

## CAPITOLUL 3

ECHIPAMENTE PENTRU DETECTIA SI IDENTIFICAREA  
MATERIALULUI RULANT

## 3.1. Circuite de cale

## 3.1.1. Generalități

Circuitul de cale<sup>1</sup> reprezintă ansamblul format dintr-o porțiune de șină izolată electric (sau și mecanic) din punctul de vedere al curentului de control, un echipament de injectie a curentului de control în linie și un echipament de decizie a stării de liber sau ocupat. Trenul își manifestă prezența prin șunțarea celor două șine care închid circuitul electric pe porțiunea controlată din linie. Circuitul de cale reprezintă de fapt baza instalației de comandă centralizată a circulației sau de dirijare a circulației în mod automat, pe distanță între două stații. În prezent, la scară europeană se diversifică metodele de control/identificare a materialului rulant, rolul circuitului de cale devenind mai puțin pregnant, deoarece el este integrat într-un ansamblu mai mare de instalații cu funcții paralele (bucle, balize, antene, al 3-lea fir, sisteme radio GSM-R etc.). Cu toate acestea, circuitele de cale vor rămâne multă vreme o piesă de bază a ansamblului EDTF necesare detectiei, controlului și identificării MR. Din aceste motive, ele vor fi tratate separat în acest capitol.

În lîngerent de modalitatea de detectare a prezentei trenului, răspunsul acestui element al sistemului (circuitul de cale privit ca echipament de detectie) trebuie să fie cel mult eronat și în nici un caz fals. O securitate de 100% cu protecție totală în toate situațiile periculoase nu este posibilă. Metodele

<sup>1</sup>Track Circuit - inventat de către americanul de origine irlandez William Robinson în perioada 1867 - 1872

de separare si decizie pentru semnale la receptie, indiferent de administratia de cale ferata, pot fi grupate dupa mai multe criterii:

- tip semnal
  - continuu;
  - alternativ; modulat/nemodulat;
  - impulsuri de c.c.;
  - impulsuri de c.a.;
- tip modulatie
  - de amplitudine;
  - de frecventa;
  - de fază;
  - a impulsurilor etc.;
- tip metoda de decizie
  - energetica (criteriu nivel);
  - informationala (forma semnal, codare etc.);
- momentul separarii si/sau deciziei:
  - nedeterminat - sisteme asincrone;
  - determinat - sisteme sincrone;

Functiile complete indeplinite de sistemul detector/analizor de prezentă a materialului rulant:

- detectia ocupării secțiunii;
- detector prezentă punctuală cap tren;
- functie de trecere printr-un punct al căii:
  - nu a trecut;
  - trece;
  - a trecut;
- localizare cap tren (estimator distanță frânare);
- localizare sfârșit tren (funcție de autorizare a circulației trenului urmăritor);
- masurator viteza pentru pasaje de nivel cu sau fără determinarea distanței de frânare;
- detector de sens deplasare cu patru stări;

- urcă - par

pe sens

- coboară - impar;

- detector orientare față de direcția de referință cale - 3  
stari: 1. coincide; 0. sens opus; X. fără informație de  
orientare.

Circuitele de cale utilizate actual de C.N. - C.F.R sunt foarte variate, fără a se fi realizat până în prezent în mod efectiv semnalizarea pe locomotivă. Câteva particularități ale sistemului detector prezentă material rulant la C.N. - C.F.R. sunt redate mai jos:

- dinamică mare a rezistenței de balast (0.1 - 10 ohm\*km);
- cale de transmisie a semnalului de control (conexiuni, joante, linii) de slabă calitate;
- \* - pentru vehiculele de tractiune feroviară și pentru instalațiile de automatizare normativele și standardele de influente perturbatoare sunt insuficiente.

In figura 3.1 se reproduce graficul sistematizat al frecvențelor și tensiunilor de tractiune la diverse administrații de cale ferată; se observă apartenența C.N. - C.F.R. la valorile cele mai răspândite pentru aceste marimi.

Figura 3.2 reproduce valoarea rezistenței de balast și a nivelor de semnal util în circuite de cale comparativ cu nivelul admisibil al perturbațiilor. Pe aceste grafice se constată că, față de alte administrații de cale ferată, situația la C.N. - C.F.R. este mai neplăcută: echipamentele de tip circuit de cale se confruntă cu condiții dificile de lucru, în măsura în care trebuie să separe două valori (rezistența de șuntare de rezistență de balast) foarte apropiate. De asemenea, la unele administrații, nivelul de lucru al semnalelor este mult mai mare, rezultând un raport semnal/perturbație ridicat.

Legenda denumirilor administrațiilor de cale ferată:

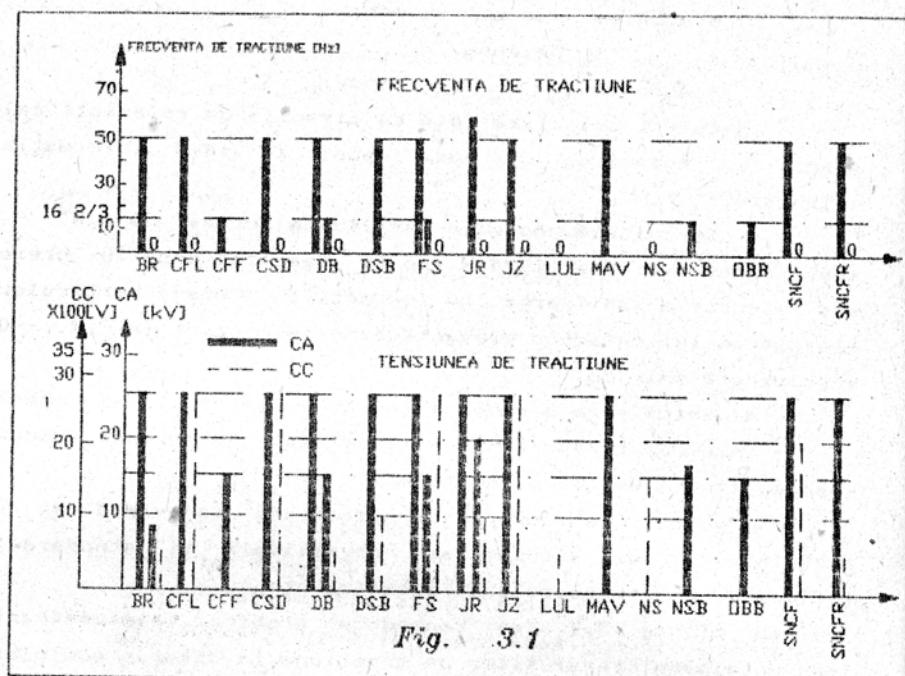


Fig. 3.1

BR - British Railroads Board;

CFL - Luxembourg National Railways (Societe Nationale des Chemins de Fer Luxembourgeois);

CFF/SBB - Swiss Federal Railways (Schweizerische Bundesbahnen);

CSD - Czechoslovak State Railways;

