, da sich nur die Welligkeitsamplitude ändert, wie vorstehend erwähnt.

Zum Beispiel kann der gegebene Grenzwert für den Wert des zweiten Zählers
15 error_event_cnt durch den LED-Wandler 801 als ein definierter Prozentsatz des Durchschnitts des LED-Nennstroms adaptiv eingestellt werden.

Zum Beispiel wird der gegebene oder voreingestellte Schwellenwert auf mindestens 0,5 % des Durchschnittswerts des Signals 300, 400 eingestellt.

Fig. 6 zeigt ein schematisches Diagramm 600 einer Fehlerbetriebserkennung
20 eines LED-Moduls 802 gemäß einer Ausführungsform.

In der in Fig. 6 gezeigten Ausführungsform führen die Module dieselben Aufgaben aus, wie bereits unter Bezugnahme auf Fig. 5 und deren Beschreibung beschrieben. Das Abschaltschwellenwertniveau kann eine benutzerdefinierbare Konstante sein und kann über eine Benutzerschnittstelle 601 eingestellt werden.

25 Dies bietet den Vorteil, dass es sich um eine einfache Implementierung handelt, die einfach zu entwerfen und auch präzise ist.

Daher kann das Abschaltschwellenwertniveau von dem Benutzer als eine feste Konstante definiert werden. Wenn das nach Spitzen beobachtete und bandpassgefilterte Eingangssignal dieses benutzerdefinierte Niveau überschreitet, kann die Abschaltung ausgelöst
30 werden. Die Abschaltung des LED-Moduls 802 nach Überschreiten des gegebenen Schwellenwerts kann sofort oder nach n aufeinander folgenden Abtastwerten erfolgen.

Wenn das System abgeschaltet wird, stoppt der LED-Wandler 801, z. B. ein Abwärtswandler, vorzugsweise ein Synchron-Abwärtswandler, das Schalten, wodurch

der Strompfad vom Netz zu dem LED-Modul 802 direkt unterbrochen wird und somit der Fluss des Fehlerstroms gestoppt wird.

Es ist zu beachten, dass für beide Ausführungsformen in Fig. 6 das Signal 803 in dem Mikrocontroller 700 verarbeitet werden kann.

5 Die in Fig. 1, Fig. 5 und Fig. 6 gezeigten Module und Verfahrensschritte können durch den Mikrocontroller 700 implementiert bzw. durchgeführt werden.

Fig. 7 zeigt ein schematisches Diagramm eines LED-Wandlers 801 mit einem Mikrocontroller 700 und LED-Modul 802 gemäß einer Ausführungsform.

10 In der in Fig. 6 gezeigten Ausführungsform ist die Steuerschaltung 701 ein ASIC, und das Signalkoppplungssignal 803 wird durch den Mikrocontroller 700 analysiert.

Zum Beispiel implementiert die Steuerschaltung 701 einen Steueralgorithmus, um eine Abweichung von dem Rückkopplungssignal 803, vorzugsweise ein LED-Strom anzeigendes Signal, auf einen Nennwert (Referenzsignal), wie einen Dimmsignalwert, zu reduzieren.

15 Zum Beispiel wird das Rückkopplungssignal 803 oder das Signal 300, 400 periodisch durch den Mikrocontroller 700 von dem ASIC 701 in diskreten Zeitschritten (z. B. ca. alle 1 ms) abgetastet. Es ist anzumerken, dass für Anwendungen ohne ASIC 701 die Schaltfrequenz des LED-Wandlers 801 durch den Mikrocontroller 700 überwacht werden könnte.

20 Der Mikrocontroller 700 kann konfiguriert sein, um das Signal 300, 400, das die Welligkeitsfrequenz des Rückkopplungssignals 803 von dem LED-Modul 802 angibt, regelmäßig aus dem ASIC 701 zu lesen. Dieses Ausleseintervall sollte kürzer sein als mindestens das Doppelte der Netzperiode. Alternativ wäre auch eine Verfolgung der Frequenz des LED-Wandlers 801 möglich, diese könnte direkt durch den Mikrocontroller 700 erfolgen.

25 Wie vorstehend erwähnt, kann, um das Isolationsfehlerproblem zu überwinden und es durch eine schnelle Abschaltung des Betriebs des LED-Moduls 802 zu lösen, das LED-Stromsignal 300, 400 des ASIC auf die 50-/60-Hz-Harmonische überwacht werden. Falls die erfasste 50-/60-Hz-Harmonische den gegebenen maximalen Schwellenwert für diese Harmonische erreicht oder überschreitet, kann das LED-Modul 802 sofort abgeschaltet
30 werden, in der Regel durch Stoppen des Betriebs eines oder mehrerer Schalter HS_FET, LS_FET des LED-Wandlers 801. Alternativ können die Schaltfrequenz und/oder Einschaltdauern des Schalters bzw. der Schalter so eingestellt werden, dass die einem verbundenen LED-Modul zugeführte Leistung mindestens reduziert wird.

Insbesondere kann das Signal 300, 400 die Welligkeitsfrequenz des Rückkopplungssignals 803 von dem LED-Modul 802 angeben. Der Mikrocontroller 700 kann konfiguriert sein, um das Signal 300, 400 mit einer Abtastrate zu analysieren, die mindestens so hoch wie die doppelte Netzfrequenz ist.

