

Emitătorul conține următoarele subansambluri:

- oscilator frecvență modulatoare;
- oscilator frecvență purtătoare;
- modulator;
- amplificator;
- circuit de cuplaj.

Gradul de modulație (MA) ales este:

$$m > \frac{A - a}{A + a} \cdot 100 > 90 \%$$

unde A, respectiv a reprezintă amplitudinile semnalului purtător, respectiv modulator. Receptorul conține:

- circuit de intrare și detectie (TR₁, FTB (CI-1, CI-2, D1);
- amplificator (CI-3, CI-4);
- redresor dublu (D₁, D₂);
- circuit cu prag (T₁, T₂);
- oscilator 75 Hz (CI-5);
- etaj final (T₃).

Circuit de cale AFO-MA WESTINGHOUSE pentru c.f.

Acest circuit de cale este realizat de Torino-Westinghouse și este destinat echipării sectoarelor de linie curentă de pe c.f. Conține un bloc de alimentare emisie (UAE), o unitate de codificare statică (UCS), amplificator final (UAP), unitate de recepție (UR), alimentare recepție (UAR) și unitate de decodificare statică (UDS). Frecvențele de lucru sunt: Fp: 975 - 2625 Hz; Fm: 7,5 - 16,2 Hz. Lungimile maxime variază între 850 m (pentru R = 0,9 ohm km) și 1400 m (pentru R = 2 ohm km). Releul este de construcție specială, antivibratii, cu:

$$U_{atr} = 2 V, \quad U_{rev} = 0,4 V.$$

$$Q = \frac{0,4}{2} = 0,2.$$

prezentat în figura 3.19.

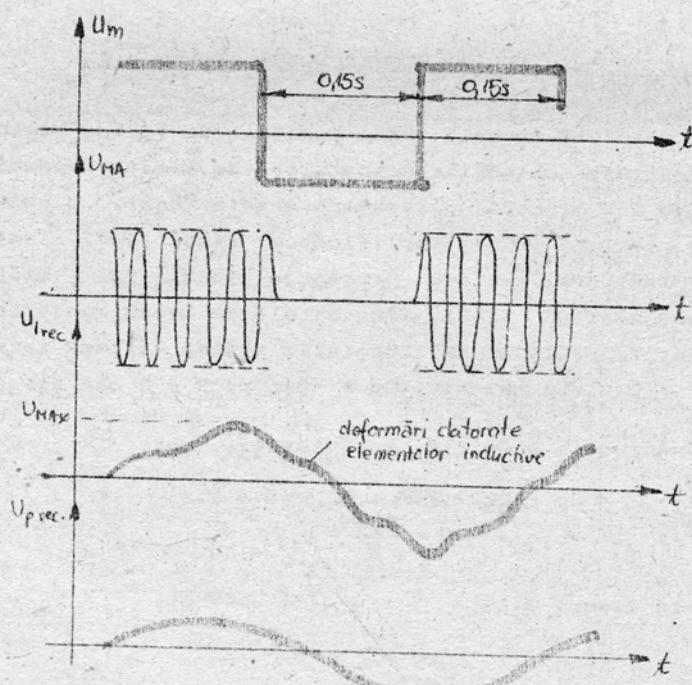
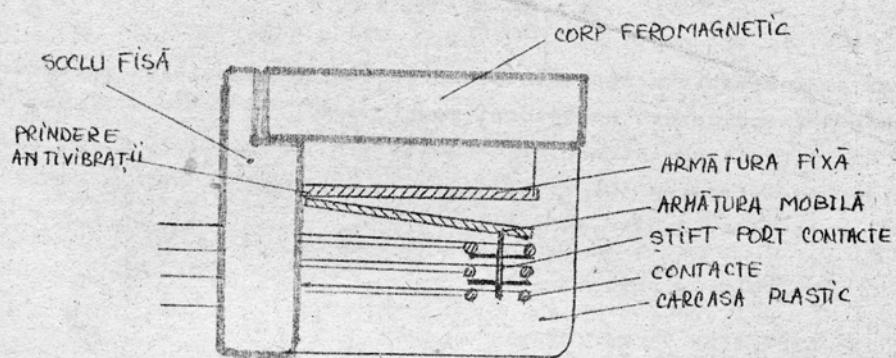
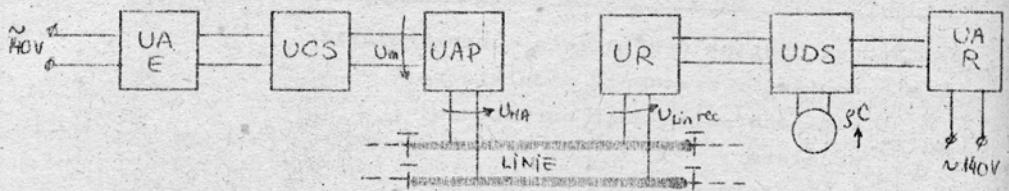


