

Invenția se referă la electrotehnică și electroenergetică, și anume la convertoare de tensiune de curent alternativ în tensiune de curent continuu în sistemele electrice și electroenergetice.

Este cunoscut un convertor de tensiune de curent alternativ în tensiune de curent continuu pentru electromobile, care conține un transformator de curent alternativ la frecvență industrială de 50 sau 60 Hz și un redresor constituit din diode și tiristoare [1].

Dezavantajul acestui echipament constă în faptul, că în această instalație se folosește un transformator de joasă tensiune, care are dimensiuni și masă mare, necesită pentru confecționare cantități substanțiale de consumabile, ce conduce la majorarea costului instalației și a pierderilor de energie în procesul de funcționare, ce are impact asupra valorii randamentului, iar folosirea unui redresor cu diode și tiristoare nu permite transferul bidirecțional de energie.

Cunoaștem, de asemenea, un convertor de tensiune de curent alternativ în tensiune de curent continuu pentru electromobile, care conține o sursă de curent alternativ, un filtru de armonici superioare, o punte de redresare, corector al factorului de putere (ce constă din doi tranzistori și două diode, dintr-un condensator electrolitic și o inductanță), patru tranzistori, două transformatoare de frecvență înaltă, un redresor cu patru diode și un filtru cu condensatori de tip electrolitic [2].

Dezavantajul acestei echipament constă în faptul, că în această instalație se folosește un număr mare de componente feromagnetice și de tranzistori, care conduce la majorarea costului instalației și a pierderilor de energie în instalație în timpul funcționării, iar folosirea redresorului cu diode nu permite transferul bidirecțional de energie. Folosirea condensatoarelor de tip electrolitic are ca urmare micșorarea duratei de viață a convertorului.

Este, de asemenea, cunoscută instalația pentru convertizarea energiei cu utilizarea tranzistorilor, care este selectată în calitate de cea mai apropiată soluție - prototip, care conține o sursă de curent alternativ, un redresor, care cumulează și funcția de corecție a factorului de putere (constă din două inductanțe, șase tranzistori și un condensator electrolitic), un convertor DC/DC (constituit din patru tranzistori, două transformatoare de frecvență înaltă, opt tranzistori și două condensatoare electrolitice în circuitul secundar [3].

Dezavantajul acestui echipament constă în faptul, că în această instalație se folosește un număr mare de elemente feromagnetice și de tranzistori, care conduc la majorarea costului instalației și a pierderilor de energie în instalație, iar folosirea condensatoarelor electrolitice conduce la micșorarea duratei de viață a convertorului.

Problema pe care o rezolvă invenția constă în majorarea randamentului, micșorarea costului și mărirea duratei de viață a convertorului de tensiune de curent alternativ în tensiune de curent continuu.

În convertorul de tensiune de curent alternativ în tensiune de curent continuu, conform invenției, dezavantajele menționate mai sus se exclud prin aceea, că pentru majorarea randamentului prin diminuarea pierderilor sumare de energie, micșorarea costului de confecționare și majorarea duratei de viață a convertorului se utilizează un număr mai mic de tranzistori, diode și elemente feromagnetice.

Convertorul de tensiune de curent alternativ în tensiune de curent continuu pentru electromobile conține o sursă de curent alternativ; conectat în paralel cu sursa un filtru de armonici superioare, compus dintr-o inductanță și un condensator, conectate în serie; conectate în paralel cu condensatorul două brațe, conectate în serie și formate din trei ramuri, conectate în paralel; prima ramură a primului braț, formată dintr-o diodă și un tranzistor, conectate în serie; a doua ramură a primului braț, formată dintr-un tranzistor și o diodă, conectate în serie; a treia ramură a primului braț, formată dintr-un condensator; prima ramură a al doilea braț, formată dintr-o diodă și un tranzistor, conectate în serie; a doua ramură a al doilea braț, formată dintr-un tranzistor și o diodă, conectate în serie; a treia ramură a al doilea braț, formată dintr-un condensator; o inductanță, conectată în punctele comune de conexiune a componentelor primei și a doua ramuri ale primului braț; o inductanță, conectată în punctele comune de conexiune a componentelor primei și a doua ramuri ale al doilea braț; o bobină primară a unui transformator de frecvență înaltă, executat cu întrefier, conectată în punctele comune de conexiune a componentelor ambelor ramuri ale diferitor brațe; trei ramuri, conectate în paralel, unde prima ramură este formată din tranzistori, a doua ramură este formată din condensatori, iar a treia ramură este formată dintr-o inductanță și un acumulator de bord; o bobină secundară a transformatorului de frecvență înaltă, conectată în punctele comune de conexiune a tranzistorilor ai primei ramuri și a condensatoarelor ale a doua ramuri.

