



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 050 401 A1** 2007.04.26

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 050 401.9**

(22) Anmeldetag: **19.10.2005**

(43) Offenlegungstag: **26.04.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H02M 3/335** (2006.01)
G08C 19/00 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Endress + Hauser GmbH + Co. KG, 79689
Maulburg, DE**

(74) Vertreter:

Andres, A., Pat.-Anw., 79576 Weil am Rhein

(72) Erfinder:

**Strütt, Bernd, 79585 Steinen, DE; Armbruster, Ralf,
79227 Schallstadt, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu
ziehende Druckschriften:

DE 103 49 696 A1

DE 100 20 941 A1

EP 02 87 109 A2

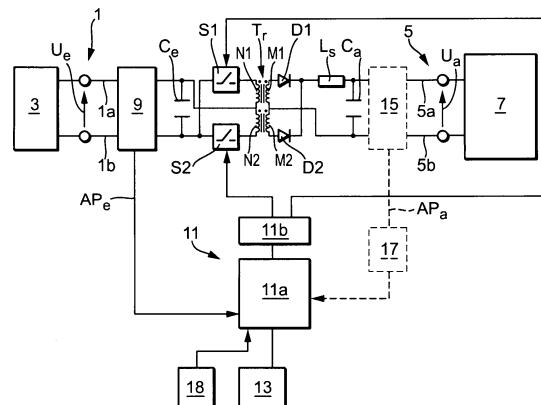
JP 01-1 57 270 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Schaltregler und Verfahren zu dessen Betrieb**

(57) Zusammenfassung: Es ist ein Schaltregler mit mindestens einem Spannungswandler und mindestens einem diesem vorgeschalteten Schalter (S, S1, S2, FET1, FET2) beschrieben, bei dem zur Optimierung des Wirkungsgrades des Schaltreglers die Schaltfrequenzen (f , f_1 , f_2) der Schalter (S, S1, S2, FET1, FET2) in Abhängigkeit von einer momentan dem Schaltregler zugeführten Eingangsleistung (P_e) und/oder einer momentan vom Schaltregler gelieferten Ausgangsleistung (P_a) derart eingestellt werden, dass die Ausgangsleistung (P_a) maximal ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Schaltregler mit mindestens einen steuerbaren Schalter, ein Verfahren zur Ansteuerung der Schalter, sowie ein Verfahren zur Optimierung eines Wirkungsgrades des Schaltreglers.

[0002] In der industriellen Messtechnik werden Verbraucher regelmäßig über Schaltnetzteile an eine Energieversorgung angeschlossen. Die Verbraucher sind elektronische Geräte, insb. Messgeräte, Sensoren oder Transmitter. Die Schaltnetzteile umfassen in der Regel einen Schaltregler, der dazu dient eine von der Energieversorgung bereitgestellte Spannung auf eine vom Verbraucher benötigte Eingangsspannung zu regeln. Durch entsprechende Ausbildung der Schaltregler können diese zusätzlich eine galvanische Trennung zwischen dem Verbraucher und der Energieversorgung bewirken. Eine galvanische Trennung ist in der industriellen Messtechnik sehr häufig durch entsprechende Sicherheitsvorschriften vorgeschrieben.

[0003] Bei in der Mess- und Regeltechnik üblichen Anwendungen, z.B. bei der Kontrolle, Steuerung und/oder Automatisierung komplexer Prozesse, ist heute eine Vielzahl verschiedener Messgeräte, z.B. Druck-, Temperatur-, Durchfluss- und/oder Füllstandsmessgeräte, im Einsatz.

[0004] Ein Messgerät besteht in der Regel aus einem Messaufnehmer, der eine physikalische Messgröße erfasst und in eine elektrische Größe umwandelt, und einer Elektronik, die die elektrische Größe in ein Messsignal umwandelt. Die Messgeräte müssen einzeln angeschlossen werden, d.h. sie müssen mit Energie versorgt werden und das Messsignal muss einer übergeordneten Einheit zugeführt werden. Kernstück der übergeordneten Einheit ist üblicherweise eine Steuer- und/oder Regeleinheit, die die Messsignale erfasst, auswertet und in Abhängigkeit von den momentanen Messwerten Anzeige-, Steuer- und/oder Regelsignale für die Kontrolle, Steuerung und/oder Automatisierung eines Prozesses liefert. Beispiele hierfür sind speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS), Prozessleitsysteme (PLS) oder Personalcomputer (PC).

[0005] Um den Arbeitsaufwand, der bei der Installation der Messgeräte anfällt, gering zu halten werden in der Mess- und Regeltechnik bevorzugt Messgeräte mit nur einem Leitungspaar eingesetzt, über das sowohl die Versorgung des Messgeräts als auch die Signalübertragung erfolgt. Diese Geräte werden häufig als 2-Draht-Messgeräte bezeichnet. Standardmäßig werden solche Messgeräte von einer Energieversorgung mit 12 V gespeist und das Messgerät steuert einen über das Leitungspaar fließenden Strom in Abhängigkeit von einem momentanen Messwert. Das

Messsignal ist bei diesen Messgeräten ein Signalstrom. Gemäß einem in der Mess- und Regeltechnik üblichen Standard wird der Signalstrom in Abhängigkeit von dem momentanen Messwert auf Werte zwischen einem minimalen Signalstrom von 4 mA und einem maximalen Signalstrom von 20 mA eingestellt.

[0006] Da über das Leitungspaar sowohl die Versorgung als auch die Signalübertragung erfolgt steht dem Messgerät bei einer Speisespannung von 12 V und einem Signalstrom von 4 mA nur eine Leistung von 48 mW zur Verfügung. Entsprechend wichtig ist es, Verlustleistungen, wie sie beispielsweise bei der Übertragung der zur Verfügung stehenden Leistung durch einen Schaltregler auftreten können, gering zu halten.

[0007] [Fig. 1](#) zeigt einen Ausschnitt eines Blockschaltbildes für einen Schaltregler, wie er heute in Netzteilen von Verbrauchern, insb. in Verbindung mit 2-Draht-Messgeräten, zum Einsatz kommt. Es handelt sich bei dem dargestellten Beispiel um einen Gegendaktwandler. Der Schaltregler ist primärseitig über eine Eingangsbeschaltung **1** an eine Energieversorgung **3** anschließbar. Die Eingangsbeschaltung **1** umfasst zwei Anschlussleitungen **1a**, **1b** und einen in einem die Anschlussleitungen verbindenden Querschnitt angeordneten Kondensator C_e . Zwischen den Anschlussleitungen liegt die Eingangsspannung U_e an. Sekundärseitig ist über eine Ausgangsbeschaltung **5** ein Verbraucher **7** anschließbar. Die Ausgangsbeschaltung **5** umfasst ebenfalls zwei Anschlussleitungen **5a**, **5b**, einen in einem die Anschlussleitungen verbindenden Querschnitt angeordneten Kondensator C_a und eine in der Anschlussleitung **5a** angeordnete Induktivität L_s . Zwischen den Anschlussleitungen **5a**, **5b** liegt entsprechend die Ausgangsspannung U_a des Schaltreglers. Der dargestellte Schaltregler umfasst einen Spannungswandler und zwei diesem vorgeschaltete Schalter T_1 , T_2 . Als Spannungswandler dient hier ein Transformator T_r , dessen Primärseite und dessen Sekundärseite jeweils zwei in Serie geschaltete einzeln anschließbare Spulen aufweist. Eine der Spulen der Primärseite ist über den Schalter T_1 an die Eingangsbeschaltung **1** angeschlossen, die andere ist in umgekehrter Spannungsrichtung über den Schalter T_2 an die Eingangsbeschaltung **1** angeschlossen. Die beiden Spulen der Sekundärseite sind jeweils über eine Diode D_1 , D_2 mit der Eingangsseite entsprechender Anschlussrichtung an die Ausgangsbeschaltung **5** angeschlossen. Die Schaltaktivität der beiden Schalter T_1 , T_2 wird durch eine mit dem jeweiligen Schalter T_1 , T_2 verbundene Steuerung **9** ausgelöst.

[0008] Bei herkömmlichen Schaltreglern ist die Schaltfrequenz des Schaltreglers in der Regel fest vorgegeben. Die Ansteuerung der Schalter auf der Primärseite erfolgt üblicherweise durch einen Oszillator mit einer fest vorgegebenen Frequenz.

[0009] Untersuchungen haben gezeigt, dass der Wirkungsgrad eines Schaltreglers unter anderem von der dem Schaltregler zugeführten Eingangsleistung und von der Schaltfrequenz abhängig ist. Dies ist in [Fig. 2](#) graphisch dargestellt. Dort ist der Wirkungsgrad des Schaltreglers von [Fig. 1](#) in Abhängigkeit von der Eingangsleistung für zwei verschiedene Schaltfrequenzen, $f_1 = 6,43 \text{ kHz}$ und $f_2 = 12,8 \text{ kHz}$, dargestellt. Liegt die Eingangsleistung P_e unterhalb von 60 mW , so wird mit der höheren Schaltfrequenz f_2 ein besserer Wirkungsgrad erzielt, liegt sie dagegen oberhalb von 60 mW , so wird mit der niedrigeren Schaltfrequenz f_1 ein besserer Wirkungsgrad erzielt. Die entsprechenden Kurvensegmente mit höherem Wirkungsgrad sind in [Fig. 2](#) durch Pfeile hervorgehoben.

[0010] Immer dann, wenn Schaltregler in Anwendungen eingesetzt werden, in denen die zur Verfügung stehende Eingangsleistung begrenzt ist, ist es besonders wichtig, einen hohen Wirkungsgrad zu erzielen. Dies ist insb. in Verbindung mit 2-Draht-Messgeräten der Fall, wo die Eingangsleistung an das momentane Messergebnis gekoppelt ist.

Aufgabenstellung

[0011] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, einen Schaltregler und ein Verfahren zu dessen Betrieb anzugeben, mit dem ein möglichst hoher Wirkungsgrad erzielbar ist.

[0012] Hierzu besteht die Erfindung in einem Verfahren zur Optimierung eines Wirkungsgrades eines Schaltreglers,

- der mindestens einen steuerbaren Schalter aufweist, bei dem
- die Schaltfrequenzen der Schalter in Abhängigkeit von einer momentan dem Schaltregler zugeführten Eingangsleistung und/oder einer momentan vom Schaltregler gelieferten Ausgangsleistung derart eingestellt werden, dass die Ausgangsleistung maximal ist.

[0013] Weiter besteht die Erfindung in einem Schaltregler

- an dessen Primärseite über eine Eingangsbeschaltung eine Energieversorgung anschließbar ist,
- an dessen Sekundärseite über eine Ausgangsbeschaltung ein Verbraucher anschließbar ist, mit
- mindestens einem Spannungs-Wandler,
- der mindestens einen vorgeschalteten Schalter aufweist,
- einer Vorrichtung, die im Betrieb dazu dient, eine momentan zur Verfügung stehende Eingangsleistung zu Erfassen, und
- einer Vorrichtung zur Ansteuerung der Schalter, die im Betrieb jeden Schalter derart ansteuert, dass dieser Schaltvorgänge mit einer Schaltfre-

quenz ausführt, die die Vorrichtung in Abhängigkeit von der momentan zur Verfügung stehenden Eingangsleistung vorgibt.

