

Invenția se referă la electrotehnică, și anume la invertoarele de curent continuu în curent alternativ pentru sursele regenerabile de energie, și anume, pentru panouri fotovoltaice.

Este cunoscut microinverterul în baza cheilor electronice, care include o sursă de tensiune fotovoltaică, un filtru, format dintr-un condensator, un convertor de curent continuu în curent continuu, care schimbă parametrii tensiunii și conține două inductanțe, două chei electronice, un transformator de frecvență înaltă, două diode și două condensatoare, care formează brațele unei punți de redresare, un filtru de tensiune medie, care conține un condensator, un convertor de curent continuu în curent alternativ, format din patru chei electronice, șuntate de diode și un filtru de curent alternativ, care conține un condensator și două inductanțe [1].

Dezavantajul acestui dispozitiv constă în faptul că în acesta se utilizează două trepte de convertizare a energiei cu un număr mare de elemente și o schemă complicată a blocului de comandă, care conduce la majorarea costului dispozitivului și a pierderilor de energie în dispozitiv.

Este, de asemenea, cunoscut microinverterul în baza cheilor electronice, care constă dintr-o sursă de tensiune fotovoltaică, un filtru, format dintr-un condensator, un convertor de curent continuu în curent continuu, care schimbă parametrii tensiunii și conține o inductanță, patru chei electronice și un condensator de frecvență înaltă. Microinverterul mai conține un transformator de frecvență înaltă, patru diode de redresare, un filtru de tensiune medie, format dintr-un condensator, precum și un convertor de curent continuu în curent alternativ, care conține patru chei electronice cu diode și un filtru de curent alternativ, care este format dintr-un condensator și două inductanțe [2].

Dezavantajul acestui dispozitiv constă în faptul că în acesta se utilizează două trepte de convertizare a energiei cu un număr mare de elemente și o schemă complicată a blocului de comandă, care conduce la majorarea costului dispozitivului și a pierderilor de energie în dispozitiv.

Mai este cunoscut microinverterul în baza cheilor electronice, care constă dintr-o sursă de tensiune fotovoltaică, un filtru, format dintr-un condensator, un convertor, care conține două chei electronice pentru formarea semiundelor de curent continuu, două transformatoare de frecvență înaltă și două diode de redresare, un convertor de curent continuu în curent alternativ, format din patru chei electronice și un filtru de curent alternativ, care conține un condensator și două inductanțe [3].

Dezavantajul acestui dispozitiv constă în faptul că în acesta se utilizează două trepte de convertizare a energiei cu un număr mare de elemente și o schemă complicată a blocului de comandă, care conduce la majorarea costului dispozitivului și a pierderilor de energie în dispozitiv.

Problema pe care o rezolvă invenția constă în majorarea randamentului microinverterului la racordarea la rețeaua de curent alternativ centralizată a panourilor fotovoltaice și micșorarea costului microinverterului.

Microinverterul, conform invenției, înlătură dezavantajele menționate mai sus prin aceea că include un condensator de filtrare, două condensatoare de frecvență, conectate între ele în serie, și două chei electronice, conectate între ele în serie, toate conectate în paralel la ieșirile unui panou fotovoltaic. Între nodul de conexiune al condensatoarelor de filtrare și nodul de conexiune al cheilor electronice este conectată bobina primară a unui transformator de frecvență înaltă, miezul feromagnetic al căruia este executat cu întrefier. La ieșirile bobinei secundare a transformatorului este conectată o inductanță. Microinverterul mai include un condensator de filtrare, care este conectat în paralel la inductanță prin două chei electronice, conectate în contrafază. La o bornă a condensatorului de filtrare este conectată o inductanță de filtrare, totodată borna liberă a condensatorului de filtrare și borna liberă a inductanței de filtrare formează ieșirile microinverterului pentru unirea cu rețeaua de curent alternativ.

Rezultatul tehnic al invenției constă în majorarea randamentului microinverterului și micșorarea costului de confecționare a acestuia.