Rezultatul tehnic al invenției constă în majorarea randamentului, micșorarea costului de confecționare și majorarea duratei de viață a convertorului de tensiune de curent alternativ în tensiune de curent continuu.

Micșorarea costului de confecționare a instalației se asigură prin simplificarea schemei electrice a convertorului datorită excluderii a mai multor componente funcționale, în comparare cu cea mai apropiată soluție ca urmare a faptului, că în soluția propusă se folosește o singură treaptă de convertizare a energiei. Sunt excluse următoarele elemente: condensatorul electrolitic în corectorul factorului de putere, care este înlocuit cu condensatorul cu dielectric film cu valoarea mică a capacității, care se folosește pentru filtrarea armonicilor superioare de comutație. Condensatorul cu dielectric film filtrează armonicile multiple frecvenței fundamentale a rețelei de alimentare. În prototip funcția de filtrare a armonicilor multiple frecvenței rețelei de alimentare este îndeplinită de condensatorul electrolitic. Sunt excluse de asemenea patru tranzistoare, transformatorul feromagnetic și condensatorul electrolitic din circuitul secundar al convertorului în comparare cu schema prototipului. Micșorarea costului de confecționare a convertorului se datorează de asemenea și micșorării lungimii cablajului ce formează circuitele de legătură dintre componentele funcționale ale convertorului prototip și a schemei de comandă, care prevede dirijarea cu un număr mai mic de tranzistori.

Majorarea randamentului convertorului de tensiune de curent alternativ în tensiune de curent continuu este o urmare a micșorării numărului de componente feromagnetice, de tranzistori și diode în comparare cu convertorul prototip,

care se asigură prin excluderea a două condensatoare electrolitice, a patru tranzistori și a transformatorului feromagnetic de frecvență înaltă. Excluderea acestor componente are ca urmare micșorarea pierderilor de energie în convertorul propus în comparație cu cea mai apropiată soluție, deci și majorarea randamentului convertorului propus. Majorarea duratei de viață a convertorului de tensiune de curent alternativ în tensiune de curent continuu se asigură datorită faptului, că în soluția propusă sunt excluse condensatoarele electrolitice care au o durată limitată de viață în comparație cu condensatoarele cu dielectric film.

Toate aceste semne contribuie la atingerea scopului invenției - majorarea randamentului, micșorarea costului de confecționare și majorarea duratei de viață a convertorului de tensiune de curent alternativ în tensiune de curent continuu.

Invenția se explică prin desenele din fig. 1-3 care reprezintă:

- fig. 1, schema echivalentă a convertorului;
- fig. 2, diagrama curbei de tensiune la intrarea convertorului AC/DC, curba legii frecvenței de comutație a tranzistorilor și impulsurilor de comandă a tranzistorilor;
- fig. 3, diagrama impulsurilor de comandă a tranzistorilor și forma curbelor de tensiune și curent în componentele convertorului.

Enumerarea pozițiilor fig. 1:

1 - sursă de curent alternativ monofază; 2 - inductanța filtrului armonicilor superioare; 3, 4 - diode; 5,6 - tranzistori; 7, 8 - inductanțe folosite în procesul de returnare a energiei fluxului magnetic de scăpări; 9, 10 - tranzistori, folosiți în procesul de returnare a energiei fluxului magnetic de scăpări; 11, 12 - diode; 13, 14 - condensatoare cu dielectric film pentru stocarea energiei fluxului magnetic de scăpări a transformatorului de frecvență înaltă; 15, 16 - bobinele primară și secundară a transformatorului de frecvență înaltă, Tr - miezul feromagnetic al transformatorului de frecvență înaltă confecționat cu întrefier; 17 - condensator cu dielectric film al filtrului de armonici superioare; 18, 19 - tranzistori în circuitul secundar; 20, 21 - condensatoare cu dielectric film de filtrare a armonicilor superioare; 22 - bobină de inductanță pentru filtrarea armonicilor superioare; 23 - acumulatorul de bord al automobilului.

