



(10) **DE 10 2019 204 205 A1** 2020.10.01

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 204 205.8**
(22) Anmeldetag: **27.03.2019**
(43) Offenlegungstag: **01.10.2020**

(51) Int Cl.: **B60L 15/20 (2006.01)**
G05F 1/625 (2006.01)

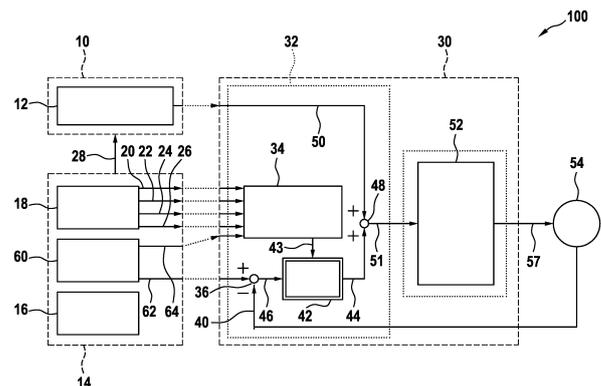
(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Erbau, Andreas, 74369 Löchgau, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben eines Antriebssystems eines Elektrofahrzeugs und Antriebssystem für ein Elektrofahrzeug**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Antriebssystems (100) eines Elektrofahrzeugs, umfassend eine elektrische Maschine (54) eine Invertereinheit (30) zum Ansteuern der elektrischen Maschine (54), welche eine Momentensteereinheit (32) und eine Ansteuereinheit (52) aufweist, wobei von der Momentensteereinheit (32) eine Ist-Drehzahl (40) der elektrischen Maschine (54) erfasst und aus der Ist-Drehzahl (40) der elektrischen Maschine (54) und einer Solldrehzahl (62) eine Regelabweichung (46) berechnet wird; von einem Regler (42) der Momentensteereinheit (32) aus der Regelabweichung (46) ein Korrekturmoment (44) berechnet wird; von der Momentensteereinheit (32) aus dem Korrekturmoment (44) und einem Vorgabemoment (50) ein Zielmoment (51) berechnet wird; von der Ansteuereinheit (52) aus dem Zielmoment (51) ein Zielstrom (57) berechnet wird; und die elektrische Maschine (54) von der Ansteuereinheit (52) mit dem Zielstrom (57) angesteuert wird. Die Erfindung betrifft auch ein Antriebssystem (100) zur Durchführung des Verfahrens für ein Elektrofahrzeug.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betreiben eines Antriebssystems eines Elektrofahrzeugs, welches ein Getriebe mit mindestens einem Achsdifferential mindestens einer angetriebenen Achse des Elektrofahrzeugs, eine elektrische Maschine zum Antrieb des Getriebes und eine Invertereinheit zum Ansteuern der elektrischen Maschine, welche eine Momentensteereinheit und eine Ansteuereinheit aufweist, umfasst. Die Erfindung bezieht sich auch auf ein Antriebssystem für ein Elektrofahrzeug, welches ein Getriebe mit mindestens einem Achsdifferential mindestens einer angetriebenen Achse des Elektrofahrzeugs, eine elektrische Maschine zum Antrieb des Getriebes und eine Invertereinheit zum Ansteuern der elektrischen Maschine, welche eine Momentensteereinheit und eine Ansteuereinheit aufweist, umfasst.

Stand der Technik

[0002] DE 10 2011 088 729 A1 bezieht sich auf eine Drehzahlfenster-basierte Regelstrategie für eine Elektromaschine. Es wird eine Motorsteuerung offenbart, die zum Steuern einer Elektromaschine, insbesondere zum Antrieb eines Fahrzeugs dient. Die Motorsteuerung umfasst einen Eingangsanschluss zum Eingeben einer für ein von der Elektromaschine zu liefern gewünschtes Drehmoment in der indikativen gewünschten Sollgrößen und zum Eingeben für eine mechanische Betriebsgrenze der Elektromaschinen indikativen Grenzgröße. Des Weiteren umfasst die Motorsteuerung einen Prozessor zum Ausgeben einer für ein von der Elektromaschine tatsächlich zu lieferndes Drehmoment indikativ in der tatsächlichen Sollgröße, wobei der Prozessor ausgebildet ist, die tatsächliche Sollgröße basierend auf der gewünschten Sollgröße und der Grenzgröße zu bestimmen. Die Motorsteuerung ist als Umrichter ausgebildet zum Umrichten eines Gleichstroms in einem Betriebsstrom für die Elektromaschine, wobei der Betriebsstrom ein insbesondere dreiphasiger Wechselstrom ist und der Umrichter so gestaltet ist, dass dieser den Betriebsstrom basierend auf der tatsächlichen Sollgröße erzeugt.

[0003] DE 10 2016 203 113 A1 bezieht sich auf ein Steuerungssystem zur Verteilung eines Antriebsmoments und ein Fahrzeug mit einem derartigen Steuerungssystem. Als Steuerungssystem dient der Verteilung eines Antriebsmoments zwischen einem linken und einem rechten Antriebsrad eines Kraftfahrzeugs über ein Differentialgetriebe. Das Antriebsmoment wird über einem mit dem Differentialgetriebe gekoppelten Elektromotor bereitgestellt. Das bereitgestellte Antriebsmoment wird durch eine Drehzahlregelung des Elektromotors und einen einstellbaren Bremseingriff an einem der Antriebsräder derart verteilt, dass bei jeweils unterschiedlichen am linken und rechten

Antriebsrad wirkenden Reibwerten zu einem mit den Antriebsrädern in Kontakt stehenden Untergrund das jeweils verfügbare Antriebsmoment am Antriebsrad mit dem höheren Reibwert höher ist als an dem Antriebsrad, an dem der niedrigere Reibwert vorgelegt ist. So wird ein wirksames Vortriebsmoment weitestgehend über dasjenige der Antriebsräder übertragen, welches den höheren Reibwert aufweist. Des Weiteren bezieht sich die Erfindung auf ein Kraftfahrzeug, welches ein derartiges Steuerungssystem umfasst. Das Steuerungssystem umfasst ein Steuergerät sowie Sensoren zur Erfassung der Raddrehzahlen, Radbremsen zum individuellen Abbremsen der Antriebsräder und/oder wenigstens eine Aktoreinheit zur einstellbaren Betätigung der den Antriebsrädern jeweils zugeordneten Radbremsen.

[0004] Eine Vorrichtung zum Regeln eines Motors, insbesondere eines Fahrzeugmotors, ist aus der EP 2 810 132 B1 bekannt.

