



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2020/218373**  
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2  
IntPatÜG)  
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2020 002 115.7**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2020/017386**  
(86) PCT-Anmeldetag: **22.04.2020**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **29.10.2020**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **27.01.2022**

(51) Int Cl.: **G01R 31/389** (2019.01)  
**G01R 31/392** (2019.01)  
**G01R 31/382** (2019.01)  
**H01M 10/44** (2006.01)

(30) Unionspriorität:  
**2019-086141** **26.04.2019** **JP**  
(71) Anmelder:  
**DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref.,  
JP**

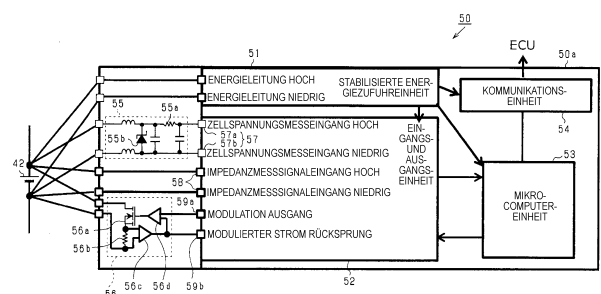
(74) Vertreter:  
**TBK, 80336 München, DE**  
(72) Erfinder:  
**Kitagawa, Masaaki, Kariya-city, Aichi-pref., JP**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Batterieüberwachungsgerät**

(57) Zusammenfassung: Ein Batterieüberwachungsgerät (50) für eine Überwachung eines Zustands einer wiederaufladbaren Batterie, die ein Elektrolyt und eine Vielzahl von Elektroden aufweist, umfasst eine Signalsteuereinheit (56), die dazu eingerichtet ist, um eine Abgabe eines vorbestimmten Wechselstromsignals anzuweisen, eine Antwortsignaleingabeeinheit (52), die dazu eingerichtet ist, um ein Antwortsignal der wiederaufladbaren Batterie auf das Wechselstromsignal zu empfangen, und eine Berechnungseinheit (53), die dazu eingerichtet ist, um basierend auf dem Antwortsignal eine Kompleximpedanz der wiederaufladbaren Batterie zu berechnen. Die Signalsteuereinheit dazu eingerichtet ist, um die zu überwachende wiederaufladbare Batterie als eine Energiequelle dazu zu bringen, das vorbestimmte Wechselstromsignal auszugeben.



**Beschreibung**

[Querverweis auf verwandte Anmeldung]

**[0001]** Diese Anmeldung basiert auf der am 26. April 2019 eingereichten früheren japanischen Patentanmeldung Nr. 2019-086141, deren Beschreibung hierin durch Bezugnahme aufgenommen ist, und beansprucht deren Priorität.

[Technisches Gebiet]

**[0002]** Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf ein Batterieüberwachungsgerät.

[Hintergrundtechnik]

**[0003]** Üblicherweise wird die komplexe Impedanz einer wiederaufladbaren Batterie gemessen, um den Zustand der wiederaufladbaren Batterie zu überwachen (siehe beispielsweise PTL 1). In der Offenlegung von PTL 1 wird ein Rechteckwellensignal von einem Leistungsregler an die wiederaufladbare Batterie angelegt, und die Kompleximpedanzeigenschaften werden basierend auf einem Antwortsignal darauf berechnet. Die Kompleximpedanzeigenschaften werden dann verwendet, um einen Verschlechterungszustand der wiederaufladbaren Batterie zu bestimmen.

[Zitierliste]

[Patentliteratur]

**[0004]** [PTL 1] JP6226261 B2

[Zusammenfassung der Erfindung]

**[0005]** Eine Übernahme dieser Kompleximpedanzmessmethode als eine Kompleximpedanzmessmethode für wiederaufladbare Fahrzeugbatterien kann zu folgender Problematik führen. Das heißt, es ist ein Gerät zum Anlegen von Signalen an die wiederaufladbare Batterie erforderlich, wie beispielsweise ein Leistungsregler oder vergleichbares, was zu einer Vergrößerung und Verteuerung des Batterieüberwachungsgeräts führt.

**[0006]** In Anbetracht der obigen Problematik besteht eine Aufgabe der vorliegenden Offenbarung darin, ein Batterieüberwachungsgerät bereitzustellen, das miniaturisiert werden kann.

**[0007]** Um das obige Problem zu lösen, ist das vorliegende Mittel ein Batterieüberwachungsgerät für ein Überwachen eines Zustands einer wiederaufladbaren Batterie, die ein Elektrolyt und eine Vielzahl von Elektroden aufweist. Das Batterieüberwachungsgerät umfasst eine Signalsteuereinheit, die dazu eingerichtet ist, um eine Ausgabe eines vorbe-

stimmten Wechselstromsignals anzuweisen, eine Antwortsignaleingabeeinheit, die dazu eingerichtet ist, um ein Antwortsignal der wiederaufladbaren Batterie auf das Wechselstromsignal zu empfangen, und eine Berechnungseinheit, die dazu eingerichtet ist, um eine komplexe Impedanz der wiederaufladbaren Batterie basierend auf dem Antwortsignal zu berechnen. Die Signalsteuereinheit ist dazu eingerichtet, um die zu überwachende wiederaufladbare Batterie als eine Energiequelle dazu zu bringen, das vorbestimmte Wechselstromsignal auszugeben.

**[0008]** Bei der obigen Konfiguration veranlasst die Signalsteuereinheit die zu überwachende wiederaufladbare Batterie als eine Energiequelle, das Sinus-signal bzw. sinusförmige Signal (das vorbestimmte Wechselstrom-(AC)-Signal) auszugeben. Dadurch entfällt die Notwendigkeit einer externen Energiequelle für eine Einspeisung des Sinussignals bzw. sinusförmigen Signals in die Batteriezelle 42, was zu einer geringeren Anzahl von Teilen, einer Verkleinerung und geringeren Kosten führt.

**[0009]** Die wiederaufladbare Batterie eines Fahrzeugs ist typischerweise mit peripheren Schaltkreisen, wie beispielsweise Schutzelementen und Filterschaltkreisen, verbunden. Selbst wenn ein Wechselstromsignal in die wiederaufladbare Batterie eingespeist wird, könnte ein Teil des Stroms in diese peripheren Schaltungen entweichen bzw. lecken. Daher besteht eine Problematik, dass bei Eingabe des Wechselstromsignals in die wiederaufladbare Batterie und Berechnung der komplexen Impedanz basierend auf dem Antwortsignal darauf Fehler in dem Antwortsignal aufgrund der Wirkung des Leckstroms auftreten können, was zu einer verringerten Genauigkeit der komplexen Impedanz führt.

**[0010]** Bei der obigen Konfiguration wird die wiederaufladbare Batterie als eine Energiequelle zur Ausgabe des Wechselstromsignals verwendet, was eine Implementierung eines geschlossenen Schaltkreises ermöglicht, der aus dem Strommodulationschaltkreis und der wiederaufladbaren Batterie ausgebildet ist. Daher kann das Lecken des Stroms von der wiederaufladbaren Batterie zu den peripheren Schaltkreisen eliminiert werden, und die Fehler in dem Antwortsignal können unterdrückt werden.

Figurenliste

**[0011]** Die obigen und andere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Offenbarung werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen deutlicher. Die Zeichnungen sind wie folgt:

**Fig. 1** ist ein schematisches Diagramm eines Energiezufuhrsystems;

**Fig. 2** ist ein schematisches Diagramm eines Batterieüberwachungsgeräts;

**Fig. 3** ist ein Flussdiagramm eines Kompleximpedanzberechnungsprozesses;

**Fig. 4** ist eine Veranschaulichung von Verbindungspunkten;

**Fig. 5** ist ein schematisches Diagramm eines Batterieüberwachungsgeräts gemäß einer zweiten Ausführungsform;

**Fig. 6** ist ein Flussdiagramm eines Kompleximpedanzberechnungsprozesses der zweiten Ausführungsform;

**Fig. 7** ist ein schematisches Diagramm eines Batterieüberwachungsgeräts gemäß einer dritten Ausführungsform;

**Fig. 8** ist ein Flussdiagramm eines Kompleximpedanzberechnungsprozesses der dritten Ausführungsform;

**Fig. 9** ist ein schematisches Diagramm eines Batterieüberwachungsgeräts gemäß einer anderen Ausführungsform;

**Fig. 10** ist ein schematisches Diagramm eines Batterieüberwachungsgeräts gemäß einer anderen Ausführungsform;

**Fig. 11** ist ein schematisches Diagramm eines Batterieüberwachungsgeräts gemäß einer anderen Ausführungsform;

**Fig. 12** ist ein schematisches Diagramm eines Batterieüberwachungsgeräts gemäß einer anderen Ausführungsform; und

**Fig. 13** ist ein Flussdiagramm eines Kompleximpedanzberechnungsprozesses einer anderen Ausführungsform.

[Beschreibung der Ausführungsformen]

(Erste Ausführungsform)

**[0012]** Eine erste Ausführungsform, bei der ein „Batterieüberwachungsgerät“ bei einem Energiezufuhrsystem eines Fahrzeugs (beispielsweise eines Hybridfahrzeugs oder eines Elektrofahrzeugs) eingesetzt wird, wird nun unter Bezugnahme auf die beigegeführten Zeichnungen beschrieben.

**[0013]** Wie in **Fig. 1** dargestellt, umfasst das Energiezufuhrsystem 10 einen Motor 20 als rotierende elektrische Maschine, einen Umrichter 30 als Energiewandler, der Dreiphasenströme zu dem Motor 20 leitet, eine zusammengesetzte Batterie 40, die geladen und entladen werden kann, ein Batterieüberwachungsgerät 50, das den Zustand der zusammengesetzten Batterie 40 überwacht, und eine elektronische Steuereinheit (ECU) 60, die den Motor 20 und dergleichen steuert.

**[0014]** Der Motor 20 ist eine Fahrzeugantriebsmaschine und in der Lage, Kraft zu übertragen, um Räder (nicht dargestellt) anzutreiben. In der vorliegenden Ausführungsform wird ein Dreiphasenpermanentmagnetsynchronmotor als Motor 20 verwendet.

**[0015]** Der Umrichter 30 ist aus einer Vollbrückenschaltung mit der gleichen Anzahl von Paaren oberer und unterer Zweige wie die Anzahl von Phasen der Phasenwicklungen ausgebildet, und der durch jede Phasenwicklung fließende Strom wird durch Ein- und Ausschalten von Schaltern (Halbleiterschaltenelementen) eingestellt bzw. angepasst, die an dem entsprechenden Paar oberer und unterer Zweige vorgesehen sind.

**[0016]** Der Umrichter 30 umfasst eine Umrichtersteuereinheit (nicht dargestellt). Die Umrichtersteuereinheit führt eine Erregungssteuerung durch, indem sie jeden Schalter in dem Umrichter 30 basierend auf verschiedenen Elementen von Erfassungsinformationen im Motor 20 und Anforderungen für eine Energiefortbewegung und eine Energieerzeugung ein- und ausschaltet. Die Umrichtersteuereinheit führt dadurch elektrische Energie von der zusammengesetzten Batterie 40 über den Umrichter 30 zu dem Motor 20 zu, um den Motor 20 während einer Energiefortbewegung anzutreiben. Die Umrichtersteuereinheit veranlasst den Motor 20, basierend auf der Energie von den Antriebsrädern Energie zu erzeugen, wandelt die erzeugte Energie um, und führt diese über den Umrichter 30 zu der zusammengesetzten Batterie 40 zu, um die zusammengesetzte Batterie 40 zu laden.

**[0017]** Die zusammengesetzte Batterie 40 ist über den Umrichter 30 elektrisch mit dem Motor 20 verbunden. Die zusammengesetzte Batterie 40 mit einer Zwischenkreisspannung bzw. Zwischenanschlussspannung von beispielsweise einhundert V oder mehr ist aus einer Vielzahl von in Reihe verbundenen Batteriemodulen 41 ausgebildet. Jedes Batteriemodul 41 ist aus einer Vielzahl von in Reihe geschalteten Batteriezellen 42 ausgebildet. Als die Batteriezellen 42 können beispielsweise eine wiederaufladbare Lithiumionenbatterie oder eine wiederaufladbare Nickel-Metallhydrid-Batterie verwendet werden. Jede Batteriezelle 42 ist eine wiederaufladbare Batterie mit einem Elektrolyt und einer Vielzahl von Elektroden.

**[0018]** Ein Positivseitenanschluss einer elektrischen Last wie einem Umrichter 30 oder dergleichen ist mit einem positivseitigen Energiequellenpfad bzw. Positivseitenenergiequellenpfad L1 verbunden, der mit dem Positivseitenenergiequellenanschluss der zusammengesetzten Batterie 40 verbunden ist. Vergleichbar ist der Negativseitenanschluss der elektrischen Last wie dem Umrichter 30 oder dergleichen

mit dem Negativseitenenergiequellenpfad L2 verbunden, der mit dem Negativseitenenergiequellenanschluss der zusammengesetzten Batterie 40 verbunden ist. Der Positivseitenenergiequellenpfad L1 und der Negativseitenenergiequellenpfad L2 sind jeweils mit einem Relaisschalter versehen, der als Systemhauptrelaisschalter (SMR) bezeichnet wird. Der Relaisschalter SMR ist dazu eingerichtet, um zwischen Erregung und Entregung zu schalten.

**[0019]** Das Batterieüberwachungsgerät 50 ist ein Gerät, das einen Ladezustand (SOC), einen Gesundheitszustand (SOH) und dergleichen jeder Batteriezelle 42 überwacht. In der ersten Ausführungsform ist das Batterieüberwachungsgerät 50 für jede Batteriezelle 42 vorgesehen. Das Batterieüberwachungsgerät 50 ist mit der ECU 60 verbunden und gibt den Zustand oder dergleichen jeder Batteriezelle 42 aus. Die Konfiguration des Batterieüberwachungsgeräts 50 wird später beschrieben.

**[0020]** Das Steuergerät 60 fordert das Umrichterteuereinheit basierend auf verschiedener Informationen Hinsichtlich Energiefortbewegung und Energieerzeugung an. Zu den verschiedenen Informationen gehören beispielsweise Informationen über Betätigungen des Gaspedals und der Bremse, die Fahrzeuggeschwindigkeit, und der Zustand der zusammengesetzten Batterie 40.

**[0021]** Das Batterieüberwachungsgerät 50 wird nachstehend im Detail beschrieben. Wie in **Fig. 2** dargestellt, ist das Batterieüberwachungsgerät 50 in der ersten Ausführungsform für jede Batteriezelle 42 vorgesehen.

**[0022]** Das Batterieüberwachungsgerät 50 umfasst eine anwendungsspezifische integrierte Schaltungseinheit (ASIC) 50a, eine Filtereinheit 55 und einen Strommodulationsschaltkreis 56. Die ASIC-Einheit 50a umfasst eine geregelte Energiezufuhreinheit 51, eine Eingabe- und Ausgabeeinheit 52, eine Mikrocomputereinheit 53 als eine Berechnungseinheit, und eine Kommunikationseinheit 54.

**[0023]** Die geregelte Energiezufuhreinheit 51 ist mit Energieleitungen der Batteriezelle 42 verbunden und führt von der Batteriezelle 42 zugeführte elektrische Energie zu der Eingabe- und Ausgabeeinheit 52, der Mikrocomputereinheit 53, und der Kommunikationseinheit 54 zu. Die Eingabe- und Ausgabeeinheit 52, die Mikrocomputereinheit 53, und die Kommunikationseinheit 54 werden basierend auf dieser elektrischen Energie betrieben.

**[0024]** Die Eingabe- und Ausgabeeinheit 52 ist mit der zu überwachenden Batteriezelle 42 verbunden. Insbesondere umfasst die Eingabe- und Ausgabeeinheit 52 Gleichstrom-(DC)-Spannungseingabeanschlüsse 57 für einen Empfang (Messung) einer

Gleichstromspannung bzw. DC-Spannung von der Batteriezelle 42. Zwischen der Batteriezelle 42 und den Gleichstromspannungseingabeanschlüssen 57 ist eine Filtereinheit 55 vorgesehen. Das heißt, ein RC-Filter 55a als Filterschaltung und eine Zenerdiode 55b als Schutzelement sind zwischen dem Positivseitenanschluss 57a und dem Negativseitenanschluss 57b der Gleichstromspannungseingabeanschlüssen 57 vorgesehen. Der RC-Filter 55a, die Zenerdiode 55b, und dergleichen, sind parallel mit der Batteriezelle 42 verbunden.

**[0025]** Die Eingabe- und Ausgabeeinheit 52 umfasst Antwortsignaleingabeanschlüsse 58 für einen Empfang eines Antwortsignals (Spannungsschwankungen), das die Innenkompleximpedanzinformation der Batteriezelle 42 zwischen den Anschlüssen der Batteriezelle 42 widerspiegelt. Daher dient die Eingabe- und Ausgabeeinheit 52 als eine Antwortsignaleingabeeinheit.

