

SISTEM DE MĂSURARE PENTRU MAȘINA ASINCRONĂ HEXAFAZATĂ

Corneliu RĂILEANU*, Florin TESLARI, Ciprian SAVCIUC

Inginerie Electrică, ISEM-201, Energetică și Inginerie Electrică, Universitatea Tehnică a Moldovei,
Chișinău, Republica Moldova

*Autorul corespondent: Corneliu RĂILRANU, corneliu.raileanu@ie.utm.md

Coordonatorul științific Vadim CAZAC, dr., conf. univ., Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat: Această cercetare se concentrează pe îmbunătățirea standului de testare pentru motoare asincrone hexafazate, utilizând un sistem de achiziție a datelor. Acțiunile planificate includ proiectarea arhitecturii informaționale, instalarea traductoarelor de curent și dezvoltarea software-ului pentru plăcile de achiziții de date. Etapele cheie în dezvoltarea sistemelor de alimentare multifazate pentru vehiculele electrice sunt identificate, subliniind metodele de testare comprehensive și importanța acestora în definirea parametrilor motorului. Evaluarea caracteristicilor mecanice și electrice este facilitată de senzori specializați și instrumente software, asigurând măsurători precise și analiză. Cuplajele între traductor și mașina testată, împreună cu măsurile de siguranță împotriva evenimentelor critice, sunt discutate pentru a reduce riscurile și a asigura siguranța operațională. Configurația oferă capacități pentru monitorizarea în timp real, diagnosticare și înregistrare a datelor, permițând evaluarea precisă a proprietăților mecanice și electrice. În plus, se evidențiază adaptabilitatea sistemului, subliniind potențialul utilizării instrumentelor de măsurare virtuale prin intermediul software-ului LabVIEW pentru măsurători concomitente multi-semnal. În ansamblu, cercetarea își propune să avanseze metodologiile de testare pentru motoarele multifazate, îmbunătățind acuratețea și eficiența în evaluarea caracteristicilor de performanță.

Cuvinte cheie: sistem hexafazat, cuplu, viteză, plc, labview, testare, mașină electrică.

Introducere

În urma progresului constant al tehnologiei și a necesității de a dezvolta mașini electrice mai eficiente și mai fiabile, testarea acestora este esențială în etapele de dezvoltare, modernizare și întreținere. Această lucrare se concentrează pe procesul de dezvoltare și testare a sistemelor de alimentare hexafazate pentru mașini electrice, cu accent pe evaluarea precisă a performanțelor mecanice și electrice. Sunt analizate condițiile operaționale variate, cum ar fi încărcările la vid, scurtcircuiturile și suprasarcinile, precum și evaluarea rezistenței dielectrice. Metodele și echipamentele specializate folosite pentru măsurarea și analiza parametrilor esențiali, cum ar fi cuplul, viteza, rezistența și inductanța, sunt detaliate în cadrul acestei lucrări. De asemenea, sunt prezentate tehnologiile avansate, software-ul LabVIEW, utilizate pentru controlul și analiza datelor în timpul testelor. Integrarea acestor instrumente avansate de testare are scopul de a furniza o înțelegere detaliată a procesului de dezvoltare și evaluare a mașinilor electrice hexafazate, facilitând optimizarea performanței acestora într-un mediu industrial în continuă schimbare.

1. Etapa cheie în dezvoltarea sistemelor de alimentare hexafazate pentru mașini electrice

Prima parte a programului de testare stabilește parametrii fundamentali ai mașinii, cum ar fi rezistența înfășurărilor și inductanța, prin efectuarea a două seturi de teste. Un al treilea grup de încercări evaluează performanța funcțională, inclusiv eficiența energetică, variațiile de cuplu și viteză în funcție de sarcina aplicată [1].

