

DEFECTOSCOPIE PRIN ANALIZA DE SEMNAL STUDIUL DE CAZ - INVERTOR

SORIN FRUMUȘELU*, RĂZVAN POPOVICI**, M. O. POPESCU***, CLAUDIA
POPESCU***

**S.C. Electrotehnica S.A. București*

***S.C. Titan Echipamente Nucleare S.A. București*

****Universitatea Politehnica București*

Abstract

This document is representing the ways to detect the faults and to diagnose them: the methods are based on signals, on analytical models, on knowledge's. By critical analysis of diagnose approaching problem we can split up in three categories of knowledge's: factual knowledge, deductive knowledge, strategy knowledge. To show up the consequences of the faults which may occur during running of the three-phases inverter were issued the some cases: interruption of one transistor and respectively short circuit of transistor.

I. INTRODUCERE

Diagnoza a apărut ca o necesitate a menținerii funcționalității sistemelor, cercetările fiind direcționate atât prin conceperea unor structuri hardware care să permită localizarea rapidă a defectelor și suplینirea acestor zone prin configurații tolerante, dar și a unor dezvoltări software capabile de reconfigurare într-o stare de funcționare la parametri suboptimali, fără însă a scoate sistemul din funcțiune.

Evident, defectarea unui produs/sistem tehnic poate avea efecte negative pe termen scurt, mediu sau lung, astfel că, încă din faza de concepție a acestuia, sunt prevăzute și modalitățile de testare pentru revenirea la capacitatea operațională normală. Acest aspect trebuie însă privit nuanțat, în sensul că defectarea – în anumite situații – nu presupune decât o amânare temporală a operațiilor efectuate de produsul/sistemul respectiv, deci o pierdere economică pe durata de reparare, în timp ce – în alte cazuri – poate antrena scoaterea din funcțiune a altor sisteme cu efecte ireversibile și chiar dezastruoase (de exemplu, defectarea unei componente electrice nu poate fi la fel tratată în cazul unui televizor și la un sistem de reglare a combustibilului nuclear de la o centrală electrică nucleară).

Odată cu dezvoltările din domeniul circuitelor electrice a apărut faza incipientă a diagnozei cunoscută sub denumirea de testare, o sumă logică de operații efectuate cu scopul găsirii componentei defecte/subansamblului defect într-un timp cât mai mic. Testarea se efectuează off-line cu aparatură specifică echipamentului aflat sub test, iar operațiile care urmează a fi făcute sunt conforme manualului de service elaborat pentru echipamentul respectiv; funcție de simptomul prezentat. În prezent, echipamentele electrice de complexitate medie și mare efectuează – la punerea sub tensiune – așa numitele autoteste prin care se verifică funcționalitatea blocurilor componente, și numai după trecerea lor se permite intrarea în regim nominal de funcționare.

Această concepție a echipamentelor electrice prevăzute cu autoteste, concludente pentru starea funcțională, asigură o serie de avantaje atât pentru producător cât și pentru beneficiar:

- garantarea funcționării echipamentului la beneficiar, atât în perioada de garanție, cât și postgaranție prin minimizarea timpilor de nefuncționare;

- partajarea activității de service într-o componentă la beneficiar, respectiv o componentă la fabricant;
- optimizarea costurilor, atât cele aferente beneficiarului, cât și cele ale producătorului.

Ca și tehnicile de testare, diagnoza automată presupune, în principal, un mod de operare off-line fiind cu precădere destinată structurilor numerice de calcul. Problemele se complică pentru structurile analogice sau hibride (analogic/numerice), la care răspunsul la stimuli este nuanțat (ține seama atât de amplitudine cât și de dinamică).

Odată cu creșterea în complexitate a proceselor tehnologice, existența unor interdependențe funcționale între diversele subsisteme care alcătuiesc ansamblul, ca și proceduri complicate de punere în funcțiune, respectiv oprire a instalației, au condus la necesitatea elaborării unor tehnici de diagnoză on-line, care să permită fie robustețea procesului la defectare.