Micșorarea costului de confecționare a microinverterului se asigură prin înlocuirea blocului funcțional separat din cea mai apropiată soluție, care include două diode de redresare și un convertor de curent continuu în curent alternativ, format din patru chei electronice, cu două chei electronice conectate în contrasens, ceea ce asigură micșorarea numărului de elemente. De asemenea, schema funcțională a microinverterului conține un singur transformator de frecvență înaltă, pe când cea mai apropiată soluție conține două transformatoare de frecvență înaltă, ceea ce asigură micșorarea masei totale a elementelor electromagnetice, a costului de confecționare și a pierderilor de energie a microinverterului. Micșorarea costului de confecționare a microinverterului se datorează, de asemenea, și micșorării numărului de legături dintre elemente și utilizării unei scheme de comandă mai simple.

Majorarea randamentului microinverterului este o urmare a micșorării numărului de elemente necesare și, ca urmare, a micșorării pierderilor de energie.

De asemenea, pentru micșorarea pierderilor sumare de energie în microinverter și a costului acestuia se utilizează o singură treaptă de convertizare a energiei.

Invenția se explică prin desenele din fig. 1 și 2, care reprezintă:

- fig. 1, schema principială a microinverterului pentru panouri fotovoltaice;

- fig. 2, formele de undă ale tensiunii U_{34} în nodul de conexiune al condensatoarelor 3 și 4 de frecvență și a curentului alternativ $I_{rețea}$, care se injectează în rețeaua 15 de la panoul fotovoltaic.

Enumerarea pozițiilor din fig. 1 și 2:

1 – panoul fotovoltaic; 2 – condensatorul de filtrare; 3 și 4 – condensatoare de frecvență; 5 și 6 – chei electronice; 7 – bobina primară a transformatorului 8 de frecvență înaltă; 8 – transformator de frecvență înaltă; 9 – bobina

secundară a transformatorului 8 de frecvență înaltă; 10 – inductanța; 11 și 12 – chei electronice; 13 – condensatorul de filtrare; 14 – inductanța de filtrare; 15 – rețeaua de curent alternativ.

Microinvertorul pentru panouri fotovoltaice include un condensator 2 de filtrare, două condensatoare 3 și 4 de frecvență, conectate între ele în serie, și două chei electronice 5 și 6, conectate între ele în serie, toate conectate în paralel la ieșirile unui panou fotovoltaic 1. Între nodul de conexiune al condensatoarelor 3 și 4 și nodul de conexiune al cheilor electronice 5 și 6 este conectată bobina primară 7 a unui transformator 8 de frecvență înaltă, miezul feromagnetic al căruia este executat cu întrefier. La ieșirile bobinei secundare 9 a transformatorului 8 este conectată o inductanță 10. Microinvertorul mai include un condensator 13 de filtrare, care este conectat în paralel la inductanța 10 prin două chei electronice 11 și 12, conectate în contrafază. La o bornă a condensatorului 13 este conectată o inductanță 14 de filtrare, totodată borna liberă a condensatorului 13 și borna liberă a inductanței 14 formează ieșirile microinvertorului pentru unirea cu rețeaua 15 de curent alternativ.

Microinvertorul pentru panouri fotovoltaice funcționează în felul următor.

