

Contractor: INC DIE ICPE-CA

Cod fiscal : RO 13827850 (anexa la procesul verbal de avizare interna nr.)

De acord,
DIRECTOR GENERAL
Dr.ing. Sergiu NICOLAIE

Avizat,
DIRECTOR DE PROGRAM
Dr.ing. Georgeta ALECU

RAPORT DE ACTIVITATE AL FAZEI

Contractul nr.: 35N/2018
Proiectul: Sisteme de acționare, analiză și control pentru creșterea eficienței energetice a echipamentelor și instalațiilor industriale utilizate în ingineria electrică, mecatronică și fluidică
Faza: 5/2018, Realizarea modelului experimental de mașină electrică polifazăată
Termen: 14.09.2018

1. Obiectivul proiectului:

- O1.Dezvoltarea unui **electromagnet ultrarapid**, destinat să echipeze electrovalvele utilizate în domeniul hidraulicii digitale, domeniu de cercetare emergent la nivel național, dar de mare interes și la nivel internațional.
- O2.Studiul și realizarea unui **modul de translație pentru robotică**, caracterizat printr-o precizie mare de poziționare și prin realizarea cu ajutorul actuației piezoelectrice atât a poziționării liniare, cât și a blocării/deblocării poziției comandate.
- O3.Elaborarea unei **metode performante pentru caracterizarea rapidă și completă a câmpului magnetic** creat în apertura electromagneților pentru acceleratoare de particule, metodă bazată pe principiul bobinelor rotitoare.
- O4.Dezvoltarea unei **mașini electrice multifazate** (număr de faze mai mare de 3), destinată acționării electrice a mijloacelor de transport rutier, construcția polifazăată permițând atât obținerea unor cupluri ridicate la turații mici, cât și utilizarea la performanțe maxime a invertorului utilizat pentru alimentarea motorului.

O5. Realizarea unor **instalații pentru caracterizarea curgerilor bifazice prin tehnica PIV**, în vederea optimizării proiectării, realizării și funcționării echipamentelor hidraulice.

2. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului:

- R1. breviar de calcul al mașinilor polifazate;
- R2. proiect model experimental de mașină electrică polifazată;
- R3. breviar de calcul pentru postprocesarea datelor masurate cu sistemul cu bobine rotitoare;
- R4. model numeric pentru un electromagnet FAIR caracterizat prin metoda cu bobine rotitoare.
- R5. studiu privind analiza și modelarea soluțiilor constructive specifice electromagneților pentru hidraulică digitală;
- R6. studiu privind analiza și modelarea soluțiilor constructive specifice modulelor de translație cu acționare piezoelectrică.
- R7. documentația de execuție a instalației experimentale pentru studiul amestecurilor bifazice.
- R8. model experimental de mașină electrică polifazată;
- R9. instalație experimentală destinată studiului curgerii bifazice.
- R10. metodă și pachet software pentru prelucrarea datelor primare obținute cu sistemul de măsurare cu bobine rotitoare;
- R11. proiect model experimental de modulul de translație cu acționare piezoelectrică;
- R12. un articol trimis spre evaluare și publicare către o revistă BDI sau ISI, referitor la analiza soluției constructive adoptate pentru modulul de translație cu acționare piezoelectrică;
- R13. cerere de brevet de invenție privind soluția constructivă a modulului de translație cu acționare piezoelectrică.
- R14. proiect model experimental de electromagnet ultrarapid pentru hidraulică digitală;
- R15. un articol trimis spre evaluare și publicare către o revistă BDI sau ISI, referitor la soluția adoptată pentru realizarea electromagnetului ultrarapid pentru hidraulică digitală;
- R16. cerere de brevet de invenție referitoare la soluția adoptată pentru realizarea electromagnetului ultrarapid pentru hidraulică digitală;
- R17. bază de date cu măsurători pentru diferite stadii de dezvoltare cavitațională în curgerile cu vârtej.
- R18. un articol trimis către o conferință internațională, referitor la caracterizarea curgerilor bifazice prin tehnica PIV;
- R19. un capitol de carte publicată într-o editură internațională, referitor la caracterizarea curgerilor bifazice prin tehnica PIV.

3. Obiectivul fazei:

Realizarea unui model experimental de mașină electrică polifazăată

4. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului fazei:

- Breviar de calcul mașină electrică polifazăată-varianta executată;
- Reproiectarea mașinii electrice polifazate-varianta executată;
- Realizarea modelului experimental de mașină electrică polifazăată-varianta executată;
- Teste preliminare de validare a soluției tehnice realizate.