II. METODE DE DETECTARE A DEFECTELOR ȘI DIAGNOSTICARE

Cu referire la metodele de detecție a defectelor și diagnoză se evidențiază trei categorii:

- metode bazate pe semnale;
- metode bazate pe modele analitice;
- metode bazate pe cunoștințe.

Metodele bazate pe semnale sunt cele mai utilizate în practică datorită simplității lor; esența acestor metode constă în extragerea din clasa semnalelor măsurate din proces a acelor care permit obținerea informației maxime cu privire la incidentele care pot apare. Pe baza acestor semnale se construiește clasa de simptome posibile, se evidențiază locul și momentul apariției incidentelor și se stabilește cauza posibilă a apariției fiecărui defect. Ca simptome tipice folosite în detecția și localizarea defectelor pot fi:

- valorile variabile în timp ale semnalelor măsurate;
- valorile maxime, minime, medii ale semnalelor;
- valorile limitelor;
- valori statistice referitoare la amplitudinea repartiției;
- densități și frecvențe spectrale;
- coeficienți de corelație, covarianțe etc.

Metodele bazate pe semnale sunt utilizate la detecția timpurie a defecțiunilor ce pot apare în dinamica sistemelor considerate, având o eficacitate limitată.

Metodele bazate pe modele analitice folosesc cunoștințele despre procesul fizic reprezentate sub forma modelului său matematic. Aceste metode constau în compararea comportării actuale a sistemului cu cea obținută pe baza modelului matematic al acestuia dedus pentru situația unei funcționări normale. Abordarea bazată pe modele analitice este mai eficientă față de cea bazată pe semnale. Totuși, trebuie remarcat că un model analitic este greu de obținut, în special pentru sisteme cu grad ridicat de complexitate (aproape imposibil).

Metodele bazate pe cunoștințe reprezintă o soluție complementară a celor analitice sau algoritmice folosite în detecția incidentelor. Astfel de metode sunt eficiente în cazul sistemelor complexe, unde oricum cunoștințele despre proces sunt - de regulă - incomplete. În acest caz comportarea sistemului este specificată utilizând atât simptome euristice, cât și descrieri calitative folosind cunoștințele despre sistem sub formă de reguli și fapte, obținute din observații umane empirice.

Combinarea metodelor bazate pe simptome euristice cu metodele bazate pe descrieri calitative permite evaluarea tuturor informațiilor disponibile și a cunoștințelor suplimentare despre sistem. Drept cunoștințe suplimentare se pot exemplifica: gradul de îmbătrânire, mediul operațional, aparatura folosită, istoricul statisticilor referitoare la apariția de incidente în funcționarea sistemului etc. O prezentare schematică globală a diagnozei bazate pe cunoștințe este prezentată în fig.2.1.