Fig. 3.19

3.1.2.4. Scheme și principii utilizate la realizarea circuitelor de cale cu impulsuri

3.1.2.4.1. Circuite de cale în impulsuri de tensiune ridicată

Circuitul de cale JEUVENT-SCHNEIDER

Acest tip de circuit de cale, de fabricație franceză, este destinat să lucreze în stații, pentru controlul eficient inclusiv al liniilor care prezintă o suprafață ruginită sau în general slab conducătoare de electricitate*. Rezistența balastului este în general de ordinul ohmilor, iar pentru străpungerea stratelor slab conductive de la suprafața șinelor ar fi necesare tensiuni de câteva sute de V (fig. 3.20). Puterea necesară ar fi, pentru o tensiune de 100 V,

$$P = \frac{U^2}{R} = 10 \text{ kW}$$

Ceea ce este inacceptabil pentru un singur circuit de cale. Din aceste motive sunt utilizate impulsurile de înălță tensiune, la care puterea în impuls are valori ridicate, iar puterea medie, valori acceptabile (zeci de W). Energia necesară acestor impulsuri este stocată în condensatoare speciale, cu folie metalică, capabile să suporte curenți de descărcare mari. Trimiterea impulsurilor în linie se face prin intermediul unor elemente de comutare care au un curent de menținere mare (tiristoare rapide), stingerea impulsului efectuându-se natural, datorită scăderii sub pragul de menținere. Bobinele de joantă sunt speciale, tot ansamblul având un puternic caracter inductiv.

Aceste caracteristici fac ca impulsul din linie să prezinte o formă ca cea din figura 3.21, la recepție controlându-se ambele alternanțe. Recepția este pasivă, ceea ce reprezintă un mare

*Unele substanțe pulverulente, cum ar fi cimentul sau alte materiale de construcții, se pot depune pe suprafața de rulare a șinelor, formând un strat slab conducător de electricitate.

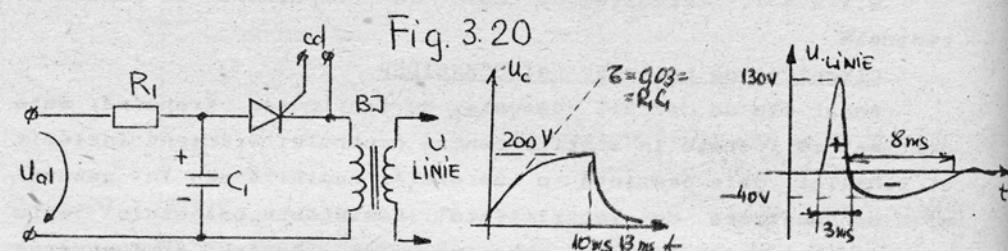
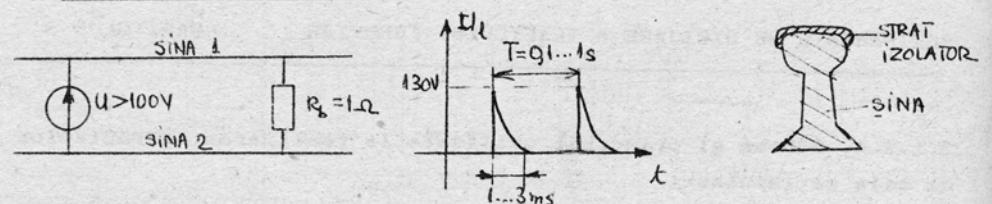


Fig. 3.21.