Pentru testarea unei mașini multifazice, este esențial un convertor de frecvență adecvat parametrilor săi și o sursă de alimentare sinusoidală de aceeași putere și cu numărul corespunzător de faze. Soluțiile pot include un transformator special multifazic sau o combinație între un autotransformator pentru reglarea tensiunii și un transformator adăugător pentru ajustarea defazajului între faze Fig. 1. La puteri mari, aceste instalații devin complexe și costisitoare [2].

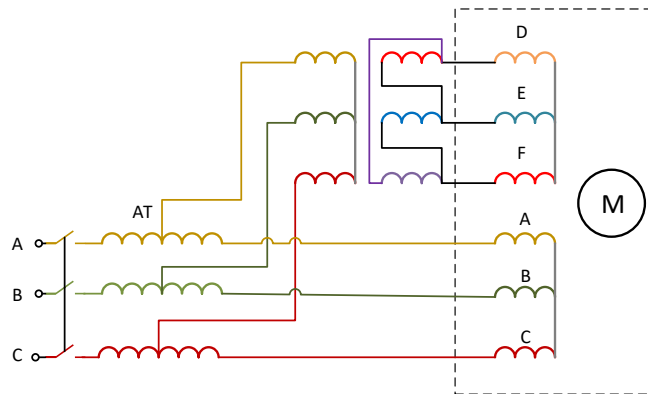


Figura 1. Schema de montaj a sursei de alimentare cu șase faze a motorului hexafazat cu înfășurare asimetrică

Pe lângă echipamentele de măsurare, standul este echipat și cu sisteme de precauție pentru a gestiona situații critice precum suprasarcina, scurtcircuitul și lipsa de împământare Fig. 2. Aceste sisteme de protecție sunt concepute pentru a detecta și a interveni în mod automat în cazul unor astfel de evenimente, reducând riscul de deteriorare a echipamentelor și protejând operatorii împotriva posibilelor pericole. De exemplu, sunt implementate sisteme de supraveghere a curentului și a tensiunii pentru a detecta rapid orice anomalii și pentru a opri operațiunile în condiții nesigure. De asemenea, sistemele de protecție sunt proiectate pentru a asigura o împământare corespunzătoare și pentru a preveni riscul de electrocutare sau alte accidente legate de electricitate [2].



(a)



(b)

Figura 2. Vedere generală a standului de încercări

2. Evaluarea precisă a caracteristicilor mecanice și electrice ale mașinilor electrice

Sistemul de măsurare a caracteristicilor mecanice este bazat pe un traductor care are principiul de funcționare a transformatorului diferențial, bazat pe proporționalitatea cuplului și inductanța rezultată din deformare. Este format din doi cilindri concențrici situați pe arbore pe ambele laturi ale zonei concentrațiilor de deformare a arborelui și două bobine de stator concentrice atașate la carcasă.

Blocul de adaptare încorporat în senzor transformă cuplul nominal într-o tensiune de la 0 la ± 10 V. Filtrul de trecere sus este reglabil de la 5 kHz la 1 Hz, ceea ce vă permite să reglați intervalul de frecvență pentru semnalul dorit și să opriți semnalele de înaltă frecvență nedorite [3].

Senzorul optic citește viteza din partea angrenată a mecanismului direct la sistemul de măsurare. Blocul electronic generează un semnal de frecvență proporțional cu viteza arborelui. Bucla activă compensează decalajul zero și deviația de temperatură cu o precizie de 0,1% la 10K (Fig. 3).

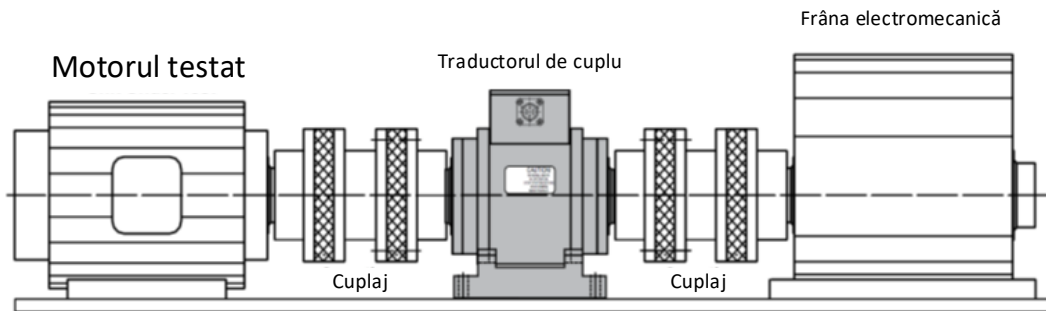


Figura 3. Vedere generală a standului de încercări a mașinilor electrice [3]

