(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2015 102 789 B4** 2025.05.15

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 102 789.5**
(22) Anmeldetag: **26.02.2015**
(43) Offenlegungstag: **27.08.2015**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **15.05.2025**

(51) Int Cl.: ***H02M 3/335*** (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:

61/945,013	**26.02.2014**	**US**
14/569,099	**12.12.2014**	**US**
14/569,044	**12.12.2014**	**US**

(73) Patentinhaber:
Infineon Technologies Austria AG, Villach, AT

(74) Vertreter:
Westphal, Mussgnug & Partner Patentanwälte mit beschränkter Berufshaftung, 81541 München, DE

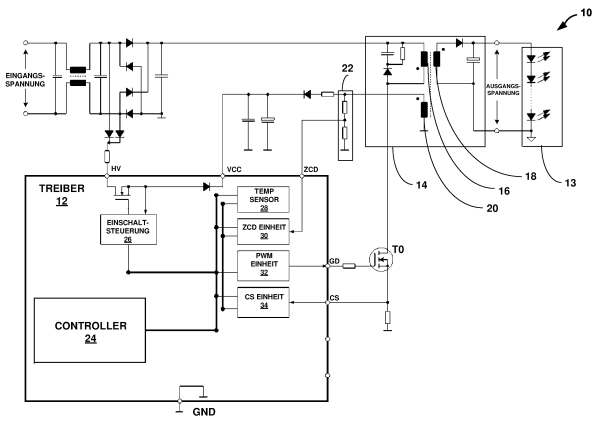
(72) Erfinder:
Barrenscheen, Jens, 81669 München, DE; Fahlenkamp, Marc, 82538 Geretsried, DE; Hinz, Torsten, 86157 Augsburg, DE; Krüger, Martin, Dr., 85764 Oberschleißheim, DE; Neulinger, Josef, 85238 Petershausen, DE; Schämann, Marcus, 80639 München, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	**6 341 073**	**B1**
US	**2002 / 0 085 394**	**A1**

(54) Bezeichnung: **Tal-zu-Tal-Schalten im quasi-resonanten Modus für Treiber**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Steuern einer einer Last (13) zugeführten Leistung, wobei das Verfahren aufweist:
Festlegen, ob eine Einschaltzeit eines Schalters (T0) von einer ersten Zeit, die zu einem ersten Spannungstal in einer oszillierenden Spannung an einem Knoten des Schalters (T0) gehört, zu einer zweiten Zeit, die zu einem zweiten Spannungstal in der oszillierenden Spannung gehört, angepasst wird;
wenn die Einschaltzeit des Schalters (T0) von der ersten Zeit zu der zweiten Zeit angepasst wird, graduelles Anpassen der Einschaltzeit des Schalters (T0) von der ersten Zeit auf die zweite Zeit, wobei das graduelle Anpassen der Einschaltzeit das graduelle Erhöhen oder Verringern einer Schaltperiode ausgehend von einer Schaltperiode, die zu der ersten Zeit führt, bis zu einer Schaltperiode, die zu der zweiten Zeit führt, umfasst, so dass die Einschaltzeit mehrere Zwischenzeiten annimmt, die zu Spannungen außerhalb eines Spannungstals in der oszillierenden Spannung an dem Knoten des Schalters (T0) gehören;
graduelles Anpassen von einem oder mehr Schalterbetriebsparametern für den Schalter (T0), um eine Leistung, die der Last (13) zugeführt wird, während der graduellen Anpassung der Einschaltzeit von der ersten Zeit auf die zweite Zeit im Wesentlichen konstant zu halten und einen durchschnittlichen Betrag eines an die Last fließenden Stroms näherungsweise auf einem Zielstrompegel oder einen durchschnittlichen Betrag einer Spannung an der Last näherungsweise auf einem Zielspannungspegel zu halten.



Beschreibung

[0001] Die Offenbarung betrifft das Steuern eines Stroms oder einer Spannung an einer Last mit einem Treiber.

[0002] Ein Treiber kann dazu verwendet werden, die Menge des durch eine Last fließenden Stroms zu steuern, um einen Ziel-Durchschnittswert eines die Last durchfließenden Stroms beizubehalten, oder um einen Ziel-Durchschnittswert einer Spannung an der Last beizubehalten. Gemäß einem Beispiel kann der Treiber steuern, wie lange Strom durch die Last fließt und wie oft Strom durch die Last fließt, um den gewünschten durch die Last fließenden Durchschnittstrom beizubehalten oder um die gewünschte Durchschnittsspannung an der Last beizubehalten.

[0003] Die US 2002 / 0 085 394 A1 beschreibt ein Verfahren zum Betreiben eines Sperrwandlers im quasiresonanten Betrieb, wobei ein Schalter des Sperrwandlers zu Beginn einer jeden Ansteuerperiode dann eingeschaltet wird, wenn eine Spannung über dem Schalter eines von mehreren lokalen Minima (Täler) erreicht. Bei dem bekannten Verfahren werden während einer Ansteuerperiode des Schalters, bei der in einem bestimmten der mehreren Täler eingeschaltet wurde, verschiedene Parameter ermittelt. Basierend auf diesen Parametern werden Einschaltdauern und Schaltfrequenzen ermittelt, die auftreten würden, wenn die Leistungsaufnahme unverändert bliebe, wenn allerdings in einem anderen der mehreren Tälern eingeschaltet würde. Basierend auf den so ermittelten Einschaltdauern und Schaltfrequenzen wird dann entschieden, in welchem der Täler in den nächsten Ansteuerperioden eingeschaltet werden soll.

[0004] Die US 6 341 073 B1 beschreibt ein Verfahren zum Betreiben eines Sperrwandlers im quasi-resonanten Betrieb. Eine neue Ansteuerperiode eines Schalters soll hierbei jeweils dann beginnen, wenn ein lokales Minimum (Tal) einer Spannung über dem Schalter vorliegt. In einem Optimierungsprozess, der beispielsweise beim Hochfahren des Sperrwandlers stattfinden kann, werden hierbei Verlustleistungen ermittelt, die beim Einschalten in den einzelnen Tälern auftreten können, um dann den Schalter jeweils in dem Tal einzuschalten, für das die minimale Verlustleistung ermittelt wurde. In dem Optimierungsprozess wird durch Variieren einer Ausschaltzeit des Schalters zunächst ein erstes der Täler ermittelt. Basierend auf Messungen, die beim Ermitteln des ersten der Täler gewonnen wurden, werden dann die Positionen weiterer Täler ermittelt. Danach wird dasjenige der Täler ermittelt, bei dem die geringsten Leistungsverluste auftreten, um den Sperrwandler basierend auf diesem Tal zu betreiben.

[0005] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe besteht darin, ein optimiertes Verfahren zum Steuern einer einer Last zugeführten Leistung unter Verwendung eines Schalters, ein entsprechendes Treibersystem und einen Treiber zur Verfügung zu stellen. Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1, ein Treibersystem nach Anspruch 6 und einen Treiber nach Anspruch 12 gelöst.

[0006] Diese Offenbarung beschreibt Verfahren zur Aufrechterhaltung einer hohen Schalteffizienz für einen Schalter, den ein Treiber ein- und ausschaltet, um den durchschnittlichen Stromfluss durch eine Last (als Durchschnittslaststrom bezeichnet) zu steuern, oder um den durchschnittlichen Spannungspegel an der Last (als Durchschnittslastspannung bezeichnet) zu steuern. Beispielsweise schaltet der Treiber den Schalter ein und aus, um die Menge des Stroms, der durch die Last fließt, so zu steuern, dass der Durchschnittslaststrom oder die Durchschnittslastspannung näherungsweise gleich dem Zielstrompegel oder dem Zielspannungspegel ist.

[0007] Gemäß einem Beispiel passt der Treiber, wenn sich der Laststrom oder die Lastspannung wegen einer Änderung des Zielstrompegels oder des Zielspannungspegels ändern muss, die Zeit an, zu der der Schalter einschaltet (z.B. passt die Einschaltzeit oder Ein-Zeit des Schalters an) auf einen Zeitpunkt an, zu dem der geringste Betrag an Energie erforderlich ist, um den Schalter einzuschalten, während er zulässt, dass die zum Erreichen des Durchschnittslaststrompegels oder des Durchschnittspannungspegels erforderliche Menge an Strom durch die Last fließt. Zusätzlich passt der Treiber bei diesem Beispiel unverzüglich einen oder mehr Schalterbetriebsparameter an, um die plötzliche Änderung des Betrags des Stroms auszugleichen, der andernfalls wegen der Anpassung der Einschaltzeit des Schalters (z.B. die Zeit, zu der der Schalter eingeschaltet wird) durch die Last fließen würde.

[0008] Gemäß einem anderen Beispiel passt der Treiber, wenn der Laststrom oder die Lastspannung wegen einer Änderung des Zielstrompegels oder des Zielspannungspegels eine Änderung erfordert, die Einschaltzeit des Schalters von einem Spannungstal zu einem weiteren Spannungstal und über eine Zwischen-Einschaltzeit, bei der es sich um eine weniger optimale Einschaltzeit (z.B. eine Zeit, wenn eine hohe Schalteref-

fizienz des Schalters nicht erreicht wird) handeln kann, graduell an. Gemäß diesem Beispiel passt der Treiber die Einschaltzeit graduell an, während er zulässt, dass die geeignete Menge an Strom durch die Last fließt, um den Durchschnittslaststrompegel oder den Durchschnittslastspannungspegel zu erreichen. Ferner passt bei diesem Beispiel eine Rückkopplungsregelschleife des Treibers einen oder mehr Schalterbetriebsparameter graduell an, wenn der Treiber die Einschaltzeit anpasst, um Änderungen des Betrags des Stroms auszugleichen, der anderenfalls aufgrund der Anpassung der Einschaltzeit des Schalters durch die Last fließen würde.

[0009] Gemäß einem Beispiel beschreibt die Offenbarung ein Verfahren zur Steuerung einer einer Last zugeführten Leistung, wobei das Verfahren das Festlegen aufweist, ob eine Einschaltzeit eines Schalters von einer ersten Zeit, die zu einem ersten Spannungstal einer oszillierenden Spannung an einem Knoten des Schalters gehört, auf eine zweite Zeit, die zu einem zweiten Spannungstal der oszillierenden Spannung an dem Knoten des Schalters gehört, angepasst wird oder nicht, das Festlegen eines oder mehr Schalterbetriebsparameter für den Schalter derart, dass wenn die Einschaltzeit von der ersten Zeit auf die zweite Zeit angepasst wird, ein Betrag an Leistung (engl.: „power“), die der Last zugeführt wird, unmittelbar vor der Anpassung und unmittelbar nach der Anpassung im Wesentlichen dieselbe ist, das Anpassen der Einschaltzeit des Schalters auf die zweite Zeit basierend auf der Festlegung, die Einschaltzeit anzupassen, und das Einstellen des einen oder der mehr Schalterbetriebsparameter für den Schalter basierend auf dem festgelegten einen oder mehr Schalterbetriebsparametern.

[0010] Gemäß einem Beispiel beschreibt die Offenbarung ein Treibersystem zur Steuerung einer einer Last zugeführten Leistung, wobei das Treibersystem einen Transformator mit einer Primärseite aufweist, die eine erste Wicklung enthält, sowie eine Sekundärseite, die eine zweite Wicklung enthält, wobei die Last mit der Sekundärwicklung verbunden ist, einem Schalter, der mit der ersten Wicklung verbunden ist, und einem Treiber, der mit dem Schalter gekoppelt ist und der dazu ausgebildet ist, festzulegen, ob eine Einschaltzeit des Schalters von einer ersten Zeit, die zu einem ersten Spannungstal in einer oszillierenden Spannung an einem Knoten des Schalters gehört, auf eine zweite Zeit, die zu einem zweiten Spannungstal der oszillierenden Spannung an dem Knoten des Schalters gehört, angepasst wird, oder nicht, das Festlegen von einem oder mehr Betriebsparametern für den Schalter derart, dass wenn die Einschaltzeit von der ersten Zeit auf die zweite Zeit angepasst wird, ein Betrag an Leistung, die der Last zugeführt wird, unmittelbar vor der Anpassung und unmittelbar nach der Anpassung im Wesentlichen dieselbe ist, und das Anpassen der Einschaltzeit des Schalters auf die zweite Zeit basierend auf der Festlegung, die Einschaltzeit anzupassen, und das Einstellen des einen oder der mehr Schaltbetriebsparameter für den Schalter basierend auf den festgelegten einen oder mehr Schalterbetriebsparametern.

[0011] Gemäß einem Beispiel beschreibt die Offenbarung einen Treiber zur Steuerung einer einer Last zugeführten Leistung, wobei der Treiber einen Controller aufweist, der dazu ausgebildet ist, festzulegen, ob eine Einschaltzeit eines Schalters von einer ersten Zeit, die zu einem ersten Spannungstal in einer oszillierenden Spannung an einem Knoten des Schalters gehört, auf eine zweite Zeit, die zu einem zweiten Spannungstal in der oszillierenden Spannung an dem Knoten des Schalters gehört, angepasst wird oder nicht, und für den Schalter einem oder mehr Schalterbetriebsparameter festzulegen, so dass wenn die Einschaltzeit von der ersten Zeit auf die zweite Zeit angepasst wird, ein Betrag an Leistung, die der Last zugeführt wird, unmittelbar vor der Anpassung und unmittelbar nach der Anpassung im Wesentlichen dieselbe ist, und eine Pulsweitenmodulations-(PWM)-Einheit, die dazu ausgebildet ist, die Einschaltzeit des Schalters auf die zweite Zeit basierend auf der Festlegung, die Einschaltzeit anzupassen, anzupassen, und den einen oder die mehr Schalterbetriebsparameter für den Schalter basierend auf die festgelegten einen oder mehr Schalterbetriebsparametern einzustellen.

[0012] Gemäß einem Beispiel beschreibt die Offenbarung ein Verfahren zur Steuerung einer einer Last zugeführten Leistung, wobei das Verfahren das Festlegen aufweist, ob eine Einschaltzeit eines Schalters von einer ersten Zeit, die zu einem ersten Spannungstal einer oszillierenden Spannung an einem Knoten des Schalters gehört, so angepasst wird oder nicht, dass ein durchschnittlicher Betrag eines durch die Last fließenden Stroms oder ein durchschnittlicher Betrag einer Spannung an der Last näherungsweise gleich einem Ziellaststrompegel (engl.: „target current load level“) oder einem Ziellastspannungspegel (engl.: „target current load level“) ist, das Festlegen einer zweiten Zeit, die zu einem zweiten Spannungstal der oszillierenden Spannung gehört, das graduelle Anpassen der Einschaltzeit des Schalters von der ersten Zeit auf die zweite Zeit über eine dazwischen liegende Zeit, die zu einer Spannung außerhalb eines Tals der oszillierenden Spannung an dem Knoten des Schalters gehört, basierend auf der Festlegung, die Einschaltzeit anzupassen, und graduelles Anpassen des einen oder der mehr Schalterbetriebsparameter für den Schalter, um

den Betrag der Leistung, die der Last zugeführt wird, während der graduellen Anpassung der Einschaltzeit des Schalters von der ersten Zeit auf die zweite Zeit näherungsweise konstant zu halten.

[0013] Gemäß einem Beispiel beschreibt die Offenbarung ein Treibersystem zur Steuerung einer einer Last zugeführten Leistung, wobei das Treibersystem einen Transformator mit einer Primärseite aufweist, die eine erste Wicklung enthält, und eine Sekundärseite, die eine zweite Wicklung enthält, wobei die Last mit der zweiten Wicklung verbunden ist, einen Schalter, der mit einer ersten Wicklung gekoppelt ist, und einen Treiber, der mit dem Schalter gekoppelt ist und der dazu ausgebildet ist, zu festzulegen, ob eine Einschaltzeit des Schalters von einer ersten Zeit, die zu einem ersten Spannungstal in einer oszillierenden Spannung an einem Knoten des Schalters gehört, anzupassen, so dass ein durchschnittlicher Betrag des Stroms, der durch die Last fließt, oder ein durchschnittlicher Betrag einer Spannung an der Last näherungsweise gleich ist einem Ziellaststrompegel oder einem Ziellastspannungspegel, das Festlegen einer zweiten Zeit, die zu einem zweiten Spannungstal der oszillierenden Spannung gehört, das graduelle Anpassen der Einschaltzeit des Schalters von der ersten Zeit auf die zweite Zeit über eine Zwischenzeit, die zu einer Spannung außerhalb eines Tals der oszillierenden Spannung an dem Knoten des Schalters gehört, basierend auf der Festlegung, die Einschaltzeit anzupassen, und das graduelle Anpassen von einem oder mehr Schalterbetriebsparametern für den Schalter, um den Betrag der Leistung, die der Last zugeführt wird, während der graduellen Anpassung der Einschaltzeit des Schalters von der ersten Zeit auf die zweite Zeit näherungsweise konstant zu halten.

[0014] Gemäß einem Beispiel beschreibt die Offenbarung einen Treiber zur Steuerung von Leistung, der dazu ausgebildet ist, festzulegen, ob eine Einschaltzeit des Schalters von einer ersten Zeit, die zu einem ersten Spannungstal einer oszillierenden Spannung an einem Knoten des Schalters gehört, so angepasst wird oder nicht, dass eine durchschnittlicher Betrag des durch die Last fließenden Stroms oder ein durchschnittlicher Betrag einer Spannung an der Last näherungsweise gleich einem Ziellaststrompegel oder einem Ziellastspannungspegel ist, das Festlegen einer zweiten Zeit, die zu einem zweiten Spannungstal der oszillierenden Spannung gehört, das graduelle Anpassen der Einschaltzeit des Schalters von der ersten Zeit auf die zweite Zeit über eine Zwischenzeit, die zu einer Spannung außerhalb eines Tals der oszillierenden Spannung an dem Knoten des Schalters gehört, basierend auf der Festlegung, die Einschaltzeit anzupassen, und das graduelle Anpassen von einem oder mehr Schalterbetriebsparametern für den Schalter, um die Menge der Leistung, die der Last zugeführt wird, während der graduellen Anpassung der Einschaltzeit des Schalters von der ersten Zeit auf die zweite Zeit näherungsweise konstant zu halten.

