



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 103 19 336 A1 2004.11.18**

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 19 336.7**  
 (22) Anmeldetag: **30.04.2003**  
 (43) Offenlegungstag: **18.11.2004**

(51) Int Cl.7: **B60R 21/01**  
**B60R 21/32, B60R 16/02, G01R 27/26,**  
**H02J 15/00**

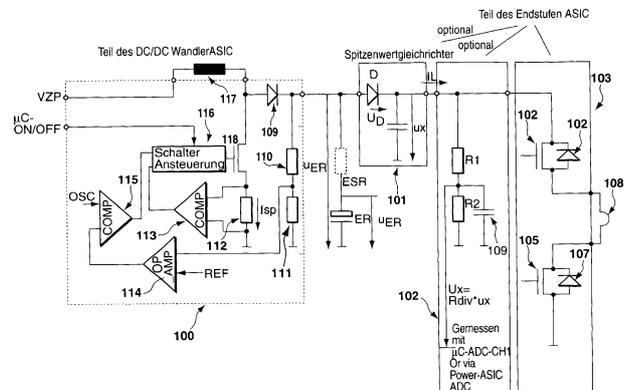
(71) Anmelder:  
**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Schuhmacher, Hartmut, 71691 Freiberg, DE;**  
**Heilmann, Gernod, 71282 Hemmingen, DE**

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

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Überwachung wenigstens eines Energiereservekondensators in einem Rückhaltesystem**

(57) Zusammenfassung: Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überwachung eines Energiereservekondensators vorgeschlagen, wobei nun neben der Überwachung der Kapazität auch die Überwachung des Innenwiderstands vorgesehen ist. Dies wird durch eine zeitliche Abfolge von Ladevorgängen und einer Unterbrechung dieser Ladevorgänge erreicht.



**Beschreibung**

## Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung geht aus von einem Verfahren bzw. einer Vorrichtung zur Überwachung wenigstens eines Energiereservekondensators in einem Rückhaltesystem nach der Gattung der unabhängigen Patentansprüche.

**[0002]** Aus DE 197 15 571 A1 ist es beispielsweise bekannt, die Kapazität eines Kondensators, der als Energiereserve für ein Rückhaltesystem verwendet wird, zu überwachen.

## Aufgabenstellung

## Vorteile der Erfindung

**[0003]** Das erfindungsgemäße Verfahren bzw. die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Überwachung eines Energiereservekondensators hat demgegenüber den Vorteil, dass nunmehr auch der Innenwiderstand des Energiereservekondensators überwacht wird. Mit der Alterung von Aluminiumelektrolytkondensatoren, die meist als Energiereservekondensatoren verwendet werden, geht eine Veränderung der Kapazität wie auch des Innenwiderstandes einher. Mit zunehmender Zahl von Zündkreisen, die immer häufiger parallel und mit hohem Strom gezündet werden müssen, verlieren derzeitige Lösungen von Energiereserve-spannung und Fahrzeugbatteriespannung an Wirksamkeit, da über eine Kabelverbindung mit 0,5 bis 1 Ohm Innenwiderstand nicht ausreichend genug Strom ohne merklichen Spannungseinbruch bereitgestellt werden kann. Aus diesem Grund wird es immer bedeutsamer, neben der Kapazität von den Energiereservekondensatoren auch deren Innenwiderstand gesondert zu überwachen. Nur dadurch kann im schlechtesten Fall sichergestellt werden, dass eine zeitgleiche parallele Zündung mit hoher Zündgeschwindigkeit und hohem Zündstrom erfolgen kann. Insbesondere bei Zündkreisen mit einem höheren Kreiswiderstand, beispielsweise 6,5 Ohm. Außerdem wird dabei sichergestellt, dass bei gleichzeitiger Verwendung des Energiespeichers zur Steuergeräteversorgung durch die hohe Stromentnahme beim Zünden bis zu 20 Ampere es nicht zu einem temporären Einbruch der Energiereserve-spannung unter die Resetschwelle der Spannungsversorgung kommt, was zu einem Versagen des gesamten Systems im Craschfall führen würde. Wird ein Fehler, also ein zu hoher Innenwiderstand, erkannt, dann wird dies zur Anzeige gebracht, damit das Steuergerät mit dieser Energiereserve ausgetauscht werden kann. Denn dies ist nur notwendig, um den sicheren Betrieb von Rückhaltemitteln im Auslösefall zu garantieren.

**[0004]** Derzeit wird bei der Elektronik für Rückhaltesysteme, insbesondere im Steuergerät, zur Zündung

der Rückhaltemittel eine Energiereserve verwendet, für die entweder ein oder mehrere Kondensatoren verwendet werden. Damit ist die Zündung der Rückhaltemittel unabhängig von Schwankungen und dem Zustand der Batteriespannung im Fahrzeug. Die erfindungsgemäße Vorrichtung bzw. das erfindungsgemäße Verfahren ist sowohl bei einem Energiereservekondensator oder bei einer Mehrzahl von Energiereservekondensatoren anwendbar.

**[0005]** Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen und Weiterbildungen sind vorteilhafte Verbesserungen der in den unabhängigen Patentansprüchen angegebenen Vorrichtung bzw. Verfahren zur Überwachung wenigstens eines Energiereservekondensators möglich.

**[0006]** Besonders vorteilhaft ist, dass die Vorrichtung durch eine zeitliche Abfolge wenigstens eines Ladevorgangs und einer Unterbrechung dieses Vorgangs den Innenwiderstand des Energiereservekondensators bestimmt. Damit können nämlich definierte elektrische Parameter ermittelt werden, die durch den Innenwiderstand beeinflusst werden. Damit ist es dann folglich möglich, den Innenwiderstand durch den Mikrokontroller im Steuergerät zu bestimmen. Wird eine Mehrzahl von Lade- und Entladevorgängen verwendet, ist die Messung robuster.

**[0007]** Weiterhin ist es von Vorteil, dass zur Überwachung des Innenwiderstands ein Spannungswandler, ein Gleichrichter und ein Spannungsteiler vorgesehen sind. Dabei dient der Spannungswandler zum Laden des wenigstens einen Energiereservekondensators und der dem Energiereservekondensator nachgeschaltete Gleichrichter und Spannungsteiler zum Messen der elektrischen Parameter, die zur Bestimmung des Innenwiderstands des Energiereservekondensators dienen. Der Gleichrichter muss ein Spitzenwertgleichrichter sein, während der Spannungsteiler zusätzlich als Tiefpass konfiguriert ist. Damit wird verhindert, dass kurzfristige Spannungsspitzen Einfluss auf die Messung nehmen. Der Spannungswandler weist vorzugsweise eine Regelung für seine Ausgangsspannung auf, um nach einer Lade-phase des Energiereservekondensators die Ausgangsspannung in einem definierten Regelband zu halten.