**[0026]** Die Eingabe- und Ausgabeeinheit 52 ist mit dem Strommodulationsschaltkreis 56 als eine Signalsteuereinheit verbunden und umfasst einen Anweisungssignalausgabeanschluss 59a, der ein Anweisungssignal an den Strommodulationsschaltkreis 56 ausgibt, um die Emission bzw. Ausgabe eines sinusförmigen Signals (AC-Signal bzw. Wechselstromsignals) von der Batteriezelle 42 anzuweisen. Die Eingabe- und Ausgabeeinheit 52 umfasst ferner einen Rückkopplungssignaleingabeanschluss 59b. Der Rückkopplungssignaleingabeanschluss 59b empfängt als ein Rückkopplungssignal ein Stromsignal, das tatsächlich von der Batteriezelle 42 über den Strommodulationsschaltkreis 56 ausgegeben wird (fließt).

**[0027]** Die Eingabe- und Ausgabeeinheit 52 ist mit der Mikrocomputereinheit 53 verbunden und dazu eingerichtet, um die an dem Gleichstromspannungseingabeanschluss 57 empfangene Gleichstromspannung, das an dem Antwortsignaleingabeanschluss 58 empfangene Antwortsignal, das an dem Rückkopplungssignaleingabeanschluss 59b empfangene Rückkopplungssignal, und dergleichen, an die Mikrocomputereinheit 53 auszugeben. Die Eingabe- und Ausgabeeinheit 52, die einen AD-Wandler aufweist, ist dazu eingerichtet, um empfangene analoge Signale in digitale Signale umzuwandeln und die digitalen Signale an die Mikrocomputereinheit 53 auszugeben.

**[0028]** Die Eingabe- und Ausgabeeinheit 52 ist dazu eingerichtet, um das Anweisungssignal von der Mikrocomputereinheit 53 zu empfangen und das Anweisungssignal von dem Anweisungssignalausgabeanschluss 59a an den Strommodulationsschaltkreis 56 auszugeben. Die Eingabe- und Ausgabeeinheit 52, die einen DA-Wandler aufweist, um von der Mikrocomputereinheit 53 empfangene digitale Signale in

analoge Signale umzuwandeln, ist dazu eingerichtet, um das Anweisungssignal (analoges Signal) an den Strommodulationsschaltkreis 56 auszugeben. Die Sinuswelle bzw. sinusförmige Welle, die durch das Anweisungssignal angewiesen ist, das an den Strommodulationsschaltkreis 56 ausgegeben wird, ist derart gleichstromvorgespannt, dass das Sinuswellensignal nicht zu einem negativen Strom (Strom, der in die Batteriezelle 42 zurückfließt) wird.

**[0029]** Der Strommodulationsschaltkreis 56 ist ein Schaltkreis, der die zu überwachende Batteriezelle 42 als eine Energiequelle veranlasst bzw. dazu bringt, ein vorbestimmtes Wechselstromsignal (Sinussignal bzw. sinusförmiges Signal) auszugeben. Insbesondere umfasst der Strommodulationsschaltkreis 56 ein Halbleiterschaltelement 56a (beispielsweise einen MOSFET) als eine Schalteinheit und einen mit dem Halbleiterschaltelement 56a in Reihe verbundenen Widerstand 56b. Ein Drain-Anschluss des Halbleiterschaltelements 56a ist mit dem Positivanschluss der Batteriezelle 42 verbunden, und ein Source-Anschluss des Halbleiterschaltelements 56a ist mit einem Ende des Widerstands 56b verbunden. Das andere Ende des Widerstands 56b ist mit dem Negativelektrodenanschluss der Batteriezelle 42 verbunden. Das Halbleiterschaltelement 56a ist dazu eingerichtet, um ein Ausmaß an Strom zwischen dem Drain-Anschluss und dem Source-Anschluss einzustellen bzw. anzupassen.

**[0030]** Der Positivanschluss und der Negativanschluss der Batteriezelle 42 sind jeweilig mit der Positivelektrode und der Negativelektrode verbunden. Vorzugsweise ist es auf jeder der positiven und negativen Seiten der Batteriezelle 42 wünschenswert, den Antwortsignaleingabeanschluss 58 mit einem verbindbaren Punkt an dem Anschluss der Batteriezelle 42 zu verbinden, der der Elektrode am nächsten liegt. Vorzugsweise ist es auf jeder der positiven und negativen Seiten der Batteriezelle 42 auch wünschenswert, den Gleichstromspannungseingabeanschluss 57 mit einem verbindbaren Punkt an dem Anschluss der Batteriezelle 42 zu verbinden, der der Elektrode am nächsten oder am nächst-nächsten ist. Auf diese Weise kann die Auswirkung des Spannungsabfalls aufgrund des Hauptstroms oder des Ausgleichsstroms minimiert werden.

**[0031]** Bei dem Strommodulationsschaltkreis 56 ist ein Stromerfassungsverstärker 56c, der mit beiden Enden des Widerstands 56b verbunden ist, als eine Stromerfassungseinheit vorgesehen. Der Stromerfassungsverstärker 56c ist dazu eingerichtet, um ein durch den Widerstand 56b fließendes Signal (Stromsignal) zu erfassen und das erfasste Signal als das Rückkopplungssignal an den Rückkopplungssignaleingabeanschluss 59b der Eingabe- und Ausgabeinheit 52 auszugeben.

**[0032]** Bei dem Strommodulationsschaltkreis 56 ist ein Rückkopplungsschaltkreis 56d vorgesehen. Der Rückkopplungsschaltkreis 56d ist dazu eingerichtet, um das Anweisungssignal von dem Anweisungssignalausgabeanschluss 59a der Eingabe- und Ausgabeinheit 52 zu empfangen und das Rückkopplungssignal von dem Stromerfassungsverstärker 56c zu empfangen. Der Rückkopplungsschaltkreis 56d ist dazu eingerichtet, um das Anweisungssignal und das Rückkopplungssignal zu vergleichen und ein Ergebnis davon an den Gate-Anschluss des Halbleiterschaltelements 56a auszugeben.

**[0033]** Basierend auf dem Signal von dem Rückkopplungsschaltkreis 56d passt das Halbleiterschaltelement 56a die zwischen dem Gate und der Source angelegte Spannung an, um dadurch das Ausmaß an Strom zwischen dem Drain und der Source derart anzupassen, um die Batteriezelle 42 zu veranlassen, ein sinusförmiges Signal (ein vorbestimmtes Wechselstromsignal) auszugeben, das durch das Anweisungssignal angewiesen ist. In Fällen, in denen ein Fehler zwischen der durch das Anweisungssignal angewiesenen Wellenform und der tatsächlich durch den Widerstand 56b fließenden Wellenform besteht, passt das Halbleiterschaltelement 56a das Ausmaß an Strom basierend auf dem Signal von dem Rückkopplungsschaltkreis 56d an, um den Fehler zu korrigieren. Dies kann das sinusförmige Signal, das durch den Widerstand 56b fließt, stabilisieren.

**[0034]** Im Folgenden wird ein Verfahren zur Berechnung der Kompleximpedanz der Batteriezelle 42 beschrieben. Das Batterieüberwachungsgerät 50 führt in jedem vorbestimmten Zyklus einen in **Fig. 3** dargestellten Kompleximpedanzberechnungsprozess durch.

**[0035]** Bei einem Kompleximpedanzberechnungsprozess stellt der Mikrocontroller 53 zunächst eine Messfrequenz für die Kompleximpedanz ein (in Schritt S101). Die Messfrequenz wird auf eine Frequenz innerhalb eines vorbestimmten Messbereichs eingestellt.

**[0036]** Die Mikrocomputereinheit 53 bestimmt die Frequenz des sinusförmigen Signals (als vorbestimmtes Wechselstromsignal) basierend auf der Messfrequenz und gibt das Anweisungssignal an die Eingabe- und Ausgabeinheit 52 aus, um eine Ausgabe des sinusförmigen Signals anzuweisen (in Schritt S102).

**[0037]** Auf Empfang des Anweisungssignals wandelt die Eingabe- und Ausgabeinheit 52 das Anweisungssignal mit Hilfe des DA-Wandlers in ein analoges Signal um und gibt das analoge Signal an den Strommodulationsschaltkreis 56 aus. Der Strommodulationsschaltkreis 56 veranlasst die Batteriezelle 42 als eine Energiequelle, ein sinusförmiges Signal

basierend auf dem Anweisungssignal auszugeben. Insbesondere stellt das Halbleiterschaltelement 56a das Ausmaß von Strom basierend auf dem über den Rückkopplungsschaltkreis 56d empfangenen Signal ein, um die Batteriezelle 42 zu veranlassen bzw. dazu zu bringen, das durch das Anweisungssignal angewiesene Sinussignal auszugeben. Dies ermöglicht es, dass das Sinuswellensignal von der Batteriezelle 42 ausgegeben wird.

**[0038]** Bei Veranlassung der Batteriezelle 42, das sinusförmige Signal auszugeben, d. h. bei Einwirken bzw. Anlegen einer Störung auf die Batteriezelle 42, werden zwischen den Anschlüssen der Batteriezelle 42 Spannungsschwankungen erzeugt, die die Innenkompleximpedanzinformation der Batteriezelle 42 widerspiegelt. Die Eingabe- und Ausgabeeinheit 52 empfängt die Spannungsschwankungen über die Antwortsignaleingabeanschlüsse 58 und gibt die Spannungsschwankungen nach Umwandlung durch einen AD-Wandler als Antwortsignal an die Mikrocomputereinheit 53 aus.

**[0039]** Nach Abschluss von Schritt S102 empfängt die Mikrocontrollereinheit 53 das Antwortsignal von der Eingabe- und Ausgabeeinheit 52 (in Schritt S103). Die Mikrocontrollereinheit 53 erlangt auch das durch den Widerstand 56b des Strommodulationsschaltkreises 56 fließende Signal (d.h. das von der Batteriezelle 42 ausgegebene Signal) als das Stromsignal (bei Schritt S104). Insbesondere empfängt die Mikrocomputereinheit 53 das vom Stromerfassungsverstärker 56c ausgegebene Rückkopplungssignal (Erfassungssignal) als das Stromsignal über die Eingabe- und Ausgabeeinheit 52. Anstelle des Rückkopplungssignals kann als das Stromsignal auch ein Wert verwendet werden, der proportional zum Anweisungssignal ist, das an den Strommodulationsschaltkreis 56 angewiesen ist.

**[0040]** Dann berechnet die Mikrocomputereinheit 53 die Kompleximpedanz basierend auf dem Antwortsignal und dem Stromsignal (in Schritt S105). Das heißt, die Mikrocomputereinheit 53 berechnet alle oder einen Teil des Realteils, des Imaginärteils, des Absolutwerts, und der Phase der Kompleximpedanz basierend auf der Amplitude des Antwortsignals, der Phasendifferenz des Antwortsignals gegenüber dem Stromsignal, und dergleichen. Die Mikrocomputereinheit 53 gibt ein Ergebnis einer Berechnung über die Kommunikationseinheit 54 an die ECU 60 aus (in Schritt S106). Danach endet der Berechnungsprozess.

**[0041]** Dieser Berechnungsprozess wird wiederholt durchgeführt, bis Kompleximpedanzen für eine Vielzahl von Frequenzen innerhalb des Messbereichs berechnet sind. Die ECU 60 kann basierend auf den Berechnungsergebnissen ein Kompleximpedanzbenendiagramm (Cole-Cole-Diagramm) erzeugen,

um Eigenschaften bzw. Charakteristika der Elektroden und Elektrolyte und dergleichen zu erlangen, beispielsweise den Ladezustand (SOC) und den Gesundheitszustand (SOH).

**[0042]** Es muss nicht notwendigerweise das gesamte Cole-Cole-Diagramm erzeugt werden, sondern es kann auch auf einen Teil davon fokussiert werden. Beispielsweise kann die Kompleximpedanz für eine bestimmte Frequenz in bestimmten Zeitintervallen während eines Fahrens gemessen werden, um Änderungen des SOC, des SOH, der Batterietemperatur und dergleichen während eines Fahrens basierend auf zeitlichen Schwankungen der Kompleximpedanz für die bestimmte Frequenz zu erlangen. Alternativ kann die Kompleximpedanz für die spezifische Frequenz in bestimmten Zeitintervallen gemessen werden, beispielsweise jeden Tag, jede Woche oder jedes Jahr, um zeitliche Veränderungen des SOH und dergleichen basierend auf zeitlichen Veränderungen der Kompleximpedanz für die spezifische Frequenz zu erlangen.

**[0043]** Das Batterieüberwachungsgerät 50 der ersten Ausführungsform bietet die folgenden Vorteile.

**[0044]** Der Strommodulationsschaltkreis 56 veranlasst die zu überwachende Batteriezelle 42 als eine Energiequelle ein sinusförmiges Signal (ein vorbestimmtes Wechselstromsignal) auszugeben. Dadurch entfällt die Notwendigkeit einer externen Energiequelle für eine Einspeisung des sinusförmigen Signals zu der Batteriezelle 42, was zu einer geringeren Anzahl von Teilen, einer Verkleinerung und geringeren Kosten führt.

**[0045]** Typischerweise ist die wiederaufladbare Fahrzeugbatterie mit peripheren Schaltkreisen wie Schutzelementen und Filterschaltkreisen verbunden. Selbst wenn der wiederaufladbaren Batterie ein Wechselstromsignal zugeführt bzw. eingegeben wird, kann ein Teil des Stroms in diese peripheren Schaltkreise entweichen bzw. lecken. So sind beispielsweise auch in der ersten Ausführungsform der RC-Filter 55a und die Zener-Diode 55b mit der Batteriezelle 42 verbunden. Selbst wenn ein Wechselstromsignal in die Batteriezelle 42 eingespeist wird, kann ein Teil des Stroms in diese Schaltkreise entweichen. Daher ist es eine Problematik, dass bei Berechnung der Kompleximpedanz basierend auf dem Antwortsignal auf das in die Batteriezelle 42 eingegebene Wechselstromsignal aufgrund der Wirkung des Leckstroms Fehler in dem Antwortsignal auftreten können, was zu einer verringerten Genauigkeit der Kompleximpedanz führt.

**[0046]** Bei dem Batterieüberwachungsgerät 50 der oben beschriebenen ersten Ausführungsform wird die Batteriezelle 42 als eine Energiequelle zur Ausgabe eines sinusförmigen Signals verwendet, was

eine Implementierung eines geschlossenen Kreises ermöglicht, der aus dem Strommodulationsschaltkreis 56 und der Batteriezelle 42 ausgebildet ist. Daher kann das Lecken bzw. Entweichen des Stroms aus der Batteriezelle 42 eliminiert werden, und die Fehler in dem Antwortsignal können unterdrückt werden.

**[0047]** Zwischen dem Signal, das tatsächlich durch den Widerstand 56b fließt, und dem sinusförmigen Signal, das von der Batteriezelle 42 auszugeben ist, können Fehler auftreten. Dies kann zu Fehlern in dem Antwortsignal führen. Daher ist der Rückkopplungsschaltkreis 56d vorgesehen, um basierend auf einem Vergleich zwischen dem Rückkopplungssignal (Erfassungssignal) und dem Anweisungssignal eine Rückkopplung bereitzustellen, wenn dem Halbleiterschaltlement 56a eine Anweisung bereitgestellt wird. Dies ermöglicht es, dass das angewiesene sinusförmige Signal stabil und genau von der Batteriezelle 42 ausgegeben wird.

**[0048]** Wenn das Anweisungssignal, das dem Strommodulationsschaltkreis 56 bereitgestellt wird, die Wellenform des Sinussignals anweist, wird das Anweisungssignal von einem digitalen Signal in ein analoges Signal umgewandelt. Diese Umwandlung kann zu Fehlern führen. Ein Vorsehen eines Filterschaltkreises oder dergleichen zwischen der Eingabe- und Ausgabeeinheit 52 und dem Strommodulationsschaltkreis 56 kann die Wellenform des Anweisungssignals glätten, um diese Fehler zu unterdrücken, aber die Bereitstellung eines solchen Filterschaltkreises kann zu einer Vergrößerung und erhöhten Kosten führen.

**[0049]** Da zudem die Fahrzeugbatteriezelle 42 typischerweise eine große Kapazität hat, ist der Messbereich von Messfrequenzen, die zur Berechnung der Kompleximpedanz verwendet werden, tendenziell größer, was wahrscheinlich zu einem größeren Filterschaltkreis führen kann. Daher wird die oben beschriebene Rückkopplung durchgeführt, um Fehler in der Wellenform des Anweisungssignals zu unterdrücken, die durch die Signalumwandlung verursacht werden. Dies ermöglicht es, den Filterschaltkreis zwischen der Eingabe- und Ausgabeeinheit 52 und dem Strommodulationsschaltkreis 56 wegzulassen.

