



UNIVERSITATEA TEHNICĂ  
TIMIȘOARA

596.266  
219 D

Ing. STELIAN ALEXANDRU GAL

**PROTECȚIE DE DISTANȚĂ DIGITALĂ  
PENTRU SISTEMUL ELECTROENERGETIC**

**TEZĂ DE DOCTORAT**

BIBLIOTECA CENTRALĂ  
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"  
TIMIȘOARA

CONDUCATOR ȘTIINȚIFIC  
Prof. Dr. Ing. ALEXANDRU VASILIEVICI

TIMIȘOARA  
1994



Prezenta lucrare a fost elaborata in perioada 1990 - 1994, având la baza brevetul de inventie pentru o instalatie de protectie si automatizare pentru retelele electrice de inalta tensiune, brevet nr. 93989/31.10.1987, la care subsemnatul este coautor.

Pe parcursul elaborarii tezei, dificultatile inerente aparute, au putut fi depasite numai cu sprijinul competent al colegilor din FRE Sibiu si al colectivului catedrei de electroenergetica si cel al catedrei de protectii prin relee din UNIVERSITATEA TEHNICA TIMISOARA.

La reusita lucrarii a contribuit esential sprijinul stiintific si moral acordat de catre conducatorul stiintific prof. dr. ing. Alexandru Vasilevici.

Observatiile d-nei prof. dr. ing. Cornelia Ivascu in cadrul sedintelor de sustinere a referatelor de sinteza au contribuit la cristalizarea continutului final al tezei.

Definirea structurii hard si soft a protectiei de distanta digitale a fost posibila doar prin aportul colegilor din FRE Sibiu - ing. Florin Balasiu si ing. Traian Fagarasan, iar realizarea practica a protectiei se datoreaza colaborarii cu firma TELECOMM SRL - Bucuresti, d-lui ing. Gelu Leca si colegilor sai.

In sfârșit, dar nu in ultimul rând, rabdarea, sprijinul si intelegerea sotiei si fiului meu, mi-au permis finalizarea acestei lucrari.

Tuturor celor amintiti tin sa le multumesc si sa-mi exprim intreaga recunostinta pentru sprijinul acordat in perioada elaborarii lucrarii.

*ing. Stelian Gal*

## SUMAR

Lucrarea de fata "**Protectie de distanta digitala pentru sistemul electroenergetic**" reprezinta rezultatul cercetarii privind fundamentarea teoretica, realizarea practica precum si testarea caracteristicilor tehnice a unei protectii de distanta digitale, capabila a fi utilizata in procesul de reabilitare a instalatiilor de protectie a LEA de inalta tensiune ale Sistemului Energetic National.

Lucrarea debuteaza cu prezentarea obiectului si a oportunitatii tezei, evolutia tehnologiei releelor incepând cu cele electromecanice si terminând cu cele digitale precum si o analiza comparativa a caracteristicilor tehnice ale diferitelor generatii de rele de protectie.

In continuare, lucrarea cuprinde prezentarea generala a principiilor care stau la baza functionarii protectiei de distanta in executie electromecanica si statica, cu detalierea modului de alcatuire a protectiei de distanta digitale, a modului de determinare a impedantei liniei defecte, a sensului puterii in reseaua protejata si a caracteristicii de actionare.

Urmeaza descrierea de detaliu a fiecarui bloc functional din componenta protectiei de distanta digitale incepând cu echipamentul de achizitii date din proces, echipamentul de conversie date din proces, echipamentul de calcul si comanda in timp real si echipamentul de executie. Este prezentata dispozitia spatiala a diferitelor echipamente.

Partea de soft necesara protectiei de distanta prezinta structura generala a programelor protectiei de distanta digitale, algoritmul pentru fiecare nivel al programelor de calcul precum si programele de calcul pe fiecare nivel.

In vederea determinarii fiabilitatii protectiei de distanta digitale sunt prezentate marimile ce intervin in calculul fiabilitatii unei protectii de distanta, expresiile de calcul ale acestora precum si valorile calculate. De asemenea sunt prezentate rezultatele testarii fiabilitatii protectiei de distanta digitale pe simulator automat.

Rezultatele experimentale obtinute cu ocazia testarii protectiei de distanta digitale pe model electrodinamic de retea precum si ansamblul caracteristicilor tehnice ale protectiei de distanta digitale reprezinta confirmarea atingerii obiectivelor propuse.

In final sunt prezentate concluziile generale privitoare la lucrare, cu sublinierea contributiilor originale ale autorului.

De asemenea este prezentata bibliografia consultata in elaborarea lucrarii de fata precum si o lista cu studiile publicate in legatura cu teza.

# PROTECTIE DE DISTANTA DIGITALA PENTRU SISTEMUL ELECTROENERGETIC (PDD-01)

## CUPRINS

	Pagina
Cap. I. <u>INTRODUCERE</u>	1.1
1.1    Obiectul si oportunitatea tezei	1.2
1.2    Cicluri de inovare in tehnologia releelor de protectie	1.2
1.3    Caracteristici ale diferitelor generatii de relee de protectie	1.4
Cap II. <u>PRINCIPII DE FUNCTIONARE ALE PROTECTIEI               DE DISTANTA</u>	2.1
2.1    Generalitati	2.2
2.2    Protectia de distanta in executie electromecanica	2.8
2.3    Protectia de distanta in executie statica	2.16
2.4    Protectia de distanta in executie digitala (PDD-01)	2.20
2.4.1    Descriere generala	2.20
2.4.2    Modul de determinare a impedantei liniei defecte	2.22
2.4.3    Modul de determinare a sensului puterii in retea protejata	2.31
2.4.4    Caracteristica de actionare	2.33
Cap III. <u>ARHITECTURA PROTECTIEI DE DISTANTA               DIGITALE PDD-01. STRUCTURA HARD</u>	3.1
3.1    Date introductive	3.2
3.2    Echipamente de achizitie date din proces	3.4
3.2.1    Bloc intrare curenti (LEM)	3.4
3.2.2    Bloc intrare tensiuni (TR-U/U)	3.6
3.2.3    Bloc intrari numerice (IN)	3.8
3.2.4    Bloc distribuie date (MUX)	3.10

3.2.4	Bloc distribuire date (MUX)	3.10
3.3	Echipament de conversie date din proces (CAN)	3.11
3.4	Echipament de calcul si comanda in timp real	3.15
3.5	Echipament de executie	3.17
3.6	Dispozitia echipamentelor	3.19
Cap. IV	<u>ALGORITME SI PROGRAME AFERENTE PROTECTIEI DE DISTANTA DIGITALE</u>	4.1
4.1	Descriere generala a structurii programelor protectiei de distanza digitale	4.2
4.2	Algoritmul si programul de pregatire date disponibile (Nivel 0)	4.5
4.3	Algoritmul si programul de analiza date disponibile (Nivel 1)	4.7
4.4	Algoritmul si programul principal (Nivel 2)	4.10
Cap. V	<u>FIABILITATEA PROTECTIEI DE DISTANTA DIGITALE</u>	5.1
5.1	Definirea marimilor ce intervin in calculul fiabilitatii protectiei de distanta.	5.2
5.2	Calculul indicatorilor de siguranta ai protectiei de distanta digitale PDD-01.	5.3
5.3	Testarea fiabilitatii protectiei de distanta digitale cu ajutorul simulatorului automat.	5.10
Cap. VI.	<u>DATE EXPERIMENTALE DE LABORATOR PRIVIND CARACTERISTICILE TEHNICE ALE PROTECTIEI DE DISTANTA DIGITALE PDD-01.</u>	6.1
6.1	Descriere model electrodinamic de retea pentru verificarea protectiei de distanta.	6.2
6.2	Date experimentale de laborator pe model electrodinamic de retea.	6.4
6.3	Caracteristici tehnice PDD-01	6.11
Cap. VII.	<u>CONCLUZII</u>	7.1
Cap. VIII.	<u>BIBLIOGRAFIE</u>	8.1
8.1	A - Carti, manuale, tratate.	8.2
8.2	B - Articole din reviste, prescriptii.	8.5

Cap. IX.	<u>STUDII PUBLICATE IN LEGATURA CU TEZA DE DOCTORAT.</u>	9.1
Cap. X.	<u>DESPRE AUTOR.</u>	10.1

---

# CAPITOLUL 1

---

## INTRODUCERE

### ***1.1 OBIECTUL SI OPORTUNITATEA TEZEI***

Lucrarea de fata prezinta conceptia precum si modul de realizare a unei **PROTECTII DE DISTANTA DIGITALE**, care constituie obiectul brevetului de inventie NR. 93989/31.10.987 anexat in copie.

Caracteristicile tehnice ale prototipului protectiei de distanta digitale prezentate , ca si considerente de ordin economic, impun aceasta realizare ca o varianta in ampla actiune de retehnologizare a instalatiilor energetice romanesti, in speta a instalatiilor de protectie in retelele de inalta tensiune.

De aceea, lucrarea de fata are drept scop sa contribuie la fundamentarea teoretica si practica in realizarea unei protectii de distanta performante, bazata pe tehnica digitala, cu caracteristici tehnice care sa asigure functionarea in conditii de maxima siguranta a sistemului energetic national.

Aceasta contributie se materializeaza prin:

- dezvoltarea bazei matematice a determinarii impedantei liniei defecte.
- conceptia unei arhitecturi hard originale si moderne a protectiei de distanta digitale.
- conceptia unui algoritm propriu de functionare a protectiei de distanta digitale, structurat pe trei nivele.
- analiza teoretica a fiabilitatii protectiei de distanta digitale.
- testarea fiabilitatii protectiei de distanta digitale pe simulator automat.
- realizarea practica hard si soft a protectiei de distanta digitale propuse.

### ***1.2 CICLURI DE INOVARE IN TEHNOLOGIA RELEELOR DE PROTECTIE***

Inceputul secolului 20 a marcat si utilizarea primelor relee, relee de tip electromecanic, ca mijloc de protectie a retelelor electrice.



Dezvoltarea retelelor electrice, marcata prin cresterea valorilor nominale ale tensiunilor si curentilor, cit si cresterea gradului de buclare si interconectare a lor, a condus, in jurul anilor '30, la conceperea si utilizarea releelor de inductie, care prezentau o imbunatatire a sensibilitatii precum si posibilitatea obtinerii de noi caracteristici de actionare.

Anii '50 marcheaza aparitia releelor mixte, electromecanice-statice, avind anumite elemente ale releelor clasice inlocuite cu componente electronice. Acest tip de releee este premergator releelor electronice (statice), care se vor dezvolta incepind cu anul 1970, conferind drept avantaje:

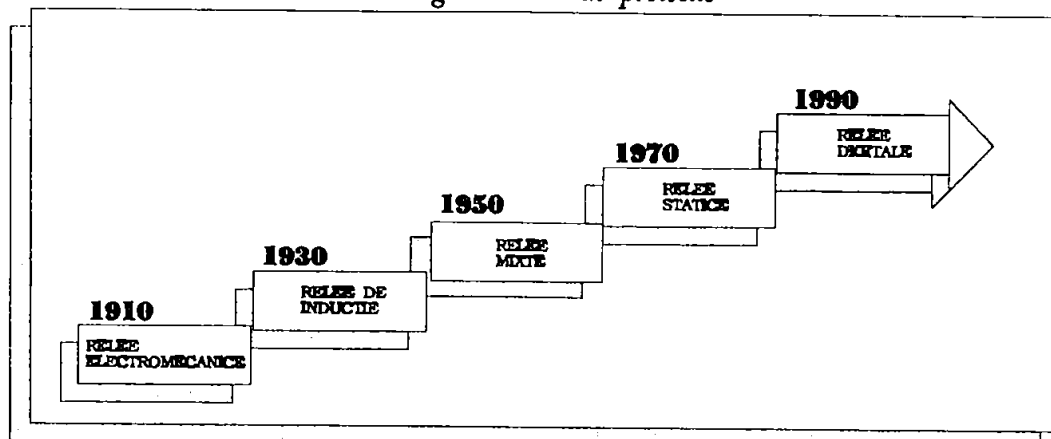
- \*sensibilitate marita;
- \*viteza de actionare sporita;
- \*mentenanta superioara.

Un salt calitativ esential in domeniul tehnologiei releelor de protectie este marcat in anii 1990 prin dezvoltarea releelor digitale, care permit:

- \*noi principii de masura a marimilor de intrare;
- \*functiuni multiple;
- \*comunicatie inteligenta;
- \*autodepanare;
- \*caracteristici de actionare dupa necesitate;
- \*reglaje operative.

Fig. 1.2.1 [B40] prezinta ciclurile de inovare in tehnologia releelor de protectie. Aceste cicluri de inovare sint ilustrate si in evolutia productiei releelor in decursul anilor pe plan mondial conform fig. 1.2.2. [B40]

*Cicluri de inovare in tehnologia releelor de protectie*



*fig. 1.2.1*

Cronologic, primul tip de protectie de distanta utilizat in protejarea retelelor electrice este protectia de distanta alcatuita din relee electromecanice.

Elementul principal in cadrul unui relee de distanta este reprezentat de elementul de masura a impedantei. Daca la primele tipuri de relee de distanta se utilizau elemente electromagnetice de masura a impedantei, continuând cu cele de inductie cu disc sau rotor cilindric, ajungându-se la masurarea impedantei in anii '70 cu elemente statice, cu componente electronice.

Dupa 1985, determinarea impedantei in releele de distanta moderne, se realizeaza in tehnologie digitala.

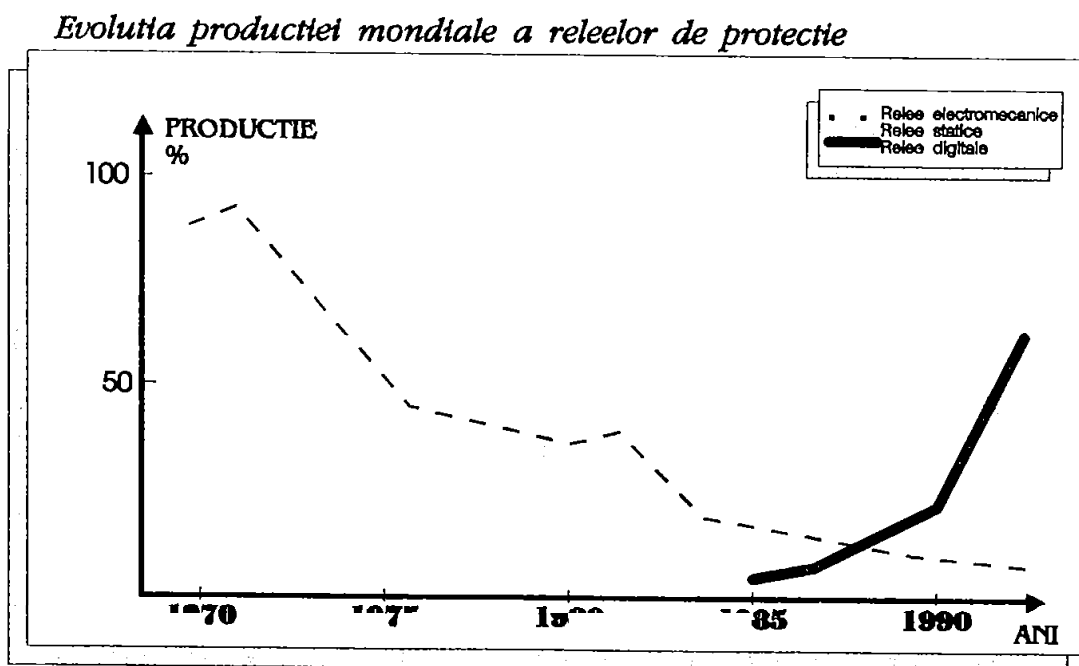


fig. 1.2.2

### 1.3 CARACTERISTICI ALE DIFERITELOR GENERATII DE RELEE DE PROTECTIE

Compararea caracteristicilor generatiilor de relee de protectie, subliniaza evolutia acestora, indicind totodata superioritatea releelor digitale.

Caracteristicile care se vor detalia se refera la:

\*principii de masurare (Tab. 1.3.1) [B41]

- \*elemente de reglaj (Tab. 1.3.2) [B41]
- \*functiuni (Tab. 1.3.3) [B41]
- \*marimi de intrare (Tab. 1.3.4) [B41]
- \*marimi de iesire (Tab. 1.3.5) [B41]
- \*aspecte calitative (Tab. 1.3.6) [B41]

tab 1.3.1

<i>Principii de masurare</i>	RELEU ELECTROMECHANIC	RELEU STATIC	RELEU DIGITAL
SENZOR DE MASURA	Releu de masura	Amplificator operational	Microprocesor
PRINCIPIU DE MASURA	Comparare cu referinta electrica	Comparare cu referinta electrica	Calcul digital/ comparare cu parametru digital
ELEMENT DE TIMP	Releu electromecanic de timp	Electronic	Ceas digital

tab 1.3.2

<i>Elemente de reglaj</i>	RELEU ELECTROMECHANIC	RELEU STATIC	RELEU DIGITAL
A ZONELOR	* fise	* fise	* consola * PC *LAPTOP
A TIMPULUI	*comutator	*comutator	* consola * PC * LAPTOP
ADAPTARE LA SISTEMUL DE PUTERE	* fise	* comutator	* consola * PC * LAPTOP

tab 1.3.3

<i>Funcțiuni</i>	RELEU ELECTRO-MECANIC	RELEU STATIC	RELEU DIGITAL
CARACTERISTICI ALE ZONELOR	3 zone	3 zone (din care o zona de directie inversa) plus 1 zona prelungire treapta	3 zone (din care o zona de directie inversa) plus 2 zone prelungire treapta
ELEMENT DE TIMP	3 elemente de timp pentru zone 1 element de timp demaraj	3 elemente de timp pentru zone 1 element de timp demaraj (directionat sau nedirectionat)	3 elemente de timp pentru zone 2 elemente de timp pentru prot. treapta 2 elemente de timp pentru demaraj
CICLU RAR	releu separat	releu separat	integrat
LOCALIZARE DEFECT	releu separat	releu separat	integrat
PROTOCOL DE EVENIMENTE	---	---	integrat
INREGISTRARE DEFECTE	---	---	integrat 1 inregistrare =100mS

tab. 1.3.4

<i>Marime de intrare</i>	RELEU ELECTROMECHANIC	RELEU STATIC	RELEU DIGITAL
CURRENT	J <sub>R</sub> ; J <sub>S</sub> ; (J <sub>N</sub> ); J <sub>T</sub>	J <sub>R</sub> ; J <sub>S</sub> ; (J <sub>N</sub> ); J <sub>T</sub>	J <sub>R</sub> ; J <sub>S</sub> ; J <sub>T</sub> ; J <sub>N</sub>
TENSIUNE	U <sub>R</sub> ; U <sub>S</sub> ; U <sub>T</sub>	U <sub>R</sub> ; U <sub>S</sub> ; U <sub>T</sub>	U <sub>R</sub> ; U <sub>S</sub> ; U <sub>T</sub>
ALIMENTARE	c.c.	c.c.	c.c.

tab 1.3.5

<i>Marimi de iesire</i>	RELEU ELECTROMECHANIC	RELEU STATIC	RELEU DIGITAL
COMENZI	contacte de mica putere - necesare relee aditionale	contacte de putere	contacte de putere
SEMNALIZARE	* stegulet * clapeta cazatoare	LED	LED Afisor LCD
INTERFATA SERIALA	---	---	cca. 40 indicatii

tab. 1.3.6

<i>Aspecte calitative</i>	RELEU ELECTROMECHANIC	RELEU STATIC	RELEU DIGITAL
TESTARE	teste functionale cu verificarea reglajelor	teste functionale cu verificarea reglajelor	autotest
MENTENANTA	Necesar rutine de mentenanta	Nu sunt absolut necesare rutine de mentenanta	Fara mentenanta
DISPONIBILITATEA DEPINDE DE:	ciclurile de verificare si de mentenanta	calitatea procedurilor de testare	autotestare
RAPIDITATE Timp propriu zona	0,1 sec	70 - 80 ms	30 - 40 ms

# ROMANIA

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENT SI MARC

## Certificat de Inventator

inregistrat la Oficiul de Stat pentru Invent si Marc, ING. GAL STELIAN  
ALEXANDRU IULIU, ING. BALASIN FLORIN GRIGORE, CRIGANUTA  
VALENTIN, ING. CIVA, CONSTANTIN AUREL, România

pentru invenția intitulată "Instalație de protecție și  
sistem de control pentru instalațiile electrice de înaltă tensiune"

conform desenelor și desinelor alăturate, formind obiectul cererii  
de brevet de invenție nr. 122572 din 14.03.1986, ora 10,15  
cu prioritate de la 03.03.1986.

pentru care s-a înregistrat la Oficiul de Stat pentru Invent și Marc  
Societatea de Servicii Energetice și Instalații Energetice  
de Distribuție și Producție Electrice și Termice, Sibiu,

brevet nr. 122572 din 31.10.1987

Pentru posesorul certificatului de inventator se recunoaște  
inventatorului și autorului acestor invenții cu toate drepturile  
ce decurg din invenția înregistrată, în baza legii nr. 62/1974.



---

## **CAPITOLUL 2**

---

### **PRINCIPII DE FUNCTIONARE ALE PROTECTIEI DE DISTANTA**

## 2.1. GENERALITATI

### 2.1.1. Principiul de functionare a protectiei de distanta

In retelele de inalta tensiune protectia de distanta reprezinta protectia de baza a liniilor electrice aeriene impotriva tuturor tipurilor de scurtcircuite.

Cele mai importante calitati ale protectiei de distanta sunt :

- \* selectivitatea
- \* independenta actionarii de configuratia retelei
- \* declansari in timpi mici ( 0,02 - 0,1 s) functie de tipul releului in caz de scurtcircuit pe portiunea protejata.
- \* protejarea cu timpii treptelor de rezerva ( treapta II , III , IV ) a statiilor si liniilor vecine care alimenteaza defectul.
- \* nu depinde de legaturi prin cablu fir pilot intre statii.

Protectia de distanta comanda declansarea intreruptorului liniei protejate cu o temporizare care este cu atat mai mare cu cat distanta pana la locul defectului este mare , dupa o caracteristica timp - impedanta in trepte , care permite o judicioasa esalonare a caracteristicilor protectiilor diferitelor linii dintr-o retea .( fig. 2.1.1.) [A11]

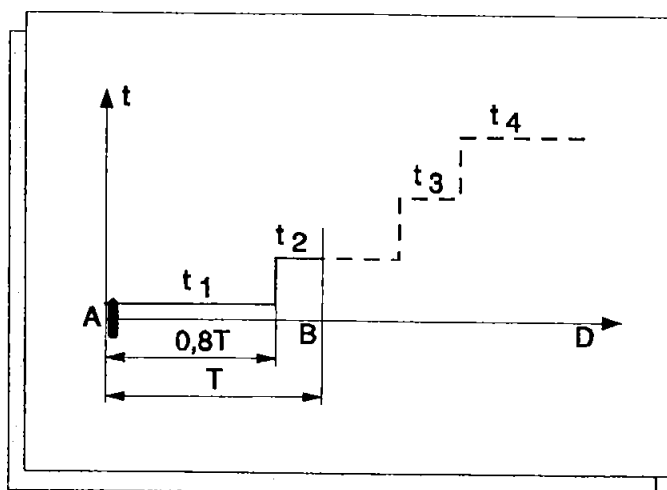


fig. 2.1.1



Deoarece in cazul retelelor alimentate din ambele capete sau a retelelor "inel" alimentate unilateral , doar masurarea distantei pana la locul de defect nu este suficienta , pentru declansarea selectiva , se utilizeaza drept criteriu de declansare suplimentar , sensul de circulatie al puterii spre defect.

Declansarea va fi permisa numai atunci cand puterea de scurtcircuit are sensul de circulatie de la bara statiei spre linia protejata .

In cazul unui defect pe una din linii , relele de distanta de la cele doua capete actioneaza , declansand rapid intreruptoarele liniei defecte , inaintea celor ale liniilor adiacente . ( fig.2.1.2. ) [A11]

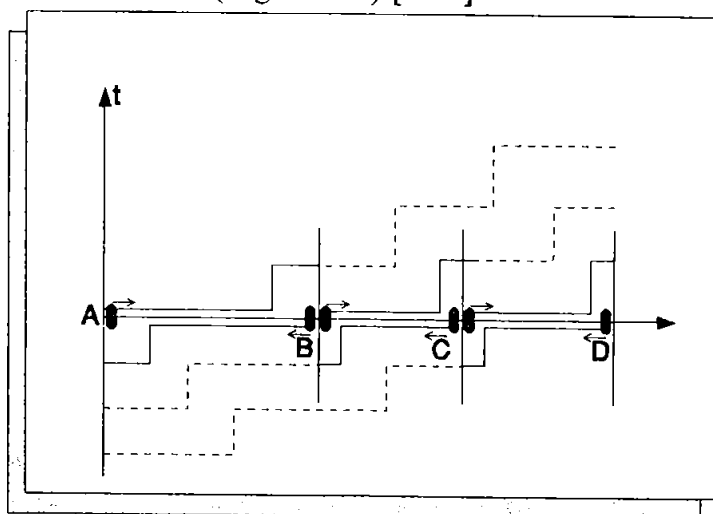


fig. 2.1.2

### 2.1.2. Schema bloc si elementele componente ale protectiei de distanta .

In figura 2.1.3. este indicata schema bloc a unei protectii de distanta [A11]. Elementele de demaraj , montate pe fiecare faza , au rolul de a constata daca si intre ce faze exista un scurtcircuit . Ele pot fi rele maximale de curent sau rele de minima impedanta . Prin intermediul elementelor de selectare se transmit , in functie de natura defectului tensiunile si curentii necesari elementului de masura .

Elementul de masura a impedantei stabileste valoarea impedantei pana la locul de defect (aceasta putind fi mai mica sau mai mare decit o valoare reglata), in functie de aceasta valoare comandand declansarea elementului de executie (intreruptorul). Elementul directiona (care poate fi inclus in elementul de masura) este necesar distingierii directiei de circulatie a puterii

in cazul unui defect , nepermitand declansarea in cazul unor defecte apropiate , dar situate pe linii vecine cu linia protejata .

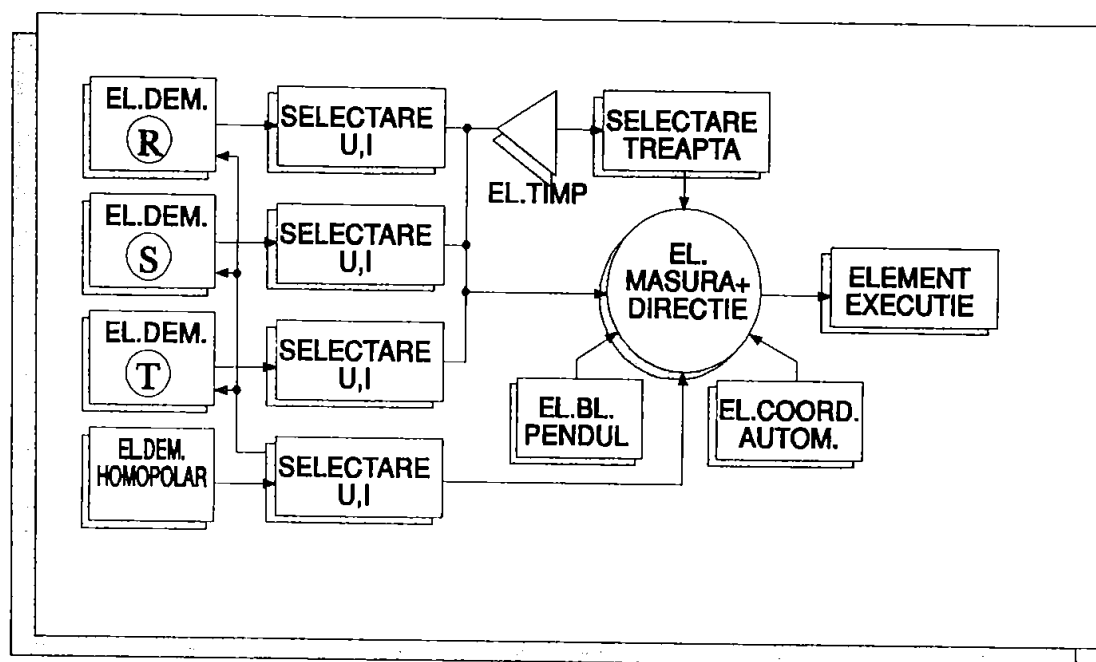


fig. 2.1.3

Odata cu alimentarea elementului de masura se excita si un element de timp . Elementul de masura este astfel capabil sa constate , daca scurtcircuitul se afla in treapta I , si in acest caz emite impuls de declansare intreruptorului .

In caz ca scurtcircuitul se afla in afara treptei I , dupa scurgerea timpului reglat corespunzator distantei pana la locul de defect se alimenteaza organul de masura care va emite temporizat impulsul de declansare .

Elementul homopolar permite sesizarea scurtcircuitelor cu pamant asigurand alimentarea elementelor de demaraj si masura cu marimile de defect .

Elementul de blocaj la pendulatii asigura sesizarea pendulatiilor in retea si blocarea actionarii releului de distanta in acest caz . Protectia de distanta este prevazuta si cu elemente de coordonare cu diferite automatizari utilizate in sistemul energetic (RAR , teleprotectie , prelungirea treptei I-a , etc).

### 2.1.3. Modul de actionare a protectiei de distanta

Procesul de declansare prin actiunea releului de distanta este evidentiat in planul R-jx conform fig. 2.1.4. [B4]

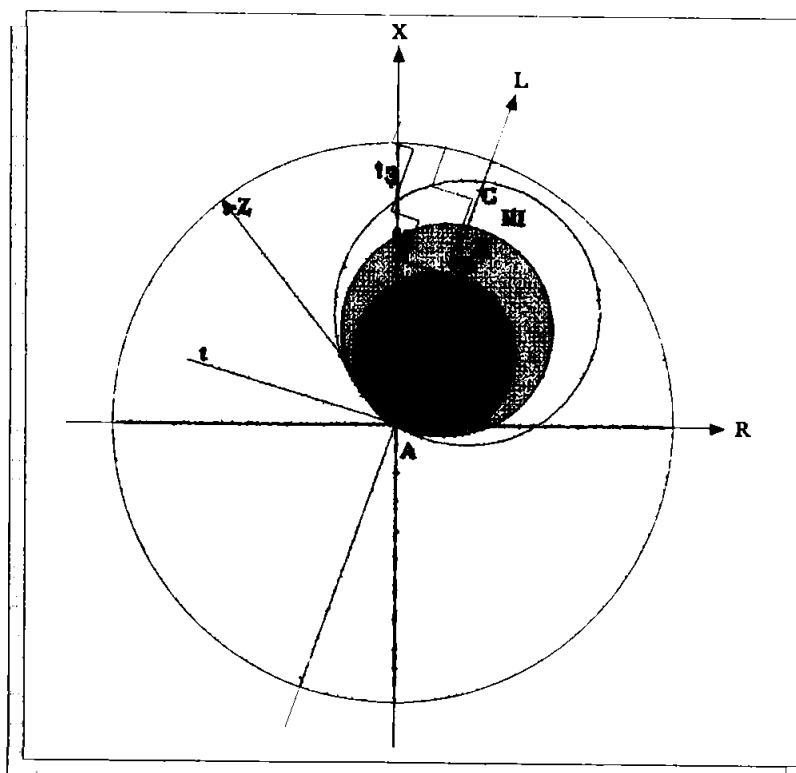


fig. 2.1.4

Pozitia fazorului impedantei fiecarei linii electrice in plan este data in cazul unui scurt circuit prin unghiul  $\varphi_c$ .

Originea axelor reprezinta totodata si locul de montaj al releului de distanta care protejeaza linia A-B.

In cazul de defect in zona protejata de releul de distanta, acesta intra in functiune prin elementul de pornire sau demaraj (releu de impedanta minima).

Domeniul de declansare al releului de minima impedanta este un cerc cu raza egala cu impedanta reglata  $Z$ , având centrul in locul de montaj al releului sau având centrul deplasat pe o axa ce face un unghi  $\varphi$  cu axa R. In primul caz, pentru orice impedanta masurata pana la locul defectului, mai mica in valoare absoluta decat  $Z$ , releul comanda pornirea nedirectionata a

elementului de masura al releului de distanta , iar pentru orice impedanta mai mare decat  $Z$  , declansarea este blocata .

Elementul de masura a impedantei este pornit de catre elementele de demaraj corespunzatoare fazei afectate de defect si permite declansarea rapida a intreruptorului propriu , daca defectul se afla in prima treapta (intre A si X , adica 80% din lungimea liniei AB). Restul de 20% al portiunii AB este protejat de treapta a doua ( $t_2$ ).

Defectele pe portiunea BC vor fi eliminate de catre releul de distanta din statia B , iar in caz de nefunctionare a acestuia , releul de distanta din A intervine eliminand defectul in trepte superioare, ca protectie de rezerva.

Un defect "in spate" poate fi sesizat de elementul de masura in functie de marimea si forma caracteristicii , dar elementul de directie nu permite declansarea decat in treapta nedirectionata.

#### 2.1.4. Schema de legare a releului de distanta in instalatia primara

In fig. 2.1.5 [A11] este indicat modul de racordare a releului de distanta in instalatia primara . Semnificatia simbolurilor din aceasta schema este urmatoarea :

- \* I - intreruptorul celulei de inalta tensiune
- \* BD - bobina de declansare a intreruptorului
- \* TC - transformator de curent din celula de inalta tensiune
- \* TT - transformator de tensiune din celula de inalta tensiune
- \*USOL - intreruptor automat cu protectie inclusa pentru circuitele de tensiune.

#### 2.1.5. Clasificarea releelor de distanta

Dupa criteriul constructiv.

Din punct de vedere constructiv releele de distanta se clasifica astfel:

- \* in executie electromecanica
- \* in executie statica
- \* in executie digitala

Dupa numarul elementelor de masura:

\* Relee de distanta cu un singur element de masura (pentru toate tipurile de defect).

\* Relee de distanta cu mai multe elemente de masura.

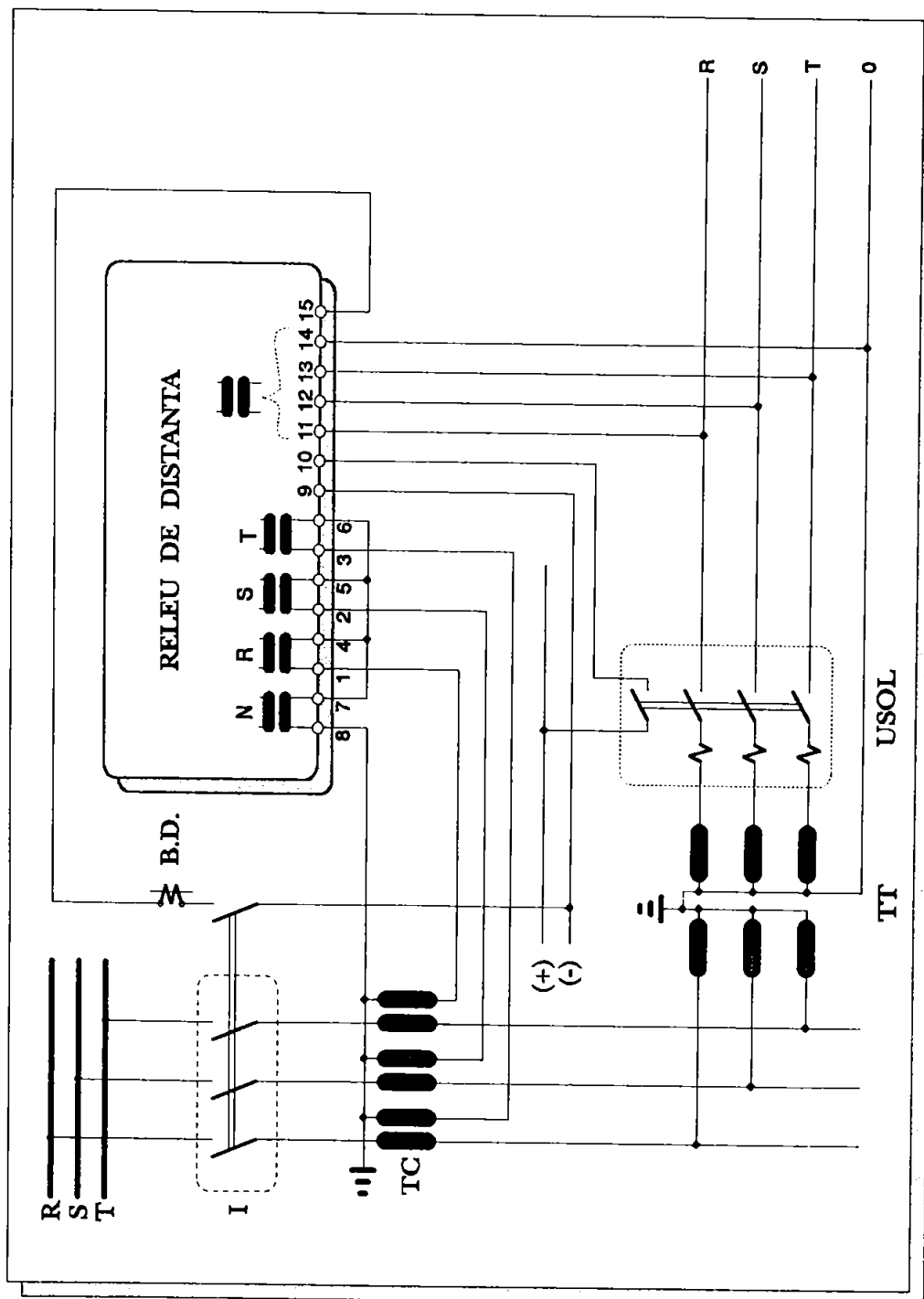


fig. 2.1.5

## 2.2. Protectia de distanta in executie electromecanica

Cronologic, primul tip de protectie de distanta utilizat in protejarea retelelor electrice este protectia de distanta alcatuita din relee electromecanice.

Elementul principal in cadrul unui releu de distanta este reprezentat de elementul de masura a impedantei.

Din punct de vedere al principiului constructiv, elementele de masura a impedantei pot fi :

- de tip electromagnetic (balanta electromagnetica)
- de inductie cu disc sau rotor cilindric
- relee de constructie speciala la care marimile sunt aduse la acesta dupa o prealabila redresare (balanta electrica)

### 2.2.1. Principiul de functionare al releului "balanta electromagnetica"

Elementul de masura a impedantei este alcatuit din doua relee electromagnetice avand armaturile mobile fixate fiecare la capatul unei parghii ce se roteste in jurul unui ax. Unul dintre relee este alimentat cu curentul secundar al liniei protejate iar celalalt cu tensiune secundara de la transformatoarele de tensiune montate pe linie.

Asupra parghiei actioneaza doua cupluri  $M_i$  si  $M_u$ , de sens opus, create de bobina de curent respectiv de bobina de tensiune. Expresiile cuplurilor sunt :

$$M_i = k_i * i^2$$

$$M_u = k_u * u^2$$

Tinand seama ca :

$$i = n_i * I$$

$$u = n_u * U$$

si inlocuind "i" si "u" in ecuatiile de mai sus, expresiile cuplurilor devin :

$$M_i = k_i * n_i^2 * I^2 \quad (2.1)$$

$$M_u = k_u * n_u^2 * U^2$$

Inchiderea contactelor si deci declansarea intreruptorului liniei protejate se produce cand :

$$M_i > M_u$$

$$k_i \cdot n_i \cdot I^2 > k_u \cdot k_u \cdot U^2$$

$$\frac{U}{I} < \sqrt{\frac{k_i \cdot n_i^2}{k_u \cdot n_u^2}}$$

Notand :

$$\sqrt{\frac{k_i \cdot n_i^2}{k_u \cdot n_u^2}} = 2 \cdot Z_r$$

se poate scrie conditia de declansare astfel :

$$\frac{U}{I} < 2 \cdot Z_r \quad (2.2)$$

$U/I$  reprezinta impedanta buclei de scurtcircuit respectiv dublul impedantei pe faza a liniei, pana la locul de defect.

Impedanta liniei fiind proportionala cu lungimea ei, raportul  $U / I$  este o masura a distantei de la locul de instalare a elementului de masura pana la locul de defect .

Daca :

$$\frac{U}{I} = 2 \cdot Z_L$$

Conditia de declansare ( 2.2 ) devine :

$$Z_L < Z_r \quad (2.3)$$

Deci, pentru orice scurtcircuit produs pe linia L, la o distanta pentru care impedanta este mai mica decat o valoare reglabila  $Z_r$ , releul isi inchide contactele comandand declansarea.

Relele de impedanta compara impedanta liniei, pana la locul de defect, cu o impedanta reglata, comandand declansarea in cazul ca impedanta masurata scade sub acesta valoare.

### 2.2.2. Releul de impedanta de inductie

#### *Releul de impedanta de inductie cu disc*

Discul mobil este supus cuplurilor produse de doua sisteme de inductie prevazute cu spira in scurtcircuit. Bobina sistemului A este alimentata de la transformatorul de curent al liniei protejate iar bobina sistemului B de la transformatoarele de tensiune montate pe linie. Cuplul  $M_i$  tinde sa inchida contactele releului iar cuplul  $M_u$  actioneaza in sens contrar.

Releul functioneaza similar cu cel electromagnetic intrucat cuplurile vor fi proportionale cu patratul curenților din bobinele respective.

Crestaturile practicate in disc au rolul de a impiedica influenta reciproca dintre curenții turbionari indusi in disc de cele doua sisteme magnetice.

In cazul cand asupra discului actioneaza si un al treilea sistem de inductie similar cu cel din cazul releelor de putere cuplurile produse de cele trei sisteme sunt :

$$M_p = k_p * U * I * \cos(\varphi + \alpha)$$

$$M_i = k_i * I^2$$

$$M_u = k_u * U^2$$

la care se mai adauga cuplul rezistent  $M_r$  produs de resortul antagonist.

Sensurile cuplurilor in regim normal de functionare vor satisface inegalitatea :

$$M_r + M_u > M_i + M_p \quad ( 2.4 )$$

In cazul unui scurtcircuit pe linia protejata, intensitatea curentului creste brusc, tensiunea scade iar inegalitatea (4) devine :

$$M_r + M_u < M_i + M_p$$

releul inchizindu-si contactul.

$M_r$  va fi neglijabil in comparatie cu  $M_u$  , ecuatia de actionare a releului va fi

$$M_u = M_p + M_i \quad ( 2.5 )$$

$$k_u * U^2 - k_p * U * I * \cos(\varphi + \alpha) = k_i * I^2$$



$$Z^2 - 2 * R_0 * Z * \cos(\varphi + \alpha) + R_0^2 = R^2 \quad (2.6)$$

Ecuatia (6) reprezinta un cerc de raza R cu originea în punctul  $O_1$  (fig.2.2.1).

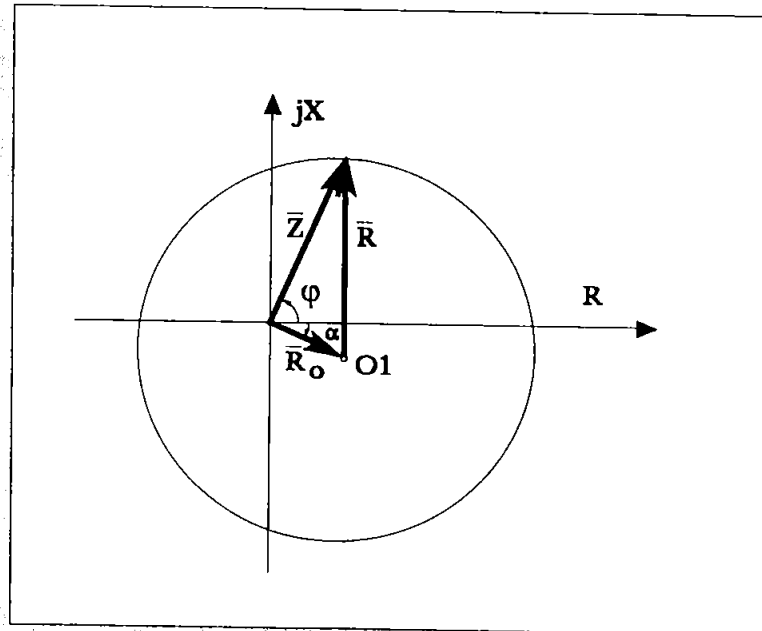


fig. 2.2.1

Releul descris este în același timp direcțional, în sensul că ecuația de funcționare se obține doar pentru valori pozitive ale momentului  $\underline{M}_p$ , pentru

$$-\frac{\pi}{2} < \varphi + \alpha < \frac{\pi}{2}$$

Releul nu acționează pentru  $M_p < 0$

### Releu de impedanță de inducție cu rotor cilindric

Considerațiile teoretice aferente releelor de impedanță de inducție cu disc expuse anterior, își găsesc valabilitatea și în cazul releului cu rotor cilindric

2.2.3. Principiul de functionare al releului "balanta electrica"

In fig.2.2.2 este reprezentata principal alcatuirea unui element de masura a impedantei tip "balanta electrica" [A11].