[0015] Die Einzelheiten von einem oder mehr Verfahren dieser Offenbarung werden in den beigefügten Zeichnungen und der nachfolgenden Beschreibung dargelegt. Andere Merkmale, Ziele und Vorteile dieser Offenbarung sind aus der Beschreibung und den Zeichnungen sowie aus den Ansprüchen erkennbar.

Fig. 1 ist ein Schaltbild, das ein Beispiel eines Treibersystems gemäß einem oder mehr in dieser Offenbarung beschriebenen Beispielen veranschaulicht.

Fig. 2 ist ein graphisches Diagramm, das dazu verwendet wird, Beispielmöglichkeiten zu veranschaulichen, wie ein Treiber den Betrag eines Stroms, der durch Wicklungen eines Transformators fließt, zu erhöhen oder zu verringern.

Fig. 3 ist ein graphisches Diagramm, das das Verhalten einer Spannung ein einem Schalterknoten veranschaulicht, wenn der Schalter ausgeschaltet wird und wenn ein Strom, der durch eine mit der Last gekoppelte Wicklung fließt, Null wird.

Fig. 4 ist ein Flussdiagramm, das ein erstes Beispielverfahren gemäß dieser Offenbarung veranschaulicht.

Fig. 5 ist ein Flussdiagramm, das ein zweites Beispielverfahren gemäß dieser Offenbarung veranschaulicht.

[0016] Ein Treiber wie beispielsweise ein Leuchtdioden-(LED)-Treiber oder ein Netzteil, um zwei Beispiele zu nennen, kann eingesetzt werden, um den Betrag des Stroms zu steuern, der durch eine Last fließt, die mit dem Treiber verbunden ist (z.B. oder eine mehr LEDs bei dem Beispiel, bei dem der Treiber ein LED-Treiber ist), so dass der durchschnittliche Betrag des Stroms, der durch die Last fließt (als Durchschnittslaststrom bezeichnet) oder der durchschnittliche Spannungspegel an der Last (als Durchschnittslastspannung bezeichnet) sich auf einem Zielstrompegel oder einem Zielspannungspegel befindet. In dieser Offenbarung bezieht sich der Spannungspegel an der Last auf das Potential über der Last.

[0017] Gemäß einigen Beispielen ist die Last mit einem Sperrwandler und einem Schalter verbunden. Allerdings sind andere Topologien als Sperrwandler möglich, und die in dieser Offenbarung beschriebenen Verfahren sind nicht als auf eine Sperrwandlertopologie beschränkt zu verstehen. Der Treiber schaltet den Schalter ein und aus, um den Betrag des Stroms, der durch den Schalter fließt, zu steuern, um den Durchschnittslaststrom oder die Durchschnittslastspannung zu steuern.

[0018] Wenn Strom durch die Last fließt und der Schalter eingeschaltet ist, befindet sich eine Spannung an einem Knoten des Schalters auf einem bestimmten Spannungspegel. Wenn der Strom, der durch eine Spule (z.B. einen Induktor) fließt, die mit der Last verbunden ist, Null erreicht und der Schalter ausgeschaltet wird, tendiert eine Spannung an dem Knoten des Schalters dazu, zu oszillieren, was an dem Knoten des Schalters eine oszillierende Spannung mit Spannungsspitzen und Spannungstälern erzeugt. Der Knoten des Schalters, an dem die Spannung oszillieren kann, wird als Schalterknoten bezeichnet, und eine Spannung an dem Schalterknoten wird als Schalterknotenspannung bezeichnet.

[0019] Gemäß einem Beispiel kann es sich bei dem Schalter um einen Transistor handeln, wenn der Schalter eingeschaltet ist, befindet sich der Transistor im ohmschen Modus oder aktiven Modus, und wenn der Schalter ausgeschaltet ist, ist der Transistor der Ausschaltmodus. Gemäß Beispielen, in denen der Schalter ein Transistor ist, kann es sich bei dem Knoten des Schalters, an dem die Spannung oszilliert, um den Drainknoten des Transistors handeln. In anderen Worten, bei dem Schalterknoten kann es sich um den Drainknoten des Transistors handeln, und bei der Schalterknotenspannung kann es sich um die Spannung an dem Drainknoten des Transistors (d.h. die Drainknotenspannung) handeln. Allerdings sind die in dieser Offenbarung beschriebenen Beispiele nicht darauf beschränkt, dass es ein Transistor ist, der den Schalter darstellt.

[0020] Gemäß einigen Beispielen ist der Unterschied zwischen der Schalterknotenspannung bei einem Tal der oszillierenden Spannung und der Schalterknotenspannung, wenn der Schalter eingeschaltet ist, der kleinste im Vergleich zu dem Unterschied zwischen der Schalterknotenspannung bei anderen Spannungspegeln außerhalb eines Tals der oszillierenden Spannung und der Schalterknotenspannung, wenn der Schalter eingeschaltet ist. Nimmt man beispielsweise an, dass die Spannung an dem Schalterknoten bei eingeschaltetem Schalter X ist, und die Spannung an einem Tal der oszillierenden Spannung an dem Schalterknoten bei ausgeschaltetem Schalter Y ist. Bei diesem Beispiel ist Y minus X kleiner als eine Spannung außerhalb eines Tals an dem Schalterknoten während der Oszillation minus X.

[0021] Entsprechend kann das Einschalten des Schalters in einem Tal der oszillierenden Spannung die Schalteffizienz des Schalters maximieren, weil sich die Spannung an dem Schalterknoten in einem Tal der oszillierenden Spannung, wenn der Schalter ausgeschaltet ist, am nächsten an der Spannung an dem Schalterknoten befindet, wenn der Schalter eingeschaltet ist. Anders ausgedrückt wird die geringste Menge an Energie benötigt, um den Schalter wieder einzuschalten, wenn der in einem Tal der oszillierenden Spannung wieder eingeschaltet wird, im Vergleich zum Wiedereinschalten des Schalters außerhalb eines Tals der oszillierenden Spannung, wobei der Unterschied zwischen der Schalterknotenspannung, wenn der Schalter eingeschaltet ist, und der Schalterknotenspannung während der Oszillation in einem Tal der Spannungsoszillation am geringsten ist. Das Einschalten des Schalters (z.B. das Einschalten des Transistors als ein Beispiel) in einem Spannungstal wird als quasi-resonantes Schalten bezeichnet.

[0022] Gemäß einigen Beispielen kann sich der Betrag des Stroms, der durch die Last fließen muss, ändern, um einen Zielstrom- oder -spannungspegel zu erreichen. Beispielsweise kann ein Anwender bei dem Beispiel, bei dem die Last durch eine oder mehr LEDs gegeben ist, die LEDs dimmen oder heller machen, was eine Verringerung bzw. Erhöhung des Betrags des Stroms erfordert, der durch die Last fließen muss. Änderungen des Betrags des Stroms, der durch die Last fließen muss, können eine Anpassung der Zeit erfordern, zu der der Schalter eingeschaltet wird, und möglicherweise auf einen Zeitpunkt, zu dem die oszillierende Spannung einen Spannungspegel außerhalb eines Tals aufweist. Allerdings kann das Anpassen des Zeitpunkts, zu dem der Schalter eingeschaltet wird, auf einen Spannungspegel außerhalb eines Tals zu ineffizientem Schalten führen. Beispielsweise kann das Einschalten des Schalters bei einem Spannungspegel außerhalb eines Tals mehr Energie benötigen, damit die Schalterknotenspannung auf den Spannungspegel zurückkehrt, bei dem der Schalter eingeschaltet ist im Vergleich zu der Energie, die erforderlich ist, damit die Schalterknotenspannung auf den Spannungspegel zurückkehrt, wenn der Schalter zu einem Zeitpunkt, zu dem die oszillierende Spannung einen Spannungspegel in einem Tal aufweist, eingeschaltet wird.

[0023] In der oszillierenden Spannung gibt es mannigfache Spitzen und Täler und in einigen Fällen kann es, wenn sich der Zeitpunkt, zu dem der Schalter einzuschalten ist, ändert (d.h. sich der Einschaltzeitpunkt des Schalters ändert), möglich sein, den Schalter in einem nachfolgenden oder vorhergehenden Tal einzuschal-

ten. In diesem Fall wird die Schalteffizienz aufrechterhalten oder nur geringfügig beeinflusst, weil der Schalter immer noch in einem Spannungstal einschaltet, wenn auch in einem anderen Spannungstal. Allerdings verursachen derartige plötzliche Änderungen des Zeitpunkts, zu dem der Schalter einschaltet, einen schrittweisen Sprung (d.h. eine relativ große sofortige Änderung) des Betrags des Stroms, der durch die Last fließt, wenn keine Kompensation erfolgt.

[0024] Stufenweise Sprünge des Betrags des Stroms, der durch die Last fließt, können unerwünscht sein und graduelle Änderungen des Betrags des Stroms, der durch die Last fließt, können wünschenswert sein. Beispielsweise ergibt sich im Kontext von Beleuchtung, wenn die LEDs gedimmt oder heller gemacht werden, ein stufenweiser Sprung des Betrags des Stroms, der durch die LEDs fließt, ein Flackern der LEDs, was Betrachter als unerwünscht wahrnehmen können. Betrachter können generell graduelle Änderungen der LED-Ausgabe bevorzugen, wenn die LEDs gedimmt oder heller gemacht werden.

[0025] Bei den in dieser Offenbarung beschriebenen Verfahren kann ein Treiber, der den Betrag des durch eine Last fließenden Stroms steuert, festlegen, ob eine Änderung des Zeitpunkts erforderlich ist, zu dem ein Schalter eingeschaltet wird (z.B. ob eine Anpassung der Einschaltzeit des Schalters) erforderlich ist, um den Betrag des durch die Last fließenden Stroms so anzupassen, dass der durchschnittliche Laststrom oder die Durchschnittslastspannung näherungsweise gleich einem Zielstrom- oder -spannungspegel ist. Bei den in dieser Offenbarung beschriebenen Verfahren fließt der Strom, der durch die Last fließt, durch den Schalter, wenn der Schalter eingeschaltet ist. Wenn der Treiber festlegt, dass eine Änderung des Zeitpunkts erforderlich ist, zu dem der Schalter eingeschaltet wird (d.h. die Einschaltzeit), kann der Treiber eine oder mehr in dieser Offenbarung beschriebenen Beispielverfahren implementieren.

[0026] Ferner schaltet der Treiber den Schalter gemäß einigen Beispielen vor der Anpassung zu einem Zeitpunkt, der zu einem ersten Spannungstal der oszillierenden Spannung gehört, ein. In anderen Worten kann der Treiber gemäß einigen Beispielen dazu ausgebildet sein, den Schalter, bevor der Betrag des durch die Last fließenden Stromes geändert wird, zu einer Zeit eines ersten Spannungstals der oszillierenden Spannung einzuschalten. Es versteht sich, dass das „erste Spannungstal“ nicht notwendigerweise den allerersten Fall bedeutet, in dem ein Tal vorliegt, sondern dass es stattdessen dazu verwendet wird, die Spannungstäler zu unterscheiden. Beispielsweise können mehrere Spannungstäler vorliegen und ein erstes Spannungstal, wie es in diesem Kontext verwendet wird, bedeutet, dass es sich auf eines dieser Spannungstäler bezieht. Ein zweites Spannungstal bedeutet, dass es sich auf ein anderes dieser Spannungstäler bezieht und es kann in Bezug auf das erste Spannungstal ein vorhergehendes Spannungstal oder ein nachfolgendes Spannungstal sein.

[0027] Gemäß einem Beispiel kann der Treiber einen Zeitpunkt festlegen, der zu einem zweiten Spannungstal der oszillierenden Spannung gehört und den Zeitpunkt, zu dem der Schalter eingeschaltet wird (z.B. Anpassen der Einschaltzeit), auf den Zeitpunkt des zweiten Spannungstals anpassen. Bei dem zweiten Spannungstal kann es sich um ein Spannungstal handeln, das dem ersten Spannungstal vorausgeht oder dem ersten Spannungstal nachfolgt, basierend darauf, ob eine Erhöhung oder eine Verringerung des Stroms durch die Last erforderlich ist, um den Zielstrom- oder -spannungspegel zu erreichen. Wie oben beschrieben kann eine Änderung der Zeit, zu der der Schalter eingeschaltet wird, von einem Spannungstal zu einem anderen einen stufenweisen Sprung des Betrags des Stroms durch die Last verursachen.

[0028] Entsprechend kann bei diesem Beispiel der Treiber eine plötzliche Änderung des Betrags des durch die Last fließenden Stroms ausgleichen. Beispielsweise kann der Treiber unverzüglich einen oder mehr Schalterbetriebsparameter anpassen, so dass der Betrag der Leistung, die der Last unmittelbar vor der Änderung der Einschaltzeit des Schalters zugeführt wird, derselbe ist, wie der Betrag der Leistung, die der Last unmittelbar nach der Änderung der Einschaltzeit des Schalters zugeführt wird. In anderen Worten kann der Treiber, weil der durch die Last fließende Strom unverzüglich springen kann, wenn die Zeit, zu der der Schalter eingeschaltet wird, von einem Spannungstal auf ein anderes Spannungstal angepasst wird, unverzüglich einen oder mehr Betriebsparameter anpassen, um dem Sprung des Stroms von der Änderung der Zeit, zu der der Schalter eingeschaltet wird, entgegenzuwirken. Dieses Beispielverfahren kann als Tal-zu-Tal-Schalten mit Leistungskompensation bezeichnet werden.

[0029] Ein Beispiel für einen Schalterbetriebsparameter ist eine Einschaltdauer, die die Dauer angibt, für die der Treiber den Schalter eingeschaltet lässt, indem der Treiber den Schalter nach der Laufzeit der abschaltet. Ein anderes Beispiel der Schalterbetriebsparameter ist ein Spitzenstromamplitudenschwellenwert des durch den Schalter fließenden Stroms, bei dem Treiber den Schalter ausschaltet, wenn der durch den Schalter fließende Strom den Amplitudenschwellenwert erreicht.

[0030] Als weiteres Beispiel kann der Treiber, anstelle die Einschaltzeit des Schalters von einer Zeit, die zu einem Spannungstal gehört, auf eine Zeit anzupassen, die zu einem anderen Spannungstal gehört, die Zeit, zu der der Schalter einschaltet, graduell auf ein anderes Spannungstal anpassen. Beispielsweise kann der Treiber die Einschaltzeit des Schalters von einer Einschaltzeit des Spannungstals zu einer Einschaltzeit eines anderen Spannungstals anpassen, und durch eine dazwischen liegende Einschaltzeit, die nicht in einem Spannungstal liegt, sowie bei einem Spannungspegel der oszillierenden Spannung, bei dem eine suboptimale Schalteffizienz auftritt. Wenn beispielsweise die LEDs gedimmt werden, kann der Treiber graduell die Zeit erhöhen, zu der der Schalter erneut eingeschaltet wird, um den Betrag des durch die Last fließenden Stroms zu reduzieren. Bei diesem Beispiel führt der graduelle Anstieg der Zeit, zu der der Schalter erneut eingeschaltet wird, zu Fällen, in denen der Schalter einschaltet und sich die oszillierende Spannung nicht in einem Spannungstal befindet, was eine suboptimale Schalteffizienz bewirkt.

[0031] Gemäß den in dieser Offenbarung beschriebenen Verfahren kann der Treiber gemäß einigen Beispielen die Einschaltzeit graduell anpassen (d.h. die Einschaltzeit des Schalters graduell anpassen), bis die Einschaltzeit in einem Spannungstal liegt, was eine hohe Schalteffizienz erlaubt (d.h. bis die Einschaltzeit des Schalters mit einer Zeit eines Spannungstals verknüpft ist). Allerdings bedingt das graduelle Anpassen der Einschaltzeit des Schalters an eine Zeit, die mit einem Spannungstal verknüpft ist, Änderungen des Betrags des die Last durchfließenden Stroms.

[0032] Gemäß einigen Beispielen kann eine Rückkopplungsregelschleife des Treibers bereits dazu ausgebildet sein, Schalterbetriebsparameter anzupassen, um Änderungen der Eingangsspannung und anderer Faktoren, die sich auf den Betrag des durch die Last fließenden Stroms auswirken, auszugleichen. Diese Regelschleife des Treibers kann nicht schnell genug sein, um schrittweise Änderungen des die Last durchfließenden Stroms auszugleichen, wie dies bei dem obigen Beispiel der Fall ist. Entsprechend kann der Treiber bei dem obigen Beispiel den einen oder die mehr Schalterbetriebsparameter unverzüglich anpassen. Allerdings kann diese Regelschleife des Treibers schnell genug sein, um graduelle Änderungen des Stroms auszugleichen, wie zum Beispiel jene, die aufgrund einer graduellen Anpassung der Einschaltzeit des Schalters von der ersten Einschaltzeit, wenn sich die oszillierende Spannung in einem Spannungstal befindet, auf eine zweite Zeit, wenn sich die oszillierende Spannung bei einem Spannungstal befindet sowie durch eine dazwischen liegende Einschaltzeit, wenn sich die oszillierende Spannung außerhalb eines Tals befindet, auftreten würden. Aufgrund der graduellen Anpassung der Zeit, zu der der Schalter eingeschaltet wird, kann dieses Beispielverfahren als Tal-zu-Tal-Schalten mit weicher Übergabe bezeichnet werden.

[0033] Sowohl beim Tal-zu-Tal-Schalten mit Leistungsausgleich als auch beim Tal-zu-Tal-Schalten mit weicher Übergabe gilt, dass der Treiber, sobald die Einschaltzeit des Schalters auf ein Spannungstal gelegt ist, andere Betriebsparameter des Schalters zusätzlich anpassen kann, so dass der durch die Last fließende Durchschnittsstrom oder die Durchschnittsspannung an der Last gleich dem Ziellaststrompegel oder dem Ziellastspannungspegel ist. Auf diese Weise kann eine hohe Schalteffizienz realisiert werden, während zugelassen wird, dass der durchschnittliche Strom durch die Last oder die durchschnittliche Spannung an der Last gleich dem Zielstrompegel oder dem Zielspannungspegel ist.

[0034] **Fig.** 1 ist ein Schaltbild, das ein Beispiel eines Treibersystems gemäß einem oder mehr in dieser Offenbarung beschriebenen Beispielen veranschaulicht. Beispielsweise veranschaulicht **Fig.** 1 ein Treibersystem 10, das einen Treiber 12 und eine Last 13 enthält. Beispiele des Treibersystems 10 weisen eine Leiterplatte mit den dargestellten Bauelementen und dem Treiber 12 auf, sowie einen Stecker zum Einstecken in eine Leistungsquelle wie beispielsweise eine AC-Eingangsquelle.

