

Invenția se referă la construcția de mașini, și anume, la transmisii electrice pentru vehicule hibride.

Dispozitivul propus permite funcționarea motorului cu ardere internă a unui vehicul hibrid nu numai la viteză constantă, ceea ce exclude ralantiul, reduce consumul de combustibil și transferul turațiilor motorului cu ardere internă. Acestea sunt reduse, utilizând un reductor pentru a controla frecvența curentului rotorului motor-generatorului sincron, care permite generarea unui curent variabil pentru a alimenta motor-generatorul sincron de tracțiune și pentru a asigura o gamă largă de modificări ale vitezei pentru toate modurile de funcționare ale vehiculului hibrid de la pornire până la deplasarea cu viteză maximă potrivită.

Un vehicul hibrid este un vehicul care utilizează energia mai multor surse, inclusiv o baterie de acumuloare pentru a roti roțile. Vehiculele hibride precum HEV (hybrid electric vehicle) și PHEV (plug-in hybrid electric vehicle) există de mulți ani. O mulțime de HEV-uri pot fi văzute astăzi pe drumuri, deoarece sunt destul de răspândite, acestea sunt utilizate pe șine, mări și în aer. Potrivit Agenției Internaționale pentru Energie (IEA) Global EV Outlook 2019, numărul vehiculelor electrice și hibride în 2018 a depășit 5,1 milioane, cu două milioane mai mult decât în 2017. Necesitatea majorării eficienței și reducerii emisiilor dăunătoare, continuă să stimuleze creșterea sectorului pieței HEV, precum și sporirea tehnologiilor sofisticate spre modernizare continuă dictată de creșterea cererii față de sistemele HEV. Astfel, îmbunătățirea HEV în sistemele integrate este esențială nu numai în industria auto, dar și în celelalte sectoare de transport (Hau K. T., *Electric Vehicles Machines and Drives Design, Analysis and Application* John Wiley & Sons Singapore Pte., Ltd., 2015, p. 400). De asemenea, un vehicul hibrid poate recupera energia cinetică în timpul frânării, reducând suplimentar consumul de combustibil (Chris Mi, Abul Masrur, *Hybrid Electric Vehicles. Principles and Applications with Practical Perspectives*, John Wiley & Sons Ltd, US, 2018, p. 567).

Pentru a regenera energia cinetică a vehiculului în timpul frânării, se folosește un motor-generator sincron, care se referă la o mașină electrică reversibilă. Vehiculele hibride utilizează un motor-generator sincron ca generator de energie pentru motorul cu ardere internă și ca motor pentru pornirea motorului cu ardere internă. În vehiculele hibride, de la surse de energie se transferă energia către roți prin diferite convertoare de curent. În timpul funcționării acestor sisteme, fiecare conversie de energie are o eficiență mai mică de 100% și, prin urmare, pierderile de energie apar pe tot parcursul procesului. De aceea, sunt necesare tehnologii, sisteme și metode care vor micșora dimensiunea componentelor și vor reduce pierderile de energie prin utilizarea între componente a conexiunilor electrice directe.

Este cunoscut un dispozitiv de transmisie a energiei pentru vehicul hibrid, care conține un motor cu ardere internă, un motor electric, și un dispozitiv de transmitere a puterii dotat cu un arbore de ieșire al motorului cu ardere internă, activat de puterea motrice a motorului cu ardere internă; un prim arbore de intrare principal, care este amplasat paralel cu arborele de ieșire al motorului cu ardere internă și unit cu acesta printr-un dispozitiv principal de blocare; un prim arbore de intrare secundar, care este amplasat coaxial cu primul arbore de intrare principal și unit cu acesta printr-un prim dispozitiv de blocare; un al doilea arbore de intrare secundar, care este amplasat coaxial cu primul arbore de intrare principal și unit cu acesta printr-un al doilea dispozitiv de blocare; un arbore de ieșire, care este amplasat paralel cu primul arbore de intrare principal și unit cu primul arbore de intrare secundar, totodată fiind unit și al doilea arbore secundar de intrare, printr-o pereche de roți dințate, care transmit puterea motrice către unitatea antrenată; dispozitivul de transmitere a puterii mai conține un mecanism de frânare, care este amplasat astfel încât să poată roti primul, al doilea și al treilea element rotativ diferențial unul față de celălalt. Primul element rotativ este conectat la primul arbore de intrare principal și la motorul electric. Al doilea element rotativ este conectat la primul arbore secundar de intrare. Al treilea element rotativ este conectat la un mecanism de blocare; cel de-al doilea element rotativ primește puterea motrice transmisă de la primul element rotativ și puterea motrice transmisă de la cel de-al treilea element rotativ și le transmite către arborele de ieșire [1].

