



A XVII-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2017

INTERFAȚĂ ”C-MATLAB-SIMULINK” PENTRU SOLUȚIONAREA UNOR REGIMURI TRANZITORII LA MAȘINA DE INDUCȚIE, CU GENERARE AUTOMATĂ GRAFICĂ A CARACTERISTICILOR

Lucian-Corneliu OCOLIȘAN, Sebastian-Mihai IANCU,
Gheorghe VERTAN

C-MATLAB-SIMULINK INTERFACE FOR SOLVING OF SOME TRANSITORY REGIMES AT THE INDUCTION MACHINE WITH AUTOMATIC GENERATION OF GRAPHICAL CHARACTERISTICS

In knowledge, modelling, simulation and numerical solving of the transitory regimes from the operation of the induction machine, becomes necessary, useful and appropriate to develop specialized algorithms of calculation and versatile software interfaces, with low response time and resource-consuming IT. We achieved a C interface-MATLAB callable standalone, or integrated, for plotting the characteristics. The interface allows the interconnection, if necessary, with other FORTRAN modules, SIMULINK, FEMM.

Keywords: C-MATLAB-Simulink induction machine, software, graphics
Cuvinte cheie: C-MATLAB-Simulink, mașină de inducție, software, grafică

1. Introducere

Aplicațiile industriale actuale includ, în pondere tot mai mare, sisteme de acționare cu viteză variabilă și motoare de inducție alimentate cu tensiune și frecvență variabile. Condițiile de funcționare ajung de multe ori extreme și la limita de funcționare.

Proiectarea, fabricarea și testarea motoarelor de inducție cu o astfel de utilizare, impune considerarea cât mai riguroasă posibil a: nivelului de saturație a circuitului magnetic, valorilor limită ale curenților prin înfășurări și limitei de supraîncălzire a acestora, limitei de supraîncălzire, frecvenței minime a tensiunii de alimentare.

În efortul de cunoaștere, modelare, simulare și rezolvare numerică a regimurilor tranzitorii din funcționarea mașinii de inducție, devine necesară, utilă și oportună dezvoltarea de algoritmi specializați de calcul și interfețe software versatile, cu timp de răspuns și consum de resurse IT reduse.

S-a realizat o interfață C-MATLAB, apelabilă integrat sau independent, pentru reprezentarea grafică a caracteristicilor furnizate de programul **"IND"** [1] de optimizare a mașinii de inducție. Interfața permite interconectarea, după caz, cu alte module FORTRAN, MATLAB, SIMULINK, FEMM.

Modelarea/simularea/estimarea virtualizată numeric pe suport hardware & software a comportării MI și/sau sistemelor aplicative conținând MI oferă, în general, obținerea cu costuri, efort minime, a unei imagini globale bazată pe calcule asupra problemei analizate într-un timp mai redus decât realizarea fizică directă a experimentelor echivalente. Evident, estimările nu pot fi considerate ca fiind identic riguroase și înlocuitoare a valorilor mărimilor fizice referite din procesele fizice reale, ci doar ca un domeniu posibil de valori în care mărimile definiției considerate se pot încadra cu o anumită marjă de eroare (precizie) care trebuie și ea estimată cât mai corect și riguros.

2. Aspecte IT privind identificarea și implementarea hardware & software a unei tehnici concrete de lucru

Pentru studierea distribuției solicitărilor electrice, curenți etc., în mașinile electrice de inducție, devine naturală și firească utilizarea în primă instanță a unuia din programele de calcul al mașinii de inducție dezvoltat, cu scop de facilitare a cercetării specifice, în cadrul Laboratorului Electromecanică al Filialei din Timișoara a Academiei Române (**LE-ARFT**). Forma de referință a programului considerat este **"IND"** versiunea „Windows” arhitectura x86 – 32 biți din anul 2010. denumită în continuare **"Windows IND 2010"**. Ea a fost dezvoltată utilizând mediul de programare **FORTRAN'77** și compilatorul **MS Fortran Power Station FPS4.0** arhitectura x86 – 32 biți din anul 1995. Forma concretă este cea preluată din CD cărții **Domnului Academician Toma DORDEA** versiunea 2010, **"Mașini Electrice**.

Programe de calcul", Capitolul 1 – Mașina de inducție [1]. Aceasta a fost modernizată, transformată din FORTRAN'77 în "C" și dezvoltată prin atașarea unei interfețe "MATLAB-C" cu capabilități grafice și de interconectare cu modulul MATLAB-Simulink.