ATEE - 2004

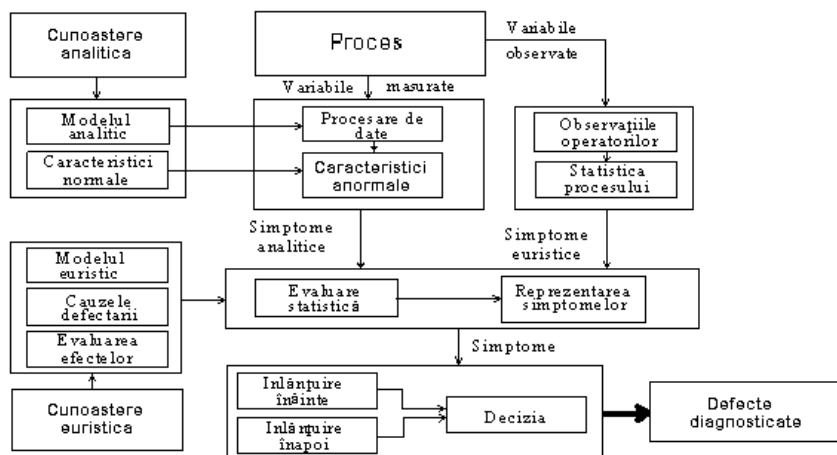


Fig.2.1. Schema unui sistem bazat pe cunoștințe pentru diagnoză

III. MODELAREA CUNOȘTIŢELOR PRIVIND DIAGNOZA SISTEMELOR ELECTROTEHNICE

Operațiile de diagnoză pot fi realizate offline atunci când cunoaștem manifestările și se caută defectele respectiv, online într-o instalație comandată de calculator de proces unde se primesc semnale de la traductoarele în funcțiune. Un defect (brusc sau de derivă) conduce la modificări ale unor parametri, care sunt detectate de senzori și convertite în semnale de alarmă de relele de semnalizare (sau de subrutinele cu funcții de releu ce detectează ieșirea din intervalul admis). Problema esențială a diagnozei este de a determina cauzele unui defect cunoscând simptomele.

Un sistem expert își dovedește utilitatea atunci când poate ajuta la decizie (suplinind un expert uman); el are capacitatea de a fi deschis putând deci fi perfecționat în continuu.

Elaborarea unui astfel de sistem este o operă de echipă și de durată dar avantajele sunt de a avea la dispoziție oriunde și oricând inteligența înmagazinată în el.

Costul unui astfel de sistem (ce poate fi simplu diseminat în mii de exemplare) devine mult mai redus decât al consultanței de specialitate.

Pentru realizarea unui sistem expert diferitele tipuri de cunoștințe trebuie structurate și formalizate în vederea implementării lor într-un echipament informatic. Vocația acestui instrument de lucru este de a ajuta utilizatorul la diagnostic, ținând cont de toate aspectele practice, concrete, ale problemei.

EXPERTIZA constă în achiziția cunoștințelor unor experți, respectiv în exploatarea documentației de specialitate. Trebuie în mod special menționată consultarea arhivei de depanare și mentenanță specifică.

Elementele de cunoaștere de diagnostic ce trebuie reținute sunt:

- structura generală a echipamentului și configurația convertoarelor
- existența redundanțelor pentru sistemul control / comandă
- subansamblele și componentele
- semnalele sistemului de supraveghere și control (alarme mărimile măsurate, limitările nivelelor de protecție).

Elementele aprofundate ce pot fi cunoscute se referă la modurile de defectare specifice componentelor, simptomele premergătoare, contextul de funcționare (regimuri) ce poate genera defecte, istoricul comportării anterioare în exploatare.

Sunt de precizat modelele de testare pentru a verifica buna funcționare a echipamentelor, respectiv pentru detectarea cauzelor defectelor.

Generalizarea acestui tip de probleme nu se poate face ușor, iar soluția cuprinde, de regulă, mai multe iterații. Se prezintă organizarea abordării de către un expert a unei situații în

care s-a detectat o anomalie (a apărut un semnal de alarmă). Dacă se constată o anomalie (declanșarea unei protecții sau apariția unei alarme) operatorul, de regulă, suprimă alarma și încearcă redemarajul. Dacă anomalia este tranzitorie echipamentul reîncepe să funcționeze normal. Totuși, dacă incidentul nu a fost analizat există riscul ca el să se reproducă.

În situația că echipamentul nu repornește, este necesară intervenția expertului. Se analizează datele furnizate de utilizator, alarmele declanșate, starea echipamentului urmărind ca pe baza lor să se facă depanarea și reparația. După toate acestea, instalația poate fi repornită.

Din analiza critică a abordării problemei de diagnoză se pot separa trei categorii de cunoștințe:

- **cunoașterea factuală** care înglobează datele fizice manipulate (de exemplu echipamentul de diagnosticare și semnalele sistemului de control)
- **cunoașterea deductivă** care regrupează regulile de diagnostic (conform acestora se pot interpreta rezultatele unui test, suspecta sau nu un component sau identifica o cauză probabilă de defect);
- **cunoașterea strategică** care traduce modul de înlănțuire al regulilor cu faptele.