[0035] Der Treiber 12 kann in einem integrierten Schaltkreis-(IC)-Chip ausgebildet sein. Alternativ können eine oder mehr Einheiten des Treibers 12 in anderen IC-Chips ausgebildet sein. Die Einheiten des Treibers 12 sind als funktionelle Blöcke veranschaulicht, um das Verständnis zu vereinfachen und sie können innerhalb des Treibers 12 kombiniert oder getrennt sein. Die Einheiten des Treibers 12 können als Hardware oder Software implementiert sein, oder als Firmware, die auf Hardware läuft.

[0036] Bei dem in **Fig.** 1 veranschaulichten Beispiel enthält die Last 13 eine Vielzahl von Leuchtdioden (LEDs), die in Reihe geschaltet sind. Entsprechend stellt in **Fig.** 1 der Treiber 12 ein Beispiel für einen LED-Treiber dar. Ein weiteres Beispiel für einen Treibers enthält ein Netzteil, wobei die Last 13 ein Laptop-Computer ist. Allgemein kann es sich bei dem Treiber 12 um einen Schaltkreis handeln, der dazu ausgebildet ist, Leistung auszugeben, und bei der Last 13 kann es sich um eine Einheit handeln, die Leistung aufnimmt. Zur Vereinfachung der Beschreibung werden die in dieser Offenbarung erläuterten Verfahren aus Sicht eines

LED-Treibersystems beschrieben. Allerdings sind die in dieser Offenbarung beschriebenen Verfahren nicht derart beschränkend zu verstehen und sie können auf andere Treibersysteme ausgedehnt werden.

[0037] Die LEDs der Last 13 leuchten auf, wenn ein Strom durch sie hindurch fließt. Wie dargestellt gibt der Sperrwandler 14 den Strom an die Last 13 aus, was die LEDs der Last 13 veranlasst, aufzuleuchten. Beispielsweise ist eine AC-Eingangsquelle (z.B. 85 bis 305 V AC) mit dem Treibersystem 10 verbunden. Die AC-Spannung der Eingangsquelle wird durch einen Vollweggleichrichter (z.B. die vier mit der AC-Eingangsquelle gekoppelten Dioden) gleichgerichtet und mit einem Kondensator gefiltert. Bei Beispielen, bei denen die Eingangsquelle eine DC-Eingangsquelle ist, kann der Gleichrichter nicht erforderlich sein, und der Kondensator, der in **Fig.** 1 mit dem Gleichrichter verbunden ist, kann optional mit der DC-Eingangsquelle verbunden sein.

[0038] Der Treiber 12 ist mit dem Vollweggleichrichter verbunden und empfängt auf diese Weise Leistung von der Eingangsquelle. Beispielsweise wird die lokale Spannung für den Treiber 12 (als VCC bezeichnet) aus der von dem Vollweggleichrichter ausgegebenen Spannung erzeugt. Die Bauelemente und Einheiten des Treibers 12 werden durch die aus der Ausgangsspannung des Vollweggleichrichters erzeugte VCC mit Energie versorgt.

[0039] Ähnlich empfängt der Sperrwandler 14 Leistung von einer Eingangsquelle über den Vollweggleichrichter. Es versteht sich, dass die in dieser Offenbarung beschriebenen Verfahren zur Vereinfachung der Darstellung in Verbindung mit einem Sperrwandler beschrieben sind. Die in dieser Offenbarung beschriebenen Verfahren können auf andere Wandlertopologien erweitert werden.

[0040] Wie gezeigt enthält der Sperrwandler einen Transformator, der eine Primärseite aufweist, welche eine Primärwicklung (zur Vereinfachung als Wicklung 16 bezeichnet) aufweist, eine Sekundärwicklung (zur Vereinfachung als Wicklung 18 bezeichnet), und eine Abtastwicklung (zur Vereinfachung als Wicklung 20 bezeichnet). Die Wicklung 16 ist mit dem Vollweggleichrichter und einem Schalter TO verbunden. Bei dem in **Fig.** 1 gezeigten Beispiel ist der Schalter TO ein Transistor vom Typ „n“, und deshalb ist die Wicklung 16 so dargestellt, dass sie mit dem Drainknoten des Schalters TO verbunden ist. Zur Vereinfachung der Beschreibung sind die Beispiele im Hinblick auf die Wicklung 16 der Primärseite beschrieben, die mit einem Drainknoten des Schalter TO verbunden ist. Allerdings sind die in dieser Offenbarung beschriebenen Verfahren nicht hierauf beschränkt und der Schalter TO kann ein Transistor vom Typ „p“ sein. Gemäß einigen Beispielen kann der Transistor TO ein Leistungstransistor sein wie beispielsweise ein Leistungs-Metalloxid-Halbleiter-Feldeffektschalter (MOSFET), ein Galliumnitrid-(GaN)-FET, ein Bipolartransistor mit isoliertem Gate (IGBT), oder andere Arten von Transistoren. Gemäß einigen Beispielen kann der Schalter TO kein Transistor sein und er kann andere Arten von Schaltern sein.

[0041] Im Allgemeinen kann der Schalter T0 einen ersten Knoten aufweisen, der mit der Wicklung 16 gekoppelt ist, einen zweiten Knoten, der steuert, ob der Schalter TO ein oder aus ist, und einen dritten Knoten, über den der Schalter T0 Strom ausgibt. Als Beispiel kann bei Beispielen, bei denen der Schalter TO ein Transistor ist, der erste Knoten des Schalters T0, der mit der Wicklung 16 gekoppelt ist, ein Drainknoten des Transistors sein, der zweite Knoten des Schalters TO, der steuert, ob der Schalter TO ein oder aus ist, kann ein Gateknoten des Transistors sein, und der dritte Knoten des Schalters T0, über den der Schalter TO Strom ausgibt, kann ein Sourceknoten des Transistors sein.

[0042] Bei den in dieser Offenbarung beschriebenen Verfahren kann der Treiber 12 steuern, wann der Schalter TO ausgeschaltet wird und eingeschaltet wird, um die Menge des durch die Last 13 fließenden Stroms derart zu steuern, dass der durchschnittliche Betrag des durch die Last 13 fließenden Stroms (als durchschnittlicher Laststrom bezeichnet) oder der durchschnittliche Spannungspegel an der Last 13 (als Durchschnittslastspannung bezeichnet) auf einen Laststrom- oder Lastspannungspegel (z.B. bei einem Ziel-Laststrompegel oder Ziel-Lastspannungspegel) eingestellt wird. Bei dem in **Fig.** 1 gezeigten Beispiel zeigt die Ausgangsspannung den Spannungspegel an der Last 13 an (z.B. das Potential über den LEDs), und der durch die Last 13 fließende Strom ist der durch die LEDs fließende Strom, der bewirkt, dass die LEDs aufleuchten.

[0043] Wenn der Treiber 12 den Schalter TO einschaltet, fließt Strom durch die Wicklung (auch als Wicklung 16 bezeichnet) und in den Schalter TO und durch den Widerstand, der an dem Stromabtast-(CS)-Pin des Treibers 12 angeschlossen ist, nach Masse (GND). Der Strom durch die Wicklung 16 kann sich nicht unverzüglich ändern und deshalb steigt der Strom durch die Wicklung 16 langsam (und er steigt bei einigen Beispielen linear). Der die Wicklung 16 durchfließende Strom erzeugt ein Magnetfeld, und wenn der die Wick-

lung 16 durchfließende Strom abgeschaltet wird, induziert das Magnetfeld einen Strom in der Wicklung 18 (auch als Spule (engl.: „inductor“) 18 bezeichnet) in der zweiten Seite, der das Magnetfeld entlädt. Der Strom der Wicklung 18 fließt durch die Last 13 und erleuchtet die LEDs.

[0044] Wenn der Treiber 12 den Schalter TO ausschaltet, hört der Strom auf, in den Schalter TO zu fließen. Allerdings stoppt der die Wicklung 16 durchfließende Strom aufgrund der Induktivität der Wicklung 16 nicht unverzüglich. Stattdessen sinkt der Strom durch die Wicklung 16 langsam ab (und er fällt gemäß einigen Beispielen linear ab), indem er durch den auf der linken Seite der Wicklung 16 dargestellten Kondensator und innerhalb des Sperrwandlers 14 fließt. Während der Strom durch die Wicklung 16 fließt, erzeugt der Strom ein Magnetfeld. Während der Strom abgeschaltet wird, erzeugt das Magnetfeld einen Sekundärstrom durch die Wicklung 18, der sich durch die Last 13 ebenfalls langsam abbaut (z.B. linear aufgrund der Induktivität) und das Magnetfeld entlädt.

[0045] Wenn der Treiber 12 den Schalter TO wieder einschaltet, bevor der Strom durch die Wicklung 16, und bei einigen Beispielen, die Last 13, Null erreicht hat (d.h. eine Amplitude von Null Ampere (0A)), kann der Treiber 12 als in einem kontinuierlichen Leitungsmodus (engl.: „continuous conduction mode“; CCM) arbeitend angesehen werden. Wenn der Treiber 12 den Schalter TO erneut einschaltet, nachdem der Strom durch die Wicklung 16 und, gemäß einigen Beispielen, die Last 13, Null erreicht hat, kann der Treiber 12 als in einem diskontinuierlichen Leitungsmodus (engl.: „discontinuous conduction mode“; DCM) arbeitend angesehen werden. Wie ausführlicher beschrieben wird, können die in dieser Offenbarung beschriebenen Verfahren im DCM arbeiten, wobei der Treiber 12 festlegt, wann er den Schalter TO erneut einschaltet, nachdem der Strom durch die Wicklung 16 und, gemäß einigen Beispielen, die Last 13, Null erreicht, so dass der Durchschnittslaststrom oder die Durchschnittslastspannung gleich dem festgelegten Laststrompegel oder dem festgelegten Lastspannungspegel ist.

[0046] Beispielsweise kann der Treiber 12 den Betrag des die Last 13 durchfließenden Stroms basierend darauf steuern, wie oft der Treiber 12 den Schalter T0 einschaltet und wie lange der Treiber 12 den Schalter TO einschaltet. Als ein Beispiel kann der Treiber 12, wenn ein höherer Durchschnittslaststrom erforderlich ist, die Dauer der Zeit verringern, die der Treiber 12 wartet, nachdem der Strom durch die Wicklung 16 und/oder die Last 13 Null erreicht, bevor er den Schalter TO einschaltet, oder der Treiber 12 kann den Schalter TO eine längere Zeit lang eingeschaltet lassen, oder eine Kombination dieser beiden Maßnahmen. Als weiteres Beispiel kann der Treiber 12, wenn ein geringerer Durchschnittslaststrom erforderlich ist, die Dauer erhöhen, die der Treiber 12 abwartet, nachdem der Strom durch die Wicklung 16 und/oder die Last 13 Null erreicht, bevor er den Schalter T0 einschaltet, oder der Treiber 12 kann den Schalter TO für eine kürzere Dauer eingeschaltet lassen, oder eine Kombination dieser beiden Maßnahmen.

[0047] **Fig.** 2 ist eine graphische Darstellung, die dazu verwendet wird, beispielhafte Möglichkeiten zu veranschaulichen, mit denen ein Treiber den Betrag eines durch Wicklungen eines Transformators fließenden Stroms erhöhen oder verringern kann. Beispielsweise veranschaulicht **Fig.** 2 den Strom, der durch die Wicklung 16 fließt, die mit dem Schalter TO gekoppelt ist, sowie den Strom, der durch die Wicklung 18 fließt, die mit der Last 13 gekoppelt ist. Beispielsweise fließt der Strom Ilade durch die Wicklung 16 und den Schalter TO. Ientlade ist der Strom, der durch die Wicklung 18 fließt. Der Strom, der durch die Wicklung 18 fließt wird, wie in **Fig.** 1 veranschaulicht, mit einem Kondensator tiefpassgefiltert, der mit der Last 13 verbunden ist, und der tiefpassgefilterte Strom fließt durch die Last 13. Entsprechend kann sich eine Darstellung des die Last durchfließenden Stroms von der in **Fig.** 2 veranschaulichten Darstellung des die Wicklung 18 durchfließenden Stroms unterscheiden.

[0048] Bei dem in **Fig.** 2 gezeigten Beispiel schaltet der Treiber 12 am Anfang den Schalter T0 ein, was es ermöglicht, dass ein Strom durch die Wicklung 16 und durch den Schalter TO fließt, was ein Magnetfeld erzeugt. Am Ende der Einschaltdauer schaltet der Treiber 12 den Schalter TO aus und das Magnetfeld induziert einen Strom, der durch die Last 13 fließt und der aufgrund der Induktivität der Wicklung 18 linear abfällt, bis der Strom durch die Wicklung 18 Null erreicht, um das Magnetfeld abzubauen. Allerdings schaltet der Treiber 12 in dem gezeigten Beispiel den Schalter TO nicht sofort wieder ein. Stattdessen gibt es eine Verzögerung, bevor der Treiber 12 den Schalter TO erneut einschaltet. **Fig.** 2 veranschaulicht beispielsweise die Schaltperiode. Die Schaltperiode ist die Dauer zwischen einem Vorgang, bei dem der Treiber 12 den Schalter TO einschaltet, und einem anderen Vorgang, bei dem der Treiber 12 den Schalter TO einschaltet (d.h. die Ein-Zeit des Schalters TO).

[0049] Basierend auf dem in **Fig.** 2 gezeigten Beispiel kann es wenigstens zwei Arten geben, mit denen der Treiber 12 den Betrag des durch die Last 13 fließenden Stroms steuern kann. Bei einer ersten Möglichkeit,

den Betrag des Stroms, der durch die Last 13 fließt, zu steuern, kann der Treiber 12 die Schaltperiode erhöhen oder verringern, was faktisch die Zeit erhöht oder die Zeit verringert, zu der der Treiber 12 den Schalter TO einschaltet (d.h. die Einschaltzeit des Schalters T0 erhöht oder verringert). Die Schaltperiode lässt auf die Frequenz schließen, mit der der Treiber 12 den Schalter TO einschaltet.

[0050] Wenn der Betrag des Stroms, der durch die Last 13 fließt, steigen muss, so dass der Durchschnittslaststrom oder die Durchschnittslastspannung näherungsweise gleich dem eingestellten Laststrompegel oder Lastspannungspegel (z.B. dem Ziel-Laststrompegel oder dem Ziel-Lastspannungspegel) ist, kann der Treiber 12 den Schalter TO häufiger einschalten (d.h. die Schaltperiode verringern). Wenn sich der Betrag des Stroms, der durch die Last 13 fließt, verringern muss, so dass der Durchschnittslaststrom oder die Durchschnittslastspannung näherungsweise gleich dem eingestellten Laststrompegel oder dem Lastspannungspegel ist, kann der Treiber 12 den Schalter T0 weniger oft einschalten (d.h. die Schaltperiode erhöhen).

[0051] Bei einer zweiten Möglichkeit, die Menge des Stroms zu steuern, der durch die Last 13 fließt, kann der Treiber 12 die Schaltereinschaltdauer erhöhen oder verringern (d.h. ton erhöhen oder verringern). Wenn beispielsweise der Betrag des Stroms, der durch die Last 13 fließt, steigen muss, so dass der Durchschnittslaststrom oder die Durchschnittslastspannung näherungsweise gleich dem eingestellten Laststrompegel oder Lastspannungspegel ist, kann der Treiber 12 die Schaltereinschaltdauer erhöhen. Wenn sich der Betrag des Stroms, der durch die Last 13 fließt, verringern muss, so dass der Durchschnittslaststrom oder die Durchschnittslastspannung näherungsweise gleich dem eingestellten Laststrompegel oder Lastspannungspegel ist, kann der Treiber 12 die Schaltereinschaltdauer verringern.

[0052] Das Erhöhen oder Verringern der Schaltereinschaltdauer wirkt sich auch auf die Schaltperiode aus, weil die Schalterausschaltdauer (toff) konstant sein oder nur geringfügig variieren kann. Beispielsweise kann der Treiber 12 nicht dazu in der Lage sein, die Schalterausschaltdauer einzustellen, weil die Schalterausschaltdauer eine Funktion der Induktivität des Transformators, der die Primärseite, welche die Wicklung 16 enthält, und die Sekundärseite, welche die Wicklung 18 enthält, aufweist sowie mit dem Transformator verbundener Kondensatoren ist.

[0053] Demgemäß ändert sich, wenn sich die Schaltereinschaltdauer ändert, die Schaltperiode (d.h. die Einschaltzeit des Schalters TO) entsprechend, was bedeutet, dass die Schaltperiode eine Funktion der Schaltereinschaltdauer ist. Wie nachfolgend ausführlicher beschrieben wird, können gemäß einigen Beispielen die Berechnungen, die erforderlich sind, um zu bestimmen, wann der Schalter TO eingeschaltet werden sollte, kompliziert sein. Daher können die in dieser Offenbarung beschriebenen Verfahren gemäß einigen Beispielen die Zeit, zu der der Schalter TO einschalten sollte, basierend auf einer Annahme approximieren, dass die Schaltperiode eine Funktion der Schaltereinschaltdauer ist, oder dass die Schaltereinschaltdauer einen geringen Einfluss auf die Schaltperiode besitzt. Allerdings sind die in dieser Offenbarung beschriebenen Verfahren nicht auf diese Weise beschränkt. Die in dieser Offenbarung beschriebenen Verfahren sind ebenso auf Situationen anwendbar, in denen der Auswirkung von Änderungen der Schaltereinschaltdauer auf die Schaltperiode Rechnung getragen wird.

[0054] Auf diese Weise kann der Treiber 12, wenn der Treiber 12 nicht dazu in der Lage ist, rechenintensive Aufgaben zu verarbeiten, die Beispielverfahren implementieren, bei denen angenommen wird, dass die Schaltperiode keine Funktion der Schaltereinschaltdauer ist. Wenn die Rechenleistungsfähigkeit des Treibers 12 in der Lage ist, rechenintensive Aufgaben zu verarbeiten, kann der Treiber 12 Beispielverfahren implementieren, bei denen der Auswirkung der Schaltereinschaltdauer auf die Schaltperiode Rechnung getragen wird.