5. Rezumatul fazei: (maxim 5 pagini)

Pornind de la documentația tehnică de execuție întocmită în etapa anterioară a proiectului, [1], s-a executat fizic un model experimental, ce a fost supus unui program de testare, încercându-se în acest fel să se pună în evidență corectitudinea soluției tehnice propuse.

Pentru acționarea motorului electric multifazat trebuie, în principiu, să fie utilizat un echipament având același număr de faze ca și mașina electrică. În cazul particular în care numărul de faze m al mașinii electrice multifazate este multiplu de trei, se pot utiliza convertizoare trifazate de frecvență, situație în care trebuie să se țină cont de modul în care sunt parcurse fazele sistemului multifazat și căderile de tensiune pe grupele de bobine.

Soluția tehnică propusă în cadrul prezentei teme de cercetare este pretabilă atât pentru mașinile asincrone cât și pentru mașinile sincrone. În situația de față, schimbarea tipului de mașină electrică la care s-a aplicat soluția tehnică promovată s-a datorat necesității reducerii costurilor materiale și a duratei de execuție. De asemenea, în vederea reducerii costurilor materiale și a timpului de realizare, a fost reutilizată atât o carcasă cu pachet de tole statorice, cât și rotorul unei mașini electrice existente, modificând înfășurarea statorică.

În etapa anterioară s-a arătat cum putem reduce tensiunea pe alimentare, păstrând aceeași putere, astfel încât dimensiunile conductorului să rămână constante, astfel, tensiunea de alimentare a mașinii hexafazate este: $U_n=190$ [V].

Pe baza documentației tehnice de execuție întocmită în etapa anterioară a temei de cercetare s-a realizat un model experimental. Reperele și subansamblele mașinii electrice au fost achiziționate de la producători. S-a apelat la această soluție pentru a diminua costurile materiale, SDV-urilor și subansamblelor componente.

Din breviarul de calcul reies următorii parametri necesari realizării înfășurării statorice, date prezentate în tabelul 1:

Tabelul 1. Date necesare realizării înfășurării statorice

Parametru	Simbol	Valoare parametru	Unitate de măsură
Numărul de faze	m	6	-
Numărul de perechi de poli	p	2	-
Tensiunea de	U_n	190	[V]

alimentare			
Diametrul conductorului	d_{cond}	0.75	[mm]
Numărul de creștături stator	Z_1	36	-
Diametrul interior stator	D_s	83	[mm]
Lungimea pachetului de tole	L	100	[mm]
Număr de conductoare în creștătură	n_{c1}	42	-
Factorul de umplere a creștăturii	k	0.694	-
Numărul de spire pe fază	w_1	126	-
Numărul de creștături pe pol și fază	q	1.5	-
Pasul diametral al înfășurării	y_T	9	-
Factorul de înfășurare pentru armonica fundamentală	k_w	0.959	-
Pasul polar	τ	6.52	[cm]
Densitatea de curent	J	9.6	$\frac{A}{mm^2}$
Curentul nominal	I_n	3.7	[A]
Numărul de căi de curent în paralel	a_1	1	-

Izolația de creștătură a fost realizată din foi de nomex, cu grosimea de 0.25mm, rezistent la o temperatură de 155°C. De asemenea, pentru atingerea clasei termice de izolație, conductorul utilizat este acoperit cu un lac email-tereftalic rezistent la o temperatură de 180°C. Înfășurarea a fost impregnată cu lac C57 care consolidează conductoarele în creștătură și asigură un transfer termic îmbunătățit. Iar pentru consolidarea mecanică a capetelor frontale ale înfășurării, s-a utilizat bandă de fretare.

Utilizând datele de mai sus a fost realizată schema înfășurării statorice. Pe baza capetelor înfășurării din această schemă a fost realizat tabelul 2, reprezentând configurațiile înfășurării statorice în cele două sisteme, trifazat și hexafazat.

Tabelul 2. Conexiunile mașinii trifazate - hexafazate

	MAS trifazat		MAS hexafazat
Nr. fază	Borne de alimentare	Conexiuni serie	Borne de alimentare
1.	A1 – x2	x1 – A2	A1 – x1
2.	B1 – y2	y1 – B2	B1 – y1
3.	C1 – z2	z1 – C2	C1 – y1
4.	-	-	A2 – x2

5.	-	-	B2 – y2
6.	-	-	C2 – z2

În conformitate cu observațiile și relațiile prezentate anterior, se observă că pentru sistemul trifazat de alimentare sunt utilizate câte două grupe a câte trei bobine înseriate pe fază, iar pentru sistemul hexafazat este utilizată câte o grupă a câte trei bobine.

Încercările au fost efectuate pe standul de încercări al departamentului. Schema bloc a standului este prezentată în figura 1, iar în figura 2 este prezentat standul utilizat, împreună cu o parte din echipamente.