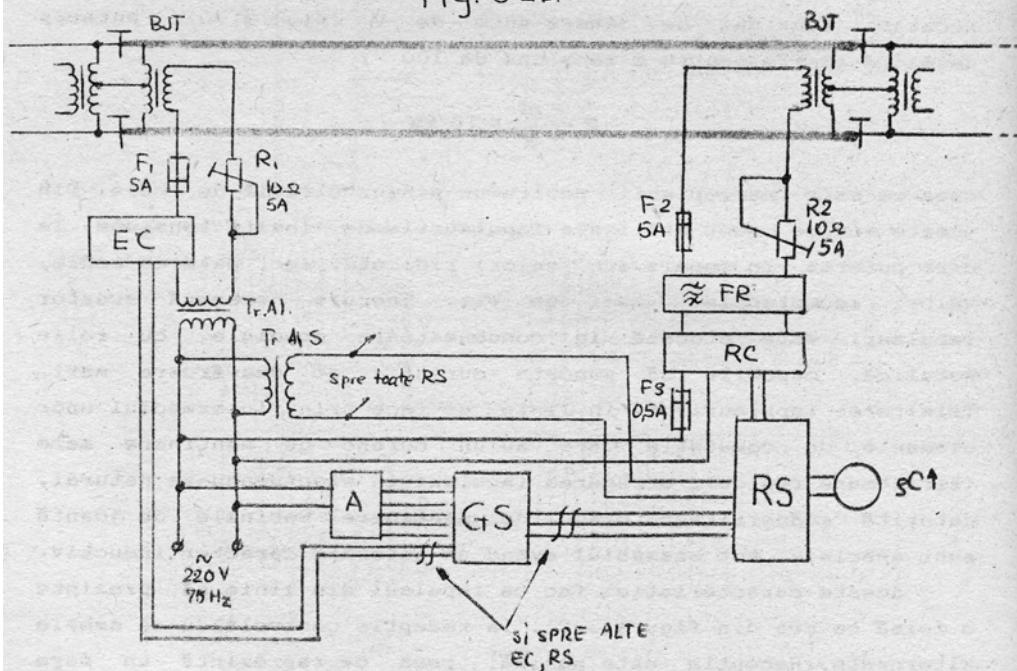


Fig. 3.22

avantaj al acestui tip de circuit de cale. Releul are o caracteristică în "V", care permite dezexcitarea în cazul injectiei nedorite a unei tensiuni simetrice (a rețelei de exemplu).

Circuitul de cale CS 24 - 6*

Acest tip de circuit de cale, de concepție românească, este realizat în tehnologie ferită-tiristor. Schema bloc (figura 3.22) este formată dintr-un bloc principal GS (generatorul de secvențe), care poate livra 6 secvențe independente ale frecvenței de 75 Hz. Prin urmare, un GS poate satisface nevoile de separare a secvențelor pentru 6 secțiuni izolate. EC reprezintă emițătorul de cale, care, funcție de tipul tractiunii, debitează prin bobină de joantă, transformator, sau fără, impulsuri în linie. Totodată, spre recepție care se desfășoară în două trepte (RC - recepție de cale, RS - recepție de stație), se livrează secvență de sincronizare. Filtrul la recepție FR este realizat pe o structură inductivă, cu bobine fără miez, care favorizează impulsurile și rejectează tensiunea de alimentare de 50 Hz. La recepție se verifică: polaritatea corectă, amplitudinea și momentul sosirii, care trebuie să aparțină secvenței proprii. Recepția din cale se realizează cu aparatul din picheți, iar cea din stație cu echipamentul din sala de relee (RS). Structurile interne ale schemelor acestui circuit de cale vor fi dezvoltate în continuare, la descrierea circuitului CN 75 - 6.

*Circuit pentru Stații, perioada de repetiție a codului: 24 sinusoide ale frecvenței de 75 Hz, 6 secvențe

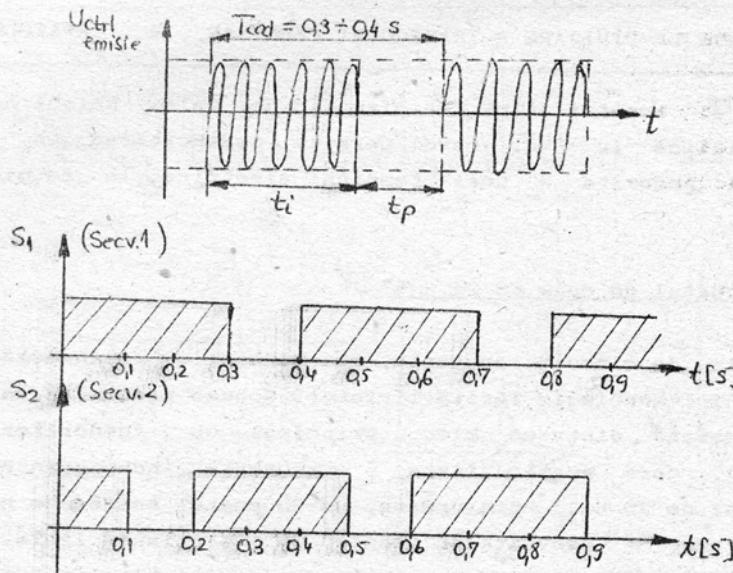


Fig. 3.23 a.

Fig. 3.24. a.

