

CONVERTOARE MATRICIALE MULTI-NIVEL PENTRU TURBINE EOLIENE

Autor: **Mitrofan CURTI**
Conducător științific: **Ion SOBOR**

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: acest articol propune implementarea convertorului matricial de tip nou, multi-nivel, în turbinele eoliene. Sub-modulele convertorului sunt analizate, și este propusă o variantă optimizată cu mai multe elemente semiconductoare, și obținem cea mai bună combinație, performanță și cu un cost scăzut. Metoda multi-nivel reduce pierderile de comutație, și determină performanțe ridicate la viteze mici a turbinei, ceea ce constituie o particularitate a turbinelor eoliene. Scopul acestei abordări, este de a cuprinde bazele teoretice și practice ale convertoarelor matriciale și de a exemplifica cu simulări.

Cuvinte cheie: convertoare matriciale multi-nivel, cheie electronică, turbină eoliană, comanda vector-spațială.

1. Introducere

În figura 1 sunt prezentate două din modelele sistemelor eoliene, cu o turbină care are la ieșire o tensiune cu amplitudinea și frecvența variabilă [2]. Reieșind din aceste proprietăți, fiecare generator trebuie să fie dotat cu un dispozitiv de electronică de putere, care să asigure conversia acestei tensiuni variabile, în una cu frecvența și amplitudinea standardizată, care ar putea fi conectată la rețeaua electrică publică sau pentru alimentarea unui consumator autonom. Este important ca toate componentele sistemului să lucreze cu o eficiență maximă în toată gama de viteze lucrative ale vântului.

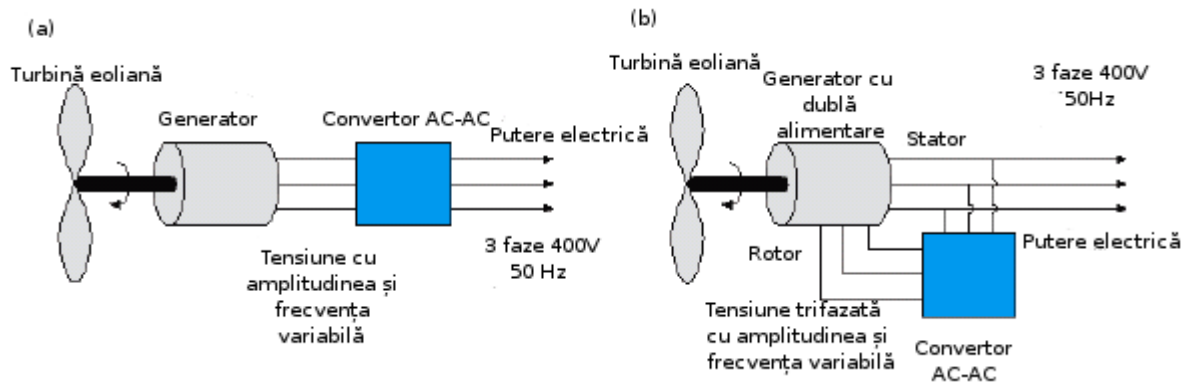


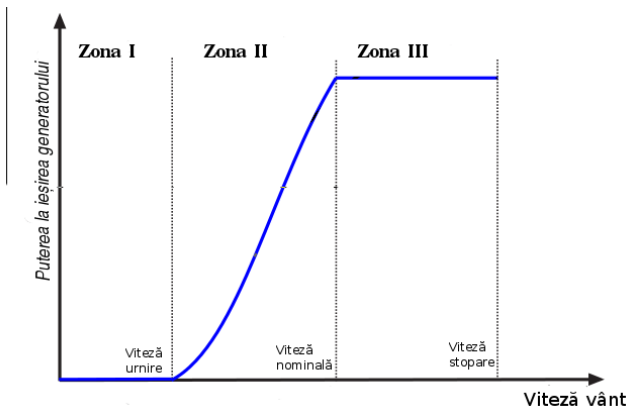
Figura 1. Elementele principale ale unui sistem eolian: a) Generator cu magneți permanenți, sau un generator asincron, b) Generator cu alimentare dublă.

O turbină eoliană transformă energie cinetică a curenților de aer în energie electrică în conformitate cu caracteristica de putere $P(V)$ din figura 2.

