

## CONTRIBUTII LA PERFECTIONARE MAȘINELOR ELECTRICE CU MAGNEȚI PERMANENȚI PENTRU ÎMPLIMENTARE ÎN AGRICULTURA MODERNĂ

*N. URSATHI*

*Universitatea Agrară de Stat din Moldova*

**Abstract:** The paper presented a study of synchronous machines with permanent magnets and axial magnetic flux for its implementation in the supply of electricity to agricultural consumers. Different topologies of these machines were analyzed using the toroidal stator winding. We came up with proposals to improve the topology of the synchronous generator with a stator and two rotors with permanent magnets in the NN-SS system by installing permanent magnets in the form of a pod. The installation of permanent magnets in the proposed form allows us to increase the power produced by the studied generator without changing its basic dimensions.

**Keywords:** Agricultural technologies, generator, permanent magnets, axial magnetic flux, toroidal winding, stator, rotor.

### ÎNTRUDUCERE

Dezvoltarea foarte rapidă a agriculturii cât și a tehnologiilor agricole din ultimul timp au creat probleme semnificative la nivel național, în ceea ce privește acoperirea nevoilor energetice tot mai ridicate în agricultură.

Este cunoscut că sistemul național de alimentare cu energie electrică este dezvoltat doar în localități, intersectând doar unile terenuri agricole, iar construcția unui sistem de alimentare cu energie electrică la anumite terenuri agricole și conectarea acestuia la cel național este foarte costisitoare.

În agricultura modernă orice sistem tehnic de reglare automată a proceselor tehnologice include neapărat sursa de alimentare cu energie electrică [1]

Prin urmare de multe ori rezolvarea problemei mai puțin costisitoare este ca energia electrică necesară să fie produsă în zona de consum. Pe lângă convertoarele fotovoltaice, convertoarele solare și convertoarele de energie a biomasei, generatoarele sincrone oferă cea mai bună soluție. În zonele unde există mici cursuri de apă sau vânturi frecvente, utilizarea generatorului sincron în regim autonom este avantajoasă, având în vedere că acesta produce atât energie activă, cât și reactivă, iar păstrarea unor valori prescrise pentru tensiune și frecvență este la îndemâna utilizatorului.

### MATERIALE ȘI METODE

Studiul a fost efectuat în baza cercetărilor științifice din domeniul mașinilor electrice cu flux magnetic axial și magneți permanenți, au fost studiate topologiile mașinilor cu flux axia, tipurile de înfășurări statorice folosite și poziționarea magneților permanenți pe rotoare.

Pe baza studiului efectuat s-au adus propuneri pentru perfecționarea mașinei electrice cu magneți permanenți și flux axial prin împlimentarea magneților permanenți suplimentari.

### REZULTATE ȘI DISCUȚII

Odată cu apariția noilor tehnologii de fabricare a materialelor active și a dispozitivelor noi de realizare a proceselor tehnologice, cum ar fi: fabricarea oțelului electrotehnic laminat la rece în rulouri [2], compensarea parțială sau totală a forțelor electromagnetice de atracție unilaterală în regim de motor sau de generator. Apare și posibilitatea cercetărilor științifice mai aprofundate a mașinilor electrice cu flux magnetic axial, la care sa tras puțină atenție în trecut. Aceste mașini reprezintă interes teoretic și practic pentru proiectarea, producerea în vederea majorării eficienței utilizării materialului activ, în raport cu folosirea acestuia în mașinile cilindrice cu flux magnetic radial.

Actualmente, aceste performanțe sunt evidente și anume: dimensiuni axiale reduse, utilizarea oțelului laminat la rece cu pierderi magnetice scăzute, suprafața de răcire majorată a statorului și rotorului, posibilitatea de a înlocui cuplajul rigid mecanic dintre stator și rotor cu unul magnetic.