Raționamentul aplicat în cursul procesului de diagnoză se construiește prin aplicarea regulilor asupra datelor conform cu strategia care este implementată.

Pentru a obține un sistem simplu și evolutiv este necesar ca aceste trei categorii de cunoștințe să fie separate în mod explicit, ceea ce nu este un lucru simplu.

Cunoașterea factuală regrupează aspectele statice referitoare la caracteristicile elementelor componente precum și descrierea semnalelor din sistemul de comandă-control.

Structurarea este absolut necesară pentru a identifica elementele și funcțiunile. Acest demers trebuie să fie cât mai natural posibil, adică să includă modul în care un expert subdivide ansamblul pentru a identifica în final o componentă defectă.

Descompunerea funcțională ține cont de funcțiunile ce trebuie asigurate. Spre exemplu, pentru un inverter avem (fig. 3.1.).

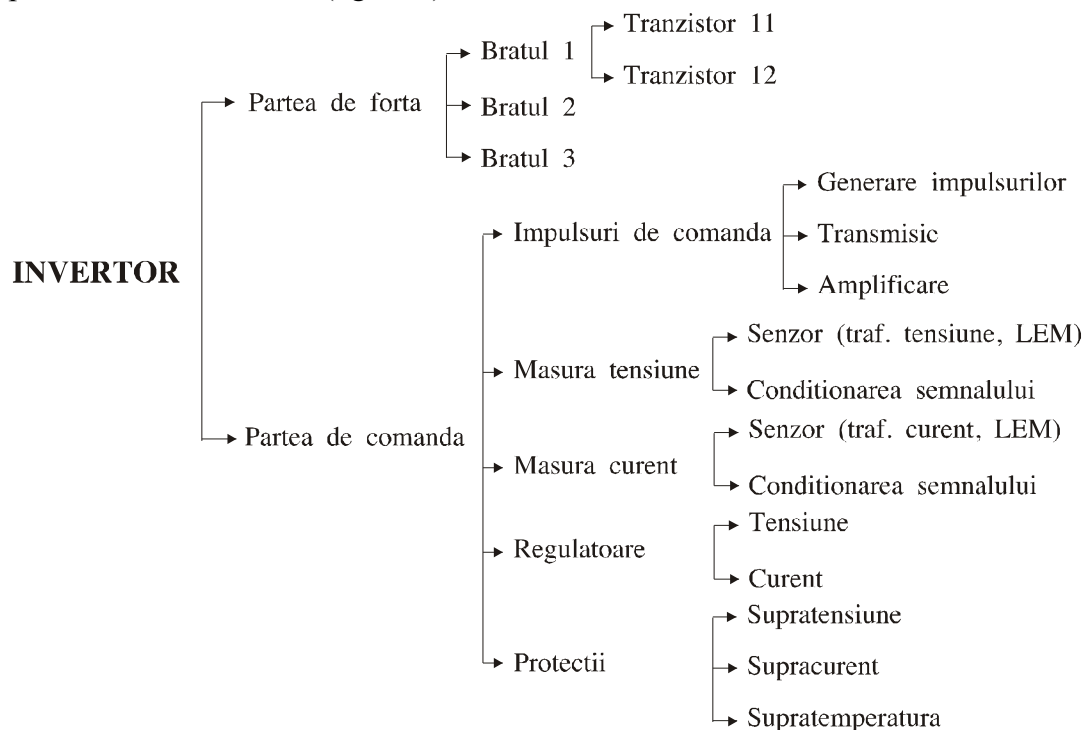


Fig.3.1. Descompunerea funcțională a unui inverter

Acest mod de abordare corespunde atitudinii expertului care apreciază că o funcțiune corect îndeplinită implică buna stare funcțională a componentelor implicate (respectiv toate subfuncțiile ei).

Descompunerea structurală se face pe modulele, subansamblele, piese și este utilă pentru depistarea unei componente defecte.

