

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Messeinheit zur Messung der Impedanz eines Energiespeichers im Energiesystem bzw. Bordnetz bspw. eines Fahrzeugs. Ferner betrifft die Erfindung ein Energiesystem bzw. ein Bordnetz mit einer erfindungsgemäßen Messeinheit.

[0002] Gattungsgemäße Messeinheiten finden ihre Anwendungen insb. in Bordnetzen von Fahrzeugen. Im Bordnetz eines Fahrzeugs eingebundene Energiespeicher müssen regelmäßig auf die zulässige Impedanz, also auf den Innenwiderstand (auch Ersatzserienwiderstand, Eigenwiderstand genannt, in englisch Equivalent Serial Resistance ESR) geprüft werden. Ziel dieser Impedanzmessung ist die Diagnose der betreffenden Leitungszweige auf Kontaktprobleme, offene Verbindungen oder Überschreitung der zulässigen Grenzwerte vom Widerstand oder von der Kapazität der Energiespeicher selbst. Für Start-/Stop-Systeme eines Fahrzeugs und Bordnetzstabilisierungen hat diese Diagnose besondere Bedeutung, weil die Impedanz von Energiespeichern und deren Zuleitungen die Wiederstartfähigkeit beschreibt. Übersteigt die Impedanz optional zuschaltbarer Energiespeicher ein bestimmtes Maß, dann wird die Start-Stopp Funktion deaktiviert. In vielen Anwendungen trägt die Diagnose der Impedanz sogar zur funktionalen Sicherheit des Fahrzeugs bei.

[0003] Eine Überwachung der Batteriespannung und der Generatorspannung kann bei Systemen zur Bordnetzstabilisierung fahrzeugseitig weiterführende Diagnosen ermöglichen. Allerdings sind bei solcher Überwachung nur Aussagen wie „elektrische Verbindung zum Energiespeicher in Ordnung“ oder „nicht in Ordnung“ möglich.

[0004] Bei der regelmäßigen Funktionsprüfung von Bordnetzstabilisierungskomponenten, speziell der angeschlossenen, ggf. zuschaltbaren Energiespeicher, muss notwendigerweise auch der Innenwiderstand, also die Impedanz eines Leitungszweiges des Energiespeichers, also der Zuleitung bzw. der Verbindungsstellen zum Energiespeicher durch ein elektrisches Messverfahren während des Fahrzeugbetriebes geprüft werden.

[0005] Sehr hohe Ansprüche an die Genauigkeit der Diagnose stellt der extrem niederohmige Aufbau der Bordnetze. Große Kabelquerschnitte und niedrige Innenwiderstände der Systemkomponenten zwingen zu Analysen im MilliOhm-Bereich, wozu normalerweise kostenintensive und hochgenaue Messgeräte notwendig sind.

[0006] In diesen sicherheitskritischen Stromnetzen muss eine Eigendiagnose durch ständige Prüfung des jeweils betriebenen Leitungszweiges die Verbindungsqualität, nämlich eine Verbindung besteht oder nicht, und den Innenwiderstand bzw. den Sollwert des Innenwiderstands \pm Toleranz über Lebensdauer ermitteln.

[0007] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung liegt somit darin, eine Messeinheit zur Messung der Impedanz eines Energiespeichers eines Energiesystems bzw. Bordnetzes bereitzustellen, welche eine autarke, systeminterne und bordnetzseitige Diagnose des Energiespeichers mit einer hohen Genauigkeit, und einer hohen Zuverlässigkeit ermöglicht.

[0008] Die Aufgabe wird mit einer Messeinheit mit Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Die erfindungsgemäße Messeinheit für einen Energiespeicher im Energiesystem bzw. Bordnetz eines Fahrzeugs, wobei das Bordnetz einen Generator zur Stromversorgung für zumindest einen Energieverbraucher im Bordnetz aufweist, ist so ausgeführt, dass diese während des Stillstandes des Generators (Startergenerators), nämlich in der Zeit, wo der Generator keinen Strom in das Bordnetz einspeist oder von dem Bordnetz abzieht, den Innenwiderstand (ESR: Equivalent Serial Resistance: Ersatzserienwiderstand, Eigenwiderstand), also die Impedanz des Energiespeichers ermittelt.

[0009] Hierzu lädt die Messeinheit während des Stillstandes des Generators vorzugsweise den Energiespeicher mit einem Ladestrom mit einer vorgegebenen Stromstärke auf, wobei das Bordnetz hierzu bspw. eine Batterie zur Bereitstellung des Laststroms aufweist. Alternativ entlädt Messeinheit den Energiespeicher mit einem Entladestrom mit einer vorgegebenen Stromstärke. Während des Lade- bzw. Entladevorgangs des Energiespeichers misst die Messeinheit die Ladespannung am Energiespeicher.

[0010] Dank der erfindungsgemäßen Messeinheit kann eine regelmäßige Funktionsprüfung von Bordnetzstabilisierungskomponenten, speziell der angeschlossenen, ggf. zuschaltbaren Energiespeicher durch Ermittlung der Impedanz des Leitungszweiges (Energiespeicher, Zuleitung, Verbindungsstellen) durch ein elektrisches Messverfahren während des Betriebs des Bordnetzes durchgeführt werden.

[0011] Da die Messung der Impedanz zu Zeiten durchgeführt wird, wo der Bordnetzstrom gleich Null oder vernachlässigbar niedrig ist, können die Störungen durch Bordnetzstrom wie die Schwankungen bei der Betriebsspannung durch Generatorstrom ohne zusätzliche Messabgriffe einfach umgangen werden.

[0012] Vorzugsweise misst die Messeinheit die Ladespannung am Energiespeicher in einem Zeitraum von unmittelbar vor Beginn des Lade- bzw. Entladevorgangs des Energiespeichers bis unmittelbar nach dem Ende des Lade- bzw. Entladevorgangs des Energiespeichers.

[0013] Um die Messzeit zu sparen, kann die Messeinheit alternativ auch die Ladespannung am Energiespeicher nur in einem Zeitraum von unmittelbar vor Beginn bis unmittelbar nach dem Beginn des Lade- bzw. Entladevorgangs des Energiespeichers, oder in einem Zeitraum von unmittelbar vor dem Ende bis unmittelbar nach dem Ende des Lade- bzw. Entladevorgangs des Energiespeichers messen.

[0014] Die Messeinheit weist vorteilhafterweise einen Hochpassfilter auf, welcher aus den Messwerten der Ladespannung durch eine Hochpassfilterung einen sogenannten Spannungssprungwert herausfiltert, welcher (der Spannungssprungwert) unmittelbar nach dem Beginn bzw. nach dem Ende des Lade- bzw. Entladevorgangs auftritt.

