

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

(19) Weltorganisation für geistiges  
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum  
27. März 2014 (27.03.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2014/044664 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/069246
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
17. September 2013 (17.09.2013)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
A 50407/2012 21. September 2012 (21.09.2012) AT
- (71) Anmelder: AVL LIST GMBH [AT/AT]; Hans-List-Platz  
1, A-8020 Graz (AT).
- (72) Erfinder: SCHNEIDER, Richard; Conduzzigasse 9, A-  
8044 Graz (AT). SCHLEMMER, Erwin; Kienzl-gasse 5,  
A-8160 Weiz (AT). CALISTO, Werner; Grünlandweg 11,  
A-8054 Seiersberg (AT).
- (74) Anwalt: BABELUK, Michael; Mariahilfer Gürtel 39/17,  
A-1150 Wien (AT).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,

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

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

**Veröffentlicht:**

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

(54) Title: METHOD FOR OPERATING A RANGE EXTENDER FOR ELECTRIC VEHICLES

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES RANGE EXTENDERS FÜR ELEKTROFAHRZEUGE

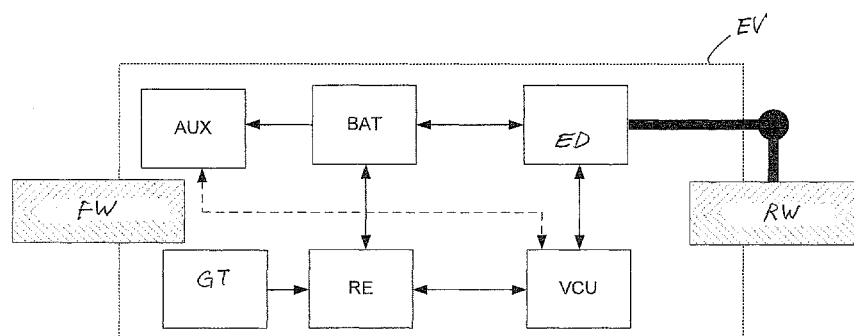


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method and a device for operating a range extender for electric vehicles, which comprises an internal combustion engine having a mechanically coupled generator, wherein the mechanical energy produced by the internal combustion engine is converted into electric current by the generator and fed to an electrical storage unit. According to the invention, the mechanical energy of the internal combustion engine is converted directly into direct current in a direct-current generator, wherein the voltage of the direct current is controlled by controlling the rotational speed of the generator or of the internal combustion engine in an open-loop or closed-loop manner.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft Verfahren sowie eine Vorrichtung zum Betrieb eines

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



---

Range Extenders für Elektrofahrzeuge, welcher einen Verbrennungsmotor mit einem mechanisch gekoppelten Generator aufweist, wobei die vom Verbrennungsmotor erzeugte mechanische Energie vom Generator in elektrischen Strom umgewandelt und einer elektrischen Speichereinheit zugeführt wird. Erfindungsgemäß wird die mechanische Energie der Verbrennungskraftmaschine in einem Gleichstromgenerator direkt in Gleichstrom umgewandelt, wobei die Spannung des Gleichstroms durch Steuern und/oder Regeln der Drehzahl des Generators oder des Verbrennungsmotors geregelt wird.

## **Verfahren zum Betrieb eines Range Extenders für Elektrofahrzeuge**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Range Extenders für Elektrofahrzeuge, welcher einen Verbrennungsmotor mit einem mechanisch gekoppelten Generator aufweist, wobei die vom Verbrennungsmotor erzeugte mechanische Energie vom Generator in elektrischen Strom umgewandelt und einer elektrischen Speichereinheit zugeführt wird. Die Erfindung umfasst weiters eine Range Extender Einheit zum Betrieb eines Elektrofahrzeugs.