Zona 1: Viteza vântului este mică și nu rotește turbina. Viteza vântului de urnire, V_0 pentru majoritatea turbinelor eoliene variază între 3 și 4 m/s.

Zona 2: Viteza vântului este mai mare decât V_0 și mai mică decât viteza nominală V_n . Puterea generată este proporțională cu cubul vitezei vântului.

Zona 3: Viteza vântului variază între viteza nominală, V_n și cea de stopare V_s . Puterea turbinei este constantă și egală cu cea nominală.



Concomitent cu variația vitezei vântului variază frecvența și tensiunea generată. Convertorul de frecvență (Figura 1) trebuie să asigure sincronizarea generatorului și funcționarea stabilă și cu o eficiență maximală în toată gama de variație a vitezei de rotație a turbinei, care se încadrează în limitele 1,5-3,0.

2. Convertoarele de frecvență trifazate

Pentru a soluționa problema principală stipulată mai sus, pot fi utilizate orice tip de convertor din această familie, care, la rândul ei se mai împarte în două clase mari:

1. Convertoare AC-AC fără circuit intermediar de curent continuu. Aceste tipuri de convertoare prevăd conectarea fazelor de intrare cu cele de ieșire prin intermediul cheilor cu patru cadrane, astfel se asigură convertirea directă a tensiunilor, sau altfel, tensiunile de ieșire sunt compuse direct din cele de intrare.

2. Convertoare AC-AC cu circuit intermediar de curent continuu. Acestea prevăd redresarea tensiunii alternative, această tensiune se aplică pe condensatoare, servind mai apoi ca etaj de intrare pentru circuitul inverterului [1].

Convertoarele cu circuit intermediar de curent continuu cu două nivele, au un randament acceptabil numai la sarcini apropiate de cea nominală. Generatorul eolian funcționează într-o gamă mare de variație a vitezei de rotație, respectiv, a tensiunii generate. Transistoarele vor fi suprasolicitate atât în zona vitezelor mari, atât și în zona vitezelor mici ale vântului. Pentru schimbul de putere reactivă între rețea și generator se utilizează o baterie de condensatoare care conduce la creșterea gabaritelor și micșorarea fiabilității.

Neajunsurile convertoarelor directe de asemenea sunt evidente: sunt necesare șase dispozitive suplimentare de comutație, ceea ce complică principiul de comandă, alt dezavantaj ce derivă din primul este numărul mare de semiconductoare pentru a face convertorul funcțional. Lipsa circuitului intermediar îl scutește de a utiliza condensatoarele imense, dar conectarea directă a fazelor permite oricărei perturbații din partea sarcinii să influențeze negativ generatorul.

3. Cerințele turbinelor eoliene impuse convertoarelor de putere

Pentru ca electronica de putere să asigure funcționarea turbinei și în regimurile de viteză mică (figura 2, zona 1), raportul prestabilit dintre tensiune și viteza turbinei trebuie să fie mărit. Astfel, convertoarele trebuie să asigure o funcționare stabilă a turbinei și la viteze mici. Cea mai optimală zonă este cea de mijloc, care corespunde vitezei vântului de 7-8 m/s. Convertorul va fi suprasolicitat în zona a treia, unde tensiunea generatorului este maximă [2].

4. O soluție - convertoarele cu circuit intermediar multi-nivel

Convertoarele cu circuit intermediar de curent continuu multi-nivel trebuie să dispună de un nul artificial, care divizează tensiunea redresată și prin care circulă curentul diodei de fugă. Acest principiu permite să obținem formele de tensiune din figura 3 [2].

Aceste nivele împart tensiunea continuă de alimentare în două sau mai multe, ceea ce permite folosirea transistoarelor pentru o tensiune mai mică, deci pierderile la tensiuni mari sunt excluse și acest convertor poate lucra eficient și în zona a treia. De asemenea, eficiența se îmbunătățește și la viteze mici.