Mai mult ca atât, în aceste mașini poate fi obținută viteza unghiulară redusă, deoarece diametrul fiind majorat, permite montarea unui număr mare de bobine, prin urmare, și a realizării unui număr mare de poli. Aceste mașini sunt folosite, în mare măsură, ca generatoare electrice antrenate de turbine hidraulice cu palete verticale și eoliene, fără multiplicarea vitezei unghiulare.

În prezent tehnologiile de producere a magneților permanenți a impulsionați majorarea inducției magnetice remanente cu (20-30) %. Astăzi se produc magneți permanenți cu inducția magnetică remanentă de (1,2-1,3) T. Aceste calități permit elaborarea pachetului statorului în forma de inel fără crestături, ducând la simplificarea construcției mașinei electrice cu folosirea înfășurării statorice toroidale.

Punând accent pe cele menționate, în prezent cercetările în domeniu electromecanice atrag o mare atenție înlocuirii excitației electromagnetice a mașinilor sincrone cu excitație cu magneți permanenți, deoarece:

- magneții permanenți înlătură contactul electric, ceea ce conduce la majorarea fiabilității mașinei electrice

- contribuie la micșorarea pierderilor și temperaturii de încălzire a mașinii sincrone.

- tehnologia producerii magneților permanenți sa ridicat la o nouă treaptă de producere, iar parametrii mecanici, termici și magnetici ai acestora sau îmbunătățit esențial.

Aceste avantaje importante ale magneților permanenți sunt de perspectiva pentru utilizarea acestora ca element de bază în sistemul de excitație a mașinei sincrone.

Implimentarea generatoarelor sincrone cu magneți permanenți și flux axial în producerea de energie electrice direc la locul de consum, poate fi considerată mai avantajoasă deoarece aceste generatoare permit conectarea directă cu turbina instalației excuzând multiplicatorul care reprezintă o cotă semnificativă din costul instalației electrice.

În lucrare s-au studiat diferite topologii a mașinelor axiale[3,4], cele mai răspândite fiind:

- un stator și un singur rotor cu magneți permanenți (fig. 1a)

- două statoare și un rotor cu magneți permanenți sistemul NN-SS (fig.1b)

- două statoare și un rotor cu magneți permanenți sistemul NS-NS (fig.1c)

- un stator și două rotoare cu magneți permanenți sistemul NS-NS (fig.1d)

- un stator și două rotoare cu magneți permanenți sistemul NN-SS (fig.1e)

Mașina sincron cu flux axial și magneți permanenți format dintr-un singur stator și un singur rotor (fig. 1a) este cea mai simplă construcție a mașinei axiale, acest model de mașină electrică nu este agreată de specialiști datorită forței axiale neechilibrate ce apare între stator și rotor, care poate duce la deformarea părților componente ale mașinei, această construcție este folosită în practică însă necesita fixarea pachetului statoric de carcasa mașinei electrice în mai multe puncte și folosirea rulmenților speciali [2].

Topologiile mașinelor electrice prezentate în figurile 1b și 1c sunt mai rar utilizate în practică, deși acestea asigură compensarea forțelor electromagnetice dintre rotor și stator, însă folosind înfășurarea toroidală părțile frontale ale înfășurărilor statorice depășesc cu mult părțile active ale înfășurărilor.

Modelul mașinii axiale din figura 1d. este folosită mai frecvent în regim de motor de putere mică în sisteme de comandă automată [5].