[0055] Wie oben erläutert besteht eine Möglichkeit, mit der der Treiber 12 den Betrag des Stroms, der durch die Last 13 fließt, steuert, darin, die Schaltereinschaltdauer einzustellen. Es können wenigstens zwei Wege gegeben sein, mit denen der Treiber 12 die Schaltereinschaltdauer einstellt. Gemäß einem Beispiel kann der Treiber 12 die Schaltereinschaltdauer festlegen und nachdem die Schaltereinschaltdauer abgelaufen ist, kann der Treiber 12 den Schalter TO ausschalten. Als weiteres Beispiel kann der Treiber 12 eine Spitzenstromschwellenwertamplitude von Ilade festlegen, wobei es sich bei Ilade um einen Strom handeln kann, der durch den Transformator und den Schalter TO fließt. Gemäß diesem Beispiel kann der Treiber 12 den Schalter TO abschalten, wenn Ilade die Spitzenstromschwellenwertamplitude erreicht, wie sie durch die Spannung über dem Widerstand bestimmt ist, der mit dem CS-Pin des Treibers 12 verbundenen ist.

[0056] Ob der Treiber 12 die Dauer festlegt, während der der Schalter TO eingeschaltet ist (d.h. die Einschaltdauer), kann eine Frage der Wahl der Auslegung sein. Beispielsweise kann der Treiber 12 für Netzteile

die Einschaltdauer basierend auf der Spitzenstromschwellenwertamplitude festlegen, um eine konstantere Leistungsübertragung zu ermöglichen. Wenn der Treiber 12 die Dauer, während der der Schalter TO eingeschaltet ist, basierend auf der vorgegebenen Dauer festlegt, kann der Treiber 12 die Blindleistung minimieren. Wirkleistung bezieht sich auf Bauelemente, die Leistung verbrauchen, und Blindleistung bezieht sich auf die Rück- und Hinübertragung von Leistung zwischen den Bauelementen und der Eingangsquelle. Das Festlegen der Dauer, für die der Schalter TO eingeschaltet ist, basierend auf der festgelegten Dauer bewirkt, dass die Bauelemente wie eine konstante resistive Last erscheinen, was für einen besseren Wirkfaktor sorgt (d.h. für einen besseren Verbrauch von Wirkleistung sorgt und die Blindleistung minimiert). Daher kann die Frage, ob eine bessere konstante Leistungsübertragung benötigt wird oder ob bessere Wirkfaktoren benötigt werden, bestimmen, ob der Treiber 12 die aktuelle Dauer, während der der Schalter TO eingeschaltet ist, festlegt, um die Einschaltdauer festzulegen, oder ob der Treiber 12 die Spitzenstromschwellenwertamplitude festlegt, um die Einschaltdauer festzulegen.

[0057] Im diskontinuierlichen Leitungsmodus (engl.: „discontinuous conduction mode“; DCM) kann der Treiber 12 den Schalter T0, nachdem der Strom durch die Wicklung 16 (Induktor 16) Null erreicht hat (d.h. eine Amplitude von Null Ampere erreicht hat), zu jeder beliebigen Zeit einschalten. Allerdings kann es bestimmte Zeitpunkte geben, zu denen das Wiedereinschalten des Schalters TO vorteilhafter ist als zu anderen Zeitpunkten.

[0058] **Fig.** 3 ist ein graphisches Diagramm, das das Verhalten einer Spannung an einem Schaltungsknoten veranschaulicht, wenn der Schalter ausgeschaltet wird und wenn kein Strom durch die Wicklung 16 fließt. Beispielsweise veranschaulicht **Fig.** 3 das Verhalten einer Spannung VAUX, die auf die Spannung an dem Schaltungsknoten des Schalters TO (als gestrichelte Linie dargestellt) schließen lässt, die einer graphischen Darstellung des Ilade und Ientlade (welche ähnlich dem in **Fig.** 2 veranschaulichten Ilade und Ientlade sind) überlagert ist.

[0059] Beispielsweise kann die Spannung VAUX ein Abbild der Spannung an dem Schalterknoten des Schalters T0 (z.B. dem Drainknoten bei Beispielen, bei denen der Schalter TO ein Transistor ist), der mit der Wicklung 16 verbunden ist, sein. Allgemein veranschaulicht die Spannung VAUX das Verhalten der Spannung an dem Schalterknoten von T0, der mit der Wicklung 16 verbunden ist. Wie in **Fig.** 3 gezeigt ist, befindet sich die Schalterknotenspannung (z.B. die Drain-Spannung des Schalters TO) während der Schaltereinschaltdauer bei einem konstant niedrigen Spannungspegel. Dieser konstant niedrige Spannungspegel wird als Einschaltdauerschalterknotenspannungspegel bezeichnet. Obwohl der Schalter TO ausgeschaltet ist, fließt während der Schalterausschaltdauer noch Strom durch die Wicklung 16, und die Schalterknotenspannung befindet sich bei einem relativ konstant hohen Spannungspegel (es kann einen leichten Abfall (engl.: „droop“) geben).

[0060] Wenn jedoch der Strom durch die Wicklung 16 Null erreicht und der Schalter TO ausgeschaltet ist, beginnt die Schalterknotenspannung mit einer Periode Tosc zu oszillieren. Die Frequenz dieser Oszillation (d.h. 1/Tosc) ist eine Funktion der mit dem Schalter TO verbundenen Komponenten, und der Treiber 12 kann nicht dazu in der Lage sein, die Frequenz der Oszillation zu steuern. Während des Einschaltens (z.B. wenn das Treibersystem 10 mit der Eingangsquelle verbunden wird), kann die Einschaltsteuerung 26 des Treibers 12 die Schwingungsperiode Tosc bestimmen.

[0061] Die Spannungsoszillation an dem Schalterknoten erzeugt Spannungsspitzen und Spannungstäler. Wie beispielsweise in **Fig.** 3 gezeigt ist, enthält die oszillierende Spannung (d.h. die Spannung an dem Schalterknoten des Schalters, wenn (1) der Strom durch die Wicklung 16 Null ist und (2) der Schalter TO ausgeschaltet ist) ein Spannungstal 36 und ein Spannungstal 40 und eine Spannungsspitze 38. Das Spannungstal 36 tritt zur Zeit 0,5*Tosc nach toff auf, das Spannungstal 40 tritt zu dem Zeitpunkt 1,5*Tosc nach toff auf, und die Spannungsspitze 38 tritt zum Zeitpunkt Tosc nach toff auf.

[0062] **Fig.** 3 veranschaulicht außerdem drei hypothetische Schaltperioden: Schaltperiode A, Schaltperiode B und Schaltperiode C, wobei jede Schaltperiode eine Zeit veranschaulicht, zu der der Schalter TO wieder eingeschaltet wird (d.h. jede veranschaulicht eine Einschaltzeit des Schalters TO). In **Fig.** 3 liegt die Schaltperiode A bei der Zeit des Spannungstals 36, die Schaltperiode B liegt bei der Zeit der Spannungsspitze 38, und die Schaltperiode C liegt bei der Zeit des Spannungstals 40. Gemäß einigen Beispielen kann die Schalteffizienz des Schalters TO maximiert werden, wenn der Treiber 12 den Schalter TO wieder bei einem Spannungstal 36 oder einem Spannungstal 40 einschaltet.

[0063] Bei den in dieser Offenbarung beschriebenen Verfahren kann der Betrag der zum Wiedereinschalten des Schalters TO erforderlichen Energie mit dem Unterschied zwischen dem Einschaltdauerschalterknotenspannungspegel und dem Spannungspegel der oszillierenden Spannung in Zusammenhang stehen. Je kleiner der Unterschied zwischen dem Einschaltdauerschalterknotenspannungspegel und dem Spannungspegel der oszillierenden Spannung ist, desto geringer ist der Betrag der Energie, die es gestattet, dass die Schalterknotenspannung auf den Einschaltdauerschalterknotenspannungspegel zurückkehrt, wenn der Schalter TO wieder eingeschaltet wird. Der Betrag an Energie, die erforderlich ist, dass die Schalterknotenspannung auf den Einschaltdauerschalterknotenspannungspegel zurückkehrt, wenn der Schalter TO wieder eingeschaltet wird, wird durch eine Schalteffizienz des Schalters TO angegeben.

[0064] In **Fig.** 3 repräsentiert die Spannungsdifferenz 42 die Differenz zwischen der Spannung an dem Spannungstal 36 und dem Einschaltdauerschalterknotenspannungspegel (z.B. die Spannung an dem Drainknoten des Schalters T0, wenn der Schalter TO eingeschaltet ist). Die Spannungsdifferenz 44 repräsentiert die Differenz zwischen der Spannung bei der Spannungsspitze 38 und dem Einschaltdauerschalterknotenspannungspegel, und die Spannungsdifferenz 46 repräsentiert die Differenz zwischen der Spannung bei dem Spannungstal 40 und dem Einschaltdauerschalterknotenspannungspegel.

[0065] Wie gezeigt ist die Spannungsdifferenz 42 die geringste Spannungsdifferenz zwischen dem Einschaltdauerschalterknotenspannungspegel und jedem anderen Spannungspegel der oszillierenden Spannung. Daher wäre, wenn der Treiber 12 den Schalter TO erneut einschaltet, wenn sich die oszillierende Spannung bei dem Spannungstal 36 befindet, der geringste Betrag an Energie erforderlich, um die Schalterknotenspannung auf den Einschaltdauerschalterknotenspannungspegel zurückzubringen, was zu der höchsten Schalteffizienz führt. Wie gezeigt ist die Spannungsdifferenz 46 die nächstkleinere Spannungsdifferenz zwischen dem Einschaltdauerschalterknotenspannungspegel und jedem anderen Spannungspegel (ausgenommen dem Spannungspegel 36) der oszillierenden Spannung. Deshalb wäre, wenn der Treiber 12 den Schalter TO wieder einschalten würde, wenn sich die oszillierende Spannung bei dem Spannungstal 40 befindet, der nächst geringere Betrag an Energie erforderlich, um die Schalterknotenspannung auf den Einschaltdauerschalterknotenspannungspegel zurückzuführen, was nahezu zu der höchsten Schalteffizienz führt. Wie gezeigt ist die Spannungsdifferenz 44 die größte Spannungsdifferenz zwischen der Einschaltdauerschalterknotenspannung und jedem anderen Spannungspegel der oszillierenden Spannung. Daher wäre, wenn der Treiber 12 den Schalter TO wieder einschaltet, wenn sich die oszillierende Spannung bei der Spannungsspitze 38 befindet, der größte Betrag an Energie erforderlich, um die Schalterknotenspannung auf den Einschaltdauerschalterknotenspannungspegel zurückzuführen, was zu der geringsten Schalteffizienz führt.

[0066] Entsprechend kann der Treiber 12, um eine hohe Schalteffizienz zu erreichen, dazu ausgebildet sein, den Schalter T0 zu einer Zeit bei einem Spannungstal der oszillierenden Spannung einzuschalten. Beispielsweise kann ein Anwender den Helligkeitspegel der LEDs auf den höchsten Pegel einstellen, indem er den Laststrompegel auf den höchsten Pegel einstellt. Bei diesem Beispiel kann der Treiber 12 dazu ausgebildet sein, den Schalter TO zu einem Zeitpunkt des Spannungstals 36 einzuschalten. In anderen Worten kann der Treiber 12 die Einschaltzeit des Schalters TO gleich der Schaltperiode A einstellen. Umgekehrt kann ein Anwender den Helligkeitspegel der LEDs auf den geringsten Pegel einstellen, indem er den Laststrompegel auf den geringsten Pegel einstellt. Bei diesem Beispiel kann der Treiber 12 dazu ausgebildet sein, den Schalter TO zu einem Zeitpunkt des Spannungstals 40 einzuschalten. In anderen Worten, kann der Treiber 21 die Einschaltzeit des Schalters T0 gleich der Schaltperiode C einstellen.

[0067] Es versteht sich, dass **Fig.** 3 zur Vereinfachung der Darstellung und der Beschreibung zwei Spannungstäler veranschaulicht. Allgemein können vielfache Spannungstäler und vielfache Spannungsspitzen vorhanden sein. Daher kann der Treiber 12 gemäß einigen Beispielen dazu ausgebildet sein, den Schalter TO bei irgendeinem dieser Spannungstäler zu schalten.

[0068] Bei den obigen Beispielen kann der Treiber 12 die Zeit, zu der der Schalter TO einzuschalten ist, basierend darauf festlegen, wann bei der oszillierenden Spannung ein Spannungstal auftritt. Entsprechend kann es erforderlich sein, dass der Treiber 12 dazu ausgebildet ist, zu bestimmen, wann die Spannungstäler auftreten.

[0069] Erneut Bezug nehmend auf **Fig.** 1 weist der Transformator eine Abtastseite auf, die eine Wicklung 20 enthält. Die Wicklung 20 kann die Spannung an der Wicklung 16 abtasten. Weil die Wicklung 16 mit dem Schalterknoten des Schalters TO (z.B. bei dem Beispiel, bei dem der Schalter TO ein Transistor ist, dem Drainknoten), an dem die oszillierende Spannung auftritt, verbunden ist, kann die Wicklung 20 die Spannung

an dem Schalterknoten des Schalters TO abtasten und die Spannung dem Treiber 12 zuführen. Beispielsweise enthält das Treibersystem 12 einen Spannungsteiler 22, der mit dem Nulldurchgangs-(ZCD)-Pin des Treibers 12 verbunden ist. Daher empfängt der Treiber 12 über den ZCD-Pin einen Bruchteil der Spannung, der der Schalterknotenspannung folgt, bei der es sich um die Spannung an dem Knoten des Schalters TO handelt, der mit dem Sperrwandler 14 (z.B. dem Drainknoten des Schalters TO) verbunden ist. Der Spannungsteiler 22 kann optional oder in dem Treiber 12 enthalten sein.

[0070] Wenn beispielsweise an dem Schalterknoten eine Spannungsoszillation vorliegt, dann kann die Spannungsoszillation durch die Wicklung 20 abgetastet, von dem Spannungsteiler 22 geteilt und in den ZCD-Pin eingekoppelt werden. Eine ZCD-Einheit 30 des Treibers 12 kann ermitteln, wann die abgetastete Spannung auf unter Null abfällt (z.B. sich von über Null nach unter Null bewegt), und gibt an den Controller 24 des Treibers 12 ein Signal aus, das erkennen lässt, dass die abgetastete Spannung auf unter Null abgefallen ist. Basierend auf der Zeit, zu der die abgetastete Spannung auf unter Null abgefallen ist, kann der Controller 24 die Zeit bestimmen, zu der in der oszillierenden Spannung ein Spannungstal auftreten wird. Beispielsweise kann das Spannungstal der oszillierenden Spannung bei einem Viertel der Schwingungsdauer auftreten. Gemäß einigen Beispielen kann die Einschaltsteuerung 26 die Schwingungsdauer (Tosc) bereits während des Einschaltens bestimmt haben. Daher kann der Controller 24, wenn die ZCD-Einheit 30 an den Controller 24 ein Signal ausgibt, das erkennen lässt, dass die abgetastete Spannung die Null Volt durchkreuzt hat, ermitteln, das in der oszillierenden Spannung um näherungsweise Tosc/4 später ein Spannungstal auftreten wird. Weil die abgetastete Spannung der Spannung an dem Schalterknoten folgt, kann der Controller 24 ermitteln, dass in der oszillierenden Spannung an dem Schalterknoten von der Zeit, zu der die abgetastete Spannung von einer Spannung größer als Null Null gekreuzt hat, näherungsweise Tosc/4 später ein Spannungstal auftreten wird.

[0071] Bei den in dieser Offenbarung beschriebenen Verfahren beginnt die Spannung an dem Schalterknoten zu oszillieren, wenn der Strom durch die Wicklung 16 Null erreicht. Obwohl der Treiber 12 nicht dazu in der Lage sein kann, die exakte Zeit festzustellen, zu der die Oszillation begonnen hat, kann der Treiber 12 basierend auf der Nulldurchgangsermittlung von der abgetastete Spannung von der Wicklung 20 nach wie vor dazu in der Lage sein, zu ermitteln, wann ein Spannungstal auftreten wird.

[0072] Sobald der Treiber 12 die Zeit festlegt, zu der der Schalter TO einzuschalten ist, um eine hohe Schalteffizienz zu erreichen, kann der Treiber 12 auch die Einschaltdauer (ton) bestimmen. Erneut kann der Treiber 12 nicht dazu in der Lage sein, die Ausschaltdauer (toff) zu steuern. Ferner bestimmt die Zeit, zu der der Schalter TO einzuschalten ist, die Schaltperiode (z.B. schaltet der Schalter TO zu jeder Schaltperiode ein, die basierend darauf festgelegt wird, wann eine hohe Schalteffizienz realisiert wird).

[0073] Um die Einschaltdauer zu festzulegen, empfängt die Stromabtast-(CS)-Einheit 34 eine Spannung, die auf dem Betrag des durch den Schalter TO fließenden Stroms schließen lässt. Beispielsweise fließt der Strom, wie gezeigt, durch den Schalter TO und durch einen mit dem CS-Pin des Treibers 12 verbundenen Widerstand, was eine Spannung an dem CS-Pin erzeugt, die proportional ist zu dem Betrag des durch den Schalter TO fließenden Stroms. Die CS-Einheit 34 kann an den Controller 24 ein Signal ausgeben, das auf dem Betrag des durch den Schalter fließenden Stroms schließen lässt. Als Reaktion hierauf kann der Controller 24 die Einschaltdauer des Schalters derart festlegen, dass ein Durchschnittslaststrom oder eine Durchschnittslastspannung näherungsweise gleich ist dem eingestellten Laststrom oder der eingestellten Lastspannung.

[0074] Auf diese Weise kann der Controller 24 die Schaltperiode des Schalters T0 (d.h. die Zeit, wenn der Schalter T0, nachdem er ausgeschaltet war, erneut eingeschaltet wurde, auch als Einschaltzeit bezeichnet) bestimmen, sowie, wie lang der Schalter TO eingeschaltet zu sein hat (d.h. die Einschaltdauer). Der Controller 24 kann dann die Pulsweitenmodulations-(PWM)-Einheit 32 dazu veranlassen, den Schalter TO zu geeigneten Zeiten basierend auf der festgelegten Schaltperiode einzuschalten und TO für eine geeignete Dauer basierend auf der festgelegten Einschaltdauer eingeschaltet zu lassen.