DB - Deutsche Bundesbahnen;

DSB - Danish State Railways;

FS - Ferroviaria Societa (Italia);

JR - Japanese Railways;

JZ - Jugoslavsko Zeleni (Yugoslavia);

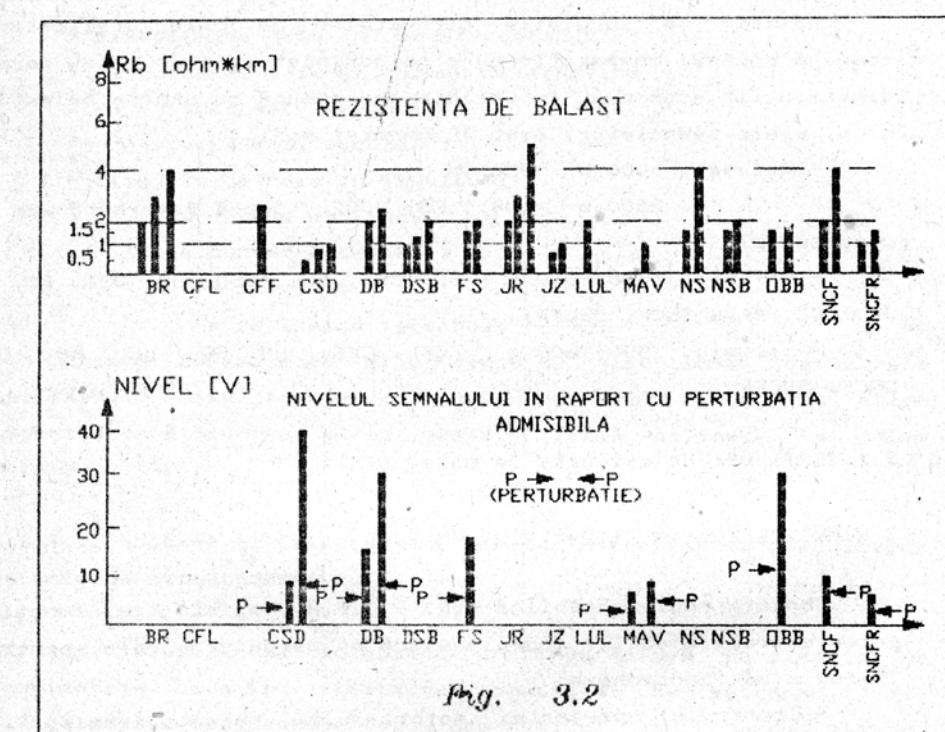
LUL - Administratie privata Luxemburg;

MAV - Hungarian State Railways;

NS - Netherland Railways (Olanda);

NSB - Norwegian State Railways;

DBB - Austrian State Railways;



PKP - Polish State Railways;

SJ - Sverige (Suedia);

SNCB - Societe Nationale des Chemins de Fer Belgeois

SNCF - Societe Nationale des Chemins de Fer Francais

SNCFR - Societatea Nationala a Cailor Ferate Romane.

Din cele mai recente date rezultă că pentru sensibilitatea la suntare, Caiile Ferate Romane se situează pe poziții nefavorabile, după cum rezultă din statisticile următoare:

- val.max. 1.0 - CFL, CFF, DB, DR, LUL, MAV, NS, OBB;
- val.med. 0.5 - CFF, DB, DR, DSB, FS, LUL, MAV, NS, MSB, SNCF;
- val.min. 0.06-0.01 - CFL, CSD, DR, JR, SNCFR;

Relativ la lungimile circuitelor de cale utilizate pe rețea română, comparativ cu alte administrații de cale ferată, dimensiunile acestora, în strictă dependență cu starea balastului și nivelele semnalelor, sunt în general medii:

- val.max. 3000 m - DSB (c.c.);
- 2500 m - DB, FS, SNCF (joasă frecvență sau cu compensare);
- val.med. 1500-2000 m - BR, CFF, CFL, CSD, DB, DSB, FS, JR, JZ, LUL, MAV, SNCF, SNCFR;
- val.min. 500-1000 m - CFL, CFF, DR, FS, LUL, NS, OBB, SNCF, SNCFR.

### 3.1.2. Tipuri de circuite de cale

#### Clasificarea circuitelor de cale

Conform reglementărilor C.N. - C.F.R., există trei funcțiuni pe care trebuie să le indeplinească un circuit de cale pentru a fi admis să funcționeze:

- controlul prezenței materialului rulant (regimuri de funcționare: liber și ocupat);
- controlul integrității liniei\* (regimuri de funcționare: normal și linie întreruptă);
- transmisia de informații la bordul locomotivei<sup>3</sup> (regimuri de funcționare: control prezentă sau transmisie informații).

După tipul semnalului de control, circuitele de cale se clasifică în:

\* Această funcție, deși este impusă, din motive tehnice nu se poate realiza în condiții perfecte dacă balastul este de calitate slabă (rezistență de balast mică).

<sup>3</sup> Deși este implementată la unele circuite de cale, în general această funcție, care este utilă pe blocul de linie automat, nu se folosește la noi.

- circuite de cale in curent continuu;
- circuite de cale in curent alternativ:
  - permanent, nemodulat;
  - permanent, modulat\*;
- circuite de cale in impulsuri:
  - de curent continuu;
  - de curent alternativ:
    - sechante;
    - de inaltă tensiune;

Există de asemenea și o serie de alte tipuri de semnale utilizate, însă aceste circuite de cale sunt în stare experimentală sau nu și-au găsit o largă aplicare la calea ferată.

### 3.1.2.1. Scheme și principii utilizate la realizarea circuitelor de cale de curent continuu.

Controlul liniei în curent continuu suferă de o serie de dezavantaje care fac utilizarea să devină de restrânsă. Unul dintre aceste dezavantaje este acesta-numitul "efect de acumulator" prezent pe liniile cu traverse de beton, care impiedică funcționarea în parametrii de timp normali ai circuitului, deoarece aceste tipuri de traverse înmagazinează energie electrică precum niște mici celule galvanice. Schema unui astfel de circuit de cale este prezentată în figura 3.3. La factorul de calitate al releului utilizat (de obicei se utilizează un releu neutru fișă de curent, tip NF 1-2), trebuie avut în vedere un coeficient de siguranță:

\*Tipuri de modulații mai des întrebuițăte: MA, MF, MP, MDF, MDP

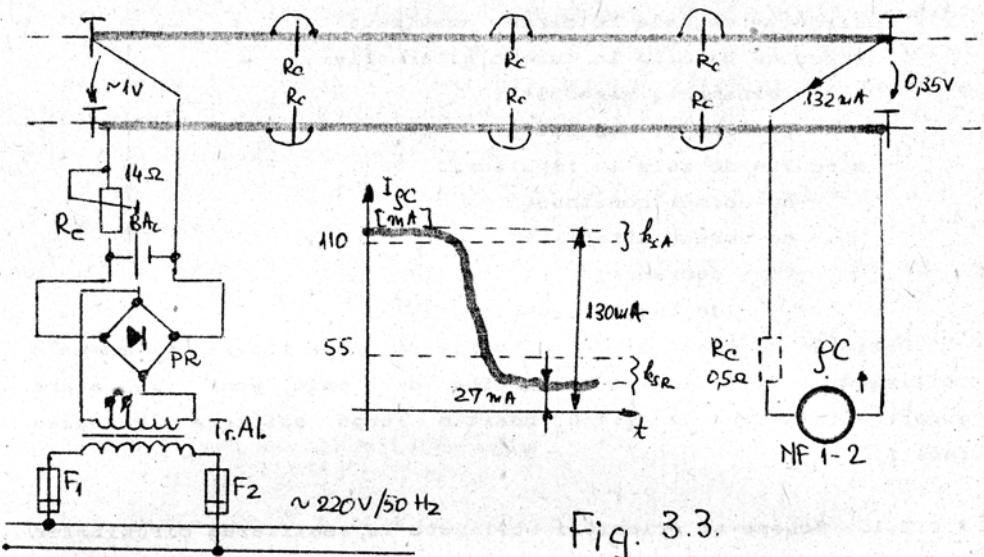


Fig. 3.3.

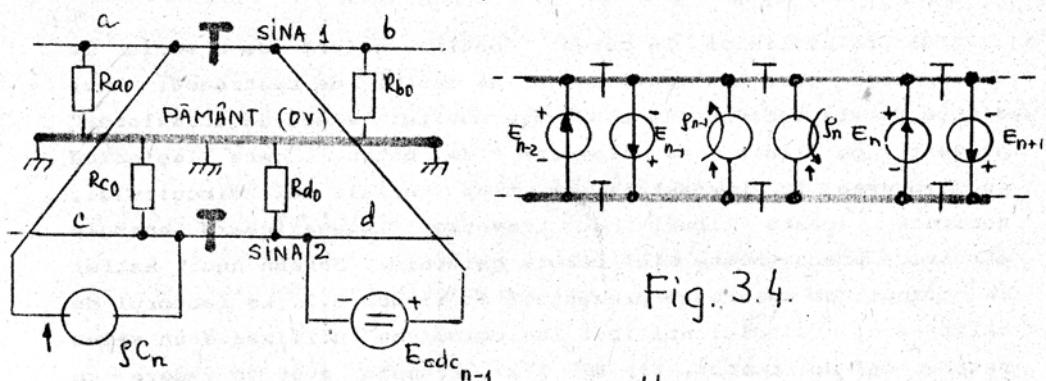


Fig. 3.4.

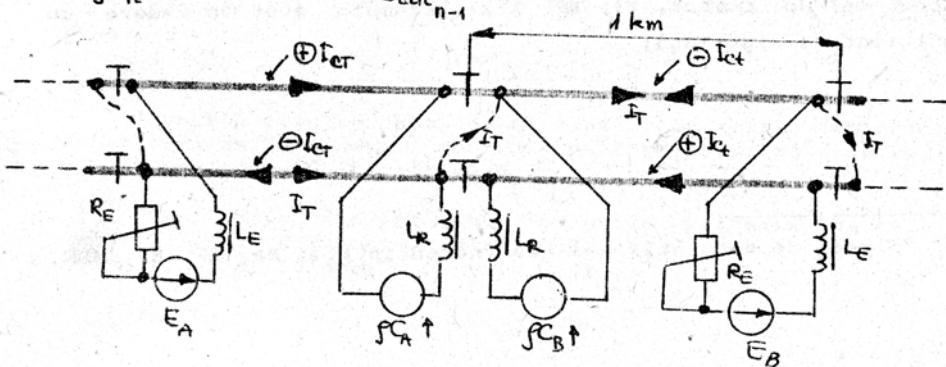


Fig. 3.5

$$k_s = \frac{I_{rel\ libor}}{I_{rel\ ocupat}} \geq 5$$

De obicei pentru verificări se folosește un șunt variabil etalon. El se conectează între cele două șine și i se micșorează valoarea până când releul se dezexcită. Metoda permite verificarea așa numitului "șunt critic". Cu cât valoarea acestui șunt este mai mare, cu atât starea balastului este mai bună și controlul liniei mai sigur. Rezistența prezentată de o joantă izolantă este destul de mică, având în vedere că cele 4 tronsoane de șină a, b, c, d prezintă față de pământ câte o anumită  $R_i$ , care variază de obicei în jurul ohmilor (fig. 3.4). Pentru a nu da răspuns fals, capetele circuitului trebuie să alterneze ca polaritate și să nu se conecteze cap emisie lângă cap receptie.

Pe liniile electrificate se utilizează structura de control cu izolare monofilară prezentată în figura 3.5. Pericolul acestei conectări este datorat căderii de tensiune pe șina de tractiune, care în condiții normale este de ordinul zecilor sau sutelor de volți. Trebuie ținut cont și de faptul că, în condiții de avarie, când se produc scurtcircuituri, curenții din șine pot atinge 4000 - 5000 A și dău tensiuni perturbatoare destul de mari. De aceea se întrebuintă bobine de protecție, pentru care:

$$\begin{aligned} R_b &= 1\Omega/km; \quad U_{MN} = 200 V; \\ X_r &= \omega L = 2\pi fL = 2\pi \cdot 50 \cdot 10 = 3.140 k\Omega; \\ I_p &= \frac{U_{par}}{X_r} = \frac{200}{3,14 k\Omega} = 63,7 mA. \end{aligned}$$

Structura monofilară este periculoasă și la ruperea conexiunii de return, când pe bobina releului pot apărea supratensiuni periculoase. Ea are totuși și avantaje: simplitate și economie de materiale (nu se folosesc bobine de joantă-transformator). Circuitele de cale în curent continuu permanent nu se folosesc pe liniile cu tractiune electrică tot în curent continuu sau acolo unde pentru încălzirea vagoanelor de călători se utilizează tot

curentul continuu.

### 3.1.2.2. Scheme și principii utilizate la realizarea circuitelor de cale în curenț alternativ permanent nemodulat

#### Variante constructive cu relee electromagnetice neutre

Pe linii neelectrificate se folosesc semnale de control de tip permanent de joasă frecvență: 16 2/3, 25, 50, 75, 125 Hz care se obțin fie direct din sistemul energetic național (50 Hz), fie din invertoare sau convertizări de frecvență. În toate cazurile este preferată alternarea polarității instantanee la capetele circuitelor de cale și conectarea capetelor de același fel în zonele de adiacență (cap emisie lângă cap emisie, recepție lângă recepție) acolo unde este posibil, din motive de evitare a răspunsurilor false. Schema electrică și diagrama de reglare pentru un astfel de circuit de cale sunt prezentate în figura 3.6. Reglarea circuitului se face pentru a asigura la recepție 0,5 V<sub>o</sub> între săine, iar funcție de lungimea circuitului, la emisie se asigură între 0,6 - 3,5 V<sub>o</sub>. Puterea maximă absorbită este de ordinul a 50 VA. La capătul recepție se monteză transformatorul, iar releul se poate afla la distanță de propriul circuit de cale. Figura 3.7 arată modalitatea de verificare la capete a unui astfel de circuit: se scurtcircuitează o joantă izolantă, iar dacă polaritatea instantanea a curențului de control este corectă, pe joanta rămasă liberă tensiunea trebuie să se dubleze și să se anuleze pe cea în scurtcircuit.