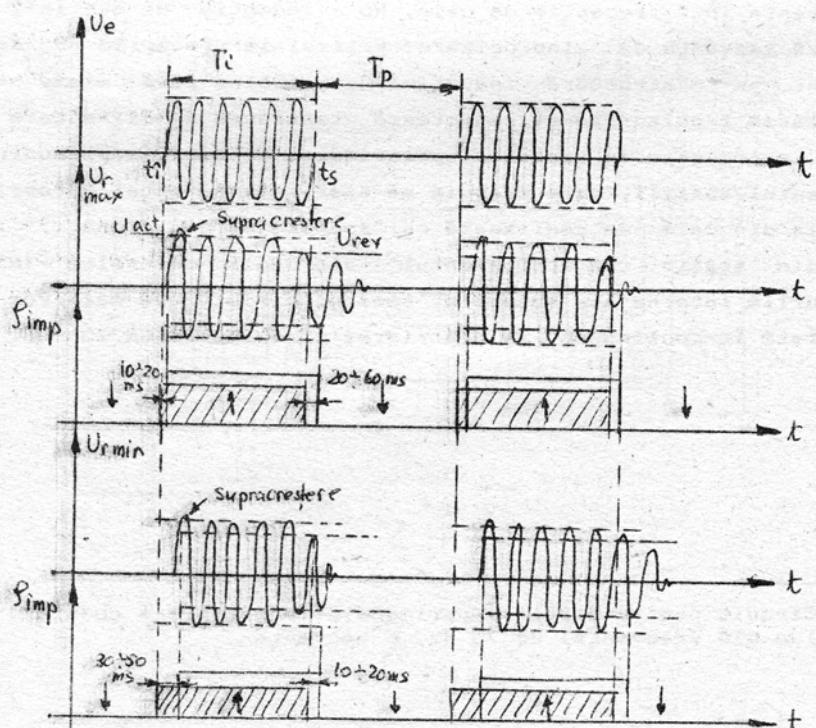


Fig. 3.24 b.

3.1.2.4.2. Circuite de cale cu impulsuri de curent alternativ și secvențe¹⁰

Aceste circuite de cale își găsesc aplicațiile cel mai adesea pe blocul de linie automat (BLA), adică pe distanță intre două stații, unde trenul își asigură propria protecție și semnalizare. Ele au fost în special concepute pentru funcțiuni specifice utilizării pe BLA: transmisia de informații suplimentare către receptoare fixe sau mobile, protecție prin secvențe, sens de transmisie orientabil funcție de orientarea blocului etc.

Circuit de cale secvențial cu releu de prag și codor electromecanic

De producție rusească, acest tip de circuit de cale a echipat și echipașă în continuare o serie de secțiuni izolate de pe BLA (introdus inițial în 1963 pe magistrala București-Brășov, odată cu electrificarea acestei linii). În figura 3.23 este arătată structura "secvenței", la care:

$$T_{cod} = T_f + T_p = 0,3 \dots 0,4 s.$$

Frecvențele utilizate sunt: 50 Hz (pe linii neelectrificate); 25 Hz; 75 Hz; 125 Hz. Cele care diferă de frecvența industrială se obțin din invertorare de stație sau convertizoare locale. Introducerea codificării permite creșterea numărului de informații și asigură protecția la străpungerea joantelor prin existența unei structuri de decodificare. La recepție semnalul util este preluat de un releu de impulsuri IMVS (IVG), rapid, cu

¹⁰Aceste tipuri de circuite de cale reprezintă o particularizare ale celor cu semnale modulate, deoarece "secvența" reprezintă de fapt un semnal MA, cu $m = 100\%$, la care factorul de umplere variabil respectă o anumită regulă, repetitivă în timp.