Vielfach werden Elektrofahrzeug (sowohl Autos als auch Zweiradfahrzeuge, wie Elektro-Scooter) hergestellt, die elektromotorisch angetrieben sind. Die Betriebsenergie stammt dabei aus einer im Elektrofahrzeug angeordneten aufladbaren Batterie oder Akkumulator, wobei dieser elektrische Energiespeicher während des Stillstandes des Elektrofahrzeuges am Stromnetz aufgeladen wird. Um die Reichweite derartiger Elektrofahrzeuge – die durch die begrenzte Kapazität herkömmlicher elektrischer Energiespeicher meist auf einen Bereich unter 200 km beschränkt ist – beträchtlich auszuweiten, ist es üblich im Fahrzeug einen Range Extender anzuordnen, der im Wesentlichen aus einer Verbrennungsmotor-Generator-Einheit besteht. Der Verbrennungsmotor wird meist mit Benzin oder Diesel betrieben, so dass die Reichweite des Elektrofahrzeugs unter Nutzung des dichten Tankstellennetzes beliebig erweiterbar ist.

Range Extender gemäß Stand der Technik werden meist bei einer (oder mehreren) konstanten Drehzahlen betrieben, um einen effizienten Betrieb des Verbrennungsmotors in verschiedenen Leistungsstufen zu gewährleisten. Da die Ausgangsspannung des Generators von dessen Drehzahl abhängig ist, muss der Spannungspegel des Ladestroms für eine optimale Aufladung des elektrischen Energiespeichers durch eine Leistungselektronik geregelt werden, die geeignet ist die Wechselspannung des Generators in eine Gleichspannung geeigneter Spannungshöhe umzuwandeln. Wenn der Generator des Range Extenders gleichzeitig auch als Starter für den Verbrennungsmotor verwendet werden soll, muss ein bidirektionaler Inverter eingesetzt werden.

Aus der DE 10 2010 039 653 A1 ist beispielsweise ein Range Extender für ein Elektrofahrzeug beschrieben, welcher einen Verbrennungsmotor und einen hiermit gekoppelten elektrischen Generator umfasst. Die elektrische Energie des Generators wird zum Laden eines Litium-Ionen-Akkus und/oder zum Ansteuern der elektrischen Antriebsmaschine des Fahrzeugs verwendet. Bei der Ansteuerung des Range Extenders wird eine prädikative Betriebsstrategie betrieben, wobei unter Einbeziehung eines im Fahrzeug vorhandenen Navigationsgerätes optimale

Betriebszeiten für den Betrieb des Range Extender ermittelt werden. Eine ähnliche Betriebsstrategie wird mit der Range Extender Anordnung gemäß FR 2 941 424 A1 verfolgt.

Weiters ist aus der WO 2011/082943 A1 ein Range Extender für ein Kraftfahrzeug bekannt geworden, das ausschließlich von einem Elektromotor mittels elektrischer Energie aus einem Energiespeicher betrieben wird, wobei zur Erweiterung der Reichweite eine Verbrennungsmotor-Generator-Einheit eingesetzt wird. Die mechanische Energie wird von einem Verbrennungsmotor erzeugt und von einer permanentmagneterregten Synchronmaschine in elektrische Energie umgewandelt. Der Verbrennungsmotor ist mit dem Generator mittels einer Antriebswelle mechanisch verbunden. Der Generator erzeugt Wechselstrom, der von einem ungesteuerten Gleichrichter in Gleichstrom umgewandelt wird. Die Spannung des vom Gleichrichter zur Verfügung gestellten Gleichstroms wird über die Regelung der Drehzahl des Generators an die aktuellen Erfordernisse des Energiespeichers angepasst, sodass mit einem ungesteuerten Gleichrichter anstelle eines aufwändigeren und teureren Pulswechselrichters das Auslangen gefunden werden kann. In diesem Fall kann der Generator nicht als Starter verwendet werden.