#### Variante constructive cu control de fază

Aceste tipuri de circuite de cale<sup>3</sup> pot utiliza relee dinamice cu două infășurări, la care cuplul motor de rotire a

<sup>3</sup>De producție rusească sau germană.

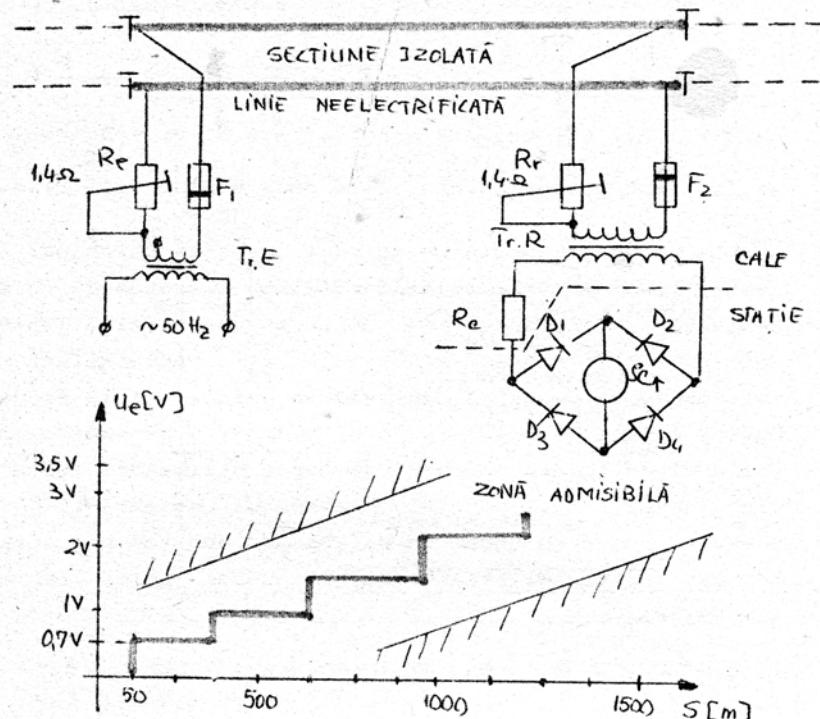


Fig. 3.6.

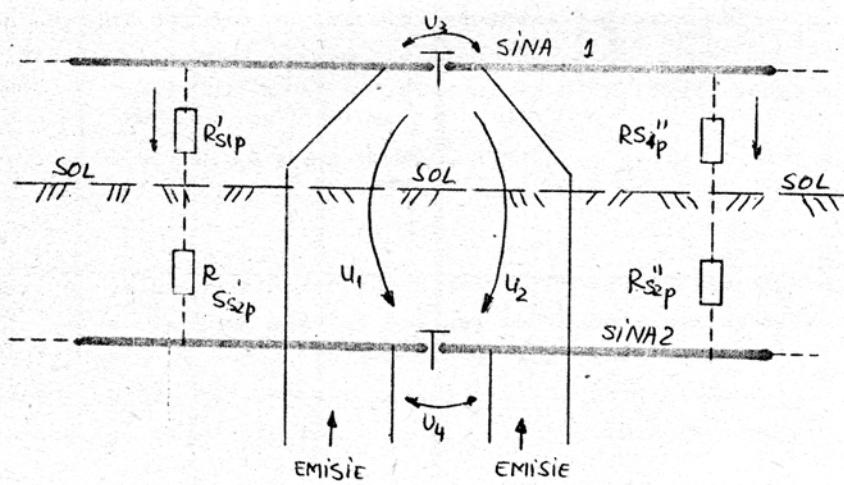


Fig. 3.7.

Armăturiile este dat de relația:

$$C = k I_1 I_2 \sin \Phi_{12}$$

unde  $k$  este o constantă constructivă și de frecare în legătură,  $I_1$  și  $I_2$  sunt curentii prin cele două bobine ale releului și  $\Phi_{12}$  unghiul de defazaj dintre cei doi curenți. De obicei (figura 3.8) una din bobine este alimentată dintr-o rețea de referință, iar celălalt de curentul de control sosit din linie. Datorită defazării introduse de linie și predefazării artificiale introduse de o bobină specială la emisie, faze pe cea de a doua bobină diferență de prima cu cca.  $50^\circ - 70^\circ$  pe km de cale ferată. Unele circuite din această categorie utilizează relee de fază de tip "motor", cu controlul semnului defazajului. Astfel, de exemplu, pentru un unghi de defazaj de  $60^\circ$ , se pot scrie relațiile de mai jos, eliminându-se răspunsul false la străpungerea joantelor:

$$\begin{aligned}\Phi_{12} &= \Phi_1 - \Phi_2 = +60^\circ \Rightarrow C = 0,7kI_1I_2 > 0; \\ \Phi_{12} &= \Phi_1 - \Phi_2 = -60^\circ \Rightarrow C = -0,7kI_1I_2 < 0\end{aligned}$$

În prima situație armătura releului se rotește într-un sens, iar în cea de-a doua, în celălalt sens. Factorul de calitate al acestor circuite, definit prin:

$$F_s = \frac{R_{S\max \text{ rez}}}{R_{S\min \text{ acf}}} = 0,8 + 0,9$$

are valori foarte bune pentru un circuit de cale.  $R_s$  reprezintă valoarea rezistenței de șuntare în cele două situații.

O altă variantă constructivă este cu comutare statică (fig.3.9.a), produsă de firma suedeză ERICSSON. Factorul  $F_s$  atinge valoarea  $0,8 - 0,9$  (!). Stabilitatea și protecția la