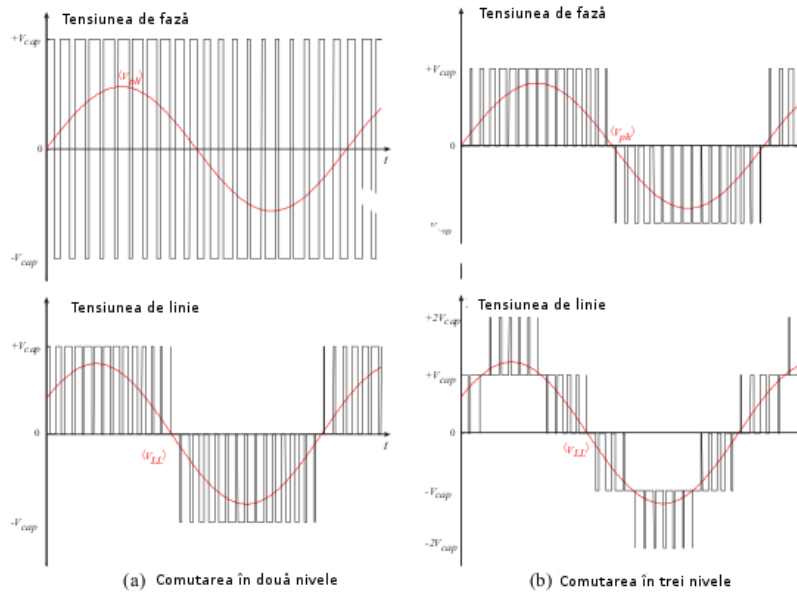


Figura 3. Formele de undă: a - convertorul cu două nivele; b - convertorul u trei nivele.

5. Conversoare matriciale tipice, multi-nivel

Pentru a exclude dezavantajele conversoarelor cu circuit intermediar expuse mai sus, în sistemele eoliene se propune de a utiliza conversoarele matriciale multi-nivel.

Un convertor matricial tipic din figura 4 cu cheia bidirecțională din figura 5 a) asigură o conversie cu un coeficient de 0.866. În convertorul matricial fiecare fază de ieșire poate fi conectată la orice fază de intrare prin intermediul unor module (figura 5). În cazul unui convertor matricial multi-nivel, pentru modul se folosește schema din figura 5 b), astfel pentru asigurarea treptelor la tensiunea modulatată, ca tensiune de ieșire se folosește tensiunea acumulată în condensatoarele din aceste scheme de formă H [2]

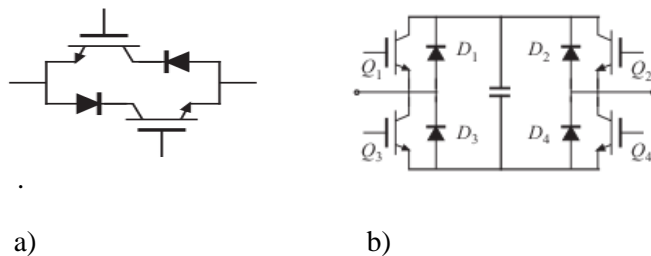
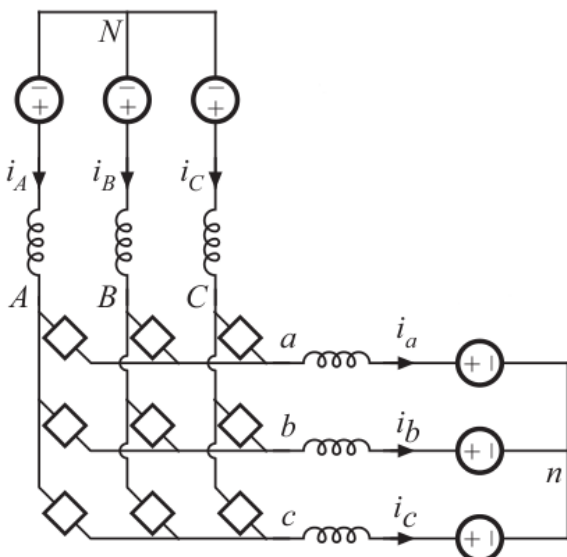


Figura 5. Modul de comutație: a-simplu; b-formă de H

Figura 4. Schema CMF

6. Principii de comandă a conversoarelor matriciale

Una din cele mai importante și eficiente metode este cea vector-spațială cu lichidarea armonicilor superioare prin aplicarea modulației PWM. Formarea treptelor de pedestal se realizează cu ajutorul condensatoarelor din circuitul de forma H, fiindcă având la dispoziție aceste condensatoare putem obține trei

valori de tensiuni: valoare nulă, tensiunea de pe un singur condensator, tensiunea de pe două condensatoare [1].

O astfel de comandă asigură un control eficient în procesul de conversie a energiei.

