

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. Oktober 2011 (13.10.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/124411 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02J 7/04 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/052690

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. Februar 2011 (23.02.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 003 703.6 8. April 2010 (08.04.2010) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **MACK, Juergen** [DE/DE]; Buchenstrasse 29, 73035 Goeppingen (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **ROBERT BOSCH GMBH**; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CHARGING A BATTERY

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM AUFLADEN EINER BATTERIE

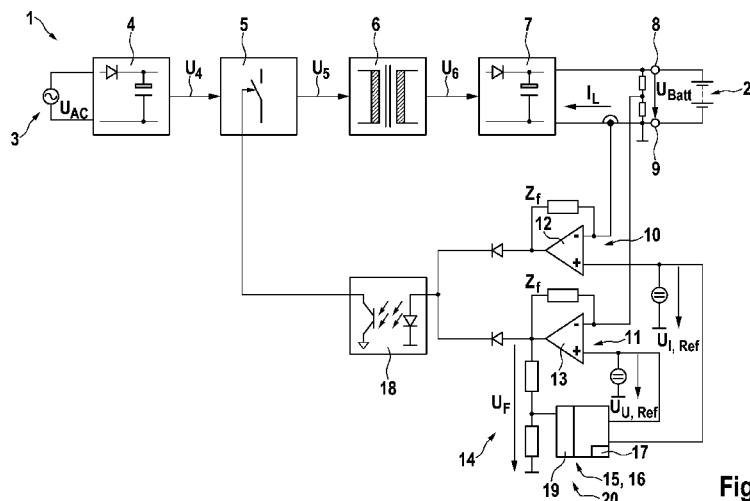


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for charging a battery (2), in particular a lithium ion battery, comprising the following steps: charging the battery (2) with a constant charging current (I_L) in a first phase (I), charging the battery (2) with a constant charging voltage (U_L) in a subsequent second phase (II), terminating the charging in accordance with a predefinable limit value of the charging current (I_L) in the second phase (II). The following steps are implemented: comparing a guide voltage (U_F) which is predefined for adjusting the constant voltage with a least one stored switch-off value which is determined in accordance with the limit value, and terminating the charging when the guide voltage (U_F) reaches the switch-off value. The invention further relates to a device for charging a battery.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Aufladen einer Batterie (2), insbesondere einer Lithium-Ionen-Batterie, mit folgenden Schritten: - Laden der Batterie (2) mit einem konstanten Ladestrom (I_L) in einer ersten Phase (I), - Laden der Batterie (2) mit einer konstanten Ladespannung (U_L) in einer darauffolgenden zweiten Phase (II), - Beenden des Aufladens in Abhängigkeit von einem vorgebbaren Grenzwert des Ladestroms (I_L) in der zweiten Phase (II). Dabei sind folgende Schritte vorgesehen: - Vergleichen einer zum Einstellen der konstanten Spannung vorgegebenen Führungsspannung (U_F) mit wenigstens einem hinterlegten, in Abhängigkeit von dem Grenzwert bestimmten Abschaltwert und - Beenden des Aufladens wenn die Führungsspannung (U_F) den Abschaltwert erreicht. Ferner betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Aufladen einer Batterie.

5 Beschreibung

Titel

Verfahren und Vorrichtung zum Aufladen einer Batterie

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Aufladen einer Batterie, insbesondere einer Lithium-Ionen-Batterie, mit folgenden Schritten: Zunächst wird die Batterie mit einem konstanten Ladestrom in einer ersten Phase geladen, anschließend, in einer darauffolgenden zweiten Phase, mit einer konstanten Ladespannung, wobei das Aufladen in Abhängigkeit von einem vorgebbaren Grenzwert des Ladestroms in der zweiten Phase beendet wird.

15

Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zum Aufladen einer Batterie, insbesondere zur Durchführung des oben beschriebenen Verfahrens, mit mindestens einem Stromregler zum Laden der Batterie mit einem konstanten Ladestrom in einer ersten Phase und mit mindestens einem Spannungsregler zum Laden der Batterie mit einer konstanten Spannung in einer darauffolgenden zweiten Phase, sowie mit einer Einrichtung zum Beenden des Aufladens in Abhängigkeit von einem vorgebbaren Grenzwert des Ladestroms während der zweiten Phase.