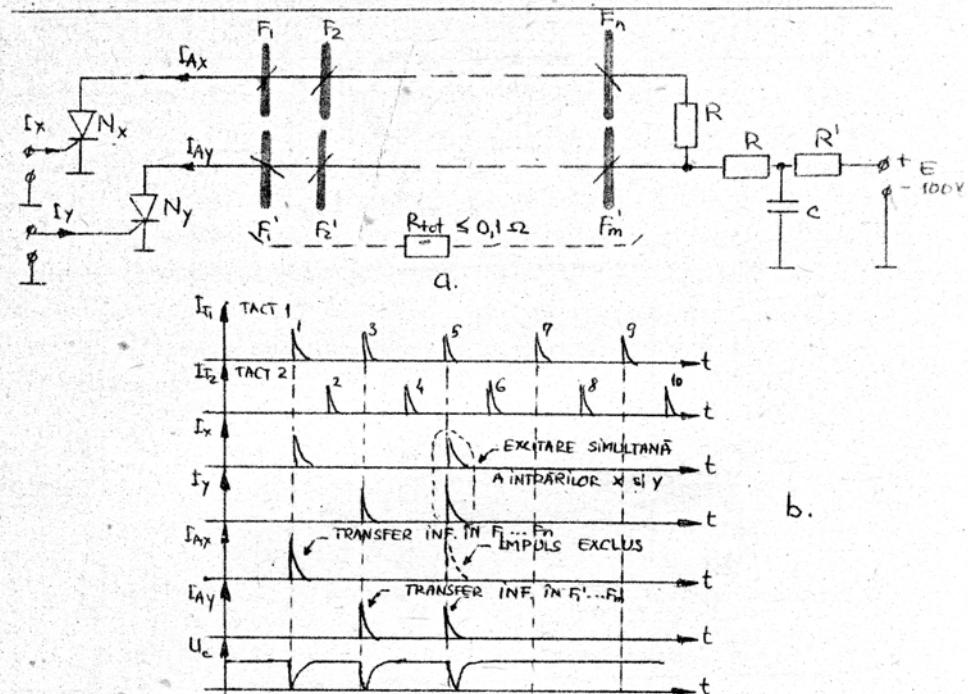


Fig. 3.29

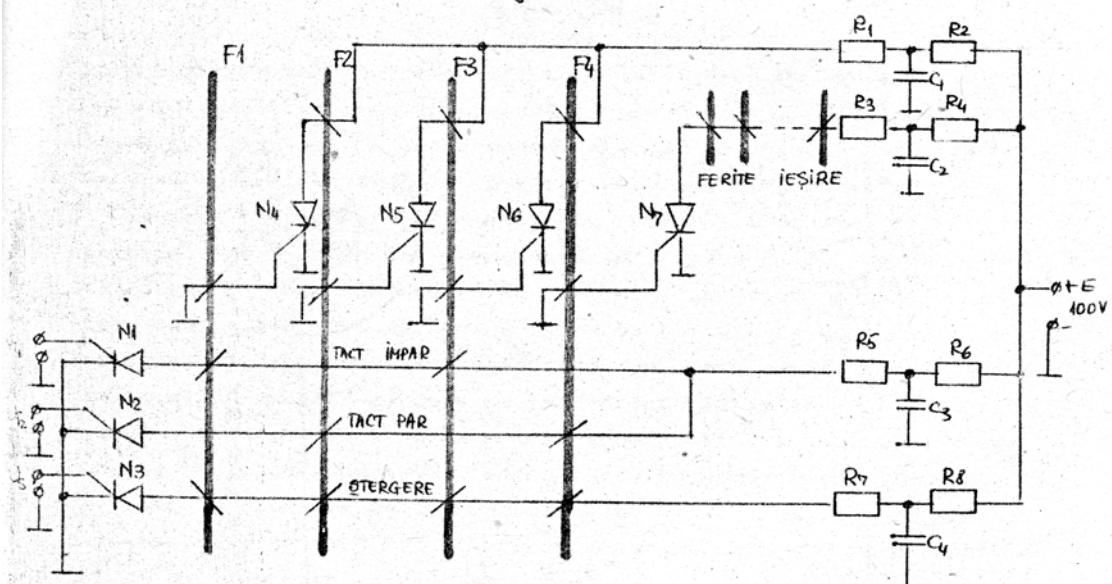


Fig. 3.30

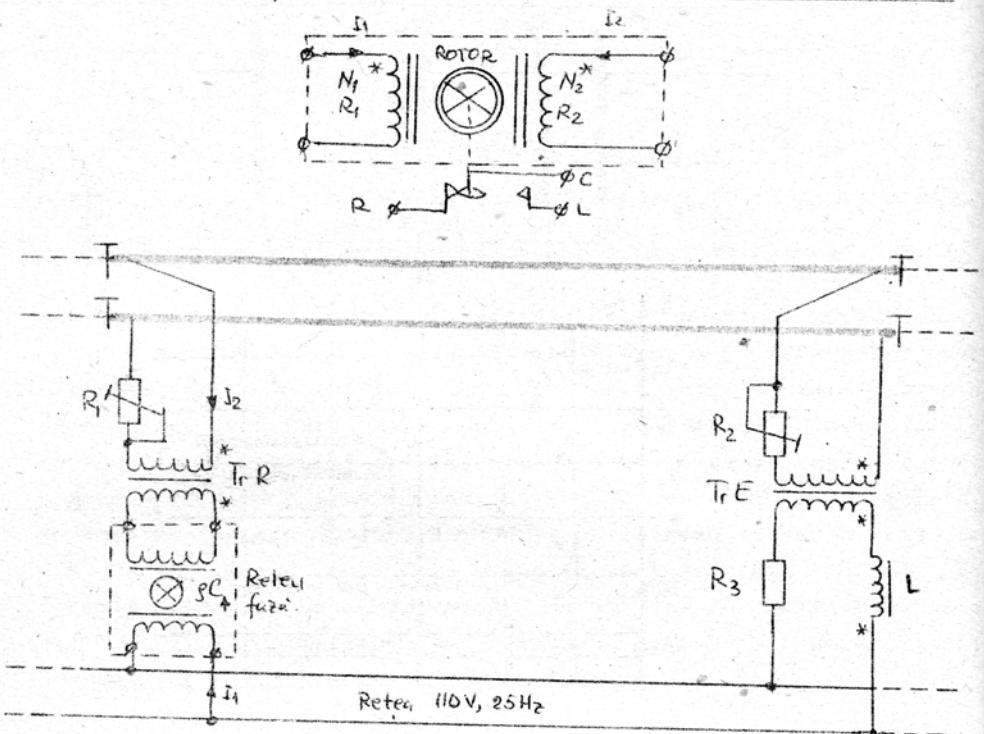


Fig. 3.8

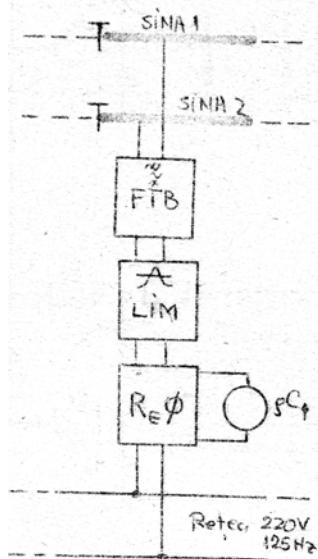


Fig. 3.9.a.