[0075] Entsprechend bilden die CS-Einheit 34, der Controller 24 und die PWM-Einheit 32 eine Regelschleife, um die Einschaltdauer für die gegebene Schaltperiode einzustellen, wie sie mit Ausgangssignalen von der ZCD-Einheit 30 und der Einschaltsteuerung 26 bestimmt wurden, um den Betrag des Stroms zu steuern, der durch die Last 13 fließt, so dass der Durchschnittslaststrom oder die Durchschnittslastspannung näherungsweise gleich ist dem eingestellten Laststrompegel oder dem eingestellten Spannungspegel. Beispielsweise wird der durch die Wicklung 16 fließende Strom gesteuert, indem gesteuert wird, wann der Schalter T0 ein- und ausschaltet, was den Betrag des durch die Last 13 fließenden Stromes steuert. Gemäß einigen Beispie-

len kann die interne Temperatur des Treibers Anpassungen an die Einschaltdauer erfordern. Entsprechend kann der Temperatursensor 28 an den Controller 24 ein Signal ausgeben, das auf die interne Temperatur schließen lässt, und der Controller 24 kann die interne Temperatur als eine der Variablen zur Festlegung der Einschaltdauer verwenden.

[0076] Allerdings kann ein Anwender den eingestellten Laststrompegel oder den eingestellten Spannungspegel modifizieren. Beispielsweise kann sich der eingestellte Strompegel auf einem Pegel befinden, bei dem die LEDs am hellsten sind, und der Anwender kann die LEDs dimmen, oder der eingestellte Laststrompegel kann sich auf einem Pegel befinden, bei dem die LEDs weniger hell sind, und der Anwender kann die LEDs heller machen. Bei diesem Beispiel kann die Regelschleife die Einschaltdauer derart anpassen, dass der Durchschnittslaststrom oder die Durchschnittslastspannung näherungsweise gleich sind dem eingestellten Laststrompegel oder dem eingestellten Spannungspegel (d.h. dem modifizierten Pegel, den der Anwender eingestellt hat, auch bezeichnet als Ziel-Laststrompegel oder Ziel-Lastspannungspegel). Gemäß einigen Fällen kann es als Teil der Regelschleife einen Grenzwert dafür geben, wie weit der Controller 24 die Einschaltdauer anpassen kann.

[0077] Wenn der Controller 24 als Teil der Regelschleife die Einschaltdauer nicht weiter anpassen kann, um den erforderlichen Durchschnittslaststrom oder die Durchschnittslastspannung zu erreichen, kann der Controller 24 die Schaltperiode einstellen (z.B. die Einschaltzeit einstellen). Gemäß einigen Beispielen muss der Controller 24 nicht abwarten, bis der Controller 24 die Einschaltdauer nicht mehr anpassen kann, um den erforderlichen Durchschnittslaststrom oder die Durchschnittslastspannung zu erreichen, und er kann die Schaltperiode (z.B. die Einschaltzeit) zu einem früheren Punkt anpassen.

[0078] Das Anpassen der Schaltperiode kann zu Schaltineffizienzen führen. Nimmt man beispielsweise Bezug nehmend auf **Fig.** 3 an, dass die Schaltperiode anfänglich gleich ist der Schaltperiode A, und der Anwender die LEDs auf einen derartigen Pegel gedimmt hat, dass der Controller 24 die Schaltperiode (z.B. einen Anstieg der Schaltperiode) anpassen musste. Bei diesem Beispiel kann es möglich sein, dass der Controller 24, um den eingestellten Laststrom oder den eingestellten Lastspannungspegel zu erreichen, die Schaltperiode von der Schaltperiode A auf die Schaltperiode B erhöht. Wie vorangehend beschrieben, sorgt die Schaltperiode B für die geringste Schalteffizienz, weil die Differenz 44 die größte Differenz zwischen der oszillierenden Spannung und dem Einschaltdauerschalterknotenspannungspegel ist.

[0079] Die in dieser Offenbarung beschriebenen Beispielverfahren stellen Wege bereit, eine hohe Schalteffizienz aufrecht zu erhalten, während sie ermöglichen, dass der benötigte Strom durch die Last 13 fließt, so dass der Durchschnittslaststrom oder die Durchschnittslastspannung gleich dem Ziellaststrompegel oder dem Ziellastspannungspegel ist. Gemäß einem ersten Beispielverfahren passt der Controller 24 die Schaltperiode derart an, dass sich die Schaltperiode unverzüglich von einem ersten Spannungstal zu einem zweiten Spannungstal ändert. Bei diesem ersten Beispielverfahren passt der Controller 24 ebenso einen Schalterbetriebsparameter (z.B. die Einschaltdauer durch Anpassung der Zeit oder des Spitzenstroms) an, so dass die an die Last ausgegebene Leistung unmittelbar vor dem Anpassen der Schaltperiode von dem ersten Spannungstal auf das zweite Spannungstal und unmittelbar nach dem Anpassen der Schaltperiode von dem ersten Spannungstal zu dem zweiten Spannungstal gleich bleibt. Nachdem der Treiber 12 die Schaltperiode auf das zweite Spannungstal anpasst, kann der Controller, wenn der Anwender den Ziellaststrompegel oder den Ziellastspannungspegel weiter modifiziert, die Einschaltdauer als Teil der Regelschleife anpassen und unverzüglich die Spannungstäler wechseln, wenn der Controller 24 den Ziellaststrompegel oder den Ziellastspannungspegel durch Anpassung der Einschaltdauer nicht erreichen kann.

[0080] Gemäß einem zweiten Beispielverfahren passt der Controller 24 die Schaltperiode über eine Zwischenschaltperiode (d.h. eine Zwischen-Einschaltzeit) an eine zu einem Spannungstal gehörende Schaltperiode an. Diese Zwischenschaltperiode kann bei einem Spannungspegel außerhalb eines Tals der oszillierenden Spannung liegen, was zu Schalt-Ineffizienzen führt. Allerdings kann der Controller 24 bei dem zweiten Beispielverfahren die Schaltperiode graduell anpassen, bis sich die Schaltperiode bei einem Spannungstal befindet. Bei diesem zweiten Beispielverfahren kann die Regelungsschleife die Schalterbetriebsparameter graduell anpassen, um Änderungen des Betrags des durch die Last 13 fließenden Stroms, die eine Abweichung von dem Ziellaststrompegel oder dem Ziellastspannungspegel verursachen, zu korrigieren. Ähnlich zu oben, kann der Controller 24, nachdem der Treiber 12 die Schaltperiode auf das zweite Spannungstal anpasst, wenn der Anwender weiter den Ziellaststrompegel oder den Ziellastspannungspegel modifiziert, die Einschaltdauer als Teil der Regelungsschleife anpassen, und graduell die Einschaltzeit des Schalters auf ein anderes Spannungstal anpassen, wenn der Controller 24 den Ziellaststrompegel oder den Ziellastspannungspegel durch Anpassung der Einschaltdauer nicht erreichen kann.

[0081] Bei dem zweiten Beispielverfahren kann der Controller 24 während der graduellen Anpassung der Einschaltzeit des Schalters die Einschaltzeit des Schalters auf die Zwischenzeit anpassen, die zu der außerhalb eines Tals liegenden Spannung der oszillierenden Spannung gehört. Ferner kann der Controller während der graduellen Anpassung des einen oder der mehr Schalterbetriebsparameter den einen oder die mehr Schalterbetriebsparameter so anpassen, dass der Betrag der der Last 13 zugeführten Leistung näherungsweise konstant gehalten wird, wenn die Einschaltzeit an die Zwischenzeit angepasst wird, die zu der außerhalb eines Tals befindlichen Spannung während der Anpassung der Einschaltzeit von der ersten Zeit zu der zweiten Zeit gehört.

[0082] Die ersten und zweiten Beispielverfahren werden nachfolgend ausführlicher beschrieben, aber allgemein passen beide Beispielverfahren die Schaltperiode so an, dass der Schalter bei einem Spannungstal der oszillierenden Spannung an dem Schalterknoten einschaltet (d.h. sie passen die Einschaltzeit so an, dass der Schalter TO bei einem Spannungstal einschaltet). Sowohl das erste, als auch das zweite Beispielverfahren kann gegenüber anderen Verfahren vorteilhaft sein, weil das erste und zweite Beispielverfahren die Einschaltzeit so anpassen, dass sie gleich ist einer Zeit, zu der ein Spannungstal vorliegt, während andere Verfahren die Einschaltzeit so anpassen, dass sie gleich einer Zeit ist, zu der kein Spannungstal vorliegen kann. In anderen Worten, sowohl das erste, als auch zweite Beispielverfahren verwendet Tal-zu-Tal-Schalten, wohingegen andere Verfahren mit einer Einstellung mit nur mit einem Tal arbeiten. Weil sowohl das erste, als auch zweite Beispielverfahren Tal-zu-Tal-Schalten verwenden, und das Schalten bei einem Tal als quasi-resonantes Schalten bezeichnet wird, können sowohl das erste, als auch zweite Beispielverfahren quasi-resonantes Schalten einsetzen.

[0083] Das erste Beispielverfahren verwendet ein System mit offener Regelschleife (engl.: „open loop scheme“), bei dem der Controller 24 die Einschaltzeit unverzüglich von der Zeit eines Spannungstals an die Zeit eines anderen Spannungstals anpasst und der Controller 24 bestimmt, anstelle den resultierenden, durch den Schalter T0 fließenden Strom abzutasten und den Betrag des durch die Last 13 fließenden Stromes graduell anzupassen, unverzüglich die Schalterbetriebsparameter, die erforderlich sind, um die der Last 13 zugeführte Leistung unmittelbar vor der Anpassung der Einschaltzeit und unmittelbar nach der Anpassung der Einschaltzeit gleich zu halten. In diesem Sinn kann das erste Beispielverfahren als Tal-zu-Tal-Schalten mit Leistungskompensation betrachtet werden.

[0084] Bei dem zweiten Beispielverfahren passt der Controller 24 die Einschaltzeit nicht unverzüglich von der Zeit eines Spannungstals an die Zeit eines anderen Spannungstals an. Vielmehr passt der Controller 24 die Einschaltzeit graduell von der Zeit eines Spannungstals über eine Zwischeneinschaltzeit, bei der sich die oszillierende Spannung nicht in einem Spannungstal befindet, an, bis die Einschaltzeit bei einer Zeit eines anderen Spannungstals liegt. Diese graduelle Anpassung der Einschaltzeit auf ein anderes Spannungstal bewirkt, dass der Laststrompegel oder der Lastspannungspegel von dem Ziellaststrompegel oder dem Zielspannungspegel abweicht. Bei diesem zweiten Beispielverfahren stütz sich das zweite Beispielverfahren, anstelle die erforderlichen Schalterbetriebsparameter in einem offenen Schleife-Schema unverzüglich zu bestimmen, auf die Rückkopplungsregelschleife, um die Schalterbetriebsparameter graduell anzupassen, um Abweichungen des Laststrompegels oder des Lastspannungspegels von dem Ziellaststrompegel oder dem Ziellastspannungspegel zu korrigieren. In diesem Sinn kann das zweite Beispielverfahren als Tal-zu-Tal-Schalten mit weicher Übergabe (engl.: „handover") betrachtet werden.

[0085] Gemäß einigen Beispielen kann für das erste Beispielverfahren keine Zwischenzeit vorliegen, wenn es eine Verringerung der Schalteffizienz gibt, und der Treiber 12 muss nicht unbedingt bestimmen, ob die Einschaltzeit das Spannungstal erreicht hat, da der Treiber 12 im Vergleich mit dem Beispielverfahren unverzüglich zu dem Spannungstal springt. Gemäß einigen Beispielen für das zweite Beispielverfahren kann die Stärke des Flackerns, das beim Tal-zu-Tal-Schalten auftritt, aufgrund der im Vergleich zum ersten Beispielverfahren graduellen Anpassung der Einschaltzeit minimal sein.

[0086] Das Folgende beschreibt das erste Beispielverfahren ausführlicher. Zum Zwecke der Veranschaulichung und der Vereinfachung der Beschreibung erläutert das Folgende das Beispiel des Anpassens der Einschaltzeit von der Schaltperiode A zu der Schaltperiode C und umgekehrt. Im Folgenden wird die Einschaltdauer, wenn die Schaltperiode die Schaltperiode A ist, als ton, 1 bezeichnet, und die Schaltperiode A wird als T1 bezeichnet. Wenn die Einschaltdauer die Schaltperiode C ist, wird die Schaltperiode als ton,2 bezeichnet und die Schaltperiode C wird als T2 bezeichnet.

[0087] Wie vorangehend beschrieben führt eine unverzügliche Änderung der Schaltperiode zu einem stufenweisen Sprung der Leistung. Bei dem Beleuchtungsverfahren erscheint dieser stufenweise Sprung der Leis-

tung als Flackern und beeinträchtigt die Lichtqualität negativ. Demgemäß sollte, um Flackern zu vermeiden, die Leistung unmittelbar vor der Änderung der Schaltperiode und die Leistung unmittelbar nach der Änderung der Schaltperiode dieselbe sein (d.h. um einen Übergang der Schaltperiode mit konstanter Leistung zu erreichen).

[0088] Bei dem ersten Beispielverfahren basiert ein Schalterbetriebsparameter (z.B. die Einschaltdauer), der erforderlich ist, bei der Anpassung von einem Spannungstal zu einem anderen die Leistung konstant zu halten, auf der gegenwärtigen Einschaltdauer, der gegenwärtigen Schaltperiode, sowie der parasitären Schwingungsdauer (Tosc). Beispielsweise ist die der Last 13 zugeführte Leistung gleich:

$$P = \tfrac{1}{2} * Vin^2 * ton^2 \,/\, L \,/\, T \qquad \text{(Gl. 1)}$$

[0089] In Gleichung 1 sind Vin (Eingangsspannung) und L (Induktanz) konstant, was bedeutet, dass ton^2/T konstant gehalten werden sollte. In anderen Worten, ton^2/T unmittelbar vor der Anpassung der Schaltperiode von T1 nach T2 oder von T2 nach T1 und unmittelbar nach der Anpassung der Schaltperiode von T1 nach T2 oder von T2 nach T1 sollten gleich sein. Entsprechend führt dies für einen Anstieg oder einen Abfall der Schaltperiode T um Tosc zu:

$$ton2 = ton1 * sqrt\left(\left(T1 + Tosc\right) / T1\right) = ton1 * sqrt\left(1 + Tosc \,/\, T1\right) \qquad \text{(Gl. 2);}$$

$$ton1 = ton2 * sqrt\left(\left(T2 + Tosc\right) / T2\right) = ton2 * sqrt\left(1 - Tosc \,/\, T2\right) \qquad \text{(Gl. 3);}$$

[0090] Gleichung 2 ist für den Anstieg der Einschaltzeit von der Schaltperiode A zu der Schaltperiode C (d.h. Anstieg von T1 nach T2). Gleichung 3 ist für den Abfall der Einschaltzeit von der Schaltperiode C zu der Schaltperiode A (d.h. Abfall von T2 nach T1). Ferner kann die Einschaltdauer (z.B. ton1 und ton2), wie oben beschrieben, die Einschaltzeit (z.B. T1 und T2) beeinflussen. In anderen Worten stellt die Einschaltzeit eine Funktion der Einschaltdauer dar, allerdings sind Gleichung 2 und Gleichung 3 basierend auf der Näherung erstellt, dass die Schaltperiode keine Funktion von ton ist (d.h. T = f(ton), allerdings basieren die Gleichungen 2 und 3 auf einer Näherung, die annimmt, dass T != f(ton)).

[0091] Der Controller 24 bestimmt eine Einschaltzeit, die die Änderung der Schaltperiode bei einem Talwechsel beim quasi-resonanten Schalten kompensiert. Gemäß einigen Beispielen kann es sich bei dem Controller 24 um einen digitalen Controller mit begrenzten Verarbeitungsfähigkeiten handeln, und die Durchführung der Wurzeloperation kann für den Controller 24 nicht praktikabel sein. Anstelle die Quadratwurzeloperation auszuführen, kann der Controller 24 gemäß einigen Beispielen die Quadratwurzel unter Verwendung von Nachschlagtabellen bestimmen. Gemäß einigen Beispielen kann der Controller, anstelle Nachschlagtabellen zu verwenden, die Quadratwurzel unter Verwendung ihrer Taylorreihe annähern:

$$\left(1 + x\right)^{0,5} = 1 + \left(1/2\right)x - \left(1/8\right)x^2 + \left(1/16\right)x^3 - \left(5/128\right)x^4 + \left(7/256\right)x^5 \qquad \text{(Gl. 4).}$$

[0092] Um die Rechenarbeit, die der Controller 24 durchführen muss, zu verringern, kann der Controller 24 die ersten beiden Terme der Taylorreihe berechnen und aufhören, wobei das Ergebnis eine Näherung des tatsächlichen Quadratwurzelwerts ist. In diesem Fall vereinfachen sich die Gleichungen 2 und 3 zu:

$$ton2 = ton1 * \left(1 + Tosc \,/\, T1 / 2\right) = ton1 * \left(T1 + Tosc/2\right) / T1; \qquad \text{(Gl. 5)}$$

$$ton1 = ton2 * \left(1 - Tosc \,/\, T2 / 2\right) = ton2 * \left(T2 - Tosc/2\right) / T2 \qquad \text{(Gl. 6).}$$

[0093] In jeder der Gleichungen 5 und 6 ist die zuletzt genannte Form der Gleichungen (d.h. ton1*(T1 +Tosc/2)/T1 für Gleichung 5 und ton2*(T2-Tosc/2)/T2 für Gleichung 6) besser für Festkommazahlen, da dies das Quantisierungsrauschen verringert, indem zuerst multipliziert und dann das Ergebnis dividiert wird. Weiterhin basieren die ersten Beispielverfahren auf verschiedenen Näherungen. Daher muss die letzte bestimmte Einschaltdauer nicht exakt korrekt sein, aber die Rückkopplungsregelschleife des Treibers 12 korrigiert sämtliche Abweichungen von den exakten Werten.

[0094] Um zu testen, wie gut dieses erste Beispielverfahren arbeitet, besteht die Möglichkeit, die Ausgangsspannung an dem Schalter zu messen, wenn die Messung zeigt, dass sich die Einschaltdauer (ton) und die Einschaltzeit (Schaltperiode) zur gleichen Zeit in einem stufenförmigen Sprung unverzüglich ändern, kann

dieses erste Beispielverfahren sehr nützlich sein. Allerdings ist eine derartige unverzügliche Änderung des stufenförmigen Sprungs zur selben Zeit nicht erforderlich, damit das erste Beispielverfahren effektiv ist.