20

25 Stand der Technik

Verfahren und Vorrichtungen der eingangs genannten Art sind aus dem Stand der Technik bekannt. Unter einer Batterie sind hierbei auch eine einzelne oder mehrere Zellen einer Batterie beziehungsweise eines Akkumulators zu verstehen. Insbesondere für Lithium-Ionen-Batterien ist es bekannt, das sogenannte IU-Ladeverfahren anzuwenden, das auch als CCCV-Ladeverfahren (Constant Current Constant Voltage) bezeichnet wird. Bei diesem Verfahren wird die Batterie in einer ersten Phase (I-Ladung) bei konstantem Strom geladen, während die Ladespannung ansteigt. Der Strom wird dabei durch einen Stromregler der Vorrichtung beziehungsweise des Ladegeräts begrenzt. Bei Erreichen einer gewählten Ladeschlussspannung an der Batterie wird von der Konstant-Stromregelung

30

35

auf die Spannungsregelung umgeschaltet, bei der die Batterie mit konstanter Spannung weitergeladen wird. Mit zunehmendem Ladestand der Batterie sinkt dabei der Ladestrom selbsttätig ab. Es ist bekannt, als Kriterium für die Beendigung des Aufladens das Unterschreiten eines vorgebbaren Grenzwerts durch den abfallenden Ladestrom zu verwenden.

Um das oben beschriebene Ladeverfahren durchzuführen beziehungsweise abzubilden, ist eine Erfassung und eine signaltechnische Aufbereitung des Ladestroms notwendig.

Offenbarung der Erfindung

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass eine zum Einstellen der Konstantspannung vorgegebene Führungsspannung mit wenigstens einem hinterlegten, in Abhängigkeit von dem Grenzwert bestimmten Abschaltwert verglichen und das Aufladen beendet wird, wenn die Führungsspannung den Abschaltwert erreicht.

Hierbei ist also vorgesehen, dass zum Beenden des Ladevorgangs nicht der Ladestrom selbst, sondern ein den Grenzwert des Ladestroms berücksichtigender Abschaltwert als Kriterium verwendet wird. Der während der zweiten Phase abfallende Ladestrom wird somit indirekt berücksichtigt. Der Abschaltwert ist derart gewählt, dass er der Führungsspannung zum Zeitpunkt des Erreichens des vorgebbaren Grenzwerts durch den Ladestrom entspricht. Insgesamt kann dadurch auf einfache Art und Weise ein Ladevorgang zu einem günstigen Zeitpunkt beendet werden, ohne dass ein Erfassen und Auswerten des Ladestroms während der zweiten Phase erfolgen muss.

Vorzugsweise wird der Abschaltwert berechnet und/oder durch empirische Versuche ermittelt. Bevorzugt werden die Versuche derart durchgeführt, dass der Ladestrom sowie die Führungsspannung während der zweiten Phase erfasst und miteinander verglichen werden. Zu dem Zeitpunkt, an dem der Ladestrom den vorgebbaren Grenzwert erreicht, wird die aktuelle Führungsspannung ermittelt und gespeichert.

Vorzugsweise wird die Führungsspannung in Abhängigkeit von einer Quellspannung, einer Batteriespannung und/oder in Abhängigkeit von zur Spannungsregelung verwendeten Bauteilen vorgegeben. Bevorzugt wird die gesamte Regelstre-

cke des Spannungsreglers zur Bestimmung der Führungsspannung berücksichtigt, sodass ein optimaler Füllgrad erreicht wird.

5 Bevorzugt wird für jede aufzuladende Batterie ein individueller Abschaltwert hinterlegt. So ist es mittels des vorteilhaften Verfahrens möglich, mehrere Batterien optimal aufzuladen beziehungsweise das Verfahren automatisch an unterschiedliche Batterien anzupassen.