5 Fig. 8 zeigt eine LED-Beleuchtungsvorrichtung 800 gemäß einer Ausführungsform. Die LED-Beleuchtungsvorrichtung 800 umfasst den LED-Wandler 801 und das LED-Modul 802, das von dem Wandler 801 versorgt wird.

Zum Beispiel ist das LED-Modul 802 galvanisch getrennt auf einer Metalloberfläche montiert, die mit der Erd- oder Nullphase der den LED-Wandler 801
10 versorgenden Netzspannung V_{mains} verbunden ist.

Alle Merkmale aller hierin beschriebenen, gezeigten und/oder beanspruchten Ausführungsformen können miteinander kombiniert werden.

Obwohl vorstehend verschiedene Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben wurden, versteht es sich, dass sie nur beispielhaft und nicht einschränkend
15 dargestellt wurden. Zahlreiche Änderungen an den offenbarten Ausführungsformen können gemäß der hierin enthaltenen Offenbarung vorgenommen werden, ohne vom Schutzbereich der Erfindung abzuweichen. Somit sollten die Breite und der Umfang der vorliegenden Erfindung nicht durch eine der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen eingeschränkt werden. Vielmehr sollte der Umfang der Erfindung
20 gemäß den folgenden Ansprüchen und deren Äquivalenten definiert werden.

Obwohl die Erfindung in Bezug auf eine oder mehrere Implementierungen veranschaulicht und beschrieben wurde, werden dem Fachmann beim Lesen des Verständnisses der Spezifikation und der beigefügten Zeichnungen äquivalente Änderungen und Modifikationen in den Sinn kommen. Außerdem können, obschon ein
25 bestimmtes Merkmal der Erfindung möglicherweise in Bezug auf nur der mehreren Implementierungen offenbart worden ist, solche Merkmale mit einem oder mehreren anderen Merkmalen der anderen Implementierungen kombiniert werden, die für eine beliebige gegebene oder bestimmte Anwendung gewünscht und von Vorteil sein können.

ANSPRÜCHE

1. Verfahren (200) zum Erfassen eines Isolationsfehlerzustands eines LED-Moduls (802), das durch einen nicht isolierten LED-Schaltwandler (801) mit elektrischer
5 Leistung versorgt wird, wobei der LED-Schaltwandler (801) eine Steuerschaltung (701) zum Ausgeben eines Steuersignals für mindestens einen Schalter aufweist und an ihn mindestens ein Rückkopplungssignal (803) von dem LED-Modul (802) angelegt wird, um einen rückkopplungsgesteuerten Betrieb des LED-Moduls (802) zu implementieren, wobei das Verfahren (200) den Schritt umfasst:
- 10 - Erhalten und Analysieren (201) eines Signals (300, 400), das die Welligkeitsfrequenz des Rückkopplungssignals (803) von dem LED-Modul (802) angibt, um den Beitrag einer Harmonischen in dem Frequenzbereich einer den Wandler (801) versorgenden Netzspannung in dem Signal (300, 400) auszuwerten, und
- Stoppen oder Reduzieren (202) der dem LED-Modul (802) zugeführten
15 elektrischen Leistung, falls der Beitrag der Harmonischen einen gegebenen Schwellenwert während mindestens eines voreingestellten Zeitraums oder einer voreingestellten Anzahl von Zyklen überschreitet.
2. Verfahren (200) nach Anspruch 1, wobei der LED-Wandler (801) einen
20 Abwärtswandler, vorzugsweise einen Synchron-Abwärtswandler, umfasst.
3. Verfahren (200) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Signal (300, 400), das die Welligkeitsfrequenz des Rückkopplungssignals (803) von dem LED-Modul (802) angibt, das Signal des erfassten LED-Stroms ist, der durch das LED-Modul (802) fließt.
25
4. Verfahren (200) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Steuerschaltung (701) ein ASIC ist und das Signal (300, 400), das die Welligkeitsfrequenz des Rückkopplungssignals (803) von dem LED-Modul (802) angibt, durch einen Mikrocontroller (700) analysiert wird.
30
5. Verfahren (200) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Schritt des Analysierens (201) eines Signals (300, 400), das die Welligkeitsfrequenz des Rückkopplungssignals (803) von dem LED-Modul (802) angibt, die Schritte umfasst:

- Prüfen, ob die Welligkeit einen Schwellenwert (ripple_detection_threshold) überschreitet, und wenn ja, Starten eines ersten Zählers (ripple_count_period), um einen Zählerwert aufwärts zu zählen, und
 - Vergleichen des ersten Zählerwerts (ripple_count_period) mit einem bestimmten ersten Zählergrenzwert, und Aufwärtszählen eines zweiten Zählers (error_event_cnt),
5 wenn der erste Zählerwert (ripple_count_period) den bestimmten ersten Zählergrenzwert überschreitet, und Vergleichen des zweiten Zählers (error_event_cnt) mit einem gegebenen Schwellenwert.
- 10 6. Verfahren (200) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die elektrische Leistung durch Abschalten des LED-Wandlers (801) gestoppt wird.
7. Verfahren (200) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Schwellenwert durch den LED-Wandler (801) adaptiv eingestellt wird oder über eine
15 Benutzerschnittstelle (601) eingestellt wird.
8. Verfahren (200) nach Anspruch 7, wobei der Schwellenwert durch den LED-Wandler (801) als ein definierter Prozentsatz des Durchschnitts des Signals (300, 400) adaptiv eingestellt wird.
20
9. Verfahren (200) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Schwellenwert auf mindestens 0,5 % des Durchschnittswerts des Signals (300, 400) eingestellt wird.
10. Verfahren (200) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Signal
25 (300, 400) mit einer Abtastrate analysiert wird, die mindestens so hoch wie das Doppelte der Netzfrequenz ist.
11. Verfahren (200) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Steuerschaltkreis (701) einen Steueralgorithmus implementiert, um eine Abweichung von
30 dem Rückkopplungssignal (803), vorzugsweise ein LED-Strom anzeigendes Signal, auf einen Nennwert, wie einen Dimmsignalwert, zu reduzieren.
12. Nicht isolierter rückkopplungsgesteuerter LED-Schaltwandler (801), der ein Verfahren (200) nach einem der vorstehenden Ansprüche implementiert.