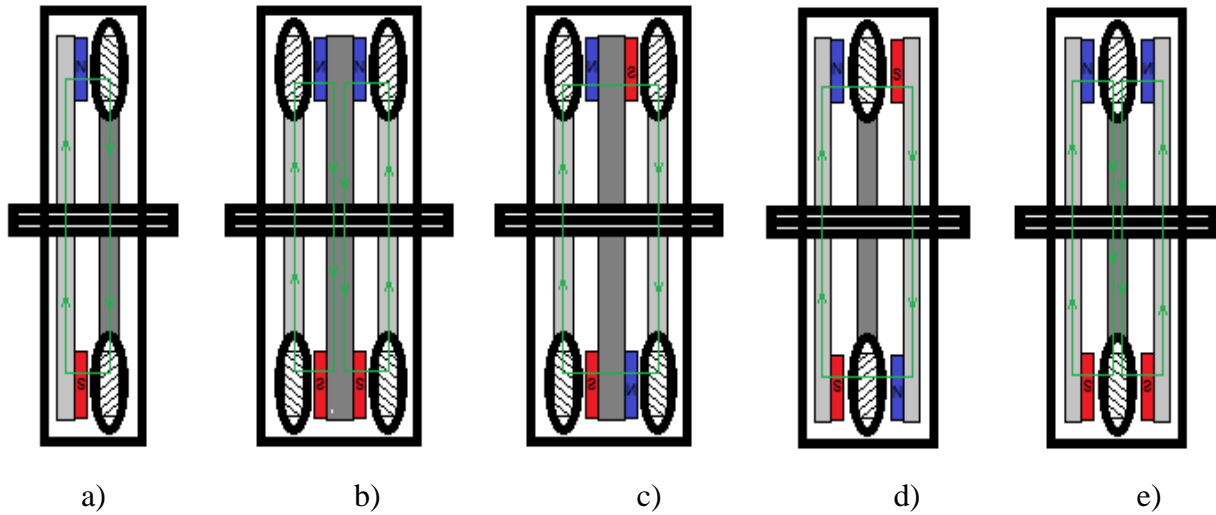


Fig. 1 Mașini sincrone cu flux axial și magneți permanenți

Folosind înfășurarea statorică toroidală pentru topologiile studiate putem constata că configurația cu două rotoare are avantajul unor pierderi în cupru și fier reduse, datorită utilizării mai eficiente a înfășurării și datorită faptului că fluxul magnetic se întoarce prin jugurile rotorice.

În lucrare se propune de modificat topologiei generatorului cu un stator și două rotoare cu magneți permanenți sistemul NN-SS (fig. 1e) prin plasarea pe arborele mașinei electrice a materialului feromagnetic pentru a avea posibilitatea de instalare a magneților permanenți suplimentari, totodată acest piesa din material feromagnetic calculată corect ne va permite fixarea rotoarelor mai exact și mai rigid. Conform literaturii [2] de specialitate unul din parametrii de bază care reprezintă puterea generatorului este lungimea de calcul a întrefierului  $l_{\delta}$ . În mod practice pentru mașinile electrice cu flux magnetic axial cu un stator și două rotoare lungimea de calcul a întrefierului va fi:

$$l_{\delta} = 2 \cdot (D_{ex} - D_{int}) \quad (1)$$

unde:  $D_{ex}$  - diametrul exterior a miezului magnetic al statorului

$D_{int}$  - diametrul interior a miezului magnetic al statorului

Prin urmare plasând magneții permanenți suplimentari sub partea frontală a înfășurării statorice din interiorul diametrului inferior al statorului lungimea de calcul se va majora cu:

$$l_{\delta s} = h_{ps} + 1.5\delta + 2\sqrt{2(h_{bi} + \delta)^2} \quad (2)$$

unde:  $h_{bi}$  - înălțimea bobinei înfășurării de la pachetul statoric spre magnet

$h_{ps}$  - lățimea pachetului statoric

$\delta$  - mărimea întrefierului

Astfel vom obține lungimea totală de calcul a întrefierului ca:

$$l_{\delta t} = l_{\delta} + l_{\delta s} \quad (3)$$

În așa fel măriduse lungimea de calcul  $l_{\delta t}$  care prin urmare va permite majorarea puterii totale  $S_n$  (4) a acestuia, la aceleași dimensiuni cu aproximativ 15%.

$$S_n = \frac{16.67 \cdot 10^{-3} \cdot n \cdot \pi^2 \cdot a_{pol} \cdot k_B \cdot k_{inf} \cdot D_{med} \cdot A \cdot B_{\delta} \cdot l_{\delta t}}{k_{tem}} \quad (4)$$

Pe când ceilalți parametri ai generatorului sincron cu magneți permanenți și flux axial rămân nemodificați.