[0005] Fahrzeuge mit einem elektrischen Antrieb und einem mit diesem verbundenen an einer angetriebenen Achse vorgesehenen Achsdifferential weisen eine sehr hohe Dynamik hinsichtlich der auftretenden Antriebsmomente auf. Dadurch kann es speziell bei inhomogenen Reibwertverhältnissen zu stark unterschiedlichen Radgeschwindigkeiten zwischen dem linken und dem rechten Rad einer angetriebenen Achse kommen. Die daraus resultierende hohe Differenzgeschwindigkeit stellt eine starke mechanische Belastung des Achsdifferentials der angetriebenen Achse dar. Es kann zu Schädigungen des Achsdifferentials und resultierend daraus im schlimmsten Fall zu einem Totalausfall des Antriebsstrangs kommen. Der Fahrkomfort leidet ebenfalls aufgrund auftretender Geräusche und mit diesen einhergehender Vibrationen. Ein korrigierender Eingriff bekannter Radregelsysteme z. B. ESP-TCS, kommt nur nach Ablauf einer Zeitspanne d. h. verspätet zur Wirkung. Die Ursache dafür ist unter anderem in langen Signallaufzeiten, welche auch als Latenzen bezeichnet werden, zwischen den beteiligten Steuergeräten in der Work-Kette im Fahrzeug zu suchen.

Offenbarung der Erfindung

[0006] Es wird ein Verfahren zum Betreiben eines Antriebssystems eines Elektrofahrzeugs vorgeschlagen. Das Antriebssystem umfasst dabei ein Getriebe mit mindestens einem Achsdifferential mindestens einer angetriebenen Achse des Elektrofahrzeugs, eine elektrische Maschine zum Antrieb des Getriebes und eine Invertereinheit zum Ansteuern der elektrischen Maschine. Die Invertereinheit weist dabei eine Momentensteereinheit und eine Ansteuereinheit auf.

[0007] Von der Momentensteereinheit wird eine Ist-Drehzahl der elektrischen Maschine erfasst. Von der Momentensteereinheit wird aus der Ist-Drehzahl der

elektrischen Maschine und einer Soll Drehzahl eine Regelabweichung berechnet. Von einem Regler der Momentensteereinheit wird aus der Regelabweichung ein Korrekturmoment berechnet. Von der Momentensteereinheit wird aus dem Korrekturmoment und einem Vorgabemoment ein Zielmoment berechnet. Von der Ansteuereinheit wird aus dem Zielmoment ein Zielstrom berechnet. Die elektrische Maschine wird von der Ansteuereinheit mit dem berechneten Zielstrom angesteuert.

[0008] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren sorgt ein Regelkreis direkt in der Invertereinheit für eine unmittelbare schnelle unterlagerte Drehzahlregelung der elektrischen Maschine und unterstützt damit einen äußeren Regelkreis zur Regelung der Radgeschwindigkeiten. Damit werden zu hohe Raddrehzahlen beziehungsweise zu hohe Differenzdrehzahlen zwischen den einzelnen angetriebenen Rädern einer Antriebsachse bereits im Ansatz vermieden. Die unterlagerte Drehzahlregelung in der Invertereinheit wird unter bestimmten Bedingungen nun selbstständig aktiv. Aufgrund der dadurch geringeren Differenzdrehzahlen zwischen den angetriebenen Rädern wird das Achsdifferential in der von der elektrischen Maschine angetriebenen Achse mechanisch weniger stark belastet.

[0009] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Momentensteereinheit eine Schutzeinheit auf. Dabei wird die Soll Drehzahl von der Schutzeinheit berechnet.

[0010] Die Soll Drehzahl kann von der Schutzeinheit beispielsweise aus Drehzahlensignalen von allen Rädern des Elektrofahrzeugs berechnet werden, insbesondere durch Mittelwertbildung.

[0011] Die Soll Drehzahl kann von der Schutzeinheit aber auch ausschließlich aus Drehzahlensignalen von Rädern einer nicht-angetriebenen Achse des Elektrofahrzeugs berechnet werden, insbesondere durch Mittelwertbildung.

[0012] Gemäß einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Soll Drehzahl von einem separaten ESP-System (elektronisches Stabilitätsprogramm) berechnet und zu der Momentensteereinheit der Invertereinheit übertragen. Dabei wird eine situationsbezogen passende Soll Drehzahl von dem ESP-System an die Invertereinheit über eine entsprechende Datenschnittstelle übermittelt. Die schnelle unterlagerte Drehzahlregelung erfolgt innerhalb der Invertereinheit. Der zusätzliche Kommunikationsaufwand zwischen dem ESP-System und der Invertereinheit bleibt überschaubar gering.

[0013] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung wird von einem separaten ESP-System ein Kontrollmodussignal erzeugt und zu der Momenten-

ensteuereinheit der Invertereinheit übertragen. Das Kontrollmodussignal signalisiert der Invertereinheit mögliche Fahrzustände des Elektrofahrzeugs, beispielsweise Freirollen, TCS-Eingriff (Traction Control System), ABS-Eingriff (Antiblockiersystem) oder DTC-Eingriff (Drag Torque Control).

[0014] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird das Vorgabemoment von einem separaten Fahrzeugsteuergerät (VCU, Vehicle Control Unit) berechnet und zu der Momentensteereinheit der Invertereinheit übertragen.

[0015] Es wird auch ein Antriebssystem für ein Elektrofahrzeug vorgeschlagen. Das Antriebssystem umfasst dabei ein Getriebe mit mindestens einem Achsdifferential mindestens einer angetriebenen Achse des Elektrofahrzeugs, eine elektrische Maschine zum Antrieb des Getriebes und eine Invertereinheit zum Ansteuern der elektrischen Maschine. Die Invertereinheit weist eine Momentensteereinheit und eine Ansteuereinheit auf.

[0016] Die Momentensteereinheit erfasst eine Ist-Drehzahl der elektrischen Maschine. Die Momentensteereinheit berechnet aus der Ist-Drehzahl der elektrischen Maschine und einer Soll Drehzahl eine Regelabweichung. Die Momentensteereinheit weist einen Regler auf, der aus der Regelabweichung ein Korrekturmoment berechnet. Die Momentensteereinheit berechnet aus dem Korrekturmoment und einem Vorgabemoment ein Zielmoment. Die Ansteuereinheit berechnet aus dem Zielmoment einen Zielstrom. Die Ansteuereinheit steuert die elektrische Maschine mit dem berechneten Zielstrom an.

[0017] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Momentensteereinheit eine Schutzeinheit auf. Dabei berechnet die Schutzeinheit die Soll Drehzahl.

[0018] Gemäß einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Antriebssystem ferner ein separates ESP-System (elektronisches Stabilitätsprogramm). Das ESP-System berechnet die Soll Drehzahl und überträgt die Soll Drehzahl zu der Momentensteereinheit der Invertereinheit.