[0015] Dabei zieht die Messeinheit die aufeinanderfolgenden, unmittelbar nach dem Beginn des Lade- bzw. Entladevorgangs erfassten Messwerte der Ladespannung oder die aufeinanderfolgenden, unmittelbar vor dem Beginn bis unmittelbar nach dem Beginn des Lade- bzw. Entladevorgangs erfassten Messwerte der Ladespannung zur Hochpassfilterung heran und ermittelt durch entsprechende Hochpassfilterung den ersten Spannungssprungwert $\Delta U1$ aus diesen Messwerten.

[0016] Alternativ zieht die Messeinheit die aufeinanderfolgenden, unmittelbar nach dem Ende des Lade- bzw. Entladevorgangs erfassten Messwerte der Ladespannung bzw. die aufeinanderfolgenden, unmittelbar vor dem Ende bis unmittelbar nach dem Ende des Lade- bzw. Entladevorgangs erfassten Messwerte der Ladespannung zur Hochpassfilterung heran und ermittelt durch entsprechende Hochpassfilterung den ersten Spannungssprungwert $\Delta U2$.

[0017] Aus einem dieser beiden Spannungssprungwerte $\Delta U1$, $\Delta U2$ und dem vorgegebenen Lade- bzw. Entladestromwert I_M berechnet die Messeinheit anhand folgender Gleichungen:

$$R_{ES} = \frac{|\Delta U1|}{I_M}, \quad R_{ES} = \frac{|\Delta U2|}{I_M} \quad \text{bzw.} \quad R_{ES} = \frac{|\Delta U1|}{I_M} = \frac{|\Delta U2|}{I_M}$$

den Innenwiderstand R_{ES} also die Impedanz des Energiespeichers.

[0018] Zum Kompensieren von restlichen Messungenauigkeiten wird der Innenwiderstand R_{ES} vorzugsweise anhand folgender Gleichung ermittelt:

$$R_{ES} = \frac{\frac{|\Delta U1| + |\Delta U2|}{2}}{I_M} = \frac{|\Delta U1| + |\Delta U2|}{2 \times I_M}$$

[0019] Die Messeinheit ermittelt den Innenwiderstand des Energiespeichers in einem Zeitraum, wo der Generator keinen Strom in das Bordnetz einspeist oder vom Bordnetz abzieht, wobei das Bordnetz einen Datenbus vorzugsweise einen LIN-Bus aufweist, wobei die Messeinheit über den Datenbus den Betriebszustand des Generators erfragt und beim Vorliegen eines Bus-Signals bzw. LIN-Signals mit einer vorgegebenen Signalbotschaft, welche einen Stillstand des Generators bzw. einen Übergang des Betriebszustands des Generators zum Stillstand mitteilt, beginnt, den Energiespeicher mit dem vorgegebenen Lade- bzw. Entladestrom aufzuladen bzw. zu entladen.

[0020] In einer bevorzugten Ausführungsform ermittelt die Messeinheit den Innenwiderstand des Energiespeichers in einem Zeitraum, wo der Stopp-Phase des Generators durch die Start-/Stopp-Automatik des Fahrzeugs eingeleitet ist.

[0021] Alternativ ermittelt die Messeinheit den Innenwiderstand des Energiespeichers in einem Zeitraum unmittelbar nach dem Ausschalten des Fahrzeugverbrennungsmotors.

[0022] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ermittelt die Messeinheit den Innenwiderstand des Energiespeichers in einem Zeitraum unmittelbar nachdem der Zündschlüssel vom Zündschloss herausgezogen wurde.

[0023] In noch einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ermittelt die Messeinheit den Innenwiderstand des Energiespeichers in einem Zeitraum unmittelbar nachdem das Fahrzeug bspw. mit einem schlüssellosen Fahrzeugentriegelungssystem (in englisch "Keyless-Entry"-System) entriegelt wurde und bevor der Fahrzeugverbrennungsmotor gestartet wird. Die Zeit zwischen Einsteigen und Starten des Motors kann für eine Messung des Innenwiderstands genutzt werden.

[0024] In noch einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ermittelt die Messeinheit den Innenwiderstand des Energiespeichers in einem Zeitraum unmittelbar nachdem der Zündschlüssel vom Zündschloss hineingesteckt wurde und vor dem Starten des Fahrzeugverbrennungsmotors.

[0025] Die vorliegende Erfindung stellt weiterhin ein Energiesystem zur Stromversorgung für zumindest einen Energieverbraucher bereit, welches einen Generator und einen Energiespeicher aufweist, wobei der Generator und der Energiespeicher den Energieverbraucher mit Strom versorgt, wobei das Energiesystem die oben beschriebene erfindungsgemäße Messeinheit zur Messung der Impedanz eines Energiespeichers des Energiesystems aufweist.

[0026] Das erfindungsgemäße Energiesystem weist vorzugsweise einen Datenbus (vorzugsweise einen LIN-Bus) auf, wobei die erfindungsgemäße Messeinheit dieses Energiesystems über diesen Datenbus den Betriebszustand des Generators abfragt und beim Vorliegen eines Bus-Signals bzw. LIN-Signals mit einer vorgegebenen Signalbotschaft, welche einen Stillstand des Generators bzw. einen Übergang des Betriebszustands des Generators zu einer Betriebsruhephase mitteilt, beginnt, den Energiespeicher mit dem vorgegebenen Lade- bzw. Entladestrom I_M aufzuladen bzw. zu entladen und die Ladespannung am Energiespeicher zu messen.

[0027] Ferner stellt die vorliegende Erfindung ein Bordnetz eines Fahrzeugs, wobei das Bordnetz einen Generator und einen Energiespeicher zur Stromversorgung für zumindest einen Energieverbraucher im Bordnetz sowie die oben beschriebene erfindungsgemäße Messeinheit aufweist.

[0028] Wie beim oben genannten Energiesystem weist das Bordnetz vorteilhafterweise einen Datenbus (bzw. LIN-Bus) auf, wobei die Messeinheit über den Daten- bzw. LIN-Bus den Betriebszustand des Generators abfragt und beim Vorliegen eines Bus-Signals mit einer vorgegebenen Signalbotschaft, welche einen Stillstand des Generators bzw. einen Übergang des Betriebszustands des Generators zum Stillstand mitteilt, beginnt, den Energiespeicher mit dem vorgegebenen Lade- bzw. Entladestrom I_M aufzuladen bzw. zu entladen.