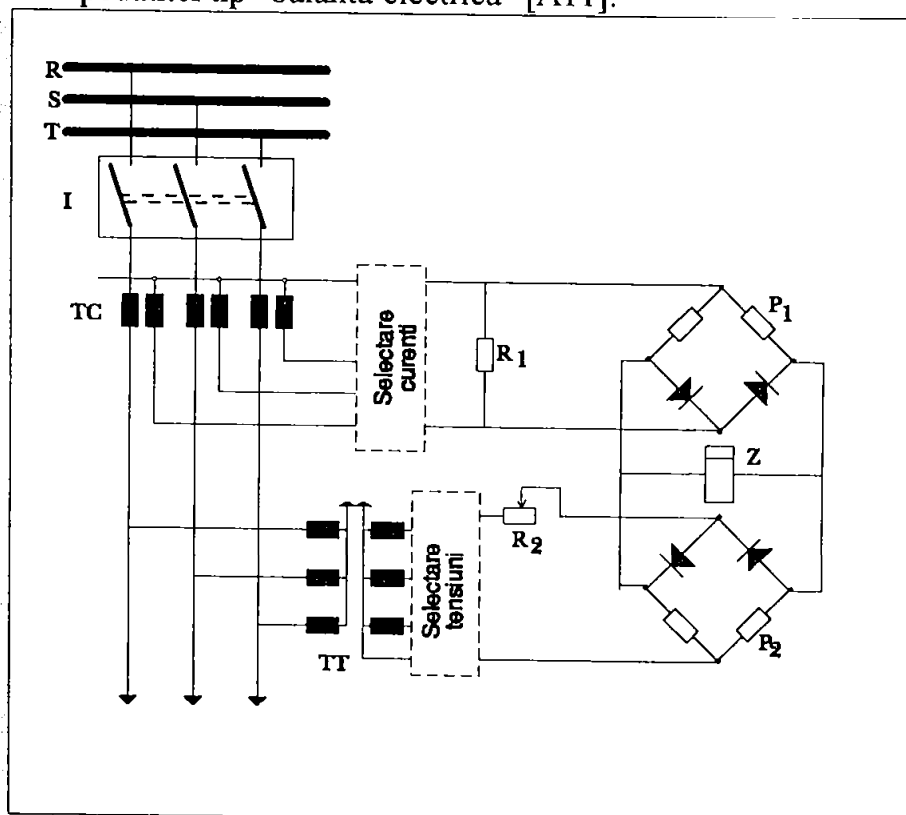


fig. 2.2.2

Tensiunea si curentul utilizate pentru excitarea releului sunt in prealabil redresate, solutie care elimina influenta defazajului dintre curent-tensiune asupra masurii impedantei permitand totodata folosirea releelor de curent continuu (cu relee polarizate).

Tinand seama ca  $i_i$  si  $i_u$  sunt proportionale cu modulele vectorilor I si U, conditia de actionare a releului va fi :

$$k_i * |I| > k_u * |U|$$

$$|Z_L| < k$$

Conditia de actionare este ca impedanta masurata de la locul de montare a releului pana la locul de defect sa fie mai mica decat o valoare data.

#### 2.2.4. Caracteristici de actionare ale releelor de impedanta

Caracteristica de actionare a releelor de impedanta se traseaza in planul complex  $R - jX$  si reprezinta un cerc cu centrul in origine si raza egala cu impedanta reglata ( $Z_r$ ). Impedantele reprezentate prin vectori cu varful in interiorul cercului, determina declansarea iar cele reprezentate prin vectori cu varful in exteriorul acestuia nu determina declansarea.

In fig.2.2.3. este indicata caracteristica de actionare a unui releu de impedanta [A2].

Impedanta buclei de scurtcircuit intre locul de instalare a releului si locul defectului, in cazul scurtcircuitelor nete, este strict proportionala cu aceasta distanta. Majoritatea scurtcircuitelor sunt insa prin arc electric, a carui rezistenta influenteaza masura acestei impedante, avand ca efect o micșorare a zonei de actionare a releului de impedanta.

Eliminarea acestui neajuns se realizeaza prin rele de impedanta mixta conform fig.2.2.4 [A2].

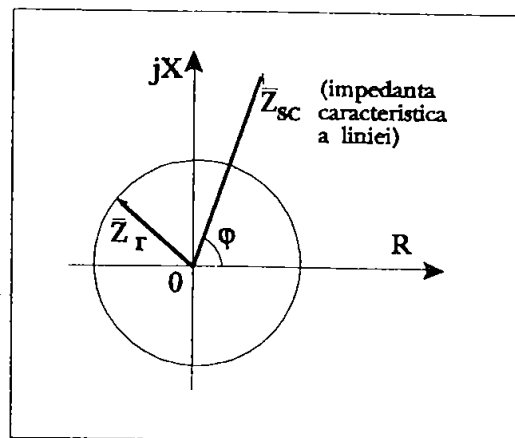


fig. 2.2.3

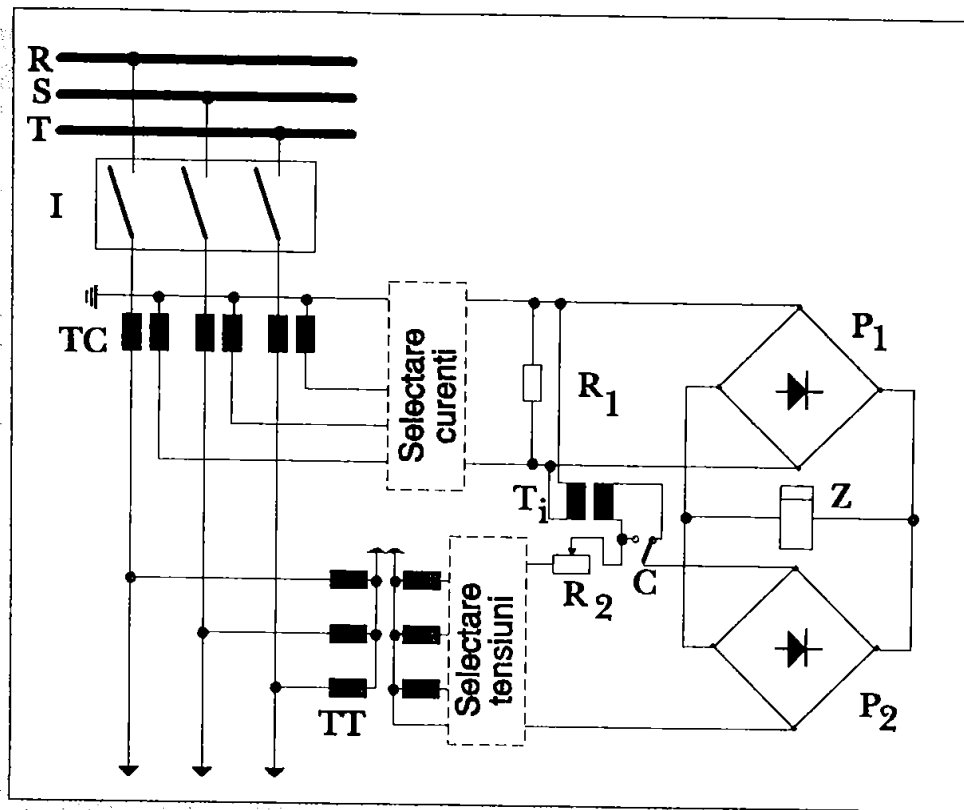


fig. 2.2.4

In acest caz :

$$i_u = |k_1 * U - k_2 * I|$$

iar conditia de actionare devine :

$$|k_1 * U - k_2 * I| < k' * I$$

Caracteristica de actionare este un cerc de raza  $\rho$  , cu centrul situat pe axa R la o distanta egala cu  $k_2 / k_1$  fata de origine (fig.2.2.5) avand raza si deplasarea cercului reglabile [A11].

Asemnator se poate obtine o caracteristica de actionare-cerc cu centrul deplasat in  $O_2$  de coordonate  $(R_2, X_2)$  (fig.2.2.6a) ; doua cercuri deplasate (fig.2.2.6b) , elipsa (fig.2.2.6c) etc. [A11]

PROTECTIE DE DISTANTA DIGITALA - PRINCIPIU DE FUNCTIONARE

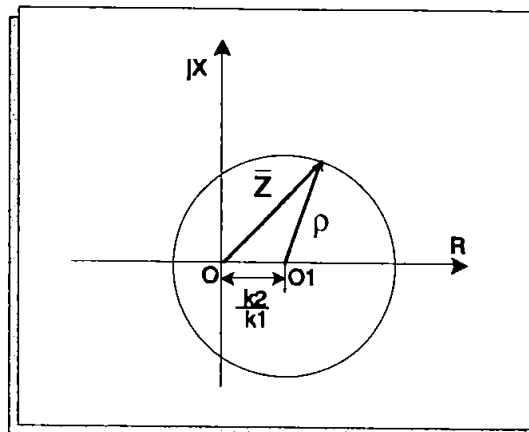


fig. 2.2.5

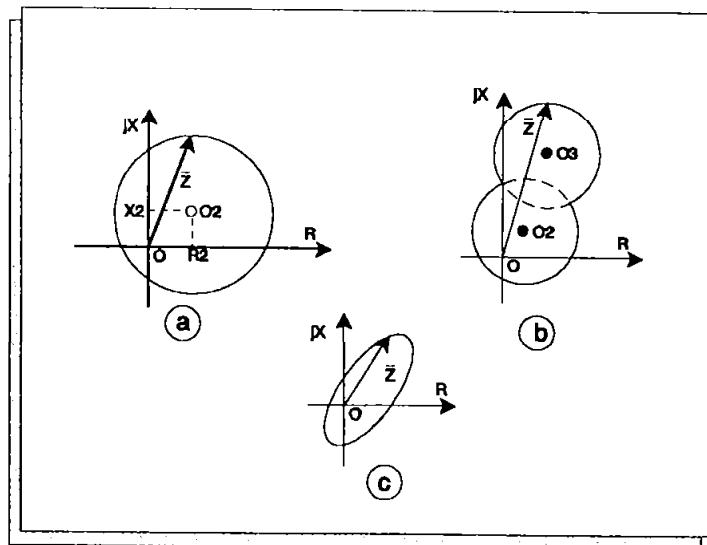


fig. 2.2.6

Avantajele unor astfel de diagrame rezida din faptul ca impedanta de actionare variaza cu unghiul ei obtinandu-se protectii foarte sensibile la defecte (pentru unghiuri mari) permitand in acelasi timp vehicularea unor puteri mari pe linia protejata.

### ***2.3. Protectia de distanta in executie statica.***

Principiul releelor electromecanice, odata cu dezvoltarea electronicii, a fost inlocuit cu principiul de functionare statice ale releelor de protectie.

Prin releu de protectie static se intelege in general un releu la care masura marimii variabile se efectueaza cu elemente care nu se afla in miscare, deci elemente statice, in speta componente electronice.

#### **2.3.1. Avantaje ale releelor statice - fata de cele electromecanice**

- \* fiabilitate - crescuta datorita lipsei frecarii in lagare, lipsa vibratiilor, lipsa probleme de contacte.
- \* rapiditate - releele statice permitand timpi de declansare sub o semiperioada.
- \* sensibilitate - crescuta in special datorita unui consum propriu redus, incarcare mica a reductoarelor de curent si tensiune.
- \* obtinerea unor caracteristici de functionare nerealizabile cu relele electromecanice.
- \* reducerea de volum - a instalatiilor

#### **2.3.2. Principiul constructiv al releelor de distanta statice**

In principiu releele de protectie reprezinta convertoare analog-numeric cu functiuni de masura.

Marimile electrice de masura, ca tensiune, curent, defazaj precum si marimile derivate din acestea apar ca semnale analogice la intrarea in organul de masura.

La iesire apare intotdeauna un semnal binar "0" cand releul nu emite impuls de deconectare si "1" cand acesta emite impuls de deconectare.

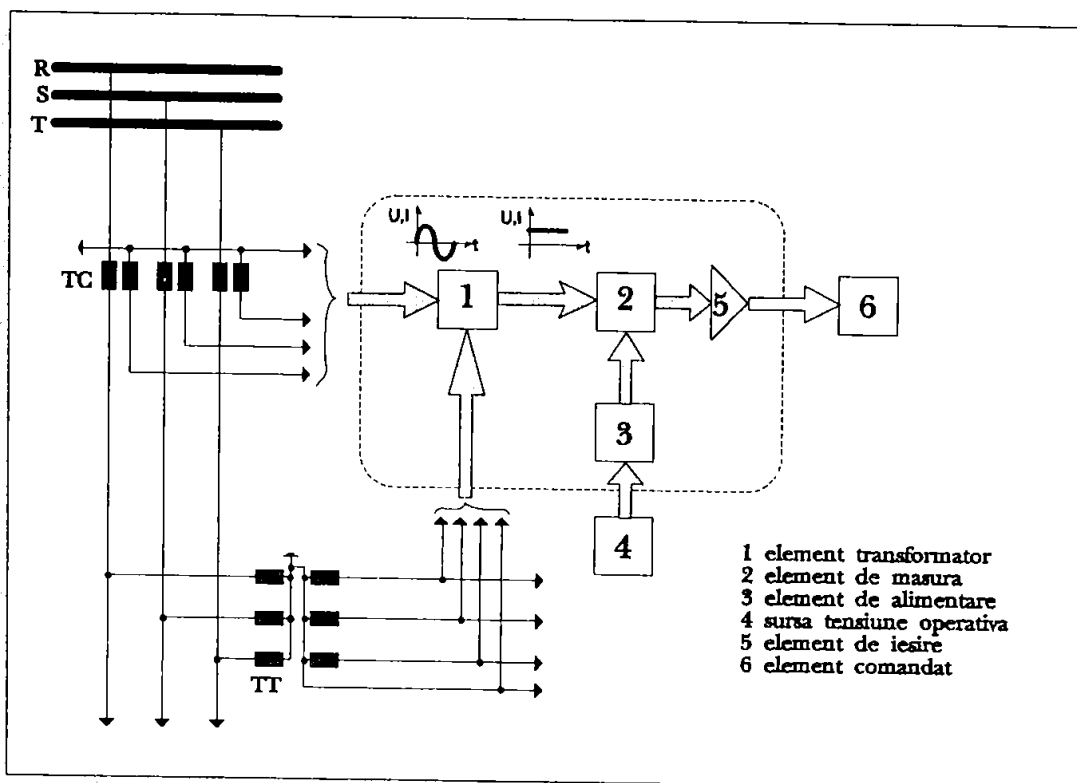


fig. 2.3.1

In fig.2.3.1. este indicata alcatuirea principiala a unui releu static de distanta compus din :

\* Element transformator

- compus din transformatoare de egalizare, cu rolul de a realiza un nivel adecvat curentului si tensiunii, izolarea galvanica a circuitelor din aval, fata de circuitele reductorilor de curent si tensiune precum si din elemente de redresare.

Un element transformator pentru doua marimi de intrare este alcatuit conform fig.2.3.2.

Pentru determinarea defazajului dintre doua marimi (curent-tensiune) se utilizeaza urmatoarea schema bloc (fig.2.3.3.)

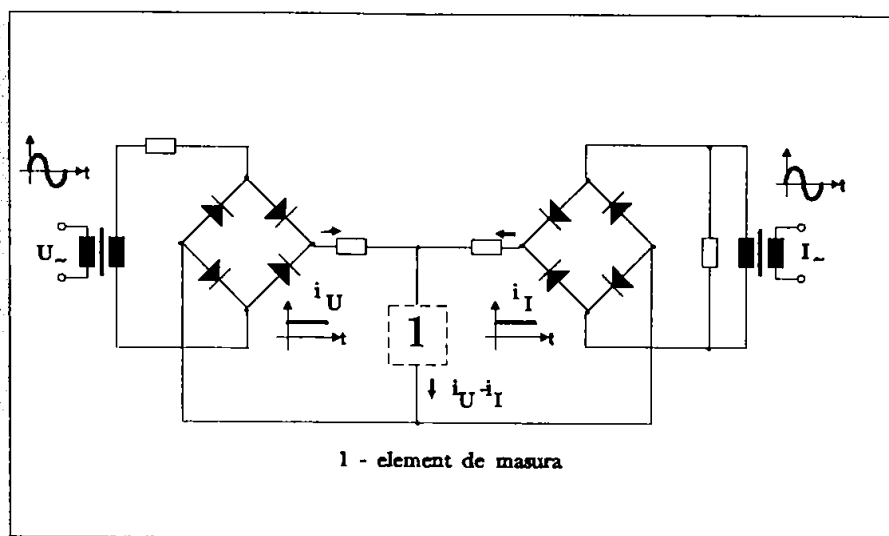


fig. 2.3.2

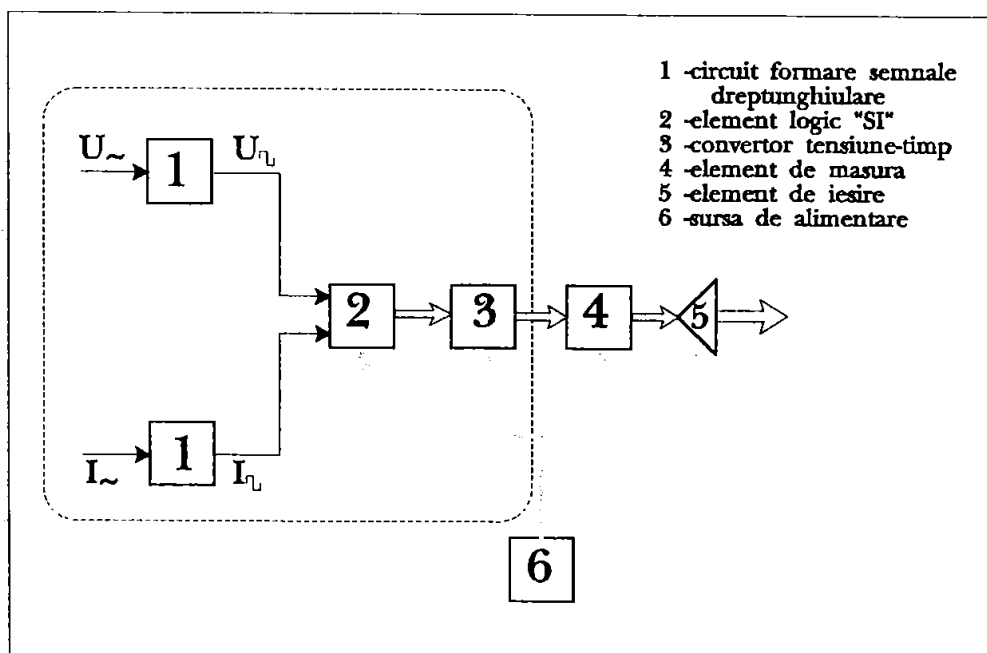


fig. 2.3.3.

Marimile sinusoidale de intrare sunt transformate in semnale dreptunghiulare si transmise unei unitati logice "SI" la carui iesire apare un semnal atata timp cat curentul si tensiunea sunt de acelasi semn.

Timpul semnalului emis este convertit intr-o tensiune care va fi masurata de elementul de masura (vezi fig.2.3.4.) care la depasirea unei valori reglate emite la randul sau un semnal elementului de iesire.



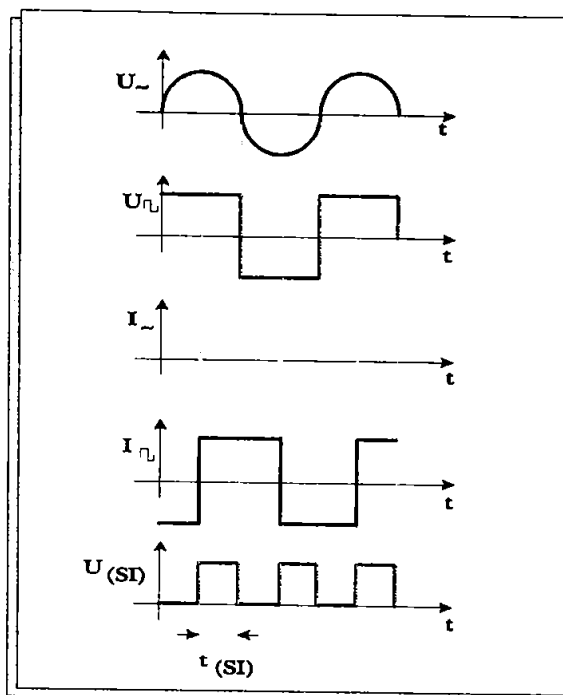


fig. 2.3.4.

\* Elementul de masura

- este un converto analog numeric, care la depasirea unei anumite tensiuni de intrare isi modifica brusc tensiunea de iesire.

Circuitul de baza in realizarea elementului de masura il constituie triggerul Schmidt conform fig.2.3.5.

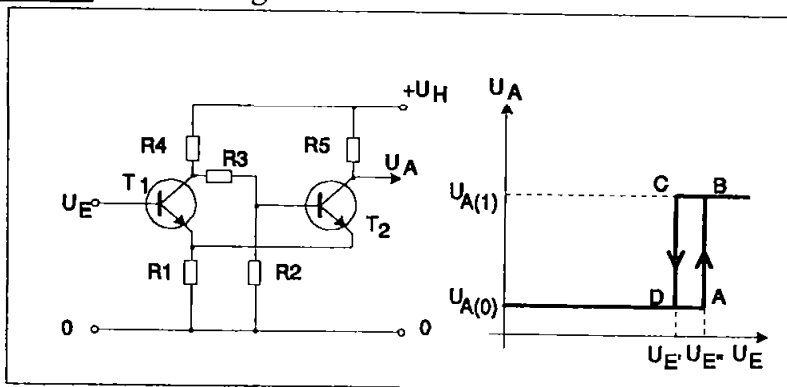


fig. 2.3.5.

\* Elementul de iesire

- are rolul de amplificare si multiplicare a semnalelor binare emise de elementul de masura. In alcatuirea acestui element se pot utiliza atat relee intermediare electromecanice cat si componente electronice de putere.

## 2.4. Protectia de distanta in executie digitala (P.D.D.-01)

### 2.4.1. Descriere generala

Dupa ce de curand in domeniul protectiei instalatiilor electroenergetice, tehnologia releelor electromecanice a fost inlocuita cu protectia electronica (statica) in prezent ne aflam in fata unei noi cotituri : tehnologia microprocesoarelor care nu se opreste nici in fata acestui domeniu, dimpotriva, microprocesorul este predestinat dificilelor probleme de masura in domeniul protectiilor.

In esenta protectia electronica a inlocuit partea mecanica a protectiei electromecanice, prin aceasta devenind mai fiabila, mai putin voluminoasa si mai rapida. Aceasta a doua generatie va fi inlocuita mult mai repede de o a treia generatie, protectia digitala, care nu mai inlocuieste doar anumite parti din protectia anterioara, dar permite chiar o modificare a principiului de baza.

Arhitectura unei protectii digitale de distanta la nivelul unei linii electrice aeriene (ex. 110 KV) este prezentata in fig.2.4.1.

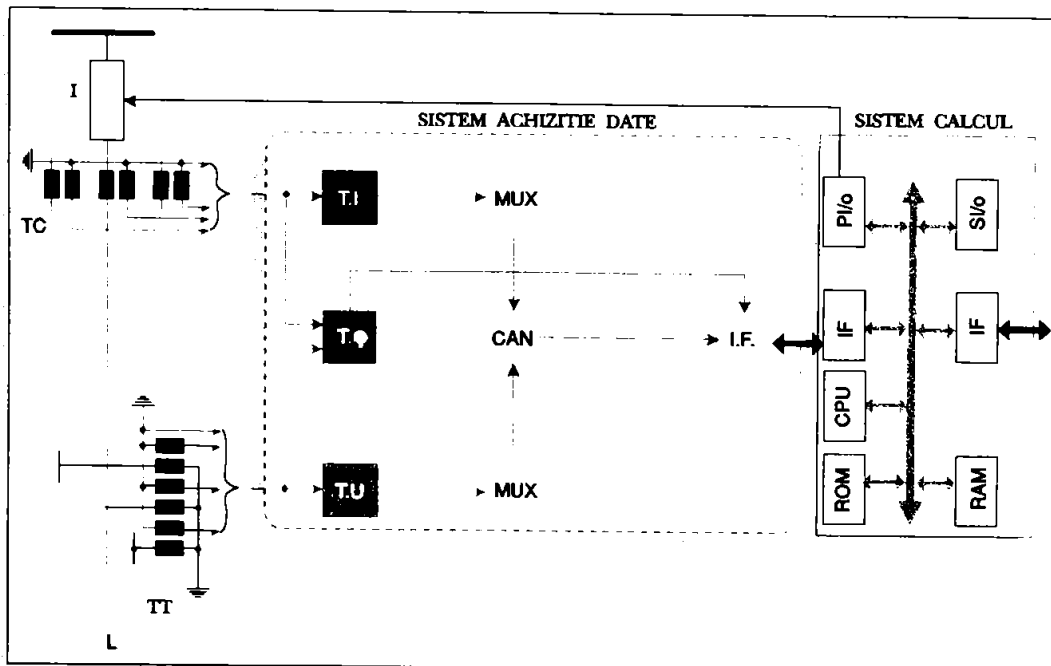


fig. 2.4.1.

Microsistemul de calcul este realizat in jurul unui microprocesor Z80.  
Sistemul de achizitii a datelor din proces este compus din :

- \* - traductor de curent TC
- \* - traductor de tensiune TT
- \* - traductor de unghi  $T_{\phi}$
- \* - convertor analog-numeric CAN

Conectarea sistemului de achizitii date la transformatoarele de curent (TC) si tensiune (TT) se realizeaza conform fig.2.4.2 [B40].

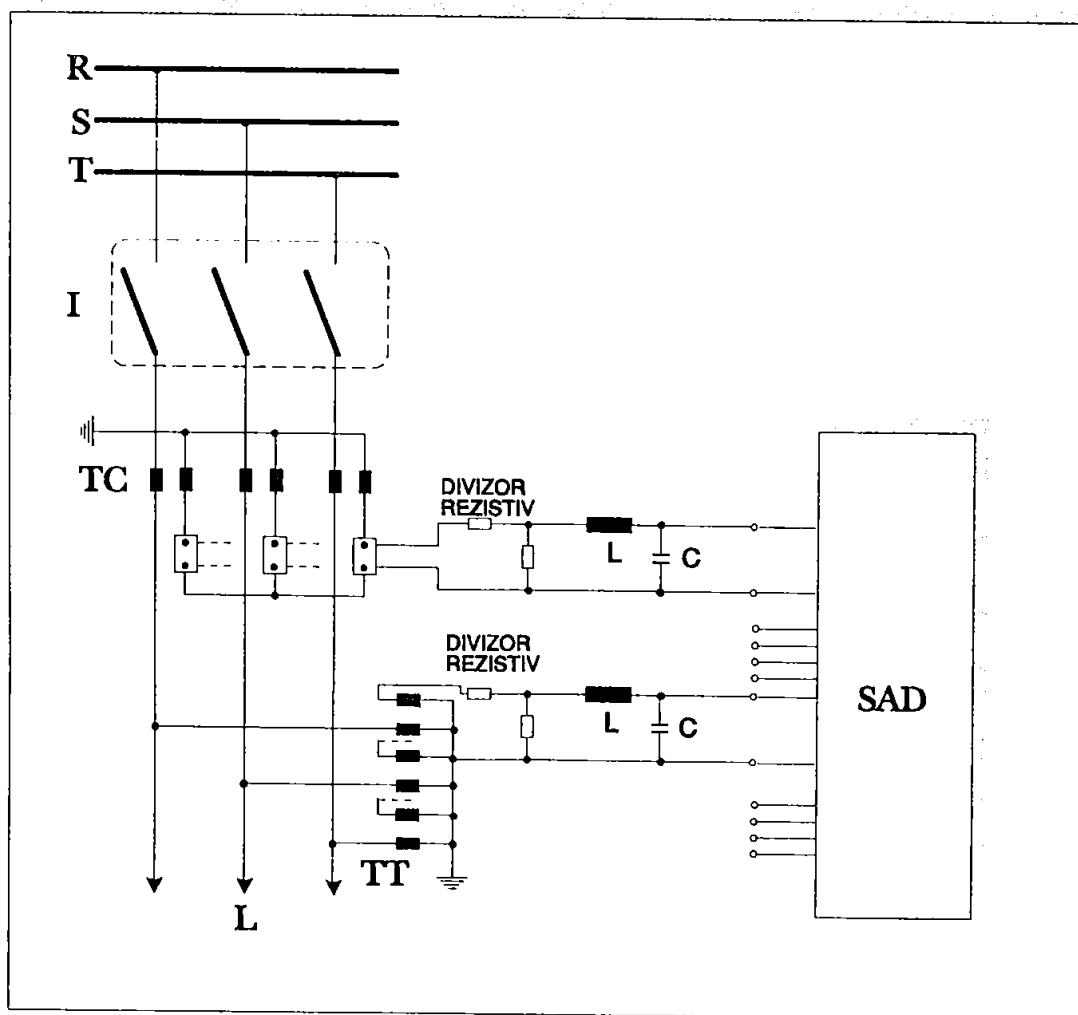


fig. 2.4.2.

Deoarece sistemul de achizitii date digitalizeaza doar tensiuni

- 10 V .. + 10 V , este necesar a se obtine tensiuni proportionale cu curentii livrati de transformatorii de curent TC. Acestea se obtin cu ajutorul shunturilor Shi si reduse cu divizoare rezistive.

Tensiunile secundare de la transformatoarele de tensiune sunt aduse la nivelul cerut, direct cu divizoare rezistive.

Semnalele perturbatoare de inalta frecventa sunt eliminate cu filtrul pasiv LC.

In descrierea protectiei de distanta digitale elementele esentiale sunt reprezentate de :

- \* - modul de determinare a impedantei liniei defecte
- \* - modul de determinare a sensului puterii in retea protejata
- \* - determinarea caracteristicii de actionare a protectiei de distanta digitale

#### 2.4.2. Modul de determinare a impedantei liniei defecte

Modul de determinare a impedantei liniei cu defect, in cazul protectiei digitale prezentate, se bazeaza pe :

- \* masurarea a patru valori instantanee ale curentului respectiv doua valori ale tensiunii instantanee la intervale de esantionare echidistante ( $\Delta t = 1,25 \text{ms}$ ).
- \* calculul unei perechi de valori R , L ai liniei protejate
- \* calculul modulului impedantei liniei

##### 2.4.2.1. Consideratii generale privind marimile de scurtcircuit

In sistemele electrice trifazate pot apare scurtcircuite trifazate, bifazate cu pamant, bifazate si monofazate.

Scurtcircuitele trifazate sunt considerate scurtcircuite simetrice, iar restul scurtcircuitelor nesimetrice.

Incepand cu momentul initial, momentul producerii scurtcircuitului, pana la stabilirea regimului permanent are loc o modificare a valorilor curentilor si tensiunilor , interval numit regim tranzitoriu.

In legatura cu acest regim se definesc urmatoarele valori ale curentului de scurtcircuit (fig.2.4.3.) [A9].

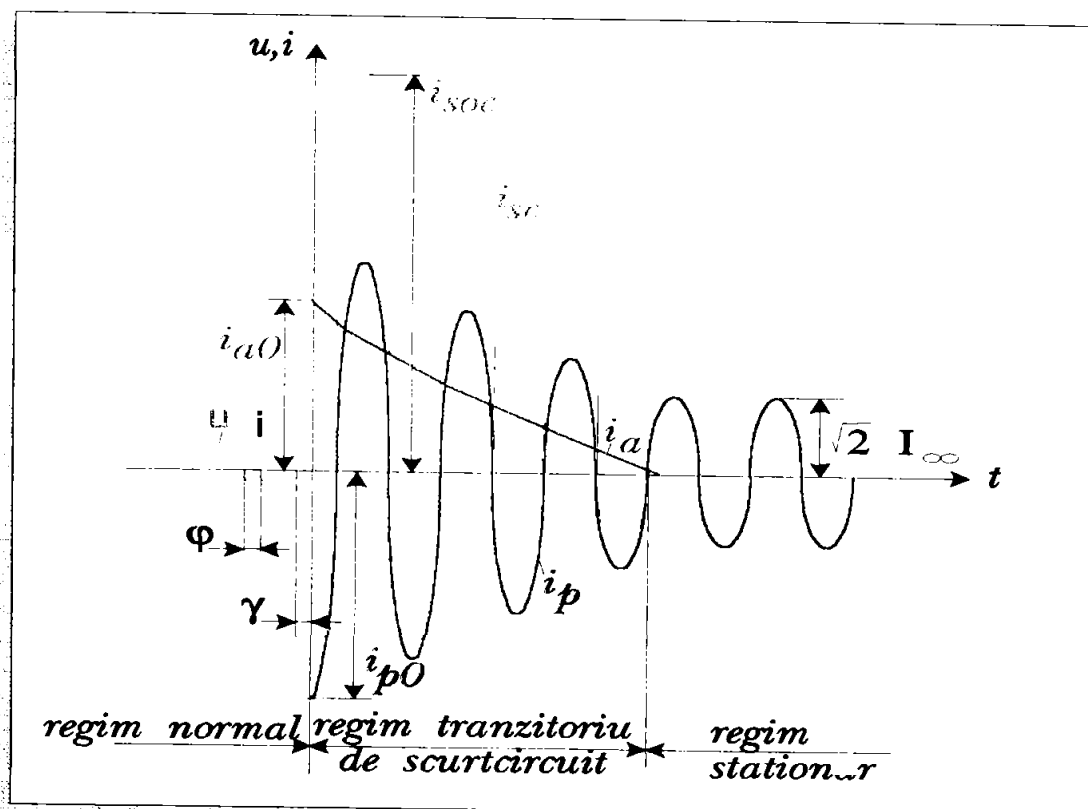


fig. 2.4.3.

\* Curentul de scurtcircuit

$$i_{sc} = i_p + i_a$$

$$i_{sc} = I_{p \max} \sin(\omega t + \gamma - \varphi) + i_{a0} e^{-\frac{t}{T_a}}$$

unde:

$i_p$  - componenta periodica a curentului de scurtcircuit

$i_a$  - componenta aperiodica a curentului de scurtcircuit

$i_{a0}$  - valoarea initiala a componentei aperiodice

$T_a = \frac{L}{R}$  constanta de timp a componentei aperiodice

$I_{pmax}$  - valoarea maxima a componentei periodice a curentului de scurtcircuit in momentul initial.

$\omega$  - pulsatia

$\gamma$  - faza initiala

$\varphi$  - unghiul de defazaj dintre curentul de scurtcircuit si tensiunea fazei respective.

\* Curentul de soc - valoarea maxima a curentului de scurtcircuit in perioada tranzitorie

$$i_{soc} = I_{pmax} + i_{a0}e^{-\frac{t}{T_d}}$$

\* Curentul de scurtcircuit stabilizat având amplitudinea  $\sqrt{2}I_{sc}$

#### 2.4.2.2. Expresia analitica a impedantei liniei protejate

Schema echivalenta a unei retele electrice, cu definirea marimilor principale, este reprezentata in fig.2.4.4. [B21]

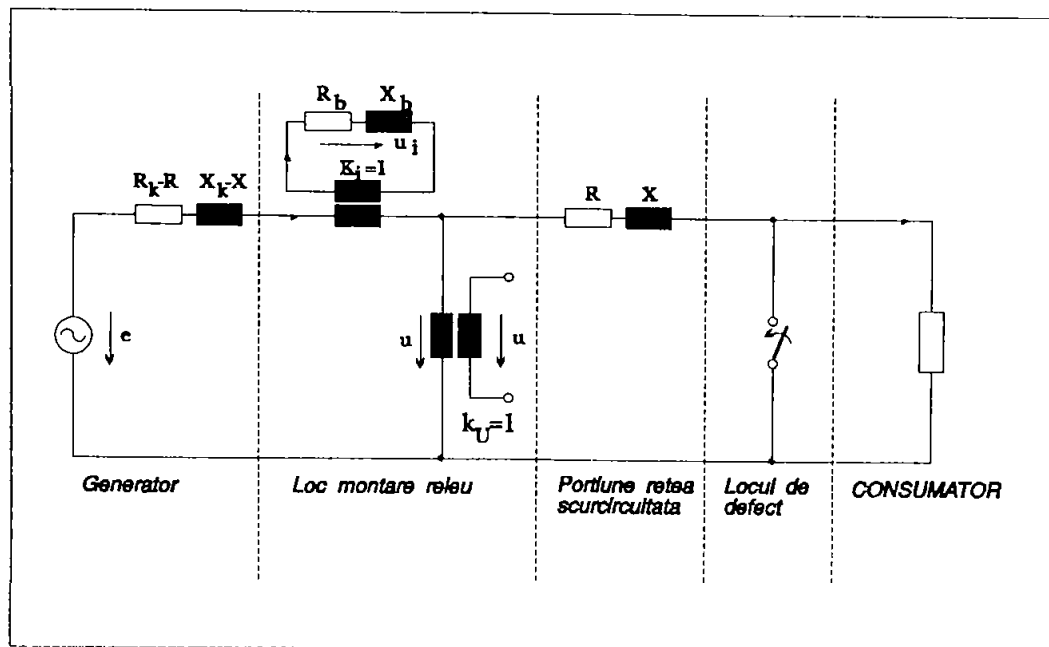


fig. 2.4.4.

Asimiland aceasta schema cu un circuit liniar serie R,L,C, alimentat cu tensiunea la borne sinusoidala

$$u = u_m \sin(\omega t + \gamma) \quad (2.7)$$

unde  $u = \sqrt{2}U$  reprezinta amplitudinea tensiunii  
 $\gamma$  faza initiala a tensiunii  $u$

In cazul conditiilor initiale nule, ecuatia diferentiala a circuitului va fi [A30]:

$$u = R \cdot i + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i dt \quad (2.8)$$

Intensitatea curentului electric se exprima astfel

$$i(t) = i_p + i_a \quad (2.9)$$

$i_p$  - componenta periodica  
 $i_a$  - componenta aperiodica

$$i_p = i_m \sin(\omega t + \gamma - \varphi) \quad (2.10)$$

$i_m = \sqrt{2}I$  reprezinta amplitudinea curentului  
 $\varphi$  - defazaje dintre tensiune si curent

Introducand (2.10) in ecuatia (2.8) si impunand conditia :

$$(\omega t + \gamma) = 0$$

rezulta :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} \quad (2.11)$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} \quad (2.12)$$

In cazul particular ce corespunde conditiei  $(\omega t + \gamma - \varphi) = 0$  se obtine :

$$u_m \cdot \sin \varphi = \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \cdot i_m$$

iar  $i_m$  tinand seama de (2.11) si (2.12)

$$i_m = \frac{u_m \sin \varphi}{\omega L - \frac{1}{\omega C}} = \frac{u_m}{\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)} \cdot \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}} = \frac{u_m}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \quad (2.13)$$

Avand in vedere ca  $X = \omega L - \frac{1}{\omega C}$  reprezinta reactanta circuitului

(2.13) se mai exprima :

$$i_m = \frac{u_m}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

Raportul dintre valorile maxime (sau efective) ale tensiunii aplicate si curentului se numeste impedanta notata cu  $Z$ .

$$Z = \frac{u_m}{i_m} = \frac{U}{I} = \sqrt{R^2 + X^2}$$

#### 2.4.2.3. Calculul perechii de valori $R$ , $L$ din expresia impedantei liniei protejate

In cazul unui scurtcircuit, deci in regim tranzitoriu, valoarea tensiunii  $[u]$  in fig.2.4.4. este exprimata de ecuatia diferentiala

$$u = i \cdot R + L \frac{di}{dt} \quad (2.14)$$

unde  $u$  - valoarea instantanee a tensiunii  
 $i$  - valoarea instantanee a curentului  
 $R, L$  - valoarea rezistentei respectiv a inductivitatii retelei de la locul de montare a protectiei de distanta pana la locul de defect.

Pentru determinarea valorilor  $R$  si  $L$  din (2.14) sunt cunoscute mai multe metode, una din cele mai precise fiind metoda "A4".

Metoda consta in masurarea a patru valori instantanee ale curentului respectiv doua valori ale tensiunii instantanee la intervale de timp echidistante, pentru determinarea unei perechi de valori  $R$ ,  $L$ , vezi fig.2.4.5. [B40]



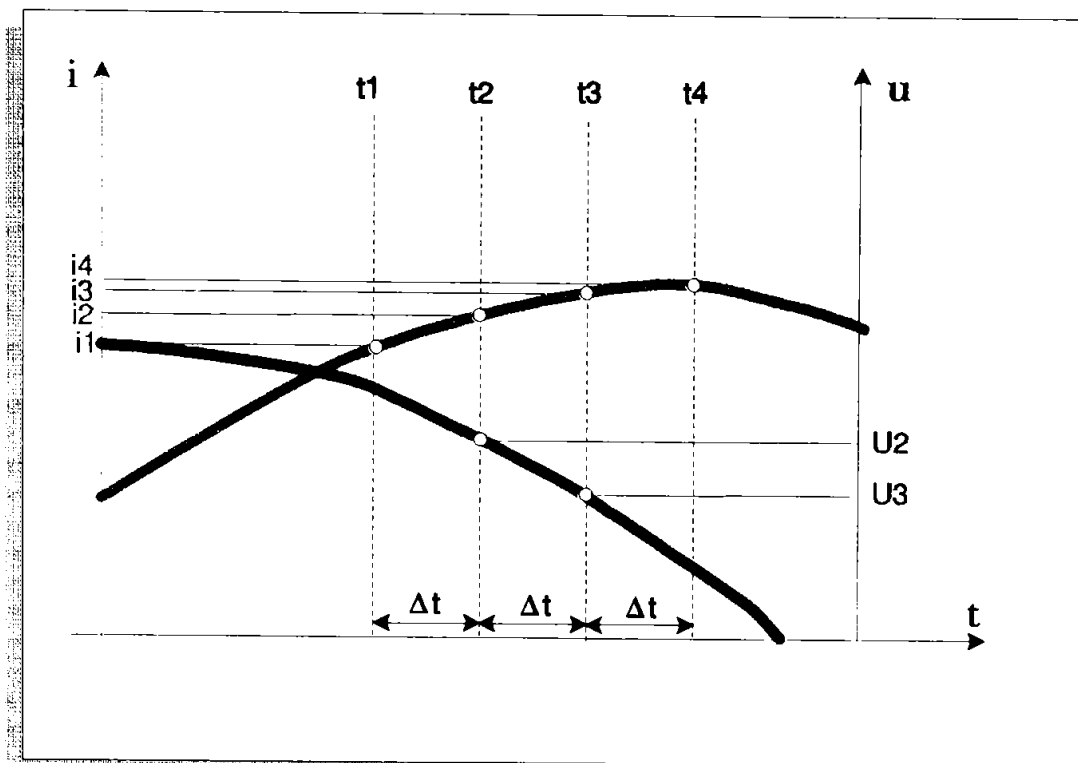


fig. 2.4.5.