10 Besonders bevorzugt wird zum Vergleichen einer der individuellen Abschaltwerte in Abhängigkeit von der Batteriespannung der jeweiligen Batterie gewählt. Die oben erwähnte Variation der Führungsspannung bei gleichem Strom und unterschiedlicher Batteriespannung hat zur Folge, dass der Abschaltzeitpunkt über verschiedene Batteriespannungen einer gewissen Unschärfe unterliegt. Durch Berücksichtigen beziehungsweise Hinterlegen batterie-individueller Kennwerte,
15 wie oben beschrieben, lässt sich diese Unschärfe kompensieren, indem der der aufzuladenden Batterie zugehörige Abschaltwert ausgewählt wird. Die Batteriespannung ist während der zweiten Phase konstant und wird durch die Ausbildung der Batterie selbst bestimmt. Messtechnisch ist die Batteriespannung einfach zu erfassen.

20 Die erfindungsgemäße Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass die Einrichtung wenigstens eine Steuereinheit umfasst, die eine am Ausgang des Spannungsreglers anliegende Führungsspannung mit einem in einem Speicher der Einrichtung hinterlegten, in Abhängigkeit von dem Grenzwert bestimmten Abschaltwert vergleicht, und das Aufladen beendet, wenn die Führungsspannung
25 den Abschaltwert erreicht. Die Einrichtung umfasst also einen Speicher, in welchem wenigstens ein Abschaltwert hinterlegt ist beziehungsweise, wie oben beschrieben, hinterlegt wird. Die Steuereinheit greift auf den hinterlegten Abschaltwert zu und vergleicht diesen mit der am Ausgang des Spannungsreglers anliegenden Führungsspannung, die, wie oben ausgeführt, zum Erreichen des Füllgrades dient. Erreicht die Führungsspannung den Abschaltwert, der dem Zeitpunkt entspricht, an dem der Ladestrom den vorgebbaren Grenzwert erreicht, wird der Ladevorgang beendet. Zum Beenden des Ladevorgangs ist vorzugsweise ein Schaltelement vorgesehen, das durch die Steuereinheit ansteuerbar ist
30 und die elektrische Verbindung zu der Batterie trennt.
35

Weitere Vorteile ergeben sich aus dem oben beschriebenen Verfahren. Bevorzugt umfasst der Spannungsregler und/oder der Stromregler wenigstens einen Operationsverstärker, sodass die Spannungsregelung beziehungsweise Stromregelung analog erfolgt und kostengünstig realisiert ist.

Bevorzugt umfasst die Steuereinheit wenigstens einen Mikrokontroller, dem die Führungsspannung zugeführt wird, und der diese mit dem in dem Speicher abgelegten Abschaltwert beziehungsweise mit den abgelegten Abschaltwerten vergleicht. Besonders bevorzugt ist dem Mikrokontroller wenigstens ein Analog-Digital-Wandler zugeordnet, mittels dessen die Führungsspannung erfasst und dem Mikrokontroller zum Vergleich zugeführt wird.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Vorrichtung sind Mittel vorgesehen, die die aufzuladende Batterie erkennen. Bei den Mitteln kann es sich beispielsweise um eine Spannungsmesseinrichtung handeln, die die Spannung der aufzuladenden Batterie erfasst und dadurch auf eine bestimmte Batterie schließt. So kann auf einfache Art und Weise bei dem Vergleich der Führungsspannung mit dem Abschaltwert der der Batterie zugeordnete, individuelle Abschaltwert gewählt werden.

Im Folgenden soll die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert werden. Dazu zeigen

Figur 1 eine Vorrichtung zum Aufladen einer Batterie in einer schematischen Darstellung und

Figur 2 eine Ladekurve einer Lithium-Ionen-Batterie.