Explicarea pozițiilor fig. 2:

- 41 - forma curbei tensiunii sursei de curent alternativ 1 (vezi fig. 1);
- 42 - forma curbei legii frecvenței de comutare a tranzistorilor;
- 43 - forma impulsului de comandă aplicat la tranzistorul 5;
- 44 - forma impulsului de comandă aplicat la tranzistorul 6;
- 45 - forma impulsului de comandă aplicat la tranzistorul 18;
- 46 - forma impulsului de comandă aplicat la tranzistorul 19;

Explicarea pozițiilor fig. 3

- 51 - forma impulsului de comandă aplicat la tranzistorul 6;
- 52 - forma impulsului de comandă aplicat la tranzistorul 10;
- 53 - forma curbei tensiunii tranzistorului 6 (vezi fig. 1);
- 54 - forma curbei curentului care se scurge prin tranzistorul 6;
- 55 - forma curbei tensiunii tranzistorului 10 (vezi fig. 1);
- 56 - forma curbei curentului care se scurge prin dioda 12;
- 57 - forma curbei curentului care se scurge prin dioda 4;
- 58 - forma curbei curentului care se scurge prin tranzistorul 10;
- 59 - forma curbei curentului care se scurge prin tranzistorul 18 (vezi fig. 1);
- 510 - forma curbei curentului care se scurge prin tranzistorul 19;
- 511 - forma tensiunii acumulatorului de bord a automobilului 23 (vezi fig. 1);
- 512 - forma curbei tensiunii în punctul comun de conectare a condensatoarelor 20,21;

Convertorul de tensiune de curent alternativ în tensiune de curent continuu pentru electromobile (vezi fig. 1) conține sursa de curent alternativ 1; conectat în paralel cu sursa 1 filtrul de armonici superioare, compus din inductanța 2 și condensatorul 17, conectate în serie; conectate în paralel cu condensatorul 17 două brațe, conectate în serie și formate din trei ramuri, conectate în paralel; prima ramură a primului braț, formată din dioda 3 și tranzistorul 9, conectate în serie; a doua ramură a primului braț, formată din tranzistorul 5 și dioda 11, conectate în serie; a treia ramură a primului braț, formată din condensatorul 13; prima ramură a al doilea braț, formată din dioda 4 și tranzistorul 10, conectate în serie; a doua ramură a al doilea braț, formată din tranzistorul 6 și dioda 12, conectate în serie; a treia ramură a al doilea braț, formată din condensatorul 14; inductanța 7, conectată în punctele comune de conexiune a componentelor primei și a doua ramuri ale primului braț; inductanța 8, conectată în punctele comune de conexiune a componentelor primei și a doua ramuri ale al doilea braț; bobina primară 15 a transformatorului de frecvență înaltă, executat cu întrefier, conectată în punctele comune de conexiune a componentelor ambelor ramuri ale diferitor brațe; trei ramuri, conectate în paralel, unde prima ramură este formată din tranzistori 18 și 19, a doua ramură este formată din condensatori 20 și 21, iar a treia ramură este formată din inductanța 22 și acumulatorul de bord 23; bobina secundară 16 a transformatorului de frecvență înaltă, conectată în punctele comune de conexiune a tranzistorilor 18 și 19 ai primei ramuri și a condensatoarelor 20 și 21 ale a doua ramuri.

Convertorul de tensiune de curent alternativ în tensiune de curent continuu trebuie să asigure un nivel minimal de perturbare a rețelei de alimentare în curent alternativ de către armonicile superioare de curent. Aceasta se asigură

prin faptul, că convertorul de tensiune de curent alternativ în tensiune de curent continuu consumă din rețea un curent practic de formă sinusoidală. Acest regim de consum a curentului sinusoidal este posibil de realizat la frecvență variabilă de comutație a tranzistorilor convertorului de tensiune de curent alternativ în tensiune de curent continuu.