**[0008]** Das Verfahren zur Bestimmung des Innenwiderstands des Energiereservekondensators kann folgendermaßen ablaufen:

In einem ersten Schritt wird der Kondensator durch den Spannungswandler auf einen ersten Spannungswert aufgeladen, der über der Batteriespannung liegt. Dies ist notwendig, um die Messung oberhalb der Batteriespannung durchzuführen, da es sein kann, dass die Batteriespannung als Reserve direkt mit dem Energiereservekondensator gekoppelt ist und so gegebenenfalls die Messung verfälschen

könnte. Wird jedoch der Energiereservekondensator über die Batteriespannung geladen, ist die Messung unabhängig vom Verhalten der Batteriespannung. Zur Schaffung definierter Anfangsbedingungen wird der Wandler abgeschaltet und es kommt zu einem abrupten Absinken der Spannung über den Innenwiderstand des Elektrolytkondensators. Diese Spannung muss dann aber über einem anderen Bauelement im Stromkreis abfallen. Dazu dienen zum einen der Kondensator des Spitzenwertgleichrichters und der Spannungsteiler, der dem Spitzenwertgleichrichter nachgeschaltet ist. Dieses Verhalten geschieht jedoch nicht instantan, sondern mit einer gewissen Zeitverzögerung, so dass für eine bestimmte Zeit gewartet wird, dass sich ein statischer Wert einpendelt. Diese Zeit wird im wesentlichen bestimmt durch den Abbau der Energie in der Spule des Schaltwandlers, der Zeitkonstanten des Spitzenwertgleichrichters, des Meßtieffpasses sowie vorhandener Lastströme am Ausgang des Spitzenwertgleichrichters. Der Wert der Spannung, welche über dem Innenwiderstand des Energiereservekondensators zum Zeitpunkt des Abschaltens abfällt, ergibt sich aus dem Wert des Innenwiderstands und dem Ladestrom zu diesem Zeitpunkt, wobei der Ladestrom an den Kondensator abgegeben wurde. Nach dieser Wartezeit, bis sich der statische Wert eingependelt hat, wird erneut der Energiereservekondensator durch den Wandler aufgeladen. Durch die geänderte zeitliche Betrachtung bleibt der Ladezustand des Energiereservekondensators nahezu unverändert, während die Spannung über dem Energiereservekondensator im Takt des Schaltwandlers pulsiert. Die Spannung  $u_x$  am Ausgang des Spitzenwertgleichrichters nimmt den Spitzenwert der pulsierenden Spannung an. Danach wird der Wandler wieder abgeschaltet, bis sich ein statischer Wert gebildet hat. Wie oben dargestellt, kann aus der Differenz zwischen dem aufgeladenen Wert und dem statischen abgesunkenen Wert des Spitzenwertgleichrichters der Innenwiderstand des Energiereservekondensators ermittelt werden.

**[0009]** Die Zeit für die der Wandler abgeschaltet wird, wird in Abhängigkeit von der Spulenrestenergie, der Zeitkonstanten des Spitzenwertgleichrichters, des Meßtieffpasses sowie vorhandener Lastströme am Ausgang des Spitzenwertgleichrichters gewählt. Die Ladezeit beim zweiten Laden wird derart gewählt, dass die Kapazität des Spitzenwertgleichrichters auf den Spitzenwert, der durch die durch den getakteten Ladestrom verursachten zweiten Spannung am Innenwiderstand des Energiereservekondensators zusätzlich der Spannung an der eigentlichen Kapazität angehoben wird. Das erfindungsgemäße Verfahren wird vorzugsweise beim Kaltstart durchgeführt, da in Bezug auf den Elektrolytkondensator sich das Fahrzeug im kältesten Zustand befindet.

**[0010]** Der Spannungswandler lädt den Energiereservekondensator getaktet auf. Zur Bestimmung des

Innenwiderstands des Energiereservekondensators ist ein Schaltwandlerbetrieb mit bekannter Pulsstromamplitude notwendig, um aus der beobachteten Spannungsdifferenz zwischen Spitzenwert, wenn der Wandler aktiv ist, und dem abgesunkenen Wert, wenn der Wandler inaktiv ist, den Innenwiderstand des Energiereservekondensators zu bestimmen. Der Schaltwandlerbetrieb ist notwendig, da die Spannung an der Energiereserve und damit der gesamte Messvorgang über der Fahrzeugbatteriespannung liegt. Der hier verwendete getaktete Aufwärtswandler bestimmt den Spitzenwert des Spulenstroms im Querschnitt des Wandlers.

**[0011]** In einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass ein Längstransistor im Spannungswandler vorgesehen ist. Dieser Längstransistor ermöglicht die Steuerung des Durchgriffs der Batteriespannung auf den Energiereservekondensator. Dies senkt die Verlustleistung während der Messung, da bei einer niedrigeren Spannung gemessen werden kann.

**[0012]** Weiterhin kann durch Sperrung des Längstransistors während der Messung der Einfluss der Batteriespannung auf die Messung eliminiert werden.

#### Ausführungsbeispiel

#### Zeichnung

**[0013]** Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

**[0014]** Es zeigen

**[0015]** Fig. 1 ein erstes Schaltbild der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

**[0016]** Fig. 2 ein Spannungs-Zeit-Diagramm des Lade- und Entladevorgangs des Energiereservekondensators,

**[0017]** Fig. 3 ein Flussdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens,

**[0018]** Fig. 4 ein Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Vorrichtung und

**[0019]** Fig. 5 ein zweites Schaltbild der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

#### Beschreibung

**[0020]** Im Folgenden wird beschrieben, wie bei steigendem Innenwiderstand des Energiereservekondensators das Rückhaltesystem richtig reagiert, indem es bei einem gefährlich hohen Innenwiderstand dies zur Anzeige bringt, um einen Austausch der Elektronik zu erreichen. Das Signal kann beispiels-

weise im Armaturenbrett durch eine Anzeige dem Fahrer visuell dargebracht werden, es kann eine akustische Ausgabe erfolgen oder es kann auch zusätzlich eine Kontaktaufnahme über eine Send-Empfangsstation, beispielsweise ein Mobiltelefon stattfinden, um eine Werkstatt oder eine andere Serviceeinrichtung zu kontaktieren. Diese könnte dann den Fahrer informieren, dass ein Austausch nunmehr notwendig ist.

**[0021]** Für die Durchführung bzw. die Realisierung der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind folgende Voraussetzungen zu erfüllen:

Es ist ein getakteter Aufwärtswandler mit fester oder variabler Schaltwandlerfrequenz vorzusehen. Die Ladespannung des Energiereservekondensators muss letztlich über der höchsten Airbag-System-Versorgungsspannung liegen. Damit wird die Messung in einem Bereich durchgeführt, der durch andere Größen nicht gestört werden kann. Im Folgenden wird ein Wandler mit einer Spule gezeigt. Der Wandler muss eine Erfassung des Spulenstroms im Querzweig aufweisen, um nach dem Erreichen des maximal zulässigen Spulenstroms auf den Längszweig umzuschalten. Der maximale Spulenstrom im getakteten Ladebetrieb der Energiereserve sollte zwischen 0,4 und 1,2 A liegen. Dieser Wertebereich ist typisch, um in mittleren bis größeren Airbagsystemen auch große Energiereserven bis zu 20 mF in Zeiten von < 10 Sekunden auf  $33 \pm 2$  Volt zu laden. Ist das der Fall, dann können Innenwiderstände des Energiereservekondensators mit einer Auflösung von 32 bis 96 m $\Omega$  aufgelöst werden. Es sind natürlich auch größere Spulenströme mit weiter verbesserter Auflösung der Messung des Innenwiderstands möglich.

**[0022]** Der Wandler muss durch einen Prozessor bzw. Mikrokontroller des Airbagsteuergeräts an- und ausschaltbar sein. Der Energiereserve muss ein Spitzenwertgleichrichter bestehend aus einer Diode und beispielsweise einem Keramik Kondensator nachgeschaltet sein. Die Diode und der Keramik Kondensator stellen in optimal ausgelegten Airbagsystemen keine Neuteile dar, sondern sind in aller Regel bereits vorhanden, um die Endstufen von Rückhaltesystemen mit der Energiereserve zu verbinden. D.h. dieser Spitzenwertgleichrichter ist so wie so vorhanden. Die Spannung des Spitzenwertgleichrichters des Energiereservekondensators muss über einen Spannungsteiler, der entweder diskret zwischen Diode und Masse liegt, oder der in einer integrierten Schaltung, zum Beispiel dem Endstufen-IC integriert wurde und als Tiefpassfilter beschaltet ist, geteilt werden. Das Tiefpassfilter entsteht entweder durch eine diskrete Keramik zwischen den beiden Teilwiderständen und Masse, oder das Tiefpassfilter entsteht durch eine entsprechende Beschattung eines Operationsverstärkers zur Erfassung der Teilerspannung, beispielsweise integriert in den Endstufen-IC's. Die Spannung des Spitzenwertgleichrichters muss wei-

terhin von einem Analog-Digital-Wandler erfassbar sein. Der Analog-Digital-Wandler ist entweder Bestandteil des Mikrocontrollers oder Bestandteil eines Schaltwandler-IC's, der über eine digitale Kommunikationsverbindung seriell oder parallel mit dem Mikrokontroller verbunden ist, oder er ist Bestandteil des Endstufen-IC's und über eine digitale Kommunikationsverbindung seriell oder parallel mit dem Mikrokontroller verbunden.