Die Figur 1 zeigt in einer schematischen Darstellung eine Vorrichtung 1 zum Aufladen einer Batterie 2. Die Vorrichtung 1 weist eine Wechselspannungsquelle 3 auf oder ist an diese anschließbar. Die von der Wechselspannungsquelle 3 gelieferte Quellspannung U_{AC} wird einem Gleichrichter 4 zugeführt, der die Wechselspannung U_{AC} in eine Gleichspannung U_4 wandelt, welche einem Schalter 5 zugeführt wird. Bei dem Schalter 5 handelt es sich vorzugsweise um ein oder mehrere Halbleiterelemente, besonders bevorzugt MOSFETs, Bipolartransistoren oder IGBTs. Durch Vorgeben der Schaltfrequenz wird die von dem Schalter 5

auszugebende Wechselspannung U_5 eingestellt. Diese wird einem Transformator 6 zugeführt, der die Wechselspannung U_5 in eine Wechselspannung U_6 auf bekannte Art und Weise wandelt. Dem Transformator 6 ist ein zweiter Gleichrichter 7 nachgeschaltet, der die Wechselspannung U_6 gleichrichtet und an Anschlüssen 8,9 der Batterie 2 zur Verfügung stellt.

Weiterhin umfasst die Vorrichtung 1 einen analogen Stromregler 10 sowie einen analogen Spannungsregler 11, die jeweils einen Operationsverstärker 12 beziehungsweise 13 umfassen. Der Stromregler 10 ist zum Laden der Batterie mit einem konstanten Ladestrom ausgebildet, während der Spannungsregler 11 zum Laden der Batterie mit einer konstanten Spannung ausgebildet ist. Am Ausgang des Spannungsreglers 11 wird eine Führungsspannung U_F eingestellt, die mittels eines Spannungsteilers 14 erfasst und einer Steuereinheit 15, die einen Mikrokontroller 16 umfasst, zugeführt wird. Dem Mikrokontroller 16 ist ein Speicher, insbesondere nicht-flüchtiger Speicher 17 zugeordnet, in dem Vergleichswerte hinterlegt sind, auf die später näher eingegangen wird. Zur Potenzialtrennung folgt dem Stromregler 10 und dem Spannungsregler 13 ein Optokoppler 18, dessen Ausgang mit einem Eingang des Schalters 5 verbunden ist.

Das Verfahren zum Aufladen der Batterie 2 soll anhand des in der Figur 2 dargestellten Diagramms erläutert werden. Zunächst wird mittels des Stromreglers 10 die Batterie 2 mit einem konstanten Ladestrom I_L geladen. In dieser ersten Phase I nimmt die Ladespannung U_L der Batterie 2 zu. Sobald die Ladespannung U_L einen vorgebbaren Maximalspannungswert erreicht, wie durch den Zeitpunkt t_1 gekennzeichnet, wird von dem stromgeregelten Verfahren in ein spannungsgeregeltes Verfahren gewechselt, indem in der auf die erste Phase I folgenden zweiten Phase II die Batterie 2 durch den Spannungsregler 11 mit einer konstanten Spannung geladen wird. In der zweiten Phase II fällt der Strom I_L der Batterie 2 ab. Um die Ladespannung U_L konstant zu halten, wird die Führungsspannung U_F variiert. Ein Mikrokontroller 16 erfasst dabei die Führungsspannung U_F und vergleicht sie mit den in dem Speicher 17 hinterlegten Werten.

Bei den hinterlegten Werten handelt es sich um Abschaltwerte, die der Führungsspannung U_F zu einem Zeitpunkt t_2 entsprechen, zu dem der Ladestrom I_L einen Grenzwert erreicht, ab dem der Ladevorgang abgebrochen werden soll. In dem Speicher 17 hinterlegte, individuelle Abschaltwerte beziehen sich auf die un-

terschiedlichen durch die Vorrichtung 1 aufzuladenden Batterien, sodass für jede aufzuladende Batterie jeweils ein individueller Abschaltwert hinterlegt ist. Die Abschaltwerte wurden zuvor durch empirische Versuche ermittelt. Zum Erfassen und Vergleichen der Führungsgröße U_F mit dem jeweiligen Abschaltwert ist dem Mikrokontroller 16 ein Analog-Digital-Wandler 19 zugeordnet, der an den Spannungsteiler 14 angeschlossen ist. Der Mikrokontroller vergleicht nun die Führungsspannung mit dem entsprechenden Abschaltwert. Der Mikrokontroller 16 kann bei gegebener Batteriespannung U_{Batt} zu der entsprechenden Speicherstelle in dem Speicher 17 verzweigen und den dort hinterlegten, individuellen Abschaltwert zur Bildung des Abschaltkriteriums heranziehen. Erreicht die Führungsspannung U_F den Abschaltwert, so wird der Ladevorgang durch die Vorrichtung 1, beispielsweise durch Öffnen des Schalters 5, beendet. Die Steuereinheit 15 mit dem Mikrokontroller 16 und dem Analog-Digital-Wandler 19 sowie der Speicher 17 bilden somit zusammen eine Einrichtung 20 zum Beenden des Aufladens.