Descompunerea hibridă este un amestec al celor două proceduri menționate anterior, întrucât raționamentul experților umani alternează elementele structurale cu cele funcționale.

IV. SIMULAREA UNOR DEFECTE CARE POT APARE ÎN FUNCȚIONAREA UNUI INVERTOR TRIFAZAT

Utilizând programul pentru simularea circuitelor electronice PSPICE, s-au studiat anumite defecte care pot apărea în funcționarea unui invertor trifazat.

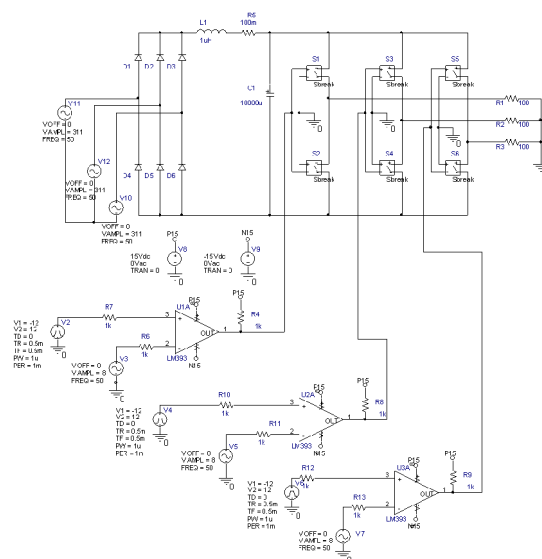


Fig.4.1. Schema electrică folosită pentru simulare.

În figura 4.2. se prezintă spectrul de tensiune și curent obținut prin simulare. Se observă două grupuri de frecvențe distincte:

- primul corespunde frecvenței modulatorie f_s
- al doilea corespunde multiplului frecvenței de comutație (MLI).

Grupurile centrate pe frecvența de comutație (MLI) sunt asociate armonicilor pare ale fundamentalei, iar grupurile centrate pe dublul frecvenței de comutație ($2 \cdot \text{MLI}$) sunt asociate armonicilor impare ale fundamentalei.

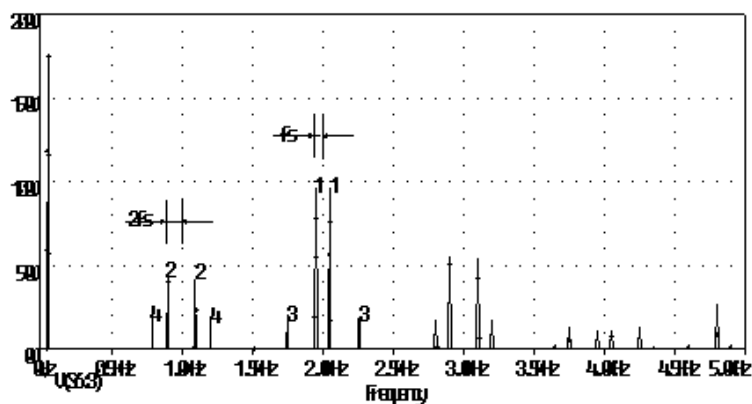
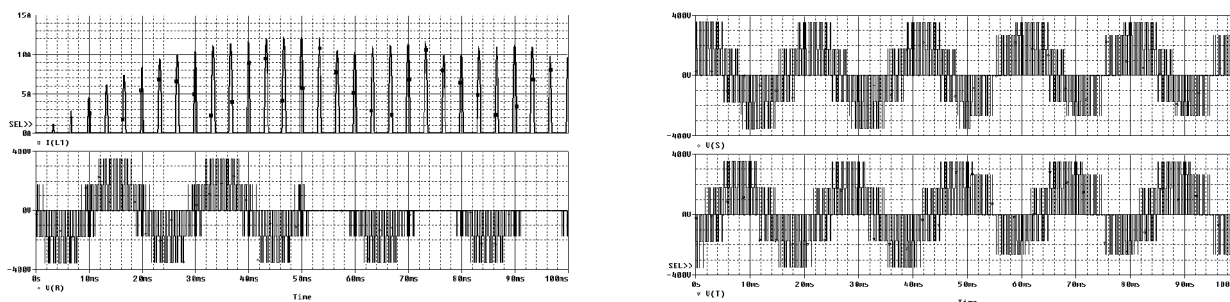
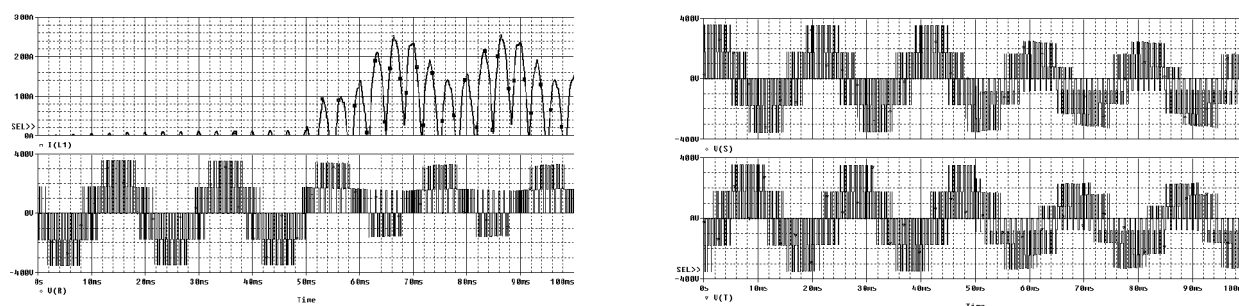