Valorile curenților și tensiunilor măsurate la timpurile  $t_2$  și  $t_3$  se introduc direct în ecuația (2.14) urmând ca derivata curenților să se aproximeze astfel :

$$i_2' = \frac{(i_3 - i_1)}{2 \cdot \Delta t}$$

$$i_3' = \frac{(i_4 - i_2)}{2 \cdot \Delta t}$$

Astfel obținem :

$$R \cdot i_2 + L \cdot (i_3 - i_1) / 2\Delta t \cong U_2$$

$$R \cdot i_3 + L \cdot (i_4 - i_2) / 2\Delta t \cong U_3 \quad (2.15)$$

Sistemul de ecuații ( 2.15 ), rezolvat după necunoscutele  $R$  și  $L$  arată astfel :

$$R = \frac{U_2 \cdot (i_4 - i_2) - U_3 \cdot (i_3 - i_1)}{i_2 \cdot (i_4 - i_2) - i_3 \cdot (i_3 - i_1)} \quad (2.16)$$

$$L = \frac{2\Delta t \cdot (U_3 \cdot i_2 - U_2 \cdot i_3)}{i_2 \cdot (i_4 - i_2) - i_3 \cdot (i_3 - i_1)} \quad (2.17)$$

Tinand seama de valorile exacte ale derivatelor curenților și comparandu-le cu valorile luate în calcule se poate deduce un coeficient de corectie  $C_c = \frac{\sin \Delta}{\Delta}$  cu care trebuie înmulțita valoarea lui L, valoarea lui  $\Delta$  fiind  $\Delta = \omega \Delta t$ .

Cu efectuarea acestei corecturi, (2.15) ajunge la următoarea formă :

$$X = \frac{2 \cdot \sin \Delta \cdot (U_3 \cdot i_2 - U_2 \cdot i_3)}{i_2 \cdot (i_4 - i_2) - i_3 \cdot (i_3 - i_1)} \quad (2.18)$$

Astfel din valorile instantanee ale curenților și tensiunii se calculează modulul impedanței liniei supravegheate.

#### 2.4.2.4. Expresiile analitice ale curenților și tensiunii esantionate

În cazul regimului tranzitoriu (cu scurtcircuit) vezi fig 2.4.3. expresiile curenților și ale tensiunii se prezintă în felul următor :

Cunoscând componenta periodică a curenților [A30]

$$i_p = i_m \sin(\omega t + \gamma - \varphi) \quad (2.19)$$

precum și expresia generală a componentei aperiodice [A30]

$$i_a = K_1 e^{p_1 t} + K_2 e^{p_2 t} \quad (2.20)$$

unde  $K_1, K_2$  - constante de integrare

$p_1, p_2$  - rădăcinile ecuației caracteristice corespunzătoare

$$u_b = R \cdot i + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{c} \int i dt \quad (2.21)$$

$u_b = \text{const.}$

$$0 = R \frac{di}{dt} + L \frac{d^2i}{dt^2} + \frac{1}{C} i$$

$$\frac{d^2i}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{di}{dt} + \frac{1}{LC} i = 0$$

$$p^2 + \frac{R}{L} p + \frac{1}{LC} = 0 \quad (2.22)$$

$$p_{1,2} = -\frac{R}{2L} \pm \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}} = -\delta \pm \sigma \quad (2.23)$$

cu notatiile :  $\delta = \frac{R}{2L}$

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}}$$

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC} \quad (2.24)$$

expresia curentului in regim tranzitoriu devine:

$$i(t) = i_p + i_a = i_m \sin(\omega t + \gamma - \varphi) + K_1 e^{p_1 t} + K_2 e^{p_2 t} \quad (2.25)$$

Considerand conditii initiale nule  $i(0) = 0$  , expresia (2.25) devine:

$$i_m \sin(\gamma - \varphi) + K_1 + K_2 = 0 \quad (2.26)$$

Tinand seama si de conditia initiala rezulta

$$-\frac{i_m}{\omega C} \cos(\gamma - \varphi) + \frac{k_1}{p_1 C} + \frac{k_2}{p_2 C} = 0 \quad (2.27)$$

Din cele doua ecuatii (2.26) si (2.27) se pot determina  $k_1$  si  $k_2$

$$k_1 = -\frac{i_m}{2\sigma LC} \left[ -(\delta - \sigma) LC \sin(\gamma - \varphi) + \frac{\cos(\gamma - \varphi)}{\omega} \right]$$

$$k_2 = -\frac{i_m}{2\sigma LC} \left[ -(\delta + \sigma)LC \sin(\gamma - \varphi) + \frac{\cos(\gamma - \varphi)}{\omega} \right]$$

Presupunand  $\sigma > 0$  si  $\gamma - \varphi = 0$  (trecere prin zero a lui  $i_p$ )

$$k_1 = -\frac{i_m \omega_0^2}{2\sigma \omega} \quad \text{si} \quad k_2 = \frac{i_m \omega_0^2}{2\sigma \omega} \quad (2.28)$$

unde s-a notat  $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$

Cu aceste relatii, intensitatea curentului devine

$$i = i_m \sin \omega t - \frac{i_m \omega_0^2}{2\sigma \omega} \cdot e^{\delta t} (e^{\sigma t} - e^{-\sigma t})$$

$$\boxed{i = i_m \sin \omega t - i_m \frac{\omega_0^2}{\sigma \omega} \cdot e^{-\delta t} \text{sh} \sigma t} \quad (2.29)$$

Expresia tensiunii se poate determina pornind de la expresia (2.14):

$$u = R \cdot i + L \frac{di}{dt}$$

Inlocuind (2.29) in (2.14) rezulta :

$$u = R \cdot i_m \cdot \sin \omega t - R \cdot i_m \frac{\omega_0^2}{\sigma \omega} e^{-\delta t} \text{sh} \sigma t + L \cdot i_m \cdot \cos \omega t +$$

$$L \cdot i_m \frac{\omega_0^2}{\sigma \omega} e^{-\delta t} \text{sh} \sigma t - L \cdot i_m \frac{\omega_0^2}{\sigma \omega} e^{-\delta t} \sigma \cdot \text{ch} \sigma t$$

$$u = R \cdot i_m \left( \sin \omega t - \frac{\omega_0^2}{\sigma \omega} e^{-\delta t} \text{sh} \sigma t \right) +$$

$$+ L \cdot i_m \left[ \omega \cdot \cos \omega t + \frac{\omega_0^2}{\sigma \omega} e^{-\delta t} \text{sh} (\delta \cdot \text{sh} \sigma t - \sigma \cdot \text{ch} \sigma t) \right]$$

$$u = i_m \left\{ R \left( \sin \omega t - \frac{\omega_0^2}{\sigma \omega} e^{-\delta t} \operatorname{sh} \sigma t \right) + L \left[ \omega \cdot \cos \omega t + \frac{\omega_0^2}{\sigma \omega} e^{-\delta t} \operatorname{sh} (\delta \cdot \operatorname{sh} \sigma t - \sigma \cdot \operatorname{ch} \sigma t) \right] \right\}$$

(2.30)

### 2.4.3. Modul de determinare a sensului puterii in retea protejata

Rolul elementului direcional al protectiei de distanta consta in stabilirea sensului de scurgere a puterii de scurtcircuit, orientandu-se in consecinta, blocand actionarea protectiei de distanta daca sensul puterii este spre barele statiei si permitand actionarea numai cand putere circula dinspre bare spre linie .

Pentru a permite actionarea, este necesara procesarea a trei parametri:

- tensiunea
- curentul
- unghiul dintre tensiune si curent

In cazul scurtcircuitelor, tensiunea scade mult pe faza defecta, devenind adesea practic nula.

Pentru a asigura in asemenea conditii posibilitatea orientarii corecte a elementului direcional, acestea sunt alimentate cu curentul de pe o faza si cu tensiunea de pe celelalte doua.

Fiecarei tensiuni intre faze aplicate elementului direcional i se asociaza curentul unei faze defazate inainte cu  $90^\circ$  . Acest mod de alimentare a elementului direcional este cunoscut ca "schema de  $90^\circ$  " .

Fig.2.4.6. reprezinta diagrama vectoriala in cazul alimentarii elementului direcional in "schema de  $90^\circ$  " pentru defecte monofazate (a) respectiv polifazate (b) [B41].

In cazul defectelor trifazate, pentru determinarea sensului de circulatie a energiei se utilizeaza memorarea tensiunilor antedect pentru un interval de 500 mS (in varianta placa de baza cu DSP - DIGITAL SIGNAL PROCESSOR)

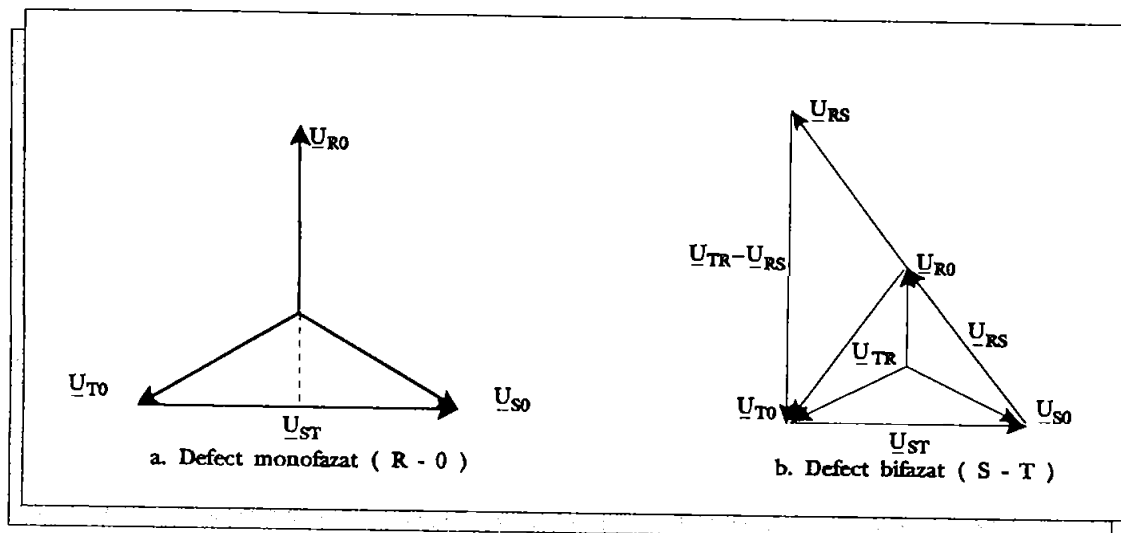


fig. 2.4.6.

Tabelul 2.4.7. indica alimentarea elementului direccional in cele sase tipuri de defecte posibile.

tab. 2.4.7

TIP DEFECT	CURRENT	TENSIUNE
R-0	$I_R$	$U_{ST}$
S-0	$I_S$	$U_{TR}$
T-0	$I_T$	$U_{RS}$
R-S	$I_R - I_S$	$U_{ST} - U_{TR}$
S-T	$I_S - I_T$	$U_{TR} - U_{RS}$
T-R	$I_T - I_R$	$U_{RS} - U_{ST}$

Caracteristica elementului direccional este indicata in fig.2.4.8.

Valoarea unghiului de defazaj  $\varphi$ , dintre tensiunea si curentul de scurtcircuit se calculeaza cu relatia deja amintita in capitolul 2.4.2.

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{X}{R}$$

unde :

$R, X$  - valoarea rezistentei respectiv a reactantei retelei de la locul de montare a protectiei de distanta pana la locul de defect.

Modul de determinare a valorilor lui R si X a fost indicat in capitolul 2.4.2.

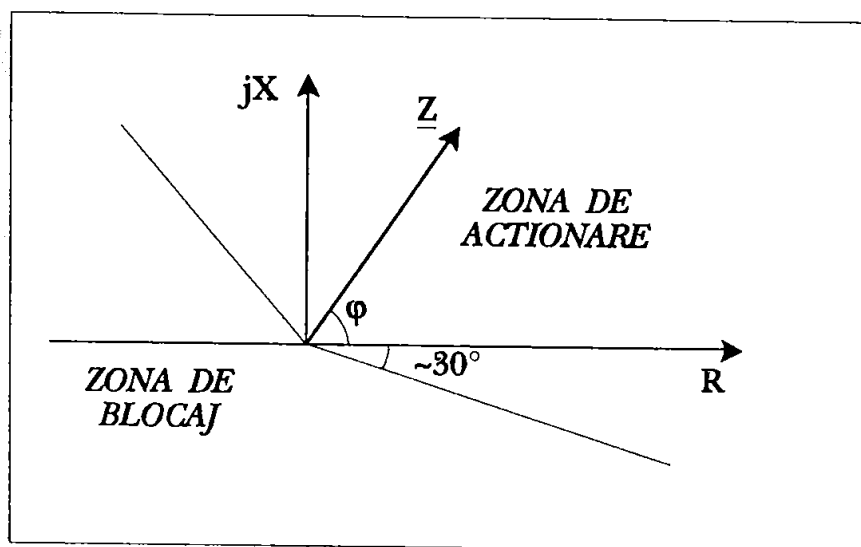


fig. 2.4.8.

#### 2.4.4. Caracteristica de acționare

Caracteristica de acționare a protecției de distanță digitale PDD - 01 este poligonală.

Intersecția caracteristicii cu axa  $jX$  respectiv cu axa  $R$  este reglabilă independent una de cealaltă.

În fig. 2.4.9. sunt indicate caracteristicile protecției PDD - 01, care se pot regla independent [B41].

Tabelul 2.4.10 cuprinde zonele de acționare a protecției PDD - 01 cu parametrii de reglaj corespunzători.

Toate zonele de acționare pot fi reglate fie cu direcție față sau spate sau nedirecționate.

Zona  $Z_{1p}$  este utilizată pentru prelungirea treptei 1.

Tabelul 2.4.11 cuprinde valorile reglate pentru rezistența ( $R$ ) și reactanța ( $X$ ) la defecte mono și bifazate.

Modul de construcție a caracteristicii de acționare a protecției de distanță este reprezentat în fig. 2.4.12

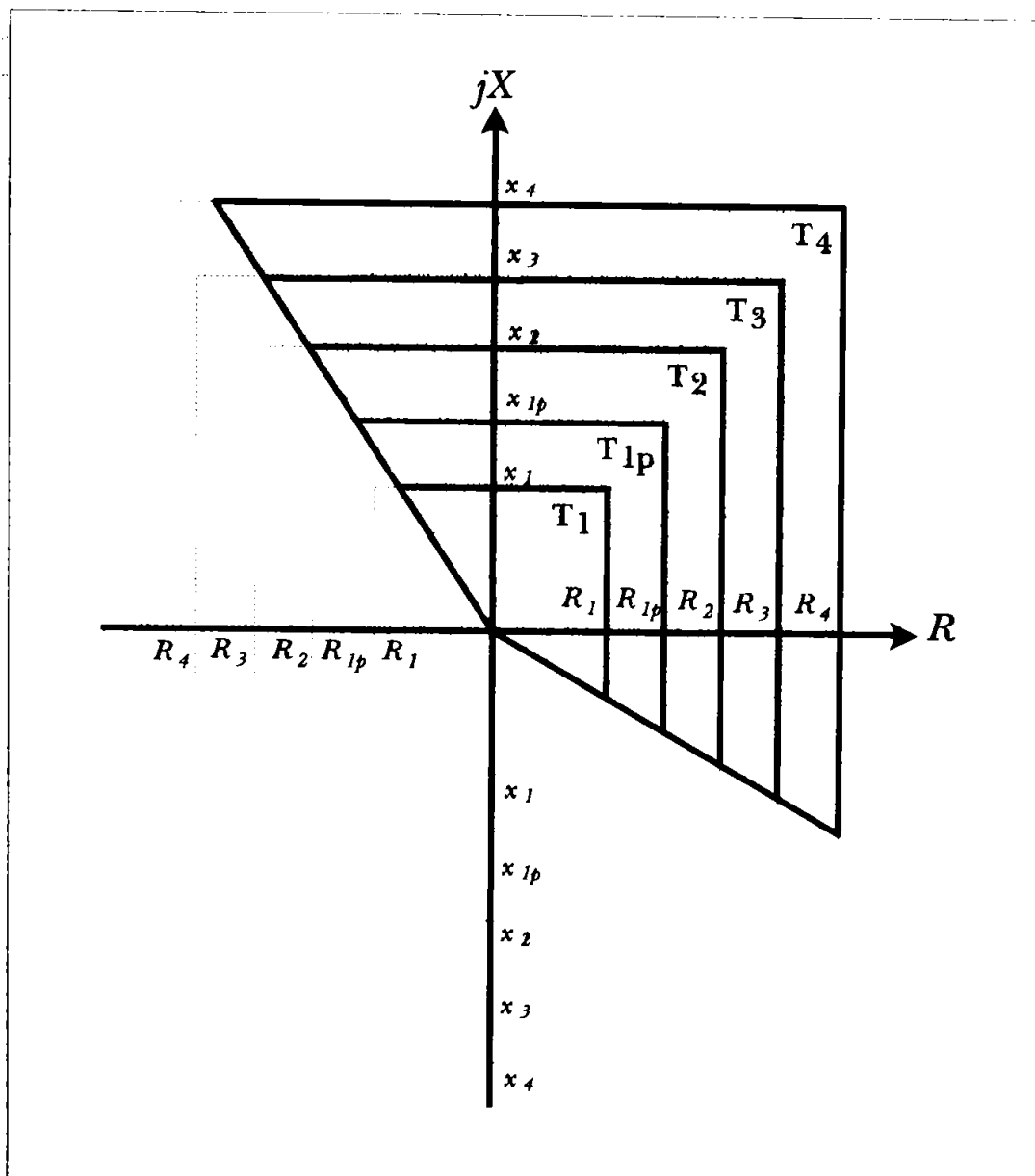


fig. 2.4.9.

tab 2.4.10

ZONA DE ACTIONARE	REACTANTA	PARAMETRII DE REGLAJ		
		REZISTENTA	TEMPORIZARE	DIRECTIE
Z1	X1	R1	T1	FATA
Z2	X2	R2	T2	FATA
Z3	X3	R3	T3	FATA
Z4	X4	R4	T4	NEDIRECTIONAT
Z1P	X1P	R1P	T1P	FATA



PROTECTIE DE DISTANTA DIGITALA - PRINCIPIU DE FUNCTIONARE

tab. 2.4.11

Fi	R1m	X1m	R2m	X2m	R3m	X3m	R1b	X1b	R2b	X2b	R3b	X3b
-14	0.71	-0.18	1.25	-0.31	1.78	-0.44	0.79	-0.20	1.39	-0.35	1.98	-0.49
-12	0.71	-0.15	1.25	-0.27	1.78	-0.38	0.79	-0.17	1.39	-0.30	1.98	-0.42
-10	0.71	-0.13	1.25	-0.22	1.78	-0.31	0.79	-0.14	1.39	-0.25	1.98	-0.35
-8	0.71	-0.10	1.25	-0.18	1.78	-0.25	0.79	-0.11	1.39	-0.20	1.98	-0.28
-6	0.71	-0.07	1.25	-0.13	1.78	-0.19	0.79	-0.08	1.39	-0.15	1.98	-0.21
-4	0.71	-0.05	1.25	-0.09	1.78	-0.12	0.79	-0.06	1.39	-0.10	1.98	-0.14
-2	0.71	-0.02	1.25	-0.04	1.78	-0.06	0.79	-0.03	1.39	-0.05	1.98	-0.07
0	0.71	0.00	1.25	0.00	1.78	0.00	0.79	0.00	1.39	0.00	1.98	0.00
2	0.71	0.02	1.25	0.04	1.78	0.06	0.79	0.03	1.39	0.05	1.98	0.07
4	0.71	0.05	1.25	0.09	1.78	0.12	0.79	0.06	1.39	0.10	1.98	0.14
6	0.71	0.07	1.25	0.13	1.78	0.19	0.79	0.08	1.39	0.15	1.98	0.21
8	0.71	0.10	1.25	0.18	1.78	0.25	0.79	0.11	1.39	0.20	1.98	0.28
10	0.71	0.13	1.25	0.22	1.78	0.31	0.79	0.14	1.39	0.25	1.98	0.35
12	0.71	0.15	1.25	0.27	1.78	0.38	0.79	0.17	1.39	0.30	1.98	0.42
14	0.71	0.18	1.25	0.31	1.78	0.44	0.79	0.20	1.39	0.35	1.98	0.49
16	0.71	0.20	1.25	0.36	1.78	0.51	0.79	0.23	1.39	0.40	1.98	0.57
18	0.71	0.23	1.25	0.41	1.78	0.58	0.79	0.26	1.39	0.45	1.98	0.64
20	0.71	0.26	1.25	0.45	1.78	0.65	0.79	0.29	1.39	0.51	1.98	0.72
22	0.71	0.29	1.25	0.51	1.78	0.72	0.79	0.32	1.39	0.56	1.98	0.80
24	0.71	0.32	1.25	0.56	1.78	0.79	0.79	0.35	1.39	0.62	1.98	0.88
26	0.71	0.35	1.25	0.61	1.78	0.87	0.79	0.39	1.39	0.68	1.98	0.97
28	0.71	0.38	1.25	0.66	1.78	0.95	0.79	0.42	1.39	0.74	1.98	1.05
30	0.71	0.41	1.25	0.72	1.78	1.03	0.79	0.46	1.39	0.80	1.98	1.14
32	0.71	0.44	1.25	0.78	1.78	1.11	0.79	0.49	1.39	0.87	1.98	1.24
34	0.71	0.48	1.25	0.84	1.78	1.20	0.79	0.53	1.39	0.94	1.98	1.34
36	0.71	0.52	1.25	0.91	1.78	1.29	0.79	0.57	1.39	1.01	1.98	1.44
38	0.71	0.55	1.25	0.98	1.78	1.39	0.79	0.62	1.39	1.09	1.98	1.55
40	0.71	0.60	1.25	1.05	1.78	1.49	0.79	0.66	1.39	1.17	1.98	1.66
42	0.71	0.64	1.25	1.13	1.78	1.60	0.79	0.71	1.39	1.25	1.98	1.78
44	0.71	0.69	1.25	1.21	1.78	1.72	0.79	0.76	1.39	1.34	1.98	1.91
46	0.71	0.74	1.25	1.29	1.78	1.84	0.79	0.82	1.39	1.44	1.98	2.05
48	0.71	0.79	1.25	1.39	1.78	1.98	0.79	0.88	1.39	1.54	1.98	2.20
50	0.71	0.85	1.25	1.49	1.78	2.12	0.79	0.94	1.39	1.66	1.98	2.36
52	0.71	0.91	1.25	1.60	1.78	2.28	0.79	1.01	1.39	1.78	1.98	2.53
54	0.71	0.98	1.25	1.72	1.78	2.45	0.79	1.09	1.39	1.91	1.98	2.73
56	0.69	1.02	1.20	1.78	1.72	2.55	0.76	1.13	1.34	1.98	1.91	2.83
58	0.64	1.02	1.11	1.78	1.59	2.55	0.71	1.13	1.24	1.98	1.77	2.83
60	0.59	1.02	1.03	1.78	1.47	2.55	0.65	1.13	1.14	1.98	1.63	2.83
62	0.54	1.02	0.95	1.78	1.36	2.55	0.60	1.13	1.05	1.98	1.50	2.83
64	0.50	1.02	0.87	1.78	1.24	2.55	0.55	1.13	0.97	1.98	1.38	2.83
66	0.45	1.02	0.79	1.78	1.14	2.55	0.50	1.13	0.88	1.98	1.26	2.83
68	0.41	1.02	0.72	1.78	1.03	2.55	0.46	1.13	0.80	1.98	1.14	2.83

tab. 2.4.11 (continuare)

Fi	R1m	X1m	R2m	X2m	R3m	X3m	R1b	X1b	R2b	X2b	R3b	X3b
70	0.37	1.02	0.65	1.78	0.93	2.55	0.41	1.13	0.72	1.98	1.03	2.83
72	0.33	1.02	0.58	1.78	0.83	2.55	0.37	1.13	0.64	1.98	0.92	2.83
74	0.29	1.02	0.51	1.78	0.73	2.55	0.32	1.13	0.57	1.98	0.81	2.83
76	0.25	1.02	0.44	1.78	0.64	2.55	0.28	1.13	0.49	1.98	0.71	2.83
78	0.22	1.02	0.38	1.78	0.54	2.55	0.24	1.13	0.42	1.98	0.60	2.83
80	0.18	1.02	0.31	1.78	0.45	2.55	0.20	1.13	0.35	1.98	0.50	2.83
82	0.14	1.02	0.25	1.78	0.36	2.55	0.16	1.13	0.28	1.98	0.40	2.83
84	0.11	1.02	0.19	1.78	0.27	2.55	0.12	1.13	0.21	1.98	0.30	2.83
86	0.07	1.02	0.12	1.78	0.18	2.55	0.08	1.13	0.14	1.98	0.20	2.83
88	0.04	1.02	0.06	1.78	0.09	2.55	0.04	1.13	0.07	1.98	0.10	2.83
90	0.00	1.02	0.00	1.78	0.00	2.55	0.00	1.13	0.00	1.98	0.00	2.83
92	-0.04	1.02	-0.06	1.78	-0.09	2.55	-0.04	1.13	-0.07	1.98	-0.10	2.83
94	-0.07	1.02	-0.12	1.78	-0.18	2.55	-0.08	1.13	-0.14	1.98	-0.20	2.83
96	-0.11	1.02	-0.19	1.78	-0.27	2.55	-0.12	1.13	-0.21	1.98	-0.30	2.83
98	-0.14	1.02	-0.25	1.78	-0.36	2.55	-0.16	1.13	-0.28	1.98	-0.40	2.83
100	-0.18	1.02	-0.31	1.78	-0.45	2.55	-0.20	1.13	-0.35	1.98	-0.50	2.83
102	-0.22	1.02	-0.38	1.78	-0.54	2.55	-0.24	1.13	-0.42	1.98	-0.60	2.83
104	-0.25	1.02	-0.44	1.78	-0.64	2.55	-0.28	1.13	-0.49	1.98	-0.71	2.83

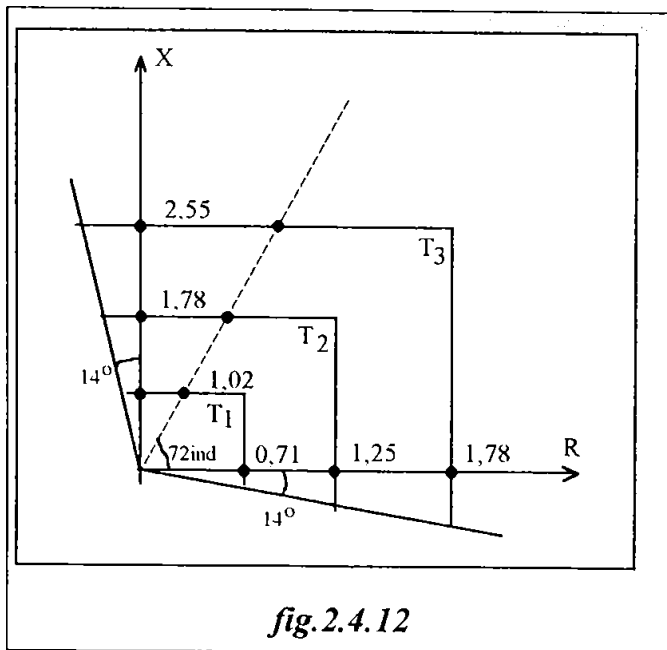


fig.2.4.12

Valori reglaje impuse  
pentru defecte monofazate:

$\varphi=0^\circ$

$X1=0 \quad R1=0,71$

$X2=0 \quad R2=1,25$

$X3=0 \quad R3=1,78$

$\varphi=90^\circ$

$X1=1,02 \quad R1=0$

$X2=1,78 \quad R2=0$

$X3=2,55 \quad R3=0$

$\varphi=72^\circ$

$X1=1,02 \quad R1=0,33$

$X2=1,78 \quad R2=0,58$

$X3=2,55 \quad R3=0,83$

---

## **CAPITOLUL 3**

---

### **ARHITECTURA PROTECTIEI DE DISTANTA DIGITALE PDD - 01 . STRUCTURA HARD.**

### 3.1 DATE INTRODUCTIVE

Structura HARD a protectiei de distanta digitale este prezentata in fig. 3.1.

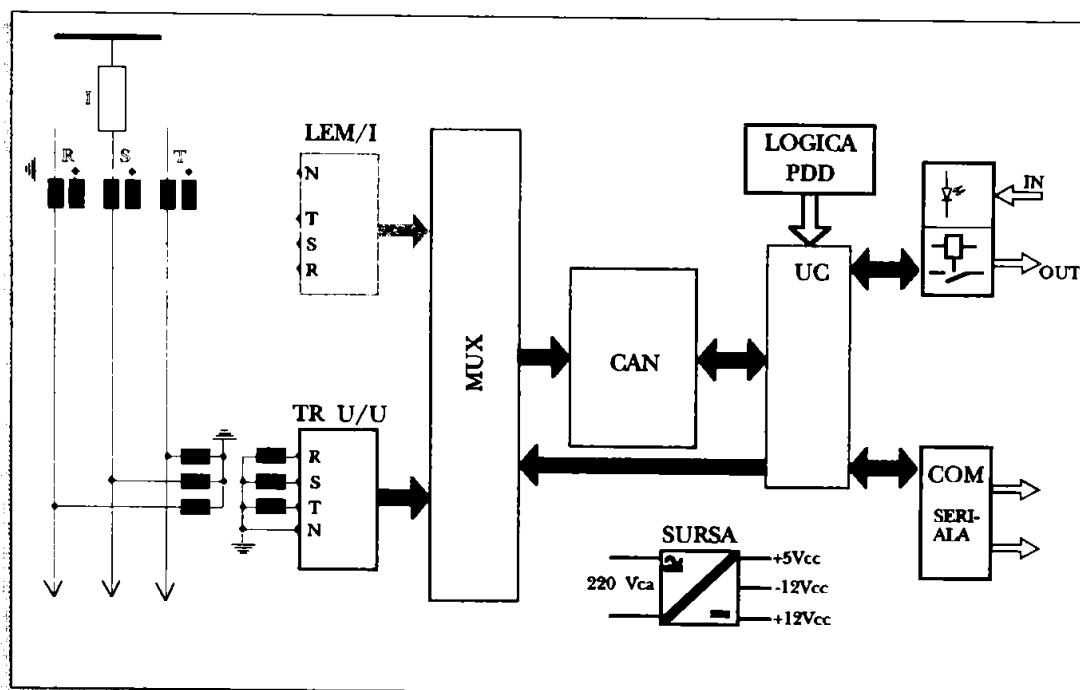


fig. 3.1

In alcatuirea protectiei de distanta digitale intra urmatoarele echipamente:

#### 3.1.1 Echipamente de achizitii date din proces care cuprind urmatoarele blocuri :

- \* bloc intrare curenti ( LEM )
- \* bloc intrare tensiuni ( TR U/U )
- \* bloc intrari numerice ( IN )
- \* bloc de distribuire date ( MUX )

Rolul acestor echipamente este de a prelua curentii , tensiunile din circuitele primare ( transformatoare de curent , de tensiune ) , a le transforma in semnale proportionale cu acestea , pastrand liniaritatea in gama necesara de curenti , respectiv tensiuni , marimi compatibile cu circuitele statice din echipamentele de prelucrare a datelor din proces si a le transmite acestora prin intermediul blocului de distribuire date .

### 3.1.2 Echipamente de conversie date din proces

cuprind blocul de conversie analog - numerica ( CAN ) avand rolul de transformare a datelor analogice culese din proces in marimi numerice (digitale) capabile sa fie prelucrate de sistemul de calcul si comanda in timp real .

### 3.1.3 Echipamentul de calcul si comanda in timp real

are rolul de a comanda preluarea valorilor curentului si tensiunii liniei electrice aeriene cu ajutorul echipamentelor specificate in subcapitolele 3.1.1 si 3.1.2. , a rula programele de protectie si a comanda selectiv , in caz de defect , deconectarea intreruptorului liniei electrice aeriene prin intermediul unui echipament de executie .

### 3.1.4 Echipamentul de executie

are rolul de a transforma impulsurile emise de echipamentul de calcul si comanda in timp real in impulsuri capabile sa actioneze intreruptorul liniei electrice aeriene .

In continuare se vor prezenta datele de detaliu ale alcatuirii echipamentelor enuntate .

### 3.2. Echipamente de achizitii date din proces

#### 3.2.1. Bloc intrare curenti ( LEM )

Rolul acestui bloc este de a prelua de la transformatorii de curent de pe linia de inalta tensiune , curentii de linie , a-i transforma in semnale proportionale cu acestia si compatibile cu circuitele statice din echipamentul de prelucrare a datelor din proces .

Elementul principal al acestui bloc il constituie modulul LEM (LIAISON ELECTRONIQUES MECANIQUES)

Modulul LEM este un senzor de curent utilizand un generator HALL care opereaza cu flux magnetic zero ( sistem feedback) [B25]

Proprietatile principale ale unui modul LEM :

- masurare a oricarui tip de curent ( c.c. , .c.a. , pulsatoriu ... ) intr-o gama larga a amplitudinilor si frecventelor .
- masurarea curentului in conditii de izolare galvanica

Principiul de functionare a unui modul LEM este prezentat in fig. 3.2.

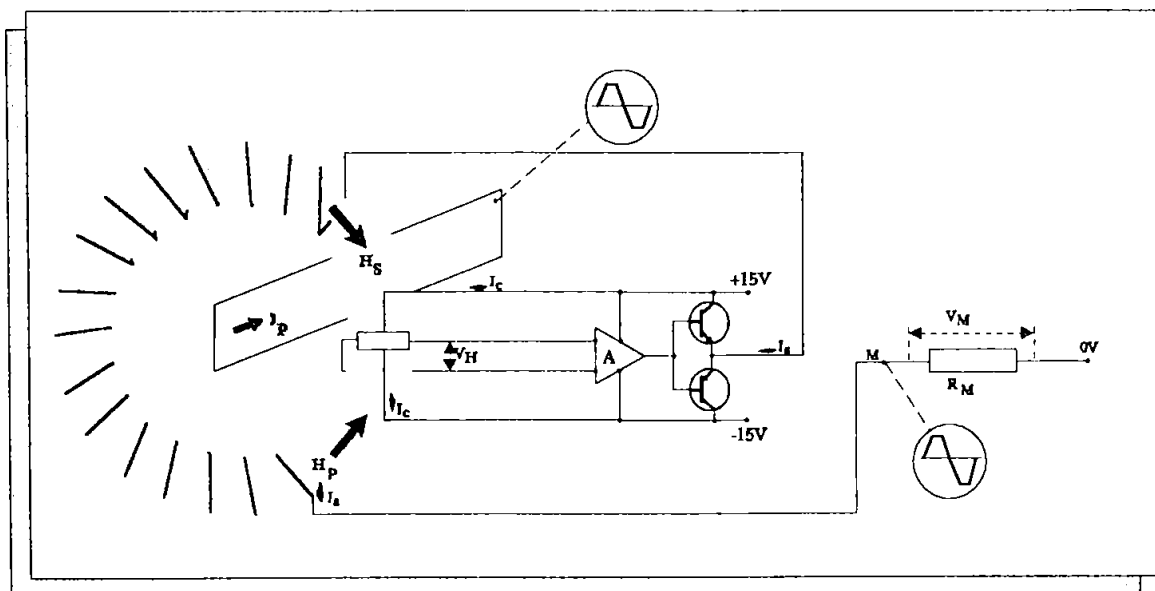


fig. 3.2

Fluxul magnetic creat de curentul de masurat , este compensat de ansamblul senzor HALL asociat cu un circuit electronic , plasat in intrefierul miezului de compensare .

Curentul secundar ( curentul de compensare ) reprezinta imaginea duplicata a curentului primar ( redusa de numarul de spire al miezului de compensare ) .

Ecuatia care sta la baza principiului de functionare al modulului LEM este:

$$| N_p * I_p | = | N_s * I_s |$$

unde

$N_p$  - numar spire primare (  $N_p = 1$  )

$I_p$  - curent primar

$N_s$  - numar spire secundare

$I_s$  - curent secundar

Cu alte cuvinte , campul magnetic primar este compensat de campul magnetic secundar.

Principiul efectului HALL este ilustrat in fig. 3.3. [A30]

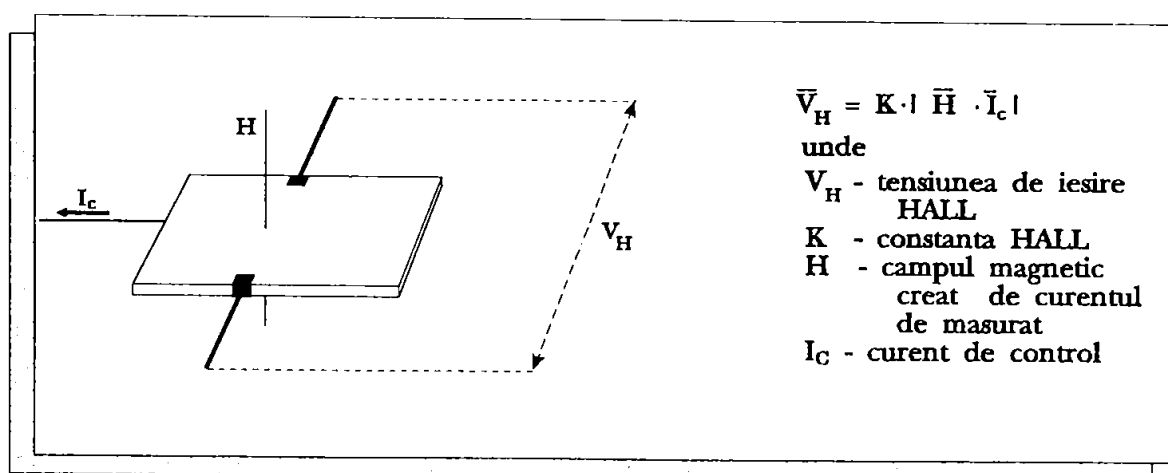


fig. 3.3

Principalele caracteristici tehnice ale modulului LEM sunt prezentate in tab. 3.4. [B25]

Modul de conectare in circuit a modulelor LEM se prezinta in fig. 3.5 [B25]

tab. 3.4

NR CRT	Caracteristici tehnice	Valori ale caracteristicii tehnice	Observatii
1	Curent nominal primar	50 [A]	
2	Domeniu de masura	$0 \div \pm 70$ [A]	
3	Curent nominal analog de iesire	50 [mA]	
4	Tensiune de alimentare	$\pm 15$ [V]	
5	Liniaritate	mai buna de 0.1%	
6	Timp de raspuns	sub 1 [ $\mu$ s]	
7	Consum	10 [mA]	

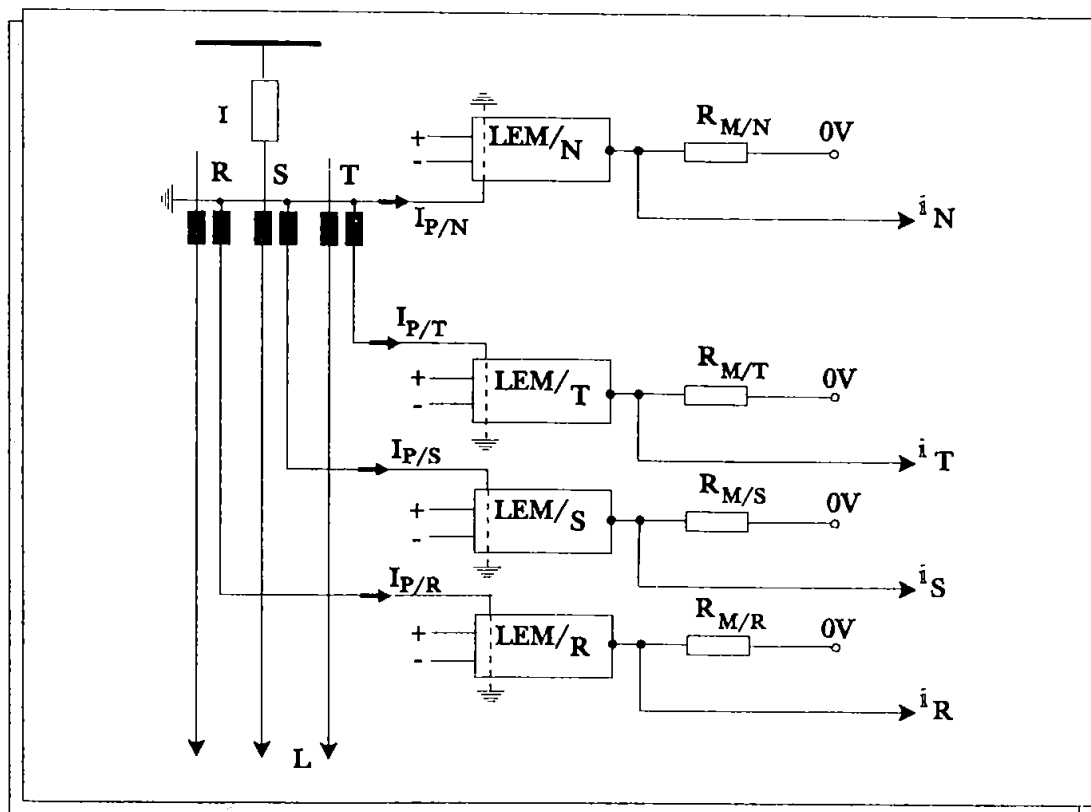


fig. 3.5

### 3.2.2 Bloc intrare tensiuni

Rolul acestui bloc este de a prelua de la transformatorii de tensiune de pe linia de inalta tensiune , tensiunile de faza , a le transforma in semnale proportionale cu acestea si compatibile cu circuitele statice din echipamentele de prelucrare a datelor din proces .



Blocul de intrare tensiuni este alcatuit din trei transformatoare (vezi fig. 3.6) de  $100/\sqrt{3}/10/\sqrt{2}$  [ V ].

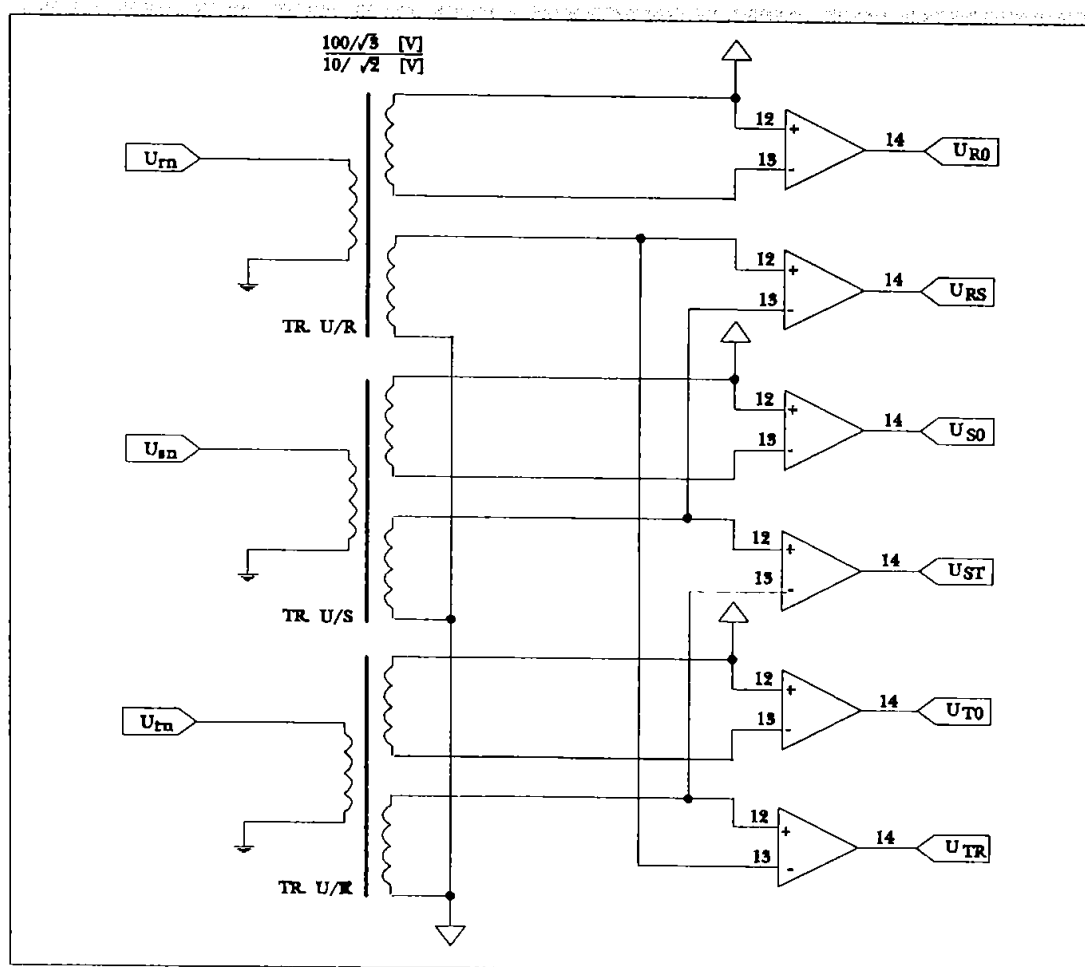


fig. 3.6

Fiecare transformator are doua infasurari secundare , de pe una culegindu-se tensiunea monofazata  $U_{r0}$  ( $U_{s0}$ ,  $U_{t0}$ ) iar de pe cea de a doua infasurare a fiecaruia din cele trei transformatoare prin conectarea corespunzatoare , culegindu-se tensiunile de linie secundare  $U_{rs}$  ,  $U_{st}$  respectiv  $U_{tr}$  .