Variația frecvenței de comutație se supune legii $f_{com} = (u_{AC} / U_{EV})$, în care u_{AC} - valoarea instantanee a tensiunii rețelei de alimentare; U_{EV} - tensiunea la bornele acumulatorului de bord a vehiculului electric; f_{com} - frecvența de comutație a tranzistorului 5 pentru alternanța pozitivă a tensiunii rețelei de alimentare, și a tranzistorului 6 pentru alternanța negativă a tensiunii. Durata impulsului de comandă a tranzistoarelor este variabilă. Durata este determinată de procesul de magnetizare liniară a miezului feromagnetic Tr al transformatorului de frecvență înaltă fabricat cu întrefier.

Impulsurile de comanda pentru tranzistorii 9, 10 au frecvența și forma impulsurilor pentru tranzistorii 5, 6, dar sunt inversate și este introdusă pauză de comutație.

Principiului de lucru al convertorului de tensiune de curent alternativ în tensiune de curent continuu îl vom explica pentru regimul cel mai dificil de funcționare, deci pentru cazul puterii maxime instantanee de transfer a energiei, care are loc la valoarea maximală a tensiunii instantanee $u_{AC} = U_{m,AC}$, unde $U_{m,AC}$ - amplitudinea tensiunii 41, aplicată la intrarea convertorului de tensiune de curent alternativ în tensiune de curent continuu.

Fie că în momentul de timp t_1 (vezi fig. 3) procesul derulează pe alternanța pozitivă a tensiunii de alimentare 41. În acest moment, la tranzistorul 6, se aplică impulsul de comandă 51. Concomitent, la tranzistorul 5 se aplică impulsul de comandă 44 (vezi fig. 2), care este aplicat permanent pe toată durata alternanței pozitive a tensiunii 41.

La deschiderea tranzistorului 6 se formează circuitul ce include: componentele 1-2-5-15-6-1. Sub acțiunea tensiunii 41 a sursei de curent 1, în acest circuit se va scurge curentul 53 prin bobina primară 15 a transformatorului de frecvență înaltă. Datorită inductanței fluxului magnetic a transformatorului de frecvență înaltă are loc o creștere lentă a curentului în acest circuit de la valoarea zero până la valoarea lui nominală pe durata de timp $t_1 - t_2$. Astfel, se asigură regimul de comutație la curentul egal cu zero a tranzistorului 6, ce conduce la micșorarea pierderilor de comutație. Acest curent 53 asigură transferul energiei de la rețeaua de alimentare de curent alternativ 1 în câmpul magnetic al transformatorului de frecvență înaltă. În același timp, grație legăturii mutuale ale bobinei primare 15 și bobinei secundare 16, are loc alimentarea circuitului format din componentele 16-19-21-16 prin care se scurge curentul 59. Datorită curentului 59 energia din sursa de curent alternativ 1 se transmite în câmpul electric al condensatorului 21 și în acumulatorul de bord a electromobilului prin inductanța 22 și condensatorul 20. În circuitul 16-19-21-16 inductanța fluxului magnetic de scăpări a transformatorului de frecvență înaltă și condensatoarele 20 și 21 sunt ajustate în regim de rezonanță. Astfel, se asigură o schimbare relativ lentă a curentului în acest circuit. Concomitent, are loc deplasarea valorii maxime a curentului tranzistorului 6 din zona de comutație de la sfârșitul impulsului de comandă 51 spre mijlocul intervalului de conducție a tranzistorului 6. Aceasta conduce la micșorarea pierderilor de comutație a tranzistorilor.