Dezavantajele acestei soluții tehnice constau în aceea că în transmiterea energiei de la motorul cu ardere internă la motorul electric, mecanismul de transmitere a puterii este utilizat pentru a modifica raportul de transmitere, mecanismul de frânare și ambreiajul, fapt ce mărește costul dispozitivului de transmitere a puterii, crește numărul de piese aflate în mișcare, și, în consecință, reduce fiabilitatea și conduce la pierderi de energie în cuplaje și în mecanismul de frânare.

Este cunoscut un sistem de control al motorului electric, un vehicul hibrid de serie, un dispozitiv de control al motorului electric și o metodă de control al motorului electric, care include un generator, un motor de curent alternativ, un convertor de putere pentru acționarea motorului de curent alternativ, care utilizează o tensiune de ieșire continuă a generatorului și un controler de motor electric pentru supravegherea convertorului de putere; și un motor pentru acționarea generatorului menționat, în care respectiva tensiune de ieșire este dependentă de viteza motorului menționat, iar controlorul motorului menționat estimează fluxul magnetic ce include o componentă determinată de axa fluxului magnetic, care utilizează o valoare de tensiune de ieșire prevăzută, ce prezice o modificare a tensiunii de ieșire menționate, determină comanda de curent bazată pe cuplul dintre comandă și fluxul magnetic estimat menționat și controlează convertorul de putere menționat la comanda de curent menționată [2].

Dezavantajele acestei soluții constau în aceea că este utilizat generatorul de curent continuu, care este mai scump și are o fiabilitate joasă, în plus, la deplasarea vehiculului, este necesară convertirea întregului flux de energie electrică utilizând redresoare și invertoare. De asemenea, modul de utilizare a transferului direct de energie de la primul dispozitiv electric (generator) la al doilea dispozitiv electric (motor de tracțiune), care este controlat prin schimbarea numărului de rotații ale motorului cu ardere internă, nu permite lucrul motorului cu rotații constante ci cu puteri maxime, ceea ce reduce eficiența motorului și crește pierderile de energie, iar modul de conversie a energiei

generatorului, utilizând un invertor, puterea căruia corespunde cu puterea generatorului crește costul dispozitivului pentru conversia energiei generatorului.

Cea mai apropiată soluție tehnică este vehiculul hibrid și metoda de control a acestuia, care conține un motor-generator sincron cu înfășurare de excitare pe rotor, care este dotat cu un traductor de poziție și unit cu un motor cu ardere internă, totodată motor-generatorul comunică cu un acumulator de înaltă tensiune, dotat cu un senzor de curent și cu un senzor de tensiune. Motor-reductorul comunică cu un motor-generator sincron de tracțiune cu magneți permanenți pe rotor, care este dotat cu senzori de curent și cu un traductor de poziție, și este unit printr-o transmisie principală cu roțile vehiculului hibrid; un invertor de curent al acumulatorului, care este conectat la motor-generatorul sincron de tracțiune, iar la motor-generatorul sincron este conectat un invertor de curent al acumulatorului pentru alimentarea înfășurării de excitare pe rotorul motor-generatorului sincron; un redresor de control al curentului alternativ al unei surse de alimentare exterioare pentru încărcarea acumulatorului, intrarea căruia este conectată la o sursă de alimentare exterioară a vehiculului hibrid, iar ieșirea lui – la acumulatorul de înaltă tensiune, sursa fiind dotată cu un senzor de tensiune; un dispozitiv auxiliar pentru determinarea nivelului de încărcare al acumulatorului. Transmisia mai conține un bloc de comandă al transmisiei electrice a vehiculului hibrid, un bloc de comandă al motorului cu ardere internă, și un bloc de comandă al vehiculului hibrid [3].

Dezavantajele soluției tehnice cunoscute constau în aceea că dispozitivul dat, cu ajutorul redresoarelor și invertoarelor convertește întregul flux de energie electrică pentru deplasarea vehiculului, suportând pierderi mari în timpul conversiei de energie, precum și prețuri de cost mari a convertoarelor de energie.