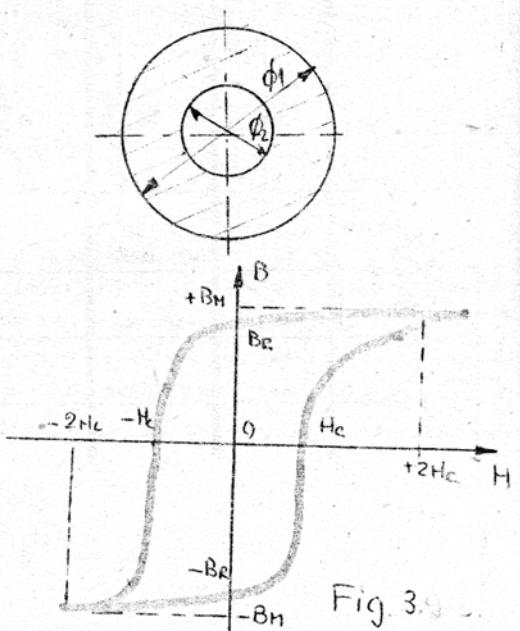


Fig. 3.9.

perturbații sunt deosebit de bune la acest circuit de cale. Releul electronic de fază este realizat cu elemente de prag (tiristoare și ferite CHD - fig.3.9.b.). Feritele CHD utilizate au un bun coeficient de dreptunghiularitate și își mențin parametrii de funcționare într-o gamă largă de temperaturi. Coeficientul de dreptunghiularitate are un rol important în protecția la perturbații pentru că participă la reacția tensiunilor reziduale apărute în urma basculărilor feritei CHD și poate fi definit:

$$k_{D(B)} = \frac{|B_{rem}|}{|B_{max}|},$$

$$k_{D(O)} = \frac{|U_{res}|}{|U_{max}|}.$$

unde  $B_{max}$ ,  $U_{max}$  reprezintă valorile maxime ale inductiei, respectiv tensiunii de ieșire, iar  $B_{rem}$ ,  $U_{res}$  valorile remanente și reziduale ale acelorași mărimi. Un coeficient  $k_d$  bun are valori mai mici de 0,1. Tranzitia din  $+B_{max}$  în  $-B_{max}$  sau din  $-B_{max}$  în  $+B_{max}$  se face în câteva microsecunde, interval de timp în care în cea de a două spiră apare un curent de ieșire care furnizează pe o rezistență de sarcină o tensiune  $U_{cuprinsă}$  între 0,4 - 2 V/spiră. După dispariția impulsului de comandă, starea de magnetizare trece "natural" către valoarea  $B_r$  (pozitiv sau negativ), timp în care la ieșire se generează impulsul parazit. Schema releului electronic de fază este prezentată în figura 3.10. Se observă utilizarea a două tiristoare în regim de invertor paralel, iar alte două tiristoare participă în punte alături de două diode la realizarea unei redresări comandate de faza din linie. Dacă limitele de curenti și faze se încadrează între anumite valori, releul de cale de la ieșire (electromagnetic, obișnuit) se va atrage, indicând starea de liber a circuitului de cale. Frecvența de lucru a semnalului de control este de 125 Hz pentru acest circuit și se obține dintr-un convertizor static local. Circuitele de cale prezentate până acum nu sunt capabile de

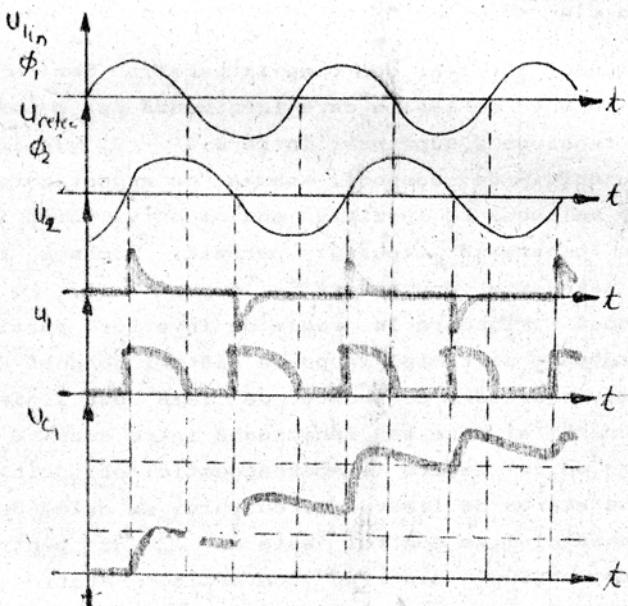
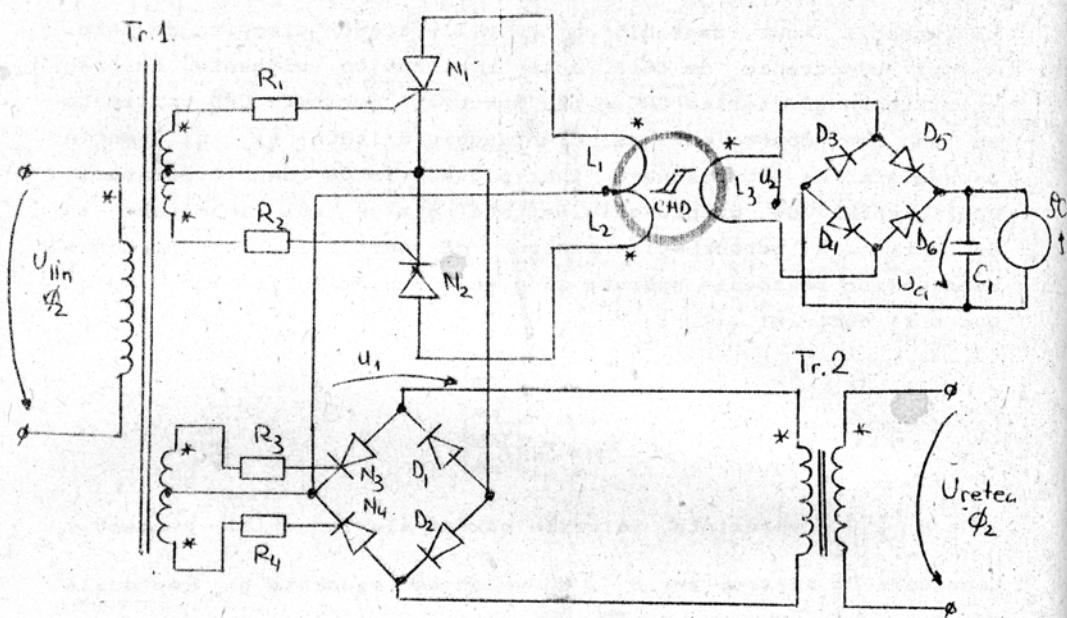


Fig. 3.10

transmisia unor informații suplimentare și nu permit controlul vitezei trenu lui în mod continuu sau semnalizarea la bord.

### 3.1.2.3. Scheme și principii utilizate la circuite de cale cu curent alternativ modulat

Aceste tipuri de circuite de cale au o serie de avantaje, printre care se pot aminti:

- permit o mai bună protecție a semnalului de control prin operațiile de modulare/filtrare/demodulare;
- permit transmiterea unui număr mai mare de informații;
- permit o sensibilitate la șuntare de valoare mai ridicată, deoarece șuntul poate fi făcut să acționeze atât asupra semnalului modulator cât și asupra celui purtător (la MA);
- permit transmiterea de informații către receptoare mobile etc.