[0019] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Antriebssystem ferner ein separates Fahrzeugsteuergerät (VCU, Vehicle Control Unit). Das Fahrzeugsteuergerät berechnet das Vorgabemoment und überträgt das Vorgabemoment zu der Momentensteereinheit der Invertereinheit.

Vorteile der Erfindung

[0020] Die Erfindung stellt ein Regelkonzept dar, welches eine Kombination aus einer externen Drehzahlvorgabe und einer internen Drehzahlregelung in

der Invertereinheit umfasst. Hierdurch wird dem Ansatz der langen Signallaufzeiten begegnet, die auch als Latenzen bezeichnet werden, welche insbesondere bei vorgegebener Architektur im Steuergeräteverbund aus ESP, VCU und Invertereinheit häufig Probleme bereitet. Bei bisherigen Lösungen wird bei durchdrehenden Rädern das Antriebsmoment der mindestens einen elektrischen Maschine über die klassische TCS-Regelung des ESP reduziert. Die alleinige Reduktion des Antriebsmoments durch die TCS-Funktion kommt jedoch aufgrund der Latenzen nur verspätet zur Wirkung, sodass stark durchdrehende Antriebsräder bei niedrigem Reibwert die Folge sein können. Bei der erfindungsgemäßen Lösung treten durch die schnelle unterlagerte Drehzahlregelung direkt in der Invertereinheit keine nennenswerten Latenzen auf. Somit werden hohe Drehzahldifferenzen der Räder sowie ein Durchdrehen der Antriebsräder, insbesondere während einer Anfahrphase des Elektrofahrzeugs, weitgehend vermieden. Das erfindungsgemäße Regelkonzept dient also vorteilhaft zum Schutz eines Getriebes, insbesondere eines Achsdifferentials einer angetriebenen Achse eines Elektrofahrzeugs

Figurenliste

[0021] Ausführungsformen der Erfindung werden anhand der Zeichnungen und der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

[0022] Es zeigen:

Fig. 1 ein Antriebssystem für ein Elektrofahrzeug gemäß einer ersten Ausführungsform,

Fig. 2 ein Antriebssystem für ein Elektrofahrzeug gemäß einer zweiten Ausführungsform und

Fig. 3 ein Antriebssystem für ein Elektrofahrzeug gemäß einer dritten Ausführungsform.

Ausführungsformen der Erfindung

[0023] In der nachfolgenden Beschreibung der Ausführungsformen der Erfindung werden gleiche oder ähnliche Elemente mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet, wobei auf eine wiederholte Beschreibung dieser Elemente in Einzelfällen verzichtet wird. Die Figuren stellen den Gegenstand der Erfindung nur schematisch dar.

[0024] **Fig. 1** zeigt ein Antriebssystem **100** für ein Elektrofahrzeug gemäß einer ersten Ausführungsform. Das Antriebssystem **100** gemäß der ersten Ausführungsform kommt insbesondere in einem Elektrofahrzeug mit einer klassischen ESP-TCS-Architektur zum Einsatz. Das Antriebssystem **100** gemäß der ersten Ausführungsform eignet sich nur zum Einsatz in Elektrofahrzeugen mit Frontantrieb oder mit Heckantrieb.

[0025] Das Antriebssystem **100** umfasst ein hier nicht dargestelltes Getriebe mit einem Achsdifferential einer angetriebenen Achse des Elektrofahrzeugs. Das Antriebssystem **100** umfasst ferner eine elektrische Maschine **54** zum Antrieb des Getriebes und eine Invertereinheit **30** zum Ansteuern der elektrischen Maschine **54**. Die Invertereinheit **30** weist eine Momentensteereinheit **32** und eine Ansteuereinheit **52** auf. Die Invertereinheit **30** ist mit einer hier nicht dargestellten Batterie verbunden, welche eine Gleichspannung zur Verfügung stellt.

[0026] Das Antriebssystem **100** umfasst auch ein ESP-System **14**, das ein TCS-Modul **16** (Traction Control System) aufweist. Das ESP-System **14** weist ferner ein Raddrehzahlmodul **18** zur Erfassung eines Drehzahlsignals **20** eines vorderen linken Rades, eines Drehzahlsignals **22** eines vorderen rechten Rades, eines Drehzahlsignals **24** eines hinteren linken Rades und eines Drehzahlsignals **26** eines hinteren rechten Rades auf.

[0027] Das Antriebssystem **100** umfasst ferner ein Fahrzeugsteuergerät **10**. Das ESP-System **14** ermittelt ein TCS-Sollmoment **28** und überträgt dieses an das Fahrzeugsteuergerät **10**. Das Fahrzeugsteuergerät **10** weist ein Momentmodul **12**, das beispielsweise aus einer Stellung eines Gaspedals des Elektrofahrzeugs und aus dem TCS-Sollmoment **28** ein Vorgabemoment **50** berechnet und an die Momentensteereinheit **32** überträgt.

[0028] Die Momentensteereinheit **32** weist eine Schutzeinheit **34** auf, zu welcher die von dem Raddrehzahlmodul **18** erfassten Drehzahlsignale **20**, **22**, **24**, **26** übertragen werden, und welche eine Soll Drehzahl **62** der elektrischen Maschine **54** berechnet. Vorliegend berechnet die Schutzeinheit **34** die Soll Drehzahl **62** ausschließlich aus Drehzahlsignalen **20**, **22**, **24**, **26** von Rädern einer nicht-angetriebenen Achse des Elektrofahrzeugs.

[0029] Die Momentensteereinheit **32** erfasst eine Ist-Drehzahl **40** der elektrischen Maschine **54**. Die Ist-Drehzahl **40** und die Soll Drehzahl **62** werden einem Subtraktionspunkt **36** zugeführt, von welchem eine Regelabweichung **46** als Differenz zwischen der Ist-Drehzahl **40** und der Soll Drehzahl **62** berechnet wird.

[0030] Die Momentensteereinheit **32** weist einen Regler **42** auf, dem die Regelabweichung **46** zugeführt wird. Die Schutzeinheit **34** berechnet auch ein Modussignal **43** und überträgt dieses an den Regler **42**. Der Regler **42** berechnet aus der Regelabweichung **46** und dem Modussignal **43** ein Korrekturmoment **44**.

[0031] Das Korrekturmoment **44** und das Vorgabemoment **50** werden einem Summationspunkt **48** zugeführt, von welchem ein Zielmoment **51** als Summe

aus dem Korrekturmoment **44** und dem Vorgabemoment **50** berechnet wird. Die Ansteuereinheit **52** berechnet aus dem Zielmoment **51** einen Zielstrom **57** und steuert die elektrische Maschine **54** mit dem Zielstrom **57** an.