**[0050]** Der Strommodulationsschaltkreis 56 ist dazu eingerichtet, um ein durch den Widerstand 56b fließendes Signal zu erfassen und das erfasste Signal als ein Rückkopplungssignal über die Eingabe- und Ausgabeeinheit 52 an die Mikrocomputereinheit 53 auszugeben. Die Mikrocomputereinheit 53 berechnet dann die Kompleximpedanz unter Verwendung des Rückkopplungssignals als ein Stromsignal. Bei dieser Konfiguration kann selbst dann, wenn ein Fehler (Phasenverschiebung oder dergleichen) zwischen

dem tatsächlich durch den Widerstand 56b fließenden Signal und dem auszugebenden Sinussignal (dem von der Mikrocomputereinheit 53 angewiesenen Signal) auftritt, eine Verwendung des Rückkopplungssignals, d. h. des tatsächlich durch den Widerstand 56b fließenden Signals, die Berechnungsgenauigkeit der Kompleximpedanz verbessern.

**[0051]** Die Korrektur erfolgt unter Verwendung des oben beschriebenen Rückkopplungssignals, wodurch ein Filterschaltkreis zwischen der Eingabe- und Ausgabeeinheit 52 und dem Strommodulationsschaltkreis 56 weggelassen werden kann, und wodurch somit eine Verkleinerung des Batterieüberwachungsgeräts 50 möglich ist.

**[0052]** Die Antwortsignaleingabeanschlüsse 58 sind mit verbindbaren Punkten an den Anschlüssen der Batteriezelle 42 verbunden, die den jeweiligen Elektroden der Batteriezelle 42 am nächsten liegen. Dies ermöglicht es, den Effekt der Impedanzkomponente der Anschlüsse der Batteriezelle 42 zu unterdrücken, wodurch die Berechnungsgenauigkeit der Kompleximpedanz weiter verbessert wird. Insbesondere hat, wie in **Fig. 4** dargestellt, jeder Anschluss 42a der Batteriezelle 42 eine Impedanzkomponente. Daher ist es bei jeder der positiven und negativen Seiten der Batteriezelle 42 wünschenswert, den Antwortsignaleingabeanschluss 58 mit einem Verbindungspunkt an dem Anschluss 42a zu verbinden, der näher an der Elektrode liegt, wie in **Fig. 4(b)** eher als in **Fig. 4(a)** dargestellt ist. Dadurch kann die Berechnungsgenauigkeit der Kompleximpedanz weiter verbessert werden. Wie in **Fig. 4(b)** dargestellt, befindet sich auf der positiven und der negativen Seite der Batteriezelle 42 der Verbindungspunkt an dem Anschluss der Batteriezelle 42, mit der der Antwortsignaleingabeanschluss 58 verbunden ist, näher an der Elektrode als der Verbindungspunkt, mit dem der Strommodulationsschaltkreis 56 verbunden ist.

(Zweite Ausführungsform)

**[0053]** Das Batterieüberwachungsgerät 50 gemäß einer zweiten Ausführungsform wird nun beschrieben. Das Batterieüberwachungsgerät 50 der zweiten Ausführungsform implementiert die sogenannte Zweiphasen-Lock-In-Erfassung bzw. Zweiphaseneinrasterfassung, die später im Detail beschrieben wird. Im Folgenden werden den Komponenten des Batterieüberwachungsgeräts 50, die mit denen der obigen Ausführungsform übereinstimmen oder mit diesen vergleichbar sind, dieselben Bezugszeichen zugewiesen, und Beschreibungen dieser Komponenten werden weggelassen.

**[0054]** Wie in **Fig. 5** dargestellt, umfasst die ASIC-Einheit 50a des Batterieüberwachungsgeräts 50 einen Differenzverstärker 151, der die Gleich-

stromspannung zwischen den Anschlüssen der Batteriezellen 42 misst. Der Differenzverstärker 151 ist zwischen den Gleichstromspannungseingabeanschlüssen 57 verbunden und dazu eingerichtet, um die Gleichstromspannung zu messen und auszugeben.

**[0055]** Bei der ASIC-Einheit 50a des Batterieüberwachungsgeräts 50 ist ein Vorverstärker 152 als ein Verstärker vorgesehen, um über die Antwortsignaleingabeanschlüsse 58 Schwankungen der Spannung der Batteriezelle 42 während der Ausgabe des Sinussignals zu empfangen. Der Vorverstärker 152 verstärkt die über die Antwortsignaleingabeanschlüsse 58 empfangenen Schwankungen der Spannung der Batteriezelle 42 und gibt die verstärkten Schwankungen als ein Antwortsignal aus. Das heißt, da die Amplitude des Antwortsignals im Vergleich zur Spannung der Batteriezelle 42 ein schwaches Signal ist, ist der Vorverstärker 152 vorgesehen, um die Erfassungsgenauigkeit des Antwortsignals zu verbessern. Bei der zweiten Ausführungsform ist der Vorverstärker 152 einstufig konfiguriert, er kann aber auch mehrstufig konfiguriert sein.

**[0056]** Wie in **Fig. 5** dargestellt, ist ein Kondensator C1 zwischen dem Positivanschluss der Batteriezelle 42 und dem Positivantwortsignaleingabeanschluss 58 (der Positivanschlussseite des Vorverstärkers 152) vorgesehen, um die Gleichstromkomponente abzuschneiden. Dies ermöglicht eine Entfernung der Gleichstromkomponente (die nicht mit der Innenkompleximpedanzinformation zusammenhängt) aus den Spannungsschwankungen der Batteriezelle 42, um dadurch die Erfassungsgenauigkeit bzw. Erkennungsgenauigkeit des Antwortsignals zu verbessern.

**[0057]** Bei der ASIC-Einheit 50a ist ein Signalumschalter 153 vorgesehen, um zwischen der vom Differenzverstärker 151 ausgegebenen Gleichstromspannung und dem vom Vorverstärker 152 ausgegebenen Antwortsignal zu schalten. Ein AD-Wandler 154 ist mit dem Signalumschalter bzw. Signalschalter 153 verbunden und derart eingerichtet, dass das geschaltete Signal (Analogsignal) in ein digitales Signal umgewandelt und ausgegeben wird.

**[0058]** Der AD-Wandler 154 ist in der zweiten Ausführungsform mit der Signalverarbeitungseinheit 155 als eine Berechnungseinheit verbunden und dazu eingerichtet, um die Gleichstromspannung zu der Signalverarbeitungseinheit 155 einzugeben. Der AD-Wandler 154 ist auch mit einem ersten Multiplizierer 156 und einem zweiten Multiplizierer 157 verbunden und dazu eingerichtet, um das Antwortsignal zu dem ersten Multiplizierer 156 und dem zweiten Multiplizierer 157 einzugeben.

**[0059]** Ein Oszillationsschaltkreis 158, der später beschrieben wird, ist mit dem ersten Multiplizierer

156 verbunden und dazu eingerichtet, um ein erstes Referenzsignal zu dem ersten Multiplizierer 156 einzugeben. Der erste Multiplizierer 156 multipliziert das erste Referenzsignal und das Antwortsignal, berechnet einen Wert proportional zum Realteil des Antwortsignals, und gibt den Wert proportional zum Realteil des Antwortsignals über einen Tiefpassfilter 159 zu der Signalverarbeitungseinheit 155 aus. In **Fig. 5** wird der Realteil des Antwortsignals mit  $\text{Re}|V_r|$  bezeichnet.

**[0060]** Der zweite Multiplizierer 157 ist über einen Phasenverschiebungsschaltkreis 160 mit dem Oszillationsschaltkreis 158 verbunden und dazu eingerichtet, um ein zweites Referenzsignal zu empfangen. Das zweite Referenzsignal ist das erste Referenzsignal, das in der Phase um 90 Grad ( $n/2$ ) vorverschoben ist. Der Phasenverschiebungsschaltkreis 160 verschiebt die Phase des von dem Oszillationsschaltkreis 158 empfangenen sinusförmigen Signals (des ersten Referenzsignals) vor und gibt dieses als das zweite Referenzsignal aus.

**[0061]** Der zweite Multiplizierer 157 multipliziert das zweite Referenzsignal und das Antwortsignal, um einen zum Imaginärteil des Antwortsignals proportionalen Wert zu berechnen, und gibt den Wert proportional zu dem Imaginärteil des Antwortsignals über einen Tiefpassfilter 161 zu der Signalverarbeitungseinheit 155 aus. In **Fig. 5** wird der Imaginärteil des Antwortsignals mit  $\text{Im}|V_r|$  bezeichnet.

**[0062]** Der Oszillationsschaltkreis 158 ist ein Schaltkreis, der das darin eingestellte sinusförmige Signal ausgibt und als Wellenformanweisungseinheit dient. Wie oben beschrieben, gibt der Oszillationsschaltkreis 158 das Sinuswellensignal als erstes Referenzsignal an den ersten Multiplizierer 156 und den Phasenverschiebungsschaltkreis 160 aus. Der Oszillationsschaltkreis 158 ist über den DA-Wandler 162 mit dem Anweisungssignalausgabeanschluss 59a verbunden und gibt das Sinuswellensignal als das Anweisungssignal aus.

**[0063]** Der Rückkopplungssignaleingabeanschluss 59b ist über den AD-Wandler 163 mit der Signalverarbeitungseinheit 155 verbunden. Die Signalverarbeitungseinheit 155 empfängt das Rückkopplungssignal (Erfassungssignal bzw. Erfassungssignal) von dem Rückkopplungssignaleingabeanschluss 59b über den AD-Wandler 163.

**[0064]** Die Signalverarbeitungseinheit 155 empfängt den Wert proportional zum Realteil des Antwortsignals und den Wert proportional zum Imaginärteil des Antwortsignals und berechnet den Realteil und den Imaginärteil der Kompleximpedanz basierend auf diesen Werten. Zu diesem Zweck berechnet (korrigiert) die Signalverarbeitungseinheit 155 die Real- und Imaginärteile der Kompleximpedanz



unter Verwendung des empfangenen Rückkopplungssignals und unter Berücksichtigung der Amplitude und der Phasenverschiebung gegenüber dem Referenzsignal des tatsächlich fließenden Signals.

**[0065]** Die Signalverarbeitungseinheit 155 berechnet den Absolutwert und die Phase der Kompleximpedanz. Insbesondere kann, da die Real- und Imaginärteile des Antwortsignals durch die Zweiphasen-Lock-In-Erfassung erlangt sind, das Antwortsignal als  $|V_r|e^{j\theta_v}$  in der Polarkoordinatendarstellung der komplexen Ebene ausgedrückt werden, wobei  $\theta_v$  die Phase des Antwortsignals und „j“ die imaginäre Einheit ist, die  $j^2 = -1$  erfüllt. Vergleichbar kann der Strom als  $|I|e^{j\theta_i}$  ausgedrückt werden. In der Polarkoordinatendarstellung kann die Kompleximpedanz  $Z|e^{j\theta_z}$  als Gleichung (1) ausgedrückt werden, die sich aus  $V = ZI$  ableitet.

$$|Z|e^{j\theta_z} = \frac{|V_r|e^{j\theta_v}}{|I|e^{j\theta_i}} \quad (1)$$

**[0066]** Daher kann der Absolutwert der Kompleximpedanz aus  $|Z| = |V_r|/|I|$  erlangt werden, und die Phase kann aus  $\theta_v - \theta_i$  erlangt werden. Dann gibt die Signalverarbeitungseinheit 155 dieses Berechnungsergebnis über die Kommunikationseinheit 54 an die ECU 60 aus. In **Fig. 5** wird der Absolutwert der Kompleximpedanz mit  $|Z|$  bezeichnet, und dessen Phase wird mit  $\arg(Z)$  bezeichnet.

**[0067]** Ein Kompleximpedanzberechnungsprozess in der zweiten Ausführungsform wird nun unter Bezugnahme auf **Fig. 6** beschrieben. Der Kompleximpedanzberechnungsprozess wird mit jedem vorbestimmten Zyklus von dem Batterieüberwachungsgerät 50 durchgeführt.

**[0068]** Bei dem Kompleximpedanzberechnungsprozess stellt der Oszillationsschaltkreis 158 zunächst eine Messfrequenz für die Kompleximpedanz ein (in Schritt S201). Die Messfrequenz wird auf eine Frequenz innerhalb eines vorbestimmten Messbereichs eingestellt. In der zweiten Ausführungsform wird die Messfrequenz beispielsweise von der Signalverarbeitungseinheit 155 bestimmt.

**[0069]** Der Signalumschalter 153 schaltet derart, dass das Antwortsignal des Vorverstärkers 152 ausgegeben wird (in Schritt S202). Das Schalten wird beispielsweise von der Signalverarbeitungseinheit 155 angewiesen.

**[0070]** Der Oszillationsschaltkreis 158 bestimmt eine Frequenz des sinusförmigen Signals (vorbestimmtes Wechselstromsignal) basierend auf der Messfrequenz und gibt von dem Anweisungssignalausgabeanschluss 59a über den DA-Wandler 162 ein Anweisungssignal aus, das den Strommodula-

tionsschaltkreis 56 eine Emission bzw. Abgabe des sinusförmigen Signals anweist (in Schritt S203). Die Anweisung für die Ausgabe des Anweisungssignals wird zum Beispiel durch den Signalverarbeitungsabschnitt 155 bereitgestellt. Bei einer Umwandlung in ein analoges Signal durch den DA-Wandler 162 wird ein geeigneter Offset-Wert bzw. Versatzwert (DC-Bias) unter Berücksichtigung der Spannung der Batteriezelle 42 eingestellt. Der Versatzwert (DC-Bias) wird z.B. von der Signalverarbeitungseinheit 155 eingestellt. Es ist wünschenswert, dass der Versatzwert (DC-Bias) basierend auf der Gleichstromspannung der Batteriezelle 42 eingestellt wird. Die Gleichstromspannung der Batteriezelle 42 kann durch den Differenzverstärker 151 gemessen werden.

**[0071]** Der Strommodulationsschaltkreis 56 veranlasst die Batteriezelle 42 als eine Energiequelle basierend auf dem Anweisungssignal, ein sinusförmiges Signal auszugeben (in Schritt S204). Somit wird das Sinuswellensignal von der Batteriezelle 42 ausgegeben.

**[0072]** Bei Veranlassung der Batteriezelle 42, das Sinussignal auszugeben, treten zwischen den Anschlüssen der Batteriezelle 42 Spannungsschwankungen auf, die die Innenkompleximpedanzinformation der Batteriezelle 42 widerspiegeln. Der Vorverstärker 152 empfängt die Spannungsschwankungen der Batteriezelle 42 über den Antwortsignaleingabeanschluss 58 und gibt die Spannungsschwankungen der Batteriezelle 42 als ein Antwortsignal aus (im Schritt S205).

**[0073]** Wenn die Spannungsschwankungen an die Antwortsignaleingabeanschlüsse 58 eingespeist werden, wird die Gleichstromkomponente der Spannungsschwankungen durch den Kondensator C1 abgeschnitten, und nur charakteristische Anteile der Spannungsschwankungen werden extrahiert. Der Vorverstärker 152 verstärkt die schwachen Spannungsschwankungen mit abgeschnittener Gleichstromkomponente und gibt diese als ein Antwortsignal aus. Anschließend wandelt der AD-Wandler 154 das über den Signalumschalter 153 empfangene Antwortsignal in ein digitales Signal um und gibt dieses aus. Vorzugsweise wird die Größe bzw. Magnitude des durch den Kondensator C1 abgeschnittenen Gleichanteils basierend auf der Gleichstromspannung der Batteriezelle 42 eingestellt bzw. angepasst. Ebenfalls vorzugsweise wird der Grad einer Verstärkung der Spannungsschwankungen basierend auf der Gleichstromspannung der Batteriezelle 42 eingestellt bzw. angepasst.

**[0074]** Der erste Multiplizierer 156 verwendet das von dem Oszillationsschaltkreis 158 empfangene Sinussignal das erste Referenzsignal und multipliziert das erste Referenzsignal und das vom

AD-Wandler 154 empfangene Antwortsignal, um einen Wert proportional zum Realteil des Antwortsignals zu berechnen (im Schritt S206). Vergleichbar multipliziert der zweite Multiplizierer 157 das von dem Phasenverschiebungsschaltkreis 160 empfangene zweite Referenzsignal und das Antwortsignal, um einen Wert proportional zum Imaginärteil des Antwortsignals zu berechnen.

**[0075]** Diese Werte werden der Signalverarbeitungseinheit 155 durch den Tiefpassfilter 159 und den Tiefpassfilter 161 zugeführt. Signale verschiedenen von Gleichstromkomponenten werden während eines Passierens des Tiefpassfilters 159 und des Tiefpassfilters 161 abgeschwächt und entfernt.