[0014] Gemäß einer Weiterbildung ist der Vorrichtung ein Speicher zugeordnet, in dem eine Tabelle abgelegt ist, in der für jeden Schalter Wertepaare abgelegt sind, in denen Werten der Eingangsleistung Schaltfrequenzen zugeordnet sind, bei denen der Schaltregler einen optimalen Wirkungsgrad aufweist.

[0015] Weiter besteht die Erfindung in einem Verfahren zur Einstellung von Schaltfrequenzen von Schaltern eines erfindungsgemäßen Schaltreglers, bei dem

- die Eingangsleistung gemessen wird, und
- die Schaltfrequenzen der Schalter in Abhängigkeit von der momentan zur Verfügung stehenden Eingangsleistung derart angepasst werden, dass die Ausgangsleistung maximiert wird.

[0016] Weiter besteht die Erfindung in einem Schaltregler

- an dessen Primärseite über eine Eingangsbeschaltung eine Energieversorgung anschließbar ist,
- an dessen Sekundärseite über eine Ausgangsbeschaltung ein Verbraucher anschließbar ist, mit
- mindestens einem Spannungs-Wandler,
- der mindestens einen vorgeschalteten Schalter aufweist,
- einer Vorrichtung, die im Betrieb dazu dient, eine momentan zur Verfügung stehende Ausgangsleistung zu Erfassen, und
- einer Vorrichtung zur Ansteuerung der Schalter, die im Betrieb jeden Schalter derart ansteuert, dass dieser Schaltvorgänge mit einer Schaltfrequenz ausführt, die die Vorrichtung in Abhängigkeit von der momentan zur Verfügung stehenden Ausgangsleistung vorgibt.

[0017] Weiter besteht die Erfindung in einem Verfahren zur Einstellung von Schaltfrequenzen von Schaltern des zuletzt genannten Schaltreglers, bei dem

- eine Ausgangsleistung des Schaltreglers gemessen wird,
- die Vorrichtung zur Ansteuerung der Schalter die Schaltfrequenzen der Schalter in Abhängigkeit von der gemessenen Ausgangsleistung derart anpasst, dass die Ausgangsleistung maximiert wird.

[0018] Weiter besteht die Erfindung in einem 2-Draht Messgerät, das über zwei Leitungen an eine Energieversorgung anschließbar ist, mit

- einem Messaufnehmer, der im Betrieb eine physikalischen Messgröße erfasst und in eine elektrische Größe umwandelt,
- einer Elektronik,
- die anhand der elektrischen Größe ein Messer-

gebnis ableitet,

- die im Betrieb einen über die beiden Leitungen fließenden Strom derart einstellt, dass der Strom ein Maß für das momentane Messergebnis ist,
- die einen Schaltregler umfasst,
- der über die beiden Leitungen gespeist wird,
- der im Betrieb eine Ausgangsspannung liefert, mit der der Messaufnehmer versorgt wird,
- der mindestens einen Spannungs-Wandler mit mindestens einem vorgeschalteten Schalter aufweist,
- einer Vorrichtung zur Erfassung einer dem Schaltregler zur Verfügung stehenden Eingangsleistung und/oder einer Vorrichtung zur Erfassung einer vom Schaltregler erzeugten Ausgangsleistung, und
- einer Vorrichtung zur Ansteuerung der Schalter, die im Betrieb jeden Schalter derart ansteuert, dass dieser Schaltvorgänge mit einer Schaltfrequenz ausführt, die die Vorrichtung in Abhängigkeit von der momentan zur Verfügung stehenden Eingangsleistung und/oder der momentanen Ausgangsleistung des Schaltreglers vorgibt.

[0019] Weiter besteht die Erfindung in einem Verfahren zum Betrieb eines erfindungsgemäßen Schaltreglers,

- der zwei oder mehr Schalter aufweist,
- bei dem die Vorrichtung zur Ansteuerung der Schalter bei der Ansteuerung der Schalter Einschalt- und/oder Ausschaltzeiten der Schalter bei der Ansteuerung der Schalter berücksichtigt und durch eine zeitliche Anpassung der Ansteuerung der Schalter kompensiert.

[0020] Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, dass die Schaltfrequenzen der Schalter in Abhängigkeit von der aktuell zur Verfügung stehenden Eingangsleistung bzw. von der aktuellen Ausgangsleistung des Schaltreglers eingestellt werden. Hierdurch ist eine Erhöhung des Wirkungsgrades der Schaltregler erzielbar. Entsprechend steht am Ausgang des Schaltreglers eine höhere Ausgangsleistung zur Verfügung.

Ausführungsbeispiel

[0021] Die Erfindung und weitere Vorteile werden nun anhand der Figuren der Zeichnung, in denen fünf Ausführungsbeispiele dargestellt sind, näher erläutert. Gleiche Elemente sind in den Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0022] **Fig. 1** zeigt ein Blockschaltbild eines herkömmlichen Gegentaktwandlers;

[0023] **Fig. 2** zeigt den Wirkungsgrad des Schaltreglers von **Fig. 1** in Abhängigkeit von einer dem Schaltregler zugeführten Eingangsleistung für zwei verschiedene Schaltfrequenzen;

[0024] **Fig. 3** zeigt ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Eintakt-Sperrwandlers;

[0025] **Fig. 4** zeigt ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Buck Step-Down Schaltreglers;

[0026] **Fig. 5** zeigt ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Gegentaktwandlers;

[0027] **Fig. 6** zeigt ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Gegentaktwandlers mit Feldeffekttransistoren;

[0028] **Fig. 7** zeigt einen zeitlichen Verlauf von Steuersignale für die Schalter der in den **Fig. 5** und **Fig. 6** dargestellten Schaltregler;

[0029] **Fig. 8** zeigt einen zeitlichen Verlauf von Steuersignalen für die Schalter der in den **Fig. 5** und **Fig. 6** dargestellten Schaltregler, bei dem Ein- und Ausschaltzeiten der Schalter berücksichtigt werden; und

[0030] **Fig. 9** zeigt ein Blockschaltbild eines 2-Draht-Messgeräts mit einem erfindungsgemäßen Schaltregler.

[0031] **Fig. 3** zeigt ein Blockschaltbild eines ersten erfindungsgemäßen Schaltreglers. Es handelt sich hierbei um einen Eintakt-Sperrwandler. Der Schaltregler ist primärseitig über eine Eingangsbeschaltung **1** an eine Energieversorgung **3** anschließbar. Die Eingangsbeschaltung **1** umfasst zwei Anschlussleitungen **1a**, **1b** und einen in einem die Anschlussleitungen verbindenden Quersweig angeordneten Kondensator **Ce**. Zwischen den Anschlussleitungen liegt die Eingangsspannung U_e an. Sekundärseitig ist über eine Ausgangsbeschaltung **5** ein Verbraucher **7** anschließbar. Die Ausgangsbeschaltung **5** umfasst ebenfalls zwei Anschlussleitungen **5a**, **5b** und einen in einem die Anschlussleitungen **5a**, **5b** verbindenden Quersweig angeordneten Kondensator **Ca**. Zwischen den Anschlussleitungen **5a**, **5b** liegt die Ausgangsspannung U_a des Schaltreglers. Der dargestellte Schaltregler umfasst einen Spannungswandler und einen diesem vorgeschalteten Schalter **S**. Als Spannungswandler dient hier ein Transformator **T**, dessen Primärseite über den Schalter **S** an die Eingangsbeschaltung **1** angeschlossen ist und dessen Sekundärseite über eine Diode **D** an die Ausgangsbeschaltung **5** angeschlossen ist. Die Diode **D** befindet sich in der Anschlussleitung **5a** zwischen dem Transformator **T** und dem die Anschlussleitungen **5a**, **5b** verbindenden Quersweig.

[0032] Erfindungsgemäß ist eine Vorrichtung **9** vorgesehen, die im Betrieb dazu dient, eine momentan zur Verfügung stehende Eingangsleistung P_e zu erfassen. Die Vorrichtung **9** ist in dem dargestellten Ausführungsbeispiel unmittelbar an die Anschlusslei-

tungen **1a**, **1b** der Eingangsbeschaltung **1** angeschlossen und umfasst beispielsweise eine Strom- und eine Spannungsmessschaltung. Die Eingangsleistung P_e entspricht dem Produkt von Eingangsstrom **1e** und Eingangsspannung U_e , das mittels der Vorrichtung **9** bestimmt und in Form eines entsprechenden Ausgangssignals A_{Pe} zur Verfügung gestellt wird. Selbstverständlich kann die zur Verfügung stehende Eingangsleistung P_e auch auf andere Weise bestimmt werden. Vorzugsweise werden dabei Komponenten genutzt, die aufgrund der Anwendung in der der Schaltregler eingesetzt wird, ohnehin vorhanden sind. Beispielsweise ist bei der Anwendung von Schaltreglern in 2-Draht-Messgeräten im Messgerät in der Regel eine elektronische Einheit vorhanden, die den Eingangsstrom **1e** auf einen dem momentanen Messwert entsprechenden Wert regelt. Eine solche Einheit ist z.B. ein im Messgerät enthaltener Mikroprozessor, ein programmierbarer Baustein oder ein ASIC, und eine daran angeschlossene Schaltung zur Einstellung des Eingangsstroms **1e**. Die Eingangsspannung U_e ist bei diesen Anwendungen entweder fest vorgegeben und damit bekannt, oder sie kann über eine entsprechende Spannungsmessschaltung gemessen werden.

[0033] Der erfindungsgemäße Schaltregler weist eine Vorrichtung **11** zur Ansteuerung des Schalters **S** auf. Diese Vorrichtung **11** umfasst beispielsweise einen Mikroprozessor, ein ASIC oder einen programmierbaren Baustein **11a** und einen daran über eine Zusatzlogik angeordneten Treiber **11b**. Die Vorrichtung **11** steuert den Schalter **S** im Betrieb derart an, dass dieser Schaltvorgänge mit einer Schaltfrequenz f ausführt, die die Vorrichtung **11** in Abhängigkeit von der momentan zur Verfügung stehenden Eingangsleistung P_e vorgibt. Die aktuelle Eingangsleistung P_e steht der Vorrichtung **11** über das Ausgangssignal A_{Pe} der Vorrichtung **9** zur Bestimmung der Eingangsleistung P_e zur Verfügung. Durch die Anpassung der Schaltfrequenz f des Schalters **S** an die aktuell zur Verfügung stehende Eingangsleistung P_e lässt sich der Wirkungsgrad des Schaltreglers deutlich verbessern. Hierdurch steht am Ausgang eine höhere Ausgangsleistung P_a zur Verfügung.