În dispozitivele tehnice descrise mai sus, se utilizează o schemă de transfer a energiei acceptată în general pentru vehiculele hibride, în care energia mecanică a motorului cu ardere internă este transmisă alternatorului și transformată în energie electrică, apoi energia prin redresoarele statore, este convertită în curent continuu, care sunt utilizate pentru alimentarea cheilor electronice ale invertoarelor, și care, la rândul lor, se deschid și se închid conform semnalelor unității de control a transmisiei electrice a vehiculului hibrid, astfel încât acestea să formeze impulsuri de curent de durată diferită, care se adaugă la curbele sinusoidale rezultate și sunt utilizate pentru a acționa un motor de tracțiune, al cărui potențial este transmis la roțile vehiculului.

Transferul energiei de la motorul cu ardere internă la roțile vehiculului, care are loc în transmisia electrică prin conversia energiei mecanice în energie electrică și invers, este însoțit de pierderi de energie, în principal în timpul transformării parametrilor energiei electrice. Redresoarele statice la tensiuni de sute de volți au o eficiență ridicată - 0,98 ... 0,99, dar eficiența invertoarelor depinde de sarcină, care de obicei nu depășește 90% (Don Knowles, Understand Efficiency Ratings Before Choosing An AC-DC Supply, USA, 2013.02.26, <https://www.electronicdesign.com/power-management/article/21795830/understand-efficiency-ratings-before-choosing-an-acdc-supply>).

În plus, în sursele tehnice descrise mai sus, la transmisiile electrice, sunt utilizate elemente mecanice suplimentare pentru a controla transferul energiei, cum ar fi frânele, ambreiajele și angrenajele planetare, care sunt surse suplimentare de pierderi de energie și reduc fiabilitatea transmisiei.

Problema pe care o rezolvă invenția constă în reducerea pierderilor de energie, în transmisia electrică pentru vehiculul hibrid, la transferul energiei de la motorul cu ardere internă către roțile de tracțiune a vehiculului hibrid, precum și reducerea costului de implementare a transmisiei electrice pentru vehiculul hibrid.

Transmisia electrică pentru vehiculul hibrid, conform invenției, înlătură dezavantajele menționate mai sus prin aceea că conține un motor-generator sincron cu înfășurare de excitare pe rotor, care este dotat cu un traductor de poziție și unit cu un motor cu ardere internă, totodată motor-generatorul comunică cu un acumulator de înaltă tensiune, dotat cu un senzor de curent și cu un senzor de tensiune. Motor-reductorul comunică cu un motor-generator sincron de tracțiune cu magneți permanenți pe rotor, care este dotat cu senzori de curent și cu un traductor de poziție, și este unit printr-o transmisie principală cu roțile vehiculului hibrid; un invertor de curent al acumulatorului, care este conectat la motor-generatorul sincron de tracțiune, iar la motor-generatorul sincron este conectat un invertor de curent al acumulatorului pentru alimentarea înfășurării de excitare pe rotorul motor-generatorului sincron; un redresor de control al curentului alternativ al unei surse de alimentare exterioare pentru încărcarea acumulatorului, intrarea căruia este conectată la o sursă de alimentare exterioară a vehiculului hibrid, iar ieșirea lui – la acumulatorul de înaltă tensiune, sursa fiind dotată cu un senzor de tensiune; un dispozitiv auxiliar pentru determinarea nivelului de încărcare al acumulatorului. Transmisia mai conține un bloc de comandă al transmisiei electrice a vehiculului hibrid, un bloc de comandă al motorului cu ardere internă, și un bloc de comandă al vehiculului hibrid. Invertorul de curent al acumulatorului este conectat suplimentar la motor-generatorul sincron. Arborele de ieșire al motorului cu ardere internă este unit mecanic cu arborele de intrare al unei transmisii mecanice demultiplicatoare, arborele de ieșire al căreia este unit mecanic cu arborele rotorului motor-generatorului sincron, bornele înfășurării statorice ale motor-generatorului fiind conectate electric la intrarea unui comutator electronic pentru declanșarea motor-generatorului sincron, totodată bornele înfășurării statorice ale motor-generatorului sincron de tracțiune sunt conectate electric la intrarea unui comutator electronic pentru declanșarea motor-generatorului sincron de tracțiune, terminalele comutatoarelor electronice fiind conectate electric între ele și fiind conectate electric la invertorul de curent și la un redresor de control al curentului alternativ pentru încărcarea acumulatorului de la motor-generatorul sincron sau de la motor-generatorul sincron de tracțiune.