Aufgabe der Erfindung ist es eine Range Extender Einheit der eingangs beschriebenen Art weiter zu vereinfachen und ein Verfahren zum optimalen Betrieb eines derartigen Range Extenders vorzuschlagen, welches insbesondere beim Betrieb von zweirädrigen Elektrofahrzeugen, beispielsweise Elektroroller, eingesetzt werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die mechanische Energie der Verbrennungskraftmaschine in einem Gleichstromgenerator direkt in Gleichstrom umgewandelt wird, wobei die Spannung des Gleichstroms durch Steuern und/oder Regeln der Drehzahl des Generators oder des Verbrennungsmotors geregelt wird.

Eine erfindungsgemäße Range Extender Einheit mit einem Verbrennungsmotor, einem damit mechanisch gekoppelten Generator, einem Kraftstofftank, einer elektrischen Speichereinheit und einer Regeleinrichtung zur Regelung der Drehzahl des Verbrennungsmotors oder des Generators zeichnet sich dadurch aus, dass der Generator eine Gleichstrommaschine ist, die einen Ladestrom erzeugt, dessen Spannung direkt über die Drehzahlregelung des Verbrennungsmotors oder des Generators regelbar ist.

Eine weitere Regelungsmöglichkeit bietet sich durch Einstellen des Erregerstroms bei einer elektrisch erregten Gleichstrommaschine an.

Im Unterschied zum Stand der Technik erzeugt der erfindungsgemäße Range Extender durch die Verwendung einer Gleichstrommaschine direkt elektrischen Gleichstrom, so dass ein Gleichrichter entfallen kann. Der Einsatz aufwändiger Leistungselektronik kann somit entfallen. Die für den Ladestrom benötigte elektrische Spannung wird durch Regelung der Drehzahl des Verbrennungsmotors erzielt, welcher bevorzugt mit dem Generator eine gemeinsame Antriebswelle aufweist. Die Regelung der Drehzahl des Generators kann allerdings auch mit Hilfe eines Getriebes zwischen Verbrennungsmotor und Generator durchgeführt werden.

Weiters kann der Erregerstrom der Gleichstrommaschine als Regelgröße verwendet werden.

Erfindungsgemäß erfolgt die Steuerung und/oder Regelung der Drehzahl des Generators oder des Verbrennungsmotors in Abhängigkeit von aktuellen Kenngrößen der elektrischen Speichereinheit wie Ladezustand (SOC) State of Health (SOH), Spannung, Strom, Temperatur etc. bzw. in Abhängigkeit vom aktuellen Betriebszustand des Elektrofahrzeugs wie Antrieb, Rekuperation oder Leerlauf und/oder von Umgebungsdaten wie Temperatur, Zustand der Antriebseinheit des Fahrzeugs oder durch Navigationssysteme abfragbare Routen- und Geländeinformationen etc.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand von schematischen Darstellungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Systembild der Range Extender Einheit in einem zweirädrigen Elektrofahrzeug; sowie

Fig. 2 eine detaillierte schematisierte Systemdarstellung der Range Extender Einheit.

Die schematische Darstellung gemäß Fig. 1 zeigt eine Range Extender Einheit RE für ein Elektrofahrzeug EV, beispielsweise einen Elektroroller, mit einem durch einen Elektroantrieb ED angetriebenen Hinterrad RW und einem Vorderrad FW. Die Range Extender Einheit RE bezieht Kraftstoff aus einem Kraftstofftank GT und liefert den Ladestrom an die Energiespeichereinheit BAT. Weiters werden über die Energiespeichereinheit BAT zusätzlicher Verbraucher AUX des Elektrofahrzeugs EV versorgt. Die Fahrzeugsteuereinheit ist mit VCU gekennzeichnet.

Fig. 2 zeigt die Range Extender Einheit RE mit allen wesentlichen Bestandteilen. Der Verbrennungsmotor ICE ist über eine Welle W mechanisch mit dem Gleichstromgenerator GEN gekoppelt und erzeugt den Ladestrom für eine elektrische

Speichereinheit BAT, wobei die Regeleinrichtung ECU zur Regelung der Drehzahl des Verbrennungsmotors ICE vorgesehen ist.