[0095] Überdies kann es, wie oben beschrieben, zwei Wege geben, die Einschaltdauer festzulegen: (1) Festlegen der Einschaltdauer und (2) Festlegen des Spitzenstroms. Die Gleichungen 1-3, 5 und 6 sind für Beispiele anwendbar, bei denen der Controller 24 die Einschaltdauerzeit festlegt, um die Einschaltdauer festzulegen. Das nachfolgende beschreibt die Gleichungen für das Beispiel, bei dem der Controller 24 die Spitzenstromschwellenwertamplitude einstellt, um die Einschaltdauer einzustellen.

[0096] Wenn die Einschaltdauer durch den Spitzenstrom eingestellt ist, lautet die Gleichung für die Leistung:

$$P = \frac{1}{2} * L * Ipk^2 / T \qquad \text{(Gl. 7)}.$$

[0097] Ähnlich wie oben ist L konstant, und daher wird Ipk^2/T konstant gehalten, so dass die Leistung unmittelbar vor der Änderung der Einschaltzeit und unmittelbar nach der Änderung der Einschaltzeit gleich ist. Ipk ist die Spitzenstromschwellenwertamplitude. Ferner ist die Einschaltzeit (d.h. die Schaltperiode T) eine Funktion von Ipk, allerdings sind die Gleichungen basierend auf der Näherung erstellt, dass die Schaltperiode keine Funktion von Ipk ist (d.h. T = f(Ipk), allerdings basieren die Gleichungen auf der Näherung, dass T != f (Ipk)).

[0098] Ähnlich zu den Gleichungen 2 und 3:

$$Ipk2 = Ipk1 * sqrt\left(\left(T1 + Tosc\right) / T1\right) = Ipk1 * sqrt\left(1 + Tosc / T1\right) \qquad \text{(Gl. 8)};$$

$$Ipk1 = Ipk2 * sqrt\left(\left(T2 + Tosc\right) / T2\right) = Ipk2 * sqrt\left(1 + Tosc / T2\right) \qquad \text{(Gl. 9)};$$

[0099] Ähnlich zu den Gleichungen 5 und 6 mit der Taylorreihen-Näherung:

$$Ipk2 = Ipk1 * \left(1 + Tosc / T1 / 2\right) = Ipk1 * \left(T1 + Tos\,c / 2\right) / T1; \qquad \text{(Gl. 10)}$$

$$Ipk1 = Ipk2 * \left(1 - Tosc / T2 / 2\right) = Ipk2 * \left(T2 - Tos\,c / 2\right) / T2 \qquad \text{(Gl. 11)}.$$

[0100] Das Folgende beschreibt das zweite Beispielverfahren ausführlicher. Bei diesem Beispiel erfolgt ein Wechsel vom Schalten bei einem Tal zu einem anderen nicht in einem Sprung, sondern unter Verwendung eines langsamen Durchlaufs (engl.: „slow sweep“). Bei diesem Beispiel passt die Regelungsschleife die Schalterbetriebsparameter (z.B. die Einschaltdauer basierend auf der Zeit oder basierend auf dem Spitzenstrom) an, so dass der Durchschnittslaststrom oder die Durchschnittslastspannung näherungsweise gleich dem eingestellten Laststrompegel oder dem eingestellten Lastspannungspegel sind.

[0101] Bei dem zweiten Beispielverfahren kann es ein Ziel-Tal N und eine weitere Schaltperiode geben, wenn sich die Schaltperiode verringert, und ein Ziel-Tal N und eine weitere Schaltperiode, wenn sich die Schaltperiode erhöht. Zum leichteren Verständnis wird im Folgenden das Spannungstal 36 mit N1 bezeichnet und das Spannungstal 40 wird mit N2 bezeichnet.

[0102] Wenn sich die Schaltperiode erhöhen muss, kann der Controller 24 eine Schaltperiode auf die Zeit von N1 (Spannungstal 36) einstellen, und er kann das Ziel-Tal auf N2 (Spannungstal 40) einstellen. Wie oben erläutert kann die Einschaltsteuerung 26 das Tosc bestimmt haben, aus dem der Controller 24 den Zeitablauf von mehreren Spannungstälern bestimmen kann, nachdem die ZCD-Einheit 32 die Zeit des Nulldurchgangs detektiert.

[0103] Bei diesem Beispiel kann der Treiber 12, weil die eingestellte Schaltperiode (N1) kleiner ist als die Zeit von N2, das Schalten zur Zeit von N1 beibehalten. Der Controller 24 kann die Schaltperiode graduell von N1 auf N2 erhöhen, was es der Rückkopplungsregelschleife ermöglicht, den Betrag des durch die Last 13 fließenden Stroms auszugleichen, um die Schaltperiode zu erhöhen. Wenn der Controller 24 feststellt, dass das Spannungstal bei N2 durch den graduellen Anstieg der Schaltperiode erreicht ist, stellt der Controller 24 die Schaltperiode auf N2.

[0104] Wenn die Schaltperiode verringert werden muss, kann der Controller 24 die Schaltperiode auf die Zeit N2 einstellen und er kann das Ziel-Tal auf N1 einstellen. Bei diesem Beispiel kann der Treiber 12, weil die ein-

gestellte Schaltperiode (N2) größer ist als die Zeit von N1, das Schalten zur Zeit von N2 beibehalten. Der Controller 24 kann die Schaltperiode graduell von N2 auf N1 verringern, was es der Rückkopplungsregelschleife ermöglicht, den Betrag des durch die Last 13 fließenden Stroms auszugleichen, um die Schaltperiode zu verringern. Wenn der Controller 24 feststellt, dass das Spannungstal bei N1 durch die graduelle Verringerung der Schaltperiode erreicht ist, stellt der Controller 24 die Schaltperiode auf N1.

[0105] Wenn die PWM-Einheit 32 beispielsweise die Zeit zwischen den Tälern N1 und N2 (z.B. Tosc, wenn N1 und N2 benachbarte Täler sind mit N1 vor N2), ermittelt hat, kann sie einen Mechanismus einsetzen, um einen Zeitablauf für die Schaltperiode zu erzeugen, die auf der Zeit basiert, während der N1 detektiert wird, zuzüglich oder abzüglich einer einstellbaren Verzögerung. Wenn ein Wechsel von N1 auf N2 gewünscht ist, kann die Verzögerung graduell von 0 auf Tosc erhöht werden. Wenn ein Wechsel von N2 nach N1 gewünscht ist, kann die Verzögerung graduell von Tosc nach 0 verringert werden. Um beispielsweise von N1 nach N2 zu wechseln, kann der Controller 24 die PWM-Einheit 32 dazu veranlassen, die Schaltzeit graduell von N1 zuzüglich einer Verzögerung zwischen 0 und Tosc graduell zu erhöhen. Die ursprüngliche Schaltperiode kann N1 + 0 sein, dann N1 + 0,01, dann N1 + 0,02, und so weiter, bis die Schaltperiode gleich ist N1 + Tosc, was gleich ist N2. Im umgekehrten Fall von N2 nach N1 kann die ursprüngliche Schaltperiode gleich N2 - 0 sein, dann N2 - 0,01, dann N2 - 0,02, und so weiter, bis die Schaltperiode gleich N2 - Tosc ist, was gleich ist N1.

[0106] Bei dem obigen Beispiel ist ein Anstieg oder eine Verringerung der Schaltperiode um 0,01 lediglich zur Erleichterung des Verständnisses vorgesehen und ist nicht als beschränkend zu verstehen. Ein feinerer oder gröberer Anstieg oder Abfall der Schaltperiode ist möglich. Beispielsweise kann bei diesem zweiten Beispielverfahren der Anstieg oder Abfall der Schaltperiode als analoger Anstieg oder Abfall der Schaltperiode betrachtet werden, wobei sich die Schaltperiode in diesem Fall zeitlich bei vielen Zwischen-Schaltperioden zwischen N1 und N2 in der ansteigenden Schaltperiode oder zwischen N2 und N1 in der abfallenden Schaltperiode befinden kann. Das erste Beispielverfahren kann als digitaler Anstieg oder Abfall der Schaltperiode betrachtet werden, wobei die Schaltperiode von N1 nach N2 oder umgekehrt springt, wobei die Schaltperiode in diesem Fall keine andere Zwischen-Schaltperiode annimmt.

[0107] Ferner kann die Schaltperiode, ähnlich dem ersten Beispielverfahren, durch Messen der Spannung an dem Schalter überwacht werden. Dieses zweite Beispielsverfahren kann gut funktionieren, wenn Messungen zeigen, dass die Schaltperiode nicht springt, sondern von einem Tal zu einem anderen durchläuft. Allerdings kann das zweite Beispielverfahren sogar auch dann gut funktionieren, wenn es nur geringfügige oder anderweitig nicht wahrnehmbare Sprünge der Schaltperiode gibt.

[0108] Zum Beispiel kann das zweite Beispielverfahren wie folgt konzipiert sein: Die Einschaltzeit des Schalters kann auf eine zu dem Spannungstal 36 gehörende erste Zeit eingestellt werden, und der Controller 24 kann festlegen, dass er die Einschaltzeit des Schalters von der zu dem Spannungstal 36 gehörenden ersten Zeit so anpasst, dass ein durchschnittlicher Betrag des durch die Last 13 fließenden Stroms oder ein durchschnittlicher Betrag der Spannung an der Last 13 näherungsweise gleich einem Ziellaststrompegel oder einem Ziellastspannungspegel ist. Bei diesem Beispiel kann der Controller 24 eine zu dem Spannungstal 40 gehörende zweite Zeit festlegen. Allerdings kann der Controller 24, anstelle die Einschaltzeit graduell von der ersten Zeit auf die zweite Zeit zu verändern, die Einschaltzeit in kleineren Schrittgrößen graduell anpassen. Konzeptionell kann dies so gesehen werden, dass der Controller die Einschaltzeit derart anpasst, dass die Einschaltzeit des Schalters kurz bei einer Zeit liegt, die zu einem Nicht-Spannungstal gehört. Beispielsweise kann die Einschaltzeit als so eingestellt angesehen werden, dass die Einschaltzeit zu jedem der Punkte auf der Oszillation zwischen dem Spannungstal 36 und dem Spannungstal 40 gehört, wobei bei dem ersten Beispielverfahren die Einschaltzeit der zu dem Spannungstal 36 gehörenden Zeit auf die zu dem Spannungstal 40 gehörende Zeit springt. Anders ausgedrückt kann das erste Beispielverfahren als digitale Anpassung der Einschaltzeit betrachtet werden, während das zweite Beispielverfahren als analoge Anpassung der Einschaltzeit angesehen werden kann.

[0109] Beispielsweise kann der Controller 24 die Einschaltzeit des Schalters graduell derart anpassen, dass der Controller 24 während der graduellen Anpassung der Einschaltzeit des Schalters die Einschaltzeit des Schalters auf eine Zwischenzeit anpasst, die zu einer Spannung außerhalb eines Tals der oszillierenden Spannung an dem Knoten des Schalters gehört (z.B. der Spannungsspitze 38). Während der graduellen Anpassung passt die Rückkopplungsschleife des Controllers 24 die Betriebsparameter an, um den Leistungspegel näherungsweise konstant zu halten. Beispielsweise kann der Controller während der graduellen Anpassung des einen oder der mehreren Schalterbetriebsparameter den einen oder die mehreren Schalterbetriebsparameter so anpassen, dass der Betrag der der Last zugeführten Leistung näherungsweise kon-

stant ist, wenn die Einschaltzeit während der Anpassung der Einschaltzeit von der ersten Zeit auf die zweite Zeit auf die zu der Spannung außerhalb eines Tals gehörende Zwischenzeit angepasst wird.

[0110] Man nehme beispielsweise an, dass bei dem ersten und zweiten Beispielverfahren die Einschaltzeit des Schalters auf eine zu dem Spannungstal 36 gehörende erste Zeit eingestellt ist. Weiterhin nehme man an, dass der Anwender den Betrag des Stroms, der durch die Last 13 fließen sollte, ändert (den Zielstrompegel einstellt). In diesem Fall passt die Rückkopplungsschleife des Controllers 24 bei gleicher Einschaltzeit die Einschaltdauer des Schalters an. Allerdings kann die Rückkopplungsschleife des Controllers 24 irgendwann die Einschaltdauer nicht mehr anpassen, um den Zielstrompegel zu erreichen.

[0111] Bei dem ersten Beispielverfahren verursacht der Controller 24 einen schrittweisen Sprung von der zu dem Spannungstal 36 gehörenden ersten Zeit zu einer zu dem Spannungstal 40 gehörenden zweiten Zeit und stellt einen oder mehrere Schalterbetriebsparameter so ein, dass die Leistung im Wesentlichen dieselbe ist. Auf diese Weise gibt es nur ein sehr geringes Flackern. Weiterhin behält die Rückkopplungsschleife des Controllers 24 das Anpassen der Einschaltdauer des Schalters bei, bis der Strom durch die Last 13 gleich dem Zielstrompegel ist.

[0112] Bei dem zweiten Beispielverfahren passt der Controller 24 die Einschaltzeit von der zu dem Spannungstal gehörenden ersten Zeit zu einer zu dem Spannungstal 40 gehörenden zweiten Zeit graduell an, und er passt die Schalterbetriebsparameter graduell an, um den Betrag der ausgegebenen Leistung während der graduellen Anpassung der Einschaltzeit näherungsweise konstant zu halten. Ferner behält die Rückkopplungsschleife des Controllers 24 das Anpassen der Einschaltzeit des Schalters bei, bis der Strom durch die Last 13 gleich dem Zielstrompegel ist.

[0113] Auf diese Weise ist eine Anpassung des Betrags des durch die Last 13 fließenden Stroms möglich, während eine hohe Schalteffizienz aufrechterhalten wird. Wenn beispielsweise die Rückkopplungsschleife des Controllers 24 dazu in der Lage ist, die Einschaltzeit so anzupassen, dass der durch die Last 13 fließende Strom gleich dem Zielstrompegel ist, dann darf der Controller 24 die Einschaltzeit des Schalters nicht anpassen. Wenn allerdings die Rückkopplungsschleife des Controllers 24 nicht dazu in der Lage ist, die Einschaltzeit so anzupassen, dass der Strom durch die Last 13 gleich dem Zielstrompegel ist, dann kann der Controller 24 die Einschaltzeit anpassen. Um die Schalteffizienz aufrecht zu erhalten, kann es wünschenswert sein, die Einschaltzeit auf ein Spannungstal einzustellen und dann zuzulassen, dass die Rückkopplungsschleife des Controllers 24 die Einschaltzeit weiter so anpasst, dass der Strom durch die Last 13 gleich dem Zielstrompegel ist.

[0114] Das erste Beispielverfahren führt einen Sprung der Einschaltzeit von einem Spannungstal zu einem anderen durch. Wenn keine zusätzlichen Schritte ergriffen werden, gäbe es aufgrund der unverzüglichen Änderung des Stroms ein Flackern. Um dem Rechnung zu tragen, legt der Controller fest, wie einige der Schalterbetriebsparameter sein sollten, so dass die Leistung im Wesentlichen dieselbe ist. Auf diese Weise kann die Einschaltzeit von einem Spannungstal zu einem anderen springen, allerdings bleibt die Leistung dieselbe und daher gibt es kein Flackern. Die Rückkopplungsschleife kann dann übernehmen und die Einschaltzeit anpassen, um den Zielstrompegel zu erreichen.

[0115] Das zweite Beispielverfahren führt eine graduelle Anpassung der Einschaltzeit von einem Spannungstal zu einem anderen durch. Während dieser graduellen Anpassung befindet sich die Einschaltzeit zeitweise außerhalb eines Spannungstals, allerdings ist die Rückkopplungsschleife dazu in der Lage, die Einschaltzeit so zu steuern, dass der Leistungspegel konstant bleibt. Dann kann die Rückkopplungsschleife, sobald der Controller 24 die Einschaltzeit auf ein Spannungstal setzt, übernehmen und die Einschaltdauer anpassen, um den Zielstrompegel zu erreichen.

[0116] Auch wenn die obigen Beispiele mit einem Strompegel beschrieben wurden, sind die Verfahren nicht hierauf beschränkt und sie können auf einen Zielspannungspegel erweitert werden. Ebenso kann der Zielstrompegel oder ein Zielspannungspegel gemäß einigen Beispielen, wie oben beschrieben, auf dem durchschnittlichen Betrag des durch die Last 13 fließenden Stroms oder dem durchschnittlichen Betrag der Spannung an der Last 13 basieren.

[0117] **Fig.** 4 ist ein Flussdiagramm, das ein erstes Beispielverfahren gemäß dieser Offenbarung veranschaulicht. In **Fig.** 4 kann der Controller 24 festlegen, ob er eine Einschaltzeit des Schalters TO von einer ersten Zeit, die zu einem ersten Spannungstal einer oszillierenden Spannung an einem Knoten des Schalters TO (z.B. einem Drainknoten) gehört (z.B. eine zu dem Spannungstal 36 oder 40 gehörende Zeit) auf eine

zweite Zeit anpasst, die zu einem zweiten Spannungstal in der oszillierenden Spannung an dem Knoten des Schalters TO gehört (z.B. eine zu dem Spannungstal 40 oder 36 gehörende Zeit), anpasst oder nicht (50).

[0118] Beispielsweise kann der Controller 24 festlegen, ob eine Anpassung der die Einschaltzeit (d.h. die Einschaltzeit des Schalters TO) basierend darauf erfolgt, ob ein Betrag des durch die Last fließenden Stroms so angepasst wird, dass ein durchschnittlicher Betrag des durch die Last fließenden Stroms oder ein durchschnittlicher Betrag der Spannung an der Last näherungsweise gleich einem Ziellaststrompegel oder einem Zielspannungspegel ist. Ferner tritt die oszillierende Spannung an einem Drainknoten (als ein Beispiel) des Schalters TO auf, wenn der Schalter TO ausgeschaltet ist und kein Strom durch eine mit dem Schalter TO verbundene Wicklung (z.B. die Wicklung 16) fließt.