Tensiunile astfel obtinute sunt transmise echipamentelor de prelucrare a datelor din proces .

### 3.2.3. Bloc intrari numerice

Rolul acestui bloc este de a accepta intrari de la contacte libere de potential ( ex. pozitia intreruptorului principal , starea sigurantelor de alimentare in curent alternativ etc ) , de a separa galvanic echipamentele de achizitie a datelor din proces de echipamentele de prelucrare a acestora in vederea furnizarii lor echipamentului de calcul si comanda in timp real .

Blocul de intrari numerice este realizat cu :

- un circuit de interfata paralela programabil de tipul D 8255 AC-2
- optocuplari tip MB 104

Circuitul D 8255 AC-2 este alcatuit din trei parti :

- interfata spre procesor
- interfata spre periferie
- circuitele interne

Arhitectura circuitului D 8255 AC-2 este indicata in fig.3.7. [A 7]

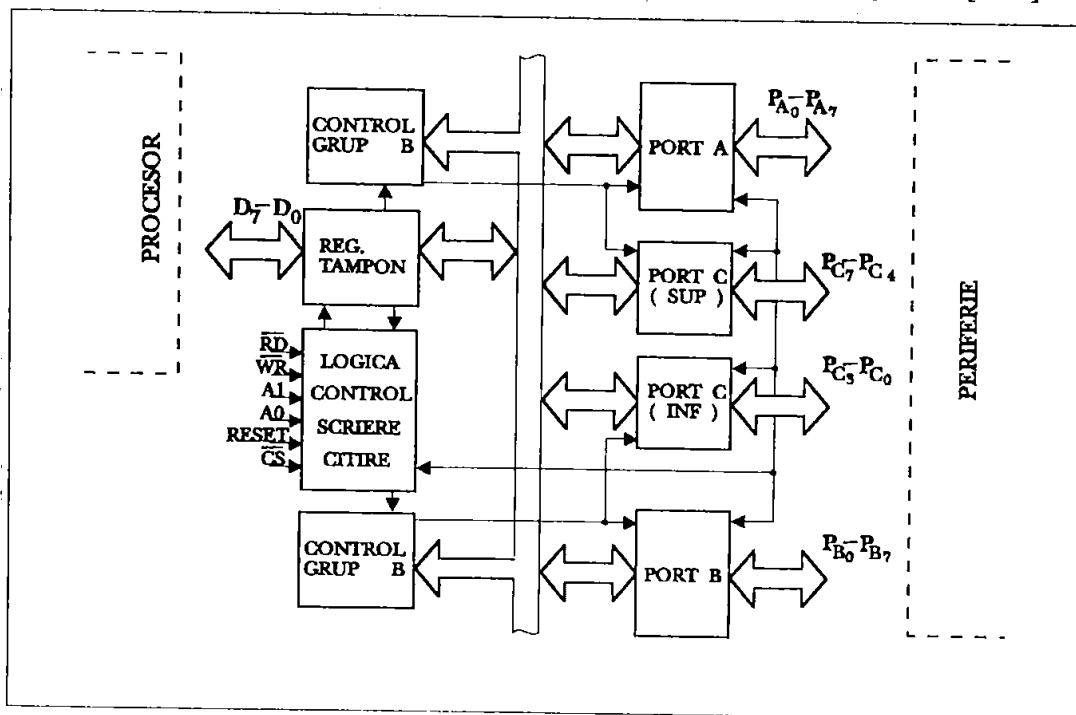


fig. 3.7

Optocuplorul MB 104 este alcatuit , principal , dintr-o sursa de lumina, in acest caz o dioda luminiscenta in infrarosu si un detector de radiatii , fototranzistor in cazul de fata .

Optocuplorul electronic indeplineste functia unui element de cuplaj , el permitand o cale de transfer a semnalelor electrice de la dioda electroluminescenta , prin intermediul luminii , la fototranzistor .

**Fototranzistoarele** sunt jonctiuni p-n-p sau n-p-n in conexiune de tranzistor , unde baza este comandata de catre radiatia optica . Sub actiune fotonilor patrunti in baza iau nastere perechi electron-gol care vor constitui curentul de comanda.

In cazul optocuplorului electronic MB-104 baza fototranzistorului este conectata in exterior , astfel incat este posibila comanda externa a acesteia .

In fig.3.8. este indicata caracteristica de transfer a unui optocuplor MB-104 , ridicata in laborator remarcindu-se liniaritatea curbei  $U_{ce} = f(U_{in})$ .

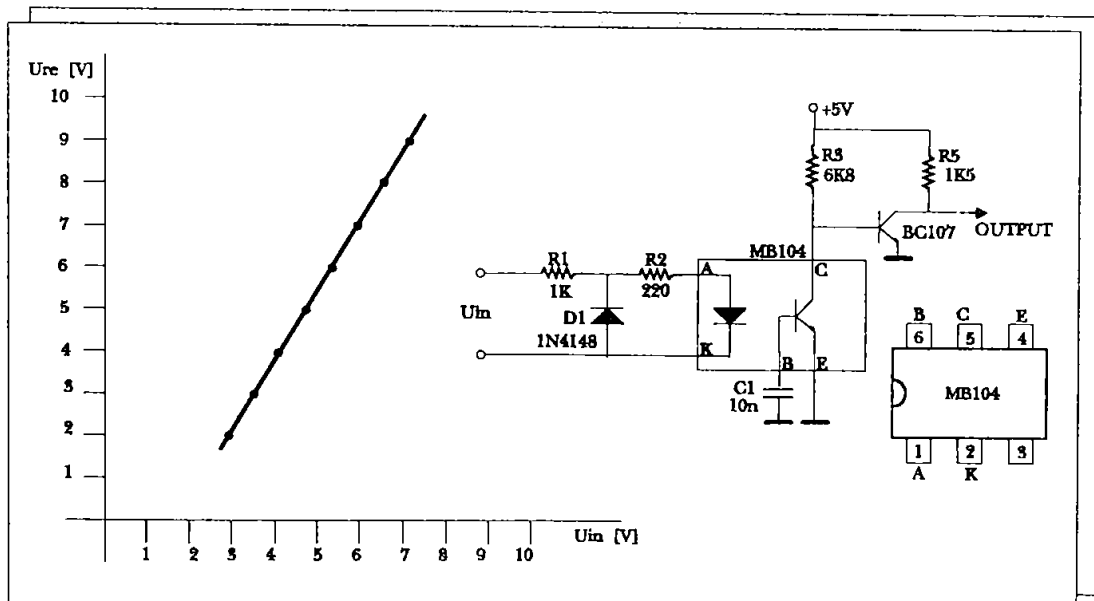


fig. 3.8

Dintre caracteristicile mai importante mentionam :

1. Tensiune colector - emitor  $U_{ce0} = 32 \text{ V}$
2. Tensiune emitor - baza  $U_{ce0} = 6 \text{ V}$
3. Curentul colector - emitor  $I_{ce0} = 10 - 50 \mu\text{A}$   
 la  $I_f = 0$  ,  $U_{ce} = 10 \text{ V}$   
 $I_f = 10 \text{ mA}$  ,  $U_{ce} = 5 \text{ V}$   $I_{ce0} = 24 - 48 \text{ mA}$   
 $I_f$  este curentul de trecere in circuitul de intrare putand lua valori pana la 40 mA .
4. Rezistenta de izolatie  $R_{i0} = 5 * 10^{12} \Omega$  la  $U_{i0} = 2,5 \text{ KV}$

5. Timp de intarziere  $t_d = 0,8 - 5 \mu\text{sec}$

3.2.4. Bloc de distribuire date (MUX)

Rolul blocului de distribuire date , in fapt un multiplexor - circuit integrat CMOS de tipul MMC 4051 , este de a permite accesul secvential al datelor anaologice culese de la blocurile de intrare curenti respectiv tensiuni , spre convertorul analog numeric , sub comanda microsistemului .

Circuitul integrat MMC 4051 este un multiplexor analogic cu opt canale , avand trei intrari de control binare , A , B si C si o intrare de inhibare (INHIBIT) [A1] . Cele trei intrari binare selecteaza unul din cele opt canale , comutatorul analogic corespunzator canalului selectat fiind deschis (ON) .

Circuitul contine comutatoare analogice care au impedanta in starea ON coborata si curenti reziduali in starea OFF foarte mici . .

In fig.3.9 este reprezentata schema bloc a circuitului MMC 4051 si tabelul sau de adevar [ A1] .

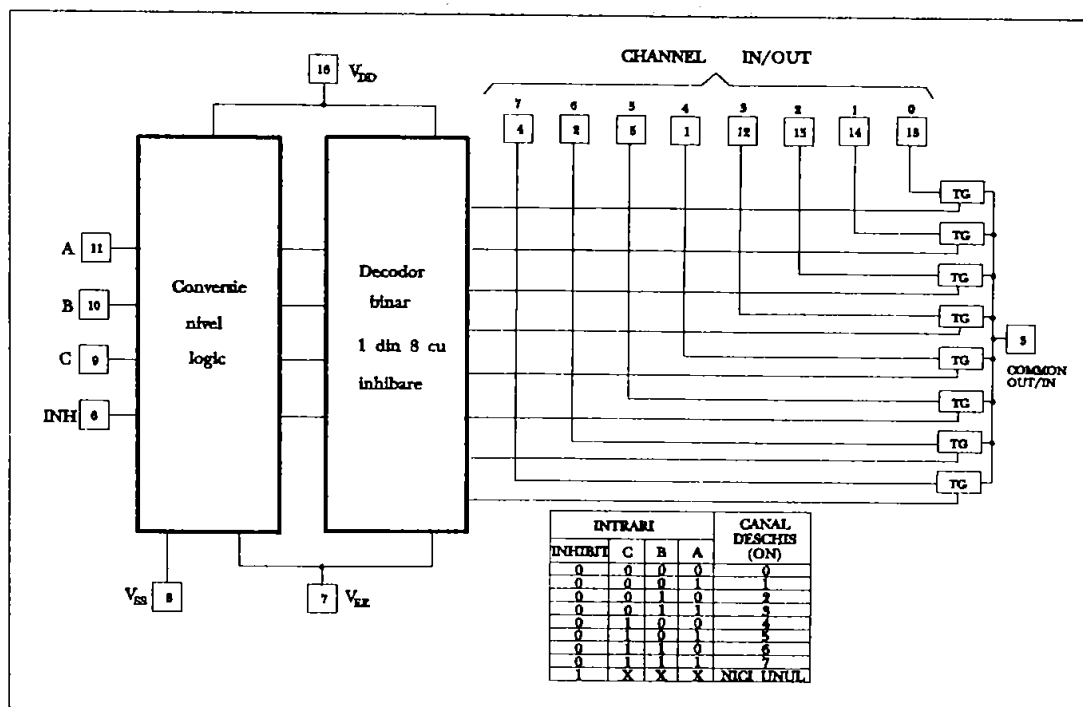


fig. 3.9



Principalele caracteristici tehnice ale CAN sunt prezentate in tabelul 3.11[B43]

tab. 3.11

NR CRT.	CARACTERISTICA	VALORI
1.	<u>RESOLUTIE</u>	12 biti
2.	<u>Game tensiuni intrare</u> * unipolare * bipolare	(0 - 10)V ; (0 - 20)V ± 5V ; ± 10V
3.	<u>Impedante de intrare</u> Vi = (0 - 10)V / ± 5V Vi = (0 - 20)V / ± 10V	3,75 kΩ min ; 6,25 kΩ max 15 kΩ min ; 25 kΩ max
4.	<u>IESIRI NUMERICE</u> DB11 - DB0 * 0 LOGIC * 1 LOGIC	+ 0,4V max , I = 1,6 mA + 2,4 V min , I = 500 μA
5.	<u>TIMP DE CONVERSIE</u> * 12 Bit * 8 Bit	9 μsec min ; 15 μsec max 6 μsec min ; 10 μsec max
6.	<u>Eroare de liniaritate</u>	± 1 LSB
7.	<u>Datele sursei</u> V logic V cc Consum	+ 4,5 ÷ 5,5 V - 3 mA + 11,4 ÷ 16,5 V - 9 mA 110 mW - 150 mW max

Semnificatia pinilor CAN este redată in fig.3.12 [B43] .

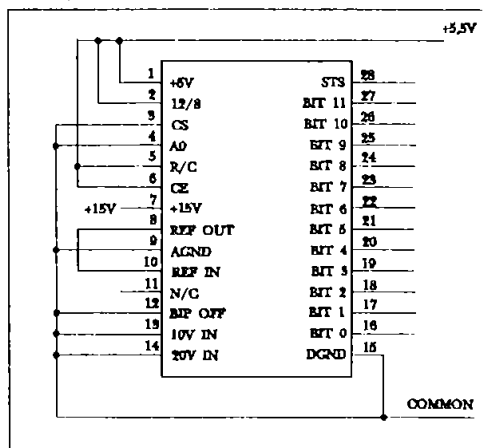


fig. 3.12

Schema de functionare principiala a unui convertor analog - numeric cu aproximatii succesive este indicata in fig.3.13 [A24] .

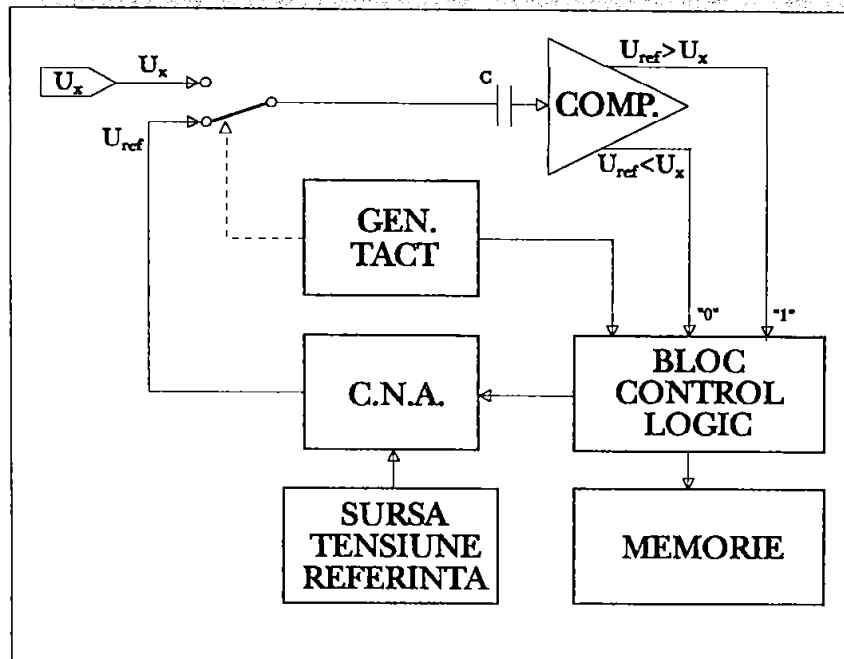


fig. 3.13

Acesta se bazeaza pe principiul compararii tensiunii analogice  $U_x$  cu o tensiune de referinta generata in interiorul aparatului  $U_{ref}$  , furnizata de un convertor numeric - analogic .

Din schema face parte si un comparator care prezinta doua iesiri :

- \*  $U_{ref} > U_x$
- \*  $U_{ref} < U_x$

La intrarea comparatorului se aplica deci tensiunea analogica  $U_x$  si tensiunea de referinta  $U_{ref}$  obtinuta la iesirea convertorului numeric - analogic , acesta fiind comandat de catre blocul de control logic. Egalizarea  $U_x = U_{ref}$  se obtine prin aproximatii succesive , prin varierea tensiunii de referinta , incepand cu rangul cel mai semnificativ si continuand cu rangurile imediat inferioare .

Comparatorul va furniza un semnal la iesire functie de sensul curentului de la intrarea sa ; daca  $U_x > U_{ref}$  , condensatorul C se incarca suplimentar , deci curentul va avea sensul spre amplificator rezultand la iesirea comparatorului un semnal de nivel "1" . In cazul  $U_x < U_{ref}$  semnalul

furnizat de comparator va fi de nivel "0". Generatorul de tact comanda comutatorul k .

### **Modul de functionare a blocului de conversie A/N**

Semnalele analogice furnizate la iesirea multiplexorului MUX sunt aplicate blocului de conversie analog - numerica unde sunt preluate de catre divizorul de intrare care adapteaza semnalele culese la valorile admisibile ale CAN .

Convertorul analog - numeric furnizeaza la iesirea blocului , la comanda logicii externe de **START CONVERSIE** , semnale numerice (12 biti) care sunt transmise spre echipamentul de calcul si comanda in timp real.



### ***3.4. Echipament de calcul si comanda in timp real***

Rolul echipamentului de calcul si comanda in timp real consta in :

- comanda preluarii valorilor curentului si tensiunii liniei electrice aeriene prin intermediul echipamentelor de achizitie date din proces si a echipamentului de conversie date ;
- rularea programelor de protectie;
- comanda selectiva in caz de defect a deconectarii intreruptorului liniei electrice aeriene prin intermediul echipamentului de executie.

Configuratia echipamentului de calcul si comanda in timp real este indicata in fig.3.14. Acest echipament este de tip modular realizat in jurul unui microprocesor Z 80 B .

Principalele blocuri componente sunt urmatoarele :

\* **Unitatea centrala** - realizata cu microprocesor de 8 bit tip Z 80 B-CPU / 8 MHz , acest modul asigurand :

- functionarea echipamentului in conformitate cu instructiunile memorate;
- lansarea unor activitati prioritare prin sistemul propriu de intreruperi
- lansarea unor semnale periodice de frecvente stabilite;
- generarea a trei baze de timp ( ceas programabil );
- generarea magistralei de sistem;

\* **Blocul de memorie**

- modulul EPROM destinat a asigura memorarea permanenta a programelor si a datelor . Capacitatea acestui modul este de 32 kByte si este realizat cu un circuit de tipul M27 C256B
- modulul RAM - destinat a asigura memorarea nepermanenta a programelor si a datelor. Capacitatea acestui modul este de 32 kByte si este realizat cu un circuit de tipul CXK 5825 AP

\* **Blocul de unitate seriala**

Realizeaza transmisia seriala a datelor sub controlul UC intre microsistem si alte sisteme de prelucrare a datelor, cu dispozitive periferice cu interfata seriala (consola , display , imprimanta). Unitatea seriala este realizata cu circuitul Z 80 - SIO si asigura doua canale seriale la 9600 bps.

- un canal standard RS 232 C;
- un canal standard RS 485 FB.

**\* Blocul de interfata analogica - asigura**

- adaptarea semnalului de masurat (prin intermediul traductoarelor);
- selectarea si conversia numerica a valorii semnalului de masurat.

(blocul de interfata analog-numerică este descris in cap 3.2)

**\* Blocul de intrari numerice**

Realizeaza interfatarea cu semnalele numerice din proces (vezi cap 3.3).

**\* Blocul de iesiri numerice**

Asigura interfata de comanda catre proces (vezi cap. 3.5).

**\* Sursa de alimentare** - asigura alimentarea cu tensiune continua a microsistemului, avand la baza doua convertoare monolitice CC/CC in comutatie [B48] :

- VICOR VI - 273 - CY : - intrare 250 Vcc / 65W  
- iesire 24 Vcc / 50W
- ELYTONE EC 2F16 : - intrare 24 Vcc / 65W  
- iesire +5 Vcc / 3A  
± 12 Vcc / ± 0,5A

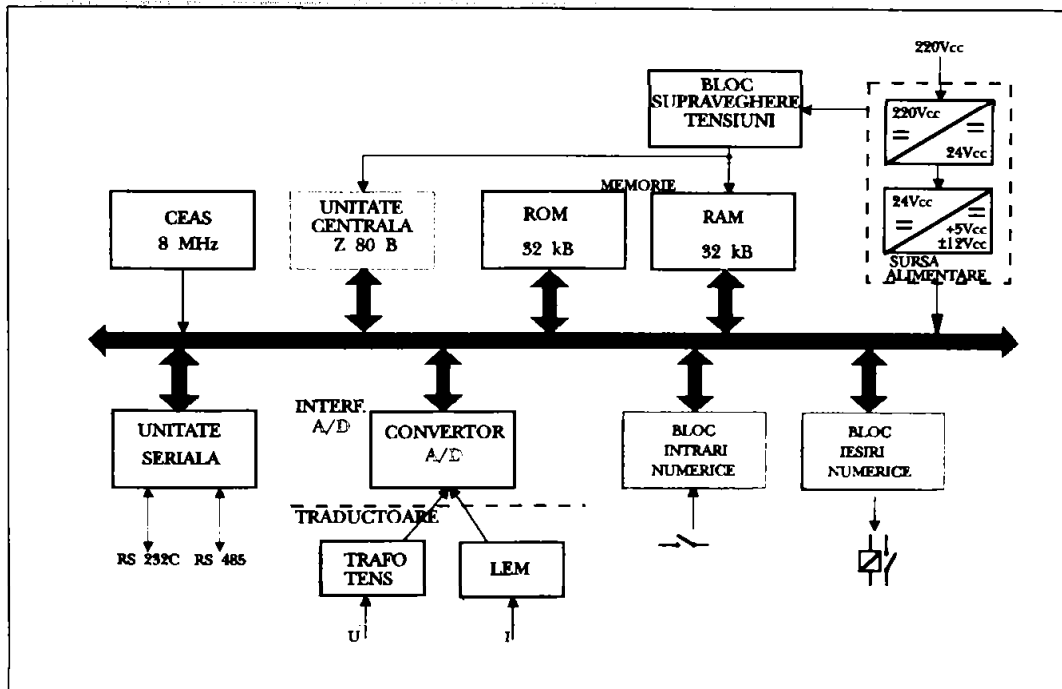


fig. 3.14

### 3.5. Echipament de executie

Rolul echipamentului de executie consta in transformarea semnalelor de iesire ale echipamentului de calcul si comanda in timp real in semnale capabile sa actioneze intreruptorul liniei electrice aeriene. Echipamentul de executie este compus din :

- interfata iesiri comanda;
- blocul de executie;

Arhitectura echipamentului de executie este ilustrata in fig.3.15

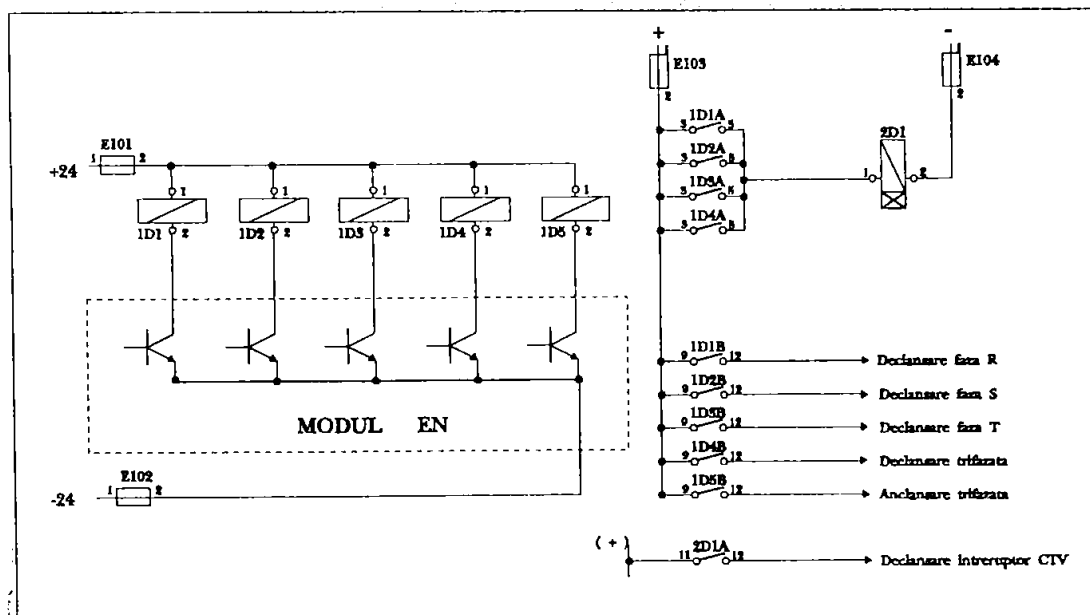


fig. 3.15

Interfata de iesiri - comanda - furnizeaza iesiri pe tranzistor open-collector fiind realizata cu :

- circuit D 8255 AC-2
- optocuplari MB 104
- tranzistoare BD 237 ( npn medie putere )

Conditii de functionare ale interfetei iesiri - comanda sunt similare celor descrise in cap. 3.2.3 - INTRARI NUMERICE

Blocul de executie asigura transmiterea comenzilor de la interfata de iesiri comanda la intreruptorul liniei electrice aeriene. Elementele principale din componenta blocului de executie sunt :

- sigurante fuzibile e101 , e102 pentru protejarea circuitelor de 24 Vcc si e103, e104 pentru protejarea circuitelor de 220 Vcc.
- relee intermediare 1D1 , 1D2 , 1D3 , 1D4 si 1D5 tip RI - 10, pentru comanda declansarii intreruptorului liniei electrice aeriene, relee excitate de semnalele furnizate de interfata iesiri comanda.
- releu de timp 2D1 tip RTPa 5 cu rolul de transmitere temporizata a comenzii de declansare catre intreruptorul cuplei transversale in cazul refuzului de declansare a intreruptorului liniei electrice protejate.

Modul de functionare al echipamentului de executie se poate urmari in fig.3.15.

### 3.6. Dispozitia echipamentelor

Echipamentele componente ale protectiei digitale de distanta PDD-01 sunt amplasate intr-o carcasa tip METROSET de dimensiunile 440\*290\*98 mm. Amplasarea modulelor functionale ale protectiei de distanta este indicata in fig.3.16.

Placa de baza cuprinde ansamblul circuitelor electronice aferente protectiei de distanta digitale, fiind realizata pe placheta de circuit imprimat de grosime 1,6 mm , dublu strat , cu gauri metalizate si avand dimensiunile unui modul DUBLU EUROCARD .

Conectorii amplasati pe placa de baza sunt de tip RACK - 9 pini si tip EUROCARD - 35 pini asigurand legatura intre aceasta si modulul de intrare curenti , tensiuni si sursa de alimentare .

Placa frontala cuprinde :

- LED pentru semnalizare alimentare ansamblu;
- LED pentru semnalizare blocaj general;
- LED pentru semnalizare blocaj la pendulatii;
- LED - semnalizare demaraje ( R,S,T,N );
- LED - semnalizare declansari ( R,S,T );
- LED - semnalizare trepte actionare ( 1,2,3,4 );
- Buton RESET;
- Mufa seriala RS 232 tip RACK - 25 pini;
- Mufa FILE - BUSS tip RACK - 9 pini;

Dispozitia elementelor amintite pe placa frontala sunt indicate in fig.3.17

Placa spate cuprinde :

- Conector circular 220Vcc;
- Sigurante alimentare 2A;
- Comutator pornit - oprit;
- Clema LT - 112 - 16A - Intrari curenti;
- Conector TUNEL - 30 pini - Intrari tensiuni;
- Conector TUNEL - 30 pini - Intrari numerice;
- Conector TUNEL - 30 pini - Iesiri comanda;

Dispozitia elementelor amintite pe placa spate sunt indicate in fig.3.18.

Schema de conectare in instalatia primara a protectiei de distanta digitala PDD-01 este indicata in fig.3.19

Fig. 3.20 prezinta o vedere de ansamblu a protectiei de distanta digitale in executie finala.

In fig. 3.21 este prezentata placa frontala a protectiei de distanta digitala iar in fig. 3.22 placa spate.

Fig. 3.23 prezinta modul de realizare practica a placii de baza precum si ansamblul elementelor de achizitii date din proces (LEM, TU).

Fig. 3.24 subliniaza diferenta de gabarit intre un releu de distanta clasic (D-400) si protectia de distanta digitala propusa.

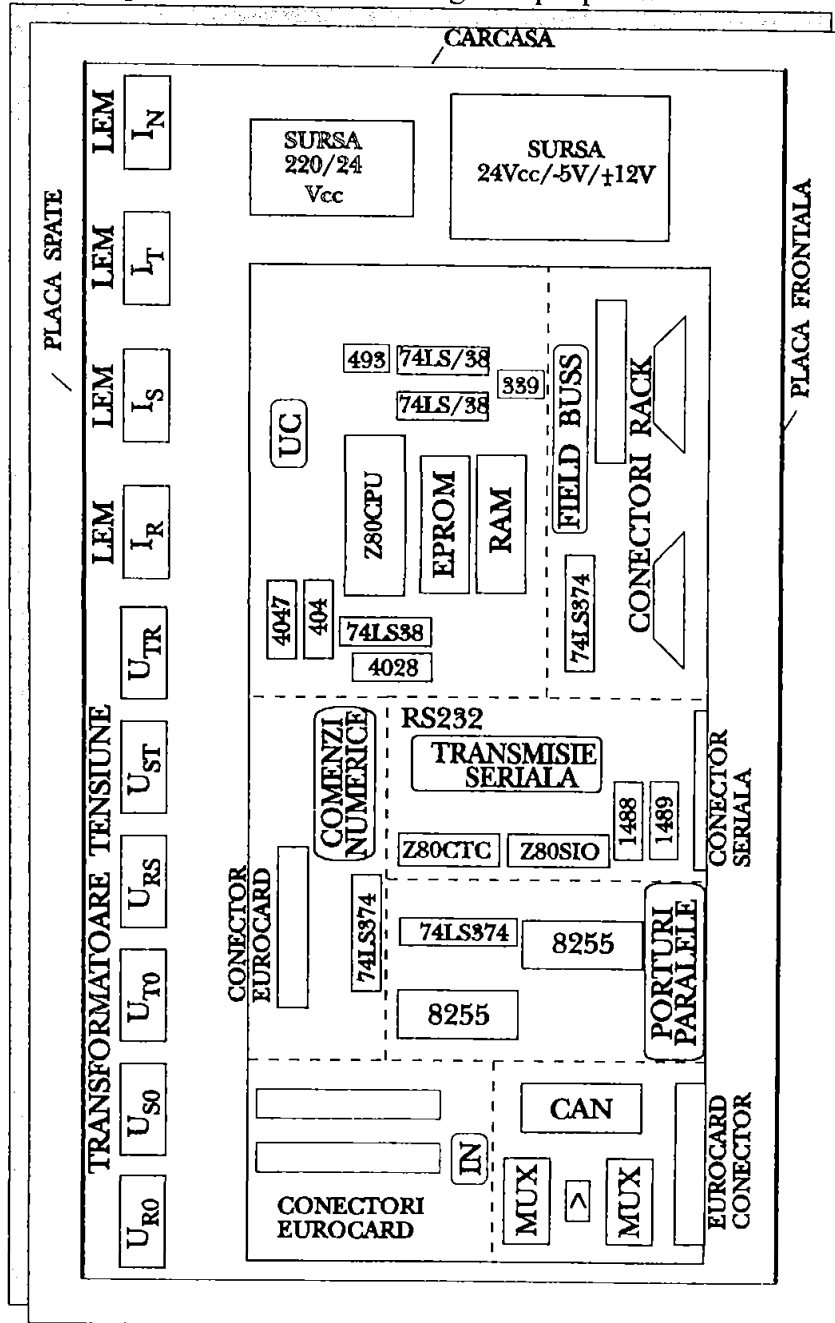


fig. 3.16

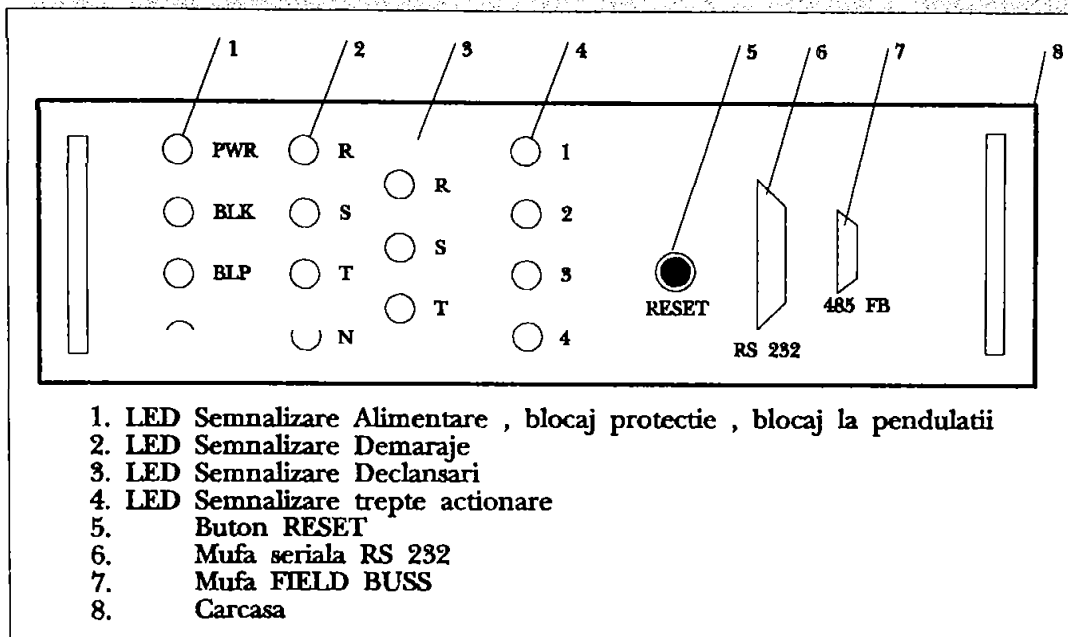


fig. 3.17

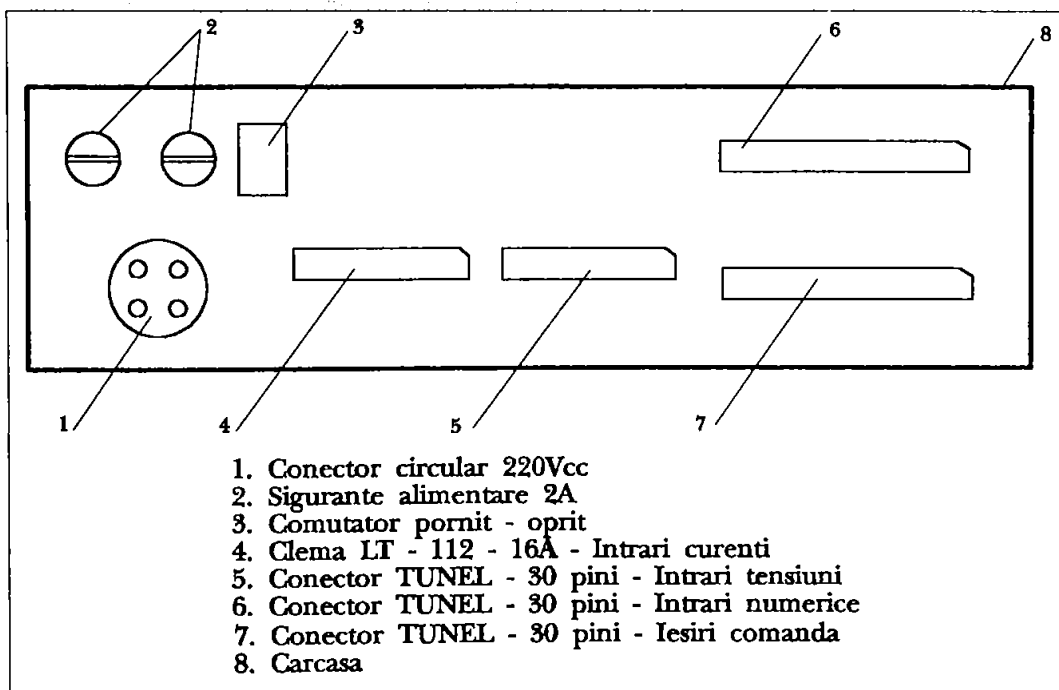


fig. 3.18

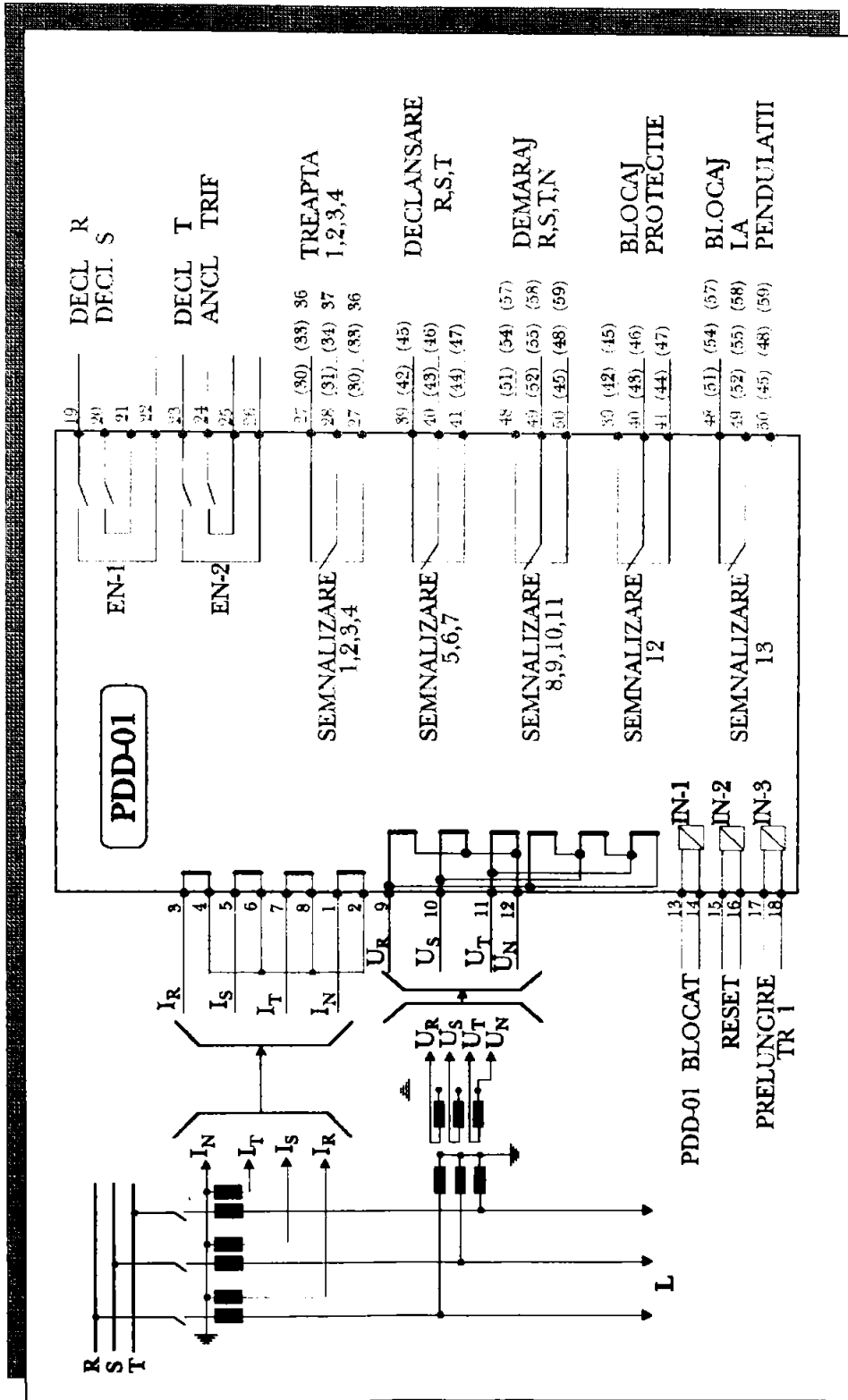
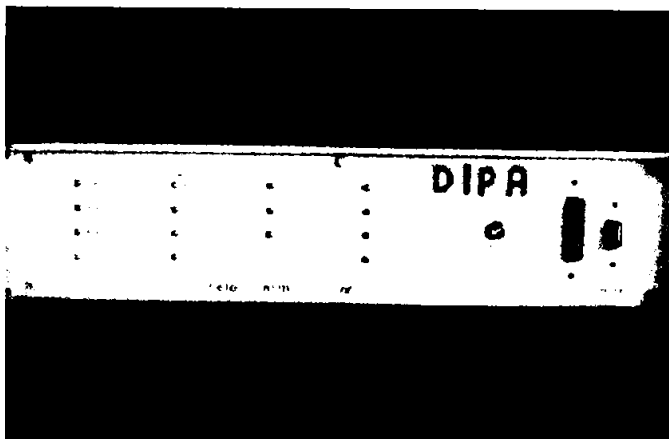


fig. 3.19

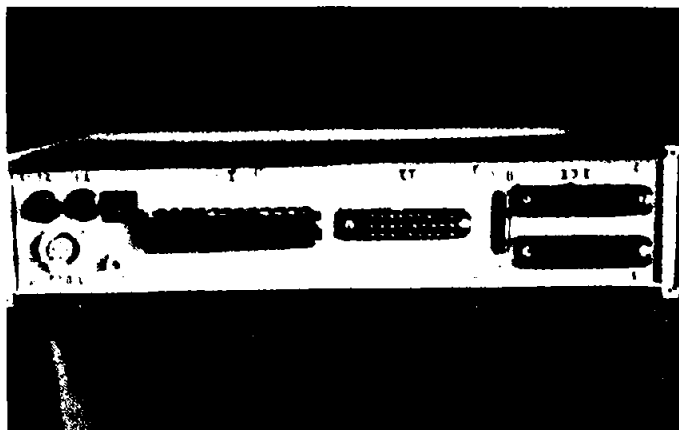




*fig. 3.20*

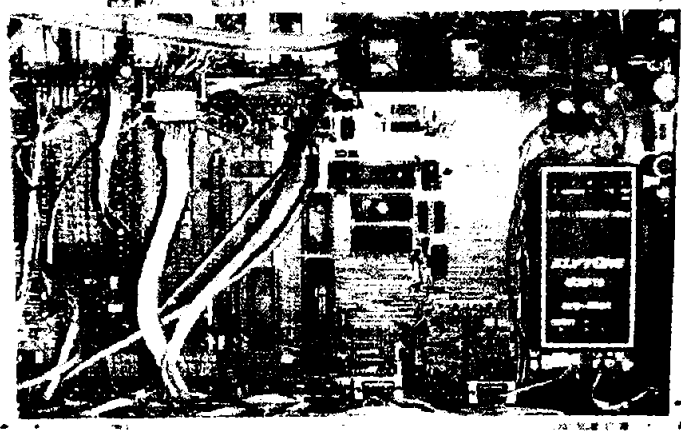


*fig. 3.21*

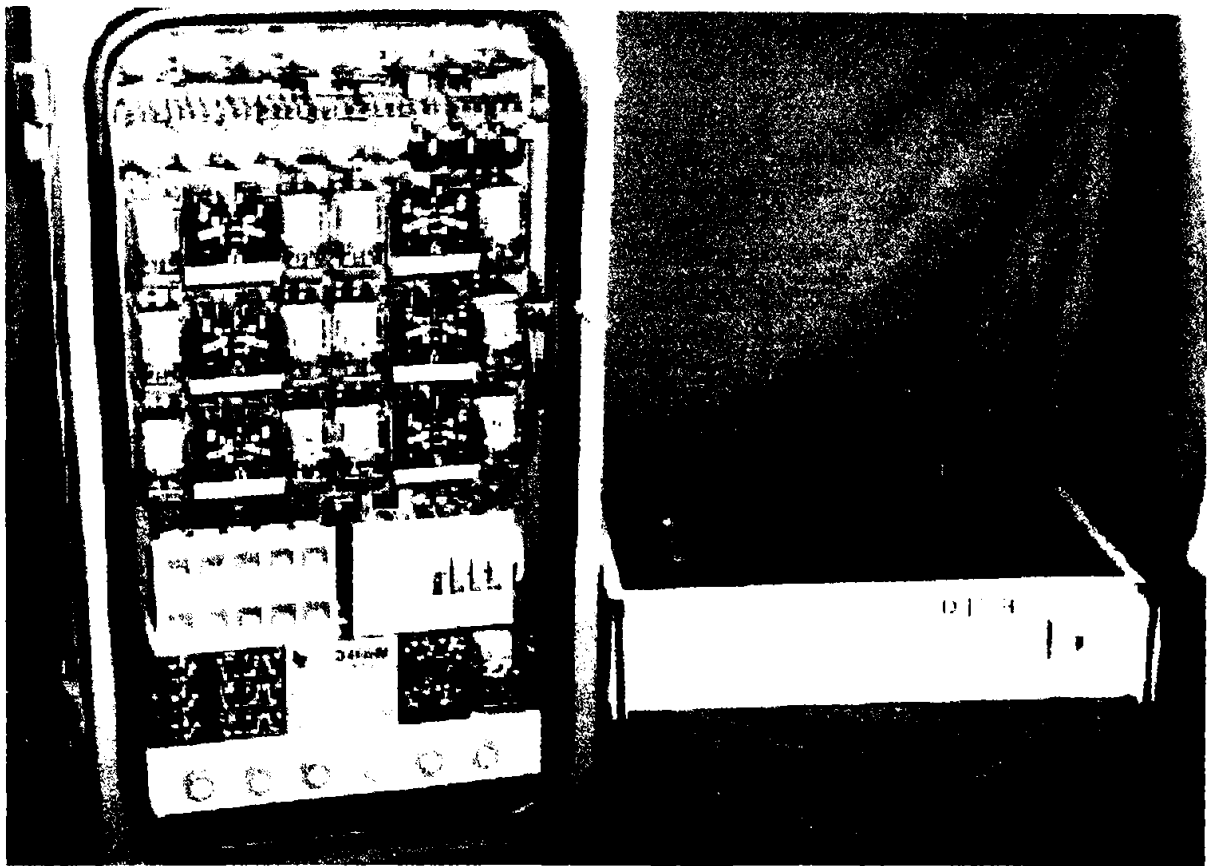


*fig. 3.22*

PROTECTIE DE DISTANTA DIGITALA - STRUCTURA HARDWARE



*fig. 3.23*



*fig. 3.24*

---

## **CAPITOLUL 4**

---

### **ALGORITME SI PROGRAME AFERENTE PROTECTIEI DE DISTANTA DIGITALE**

#### **4.1 DESCRIEREA GENERALA A STRUCTURII PROGRAMELOR PROTECTIEI DE DISTANTA DIGITALE.**

Programele care asigura functionarea protectiei digitale de distanta sunt structurate pe trei nivele ( vezi fig. 4.1. ) dupa cum urmeaza :

##### **NIVEL 0 - Programul de pregatire date disponibile ( PDD )**

Rolul acestui program este de a pune la dispozitia programului de nivel 1 marimile  $Z_i$  si  $\Phi_i$  in vederea analizarii lor .