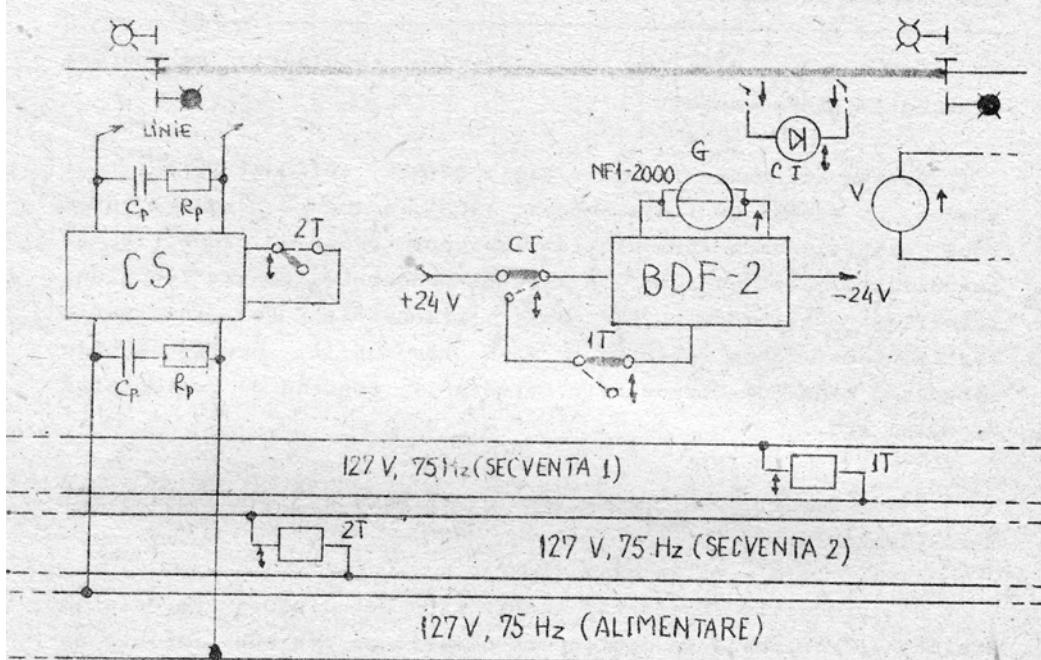


Fig. 3.25

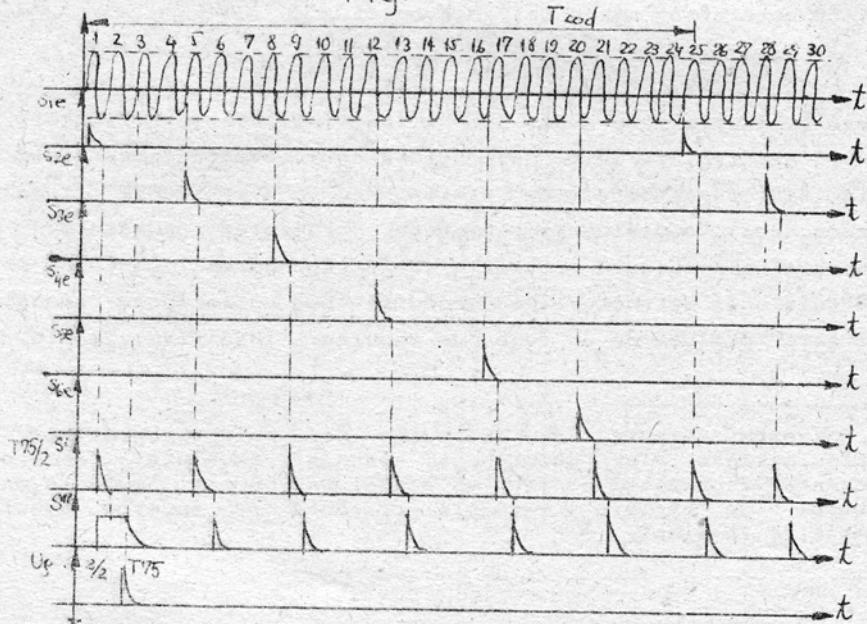


Fig. 3.23.6

prag, controlându-se atât starea atrasă, cât și starea căzută a acestuia. În decursul timpului au fost utilizate mai multe structuri de decodificare la recepție, bazate majoritatea pe relee cu lamele vibratoare la care timpii de comutare sunt de cca. 10 ms. Pe linii electrificate în 50 Hz, curentii de control sunt separați prin filtre și datorită utilizării impulsurilor se obține și o creștere a sensibilității, mai ales în situația când balastul este de slabă calitate. Caracterul reactiv al elementelor din linie crează întârzieri ale semnalului la recepție (care se cumulează cu cele din filtru), astfel încât este necesar un reglaj precis al elementelor la recepție pentru evitarea răspunsului fals. Cu toate acestea, circuitele în trei secvențe și au dat rezultatele scontate pe liniile electrificate, fiind înlocuite cu circuite în două secvențe. Diagramele de timp pentru impulsurile de linie pot fi urmărite pe diagrama din fig. 3.24. Momentele de timp ale recepției pot fi decalate pentru valori maxime ale tensiunii în cale cu cca. 10-20 ms la început și 20-60 ms la sfârșit. Timpii momentelor de comutare la valori mici ale tensiunii la recepție sunt decalați cu 30-50 ms pentru T' și 10-20 ms pentru T'' . Schema de principiu a conectării echipamentului de emisie și recepție al circuitului de cale aparținând setoarelor de bloc este reproducă în figura 3.25. În stații se găsesc contactorii stației care dau secvențele 1 și 2. Dacă puterea absorbită pe bloc este prea mare, se folosesc în loc de codoare KPT-10 contactoare statice locale comandate de releele 1T și 2T, cu contacte întărite (care au contacte și în schemele de decodificare). Deoarece releul de cale NF1-2000 la recepție permite direct afișarea indicației galben la semnal, el este denumit G (și nu C, de la "cale").