[0029] Die besten Zeitpunkte für eine Innenwiderstandsmessung sind unmittelbar nach Stillstand des Generators/Starter-Generators – also in der Stopp-Phase, z. B. beim Ampelhalt. Generell sind die Generatorruhephasen zu Beginn, während der Stopp-Phasen und am Ende eines Fahrzyklus nach dem Ausschalten der Zündung am Besten für eine Innenwiderstandsmessung geeignet. Dann werden alle noch vorhandenen Bordnetzströme durch die Kapazität der Batterie stark geglättet und wirken sich nur noch in vernachlässigbarer Weise auf die Qualität der Innenwiderstandsmessung aus.

[0030] Alternativer ebenfalls gut geeigneter Messzeitpunkt ist der Zeitpunkt, wo der Startergenerator in den Generatorbetriebsruhemodus (in englisch StallingHelp, ein Betriebsmodus, wo der Generator im Bremsbetrieb ist, um den Verbrennungsmotor schneller zum Stillstand zu bringen) geht, also wenn der Startergenerator kurz vor nach Aktivierung der Stopp-Phase den Motor zusätzlich abbremst. Während dieser Phase gibt es eine Zeitspanne, wo der Generatorstrom ebenfalls nahe Null ist und somit eine störungsfreie Innenwiderstandsmessung erlaubt.

[0031] Ein dritter geeigneter Zeitpunkt für störungsfreie Messungen besteht nach Eingang eines Bus-Signals „Ruhemodus“ (in englisch „Sleep-Mode“), also ein Betriebsmodus, wo der Generator deaktiviert ist und bleibt. Nach Empfang dieser Nachricht wird ebenfalls bei inaktivem Generator noch der Innenwiderstandswert ermittelt, gespeichert und per Bussignal an den Master gesendet. Anschließend geht die Messeinheit bzw. die Steuereinheit für das Energiespeichersystem im Bordnetz, in der die Messeinheit integriert ist in den „Ruhe-

modus", also in den Betriebsruhezustand über. Analog dazu ist eine Aktivierung vor dem Erststart des Fahrzeugs möglich.

[0032] Vorzugsweise wird dieser dritte, letztgenannte Zeitpunkt für die Innenwiderstandmessung verwendet, da in dieser Phase davon auszugehen ist, dass in den meisten Fällen auch thermisch stabile Zustände im Bordnetz herrschen. Thermisch stabile Zustände steigern die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Innenwiderstandmessung. Damit entfallen zusätzliche Streuungen der Innenwiderstandswerte zwischen Kaltstart und Warmstart. Die Wahl dieses Zeitpunktes erspart in jedem Fall einen zusätzlichen Messpfad, der für die von Bordnetzschwankungen, wie z. B. Spannungsschwankungen im Bordnetz, unabhängige Durchführung einer Messung notwendig wäre.

[0033] Eine Durchführung der Messung in absoluten Fahrzeugstillstandsphasen wäre ebenfalls denkbar.

[0034] Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels unter Zuhilfenahme von Figuren näher erläutert. Als Beispiel dient dabei ein Bordnetz eines Fahrzeugs. Es zeigen,

[0035] [Fig. 1](#) das Bordnetz mit einer erfindungsgemäßen Messeinheit in schematischer Darstellung, und

[0036] [Fig. 2](#) den erfindungsgemäßen Messvorgang in einem Signalablaufdiagramm.

[0037] Das Bordnetz BN eines Fahrzeugs weist einen Generator G, eine Gruppe von Energieverbrauchern, welche zusammengefasst als Systemlast LORD bezeichnet werden können, und eine Batterie BAT sowie einen Energiespeicher ES als sekundäre Energiequelle zum Generator G und zur Batterie BAT auf. Der Generator G, der Energiespeicher ES und die Batterie BAT sind energieerzeugende Komponenten und können daher zusammengefasst als Energiesystem bezeichnet werden (siehe [Fig. 1](#)).

[0038] Der Generator G ist bspw. als Drehstrommaschine mit nachgeschalteter Gleichrichterschaltung ausgebildet und dient als Energiewandler und versorgt beim Betrieb des Fahrzeugs die elektrischen Verbraucher LORD im Bordnetz BN mit elektrischem Strom. Die Batterie BAT dient zur Stabilisierung der Netzspannung im Bordnetz BN in nominalen Zuständen.

[0039] Der Energiespeicher ES dient als sekundäre Energiequelle und wird von einer hier nicht dargestellten Steuereinheit angesteuert durch Zuschalten eines zwischengeschalteten steuerbaren Schalters SW bei Bedarf ins Bordnetz BN eingeschaltet, wenn der Generator G und die Batterie BAT allein die Stromversorgung für die Systemlast LORD nicht bewältigen können. Der Energiespeicher ES besteht vorzugsweise aus einem oder mehreren reihen- oder serienbeschalteten Doppelschichtkondensatoren.

[0040] Die Überwachung und Regelung der elektrischen Energieversorgung der Systemlast LORD durch den Generator G, die Batterie BAT und den Energiespeicher ES erfolgt über einen Datenbus bspw. CAN- oder LIN-Bus. Da der Generator G in der Regel keine CAN-Schnittstelle besitzt, wird die Datenkommunikation zwischen dem Generator G und der Steuereinheit bzw. die Regelung des Generators G über einen LIN-Bus LB am Bordnetz BN durchgeführt. Über diesen LIN-Bus LB werden Informationen bzgl. des Betriebszustands des Generators G an die Steuereinheit übertragen.

[0041] Wie die anderen Komponenten des Energiesystems muss der Energiespeicher ES in regelmäßigen Zeitabständen auf dessen Funktionalität überprüft werden, um eine störungsfreie Energieversorgung der Systemlast LORD während des Fahrzeugbetriebs zu garantieren.

[0042] Zur Beurteilung der Funktionalität des Energiespeichers ES muss unter anderem der Innenwiderstand R_{ES} des Energiespeichers ES in regelmäßigen Zeitabständen gemessen und mit Referenzwiderstandswerten bzw. zulässigen Grenzwerten verglichen und so auf die Zulässigkeit hin geprüft werden. Als Referenzwiderstandswerte kann auch der bei der Inbetriebnahme des Energiesystems gemessene Innenwiderstandswert des Energiespeichers ES dienen. Anhand der Vergleichsergebnisse kann eine Aussage über die Funktionalität des Energiespeichers ES getroffen werden.