Modul de plasare a magneților permanenți este prezentată în schema constructivă a mașinei sincron cu magneți permanenți sistemul NN-SS (fig. 2) , prin utilizarea magneților permanenți suplimentari care în ansamblu se amplasează în formă de potcoavă, acest lucru ne permite utilizarea a 50% din părțile frontale ale înfășurării statorice ca parte activă a generatorului.

Ca rezultat obținem un generator sincron cu magneți permanenți cu flux magnetic combinat.

Avantajele topologiei propuse sunt:

Construcția de bază a generatorului practic rămâne fără modificări, adăugându-se doar două piese oglindă pe care se încheie magnetii permanenți suplimentari.

Se majorează puterea generatorului la aceleași dimensiuni.

Dezavantajul acestei topologii este faptul că poate fi implementată doar la modelul de mașini electrice cu un stator și două rotoare cu magneți permanenți sistemul NN-SS.

În perspectiva rămâne de efectuat un studiu asupra câmpului magnetic ce apare în întreferea mașinii electrice pentru a stabili dacă avem suprapuneri a liniilor de câmp magnetic datorită intersecției câmpului axial cu cel radial, și care este impactul acestora în favoarea s-au devavoarea acestei topologii.

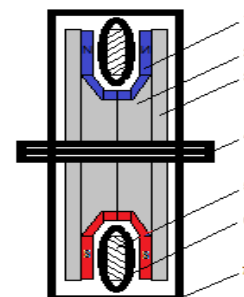


Fig. 2. Generator cu magneți permanenți și flux magnetic axial în sistemul NN-SS

1. magneți permanenți; 2.construcție pentru fixarea magneților; 3. disc rotor; 4. arbore; 5. jug statoric; 6. înfășurare statorică; 7. carcasa

## CONCLUZII

Implimentarea topologiei propuse pentru alimentarea cu energie electrică în regim autonom pentru consumatorii agricoli are un avantaj deosebit, deoarece generatorul poate fi produs la dimensiuni reduse, prin urmare ușor de montat și permite instalarea acestuia în zona de consum.

Generatoarele sincrone cu flux axial și magneți permanenți pe rotor sunt implementate tot mai larg la microcentralele electrice. Acestea, având turații reduse, pot fi utilizate cuplându-se direct la turbinele de acționare.

Pentru a folosi transformarea energiei, utilizând la maxim înfășurarea statorică, s-a optimizat construcția rotorului generatorului.

Magneții permanenți în formă de potcoavă, corespund cerințelor înaintate, cuprinzând practic toată partea frontală interioară a înfășurării statorice, astfel fiind obținută eficiența maximă.

## REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. **Anatolie Daicu, Victorin Slipenchi, Onorin Volconovici s.a.:** „Contribuții la elaborarea mijloacelor tehnice de automatizare a proceselor de conservare a alimentelor cu utilizarea frigului natural”. Știința agricolă, nr. 2 (2019) UASM

2. **T. Ambros:** „Convertizoare electrice și electromecanice speciale”. Editura „Tehnica-Info”, Chișinău 2008

3. **Gieras, J.F., Wang, R-J, Kamper, M.J.:** „Axial Flux Permanent Magnet Brushless Machines”. Kluwer Academic Publishers, 2008, ISBN 978-1-4020-6993-2

4. **Bumby, J.R., Martin, R.:** „Axial Flux Permanent Magnet Generators For Engine Integration”, Published at the 12th International Stirling Engine Conference, Durham, 2005

5. **Aydin, M., Huang, S., Lipo, T.A.:** “Axial Flux Permanent Magnet Disc Machines: A Review”, University of Wisconsin-Madison, 2004