O metodă mai simplă de control PWM a cheilor circuitului matricial este o contribuție a autorului asupra acestui subiect. Această metodă prevede o comandă tipică în două nivele, fără capacitate intermediară, inspirată din metoda clasică de comandă a unui convertor cu circuit intermediar de curent continuu. Modelul acestui principiu a fost conceput în mediul MATLAB-simulink, schema constă din două părți componente principale, prima are rolul de a detecta faza care are tensiunea instantaneei mai mare, respectiv, faza care are tensiunea instantaneei mai mică. Această informație se transferă spre blocul al doilea, care are rolul de a modula tensiunile trifazate între aceste extremități, exact ca în cazul convertorului obișnuit.

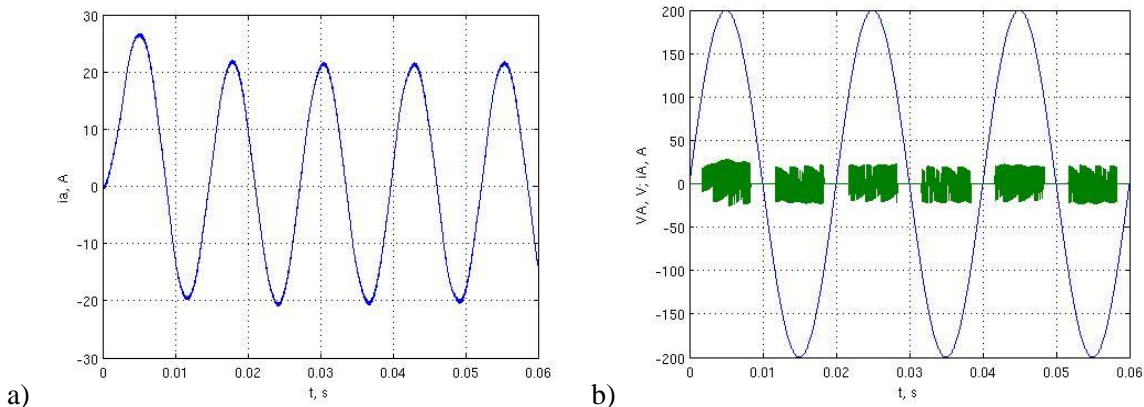


Figura 6. Rezultatul simulării CMF cu comanda PWM a) Curentul de ieșire, b) Tensiunea și curentul de intrare

Simulările demonstrează că, coeficientul de transfer, în cazul sarcinii active, este mai mare de 0,5. Iar în cazul unui motor asincron, curentul devine sinusoidal (Figura 6) [3-6].

7. Concluzie

Pentru sistemele eoliene, CMF este propus ca o nouă abordare pentru extinderea zonei de lucru al întregului sistem. Aceste convertoare sunt bazate pe principiul conversiei multi-nivel, fiindcă această metodă poate asigura performanță și să satisfacă cerințele impuse de turbina eoliană. Convertorul matricial multi-nivel este capabil să asigure funcționarea generatorului eolian atât la viteza de rotație maximală cât și la o viteză minimală și asigură o viteză de comutație înaltă.

Bibliografie

1. R. Erickson, S. Angkititrakul, and K. Almazeedi University of Colorado Boulder, Colorado, July 2002 — March 2006.
2. R. Erickson, S. Angkititrakul, O. Al-Naseem, and G. Lujan University of Colorado Boulder, Colorado Novel Power Electronics Systems for Wind Energy Applications: Final Report, Period of Performance: August 24, 1999 – November 30, 2002.
3. M. Venturini, A New Sine Wave in Sine Wave out, Conversion Technique Which Eliminates Reactive Elements, *Proceedings of Powercon 7*, pp. E3/1-E3/15, 1980.
4. Dissertation by Sangshin Kwak DESIGN AND ANALYSIS OF MODERN THREE-PHASE AC/AC POWER CONVERTERS FOR AC DRIVES AND UTILITY INTERFACE.
5. Hulusi Karaca Ramazan Rakkaya Control of Venturini Method Based Matrix Converter in Input Voltage Variations.
6. Huber, L. and Borojevic, D., 'Space Vector Modulated Three-Phase to Three-Phase Matrix Converter with Input power Factor Correction', *IEEE® Transactions on Industry Applications*, Vol. 31, No. 6, November/December 1995.