[0043] Die Messung des Innenwiderstands R_{ES} des Energiespeichers ES und die Diagnose der Funktionalität des Energiespeichers ES erfolgt durch eine erfindungsgemäße Messeinheit ME, welche vorzugsweise im Energiesystem bzw. in der Steuereinheit des Energiesystems integriert ist. Zum Zeitpunkt der Messung ist der Energiespeicher ES von der Batterie BAT über den Schalter SW abgetrennt, um die Verfälschung der Messergebnisse des Innenwiderstands R_{ES} durch den Batteriestrom zu vermeiden.

[0044] Die Messeinheit ME weist eine Abtasteinheit AE zum Abgreifen der Spannungswerte am Energiespeicher ES während des Messvorgangs, einen Hochpassfilter HP zur Gewinnung des für die Bestimmung des Innenwiderstands R_{ES} relevanten Spannungssprungwertes ΔU , optional eine Verstärkereinheit und eine Recheneinheit RE zur Berechnung des Innenwiderstands R_{ES} auf. Diese Komponenten der Messeinheit ME können in einem Elektronikbauteil wie z. B. Leiterplatte oder Mikrochip implementiert sein oder in verschiedenen Elektronikbauteilen verteilt ausgeführt sein.

[0045] Zur Messung des Innenwiderstands R_{ES} lädt (oder entlädt) die Messeinheit ME den Energiespeicher ES mit einem Ladestrom (bzw. Entladestrom) I_M mit einer vorgegebenen Stromstärke $|I_M|$. Zum Aufladen des Energiespeichers ES sendet die Messeinheit ME ein entsprechendes Signal **130** an die Nachladeeinheit LE, welche zum Aufladen des Energiespeichers ES bereits im Bordnetz implementiert ist, und veranlasst diese, den Energiespeicher ES mit einem vorgegebenen vorzugsweise konstanten Ladestrom I_M aufzuladen.

[0046] Wird der Energiespeicher ES mit einem Ladestrom I_M aufgeladen, so entsteht zum Beginn des Ladevorgangs ein Spannungssprung ΔU_1 am Energiespeicher ES. Dieser Spannungssprung ΔU_1 resultiert daraus, dass am Innenwiderstand R_{ES} des Energiespeichers ES nur dann eine Spannung abfällt, wenn er von Strom durchflossen wird.

[0047] Fließt durch den zuvor unbelasteten Energiespeicher ES nun ein Ladestrom I_M , so steigt die Spannung am Energiespeicher ES sprunghaft um einen Betrag:

$$|\Delta U_1| = I_M \times R_{ES} \quad (1)$$

[0048] Durch Bestimmung des Spannungssprungs ΔU_1 bei bekanntem Ladestrom I_M kann der Innenwiderstand R_{ES} anhand folgender Gleichung bestimmt werden:

$$R_{ES} = \frac{|\Delta U_1|}{I_M} \quad (2)$$

[0049] Unmittelbar nach dem Ende des Ladevorgangs, also unmittelbar nachdem der Ladestrom I_M abgeschaltet ist, sinkt die Spannung U_{ES} am Energiespeicher ES sprunghaft um einen Sprungwert ΔU_2 mit dem nahezu gleichen Betrag wie beim Anfang des Ladevorgangs: $|\Delta U_1| = |\Delta U_2|$. Damit kann der Spannungsabfall ΔU_2 am Ende des Ladevorgangs unmittelbar nach dem Ende des Ladevorgangs ebenfalls zur Bestimmung vom Innenwiderstand R_{ES} herangezogen werden.

[0050] Analog kann der Energiespeicher ES mit einem vorgegebenen Entladestrom I_M entladen werden. Hierzu kann der Energiespeicher ES von der Messeinheit ME, gesteuert kurzzeitig mit einer elektrischen in der Figur nicht dargestellten Last bspw. einem Widerstand verbunden werden. Wie beim Aufladevorgang werden hier auch die Spannungssprünge ΔU zu Beginn und zum Ende des Entladevorgangs ermittelt und anhand der beiden obigen Gleichungen (1), (2) wird dann der Innenwiderstand R_{ES} ermittelt.

[0051] Der Spannungssprung ΔU wird verfahrensmäßig wie folgt ermittelt. Von kurz vor Beginn des Ladevorgangs an tastet die Messeinheit ME über eine Abtasteinheit AE die Ladespannungswerte also das Spannungspotential am Energiespeicher ES ab, wobei die Messeinheit ME das Spannungspotential am Pluspol MP1 des Energiespeichers ES und das Massepotential MP2 am Bordnetz BN abgreift und aus Differenzen beider Spannungspotentiale die aktuelle Ladespannung am Energiespeicher ES ermittelt. Die Ladespannungswerte am Energiespeicher ES werden vorzugsweise über den gesamten Ladevorgang hindurch bis kurz nach dem Ende des Ladevorgangs abgetastet. Alternativ können die Spannungswerte jeweils in einem Zeitraum von kurz vor Beginn bis kurz nach dem Beginn des Ladevorgangs Z1 bzw. in einem Zeitraum von kurz vor dem Ende bis kurz nach dem Ende des Ladevorgangs Z2 abgetastet, wie es das Signaldiagramm **250** in der [Fig. 2](#) darstellt.

[0052] Die abgetasteten Ladespannungswerte in dem Zeitraum Z1 bzw. Z2 werden ausgewählt und einer Hochpassfilterung durch einen der Abtasteinheit AE nachgeschalteten Hochpassfilter HP unterzogen und so von den niederfrequenten oder statischen Spannungsanteilen herausgefiltert.

[0053] Nach Hochpassfilterung erhält man als Ergebnis den Spannungssprungwert ΔU , wie es das Signaldiagramm **260** in der [Fig. 2](#) veranschaulicht. Optional wird der so ermittelte Spannungssprungwert ΔU von einer Verstärkereinheit mit einem vorgegebenen Verstärkungsfaktor verstärkt und zur Berechnung des Innenwiderstands R_{ES} des Energiespeichers ES an die Recheneinheit RE weitergeleitet.

[0054] Die Recheneinheit RE berechnet dann den Innenwiderstand R_{ES} aus dem bekannten Ladestromwert I_M und dem mitgeteilten Spannungssprungwert ΔU anhand der Gleichung: $R_{ES} = \frac{|\Delta U|}{I_M}$.

[0055] Wird jeweils ein Spannungssprungwert ΔU_1 , ΔU_2 zu Beginn und zum Ende des Ladevorgangs ermittelt wie es das Signaldiagramm **260** in der [Fig. 2](#) zeigt, so kann der zweite Spannungssprungwert zur Überprüfung der Genauigkeit des zu ermittelten Innenwiderstands R_{ES} bzw. zur Überprüfung von möglichen Messfehlern oder Defekten bei der Messeinheit ME dienen. Dabei werden die Beträge ΔU_1 , ΔU_2 der beiden Spannungssprungwerte ΔU_1 , ΔU_2 zueinander verglichen.