La aplicarea tensiunii la panoul fotovoltaic 1 și în prezența tensiunii rețelei 15 și a impulsurilor de comandă V_5 , V_6 , V_{11} și V_{12} (vezi fig. 2), respectiv, pentru cheile electronice 5, 6, 11 și 12 pot fi asigurate două regimuri de lucru al microinvertorului. Primul regim de lucru se asigură prin reglarea duratei unuia din impulsurile de comandă V_5 sau V_6 la una din cheile electronice 5 sau 6, în același timp a doua cheie nu funcționează, deoarece la această cheie nu se aplică impulsul de comandă. Cheia electronică selectată creează un regim de lucru similar convertorului de tip „fly-back”. Acest convertor formează începutul pantei de creștere a semiundelor de curent alternativ, injectat în rețeaua 15. Regimul al doilea se asigură prin reglarea duratei impulsului de comandă V_5 sau V_6 , respectiv, la cheia electronică 5 sau 6, la care se aplică impulsul selectat de comandă. Cheia electronică selectată creează un regim de lucru similar convertorului de tip „fly-back”, în același timp a doua cheie electronică 5 sau 6 creează un regim de lucru similar convertorului de tip „forward”, care asigură transmisia directă în rețeaua 15 a energiei acumulate în condensatoarele 3 și 4, astfel formându-se semiunde de curent alternativ, injectat în rețeaua 15 până la momentul de trecere a curbei de tensiune a rețelei 15 prin zero.

Se analizează primul regim de lucru al microinvertorului la formarea semiunde pozitive a curentului injectat în rețeaua 15. Fie că tensiunea condensatorului 3 (vezi fig. 1) este egală cu zero, atunci tensiunea condensatorului 4 este egală cu valoarea tensiunii la ieșirile panoului fotovoltaic 1 (vezi fig. 2, pe t_0), iar tensiunea rețelei 15 trece prin zero și începe semiunda pozitivă a acestei tensiuni. În acest moment se aplică impulsul de comandă V_6 la cheia electronică 6. La deschiderea cheii 6, condensatorul 4 se descarcă, iar condensatorul 3 se încarcă prin bobina primară 7 a transformatorului 8 cu formarea unui curent în această bobină. Datorită legăturii mutuale electromagnetice între bobina primară 7 și bobina secundară 9, în circuitul format din bobina secundară 9 și inductanța 10 mai apare un curent. Acești curenți trec prin cheia 6, bobina primară 7 și prin inductanța 10 și asigură acumularea energiei în câmpul magnetic al transformatorului 8 și în inductanța 10. La deconectarea impulsului de comandă V_6 , aplicat la cheia electronică 6, și închiderea acestei chei, la cheia electronică 12 se aplică impulsul de

comandă V_{12} . Durata impulsului de comandă t_{V12} se determină prin expresia:

$$t_{V12} = T - t_{V6},$$

unde T este perioada impulsurilor de frecvență înaltă, care are valoarea constantă și care este determinată de valoarea frecvenței de lucru selectată în banda de valori 30...100 kHz.

Cheia electronică 12 se deschide și se formează un circuit din bobina secundară 9, inductanța 14, rețeaua 15, cheia electronică 12, dioda interioară a cheii electronice 11, inductanța 10, care asigură transferul de energie acumulată în transformatorul 8 și în inductanța 10 în rețeaua 15. La deconectarea impulsului de comandă V_{12} , cheia electronică 12 se închide și din nou se aplică impulsul de comandă V_6 . Procesul de funcționare a instalației se repetă până când valoarea tensiunii la condensatorul 4 prin transformatorul 8 se egalează cu valoarea tensiunii instantanee a rețelei 15 (vezi fig.2, pentru t_1). Din acest moment microinvertorul trece în al doilea regim de funcționare. Se aplică impulsul de comandă V_5 la cheia electronică 5. La deschiderea cheii electronice 5, condensatorul 3 se descarcă, iar condensatorul 4 se încarcă prin bobina primară 7 cu trecerea unui curent prin această bobină. Datorită legăturii mutuale electromagnetice între bobina primară 7 și bobina secundară 9, în circuitul format din bobina secundară 9 și inductanța 10 mai apare un curent. Acești curenți trec prin cheia electronică 5, înfășurarea primară 7 și inductanța 10 și asigură acumularea energiei în câmpul magnetic al transformatorului 8 și în inductanța 10. În funcție de valoarea tensiunii și a curentului la ieșirile panoului fotovoltaic 1 (ce asigură funcționarea în punctul de putere maximă a celulelor fotovoltaice) și valoarea tensiunii rețelei 15, se reglează durata impulsului de comandă V_5 . La deconectarea impulsului de comandă V_5 , aplicat la cheia electronică 5, și închiderea acestei chei, la cheile electronice 6, 11 și 12 se aplică impulsurile de comandă V_6 , V_{11} și V_{12} . Durata acestor impulsuri se determină prin expresia