Durch Vorsehen individueller Abschaltwerte lässt sich der Zeitpunkt zum Beenden des Ladevorgangs individuell für jede Batterie beziehungsweise Zelle bestimmen. So kann beispielsweise berücksichtigt werden, dass der Ladestrom I_L einer anderen Batterie erst zu einem späteren Zeitpunkt t_3 , wie in der Figur 2 angedeutet, den vorgebbaren Grenzwert erreicht.

Durch die oben beschriebene Vorrichtung 1 sowie durch das beschriebene Verfahren wird somit der Zeitpunkt zum Beenden des Ladevorgangs nicht direkt in Abhängigkeit des Ladestroms I_L , wie üblich, sondern in Abhängigkeit der Führungsspannung U_F bestimmt. Dadurch können insbesondere Mittel zum Erfassen des Ladestroms I_L entfallen und die Vorrichtung 1 sowie das Verfahren zum Aufladen der Batterie kostengünstig und einfacher gestaltet werden.

5 Ansprüche

1. Verfahren zum Aufladen einer Batterie (2), insbesondere einer Lithium-Ionen-Batterie, mit folgenden Schritten:
 - Laden der Batterie (2) mit einem konstanten Ladestrom (I_L) in einer ersten Phase (I),
 - Laden der Batterie (2) mit einer konstanten Ladespannung (U_L) in einer darauffolgenden zweiten Phase (II),
 - Beenden des Aufladens in Abhängigkeit von einem vorgebbaren Grenzwert des Ladestroms (I_L) in der zweiten Phase (II),**gekennzeichnet durch** folgende Schritte:
 - Vergleichen einer zum Einstellen der konstanten Spannung vorgegebenen Führungsspannung (U_F) mit wenigstens einem hinterlegten, in Abhängigkeit von dem Grenzwert bestimmten Abschaltwert und
 - Beenden des Aufladens wenn die Führungsspannung (U_F) den Abschaltwert erreicht.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abschaltwert berechnet und/oder durch empirische Versuche ermittelt wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Führungsspannung (U_F) in Abhängigkeit von einer Quellspannung (U_{AC}), einer Batteriespannung (U_{Batt}) und/oder in Abhängigkeit von zur Spannungsregelung verwendeter Bauteile vorgegeben wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass für jede aufzuladende Batterie (2) ein individueller Abschaltwert hinterlegt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Vergleichen einer der individuellen Abschaltwerte in Ab-

hängigkeit von der Batteriespannung (U_{Batt}) der jeweiligen Batterie (2) gewählt wird.

- 5 6. Vorrichtung (1) zum Aufladen einer Batterie (2), insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, mit mindestens einem Stromregler (10) zum Laden der Batterie (2) mit einem konstanten Ladestrom (I_L) in einer ersten Phase (I) und mit mindestens einem Spannungsregler (11) zum Laden der Batterie (2) mit einer konstanten Ladespannung (U_L) in einer darauffolgenden zweiten Phase (II),
10 sowie mit einer Einrichtung (20) zum Beenden des Aufladens in Abhängigkeit von einem vorgebbaren Grenzwert des Ladestroms (I_L), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung (20) wenigstens eine Steuereinheit (15) umfasst, die eine dem Spannungsregler (11) zugeführte Führungsspannung (U_F) mit wenigstens einem in einem Speicher (17) der Einrichtung (20) hinterlegten, in Abhängigkeit von dem Grenzwert bestimmten Abschaltwert vergleicht, und das Aufladen beendet, wenn die Führungsspannung (U_F) den Abschaltwert erreicht.
- 15 7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Spannungsregler (11) und/oder der Stromregler (10) wenigstens einen Operationsverstärker (12,13) umfassen.
- 20 8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit (15) wenigstens einen Mikrokontroller (16) umfasst.
- 25 9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Mikrokontroller (16) wenigstens ein Analog-Digital-Wandler (19) zugeordnet ist.