În continuare se dau câteva exemple de astfel de circuite de cale.

#### Circuit de cale electronic pentru linie curentă UM-71

Acest tip de circuit de cale este construit în Franța și echipază secțiuni controlate pentru liniile de mare viteză TGV<sup>\*</sup> ale SNCF<sup>†</sup>. Caracteristici:

- tip semnal: MDF (FSK) cu frecvențe purtătoare: 1600, 1900, 2200, 2500 Hz; frecvențe modulatoare: 5, 7, 10, 12 kHz;
- viteză de transmitere a informațiilor: 25 bauds (regim control); 200 bauds (regim comunicație cu locomotiva);
- ecart de modulație: +/- 20 Hz în jurul purtătoarei (regim de control); +/- 150 Hz în jurul purtătoarei (regim comunicație);

\*Train à Grande Vitesse - tren de mare viteză

<sup>†</sup>Societe Nationale des Chemins de Fer - Societatea națională a căilor ferate

Receptor cu două canale de comunicație: K1 (discriminator de frecvență, decodificator și element de validare pentru mesaje dublu codificate); K2 (canal de stabilire a pragului la recepție). Filtrarea este de tip pasiv, de ordinul 2. În tabelul de mai jos se dă valorile rezistenței de balast admise pentru acest tip de circuit de cale și lungimea maximă a circuitelor în diferite cazuri:

R [ohm km] b min	Lung.cdc.[m]	R [ohm] g min	R g min rec [ohm]
3,5	1600	0,5	0,2
5	2000	0,5	0,2

MTBF: 300 000 h.

Schema bloc și modul de compensare a parametrilor primari ai liniei sunt prezentate în figura 3.11.

În această figură notatiile reprezintă:

- BL - bobină de linie (pol de impedanță);
- Tad - transformator de adaptare;
- BA - bloc de acord;
- Alim - bloc de alimentare;
- E, Rec - emițătorul și receptorul circuitului de cale.

#### Circuit de cale în audiofrecvență pentru metrou CVCM-75

Acest tip de circuit de cale este de asemenea produs în Franță și este destinat să lucreze pe linii de metrou. Prezintă următoarele caracteristici:

- receptor cuplat inductiv cu linia (realizează o mai bună protecție la supratensiuni și nu este influențat de perturbații prin cuplaj galvanic);
- nu sunt necesare dispozitive de acord cu linia;
- receptorul este dotat cu discriminator de fază;
- zonele controlate sunt verificate și după polaritatea

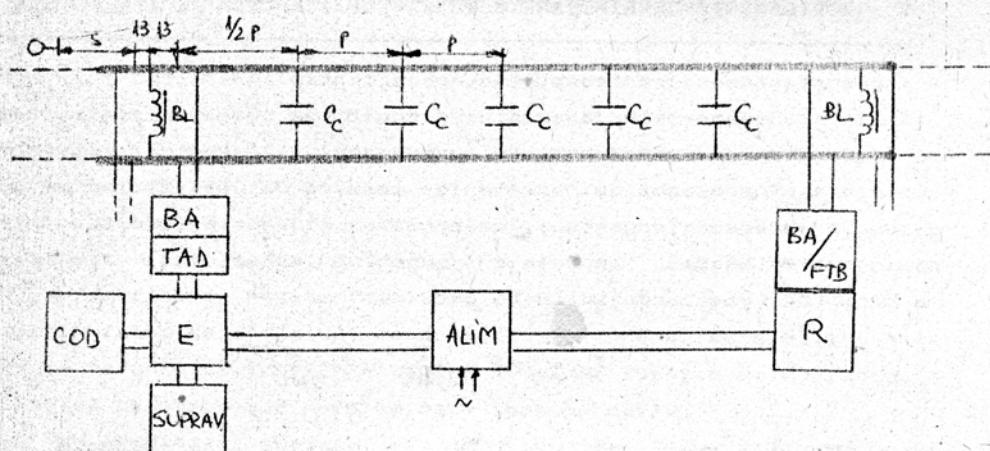


Fig. 3.11

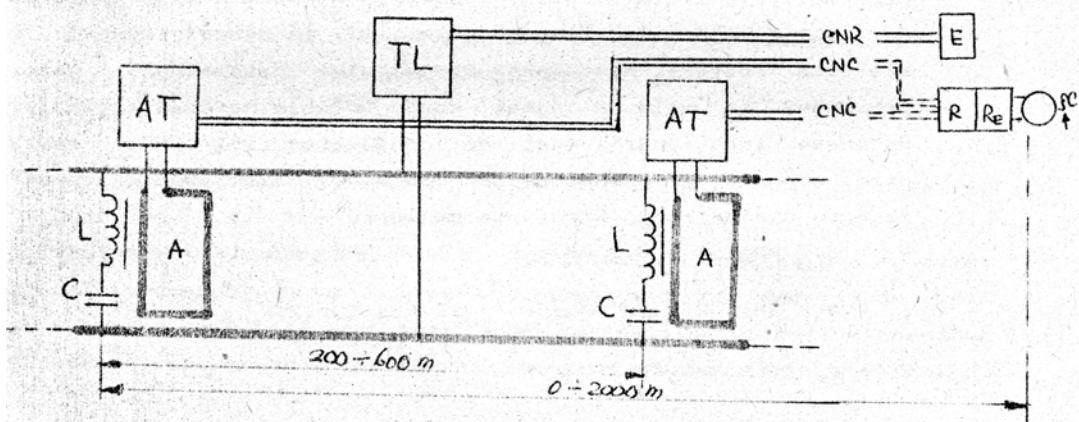


Fig. 3.12

instantanee, pentru protectie la control fals.

Schela bloc a acestui circuit de cale se poate observa in figura 3.12. Frecventa de lucru este de 10 kHz, iar TL reprezinta transformatorul de emisie (se observa ca emitatorul se cupleaza la jumatarea portiunii controlate si exista doua receptoare la extremitati). Impedanta suntului artificial, pe frecventa circuitului propriu, este data de:

$$Z_{LC} = j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = \frac{1 - \omega^2 LC}{j\omega C} = 1 \Omega.$$

la  $\omega = 2\pi \cdot 10^3$  rad/s. Antena inductiva este plasata sub baza liniei la capatul circuitului de cale, si este sensibila la curentul prin linie si prin bucla LC. Semnalele sunt amplificate de amplificatoarele telecomandate (AT) de catre receptor, care are doua intrari. Menținerea circuitului este simpla, datorita prezenței in cale a numai două translatori AT. Cablurile necesare functionării sunt de două categorii: CNC - cablu de nivel coborât de semnal și CNR cablu cu nivel ridicat (pentru a micșora diaforele). Frecvențe de lucru:

F<sub>1</sub> = 8,2 kHz; F<sub>2</sub> = 9,2 kHz; F<sub>3</sub> = 10,6 kHz; F<sub>4</sub> = 12,3 kHz (Gr.1)

F<sub>1</sub> = 8,6 kHz; F<sub>2</sub> = 10 kHz; F<sub>3</sub> = 11 kHz (Gr.2)

Putere medie emitator: 20 W.