[0034] Gemäß einer ersten Variante der Erfindung ist der Vorrichtung **11** zur Ansteuerung des Schalters **S** ein Speicher **13** zugeordnet, in dem eine Tabelle abgelegt ist, in der für den Schalter **S** Wertepaare abgelegt sind, in denen Werten der Eingangsleistung P_e Schaltfrequenzen zugeordnet sind, bei denen der Schaltregler einen optimalen Wirkungsgrad aufweist. Der Wirkungsgrad ist optimal, wenn bei einer vorgegebenen Eingangsleistung P_e eine maximale Ausgangsleistung P_a erzielt wird.

[0035] Diese Tabelle kann beispielsweise aufgenommen werden, indem für ein Wertespektrum der Eingangsleistung $P_e \in [P_{e1}, P_{e2}, \dots, P_{en}]$ verschie-

dene Schaltfrequenzen $f \in [f_1, f_2, \dots, f_k]$ durchlaufen werden und die jeweils erzielte Ausgangsleistung P_a des Schaltreglers gemessen wird. In der Tabelle wird für jeden Wert der Eingangsleistung P_{e1}, \dots, P_{en} diejenige Schaltfrequenz $f_j \in [f_1, f_2, \dots, f_k]$ abgelegt, bei der die größte Ausgangsleistung P_a des Schaltreglers erzielt wurde. Anstelle einer solchen diskreten Tabelle können selbstverständlich auch eine kontinuierliche Kennlinien aufgenommen und eingesetzt werden.

[0036] Die Tabelle, bzw. die Kennlinien können werkseitig für jeden einzelnen Schaltregler aufgenommen werden. Unter der Annahme, dass baugleiche Schaltregler sich annähernd gleich verhalten können sie aber auch einmalig für einen Schalterregler einer Produktionsserie aufgenommen werden und für weitere baugleiche Schaltregler der Serie eingesetzt werden.

[0037] Die Erfindung ist nicht auf den beschriebenen Schaltregler begrenzt. Sie kann völlig analog auch auf andere aus der Literatur bekannte Schaltreglertypen, insb. Schaltregler ohne galvanische Trennung und/oder Schaltregler mit zwei oder mehr dem Spannungswandler vorgeschalteten Schaltern, angewandt werden. **Fig. 4** zeigt ein Beispiel für einen Schaltregler mit einem einzigen vorgeschalteten Schalter **S** ohne galvanische Trennung. Es handelt sich dabei um einen aus der Literatur bekannten Buck Step-Down Schaltregler, der völlig analog zu dem in **Fig. 3** dargestellten Schaltregler erfindungsgemäß mit einer Vorrichtung **9** zur Erfassung der momentan zur Verfügung stehenden Eingangsleistung P_e und mit einer Vorrichtung **11** zur Ansteuerung des Schalters **S** ausgestattet ist, die die Schaltfrequenz f des Schalters **S** in Abhängigkeit von der zur Verfügung stehenden Eingangsleistung P_e steuert. Als weitere Beispiele für Schaltregler ohne galvanische Trennung mit nur einem vorgeschalteten Schalter seien hier noch Boost, SEPIC und Cuk Schaltregler genannt.

[0038] **Fig. 5** zeigt ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Schaltreglers mit zwei vorgeschalteten Schaltern **S1**, **S2** und einer galvanischen Trennung. Kern des Schaltreglers ist ein Gegentaktwandler, wie er auch in **Fig. 1** dargestellt ist. Der Schaltregler ist primärseitig über eine Eingangsbeschaltung **1** an eine Energieversorgung **3** anschließbar. Die Eingangsbeschaltung **1** umfasst zwei Anschlussleitungen **1a**, **1b** und einen in einem die Anschlussleitungen verbindenden Quersweig angeordneten Kondensator C_e . Zwischen den Anschlussleitungen liegt die Eingangsspannung U_e an. Sekundärseitig ist über eine Ausgangsbeschaltung **5** ein Verbraucher **7** anschließbar. Die Ausgangsbeschaltung **5** umfasst ebenfalls zwei Anschlussleitungen **5a**, **5b**, einen in einem die Anschlussleitungen verbindenden Quersweig angeordneten Kondensator C_a

und eine in einer der Anschlussleitungen **5a** angeordnete Induktivität L_s . Zwischen den Anschlussleitungen **5a**, **5b** liegt entsprechend die Ausgangsspannung U_a des Schaltreglers. Der dargestellte Schaltregler umfasst einen Spannungswandler und zwei diesem vorgeschaltete Schalter S_1 , S_2 . Als Spannungswandler dient hier ein Transformator Tr , dessen Primärseite und dessen Sekundärseite jeweils zwei in Serie geschaltete einzeln anschließbare Spulen N_1 , N_2 und M_1 , M_2 aufweist. Ein erster Anschluss der Spule N_1 der Primärseite ist über den Schalter S_1 an die untere Anschlussleitung **1b** der Eingangsbeschaltung **1** angeschlossen und ein zweiter Anschluss derselben ist unmittelbar an die obere Anschlussleitung **1a** angeschlossen. Die zweite Spule N_2 der Primärseite ist in umgekehrter Richtung angeschlossen. Dabei ist ein erster Anschluss der Spule N_2 unmittelbar an die obere Anschlussleitung **1a** angeschlossen und ein zweiter Anschluss derselben ist über den Schalter S_2 an die untere Anschlussleitung **1b** angeschlossen. Da die beiden Spulen N_1 , N_2 in Serie geschaltet sind fällt der erste Anschluss der Spule N_2 mit dem zweiten Anschluss der Spule N_1 zusammen. Die beiden Spulen M_1 , M_2 der Sekundärseite sind jeweils über eine Diode D_1 , D_2 an die Ausgangsbeschaltung **5** angeschlossen. Dabei ist ein erster Anschluss der Spule M_1 über die Diode D_1 und die Induktivität L_s mit der oberen Anschlussleitung **5a** und ein zweiter Anschluss der Spule M_1 unmittelbar mit der unteren Anschlussleitung **5b** verbunden. Die zweite Spule M_2 der Sekundärseite ist in umgekehrter Richtung angeschlossen, wobei ein erster Anschluss der Spule M_2 mit der unteren Anschlussleitung **5b** und ein zweiter Anschluss der Spule M_2 über die Diode D_2 und die Induktivität L_s an die obere Anschlussleitung **5a** angeschlossen ist. Auch hier fallen der zweite Anschluss der Spule M_1 und der erste Anschluss der Spule M_2 aufgrund der Serienschaltung der beiden Spulen M_1 , M_2 zusammen.

[0039] Es ist eine Vielzahl ansteuerbarer Schalter S_1 , S_2 auf dem Markt erhältlich. [Fig. 6](#) zeigt eine Ausführungsform des in [Fig. 5](#) dargestellten Schaltreglertyps, bei dem Feldeffekttransistoren FET_1 , FET_2 als Schalter eingesetzt sind. Die Feldeffekttransistoren FET_1 , FET_2 sind über deren Source- und Drain-Anschlüsse in die jeweilige Anschlussleitung **1a**, **1b** eingebunden. Die Steuersignale, über die die Feldeffekttransistoren FET_1 , FET_2 angesteuert werden, liegen jeweils am Gate G_1 , G_2 des jeweiligen Feldeffekttransistors FET_1 , FET_2 an.

[0040] Es ist möglich die Dioden D_1 , D_2 durch aktive, d.h. selbsttätig öffnende und schließende, Schalter S_3 und S_4 , zu ersetzen. Ein Beispiel hierfür ist ebenfalls in [Fig. 6](#) dargestellt. Dort sind als Schalter S_3 und S_4 Feldeffekttransistoren FET_3 und FET_4 eingesetzt. Der Feldeffekttransistor FET_3 tritt dabei an die Stelle der in [Fig. 5](#) dargestellten Diode D_1 und liegt über dessen Source- und Drain-Anschlüsse in

der Anschlussleitung **5a**. Das Gate des Feldeffekttransistor FET_3 liegt über dessen Gate-Anschluss G_3 auf dem gleichen Potential, wie der zweite Anschluss der Spule M_2 . Der Feldeffekttransistor FET_4 tritt an die Stelle der in [Fig. 5](#) dargestellten Diode D_2 und liegt über dessen Source- und Drain-Anschlüsse in der Anschlussleitung **5b**. Das Gate dieses Feldeffekttransistor FET_4 liegt über dessen Gate-Anschluss G_4 auf dem gleichen Potential, wie der erste Anschluss der Spule M_1 .

[0041] Erfindungsgemäß ist völlig analog zu den zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen eine Vorrichtung **9** vorgesehen, die im Betrieb dazu dient, eine momentan zur Verfügung stehende Eingangsleistung P_e zu erfassen. Die Vorrichtung **9** ist identisch zu den zuvor bereits beschriebenen Vorrichtungen und wird daher hier nicht erneut erläutert.

[0042] Analog zu den vorangegangenen Ausführungsbeispielen ist auch hier eine Vorrichtung **11** zur Ansteuerung der Schalter S_1 , S_2 vorgesehen. Die Vorrichtung **11** umfasst beispielsweise einen Mikroprozessor, ein ASIC oder einen programmierbaren Baustein **11a** mit einem daran über eine Zusatzlogik angeordneten Treiber **11b**. Die Vorrichtung **11** steuert die Schalter S_1 und S_2 im Betrieb derart an, dass diese Schaltvorgänge mit einer Schaltfrequenz f_1 und f_2 ausführen, die die Vorrichtung **11** in Abhängigkeit von der momentan zur Verfügung stehenden Eingangsleistung P_e vorgibt. Die aktuelle Eingangsleistung P_e steht der Vorrichtung **11** über das Ausgangssignal A_{Pe} der Vorrichtung **9** zur Bestimmung der Eingangsleistung P_e zur Verfügung. Durch die Anpassung der Schaltfrequenzen f_1 und f_2 der Schalter S_1 und S_2 an die aktuell zur Verfügung stehende Eingangsleistung P_e lässt sich der Wirkungsgrad des Schaltreglers deutlich verbessern. Hierdurch steht am Ausgang eine höhere Ausgangsleistung P_a zur Verfügung.

[0043] Hierbei kann der Vorrichtung **11** zur Ansteuerung der Schalter S_1 und S_2 , genau wie in dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel, ein Speicher **13** zugeordnet, in dem eine Tabelle abgelegt ist, in der für jeden Schalter S_1 , S_2 Wertepaare abgelegt sind, in denen Werten der Eingangsleistung P_e die Schaltfrequenzen f_1 und f_2 der Schalter S_1 , S_2 zugeordnet sind, bei denen der Schaltregler einen optimalen Wirkungsgrad aufweist.

[0044] Diese Tabelle kann beispielsweise aufgenommen werden, indem für ein Wertespektrum der Eingangsleistung $P_e \in [P_{e1}, P_{e2}, \dots, P_{en}]$ verschiedene Schaltfrequenzen $f_1 \in [f_1, f_2, \dots, f_k]$ und $f_2 \in [f_1, f_2, \dots, f_k]$ durchlaufen werden und die jeweils erzielte Ausgangsleistung P_a des Schaltreglers gemessen wird.