Rezultatul tehnic al invenției constă în micșorarea a consumului de energie a invertoarelor de curent de frecvență joasă al acumulatorului, care este utilizat pentru a controla fluxul de energie în timpul transferului acestui flux de energie către motor-generatorul sincron de tracțiune de la motorul cu ardere internă al vehiculului hibrid.

Particularitățile invenției permit reducerea pierderilor de energie în transmisia electrică pentru vehiculul hibrid și reducerea costului de implementare a acesteia, datorită faptului că inverterul de curent este utilizat pentru a controla cuplul roților vehiculului hibrid, care este conectat la înfășurarea de excitare pe rotorul motor-generatorului sincron și, în consecință, o cantitate mică de energie este convertită în energie electrică.

Invenția se explică prin desenul din figură, care reprezintă vederea generală a transmisiei electrice pentru vehiculul hibrid, și cuprinde: 1 - motor-generator sincron cu înfășurare de excitare pe rotor; 2 - traductor de poziție al rotorului motor-generatorului sincron; 3 - motor cu ardere internă; 4 - acumulator de înaltă tensiune; 5 - senzor de curent al acumulatorului de înaltă tensiune; 6 - senzor de tensiune al acumulatorului de înaltă tensiune; 7 - motor-generator sincron de tracțiune cu magneți permanenți pe rotor; 8 - senzori de curent al motor-generatorului sincron de tracțiune; 9 - traductor de poziție al motor-generatorului sincron de tracțiune; 10 - transmisie principală; 11 - inverter de curent al acumulatorului; 12 - redresor de control al curentului alternativ al sursei de alimentare exterioare pentru încărcarea acumulatorului; 13 - sursă de alimentare exterioară a vehiculului hibrid; 14 - senzor de tensiune al sursei de alimentare exterioare; 15 - dispozitiv auxiliar pentru determinarea nivelului de încărcare al acumulatorului de înaltă tensiune; 16 - bloc de comandă al transmisiei electrice a vehiculului hibrid; 17 - bloc de comandă al motorului cu ardere internă; 18 - bloc de comandă al vehiculului hibrid; 19 - transmisie mecanică demultiplicatoare; 20 - inverter de curent al bateriei de înaltă tensiune pentru alimentarea înfășurării de excitare pe rotorul motor-generatorului sincron; 21 - comutator electronic pentru declanșarea motor-generatorului sincron; 22 - comutator electronic pentru declanșarea motor-generatorului sincron de tracțiune; 23 - control al curentului alternativ pentru încărcarea acumulatorului.

Transmisia electrică pentru vehiculul hibrid, conform invenției conține:

motor-generatorul sincron 1 cu înfășurare de excitare pe rotor, dotat cu traductorul de poziție 2 al rotorului motor-generatorului sincron 1;

motorul cu ardere internă 3 (prima sursă de energie a vehiculului hibrid);

acumulatorul de înaltă tensiune 4 (a doua sursă de alimentare a vehiculului hibrid), dotat cu senzorul de curent 5 și cu senzorul de tensiune 6;

motor-generatorul sincron de tracțiune 7 cu magneți permanenți pe rotor, dotat cu senzori de curent 8, și cu traductorul de poziție 9 și este unit printr-o transmisie principală 10 cu roțile vehiculului hibrid;

inverterul de curent 11 al acumulatorului 4, pentru alimentarea motor-generatorului sincron de tracțiune 7 și motor-generatorului sincron 1 la pornirea motorului cu ardere internă 3;

redresorul de control 12 al curentului alternativ al unei surse de alimentare exterioare pentru încărcarea acumulatorului 4 de la sursa de alimentare exterioară 13, care este dotată cu senzorul de tensiune 14;

dispozitivul auxiliar 15 pentru determinarea nivelului de încărcare al acumulatorului 4;

blocul de comandă 16 al transmisiei electrice a vehiculului hibrid în care sunt procesate semnalele de la traductorii de poziție 2 și 9, senzorii de curent 5 și de tensiune 6, senzorii de curent 8, semnalele care deschid și închid cheile electronice pentru invertoarele de curent 11 și 20 pentru comutatoarele electronice 21 și 22 și pentru redresorul de control 23 al curentului alternativ;

blocul de comandă 17 al motorului cu ardere internă 3;

blocul de comandă 18 al vehiculului hibrid, în care sunt procesate semnalele de la senzorul de curent 5 și de tensiune 6; sursa de alimentare exterioară 13 generează semnale care controlează dispozitivul auxiliar 15, blocurile de comandă 16, 17 și 18, care deschid și închid cheile electronice ale redresorului de control 12.