**[0023]** In Fig. 4 ist in einem Blockschaltbild als eine Übersicht die erfindungsgemäße Vorrichtung dargestellt. Ein Spannungswandler **400** wandelt die Batteriespannung  $U_{\text{Bat}}$  auf einen höheren Wert, mit dem ein nachgeschalteter Energiereservekondensator ER aufgeladen wird. Dieser Energiereservekondensator weist einen Innenwiderstand ESR auf, durch den der Ladestrom des Spannungswandlers **400** läuft. Dem Energiereservekondensator ER ist ein Gleichrichter **401** nachgeschaltet. Dieser Gleichrichter verhindert eine unbeabsichtigte Zündung durch einen ungewollten positiven Spannungsimpuls in der nachgeschalteten Zündeinrichtung **403** oder den Anschlüssen des Zündelements, da ohne diesen Gleichrichter **401** das Zündelement über die Rückwärtsdioden der Endstufentransistoren mit der Energiereserve verbunden wäre und daher bei einem Potenzialunterschied Strom führt. Zwischen dem Gleichrichter **401** und der Zündeinrichtung **403** ist parallel geschaltet ein Spannungsteiler **402**, der auch als Tiefpass ausgebildet ist. Dieser Spannungsteiler **402** dient zur Messung des Innenwiderstandes ESR, wie er im Folgenden beschrieben wird. Die am Spannungsteiler **402** gemessene Spannung wird dem Mikrokontroller  $\mu\text{C}$  zugeführt, und zwar direkt in seinen Analog-Digital-Wandler. In Abhängigkeit vom damit bestimmten Wert des Innenwiderstandes ESR des Energiereservekondensators ER steuert der Mikrokontroller  $\mu\text{C}$  eine Anzeige **404** an, die anzeigt, ob der Innenwiderstand ESR einen so hohen Wert hat, dass ein Austausch des Airbagsteuergeräts, in dem sich der Energiereservekondensator ER befindet, notwendig ist. Diese Anzeige **404** kann eine Lampe im Armaturenbrett, eine Anzeige auf einem Bildschirm, eine gesprochene Aussage oder eine über Funk übermittelte Nachricht an einen Dienstleister sein.

**[0024]** Fig. 1 zeigt in einem Schaltbild die erfindungsgemäße Vorrichtung im Detail. Im Block **100** ist der Spannungswandler dargestellt. Eine Spule **117** ist außerhalb des Blocks **100** angeordnet, da alle Komponenten im Block **100** in einem IC integriert sind. Die Spule **117**, die als Topfspule ausgebildet ist, kann nicht in den IC integriert werden. Die Spule **117** ist auf einer Seite mit der Batteriespannung  $U_{\text{Bat}}$  bzw. mit der verpolgeschützten Batteriespannung VZP verbinden und auf der anderen Seite mit der Anode einer Diode **109** und beispielsweise dem Drainanschluss eines Transistors **118**. Das Gate des Transistors **118** wird von einer Schaltersteuerung **116** an-

gesteuert. Am Source-Anschluss des Transistors **118** ist ein erster Eingang eines Komparators **113** und ein Widerstand **112** angeschlossen. Auf der anderen Seite ist der Widerstand **112** mit Masse und dein zweiten Eingang des Komparators **113** verbunden. Die Kathode der Diode **109** ist einmal mit dein Widerstand **110** verbunden, und zum anderen außerhalb des IC's **100** mit dem Innenwiderstand des Elektrolytkondensators ESR und der Anode der Diode D eines Spitzenwertgleichrichters **101**. Der Widerstand **101** ist auf seiner anderen Seite zum einen mit einem ersten Eingang eines Operationsverstärkers **114** und mit einem Widerstand **111** verbunden. Der Widerstand **111** ist auf der anderen Seite mit Masse verbunden. Damit bilden die Widerstände **110** und **111** einen Spannungsteiler. Der zweite Eingang des Operationsverstärkers **114** wird mit einer Referenzspannung beaufschlagt, so dass ein Vergleich der durch den Spannungsteiler **110** und **111** abgegriffenen Spannung und dieser Referenzspannung durch den Operationsverstärker **114** stattfindet. Der Ausgang des Operationsverstärkers **114** geht in einen ersten Eingang eines Komparators **115**. An dem zweiten Eingang des Komparators **115** liegt ein Sägezahnsignal an. Der Ausgang des Komparators **115** geht in einen ersten Eingang der Schalteransteuerung **116**. An einen zweiten Eingang der Schalteransteuerung **116** ist der Ausgang des Komparators **113** angeschlossen. An einen dritten Eingang der Schalteransteuerung **116** ist eine Signalleitung des Mikrocontrollers  $\mu\text{C}$  angeschlossen bzw die Kontrollleitung, die aufgrund von serieller oder paralleler Kommunikation zwischen Mikrokontroller und Schaltwandler IC den logischen Befehl Schaltwandler aktiv oder inaktiv an die Schalteransteuerung übermittelt.

**[0025]** Der Innenwiderstand ESR ist auf seiner anderen Seite mit der Kapazität ER des Energiereservekondensators verbunden. Die Kapazität ER ist auf der anderen Seite mit Masse verbunden. Der Innenwiderstand des Elektrolytkondensators ist kein elektrisches Bauelement, sondern die modellhafte Beschreibung für die ohmschen Verluste. Die Kathode der Diode D ist zum einen mit der Kapazität  $C_{\text{peak}_D}$  verbunden und mit dem Widerstand R1 und mit der Parallelschaltung aus dem Transistor **104** und der Kathode der Diode **106**. Der Transistor **104** und die Kathode **106** gehören zum Endstufen-IC **103**, der die Zündpille **108** ansteuert. Der Transistor **104** und die Diode **106** sind nämlich auf ihrer anderen Seite mit dem Zündelement **108** verbunden. Der Transistor **104** ist lediglich mit seiner Source und seinem Drain in die Schaltung integriert. Er wirkt hier als High-Side-Schalter. Die Beschaltung seines Gates ist hier der Einfachheit halber nicht dargestellt. Das Zündelement **108** ist auf der anderen Seite mit der Low-Side des Endstufen-ASIC's **103** verbunden, und zwar dabei mit der Drain eines Transistors **105** und der Kathode der Diode **107**, die mit der Anode gegen Masse und der Drain des Transistors **105** verbunden ist. Der

Widerstand R1 gehört zum Spannungsteiler **102**, wobei der Widerstand R1 auf seiner anderen Seite mit dem Widerstand R2 und dem Kondensator **109** verbunden ist. Sowohl der Kondensator **109**, als auch der Widerstand R2 sind auf der anderen Seite mit Masse verbunden.

**[0026]** Der Spannungswandler **100** setzt die Batteriespannung VZP auf einen höheren Wert um, um die Kapazität ER auf einen über der Batteriespannung liegenden Wert aufzuladen. Dabei funktioniert der Spannungswandler **100** im getakteten Zustand, d.h. im Ladezustand wird Energie in der Spule durch den wachsenden Spulenstrom bis  $I_{\text{sp}_{\text{max}}}$  im Querzweig durch den Schalttransistor **118** des Wandlers aufgebaut, um in der Sperrphase des Schalttransistors **118** als Ladestromimpuls an den Energiereservekondensator ER wieder abgebaut zu werden. Damit liegt ein sogenannter Sperrwandler vor.

