

## **Generatorul cu flux axial cu stator interior nemagnetic-model de laborator.**

Pentru identificarea performanțelor la funcționarea în sarcină la diferite trepte de turații ale generatorului cu flux axial fără miez magnetic în stator s-a proiectat, construit și testat un model experimental de laborator.

Etapa de proiectare a fost dezvoltată pe baza unor parametri aleși inițiali:

Tabelul 1: Parametri impuși

Număr de bobine	12
Număr de magneți permanenți	16
Întrefier	7 mm
Tensiune debitata	230 V
Diametrul magneților	30 mm
Înălțimea magneților	7 mm
Inducția remanentă	1.29 T

Pe baza valorilor din tabelul 1 s-au determinat parametrii geometrici și funcționali ai generatorului indicați în tabelul 2.

Tabelul 2: Datele obținute în etapa de proiectare

Diametrul statorului	240 mm
Distanța dintre doi magneți permanenți	5.3 mm
Inducția magnetică în întrefier	0.968 T
Numărul de spire	302
Lațimea bobinei	4 mm
Diametrul exterior al bobinei	38 mm
Lungimea conductorului pentru o singura bobină	32 m
Rezistența unei înfășurări	6.78 $\Omega$
Curentul nominal	0.68 A
Fluxul magnetic pe un pol	$6.84 \cdot 10^{-4}$
Turația nominală	190 rpm
Puterea aparentă	120 VA
Randamentul	0.92

Datele obținute în etapa de proiectare au fost folosite pentru construcția prototipului experimental de laborator. În prima etapă s-a realizat statorul din material nemagnetic (plexiglas) în care s-au fixat cele 12 bobine ( Figura 1). Bobinele celor trei faze au fost conectate în paralel pentru creșterea curentului pe fiecare fază. Aspect care facilitează obținerea unor trepte de sarcină mai precise la testarea în sarcină.



Fig. 1. Statorul generatorului cu flux axial.

Miezul magnetic al rotorului a fost realizat din material masiv deoarece în această zonă a rotorului avem camp magnetic constant. Pentru o mai bună fixare a magneților permanenți, pe cele două discuri metalice s-au realizat cavitățile necesare pentru fiecare magnet permanent (Figura 2.a). Montarea magneților permanenți s-a realizat în succesiune N S N S pentru fiecare disc rotoric (Figura 2.b). Magneți permanenți utilizați sunt de tipul NdFeB –N42 cu o valoare a inducției remanente de 1.32 T și a câmpului coercitiv de 955 kA/m.



a)



b)

Fig. 2. Discurile rotorice: a) fără magnet permanent, b) cu magnet permanent.

Pentru finalizarea construcției generatorului s-au identificat și realizat și celelalte elemente auxiliare: ax, lagăr, rulmenți, borne, suport metalic (Figura 3.a). Prin asamblarea acestor elemente împreună cu statorul și rotorul s-a obținut prototipul experimental al generatorului cu flux axial cu stator interior de tip nemagnetic (Figura 3.b).

