

Generatorul cu flux axial

Datorită dimensiunilor axiale reduse și formei compacte (principalele avantaje), mașina cu flux axial sau mașina cu rotor disc cum mai este denumită, a fost utilizată cu succes în cadrul multor aplicații cum ar fi autovehiculele electrice, pompe, ventilatoare, controlul valvelor, centrifuge, roboți, echipament industrial și generatoare de puteri mici și medii [6].

Diametrul de dimensiuni mari la mașina cu flux axial comparativ cu lungimea acesteia permite adăugarea unui număr mare de poli făcând această mașină potrivită pentru aplicațiile de viteză mică, specifice surselor regenerabile de energie.

Din punct de vedere constructiv, configurația de tip axial permite o varietate mare de topologii, existând și posibilitatea de a construi structuri modulare pentru a crește puterea mașinii. Poziționarea statorului și a rotorului poate să fie în interiorul sau în exteriorul structurii. Se pot de asemenea construi structuri care nu dispun de creștături sau de miez magnetic ducând astfel la reducerea cuplului de agățare și a pierderilor în fier.

Mașinile cu flux axial și magneți permanenți alcătuite dintr-un singur stator și un singur rotor (figura 1) reprezintă cea mai simplă structură posibilă, însă aceasta dispune de dezavantajul unei forțe axiale neechilibrate între cele două componente, care pot deforma structura, necesitând utilizarea unor rulmenți speciali și fixarea statorului de cadrul mașinii [1, 3].

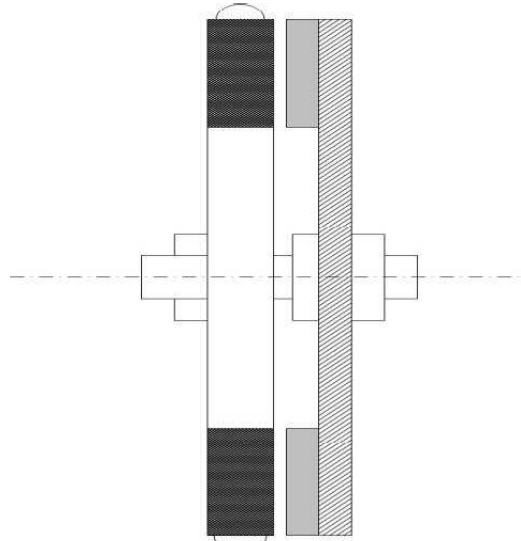


Fig 1. Structura cu un singur stator și un singur rotor.[1]

Prin îndepărtarea dinților se mai poate atenua forța de atracție dintre stator și rotor [1] dar principala cale de a o echilibra constă în utilizarea a două statoare cu un rotor interior (figura 2) sau cu două rotoare cu un stator interior (figura 3). Ambele tipuri de structuri oferă o densitate de putere mai mare și pot să fie împărțite în continuare după construcția statorului, cu creștături sau fără creștături, și după modul de dispunere a magneților, în configurație N-N sau N-S.

Pentru varianta cu două statoare conexiunea acestora poate fi executată în paralel sau în serie. În cazul alegerii conexiunii în paralel, mașina poate opera chiar dacă înfășurarea unui stator este deteriorată, însă nu se beneficiază de forțe de atracție bilaterale egale între stator și rotor ca și în cazul conexiunii serie [4]. În plus conexiunea serie prezintă alte avantaje cum ar fi posibilitatea de a roti cele două statoare cu un unghi unul față de celălalt, ceea ce poate duce la reducerea cuplului de agățare și a componentelor armonice.