**[0027]** Die Taktung des Spannungswandlers **100** erfolgt über das Oszillatorsignal OSC, das dem Komparator **115** zugeführt wird. Dieses wird moduliert in Bezug auf die Pulsweite durch die Rückkopplungsschleife aus dem Spannungsteiler **110** und **111** und dem Operationsverstärker **114**, der die durch den Spannungsteiler **110** und **111** abgegriffene Spannung mit einem Referenzwert REF vergleicht. Damit wird eine Pulsweitenmodulation erreicht. Die Rückkopplung über den Komparator **113** dient zur Begrenzung des Spulenstroms in der Ladephase des Sperrwandlers auf einen Maximalwert. Die Diode **109** dient als Verpolschutz. Der Ladestrom  $I_{\text{sp}}$  fließt demnach zum einen über den Innenwiderstand ESR und den Kondensator ER und zum anderen über die Diode D und lädt so die kleine Kapazität  $C_{\text{peak}_D}$  auf einen Spannungsspitzenwert auf, der über den Widerstand R1 und R2 abgegriffen werden kann.

**[0028]** Die Bemessung der Widerstände R1 und R2 sowie des Kondensators **109** und des Kondensators  $C_{\text{peak}_D}$  erfolgt derart, dass der Ladestrom vorwiegend dem Kondensator ER zugeführt wird. Die High-Side **104** ist gesperrt und die Diode **106** ist derart geschaltet, dass sie den Ladestrom vom Wandler **100** sperrt. Wird der Spannungswandler **100** abgeschaltet und ist  $U_{\text{ER}} > \text{VZP}$ , so fließt nach einem sehr kurzem Abklingen des Spulenstroms kein Ladestrom mehr in den Kondensator ER und der Spannungsabfall über dem Innenwiderstand ESR entfällt. Diesen Abfall zeigt auch die Spannung **201** in Fig. 2, Abschnitt **202** des nachgeschalteten Spitzenwertgleichrichters.

**[0029]** Die Spannung **201** =  $u_x$  des Spitzenwertgleichrichters wird über den Spannungsteiler **102** bestehend aus R1 und R2 so geteilt und durch **109** so gefiltert gefiltert, daß er einem Analog Digital Converter eines Mikrocontrollers  $\mu\text{C}$  zur Spannungsmessung zuführbar ist.

**[0030]** Der Mikrokontroller kann aus dem beobachteten Abfall der Spannung am Spitzenwertgleichrichter und der Kenntnis des max. Spulenstromes den Innenwiderstand (ESR) des Energiereserve-Kondensators berechnen, wenn der Mikrokontroller andererseits Einfluß auf den Betrieb des Sperrwandlers nehmen kann und er genaue Kenntnis über die Größe der Batteriespannung  $U_B$ , (VZP) sowie der Energiereservespannung hat.

**[0031]** Fig. 2 visualisiert die Messmethode in einem Spannungs-Zeit-Diagramm. Auf der Ordinate ist die Spannung **200**= $U_{ER}$  (Spannung am Energiereservekondensator einschließlich des Innenwiderstands gegen Masse) und **201** =  $u_x$  (Ausgangsspannung des Spitzenwertgleichrichters gegen Masse) aufgetragen und auf der Abszisse die Zeit. In einem ersten Abschnitt **203** ist der Spannungswandler **400** durch den Mikrokontroller  $\mu C$  angeschaltet, so dass es zu einer Aufladung des Kondensators ER über die Batteriespannung  $U_B$  bzw. VZP kommt. Im Zeitabschnitt **202** wird dann durch den Mikrokontroller  $\mu C$  der Spannungswandler **400** abgeschaltet. Wegen des kleinen Spannungshubs und zur Verdeutlichung schneller Zeitvorgänge ist der Maßstab in Spannungs- und Zeitrichtung vergrößert (Zoom). Nunmehr, da kein Ladestrom mehr durch den Widerstand ESR fließt, entfällt der Spannungsabfall über diesem Widerstand. Dies geschieht jedoch nicht sofort, sondern mit einer gewissen Verzögerung wegen des Abklingens des Spulenstroms in bezug auf **200**=  $U_{ER}$  und der zusätzlichen Tiefpassfilterung im Spitzenwertgleichrichter in bezug auf **201** =  $u_x$ . Deshalb wird eine Zeit  $T_{off}$  gewartet, bis sich ein statischer Wert eingespielt hat. Dieser Wert wird hier in bezug auf **201** =  $u_x$  mit  $u_2$  bezeichnet. Als Zeit  $T_{off}$  wurde hier eine Zeit von  $\pm 2 \cdot 0,5$  ms abgeschätzt.

**[0032]** Dann folgt eine Phase **204**, in der der Spannungswandler im Rahmen der Energiereserve ESR-Messung eingeschaltet wird. Nunmehr ist deutlich die getaktete Aufladung des Kondensators ER dargestellt. Diese Zeit im Zeitabschnitt **204** ist hier 0,5 ms lang. Sie hat zur Folge, dass eine Aufladung des Spitzenwertgleichrichters auf den Wert  $u_3$  erfolgt, während  $U_{ER}$  diesen Wert nur gepulst um eine Diodespannung sowie einer geringen Erhöhung des Spannungsgrundwerts der Energiereservekapazität übertrifft.. In Fig. 2 ist dies **201** bzw. **200** im Abschnitt **204**.

**[0033]** Auf den Zeitabschnitt **204** folgt der Zeitabschnitt **205**, in dem wiederum der Spannungswandler abgeschaltet wird und sich die Spannung  $u_5$  am Ausgang des Spitzenwertgleichrichters nach einer Wartezeit von 2,0,5 ins nach Abklingen aller Zeitkonstanten gegen Masse einstellt.

**[0034]** Die entsprechend linear geteilten Spannungen am Ausgang des Spannungsteiler **102** mit gro-

ßem  $U$  gekennzeichnet ( $u_2 \rightarrow U_2$ ,  $u_3 \rightarrow U_3$ ,  $u_5 \rightarrow U_5$ ) werden zur Berechnung des Innenwiderstandes (ESR) der Energiereserve an den ADC des Mikrocontrollers weitergegeben.

**[0035]** Die Spannung der Energiereserve wird zunächst durch Aufladung auf einen durch  $U_{Bat}$  (VZP) nicht zu beeinflussenden Wert angehoben, beispielsweise 23 Volt, um von der Batterie unabhängig zu sein. Danach wird der Spannungswandler **400** ausgeschaltet und nach einer Wartezeit  $T_{off}$  die Spannung am Spitzenwertgleichrichter **401** gemessen. Die Wartezeit  $T_{off}$  ist so gewählt, dass die Energie in der Wandlerwicklung abgebaut ist und die undefinierte Spitzenspannung des Spitzenwertgleichrichters durch den definierten Eingangsstrom der verbundenen Endstufen und/oder durch die ohm'sche Belastung des Spannungsteilers auf die statische Spannung  $U_{ER-UD}$  abgesunken ist sowie  $4\tau$  eines nachgeschalteten Tiefpassfilters vergangen sind, wobei  $\tau$  die Zeitkonstante des Tiefpassfilters ist.  $T_{off}$  wurde beispielsweise mit 1 ms gewählt, das entspricht beispielsweise zwei Echtzeitrastern des Mikrocontrollers.