Fig.4.2. Spectrul de tensiune și de curent obținut prin simulare

În figurile 4.3 și 4.4 se prezintă formele de undă în cazul simulării a doua defecte.



a).
Fig.4.3. Formele de undă în cazul întreruperii unui tranzistor
 a). curentul absorbit de la sursa de cc. și tensiunea de ieșire pe faza cu defect,
 b). tensiunile de ieșire pe celelalte două faze.



a).
Fig.4.4. Formele de undă în cazul scurtcircuitării unui tranzistor
 a). curentul absorbit de la sursa de cc. și tensiunea de ieșire pe faza cu defect,
 b). tensiunile de ieșire pe celelalte două faze.

V. CONCLUZII

Se constată că în cazul întreruperii unui tranzistor, tensiunea pe faza respectivă devine asimetrică cu componentă continuă, iar tensiunile pe celelalte faze sunt influențate.

În cazul scurtcircuitării unui tranzistor, crește semnificativ curentul datorită suprapunerii conducției pe un braț al invertorului. Se observă că și în acest caz tensiunile pe celelalte două faze sunt influențate.

Dacă nu ar interveni circuitele de protecție, acest tip de defect ar duce la distrugerea tranzistoarelor IGBT de pe brațul respectiv.

BIBLIOGRAFIE

- [1] POPESCU, M. O., MARIA IOANNIDES, POPESCU, CLAUDIA “Diagnoza echipamentelor electrice cu ajutorul sistemelor expert, Sesiunea Stiintifica ICPE, Bucuresti 28 oct. 1999.
- [2] POPESCU, M. O., GHITA, C., POPESCU, CLAUDIA, Sistem expert pentru testarea și diagnoza echipamentelor de tracțiune electrice
- [3] IONESCU F., FLORICAU D., NITU S., FODOR D., ș.a. - Electronică de putere. Modelare și Simulare. București, Ed. Tehnică, 1997.
- [4] IONESCU F., FLORICAU D., NITU S., Electronica de putere. Convertoare statice, Editura Tehnica Bucuresti, 1998.
- [5] MOHAN N. - Power Electronics - Computer Simulation, Analysis, and Education Using PSpice. Minneapolis, 1992.
- [6] BENCHIMOL G., ș.a. - Sisteme expert în întreprindere, Ed. Tehnică, București, 1993.
- [7] SGÂRCIU V., CEAPĂRU M., Diagnoza produselor și sistemelor, MatrixRom, 2002.