[0045] In der Tabelle werden für jeden Wert der Ein-

gangsleistung P_{e1}, \dots, P_{en} für jeden Schalter diejenige Schaltfrequenz $f_j \in [f_1, f_2, \dots, f_k]$ abgelegt, bei der die größte Ausgangsleistung P_a des Schaltreglers erzielt wurde. Anstelle einer solchen diskreten Tabelle können selbstverständlich auch eine kontinuierliche Kennlinien aufgenommen und eingesetzt werden.

[0046] Bei der Vorgabe der Schaltfrequenzen, hier f_1 und f_2 , wird eine durch das Funktionsprinzip des verwendeten Schaltreglertyps vorgegebene logische Verknüpfung zwischen den Schaltfrequenzen, hier f_1 und f_2 , der einzelnen Schalter, hier S_1 und S_2 , berücksichtigt. In der Regel sind die Schaltfrequenzen von zwei oder mehr Schaltern aufweisenden Schaltreglertypen mit einander logisch verknüpft, so dass bei der Optimierung des Wirkungsgrades häufig nur eine einzige Schaltfrequenz optimiert werden muss, aus der sich dann alle anderen Schaltfrequenzen unmittelbar anhand der logischen Verknüpfungen ergeben.

[0047] Ein Beispiel für eine solche logische Verknüpfung der Schaltfrequenzen f_1, f_2 der Schalter S_1 und S_2 des in [Fig. 5](#) dargestellten Schaltreglers besteht darin, beide Schalter S_1 und S_2 gegengleich mit der gleichen Schaltfrequenz $f_1 = f_2$ anzusteuern, d.h. S_1 und S_2 öffnen und schließen periodisch mit der gleichen Schaltfrequenz. Solange der Schalter S_1 geschlossen ist, ist der Schalter S_2 geöffnet, und umgekehrt. [Fig. 7](#) zeigt zwei volle Perioden der entsprechenden Steuersignale für die Ansteuerung der beiden Schalter S_1 und S_2 . Die Periodendauer P ist für beide Schalter S_1, S_2 identisch und jeder Schalter wechselt nach Ablauf einer halben Periode $P/2$ seine Schalterstellung, d.h. der Schalter S_1 ist vom Startzeitpunkt $t = 0$ bis zum Ablauf einer halben Periode $t = P/2$ geschlossen, und danach vom Zeitpunkt $t = P/2$ bis zum Ablauf der Periode $t = P$ geöffnet. Umgekehrt gilt für den Schalter S_2 , dass dieser vom Startzeitpunkt $t = 0$ bis zum Ablauf einer halben Periode $t = P/2$ geöffnet, und danach vom Zeitpunkt $t = P/2$ bis zum Ablauf der Periode $t = P$ geschlossen ist.

[0048] Bei den obigen Ausführungen wurde die Optimierung des Wirkungsgrades der erfindungsgemäßen Schaltregler anhand der aktuellen Eingangsleistung P_e vorgenommen.

[0049] Entsprechend dem vorgesagten umfasst die Erfindung ein Verfahren zur Einstellung von Schaltfrequenzen von Schaltern eines Schaltreglers, bei dem die Schaltfrequenzen der Schalter in Abhängigkeit von der momentan zur Verfügung stehenden Eingangsleistung derart ausgewählt werden, dass der Schaltregler einen hohen Wirkungsgrad aufweist. Damit wird für eine vorgegebene Eingangsleistung P_e eine maximale Ausgangsleistung P_a erzielt.

[0050] Es ist aber ebenso möglich den Wirkungs-

grad eines Schaltreglers anhand von dessen Ausgangsleistung zu optimieren. Dabei wird vorzugsweise derart verfahren, dass die Ausgangsleistung P_a des jeweiligen Schaltreglers gemessen wird und die Vorrichtung **11** zur Ansteuerung der Schalter, hier S bzw. S_1 und S_2 , die Schaltfrequenzen f bzw. f_1 und f_2 der Schalter S bzw. S_1 und S_2 in Abhängigkeit von der gemessenen Ausgangsleistung P_a derart anpasst, dass die Ausgangsleistung P_a maximiert wird.

[0051] Dieses Verfahren ist für alle eingangs beschriebenen Schaltregler möglich und nachfolgend anhand der [Fig. 3](#) bis [Fig. 6](#) näher erläutert. Die Schaltregler sind, völlig analog zu den zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen, auf deren Primärseite über eine Eingangsbeschaltung **1** eine Energieversorgung **3** anschließbar, und an deren Sekundärseite ist über eine Ausgangsbeschaltung **5** ein Verbraucher **7** anschließbar. Sie weisen mindestens einen Spannungs-Wandler, beispielsweise den in [Fig. 3](#) dargestellten Transformator T , den in [Fig. 4](#) dargestellten Wandler mit einer in einen Querschweig geschalteten Diode D und einer im Längszweig angeordneten Induktivität L , oder den in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) dargestellten Transformator Tr , auf, dem mindestens ein Schalter, beispielsweise die Schalter S in den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#), bzw. die Schalter S_1 und S_2 in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#), vorgeschaltet ist.

[0052] Die in den [Fig. 3](#) bis [Fig. 6](#) dargestellten Schaltregler weisen alle eine in den Figuren gestrichelt eingezeichnete Vorrichtung **15** auf, die im Betrieb dazu dient, eine momentan zur Verfügung stehende Ausgangsleistung P_a zu erfassen. Diese Vorrichtung **15** ist in dem dargestellten Ausführungsbeispiel unmittelbar an die Anschlussleitungen **5a, 5b** der Ausgangsbeschaltung **5** angeschlossen und umfasst beispielsweise eine Strom- und eine Spannungsmessschaltung. Die Ausgangsleistung P_a entspricht dem Produkt von Ausgangsstrom I_a und Ausgangsspannung U_a , das mittels der Vorrichtung **15** bestimmt und in Form eines entsprechenden Ausgangssignals AP_a zur Verfügung gestellt wird. Selbstverständlich kann die zur Verfügung stehende Ausgangsleistung P_a auch auf andere Weise bestimmt werden. Vorzugsweise werden dabei Komponenten genutzt, die aufgrund der Anwendung in der der Schaltregler eingesetzt wird, ohnehin vorhanden sind.

[0053] Bei Schaltreglern, die eine galvanische Trennung aufweisen, wie z.B. die in den [Fig. 3, Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) dargestellten Schaltregler, wird das Ausgangssignal AP_a vorzugsweise ebenfalls über eine galvanische Trennung **17** übertragen. Bei einer entsprechenden Aufbreitung des Ausgangssignals AP_a durch die Vorrichtung **15** kann als galvanische Trennung **17** beispielsweise ein Optokoppler eingesetzt werden.

[0054] Das Ausgangssignal AP_a wird der in allen

Ausführungsbeispielen der bereits beschriebenen Vorrichtung **11** zur Ansteuerung der Schalter S bzw. S1 und S2 zugeführt, die im Betrieb jeden Schalter S, bzw. S1 und S2, derart ansteuert, dass dieser Schaltvorgänge mit einer Schaltfrequenz f , bzw. f_1 und f_2 ausführt, die Vorrichtung **11** in Abhängigkeit von der momentan zur Verfügung stehenden Ausgangsleistung P_a vorgibt.

[0055] Die Ansteuerung der Schalter in Abhängigkeit von der Ausgangsleistung P_a kann an die Stelle der zuvor beschriebenen Ansteuerung der Schalter in Abhängigkeit von der Eingangsleistung P_e treten. In dem Fall ist keine Vorrichtung **9** zur Bestimmung der aktuell zur Verfügung stehenden Eingangsleistung P_e erforderlich. Die Schalter werden durch die Vorrichtung **11** mit einer beispielsweise werkseitig vorgegebenen Startfrequenzen in Betrieb genommen und es wird fortlaufend die zugehörige Ausgangsleistung P_a gemessen. Ausgehend von diesen Startfrequenzen regelt die Vorrichtung **11** die Schaltfrequenzen in Abhängigkeit von der jeweils aktuell gemessenen Ausgangsleistung P_e solange, bis eine maximale Ausgangsleistung P_a^{\max} am Ausgang zur Verfügung steht. Bei Schaltreglern, die zwei oder mehr Schalter aufweisen, werden dabei zwischen den Schaltfrequenzen der einzelnen Schalter bestehende logische Verknüpfungen berücksichtigt.

[0056] Dieser erfindungsgemäße Schaltregler findet selbsttätig diejenigen Schaltfrequenzen, bei denen er einen optimalen Wirkungsgrad aufweist. Es müssen vorab keine Kennlinien oder vergleichbare Messdaten aufgenommen werden. Die Einstellung der Schaltfrequenzen in Abhängigkeit von der momentanen Ausgangsleistung P_a bietet den Vorteil, dass eine eventuell vorhandene Temperaturabhängigkeit der Schaltfrequenzen mit denen eine maximale Ausgangsleistung P_a^{\max} erzielbar ist automatisch mit einfließt und berücksichtigt wird.

[0057] Wollte man eine solche Temperaturabhängigkeit bei der zuvor beschriebenen Variante der Einstellung der Schaltfrequenzen in Abhängigkeit von der Eingangsleistung P_e mit berücksichtigen, so ist dies beispielsweise durch die Ausstattung der Schaltregler mit einem Temperatursensor **18** und die Aufnahme der zugehörigen Kennlinien bzw. Tabellen möglich. Der Temperatursensor **18** ist in den [Fig. 3](#), [Fig. 4](#), [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) eingezeichnet.

[0058] Bei den beiden beschriebenen Verfahren zur Optimierung eines Wirkungsgrades eines Schaltreglers, der mindestens einen steuerbaren Schalter aufweist, werden die Schaltfrequenzen mit der die Schalter im Betrieb Schalten in Abhängigkeit von einer momentan dem Schaltregler zugeführten Eingangsleistung oder einer momentan vom Schaltregler gelieferten Ausgangsleistung derart eingestellt werden, dass die Ausgangsleistung maximal ist. Al-

ternativ ist es aber auch möglich beide Verfahren zu kombinieren. Dabei werden die Schaltfrequenzen beispielsweise zunächst anhand der momentanen Eingangsleistung P_e wie oben beschrieben ermittelt. Die auf diese Weise ermittelten Schaltfrequenzen werden nachfolgend als Startwerte eingesetzt und in Abhängigkeit von der gemessenen Ausgangsleistung weiter optimiert.