2.1 Aspecte IT - realizări concrete hardware, software

S-a definit un proiect de platformă de dezvoltare și testare hardware și software eterogenă care să permită experimentarea cu costuri minime și maximum de adaptabilitate la modelarea și simularea virtuală locală și numerică a unor probleme și condiții de testare specifice studiului mașinii electrice de inducție. S-a realizat integral proiectul prin efort personal.

Primul pas a constat în obținerea unei forme originale noi în limbaj de programare "**C**" compatibil, arhitectură x86-64 biți "**cLinuxINDx64**" în Linux și generarea unui fișier executabil nou modernizat mult mai compact și mai performant ca timp de calcul, pornind de la forma de referință "**Windows IND 2010**" x86-32 biți [1]. Aceasta s-a făcut prin intermediul utilitarului "**f2c**", instalat sub sistem de operare Linux și folosind compilatorul nativ Linux [2, 3]. S-au luat în considerare aspecte IT, din care unele sunt simplu soluționabile [4]. S-a respectat documentația specifică pentru "**f2c**" [5]. După efectuarea a mai multe modificări succesive în fișierele cu cod sursă **FORTAN'77** intermediare de lucru, cu format fix, s-a obținut fișierului binar executabil.

Ca noutate, se prezintă • versiunea proprietată originală a programului "**IND**" realizată în limbaj "**C**" compatibil, concretizată pentru Linux, denumită „**cLinuxINDx64**”, arhitectura x64 – 64 biți, cât și o dezvoltare Linux "C" a acesteia numită "**gIND**". "**gIND**" generează 2 fișiere specifice către o interfață proprietară originală dezvoltată în mediul "MATLAB", care poate fi utilizată prin imaginea ei binară executabilă independent obținută prin exportul fișierului nativ "MATLAB" în format "C compatibil" și transformat apoi în cod binar executabil independent.

Prezentarea „**cLinuxINDx64**” și "**gIND**" se face comparativ cu forma de referință a programului "**IND**" de calcul al mașinii de inducție dezvoltat în cadrul Laboratorului Electromecanică al Academiei Române – Filiala Timișoara (**LE-ARFT**) versiunea „Windows” arhitectura x86 – 32 biți din anul 2010. Versiunea de referință denumită "**Windows IND 2010**" a fost dezvoltată utilizând mediul de programare **FORTAN'77** și compilatorul **MS FORTRAN Power Station FPS4.0**

arhitectura x86 – 32 biți din anul 1995. Forma de referință este cea preluată din CD-ul cărții [1].

S-au urmărit timpii de calcul la rulare, resursele utilizate și posibilitățile de adaptare și /sau extindere, respectiv portarea către alte structuri și/sau arhitecturi hardware și/sau software a programului **"Windows IND 2010"**, aspecte și considerente IT care intervin inerent la portarea din limbajul **FORTRAN'77** în limbajul **"C"** compatibil. Criteriul determinist în realizarea portării l-a constituit „armonizarea cu echipamentele/structurile/platformele/tehnicele de calcul și posibilitățile actuale inclusiv de interfațare în rețea cu module specializate de calcul utilizând tehnici și metode numerice de calcul matricial, cu element finit și calcul paralel multiprocesor și /sau cu plăci grafice de calcul dedicate”. Realizarea asigurării capacității de portare s-a testat cu succes prin rularea directă fără probleme de nici o natură, deci integral compatibil, a programului nou „**cLinuxINDx64**” pe un sistem de calcul multi-procesor CPU și multi-core.

"cLinuxINDx64" și **"gIND"** au avantajul asigurării portabilității codului sursă către toate limbajele de programare actuale, posibil pe toate arhitecturile hardware contemporane și de perspectivă (include nerestricțiv și ne limitat: SmartPhone, Android, ARM, tablete etc.). Tehnologia de transformare utilizată la implementarea **"cLinuxINDx64"** și **"gIND"**, permite transformarea practică și modernizarea, cu adăugarea de facilități noi, a programelor **FORTRAN'77** proprii dar și utilizarea, încă, a experienței acumulate în programare utilizând **FORTRAN'77**. Interconectarea sub limbaj **"C"** compatibil cu alte medii de programare, echipamente/sisteme/structuri/rețele de calcul diverse, distribuit și/sau paralel devin exhaustiv posibile.

Forma concretă actuală de implementare a **"cLinuxINDx64"** și **"gIND"** utilizează pentru execuție un fișier de intrare unic denumit **"fort.11"** și generează automat toate fișierele de ieșire cu rezultate sub denumiri unice, fixe anume **"fort.22"**, **"fort.33"**, **"fort.44"**. Aceasta simplifică mult modul de lucru și permite scurtarea timpilor de calcul spre deosebire de forma de referință **"Windows IND 2010"** (cu nume variabile pentru fișierele de intrare / ieșire).