Circuitul de cale electronic CN 75-6¹¹

Acest circuit de cale face parte, asemenei lui CS 24-6, din categoria circuitelor electronice în tehnologie ferită-tiristor. CN 75-6 realizează controlul secțiunilor izolate mai lungi de 50 m, amplasate de obicei pe blocul de linie automat, permitând și transmiterea de informații suplimentare către receptoare fixe sau mobile. El utilizează semnale de 75 Hz, modulate MDA, cu factor de umplere variabil, pentru care se controlează numărul de sinusoide sătă pe durată impulsului, cât și pe durata pauzei. Codurile sunt în structura:

$$N_{cod} = N_{imp} + N_{pz}$$

unde N_{cod} reprezintă numărul de sinusoide ale frecvenței de 75 Hz pe perioada unui cod, N_{imp} pe perioada impulsului, iar N_{pz} pe durata pauzei. Codurile se aleg din 4 variante, A, B, C, D, de forma:

$$\begin{aligned} N_{imp} &= 10 \text{ (AC)}; \quad N_{imp} = 20 \text{ (BD)}; \quad N_{pz} = [35 \dots 105]; \\ \text{Tip: } N_{pz} &= 5n + 30, \quad n \in \mathbb{N} \end{aligned}$$

Există 6 coduri independente tip A, D și căte 3 pentru B și C. Cosurile A, D echipează zonele care asigură controlul vitezei locomotivei cu 6 trepte de viteză, iar B, C pentru linia curentă, pe blocul de linie automat, unde sunt suficiente 2 trepte de viteză¹². Circuitul de cale injectează energie în cale în sens opus celui de circulație, astfel încât locomotiva atacă secțiunea izolată dinspre capătul recepție. Dacă pe linia respectivă se circulă în ambele sensuri¹³, echipamentele aferente circuitului CN 75-6 sunt dublate. Alocarea codurilor funcție de treptele de viteză impuse este următoarea:

¹¹Cod Numeric, 75 Hz, 6 secvențe

¹²V1=140 km/h și V2=200 km/h.

¹³Sens banalizat.

V [km/h]	COD	COD	COD	COD
0	A1	B1	C1	D1
40	A2			D2
60	A3			D3
90	A4			D4
140	A5	B2	C2	D5
200	A6	B3	C3	D6

Schema bloc a unui circuit de cale CN 75-6 este prezentata in figura 3.26. F reprezinta contactul preluat de pe releul de foc al semnalului de acoperire pentru sectiunea izolata controlata de circuitul anterior. E (C+CS) este emitatorul, format din codor (lanțuri de numărare și divizare ferită-tiristor) și contactor static, realizat cu tiristoare. AE - alimentator emisie, AR - alimentator receptie. B este un filtru de cale acordat pe 75 Hz (pasiv), D - decodificator (realizat de asemenea cu ajutorul numărătoarelor in tehnologie ferită-tiristor), iar RE si RE sunt ansambluri de relee electronice (de tipul celei din fig. 2.51), fiecare comandand cate un releu electromagnetic neutru fisă. Pentru reducerea numărului bobinelor de joantă, care sunt realizate cu materiale energointensive și au dimensiuni mari, CN 75-6 se utilizează în stații ca circuit unidirectional, cu o singură bobină de joantă. Schema se reglează astfel încât să asigure celor două terminale impedanțe egale (fig. 3.27). Pentru protecția circuitelor la vârfuri de tensiune care apar la deconectarea pantografelor se utilizează eclatorul repetitiv cu arc electric din figura 3.28. Tiristoarele utilizate au de obicei tensiuni maxime inverse de cca. 700-800 V, iar valoarea maximă a semnalelor nu depășește 400 V. Soluția adoptată are la bază un element de protecție cu dielectric aer, la care grosimea stratului de aer pentru

(...) (de tipul celei din fig. 2.51), fiecare comandând căte un releu electromagnetic neutru fisă. Pentru reducerea numărului bobinelor de joantă, care sunt realizate cu materiale energointensive și au dimensiuni mari, CN 75-6 se utilizează în stații ca circuit unidirectional, cu o singură bobină de joantă. Schema se reglează astfel încât să asigure celor două terminale impedanțe egale (fig. 3.27). Pentru protecția circuitelor la vârfuri de tensiune care apar la deconectarea pantografelor se utilizează eclatorul repetitiv cu arc electric din figura 3.28. Tiristoarele utilizate au de obicei tensiuni maxime inverse de cca. 700-800 V, iar valoarea maximă a semnalelor nu depășește 400 V. Soluția adoptată are la bază un element de protecție cu dielectric aer, la care grosimea stratului de aer pentru