**[0076]** Die Signalverarbeitungseinheit 155 empfängt ein Rückkopplungssignal (Erfassungssignal) von dem Rückkopplungssignaleingangsanschluss 59b (in Schritt S207). Wenn das Rückkopplungssignal in die Signalverarbeitungseinheit 155 eingegeben wird, wird dieses durch den AD-Wandler 163 in ein digitales Signal umgewandelt.

**[0077]** Die Signalverarbeitungseinheit 155 berechnet alle oder einige des Realteils, des Imaginärteils, des Absolutwerts und der Phase der Kompleximpedanz basierend auf dem Rückkopplungssignal und den von den Tiefpassfiltern 159 und 161 empfangenen Signalen (Werte proportional zum Realteil und Imaginärteil des Antwortsignals) (in Schritt S208). Das Rückkopplungssignal wird verwendet, um jegliche Abweichung in Amplitude oder Phase zwischen dem tatsächlich von der Batteriezelle 42 fließenden Strom (d. h. dem Rückkopplungssignal) und dem zum Referenzsignal proportionalen Wert zu korrigieren.

**[0078]** Danach gibt die Signalverarbeitungseinheit 155 das Ergebnis der Berechnung über die Kommunikationseinheit 54 an die ECU 60 aus (in Schritt S209). Dann endet der Kompleximpedanzberechnungsprozess.

**[0079]** Dieser Berechnungsprozess wird wiederholt durchgeführt, bis Kompleximpedanzen für eine Vielzahl von Frequenzen innerhalb des Messbereichs berechnet sind. Die ECU 60 kann basierend auf den Berechnungsergebnissen ein Kompleximpedanzbenendiagramm (Cole-Cole-Diagramm) erzeugen, um Eigenschaften der Elektroden und Elektrolyte und dergleichen zu erlangen, beispielsweise den Ladezustand (SOC) und den Gesundheitszustand (SOH).

**[0080]** Es muss nicht unbedingt das gesamte Cole--Cole-Diagramm erzeugt werden, sondern es kann auch auf einen Abschnitt davon fokussiert werden. Beispielsweise kann die Kompleximpedanz für eine bestimmte Frequenz in bestimmten Zeitintervallen

während eines Fahrens gemessen werden, um Änderungen des SOC, des SOH, der Batterietemperatur usw. während eines Fahrens basierend auf zeitlichen Schwankungen der Kompleximpedanz für die bestimmte Frequenz zu erlangen. Alternativ kann die Kompleximpedanz für die spezifische Frequenz in Zeitintervallen gemessen werden, beispielsweise jeden Tag, jeden Monat oder jedes Jahr, um zeitliche Veränderungen des SOH und dergleichen basierend auf zeitlichen Veränderungen der Kompleximpedanz für die spezifische Frequenz zu erlangen.

**[0081]** Das Batterieüberwachungsgerät 50 der zweiten Ausführungsform bietet die folgenden Vorteile.

**[0082]** Die Signalverarbeitungseinheit 155 berechnet den Wert proportional zum Realteil des Antwortsignals basierend auf dem Wert, der durch Multiplikation des vom Antwortsignaleingangsanschluss 58 empfangenen Antwortsignals mit dem ersten Referenzsignal erlangt wird. Darüber hinaus berechnet die Signalverarbeitungseinheit 155 den Wert proportional zum Imaginärteil des Antwortsignals basierend auf dem Wert, der durch Multiplikation des Antwortsignals mit dem zweiten Referenzsignal erlangt wird, wobei das zweite Referenzsignal das in der Phase verschobene erste Referenzsignal ist. Dann wird die Kompleximpedanz basierend auf diesen Werten berechnet. Auf diese Weise ermöglicht es eine Durchführung der so genannten Lock-In-Erfassung bzw. Einrasterfassung, nur die Frequenzkomponente derselben Frequenz als die Frequenz des vom Oszillationsschaltkreis 158 angewiesenen Sinussignals aus dem Antwortsignal zu extrahieren. Dies führt zu einer erhöhten Resistenz gegenüber weißem Rauschen und rosa Rauschen. Daher kann die Kompleximpedanz mit hoher Genauigkeit berechnet werden. Insbesondere kann die Kompleximpedanz selbst in einer verrauschten Umgebung, wie beispielsweise in einem Fahrzeug, in geeigneter Weise berechnet werden. Darüber hinaus kann durch die erhöhte Resistenz gegenüber Rauschen der von der Batteriezelle 42 ausgegebene Strom (Sinussignal) verringert werden. Daher können Energieverbrauch und Temperaturanstieg der Batteriezelle 42 und des Halbleiterschaltlements 56a unterdrückt werden.

**[0083]** Die Signalverarbeitungseinheit 155 empfängt von dem Strommodulationsschaltkreis 56 das Rückkopplungssignal (Erfassungssignal), das ein tatsächlich von der Batteriezelle 42 fließendes Stromsignal ist, und korrigiert unter Verwendung des Rückkopplungssignals die Abweichungen in Amplitude und Phase von dem Wert proportional zu dem Referenzsignal. Dies kann die Genauigkeit der Kompleximpedanzberechnung verbessern.

**[0084]** Selbst wenn zudem während der Umwandlung des Anweisungssignals in ein Analogsignal

Fehler auftreten, ermöglicht die Korrektur der Abweichungen in Amplitude und Phase mit Hilfe des Rückkopplungssignals eine Unterdrückung solcher Fehler. Daher ist es nicht erforderlich, einen Filterschaltkreis oder dergleichen zwischen dem Strommodulationsschaltkreis 56 und dem DA-Wandler 162 vorzusehen, was eine Verkleinerung ermöglicht.

(Dritte Ausführungsform)

**[0085]** Das Batterieüberwachungsgerät 50 gemäß einer dritten Ausführungsform wird nachstehend beschrieben. Das Batterieüberwachungsgerät 50 der dritten Ausführungsform führt eine schnelle Fourier-Transformation (Fast-Fourier-Transformation, FFT) bei einer Signalanalyse durch, die später im Detail beschrieben wird. Im Folgenden werden den Komponenten des Batterieüberwachungsgeräts 50, die gleich oder vergleichbar mit denen jeder der obigen Ausführungsformen sind, dieselben Bezugszeichen zugewiesen, und Beschreibungen über diese Komponenten werden weggelassen.

**[0086]** Wie in **Fig. 7** dargestellt, umfasst die ASIC-Einheit 50a des Batterieüberwachungsgeräts 50 eine Signalverarbeitungseinheit 201 als Recheneinheit, die eine schnelle Fourier-Transformation durchführt. Die Signalverarbeitungseinheit 201 ist dazu eingerichtet, um einen gemessenen Wert der Gleichstromspannung der Batteriezelle 42 über den AD-Wandler 154 zu empfangen. Die Signalverarbeitungseinheit 201 ist außerdem dazu eingerichtet, um das Antwortsignal über den AD-Wandler 154 zu empfangen. Die Signalverarbeitungseinheit 201 ist auch dazu eingerichtet, um das Rückkopplungssignal über den AD-Wandler 163 zu empfangen. Die Signalverarbeitungseinheit 201 ist mit der Oszillationsschaltkreis 158 verbunden und dazu eingerichtet, um die Frequenz des sinusförmigen Signals einzustellen.

**[0087]** Die Signalverarbeitungseinheit 201 ist dazu eingerichtet, um für jedes aus dem empfangenen Antwortsignal (Spannungssignal) und dem empfangenen Rückkopplungssignal (Stromsignal) eine schnelle Fourier-Transformation durchzuführen. Die Signalverarbeitungseinheit 201 berechnet den Realteil, den Imaginärteil, den Absolutwert und die Phase der Kompleximpedanz basierend auf den transformierten Werten. Dann gibt die Signalverarbeitungseinheit 201 ein Ergebnis der Berechnung über die Kommunikationseinheit 54 an die ECU 60 aus.

**[0088]** Der Kompleximpedanzberechnungsprozess in der dritten Ausführungsform wird nun unter Bezugnahme auf **Fig. 8** beschrieben. Der Kompleximpedanzberechnungsprozess wird in jedem vorbestimmten Zyklus von dem Batterieüberwachungsgerät 50 durchgeführt. In dem Kompleximpedanzberechnungsprozess der dritten Ausführungsform sind die

Prozessschritte S301 bis S305 die gleichen wie die Prozessschritte S201 bis S205 in dem Kompleximpedanzberechnungsprozess der zweiten Ausführungsform. Die Prozessschritte des Einstellens der Messfrequenz, des Anweisens des Schalters, des Anweisens eines Aussendens bzw. Abgebens des Anweisungssignals, des Einstellens des Versatzwertes, und dergleichen werden beispielsweise von der Signalverarbeitungseinheit 201 durchgeführt.

**[0089]** Die Signalverarbeitungseinheit 201 führt auf dem vom AD-Wandler 154 empfangenen Antwortsignal eine schnelle Fourier-Transformation durch (in Schritt S306). Dadurch kann die Amplitudeninformation des Antwortsignals in Bezug auf die Messfrequenz erlangt werden.

**[0090]** Die Signalverarbeitungseinheit 201 empfängt das Rückkopplungssignal von dem Rückkopplungssignaleingabeanschluss 59b (bei Schritt S307). Das Rückkopplungssignal wird durch den AD-Wandler 163 in ein digitales Signal umgewandelt, wenn dieses an die Signalverarbeitungseinheit 155 eingegeben wird.

**[0091]** Die Signalverarbeitungseinheit 201 führt eine schnelle Fourier-Transformation des Rückkopplungssignals durch (in Schritt S308). Dadurch kann die Amplitudeninformation des Rückkopplungssignals für die Messfrequenz erlangt werden.

**[0092]** Die Signalverarbeitungseinheit 201 berechnet alles oder einiges des Realteils, des Imaginärteils, des Absolutwerts und der Phase der Kompleximpedanz basierend auf den Amplitudeninformationen des Antwortsignals für die in Schritt S306 erlangte Messfrequenz und der Amplitudeninformationen des Rückkopplungssignals für die in Schritt S308 erlangte Messfrequenz (in Schritt S309). Danach gibt die Signalverarbeitungseinheit 201 ein Ergebnis einer Berechnung über die Kommunikationseinheit 54 an die ECU 60 aus (in Schritt S310). Dann endet der Berechnungsprozess.

**[0093]** Dieser Berechnungsprozess wird wiederholt durchgeführt, bis Kompleximpedanzen für eine Vielzahl von Frequenzen innerhalb des Messbereichs berechnet sind. Die ECU 60 kann basierend auf den Berechnungsergebnissen ein Kompleximpedanzbenendiagramm (Cole-Cole-Diagramm) erzeugen, um die Eigenschaften der Elektroden und Elektrolyte und dergleichen zu erlangen, beispielsweise den Ladezustand (SOC) und den Gesundheitszustand (SOH).

**[0094]** Es muss nicht unbedingt das gesamte Cole-Cole-Diagramm erzeugt werden, sondern es kann auch auf ein Teil davon fokussiert werden. Beispielsweise kann die Kompleximpedanz für eine bestimmte Frequenz in bestimmten Zeitintervallen

während eines Fahrens gemessen werden, um Änderungen des SOC, des SOH, der Batterietemperatur usw. während eines Fahrens basierend auf zeitlichen Schwankungen der Kompleximpedanz für die bestimmte Frequenz zu erlangen. Alternativ kann die Kompleximpedanz für die spezifische Frequenz in bestimmten Zeitintervallen gemessen werden, beispielsweise jeden Tag, jeden Monat oder jedes Jahr, um zeitliche Veränderungen des SOH und dergleichen basierend auf zeitlichen Veränderungen der Kompleximpedanz für die spezifische Frequenz zu erlangen.

**[0095]** Das Batterieüberwachungsgerät 50 der dritten Ausführungsform bietet die folgenden Vorteile.

**[0096]** Jedes aus dem Antwortsignal und dem Rückkopplungssignal wird einer Fourier-Transformation unterzogen, um die Amplituden- und Phaseninformationen für die Messfrequenz und die Amplituden- und Phaseninformationen für die Harmonischen der Messfrequenz zu erlangen. Da die Amplituden- und Phaseninformationen der Spannung und des Stroms für die Messfrequenz und ihre Harmonischen erlangt werden können, ist es möglich, die Kompleximpedanz für mehrere Frequenzen auf einmal zu berechnen.

**[0097]** Die Signalverarbeitungseinheit 201 empfängt von dem Strommodulationsschaltkreis 56 das Rückkopplungssignal (Erfassungssignal), das ein tatsächlich von der Batteriezelle 42 fließendes Stromsignal ist, und führt eine Fourier-Transformation bezüglich des Rückkopplungssignals durch. Dadurch können Abweichungen in Amplitude und Phase korrigiert werden. Daher kann die Berechnungsgenauigkeit der Kompleximpedanz verbessert werden.

**[0098]** (Andere Ausführungsformen) In jeder der obigen Ausführungsformen ist das Batterieüberwachungsgerät 50 für jede Batteriezelle 42 vorgesehen, aber das Batterieüberwachungsgerät 50 kann auch für eine Vielzahl von Batteriezellen 42 vorgesehen sein (beispielsweise für jedes Batteriemodul 41 oder für jede zusammengesetzte Batterie 40). In einer solchen Ausführungsform können einige der Funktionen des Batterieüberwachungsgeräts 50 gemeinsam genutzt werden.

**[0099]** Wie in **Fig. 9** dargestellt, können beispielsweise die stabilisierte Energiezufuhreinheit 301, die Kommunikationseinheit 54 und die Mikrocontrollereinheit 53 gemeinsam genutzt werden. In einer solchen Ausführungsform kann das Potenzial an der negativen Elektrode für jede Batteriezelle 42 unterschiedlich sein. Daher kann das Referenzpotenzial jedes elektrischen Signals, das bei Übertragung von Informationen bezüglich jeder Batteriezelle 42 verwendet wird, unterschiedlich sein. Daher ist es not-

wendig, unter Berücksichtigung der Unterschiede im Referenzpotenzial eine Funktion zur Eingabe jedes elektrischen Signals in die Mikrocomputereinheit 53 zur Berechnung bereitzustellen. Als Mittel zur Übertragung von Signalen zwischen verschiedenen Bezugspotentialen gibt es Methoden, die Kondensatoren, Transformatoren, Funkwellen und Licht verwenden.

**[0100]** Beispielsweise können, wie in **Fig. 10** dargestellt, die stabilisierte Energiezufuhreinheit 301, die Kommunikationseinheit 54, der Differenzverstärker 151, der Vorverstärker 152, der Signalumschalter 153, die AD-Wandler 154, 163, die Signalverarbeitungseinheit 155, der erste Multiplizierer 156, der zweite Multiplizierer 157, die Tiefpassfilter 159, 161, der Oszillationsschaltkreis 158, der Phasenverschiebungsschaltkreis 160, der DA-Wandler 162, der Rückkopplungsschaltkreis 56d und der Stromerfassungsverstärker 56c gemeinsam genutzt werden.

**[0101]** In einer solchen Ausführungsform können Multiplexer bzw. Multiplexergeräte wie die Multiplexer 302 bis 304 verwendet werden, um verschiedene Signale zu schalten, beispielsweise die Gleichstromspannung, das Antwortsignal und das Anweisungssignal.

**[0102]** Vergleichbar können beispielsweise, wie in **Fig. 11** dargestellt, die stabilisierte Energiezufuhr 301, die Kommunikationseinheit 54, der Differenzverstärker 151, der Vorverstärker 152, der Signalumschalter 153, die AD-Wandler 154, 163, die Signalverarbeitungseinheit 201, der Oszillationsschaltkreis 158, der DA-Wandler 162, der Rückkopplungsschaltkreis 56d und der Stromerfassungsverstärker 56c gemeinsam genutzt werden.

**[0103]** In einer solchen Ausführungsform können Multiplexer bzw. Multiplexergeräte wie die Multiplexer 302 bis 304 verwendet werden, um verschiedene Signale zu schalten, beispielsweise die Gleichstromspannung, das Antwortsignal und das Anweisungssignal.

**[0104]** Es kann entweder ein Teil, in dem die Hochpotentialseite und die Niederpotentialseite der Vielzahl von in Reihe verbundenen Batteriezellen 42 jeweilig als die Positiv- bzw. Negativanschlüsse verwendet werden, oder ein anderer Teil, in dem die Hochpotentialseite und die Niederpotentialseite einer Batteriezelle 42 jeweilig als die Positiv- bzw. Negativanschlüsse verwendet werden, gemeinsam genutzt werden. Wie in **Fig. 12** dargestellt, können beispielsweise die Kommunikationseinheit 54, die AD-Wandler 154, 163, die Signalverarbeitungseinheit 155, 201, der Oszillationsschaltkreis 158, der Phasenverschiebungsschaltkreis 160 und der DA-Wandler 162 gemeinsam genutzt werden. In **Fig. 12** sind der erste Multiplizierer 156, der zweite

Multiplizierer 157 und die Tiefpassfilter 159, 161 weggelassen, aber in einer Ausführungsform, in der die Signalverarbeitungseinheit 155, die eine Lock-In-Erfassung durchführt, verwendet wird, können diese auch gemeinsam genutzt werden.