**[0036]** Eine Abschätzung von  $T_{off}$  ergibt sich zu  $T_{off} \approx dt_1 + dt_2 + dt_3$ :

Wandlerwicklung  $L_{sp} \cdot I_{sp}^2 = C_{ER} \cdot (u_{ER}^2 - u_{ER0}^2)$ , woraus folgt  $du_{ER} = 3.1$  mV mit  $C_{ER} = 2.2$  mF folgt daraus  $dt_1 = 5.7$   $\mu s$

**[0037]** Spitzenwertgleichrichter: ES-  
 $R_{max} \cdot I_{sp,max} \cdot C_{peak,D} / IL = dt_2 = 800$   $\mu s$   
 Tiefpaßfilter (gebildet aus **102** und **109** in Fig. 1):  $4\tau = dt_3 = 100$   $\mu s$

$T_{off} > dt_1 + dt_2 + dt_3 = 905,6 \mu s$

gewählt  $T_{off} = 2 \cdot 0.5$  ms

**[0038]** Berechnungsparameter:  $IL = 1,2$  mA für die Versorgung des Endstufen-IC's am ER und dem Teiler sowie  $ESR_{max} = 4 \Omega$ ,  $I_{sp,max} = 1,2$  A,  $C_{peak,D} = 200$  nF,  $u_{ER0} = 18$  Volt,  $CER = 2,2$  mF,  $L_{sp} = 220$   $\mu H$ .

**[0039]** Dann erfolgt eine Betrachtung des Spannungsverlustes der Energiereserve in der Zeit  $T_{off}$  durch übliche statische Energiereservebelastungsströme.

**[0040]** Für eine Energiereserve der Kapazität CER ergibt sich für einen Laststrom IL in der Zeit  $T_{off}$  folgende Spannungsänderung:

$$du_{ERoff} = 1L \cdot Tw / CER$$

**[0041]** Mit  $CER = 2,2$  mFm,  $IL = 1,2$  mA,  $Tw = 1$  ms, ergibt sich  $du_{ERoff} = 1,2$  mA  $\cdot$  1 ms / 2,2 mF = 0,55 mV ergibt.

**[0042]** Das zeigt, das für übliche Energiereserven von 2,2 bis 20 mF  $du_{ERoff}$  vernachlässigbar klein ist.

**[0043]** Im Folgenden wird die Gleichung für U2 angegeben:  
Glg.1

$$U2=Ux(t=Toff)=Ux(t=2 \cdot 500\mu s)=Rdiv \cdot [u_{ER}(t=Toff)-U_D]=1449mV;$$

**[0044]** Berechnungsparameter:

$$Rdiv=R1/R1+R2=0.0833; \quad U_D=0.8V; \quad zB. \quad u_{ER}(t=Toff)=U_{ER}(t=0)-Isp_{max} \cdot ESR=18.2V \quad \text{falls} \quad U_{ER}(t=0)=23V \quad \text{bei} \quad Isp=Isp_{max}, \quad Isp_{max}=1.2A \quad \text{und} \quad ESR=ESR_{max}=4\Omega$$

**[0045]** Dann wird der Wandler eingeschaltet und eine Zeit Ton betrieben. Ton wurde hier mit 500  $\mu s$  gewählt. Ton ist dabei so gewählt, dass die Energiereservespannung nahezu unverändert bleibt, aber der Spitzenwertgleichrichter auf den Wert durch einen Energiereserveinnenwiderstand verursachten Spannungsabfall angehoben wird.

**[0046]** Im Folgenden wird die Gleichung für U3 angegeben:  
Glg.2

$$U3=Ux(t=Toff+Ton)=Ux(3 \cdot 500\mu s)=Rdiv \cdot [u_{ER}(t=Toff+Ton)+Isp_{max} \cdot ESR-U_D]$$

Glg.4

$$ESR=(U3-U2)/(Rdiv \cdot Isp_{max}),$$

unter folgender Vereinfachung  
 $u_{ER}(t=Toff+Ton) \approx u_{ER}(t=Toff),$

**[0047]** Die Ungenauigkeit dieser Vereinfachung kann durch folgende Methoden verbessert werden: die weitere Aufladung der Energiereserve in der Zeit Ton wird zunächst abgeschätzt

$$du_{ERon} \approx (Isp_{max}/3) \cdot 500\mu s / C_{ERn} \quad \text{mit} \quad \text{beispielsweise} \quad Isp_{max} = 1.2, \quad C_{ERn} = 2200\mu F \quad \text{ergibt sich} \quad du_{ERon} = 90mV$$

**[0048]** Dies führt zu einer verbesserten Bestimmung des Innenwiderstands ESR. Folglich ist die Gleichung 4 folgendermaßen zu modifizieren:  
Glg.5

$$ESR=(U3-d_{UERon}-U1)/(Rdiv \cdot Isp_{max})$$

darin ist U1 unbekannt!  
die Messung wird erweitert durch Hinzunahme des Meßwertes u5

**[0049]** Nach Messung von U3 wird der Wandler ausgeschaltet. Erneut wird die Wartezeit Toff gewartet, bis der Spitzenwertmesser wieder die quasistatische

Spannung UER-UD anzeigt, dann wird gemessen, und zwar u5 bzw. U5. Dadurch kann Gleichung 5 ohne die Unbekannte folgendermaßen ausgedrückt werden:  
Glg.6

$$ESR=(U3-(U5-U1)-U1)/(Rdiv \cdot Isp_{max})=(U3-U5)/(Rdiv \cdot Isp_{max})$$

**[0050]** Als Toleranz zur Bestimmung des Innenwiderstands verbleiben

aa) die Toleranz der Spannungsmessung, die im Wesentlichen nur durch den Spannungsteiler gegeben ist. Die Referenzspannung des Analog-Digital-Wandlers geht wegen der schnellen Messfolge nicht ein, sofern diese ausreichend gefiltert wird.

bb) eine  $\pm 1$  bit Toleranz des Analog-Digital-Wandlers entspricht bei einem 10-Bit-Analog-Digital-Wandler mit einer Referenzspannung von 3,3 V bezogen auf die Mess-Spannung Ux einem Wert von 38,76 mV

cc) die Toleranz des maximalen Spulenstroms  $Isp_{max}$ . Dieser kann durch geeignetes Design des Schaltreglers einfach bei  $\pm 33\%$  gehalten werden oder durch Abgleich zum Beispiel über einen Referenzwiderstand auf höchste Genauigkeit gebracht werden beispielsweise 3%.

**[0051]** Der Spitzenwertgleichrichter bestehend aus der Diode D und der Kapazität  $C_{peak,D}$  sind notwendige Bauelemente für die Bestimmung des Innenwiderstands der Energiereserve nach dem oben beschriebenen Verfahren. Die Bauelemente sind aber in der Regel bereits Bestandteil eines Airbagsteuergeräts, um den Verpolschutz der Zündkreise bei Kurzschluss nach  $U_{Bat}$  gegen die Energiereserve zu ermöglichen.

**[0052]** Fig. 3 zeigt in einem Flussdiagramm das erfindungsgemäße Verfahren. Bei Verfahrensschritt 300 erfolgt die Aufladung auf den oben genannten Wert von zB.  $U_{ER} = 23$  Volt ( $\approx u_{ER}$  falls  $ESR \approx 0$ ).  $u_{ER} > U_{Bmax}$  gewählt.

**[0053]** Am ADC des Mikrokontrollers erreicht ux den Wert U1. In Verfahrensschritt 301 wird der Wandler abgeschaltet und der Strom fällt auf Null, so dass die Spannung auf U2 absinkt. In Verfahrensschritt 302 erfolgt dann wiederum der Ladebetrieb von ER, wobei sich die Spannung am Spitzenwertgleichrichter 101,401 auf u3 auflädt bzw. U3 am ADC Eingang, um wiederum in Verfahrensschritt 303 den Wandler abzuschalten, so dass wiederum das Absinken auf U5 erfolgt. Aus den Spannungsdifferenzen unter Berücksichtigung der übrigen elektrischen Parameter kann in Verfahrensschritt 304 dann der Innenwiderstand des Energiereservekondensators bestimmt werden.