Inverterul de curent 11 al acumulatorului 4 este conectat suplimentar la motor-generatorul sincron 1. Arborele de ieșire al motorului cu ardere internă 3 este unit mecanic cu arborele de intrare al transmisiei mecanice demultiplicatoare 19, arborele de ieșire al căreia este unit mecanic cu arborele rotorului motor-generatorului sincron 1, bornele înfășurării statorice ale motor-generatorului 1 fiind conectate electric la intrarea comutatorului electronic 21 pentru declanșarea motor-generatorului sincron 1, totodată bornele înfășurării statorice ale motor-generatorului sincron de tracțiune 7 sunt conectate electric la intrarea comutatorului electronic 22 pentru declanșarea motor-generatorului sincron de tracțiune 7, terminalele comutatoarelor electronice 21 și 22 fiind conectate electric între ele și fiind conectate electric la inverterul de curent 11 și la redresorul de control 23 al curentului alternativ pentru încărcarea acumulatorului 4 de la motor-generatorul sincron 1 sau de la motor-generatorul sincron de tracțiune 7.

Pentru obținerea rezultatului tehnic specificat se unește mecanic arborele de ieșire al motorului cu ardere internă 3 cu arborele de intrare al transmisiei mecanice demultiplicatoare 19; se unește mecanic arborele de ieșire al transmisiei mecanice demultiplicatoare 19 cu arborele rotorului motor-generatorului sincron 1; se conectează electric inverterul de curent 20 al acumulatorului de înaltă tensiune 4 cu înfășurarea de excitare pe rotor al motor-generatorului sincron 1; se conectează electric bornele înfășurării statorice ale motor-generatorului sincron 1 la intrarea comutatorului electronic 21; se conectează electric bornele înfășurării statorice ale motor-generatorului sincron de tracțiune 7 la intrarea comutatorului electronic 22; se conectează electric terminalele comutatoarelor electronice 21 și 22 între ele, și se conectează electric la bornele inverterului de curent 11 și la redresorul de control 23 al curentului alternativ.

Transmisia electrică pentru vehiculul hibrid funcționează în felul următor.

Atunci când se folosește energia motorului cu ardere internă 3 pentru deplasarea vehiculului, energia motorului cu ardere internă 3, pentru mișcarea vehiculului prin transmisia principală 10, viteza motorului cu ardere internă 3 este redusă și motor-generatorul sincron 1 este activat. Se conectează comutatoare electronice 21 și 22 pentru transmiterea curentului de la statorul motor-generatorului sincron 1 către statorul motor-generatorului sincron de

tracțiune 7, în conformitate cu modul de tracțiune determinat de blocul de comandă 18 al vehiculului hibrid și pe baza semnalelor primite de la traductorul de poziție 2 al rotorului motor-generatorului sincron 1, este calculată frecvența curentului în blocul de comandă 16 al transmisiei electrice a vehiculului hibrid, iar curentul de excitație calculat este furnizat de inverterul de curent 20 către înfășurarea rotorului motor-generatorului sincron 1. Curentul generat de motor-generatorul sincron 1 fără pierderi de conversie este furnizat înfășurărilor statorice ale motor-generatorului sincron de tracțiune 7 și arborele principal al angrenajului este rotit de motor-generatorul sincron de tracțiune 7, care pune vehiculul hibrid în mișcare.