**[0105]** Der gemeinsam genutzte Teil wird von der ersten Energiezufuhr 401 mit elektrischer Energie versorgt, und die erste Energiezufuhr 401 wird von der Vielzahl von Batteriezellen 42 mit elektrischer Energie versorgt. Jedes nicht gemeinsam genutzte Teil wird von der zweiten Energiezufuhr 402 mit elektrischer Energie versorgt, und die zweite Energiezufuhr 402 wird von einer entsprechenden der Vielzahl von Batteriezellen 42 mit Energie versorgt. Die Ausgangsspannung der ersten Energiezufuhr 401 und die Ausgangsspannung der zweiten Energiezufuhr 402 sind unterschiedlich.

**[0106]** In einer solchen Ausführungsform können Multiplexer bzw. Multiplexergeräte wie Multiplexer 302 bis 304 verwendet werden, um verschiedene Signale zu schalten, beispielsweise die Gleichstromspannung, das Antwortsignal und das Anweisungssignal.

**[0107]** Bei dem in jeder der **Fig. 9** bis **Fig. 11** dargestellten Batterieüberwachungsgerät 50 kann eine Vielzahl von Energiequellen in der gleichen Weise wie in dem in **Fig. 12** dargestellten Batterieüberwachungsgerät 50 vorgesehen sein.

**[0108]** In jeder der vorstehenden Ausführungsformen kann das Batterieüberwachungsgerät 50 einen Ausgleichsprozess durchführen, um den Ladezustand und die Spannung jeder Batteriezelle 42 auszugleichen. Der Ausgleichsprozess ist ein Prozess eines Entladens einiger der Batteriezellen 42 mit einem höheren Ladezustand als andere Batteriezellen 42, um den Ladezustand jeder Batteriezelle 42 auszugleichen. Mit dieser Konfiguration kann der Ladezustand jeder Batteriezelle 42 ausgeglichen werden, und eine Überladung einiger der Batteriezellen 42 kann unterbunden werden. Wenn das Batterieüberwachungsgerät 50 den Ausgleichsprozess durchführt, können die Batteriezellen 42 unter Verwendung des Strommodulationsschaltkreises 56 entladen werden, wobei das Batterieüberwachungsgerät 50 als Entladesteuerungseinheit dient.

**[0109]** Insbesondere gibt die Mikrocomputereinheit 53 bei der ersten Ausführungsform auf Empfang einer Entladeanweisung von der ECU 60 oder dergleichen basierend auf dem Ladezustand oder der Spannung jeder Batteriezelle 42 oder als Reaktion darauf, dass der Ladezustand oder die Spannung jeder Batteriezelle 42 einen vorbestimmten Wert überschreitet, das Anweisungssignal an den Strommodulationsschaltkreis 56 aus, um zu bewirken, dass die Batteriezelle 42 eine periodische Funktion wie ein Sinuswellensignal oder eine Rechteckwelle

oder ein Gleichstromsignal ausgibt. Die Mikrocomputereinheit 53 gibt das Anweisungssignal so lange aus, bis die Entladeanweisung endet oder bis der Ladezustand oder die Spannung der Batteriezelle 42 geringer als der vorbestimmte Wert wird. Auf diese Weise wird der Ausgleichsvorgang durchgeführt. Vergleichbar kann bei der zweiten oder dritten Ausführungsform die Signalverarbeitungseinheit 155, 201 den Ausgleichsvorgang bzw. Ausgleichsprozess durchführen. Auch bei dem in den **Fig. 9** bis **Fig. 12** dargestellten Batterieüberwachungsgerät 50 kann die Ausgleichsverarbeitung vergleichbar durchgeführt werden.

**[0110]** Dann kann bei Entladen aus der Batteriezelle 42 für den Ausgleichsprozess das sinusförmige Signal ausgegeben und dadurch die Kompleximpedanz berechnet werden. Dadurch können die Energieaufnahme bzw. der Energieverbrauch unterdrückt werden. Der für den Ausgleichsprozess auszugebende Strom wird typischerweise als schwacher Strom betrachtet, um Energieverbrauch zu unterdrücken und die Größe des Geräts zu reduzieren. Daher wird der Ausgleichsvorgang vorzugsweise von dem Batterieüberwachungsgerät 50 durchgeführt, das die Kompleximpedanz auch bei einem schwachen Strom wie in der zweiten Ausführungsform durch Lock-In-Erfassung genau berechnen kann.

**[0111]** In jeder der vorstehenden Ausführungsformen könnte die Filtereinheit 55 nicht nur aus einem einzigen Element ausgebildet sein. Diese kann beispielsweise durch Verdrahtung, einem Verbinderkontaktteil, einer Musterverdrahtung einer gedruckten Leiterplatte oder zwischen festen Mustern, oder aus einer Mischung dieser Konfigurationen und Elemente bestehen.

**[0112]** In jeder der vorstehenden Ausführungsformen kann ein Filterschaltkreis zwischen dem Strommodulationsschaltkreis 56 und der Ein- und Ausgabereinheit 52 (oder dem DA-Wandler 162) vorgesehen sein. Dadurch können Fehler unterdrückt werden, die während einer Umwandlung des Anweisungssignals in ein analoges Signal auftreten können.

**[0113]** In jeder der obigen Ausführungsformen können alles oder einige aus dem Differenzverstärker 151, dem Vorverstärker 152, dem Signalumschalter 153, den AD-Wandlern 154, 163, der Signalverarbeitungseinheit 155, dem ersten Multiplizierer 156, dem zweiten Multiplizierer 157, den Tiefpassfiltern 159, 161, dem Oszillationsschaltkreis 158, dem Phasenverschiebungsschaltkreis 160, dem DA-Wandler 162, dem Rückkopplungsschaltkreis 56d und dem Stromerfassungsverstärker 56c durch Software implementiert werden.

**[0114]** In der zweiten und dritten Ausführungsform könnte es keinen Kondensator C1 geben.

**[0115]** In jeder der obigen Ausführungsformen könnte es keinen Rückkopplungsschaltkreis 56d geben. Der durch den Widerstand 56b fließende Strom könnte nicht durch den Stromerfassungsverstärker 56c erfasst werden. Die Mikrocomputereinheit 53 und die Signalverarbeitungseinheiten 155, 201 müssen das Rückkopplungssignal möglicherweise nicht empfangen.

**[0116]** In jeder der vorstehenden Ausführungsformen wird Gleichstromspannung erfasst. In einer alternativen Ausführungsform muss die Gleichstromspannung nicht erfasst werden.

**[0117]** In der vorstehenden zweiten oder dritten Ausführungsform könnte der Signalumschalter 153 nicht vorgesehen sein.

**[0118]** In der vorstehenden zweiten oder dritten Ausführungsform kann das Rückkopplungssignal auch durch den Signalumschalter 153 geschaltet werden. Die AD-Wandler 154 und 163 können dadurch gemeinsam genutzt werden.

**[0119]** Das Batterieüberwachungsgerät 50 jeder der obigen Ausführungsformen kann bei einem Hybrid-Elektrofahrzeug (HEV), einem Elektrofahrzeug (EV), einem Plug-in-Hybridfahrzeug (PHV), einer Hilfsbatterie, einem Elektroflugzeug, einem Elektromotorrad oder einem Elektroschiff als ein Fahrzeug eingesetzt werden.

**[0120]** In jeder der vorstehenden Ausführungsformen können die Batteriezellen 42 parallel verbunden sein.

**[0121]** In der obigen zweiten oder dritten Ausführungsform kann ein Filterschaltkreis vor oder nach dem Vorverstärker 152 oder unmittelbar vor dem AD-Wandler 154 vorgesehen sein, um Aliasing bzw. einen Treppeneffekt während einer AD-Wandlung zu verhindern.

**[0122]** In jeder der vorstehenden Ausführungsformen kann der Zustand für jedes Batteriemodul 41 überwacht werden. In einer solchen Ausführungsform, in der die Kommunikationseinheit 54 für jedes Batteriemodul 41 vorgesehen ist, kann Kommunikation von jeder Kommunikationseinheit 54 zu der ECU 60 eine isolierte Kommunikation mit einer anderen Spannungspotentialreferenz sein. Die isolierte Kommunikation kann zum Beispiel mittels eines Trenntransformators oder eines Kondensators erfolgen.

**[0123]** In jeder der vorstehenden Ausführungsformen kann das Rückkopplungssignal eine Lock-In-Erfassung sein. Insbesondere wird, wie in **Fig. 13** dar-

gestellt, der Kompleximpedanzberechnungsprozess von dem Batterieüberwachungsgerät 50 in jedem vorbestimmten Zyklus durchgeführt.

**[0124]** Bei dem Kompleximpedanzberechnungsprozess stellt der Oszillationsschaltkreis 158 zunächst eine Messfrequenz für die Kompleximpedanz ein (in Schritt S401). Die Messfrequenz wird auf eine Frequenz innerhalb eines vorbestimmten Messbereichs eingestellt. In einem anderen Beispiel wird die Messfrequenz beispielsweise von der Signalverarbeitungseinheit 155 bestimmt.

**[0125]** Der Oszillationsschaltkreis 158 bestimmt die Frequenz des sinusförmigen Signals (vorbestimmtes Wechselstromsignal) basierend auf der Messfrequenz und gibt das Anweisungssignal von dem Anweisungssignalausgabeanschluss 59a über den DA-Wandler 162 an den Strommodulationsschaltkreis 56 aus, um eine Emission bzw. Abgabe des sinusförmigen Signals anzuweisen (in Schritt S402). Basierend auf dem Anweisungssignal veranlasst der Strommodulationsschaltkreis 56 die Batteriezelle 42, das sinusförmige Signal als eine Energiequelle auszugeben. Somit wird das Sinuswellensignal von der Batteriezelle 42 ausgegeben.

**[0126]** Dann misst die Signalverarbeitungseinheit 155 das Rückkopplungssignal mit Hilfe der Zweiphasen-Lock-In-Erfassung (in Schritt S403). Konkret multipliziert die Signalverarbeitungseinheit 155 das von dem Oszillationsschaltkreis 158 angewiesene Sinussignal (Referenzsignal) und das empfangene Rückkopplungssignal. Die Signalverarbeitungseinheit 155 multipliziert das von dem Oszillationsschaltkreis 158 angewiesene Sinussignal, das um 90 Grad in der Phase verschoben ist, mit dem empfangenen Rückkopplungssignal. Die Signalverarbeitungseinheit 155 berechnet aus diesen Multiplikationsergebnissen die Amplitude und die Phase des Rückkopplungssignals.

**[0127]** Die Signalverarbeitungseinheit 155 bestimmt dann, ob eine Differenz zwischen dem berechneten Amplitudenwert und einem korrigierten Amplitudenwert innerhalb eines Referenzwertes der Amplitude liegt (in Schritt S404). Der korrigierte Amplitudenwert bezieht sich auf eine Amplitude des Sinussignals, von dem erwartet ist, dass es ausgegeben wird.

**[0128]** Wenn die Antwort NEIN ist, bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 155, ob die Anzahl von Messungen (die Anzahl von Messungen des Rückkopplungssignals) durch den Schritt S403 gleich wie oder größer als eine vorbestimmte Anzahl von Malen ist (im Schritt S405). Wenn die Antwort NEIN ist, erhöht die Signalverarbeitungseinheit 155 die Anzahl von Messungen um eins und kehrt zu Schritt S403 zurück.

**[0129]** Wenn die Antwort in Schritt S405 JA lautet, berechnet die Signalverarbeitungseinheit 155 einen Mittelwert der gemessenen Amplituden der Rückkopplungssignale und schreibt den korrigierten Amplitudenwert auf den Mittelwert der gemessenen Amplituden zurück bzw. neu (Schritt S406). Danach wird die Anzahl von Messungen gelöscht.

**[0130]** Wenn die Antwort in Schritt S404 JA lautet, oder nach Abschluss von Schritt S406, bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 155, ob eine Differenz zwischen dem in Schritt S403 berechneten Phasenwert und dem korrigierten Phasenwert innerhalb eines Referenzwertes der Phase liegt (in Schritt S407). Der korrigierte Phasenwert bezieht sich auf eine Phase des Sinussignals, von dem erwartet ist, dass es ausgegeben wird.

**[0131]** Wenn die Antwort in Schritt S407 NEIN ist, bestimmt die Signalverarbeitungseinheit 155, ob die Anzahl von Messungen (die Anzahl von Messungen des Rückkopplungssignals) durch Schritt S403 gleich wie oder größer als eine vorbestimmte Anzahl von Malen ist (in Schritt S408). Wenn die Antwort NEIN ist, erhöht die Signalverarbeitungseinheit 155 die Anzahl von Messungen um eins und kehrt zu Schritt S403 zurück.

**[0132]** Wenn die Antwort in Schritt S408 JA lautet, berechnet die Signalverarbeitungseinheit 155 einen Mittelwert der gemessenen Phasen der Rückkopplungssignale und schreibt den korrigierten Phasenwert auf den Mittelwert der gemessenen Phasen zurück bzw. neu (Schritt S409). Danach wird die Anzahl von Messungen gelöscht.

**[0133]** Nachfolgend misst die Signalverarbeitungseinheit 155 das Antwortsignal durch Zweiphasen-Lock-In-Erfassung (in Schritt S410). Dieser Prozessschritt ist gleich den Schritten S202, S205, S206 der zweiten Ausführungsform, so dass die Beschreibung entfällt.

**[0134]** Die Signalverarbeitungseinheit 155 berechnet alle oder einige aus dem Realteil, dem Imaginärteil, dem Absolutwert und der Phase der Kompleximpedanz basierend auf dem Rückkopplungssignal und den von den Tiefpassfiltern 159 und 161 empfangenen Signalen (Werte proportional zum Realteil und Imaginärteil) (in Schritt S411). Das Rückkopplungssignal wird durch den korrigierten Wert der Amplitude und den korrigierten Wert der Phase bestimmt und wird verwendet, um die Amplituden- oder Phasenabweichung zwischen dem tatsächlich von der Batteriezelle 42 fließenden Strom (d. h. dem Rückkopplungssignal) und dem zum Referenzsignal proportionalen Wert zu korrigieren.

**[0135]** Danach gibt die Signalverarbeitungseinheit 155 das Ergebnis einer Berechnung über die Kom-

munikationseinheit 54 an die ECU 60 aus (in Schritt S412). Dann endet der Kompleximpedanzberechnungsprozess.

**[0136]** Da, wie vorstehend beschrieben, das Rückkopplungssignal durch die Zweiphasen-Lock-In-Erfassung bzw. Zweiphaseneintrasterfassung gemessen wird, kann das tatsächlich von der Batteriezelle 42 ausgegebene Stromsignal selbst in einer veräuschten Umgebung genau gemessen werden. Da zudem dieses Rückkopplungssignal zur Korrektur bei Berechnung der Kompleximpedanz verwendet wird, kann die Berechnungsgenauigkeit der Kompleximpedanz verbessert werden.

**[0137]** In jeder der vorstehenden Ausführungsformen ist das von der Batteriezelle 42 auszugebende Stromsignal nicht auf ein sinusförmiges Wellensignal beschränkt. Solange es sich um ein Wechselstromsignal handelt, kann es zum Beispiel eine Rechteckwelle, eine Dreieckswelle oder dergleichen sein.

**[0138]** In jeder der vorstehenden Ausführungsformen kann die ECU 60 eine Vielzahl von ECUs umfassen. Zum Beispiel kann eine Vielzahl von ECUs für jeweilige Funktionen vorgesehen sein, oder eine Vielzahl von ECUs kann für jeweilige zu steuernde Komponenten vorgesehen sein. Beispielsweise kann die Vielzahl von ECUs eine Batterie-ECU und eine Umrichtersteuer-ECU umfassen.

**[0139]** In jeder der vorstehenden Ausführungsformen wird bei Durchführung der Lock-In-Erfassung das von dem Oszillationsschaltkreis 158 angewiesene Sinussignal als das Referenzsignal (erstes Referenzsignal) verwendet. In einer alternativen Ausführungsform kann das Erfassungssignal (Rückkopplungssignal) als das Referenzsignal verwendet werden. Bei Durchführung der Zweiphasen-Lock-In-Erfassung kann das in der Phase verschobene Erfassungssignal (Rückkopplungssignal) das zweite Referenzsignal sein.