13. LED-Beleuchtungsanordnung (800), umfassend einen LED-Wandler (801) nach Anspruch 12 und ein LED-Modul (802), das von dem Wandler (801) versorgt wird.

5 14. LED-Beleuchtungsanordnung (800) nach Anspruch 13, wobei das LED-Modul (802) galvanisch getrennt auf einer Metalloberfläche montiert ist, die mit der Erd- oder Nullphase der den LED-Wandler (801) versorgenden Netzspannung verbunden ist.

15. LED-Leuchte mit einer LED-Beleuchtungsanordnung (800) nach einem der
10 Ansprüche 13 oder 14.

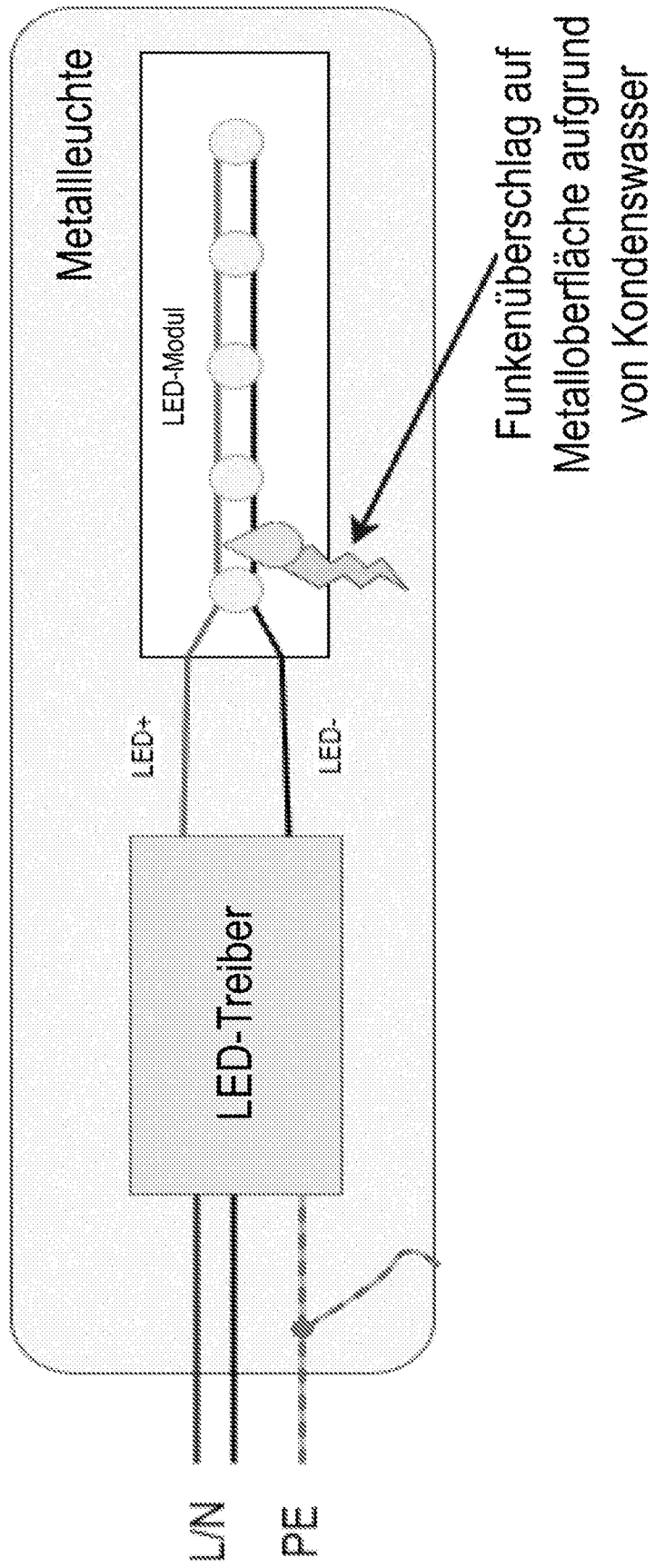


Fig. 1

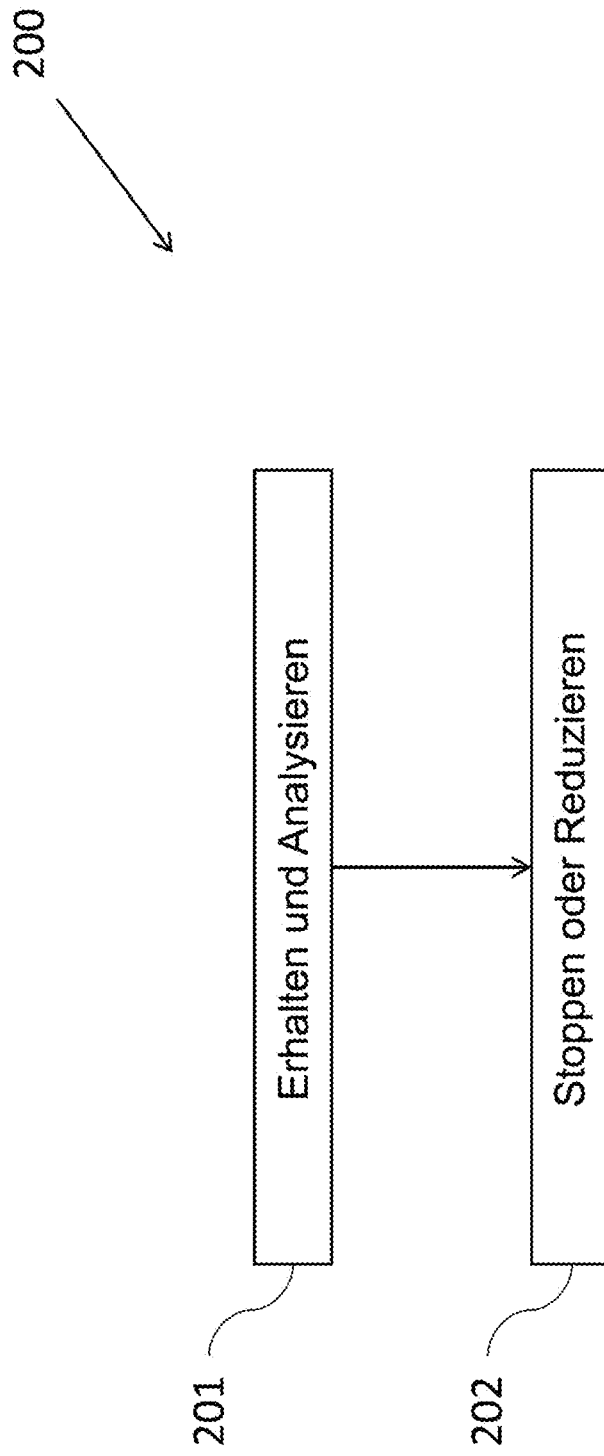


Fig. 2

Normalbetrieb 1

Fall 1 (Normalbetrieb): niedrige 100-Hz-Welligkeit (+HF-Welligkeit) auf ILED

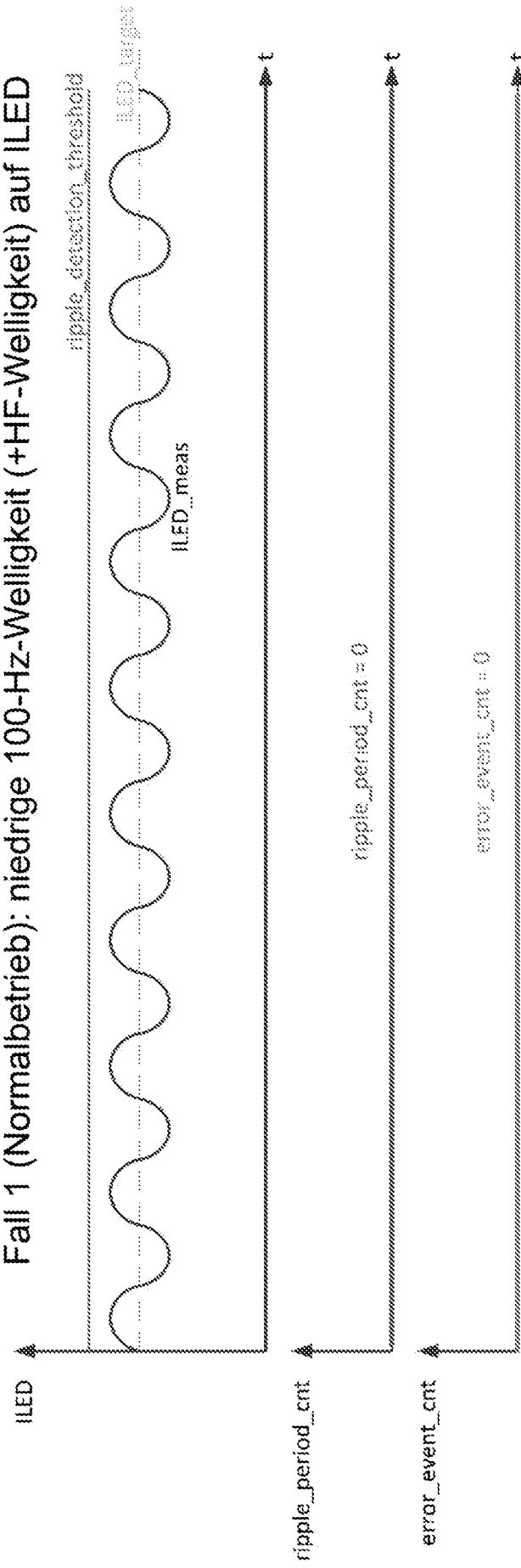


Fig. 3

Normalbetrieb 2

Fall 2: (erhöhte 100-Hz-Welligkeit (+HF-Welligkeit) auf ILED

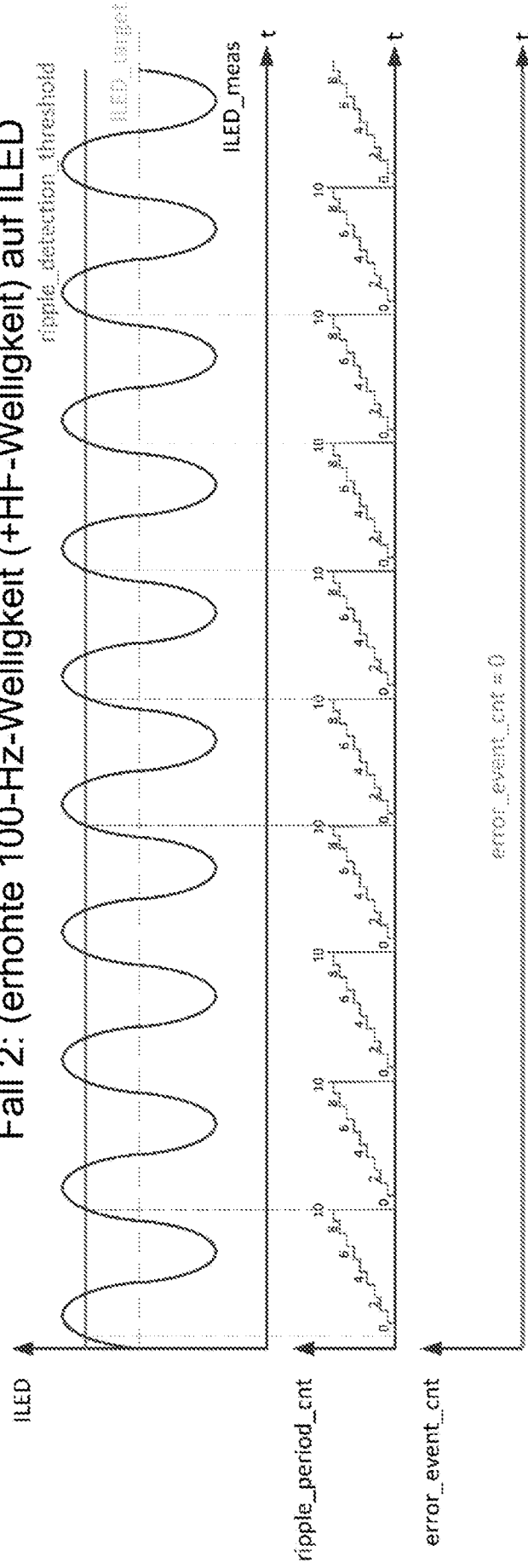


Fig. 4

Fehlerfall

Fall 3: FEHLER- > Hohe 50-Hz-Welligkeit (+HF-Welligkeit) auf ILED