Aceasta functiune se realizeaza prin comanda blocului de distribuire date (MUX) si a convertorului analog-numeric (CAN) intr-o succesiune convenabila .

Dupa parcurgerea a trei cicluri de functionare , se memoreaza si se semnalizeaza programului de nivel 1 disponibilitatea urmatoarelor date :

$$\begin{aligned} & Z_{R0} , Z_{RS} , \Phi_{R0} , \Phi_{RS} \\ & Z_{S0} , Z_{ST} , \Phi_{S0} , \Phi_{ST} \\ & Z_{T0} , Z_{TR} , \Phi_{T0} , \Phi_{TR} \end{aligned}$$

##### **NIVEL 1 - Programul de analiza date disponibile ( PADD )**

Rolul acestui program consta in analiza datelor disponibile semnalizate de programul de nivel 0 , transmitand programului principal ( nivel 2 ) :

- daca exista sau nu un defect in linia protejata
- sase variabile de defect (**DFR0 , DFS0 , DFT0 , DFRS , DFST , DFTR**) pe baza carora programul principal stabileste tipul de defect a liniei electrice .

Pentru indeplinirea acestui rol , programul de analiza date disponibile executa urmatoorii pasi :

- preluarea datelor  $Z_{i0}$  ,  $Z_i$  ,  $\phi_{i0}$  ,  $\phi_i$  de la nivelul 0
- determinarea functie de  $\phi_{i0}$  respectiv  $\phi_i$  a marimilor
 
$$\begin{aligned} & 1Z_M , 2Z_M , 3Z_M , Z_{MD} \\ & 1Z_P , 2Z_P , 3Z_P , Z_{PD} \end{aligned}$$
- compararea valorilor masurate cu cele de reglaj precizand zona de defect ( 1 , 2 , 3 sau zona de demaraj ) .

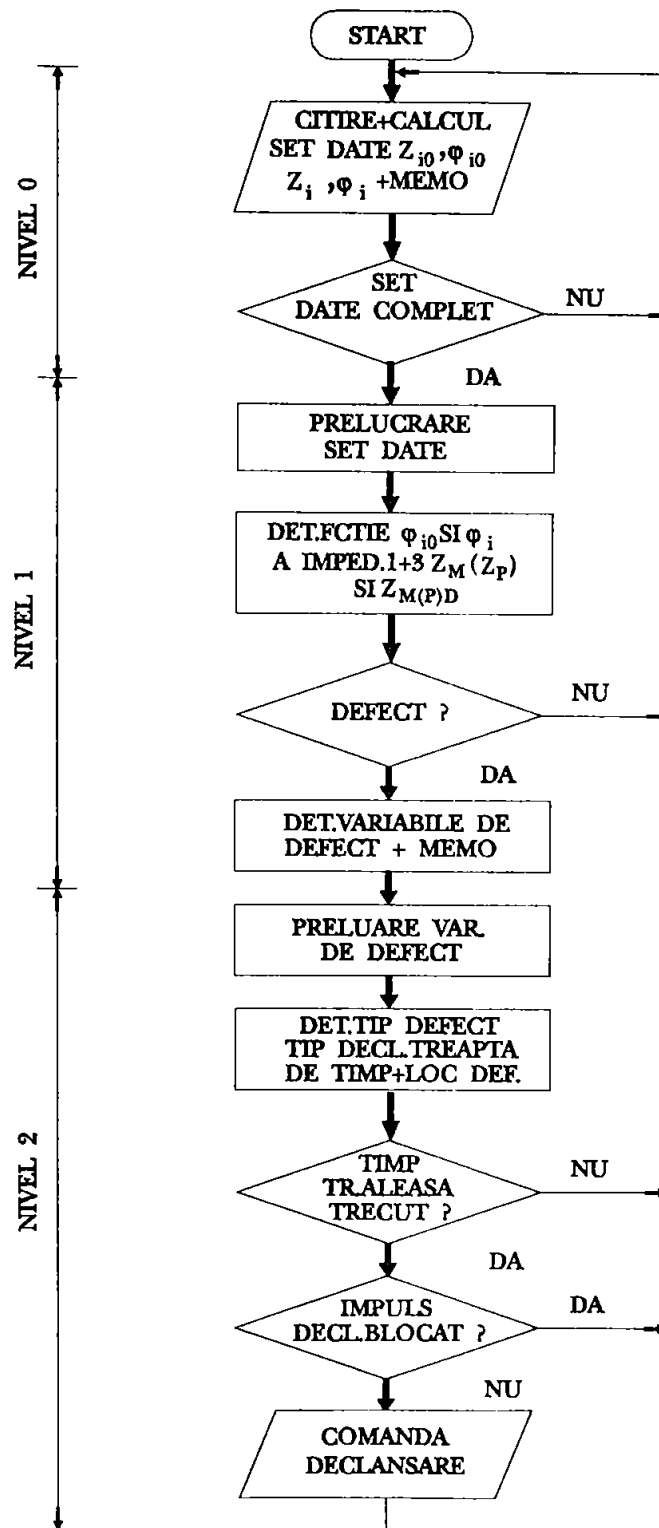


fig. 4.1

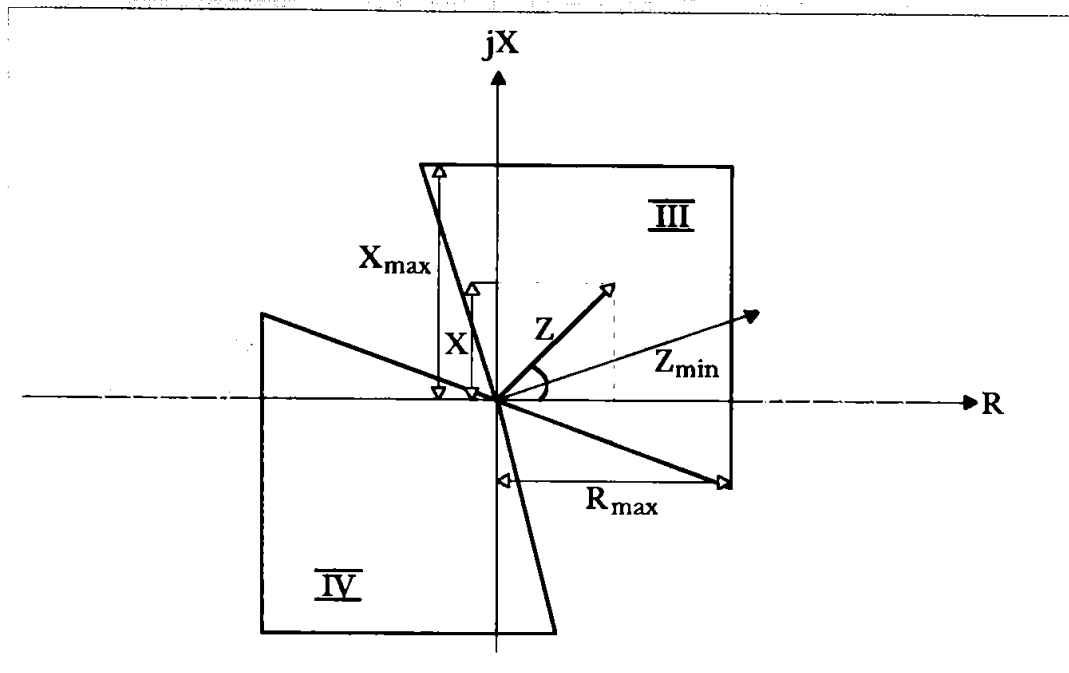


fig. 4.2

**PADD** mai realizeaza :

- preluare octeti de comanda de la programul principal
- preluare octeti de semnalizare demaraj de la programul principal
- preluare octeti de semnalizare declansare de la programul principal
- preluare comanda de **START TIMP** , **STOP TIMP** de la programul principal
- preluare comanda calcul localizare scurtcircuit de la programul principal
- preluare comanda de **POZ. IO** de la programul principal
- executia tuturor comenzilor preluate

### **NIVEL 2 - Programul principal ( PP )**

Rolul programului principal este de :

- a prelua datele de defect de la nivelul 1
- a determina tipul de defect , pe baza acestora
- a decide tipul de declansare si treapta de timp
- a transmite octeti de comanda semnalizare demaraj , declansare , semnalizare declansare , **START TIMP** , **STOP TIMP** , afisare timp catre nivelul 1.

Programele astfel structurate permit reflectarea fidelă a algoritmului protecției de distanță precum și o rulare rapidă a acestora .

În vederea recunoașterii stării de defect a liniei electrice supravegheate, impedanța determinată se compară cu diagrama de declanșare ( fig. 4.2.). [B40]

În cazul funcționării fără defect vectorul impedanță se va afla funcție de direcția și faza curentului de sarcină în interiorul domeniilor I sau II .

În caz de defect , vectorul impedanță a liniei defecte se va situa în interiorul domeniilor III ( direcție față ) sau IV ( direcție spate ) .

O situație a vectorului impedanță în restul domeniului R/X este posibilă doar în timpul proceselor tranziente .

#### **4.2 ALGORITMUL SI PROGRAMUL DE PREGATIRE DATE DISPONIBILE ( NIVEL 0 ) .**

Rolul acestui program constă în comanda convertorului A/D pentru măsurarea impedanțelor și de a comunica cu programul principal printr-o variabilă semafor de acces la zona de memorie unde se depun datele disponibile măsurate. Programul rulează independent de restul programelor.

Algoritmul programului de pregătire date disponibile este prezentat în fig.4.3. Acesta constă în parcurgerea următorilor pași :

1. determinarea și memorarea perechii de date  $Z_{R0}$  ,  $\varphi_{R0}$
2. determinarea și memorarea perechii de date  $Z_{RS}$  ,  $\varphi_{RS}$
3. determinarea și memorarea perechii de date  $Z_{S0}$  ,  $\varphi_{S0}$
4. determinarea și memorarea perechii de date  $Z_{ST}$  ,  $\varphi_{ST}$
5. determinarea și memorarea perechii de date  $Z_{T0}$  ,  $\varphi_{T0}$
6. determinarea și memorarea perechii de date  $Z_{TR}$  ,  $\varphi_{TR}$

După memorarea acestor mărimi se semnalizează programului de nivel I existența datelor disponibile , reluându-se ciclul pentru un nou set de date .

Programul de pregătire date disponibile - nivel 0 (PDD) este prezentat în ANEXA 4.1

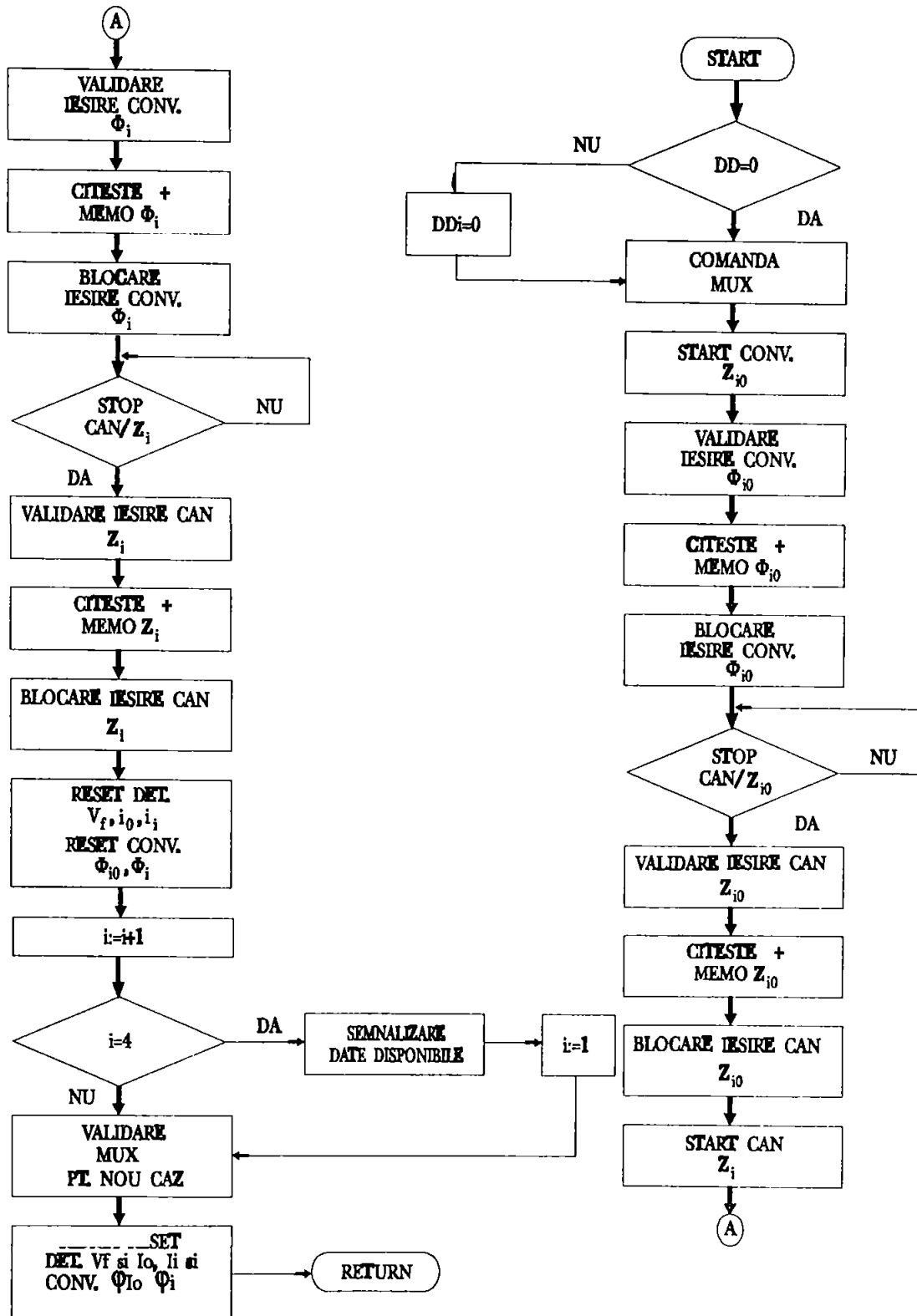


fig. 4.3



### 4.3 ALGORITMUL SI PROGRAMUL DE ANALIZA DATE DISPONIBILE ( NIVEL 1 ).

Algoritmul programului de analiza a datelor disponibile este prezentat in fig. 4.4. Acesta consta in parcurgerea urmatoarelor pasi :

1. preluarea setului de date pregatite la nivelul 0
2. determinarea existentei curentului homopolar
3. determinarea functiei de unghi de defazaj , a valorilor impedantelor (mono respectiv bi) reglate , corespunzator fiecarei zone de actionare ( $1Z_{MR}$ ,  $2Z_{MR}$ ,  $3Z_{MR}$ , - impedante mono respectiv  $1Z_{PR}$ ,  $2Z_{PR}$ ,  $3Z_{PR}$ , - impedante polifazate) vezi 4.3.1
4. compararea valorilor masurate cu cele de reglaj precizand zona de defect si determinand variabilele de defect ( **DF** )

Dupa parcurgerea pasilor enuntati se semnalizeaza nivelul 2 daca exista sau nu defect pe linia protejata se de asemenea se transmit aceluiasi nivel variabilele de defect .

In program sunt definite functiile:

- Is\_Defect\_R0
- Is\_Defect\_S0
- Is\_Defect\_T0
- Is\_Defect\_RS
- Is\_Defect\_ST
- Is\_Defect\_TR
- Is\_Masuratoare\_Completa

Programul de analiza datelor disponibile - nivel 1 (PADD) este prezentat in ANEXA 4.2

#### 4.3.1 TABEL IMPEDANTE functie de unghi

*Semnificatii*

- F1 : unghi ;**  
**Z1M : impedanta monofazata treapta 1 ;**  
**Z2M : impedanta monofazata treapta 2 ;**  
**Z3M : impedanta monofazata treapta 3 ;**  
**Z1P : impedanta polifazata treapta 1 ;**  
**Z2P : impedanta polifazata treapta 2 ;**  
**Z3P : impedanta polifazata treapta 3 ;**

Modul de calcul al marimilor ce intervin in tabelul 4.3.1 este indicat in explicativa 4.3.1

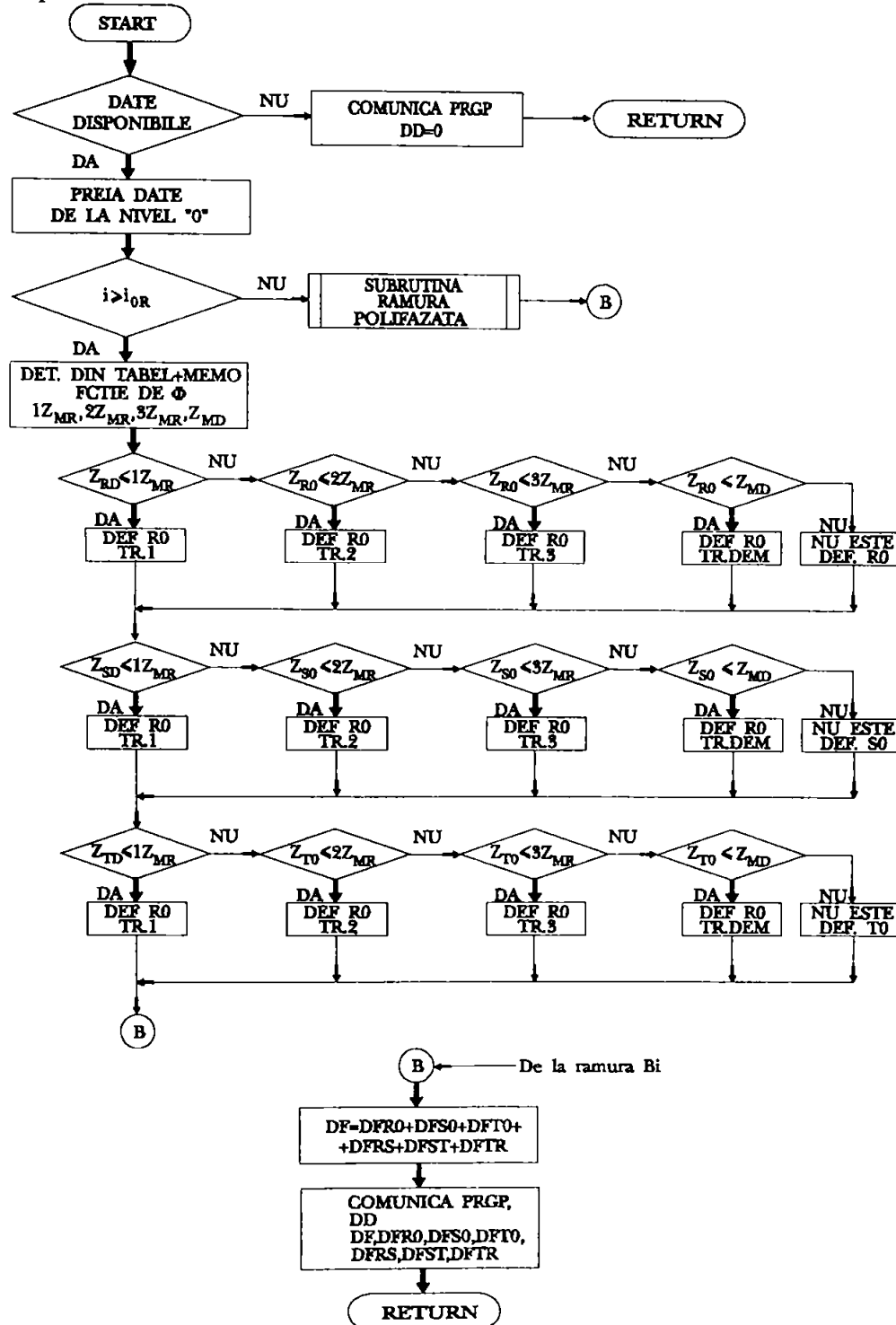
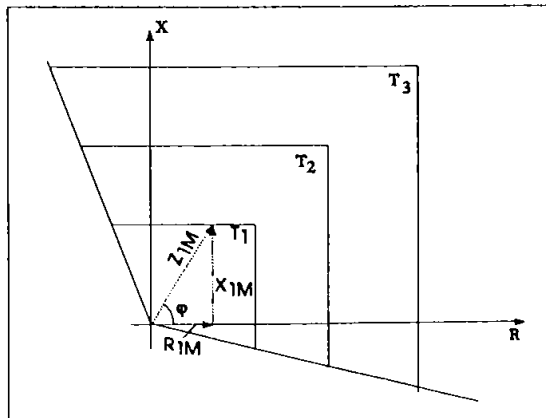


fig. 4.4

tab 4.3.1

Fi	Z1m	Z2m	Z3m	Z1p	Z2p	Z3p	Fi	Z1m	Z2m	Z3m	Z1p	Z2p	Z3p
-14	0.73	1.29	1.83	0.81	1.43	2.04	46	1.02	1.80	2.56	1.14	2.00	2.85
-12	0.73	1.28	1.82	0.81	1.42	2.02	48	1.06	1.87	2.66	1.18	2.08	2.96
-10	0.72	1.27	1.81	0.80	1.41	2.01	50	1.10	1.94	2.77	1.23	2.16	3.08
-8	0.72	1.26	1.80	0.80	1.40	2.00	52	1.15	2.03	2.89	1.28	2.26	3.22
-6	0.71	1.26	1.79	0.79	1.40	1.99	54	1.21	2.13	3.03	1.34	2.36	3.37
-4	0.71	1.25	1.78	0.79	1.39	1.98	56	1.23	2.15	3.08	1.36	2.39	3.41
-2	0.71	1.25	1.78	0.79	1.39	1.98	58	1.20	2.10	3.01	1.33	2.33	3.34
0	0.71	1.25	1.78	0.79	1.39	1.98	60	1.18	2.06	2.94	1.30	2.29	3.27
2	0.71	1.25	1.78	0.79	1.39	1.98	62	1.16	2.02	2.89	1.28	2.24	3.21
4	0.71	1.25	1.78	0.79	1.39	1.98	64	1.13	1.98	2.84	1.26	2.20	3.15
6	0.71	1.26	1.79	0.79	1.40	1.99	66	1.12	1.95	2.79	1.24	2.17	3.10
8	0.72	1.26	1.80	0.80	1.40	2.00	68	1.10	1.92	2.75	1.22	2.14	3.05
10	0.72	1.27	1.81	0.80	1.41	2.01	70	1.09	1.89	2.71	1.20	2.11	3.01
12	0.73	1.28	1.82	0.81	1.42	2.02	72	1.07	1.87	2.68	1.19	2.08	2.98
14	0.73	1.29	1.83	0.81	1.43	2.04	74	1.06	1.85	2.65	1.18	2.06	2.94
16	0.74	1.30	1.85	0.82	1.45	2.06	76	1.05	1.83	2.63	1.16	2.04	2.92
18	0.75	1.31	1.87	0.83	1.46	2.08	78	1.04	1.82	2.61	1.16	2.02	2.89
20	0.76	1.33	1.89	0.84	1.48	2.11	80	1.04	1.81	2.59	1.15	2.01	2.87
22	0.77	1.35	1.92	0.85	1.50	2.14	82	1.03	1.80	2.58	1.14	2.00	2.86
24	0.78	1.37	1.95	0.86	1.52	2.17	84	1.03	1.79	2.56	1.14	1.99	2.85
26	0.79	1.39	1.98	0.88	1.55	2.20	86	1.02	1.78	2.56	1.13	1.98	2.84
28	0.80	1.42	2.02	0.89	1.57	2.24	88	1.02	1.78	2.55	1.13	1.98	2.83
30	0.82	1.44	2.06	0.91	1.61	2.29	90	1.02	1.78	2.55	1.13	1.98	2.83
32	0.84	1.47	2.10	0.93	1.64	2.33	92	1.02	1.78	2.55	1.13	1.98	2.83
34	0.86	1.51	2.15	0.95	1.68	2.39	94	1.02	1.78	2.56	1.13	1.98	2.84
36	0.88	1.55	2.20	0.98	1.72	2.45	96	1.03	1.79	2.56	1.14	1.99	2.85
38	0.90	1.59	2.26	1.00	1.76	2.51	98	1.03	1.80	2.58	1.14	2.00	2.86
40	0.93	1.63	2.32	1.03	1.81	2.58	100	1.04	1.81	2.59	1.15	2.01	2.87
42	0.96	1.68	2.40	1.06	1.87	2.66	102	1.04	1.82	2.61	1.16	2.02	2.89
44	0.99	1.74	2.47	1.10	1.93	2.75	104	1.05	1.83	2.63	1.16	2.04	2.92



$$X_{1M} = Z_{1M} \sin \varphi$$

$$R_{1M} = Z_{1M} \cos \varphi$$

$$Z_{1M} = \frac{X_{1M}}{\sin \varphi} \text{ sau}$$

$$Z_{1M} = \sqrt{R_{1M}^2 + X_{1M}^2}$$

*explicativa 4.3.1*

#### 4.4 ALGORITMUL SI PROGRAMUL PRINCIPAL (NIVEL 2) .

Algoritmul programului principal este prezentat in fig. 4.6. Acesta consta in parcurgerea urmatoarelor pasi :

1. preluarea variabilelor de defect de la nivelul 1
2. determinarea functiilor logice de defect (F1 ÷ F11)  
conform TABEL 4.4.1 .
3. determina tipul declansarii si a treptei de timp ( TABEL 4.4.1 )
4. transmiterea de comenzi de declansare , semnalizare , **START TIMP** , **STOP TIMP** catre nivelul 1 conform fig. 4.6 si fig. 4.7.

Dupa emiterea impulsului de declansare , se verifica pozitia intrerupatorului si se afiseaza distanta pana la locul de scurtcircuit precum si timpul in care a avut loc declansarea .

Programul principal asigura algoritmul de lucru al protectiei si gestioneaza lansarea in executie a nivelelor 0 si 1.

In program sunt definite procedurile:

- Init\_Proces.
- Citeste\_Masuratoare\_Curenta.
- Comanda\_Declansare  
si functiile:
- Gaseste\_Treapta\_Declansare\_Minima.
- Gasetse\_Tip\_Declansare.
- Get\_Timp.

Programul principal - nivel 2 (PP) este prezentat in ANEXA 4.3

**tab 4.4.1 Functii logice pentru tip defect**

FUNCTIA LOGICA	DESCRIEREA FUNCTIEI	TIP DEFECT TIP DECLANSARE
F1	I0 * DFR0 * DFS0 * DFT0	defect RST0 declansare trifazata
F2	I0 * DFR0 * DFS0 * DFT0	defect R0 declansare mono - R0
F3	I0 * DFR0 * DFS0 * DFT0	defect S0 declansare mono - S0
F4	I0 * DFR0 * DFS0 * DFT0	defect T0 declansare mono - T0

tab. 4.4.1 (continuare)

<b>FUNCTIA LOGICA</b>	<b>DESCRIEREA FUNCTIEI</b>	<b>TIP DEFECT TIP DECLANSARE</b>
F5	$I0 * DFR0 * DFS0 * DFT0$	defect RS0 declansare trifazata
F6	$I0 * \overline{DFR0} * DFS0 * DFT0$	defect ST0 declansare trifazata
F7	$I0 * DFR0 * \overline{DFS0} * DFT0$	defect TR0 declansare trifazata
F8	$I0 * DFRS * DFST * DFTR$	defect RST declansare trifazata
F9	$I0 * DFRS * \overline{DFST} * \overline{DFTR}$	defect RS declansare trifazata
F10	$I0 * \overline{DFRS} * DFST * \overline{DFTR}$	defect ST declansare trifazata
F11	$I0 * \overline{DFRS} * \overline{DFST} * DFTR$	defect TR declansare trifazata

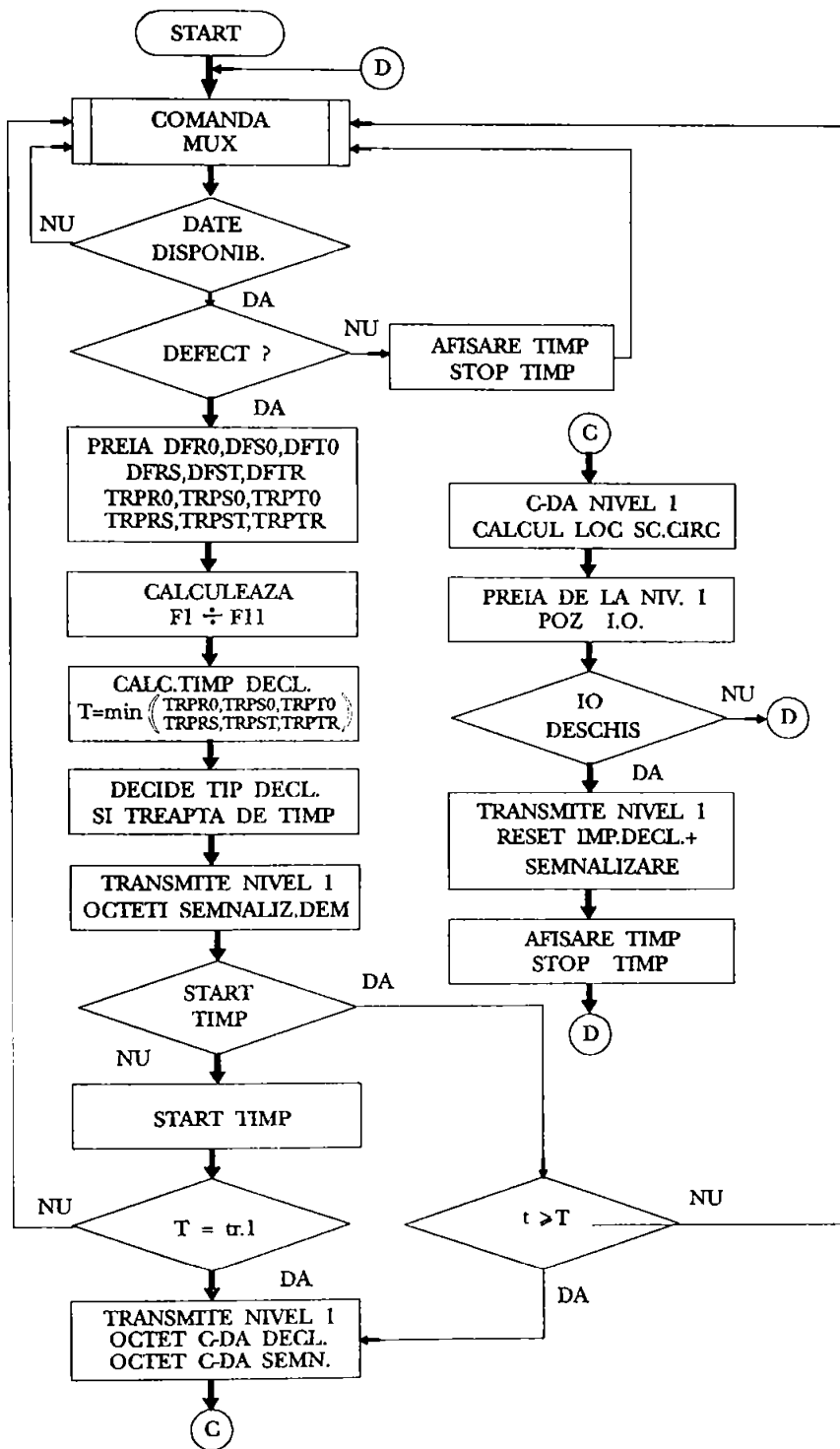


fig. 4.5

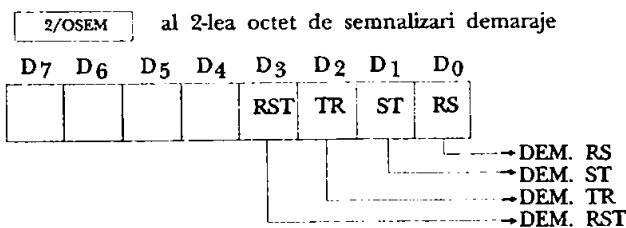
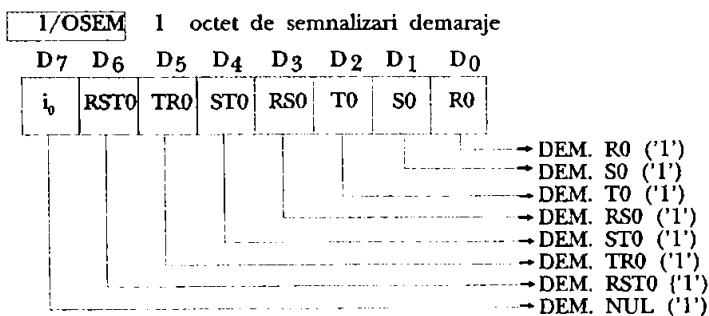
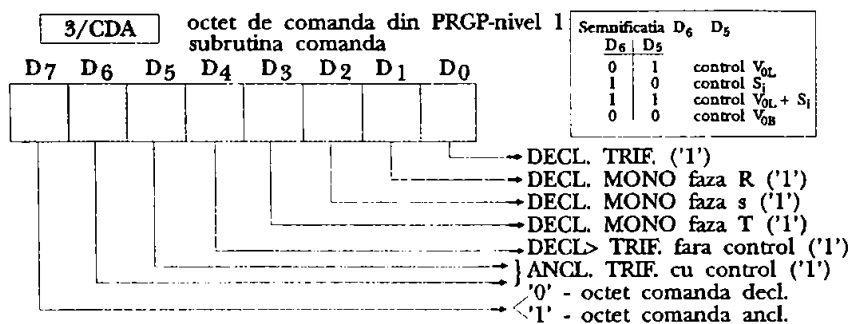


fig. 4.6

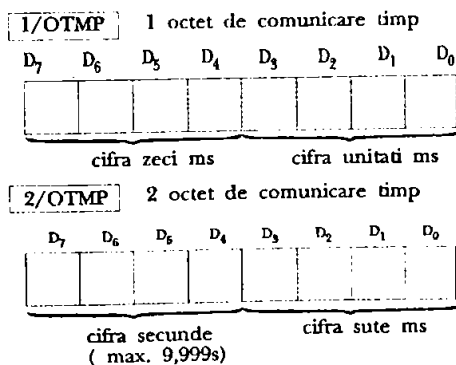
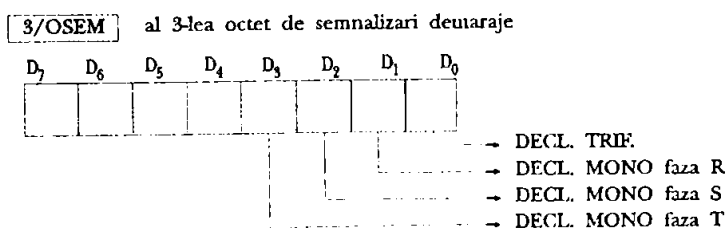


fig. 4.7

**ANEXA 4.1**

```
(*****)
(* PDD Program Pregatire Date Disponibile - nivel 0 *)
(* scop : Are rolul de comanda a Convertorului A/D pentru masura *)
(* impedantelor *)
(* Comunica cu programul principal printr-o variabila semafor de *)
(* acces la zona de memorie unde se depun datele masurate *)
(*****)
```

program PDD;

```
(*****tipuri de date*****)
```

type

Tip\_Semafor = (BLOCAT,LIBER);

Vector\_Masura = record

I0	: boolean	;	{deposit curent homopolar?}
ZR0	: real	;	{impedanta monofazata faza R}
ZS0	: real	;	{impedanta monofazata faza S}
ZT0	: real	;	{impedanta monofazata faza T}
ZRS	: real	;	{impedanta bifazata RS}
ZST	: real	;	{impedanta bifazata ST}
ZTR	: real	;	{impedanta bifazata TR}
Fi_R0	:integer	;	{defazaj UR0-IR0}
Fi_S0	:integer	;	{defazaj US0-IS0}
Fi_T0	:integer	;	{defazaj UT0-IT0}
Fi_RS	:integer	;	{defazaj URS-IRS}
Fi_ST	:integer	;	{defazaj UST-IST}
Fi_TR	:integer	;	{defazaj UTR-ITR}

end;

Stari\_Posibile\_MUX\_Masura = ( VALIDAT, NEVALIDAT);

const

mono = 1;  
bif = 2;



```

(*****variabile*****)
var
    Semafor : Tip_Semafor;
    Masura  : Vector_Masura;
    Temp    : Vector_Masura;
    Stare_Mux_Masura : Stari_Posibile_MUX_Masura;
    i : integer;

(*****corp program principal PDD*****)

begin
    for i=1 to 3 do begin        {se executa 3 cicluri de conversie:}
        { 1: ZRO, ZRS ,Fi_R0, Fi_RS}
        { 2: ZSO, ZST ,Fi_S0, Fi_ST}
        { 3: ZTO, ZTR ,Fi_T0, Fi_TR}
        Stare_MUX_Masura:=NEVALIDAT; {comanda MUX}
        Start_CAN(mono,i);          {lanseaza o conversie }
        case i of
            1: Temp.Fi_R0:=Masura_Unghi(mono,i);    {citeste defazajul}
            2: Temp.Fi_S0:=Masura_Unghi(mono,i);    {monofazat}
            3: Temp.Fi_T0:=Masura_Unghi(mono,i);
        end;

        while ( not End_Conv ) do;          {asteapta in bucla terminare}
            {conversie}

            case i of
                1: Temp.ZR0:=Citeste__CAN;    {citeste impedanta monofazata}
                2: Temp.ZS0:=Citeste__CAN;
                3: Temp.ZT0:=Citeste__CAN;
            end;

            Start_CAN(bif,i);          {lanseaza o conversie pe magistrala bif}
            case i of
                1: Temp.Fi_RS:=Masura_Unghi(bif,i);    {citeste defazajul}
                2: Temp.Fi_ST:=Masura_Unghi(bif,i);
                3: Temp.Fi_TR:=Masura_Unghi(bif,i);
            end;
        end;
    end;
end;

```

```

While (not End_Conv ) do;    {asteapta in bucla terminare conversie}
case i of
    1: Temp.ZRS:=Citeste_CAN; {citeste impedanta bifazata}
    2: Temp.ZST:=Citeste_CAN;
    3: Temp.ZTR:=Citeste_CAN;
end;

Reset_Det_Val_Virf          {reseteaza blocul pentru
determinarea}
Reset_Det_Defazaj;          {valorilor uf,i0,i}
end;                          {reseteaza blocul de masura defazaje}
                                {sfarsit ciclul for}

Stare_Mux_Masura:=VALIDAT;   {valideaza MUX mono si}
                                {bifazate}
while (Semafor = BLOCAT) do;  {ramane in aceasta bucla pana cand}
                                {Semafor devine liber}
Semafor:=BLOCAT;             {blocheaza accesul la date pe durata}
                                {transferului}
Transfer(Temp,Masura);        {transfera valorile masurate}
Semafor:=LIBER;              {si elibereaza accesul la ele}
end.