**[0140]** In jeder der obigen Ausführungsformen kann die Batteriezelle 42 (das Batteriemodul 41, die zusammengesetzte Batterie 40) als eine Energiequelle für periphere Schaltungen verwendet werden, während das Sinuswellensignal basierend auf der Anweisung ausgegeben wird (während das Antwortsignal ausgegeben wird). Umgekehrt könnte die Batteriezelle 42 (das Batteriemodul 41, die zusammengesetzte Batterie 40) nicht dazu eingerichtet sein, als Energiequelle für periphere Schaltkreise verwendet zu werden, wenn das Sinuswellensignal basierend auf der Anweisung ausgegeben wird (während das Antwortsignal ausgegeben wird).

**[0141]** Während die Offenbarung gemäß den Ausführungsformen beschrieben wurde, ist zu verstehen, dass die Offenbarung nicht auf solche Ausfüh-

rungsformen oder Strukturen beschränkt ist. Die Offenbarung umfasst auch verschiedene Modifikationen und Variationen innerhalb des Bereichs der Äquivalenz. Darüber hinaus sind verschiedene Kombinationen und Ausführungen, sowie andere Kombinationen und Ausführungen, die nur ein Element, mehr oder weniger, davon, aufweisen, auch innerhalb des Bereichs und der Idee der Offenbarung enthalten.



**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- JP 2019086141 [0001]
- JP 6226261 B2 [0004]

**Patentansprüche**

1. Batterieüberwachungsgerät (50) für eine Überwachung eines Zustands einer wiederaufladbaren Batterie, die ein Elektrolyt und eine Vielzahl von Elektroden aufweist, mit:  
 einer Signalsteuereinheit (56), die dazu eingerichtet ist, um eine Abgabe eines vorbestimmten Wechselstromsignals anzuweisen;  
 einer Antwortsignaleingabeeinheit (52), die dazu eingerichtet ist, um ein Antwortsignal der wiederaufladbaren Batterie auf das Wechselstromsignal zu empfangen; und  
 einer Berechnungseinheit (53), die dazu eingerichtet ist, um basierend auf dem Antwortsignal eine Kompleximpedanz der wiederaufladbaren Batterie zu berechnen,  
 wobei die Signalsteuereinheit dazu eingerichtet ist, um die zu überwachende wiederaufladbare Batterie als eine Energiequelle dazu zu bringen, das vorbestimmte Wechselstromsignal auszugeben.

2. Batterieüberwachungsgerät (50) nach Anspruch 1, wobei die Signalsteuereinheit eine Schalteinheit (56a), die dazu eingerichtet ist, um ein Ausmaß von Strom basierend auf einer Anweisung anzupassen, einen Widerstand (56b), der mit der Schalteinheit in Reihe verbunden ist, eine Stromerfassungseinheit (56c), die dazu eingerichtet ist, um einen durch den Widerstand fließenden Strom zu erfassen, und eine Anweisungseinheit (56d) umfasst, die dazu eingerichtet ist, um die Anweisung an die Schalteinheit bereitzustellen, wobei die Anweisungseinheit dazu eingerichtet ist, um die Anweisung an die Schalteinheit basierend auf einem Vergleich zwischen einem durch die Stromerfassungseinheit erfassten Erfassungssignal und dem Wechselstromsignal bereitzustellen.

3. Batterieüberwachungsgerät (50) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Signalsteuereinheit eine Schalteinheit (56a), die dazu eingerichtet ist, um ein Ausmaß von Strom basierend auf einer Anweisung anzupassen, einen Widerstand (56b), der mit der Schalteinheit in Reihe verbunden ist, und eine Stromerfassungseinheit (56c) umfasst, die dazu eingerichtet ist, um einen durch den Widerstand fließenden Strom zu erfassen, und die Berechnungseinheit dazu eingerichtet ist, um die Kompleximpedanz basierend auf dem Antwortsignal und einem durch die Stromerfassungseinheit erfassten Erfassungssignal zu berechnen.

4. Batterieüberwachungsgerät (50) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Antwortsignaleingabeeinheit mit verbindbaren Punkten an Anschlüssen der wiederaufladbaren Batterie am nächsten zu jeweiligen Elektroden der wiederaufladbaren Batterie verbunden ist.

5. Batterieüberwachungsgerät (50) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die wiederaufladbare Batterie eine Vielzahl von wiederaufladbaren Batteriezellen umfasst, und das Batterieüberwachungsgerät ferner eine Entladesteuereinheit (53) umfasst, die dazu eingerichtet ist, um den Zustand jeder der Vielzahl von wiederaufladbaren Batteriezellen zu erlangen und die wiederaufladbaren Batteriezellen derart zu entladen, dass die Zustände der jeweiligen wiederaufladbaren Batteriezellen ausgeglichen sind, wobei die Entladesteuereinheit dazu eingerichtet ist, um eine Entladung von den wiederaufladbaren Batteriezellen an die Signalsteuereinheit anzuweisen.

6. Batterieüberwachungsgerät (50) nach Anspruch 5, wobei die Berechnungseinheit dazu eingerichtet ist, um die Kompleximpedanz zu berechnen, während die Entladungssteuereinheit die Entladung anweist.

7. Batterieüberwachungsgerät (50) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, ferner mit einer Wellenformanweisungseinheit (158), die dazu eingerichtet ist, um eine Wellenform des Wechselstromsignals an die Signalsteuereinheit anzuweisen, wobei die Berechnungseinheit dazu eingerichtet ist, um einen Realteil des von der Antwortsignaleingabeeinheit empfangenen Antwortsignals basierend auf einem Wert zu berechnen, der durch Multiplikation des Antwortsignals und eines ersten Referenzsignals, das das von der Wellenformanweisungseinheit angewiesene Wechselstromsignal ist, erlangt ist, und einen Imaginärteil des von der Antwortsignaleingabeeinheit empfangenen Antwortsignals basierend auf einem Wert zu berechnen, der durch Multiplikation des Antwortsignals und eines zweiten Referenzsignals, das das in der Phase verschobene, von der Wellenformanweisungseinheit angewiesene Wechselstromsignal ist, erlangt ist.

8. Batterieüberwachungsgerät (50) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Berechnungseinheit dazu eingerichtet ist, um eine Fourier-Transformation bezüglich jedem aus dem Antwortsignal und dem Wechselstromsignal durchzuführen, um die Kompleximpedanz zu berechnen.

9. Batterieüberwachungsgerät (50) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Signalsteuereinheit eine Schalteinheit (56a), die dazu eingerichtet ist, um ein Ausmaß von Strom basierend auf einer Anweisung anzupassen, einen Widerstand (56b), der mit der Schalteinheit in Reihe verbunden ist, und eine Stromerfassungseinheit (56c) umfasst, die dazu eingerichtet ist, um einen durch den Widerstand fließenden Strom zu erfassen, und die Berechnungseinheit dazu eingerichtet ist, um eine Fourier-Transformation bezüglich jedem aus dem Antwortsignal und einem von der Stromerfassungseinheit

einheit erfassten Erfassungssignal durchzuführen, um die Kompleximpedanz zu berechnen.

10. Batterieüberwachungsgerät (50) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Antwortsignaleingabeeinheit dazu eingerichtet ist, um Spannungsschwankungen der wiederaufladbaren Batterie über einen Kondensator (C1) zu empfangen, und eine oder mehrere Stufen von Verstärkern aufweist und die empfangenen Spannungsschwankungen der wiederaufladbaren Batterie über die Verstärker verstärkt und ein Verstärkungsergebnis als das Antwortsignal ausgibt.

11. Batterieüberwachungsgerät (50) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei zumindest ein Filterschaltkreis (55a) und ein Schutzelement (55b) mit der wiederaufladbaren Batterie verbunden ist.

12. Batterieüberwachungsgerät (50) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die wiederaufladbare Batterie eine Vielzahl von wiederaufladbaren Batteriezellen umfasst, und der Zustand jeder der Vielzahl von wiederaufladbaren Batteriezellen unter Verwendung der Berechnungseinheit überwacht ist.

Es folgen 13 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

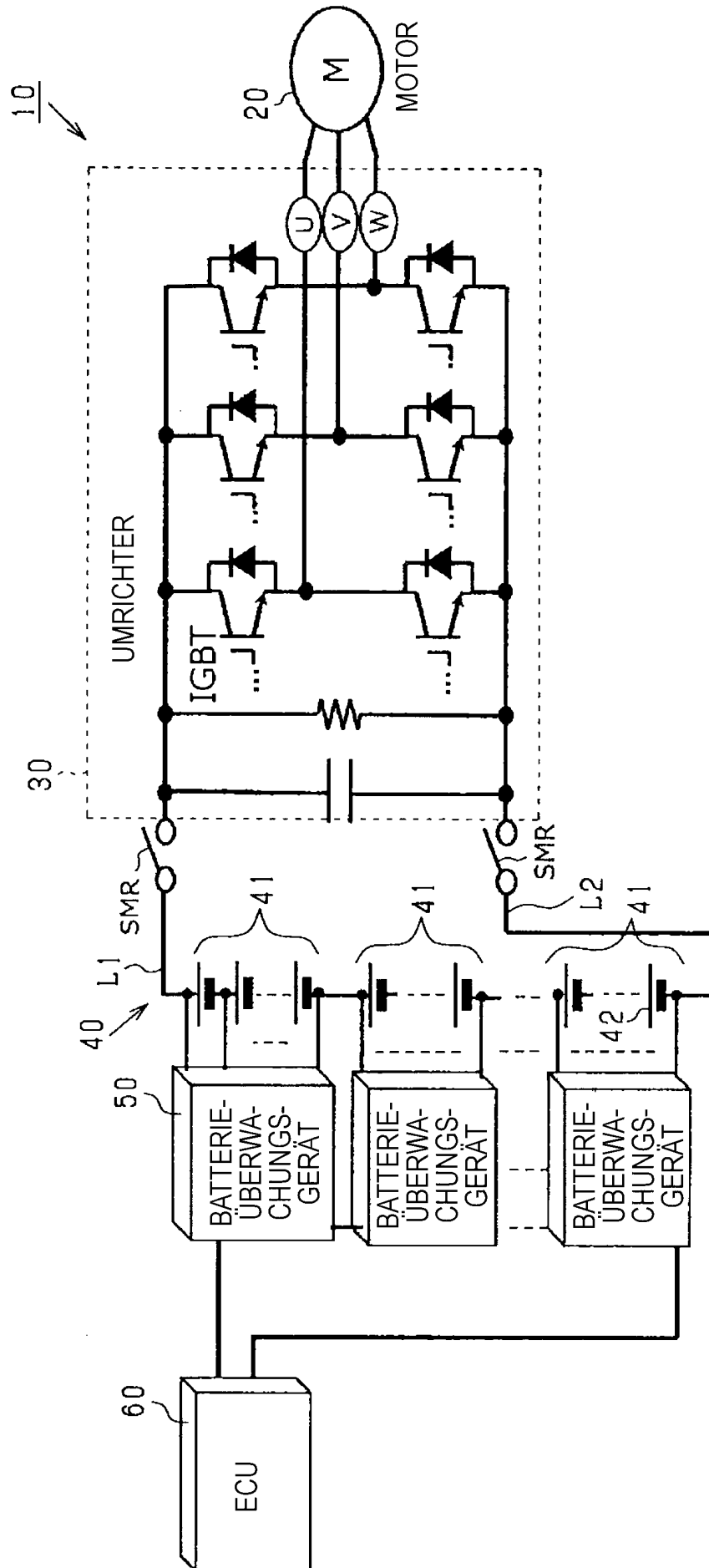
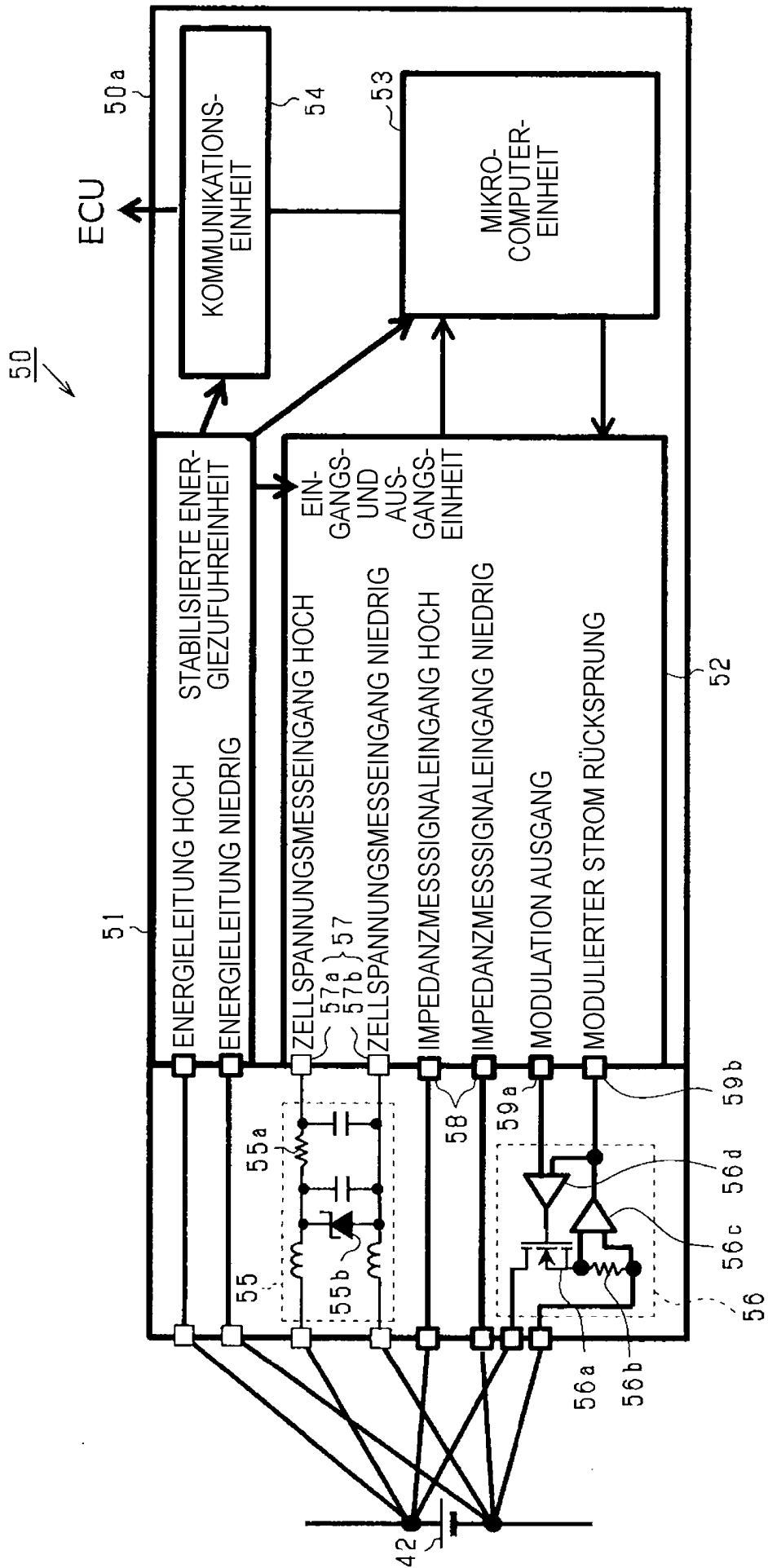
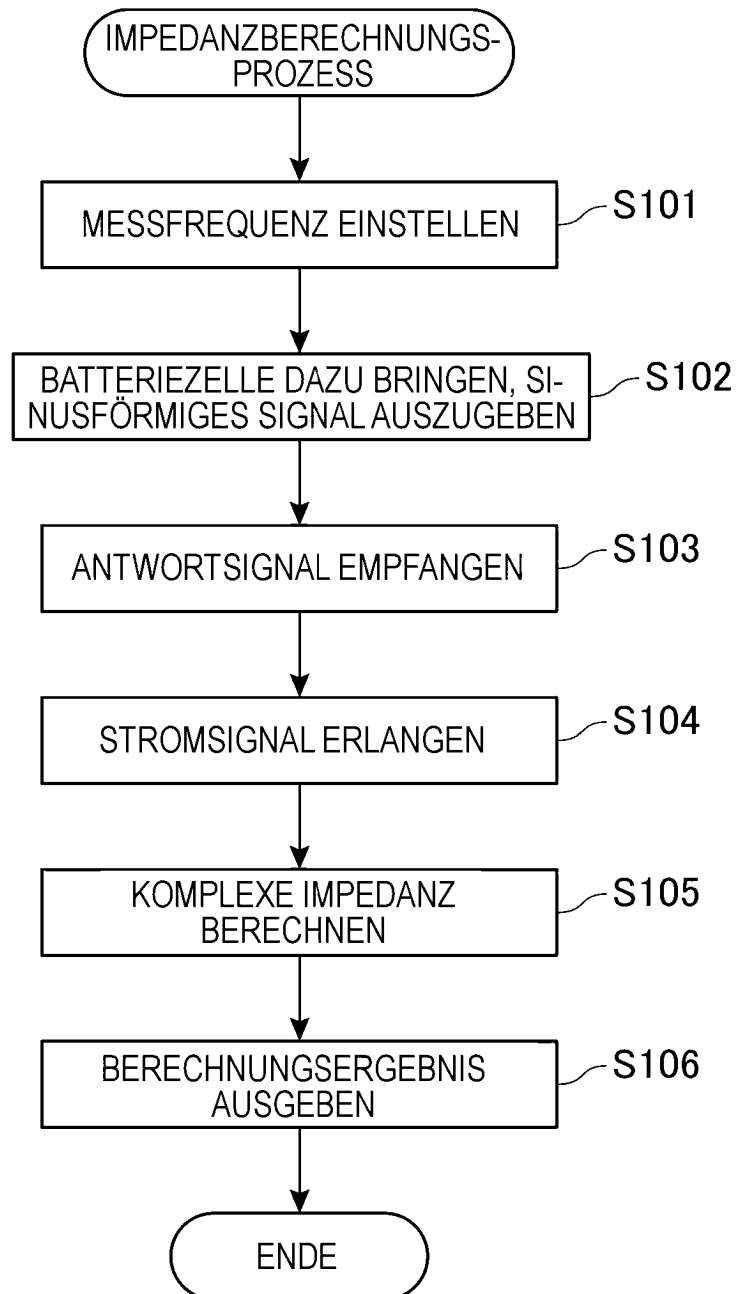