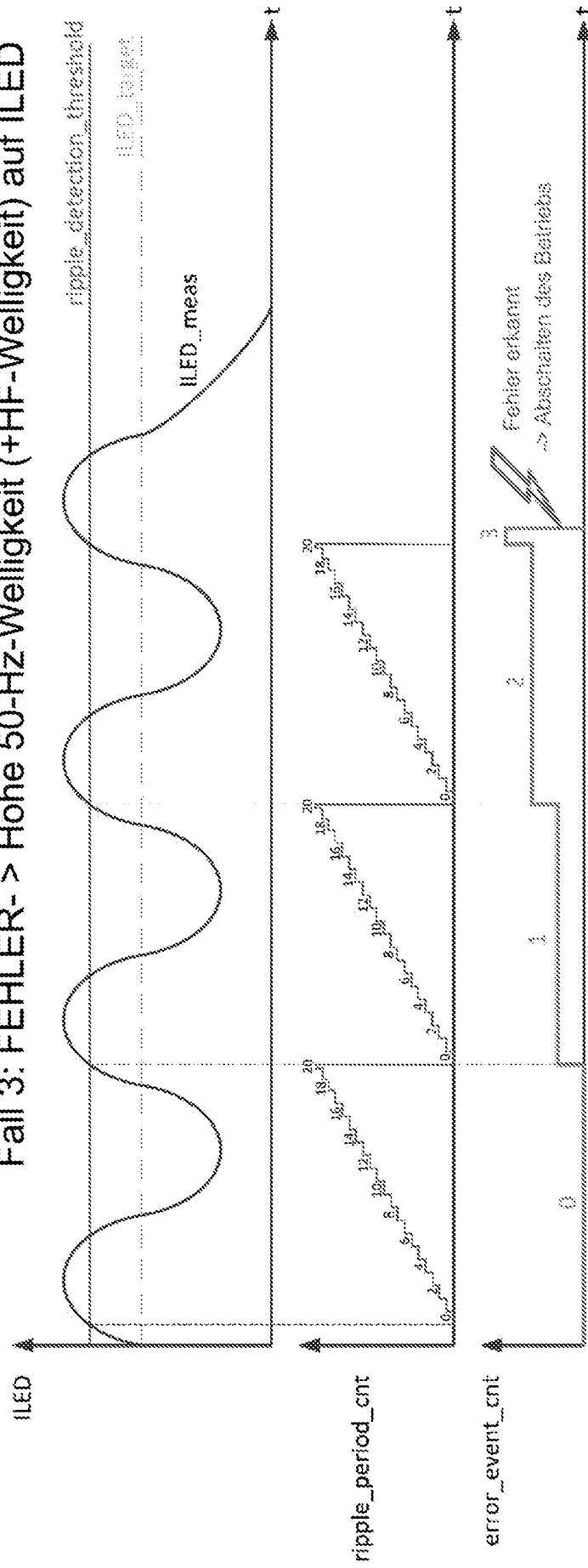


Fig. 5

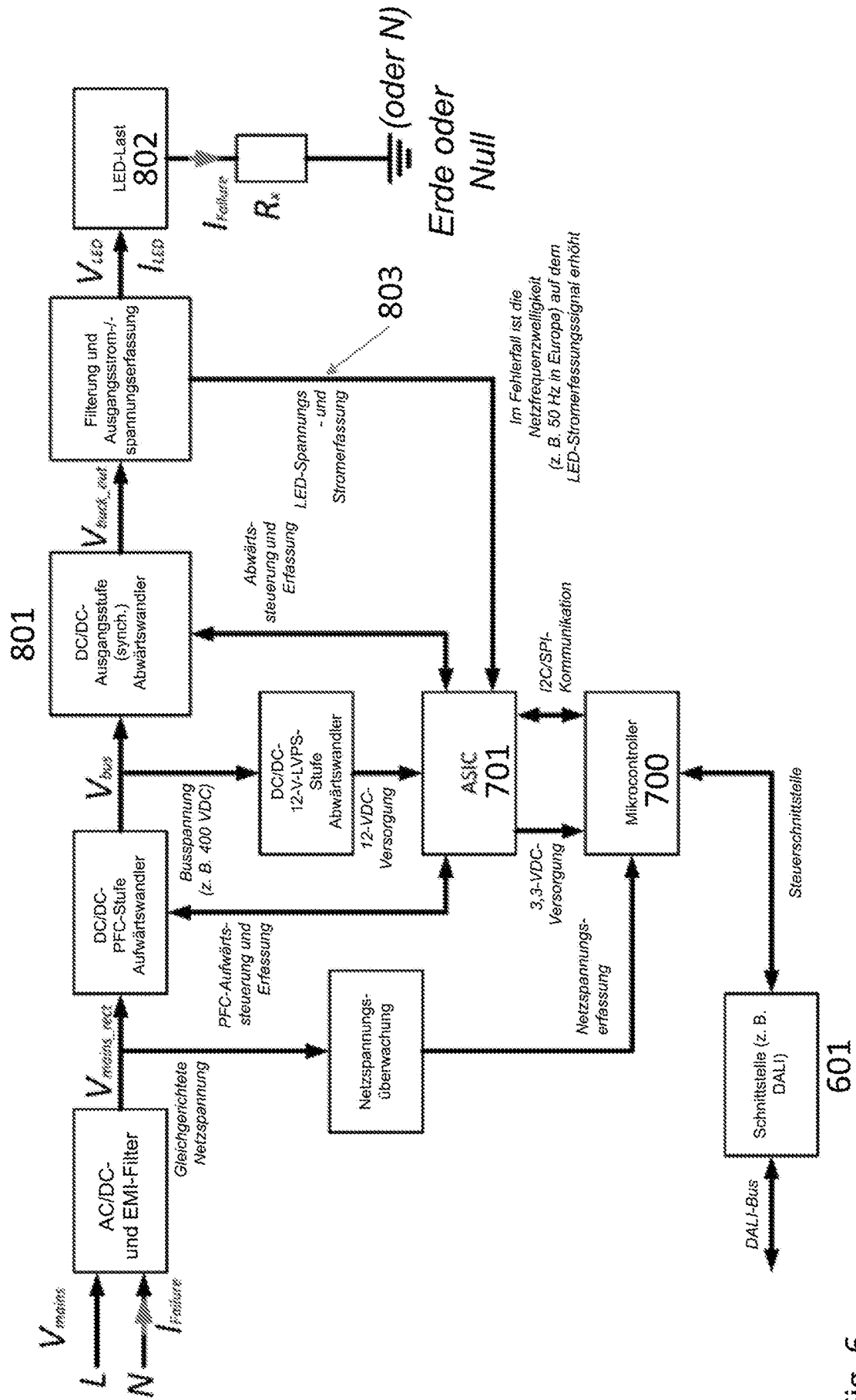


Fig. 6

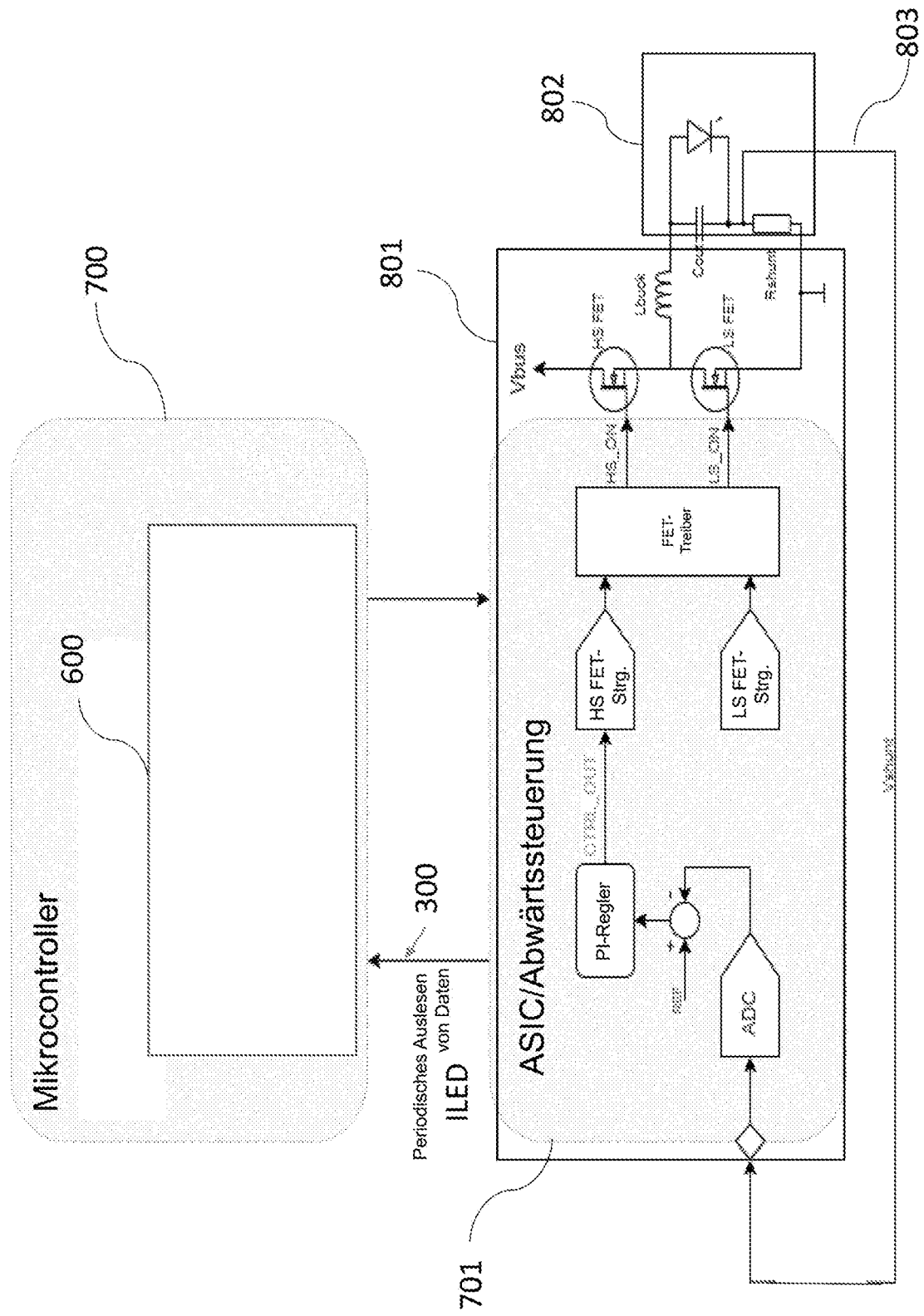


Fig. 7

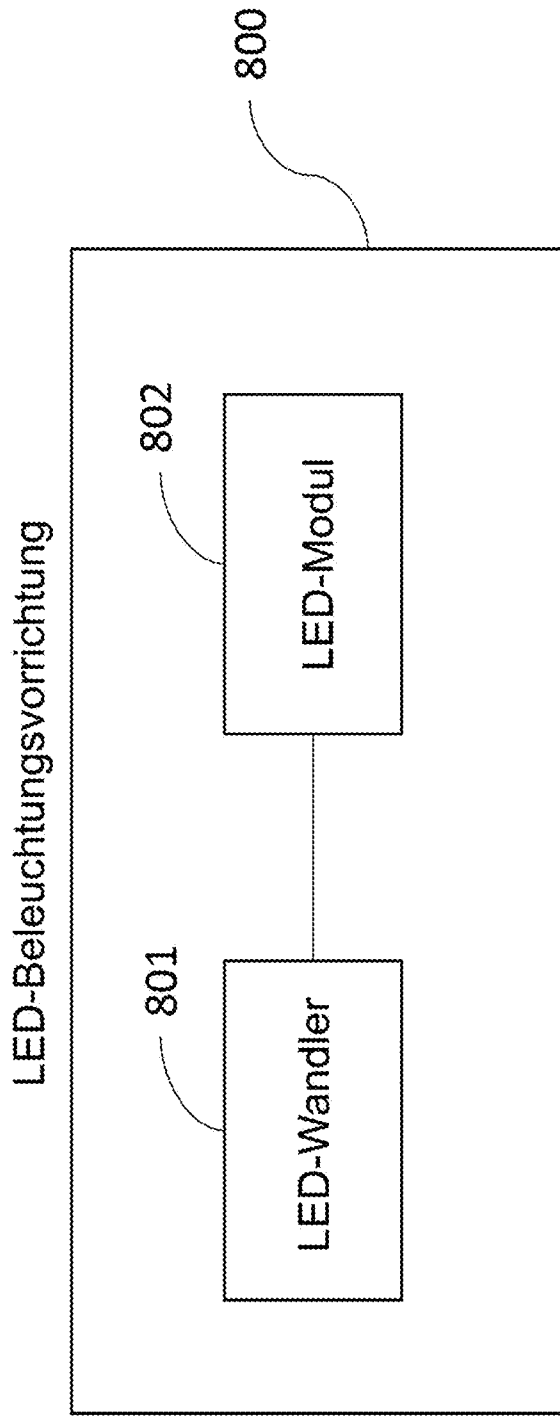


Fig. 8

ANSPRÜCHE

1. Verfahren (200) zum Erfassen eines Isolationsfehlerzustands eines LED-Moduls (802), das durch einen nicht isolierten LED-Schaltwandler (801) mit elektrischer
 5 Leistung versorgt wird, wobei der LED-Schaltwandler (801) eine Steuerschaltung (701) zum Ausgeben eines Steuersignals für mindestens einen Schalter aufweist und an ihn mindestens ein Rückkopplungssignal (803) von dem LED-Modul (802) angelegt wird, um einen rückkopplungsgesteuerten Betrieb des LED-Moduls (802) zu implementieren, wobei das Verfahren (200) den Schritt umfasst:
 - 10 - Erhalten und Analysieren (201) eines Signals (300, 400), das die Welligkeitsfrequenz des Rückkopplungssignals (803) von dem LED-Modul (802) angibt, um den Beitrag einer Harmonischen in dem Frequenzbereich einer den Wandler (801) versorgenden Netzspannung in dem Signal (300, 400) auszuwerten, und