[0119] Der Controller 24 kann einen oder mehrere Schalterbetriebsparameter für den Schalter festlegen, so dass wenn die Einschaltzeit von der ersten Zeit auf die zweite Zeit angepasst wird, der Betrag der der Last zugeführten Leistung unmittelbar vor der Anpassung und unmittelbar nach der Anpassung im Wesentlichen derselbe ist (52). Gemäß einigen Beispielen enthalten der eine oder die mehreren Schalterbetriebsparameter eine Zeitdauer, die festlegt, wie lang der Schalter eingeschaltet wird. Gemäß einigen Beispielen enthalten der eine oder die mehreren Schalterbetriebsparameter eine Spitzenstromschwellenwertamplitude, die festlegt, wie lang der Schalter eingeschaltet wird. Weiterhin kann der Controller 24 gemäß einigen Beispielen ein System mit offener Regelschleife (engl.: „open loop scheme“) implementieren, um die Betriebsparameter zu festzulegen, wobei der Controller 24 den einen oder die mehreren Schalterbetriebsparameter festlegen kann, ohne dass er einen Betrag des durch den Schalter fließenden Stroms ermitteln muss.

[0120] Der Controller 24 kann die Einschaltzeit des Schalters auf die zweite Zeit basierend auf der Festlegung anpassen, die Einschaltzeit anzupassen (54). Der Controller 24 kann den einen oder die mehreren Schalterbetriebsparameter für den Schalter basierend auf dem einen oder den mehreren festgelegten Schalterbetriebsparametern einstellen (56). Gemäß einigen Beispielen kann der Controller 24 die PWM-Einheit 32 dazu veranlassen, die Zeit, zu der der Schalter einzuschalten ist (z.B. die Einschaltzeit anpassen) zugleich mit dem Einstellen des einen oder der mehreren Schalterbetriebsparameter anzupassen.

[0121] Fig. 5 ist ein Flussdiagramm, das ein zweites Beispielverfahren gemäß dieser Offenbarung veranschaulicht. Der Controller 24 kann festlegen, ob er eine Einschaltzeit eines Schalters von einer mit einem ersten Spannungstal einer oszillierenden Spannung an einem Knoten des Schalters einer ersten Zeit so anpasst oder nicht, dass ein durchschnittlicher Betrag des durch die Last fließenden Stroms oder ein durchschnittlicher Betrag der Spannung an der Last näherungsweise gleich einem Ziellaststrompegel oder einem Ziellastspannungspegel ist (60). Ferner tritt die oszillierende Spannung an dem Drainknoten des Schalters auf, wenn der Schalter ausgeschaltet ist und kein Strom durch die mit dem Schalter verbundene Spule fließt.

[0122] Der Controller 24 kann eine zweite Zeit festlegen, die zu einem zweiten Spannungstal der oszillierenden Spannung gehört (62). Beispielsweise kann der Controller 24 die zu dem zweiten Spannungstal der oszillierenden Spannung gehörende zweite Zeit basierend auf einer Zeit festlegen, zu der ein Strom durch die Wicklung 16 Null erreicht (z.B. basierend auf einem Hinweis von der ZCD-Einheit 30). Der Controller 24 kann die Einschaltzeit des Schalters graduell von der ersten Zeit auf die zweite Zeit über eine zu einer Spannung außerhalb eines Spannungstals der oszillierenden Spannung an dem Knoten des Schalters gehörende Zwischenzeit basierend auf der Festlegung anpassen, die Einschaltzeit anzupassen (64). Der Controller 24 kann den einen oder die mehreren Schalterbetriebsparameter für den Schalter graduell anpassen, um den Betrag der der Last zugeführten Leistung während der graduellen Anpassung der Einschaltzeit des Schalters von der ersten Zeit zu der zweiten Zeit näherungsweise konstant zu halten (66).

[0123] Beispielsweise kann der Controller 24 während des graduellen Anpassens der Einschaltzeit des Schalters die Einschaltzeit des Schalters auf die Zwischenzeit anpassen, die zu der außerhalb eines Spannungstals der oszillierenden Spannung an dem Knoten des Schalters befindlichen Spannung gehört. Ferner kann der Controller während der graduellen Anpassung des einen oder der mehreren Schalterbetriebsparameter den einen oder die mehreren Schalterbetriebsparameter anpassen, um den Betrag der der Last zugeführten Leistung näherungsweise konstant zu halten, wenn die Einschaltzeit von der zu der außerhalb eines Spannungstals befindlichen Spannung gehörenden Zwischenzeit während der Anpassung der Einschaltzeit von der ersten Zeit zu der zweiten Zeit näherungsweise konstant zu halten.

[0124] Gemäß einem Beispiel kann der Controller mit einer Rückkopplungsregelschleife, die den Betrag des Stroms misst, der während der graduellen Anpassung der Einschaltzeit des Schalters von der ersten Zeit zu der zweiten Zeit durch die Last fließt, von der ersten Zeit zu der zweiten Zeit graduell anpassen. Gemäß eini-

gen Beispielen erhalten der eine oder die mehr Schalterbetriebsparameter eine Zeitdauer, die festlegt, wie lang der Schalter eingeschaltet wird. Gemäß einigen Beispielen enthalten der eine oder die mehr Schalterbetriebsparameter eine Spitzenstromschwellenwertamplitude, die festlegt, wie lang der Schalter eingeschaltet wird.

[0125] Gemäß einem oder mehreren Beispielen können die beschriebenen Funktionen in Hardware, Software, Firmware oder beliebige Kombinationen hiervon implementiert werden. Wenn sie in Software implementiert sind, können die Funktionen als eine oder mehrere Anweisungen oder als Code auf einem computerlesbaren Medium gespeichert und durch eine hardware-basierte Recheneinheit (z.B. dem Controller 24 des Treibers 12) ausgeführt werden. Computerlesbare Medien können computerlesbare Speichermedien enthalten, was einem greifbaren Medium wie beispielsweise Datenspeichermedien entspricht. Auf diese Weise können computerlesbare Medien allgemein greifbaren, nichtflüchtigen computerlesbaren Speichermedien entsprechen. Bei den Datenspeichermedien kann es sich um beliebige verfügbare Medien handeln, auf die von einem oder mehreren Computern oder einem oder mehreren Prozessoren zugegriffen werden kann, um Anweisungen und/oder Datenstrukturen zur Implementierung der in dieser Offenbarung beschriebenen Verfahren abzurufen. Ein Computerprogrammerzeugnis kann ein computerlesbares Medium enthalten.

[0126] Beispielhaft und ohne Beschränkung können derartige computerlesbare Speichermedien RAM enthalten, ROM, EEPROM, CD-ROM oder andere optische Plattenspeicher, magnetische Plattenspeicher oder andere magnetische Speichereinrichtungen, Flash-Speicher oder jedes andere Medium, das dazu verwendet werden kann, den gewünschten Programmcode in Form von Anweisungen oder Datenstrukturen zu speichern und auf das durch einen Computer zugegriffen werden kann. Es versteht sich, dass computerlesbare Speichermedien und Datenspeichermedien keine Trägerwellen, Signale oder andere transiente Medien enthalten, sondern dass sie stattdessen auf nicht-flüchtige, greifbare Speichermedien gerichtet sind. Disketten (engl. „disc“) und Disketten (engl.: „disk“), wie sie hierin verwendet werden, enthalten Compact Disc (CD), Laserdisc, optische Disc, DVD (Digital Versatile Disc), Floppy Disk und Blue Ray Disc, wobei Disketten (engl.: „disks“) üblicherweise magnetisch wiedergeben, während Disketten (engl.: „discs“) Daten optisch mit Lasern wiedergeben. Kombinationen des oben Gesagten sind ebenfalls im Bereich der computerlesbaren Medien enthalten.

[0127] Anweisungen können durch einen oder mehrere Prozessoren (z.B. den Controller 24 des Treibers 12) wie beispielsweise einen oder mehrere zentrale Recheneinheiten (CPU), digitale Signalprozessoren (DSPs), Universal-Mikroprozessoren, anwendungsspezifische integrierte Schaltkreise (ASICs), vor Ort programmierbare Logik-Arrays (FPGAs) oder andere äquivalente integrierte oder diskrete Logikschaltungen ausgeführt werden. Entsprechend kann sich der hierin verwendete Ausdruck „Prozessor“ oder „Controller“ auf jede der vorangehend beschriebenen Strukturen oder jede andere Struktur beziehen, die geeignet ist, die hier beschriebenen Verfahren zu implementieren. Außerdem könnten die Verfahren vollständig in einem oder mehreren Schaltkreisen oder Logikelementen implementiert sein.

[0128] Die Verfahren dieser Offenbarung können in einer breiten Vielfalt von Geräten oder Apparaten einschließlich einem integrierten Schaltkreis (IC) oder einem Set von ICs (z.B. einem Chipsatz) implementiert sein. Verschiedene Komponenten, Module oder Einheiten sind in dieser Offenbarung beschrieben, um funktionelle Aspekte von Geräten hervorzuheben, die dazu ausgebildet sind, die dargelegten Verfahren auszuführen, aber sie erfordern nicht notwendigerweise eine Realisierung durch verschiedene Hardwareeinheiten. Vielmehr können, wie oben beschrieben, verschiedene Einheiten in einer Hardwareeinheit kombiniert oder durch eine Ansammlung interoperativer Hardwareeinheiten einschließlich einem oder mehreren Prozessoren wie oben beschrieben in Verbindung mit geeigneter Software und/oder Firmware bereitgestellt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern einer einer Last (13) zugeführten Leistung, wobei das Verfahren aufweist:
Festlegen, ob eine Einschaltzeit eines Schalters (T0) von einer ersten Zeit, die zu einem ersten Spannungstal in einer oszillierenden Spannung an einem Knoten des Schalters (T0) gehört, zu einer zweiten Zeit, die zu einem zweiten Spannungstal in der oszillierenden Spannung gehört, angepasst wird;
wenn die Einschaltzeit des Schalters (T0) von der ersten Zeit zu der zweiten Zeit angepasst wird, graduelles Anpassen der Einschaltzeit des Schalters (T0) von der ersten Zeit auf die zweite Zeit, wobei das graduelle Anpassen der Einschaltzeit das graduelle Erhöhen oder Verringern einer Schaltperiode ausgehend von einer Schaltperiode, die zu der ersten Zeit führt, bis zu einer Schaltperiode, die zu der zweiten Zeit führt, umfasst, so dass die Einschaltzeit mehrere Zwischenzeiten annimmt, die zu Spannungen außerhalb eines Spannungstals in der oszillierenden Spannung an dem Knoten des Schalters (T0) gehören;

graduelles Anpassen von einem oder mehr Schalterbetriebsparametern für den Schalter (T0), um eine Leistung, die der Last (13) zugeführt wird, während der graduellen Anpassung der Einschaltzeit von der ersten Zeit auf die zweite Zeit im Wesentlichen konstant zu halten und einen durchschnittlichen Betrag eines an die Last fließenden Stroms näherungsweise auf einem Zielstrompegel oder einen durchschnittlichen Betrag einer Spannung an der Last näherungsweise auf einem Zielspannungspegel zu halten.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das graduelle Anpassen des einen oder der mehr Schalterbetriebsparameter das graduelle Anpassen mit einer Rückkopplungsregelschleife aufweist, die während der graduellen Anpassung der Einschaltzeit von der ersten Zeit auf die zweite Zeit einen durch den Schalter (T0) fließenden Stroms misst.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, bei dem der eine oder die mehr Schalterbetriebsparameter eine Zeitdauer aufweisen, die festlegt, wie lang der Schalter (T0) eingeschaltet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem der eine oder die mehr Schalterbetriebsparameter eine Spitzenstromschwellenwertamplitude aufweisen, die festlegt, wie lang der Schalter (T0) eingeschaltet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die oszillierende Spannung an einem Drainknoten des Schalters (T0) auftritt, wenn der Schalter (T0) ausgeschaltet ist und wenn kein Strom durch eine mit dem Schalter (T0) verbundene Wicklung (16) fließt.

6. Treibersystem zum Steuern einer einer Last (13) zugeführten Leistung, wobei das System aufweist:
einen Transformator, der eine Primärseite aufweist, die eine erste Wicklung (16) aufweist, und eine Sekundärseite, die eine zweite Wicklung (18) aufweist, wobei die Last (13) mit der zweiten Wicklung (18) verbunden ist;
einen Schalter (T0), der mit der ersten Wicklung (16) gekoppelt ist; und
einen Treiber (12), der mit dem Schalter (T0) gekoppelt ist und der dazu ausgebildet ist:
festzulegen, ob eine Einschaltzeit des Schalters (T0) von einer ersten Zeit, die zu einem ersten Spannungstal in einer oszillierenden Spannung an einem Knoten des Schalters (T0) gehört, zu einer zweiten Zeit festzulegen, die zu einem zweiten Spannungstal in der oszillierenden Spannung gehört, angepasst wird;
wenn die Einschaltzeit des Schalters (T0) von der ersten Zeit zu der zweiten Zeit angepasst wird, die Einschaltzeit des Schalters von der ersten Zeit auf die zweite Zeit graduell anzupassen, wobei das graduelle Anpassen der Einschaltzeit das graduelle Erhöhen oder Verringern einer Schaltperiode ausgehend von einer Schaltperiode, die zu der ersten Zeit führt, bis zu einer Schaltperiode, die zu der zweiten Zeit führt, umfasst, so dass die Einschaltzeit mehrere Zwischenzeiten annimmt, die zu Spannungen außerhalb eines Spannungstals in der oszillierenden Spannung an dem Knoten des Schalters gehören,; und
einen oder mehr Schalterbetriebsparameter für den Schalter (T0) graduell anzupassen, um eine Leistung, die der Last (13) zugeführt wird, während der graduellen Anpassung der Einschaltzeit des Schalters (T0) von der ersten Zeit auf die zweite Zeit näherungsweise konstant zu halten und einen durchschnittlichen Betrag eines an die Last fließenden Stroms näherungsweise auf einem Zielstrompegel oder einen durchschnittlichen Betrag einer Spannung an der Last näherungsweise auf einem Zielspannungspegel zu halten.

7. Treibersystem nach Anspruch 6, bei dem der Transformator außerdem eine Abtastseite aufweist, die eine dritte Wicklung (20) enthält, und bei dem der Treiber (12) dazu ausgebildet ist, die zweite Zeit basierend auf der dritten Wicklung (20), die die Spannung an dem Knoten des Schalters (T0) misst, und auf einer Nulldurchgangseinheit (30), die bestimmt, wenn die abgetastete Spannung Null kreuzt, festzulegen.

8. Treibersystem nach einem der Ansprüche 6 und 7, bei dem der Treiber (12), um den einen oder die mehr Schalterbetriebsparameter graduell anzupassen, zum graduellen Anpassen mit einer Rückkopplungsregelschleife ausgebildet ist, die während der graduellen Anpassung der Einschaltzeit des Schalters (T0) von der ersten Zeit auf die zweite Zeit einen durch den Schalter fließenden Strom misst.

9. Treibersystem nach einem der Ansprüche 6 bis 8, bei dem der eine oder die mehr Schalterbetriebsparameter eine Zeitdauer aufweisen, die festlegt, wie lang der Schalter (T0) eingeschaltet wird.

10. Treibersystem nach einem der Ansprüche 6 bis 9, bei dem der eine oder die mehr Schalterbetriebsparameter eine Spitzenstromschwellenwertamplitude aufweisen, die festlegt, wie lang der Schalter (T0) eingeschaltet wird.

11. Treibersystem nach einem der Ansprüche 6 bis 10, bei dem die oszillierende Spannung an einem Drainknoten des Schalters (T0) auftritt, wenn der Schalter (T0) ausgeschaltet ist und wenn kein Strom durch die erste Wicklung (16) fließt.

12. Treiber zum Steuern einer einer Last (13) zugeführten Leistung, wobei der Treiber (12) aufweist:
einen Controller (24), der dazu ausgebildet ist:
festzulegen, ob eine Einschaltzeit eines Schalters (T0) von einer ersten Zeit, die zu einem ersten Spannungstal in einer oszillierenden Spannung an einem Knoten des Schalters (T0) gehört zu einer zweiten Zeit, die zu einem zweiten Spannungstal in der oszillierenden Spannung gehört, angepasst wird;
die Einschaltzeit des Schalters (T0) von der ersten Zeit auf die zweite Zeit graduell anzupassen, wobei das graduelle Anpassen der Einschaltzeit das graduelle Erhöhen oder Verringern einer Schaltperiode ausgehend von einer Schaltperiode, die zu der ersten Zeit führt, bis zu einer Schaltperiode, die zu der zweiten Zeit führt, umfasst, so dass die Einschaltzeit mehrere Zwischenzeiten annimmt, die zu Spannungen außerhalb eines Spannungstals in der oszillierenden Spannung an dem Knoten des Schalters gehören (T0),; und
einen oder mehr Schalterbetriebsparameter für den Schalter (T0) graduell anzupassen, um eine Leistung, die der Last (13) zugeführt wird, während der graduellen Anpassung der Einschaltzeit des Schalters (T0) von der ersten Zeit auf die zweite Zeit näherungsweise konstant zu halten und einen durchschnittlichen Betrag eines an die Last fließenden Stroms näherungsweise auf einem Zielstrompegel oder einen durchschnittlichen Betrag einer Spannung an der Last näherungsweise auf einem Zielspannungspegel zu halten.

13. Treiber nach Anspruch 12, bei dem der Controller (24), um den einen oder die mehr Schalterbetriebsparameter graduell anzupassen, zum graduellen Anpassen mit einer Rückkopplungsregelschleife ausgebildet ist, die während der graduellen Anpassung der Einschaltzeit des Schalters (T0) von der ersten Zeit auf die zweite Zeit einen durch den Schalter (T0) fließenden Stroms misst.

14. Treiber nach einem der Ansprüche 12 und 13, bei dem der eine oder die mehr Schalterbetriebsparameter eine Zeitdauer aufweisen, die festlegt, wie lang der Schalter eingeschaltet wird.

15. Treiber nach einem der Ansprüche 12 bis 14, bei dem der eine oder die mehr Schalterbetriebsparameter eine Spitzenstromschwellenwertamplitude aufweisen, die festlegt, wie lang der Schalter (T0) eingeschaltet wird.

16. Treiber nach einem der Ansprüche 12 bis 15, bei dem die oszillierende Spannung an einem Drainknoten des Schalters (T0) auftritt, wenn der Schalter (T0) ausgeschaltet ist und wenn kein Strom durch die erste Wicklung (16) fließt.