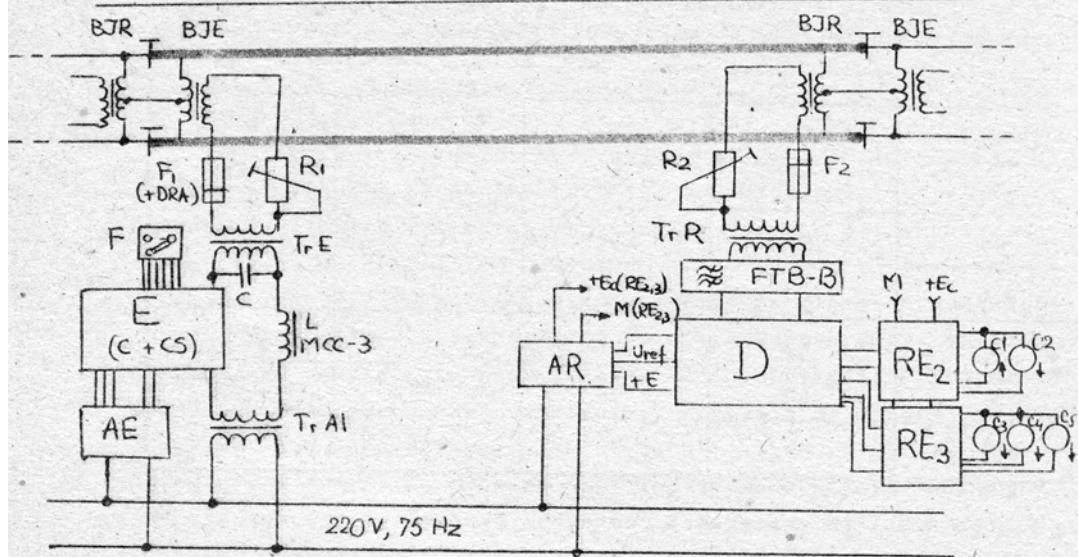


Fig. 3.26

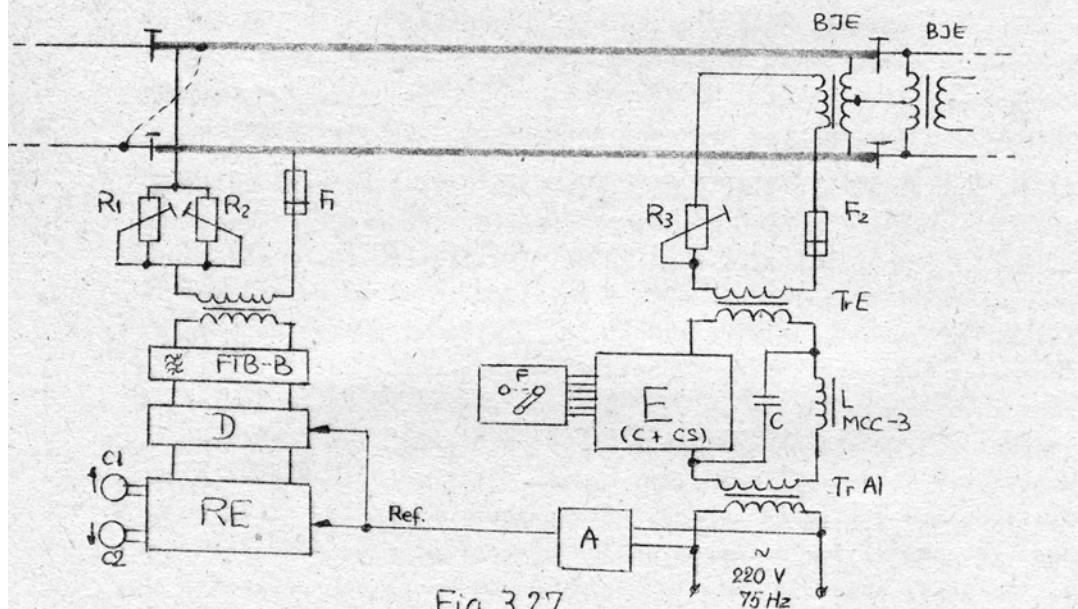


Fig. 3.27

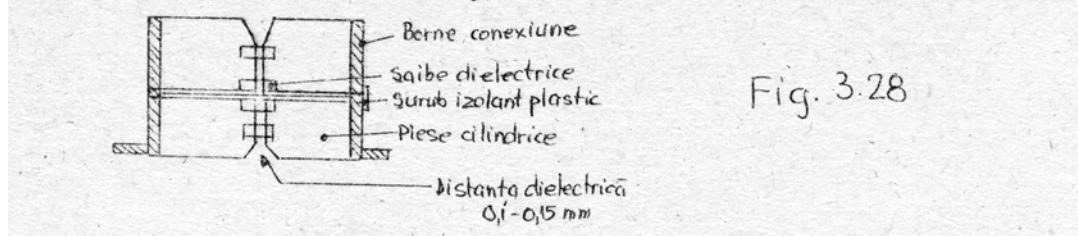


Fig. 3.28

domeniu de funcționare 400-700 V nu depășește 0,1 - 0,15 mm. Schema unei structuri ferită-tiristor este prezentată în figura 3.29. Feritele sunt figurate ca niște bare verticale, iar infășurările (2-5 spire), ca "oglinzi" oblice. Schema prezentată efectuează și excluderea unuia (I_a) din două impulsuri de curent simultane. Lanțurile de numărare și divizare, registrele de deplasare, sunt realizate conform schemei din figura 3.30 și reprezintă structuri "bitact"¹⁴. Un registru de deplasare cu 2 conține 4 ferite și 4 tiristoare și are 3 circuite de comandă (unul pentru stergere și introducere a informației în lanț și două pentru comanda alternată bitact). La registrul de deplasare, după efectuarea transferului unității informative din ferită în ferită, aceasta se pierde și trebuie introdusă din nou în lanț.