[0032] Das TCS-Sollmoment **28** wird nach Koordination mit anderen Anforderungen in dem Fahrzeugsteuergerät **10** an die Invertereinheit **30** gesendet. Zusätzlich sind Schnittstellen zur Erfassung der Drehzahlsignale **20**, **22**, **24**, **26** des Raddrehzahlmoduls **18** vorhanden. Die dynamische Schutzfunktion für das Achsdifferenzial erfolgt zumindest während der Latenzphase in der Invertereinheit **30** lediglich auf Basis der Ist-Drehzahl **40** und der Drehzahlsignale **20**, **22**, **24**, **26**.

[0033] Aus den Drehzahlsignalen **20**, **22**, **24**, **26** der nicht angetriebenen Räder lassen sich die Radgeschwindigkeiten und daraus ein Schätzwert für die Fahrzeuggeschwindigkeit des Elektrofahrzeugs ableiten. Diese kann im einfachsten Fall durch Mittelwertbildung mittels der Drehzahlsignale **20**, **22**, **24**, **26** der beiden nicht angetriebenen Räder des Elektrofahrzeugs geschehen. Für die beiden nicht angetriebenen Räder wird angenommen, dass diese im Antriebsfall nahezu schlupffrei rollen. Der Schätzwert für die Fahrzeuggeschwindigkeit dient als Bezugsgröße zur Bildung der Soll Drehzahl **62**. Da die Soll Drehzahl **62** primär von der Fahrzeuggeschwindigkeit abhängt und keine hohe Dynamik aufweist, hat die Latenz zur Erfassung der Drehzahlsignale **20**, **22**, **24**, **26** hierbei keinen störenden Einfluss.

[0034] Die Soll Drehzahl **62** wird als Funktion der Fahrzeuggeschwindigkeit gebildet und wird so gewählt, dass beim Anfahren auf einseitig glattem Untergrund die entstehende Differenzgeschwindigkeit zwischen den angetriebenen Rädern, und damit über dem Achsdifferenzial, moderat bleibt. Die Soll Drehzahl **62** soll zudem so gewählt werden, dass die Traktion und das Seitenkraftpotenzial der angetriebenen Räder auf homogener Fahrbahn erhalten bleibt.

[0035] Solange eine Anforderung des TCS-Moduls **16** zur Absenkung des Antriebsmoments die Invertereinheit **30** wegen der Latenz noch nicht erreicht hat, übernimmt die Invertereinheit **30** selbständig im Bedarfsfall die Anpassung des Zielmoments **51** für die elektrische Maschine **54**. Sobald die mittlere Radgeschwindigkeit der angetriebenen Räder größer ist als der Sollwert und die entstehende Regelabweichung **46** eine vorgegebene Schwelle überschreitet, berechnet der Regler **42** das Korrekturmoment **44**, das dann dem aktuellen extern von dem Fahrzeugsteuergerät **10** vorgegebenen Vorgabemoment **50** überlagert wird.

[0036] Dadurch wird der Überschuss des Antriebsmoments reduziert und das drehende Rad oder

beide drehenden Räder stabilisiert. Als Regler **42** kann im einfachsten Fall ein P-Regler oder ein PDT1-Regler verwendet werden. Die Parameter des Reglers **42** werden im Bedarfsfall in Abhängigkeit der geschätzten Fahrzeuggeschwindigkeit gewählt. Der Arbeitspunkt wird vom dem Fahrzeugsteuergerät **10** sowie von dem ESP-System **14** übernommen. Es erfolgt lediglich eine schnelle dynamische Korrektur des Zielmoments **51** durch den Regler **42**. Durch Auswertung der Radgeschwindigkeiten kann auf Fahrsituationen wie Anfahren auf einseitig glattem Untergrund sowie Kurvenfahrt geschlossen werden und es können die Parameter des Reglers **42** darauf hin angepasst werden.

[0037] Fig. 2 zeigt ein Antriebssystem **100** für ein Elektrofahrzeug gemäß einer zweiten Ausführungsform. Das Antriebssystem **100** gemäß der zweiten Ausführungsform kommt insbesondere in einem Elektrofahrzeug mit einer erweiterten ESP-TCS-Architektur zum Einsatz. Das Antriebssystem **100** gemäß der zweiten Ausführungsform eignet sich zum Einsatz in Elektrofahrzeugen mit Frontantrieb oder mit Heckantrieb oder mit Allradantrieb.

[0038] Das Antriebssystem **100** umfasst ein hier nicht dargestelltes Getriebe mit einem Achsdifferential einer angetriebenen Achse des Elektrofahrzeugs. Es kann auch ein weiteres Achsdifferential einer zweiten angetriebenen Achse vorgesehen sein. Das Antriebssystem **100** umfasst ferner eine elektrische Maschine **54** zum Antrieb des Getriebes und eine Invertereinheit **30** zum Ansteuern der elektrischen Maschine **54**. Die Invertereinheit **30** weist eine Momentensteereinheit **32** und eine Ansteuereinheit **52** auf. Die Invertereinheit **30** ist mit einer hier nicht dargestellten Batterie verbunden, welche eine Gleichspannung zur Verfügung stellt.

[0039] Das Antriebssystem **100** umfasst auch ein ESP-System **14**, das ein TCS-Modul **16** (Traction Control System) aufweist. Das ESP-System **14** weist ferner ein Raddrehzahlmodul **18** zur Erfassung eines Drehzahlsignals **20** eines vorderen linken Rades, eines Drehzahlsignals **22** eines vorderen rechten Rades, eines Drehzahlsignals **24** eines hinteren linken Rades und eines Drehzahlsignals **26** eines hinteren rechten Rades auf.

[0040] Das ESP-System **14** weist auch einen TCS-Sollwertgeber **60** auf. Der TCS-Sollwertgeber **60** berechnet eine Soll Drehzahl **62** der elektrischen Maschine **54**, die zu der Momentensteereinheit **32** übertragen wird. Der TCS-Sollwertgeber **60** erzeugt auch ein Kontrollmodussignal **64**. Die Momentensteereinheit **32** weist eine Schutzeinheit **34** auf, zu welcher das Kontrollmodussignal **64** übertragen wird.

[0041] Das Antriebssystem **100** umfasst ferner ein Fahrzeugsteuergerät **10**. Das ESP-System **14** ermit-

telt ein TCS-Sollmoment **28** und überträgt dieses an das Fahrzeugsteuergerät **10**. Das Fahrzeugsteuergerät **10** weist ein Momentmodul **12**, das beispielsweise aus einer Stellung eines Gaspedals des Elektrofahrzeugs und aus dem TCS-Sollmoment **28** ein Vorgabemoment **50** berechnet und an die Momentensteereinheit **32** überträgt.

[0042] Die Momentensteereinheit **32** erfasst eine Ist-Drehzahl **40** der elektrischen Maschine **54**. Die Ist-Drehzahl **40** und die Soll-drehzahl **62** werden einem Subtraktionspunkt **36** zugeführt, von welchem eine Regelabweichung **46** als Differenz zwischen der Ist-Drehzahl **40** und der Soll-drehzahl **62** berechnet wird.