[0059] Durch die Verwendung der Vorrichtung **11** ist es möglich nicht nur die Schaltfrequenzen, hier f_1 und f_2 , der einzelnen Schalter, hier S1 und S2, zu optimieren, sondern auch auf die Form der Ansteuerung bzw. des Steuersignals während jeder Periode P Einfluss zu nehmen. Beispielsweise können einzelne Zeitabschnitte, während denen ein Schalter innerhalb einer Periode geöffnet oder geschlossen ist, durch die Ansteuerung einzeln und für jeden Schalter separat vorgegeben werden. Hierdurch ist es insbesondere möglich Einschalt- und/oder Ausschaltzeiten der verwendeten Schalter zu berücksichtigen. Bei herkömmlichen Schaltreglern wird üblicherweise davon ausgegangen, dass die Schalter unmittelbar einem daran anliegenden Steuersignal folgen. Tatsächlich benötigen Schalter aber eine endliche Zeit, um vom geschlossenen Zustand in den geöffneten Zustand zu wechseln und umgekehrt. Die Zeit, die ein Schalter benötigt, um zu schließen wird als Einschaltzeit bezeichnet. Die Zeit, die der Schalter benötigt, um zu öffnen wird entsprechend als Ausschaltzeit bezeichnet.

[0060] Weist ein Schaltregler primärseitig mehr als einen Schalter auf, so können bei Vernachlässigung von deren Ein- und Ausschaltzeiten auftreten, in denen undefinierte Schalterstellungen vorliegen. Bei dem anhand von [Fig. 5](#) oder [Fig. 6](#) beschriebenen Beispiel könnte beispielsweise der Fall eintreten, dass der Schalter S1 schon öffnet, während der Schalter S2 noch nicht vollständig geschlossen ist. In diesem Zustand würden die beiden Gegentaktstufen gegeneinander arbeiten, was zwangsläufig zu Verlustleistungen und damit zu einer Verschlechterung des Wirkungsgrades führt.

[0061] Diese Verlustleistungen lassen sich vermeiden, indem erfindungsgemäß ein Verfahren zum Betrieb eines Schaltreglers angewendet wird, bei dem die Vorrichtung **11** zur Ansteuerung der Schalter, hier S1 und S2, bei der Ansteuerung der Schalter deren ein Einschalt- und/oder Ausschaltzeiten t_{on} , t_{off} bei der Ansteuerung der Schalter berücksichtigt und durch eine zeitliche Anpassung der Ansteuerung der Schalter kompensiert. Die Einschaltzeiten t_{on} und die Ausschaltzeiten t_{off} der Schalter sind üblicherweise in den Datenblättern der Hersteller angegeben. Alternativ können sie aber auch ausgemessen werden.

[0062] Ein Beispiel für das erfindungsgemäße Verfahren ist in [Fig. 8](#) dargestellt, in dem die Steuersig-

nale mit High und Low angegeben sind und die zugehörigen Schalterstellungen graphisch dargestellt sind. Zu Beginn ist dort der Schalter S1 geschlossen. Das zugehörige Steuersignal ist Low. Nach einer halben Periode $P/2$ wechselt das Steuersignal von Low zu High und der Schalter S1 öffnet. Hierzu wird die Ausschaltzeit t_{off}^1 benötigt. Damit der Schalter S1 nach Ablauf einer vollen Periode P vollständig geschlossen ist, wechselt das zugehörige Steuersignal bereits zu einem Zeitpunkt $t = P - t_{\text{on}}^1$ auf Low. t_{on}^1 bezeichnet die Einschaltzeit des Schalters S1. Es verbleibt im nächsten Zyklus auf Low bis zum Zeitpunkt $t = 3/2P$. Zum Zeitpunkt $t = 3/2P$ wechselt das Steuersignal auf High und der Schalter S1 öffnet. Zur Zeit $t = 3/2P + t_{\text{off}}^1$ ist der Schalter S1 dann vollständig geöffnet. Um zu vermeiden, dass die beiden Gegentakstufen gegeneinander treiben wird der Schalter S2 unter Berücksichtigung der Ein- und/oder Ausschaltzeiten $t_{\text{on}}^2, t_{\text{off}}^2$ gegengleich angesteuert. Der Schalter S2 ist zu Beginn geöffnet und das zugehörige Steuersignal ist High. Zu einem Zeitpunkt $t = 1/2P - t_{\text{on}}^2$, der einer um die Einschaltzeit t_{on}^2 des zweiten Schalters S2 verringerten halben Periodendauer P entspricht wechselt das Steuersignal für den zweiten Schalter S2 von High auf Low und der Schalter S2 schließt. Am Ende der halben Periodendauer $t = P$ ist der Schalter S2 vollständig geschlossen und der Schalter S1 wird geöffnet. Am Ende der vollen Periode P ist der Schalter S1 aufgrund der oben beschriebenen Ansteuerung bereits vollständig geschlossen und der Schalter S2 kann wieder geöffnet werden. Entsprechend wechselt das Steuersignal für den zweiten Schalter S2 am Ende der Periode P von Low auf High. Der Schalter S2 öffnet. Zu einem Zeitpunkt $t = 3/2P - t_{\text{on}}^2$, der einer um die Einschaltzeit t_{on}^2 des zweiten Schalters S2 verringerten dreieinhalb-fachen Periodendauer $3/2P$ entspricht wechselt das Steuersignal für den zweiten Schalter S2 von High auf Low und der Schalter S2 schließt wieder. Am Ende der dreieinhalb fachen Periodendauer $t = 3/2P$ ist der Schalter S2 vollständig geschlossen und der Schalter S1 wird geöffnet. Durch diese Ansteuerung der Schalter S1 und S2 ist sichergestellt, dass immer einer der Schalter S1 oder S2 vollständig geschlossen ist, bevor mit der Öffnung des anderen Schalters S2 oder S1 begonnen wird. Durch dieses Verfahren wird die Verlustleistung reduziert und damit der Wirkungsgrad des Schaltreglers verbessert.

[0063] **Fig. 9** zeigt ein Blockschaltbild eines 2-Draht Messgeräts mit einem erfindungsgemäßen Schaltregler. Das Messgerät ist über zwei Leitungen **19a**, **19b** an eine Energieversorgung **3** anschließbar und weist einen Messaufnehmer **21** auf, der im Betrieb eine physikalischen Messgröße erfasst und in eine elektrische Größe umwandelt. Der Messaufnehmer **21** umfasst beispielsweise einen Sensor **23** zur Erfassung der Messgröße und eine zugeordnete Sensorelektronik **25** zur Umwandlung der Messgröße in eine elektrische Größe. Das 2-Draht Messgerät um-

fasst einen erfindungsgemäßen Schaltregler **27** der über die beiden Leitungen **19a**, **19b** gespeist wird und im Betrieb eine Ausgangsspannung U_a liefert, mit der der Messaufnehmer **21** versorgt wird. Der Schaltregler **27** weist mindestens einem Spannungs-Wandler **29** mit mindestens einem vorgeschalteten Schalter **S** auf. Beide Komponenten sind hier nur schematisch dargestellt. Prinzipiell ist hier jeder der zuvor beschriebenen erfindungsgemäßen Schaltregler einsetzbar.

[0064] Das 2-Draht Messgerät weist eine Elektronik auf, die anhand der elektrischen Größe ein Messergebnis ableitet. Diese Aufgabe kann ganz oder teilweise von der Sensorelektronik **25** übernommen werden.

[0065] Weiter umfasst die Elektronik eine Einheit, die im Betrieb einen über die beiden Leitungen **19a**, **19b** fließenden Strom I_e derart einstellt, dass der Strom I_e ein Maß für das momentane Messergebnis ist. Diese umfasst in dem dargestellten Ausführungsbeispiel einen Mikroprozessor **31** und eine daran angeschlossene Schaltung **33** zur Einstellung des Eingangsstroms I_e . Letztere ist unmittelbar in die beiden Leitungen **19a**, **19b** eingesetzt, über die das Messgerät versorgt wird, und wird von dem Messgerät über einen Ausgang **34** des Mikroprozessors **31** gesteuert. An Stelle des Mikroprozessors **31** kann aber auch ein programmierbarer Baustein oder ein ASIC treten.

[0066] Die Sensorelektronik **25** erzeugt ein Messsignal und stellt dieses dem Mikroprozessor **31** über ein Verbindung **35** zur Verfügung. Je nach Aufbau des Messgeräts, kann dieses Messsignal M unmittelbar das aktuelle Messergebnis repräsentieren, es kann aber auch ein aufbereitetes und/oder vorverarbeitetes Sensorsignal sein, aus dem dann erst im Mikroprozessor **31** das aktuelle Messergebnis abgeleitet wird. Zusätzlich kann eine weitere vorzugsweise bidirektionale Verbindung **37** zwischen dem Mikroprozessor **31** und der Sensorelektronik **25** vorgesehen sein, über die der Mikroprozessor **31** mit der Sensorelektronik **25** kommuniziert.

[0067] Bei Anwendungen bei denen eine galvanische Trennung zwischen der Energieversorgung **3** und dem Messaufnehmer **21** erwünscht bzw. erforderlich ist, ist ein Schaltregler **27** mit einer galvanischen Trennung vorzusehen. In diesem Fall sind die beiden Verbindungen **35** und **37** zwischen dem Mikroprozessor **31** und der Sensorelektronik **25** ebenfalls mit einer galvanischen Trennung **39**, **41** auszustatten. Dies ist in **Fig. 9** symbolisch durch Transformatoren dargestellt.

[0068] Erfindungsgemäß weist das 2 Draht Messgerät eine Vorrichtung zur Erfassung einer dem Schaltregler zur Verfügung stehenden Eingangsleistung P_e und/oder eine Vorrichtung **15** zur Erfassung

einer vom Schaltregler erzeugten Ausgangsleistung P_a auf. Zur Erfassung der Eingangsleistung P_e werden vorzugsweise Komponenten genutzt, die im 2-Draht Messgerät in Regel ohnehin vorhanden sind. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist dies der Mikroprozessor **31** an den die Schaltung **33** zur Einstellung des Eingangsstroms I_e angeschlossen ist. Da der Mikroprozessor **31** den Eingangsstrom I_e abhängig vom Messergebnis vorgibt, liegt die Information über den aktuellen Eingangsstrom I_e im Mikroprozessor **31** vor. Die Eingangsspannung U_e ist bei diesen Anwendungen entweder fest vorgegeben und damit bekannt, oder sie kann über eine entsprechende Spannungsmessschaltung gemessen werden. Die Spannungsmessschaltung umfasst in dem dargestellten Ausführungsbeispiel zwei Verbindungsleitungen **43**, **45** über die die beiden Leitungen **19a**, **19b** über einen Analog-Digital-Wandler **47** an den Mikroprozessor **31** angeschlossen sind. Der Analog-Digital-Wandler **47** ist vorzugsweise Bestandteil eines entsprechenden Eingangs des Mikroprozessors **31**. Die über diesen Eingang abfallende Eingangsspannung U_e wird digitalisiert und die Information steht darüber dem Mikroprozessor **31** zur Verfügung, der dann anhand der aktuellen Eingangsspannung U_e und dem aktuellen Eingangsstrom I_e die zur Verfügung stehende Eingangsleistung P_e bestimmt.

[0069] Die im 2 Draht Messgerät vorgesehene Vorrichtung **15** zur Erfassung der Ausgangsleistung P_a des Schaltreglers **27** ist identisch zu den zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen und daher hier nicht erneut beschrieben. Das gleiche gilt für die gegebenenfalls vorgesehene galvanische Trennung **17**.