```

## ANEXA 4.2

```

(*****)
(* Program ADD *)
(* scop : Citeste masuratorile curente si stabileste daca este defect si *)
(* tip de defect este *)
(* Contine functiile : Is_Defect_R0, Is_Defect_S0, Is_Defect_T0 *)
(* Is_Defect_RS, Is_Defect_ST, Is_Defect_TR *)
(* Is_Masuratoare_Completa *)
(*****)

```

```

(*****tipuri de date*****)
(* (definite identic si in programul principal *)

```

type

Vector\_Masura = record

I0	: boolean	;	{depozit curent homopolar?}
ZR0	: real	;	{impedanta monofazata faza R}
ZS0	: real	;	{impedanta monofazata faza S}
ZT0	: real	;	{impedanta monofazata faza T}
ZRS	: real	;	{impedanta bifazata RS}
ZST	: real	;	{impedanta bifazata ST}
ZTR	: real	;	{impedanta bifazata TR}
Fi_R0	:integer	;	{defazaj UR0-IR0}
Fi_S0	:integer	;	{defazaj US0-IS0}
Fi_T0	:integer	;	{defazaj UT0-IT0}
Fi_RS	:integer	;	{defazaj URS-IRS}
Fi_ST	:integer	;	{defazaj UST-IST}
Fi_TR	:integer	;	{defazaj UTR-ITR}

end;

Impedante\_Reglate = record

Z1	:real;	{impedanta zona 1}
Z2	:real;	{impedanta zona 2}
Z3	:real;	{impedanta zona 3}
Zd	:real;	{impedanta demaraj}

end;

Tip\_Declansare (MONOFAZATA\_R, MONOFAZATA\_S,  
MONOFAZATA\_T, TRIFAZATA, NONE);

Stari\_Posibile\_IO = (DESCHIS,INCHIS);

```
Stari_Memorate = record
    Time      : integer;
    IO        : Stari_Posibile_IO;
    Def       : boolean;
    Demaraj   : Tip_Declansare;
    Decl      : Tip_Declansare;
```

end;

Options = (INAINTE,INAPOI,REPEDE\_INAINTE,REPEDE\_INAPOI,  
TERMINARE);

(\*\*\*\*\*variabile globale program\*\*\*\*\*)

var

```
Masura : Vector_Masura;
Tabel_Reglaje_Mono : array[1..180] of Impedante_Reglate;
Tabel_Reglaje_Poli : array[1..180] of Impedante_Reglate;
Tabel_Reglaje_Timp : array[1..4] of longint; {trepte de timp - in mSecunde}
Date_Disponibile : boolean;
Df_R0, Df_S0, Df_T0 : boolean; {defecte monofazate}
Df_RS, Df_ST, Df_TR : boolean; {defecte polifazate}
Trp_R0, Trp_S0, Trp_T0 : integer;
Trp_RS, Trp_ST, Trp_TR : integer;
Trp_Declansare : integer;
Declansare : Tip_Declansare;
Impuls_Declansare : boolean;
Defect : boolean; {semnalizeaza detectia unui defect}
Timp_Demarcat : boolean; {indica daca a fost demarat timpul}
Progr_Time : integer; {ceas propriu-milisekunde}
S_Timp : integer; {MomentulCind a fost demarat timpul-milisekunde}
Urmatorul_Timp : integer {urmatorul timp pentru care sunt }
{disponibile date de simulare}

Stare_IO : Stari_Posibile_IO;
semafor : boolean; {variabila de comunicare intre rutina de CAN - care}
{lucreaza in intreruperi - si programul principal}
test : text; {fisiere text cu date pentru simulare}
stest : string; {string ce contine un rand din fisierul de simulare}
Inreg.Stari : array[1..1000] of Stari_Memorate; {inregistrator de evenim.}
Gata : boolean;
```

```
(*****  

(* functia Is_Defect_R0 *)  

(* scop : Stabileste daca este defect intre R si 0 *)  

(* este apelata din procedura Achizitie_Date *)  

(*****)
```

```
function Is_Defect_R0 : boolean;  

begin  

    if (Mas.ZR0 <= Tabel_Reglaje_Mono[Mas.Fi_R0 div 2+1].Z1) then  

begin  

    Is_Defect_R0 :=TRUE;  

    Trp_R0 :=1;  

    exit;  

end;  

    if (Mas.ZR0 <= Tabel_Reglaje_Mono[Mas.Fi_R0 div 2+1].Z2) then  

begin  

    Is_Defect_R0 :=TRUE;  

    Trp_R0 :=2;  

    exit;  

end;  

    if (Mas.ZR0 <= Tabel_Reglaje_Mono[Mas.Fi_R0 div 2+1].Z3) then  

begin  

    Is_Defect_R0 :=TRUE;  

    Trp_R0 :=3;  

    exit;  

end;  

    if (Mas.ZR0 <= Tabel_Reglaje_Mono[Mas.Fi_R0 div 2+1].Zd) then  

begin  

    Is_Defect_R0 :=TRUE;  

    Trp_R0 :=4;  

    exit;  

end;  

    Is_Defect_R0 :=FALSE;  

    Trp_R0 :=5;  

end;
```

```

(*****)
(* functia Is_Defect_S0 *)
(* scop : Stabileste daca este defect intre S si 0 *)
(* este apelata din procedura Achizitie_Date *)
(*****)

function Is_Defect_S0 : boolean;
begin
    if (Mas.ZS0 <= Tabel_Reglaje_Mono[Mas.Fi_S0 div 2+1].Z1) then begin
        Is_Defect_S0 :=TRUE;
        Trp_S0 :=1;
        exit;
    end;
    if (Mas.ZS0 <= Tabel_Reglaje_Mono[Mas.Fi_S0 div 2+1].Z2) then begin
        Is_Defect_S0 :=TRUE;
        Trp_S0 :=2;
        exit;
    end;
    if (Mas.ZS0 <= Tabel_Reglaje_Mono[Mas.Fi_S0 div 2+1].Z3) then begin
        Is_Defect_S0 :=TRUE;
        Trp_S0 :=3;
        exit;
    end;
    if (Mas.ZS0 <= Tabel_Reglaje_Mono[Mas.Fi_S0 div 2+1].Zd) then begin
        Is_Defect_S0 :=TRUE;
        Trp_S0 :=4;
        exit;
    end;
    Is_Defect_S0 :=FALSE;
    Trp_S0 :=5;
end;

```

```

(*****)
(* functia Is_Defect_T0 *)
(* scop : Stabileste daca este defect intre T si 0 *)
(* este apelata din procedura Achizitie_Date *)
(*****)

function Is_Defect_T0 : boolean;
begin
  if (Mas.ZT0 <= Tabel_Reglaje_Mono[Mas.Fi_T0 div 2+1].Z1) then begin
    Is_Defect_T0 :=TRUE;
    Trp_T0 :=1;
    exit;
  end;
  if (Mas.ZT0 <= Tabel_Reglaje_Mono[Mas.Fi_T0 div 2+1].Z2) then begin
    Is_Defect_T0 :=TRUE;
    Trp_T0 :=2;
    exit;
  end;
  if (Mas.ZT0 <= Tabel_Reglaje_Mono[Mas.Fi_T0 div 2+1].Z3) then begin
    Is_Defect_T0 :=TRUE;
    Trp_T0 :=3;
    exit;
  end;
  if (Mas.ZT0 <= Tabel_Reglaje_Mono[Mas.Fi_T0 div 2+1].Zd) then begin
    Is_Defect_T0 :=TRUE;
    Trp_T0 :=4;
    exit;
  end;
  Is_Defect_T0 :=FALSE;
  Trp_T0 :=5;
end;

```

```
(*****  

(* functia Is_Defect_RS *)  

(* scop : Stabileste daca este defect intre R si S *)  

(* este apelata din procedura Achizitie_Date *)  

(*****)
```

```
function Is_Defect_RS : boolean;  

begin  

    if (Mas.ZRS <= Tabel_Reglaje_Mono[Mas.Fi_RS div 2+1].Z1) then  

    begin  

        Is_Defect_RS :=TRUE;  

        Trp_RS :=1;  

        exit;  

    end;  

    if (Mas.ZRS <= Tabel_Reglaje_Mono[Mas.Fi_RS div 2+1].Z2) then  

    begin  

        Is_Defect_RS :=TRUE;  

        Trp_RS :=2;  

        exit;  

    end;  

    if (Mas.ZRS <= Tabel_Reglaje_Mono[Mas.Fi_RS div 2+1].Z3) then  

    begin  

        Is_Defect_RS :=TRUE;  

        Trp_RS :=3;  

        exit;  

    end;  

    if (Mas.ZRS <= Tabel_Reglaje_Mono[Mas.Fi_RS div 2+1].Zd) then  

    begin  

        Is_Defect_RS :=TRUE;  

        Trp_RS :=4;  

        exit;  

    end;  

    Is_Defect_RS :=FALSE;  

    Trp_RS :=5;  

end;
```



```
(*****)
(* funcția Is_Defect_ST *)
(* scop : Stabilește dacă este defect între S și T *)
(* este apelată din procedura Achiziție_Date *)
(*****)
```

```
function Is_Defect_ST : boolean;
begin
  if (Mas.ZST <= Tabel_Reglaje_Mono[Mas.Fi_ST div 2+1].Z1) then
    begin Is_Defect_ST :=TRUE;
          Trp_ST :=1;
          exit;
        end;
  if (Mas.ZST <= Tabel_Reglaje_Mono[Mas.Fi_ST div 2+1].Z2) then
    begin Is_Defect_ST :=TRUE;
          Trp_ST :=2;
          exit;
        end;
  if (Mas.ZST <= Tabel_Reglaje_Mono[Mas.Fi_ST div 2+1].Z3) then
    begin Is_Defect_ST :=TRUE;
          Trp_ST :=3;
          exit;
        end;
  if (Mas.ZST <= Tabel_Reglaje_Mono[Mas.Fi_ST div 2+1].Zd) then
    begin Is_Defect_ST :=TRUE;
          Trp_ST :=4;
          exit;
        end;
  Is_Defect_ST :=FALSE;
  Trp_ST :=5;
end;
```

```

(*****)
(* functia Is_Defect_TR *)
(* scop : Stabileste daca este defect intre T si R *)
(* este apelata din procedura Achizitie_Date *)
(*****)
function Is_Defect_TR : boolean;
begin
  if (Mas.ZTR <= Tabel_Reglaje_Mono[Mas.Fi_TR div 2+1].Z1) then
  begin
    Is_Defect_TR :=TRUE;
    Trp_TR :=1;
    exit;
  end;
  if (Mas.ZTR <= Tabel_Reglaje_Mono[Mas.Fi_TR div 2+1].Z2) then
  begin
    Is_Defect_TR :=TRUE;
    Trp_TR :=2;
    exit;
  end;
  if (Mas.ZTR <= Tabel_Reglaje_Mono[Mas.Fi_TR div 2+1].Z3) then
  begin
    Is_Defect_TR :=TRUE;
    Trp_TR :=3;
    exit;
  end;
  if (Mas.ZTR <= Tabel_Reglaje_Mono[Mas.Fi_TR div 2+1].Zd) then
  begin
    Is_Defect_TR :=TRUE;
    Trp_TR :=4;
    exit;
  end;
  Is_Defect_TR :=FALSE;
  Trp_TR :=5;
end;

```

```

(*****)
(* functia Is_Masuratoare_Completa *)
(* scop : verifica daca rutina de citire date a completat toate *)
(* masuratorile *)
(* este apelata de procedura Achizitie_Date *)
(*****)
function Is_Masuratoare_Completa : boolean;
begin
  if (semafor=TRUE) then Is_Masuratoare_Completa :=TRUE
  else Is_Masuratoare_Completa : FALSE;
  end;

(*****)
(* procedura Memoreaza_Stari_Curente *)
(* scop : memoreaza informatiile necesare pentru vizualizarea *)
(* ulterioara a rezultatelor simularii *)
(* masuratorile *)
(* este apelata din procedura Achizitie_Date *)
(*****)
procedure Memoreaza_Stari_Curente;
begin
  with Inreg_Stari[Progr_Time div 60+1] do begin
    Time :=Progr_Time;
    IO :=Stare_IO;
    Def :=Defect;
    if nit Timp_Demarcat then Demaraj :=NONE
    else if Progr_Time<>0 then
      Demaraj :=Inreg_Stari[Progr_Time div 60].Demaraj;
    if (Impuls_Declansare) then Decl :=Declansare
    else Decl :=NONE;
  end;
end;

```

```
(*****corp program Analiza_Date_Disponibile*****)
begin
  DD :=Is_Masuratoare_Completa;
  if (DD=FALSE) then exit;
  Citeste_Masuratoare_Curenta(MAS);
  Df_R0 :=FALSE; Df_S0 :=FALSE; Df_T0 :=FALSE;
  Df_RS :=FALSE; Df_ST :=FALSE; Df_TR :=FALSE;
  if Stare_IO=DESCHIS then begin
    Defect :=FALSE;
    Memoreaza_Stari_Curente;
    exit;
  end;
  if Mas.IO then begin
    Df_R0 := Is_Defect_R0;
    Df_S0 := Is_Defect_S0;
    Df_T0 := Is_Defect_T0;
  end;
  else begin
    Df_RS := Is_Defect_RS;
    Df_ST := Is_Defect_ST;
    Df_TR := Is_Defect_TR;
  end;
  Defect := Df_R0 or Df_S0 or Df_T0 or Df_RS or Df_ST or Df_TR;
  Memoreaza_Stari_Curente;
end;
```

**ANEXA 4.3**

```
(*****)
(* Dipa - Program Principal *)
(* scop - asigura algoritmul de lucru al protectiei. *)
(* - gestioneaza lansarea in executie a nivelelor 0 si 1 *)
(* - asigura vizualizare rezultatelor simularii *)
(*****)
```

**program PP;**

uses dos,crt,graph;

(\*\*\*\*\*tipuri de date\*\*\*\*\*)

type

Vector\_Masura = record

I0	: boolean	;	{depozit curent homopolar?}
ZR0	: real	;	{impedanta monofazata faza R}
ZS0	: real	;	{impedanta monofazata faza S}
ZT0	: real	;	{impedanta monofazata faza T}
ZRS	: real	;	{impedanta bifazata RS}
ZST	: real	;	{impedanta bifazata ST}
ZTR	: real	;	{impedanta bifazata TR}
Fi_R0	:integer	;	{defazaj UR0-IR0}
Fi_S0	:integer	;	{defazaj US0-IS0}
Fi_T0	:integer	;	{defazaj UT0-IT0}
Fi_RS	:integer	;	{defazaj URS-IRS}
Fi_ST	:integer	;	{defazaj UST-IST}
Fi_TR	:integer	;	{defazaj UTR-ITR}

end;

Impedante\_Reglate = record

Z1	:real;	{impedanta zona 1}
Z2	:real;	{impedanta zona 2}
Z3	:real;	{impedanta zona 3}
Zd	:real;	{impedanta demaraj}

end;

```

Tip_Declansare (MONOFAZATA_R,MONOFAZATA_S,
                MONOFAZATA_T,TRIFAZATA,NONE);
Stari_Posibile_IO = (DESCHIS,INCHIS);
Stari_Memorate   = record
    Time          : integer;
    IO             : Stari_Posibile_IO;
    Def            : boolean;
    Demaraj       : Tip_Declansare;
    Decl           : Tip_Declansare;
end;

Options = (INAINTE,INAPOI,REPEDE_INAINTE,REPEDE_INAPOI,
           TERMINARE);

(*****variabile globale program*****)
var
    Masura : Vector_Masura;
    Tabel_Reglaje_Mono : array[1..180] of Impedante_Reglate;
    Tabel_Reglaje_Poli : array[1..180] of Impedante_Reglate;
    Tabel_Reglaje_Timp : array[1..4] of longint; {trepte de timp - in
    Date_Disponibile : boolean;
    Df_R0, Df_S0, Df_T0: boolean;           {defecte monofazate}
    Df_RS, Df_ST, Df_TR : boolean;         {defecte polifazate}
    Trp_R0, Trp_S0, Trp_T0 : integer;
    Trp_RS, Trp_ST, Trp_TR : integer;
    Trp_Declansare : integer;
    Declansare : Tip_Declansare;
    Impuls_Declansare : boolean;
    Defect : boolean;                       {semnalizeaza detectia unui defect}
    Timp_Demarajat : boolean;               {indica daca a fost demarajat timpul}
    Progr_Time : integer;                   {ceas propriu-milisekunde}
    S_Timp : integer;                       {MomentulCind a fost demarajat timpul-milisekunde}
    Urmatorul_Timp : integer                {urmatorul timp pentru care sunt }
                                           {disponibile date de simulare}

    Stare_IO : Stari_Posibile_IO;
    semafor : boolean; {variabila de comunicare intre rutina de CAN - care}
                    {lucreaza in intreruperi - si programul principal}

```

```

test : text;           { fisier text cu date pentru simulare}
stest : string;       { string ce contine un rand din fisierul de simulare}
Inreg.Stari : array[1..1000] of Stari_Memorate; {inregistrator de evenim.}
Gata : boolean;

```

(\*\*\*\*\*proceduri si functii pentru afisare rezultate simulare\*\*\*\*\*)

```

function Get_Option : Options;
var
    Ch : char;
begin
    repeat
        Ch :=ReadKey;
        if (Ch=char (27) ) then begin
            Get_Option :=TERMINARE;
            exit;
        end;
        if (Ch =#0 ) then begin
            Ch : ReadKey;
        end;
        if (Ch=char (77) ) then begin
            Get_Option :=INAINTE;
            exit;
        end;
        if (Ch=char (75) ) then begin
            Get_Option :=INAPOI;
            exit;
        end;
        if (Ch =char (116) ) then begin
            Get_Option :=REPEDE__INAINTE;
            exit;
        end;
        if (Ch =char (115) ) then begin
            Get_Option :=REPEDE_INAPOI;
            exit;
        end;
    end;
until FALSE;
end;

```

```

procedure Init_Screen;
var gd, gm, err : integer;
begin
    gd :=VGA;
    gm :=VGAHI;
    initgraph(gd, gm, ' ');
    err :=GraphResult;
    if err<>grOK then HALT(1);
    SetTextStyle (smallfont, HorizDir, 5);
    SetTextJustify ( LEFTTEXT, BOTTOMTEXT);
    SetColor (YELLOW);
    SetFillStyle (SOLIDFILL, LIGHTBLUE);
    bar (0, 0, 100, GetMaxY);
    OutTextXY (100-TextWidth('Stare_IO'), 25, 'Stare_IO');
    OutTextXY (100-TextWidth('Defect'), 50, 'Defect');
    OutTextXY (100-TextWidth('Demaraj_R'), 75, 'Demaraj_R');
    OutTextXY (100-TextWidth('Demaraj_S'), 100, 'Demaraj_S');
    OutTextXY (100-TextWidth('Demaraj_T'), 125, 'Demaraj_T');
    OutTextXY (100-TextWidth('Decl_R'), 150, 'Decl_R');
    OutTextXY (100-TextWidth('Decl_S'), 175, 'Decl_S');
    OutTextXY (100-TextWidth('Decl_T'), 200, 'Decl_T');
    OutTextXY (100-TextWidth('Timp'), 225, 'Timp');
    OutTextXY (100-TextWidth('[mSec]'), 240, '[mSec]');
    SetFillStyle (SOLIDFILL, LIGHTGREEN);
    SetColor (RED);
    bar (0, GetMaxY, 100, GetMaxY-15);
    SetTextStyle (DEFAULTFONT, HORIZDIR, 1);
    OutTextXY(2, GetMaxY, 'ESC |<- | ->');
end;

procedure Draw_Col(i, c : integer);
var s : string;
begin
    if Inreg_Stari[i].IO=DESCHIS then setfillstyle(SOLIDFILL,
                                                    LIGHTGREEN)
    else setfillstyle(SOLIDFILL, LIGHTRED);
    bar (105+(c-1)*20, 25, 105+c*20, 10);
    setfillstyle(SOLIDFILL, LIGHTGRAY);

```



```

if Inreg_Stari[i].Dfef=TRUE then bar (105+(c-
1)*20,50,105+c*20,35);
else bar (105+(c-1)*20,50,105+c*20,49);
case Inreg_Stari[i].Demaraj of
    MONOFAZATA_R : bar (105+(c-1)*20,75,105+c*20,60);
    MONOFAZATA_S : bar (105+(c-1)*20,100,105+c*20,85);
    MONOFAZATA_T : bar (105+(c-1)*20,125,105+c*20,110);
    TRIFAZATA : begin
        bar (105+(c-1)*20,75,105+c*20,60);
        bar (105+(c-1)*20,100,105+c*20,85);
        bar (105+(c-1)*20,125,105+c*20,110);
    end;
end;
bar (105+(c-1)*20,75,105+c*20,74);
bar (105+(c-1)*20,100,105+c*20,99);
bar (105+(c-1)*20,125,105+c*20,124);
if (Inreg_Stari[i].Decl=MONOFAZATA_R) or
(Inreg_Stari[i].Decl=TRIFAZATA)
then bar (105+(c-1)*20,150,105+c*20,135)
else bar (105+(c-1)*20,150,105+c*20,149);
if (Inreg_Stari[i].Decl=MONOFAZATA_S) or
(Inreg_Stari[i].Decl=TRIFAZATA)
then bar (105+(c-1)*20,175,105+c*20,160);
else bar (105+(c-1)*20,175,105+c*20,174);
if (Inreg_Stari[i].Decl=MONOFAZATA_T) or
(Inreg_Stari[i].Decl=TRIFAZATA)
then bar (105+(c-1)*20,200,105+c*20,185);
else bar (105+(c-1)*20,200,105+c*20,199);
setcolor (WHITE);
settextstyle (SMALLFONT,VERTDIR,4);
settextjustify (CENTERTEXT,TOPTTEXT);
if ((i mod 2)=1) then begin
    str(Inreg_Stari[i].Time,s);
    OutTextXY (106+(c-1)*20,225,s);
end;
setlinestyle (DOTTEDLN,0,NORMWIDTH);
SetColor (DARKGRAY);
line (105+(c-1)*20,225,105+c*20,0);
end;

```

```

procedure Draw_Results(t1,t2:integer);
var Col,t:integer;
begin
    setfillstyle (EMPTYFILL,BLACK);
    bar (100,0,GetmaxX,GetmaxY);
    t:=t1;
    for Col:=1 to 26 do begin
        Draw_Col(t,Col);
        t:=t+1;
        if t>t2 then t:=1;
    end;
end;
procedure Show_Results(End_Time:integer);
var
    Opt:Options;
    First:integer;
begin
    Init_Screen;
    First:=1;
    repeat
        Draw_Results(First,End_Time div 60+1);
        Opt:=Get_Option;
        if (Opt=TERMINARE) then begin
            closegraph;
            exit;
        end;
        if (Opt=INAINTE) then begin
            First:=First+1;
            if First>(End_Time div 60+1) then
                First:=First-(End_Time div 60)+1;
        end;
        if (Opt=INAPOI) then begin
            First:=First-1;
            if First<1 then First:=(End_Time div 60)+1-First;
        end;
        if (Opt=REPEDE_INAINTE) then begin
            First:=First+26;
            if First>(End_Time div 60+1) then
                First:=First-(End_Time div 60)+1;
        end;
    until Opt=TERMINARE;
end;

```

```

end;
if (Opt=REPEDE_INAPOI) then begin
    First:=First-26;
    if First<1 then First:=(End_Time div 60)+1-First;
end;
until FALSE;
end;

```

```

(*****)
(* procedura Init_Proces *)
(* scop - initializeaza toate variabilele *)
(* - citeste impedantele reglate din fisierul IMPED.REG *)
(* - citeste reglajele de timp din fisierul TIMPI.REG *)
(* - deschide fisierul TEST.SIM cu date de simulare *)
(*****)

```

```

procedure Init_Process;
var
    i:integer;           {variabila de contorizare}
    d:text;             {datele sunt in fisier de tip text}
    s:string;          {va contine un rand citit din fisier}
    sl:string;         {va contine un sir de caractere reprezentand}
                       {o valoare numerica}
    cod:integer;       {cod eroare conversie erori din tabel}
begin
    semafor:=TRUE;
    Timp_Demarat:=FALSE;
    Impuls_Declansare:=FALSE;

```

(\*\*\*\*\*citire impedante din fisier IMPED.REG\*\*\*\*\*)

```

{$I-}
assign(d,'imped.reg')
reset (d);           {deschid fisierul}
{$I+}
if IOresult<>0 then begin
writeln('NU GASESC FISIERUL <imped.reg> CU
        REGLAJELE IMPEDANTELOR');
HALT(1);

```

```

end;
readln(d,s);           {primul rand contine cap de tabel}
for i:=1 to 60 do begin {fisierele trebuie sa contina 180 de randuri}
                        {cu date utile}
    if eof(d) then begin {verific daca fisierul nu se termina}
                        {prematur}
        write('FISIERUL <imped.reg> NU ESTE COMPLET.');
        writeln('CONTINE DOAR' ,i,'RANDURI');
        close(d); HALT(1)
    end;
    readln(d,s);       {citeste un rand din fisier}
    if length(s)<50 then begin
        writeln('EROARE IN FISIERUL <imped.reg> -randul:',i,':mai
                putine coloane decat trebuie');
        close(d); HALT(3);
    end;
end;

    (*****conversie Z1-mono*****)
s1:=s[4]+s[5]+s[6]+s[7]+s[8];
val(s1,Tabel_Reglaje_Mono[i].Z1,cod);
if cod<>0 then begin
    write('EROARE CONVERSIE Z1-mono
          IN FISIERUL<imped.reg>');
    writeln('randul',i,'coloana',cod);
    close(d); HALT(4);
end;

    (*****conversie Z2-mono*****)
s1:=s[10]+s[11]+s[12]+s[13]+s[14];
val(s1,Tabel_Reglaje_Mono[i].Z2,cod);
if cod<>0 then begin
    write('EROARE CONVERSIE Z2-mono
          IN FISIERUL<imped.reg>');
    writeln('randul',i,'coloana',cod);
    close(d); HALT(4);
end;

    (*****conversie Z3-mono*****)
s1:=s[16]+s[17]+s[18]+s[19]+s[20];
val(s1,Tabel_Reglaje_Mono[i].Z3,cod);

```

```

if cod<>0 then begin
    write('EROARE CONVERSIE Z3-mono
          IN FISIERUL<imped.reg>');
    writeln('randul',i,'coloana',cod);
    close(d); HALT(4);
end;

    (*****conversie ZD-mono*****)
s1:=s[22]+s[23]+s[24]+s[25]+s[26];
val(s1,Tabel_Reglaje_Mono[i].ZD,cod);
if cod<>0 then begin
    write('EROARE CONVERSIE ZD-mono
          IN FISIERUL<imped.reg>');
    writeln('randul',i,'coloana',cod);
    close(d); HALT(4);
end;

    (*****conversie Z1-poli*****)
s1:=s[28]+s[29]+s[30]+s[31]+s[32];
val(s1,Tabel_Reglaje_Poli[i].Z1,cod);
if cod<>0 then begin
    write('EROARE CONVERSIE Z1-poli
          IN FISIERUL<imped.reg>');
    writeln('randul',i,'coloana',cod);
    close(d); HALT(4);
end;

    (*****conversie Z2-poli*****)
s1:=s[34]+s[35]+s[36]+s[37]+s[38];
val(s1,Tabel_Reglaje_Poli[i].Z2,cod);
if cod<>0 then begin
    write('EROARE CONVERSIE Z2-poli
          IN FISIERUL<imped.reg>');
    writeln('randul',i,'coloana',cod);
    close(d); HALT(4);
end;

    (*****conversie Z3-poli*****)
s1:=s[40]+s[41]+s[42]+s[43]+s[44];
val(s1,Tabel_Reglaje_Poli[i].Z3,cod);
if cod<>0 then begin

```

```

write('EROARE CONVERSIE Z3-poli
      IN FISIERUL<imped.reg>');
writeln('randul',i,'coloana',cod);
close(d); HALT(4);
end;

      (*****conversie ZD-poli*****
s1:=s[46]+s[47]+s[48]+s[49]+s[50];
val(s1,Tabel_Reglaje_Poli[i].ZD,cod);
if cod<>0 then begin
    write('EROARE CONVERSIE ZD-poli
          IN FISIERUL<imped.reg>');
    writeln('randul',i,'coloana',cod);
    close(d); HALT(4);
end;
end;
close(d);                                {terminare citire impedante reglate}

      (*****citire reglaje timpi din fisierul TIMPI.REG*****
{$I-}
assign(d,'TIMPI.REG')
reset (d);                                {deschid fisierul}
{$I+}
if IOresult<>0 then begin
writeln('NU GASESC FISIERUL <timpi.reg> CU
      REGLAJELE DE TIMP');
close(d); HALT(5);
end;
readln(d,s);                               {primul rand contine cap de tabel}
readln(d,s);
s1:=s[1]+s[2]+s[3]+s[4]+s[5];
val(s1,Tabel_Reglaje_Timp[1],cod);
if cod<>0 then begin
    write('EROARE CONVERSIE TIMP t1
          IN FISIERUL<timpi.reg>');
    writeln('coloana',cod);
    close(d); HALT(6);
end;
end;

```

```

s1:=s[7]+s[8]+s[9]+s[10]+s[11];
val(s1,Tabel_Reglaje_Timp[2],cod);
if cod<>0 then begin
    write('EROARE CONVERSIE TIMP t2
          IN FISIERUL<timpi.reg>');
    writeln('coloana',cod);
    close(d); HALT(6);
end;
s1:=s[13]+s[14]+s[15]+s[16]+s[17];
val(s1,Tabel_Reglaje_Timp[3],cod);
if cod<>0 then begin
    write('EROARE CONVERSIE TIMP t3
          IN FISIERUL<timpi.reg>');
    writeln('coloana',cod);
    close(d); HALT(6);
end;
s1:=s[19]+s[20]+s[21]+s[22]+s[23];
val(s1,Tabel_Reglaje_Timp[4],cod);
if cod<>0 then begin
    write('EROARE CONVERSIE TIMP t4
          IN FISIERUL<timpi.reg>');
    writeln('coloana',cod);
    close(d); HALT(6);
end;
close(d);                                {terminare citire reglaje timp}
{$I-}
    if (ParamCount=0) then assign(test,'TEST.SIM')    {fisierele cu date}
                                                {de simulare este implicit TEST.SIM}
    else assign(test,'Paramstr(1)');
    reset(test);
{$I+}
    if IOresult<>0 then begin
        writeln('NU GASESC FISIERUL DE SIMULARE');
        close(test); HALT(7);
    end
    readln(test,stest);                    {primul rand din fisier este cap de tabel}
    Progr_Time:=-60;
    Urmatorul_Timp:=0;
    readln(test,stest);                    {primul set de date}

```

```

Impuls_Declansare:=FALSE;
Declansare:=NONE;
Defect:=FALSE;
Gata:=FALSE;
end;

(*****)
(* procedura Citeste_Masuratoare_Curenta *)
(* scop - transmite procedurii Achizitii_Date un vector de masura *)
(* la fiecare 60mSec *)
(* Obs: in scopul simularii aceste date sunt citite din *)
(* fisierul TEST.SIM *)
(*****)

procedure Citeste_Masuratoare_Curenta(var Mas:Vector_Masura);
var
    s:string
    cod:integer;
procedure Check_Error;
begin
    if cod<>0 then begin
        writeln('EROARE IN FISIERUL DE SIMULARE LA
                t=:',Urmatorul_Timp);
        close(test) HALT(9);
    end;
end;

begin
    if EOF(test) then begin
        close(test);
        GATA:=TRUE;
        exit;
    end;
    Progr_Time:=Progr_Time+60;
    if Urmatorul_Timp>Progr_Time then exit; {valorile nu s-au modificat}
    if(stest[7]='0') then Mas.I0:=FALSE else Mas.I0:=TRUE;
    s:=stest[9]+stest[10]+stest[11]+stest[12]+stest[13];
    val(s,Mas.ZR0,cod); Check_Error;

```



```

s:=stest[15]+stest[16]+stest[17]+stest[18]+stest[19];
val(s,Mas.ZS0,cod); Check_Error;
s:=stest[21]+stest[22]+stest[23]+stest[24]+stest[25];
val(s,Mas.ZT0,cod); Check_Error;
s:=stest[27]+stest[28]+stest[29]+stest[30]+stest[31];
val(s,Mas.ZRS,cod); Check_Error;
s:=stest[33]+stest[34]+stest[35]+stest[36]+stest[37];
val(s,Mas.ZST,cod); Check_Error;
s:=stest[39]+stest[40]+stest[41]+stest[42]+stest[43];
val(s,Mas.ZTR,cod); Check_Error;
s:=stest[45]+stest[46]+stest[47];
val(s,Mas.Fi_R0,cod); Check_Error;
s:=stest[49]+stest[50]+stest[51];
val(s,Mas.Fi_S0,cod); Check_Error;
s:=stest[53]+stest[54]+stest[55];
val(s,Mas.Fi_T0,cod); Check_Error;
s:=stest[57]+stest[58]+stest[59];
val(s,Mas.Fi_RS,cod); Check_Error;
s:=stest[61]+stest[62]+stest[63];
val(s,Mas.Fi_ST,cod); Check_Error;
s:=stest[65]+stest[66]+stest[67];
val(s,Mas.Fi_TR,cod); Check_Error;
if (stest[69]='0' then Stare_IO:=DESCHIS else Stare_IO:=INCHIS;
readln(test,stest);           {citeste un rand din fisier de simulare}
s:=stest[1]+stest[2]+stest[3]+stest[4]+stest[5];
val(s,Urmatorul_Timp,cod);
if cod<>0 then begin
    writeln('EROARE IN FISIERUL DE SIMULARE');
    close (test); HALT(8);
end;
end;
(*****)
(* functia Gaseste_Treapta_Decl_Min
(*) scop - gaseste cea mai mica dintre treptele de declansare Trp_R0, *)
(*      Trp_S0,Trp_T0,Trp_RS,Trp_ST,Trp_TR. *)
(*****)

function Gaseste_Treapta_Decl_Min:integer;

```

```

var TD:integer;
begin
    TD:=5;
    if Trp_R0<TD then TD:=Trp_R0;
    if Trp_S0<TD then TD:=Trp_S0;
    if Trp_T0<TD then TD:=Trp_T0;
    if Trp_RS<TD then TD:=Trp_RS;
    if Trp_ST<TD then TD:=Trp_ST;
    if Trp_TR<TD then TD:=Trp_TR;
    Gaseste_Treapta_Decl_Min:=TD;
end;

```

```

(*****)
(* functia Gaseste_Tip_Declansare *)
(* scop - stabileste daca declansarea este mono sau trifazata *)
(*****)

```

```

function Gaseste_Tip_Declansare:Tip_Declansare;
begin
    if Masura.I0 and Df_R0 and Df_S0 and Df_T0 then begin
        Gaseste_Tip_Declansare:=TRIFAZATA;
        exit;
    end;
    if Masura.I0 and Df_R0 and (not Df_S0) and (not Df_T0) then begin
        Gaseste_Tip_Declansare:=MONOFAZATA_R;
        exit;
    end;
    if Masura.I0 and (not Df_R0) and Df_S0 and (not Df_T0) then begin
        Gaseste_Tip_Declansare:=MONOFAZATA_S;
        exit;
    end;
    if Masura.I0 and (not Df_R0) and (not Df_S0) and Df_T0 then begin
        Gaseste_Tip_Declansare:=MONOFAZATA_T;
        exit;
    end;
    if Masura.I0 and Df_R0 and Df_S0 and (not Df_T0) then begin
        Gaseste_Tip_Declansare:=TRIFAZATA;
        exit;
    end;
end;

```

```

if Masura.I0 and (not Df_R0) and Df_S0 and Df_T0 then begin
    Gaseste_Tip_Declansare:=TRIFAZATA;
    exit;
end;
if Masura.I0 and Df_R0 and (not Df_S0) and Df_T0 then begin
    Gaseste_Tip_Declansare:=TRIFAZATA;
    exit;
end;
if (not Masura.I0) and Df_RS and Df_ST and Df_TR then begin
    Gaseste_Tip_Declansare:=TRIFAZATA;
    exit;
end;
if (not Masura.I0) and Df_RS and (not Df_ST) and (not Df_TR) then
begin
    Gaseste_Tip_Declansare:=TRIFAZATA;
    exit;
end;
if (not Masura.I0) and (not Df_RS) and Df_ST and (not Df_TR) then
begin
    Gaseste_Tip_Declansare:=TRIFAZATA;
    exit;
end;
if (not Masura.I0) and (not Df_RS) and (not Df_ST) and Df_TR then
begin
    Gaseste_Tip_Declansare:=TRIFAZATA;
    exit;
end;
end;
(*****)
(* procedura Comanda_Declansare *)
(* scop : transmite impuls de declansare rutinei de declansare *)
(*****)
procedure Comanda_Declansare(tip_cmd:Tip_Declansare);
begin
    Impuls_Declansare:=TRUE;
    Inreg_Stari[Progr_Time div 60+1].Decl:=tip_cmd;
end;
(*****)
(* procedura Reset_Declansare *)

```

```

(* scop : reseteaza impulsul de declansare *)
(*****)
procedure Reset_Declansare;
begin
    Impuls_Declansare:=FALSE;
    Inreg_Stari[Progr_Time div 60+1].Decl:=NONE;
end;
(*****)
(* procedura Init_Locator_Defecte *)
(* scop : initiaza rutina de locator defecte *)
(*****)

pcedure Init_Locator_Defecte;
begin
end;
(*****)
(* procedura Start_Timp *)
(* scop : porneste masurarea timpului pentru defectul curent *)
(*****)

procedure Start_Timp(Dem:Tip_Declansare);
begin
    S_Timp:=Time;
    Timp_Demarat:=TRUE;
    Inreg_Stari[Progr_Time div 60+1].Demaraj:=NONE;
end;
(*****)
(* procedura Get_Timp *)
(* scop : returneaza timpul scurs din momentul demarajului *)
(*****)
function Get_Timp:integer;
begin
    Get_Timp:=Progr_Time-S_Timp;
end;
(*****corpul programului principal*****
begin
    Init_Process;
    while not Gata do begin
        repeat

```

```

repeat Achizitie_Date(Data_Disponibile,Masura);
until (Date_Disponibile=TRUE);
if (not Defect and Timp_Demarcat) then Reset_Timp;
if (Stare_IO=INCHIS) and Defect then begin;
    Treapta_Declansare:=Gaseste_Treapta_Decl_Min;
    Declansare:=Gaseste_Tip_Declansare;
    if not Timp_Demarcat then Start_Timp(Declansare);
    if (Treapta_Declansare=1) or
        (Get_Timp>=Tabel_reglaje_Timp
        [Treapta_Declansare]) then
        (Comanda_Declansare(Declansare);
            end;
until (Impuls_Declansare or Gata);
Init_Locator_Defecte;
if (Stare_IO=DESCHIS) then begin
    Reset_Declansare;
end;
end;
Show_Results(Progr_Time);
end;

```

---

## **CAPITOLUL 5**

---

# **FIABILITATEA PROTECTIEI DE DISTANTA DIGITALE**

### ***5.1 Definirea marimilor de intervin in caclulul fiabilitatii protectiei de distanta***

Prin **fiabilitate** sau siguranta in functionare, se intelege aptitudinea unui element, dispozitiv (instalatie) de a-si indeplini functia specificata, in conditii date, de-a lungul unei perioade de referinta date [B40].

In vederea aprecierii fiabilitatii unei protectii de distanta, se utilizeaza urmatoorii **indicatori de fiabilitate**, care au drept scop cuantificarea nivelului de fiabilitate prin valori numerice:

- **Probabilitatea de functionare neintrerupta pe un interval de timp (0,t)** notata cu "**R(t)**" si reprezentând probabilitatea ca un element, dispozitiv (instalatie) sa functioneze neintrerupt pe un interval de timp (0,t) si se determina cu relatia:

$$R(t) = e^{-\lambda \cdot t} \quad [B20]$$

unde  $\lambda$  reprezinta **intensitatea de defectare** - probabilitatea conditionata ca un element, dispozitiv (instalatie) care a functionat fara defect pâna la momentul t sa se defecteze in urmatorul interval de timp foarte scurt  $\Delta t$  ( $\Delta t \rightarrow 0$ ), raportata la acest interval de timp.  $\lambda$  se exprima in  $(an)^{-1}$

- **Probabilitatea de succes** (de functionare) notata cu "**P**" si reprezentând probabilitatea ca un element, dispozitiv (instalatie) sa-si realizeze functia specificata. Pentru un element, probabilitatea de succes (functionare) se se noteaza cu "**p**" [B20]

$$p(t) = \frac{N(t)}{N(0)} \quad [A35]$$

unde:

$N(0)$ -numarul elementelor supuse incercarilor in intervalul  $t_0$  si t.

$N(t)$  -numarul elementelor care mai functioneaza corect in momentul t.

$n(t)$  -numarul elementelor defectate

$$N(t)+n(t)=N(0).$$

**Probabilitatea de insucces** (de nefunctionare), notata cu "**Q**" si reprezentând probabilitatea ca un element, dispozitiv (instalatie) sa nu-si realizeze functia specificata. Pentru un element, probabilitatea de insucces (de nefunctionare) se noteaza cu "**q**" [B20]

$$q(t) = \frac{n(t)}{N(0)} = 1 - p(t) \quad [A35]$$

- **Timpul mediu de functionare pâna la primul defect** (durata medie de functionare neintrerupta), notat cu "**M(Tf)**" si reprezentând valoarea medie a timpului de functionare a unui element, dispozitiv (instalatie) de la punerea lui in functiune pâna la primul defect, calculându-se cu relatia:

$$M(Tf) = \int_0^{\infty} R(t) \cdot dt \quad [B20]$$

- **Numarul mediu total de stari de insucces** (de defecte) in perioada de referinta T, notat cu "**M[γ(T)]**" si reprezentând numarul mediu de treceri din stari de succes (de functionare) in stari de insucces (de nefunctionare) in intervalul de timp (0,T), calculându-se cu relatia:

$$M[\gamma(T)] = \frac{t}{M(Tf)} + \frac{D}{2 \cdot M^2(Tf)} - \frac{1}{2} \quad [B20]$$

unde D reprezinta dispersia timpului de functionare pâna la primul refuz de actionare.

## ***5.2 Calculul indicatorilor de fiabilitate ai protectiei de distanta digitale PDD-01***

### 5.2.1 Aspecte specifice privind fiabilitatea instalatiilor de protectie, instalatii cu elemente in regim de asteptare.

Rolul sistemelor de protectie si automatizare este de a preveni regimurile periculoase de functionare sau de a opri evolutia lor in cazul când acestea se produc. Sistemele de protectie sunt instalatii auxiliare care, fara sa participe direct in procesul de producere, transport sau distributie a energiei electrice, trebuie sa fie permanent in stare de a actiona când este necesar.

Caracteristic instalatiilor de protectie este ca in majoritatea timpului acestea se gasesc in regim de asteptare si ca trebuie sa actioneze doar la aparitia unei solicitari si numai pe durat acesteia.

Majoritatea defectelor instalatiilor de protectie, se produc in regim de asteptare sau in momentul solicitarii.

Aceste defecte se manifesta sub urmatoarele forme:

- refuz de actionare la solicitare;



- actionare falsa.

Elementele componente ale instalatiilor de protectie pot avea urmatoarele tipuri de defectiuni:

- intrerupere circuit;
- scurtcircuit

Daca defectele produse in regim de asteptare sunt nesemnificate, pentru depistarea si inlaturarea lor se realizeaza periodic testarea instalatiilor de protectie.

Efectuarea acestor testari reduce durata defectiunilor elementelor componente la cel mult durata dintre doua teste  $\theta$ , si reduce probabilitatea de insucces  $q$  a instalatiei, indeosebi in cazul defectelor ce conduc la refuz de actionare.

### 5.2.2 Calculul indicatorilor de fiabilitate ai protectiei de distanta digitale PDD-01.

Pentru calculul indicatorilor de fiabilitate se presupune ca protectia de distanta digitala verifica urmatoarele conditii:

- duratele de functionare intre doua defecte ale elementelor componente sunt repartizate exponential cu parametrul  $\lambda_f$  in cazul defectelor ce conduc la refuzuri de actionare la solicitare si  $\lambda_f$  in cazul defectelor care conduc la solicitari false.
- duratele de functionare intre doua defecte ale instalatiilor protejate sunt repartizate exponential cu parametrul  $\lambda_s$
- testarea instalatiilor de protectie se face la intervale egale de timp de durata  $\theta$ , durata testarii  $\theta_t$  fiind neglijabila in raport cu  $\theta$ .
- elementele componente sunt independente
- regimul de solicitare are o durata foarte scurta in raport cu regimul de asteptare.

Fiabilitatea instalatiei de protectie PDD-01 se analizeaza separat ca o instalatie de sine statatoare.

Toti indicatorii de fiabilitate se vor calcula in raport cu refuzurile de actionare.

Conform [B20], pentru instalatiile tehnologice cu elemente in regim de asteptare considerate de sine statatoare se vor calcula urmasorii indicatori de fiabilitate:

- probabilitatea de functionare neintrerupta in intervalul  $(0,t)$ ;

- durata medie de functionare neintrerupta.
- probabilitatea de insucces.

### 5.2.2.1 Date de intrare

Se considera schema structurii hard a protectiei de distanta digitale PDD-01, conform fig. 5.1.