[0043] Die Momentensteereinheit **32** weist einen Regler **42** auf, dem die Regelabweichung **46** zugeführt wird. Die Schutzzeit **34** berechnet aus dem Kontrollmodussignal **64** ein Modussignal **43** und überträgt dieses an den Regler **42**. Der Regler **42** berechnet aus der Regelabweichung **46** und dem Modussignal **43** ein Korrekturmoment **44**.

[0044] Das Korrekturmoment **44** und das Vorgabemoment **50** werden einem Summationspunkt **48** zugeführt, von welchem ein Zielmoment **51** als Summe aus dem Korrekturmoment **44** und dem Vorgabemoment **50** berechnet wird. Die Ansteereinheit **52** berechnet aus dem Zielmoment **51** einen Zielstrom **57** und steuert die elektrische Maschine **54** mit dem Zielstrom **57** an.

[0045] Das Vorgabemoment **50** wird nach Koordination mit anderen Anforderungen in dem Fahrzeugsteuergerät **10** an die Invertereinheit **30** gesendet. Zusätzlich wird ein zugehöriges Kontrollmodussignal **64** übertragen. Die Drehzahlsignale **20, 22, 24, 26** für die Radgeschwindigkeiten werden nicht benötigt. Die Drehzahlregelung arbeitet während der Latenzphase lediglich auf Basis der aktuellen Ist-Drehzahl **40** und der Soll-drehzahl **62**, da das neue TCS-Sollmoment **28** noch nicht verfügbar ist.

[0046] Die Berechnung der Soll-drehzahl **62** erfolgt in dem TCS-Sollwertgeber **60** des ESP-Systems **14**. Dazu wird die Sollradgeschwindigkeit des TCS-Moduls **16** genutzt, um die zugehörige Soll-drehzahl **62** zu bestimmen. Die Sollradgeschwindigkeit des TCS-Moduls **16** wird auch bei passiver TCS Funktion kontinuierlich berechnet und an die Invertereinheit **30** übermittelt. Das zusätzlich übertragene Kontrollmodussignal **64** dient zur Steuerung des Reglers **42** in der Invertereinheit **30**.

[0047] Die Regelabweichung **46** wird asymmetrisch begrenzt, da zur Kompensation des Überschussmoments im Antriebstrang eine verstärkte Reduktion des Antriebsmoments durch den Regler **42** notwendig wird. Solange die Anforderung des TCS-Moduls **16** zur Absenkung des Antriebsmoments die Invert-

ereinheit **30** wegen der Latenz noch nicht erreicht hat, übernimmt die Invertereinheit **30** selbständig im Bedarfsfall die Anpassung des Antriebsmoments der elektrischen Maschine **54**.

[0048] Sobald die entstehende Regelabweichung **46** eine vorgegebene Schwelle überschreitet, berechnet der Regler **42** ein Korrekturmoment **44**, das dann dem aktuellen extern von dem Fahrzeugsteuergerät **10** vorgegebenen Vorgabemoment **50** überlagert wird. Dadurch wird der Überschuss des Antriebsmoments reduziert und das durchdrehende Rad oder beide durchdrehenden Räder stabilisiert.

[0049] Als Regler **42** kann im einfachsten Fall ein P-Regler oder PDT1-Regler verwendet werden. Die Parameter des Reglers **42** werden in Abhängigkeit der Fahrzeuggeschwindigkeit gewählt. Die Fahrzeuggeschwindigkeit muss dazu nicht exakt bekannt sein. Sollte die Fahrzeuggeschwindigkeit in der Invertereinheit **30** nicht ohnehin bekannt sein, so kann diese aus der übertragenen Soll-drehzahl **62** bestimmt werden.

[0050] Der Arbeitspunkt wird vom dem Fahrzeugsteuergerät **10** sowie von dem ESP-System **14** übernommen. Es erfolgt eine schnelle dynamische Korrektur des Zielmoments **51** durch den Regler **42**. Die Fahrsituationen wie Anfahren auf einseitig glattem Untergrund sowie Kurvenfahrt und die zugehörige Kinematik werden bereits bei der Berechnung der übertragenen Soll-drehzahl **62** in dem ESP-System **14** berücksichtigt.

[0051] Fig. 3 zeigt ein Antriebssystem **100** für ein Elektrofahrzeug gemäß einer dritten Ausführungsform. Das Antriebssystem **100** gemäß der dritten Ausführungsform kommt insbesondere in einem Elektrofahrzeug mit einer erweiterten ESP-TCS-Architektur mit zusätzlicher Radsignalinformation zum Einsatz. Das Antriebssystem **100** gemäß der dritten Ausführungsform eignet sich zum Einsatz in Elektrofahrzeugen mit Frontantrieb oder mit Heckantrieb oder mit Allradantrieb.

[0052] Das Antriebssystem **100** umfasst ein hier nicht dargestelltes Getriebe mit einem Achsdifferential einer angetriebenen Achse des Elektrofahrzeugs. Es kann auch ein weiteres Achsdifferential einer zweiten angetriebenen Achse vorgesehen sein. Das Antriebssystem **100** umfasst ferner eine elektrische Maschine **54** zum Antrieb des Getriebes und eine Invertereinheit **30** zum Ansteuern der elektrischen Maschine **54**. Die Invertereinheit **30** weist eine Momentensteereinheit **32** und eine Ansteereinheit **52** auf. Die Invertereinheit **30** ist mit einer hier nicht dargestellten Batterie verbunden, welche eine Gleichspannung zur Verfügung stellt.

[0053] Das Antriebssystem **100** umfasst auch ein ESP-System **14**, das ein TCS-Modul **16** (Traction Control System) aufweist. Das ESP-System **14** weist ferner ein Raddrehzahlmodul **18** zur Erfassung eines Drehzahlsignals **20** eines vorderen linken Rades, eines Drehzahlsignals **22** eines vorderen rechten Rades, eines Drehzahlsignals **24** eines hinteren linken Rades und eines Drehzahlsignals **26** eines hinteren rechten Rades auf.

[0054] Das ESP-System **14** weist auch einen TCS-Sollwertgeber **60** auf. Der TCS-Sollwertgeber **60** berechnet eine Soll Drehzahl **62** der elektrischen Maschine **54**, die zu der Momentensteereinheit **32** übertragen wird. Der TCS-Sollwertgeber **60** erzeugt auch ein Kontrollmodussignal **64**. Die Momentensteereinheit **32** weist eine Schutzseinheit **34** auf, zu welcher das Kontrollmodussignal **64** übertragen wird. Auch die von dem Raddrehzahlmodul **18** erfassten Drehzahlsignale **20, 22, 24, 26** werden Schutzseinheit **34** übertragen.