Bei Elektrofahrzeugen, die mit einem Range Extender RE ausgestattet sind, wird dieser in der Regel ohne Interaktion des Fahrers aktiviert, gesteuert über die Regeleinrichtung ECU, die die Kenndaten des Energiespeichers BAT, des Verbrennungsmotors ICE und die Zustandsdaten des Kraftstoffventils FCV zwischen Kraftstofftank GT und Verbrennungsmotor ICE aufnimmt. Damit kann die Steuerung und/oder Regelung der Drehzahl des Verbrennungsmotors auf einfache Weise über eine Regelung der Kraftstoffzufuhr zum Verbrennungsmotor durchgeführt werden.

Weitere in Fig. 2 verwendete Bezugszeichen haben folgende Bedeutung:

$q^*$  - gewünschte Flussrate des Kraftstoffs

$q_-$  - aktuelle Flussrate des Kraftstoffs

$n_{ICE}$  - Motordrehzahl

$T_{ICE}$  - Motortemperatur

$T_G$  - Generatortemperatur

$T_A$  - Umgebungstemperatur

$T_B$  - Batterietemperatur

$I_B$  - Batteriestrom

$V_B$  - Batteriespannung

$i_B$  - Ladestrom

$v_B$  - Ladespannung

Während des Ladebetriebs wird der Spannungslevel des Ladestroms über die Drehzahl  $n_{ICE}$  des Verbrennungsmotors ICE in Abhängigkeit der aus Fig. 2 erkennbaren Eingangsgrößen in die Regeleinrichtung ECU geregelt. Die Kenngrößen der Energiespeichereinheit BAT werden entweder von einem Batteriemanagementsystem BMS oder durch separate Sensoren zur Verfügung gestellt.

Der Gleichstromgenerator GEN kann bevorzugt als Permanentmagnet-Gleichstrommotor mit Bürsten ausgeführt sein.

Die Steuerung und/oder Regelung der Drehzahl des Generators oder des Verbrennungsmotors wird beispielsweise in Abhängigkeit von aktuellen Kenngrößen der elektrischen Speichereinheit wie Ladezustand (SOC) State of Health (SOH), Spannung  $v_B$ , Strom  $i_B$ , Temperatur  $T_B$  etc. durchgeführt.

Der Startgenerator kann durch den Gleichstromgenerator GEN des Range Extenders RE ersetzt werden, wenn dieser in einem ersten Betriebsmodus als Starter für den Verbrennungsmotor ICE und in einem zweiten Betriebsmodus als Lademotor zur Aufladung der elektrischen Speichereinheit BAT dient.

Mit einem Batteriemodell BMod kann die Steuerung an unterschiedliche Batterieeigenschaften angepasst werden, die beispielsweise durch Alterung des Energiespeichers auftreten können.

## **P A T E N T A N S P R Ü C H E**

1. Verfahren zum Betrieb eines Range Extenders für Elektrofahrzeuge, welcher einen Verbrennungsmotor mit einem mechanisch gekoppelten Generator aufweist, wobei die vom Verbrennungsmotor erzeugte mechanische Energie vom Generator in elektrischen Strom umgewandelt und einer elektrischen Speichereinheit zugeführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mechanische Energie der Verbrennungskraftmaschine in einem Gleichstromgenerator direkt in Gleichstrom umgewandelt wird, wobei die Spannung des Gleichstroms durch Steuern und/oder Regeln der Drehzahl des Generators oder des Verbrennungsmotors geregelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuerung und/oder Regelung der Drehzahl des Generators oder des Verbrennungsmotors in Abhängigkeit von aktuellen Kenngrößen der elektrischen Speichereinheit wie Ladezustand (SOC) State of Health (SOH), Spannung, Strom, Temperatur etc. durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuerung und/oder Regelung der Drehzahl des Generators oder des Verbrennungsmotors in Abhängigkeit vom aktuellen Betriebszustand des Elektrofahrzeugs wie Antrieb, Rekuperation oder Leerlauf und/oder von Umgebungsdaten wie Temperatur etc. durchgeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuerung und/oder Regelung der Drehzahl des Verbrennungsmotors über eine Regelung der Kraftstoffzufuhr zum Verbrennungsmotor durchgeführt wird.
5. Range Extender Einheit (RE) zum Betrieb eines Elektrofahrzeugs (EV) mit einem Verbrennungsmotor (ICE), einem damit mechanisch gekoppelten Generator (GEN), einem Kraftstofftank (GT), einer elektrischen Speichereinheit (BAT) und einer Regeleinrichtung (ECU) zur Regelung der Drehzahl des Verbrennungsmotors (ICE) oder des Generators (GEN), **dadurch gekennzeichnet**, dass der Generator (GEN) eine Gleichstrommaschine ist, die einen Ladestrom erzeugt, dessen Spannung direkt über eine Drehzahlregelung des Verbrennungsmotors (ICE) oder des Generators (GEN) regelbar ist.
6. Range Extender Einheit (RE) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Gleichstromgenerator (GEN) ein Permanentmagnet-Gleichstrommotor mit Bürsten ist.