[0056] Aus einer Wertabweichung, welche eine vorgegebene Schwelle übersteigt, lässt sich dann Rückschluss auf Vorliegen eines Messfehlers bzw. eines Fehlers in der Messeinheit ziehen.

[0057] Liegt die Wertabweichung der Beträge $|\Delta U_1|$, $|\Delta U_2|$ der beiden Spannungssprungwerte ΔU_1 , ΔU_2 unter der vorgegebenen Schwelle, so kann der Innenwiderstand R_{ES} aus den beiden Spannungssprungwerten ΔU_1 , ΔU_2 anhand folgender Gleichung noch genauer ermittelt werden, wobei durch das Heranziehen beider Spannungssprungwerte ΔU_1 , ΔU_2 die eventuellen systembedingten Messfehler bei der Ermittlung der Spannungssprungwerte ΔU_1 , ΔU_2 kompensiert werden können:

$$R_{ES} = \frac{\frac{|\Delta U_1| + |\Delta U_2|}{2}}{I_M} = \frac{|\Delta U_1| + |\Delta U_2|}{2 \times I_M}.$$

[0058] Während der Betriebsphase speist der Generator G das Bordnetz BN mit dem Strom bzw. zieht vom Bordnetz BN Strom ab und produziert so im Bordnetz BN eine Welligkeit der Bordnetzspannung (Schwankungen der Bordnetzspannung), die sich auf die Messung der Ladespannung des Energiespeichers ES und somit des Innenwiderstands R_{ES} störend auswirkt. Schnelle Änderungen der Bordnetzspannung infolge der Welligkeit bewirken also Verschiebungen von Massepotenzialen, die bei einer gleichzeitig durchgeführten Ladespannungsmessung und somit Innenwiderstandsmessung zu großen Verfälschungen führt. Zudem entstehen durch die Überlagerung des Bordnetzstroms und des Messstroms Spannungsabfälle am Bordnetz BN, die das Messergebnis der Ladespannung signifikant verfälschen.

[0059] Daher ist es erforderlich, die Messung des Innenwiderstands R_{ES} während der Betriebsruhephase des Generators G, also während des Zeitraums t_1 , wo der Generator keinen Strom ins Bordnetz BN einspeist bzw. vom Bordnetz BN abzieht, durchzuführen, um die Störung bzw. Verfälschung des Messergebnis durch den Generatorstrom I_G zu vermeiden bzw. zu minimieren (siehe Signaldiagramm **210** in der [Fig. 2](#)).

[0060] Hierzu überwacht die Messeinheit ME den Betriebszustand des Generators G, indem diese am LIN-Bus LB das LIN-Signal LIN bzw. die LIN-Botschaften aus dem Generator G abhört (siehe Signaldiagramm **220** in der [Fig. 2](#)).

[0061] Geht der Generator G bspw. nach dem Fahrtzyklus des Fahrzeugs oder infolge der Stopp-Phase der Start-Stopp-Automatik des Fahrzeugs in den Stillstand bzw. in die Betriebsruhephase über, so sendet dieser eine entsprechende LIN-Botschaft mit einem entsprechenden der Messeinheit ME bekannten Informationswert (Signalwert) an den LIN-Bus (Signalabschnitt **310** im Signaldiagramm **220**).

[0062] Empfängt die Messeinheit ME die LIN-Botschaft mit dem vorab definierten Informationswert, der auf einen Stillstand als eine Betriebsruhephase des Generators G hindeutet, so startet die Messeinheit ME mithilfe der Abtasteinheit AE die Abtastung der Spannungswerte U der Ladespannung am Energiespeicher ES (siehe Signaldiagramm **250** in der [Fig. 2](#)). Die Messung bzw. die Abtastung t_3 kann bspw. ca. 100 ms andauern. Da die Messung bzw. Abtastung unmittelbar vor dem Anfang des Ladevorgangs startet und unmittelbar nach dem Ende des Ladevorgangs endet, dauert der Ladevorgang entsprechend kürzer, also t_3 -Z3-Z4, wie es das Signaldiagramm **250** in der [Fig. 2](#) zeigt.

[0063] Nach einer vorgegebenen Zeitphase Z3 nach dem Start der Abtastung der Spannungswerte startet die Messeinheit das Aufladen des Energiespeichers ES mit einem Ladestrom I_M mit einer vorgegebenen Stromstärke. Dabei veranlasst die Messeinheit ME die Nachladeinheit LE durch Aussenden eines Steuersignals **130** an diese Nachladeinheit LE, den Energiespeicher ES mit einem vorgegebenen konstanten Ladestrom I_M von der Batterie BAT über eine ebenfalls vorgegebene Ladezeit t_2 aufzuladen (siehe Signaldiagramm **230** in der [Fig. 2](#)).

[0064] Je nach Ausführung und abhängig vom Ladezustand oder der Ladekapazität des Energiespeichers ES kann die Ladezeit t_2 einige 10 Millisekunden oder gar 100 Millisekunden dauern. Solange die LIN-Botschaft IN aus dem Generator G den Stillstand bzw. die Betriebsruhephase des Generators G beschreibt, kann der Ladevorgang fortgesetzt werden und können die Spannungswerte der Ladespannung U weiter abgetastet und zur Ermittlung des Innenwiderstands R_{ES} des Energiespeichers ES herangezogen werden.

[0065] Alternativ kann der Ladevorgang durch Zuschalten eines ebenfalls in der [Fig. 1](#) nicht dargestellten, zwischen dem Energiespeicher ES und der Batterie BAT angeordneten, unmittelbar oder mittelbar steuerbaren Schalter veranlasst werden.

[0066] In der Regel wird die Ladespannung am Energiespeicher ES über die gesamte Ladedauer hindurch abgetastet. Vorteilhafterweise kann die Ladespannung aber auch nur in den Zeiträumen zwischen kurz vor bis kurz nach Beginn Z1 bzw. kurz vor bis kurz nach dem Ende Z2 des Ladevorgangs abgetastet werden, um die Speicherkapazität für die Abtastwerte der Ladespannung zu sparen, welche sowieso nicht zur Ermittlung des Innenwiderstands R_{ES} des Energiespeichers ES herangezogen werden.