[0055] Das Antriebssystem **100** umfasst ferner ein Fahrzeugsteuergerät **10**. Das ESP-System **14** ermittelt ein TCS-Sollmoment **28** und überträgt dieses an das Fahrzeugsteuergerät **10**. Das Fahrzeugsteuergerät **10** weist ein Momentmodul **12**, das beispielsweise aus einer Stellung eines Gaspedals des Elektrofahrzeugs und aus dem TCS-Sollmoment **28** ein Vorgabemoment **50** berechnet und an die Momentensteereinheit **32** überträgt.

[0056] Die Momentensteereinheit **32** erfasst eine Ist-Drehzahl **40** der elektrischen Maschine **54**. Die Ist-Drehzahl **40** und die Soll Drehzahl **62** werden einem Subtraktionspunkt **36** zugeführt, von welchem eine Regelabweichung **46** als Differenz zwischen der Ist-Drehzahl **40** und der Soll Drehzahl **62** berechnet wird.

[0057] Die Momentensteereinheit **32** weist einen Regler **42** auf, dem die Regelabweichung **46** zugeführt wird. Die Schutzseinheit **34** berechnet aus dem Kontrollmodussignal **64** ein Modussignal **43** und überträgt dieses an den Regler **42**. Der Regler **42** berechnet aus der Regelabweichung **46** und dem Modussignal **43** ein Korrekturmoment **44**.

[0058] Das Korrekturmoment **44** und das Vorgabemoment **50** werden einem Summationspunkt **48** zugeführt, von welchem ein Zielmoment **51** als Summe aus dem Korrekturmoment **44** und dem Vorgabemoment **50** berechnet wird. Die Ansteereinheit **52** berechnet aus dem Zielmoment **51** einen Zielstrom **57** und steuert die elektrische Maschine **54** mit dem Zielstrom **57** an.

[0059] Das Vorgabemoment **50** wird nach Koordination mit anderen Anforderungen in dem Fahrzeugsteuergerät **10** an die Invertereinheit **30** gesendet. Zusätzlich wird ein zugehöriges Kontrollmodussignal

64 übertragen. Zusätzlich müssen die Drehzahlsignale **20, 22, 24, 26** für die Radgeschwindigkeiten vorhanden sein.

[0060] Die Drehzahlregelung arbeitet während der Latenzphase lediglich auf Basis der aktuellen Ist-Drehzahl **40** und der Soll Drehzahl **62**, da das neue TCS-Sollmoment **28** noch nicht verfügbar ist. Die Drehzahlsignale **20, 22, 24, 26** werden dazu genutzt, die einzelnen Fahrsituationen noch genauer voneinander zu unterscheiden. Mit Hilfe der Differenz der Raddrehzahlen an der angetriebenen Achse kann die Situation „Anfahren auf einseitig glattem Untergrund“ besser unterschieden werden von der Situation „Anfahren auf homogenem Reibwert“ mit symmetrisch durchdrehenden Rädern.

[0061] Die Berechnung der Soll Drehzahl **62** erfolgt in dem TCS-Sollwertgeber **60** des ESP-Systems **14**. Dazu wird die Sollradgeschwindigkeit des TCS-Moduls **16** genutzt, um die zugehörige Soll Drehzahl **62** zu bestimmen. Die Sollradgeschwindigkeit des TCS-Moduls **16** wird auch bei passiver TCS Funktion kontinuierlich berechnet und an die Invertereinheit **30** übermittelt. Das zusätzlich übertragene Kontrollmodussignal **64** dient zur Steuerung des Reglers **42** in der Invertereinheit **30**.

[0062] Als Regler **42** kann im einfachsten Fall ein P-Regler oder PDT1-Regler verwendet werden. Die Parameter des Reglers **42** werden in Abhängigkeit der Fahrzeuggeschwindigkeit gewählt. Die Fahrzeuggeschwindigkeit muss dazu nicht exakt bekannt sein. Sollte die Fahrzeuggeschwindigkeit in der Invertereinheit **30** nicht ohnehin bekannt sein, so kann diese aus der übertragenen Soll Drehzahl **62** bestimmt werden.

[0063] Die Erfindung ist nicht auf die hier beschriebenen Ausführungsbeispiele und die darin hervorgehobenen Aspekte beschränkt. Vielmehr ist innerhalb des durch die Ansprüche angegebenen Bereichs eine Vielzahl von Abwandlungen möglich, die im Rahmen fachmännischen Handelns liegen.

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

- DE 102011088729 A1 [0002]
- DE 102016203113 A1 [0003]
- EP 2810132 B1 [0004]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Antriebssystems (100) eines Elektrofahrzeugs, umfassend ein Getriebe mit mindestens einem Achsdifferential mindestens einer angetriebenen Achse des Elektrofahrzeugs, eine elektrische Maschine (54) zum Antrieb des Getriebes und eine Invertereinheit (30) zum Ansteuern der elektrischen Maschine (54), welche eine Momentensteereinheit (32) und eine Ansteuereinheit (52) aufweist, wobei von der Momentensteereinheit (32) eine Ist-Drehzahl (40) der elektrischen Maschine (54) erfasst wird; von der Momentensteereinheit (32) aus der Ist-Drehzahl (40) der elektrischen Maschine (54) und einer Soll-Drehzahl (62) eine Regelabweichung (46) berechnet wird; von einem Regler (42) der Momentensteereinheit (32) aus der Regelabweichung (46) ein Korrekturmoment (44) berechnet wird; von der Momentensteereinheit (32) aus dem Korrekturmoment (44) und einem Vorgabemoment (50) ein Zielmoment (51) berechnet wird; von der Ansteuereinheit (52) aus dem Zielmoment (51) ein Zielstrom (57) berechnet wird; und die elektrische Maschine (54) von der Ansteuereinheit (52) mit dem Zielstrom (57) angesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Momentensteereinheit (32) eine Schutzeinheit (34) aufweist, von welcher die Soll-Drehzahl (62) berechnet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Soll-Drehzahl (62) von der Schutzeinheit (34) aus Drehzahlsignalen (20, 22, 24, 26) von allen Rädern des Elektrofahrzeugs berechnet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Soll-Drehzahl (62) von der Schutzeinheit (34) ausschließlich aus Drehzahlsignalen (20, 22, 24, 26) von Rädern einer nicht-angetriebenen Achse des Elektrofahrzeugs berechnet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Soll-Drehzahl (62) von einem ESP-System (14) berechnet und zu der Momentensteereinheit (32) übertragen wird.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei von einem ESP-System (14) ein Kontrollmodussignal 64 erzeugt und zu der Momentensteereinheit (32) übertragen wird.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Vorgabemoment (50) von einem Fahrzeugsteuergerät (10) berechnet und zu der Momentensteereinheit (32) übertragen wird.