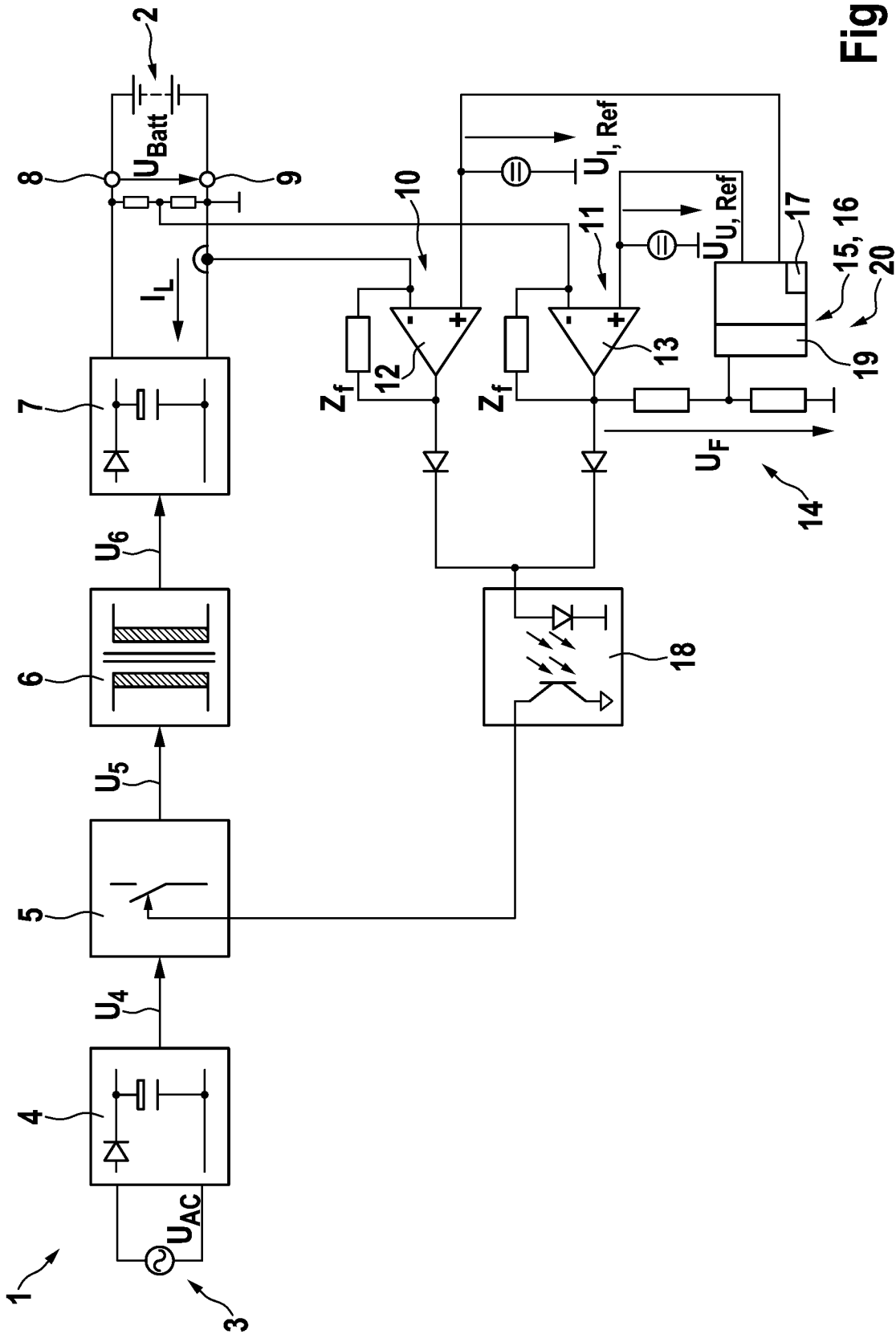


Fig. 1

Fig. 2