**[0054]** In Fig. 5 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel einer kombinierten ESR und Kapazitätsmessung ei-

ner zentralen Energiereserve dargestellt.

[0055] Fig. 1 wurde dabei zunächst um einen weiteren Längstransistor **119** erweitert. Der Längstransistor **119** ist mit einer Außenelektrode mit der Batteriespannung VZP und mit der anderen Außenelektrode mit der Spule **117** verbunden. Die Mittelelektrode ist mit einer Schalteransteuerung **120** verbunden. Die Schalteransteuerung **120** wird durch den Mikrocontroller  $\mu\text{C}$  gesteuert. Der Längstransistor **119** ist damit im Vergleich zur Fig. 1 in die Verbindungsleitung zwischen VZP und der Spule **117** eingefügt. Ansonsten sind alle Bauelemente und Verbindungen gleich.

[0056] Durch diesen Transistor **119** kann der Durchgriff der Batteriespannung auf die Energiereserve vom  $\mu\text{C}$  gesteuert werden.

[0057] Ist der Transistor **119** ausgeschaltet, so kann die Energiereserve auch nicht durch UB (VZP) vorgeladen werden.

[0058] Ist der Transistor **119** eingeschaltet, wird die ER auf UB (VZP) vorgeladen.

[0059] Danach kann die Energiereserve durch die hinzugenommene Stromquelle ohne Störung durch UB bei niedriger ER Spannung zur Kapazitätsmessung etwas entladen werden. Aus Icap\_test, der gewählten Entladezeit und dem beobachteten Spannungshub an ER läßt sich die Kapazität der ER berechnen.

[0060] Vorteile dieses Ausführungsbeispiels sind  $\mu\text{C}$  gesteuerte Vorladung der ER auf UB (VZP).

[0061] Ein ER-Kapazitäts-Test bei niedriger ER-Spannung führt zur Reduktion der Verlustleistung in der Meßstromquelle zur Kapazitätsmessung.

[0062] Die ER-Kapazitätsmessung und ESR-Messung lassen sich bei gesperrtem Längstransistor ohne Störung durch Transienten auf der Versorgungsleitung durchführen, da der Durchgriff der UB (VZP) während der Messungen unterbunden wird.

[0063] Die  $\mu\text{C}$ -Steuerleitungen  $\mu\text{C}$ -ON/OFF,  $\mu\text{C}$ -ON/OFF\_2,  $\mu\text{C}$ -ON/OFF\_3 können neben der direkten Verbindung zum  $\mu\text{C}$ , auch aus einer auf dem ASIC vorhandenen Logik gesteuert werden, wobei diese über eine serielle oder parallele Schnittstelle mit dem  $\mu\text{C}$  kommuniziert, um die Befehle zu empfangen bzw. deren Ausführung zu quittieren

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Überwachung wenigstens eines Energiereservekondensators (ER) in einem Rückhaltesystem, wobei die Vorrichtung zur Überwachung der Kapazität des wenigstens einen Energie-

reservekondensators (ER) konfiguriert ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung auch zur Überwachung des Ohm'schen Innenwiderstands (ESR) des wenigstens einen Energiereservekondensators (ER) konfiguriert ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung derart konfiguriert ist, dass die Vorrichtung durch eine zeitliche Abfolge wenigstens eines Ladevorgangs (**204**) und einer Unterbrechung des Ladevorgangs (**205**) des Energiereservekondensators (ER) den Innenwiderstand (ESR) bestimmt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Überwachung des Innenwiderstands (ESR) ein Spannungswandler (**100, 400**), ein Gleichrichter (**101, 401**) und ein Spannungsteiler (**402, 102**) vorgesehen sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Spannungswandler (**100, 400**) eine Regelung für seine Ausgangsspannung aufweist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Gleichrichter (**101, 401**) ein Spitzenwertgleichrichter ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Spannungsteiler (**102, 402**) als Tiefpass konfiguriert ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Spannungswandler (**100, 400**) ein Längstransistor (**119**) vorgesehen ist, der einen Durchgriff der Batteriespannung (VZP) auf den Energiereservekondensator (ER) steuert.

8. Verfahren zur Überwachung wenigstens eines Energiereservekondensators (ER) in einem Rückhaltesystem, wobei die Kapazität (ER) des wenigstens einen Energiereservekondensators überwacht wird, dadurch gekennzeichnet, dass auch der Innenwiderstand ESR des wenigstens einen Energiereservekondensators (ER) überwacht wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Innenwiderstand mittels einer zeitlichen Abfolge von wenigstens einem Ladevorgang und einer Unterbrechung des Ladevorgangs bestimmt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Innenwiderstand (ESR) dadurch überwacht wird, dass in einem ersten Schritt der Energiereservekondensator (ER) auf einen ersten Spannungswert (23 Volt) aufgeladen wird, dass in einem zweiten Schritt die Aufladung für eine erste

Zeit (Toff) unterbrochen wird, dass in einem dritten Schritt für eine zweite Zeit (Ton) der Energiereservekondensator (ER) wieder für die zweite Zeit (Ton) geladen wird, bis ein Spitzenwertmesser (**101, 401**) auf einen zweiten Spannungswert ( $u_3$ ) aufgeladen wird, dass in einem vierten Schritt die Aufladung für eine dritte Zeit (Toff) unterbrochen wird, so dass die Spannung am Spitzenwertgleichrichter auf einen dritten Spannungswert ( $u_5$ ) absinkt, und dass in einem fünften Schritt aus der Spannungsdifferenz aus dem zweiten und dritten Spannungswert ( $u_5, u_3$ ) der Innenwiderstand (ESR) bestimmt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Spannungswert über der Autobatteriespannung gewählt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufladung getaktet durchgeführt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Zeit in Abhängigkeit von einer Zeitkonstanten eines dem Energiereservekondensator (ER) nachgeschalteten Tiefpasses (**102, 402**) und von einem Spannungsabbau eines Energiereservekondensators (ER) nachgeschalteten Gleichrichters (**101, 401**) gewählt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Zeit derart gewählt wird, dass der Gleichrichter (**101, 401**) auf den zweiten Spannungswert ( $u_3$ ) angehoben wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die dritte Zeit (Toff) gleich der ersten Zeit gewählt wird.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