8. Antriebssystem (100) für ein Elektrofahrzeug, umfassend ein Getriebe mit mindestens einem Achsdifferential mindestens einer angetriebenen Achse des Elektrofahrzeugs, eine elektrische Maschine (54) zum Antrieb des Getriebes und eine Invertereinheit (30) zum Ansteuern der elektrischen Maschine (54), welche eine Momentensteereinheit (32) und eine Ansteuereinheit (52) aufweist, wobei die Momentensteereinheit (32) eine Ist-Drehzahl (40) der elektrischen Maschine (54) erfasst; die Momentensteereinheit (32) aus der Ist-Drehzahl (40) der elektrischen Maschine (54) und einer Soll-Drehzahl (62) eine Regelabweichung (46) berechnet; die Momentensteereinheit (32) einen Regler (42) aufweist, der aus der Regelabweichung (46) ein Korrekturmoment (44) berechnet; die Momentensteereinheit (32) aus dem Korrekturmoment (44) und einem Vorgabemoment (50) ein Zielmoment (51) berechnet; die Ansteuereinheit (52) aus dem Zielmoment (51) einen Zielstrom (57) berechnet; und die Ansteuereinheit (52) die elektrische Maschine (54) mit dem Zielstrom (57) ansteuert.

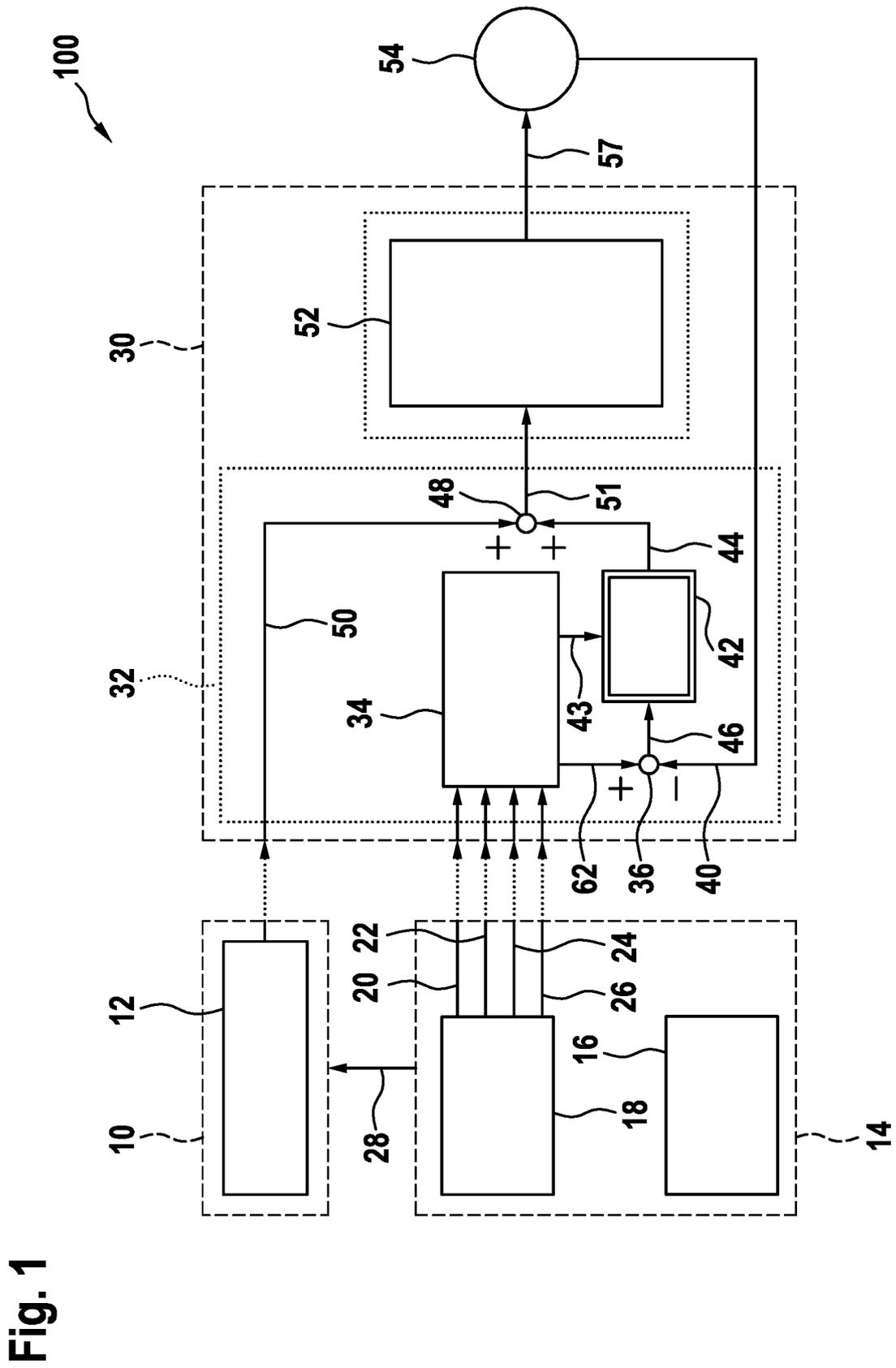
9. Antriebssystem (100) nach Anspruch 8, wobei die Momentensteereinheit (32) eine Schutzeinheit (34) aufweist, welche die Soll-Drehzahl (62) berechnet.

10. Antriebssystem (100) nach einem der Ansprüche 8 bis 9, ferner umfassend ein ESP-System (14), welches die Soll-Drehzahl (62) berechnet und zu der Momentensteereinheit (32) überträgt.

11. Antriebssystem (100) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, ferner umfassend ein Fahrzeugsteuergerät (10), welches das Vorgabemoment (50) berechnet und zu der Momentensteereinheit (32) überträgt.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



