

**UNIVERSITATEA DIN BACĂU**  
**FACULTATEA DE INGINERIE**

# **STAȚII ȘI POSTURI DE TRANSFORMARE**



**Curs pentru uzul studenților**  
**Bacău 2006**

**UNIVERSITATEA DIN BACĂU**  
**FACULTATEA DE INGINERIE**

# **STAȚII ȘI POSTURI DE TRANSFORMARE**

**Curs pentru uzul studenților**  
**Prof.dr.ing. Aneta Hazi**  
**Prof.dr.ing. Gheorghe Hazi**

**Bacău - 2006**

# 1.GENERALITĂȚI

## 1.1.Considerații generale asupra instalațiilor electrice ale stațiilor și posturilor de transformare

*Sistemul energetic* cuprinde ansamblul instalațiilor care servesc pentru producerea energiei într-o formă utilizabilă, conversia acesteia în energie electrică și uneori combinat în energie electrică și energie termică, transportul, transformarea, distribuția și utilizarea energiei electrice sau termice. Toate elementele unui sistem energetic sunt caracterizate printr-un proces coordonat de producere, transport, distribuție și consum de energie electrică sau termică.

*Sistemul electroenergetic* este un ansamblu de centrale, stații, posturi de transformare și receptoare de energie electrică, conectate între ele prin liniile unei rețele electrice. Sistemul electroenergetic reprezintă partea electrică a sistemului energetic și cuprinde instalațiile de producere a energiei electrice (generatoarele), instalațiile de transformare a acesteia de la o tensiune la alta (stații și posturi de transformare), instalațiile de transport și distribuție a energiei electrice (rețele de înaltă, medie și joasă tensiune) și instalațiile de utilizare a acesteia.

Energia electrică produsă de centralele electrice suferă mai multe transformări ale tensiunii pentru a putea fi transportată cu pierderi cât mai mici la distanțe cât mai mari și apoi utilizată de consumatori. Transportul energiei electrice la distanțe mari și foarte mari (de ordinul zecilor respectiv sutelor de kilometri) trebuie deci făcut pe linii electrice de înaltă și foarte înaltă tensiune (110, 220, 400, 750 kV). Transportul energiei electrice la distanțe relativ mici (de ordinul kilometrilor sau cel mult câteva zeci de kilometri), se face cu ajutorul liniilor de medie tensiune (6, 10, 20 kV) iar la distanțe foarte mici (de ordinul sutelor de metri), pe linii de joasă tensiune (0,4 kV). Cu cât tensiune este mai mare cu atât curentul este mai mic și ca urmare pierderile (consumul propriu tehnologic, C.P.T.) pentru transportul energiei electrice, scad foarte mult deoarece sunt proporționale cu pătratul curentului.

Transformarea nivelurilor de tensiune (necesare transportului energiei electrice cu pierderi cât mai mici cu ajutorul liniilor electrice), au loc în stațiile și posturile de transformare, care sunt noduri ale sistemului electroenergetic și la care sunt racordate liniile electrice.

Instalațiile electrice ale stațiilor și posturilor de transformare pot fi împărțite în următoarele categorii:

- a) circuite primare (numite și principale)
- b) circuite secundare
- c) servicii proprii (consumatorii proprii tehnologici) și instalații auxiliare

*Circuitele primare* ale stațiilor electrice sunt cele parcurse de energia electrică care circulă dinspre centralele electrice spre consumatori. În această categorie a circuitelor primare sunt incluse și circuite care nu sunt parcurse de fluxul principal de energie dar care sunt racordate în derivație la diverse circuite primare pe care le deservește, cum sunt circuitele transformatoarelor de tensiune sau ale descărcătoarelor cu rezistență variabilă (DRV).

Circuitele primare funcționează obișnuit la tensiuni relativ ridicate și sunt parcurse de curenți mari în regim normal de funcționare (cu excepția circuitelor legate în derivație) și în special în regim de scurtcircuit.

Alegerea (verificarea) aparatelor electrice din circuitele primare (ca de altfel tot echipamentul electric) ale stațiilor electrice, se face comparându-se caracteristicile părții din instalație unde urmează să fie montate (sau sunt montate) cu caracteristicile de catalog (ca și pentru instalațiile electrice ale centralelor electrice).

Alegerea (verificarea) aparatelor electrice, conform normativelor, se face pe baza unor criterii generale care se aplică tuturor tipurilor de aparate și pe baza unor criterii specifice fiecărui tip de aparat în parte.

Criteriile generale se împart în două mari grupe:

- a) condițiile de mediu
- b) condițiile electrice

Condițiile de mediu se referă la altitudine, condiții climatice, nivel de poluare etc., iar condițiile electrice se referă la frecvență, tensiune și curent.