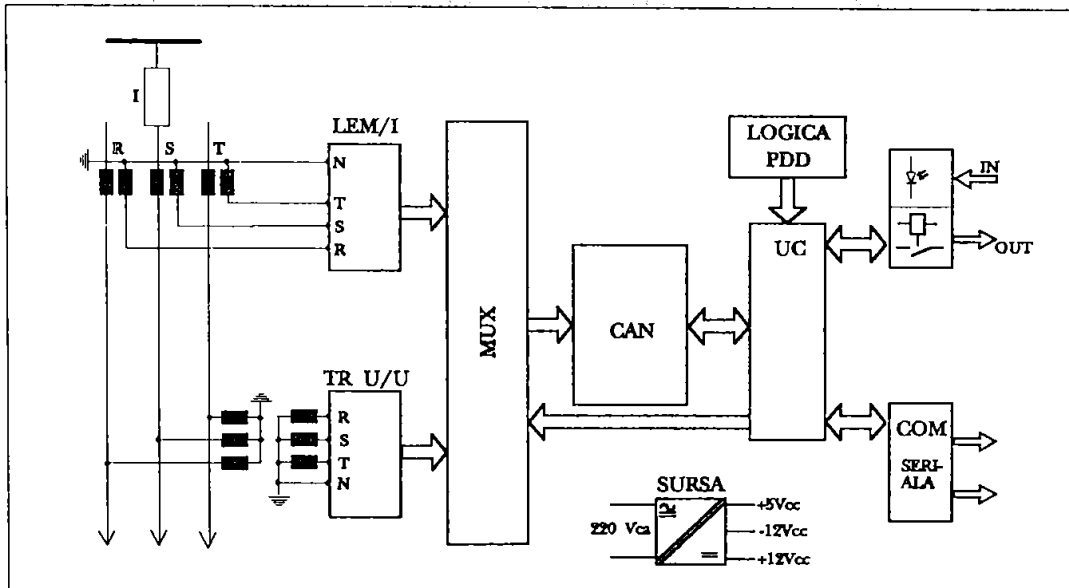


fig. 5.1

Se cunosc intensitatile de defectare ale elementelor componente ale protectiei [B20]:

$$\lambda_{TT} = \lambda_{TC} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ h}^{-1}$$

$$\lambda_{LEM} = 0,015 \cdot 10^{-4} \text{ h}^{-1}$$

$$\lambda_{TRU/U} = 0,060 \cdot 10^{-4} \text{ h}^{-1}$$

$$\lambda_{B.D.} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ h}^{-1}$$

$$\lambda_U = 170 \cdot 10^{-7} \text{ h}^{-1}$$

$$\lambda_{MUX} = 0,001 \cdot 10^{-4} \text{ h}^{-1}$$

$$\lambda_{CAN} = 0,002 \cdot 10^{-4} h^{-1}$$

$$\lambda_{\mu SIST} = 0,002 \cdot 10^{-4} h^{-1}$$

$$\lambda_{DI} = 21 \cdot 10^{-7} h^{-1}$$

$$\lambda_{Ti} = 0,05 \cdot 10^{-4} h^{-1}$$

$$\lambda_{2DI} = 21 \cdot 10^{-7} h^{-1}$$

Se vor calcula indicatorii de fiabilitate in raport cu refuzul de actionare, tinând seama ca între două testări succesive ale protecției este un an (8760 ore).

Schemele de calcul utilizate sunt:

- diagrama bloc - fig. 5.2
- arborele de defectare - fig. 5.3 acestea fiind derivate din fig. 5.1

#### 5.2.2.2 Calculul propriu-zis al indicatorilor de siguranta ai PDD-01

- **Probabilitatea de functionare neintrerupta** pe intervalul de timp  $T=8760$  ore.

Acest prim indicator de siguranta se calculeaza in baza relatiilor [B20]:

$$R(t) = \prod_{i=1}^n e^{-\lambda_i t} = \exp \left[ - \left( \sum_{i=1}^n \lambda_i \right) \cdot t \right]$$

pentru o conexiune in serie formata din n elemente si

$$R(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - e^{-\lambda_i t})$$

pentru o conexiune in paralel formata din n elemente.

Pentru diagrama bloc (fig. 5.2) se definește relația care exprimă indicatorul  $R(T)$ , și anume:

$$R(T) = \left[ 1 - (1 - R_A(T)) \cdot (1 - R_B(T)) \right] \cdot R_C(T) \cdot R_D(T)$$

unde:

$$R_A(T) = \left[ 1 - (1 - R_1(T)) \cdot (1 - R_2(T)) \cdot (1 - R_3(T)) \cdot (1 - R_4(T)) \right] \cdot R_5(T)$$

$$R_1(T) = R_2(T) = R_3(T) = e^{-\lambda_1 T} \quad \lambda_1 = \lambda_{TC} + \lambda_{LEM}$$

$$R_4(T) = e^{-\lambda_2 T} \quad \lambda_2 = \lambda_{LEM}$$

$$R_5(T) = e^{-\lambda_3 T} \quad \lambda_3 = \lambda_{BD}$$

$$R_{A(T)} = \left[ 1 - (1 - R_{1-3(T)})^3 \cdot (1 - R_4(T)) \right] \cdot R_5(T) \quad (5.2)$$

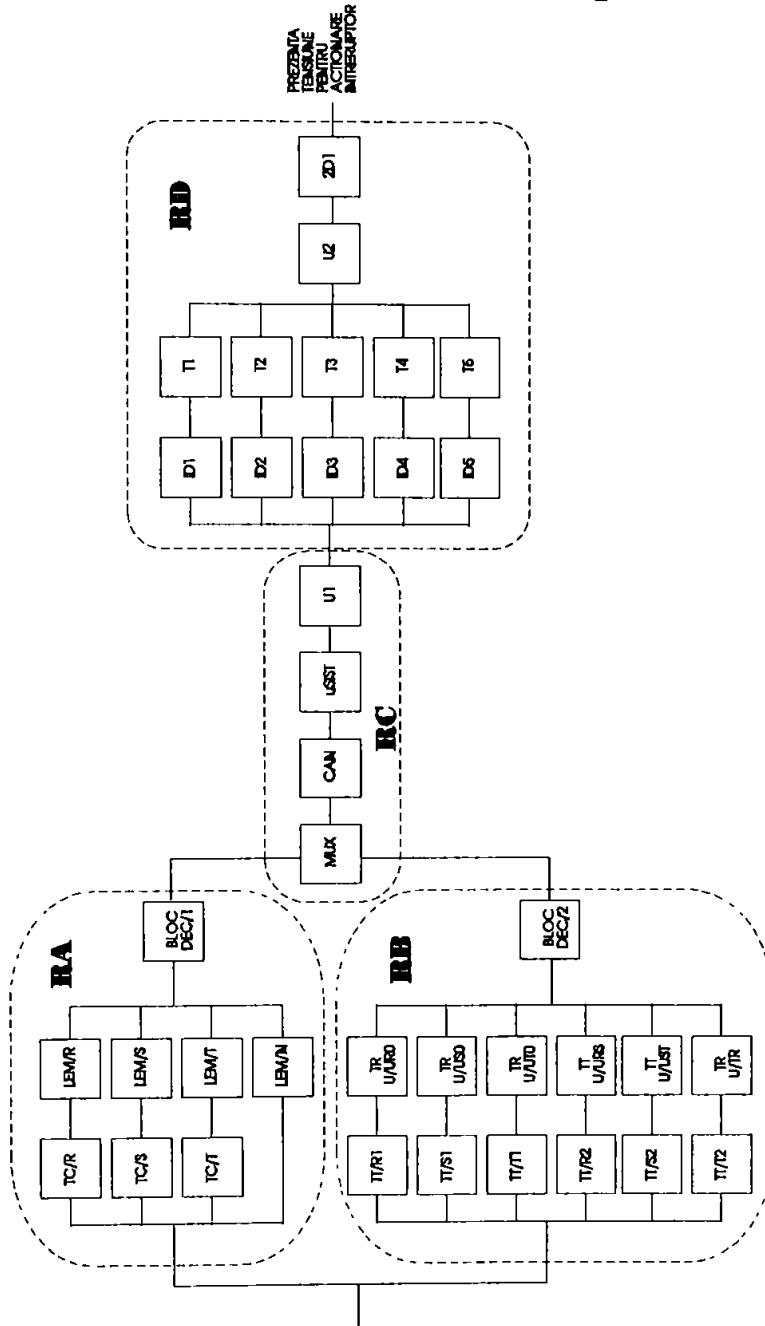


fig. 5.2



$$R_{B(T)} = [1 - (1 - R_{6(T)}) \cdot (1 - R_{7(T)}) \cdot (1 - R_{8(T)}) \cdot (1 - R_{9(T)}) \cdot (1 - R_{10(T)}) \cdot (1 - R_{11(T)})] \cdot R_{12(T)}$$

$$R_{6(T)} = R_{7(T)} = R_{8(T)} = R_{9(T)} = R_{10(T)} = R_{11(T)} = e^{-\lambda_4 T}$$

$$\lambda_4(T) = \lambda_{TT} + \lambda_{TU}$$

$$R_{12} = e^{-\lambda_5 T} \quad \lambda_5(T) = \lambda_{BD}$$

$$R_{B(T)} = \left[ 1 - (1 - R_{6-11(T)})^6 \right] \cdot R_{12(T)} \quad (5.3)$$

$$R_{C(T)} = \prod_{i=6}^9 e^{-\lambda_i T} = \exp \left[ - \left( \sum_{i=6}^9 \lambda_i \cdot T \right) \right]$$

$$\lambda_6 = \lambda_{MUX}$$

$$\lambda_7 = \lambda_{CAN}$$

$$\lambda_8 = \lambda_{\mu SIST}$$

$$\lambda_9 = \lambda_{U1}$$

$$R_{C(T)} = \exp \left[ - \left( \sum_{i=6}^9 \lambda_i \cdot T \right) \right] \quad (5.4)$$

$$R_{D(T)} = [1 - (1 - R_{13(T)}) \cdot (1 - R_{14(T)}) \cdot (1 - R_{15(T)}) \cdot (1 - R_{16(T)}) \cdot (1 - R_{17(T)})] \cdot R_{18(T)} \cdot R_{19(T)}$$

$$R_{13(T)} = R_{14(T)} = R_{15(T)} = R_{16(T)} = R_{17(T)} = e^{-\lambda_{10} \cdot T} \quad \lambda_{10} = \lambda_{Di} + \lambda_{Ti}$$

$$R_{18(T)} = e^{-\lambda_{11} \cdot T} \quad \lambda_{11} = \lambda_U$$

$$R_{19(T)} = e^{-\lambda_{12} \cdot T} \quad \lambda_{12} = \lambda_{2D1}$$

$$R_{D(T)} = \left[ 1 - (1 - R_{13-17(T)})^5 \right] \cdot R_{18(T)} \cdot R_{19(T)} \quad (5.5)$$

Inlocuind marimile cunoscute in relatiile 5.1...5.5 se determina valoarea probabilitatii de functionare neintrerupta pe intervalul T.

$$R(T) = \left\{ 1 - \left\{ 1 - \left[ 1 - (1 - e^{-\lambda_1 t})^3 \cdot (1 - e^{-\lambda_2 t}) \right] \cdot e^{-\lambda_3 t} \right\} \cdot \left\{ 1 - \left[ 1 - (1 - e^{-\lambda_4 t})^6 \right] \cdot e^{-\lambda_5 t} \right\} \right\} \cdot \exp \left[ -(\lambda_6 t + \lambda_7 t + \lambda_8 t + \lambda_9 t) \right] \cdot \left[ 1 - (1 - e^{-\lambda_{10} t})^5 \right] \cdot e^{-\lambda_{11} t} \cdot e^{-\lambda_{12} t}$$

$$(5.6)$$

$$R(T) = 0,95$$

- **Durata medie de functionare neintrerupta in raport cu regimurile de actionare.**

$$M_{r[TF]} = \int_0^T R_{(t)} \cdot dt \quad (5.7) \quad [B20]$$

Inlocuind (5.6) in (5.7) se determina expresia de calcul a indicatorilor de fiabilitate  $M_{r(Tf)}$ .

$$M_{r[TF]} = \int_0^T \left\{ 1 - \left\{ 1 - \left[ 1 - (1 - e^{-\lambda_1 t})^3 \cdot (1 - e^{-\lambda_2 t}) \right] \cdot e^{-\lambda_3 t} \right\} \cdot \left\{ 1 - \left[ 1 - (1 - e^{-\lambda_4 t})^6 \right] \cdot e^{-\lambda_5 t} \right\} \right. \\ \left. \exp[-(\lambda_6 t + \lambda_7 t + \lambda_8 t + \lambda_9 t)] \cdot \left[ 1 - (1 - e^{-\lambda_{10} t})^5 \right] \cdot e^{-\lambda_{11} t} \cdot e^{-\lambda_{12} t} \cdot dt \right.$$

$$M_{r[TF]} = 12,0 \text{ [ani] la } T=20 \text{ ani}$$

- **Probabilitatea de insucces**

Acest indicator de siguranta se calculeaza in baza relatiei [B20]

$$q(T) = 1 - \frac{1}{\theta} \cdot \int_0^{\theta} R_{(T)} dt \quad (5.8)$$

Inlocuind (5.6) in (5.8) se obtine:

$$q(T) = 1 - \frac{1}{8760} \int_0^{8760} \left\{ 1 - \left\{ 1 - \left[ 1 - (1 - e^{-\lambda_1 t})^3 \cdot (1 - e^{-\lambda_2 t}) \right] \cdot e^{-\lambda_3 t} \right\} \cdot \left\{ 1 - \left[ 1 - (1 - e^{-\lambda_4 t})^6 \right] \cdot e^{-\lambda_5 t} \right\} \right. \\ \left. \left\{ \exp[-(\lambda_6 t + \lambda_7 t + \lambda_8 t + \lambda_9 t)] \right\} \cdot \left[ 1 - (1 - e^{-\lambda_{10} t})^5 \right] \cdot e^{-\lambda_{11} t} \cdot e^{-\lambda_{12} t} \cdot dt \right.$$

$$q(T) = 0,024$$

### ***5.3 Testarea fiabilitatii protectiei de distanta digitale cu ajutorul simulatorului automat.***

Estimarea fiabilitatii pe baza datelor statistice se realizeaza in doua moduri:

- experimente speciale, denumite teste de fiabilitate;
- prelucrarea observatiilor rezultate din functionarea normala a echipamentelor.

In ceea ce urmeaza se vor descrie testele de fiabilitatea efectuate cu ajutorul simulatorului automat conceput la FRE Bacau.

In fig. 5.4 [B46] este reprezentat schematic simulatorul automat. Acesta alimenteaza cu curent si tensiune alternative defazate releul de distanta, astfel realizându-se simularea diverselor tipuri de defecte posibile din rețelele electrice.

Tipul de defect simulat se face printr-un bloc de prestabilire a tipului de defect (1) care transmite informatiile la un comparator (2) la care sosesc si informatii prin intermediul unor transformatoare de curent tip tor (3) al caror primar este constituit din conductoarele de curent care fac legatura intre simulator si releul testat si a unor transformatoare de tensiune (4) prin care se verifica daca la bornele de tensiune ale releului testat au ajuns tensiunile transmise de la simulator (5) [B47]

Comparatorul verifica daca toate marimile sosite la releu sunt cele prestabilite.

Logica de testare este asigurata de blocul de prescriere, decizie si control (6).

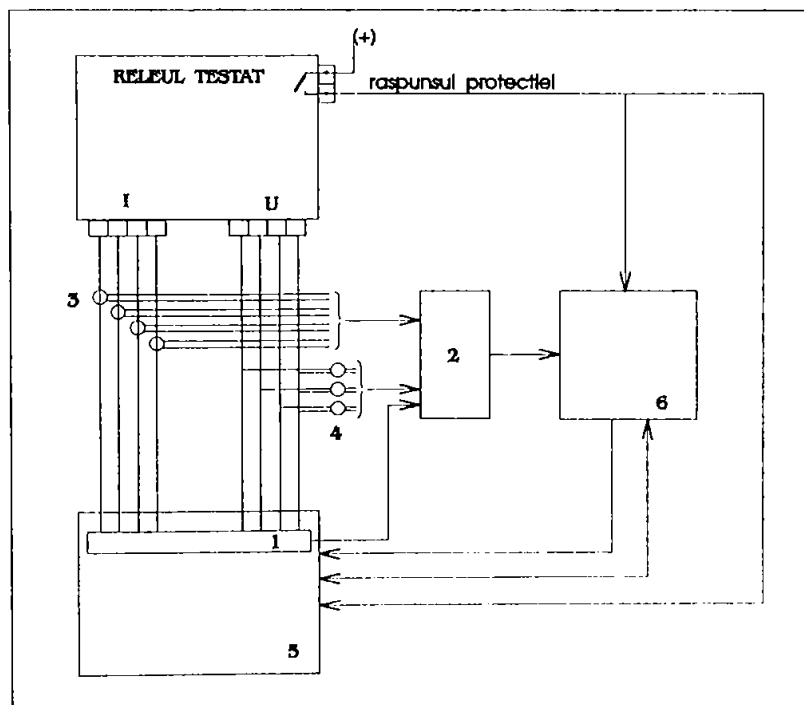


fig. 5.4

Pentru determinarea cantitativa a performantelor releelor de distanta, a caror caracteristici de functionare  $t=f(Z)$  au forma unor trepte, se definesc urmatoarele marimi:



$$p_i = \frac{F_i}{n_i} \quad \text{probabilitatea functionarilor corecte corespunzatoare treptei i.}$$

$$r_i = \frac{R_i}{n_i} \quad \text{probabilitatea refuzurilor corespunzatoare treptei i.}$$

$$e_i = \frac{E_i}{n_i} \quad \text{probabilitatea functionarilor intempestive corespunzatoare treptei i.}$$

$$q_i = \frac{R_i - E_i}{n_i} \quad \text{probabilitatea ca protectia sa comunice raspunsuri eronate in treapta i.}$$

unde  $F_i$  - numarul de functionari corecte in treapta i;  
 $E_i$  - numarul de functionari intempestive in treapta i;  
 $R_i$  - numarul de refuzuri de actionare in treapta i;  
 $n_i = 100$  - numarul de teste realizate in treapta i;  
 $m$  - numarul de rele testate;  
 $L$  - numarul de trepte

Pentru releul de distanta in ansamblul sau se determina urmatoarele marimi [B47]:

$$p = \frac{\sum_{s=1}^4 F_s}{\sum_{s=1}^4 n_s} \quad \text{probabilitatea de functionare neeronata a protectiei de distanta.}$$

$$r = \frac{\sum_{s=1}^4 R_s}{\sum_{s=1}^4 n_s} \quad \text{probabilitatea de refuz a protectiei de distanta.}$$

$$e = \frac{\sum_{s=1}^4 E_s}{\sum_{s=1}^4 n_s} \quad \text{probabilitatea functionarii intempestive a protectiei de distanta.}$$

$$q = \frac{\sum_{s=1}^4 (R_s + E_s)}{\sum_{s=1}^4 n_s} \quad \text{probabilitatea ca protectia de distanta sa comunice raspunsuri eronate.}$$

$$V' = \frac{1}{L \cdot m \cdot n_i} \sum_{k=1}^m V_S^{(k)} \quad \text{probabilitatea de functionare corecta a ansamblului protectiei.}$$

$$Q = \frac{1}{L \cdot m \cdot n_i} \left( \sum_{S=1}^L \sum_{k=1}^m E_S^{(k)} + \sum_{S=1}^L \sum_{k=1}^m R_S^{(k)} \right) \quad \text{probabilitatea ansamblului protectiei de a functiona intempestiv sau de a refuza actionarea.}$$

#### Conditii de testare

Indicatorii de fiabilitate enumerati se determina in modul urmat:

- testarea corecteii functionari se realizeaza pe fiecare treapta de reglaj a protectiei de distanta, in doua zone - una la 10% sub treapta reglata si alta la 10% peste treapta reglata.
- se considera refuz de actionare:  
-neactionarea protectiei de distanta;  
-actionarea intr-o treapta superioara fata de cea reglata.
- se considera actionare intempestiva:  
-actionarea protectiei de distanta intr-o treapta inferioara celei reglate.
- pentru fiecare zona reglata s-au realizat una suta teste.

Indicatorii de fiabilitate rezultati sunt urmatii:

<b>p=</b>	<b>0,87</b>	<b>pentru treapta I</b>
	<b>1</b>	<b>pentru treapta II</b>
	<b>1</b>	<b>pentru treapta III</b>
<b>r=</b>	<b>0</b>	<b>pentru treapta I</b>
	<b>0</b>	<b>pentru treapta II</b>
	<b>0</b>	<b>pentru treapta III</b>
<b>e=</b>	<b>0,133</b>	<b>pentru treapta I</b>

	0	pentru treapta II
	0	pentru treapta III
q=	0,133	pentru treapta I
	0	pentru treapta II
	0	pentru treapta III
V'=	0,955	
Q =	0,044	

Programul de calcul al indicatorilor de fiabilitate (Turbo C) este redat in Anexa 5.1

```

#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <math.h>
#include <conio.h>

/*    PROGRAM
    pentru calculul fiabilitatii echipamentelor de protectie
    digitale, cu microprocesor
    *****/

// zona declaratii variabile globale
int N;    //nr. de puncte de discretizare a functiei f(x)
double l1,l2,l3,l4,l5,l6,l7,l8,l9,l10,l11,l12;

/* functia f(x) calculeaza valorile functiei f in punctele
    xi, i=0,1,...,n
    *****/

double f(double t){
    double Ra,Rb,Rc,Rd,R;
    Ra=(1-(1-exp(-l1*t))*(1-exp(-l2*t)))*exp(-l3*t);
    Rb=(1-(1-exp(-l4*t))*(1-exp(-l4*t))*(1-exp(-l4*t))*(1-exp(-l4*t)))*\
        (1-exp(-l4*t))*(1-exp(-l4*t)))*exp(-l5*t);
    Rc=exp(-l6*t-l7*t-l8*t-l9*t);
    Rd=(1-(1-exp(-l10*t))*(1-exp(-l10*t))*(1-exp(-l10*t))*\
        (1-exp(-l10*t))*(1-exp(-l10*t)))*exp(-l11*t)*exp(-l12*t);
    R=(1-(1-Ra)*(1-Rb))*Rc*Rd;
    return (R);
};

/* functia integral calculeaza valoarea integralei definite
    pe intervalul [a,b], in N puncte echidistante, prin
    metoda trapezelor
    *****/

float integral (float a, float b) {
    float val,xi,h,yi,yi_1,ai;
    int i;

```

```

h=(b-a)/N;
xi=a;
val=0;
for (i=0; i<N; i++){
    yi=f(xi+h);
    yi_1=f(xi);
    ai=(yi+yi_1)/2.*h;
    val=val+ai;
    xi=xi+h;
};
return (val);
};

```

```

void main(void){
FILE *out; // declarare fisier
double integrala_1,R,q,integrala_2;

```

```

N=100;
l1=3e-7+0.015e-4;
l2=0.015e-4;
l3=3e-7;
l4=3e-7+17e-7;
l5=3e-7;
l6=0.001e-4;
l7=0.002e-4;
l8=0.002e-4;
l9=17e-7;
l10=21e-7+0.05e-4;
l11=17e-7;
l12=21e-7;

```

```

R=f(8760);
printf("\n Probabilitate fct.neintrerupta:%f",R);
integrala_1=integral(0,20.*8760);
printf("\n Durata medie fct.neintrerupta:%f [ani]",integrala_1/8760.);
integrala_2=integral(0,8760);
q=1.-1./8760.*integrala_2;

```

```

printf("\n Val.probabilitate insucces:%f",q);
    /* deschidere fisier pentru scriere */
    if((out=fopen("fiabilit.txt","wt"))==NULL){
        fprintf(stderr,"Eroare deschidere fisier de iesire\n");
        exit (1);
    };
    fprintf(out, " \n");
    fprintf(out, "Probabilitate fct.neintrerupta:%f
\n",R);

    fprintf(out, " \n");
    fprintf(out, "Durata medie fct.neintrerupta:%.1f\
[ani]\n",integrala_1/8760.);
    fprintf(out, " \n");
    fprintf(out, "Probabilitate insucces:%f \n",q);
    /* inchide fisier de date */
    fclose(out);
}

```

---

## **CAPITOLUL 6**

---

**DATE EXPERIMENTALE DE LABORATOR  
PRIVIND CARACTERISTICILE TEHNICE  
ALE PROTECTIEI DE DISTANTA DIGITALE  
PDD-01**

### ***6.1 Descriere model electrodinamic de retea pentru verificarea protectiei de distanta***

In cadrul FRE Deva - Laborator Cercetare, a fost conceput si realizat un model electrodinamic de retea pentru verificarea protectiilor de distanta.

Modelul de retea reproduce fenomenele din sistemul energetic prin modelarea elementelor sistemului . Tinand seama de scopul realizarii modelului, s-au modelat urmatoarele elemente:

- sistem de putere infinita;
- sistem de putere finita;
- linii de conexiuni;

Pentru verificarea protectiei de distanta pe model este suficient sa fie respectat criteriul de baza:

$$\frac{x}{y} = \text{IDEM}$$

Pentru modelarea liniei trebuie respectate urmatoarele criterii de similitudine:

$$\frac{C}{G \cdot t} = \text{IDEM} \quad \text{si} \quad \frac{L}{R \cdot t} = \text{IDEM}$$

Cel mai important criteriu de similitudine este  $\frac{L}{R \cdot t} = \text{IDEM}$ , deoarece el impune ca desfasurarea in timp a fenomenelor in model si in linia reala sa fi aceeasi.

In fig. 6.1 [B29] se prezinta schema monofilara a modelului de retea compus din:

- sursa de putere infinita;
- sursa de putere finita;
- linie radiala;
- comutator static de putere cu comanda de faza;

Caracteristici generale ale modelului de retea: [B29]

- curent de durata a modelului: 50 A .
- frecventa nominala: 50 Hz .
- curentul de scurtcircuit maxim: 300 A, timp de 5 sec .
- tensiunea de alimentare a modelului: 380 V, 440 V, 660 V .
- curent secundar nominal debitat de transformatoarele de curent: 1A sau 5A .



- tensiunea secundara nominala debitata de transformatoarele de tensiune:100V.

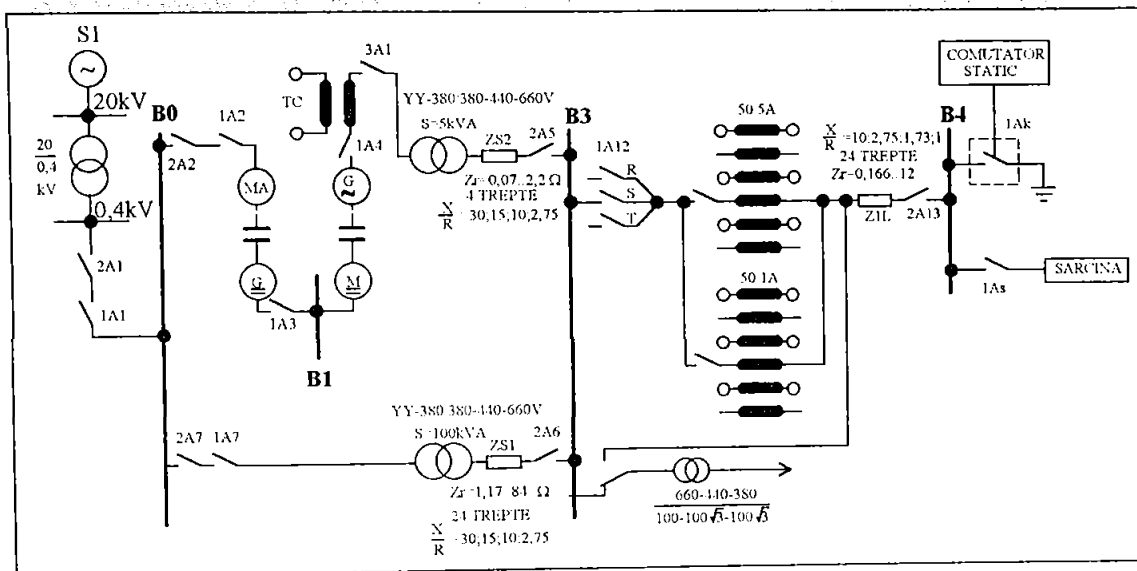


fig. 6.1

Deoarece regimul tranzitoriu ce se stabileste in sistem la aparitia unui scurtcircuit, depinde de valoarea tensiunii in momentul producerii scurtcircuitului, pentru a putea reproduce pe model diferite regimuri tranzitorii posibile, in sistem este necesar un intreruptor care sa fie comandat la orice valoare a tensiunii cuprinsa intre  $0^\circ - 360^\circ$ . S-a ales un contactor static trifazat utilizand ca elemente pe faza o punte de redresare semicomandata.

Pe modelul dinamic de retea prezentat pot fi realizate urmatoarele verificari ale protectiei de distanta:

- verificarea valorii de actionare (revenire) a releului pentru diferite regimuri de functionare a liniei:

- defect monofazat;
- defect bifazat;
- defect trifazat;

Aceasta verificare se realizeaza in regim dinamic prin deplasarea punctului de scurtcircuit in 24 trepte controland:

- constanta de timp a circuitului
- durata defectului
- punctul de pe curba tensiunii unde este aplicat defectul

- verificarea parametrilor elementului directionala la diferite defecte:
  - putere minima de actionare (la diferite unghiuri de reglaj)
  - tensiunea minima de actionare
  - durata de actionare si revenire la modificarea brusca a tensiunii si la cresterea convenabila a curentului.
- verificarea parametrilor si a caracteristicilor elementului de demaraj si de masura.
- verificarea comportarii releului de distanta montat pe o linie radiala alimentata de la o sursa de putere finita sau infinita.
- verificarea functionarii de durata.

## 6.2 Date experimentale de laborator pe model electrodinamic de retea

### 6.2.1 Determinarea marimilor necesare modelarii retelei propuse

Pentru testarea protectiei de distanta digitale pe model electrodinamic de retea s-a ales schema zonei de retea 110 kV din fig.6.2

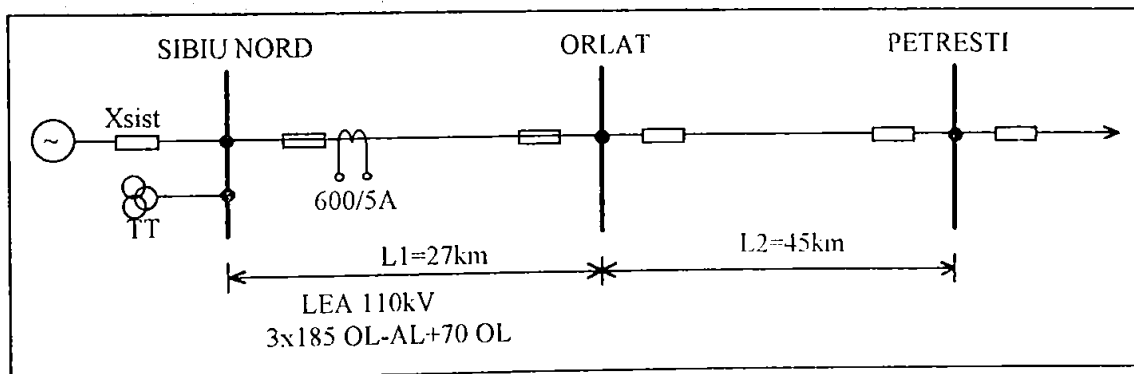


fig. 6.2

Datele zonei de retea necesare pentru modelare sunt urmatoarele:

- Datele sistemului raportate la bara 110 kV:
  - $X_{ds} = 7,3\Omega$ (primar)
  - $X_{hs} = 1,5X_d = 10,95\Omega$
  - $R_{ds} = 2,73\Omega$
  - $R_{hs} = 4,1\Omega$
- Datele LEA 110 kV 3x185/OL-AL + 70/OL pentru 1km:
  - $x_{dl} = 0,394\Omega$  (reactanta directa)

$r_{dl} = 0,157\Omega$  (rezistenta directa)

$x_{hl} = 1,342\Omega$  (reactanta homopolara)

$r_{hl} = 0,368\Omega$  (rezistenta homopolara)

$\varphi_L = \arctg \frac{X_{dl}}{r_{dl}} = 68^\circ$  (unghiul de scurtcircuit al liniei)

$n = \frac{1}{3} \left( \frac{x_{hl}}{x_{dl}} - 1 \right) = 0,8$  (factor de pamânt)

-raport de transformare TC: 600/5 A/A;  $k_i=120$

-raport transformare TT: 110/ $\sqrt{3}$  kV/100/ $\sqrt{3}$  V;  $k_u=1100$

• Reglajele protectiei de distanta digitale PDD-01

-Valori primare:  $Z_1=9,2 \Omega/f$   $t_1=0s$ ;  
 $Z_2=1,3 \Omega/f$   $t_2=1s$ ;  
 $Z_3=27,5\Omega/f$   $t_3=3s$ ;  
 $t_4=6s$ .

-Valori secundare:  $Z_{sec}=Z_p \cdot k_i/k_u$   
 $Z_{1s}=1\Omega/f$ ;  
 $Z_{2s}=2\Omega/f$ ;  
 $Z_{3s}=3\Omega/f$ .

-Impedanta de trecere pentru  $\varphi=72^\circ$  si  $n=0,8$ :

Defecte monofazate:  $Z_{10}=(1+n) \cdot Z_1=1,8$ ;  
 $Z_{20}=3,6$ ;  
 $Z_{30}=5,4$ .

Defecte bifazate:  $Z_1=2 \cdot Z_1=2$ ;  
 $Z_2=4$ ;  
 $Z_3=6$ .

6.2.2 Tipuri de defecte modelate

- Defect R-0 directie fata - treapta 1  $Z=0$
- Defect R-0 directie spate - treapta 1  $Z=0$
- Defect R-0 /  $Z = 1,024$
- Defect RST /  $Z = 0$
- Defect RST /  $Z = 1,024$
- Defect RST /  $Z = 2,297$
- Defect S-T /  $Z = 0$
- Defect S-T-O /  $Z = 0$
- Defect R-S-T-O /  $Z = 1,025$

Inregistrările evoluției tensiunilor și curenților din momentul apariției scurtcircuitului până la emiterea comenzilor de declansare de către protecția de distanță digitală pentru defectele modelate sunt redată în figurile 6.3 - 6.11.

În fig. 6.3 se prezintă înregistrarea evoluției tensiunilor și curenților în cazul unui scurtcircuit monofazat cu pământ pe faza R, direcție față având  $Z=0$ , la care protecția de distanță reacționează demarând pe faza defectă R și N, comandând declansarea în treapta I. Se observă creșterea curentului homopolar  $I_0$ .

Fig. 6.4 prezintă același tip de defect R-0 însă direcționat spate. Reacția protecției de distanță se reduce doar la demarajul de N.

Fig. 6.5 prezintă de asemenea un defect monofazat cu pământ, R-0 având  $Z=1,024 \text{ } [\Omega]$  încadrându-se astfel în treapta I. Se observă creșterea curentului  $I_r$  și  $I_0$  precum și scăderea tensiunii  $U_{r0}$ . Se înregistrează demarajul protecției pe faza R și N precum și declansarea în treapta I.

Fig. 6.6 prezintă un scurtcircuit trifazat fără pământ cu  $Z=0$ . Se distinge creșterea curenților  $I_r$ ,  $I_s$ , și  $I_t$  și caderea tensiunilor  $U_{r0}$ ,  $U_{s0}$  și  $U_{t0}$  cu demaraje și declansări pe toate fazele în treapta I.

Fig. 6.7 prezintă un scurtcircuit trifazat fără pământ având impedanță măsurată  $Z=1,024 \text{ } [\Omega]$ . Se observă aceeași reacție a protecției de distanță care comandă declansarea trifazată în treapta I.

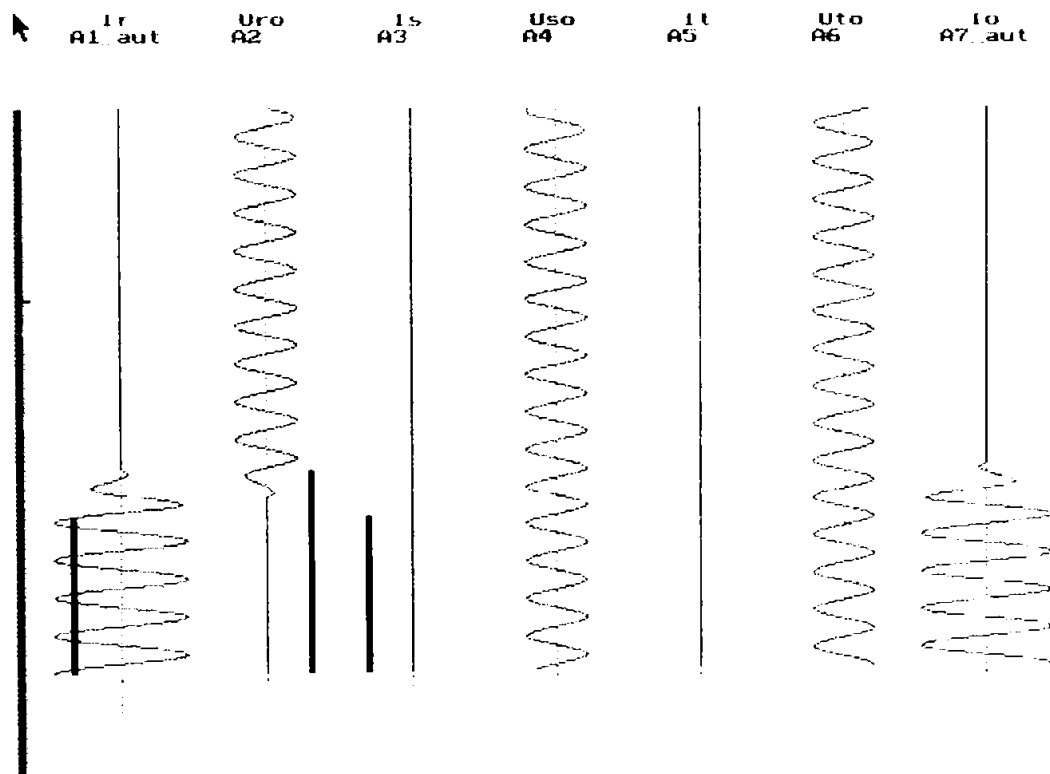
Fig. 6.8 indică evoluția marimilor de scurtcircuit în cazul unui scurtcircuit trifazat fără nul cu o valoare a impedanței  $Z=2,297 \text{ } [\Omega]$  ceea ce corespunde reglajului treptei a 2-a, fapt confirmat de comanda impulsului de declansare la  $t=90 \text{ mS}$ .

Fig. 6.9 indică evoluția marimilor de scurtcircuit în cazul unui defect bifazat, fără nul având  $Z=0$ . Se distinge creșterea curenților pe fazele S și T, scăderea tensiunilor  $U_{s0}$  și  $U_{t0}$ , precum și reacția protecției care emite impuls de declansare trifazat în treapta I.

Fig. 6.10 indică evoluția marimilor de scurtcircuit în cazul unui defect bifazat cu pământ S-T-0, având valoarea impedanței  $Z=0$ . Se observă

cresterea curentilor  $I_s$ ,  $I_t$  si  $I_0$  si scaderea tensiunilor  $U_{r0}$ ,  $U_{s0}$ ,  $U_{t0}$ , determinând actionarea protectiei prin comanda de declansare trifazata.

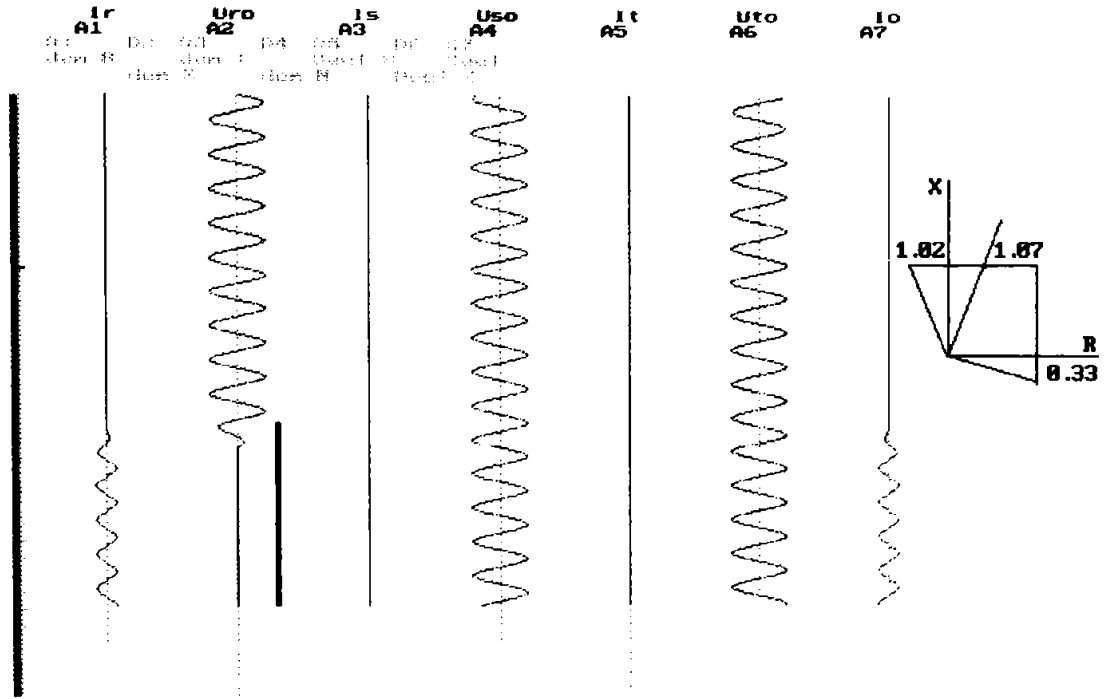
Fig. 6.11 indica evolutia curentilor si tensiunilor in cazul unui scurtcircuit trifazat cu pamânt având impedanta masurata  $Z=1,025 [\Omega]$ . Se distinge cresterea curentilor  $I_r$ ,  $I_s$ ,  $I_t$  si  $I_0$  si de asemenea scaderea tensiunilor  $U_{r0}$ ,  $U_{s0}$  si  $U_{t0}$ . Reactia protectiei de distanta se materializeaza prin comanda de declansare trifazata in treapta I.