$$t_{V6} = t_{V11} = t_{V12} = T - t_{V5}.$$

Cheile electronice 6, 11 și 12 se deschid și se formează două circuite. Primul circuit este format din condensatorul 3, bobina primară 7, cheia electronică 6, condensatorul 4, bobina secundară 9, inductanța 14, rețeaua 15, cheile electronice 11 și 12, bobina secundară 9. Acest circuit asigură transferul direct al energiei acumulate în condensatoarele 3 și 4 și în câmpul magnetic al transformatorului 8 în rețeaua 15. Al doilea circuit este format din inductanța 10, inductanța 14, rețeaua 15, cheile electronice 11 și 12, inductanța 10, și asigură transferul de energie acumulată în inductanța 10 în rețeaua 15. La deconectarea impulsurilor de comandă V_6 , V_{11} și V_{12} , cheile electronice

6, 11 și 12 se închid și, din nou, se aplică impulsul de comandă V_5 și procesul se repetă până când tensiunea instantanee a rețelei 15 va trece prin zero (vezi fig. 2, pentru t_2). În acest moment tensiunea condensatorului 4 devine egală cu zero, iar tensiunea condensatorului 3 devine egală cu valoarea tensiunii la ieșirile panoului fotovoltaic 1. Pentru formarea semiunde negative a curentului injectat în rețeaua 15 de microinverter acesta se trece în primul regim de funcționare. Se aplică impulsul de comandă V_5 la cheia electronică 5. La deschiderea acesteia, condensatorul 3 se descarcă, iar condensatorul 4 se încarcă prin bobina primară 7 cu trecerea unui curent prin această bobină. Datorită legăturii mutuale electromagnetice între bobina primară 7 și bobina secundară 9, în circuitul format din bobina secundară 9 și inductanța 10 mai apare un curent. Acești curenți trec prin cheia electronică 5, înfășurarea primară 7 și prin inductanța 10, și asigură acumularea energiei în câmpul magnetic al transformatorului 8 și în inductanța 10. La deconectarea impulsului de comandă V_5 , aplicat la cheia electronică 5, și închiderea acesteia,

la cheia electronică 11 se aplică impulsul de comandă V_{11} . Durata impulsului $t_{V_{11}}$ se determină prin expresia $t_{V_{11}} = T - t_{V_5}$.

Cheia electronică 11 se deschide și se formează un circuit din bobina secundară 9, cheia electronică 11, dioda interioară a cheii electronice 12, rețeaua 15, inductanța 14, inductanța 10, care asigură transferul de energie acumulată în transformatorul 8 și inductanța 10 în rețeaua 15. La deconectarea impulsului de comandă V_{11} , cheia electronică 11 se închide și din nou se aplică impulsul de comandă V_5 și procesul se repetă până când valoarea tensiunii condensatorului 3 prin transformator se egalează cu valoarea tensiunii instantanee a rețelei 15 (vezi fig. 2, pentru t_3). Din acest moment microinverterul trece din nou în al doilea regim de funcționare. Se aplică impulsul de comandă V_6 la cheia electronică 6. La deschiderea cheii electronice 6 condensatorul 4 se descarcă, iar condensatorul 3 se încarcă prin bobina primară 7 a transformatorului 8. Datorită legăturii mutuale electromagnetice între bobina primară 7 și bobina secundară 9, în circuitul format din bobina secundară 9 și inductanța 10 mai apare un curent. Curenții trec prin cheia electronică 6, înfășurarea primară 7 și prin inductanța 10 și asigură acumularea energiei în câmpul magnetic al transformatorului 8 și în inductanța 10. În funcție de valoarea tensiunii și a curentului la ieșirile panoului fotovoltaic și valoarea tensiunii rețelei 15, se reglează durata impulsului de comandă V_6 . La deconectarea impulsului de comandă V_6 , aplicat la cheia electronică 6, și la închiderea acestei chei, la cheile electronice 5, 11 și