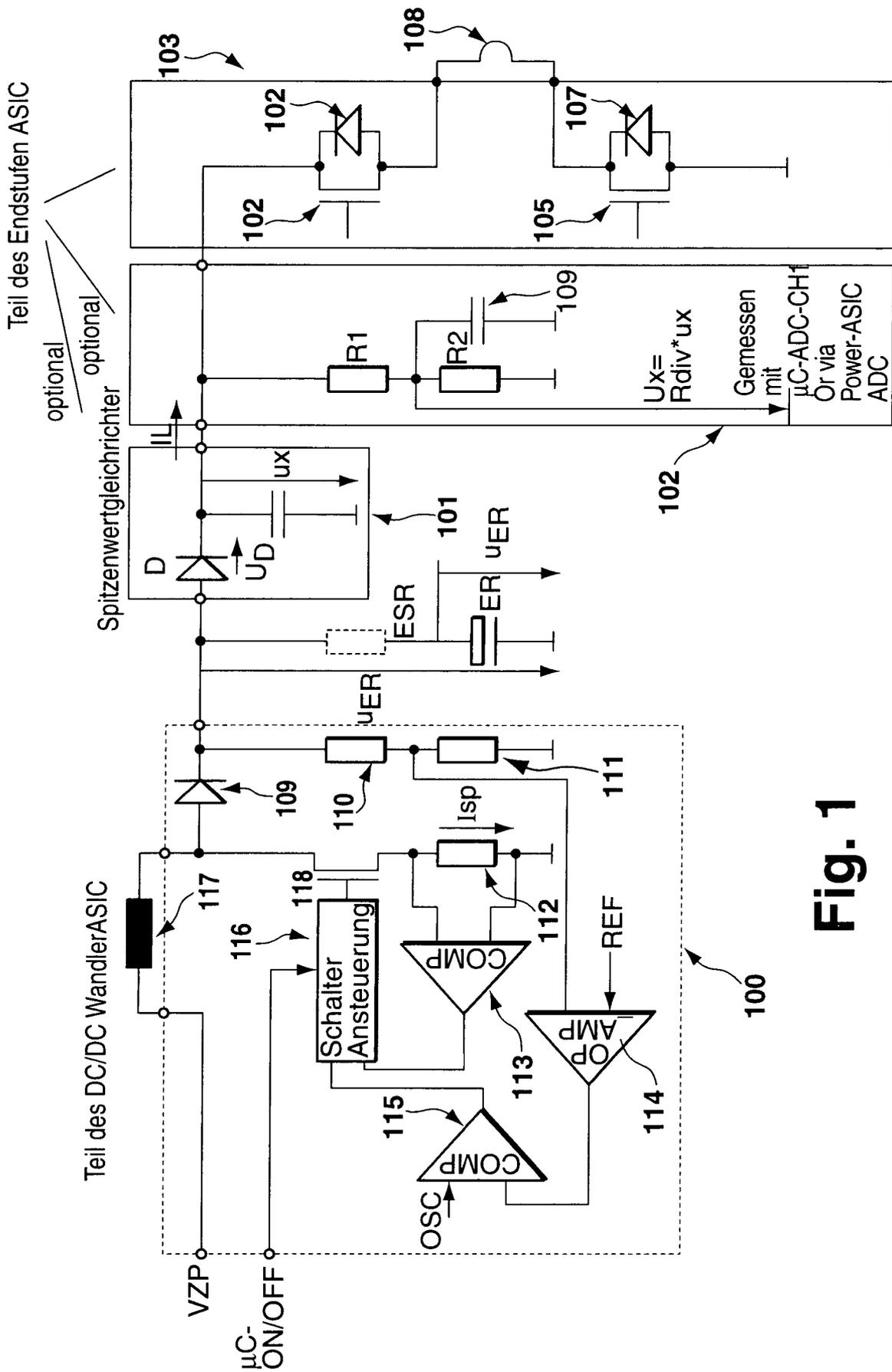
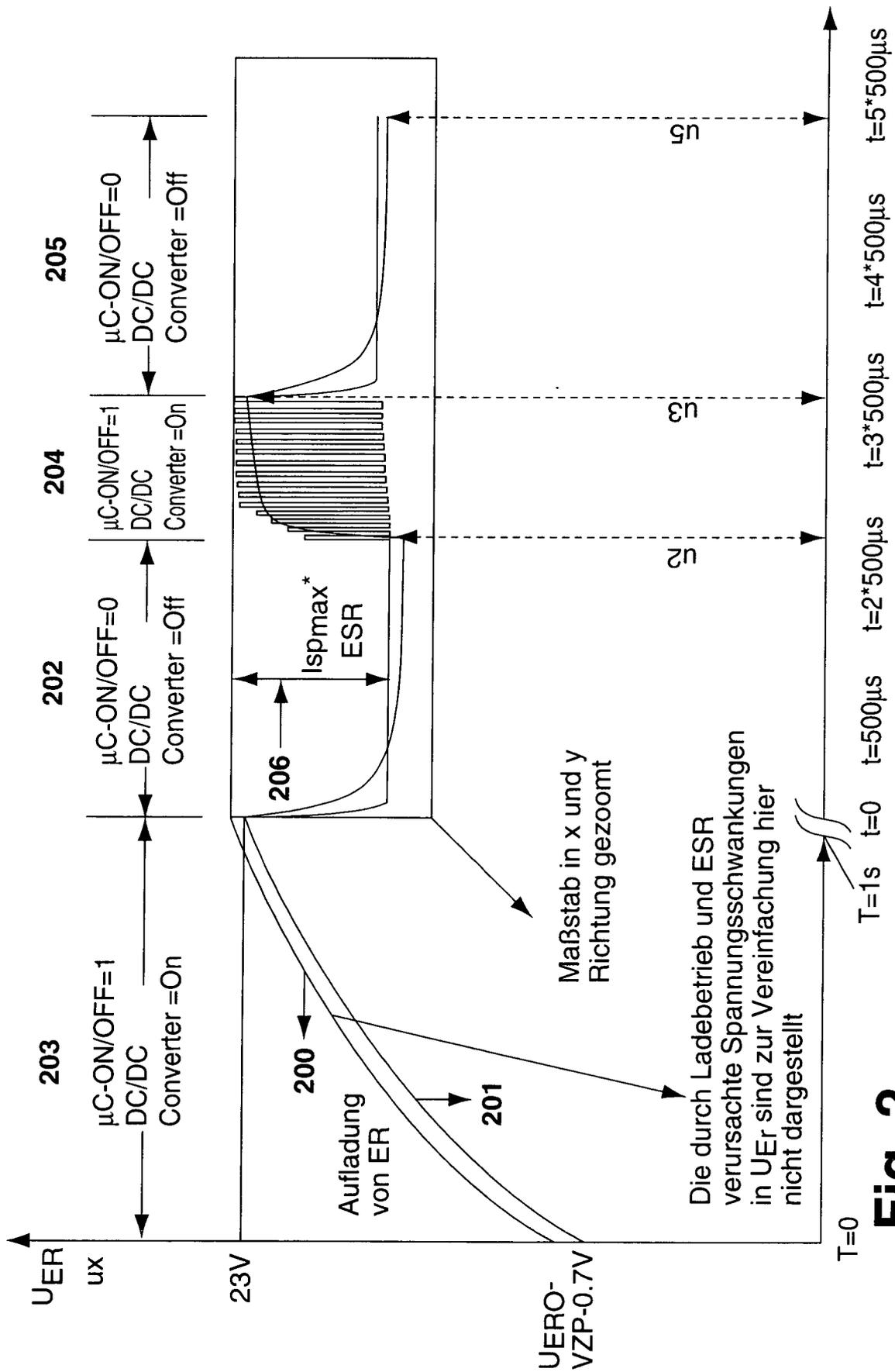
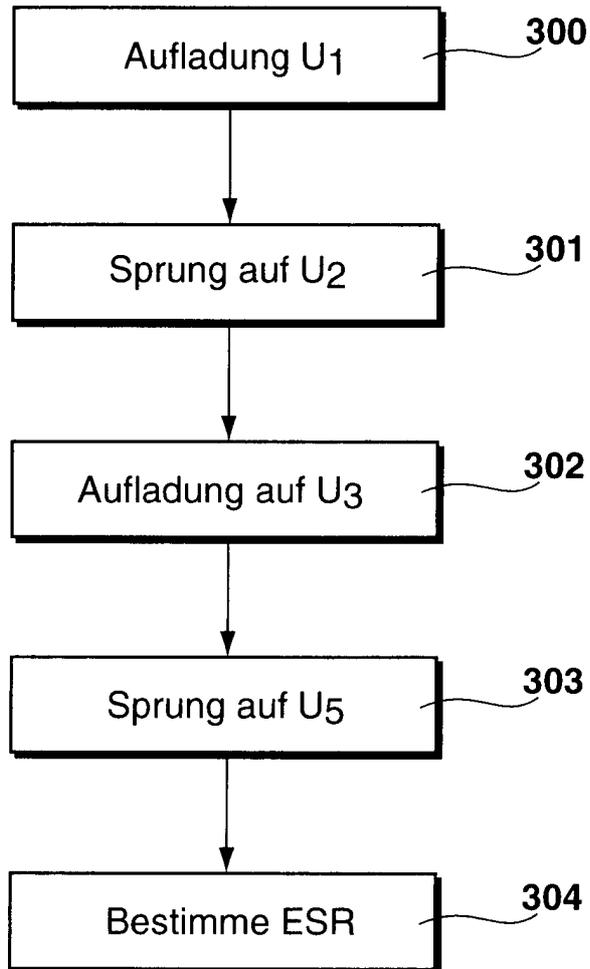