 - Stoppen oder Reduzieren (202) der dem LED-Modul (802) zugeführten
 15 elektrischen Leistung, falls der Beitrag der Harmonischen einen gegebenen Schwellenwert während mindestens eines voreingestellten Zeitraums oder einer voreingestellten Anzahl von Zyklen überschreitet.
2. Verfahren (200) nach Anspruch 1, wobei der LED-Schaltwandler (801) einen
 20 Abwärtswandler, vorzugsweise einen Synchron-Abwärtswandler, umfasst.
3. Verfahren (200) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Signal (300, 400), das die Welligkeitsfrequenz des Rückkopplungssignals (803) von dem LED-Modul (802) angibt, das Signal des erfassten LED-Stroms ist, der durch das LED-Modul (802) fließt.
 25
4. Verfahren (200) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Steuerschaltung (701) ein ASIC ist und das Signal (300, 400), das die Welligkeitsfrequenz des Rückkopplungssignals (803) von dem LED-Modul (802) angibt, durch einen Mikrocontroller (700) analysiert wird.
 30
5. Verfahren (200) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Schritt des Analysierens (201) eines Signals (300, 400), das die Welligkeitsfrequenz des Rückkopplungssignals (803) von dem LED-Modul (802) angibt, die Schritte umfasst:

- Prüfen, ob die Welligkeit einen Schwellenwert (ripple_detection_threshold) überschreitet, und wenn ja, Starten eines ersten Zählers (ripple_count_period), um einen Zählerwert aufwärts zu zählen, und
 - Vergleichen des ersten Zählerwerts (ripple_count_period) mit einem bestimmten
5 ersten Zählergrenzwert, und Aufwärtszählen eines zweiten Zählers (error_event_cnt), wenn der erste Zählerwert (ripple_count_period) den bestimmten ersten Zählergrenzwert überschreitet, und Vergleichen des zweiten Zählers (error_event_cnt) mit einem gegebenen Schwellenwert.