Aceste procese au loc până la momentul de timp t_3 (vezi fig. 3), deci până la momentul de scoatere a impulsului de comandă 51 a tranzistorului 6. În momentul de timp t_3 tranzistorul 6 se închide. Deoarece, în câmpul fluxului magnetic de scăpări și în câmpul magnetic din întrefierul miezului magnetic al transformatorului de frecvență înaltă este acumulată energie, la închiderea tranzistorului 6 se formează două circuite. Primul circuit apare la deschiderea diodei 12 în momentul de timp t_3 și include componentele 15-12-13-5-15. În acest circuit apare curentul 56. Circuitul al doilea apare la deschiderea diodei interioare a tranzistorului 18. Acest circuit este format din componentele 16-18-20-16. În primul circuit 15-12-13-5-15 energia acumulată în câmpul fluxului magnetic de scăpări a transformatorului de frecvență înaltă este vehiculată în condensatorul 13 în intervalul de timp t_3-t_5 (vezi fig. 3) până la închiderea diodei 4 în momentul de timp t_5 . În circuitul al doilea 16-18-20-16 apare curentul 510 prin ce se produce transferul energiei din câmpul magnetic din întrefierul transformatorului de frecvență înaltă și din câmpul electric al condensatorului 21 în acumulatorul de bord a electromobilului cu tensiunea 511 în intervalul de timp t_3-t_8 .

În momentul t_4 se aplică impulsul de comandă 52 la tranzistorul 10 cu formarea circuitului 13-10-8-15-5-13. Energia acumulată în condensatorul 13 se transferă prin transformatorul de frecvență înaltă și prin circuitul 16-18-20-16 în acumulatorul de bord a electromobilului. Acest proces va avea loc până în momentul de timp t_6 , când se va scoate impulsul de comandă 52 a tranzistorului 10. Menționăm, că energia acumulată în condensatoarele 13, 14 este proporțională cu energia câmpului magnetic a fluxului de scăpări a bobinei primare 15 a transformatorului de frecvență înaltă. Energia fluxului magnetic de scăpări a bobinei primare 15 este mică și valoarea ei maximală nu depășește 3% din energia fluxului fundamental al transformatorului de frecvență înaltă. Urmare a acestora, tranzistorul 10 este de putere mică.

În momentul t_6 , datorită energiei acumulate în inductanța 8, se deschide dioda 4 și această energie de asemenea se transferă în acumulatorul de bord a electromobilului prin transformatorul de frecvență înaltă și prin circuitul 16-18-20-16 în intervalul de timp t_6-t_7 până la închiderea diodei 4. În momentul de timp t_8 se aplică un nou impuls de comandă 51 la tranzistorul 5. După deschiderea tranzistorului 5 se repetă procesul descris mai sus privind modalitatea de funcționare a convertorului de tensiune de curent alternativ în tensiune de curent continuu.

Pentru alternanța negativă a tensiunii 41 ciclul de lucru al convertorului de tensiune de curent alternativ în tensiune de curent continuu se realizează cu ajutorul tranzistorului 5. Procesele de transfer a energie sunt similare celor descrise pentru alternanța pozitivă.

Convertorul de tensiune de curent alternativ în tensiune de curent continuu descris are funcția de transmisie bidirecțională a energiei, deci din rețea de bord (bateria vehiculului electric) spre rețeaua de curent alternativă. Astfel, încărcătorul propus poate exercita și funcția de racordare a electromobilelor cu rețeaua centralizată de alimentare la realizarea conceptului de generare distribuită.

Aplicabilitatea industrială a soluției propuse este determinată de faptul, că convertorul de tensiune de curent alternativ în tensiune de curent continuu se confecționează în baza componentelor electronice industriale, iar transformatorul de frecvență înaltă, executat cu întrefier, este utilizat și pentru stocarea intermediară a unei porțiuni de energie în cadrul procesului de conversie. Transformatorul se confecționează în baza tipurilor standarde a miezurilor feromagnetice. Tehnologia de producere a microcircuitelor imprimate este accesibilă pentru realizare atât în condiții de laborator, cât și de fabricare la uzinele cu profil de producere a echipamentelor electronice de diferită destinație.

Totalitatea semnelor indicate ale soluției tehnice propuse de realizare a convertorului de tensiune de curent alternativ în tensiune de curent continuu asigură soluționarea sarcinii invenției privind majorarea randamentului, micșorarea costului de confecționare și majorarea duratei de viață.