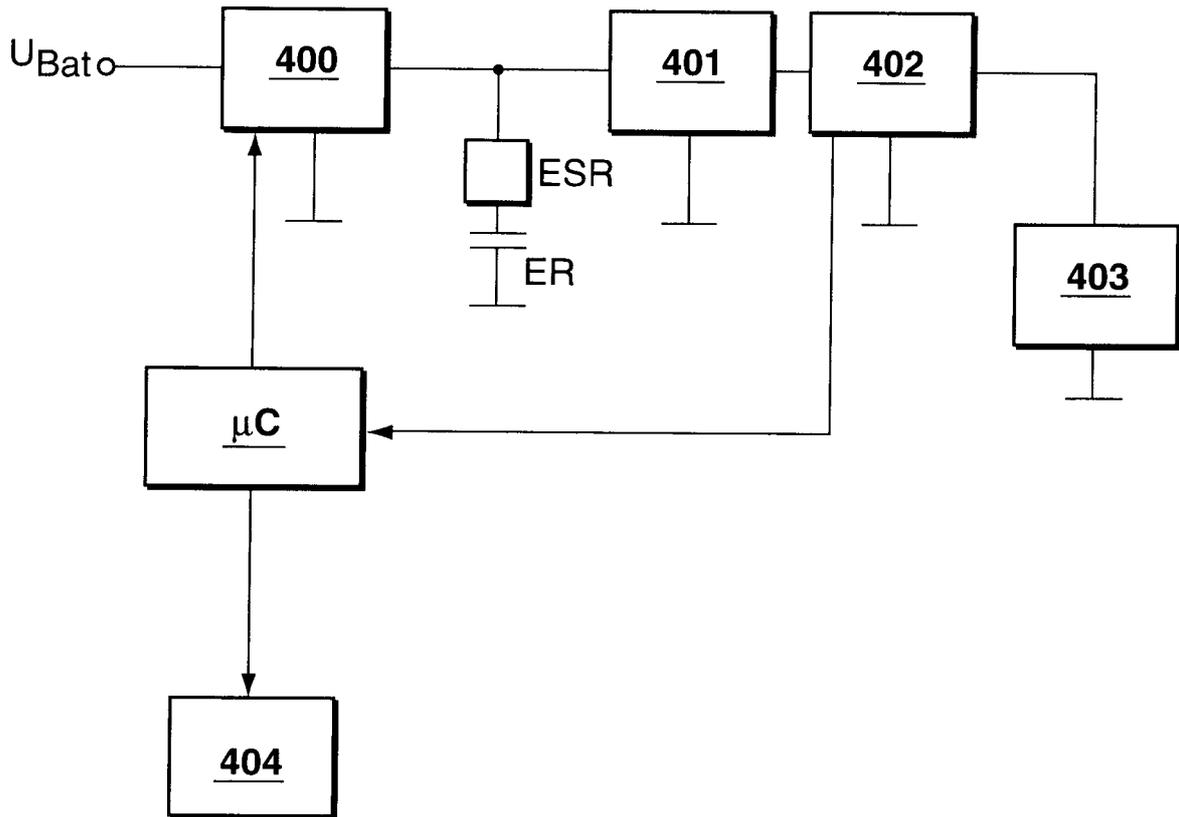
Fig. 1



**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**

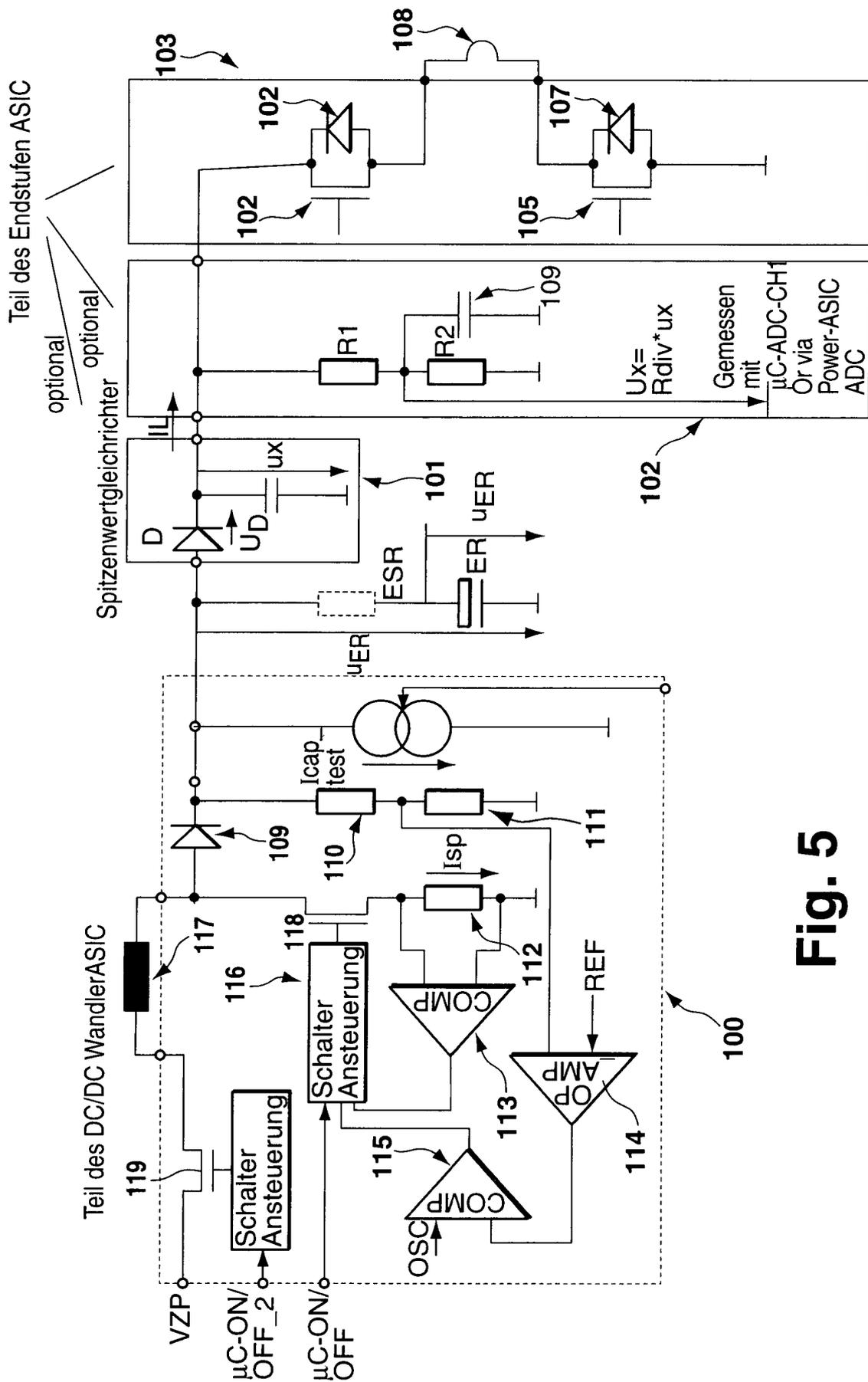


Fig. 5