Cuplajele traductorului cu mașina testată și cu frâna

Unii producători oferă un set diferit de cuplaje pentru cele două tipuri de montare a traductorului de cuplu (fixat și suspendat) Fig. 4. Criterii de selecție pentru cuplaje adecvate pentru măsurarea cuplului sunt:

- Rigiditate ridicată la torsiune și precizie unghiulară (rigiditatea este de trei ori mai mare decât a arborelui)
- Calitatea prindere (autocentrare și proprietăți de rezistență adecvate)
- Operabilitate în intervalul de viteză de rotație a arborelui
- Calitatea echilibrului (în funcție de viteza de rotație)
- Posibilități de compensare a nealinierei.

Cu cât viteza de rotație a arborelui este mai mare, cu atât este necesară alegerea cuplajului și instalarea acestuia cu mai multă atenție (aliniere și echilibrare) pe mecanismul de antrenare.

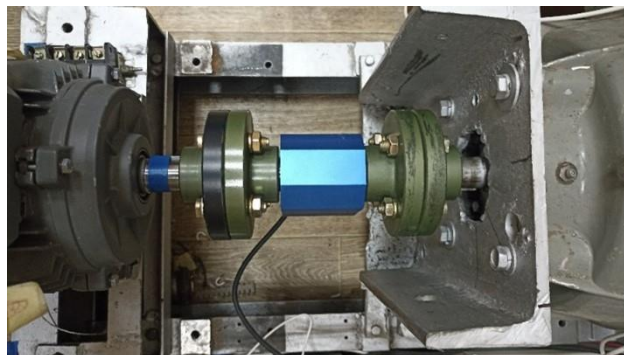


Figura 4. Vedere generală a standului dotat cu traductor de cuplul și viteză

Senzorii de cuplu sunt dispozitive esențiale utilizate într-o varietate de aplicații industriale și tehnologice. Aceștia sunt concepuți pentru a măsura și monitoriza cuplul, adică momentul de torsiune, în diverse medii și condiții de lucru. Există două tipuri principale de senzori de cuplu: statici și dinamici. Senzorii statici sunt utilizați pentru măsurarea cuplului în

aplicații statice, în timp ce senzorii dinamici sunt folosiți pentru aplicații în mișcare, cum ar fi sistemele rotative.

Principiul de funcționare al senzorilor de cuplu se bazează pe efectul piezoelectric sau pe efectul de rezistență Fig. 5. Acești senzori detectează deformarea materialului, care este proporțională cu cuplul aplicat Fig. 6. Această măsurare precisă a cuplului este esențială în numeroase industrii, inclusiv industria auto, aeriană, energie eoliană și manufacturieră.



Figura 5. Vedere generală a modului de adaptare și afișare

Specificații generale:

- Diapazon de măsurare viteza 0-8000 rpm
- Diapazon de măsurare cuplu ± 200 Nm
- Indicator de suprasarcină
- Tensiunea de alimentare 24VCC
- Interfață de comunicare RS-232
- Semnalele de ieșire ale canalelor de cuplu și viteza arborelui
- Software



Figura 6. Senzorul de cuplu [4]

3. Arhitectura sistemului informațional a standului de încercări

Arhitectura sistemului informațional a standului de încercări reprezintă interconexiunea echipamentelor de măsurare și forță a standului.