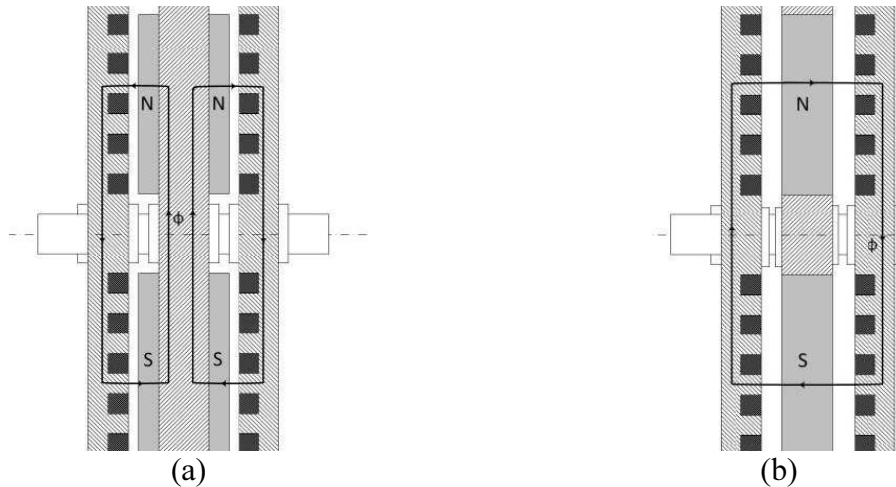


Fig 2. Mașina cu flux axial cu 2 statoare cu crestături și un singur rotor interior în structură NN (a) și NS (b). [1]

Configurația cu două rotoare externe prezentată în figura 3 [1] deține avantajul unor pierderi în cupru și în fier reduse, datorită utilizării mai reduse de material pentru înfășurări și datorită faptului că fluxul magnetic se întoarce prin discurile rotorice. Alte avantaje consemnate [4] sunt densitatea de putere ridicată precum și răcirea mult îmbunătățită datorată magneților amplasați pe rotoare.

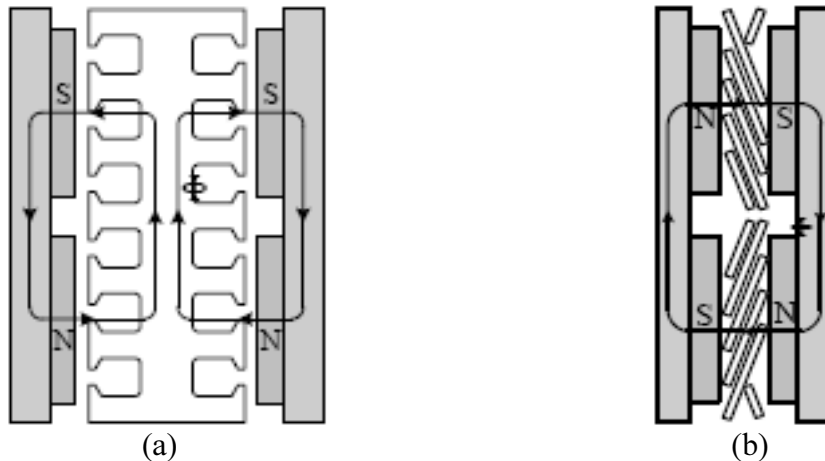


Fig 3. Mașina cu flux axial cu 2 rotoare exterioare în structura NN și NS și un singur stator interior fără creștături. [1]

- a) 2 rotoare exterioare în configurație NN și un stator interior fără creștături
- b) 2 rotoare exterioare în configurație NS și un stator interior fără creștături

Varianta în construcție modulară este utilizată în aplicații în care diametrul mașini este limitat de aplicație dar permite adăugarea de noi module pe direcția axială. Pentru aplicații de producere a energiei electrice cu performanțe energetice ridicate această variantă nu reprezintă o soluție din cauza forțelor mari de frecare care apar o dată cu adăugarea de module și care afectează negativ randamentul generatorului.