2.2 Aspecte IT - mod de lucru

Programul **"IND"** [1], are ca obiectiv calculul electromagnetic de **optimizare** al părților active ale mașinilor electrice de inducție polifazate. S-a refăcut calculul de optimizare din Cap.1 pct.c), cu coeficienți de considerare a saturației și tensiune de alimentare

conform tabelului 1, pentru care aplicația de calcul generează un tablou centralizator "Valori Finale" definitorii pentru un proiect tehnic electromagnetic, care conduc la mărimi fizice a căror caracteristici calculate de funcționare corespund listei din tabelul 2.

Tabelul 1

Coeficienții CX2I, C01N, C02N, C1NN, C1SN, C2SN conform cărții [1] – CD cu programe, Cap.1, Mașina de inducție, Ghid – Instrucțiuni și Fișiere - fișier cu date de intrare "1DFC" cu poziția curentă din fișierul cu date de intrare		
Nr. crt.	Variabila	Semnificația fizică
38	CX2I	- coeficient care reprezintă raportul dintre reactanța rotorică de dispersie, la pornire, pentru mașinile cu rotor în colivie, și între valoarea pe care o are în sarcină nominală ($X_{2p}=CX2I*X_{2n}$). În general $CX2I = 0,95\div 0,8$ poate ajunge la 0,65, scăzând cu creșterea saturației magnetice.
39	C01N	- coeficient egal cu raportul dintre valoarea cu care se reduce reactanța de dispersie a armonicilor superioare statorice, la rotor calat, și între valoarea din regim nominal. Are valori între 0 și 0,35 (0,35 când dinții sunt puternic saturați).
40	C02N	- coeficient similar lui C01N, dar pentru rotor, cu valori similare.
41	C1NN	- coeficient care reprezintă raportul dintre valoarea cu care se reduce reactanța de dispersie a creștăturii statorice, la rotor calat și între valoarea reactanței din regim nominal; are valori între 0 (mașini nesaturate) și 0,35 (mașini saturate).
42	C1SN	- coeficient care reprezintă raportul dintre valoarea cu care se reduce reactanța de dispersie statorică a capetelor de bobine, la rotor calat, și între valoarea din regim nominal; are valori între 0 (mașini nesaturate) și 0,2 (mașini saturate).
43	C2NN	- coeficient similar lui C1NN, dar pentru rotor, cu valori similare.
44	C2SN	- coeficient similar lui C1SN, dar pentru rotor, cu valori similare.

La finele calculului când s-a găsit soluția optimă se imprimă un tablou sub numele de « **VALORI FINALE** » care conține rezultatele pentru puterea nominală, începând cu variabilele întregi și continuând cu cele reale, pentru cunoașterea mașinii. Se obțin mărimile specifice, caracteristice regimului de motor, tabelul 2.

Tabelul 2

Mărimi specifice, caracteristice regimului de motor, conform cărții [1] – CD cu programe, Cap.1, Mașina de inducție, Ghid – Instrucțiuni și Fișiere - fișier cu date de intrare cazul c) "1D2FC"		
Nr. crt.	Variabila Unități de măsură SI	Semnificația fizică
1	S	- alunecarea;
2	I1	- curentul primar;
3	P1	- puterea primită;
4	I01	- curentul total al mașinii considerat în stator;
5	CFI	- factorul de putere;
6	KR	- coeficientul de modificare a rezistenței rotorice;
7	X1	- reactanța primară de dispersie;
8	PCF1	- pierderile cauzate în primar de înclinarea creștăturilor;
9	PFE	- pierderile principale în fier;
10	M	- momentul electromagnetic de rotație;
11	I2	- curentul rotoric redus la stator;
12	P2	- puterea la nivelul arborelui;
13	UE1	- t.e.m. indusă în înfășurarea unei faze primare de câmpul magnetic principal;
14	RAN	- randamentul mașinii;
15	KX	- factorul de modificare a reactanței de dispersie cauzată de efectul pelicular;
16	X2	- reactanța secundară de dispersie, redusă la primar;
17	PCUF2	- pierderile cauzate în secundar de înclinarea creștăturilor;
18	R	- rezistența electrică a fazei secundare redusă la primar;

Studiul unei anumite probleme cu programul **"IND"** (indiferent forma) este un efort de cercetare și de perfecționare auto-didactă pentru potențialul utilizator care, în final are nevoie de a organiza și arhiva, convenabil propriu, rezultatele obținute din calculele efectuate fie ele intermediare, fie considerate elocvente și/sau finale.