7. Range Extender Einheit (RE) nach einem der Ansprüche 5 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Gleichstromgenerator (GEN) einen ersten Betriebsmodus als Starter für den Verbrennungsmotor und einen zweiten Betriebsmodus als Lademotor zur Aufladung der elektrischen Speichereinheit (BAT) aufweist.

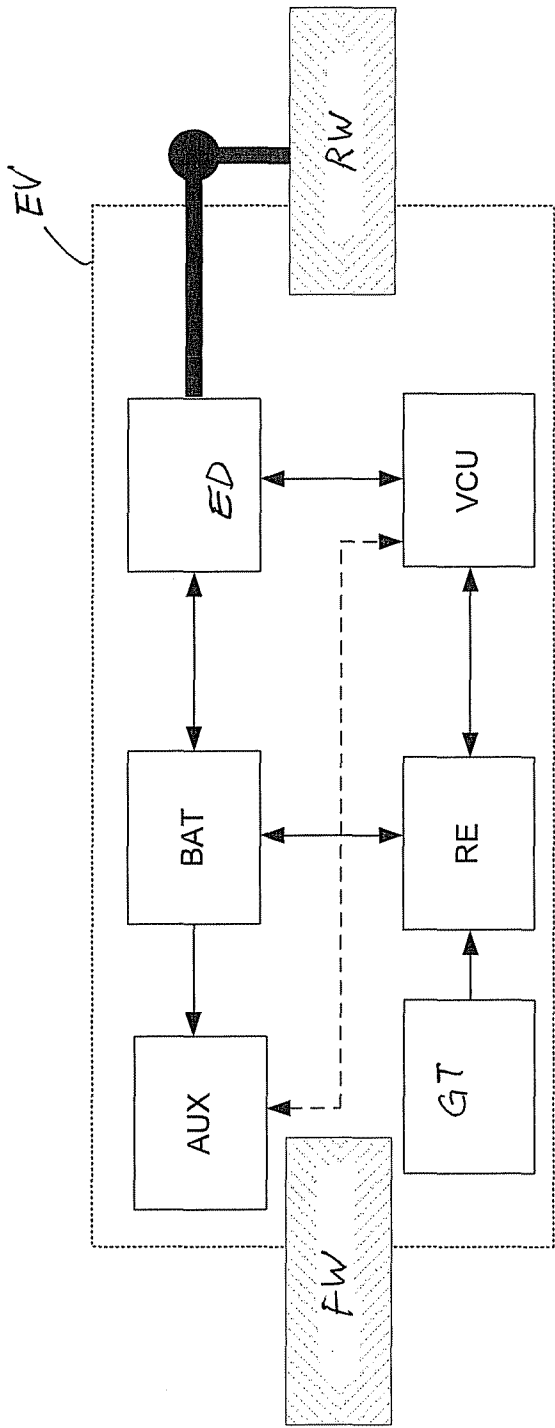


Fig. 1

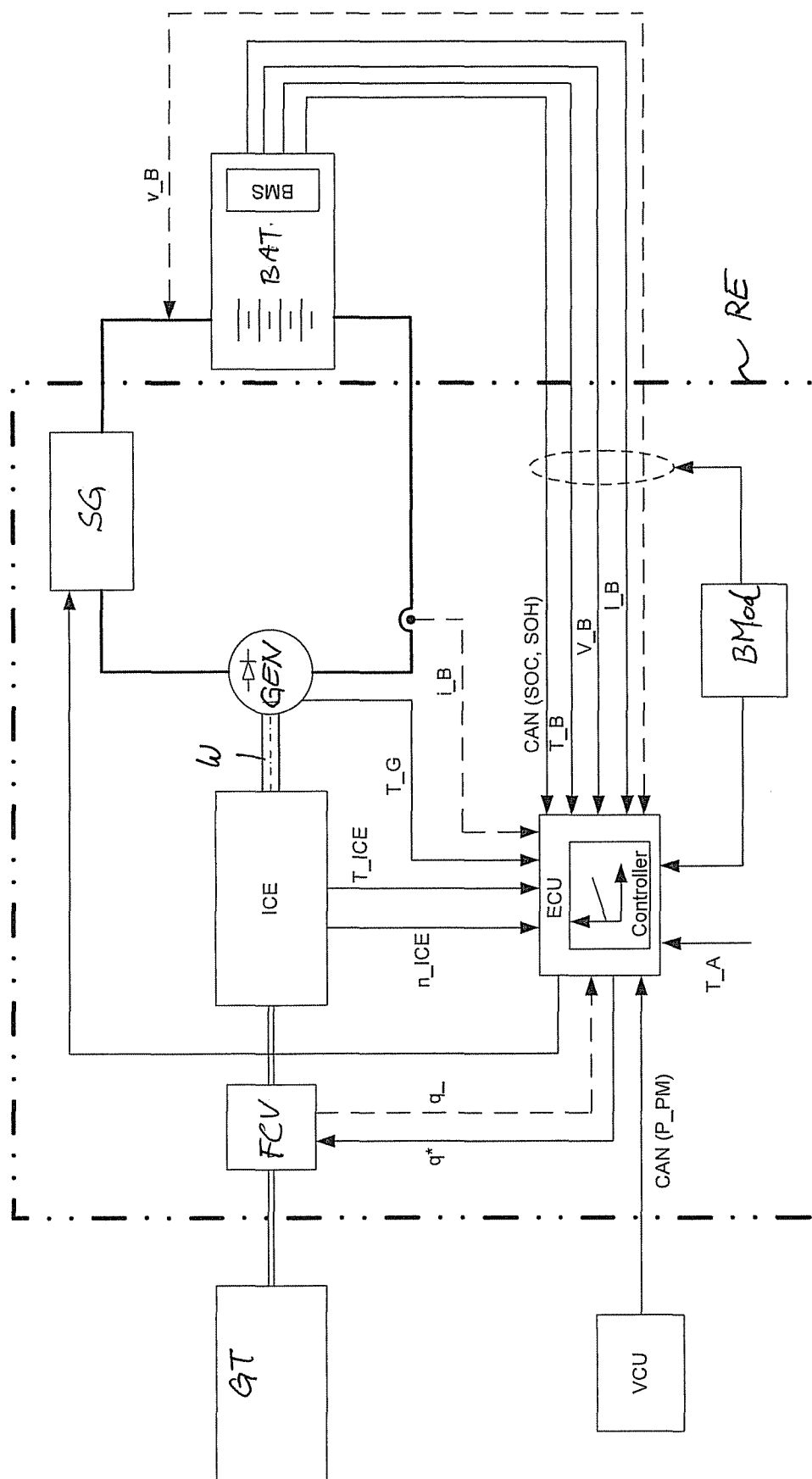


Fig. 2