[0067] Die Auswahl der passenden Abtastzeitdauer Z1, Z2, Z3 und Z4 hängt von der Abtastrate der Abtasteinheit AE ab. Eine erfolgreiche Ermittlung des Spannungssprungwertes ΔU zu Beginn bzw. unmittelbar nach dem Ende des Ladevorgangs setzt wiederum eine Anzahl von ausreichend vielen abgetasteten Spannungswerten der Ladespannung mit ausreichend hoher Abtastrate voraus. In Abhängigkeit der Ausführung der Messeinheit ME bzw. des Energiesystems betragen die erforderlichen Zeitdauer Z1, Z2, Z3 und Z4 einige Millisekunden.

[0068] Die erfindungsgemäße Messeinheit ME bzw. das erfindungsgemäße Ermitteln des Innenwiderstands bzw. Eigenwiderstands R_{ES} eines Energiespeichers ES kann nicht nur bei einem Energiespeicher ES eines Bordnetzes BN eines Fahrzeugs, sondern bei allen Energiesystemen angewendet werden, wo eine Ermittlung bzw. Überwachung des Innenwiderstands eines Energiespeichers in diesen Energiesystemen für die Aufrechterhaltung der Funktionalität dieser Systeme relevant ist.

Bezugszeichenliste

AE	Abtasteinheit
BAT	Batterie
BN	Bordnetz
ES	Energiespeicher
G	Generator
GND	Masseanschluss
HP	Hochpassfilter
LB	LIN-Bus
LE	Nachladeeinheit
LORD	Systemlast
ME	Messeinheit
MP1	Pluspol des Energiespeichers ES
MP2	Massepotential am Bordnetz BN
RE	Recheneinheit
110	Generator G sendet LIN-Botschaft ins Bordnetz mit Betriebszustandsinformation des Generators G
120	Messeinheit ME hört LIN-Botschaft vom Generator G ab
130	Steuersignal

Patentansprüche

1. Messeinheit (ME) für einen Energiespeicher (ES) im Bordnetz eines Fahrzeugs, wobei das Bordnetz
 - einen Generator (G) zur Stromversorgung für zumindest einen Energieverbraucher (LORD) im Bordnetz aufweist,
 - wobei die Messeinheit (ME) während der Zeit, wo der Generator (G) weder einen Strom (I_G) in das Bordnetz einspeist noch einen Strom (I_G) von dem Bordnetz abzieht, den Innenwiderstand (R_{ES}) des Energiespeichers (ES) ermittelt.

2. Messeinheit (ME) nach dem Anspruch 1, wobei die Messeinheit (ME) während des Stillstandes des Generators (G) den Energiespeicher (ES) mit einem Ladestrom (I_M) mit einer vorgegebenen Stromstärke auflädt, wobei das Bordnetz vorzugsweise eine Batterie (BAT) zur Bereitstellung des Laststroms (I_M) aufweist.

3. Messeinheit (ME) nach dem Anspruch 1, wobei die Messeinheit (ME) den Energiespeicher (ES) mit einem Entladestrom I_M mit einer vorgegebenen Stromstärke entlädt.

4. Messeinheit (ME) nach Anspruch 2 oder 3, wobei die Messeinheit (ME) die Ladespannung (U_{ES}) am Energiespeicher (ES) während des Lade- bzw. Entladevorgangs des Energiespeichers (ES) misst.

5. Messeinheit (ME) nach Anspruch 2 oder 3, wobei die Messeinheit (ME) die Ladespannung (U_{ES}) am Energiespeicher (ES) in einem Zeitraum von unmittelbar vor Beginn des Lade- bzw. Entladevorgangs des Energiespeichers (ES) bis unmittelbar nach dem Ende des Lade- bzw. Entladevorgangs des Energiespeichers (ES) misst.

6. Messeinheit (ME) nach Anspruch 2 oder 3, wobei die Messeinheit (ME) die Ladespannung (U_{ES}) am Energiespeicher (ES) in einem Zeitraum von unmittelbar vor Beginn bis unmittelbar nach dem Beginn des Lade- bzw. Entladevorgangs des Energiespeichers (ES) misst.

7. Messeinheit (ME) nach Anspruch 2 oder 3, wobei die Messeinheit (ME) die Ladespannung (U_{ES}) am Energiespeicher (ES) in einem Zeitraum von unmittelbar vor dem Ende bis unmittelbar nach dem Ende des Lade- bzw. Entladevorgangs des Energiespeichers (ES) misst.

8. Messeinheit (ME) nach einem der Ansprüche 4 bis 6,
 – wobei die Messeinheit (ME) einen Hochpassfilter (HP) aufweist,
 – wobei der Hochpassfilter (HP) aus den Messwerten der Ladespannung (U_{ES}) durch eine Hochpassfilterung den Spannungssprungwert ($\Delta U1$) herausfiltert, wobei der Spannungssprungwert ($\Delta U1$) unmittelbar nach dem Beginn des Lade- bzw. Entladevorgangs auftritt,
 – wobei die Messeinheit (ME) die aufeinanderfolgenden, unmittelbar nach dem Beginn des Lade- bzw. Entladevorgangs erfassten Messwerte der Ladespannung (U_{ES}) zur Hochpassfilterung heranzieht, bzw.
 – die aufeinanderfolgenden, unmittelbar vor dem Beginn bis unmittelbar nach dem Beginn des Lade- bzw. Entladevorgangs erfassten Messwerte der Ladespannung (U_{ES}) zur Hochpassfilterung heranzieht.

9. Messeinheit (ME) nach einem der Ansprüche 4, 5 oder 7,
 – wobei die Messeinheit (ME) einen Hochpassfilter (HP) aufweist,
 – wobei der Hochpassfilter (HP) aus den Messwerten der Ladespannung (U_{ES}) durch eine Hochpassfilterung den Spannungssprungwert ($\Delta U2$) herausfiltert, wobei der Spannungssprungwert ($\Delta U2$) unmittelbar nach dem Ende des Lade- bzw. Entladevorgangs auftritt,
 – wobei die Messeinheit (ME) die aufeinanderfolgenden, unmittelbar nach dem Ende des Lade- bzw. Entladevorgangs erfassten Messwerte der Ladespannung (U_{ES}) zur Hochpassfilterung heranzieht, oder
 – die aufeinanderfolgenden, unmittelbar vor dem Ende bis unmittelbar nach dem Ende des Lade- bzw. Entladevorgangs erfassten Messwerte der Ladespannung (U_{ES}) zur Hochpassfilterung heranzieht.