Atunci când se folosește energia acumulatorului de înaltă tensiune 4 și a motorului cu ardere internă 3 pentru deplasarea vehiculului, motor-generatorul sincron 1 este rotit de motorul cu ardere internă 3 prin transmisia principală 10 și în conformitate cu tracțiunea, modul determinat de blocul de comandă 18 al vehiculului hibrid este calculat și controlat de blocul de comandă al transmisiei electrice 16, pe baza semnalelor traductorului de poziție 9 al rotorului motor-generatorului sincron de tracțiune 7, se calculează frecvența curentului, care este alimentat de către inverterul de curent 20 la înfășurarea de excitație a motor-generatorului sincron 1 pentru a genera curent pentru rotația motor-generatorului sincron de tracțiune 7, și, de asemenea, se calculează frecvența curentului, care este furnizat de inverterul de curent 11 de la acumulatorul de înaltă tensiune 4 pentru rotația motor-generatorului sincron de tracțiune 7, se conectează comutatoarele electronice 21 și 22 pentru transmisia fără pierderi a conversiei de curent a motor-generatorului sincron 1 și a acumulatorului de înaltă tensiune 4 la înfășurărilor statorice ale motor-generatorului sincron de tracțiune 7 și se rotește arborele principal de transmisie, care setează vehiculul hibrid în mișcare.

Transmisia electrică pentru vehiculul hibrid permite funcționarea motorului cu ardere internă 3 al vehiculului hibrid într-un mod de viteză constant, ceea ce micșorează consumul de combustibil; se transferă cu ajutorul transmisiei principale 10 viteza redusă la motor-generatorul sincron 1; se utilizează inverterul de curent 20 pentru a controla curentul de excitație al motor-generatorului sincron 1 pentru a genera curentul de alimentare al motor-generatorului sincron de tracțiune 7, care va asigura schimbarea vitezei acestuia din urmă într-o gamă largă și, în consecință, viteza vehiculului hibrid; nu se utilizează atunci când se convertește energia electrică generată de motor-generatorul sincron 1 în locul inverterului de curent 20, fiind un inverter de curent de peste 10 ori mai puternic și mai scump.

Transmisia electrică pentru vehiculul hibrid funcționează în modul următor:

La conducerea modului de pornire al motorului cu ardere internă 3, blocul de comandă 16 al transmisiei electrice a vehiculului hibrid primește informații de la traductorul de poziție 2 al rotorului motor-generatorului sincron 1 și de la senzorul de curent 5 al acumulatorului de înaltă tensiune 4 și generează semnale prin intermediul cărora controlează comutatorul electronic 21 pentru declanșarea motor-generatorului sincron 1, inverterul de curent 20 pentru alimentarea înfășurării de excitație pe rotorul motor-generatorului sincron 1, inverterul de curent 11 pentru alimentarea înfășurării statorice a motor-generatorului sincron 1, rotind astfel, arborele motor-generatorului sincron 1 și arborele motorului cu ardere internă 3, unit mecanic cu acesta, prin transmisia mecanică demultiplicatoare 19, cu ajutorul energiei acumulatorului de înaltă tensiune 4, până la pornirea motorului cu ardere internă 3.

La conducerea modului de tracțiune al vehiculului hibrid din energia acumulatorului de înaltă tensiune 4, blocul de comandă 16 al transmisiei electrice utilizează informații de la senzorul de curent 5 al acumulatorului de înaltă tensiune 4 și de la traductorul de poziție 9 al rotorului motor-generatorului sincron de tracțiune 7, și generează semnale prin intermediul cărora controlează comutatorul electronic 22; inverterul de curent 11 pentru alimentarea înfășurării statorice a motor-generatorului sincron de tracțiune 7 cu curentul de frecvență necesară pentru a controla viteza arborelui motor-generatorului sincron de tracțiune 7 pentru a acționa roțile prin intermediul transmisiei principale 10.

La conducerea modului de tracțiune al vehiculului hibrid de la motorul cu ardere internă 3, blocul de comandă 16 al transmisiei electrice utilizează informații de la traductorul de poziție 2 al rotorului motor-generatorului sincron 1 și de la senzorul de tensiune 6 al acumulatorului de înaltă tensiune 4 și generează semnale prin intermediul cărora controlează comutatoarele electronice 21 și 22, inverterul de curent 20 al acumulatorului 4 pentru alimentarea înfășurării de excitație pe rotorul motor-generatorului sincron 1, care generează un curent cu o frecvență necesară pentru a controla viteza de rotație a arborelui motor-generatorului sincron de tracțiune 7, care acționează roțile prin intermediul transmisiei principale 10. În acest mod, pierderile de energie sunt cele mai mici în comparație cu soluțiile tehnice cunoscute.

