

## Rezumatul tezei în română

În majoritatea sistemelor alternative de generare de energie electrică, cum ar fi turbinele de vânt, panourile solare, pilele de combustie etc, nivelul tensiunii continue de ieșire are fluctuații mari. Pentru a putea injecta această energie electrică în rețea cu un invertor tensiunea continuă joasă și fluctuantă de la ieșirea sursei alternative trebuie adusă la un nivel mai ridicat și stabilizat cu ajutorul unui convertor DC-DC pus înainte de invertor. O altă posibilitate de a ridica tensiunea continuă este utilizarea unei rețele pasive de tip Z la intrarea unui invertor mono sau trifazat. Astfel cele două etape de conversie DC-DC și DC-AC se suprapun și invertorul cu rețeau Z oferă posibilitatea ridicării tensiunii de la intrare la nivelul dorit și în același timp modulează și tensiunea de ieșire fără a utiliza alte semiconductoare comandabile în afară de tranzistoarele din puntea de invertor.

În teză se studiază invertoarele mono și trifazate cu rețea Z. În literatura existentă aceste invertoare de tip Z utilizează invertoare în punte completă cu 4/6 tranzistoare în punte completă în cazul invertoarelor cu rețea Z monofazate/trifazate. O metodă de a reduce costul invertoarelor este reducerea numărului de elemente semiconductoare complet comandabile de la 4 la 2 (monofazat) și de la 6 la 4 (trifazat). În teză se propun și se studiază 3 noi topologii (1 monofazată și 2 trifazate) de invertoare monofazate/trifazate cu rețea Z cu 2 respectiv cu 4 tranzistoare. În teză sunt deduse analitic ecuațiile care descriu funcționarea celor 3 topologii propuse după care se trece la validarea ecuațiilor prin simulare în PSIM și experimente pe setupuri de laborator proiectate și construite de autor. Algoritmii de control sunt implementați pe un procesor de semnal dsPIC30F3011. Pe lângă cele trei noi topologii propuse în teză sunt prezentate caracteristicile principale ale invertoarelor cu rețea Z și elemente de proiectare și control, din punct de vedere practic, și sunt scoase în evidență avantajele și dezavantajele acestor structuri de convertoare.

Pe lângă nivelul fluctuant al tensiunii la ieșirea din sursele alternative de energie electrică un alt handicap al acestor surse îl constituie nivelul scăzut al tensiunii care duce la necesitatea utilizării unor invertoare cu câștig ridicat în tensiune. Printre convertoarele cu câștig ridicat se numără și convertoarele DC-AC cu modulare în lățime de puls (PWM) trifazate derivate din topologiile Cuk și Sepic așa numitele convertoare hibride cu condensatoare în comutație care au la bază încărcarea în paralel și descărcarea în serie a condensatoarelor astfel asigurând un câștig ridicat în tensiune. În partea a doua a tezei este propus un algoritm eficient, pornind de la principiul fazorilor spațiali utilizați la controlul invertoarelor trifazate (SVPWM), din punct de vedere al solicitărilor în tensiune ale tranzistoarelor din puntea de invertor și al factorul de amplificare în tensiune. Pentru a reduce la minim solicitările în tensiune și a genera factorul de amplificare minim în tensiune, necesar pentru a putea obține la ieșire tensiunea alternativă dorită, algoritmul de control propus utilizează la maxim tensiunea în două trepte de la intrarea punții de invertor. Algoritmul propus este validat prin

simulări pe calculator și experimente pe un setup construit de autor având ca element de control un dsPIC30F3011.

Teza este structurată pe șapte capitole pe 138 de pagini după cum urmează:

Primul capitol are un caracter introductiv. După o sinteză reprezentativă asupra invertoarelor monofazate de tip Z, se propune o nouă topologie cu condensator divizat în rețeaua de impedanțe pentru inverterul monofazat cu numărul de comutatoare electronice redus la două. Se prezintă analiza, pe etape de funcționare, a noii topologii cu două stări active și una de scurtcircuit (*'shoot-through'*). Calibrarea soluțiilor de comutație și de control al ieșirii noului inverter monofazat se face prin simulări numerice și, apoi, experimental pe un prototip executat de autor și controlat digital, utilizând un procesor de semnal de cost redus dsPIC30F3011.