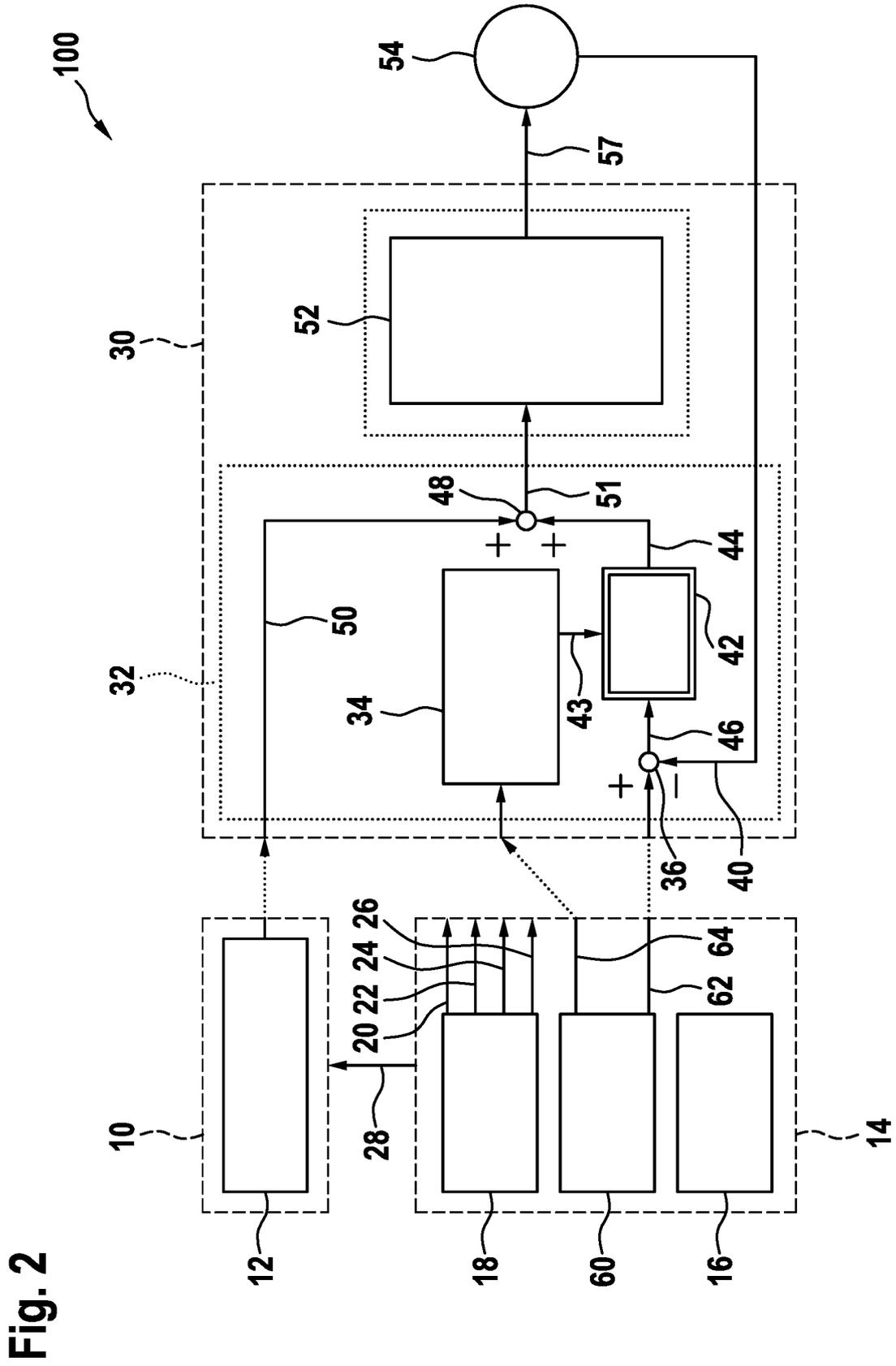


Fig. 2

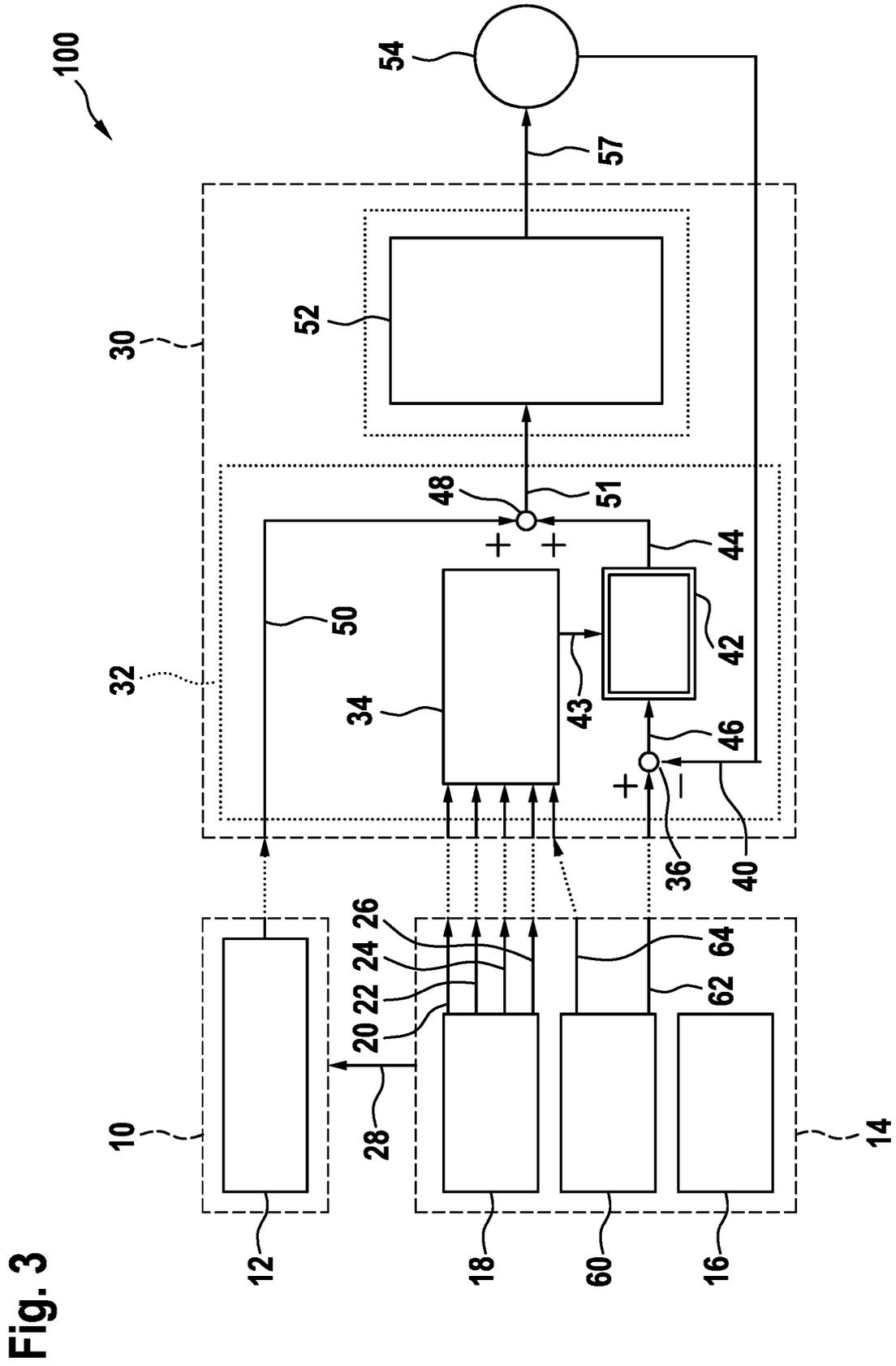


Fig. 3