FIG.2

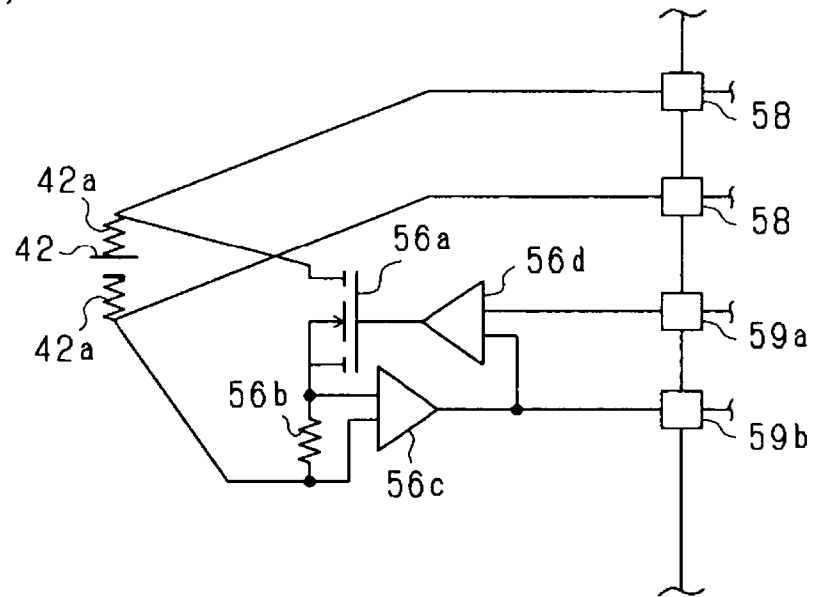


**FIG.3**



**FIG.4**

(a)



(b)