17. Treiber nach einem der Ansprüche 12 bis 16, bei dem der Controller (24) dazu ausgebildet ist, die zu einem zweiten Spannungstal in der oszillierenden Spannung gehörende zweite Zeit basierend auf einer Zeit festzulegen, zu der ein Strom durch eine mit dem Schalter (T0) verbundene Wicklung (16) Null erreicht.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

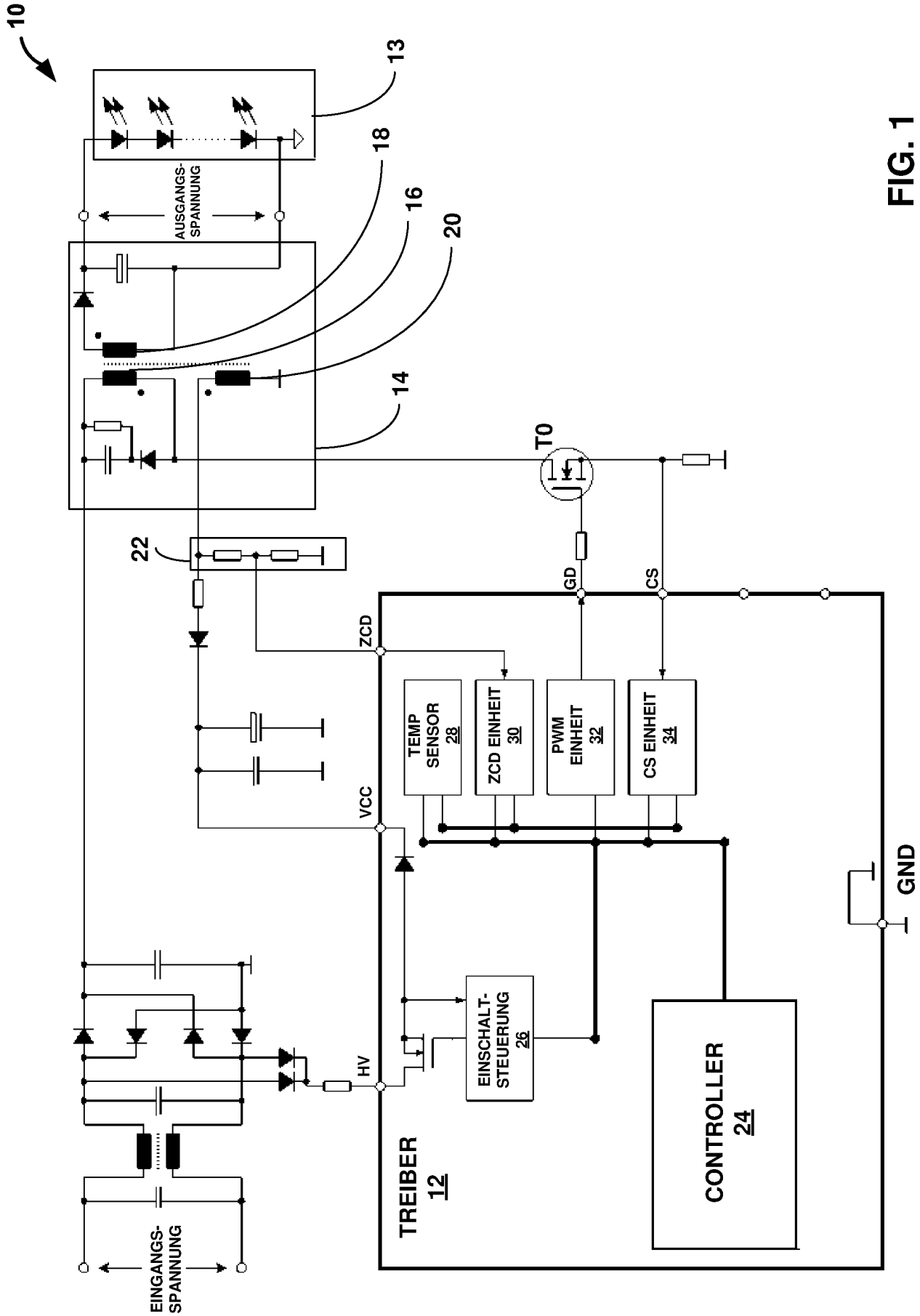


FIG. 1

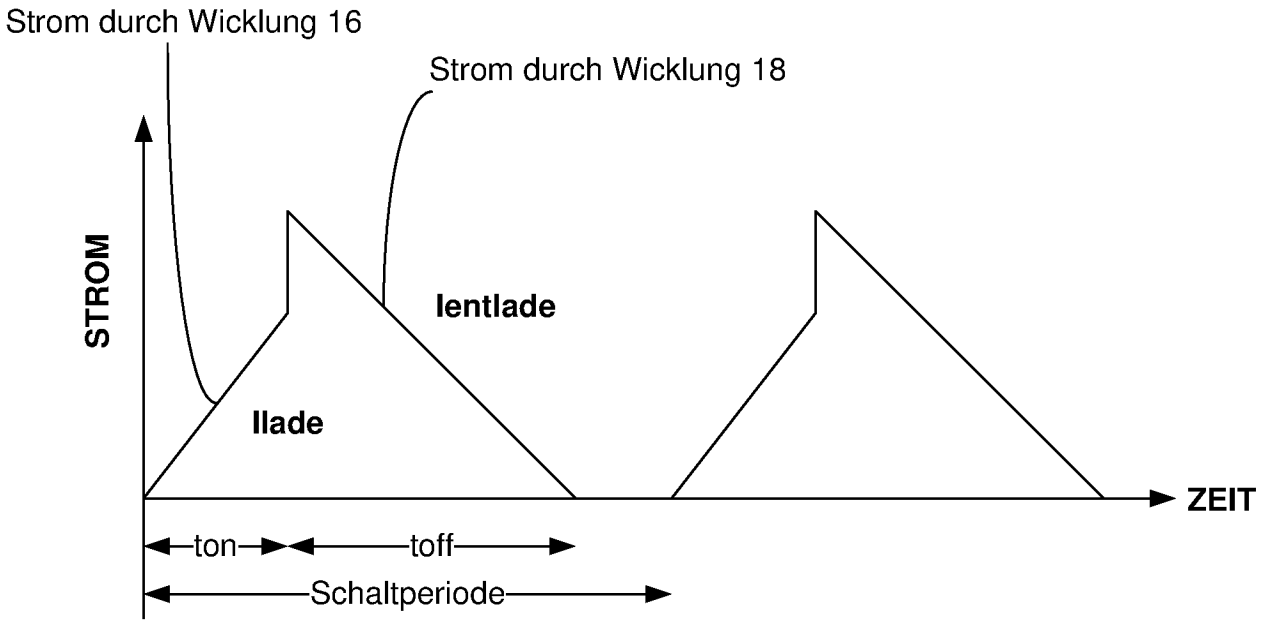

Strom durch Wicklung 16
Strom durch Wicklung 18
STROM
Ientlade
Ilade
ZEIT
ton
toff
Schaltperiode

FIG. 2

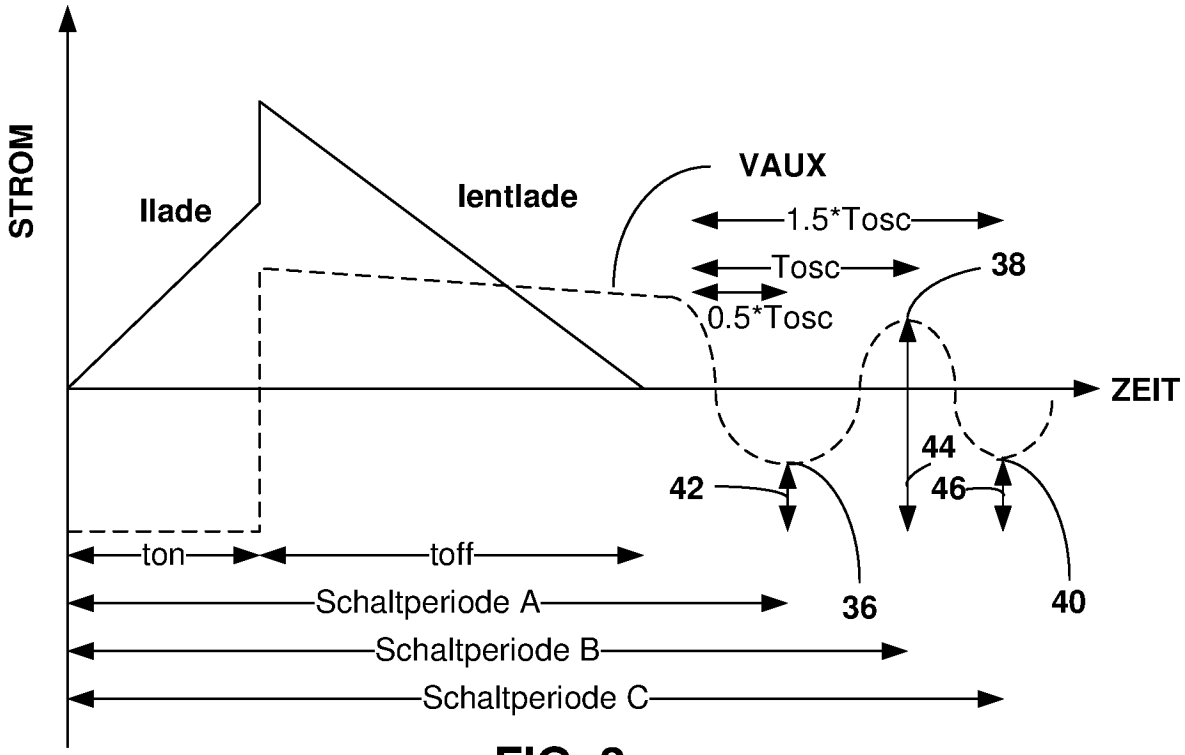

STROM
Ilade
Ientlade
VAUX
1.5*Tosc
Tosc
0.5*Tosc
38
ZEIT
44
42
46
36
40
ton
toff
Schaltperiode A
Schaltperiode B
Schaltperiode C

FIG. 3

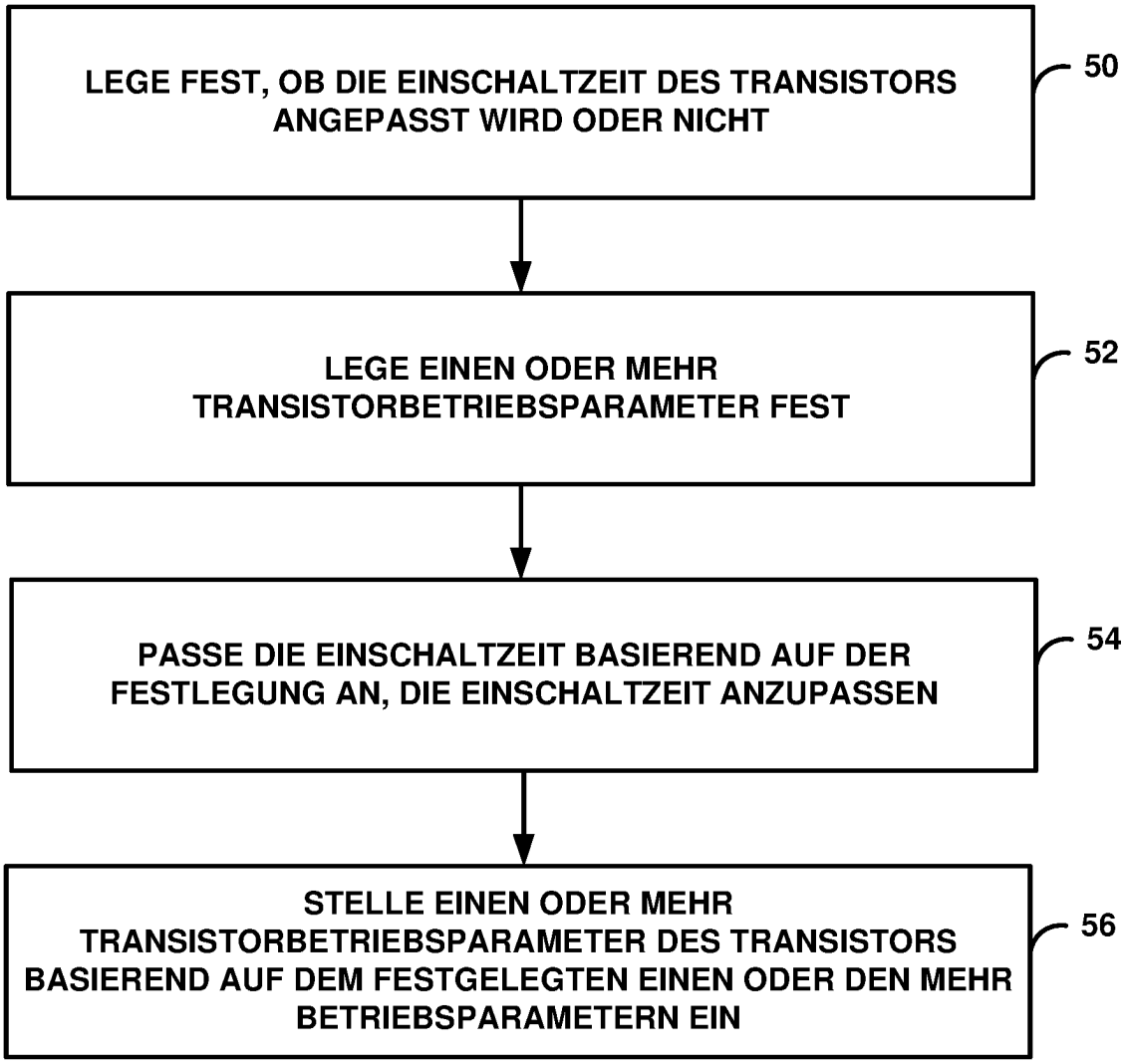

LEGE FEST, OB DIE EINSCHALTZEIT DES TRANSISTORS ANGEPASST WIRD ODER NICHT
50
LEGE EINEN ODER MEHR TRANSISTORBETRIEBSPARAMETER FEST
52
PASSE DIE EINSCHALTZEIT BASIEREND AUF DER FESTLEGUNG AN, DIE EINSCHALTZEIT ANZUPASSEN
54
STELLE EINEN ODER MEHR TRANSISTORBETRIEBSPARAMETER DES TRANSISTORS BASIEREND AUF DEM FESTGELEGTEN EINEN ODER DEN MEHR BETRIEBSPARAMETERN EIN
56

FIG. 4

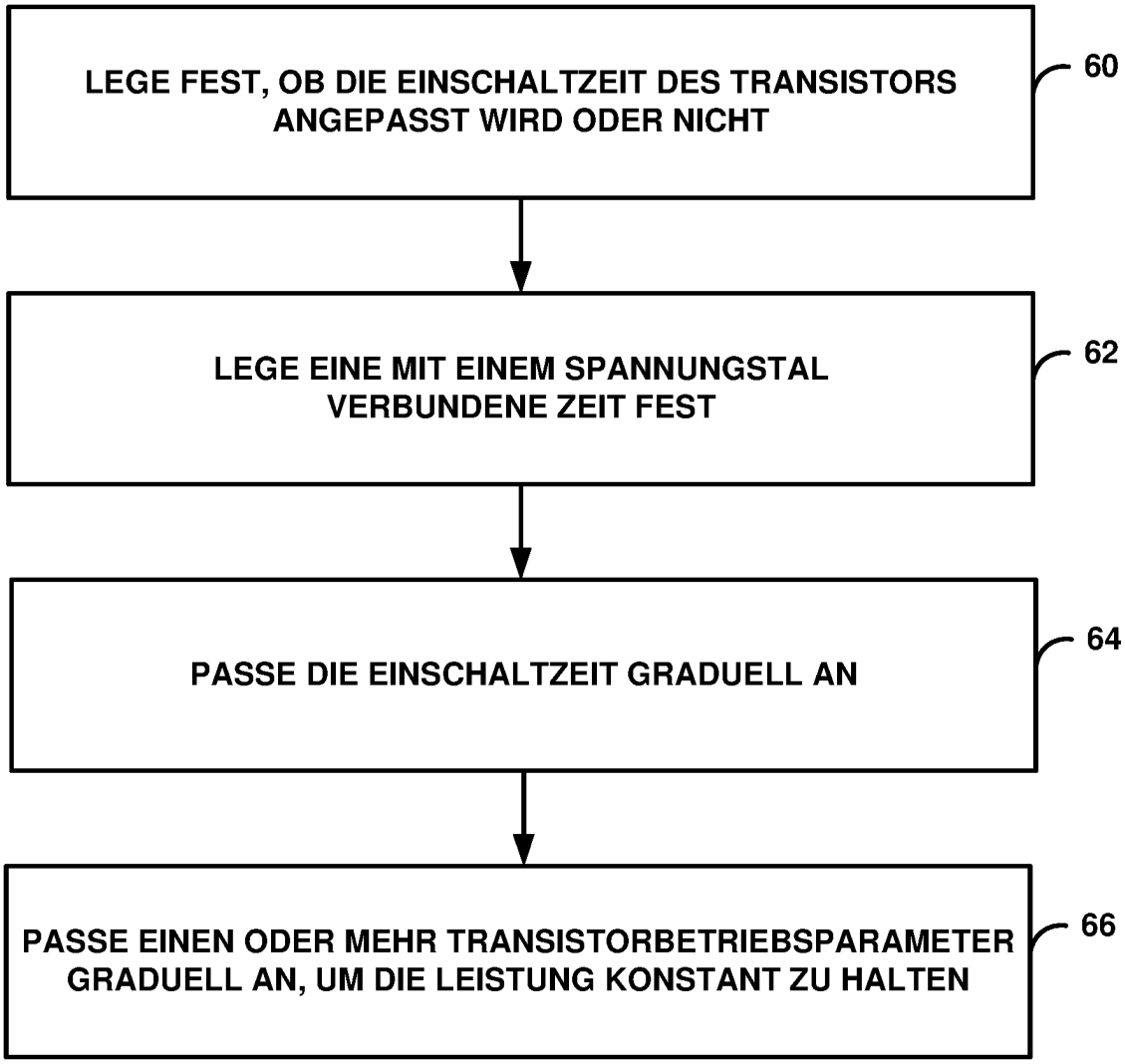


FIG. 5

 Das Dokument wurde durch die Firma Luminess hergestellt.