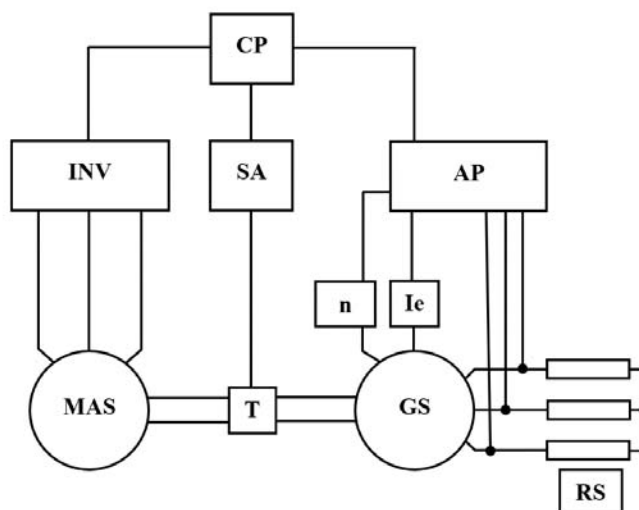
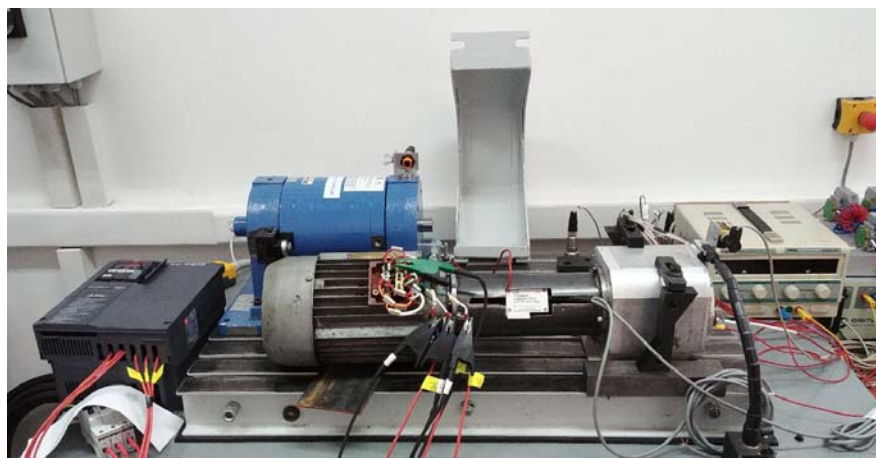


Fig. 1. Schema bloc a standului

CP – Calculator de proces;
INV – Invertor trifazat;
SA – Sistem de achiziție date;
AP – Analizor de putere;
n – Traductor de turație
Ie -Alimentarea înfășurării de excitație a generatorului;
MAS – Mașina asincronă
T – Traductor de cuplu
GS – Generator sincron
RS – Rezistențe de sarcină



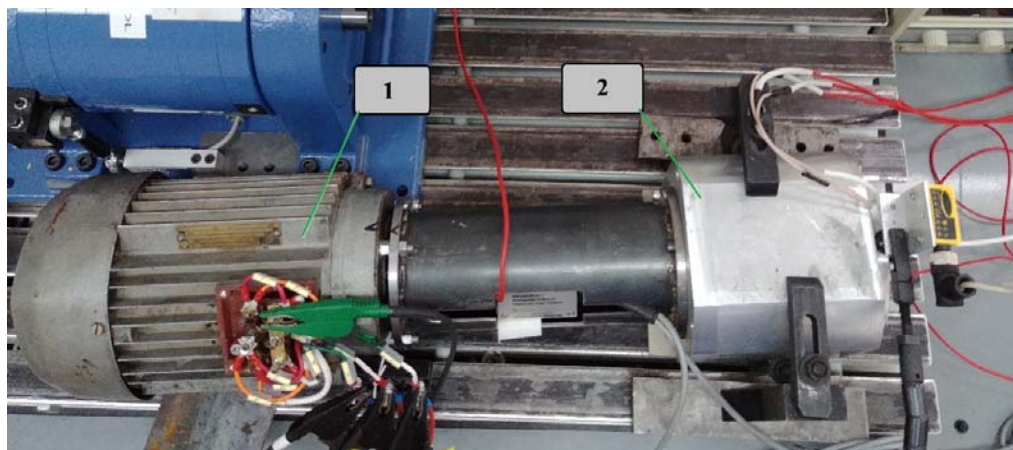


Fig. 2. Ansamblul Motor – Generator

1 – Motorul Asincron studiat

2 – Generator sincron

Încercarea la defect a fost efectuată după cum urmează:

- S-a aplicat sistemul de tensiuni simetrice (trifazat, respectiv hexafazat) la bornele de alimentare ale mașinii electrice;
- S-a încărcat mecanic motorul electric cu o sarcină egală cu cea nominală;
- Turația motorului electric a fost determinată după stabilizarea regimului tranzitoriu.