3. Interfața "MATLAB" originală dezvoltată și calculul mașinilor de inducție [1], cu reprezentarea grafică a curenților statoric, rotoric și de magnetizare a mașinii funcție de alunecare $S = 0 \div 1$.

Utilizând aplicația software binar executabilă proprie nouă **"cLinuxINDx64"** și **"gIND"** și platforma hardware de realizare proprie

s-au refăcut calculele pentru mașinile de inducție date ca exemple în CD-ul asociat cărții [1] sub sistem de operare Linux - Ubuntu 16.04.02 LTS x64, pe sistemul DELL I5 4590 OPTIPLEX 3020 MT, al laboratorului **LE-ARFT**, respectiv DELL 960 personal.

Timpul de calcul (s) pentru fișierele generate și Valorile de calcul de control general în utilizarea versiunilor noi, originale, „**cLinuxINDx64**” și „**gIND**”, sunt considerate față de valorile obținute în cazul efectuării calculelor pe sistemul DELL al laboratorului **LE-ARFT** sub sistemul de operare implementat virtualizat **MS Windows XP PRO SP 2 x64 bits EDITION** cu programul „**Windows IND 2010**” (de forma x86-32 biți originală din cartea [1]).

S-au constatat câteva diferențe semnificative în ceea ce privește cele 2 forme de program:

- modul de utilizare este diferit, sub **Linux x64-64 biți**, pentru „**cLinuxINDx64**”, **gIND** respectiv virtual sub **MS Windows XP PRO SP 2 x86-32 biți** „**Windows IND 2010**” din Cap.1 [1] - CD-2010;
- „**cLinuxINDx64**”, **gIND** este realizat în limbaj „**C**” **compatibil x64-64 biți** prin transformări efectuate asupra codului sursa de referință „**Windows IND 2010**” **x86 – 32 biți** din limbajul **FORTRAN'77** cu format fix, având dimensiuni sensibil diferite: „**cLinuxINDx64**” **276,5 kB**, **gIND 227 kB**, față de „**Windows IND 2010**” **441,344 kB**;
- timpul total de calcul consumat la efectuarea calculelor cu cele 2 versiuni de program este diferit, pe cazuri conform tabelului 3
- „**gIND**” nu realizează timpi de calcul diferiți, chiar dacă are un cod mai compact, anume **227 kB**, față de „**cLinuxINDx64**” **276,5 kB** și „**Windows IND 2010**” **441,344 kB**.

Se menționează faptul că, timpul consumat pentru realizarea integrală a reprezentării grafice de către interfața MATLAB realizată, pentru modul interpretor de utilizare, este de cca. 1 minut sub Linux față de 3 minute sub Windows 10 pe același sistem de calcul DELL OPTIPLEX 960.

BIBLIOGRAFIE

[1] Dordea, T., Dordea, T.P., Mădescu, Gh., Torac, Ileana, Ocolișan, L.C., Moț, M., *Mașini electrice programe de calcul*, Editura POLITEHNICA, 2010, Timișoara, ISBN: 978-973-625-822-0, Pag. 61-133 și CD-ul cu programe și exemple asociate cărții.

[2] * * * <http://cci.lbl.gov/fable/> ; - Grosse-Kunstleve RW, Terwilliger TC, Sauter NK, Adams PD: *Automatic Fortran to C++ conversion with FABLE* . Source Code for Biology and Medicine 2012, 7:5.

[3] * * * <http://www.netlib.org/f2c/>

[4] * * * <http://stackoverflow.com/questions/4314243/converting-fortran-to-c-c>

[5] * * * <http://manpages.ubuntu.com/manpages/precise/man1/f2c.1.html>

C.S.III Lucian-Corneliu OCOLIȘAN
Academia Română – Filiala Timișoara. Centrul de Cercetări Tehnice
Fundamentale și Avansate. Laboratorul de Electromecanică. Bd. Mihai Viteazul
nr. 24. 300223 Timișoara, Tel. 0256-491823.
e-mail: lcocolisan@acad-tim.tm.edu.ro

Sebastian Mihai IANCU
Programator S.C. NOKIA S.R.L. Timișoara, Str. Gh. Lazăr nr.9, 300344,
Timișoara, Tel. 0748134951,
e-mail: sebastianm.iancu@yahoo.com

Dr.Ing. Gheorghe VERTAN
S.C. Versiuni Tehnice Avansate și Noutăți S.R.L., Timișoara,
Tel. 0356-005345, 0748-134646
e-mail: maghe2008@yahoo.com