#### Circuit de cale pentru metrou CM 100/80 și variante

Acest tip de circuit de cale este destinat echiparilor magistralelor de metrou bucureștene si este compatibil pin-la-pin cu varianta americană WESTINGHOUSE, care se utilizeaza pe magistralia I. Se utilizeaza două frecvențe modulatoare (11,2 Hz și 16,2 Hz) și patru frecvențe purtătoare (1575 Hz, 2375 Hz, 3525 Hz și 5325 Hz). Circuitul de cale este realizat pe lungimi de max. 400 m și receptia se face tot pe baza cuplajului inductiv din linie, cu ajutorul unor captatori amplasati lângă sine.

Pentru o delimitare mai sigură a lungimii controlate, la capătul de recepție al cdc există un alt circuit de cale, scurt (50 m), suprapus. Frecvențele purtătoare sunt 20 kHz și 27 kHz. De asemenea, CM 100/80 permite și controlul continuu al vitezei (CCV). Punctele de separație ale liniei sunt înzestrăte pentru cuplarea cu semnalul de control cu bobine de joantă (transformator) numite "minibond". Cuplajul direct la șină al receptorului este exclus, conducând la o zonă de sensibilitate în regim de său variabilă în limite largi în funcție de conductanță lineică transversală ceea ce este inacceptabil.

O variantă produsă de PROCETEL S.A. în colaborare cu Universitatea "POLITEHNICA" din București a acestui circuit de cale a fost realizată prin introducerea unui emițător de cale cu sinteză de frecvență și EPROM.

Emitătorul se compune din trei blocuri funcționale:

- a. generator de semnale modulate;
- b. amplificator final;
- c. unități de cuplaj.

Generatorul de semnale modulate conține o bază de timp cu quart de 4,43 MHz, numărător principal, și modulul numeric realizat cu memoria MMN 2716. Programul de încărcare a memoriei este conceput pentru a genera sinusoidă cu un decalaj de fază anterior de 90° și se repetă după ce semnalul atinge valoarea sa maximă. Convertorul de semnal analogic modulat este realizat cu DAC 08C.

Schema bloc a acestui circuit de cale este prezentată în figura 3.13. Pentru cuplajul cu linia se utilizează unități de cuplaj din figura 3.14. Acest subensemble este un filtru trece-bandă centrat pe frecvență purtătoare. El servește și la cuplarea emițătorului de cale la minibobină. Realizarea unei adaptări mai bune se face prin ajustarea condensatorului C<sub>3</sub>. Pentru a proteja lanțul de emisie de eventualele perturbații provenite din cale se utilizează un varistor (VDR) a cărui tensiune de descărcare este mai mare decât amplitudinea semnalului util.

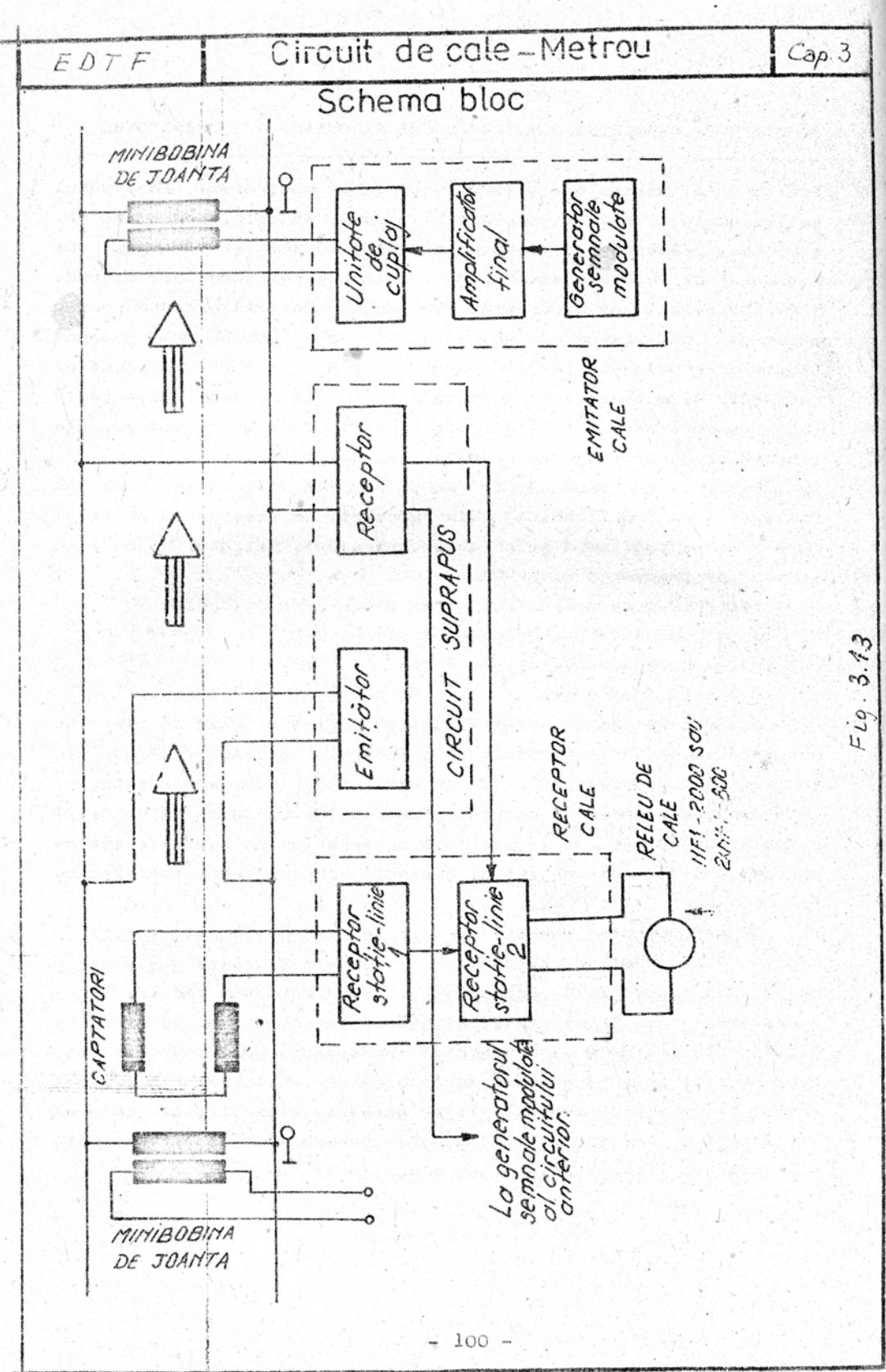


Fig. 3.13