10. Messeinheit (ME) nach Anspruch 8 oder 9, wobei die Messeinheit (ME) mithilfe des vorgegebenen Lade- bzw. Entladestroms (I_M) und des Spannungssprungwerts ($\Delta U1$, $\Delta U2$) den Innenwiderstand (R_{ES}) des Energiespeichers ES berechnet, wobei gilt: $R_{ES} = \frac{|\Delta U1|}{I_M}$, $R_{ES} = \frac{|\Delta U2|}{I_M}$ bzw. $R_{ES} = \frac{|\Delta U1|}{I_M} = \frac{|\Delta U2|}{I_M}$.

11. Messeinheit (ME) nach Anspruch 10, wobei die Messeinheit (ME) den Innenwiderstand (R_{ES}) des Energiespeichers (ES) anhand folgender Gleichung ermittelt: $R_{ES} = \frac{|\Delta U1| + |\Delta U2|}{2 \times I_M}$.

12. Messeinheit (ME) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Messeinheit (ME) den Innenwiderstand (R_{ES}) des Energiespeichers (ES) in einem Zeitraum ermittelt, wo der Generator (G) keinen Strom in das Bordnetz einspeist oder vom Bordnetz abzieht, wobei das Bordnetz einen Datenbus (LIN-Bus) aufweist und die Messeinheit (ME) über den Datenbus (LIN-Bus) den Betriebszustand des Generators (G) erfragt und beim Vorliegen eines Bus-Signals mit einer vorgegebenen Signalbotschaft, welche einen Stillstand des Generators (G) bzw. einen Übergang des Betriebszustands des Generators (G) zum Stillstand mitteilt, beginnt, den Energiespeicher (ES) mit dem vorgegebenen Lade- bzw. Entladestrom (I_M) zu laden bzw. entladen.

13. Messeinheit (ME) nach Anspruch 12, wobei der Datenbus ein LIN-Bus ist und das Bus-Signal ein LIN-Signal ist.

14. Messeinheit (ME) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Messeinheit (ME) den Innenwiderstand (R_ES) des Energiespeichers (ES) in einem Zeitraum ermittelt, wo der Stopp-Phase des Generators (G) durch die Start-/Stopp-Automatik des Fahrzeugs eingeleitet ist.

15. Messeinheit (ME) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die Messeinheit (ME) den Innenwiderstand (R_ES) des Energiespeichers (ES) in einem Zeitraum unmittelbar nach dem Ausschalten des Fahrzeugverbrennungsmotors ermittelt.

16. Messeinheit (ME) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die Messeinheit (ME) den Innenwiderstand (R_ES) des Energiespeichers (ES) in einem Zeitraum unmittelbar nachdem der Zündschlüssel vom Zündschloss herausgezogen wurde, ermittelt.

17. Messeinheit (ME) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die Messeinheit (ME) den Innenwiderstand (R_ES) des Energiespeichers (ES) in einem Zeitraum unmittelbar nach dem Entriegeln des Fahrzeugs und vor dem Starten des Fahrzeugverbrennungsmotors ermittelt.

18. Messeinheit (ME) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die Messeinheit (ME) den Innenwiderstand (R_ES) des Energiespeichers (ES) in einem Zeitraum unmittelbar nach dem Einstecken des Zündschlüssels in den Zündschloss und vor dem Starten des Fahrzeugverbrennungsmotors ermittelt.

19. Energiesystem zur Stromversorgung für zumindest einen Energieverbraucher (LORD),
– wobei das Energiesystem einen Generator (G) und einen Energiespeicher (ES) aufweist,
– wobei der Generator (G) und der Energiespeicher (ES) den Energieverbraucher (LORD) mit Strom versorgt,
– wobei das Energiesystem eine Messeinheit (ME) nach einem der vorangehenden Ansprüche aufweist.

20. Energiesystem nach Anspruch 18, wobei das Energiesystem einen Datenbus (LIN-Bus) aufweist, wobei die Messeinheit (ME) über den Datenbus (LIN-Bus) den Betriebszustand des Generators (G) erfragt und beim Vorliegen eines Bus-Signals mit einer vorgegebenen Signalbotschaft, welche einen Stillstand des Generators (G) bzw. einen Übergang des Betriebszustands des Generators (G) zum Stillstand mitteilt, beginnt, den Energiespeicher (ES) mit dem vorgegebenen Lade- bzw. Entladestrom I_M zu laden bzw. entladen.

21. Energiesystem nach Anspruch 19, wobei der Datenbus ein LIN-Bus ist und das Bus-Signal ein LIN-Signal ist.

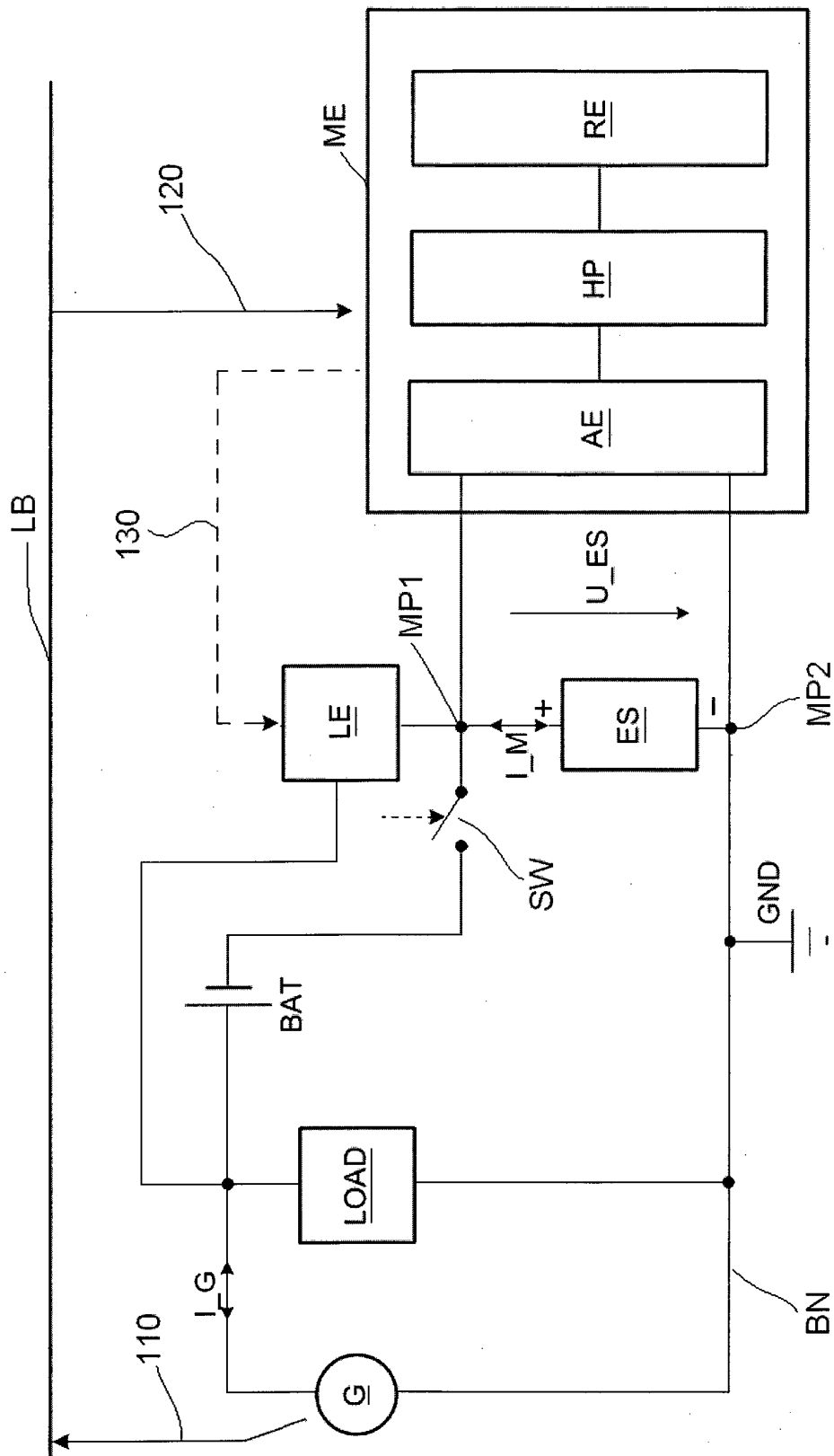
22. Bordnetz eines Fahrzeugs, wobei das Bordnetz
– einen Generator (G) und einen Energiespeicher (ES) zur Stromversorgung für zumindest einen Energieverbraucher (LORD) im Bordnetz aufweist,
– wobei das Bordnetz eine Messeinheit (ME) nach einem der Ansprüche 1 bis 18 aufweist.