Măsurarea cuplului și vitezei motorului testat se realizează cu un traductor specializat SENSORCON, care este conectat la placa de achiziții pentru unificarea sistemului. Măsurarea curenților realizat cu senzor CR magnetic și a tensiunilor este realizată cu ajutorul senzorilor Verivolt [5], placa de achiziții universală USB-6000 ne permite să măsurăm și să generăm diferite semnale în sistem Fig. 7. Placa de achiziții conectată la calculator și monitorizat direct.

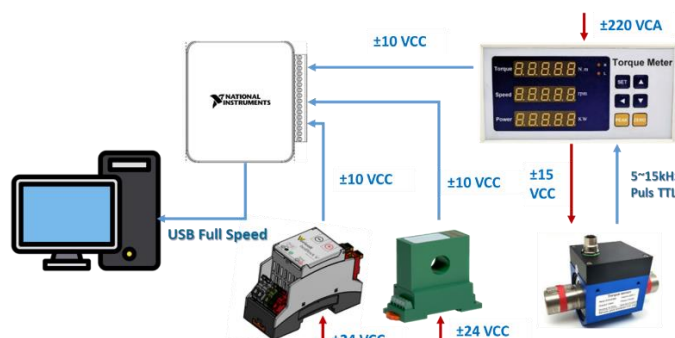


Figura 7. Arhitectura sistemului de control a cuplului de sarcină

Programul de afișare viteză în LabVIEW

Programarea LabVIEW Fig. 8 este realizată cu ajutorul blocurilor inteligente și scheme integrate. Programul permite detectarea erorilor și afișarea lor până la conectarea programului, un punct importat este exportarea datelor în format ușor de prelucrat, în cazul dat se utilizează Excel, extragerea datelor este urmărită de timpul real de măsurare [6].

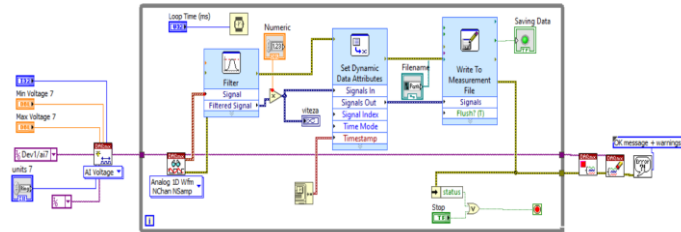


Figura 8. Interfața softului LabVIEW pentru vizualizarea cuplului și vitezei motorului testat

Placa de achiziție USB - 6000

USB-6000 este un dispozitiv DAQ multifuncțional [7]. Oferă intrări și ieșiri analogice și digitale și un contor de 32 de biți. USB-6000 oferă funcționalități de bază pentru aplicații precum înregistrarea simplă a datelor, măsurători portabile și experimente de laborator. Dispozitivul are o carcasă mecanică ușoară și este alimentat prin USB pentru o portabilitate ușoară. Driverul NI-DAQmx inclus și utilitarul de configurare simplifică configurarea și măsurările Fig. 9.

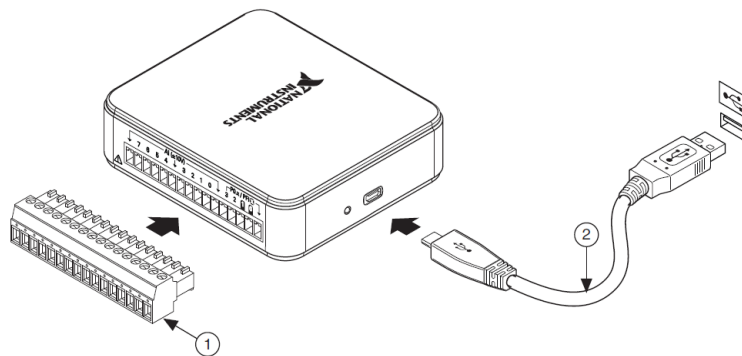


Figura 9. Vedere generală a plăcii USB 6000

Pentru măsurarea semnalelor poate fi utilizat DAQ Assistant sau prin alte programe software de aplicație NI pentru a configura canale virtuale și de măsurare cum ar fi LabVIEW (Fig. 10), LabWindows™/CVI™, Measurement Studio, SignalExpress.