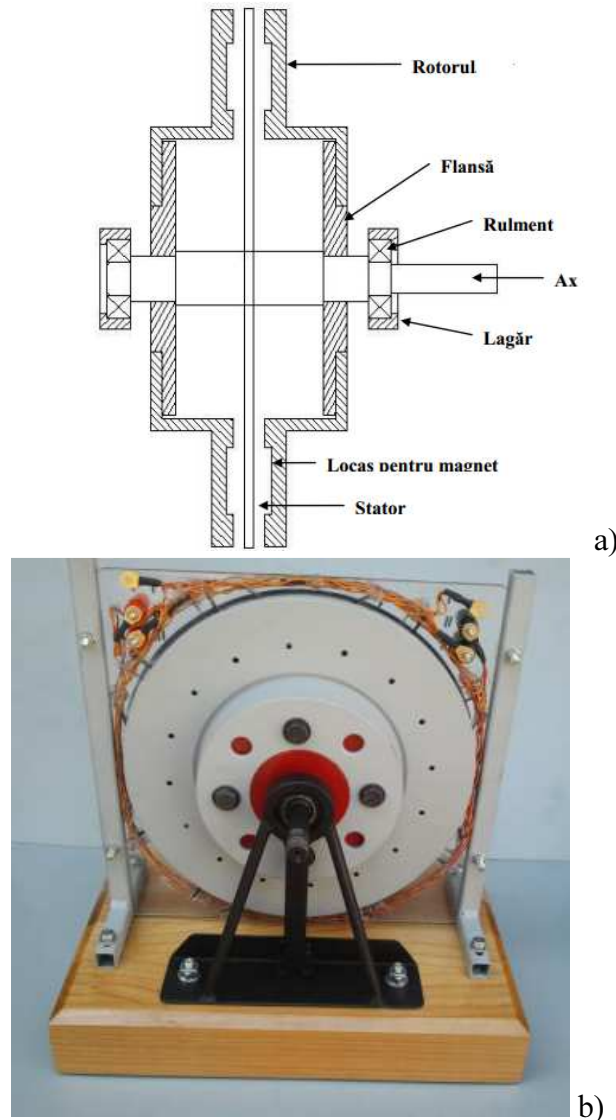


Fig. 3. Generatorul sincron cu flux axial: a) elemnetele mecanice, b) structura finală.

Următoarea etapă a fost de testare experimentală a generatorului atât în sarcină cât și în gol. Pentru încercarea la mersul în gol s-au realizat măsurători la mai multe trepte de turație pentru a putea trasa caracteristica  $U_f=f(n)$ -Figura 4.

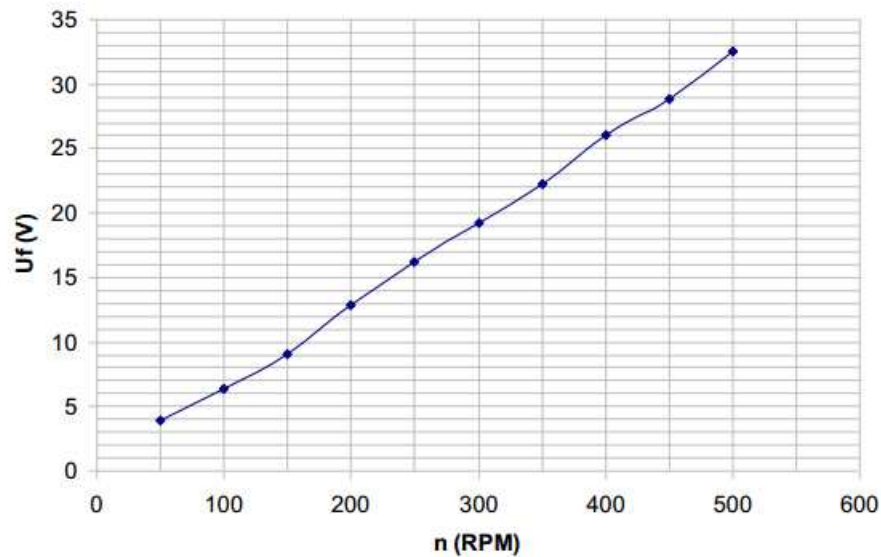


Fig. 4. Caracteristica  $U_f=f(n)$  a generatorului.

Formele de undă ale tensiunilor de fază obținute la turația de 250 rpm care corespunde unei frecvențe de 34.7 [Hz] sunt prezentate în figura 5.

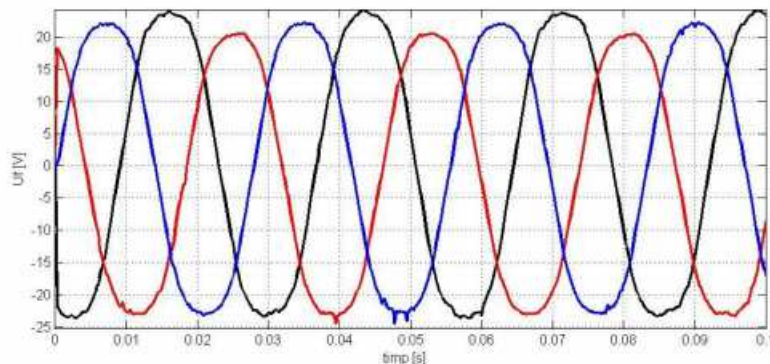


Fig. 5. Formele de undă ale tensiuni de fază pentru  $n=250$  rpm.

Pentru validarea rezultatelor obținute în etapa de proiectare s-au realizat măsurători experimentale la turații asemănătoare ca și valoare cu cele considerate în etapa de proiectare iau apoi s-au comparat rezultatele astfel obținute. Din datele prezentate în tabelul 3, se observă că diferența dintre tensiunile obținute în etapa de proiectare și cea experimentală este de sub 10%, aspect care validează mersului de proiectare.