23. Bordnetz nach Anspruch 22, wobei das Bordnetz einen Datenbus (LIN-Bus) aufweist, wobei die Messeinheit (ME) über den Datenbus (LIN-Bus) den Betriebszustand des Generators (G) erfragt und beim Vorliegen eines Bus-Signals mit einer vorgegebenen Signalbotschaft, welche einen Stillstand des Generators (G) bzw. einen Übergang des Betriebszustands des Generators (G) zum Stillstand mitteilt, beginnt, den Energiespeicher (ES) mit dem vorgegebenen Lade- bzw. Entladestrom I_M zu laden bzw. entladen.

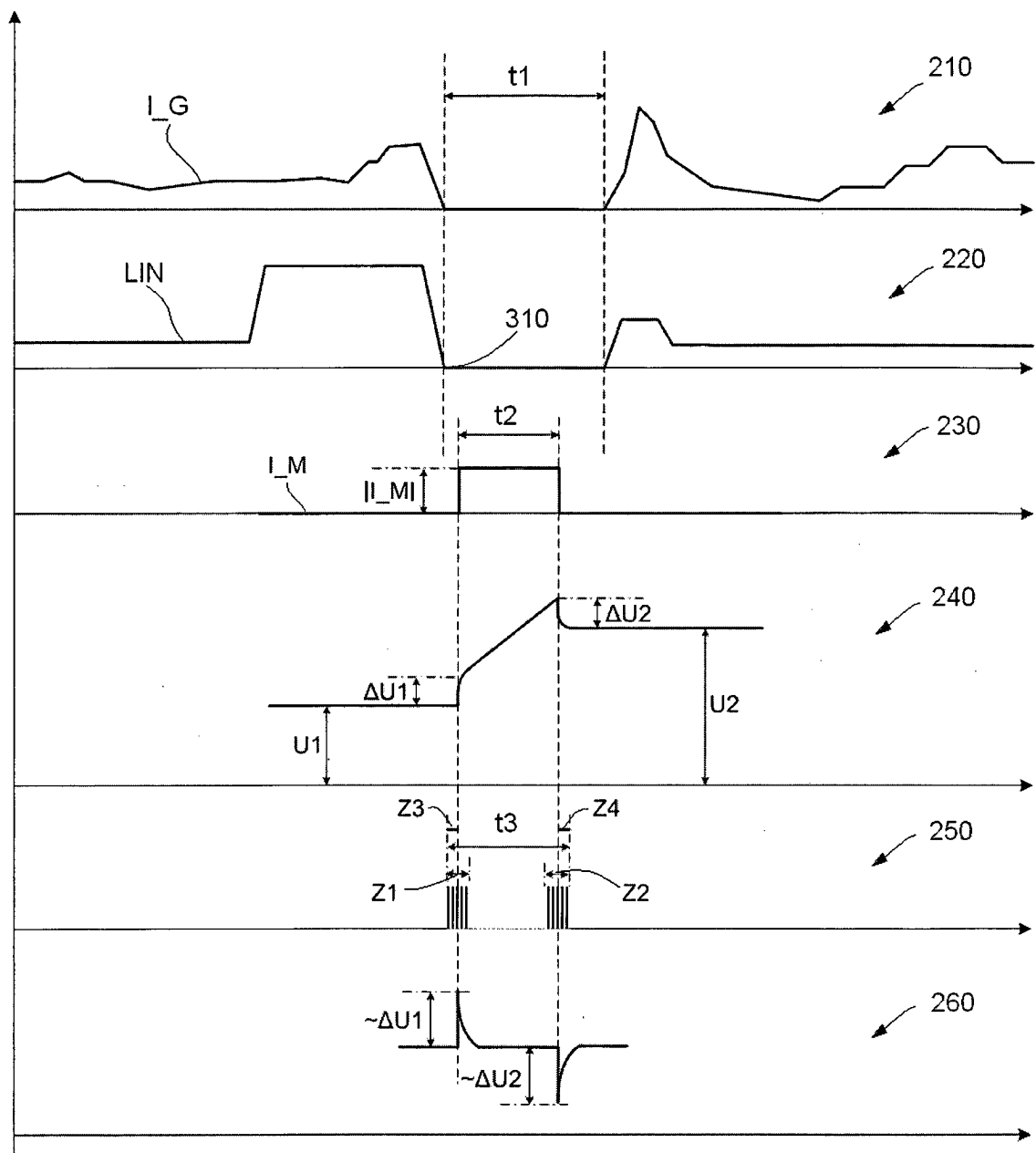
24. Bordnetz nach Anspruch 23, wobei der Datenbus ein LIN-Bus ist und das Bus-Signal ein LIN-Signal ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



Figur 1



Figur 2