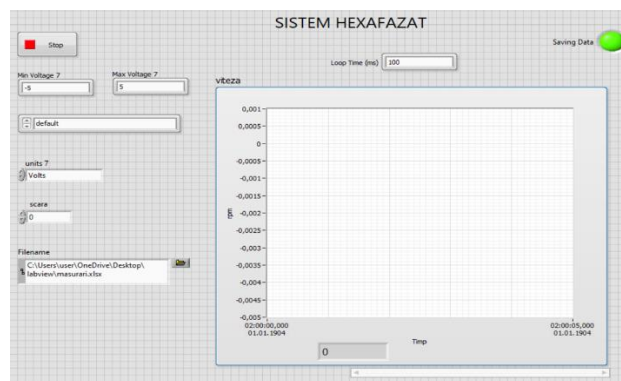


Figura 10. Interfața afișare programului LabVIEW

Concluzii:

- Utilizarea traductorului de cuplu permite înregistrarea caracteristicii mecanice a mașinii testate în timp real, facilitând astfel o evaluare precisă a comportamentului său.
- Măsurătorile directe ale cuplului ne ajută să determinăm cu mai mare exactitate pierderile mecanice și electrice în mașina analizată.
- Deoarece mașinile testate sunt hexafazate, ar fi ideal un analizator pe șase faze; însă, în absența unui astfel de echipament pe piață, recurgem la utilizarea plăcii USB-6000 cu traductoare de curent pentru a face față acestei provocări.
- Pentru analiza simultană a mai multor semnale, dezvoltarea unui instrument virtual cu ajutorul software-ului LabView este esențială, permițând o monitorizare detaliată și eficientă a mașinii testate.
- Extragerea datelor în format ușor de prelucrat contribuie la realizarea testelor.

Referințe:

- [1] P.Todos, Gh. Terte, I. Nucă, V.Cazac, M. Burdunic. Acceptance Testing of the Six-Phase Asynchronous Machines. Published in: 2021 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN). Date of Conference: 06-08 October 2021. Date Added to IEEE Xplore: 17 November 2021: INSPEC Accession Number: 21438273. Conference Location: Iasi, Romania. ID 125 . DOI: 10.1109/SIELMEN53755.2021.9600412.
- [2] P.Todos, I. Nucă, Gh. Terte, V.Cazac, "Identification of Parameters and Power Losses of Six-Phase Asynchronous Machines by Induction Regenerative Method," 2023 10th International Conference on Modern Power Systems (MPS), Cluj-Napoca, Romania, 2023, pp. 1-6, DOI: 10.1109/MPS58874.2023.10187447
- [3] P. Todos, Gh. Terte, I. Nuca and V. Cazac. "Test-Based Analysis of Fault Tolerance Capability of Six-Phase Asynchronous Motors", Published in: 14th International Conference and Exhibition on Electromechanical and Energy Systems, October 2023, DOI: 10.1109/SIELMEN59038.2023.10290801
- [4] Sensorcon datashet <https://sensor-con.com/products/ZHKY2050B-datasheet-R1.pdf> accesat (23.03.2024)
- [5] Verivolta <https://www.verivolt.com/shop/isoblock-v-1c-310#attr=385,261,9,227> accesat (12.03.2024)
- [6] National Instruments Corpo <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/usb-6000-specs/page/specs.html> accesat (12.03.2024)
- [7] DAQexpres <https://www.ni.com/en/shop/data-acquisition-and-control/application-software-for-data-acquisition-and-control-category/what-is-daqexpress.html> accesat (27.03.2024)
- [8] A Division of Khorprate Holdings, <https://www.crmagnetics.com/ac/dc-hall-effect-current-transducers/cr5410> (19.03.2024)