12 se aplică impulsurile de comandă V_5 , V_{11} și V_{12} . Durata $t_{V_5} = t_{V_{11}} = t_{V_{12}}$ acestor impulsuri se determină prin expresia $t_{V_5} = t_{V_{11}} = t_{V_{12}} = T - t_{V_6}$.

Cheile electronice 5, 11 și 12 se deschid și se formează două circuite. Primul circuit este format din condensatorul 4, bobina primară 7, cheia electronică 5, condensatorul 3, bobina secundară 9, inductanța 14, rețeaua 15, cheile electronice 11 și 12, bobina secundară 9, și asigură transferul direct al energiei acumulate în condensatoarele 3 și 4 și în câmpul magnetic al transformatorului 8 în rețeaua 15. Al doilea circuit este format din inductanța 10, inductanța 14, rețeaua 15, cheile electronice 11 și 12, inductanța 10, și asigură transferul de energie acumulată în inductanța 10 în rețeaua 15. La deconectarea impulsurilor de comandă V_5 , V_{11} și V_{12} , cheile electronice 5, 11 și 12 se închid și din nou se aplică impulsul de comandă V_6 . Procesul se repetă până când tensiunea instantanee în rețeaua 15 va trece prin zero (vezi fig. 2, pentru t_0). În acest moment tensiunea condensatorului 3 devine egală cu zero, iar tensiunea condensatorului 4 se egalează cu valoarea tensiunii la ieșirile panoului fotovoltaic, tensiunea rețelei 15 trece prin zero și procesul de funcționare a microinverterului se repetă.

Trebuie de menționat faptul că există o diferență principială în modalitatea de efectuare a schimbului de energie în regimul „fly-back” și în regimul „forward”. În primul caz, cantitatea de energie injectată în rețeaua 15 la un pas al procesului de comutație este determinată de mărimea întrefierului transformatorului 8 și de valoarea inductanței 10. În regimul „forward”, cantitatea de energie injectată în rețeaua 15 la un pas al procesului de comutație este determinată de valoarea inductanței de scăpări ale transformatorului 8. Capacitatea condensatoarelor 3 și 4 și inductanța de scăpări ale transformatorului 8 se selectează astfel încât transferul de energie în convertorul de tip „forward” să fie în regim de rezonanță a curentului.

Microinverterul pentru panouri fotovoltaice se confecționează în baza componentelor electronice industriale, iar transformatorul de frecvență înaltă se confecționează în baza utilizării tipurilor standard ale miezurilor feromagnetice. Tehnologia de producere a plăcilor imprimare este accesibilă pentru realizare atât în condiții de laborator, cât și la fabricarea la uzinele cu profil de producere a echipamentelor electronice de diferită destinație.

Micșorarea costului de confecționare a microinverterului este o urmare a excluderii din schema funcțională a două diode de redresare și a două chei electronice, prin ce se asigură micșorarea numărului de elemente. De asemenea, în microinverterul propus se utilizează un singur transformator de frecvență înaltă, ce asigură micșorarea masei totale a elementelor feromagnetice, deci și a costului lor. Micșorarea costului de confecționare a microinverterului se datorează, de asemenea, micșorării numărului de legături dintre elemente și utilizării unei scheme de comandă mai simple.

Majorarea randamentului microinverterului, de asemenea, este o urmare a micșorării numărului de elemente, prin aceasta asigurându-se micșorarea pierderilor de energie în procesul de funcționare. De asemenea, utilizarea unui singur transformator de frecvență înaltă asigură micșorarea masei totale a elementelor feromagnetice, deci și a pierderilor de energie.