La conducerea modului de tracțiune al vehiculului hibrid în modul de la acumulatorul de înaltă tensiune 4 și de la motorul cu ardere internă 3, blocul de comandă 16 al transmisiei electrice utilizează informații de la traductorul de poziție 2 al rotorului motor-generatorului sincron 1, de la traductorul de poziție 9 al rotorului motor-generatorului sincron de tracțiune 7 și de la senzorul de tensiune 6 al acumulatorului de înaltă tensiune 4, și generează semnale prin intermediul cărora controlează comutatoarele electronice 21 și 22, inverterul de curent 20 pentru alimentarea înfășurării de excitație pe rotorul motor-generatorului sincron 1 și generarea acestuia din urmă; curentul cu frecvență necesară pentru a controla viteza arborelui motor-generatorului sincron de tracțiune 7, pentru a acționa roțile prin intermediul transmisiei principale 10; inverterul de curent 11 pentru alimentarea înfășurării statorice a motor-generatorului sincron de tracțiune 7 cu frecvență necesară pentru a controla viteza arborelui principal al transmisiei principale 10 pentru a acționa roțile. În acest mod, pierderile de energie sunt cele mai mici în comparație cu soluțiile tehnice cunoscute.

La controlul modului de recuperare a energiei de frânare a vehiculului hibrid în modul de generator al motor-generatorului sincron de tracțiune 7, blocul de comandă 16 al transmisiei electrice utilizează informații de la

senzorul de curent 5, de la senzorul de tensiune 6 al acumulatorului de înaltă tensiune 4, de la redresorul de control 23 al curentului alternativ pentru determinarea nivelului de încărcare al acumulatorului de înaltă tensiune 4 și de la senzorii de curent 8 al motor-generatorului sincron de tracțiune 7 și generează semnale prin intermediul cărora controlează comutatorul electronic 22 și redresorul de control 23 al curentului alternativ pentru încărcarea acumulatorului de înaltă tensiune 4.

La controlul modului de încărcare a acumulatorului de înaltă tensiune 4 cu energia motorului cu ardere internă 3, blocul de comandă 16 al transmisiei electrice utilizează informații de la senzorul de curent 5 și de la senzorul de tensiune 6 al acumulatorului de înaltă tensiune 4, de la dispozitivul auxiliar 15 pentru determinarea nivelului de încărcare al acumulatorului de înaltă tensiune 4 și de la traductorul de poziție 2 al rotorului motor-generatorului sincron 1 și generează semnale prin intermediul cărora controlează comutatorul electronic 22, invertorul de curent 20 pentru alimentarea înfășurării de excitație pe rotorul motor-generatorului sincron 1 și redresorul de control 23 al curentului alternativ pentru încărcarea acumulatorului de înaltă tensiune 4.

Informații care confirmă posibilitatea realizării invenției

Transmisia electrică pentru vehiculul hibrid oferă posibilitatea de a reduce costul invertorului de curent 20 și reducerea pierderilor de energie la conversia energiei motorului cu ardere internă 3.

În schema tradițională de transmisie a puterii unui vehicul hibrid cu o putere a motorului de ardere internă de 75 cai-putere (55 kW), în timp ce se conduce un motor-generator sincron de tracțiune pentru a converti energia generată de motor-generatorul sincron, este utilizat un convertor de frecvență trifazat 950 cu parametrii de 75-55 kW, 380 V, și în valoare de 5.350 dolari SUA.

Când se utilizează circuitul de comandă al motor-generatorului sincron de tracțiune 7, conform soluției tehnice propuse, înfășurarea de excitație pe rotorul motor-generatorului sincron 1 este echipată cu un convertor de frecvență trifazat mai puțin puternic, de modelul Altivar Easy 310, cu parametrii de 1,5 kW, 380 V, în valoare de 261 dolari SUA, care reglează frecvența și magnitudinea sursei de curent alternativ în înfășurarea de excitație pe rotorul motor-generatorului sincron 1, iar curentul generat al acestuia din urmă alimentează motor-generatorul sincron de tracțiune 7. Astfel, se obține o economie ce poate ajunge până la 5 mii de dolari SUA.

Deoarece, transmisia electrică propusă pentru vehiculele hibride, pentru a controla excitația motor-generatorului sincron 1, se utilizează un invertor de curent 20 cu o frecvență joasă, care este de peste 10 ori mai puțin puternic decât convertoarele anologice utilizate pentru conversia energiei generate de motor-generatorul sincron 1, ceea ce reduce pierderile de conversie a energiei până la 10%.