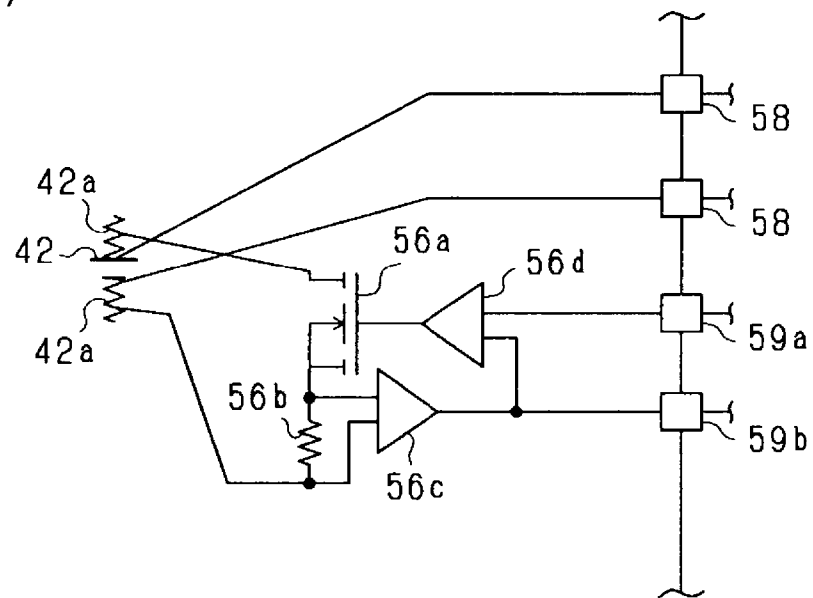


FIG.5

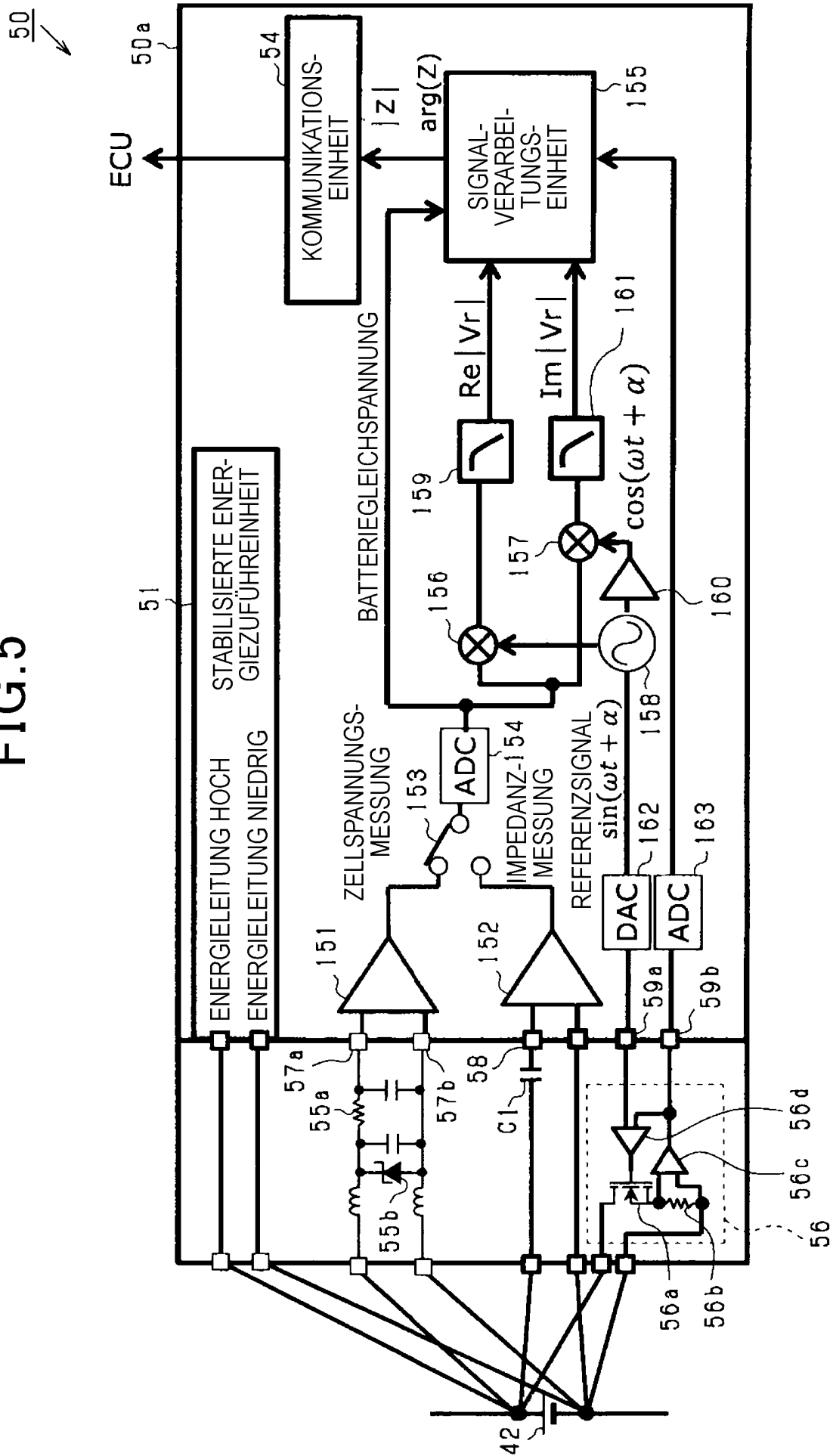




FIG.6

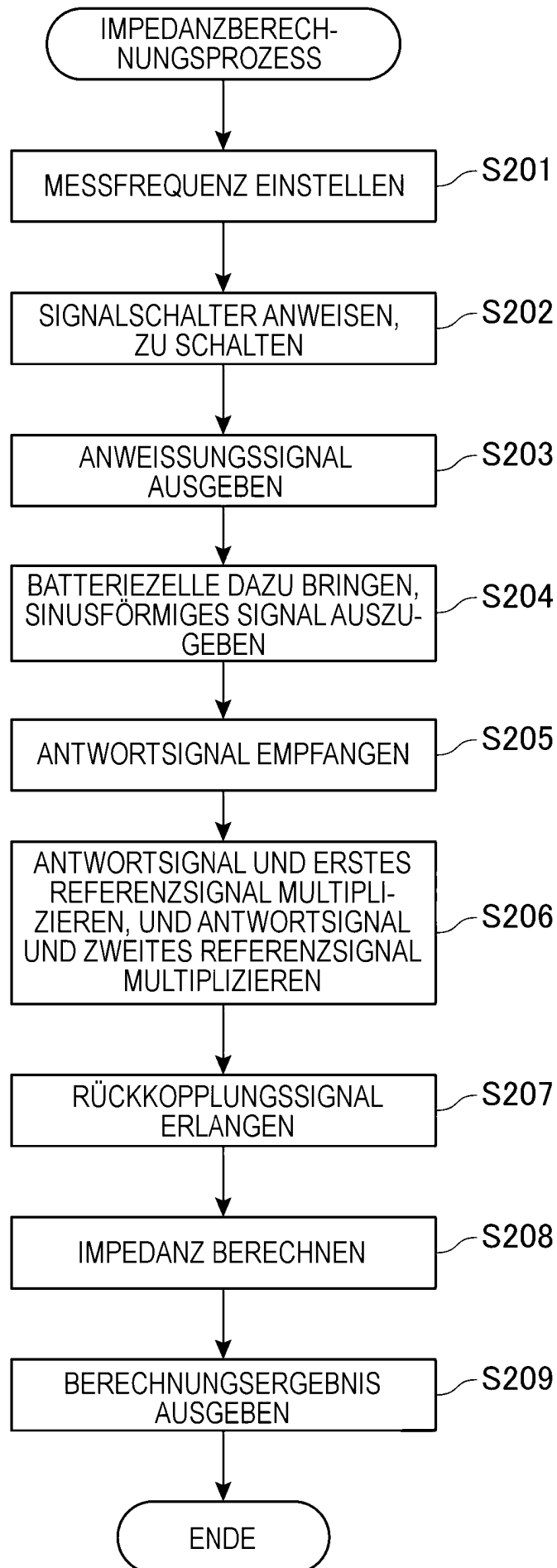


FIG.7

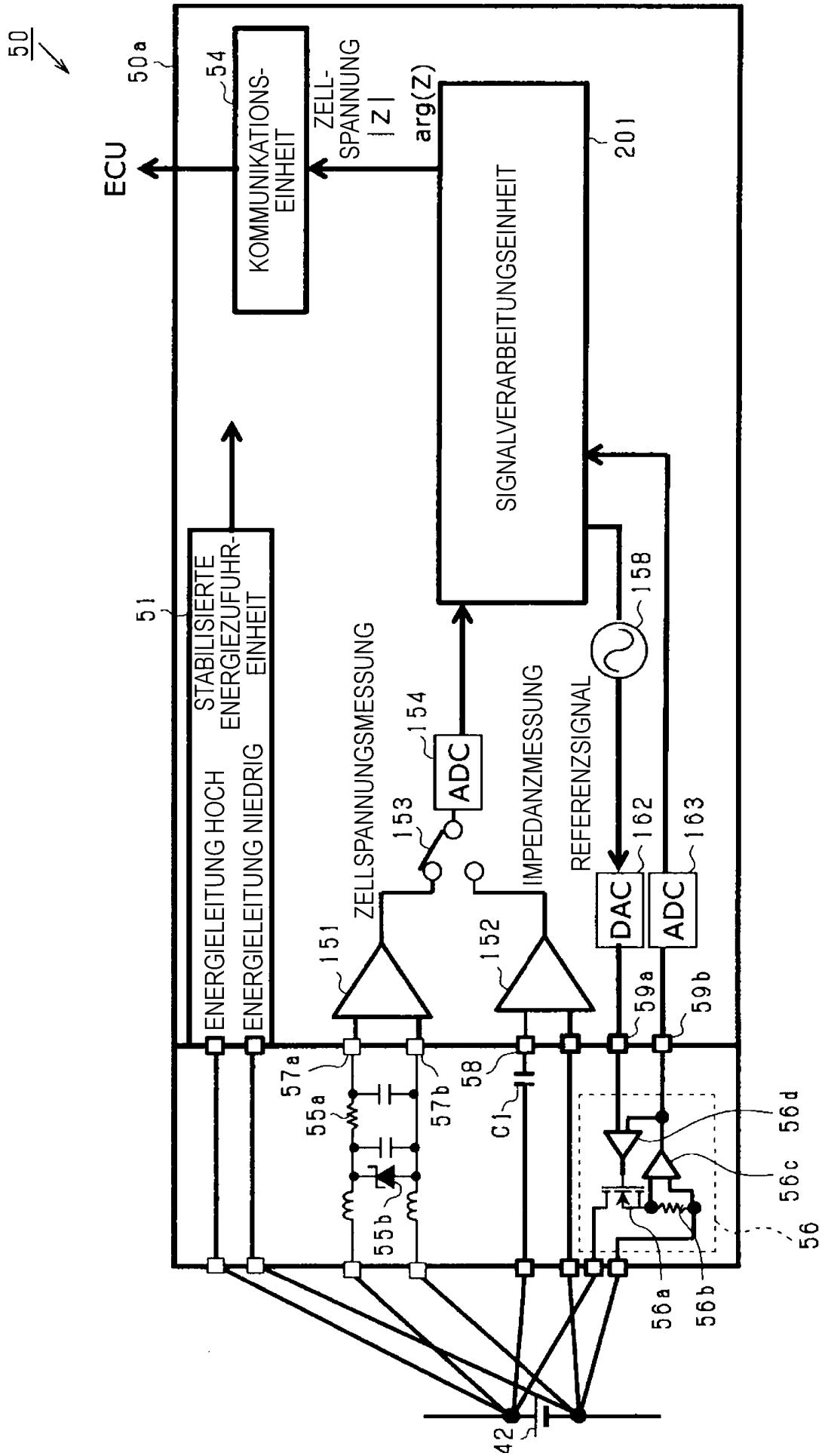


FIG.8

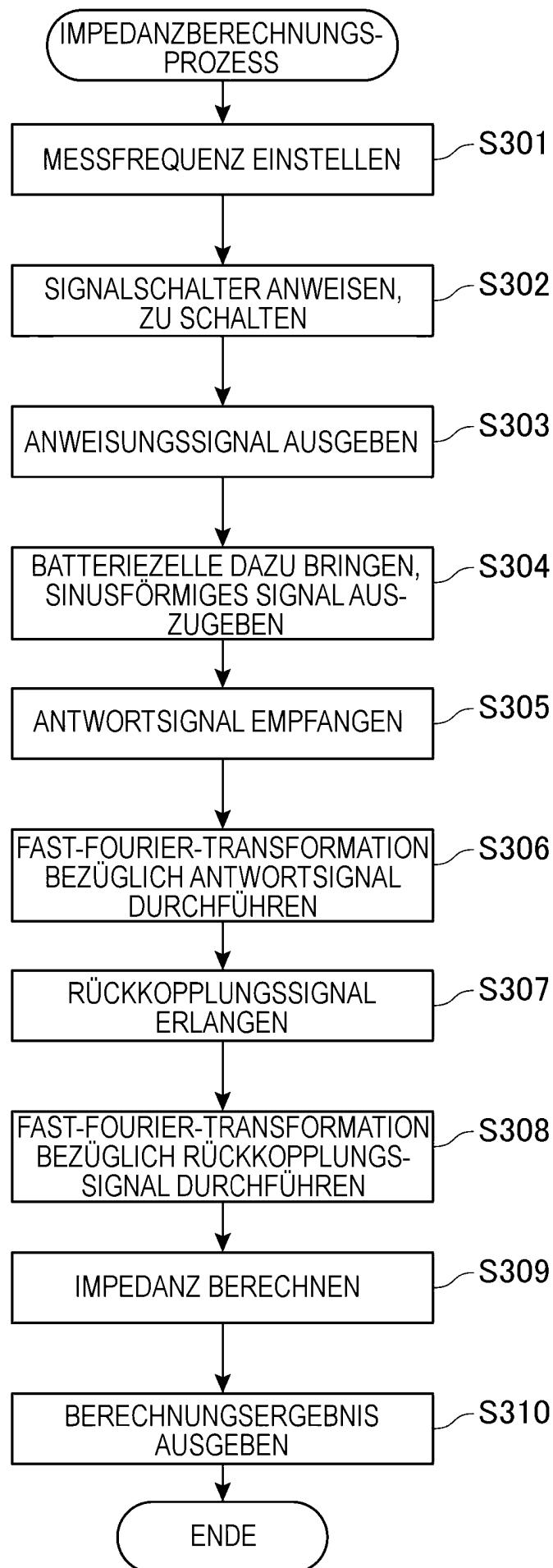


FIG.9

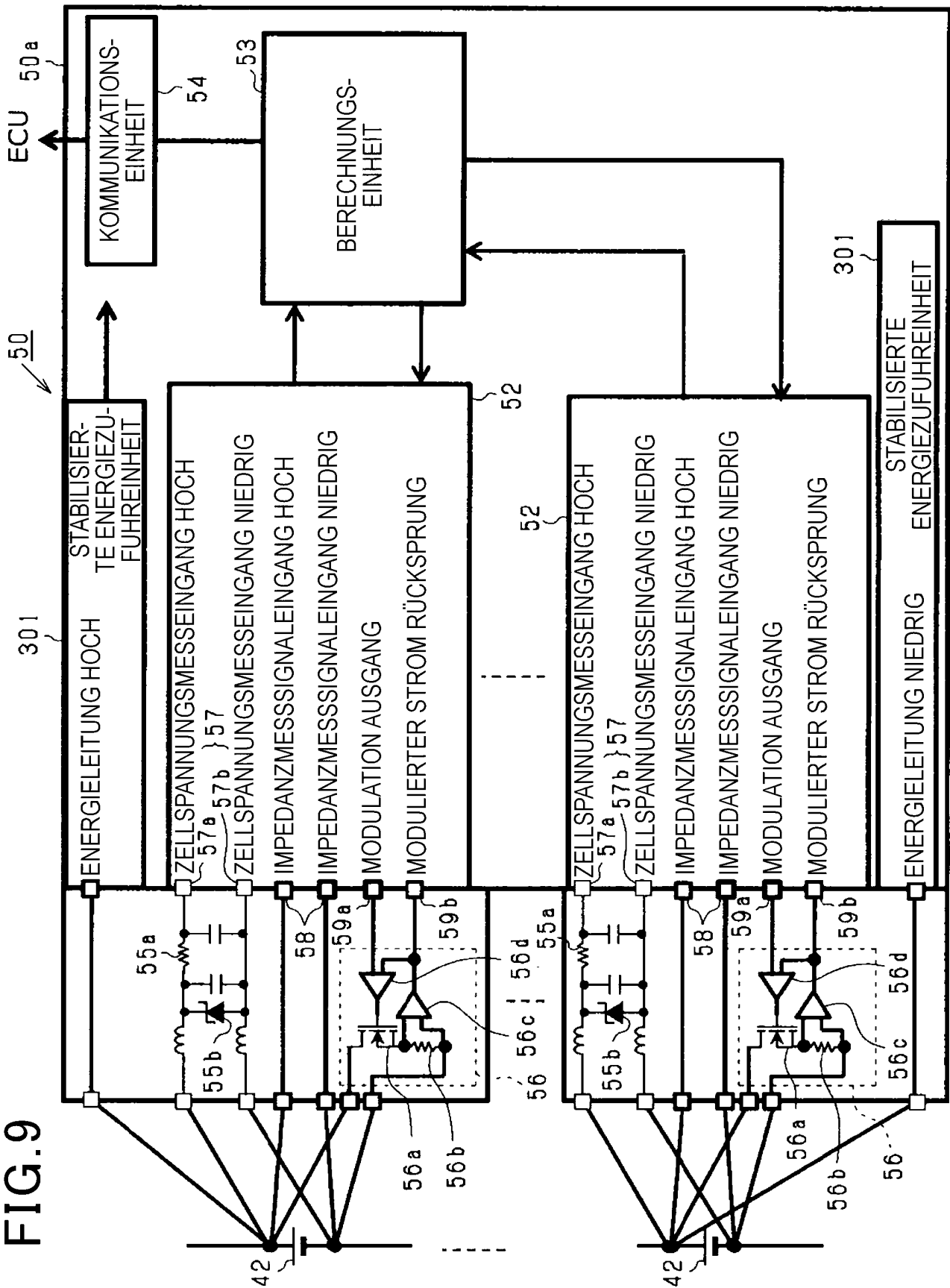


FIG.10

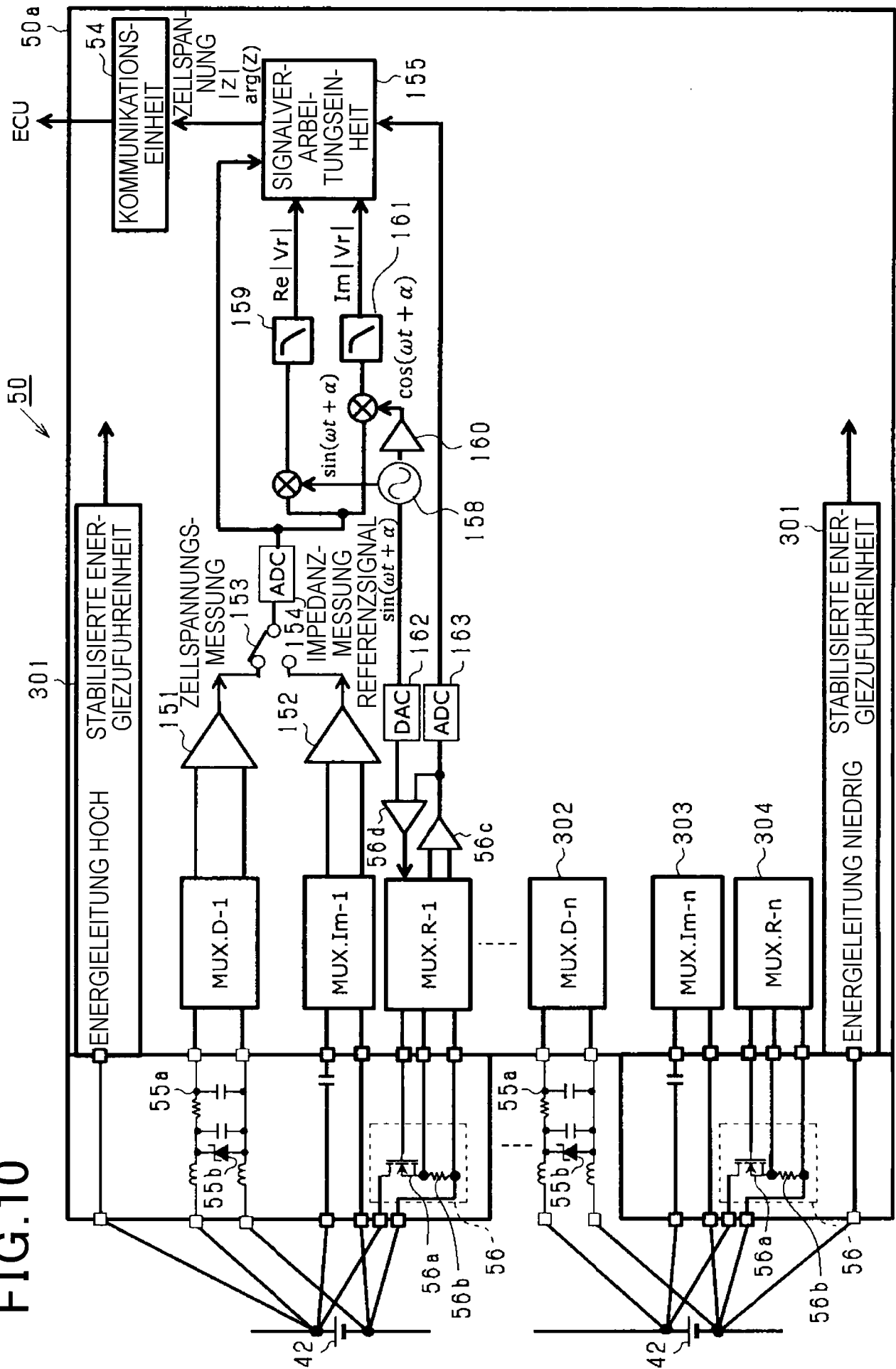


FIG. 11

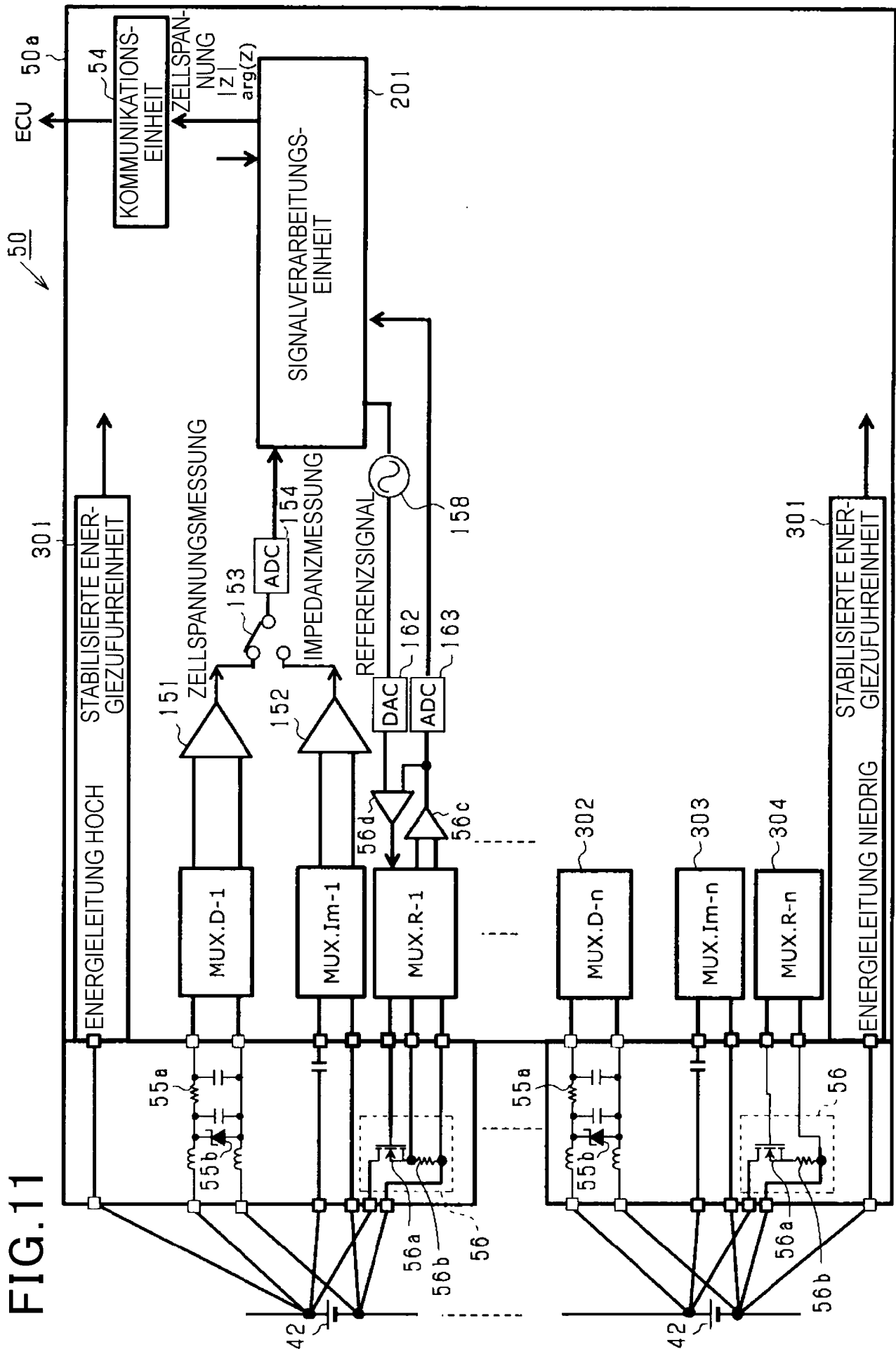


FIG.12

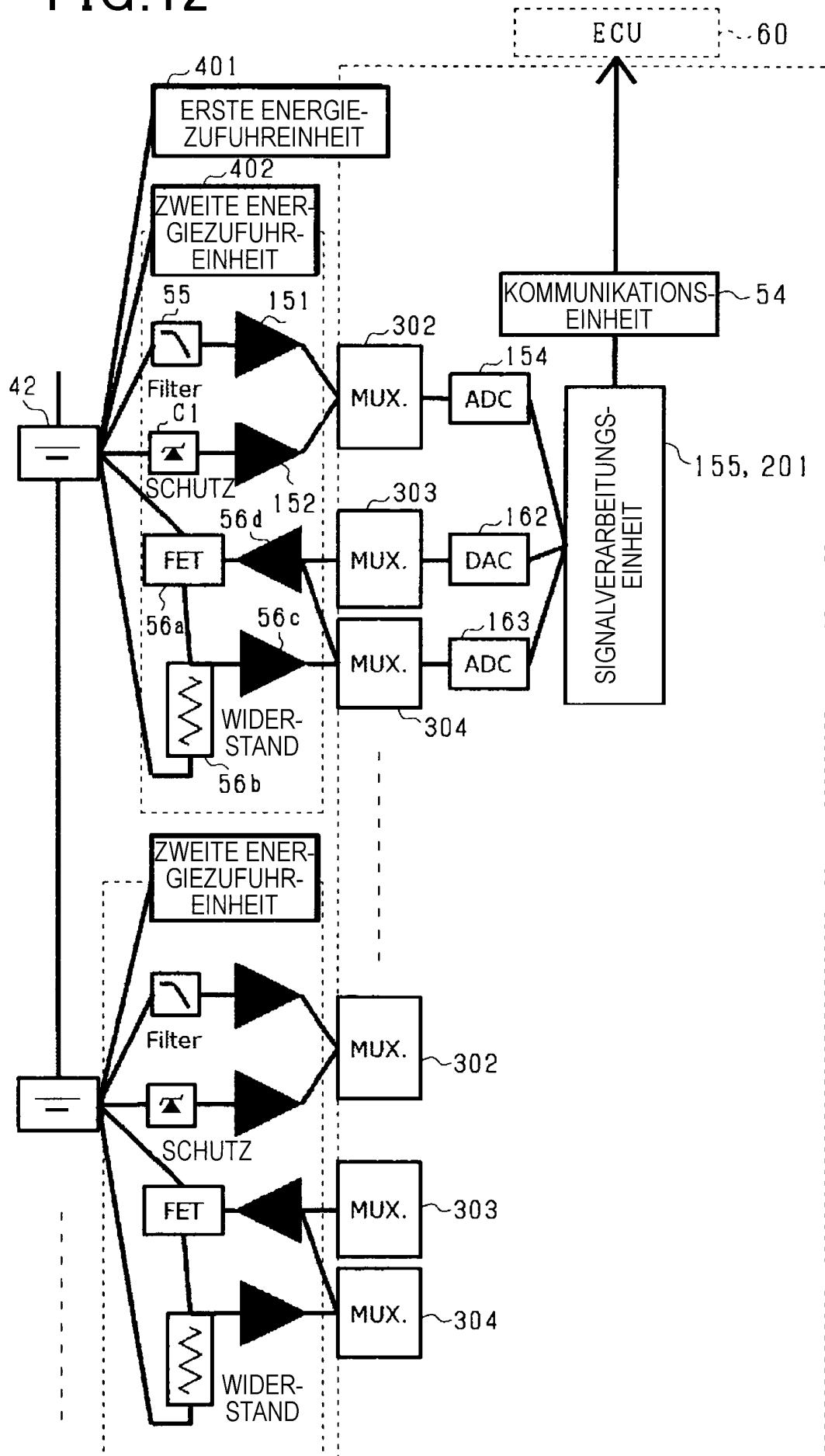


FIG.13