[0070] Erfindungsgemäß umfasst das 2 Draht Messgerät eine Vorrichtung **11** zur Ansteuerung der Schalter S , die im Betrieb jeden Schalter S derart ansteuert, dass dieser Schaltvorgänge mit einer Schaltfrequenz ausführt, die die Vorrichtung **11** in Abhängigkeit von der momentan zur Verfügung stehenden Eingangsleistung P_e und/oder der momentanen Ausgangsleistung P_a des Schaltreglers **27** vorgibt. Der Mikroprozessor **31** des 2-Draht Messgeräts übernimmt dabei die Funktion des in den vorangegangenen Beispielen beschriebenen Bausteins **11a** und ist über eine Zusatzlogik mit dem Treiber **11b** verbunden.

Bezugszeichenliste

1	Eingangsbeschaltung
3	Energieversorgung
5	Ausgangsbeschaltung
7	Verbraucher
9	Vorrichtung zur Bestimmung der Eingangsleistung
11	Vorrichtung zur Ansteuerung der Schalter
11a	Mikroprozessor

11b	Zusatzlogik und Treiber
13	Speicher
15	Vorrichtung zur Bestimmung der Ausgangsleistung
17	galvanische Trennung
18	Temperatursensor
19a, 19b	Leitungen
21	Messaufnehmer
23	Sensor
25	Sensorelektronik
27	Schaltregler
29	Spannungswandler
31	Mikroprozessor
33	Ausgang des Mikroprozessors
35	Verbindung
37	Verbindung
39	galvanische Trennung
41	galvanische Trennung
43	Verbindungsleitung
45	Verbindungsleitung
47	Analog-Digital Wandler

Patentansprüche

1. Verfahren zur Optimierung eines Wirkungsgrades eines Schaltreglers,

- der mindestens einen steuerbaren Schalter (S , S_1 , S_2 , FET1, FET2) aufweist, bei dem
- die Schaltfrequenzen (f , f_1 , f_2) der Schalter (S , S_1 , S_2 , FET1, FET2) in Abhängigkeit von einer momentan dem Schaltregler zugeführten Eingangsleistung (P_e) und/oder einer momentan vom Schaltregler gelieferten Ausgangsleistung (P_a) derart eingestellt werden, dass die Ausgangsleistung (P_a) maximal ist.

2. Schaltregler

- an dessen Primärseite über eine Eingangsbeschaltung (**1**) eine Energieversorgung (**3**) anschließbar ist,
- an dessen Sekundärseite über eine Ausgangsbeschaltung (**5**) ein Verbraucher (**7**) anschließbar ist, mit
- mindestens einem Spannungs-Wandler,
- der mindestens einen vorgeschalteten Schalter (S , S_1 , S_2 , FET1, FET2) aufweist, und
- einer Vorrichtung (**9**), die im Betrieb dazu dient, eine momentan zur Verfügung stehende Eingangsleistung (P_e) zu Erfassen, und
- einer Vorrichtung zur Ansteuerung (**11**) der Schalter (S , S_1 , S_2 , FET1, FET2), die im Betrieb jeden Schalter (S , S_1 , S_2 , FET1, FET2) derart ansteuert, dass dieser Schaltvorgänge mit einer Schaltfrequenz (f , f_1 , f_2) ausführt, die die Vorrichtung in Abhängigkeit von der momentan zur Verfügung stehenden Eingangsleistung (P_e) vorgibt.

3. Schaltregler nach Anspruch 2, bei der der Vorrichtung ein Speicher (**13**) zugeordnet ist, in dem eine Tabelle abgelegt ist, in der für jeden Schalter (S , S_1 , S_2 , FET1, FET2) Wertepaare abgelegt sind, in denen Werten der Eingangsleistung (P_e) Schaltfrequenzen

(f, f1, f2) zugeordnet, bei denen der Schaltregler einen optimalen Wirkungsgrad aufweist.

4. Verfahren zur Einstellung von Schaltfrequenzen (f, f1, f2) von Schaltern (S, S1, S2, FET1, FET2) eines Schaltreglers gemäß Anspruch 2 oder 3, bei dem

- die dem Schaltregler zur Verfügung stehende Eingangsleistung (Pe) bestimmt wird, und
- die Vorrichtung (11) zur Ansteuerung der Schalter (S, S1, S2, FET1, FET2) die Schaltfrequenzen (f, f1, f2) der Schalter (S, S1, S2, FET1, FET2) in Abhängigkeit von der momentan zur Verfügung stehenden Eingangsleistung (Pe) derart anpasst, dass die Ausgangsleistung (Pa) maximiert wird.

5. Schaltregler

- an dessen Primärseite über eine Eingangsbeschaltung (1) eine Energieversorgung (3) anschließbar ist,
- an dessen Sekundärseite über eine Ausgangsbeschaltung (5) ein Verbraucher (7) anschließbar ist, mit
- mindestens einem Spannungs-Wandler,
- der mindestens einen vorgeschalteten Schalter (S, S1, S2, FET1, FET2) aufweist, und
- einer Vorrichtung (15), die im Betrieb dazu dient, eine momentan zur Verfügung stehende Ausgangsleistung (Pa) zu Erfassen, und
- einer Vorrichtung (11) zur Ansteuerung der Schalter (S, S1, S2, FET1, FET2), die im Betrieb jeden Schalter (S, S1, S2, FET1, FET2) derart ansteuert, dass dieser Schaltvorgänge mit einer Schaltfrequenz (f, f1, f2) ausführt, die die Vorrichtung in Abhängigkeit von der momentan zur Verfügung stehenden Ausgangsleistung (Pa) vorgibt.

6. Verfahren zur Einstellung von Schaltfrequenzen (f, f1, f2) von Schaltern (S, S1, S2, FET1, FET2) eines Schaltreglers gemäß Anspruch 5, bei dem

- eine Ausgangsleistung des Schaltreglers gemessen wird, und
- die Vorrichtung (11) zur Ansteuerung der Schalter (S, S1, S2, FET1, FET2) die Schaltfrequenzen (f, f1, f2) der Schalter (S, S1, S2, FET1, FET2) in Abhängigkeit von der gemessenen Ausgangsleistung (Pa) derart anpasst, dass die Ausgangsleistung (Pa) maximiert wird.

7. 2-Draht Messgerät, das über zwei Leitungen (19a, 19b) an eine Energieversorgung (3) anschließbar ist, mit

- einem Messaufnehmer (21), der im Betrieb eine physikalischen Messgröße erfasst und in eine elektrische Größe umwandelt,
- einer Elektronik,
- die anhand der elektrischen Größe ein Messergebnis ableitet,
- die im Betrieb einen über die beiden Leitungen (19a, 19b) fließenden Strom (Ie) derart einstellt, dass der Strom (Ie) ein Maß für das momentane Messer-

gebnis ist,

- die einen Schaltregler (27) umfasst,
- der über die beiden Leitungen (19a, 19b) gespeist wird,
- der im Betrieb eine Ausgangsspannung (Ua) liefert, mit der der Messaufnehmer (21) versorgt wird,
- der mindestens einen Spannungs-Wandler (29) mit mindestens einem vorgeschalteten Schalter (S) aufweist,
- einer Vorrichtung zur Erfassung einer dem Schaltregler zur Verfügung stehende Eingangsleistung und/oder einer Vorrichtung (15) zur Erfassung einer vom Schaltregler (27) erzeugten Ausgangsleistung (Pa), und
- einer Vorrichtung (11a, 11b) zur Ansteuerung der Schalter (S), die im Betrieb jeden Schalter (S) derart ansteuert, dass dieser Schaltvorgänge mit einer Schaltfrequenz ausführt, die die Vorrichtung (11) in Abhängigkeit von der momentan zur Verfügung stehenden Eingangsleistung (Pe) und/oder der momentanen Ausgangsleistung (Pa) des Schaltreglers (27) vorgibt.

8. Verfahren zum Betrieb eines Schaltreglers gemäß einem der Ansprüche 2, 3 oder 5,

- der zwei oder mehr Schalter (S1, S2, FET1, FET2) aufweist,
- bei dem die Vorrichtung (11) zur Ansteuerung der Schalter (S1, S2, FET1, FET2) bei der Ansteuerung der Schalter (S1, S2, FET1, FET2) Einschalt- und/oder Ausschaltzeiten (t_{on}^1 , t_{off}^1 , t_{on}^2 , t_{off}^2) der Schalter (S1, S2, FET1, FET2) bei der Ansteuerung berücksichtigt und durch eine zeitliche Anpassung der Ansteuerung der Schalter (S1, S2, FET1, FET2) kompensiert.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