Ca rezultat, ținând cont de eficiența invertorului, este posibilă reducerea pierderilor de putere în timpul transferului de energie de la motorul cu ardere internă 3 la roțile de tracțiune ale vehiculului, care reprezintă până la 10% din puterea motorului, iar implementarea costurilor sale va reduce costul vehiculului cu 3-5 mii de dolari SUA.

Transmisia electrică pentru vehiculul hibrid revendicat prin schimbarea frecvenței f_1 a curentului în înfășurarea de excitație pe rotorul motor-generatorului sincron 1, cu un număr constant de perechi de poli p , este posibil să schimbe viteza unghiulară a câmpului magnetic statoric ω_0 , conform expresiei:

$$\omega_0 = 2\pi f_1 / p \quad (1)$$

Viteza unghiulară de rotație a câmpului magnetic statoric ω_0 este exprimată prin numărul de rotații ale rotorului n , conform expresiei:

$$n = f / p \quad (2)$$

La numărul maxim de rotații a rotorului n a motor-generatorului sincron 1 cu trei perechi de poli egali de 10.000 min^{-1} (167 sec^{-1}), după coborârea angrenajului principal al transmisiei ($i_t = 5:1$), este posibil să se asigure rotația setului de roți de 33,4 rot/sec , iar pentru un vehicul cu mărimile roților de 15 inch (195/60 R15) se atinge o viteză de 64,5 m/sec sau 232 km/h . În acest caz, frecvența maximă a curentului f_{max} a sursei de alimentare a motor-generatorului sincron de tracțiune 7 va fi:

$$f_{max} = n \times p = 167 \times 3 = 500 \text{ (Hz)} \quad (3)$$

Convertorul de frecvență trifazat 950 75-55 kW, prezentat mai sus, va converti curentul continuu al acumulatorului de înaltă tensiune la frecvența specificată.

La utilizarea motorului cu ardere internă 3 pentru tracțiune, de exemplu, cu o putere nominală de 75 cai-putere (55 kW) la o viteză de 3000 min^{-1} , prin transmisia mecanică demultiplicatoare 19 (cu un raport de transmisie $i_p = 10:1$) poate fi redusă de 10 ori viteza de rotație a rotorului motor-generatorului sincron 1 la o viteză de 300 min^{-1} , care este echivalentă cu 5 sec^{-1} , când invertorul de curent 20 furnizează în înfășurarea rotorului cu trei perechi de poli ale motor-generatorului sincron 1 un curent de excitație cu o frecvență de 100 Hz, în înfășurările statorului a acestui motor-generator sincron 1 se formează un curent cu o frecvență de 500 Hz, pentru a alimenta motor-generatorul sincron de tracțiune 7, care va asigura o viteză a vehiculului de 232 km/h .

Dacă, în timpul rotației rotorului motor-generatorului sincron 1 cu un număr de rotații n de 300 min^{-1} , care este $n = 5 \text{ sec}^{-1}$, se furnizează un curent de la invertorul de curent 20 la înfășurările de excitație pe rotor cu o frecvență de $f_{min} = 2 \text{ Hz}$, atunci se va genera un curent în frecvența înfășurărilor statorice de 30 Hz. Când este alimentat cu un curent de această frecvență a statorului motor-generatorului sincron 1, rotorul se va roti cu un număr de rotații n conform expresiei:

$$n_{rpm} = f_{min} / p = 30 / 3 = 10 \text{ rot/secundă} = 600 \text{ min}^{-1} \quad (4)$$

și după coborârea transmisiei principale $i_t = 5:1$, roata vehiculului (195/60 R15) se va roti cu o viteză de 2 sec^{-1} (13,9 km/h), ceea ce este suficient pentru modul de conducere al vehiculului, cu atât mai mult, încât se poate furniza puterea necesară de la acumulatorul de înaltă tensiune 4 și/sau de la motorul cu ardere internă 3.

Spre exemplu, convertorul de frecvență joasă de la compania Schneider Electric, de tip Altivar Easy 310, cu o putere de 1,5 kW, 380 V, 3 faze, are un domeniu de reglare de la 0,5 la 400 Hz (https://www.asberg.ru/shop/preobrazovateli_chastoty/), gama de reglare al inverterului de curent 20 va oferi modurile necesare de control al transmisiei.

Având în vedere cele de mai sus, transmisia electrică pentru vehiculul hibrid este fezabil din punct de vedere tehnic, utilizând dispozitive disponibile în comerț și poate fi utilizată în industria auto.