În capitolul 2, se abordează invertoarele trifazate de tip Z și se propune o topologie nouă cu condensator divizat în rețeaua de impedanțe pentru inverterul trifazat cu numărul de comutatoare electronice redus la patru. Pentru topologia propusă, se dezvoltă analiza, în formalismul fazorilor spațiali, a modurilor de funcționare și a controlului de bază, ale inverterului și se validează convingător prin rezultatele de simulare numerică și experimentale. Se demonstrează capabilitățile survoltoare ale inverterului trifazat de tip Z cu patru celule de comutație propus.

Capitolul 3 este dedicat proiectării și controlului invertoarelor trifazate de tip Z. Sunt evidențiate moduri noi de operare ale acestora și problemele inerente ale topologiei adoptate, și sunt propuse metode noi de control cu performanțe survoltoare, probate cu rezultate semnificative de simulare, îndeosebi pentru reducerea curentului la conectarea inverterului.

În capitolul 4, se prezintă soluții îmbunătățite pentru inverterul trifazat de tip Z cu șase, respectiv patru, celule de comutație. În baza unei analize în formalismul fazorilor spațiali, se dezvoltă algoritmul de control, pentru care se obțin rezultate de simulare relevante.

În capitolul 5, plecând de la o topologie, recent propusă în literatură, de inverter trifazat cu circuit de intrare cu condensatoare în comutație și diode, cu câștig ridicat în tensiune se propune un algoritm de control eficient pentru topologiile derivate din cel de tip Cuk, respectiv SEPIC. Sunt prezentate rezultate de simulare numerică și experimentale, care validează soluțiile de control propuse de autor.

În capitolul 6, se descrie structura *'hardware'* și *'software'* a standului experimental de laborator, realizat de autor pentru implementarea și studiul experimental al topologiilor de inverter mono- și trifazat cu circuit survoltor/devoltor la intrare.

## Contribuții originale și concluzii:

- Studiul comprehensiv al invertoarelor monofazate și trifazate de tip Z cu patru respectiv cu șase tranzistoare. Scoaterea în evidență a relațiilor principale care descriu funcționarea acestora
- Introducerea a trei noi topologii de invertoare de tip Z (o topologie monofazată și două trifazate)
- Analiza detaliată a stărilor de funcționare ale structurilor propuse și deducerea analitică a ecuațiilor care descriu funcționarea lor
- Validarea acestor ecuații se face prin simulări pe calculator în programul dedicat simulărilor circuitelor electrice
- Validarea a două topologii din cele trei (una monofazată și una trifazată) prin experimente pe un setup de laborator
- Introducerea unui algoritm eficient pentru controlul convertoarelor DC-AC cu condensatoare în comutație cu modulare prin lățime de puls (PWM) cu câștig ridicat în tensiune din punct de vedere al solicitărilor în tensiune ale condensatoarelor în comutație și ale punții de inverter și din punct de vedere al factorului de câștig în tensiune. Eficiența algoritmului propus constând în utilizarea la maxim a tensiunii în două trepte din circuitul intermediar.
- Proiectarea și construirea a două setupuri de laborator de către autor pentru validarea experimentală a structurilor de inverter de tip Z propuse și validarea algoritmului propus pentru controlul convertoarelor DC-AC cu câștig ridicat în tensiune și condensatoare în comutație
- Implementarea a patru algoritmi de control (trei pentru invertoarele de tip Z propuse și unul pentru controlul convertoarelor DC-AC cu câștig ridicat în tensiune) în limbaj de programare C și programarea procesorului de semnal dsPIC30F3011 care constituia elementul de control în setupurile de laborator construite pentru validare experimentală