- 10 6. Verfahren (200) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die elektrische Leistung durch Abschalten des LED-Schaltwandlers (801) gestoppt wird.
7. Verfahren (200) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der
Schwellenwert durch den LED-Schaltwandler (801) adaptiv eingestellt wird oder über eine
15 Benutzerschnittstelle (601) eingestellt wird.
8. Verfahren (200) nach Anspruch 7, wobei der Schwellenwert durch den LED-Schaltwandler (801) als ein definierter Prozentsatz des Durchschnitts des Signals (300, 400) adaptiv eingestellt wird.
- 20 9. Verfahren (200) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Schwellenwert auf mindestens 0,5 % des Durchschnittswerts des Signals (300, 400) eingestellt wird.
10. Verfahren (200) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Signal
25 (300, 400) mit einer Abtastrate analysiert wird, die mindestens so hoch wie das Doppelte der Netzfrequenz ist.
11. Verfahren (200) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die
Steuerschaltung (701) einen Steueralgorithmus implementiert, um eine Abweichung von
30 dem Rückkopplungssignal (803), vorzugsweise ein LED-Strom anzeigendes Signal, auf einen Nennwert, wie einen Dimmsignalwert, zu reduzieren.
12. Nicht isolierter rückkopplungsgesteuerter LED-Schaltwandler (801), der eingerichtet ist, ein Verfahren (200) nach einem der vorstehenden Ansprüche zu implementieren.

13. LED-Beleuchtungsvorrichtung (800), umfassend einen LED-Schaltwandler (801) nach Anspruch 12 und ein LED-Modul (802), das von dem LED-Schaltwandler (801) versorgt wird.
- 5 14. LED-Beleuchtungsvorrichtung (800) nach Anspruch 13, wobei das LED-Modul (802) galvanisch getrennt auf einer Metalloberfläche montiert ist, die mit der Erd- oder Nullphase der den LED-Schaltwandler (801) versorgenden Netzspannung verbunden ist.
- 10 15. LED-Leuchte mit einer LED-Beleuchtungsvorrichtung (800) nach einem der Ansprüche 13 oder 14.
-