Circuitul de cale C 4-64¹⁵

Acest circuit de cale este de concepție românească și funcționează cu semnale asemănătoare celui precedent, însă au fost eliminate feritele care trebuiau procurate din import. Lungimea maximă controlată este de 2500 m pentru izolare bifilară și 900 m pentru montaj monofilar. Viteza maximă admisă pentru materialul rulant este de 200 km/h, iar lungimea minimă a unui circuit de cale este de 50 m. C 4-64 are codul definit numeric, utilizând pentru generarea sa un semnal pilot preluat din tensiunea alternativă de alimentare de 75 Hz și prelucrat numeric, astfel:

- pentru durata codului $N_{cod} = 64$ sinusoide complete;
- pentru durata impulsului din linie $N_{imp} = 8$ sinusoide complete;

¹⁴ Lucrează cu impulsuri de sincronizare decalate cu o semiperioadă a semnalului de 75 Hz utilizat ca referință.

¹⁵ Extras din standardul tehnic de ramură MT.

- pentru durata pauzei dintre două impulsuri successive ale aceleiași secvențe $N_{sec} = 56$ sinusoide complete;
- pentru durată minimă dintre frontul posterior al unei secvențe și frontul anterior al oricărrei alte secvențe sunt alocate 8 sinusoide.

Subansamblurile acestui circuit de cale se notează:

- emițător electronic de cod EEC-4-64;
- transmițător al impulsurilor de sincronizare pentru receptiei independente în stații TIS-4;
- bloc decodificator electronic fișă BDEF-4;
- bloc decodificator electronic fișă BDEF-4-V;
- filtru de protecție pentru canalul de sincronizare la receptie FPS-4-R;
- contactor static auxiliar pentru decodificare la receptie CSA-4-R;
- adaptor pentru supravegherea tensiunii de alimentare ASA-4, cu patru tensiuni și ASA-5, cu cinci tensiuni.

La receptie se utilizează relee cu prag tip IMVS-110 sau IVG, căte unul pentru fiecare receptie. Blocul de codificator fișă BDEF-4 are rolul de a asigura excitarea releeului de control C sau SI (tip NF-1 2000), dacă secțiunea controlată s-a eliberat, numai după recepționarea din cale a unei succesiuni minime de 3 impulsuri proprii. Atragerea acestui relee se face într-un interval de timp cuprins între 2,3 și 3,5 s de la eliberarea secțiunii. În anexe sunt prezentate o serie de scheme și diagrame, după cum urmează:

- a. Anexa 1 a: codurile utilizate pentru circuitele de cale din stații;
- b. Anexa 1 b: codurile utilizate pentru circuite de cale cu receptiei depărtate;
- c. Anexa 2 a: schema bloc a circuitelor de cale C-4-64 din stații;
- d. Anexa 2 b: schema bloc, unifilară, pentru controlul secțiunilor depărtate;

e. Anexa 3 a: schema electrică de interconectare a echipamentelor pentru circuitele de cale bifilar din stații;

f. Anexa 3 b: schema electrică de interconectare a echipamentelor pentru circuitele de cale monofilar din stații.

3.2. Bucle, balize și receptoare inductive mobile

3.2.1. Echipamente în cale pentru detectie, identificare și transmitere de date

Sistemele integrate moderne nu se mai bazează exclusiv pe circuitul de cale pentru controlul poziției MR sau și transmitere de informații către receptoare fixe sau mobile. Actualmente, funcțiile circuitului de cale difuzează în ansamblul echipamentelor auxiliare din infrastructura de automatizare a liniei: astfel, apar noi elemente de dialog pe probleme de siguranță sol-bord, cum ar fi buclele și balizele. Sistemul european unitar de transport CF are în privință automatizării mai multe componente, realizate sub titulatura globală ETCS¹⁶. Componentele destinate identificării, detectiei, comenzi, comunicației cu trenul (IDCC) au funcții dublate sau execută sarcini separate, preluate în parte din vechiul circuit de cale, cu care coexistă.

EUROBALIZA S-21

Această componentă ETCS este realizată de firma SIEMENS (Germania) și reprezintă unul din cele mai importante elemente ale ETCS/ERTMS¹⁷, conform celor mai recente standarde europene. Performanțele sale sunt:

- permite transmisia de date la bord pentru viteze de circulație de până la 300 km/h;

¹⁶European Train Control System

¹⁷European Rail Traffic Management System