Scurtcircuit  $R = 0 \quad Z = 0$

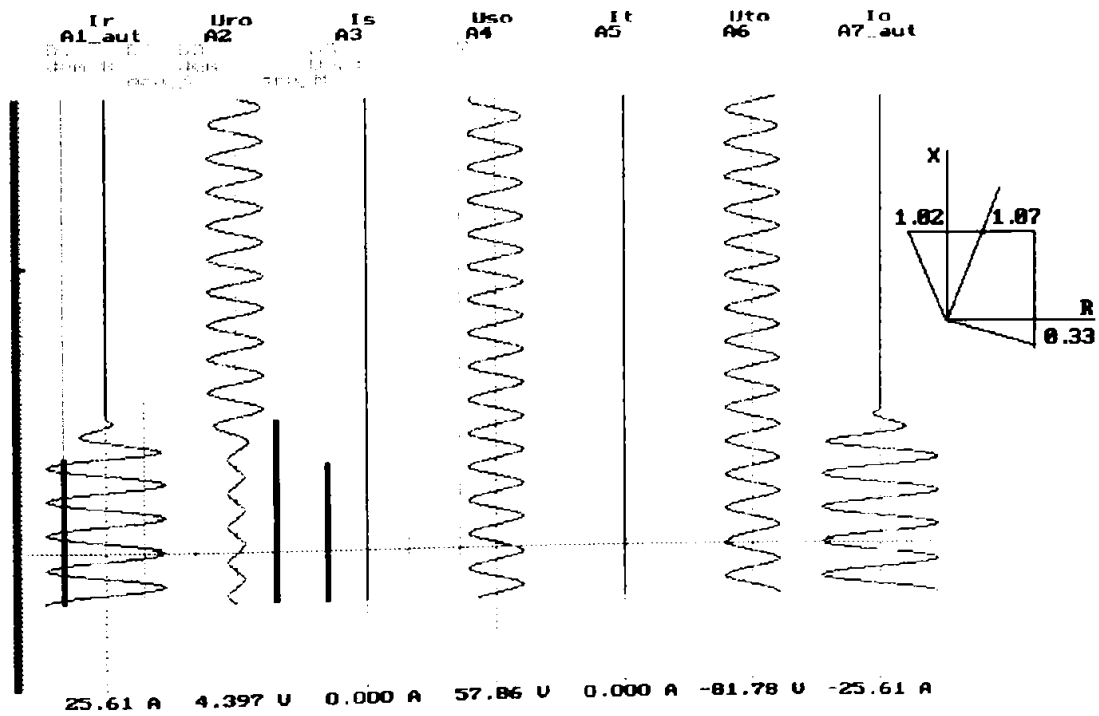
fig. 6.3

PROTECTIE DE DISTANTA DIGITALA - DATE EXPERIMENTALE



Scurtcircuit R - 0 Z=0 directie spate

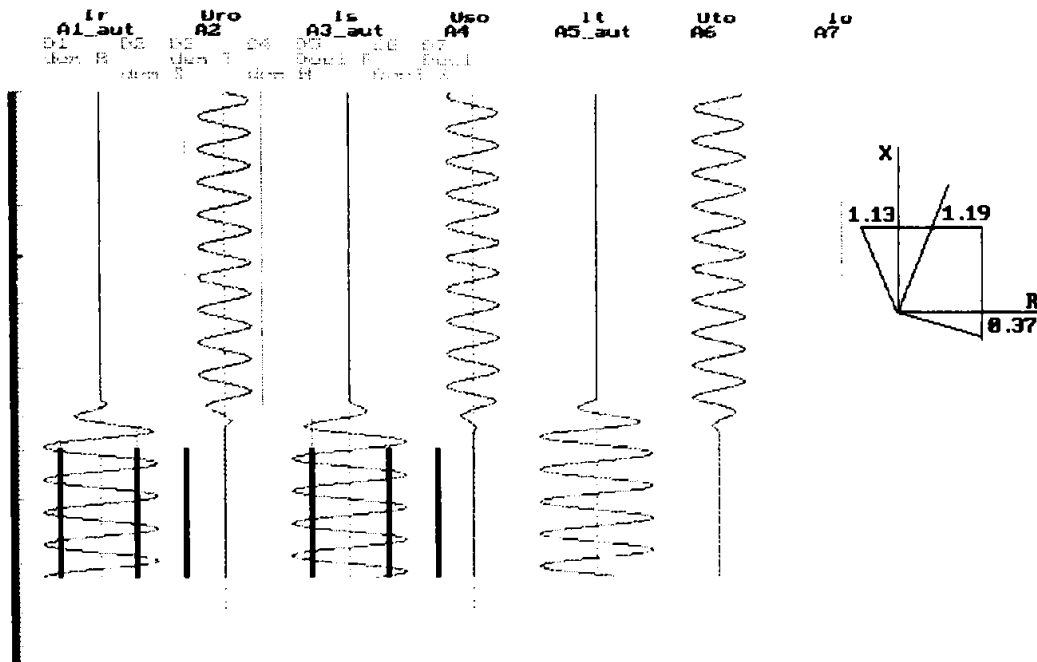
fig. 6.4



Scurtcircuit R - 0 Z=1.824 fi=72 Ind

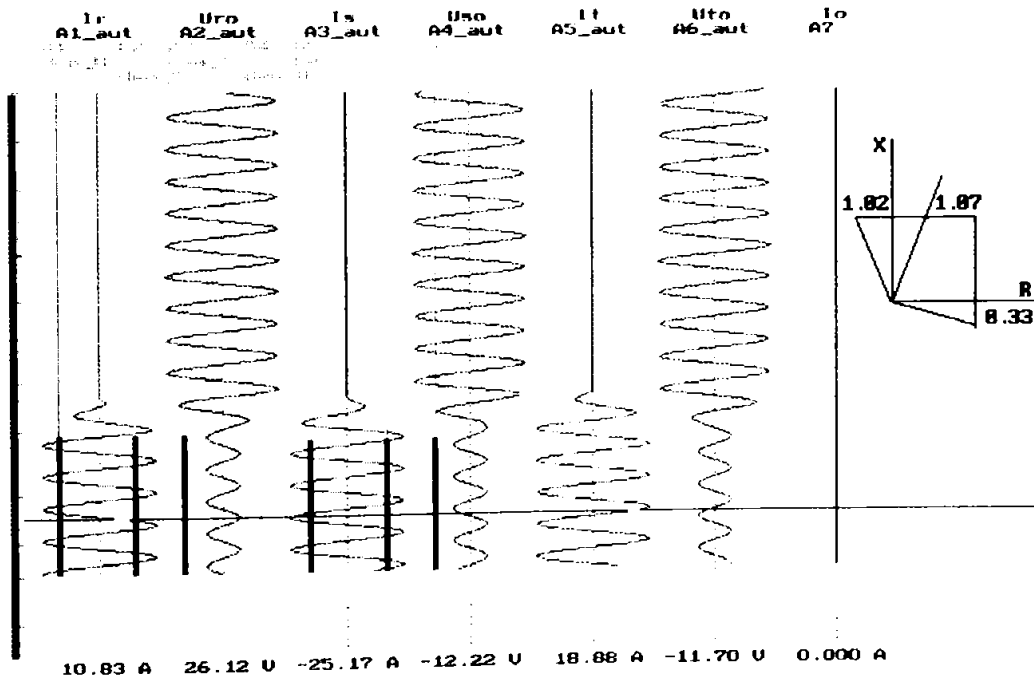
fig. 6.5

PROTECTIE DE DISTANTA DIGITALA - DATE EXPERIMENTALE



Scurtcircuit R - S - T fara nul, Z=0

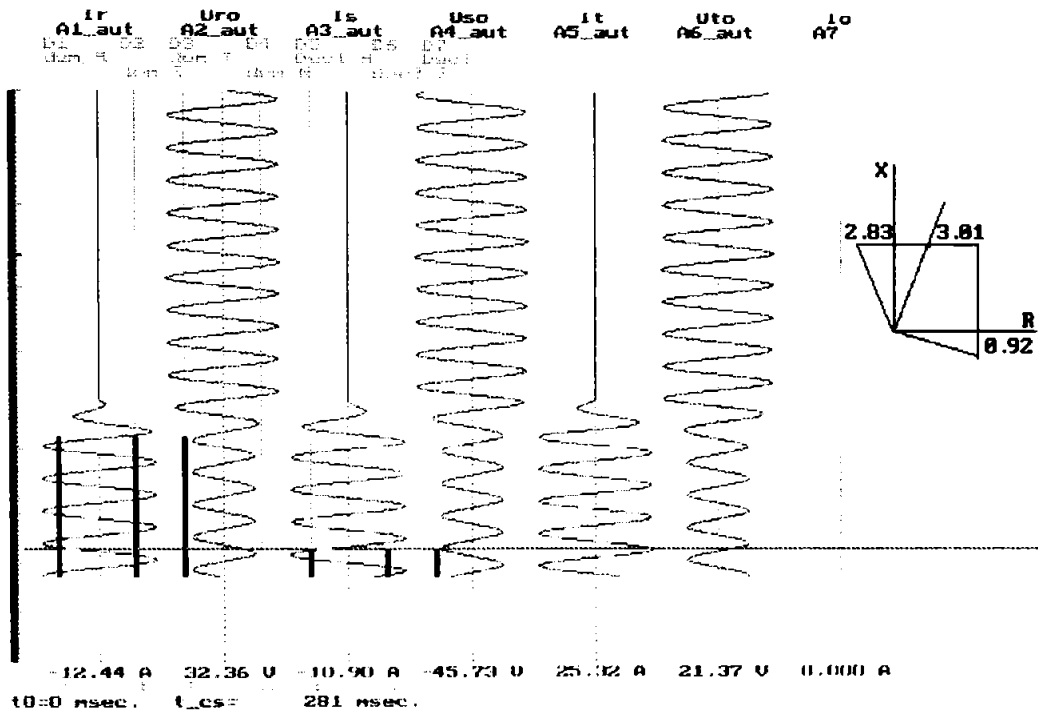
fig. 6.6



Scurtcircuit R - S - T fara nul Z=1.024  $f_i=72$  ind

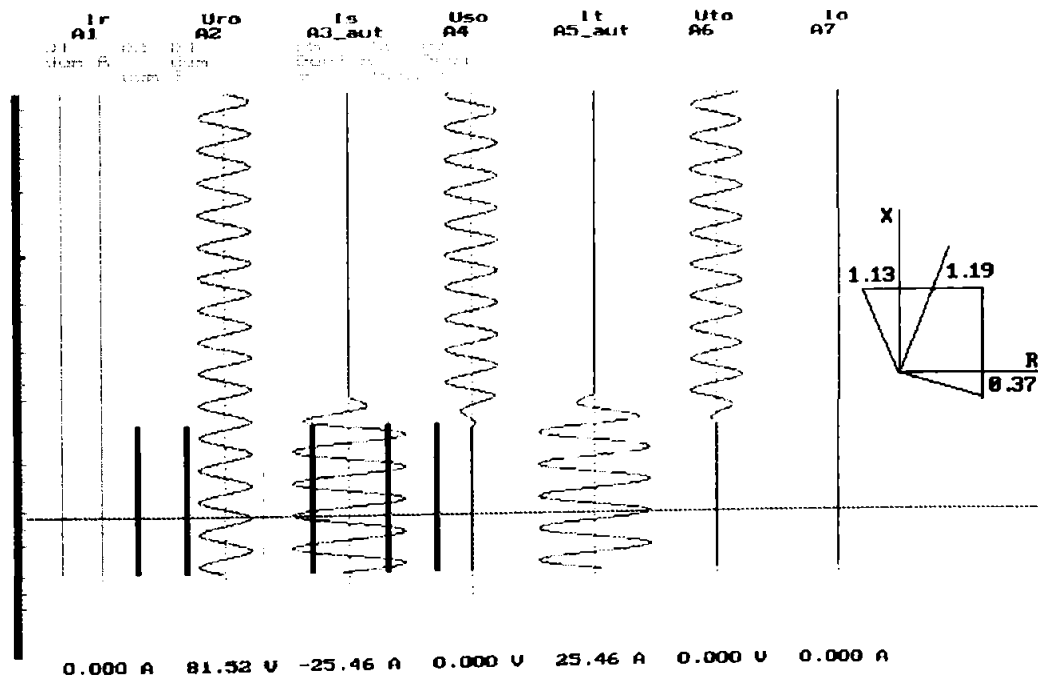
fig. 6.7

PROTECTIE DE DISTANTA DIGITALA - DATE EXPERIMENTALE



Scurtcircuit R - S - T fara nul  $Z=2.297$   $f_i=72$  ind Tr. III  $t=98ns$

fig. 6.8

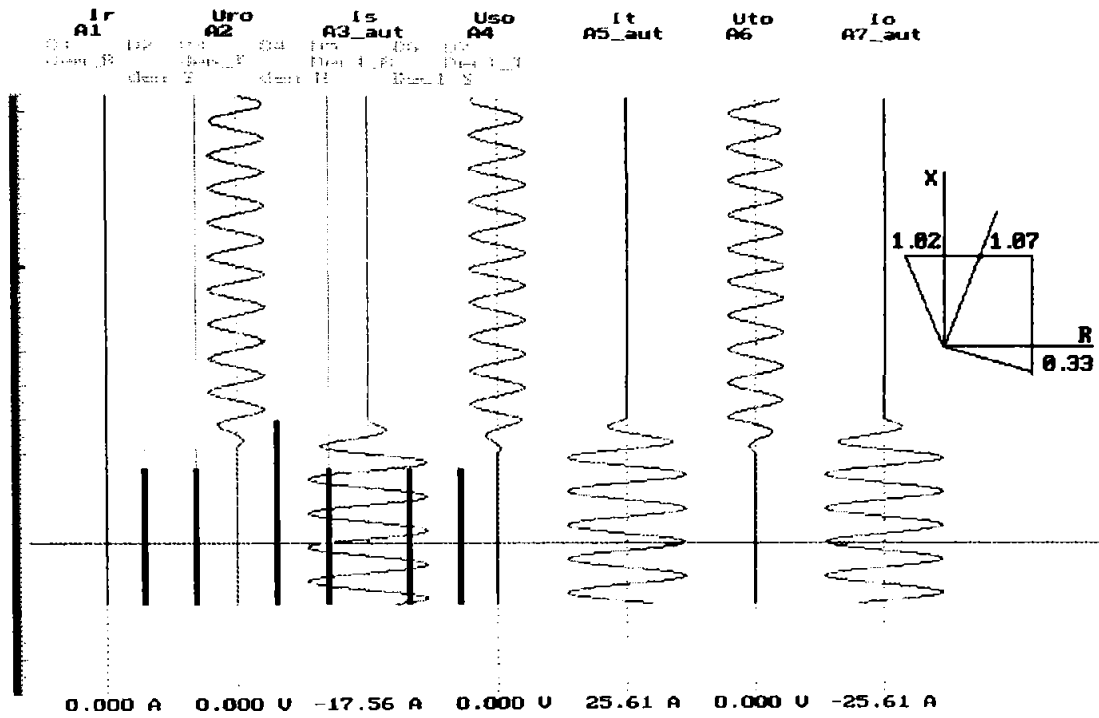


Scurtcircuit S - T fara nul  $Z=0$

fig. 6.9

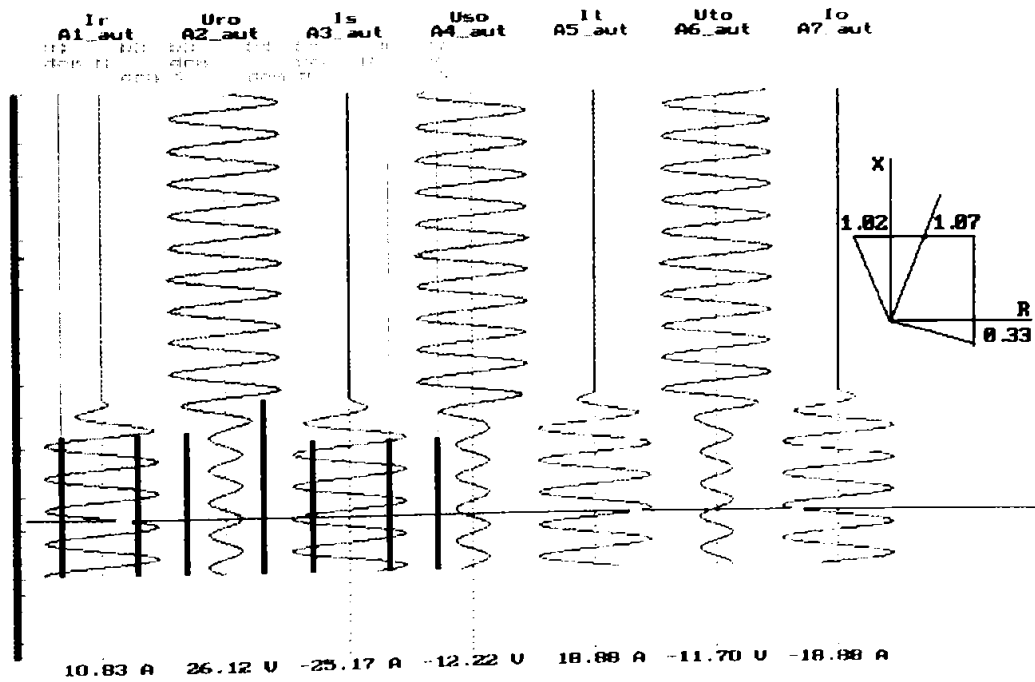


PROTECTIE DE DISTANTA DIGITALA - DATE EXPERIMENTALE



Scurtcircuit S - T - 0 Z=0

fig. 6.10



Scurtcircuit R - S - T - 0 Z=1.825 f1=72 ind

fig. 6.11

### 6.3 Caracteristici tehnice PDD-01

CARACTERISTICI TEHNICE	VALORI
<b>A. CARACTERISTICI GENERALE</b>	
Curent nominal [A]	5
Tensiune nominala [V]	$100/\sqrt{3}$
Frecventa nominala [Hz]	50
<b>B. CARACTERISTICI FUNCTIONALE</b>	
<i>Unitatea de achizitie date si conversie analog- numerica</i>	
numar intrari analogice cu esantionare	16 (6-U; 4-I)
viteza de esantionare [Hz]	1000
precizia pentru curenti [%]	<2%
precizia pentru tensiuni [%]	<2%
game curenti [ $x I_N$ ]	$0,1I_N .. 16I_N$
game tensiuni [ $x U_N$ ]	$0 .. 1,2U_N$
<b>C. ELEMENTE DE DEMARAJ</b>	
<i>C1. Numar de elemente de demaraj</i>	
pe faza	3
intre faze	3
<i>C2. Principiul</i>	
minima impedanta	metoda A4
<i>C3. Diagrama R/X</i>	
	poligonala
<b>D. ELEMENTE DE MASURA</b>	
<i>D1. Principiul</i>	
	metoda A4
<i>D2. Numar de elemente de masura</i>	
intre faza si pamant	3
intre faze	3
<i>D3. Numar zone</i>	
directionale	3
nedirectionale	1
<i>D4. Forma caracteristicii de actionare in planul impedantelor</i>	
	poligonala
<i>D5. Determinarea directiei</i>	
prin utilizarea tensiunii fazelor sanatoase (la defecte nesimetrice)	DA
prin utilizarea memoriei de tensiune (la defecte trifazate)	DA (DSP)

<b>D6. Filtre incluse pentru eliminarea efectelor</b>	
fenomenelor tranzitorii datorate reductoarelor de tensiune capacitive	NU
saturarii reductoarelor de curent	NU
<b>D7. Accelerarea si sensibilizarea protectiei la anclansarea pe defect</b>	DA
<b>D8. Reglaje pentru masura</b>	
impedanta reglata in directia unghiului liniei: (domeniu de reglaj [ $\Omega/f$ ])	0,1..30
unghiul liniei [ $^{\circ}$ ]	1
Factor de compensare pentru defecte cu pamânt	0,5..1 /trepte 0,1
Precizia masuratorii pentru zona I	$\pm 5\%$
<b>E. ELEMENTUL DE TIMP</b>	
<b>E1. Domeniul de reglaj al temporizarii</b>	
treapta I (pentru $2 \times I_N$ si 50% din reglaj) [ms]	30
treapta II [s]	0..6
treapta III [s]	0..6
<b>E2. Reglaj</b>	
continuu	continuu
in trepte	
<b>E3. Precizia masurarii timpului</b>	$\pm 5\%$
<b>E4. Timpul de revenire pentru declansare [ms]</b>	3
<b>F. CURENTUL MINIM DE ACTIONARE</b>	$0,2 \times I_N$
<b>G. BLOCARE LA ARDEREA SIGURANTE-LOR de alimentare de la transformatoarele de tensiune (inclusa)</b>	blocaj exterior
<b>H. BLOCARE LA PENDULATII (inclusa)</b>	inclusa la viteza de scadere a impedantei
<b>J. MEMORIZARE si afisare prin LED-uri si display la cerere a datelor privind actionarea in caz de defect (faza defecta, timpul treptei, demaraj general, declansare)</b>	DA
<b>K. AFISARE AUTOMATA a deranjamentelor interne si a tipului de deranjament</b>	DA
<b>L. Posibilitatea de MODIFICARE A REGLAJELOR - local sau de la distanta</b>	local (cu parola)

<b>M. FIABILITATE</b>	
Probabilitatea de functionare neintrerupta (0,t)	0,95
Durata medie de functionare neintrerupta	12,0 ani
Probabilitatea de insucces	0,024

---

## **CAPITOLUL 7**

---

### **CONCLUZII**

**7.1 Principalele probleme teoretice si aplicative abordate in teza, precum si cele mai importante rezultate obtinute sunt urmatoarele:**

- 7.1.1. Prezentarea dezvoltarii cronologice a protectiilor de distanta din punct de vedere a evolutiei principiilor de functionare, bazate matematicale ale acestor principii.
- 7.1.2. Prezentarea caracteristicilor de actionare a releelor de impedanta clasice.
- 7.1.3. Analiza comparativa a caracteristicilor tehnice ale diferitelor generatii de rele de protectie cu sublinierea avantajelor protectiilor de distanta digitale.
- 7.1.4. Descrierea generala a alcatuirii unei protectii de distanta digitale.
- 7.1.5. Utilizarea marimilor necesare calculului impedantei liniei defecte, obtinute prin esantionari din regimul tranzitoriu al functionarii retelei protejate (metoda "A4").
- 7.1.6. Determinarea sensului puterii in reseaua protejata printr-o metoda sigura (metoda  $90^\circ$ ).
- 7.1.7. Impunerea unei caracteristici de actionare a protectiei de distanta digitale, eficiente si elastice (caracteristica poligonala).
- 7.1.8. Utilizarea unei arhitecturi hard moderne, extensibile si eficiente, usor de intretinut a protectiei de distanta digitale.
- 7.1.9. Utilizarea de componente de nivel de performanta maxim.
- 7.1.10. Elaborarea de soft specific bazat pe un algoritm care sa permita dezvoltari ulterioare.
- 7.1.11. Realizarea practica a protectiei de distanta digitale tinând seama de restrictiile referitoare la caracteristicile tehnice dorite.
- 7.1.12. Testarea functionala a protectiei de distanta digitale cu confirmarea caracteristicilor tehnice dorite.

7.1.13. Analizarea teoretica a fiabilitatii protectiei de distanta digitale cu determinarea indicatorilor de fiabilitate.

7.1.14. Testarea practica a protectiei de distanta digitale din punct de vedere al fiabilitatii.

**7.2 In concordanta cu obiectivele tezei, enumerate mai sus, se pot reliefa urmatoarele contributii originale aduse in teza:**

7.2.1. S-a prezentat o analiza comparativa a caracteristicilor tehnice a releelor de protectie in executie electromecanica, statica si digitala, analiza din care rezulta superioritatea caracteristicilor tehnice ale generatiei noi de rele digitale.

7.2.2. S-au dezvoltat bazele matematice ale determinarii impedantei liniei defecte, utilizând marimi instantanee obtinute prin esantionari in perioada regimului tranzitoriu al functionarii retelei protejate.

7.2.3. S-au determinat expresiile matematice ale perechii de valori ai rezistentei  $R$  respectiv ai inductivitatii  $L$  ale retelei de la locul de montare a protectiei de distanta pâna la locul de defect, functie de marimile esantionate.

7.2.4. S-au determinat expresiile analitice ale curentului si tensiunii esantionate.

7.2.5. S-a conceput o arhitectura hard originala, moderna si eficienta pentru protectia de distanta digitala, toate componentele electronice utilizate având caracteristicile tehnice garantate prin standardul ISO 9001.

7.2.6. S-a conceput un algoritm propriu, original de functionare a protectiei de distanta digitale, structurat pe trei nivele.

7.2.7. Pe baza algoritmilor dezvoltati, s-au elaborat programele de calcul necesare functionarii protectiei de distanta digitale, limbajul de programare utilizat fiind TURBO-PASCAL.

- 7.2.8. Pe baza arhitecturii hard concepute, s-a realizat placa de baza dedicata in jurul unui microprocesor tip Z-80B precum si echipamentele de achizitie date din proces si cele de executie.
- 7.2.9. S-a realizat implementarea programelor elaborate pentru functionarea protectiei de distanta digitale.
- 7.2.10. S-a realizat testarea functionala pe model electrodinamic de retea a protectiei de distanta digitale. Urmare a testarii functionale a protectiei de distanta digitale, s-au inregistrat principalele caracteristici ale acesteia.
- 7.2.11. S-a efectuat analiza teoretica a fiabilitatii protectiei de distanta digitale cu determinarea expresiilor matematice ale indicatorilor de fiabilitate si calculul valoric al acestora.
- 7.2.12. S-a efectuat testarea practica a protectiei de distanta digitala din punct de vedere a fiabilitatii acesteia, pe un simulator automat, determinându-se valorile indicatorilor de fiabilitate specifici.

Avand in vedere starea instalatiilor de protectii de distanta existente in S.E.N. (uzate fizic, performante in scadere, conceptie inechita) si tinand seama de necesitatea conectarii in curand a S.E.N. la sistemul energetic european, se impune reabilitarea actualelor protectii cu protectii moderne, cu performante superioare.

Protectia de distanta digitala **PDD-01**, propusa prin prezenta lucrare, poate constitui una din solutiile care sa conduca la cresterea sigurantei in functionarea sistemului energetic national.



---

## **CAPITOLUL 8**

---

### **BIBLIOGRAFIE**

### 8.1 A. CARTI, MANUALE, TRATATE

1. ARDELEANU I. si COLECTIV - CIRCUITE INTEGRATE CMOS  
ED. TEHNICA 1986
2. BADEA I. si COLECTIV - PROTECTIA PRIN RELEE SI  
AUTOMATIZAREA SISTEMELOR  
ELECTRICE ED. TEHNICA 1973
3. BEJAN I. , BALABAN G. - AUTOMATIZARI SI TELECOMENZI IN  
ELECTROENERGETICA  
ED. DIDACTICA si PEDAGOGICA 1976
4. BODEA I. si COLECTIV - CIRCUITE INTEGRATE LINIARE  
ED. TEHNICA 1985
5. CALIN S.  
TUGULEA A - PROTECTIA PRIN RELEE SI  
AUTOMATIZAREA SISTEMELOR  
ENERGETICE  
ED. DIDACTICA SI PEDAGOGICA 1969
6. CAPATINA O - PROIECTAREA CU MICROCALCULATORA-  
RE INTEGRATE  
ED. DACIA 1992
7. CAPATINA O. si COLECTIV - PROIECTAREA CU MICROPROCESOARE  
ED. DACIA 1983
8. CRISTEA V. si COLECTIV - TURBO PASCAL 6.0 ED. TEORA 1992
9. CURELARU AL - PROBLEME DE STATII SI RETELE  
ELECTRICE ED. SCRISUL ROMANESC 1979
10. EMANOIL AL. - PROTECTIA PRIN RELEE  
ED. TEHNICA 1984
11. GAL STELIAN - SCHEME DE RELEE COMPLEXE IN  
ENERGETICA  
ED. TEHNICA 1988
12. HASEGAN M.C, HASEGAN D.C. - PROIECTAREA SISTEMELOR CU  
MICROPROCESOR Z80 - ED. DACIA 1988
13. HORTOPAN G - APARATE ELECTRICE  
ED. DIDACTICA si PEDAGOGICA 1967
14. IVASCU C. - PROTECTIA PRIN RELEE SI  
AUTOMATIZARI IN SISTEME  
ELECTROENERGETICE  
I.P.TIMISOARA - 1983

## PROTECTIE DE DISTANTA DIGITALA - BIBLIOGRAFIE

15. MANOLESCU P., IONESCU C.G. - MASURI ELECTRICE SI ELECTRONICE  
ED. DIDACTICA SI PEDAGOGICA 1980
16. MATLAC I - APARATE ELECTRICE DE COMUTATIE  
I.P.BRASOV 1971
17. MIHOC D.  
ILIESCU S. - AUTOMATIZARI SI PROTECTII PRIN  
RELEE IN SISTEMELE ELECTROENERGE-  
TICE  
ED. DIDACTICA si PEDAGOGICA 1983
18. NEAMTU N - CALCULUL OPERATIONAL SI APLICATII  
IN ELECTROTEHNICA  
ED. DE VEST 1994
19. NICOLESCU L.  
STOKA M. - MATEMATICI PENTRU INGINERI  
VOL. I + II  
ED. TEHNICA 1961
20. NITU C.  
E. FESTILA  
I. MATLAC - ECHIPAMENTE ELECTRICE SI  
ELECTRONICE DE AUTOMATIZARE  
ED. DIDACTICA si PEDAGOGICA 1983
21. NITU V - FIABILITATEA IN ENERGETICA  
ED. TEHNICA si PEDAGOGICA 1980
22. PENESCU C  
CALIN S. - PROTECTIA PRIN RELEE ELECTRONICE A  
SISTEMELOR ELECTRICE  
ED. TEHNICA 1969
23. POP E.  
CHIVU M - MASURI ELECTRICE SI MAGNETICE  
VOL. I + II I.P. TIMISOARA 1969
24. POP EUGEN si COLECTIV - TEHNICI MODERNE DE MASURARE  
ED. FACLA 1983
25. PREDA M. - BAZELE ELECTROTEHNICII - PROBLEME  
ED. DIDACTICA si PEDAGOGICA 1980
26. POP EUGEN  
STOICA V.  
CRISAN S. - MASURARI IN ENERGETICA  
ED. FACLA 1983
27. RAPEANU R. si COLECTIV - CIRCUITE INTEGRATE ANALOGICE  
ED. TEHNICA 1983
28. STOIANOV I. si COLECTIV - DE LA POARTA TTL LA MICROPROCESOR  
ED. TEHNICA 1987
29. SUCIU I. - APARATE ELECTRICE  
ED. DIDACTICA si PEDAGOGICA 1968
30. SORA C. - BAZELE ELECTROTEHNICII  
ED. DIDACTICA si PEDAGOGICA 1982

PROTECTIE DE DISTANTA DIGITALA - BIBLIOGRAFIE

31. TITARU I.  
VOICU M - AUTOMATIZARI SI PROTECTII PRIN  
RELEE - I.P. IASI
32. TOACSE GH - INTRODUCERE IN MICROPROCESOARE  
ED. STIINTIFICA SI ENCICLOPEDICA 1985
33. VASILIEVICI AL - APARATE ELECTRICE VOL. I + II  
I.P.T.V TIMISOARA 1987
34. VELICESCU I - FIABILITATE IN ENERGETICA  
I.P. TIMISOARA 1985
35. VLADUTIU M. - TEHNOLOGIE DE RAMURA SI  
FIABILITATE  
I.P. TIMISOARA 1981

8.2

B. ARTICOLE DIN REVISTE, PRESCRIPTII

1. ABB RELAYS - LINE PROTECTION - REL 501  
Documentatie de prezentare - 1994
2. AEG - ELEKTRONISCHE SCHNELLDISTANZ -  
RELAIS FÜR MITTEL - UND  
HOCHSPANNUNGSNETZE
3. BONARD P. - UTILISATION DES TECHNIQUES  
NUMERIQUE POUR LA PROTECTION  
DES RESEAUX - APPLICATION DES  
TECHNIQUES NUMERIQUES A L' ETUDE  
D'UNE PROTECTION DE DISTANCE PAR  
MICROCALCULATOR  
REVUE GENERALE de L'ELECTRICITE  
1987
4. BROWN-BOVERI / ELVETIA -RELAIS als Schütz elektrischer Anlagen.
5. BROWN-BOVERI / ELVETIA -RELAIS UND SCHUTZ - TECHNIK  
CH - ES 35 - 30.17 D
6. BÜTTNER P. , SIEBERT H.E.  
RIJANTO H. -DEVELOPMENT OF A MULTIPLE MICRO-  
PROCESOR DISTANCE PROTECTION RELAIS  
CONF. OF DEVELOPMENT IN POWER SYSTEM  
PROTECTION - LONDON 1980
7. DAVALL D.W. , YEUNG G.A. -A SOFTWARE DESIGN FOR A COMPUTER  
BASED IMPEDANCE RELAY FOR  
TRANSMISSION LINE PROTECTION  
IEEE / TRANS. ON PAS - VOL 99/1980
8. DIENNE G. , BIRICIA F.H. -34 BREF APERÇU DES PROBLEMES ET  
DÉVELOPPEMENTS ACTUELS DANS  
LE DOMAINE DE PROTECTIONS  
CIGRÉ - 1976
9. DOMMEL H.W.  
MICHELS J.M. -HIGH SPEED RELAYING USING TRAVELING  
WAVE TRANSIENT ANALYSIS.  
IEEE / PES WINTER MEETING  
NEW YORK 1978

PROTECTIE DE DISTANTA DIGITALA - BIBLIOGRAFIE

10. GAL STELIAN  
VASILIEVICI ALEX
- ASUPRA MODULUI DE DETERMINARE A IMPEDANTELOR LINIEI DEFECTE SI A UNGHIULUI DINTRE TENSIUNEA SI CURENTUL DEFECT IN CAZUL UNEI PROTECTII DE DISTANTA DIGITALE.  
BULETIN STIINTIFIC SI TEHNIC AL U.T. TIMISOARA - 1993 SI CONFERINTA INTERNATIONALA ICATE -93 CRAIOVA
11. GAL STELIAN  
VASILIEVICI ALEX
- ALGORITMI AI PROGRAMELOR PROTECTIEI DE DISTANTA DIGITALE  
REVISTA "ENERGETICA" -1992
12. GRINES J.D.
- SOFTWARE AND HARDWARE ASPECTS OF COMPUTER OPERATED PROTECTION SYSTEMS. IOWA STATE UNIVERSITY
13. HAASE C. , CLEMENS H.
- MODELLIERUNG VON NETZVORGÄNGEN ZUR REDMERGESTAURTEN SCHUTZPRÜFUNG MIT DYNAMISCHEN GRÖSSEN ELEKTRIE - BERLIN 1990
14. HERMANN H.J.
- DIGITALE SCHUTZTECHNIK IM ELECTRO ENERGIE SYSTEM - ALGORITHMEN FÜR DEN STAFFEL SCHUTZ  
ELEKTRIE - BERLIN 44 / 1990
15. HERMANN H.J.  
RONNECKE R.
- DIGITALER ÜBER STROMZEIT- UND DISTANZSCHTZ  
ELEKTRIE - BERLIN 44 / 1990
16. HERRMANN H.J.  
STANIMIROV M.
- DIGITALE SCHUTZTECHNIK IM ELECTROENERGIESYSTEM - PROGRAMMSYSTEM ZUR SCHUTZ-ALGORITHMTESTUNG  
ELEKTRIE - BERLIN 1990
17. HOSEMANN G.  
LOBOS T.
- ERNITTLUNG DER SYNNGTRISGHEN KOMPONENTEN DURCH ABTASTALGORITHMEN ARCHIV FÜR ELEKTROTECHNIK  
SPRINGER VERLAG 1985

PROTECTIE DE DISTANTA DIGITALA - BIBLIOGRAFIE

18. ICEMENERG BUCURESTI -DOCUMENTATIE DE INSOTIRE PENTRU RELEELE DE DISTANTA PD3/2
19. IVASCU C. , OPREA L. -IMPLEMENTAREA CALCULATORULUI NUMERIC IN PROTECTIILE SISTEMELOR ELECTROENERGETICE. BULETIN STIINTIFIC SI TEHNIC AL U.T. TIMISOARA 1990
20. ISPE BUCURESTI -PE 013 - NORMATIV PRIVIND METODELE SI ELEMENTELE DE CALCUL AL SIGURANTEI IN FUNCTIONARE A INSTALATIILOR ENERGETICE. MEE - 1984
21. KOGLIN H.J. , LOBOS T. -DISTANZ SCHUTZ MIT MIKRORECHNER FACHFORUM ETG BERLIN 1980
22. KOGLIN H.J. , SCHLABBACH J. -EINSATZ EINES MIKRORECHNERS ALS DISTANZ SCHUTZ RELAIS. KONF. DER TECHN. HOCHSCHULE GLIWICE / POLEN 1979
23. KOGLIN H.J. , SCHLABBACH J. -A APPLICATION OF A MICROPROCESSOR AS A DIGITAL PROTECTION RELAY ADVANTAGE AND PROBLEMS EUR.ELEKTRON. AUSSTELLUNG EUROCON'80 STUTTGART 1980
24. LAWDYS & GYR -STATISCHE DISTANZRELAIS FÜR HOCHSPANNUNGS NETZE RNI - ZN1
25. LIAISON ELECTRONIQUE -THE LEM MODUL MECANIKES PROSPECT LEM - CARACTERISTICI - 1994
26. LEMMER S. , SEZI T. , MEISBERGER F. -DISTANZSCHUTZ MIT SIGNAL PROZESSOR TECHNIK FÜR HÖCHSTSPANNUNGSEBENE ETZ / 1993
27. LOBOS T. , SCHLABBACH J. , SPEH R. -SCHUTZ VON HOCHSPANNUNGSLEITUNGEN MIT MIKRORECHNER. VI WISSENSCHAFTLICHE KONFERENZ FÜR ENERGIE WIRTSCHAFT 11-13.05.1982 ZITTAU

## PROTECTIE DE DISTANTA DIGITALA - BIBLIOGRAFIE

28. MC. INNES A.D. ,  
MORRISON I.F. -REAL TIME CALCULATION OF RESISTANCE  
AND REACTANCE FOR TRANSMISSION LINE  
PROTECTION BY DIGITAL COMPUTERS.  
ELECTR. ENG. TRANS. INST. ENG.  
AUSTRALIA NR.1 / 1971
29. MEE - CIEET  
SECTIA CERCETARE-PROIECTARE  
DEVA -MODEL ELECTRODINAMIC DE RETEA  
PENTRU VERIFICAREA PROTECTIEI DE  
DISTANTA. 1974
30. MODERN POWER SYSTEMS -OPERATIONAL COST SAVINGS WITH  
DISTANCE RELAYS. 1991
31. MODERN POWER SYSTEMS -COST-EFFECTIVE PROTECTION AND  
CONTROL - PYRAMID / 1991
32. NORME INTERNATIONALE  
DE INCERCARI ECHIPAMENTE -INCERCAREA IZOLATIEI IEC 255-5
33. NORME INTERNATIONALE  
DE INCERCARI ECHIPAMENTE -INCERCAREA LA DESCARCARE  
ELECTROSTATICA IEC 255-22-2
34. NORME INTERNATIONALE  
DE INCERCARI ECHIPAMENTE -INCERCAREA DE REZISTENTA  
LA PERTURBATII IEC 255-22-1
35. NORME INTERNATIONALE  
DE INCERCARI ECHIPAMENTE -INCERCAREA DE REZISTENTA  
LA FENOMENE TRANZITORII  
RAPIDE IEC 41B
36. NORME INTERNATIONALE  
DE INCERCARI ECHIPAMENTE -INCERCAREA DE REZISTENTA  
IMPOTRIVA CIMPURIILOR  
ELECTROMAGNETICE  
IEC 255 - 22 - 3
37. OERLIKON -BULETIN OERLIKON  
NR. 362 / MAI 1965
38. RANJBAR A. , CORY B. -FILTERS FOR DIGITAL PROTECTION  
OF LONG TRANSMISSION LINES.  
IEEE POWER ENG. - 1979



## PROTECTIE DE DISTANTA DIGITALA - BIBLIOGRAFIE

39. ROCKFELLER G.D. -FAULT PROTECTION WITH A DIGITAL COMPUTER.  
IEEE / TRANS. ON PAS VOL.88 / 1969
40. SCHLABBACK J. ,  
SPEH R. -MIKRORECHNER ALS DISTANZSCHUTZ-  
RELAIS FÜR NETZE MIT ERDSCHLUSS-  
KOMPENSATION.
41. SIEMENS -PROSPEKT MATERIAL 1993  
DIGITAL DISTANZSCHUTZ 7SV413
42. SCHLUMBERGER IND. -PROTECTION DE DISTANCE  
PXLC 3000  
PXL P 3000  
PXLN  
PSEL 3000  
DOCUMENTATIE DE PREZENTARE  
1993
43. SIGNAL PROCESSING  
EXCELLENCE -SIPEX  
COMPLETE 12 BIT A / D CONVERTOR  
CATALOG
44. VASILIEVICI ALEX.  
GAL STELIAN -ASUPRA ELEMENTELOR DE STRUCTURA  
HARD ALE UNEI PROTECTII DE DISTANTA  
PENTRU SISTEMUL ENERGETIC.  
SIMPOZIONUL NATIONAL AL RETELELOR  
ELECTRICE - BACAU 1992
45. VASILIEVICI ALEX.  
GAL STELIAN -ECHIPAMENTUL DE EXECUTIE SI DISPOZITIA  
CONSTRUCTIVA A ECHIPAMENTELOR  
COMPONENTE ALE PROTECTIEI DIGITALE  
DE DISTANTA.  
SESIUNEA DE COMUNICARI STIINTIFICE  
A UNIVERSITATII "E. MURGU" RESITA  
22-23 OCT. 1993
46. VIZITEU I. -CONSIDERATII PRIVIND TESTAREA FIABILITATII  
RELEELOR DE DISTANTA.  
SESIUNEA STIINTIFICA JUBILIARA "80 ANI  
INVATAMINT ELECTROTEHNIC IASI " 1992
47. VIZITEU I. -ASPECTE ALE MODELARII MATEMATICE A  
FIABILITATII RELEELOR DE DISTANTA.  
SESIUNEA STIINTIFICA JUBILIARA "80 ANI  
INVATAMINT ELECTROTEHNIC IASI" 1992

PROTECTIE DE DISTANTA DIGITALA - BIBLIOGRAFIE

48. VI -200 FAMILY  
-DC - DC CONVERTERS  
PROSPECT VI 273 - CY  
CHARACTERISTICI 1994
49. ZABORSZKY J. si  
COLECTIV  
-COMPUTER CONTROL OF THE LARGE POWER  
SYSTEM DURING FAULTS FOR ADAPTIVE  
SELECTIVE PROTECTION.  
IEEE - TRANS.ON POWER SYSTEMS - MAY 1987
50. ZHANG B.  
-KONZEPT EINES DISTANZ-SCHUTZES NACH  
DEM WANDERWELLENPRINZIP.  
ELEKTRIE BERLIN 44 / 1990
51. ZHANG B.  
-DISTANZSCHUTZ NACH DEM WANDER-  
WELLENPRINZIP - KONZEPT UND LINIGE  
VORUNTERSUCHUNGEN - DISSERTATION  
UNIVERSITÄT DES SAARLANDES / 1990
52. Z.P.A. TRUTNOV  
-PROSPECTE ALE RELEELOR DE DISTANTA  
D113, D114, D115, D400.

---

## **CAPITOLUL 9**

---

### **STUDII PUBLICATE IN LEGATURA CU TEZA DE DOCTORAT**

1. ing. STELIAN GAL  
Prof. dr. ing. ALEX VASILIEVICI  
-ASUPRA MODULUI DE DETERMINARE A IMPEDANTELOR LINIEI DEFECTE SI A UNGHIULUI DINTRE TENSIUNEA SI CURENTUL DEFECT IN CAZUL UNEI PROTECTII DE DISTANTA DIGITALE.  
-BULETINUL STIINTIFIC SI TEHNIC AL UNIVERSITATII TEHNICE DIN TIMISOARA 1993  
-CONFERINTA INTERNATIONALA ICATE - 93 CRAIOVA 1994.
2. Prof. dr. ing. ALEX. VASILIEVICI  
ing. STELIAN GAL  
-ASUPRA ELEMENTELOR DE STRUCTURA HARD ALE UNEI PROTECTII DE DISTANTA PENTRU SISTEMUL ENERGETIC.  
SIMPOZIONUL NATIONAL AL RETELELOR ELECTRICE BACAU-1992
3. ing. STELIAN GAL  
Prof. dr. ing. ALEX. VASILIEVICI  
-ALGORITME ALE PROGRAMELOR PROTECTIEI DE DISTANTA DIGITALA  
REVISTA "ENERGETICA" - 1992.
4. Prof. dr. ing. ALEX. VASILIEVICI  
ing. STELIAN GAL  
-ECHIPAMENTUL DE EXECUTIE SI DISPOZITIA CONSTRUCTIVA A ECHIPAMENTELOR COMPONENTE ALE PROTECTIEI DIGITALE DE DISTANTA.  
SESIUNEA DE COMUNICARI STIINTIFICE DIN CADRUL UNIVERSITATII "E.MURGU"  
RESITA - 22-23 OCT. 1993
5. Prof. dr. ing. ALEX. VASILIEVICI  
ing. STELIAN GAL  
-PROTECTIA DE DISTANTA DIGITALA CONFERINTA DE ELECTROENERGETICA  
TIMISOARA - NOIEMBRIE 1994

6. ing. STELIAN GAL  
Prof. dr. ing. VASILIEVICI ALEX

-STABILIREA ALGORITMILOR  
PENTRU PROGRAMELE PROTECTIEI  
DE DISTANTA DIGITALE.  
CONFERINTA DE ELECTRO-  
ENERGETICA -TIMISOARA NOV.1994



### Despre autor

1. Numele si prenumele: GAL STELIAN IULIU ALEXANDRU  
Adresa: (Serviciu) 2400 Sibiu, Filiala de Rețele Electrice  
Str. Uzinei Nr. 1-7  
tel. 069-414850 ; 069-413187  
(Domiciliu) 2400 Sibiu, Bd. M. Viteazu Bl. 7 Ap. 103  
tel. 069-424346
2. Data, locul nasterii: 02.07.1947 - Jimbolia, jud. Timis
3. Studii de specialitate:  
1965-1970 I.P. Timisoara - Facultatea de Electrotehnica  
1977-1978 Curs analisti-programatori
4. Activitatea in productie
  - 4.1 Grup foraj extractie Pitesti 20.08.1970 - 20.09.1970 ing. stagiar
  - 4.2 IRE Sibiu - col. proiectare 10.05.1971 - 15.05.1979 ing.  
proiectant
  - 4.3 IRE Sibiu - sectia PRAM 15.05.1979 - 12.02.1990 sef sectie
  - 4.4 FRE Sibiu 12.02.1990 - prezent director th. expl.
5. Numar lucrari publicate
  - 5.1 "Scheme de relee complexe in energetica" - Ed. Tehnica 1988
  - 5.2 Dispozitiv independent de protectie - Inventie/1984 -coautor
  - 5.3 Sistem de protectie si automatizare pentru retele electrice de inalta tensiune - Inventie/1987 - coautor.
  - 5.4 Inovatii - 11 buc./1985 - 1990
6. Limbi straine cunoscute: germana, franceza, engleza