Procesul de bobinare al mașinii cu flux axial este mai ușor de executat deoarece se lucrează în plan și nu într-un cilindru, cum este în cazul statoarelor mașinilor cu flux radial. Prin utilizarea de înfășurări concentrate pe dinte, bobinarea mașinilor cu flux axial poate să fie simplificată și automatizată îndeosebi dacă se utilizează bobine preformate iar statorul realizat cu creștături deschise [5].

Înfășurările concentrate pe dinte sunt creditate cu multe avantaje însă acestea sunt strâns legate de numărul de creștături și poli rotorici precum și de numărul de straturi utilizate pentru înfășurare. Unul din avantajele des menționate constă în reducerea semnificativă a capetelor frontale a înfășurării ducând astfel la economii de material precum și la reducerea pierderilor în cupru [5, 6, 7]. Alte avantaje constau în densitate de putere ridicată, factor de umplere a creștăturii mai ridicat în cazul utilizării structurilor segmentate, cuplu de agățare redus, toleranță la defecte, etc.

Dezavantajele acestui tip de înfășurare sunt însă și ele semnificative. Datorită utilizării lor în cadrul configurațiilor cu un număr fracționar de creștături pe pol și fază există un conținut ridicat în armonici generatoare de curenți turbionari în miezul rotorului și în magnetii permanenți. Factorul de înfășurare atașat fundamentalei este de asemenea redus, el fiind mai ridicat în cazul unei alte armonici, denumită armonică de lucru, a cărei ordin depinde de numărul de perechi de poli [5]. Reducerea acestor efecte nedorite pornește în primul rând de la alegerea unei combinații potrivite de creștături și de poli rotorici care să dispună de un factor de înfășurare ridicat, utilizarea unui număr potrivit de straturi a înfășurării, utilizarea unui material nemagnetic pentru rotor și segmentarea magnetilor [5, 8].

Concluzii

Generatoarele sincrone cu flux axial constituie o soluție viabilă de implementare pe sisteme de producere a energiei electrice mai ales în varianta de conectare directă a turbinei cu generatorul. Din literatura de specialitate se identifică două variante constructive pentru această aplicație și anume varianta cu două statoare și două rotoare și un stator și două rotoare. Cele două topologii sunt greu de diferențiat din perspectiva performanțelor, acest aspect poate fi ulterior determinat în proiect prin studierea celor două variante în funcție de specificațiile elementelor componente ale sistemului.

- [1]. Aydin, M., Huang, S., Lipo, T.A.: “*Axial Flux Permanent Magnet Disc Machines: A Review*”, University of Wisconsin-Madison, 2004 .
- [2] 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
- [3] Parviainen, A.: „*Design of Axial Flux Permanent-Magnet Low-Speed Machines and Performance Comparison between Radial Flux and Axial Flux Machines*”, Lappeenranta University of Technology, Acta Universitatis Lappeenrantaensis 208, 2005 ISBN 952-214-030-9
- [4] Sahin, F.: „*Design and Development of an High-Speed Axial-Flux Permanent-Magnet Machine*”, Technische Universiteit Eindhoven, 2001, ISBN 90-386-1380-1.
- [5] Jussila, H.: „*Concentrated Winding Multiphase Permanent Magnet Machine Design and Electromagnetic Properties – Case Axial Flux Machine*”, Acta Universitatis Lappeenrantaensis, Lappeenranta University of Technology, 2009.
- [6] Salminen, P.: „*Fractional-Slot Permanent Magnet Synchronous Motors for Low Speed Applications*”, Acta Universitatis Lappeenrantaensis, Lappeenranta University of Technology 198, ISBN 951-764-982-7.
- [7] El-Refaie, A.: „*Fractional-Slot Concentrated-Windings Synchronous Permanent Magnet Machines: Opportunities and Challenges*” IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 57. No. 1, ian. 2010.
- [8] Cistelecan, M.V., Ferreira, F.J.T.E., Popescu, M.: „*Three Phase Tooth-Concentrated Multiple-layer Fractional Windings with low Space Harmonic Content*” ECCE 2010