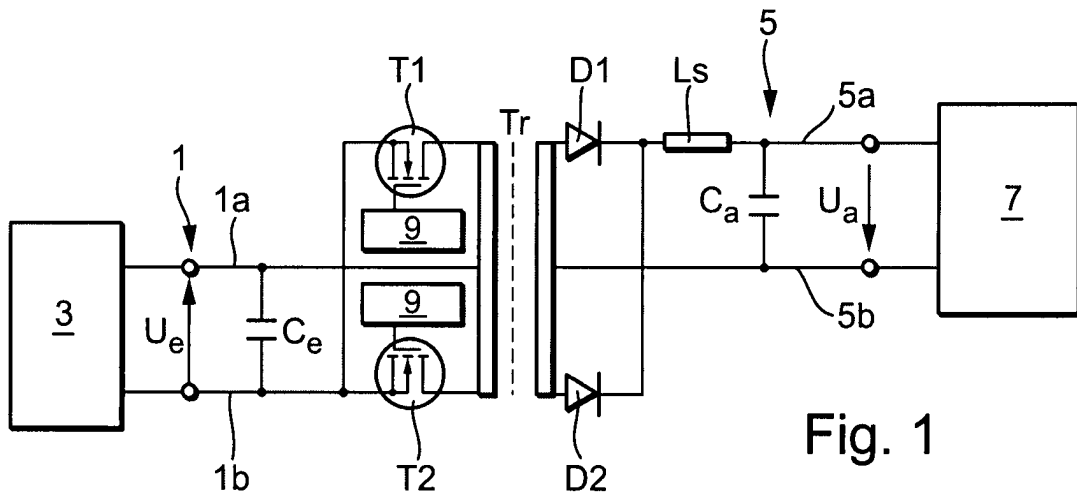


Fig. 1

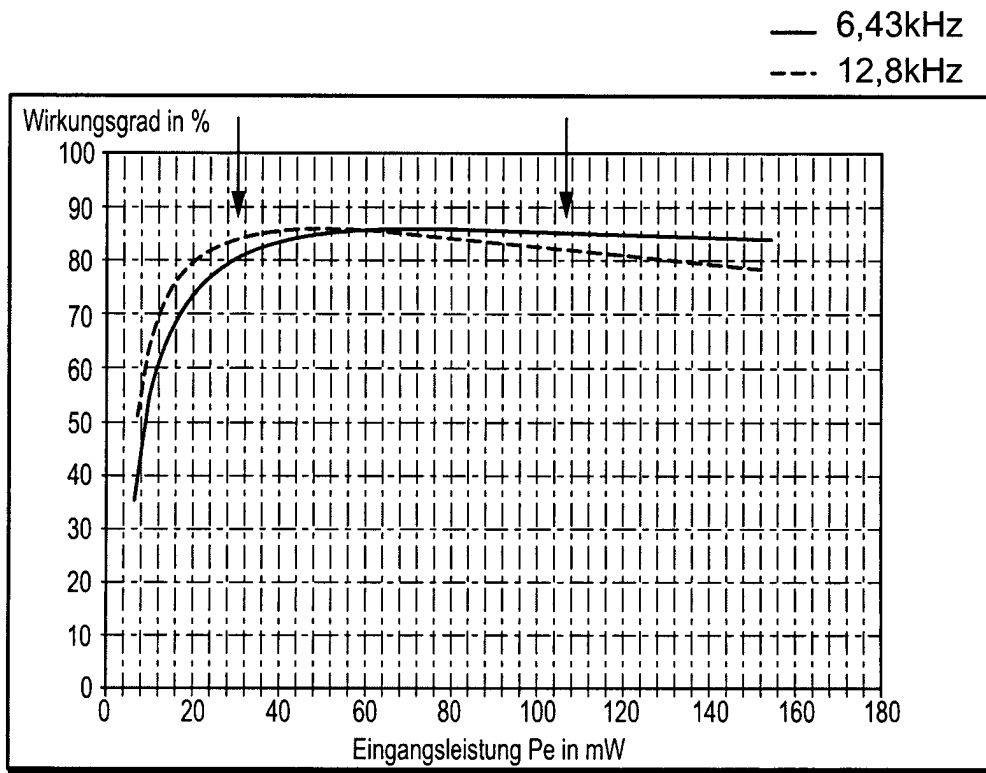


Fig. 2

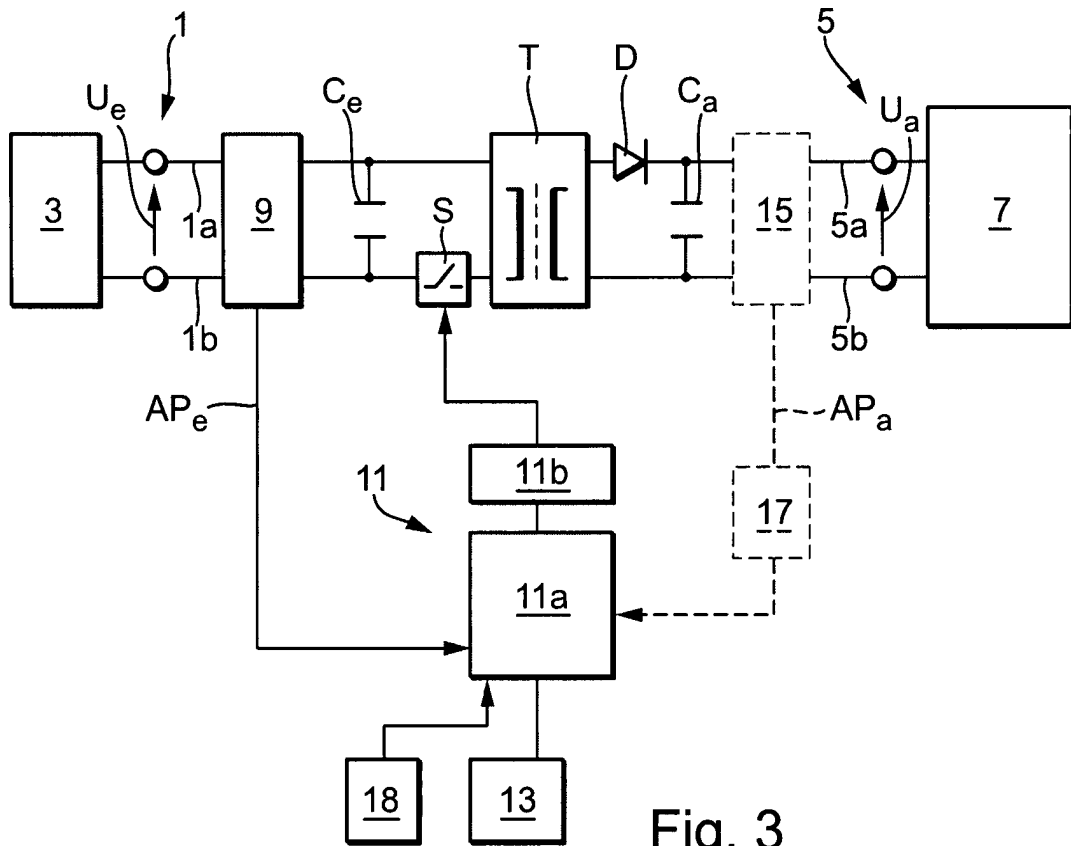


Fig. 3

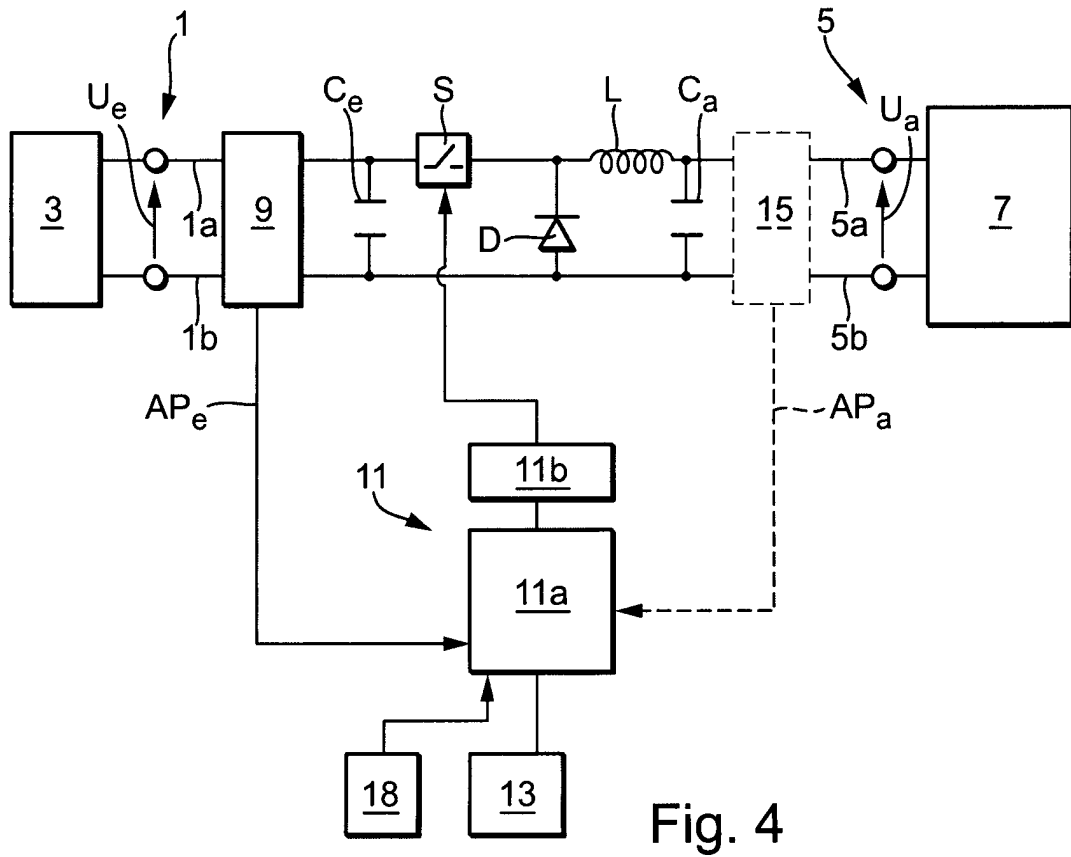


Fig. 4

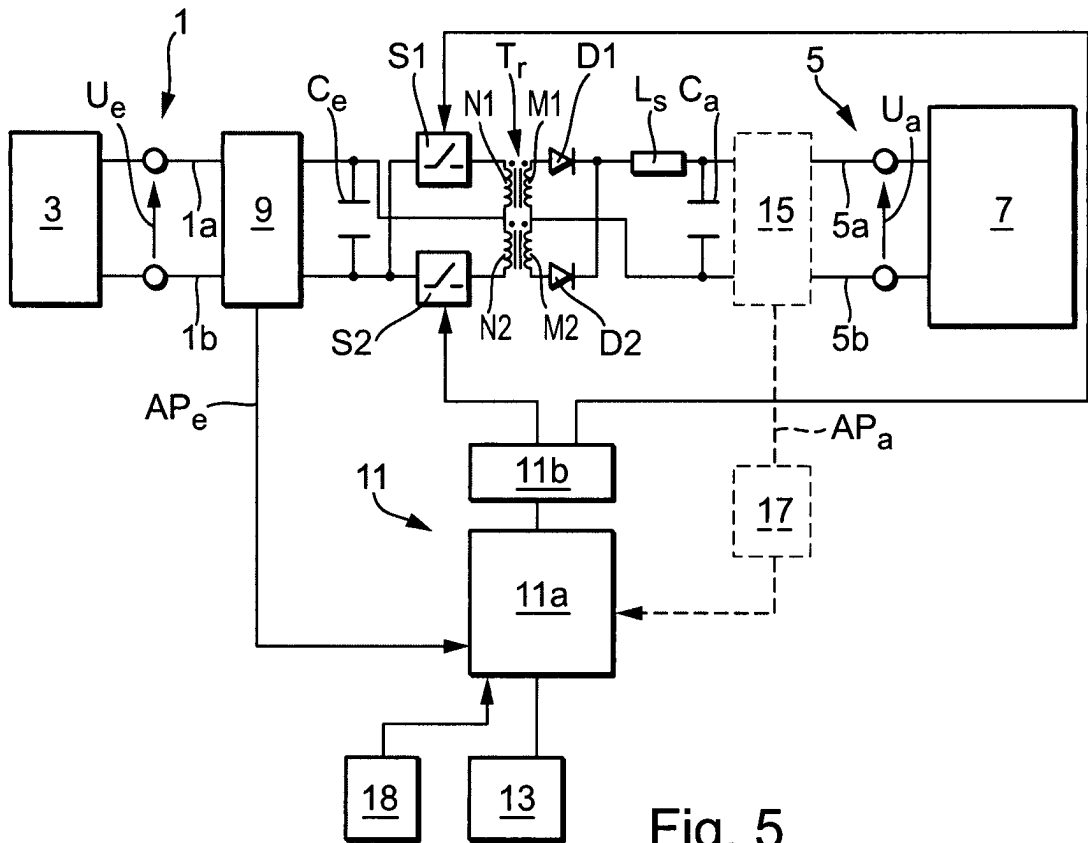