În cazul în care alunecarea obținută se situează în domeniul de valori $0 \div 3\%$, se consideră că mașina electrică este rezistentă la defect.

Au fost efectuate mai multe teste dinamice corespunzând următoarelor situații:

- apariția unui defect în înfășurarea statorică, mașina funcționând cu 5 din 6 faze;
- apariția a doua defecte în înfășurare, mașina funcționând cu 4 din 6 faze.

După efectuarea pornirilor, s-a constatat că în cazul utilizării sistemului hexafazat de tensiuni simetrice, motorul continuă să funcționeze, cu valorile curenților electrici absorbiți ușor mai ridicate decât valorile curenților nominali, temperatura crește ușor dar se menține în limitele impuse de clasa de izolație.

Sarcina mecanică este redistribuită în cadrul sistemului de tensiuni de alimentare a mașinii electrice. Datorită creșterii curenților absorbiți, crește încălzirea mașinii electrice și zgomotul magnetic produs.

În cazul motoarelor trifazate alimentate în sistem trifazat, în situație de defect (funcționare în două faze), valorile curenților absorbiți sunt mult mai mari față de valorile curenților nominali și mașina devine nefuncțională. În cazul motoarelor hexafazate alimentate în sistem trifazat, în situație de defect (funcționare în cinci sau patru faze), valorile curenților absorbiți sunt mai mari față de valorile curenților nominali, mașina funcționând în regim degradat.

6. Rezultate, stadiul realizării obiectivului fazei, concluzii și propuneri pentru continuarea proiectului (se vor preciza stadiul de implementare a proiectului, gradul de îndeplinire a obiectivului cu referire la tintele stabilite și indicatorii asociați pentru monitorizare și evaluare).

Obiectivul etapei prezente de fază a acestui proiect a constat în realizarea unui model experimental de mașină electrică rotativă polifazăată. În cadrul primei etape s-a stabilit o soluție constructivă, s-a realizat un breviar de calcul și s-a efectuat o modelare numerică cu element finit pentru mașina electrică hexafazăată.

Soluția tehnică propusă în cadrul prezentei teme de cercetare este pretabilă atât pentru mașinile asincrone cât și pentru mașinile sincrone.

În prezenta etapă de fază s-a modificat tipul de mașină electrică, la care s-a aplicat soluția tehnică promovată, pentru reducerea costurilor materiale și a timpului de execuție. Astfel s-a reutilizat o carcasă cu pachet de tole statorice, rotorul unei mașini existente, ventilatorul și scuturi, rebobinând înfășurarea statorică.

S-a executat un model experimental, ce a fost supus unui program minimal de încercări de lot, validându-se în acest fel corectitudinea soluției tehnice propuse.

Deoarece sistemul hexafazăat este un caz particular al sistemului trifazăat, alimentarea mașinii studiate s-a realizat prin intermediul unui convertizor trifazăat, timpul necesar dezvoltării unui invertor hexafazăat fiind mult mai mare față de timpul alocat proiectului.

Mașina a fost alimentată și testată atât în sistem trifazăat cât și în sistem hexafazăat de tensiuni simetrice. Din analiza curbelor și valorilor obținute în cadrul încercărilor efectuate asupra mașinii electrice multifazate, se constată că:

- puterea nominală a mașinii electrice hexafazate este aceeași cu puterea motorului trifazăat, implicit cuplul mecanic generat este același;
- mașina studiată alimentată în sistem hexafazăat rezistă la încercarea la defect, atât la întreruperea alimentării unei faze, cât și la întreruperea alimentării a două faze.

S-au constatat diferențe reduse între cele două seturi de măsurători, datorate preciziei aparatelor utilizate și a aproximărilor făcute de acestea. De asemenea, rezistența înfășurării de excitație a generatorului sincron utilizat în cadrul măsurătorilor variază cu temperatura, astfel apar modificări de sarcină la capătul arborelui mașinii studiate.

Analizând rezultatele obținute și activitățile desfășurate, se constată că obiectivele prezentei faze contractuale au fost îndeplinite în totalitate, conform cu planul de activitate prezentat la încheierea contractului de cercetare.

În urma derulării activităților prevăzute la această fază s-a obținut un model experimental de mașină electrică polifazăată care confirmă justetea soluției tehnice aplicate.

Responsabil proiect

Dr.ing. Ionel CHIRITA