Tabelul 3: Valorile tensiunilor de fază calculate și măsurate.

n [rpm]	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
$U_f$ calc [V]	3.03	7.07	9.11	12.15	15.19	18.23	21.27	24.31	27.35	30.38
$U_f$ mas [V]	3.9	6.4	9.1	12.9	16.2	19.2	22.3	26	28.9	32.5

Umătoarea etapă de analiză experimentală a presupus realizarea de măsurători la funcționarea generatorului în sarcină. Sarcina folosită este una variabilă pur rezistivă care s-a conectat la fazele generatorului prin intermediul unui redresor. Rezultatele au fost determinate la aceleași trepte de turații pentru care s-au realizat măsurători și la mersul în gol. Pentru determinarea caracteristici de sarcină s-au realizat măsurători la mai multe trepte de sarcină, valori indicate în tabelul 4.

Tabelul 4. Caracteristica externă a generatorului

$U_f$ [V]	28.7	26.36	25.7	25.18	24.16	22	21
$I_f$ [V]	0.05	0.07	0.08	0.1	0.13	0.16	0.27

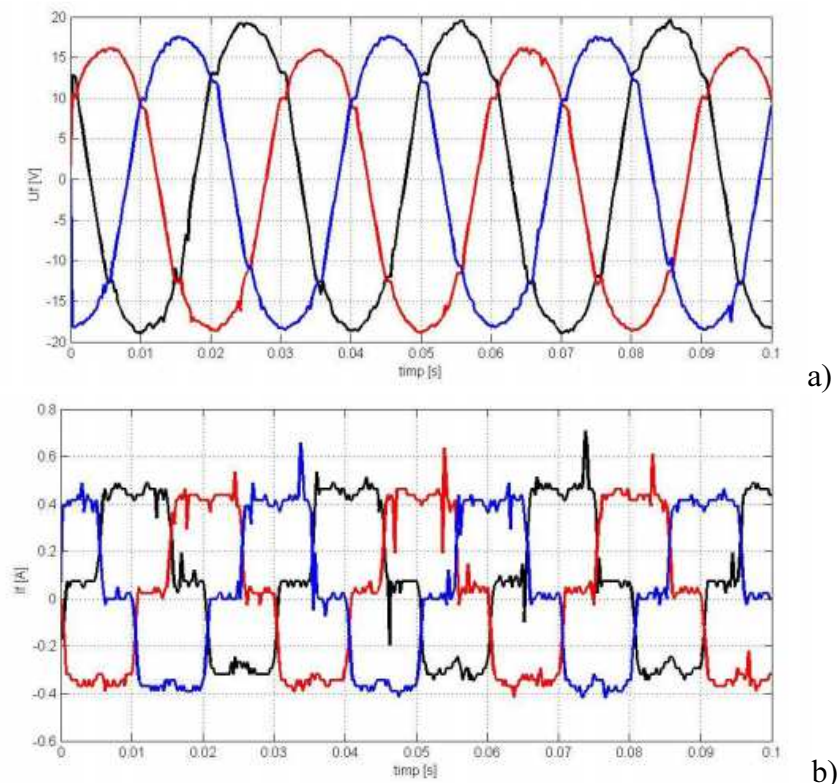


Fig. 6. Formele de undă ale tensiuni și curentului la  $n=250$  rpm.

Valoarea tensiuni obținute la funcționarea în sarcină este mai mică cu 5 volți decât valoarea tensiuni obținute la funcționarea în gol, deci se constată o cadere de tensiune de 20% la funcționarea în sarcină pentru acest tip de generator.

### Concluzii

Generatorul sincron cu flux axial cu stator interior fără miez magnetic, construit ca și model de laborator pentru studierea comportamentului la funcționarea în sarcină la diferite trepte de turații prezintă o serie de avantaje cum ar fi: construcție simplă, robustă, lipsa materialului magnetic din stator, posibilitate de construcție în varianta modulară. Ca și dezavantaj s-a identificat diametrul mare necesar pentru obținerea unei puteri electrice apropiate de 1kW mai ales în varianta cu magneți de tipul feritelor.

## Bibliografie:

- [1] KINNUNEN, JANNE. Direct-on-line axial flux permanent magnet synchronous generator static and dynamic performance.
- [2] JUSSILA, HANNE. Concentrated winding multiphase permanent magnet machine design and electromagnetic properties-case axial flux machine.
- [3] CHALLA, SUNIL KUMAR. Comparative study of axial flux permanent magnet brushless DC motor operating with the winding connected in single-phase and two-phase system.
- [4] FUNDA, SAHIN. Design and development of a high-speed axial-flux permanent-magnet machine.
- [5] PARVIAINEN, ASKO. Design of axial-flux permanent-magnet low-speed machines and performance comparison between radial-flux and axial-flux machines.
- [6] ROSSOUW, F. G. Analysis and Design of Axial Flux Permanent Magnet Wind Generator System for Direct Battery Charging Applications ,2009