Fig. 5

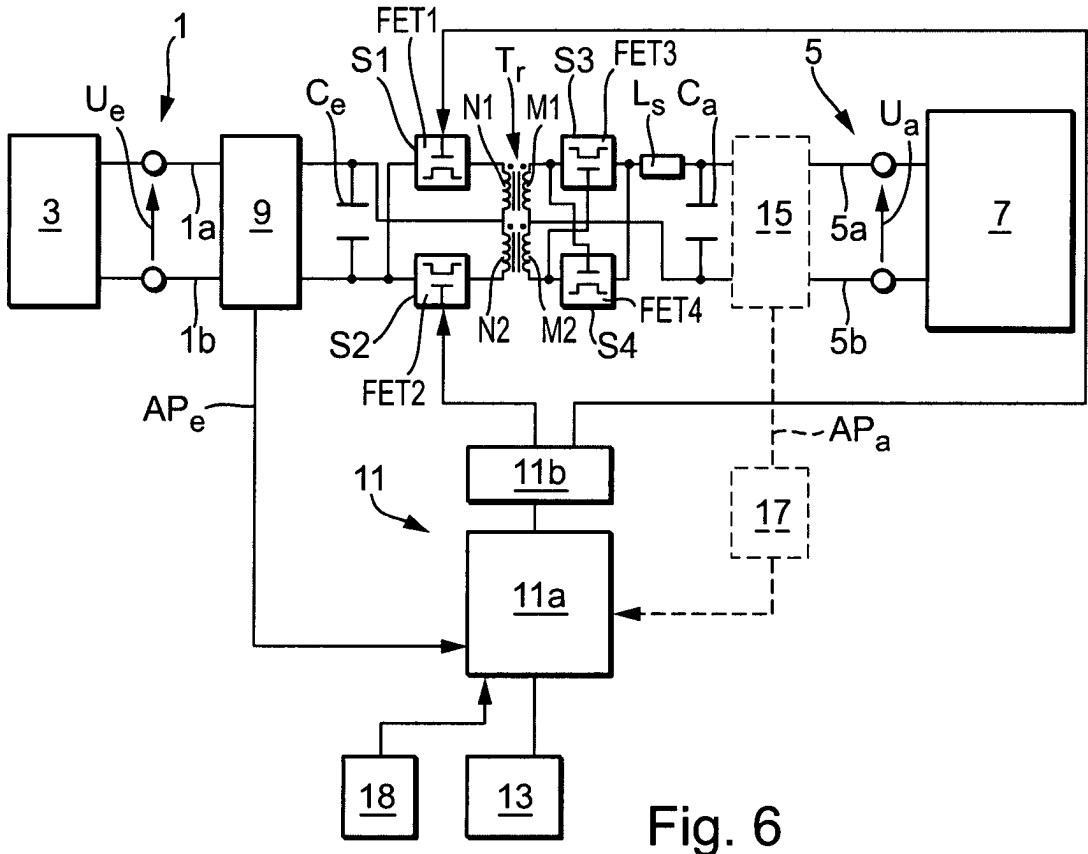


Fig. 6

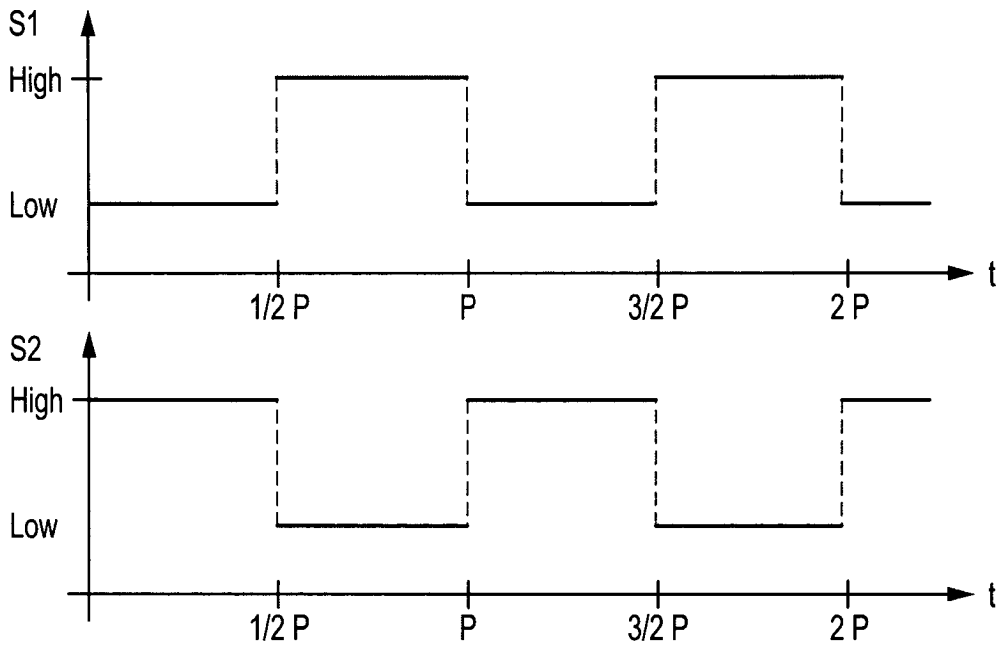


Fig. 7

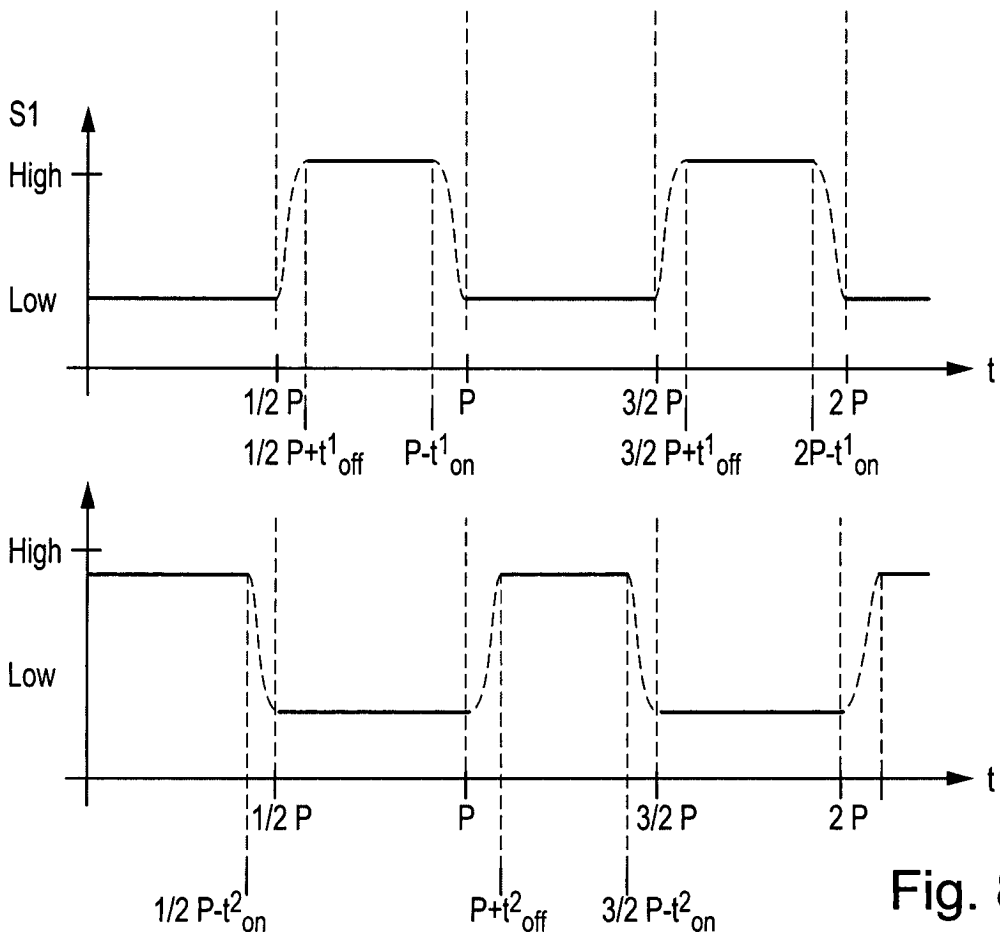


Fig. 8

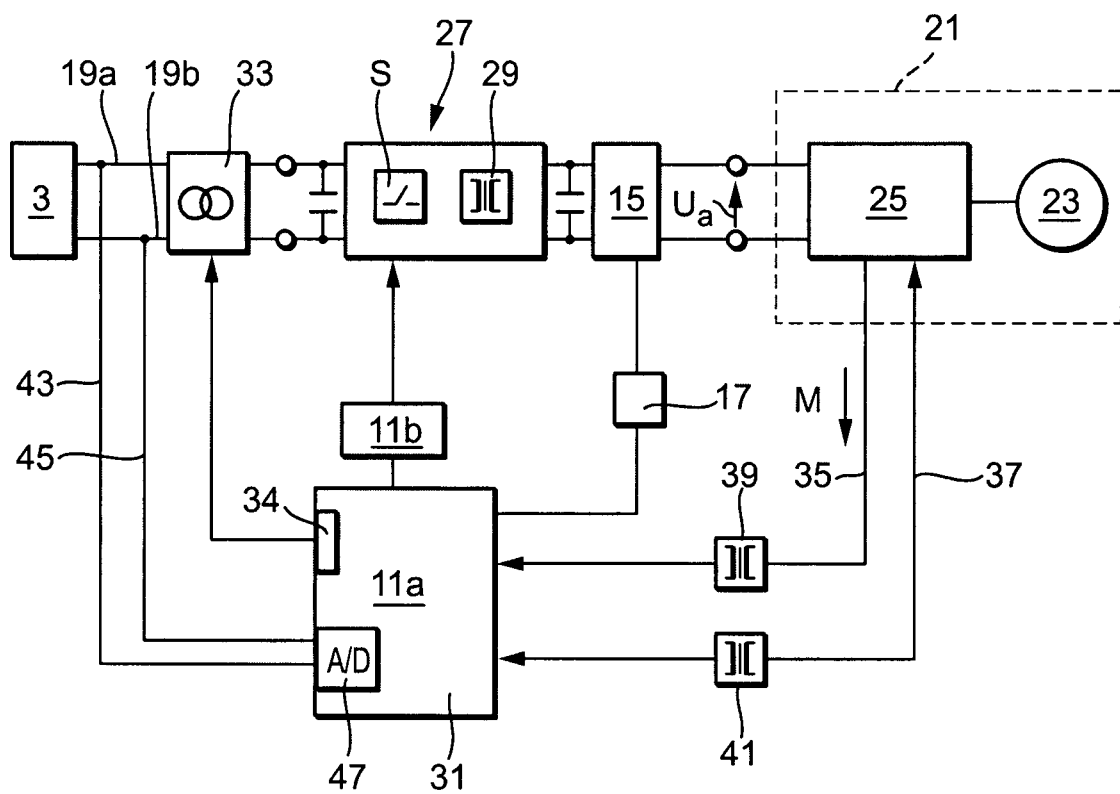


Fig. 9