*Circuitele electrice secundare* deservește circuitele electrice primare și se caracterizează prin faptul că nu sunt parcurse de fluxul principal de energie care circulă spre consumatori precum și prin niveluri reduse ale tensiunii (de exemplu  $U_n=220$  V, curent continuu) și foarte reduse ale curenților (de exemplu  $I_n=5$  A, în secundarul transformatoarelor de curent).

Circuitele secundare se împart în *circuite de comandă* și *circuite de control*. Circuitele de comandă servesc la acționarea voită (de la fața locului sau de la distanță) a diverselor mecanisme aparținând aparatelor de conectare (întreruptoare, separatoare) și de reglaj. Circuitele de control sunt cele care deservește instalațiile de informare (semnalizare, măsură, înregistrări diverse), blocaj (pentru evitarea manevrelor greșite – blocaje operative, protejării personalului de exploatare – blocaje de siguranță, protejării instalațiilor tehnologice – blocaje tehnologice), sincronizare, protecție prin relee și automatizare.

Principalele aparate ale circuitelor secundare dintr-o stație electrică sunt amplasate într-o cameră (ce poate fi cameră de comandă, cameră de supraveghere sau cabină de relee), pe panouri sau pe pupitre, ansamblul acestor panouri și pupitre formând tabloul de comandă. Legătura aparatelor circuitelor secundare cu aparatele din circuitele primare pe care le deservește, se realizează cu ajutorul unui foarte mare număr de cabluri speciale de circuite secundare (fiecare cablu are mai multe conductoare izolate corespunzătoare nivelului de tensiune redus), conductoare care datorită curenților relativ mici, au secțiuni ce obișnuit nu depășește  $2,5 \text{ mm}^2$ . Cablurile de circuite secundare sunt pozate în canale speciale de cabluri.

*Serviciile proprii* ale stațiilor electrice (consumatorii proprii tehnologici) se împart în *servicii de curent alternativ* și *servicii de curent continuu*.

Serviciile proprii de curent alternativ sunt formate din instalațiile de răcire ale transformatoarelor (autotransformatoarelor), instalațiile de reglaj ale transformatoarelor (autotransformatoarelor), instalațiile de încărcare ale bateriei de acumulare, instalație de ventilație a încăperii bateriei de acumulare, dispozitivele de acționare ale întrerupătoarelor și separatoarelor, instalația de aer comprimat, instalația de stingere a incendiilor, instalația de telecomunicații, instalația de iluminat, etc. Serviciile proprii de curent continuu sunt formate din iluminatul de siguranță, unele dispozitive de acționare a aparatelor, consumatorii ce nu admit întreruperi în funcționare, etc.

Instalațiile auxiliare din stațiile electrice sunt formate din instalațiile menționate anterior la servicii proprii (sunt atât servicii proprii cât și instalații auxiliare) precum și din: bateria de acumulare, instalația de legare la pământ, instalația de protecție împotriva loviturilor directe de trăsnet, etc.

## 1.2. Terminologie, definiții

Conform definițiilor din normative:

- *stație electrică* este un ansamblu de instalații electrice și construcții anexe, destinat conversiei energiei electrice și/sau conectării a două sau mai multe surse de energie electrică ori a două sau mai multe căi de curent;

- *stația de transformare* este o stație electrică care realizează transformarea energiei electrice prin transformatoare de putere;
- *stația de conexiuni* este o stație electrică, care primește și distribuie energie electrică la aceeași tensiune și frecvență, tensiunea între faze fiind mai mare de 1 kV;
- *post de transformare* este o stație de transformare mică, destinată alimentării în joasă tensiune (până la 1 kV inclusiv) a consumatorilor;
- *punct de alimentare* este o stație de conexiuni de medie tensiune, destinată alimentării unor posturi de transformare;
- *instalație electrică de tip deschis* este o instalație electrică în care persoanele sunt protejate numai împotriva atingerilor accidentale a părților sub tensiune, prin îngrădiri de protecție sau prin amplasarea echipamentului la înălțime corespunzătoare în zone inaccesibile atingerilor accidentale;
- *instalație electrică de tip închis* este o instalație electrică în care echipamentul electric este dispus în carcase închise (neetanșe față de aerul atmosferic), astfel încât nici o parte sub tensiune din instalație nu poate fi atinsă;
- *instalație electrică capsulată* este o instalație la care echipamentul este complet închis în carcasă de protecție, etanșă față de aerul atmosferic (în general metalică, legată la pământ). Izolația electrică a echipamentului în interiorul carcasei se realizează prin diverse fluide, în general la presiuni superioare celei atmosferice. Instalația electrică capsulată poate fi instalată fie în exterior (în aer liber), dacă este construită corespunzător, fie în interior (într-un spațiu închis);
- *instalație electrică de conexiune și distribuție* (sub 1 kV) se numește acea instalație care servește la primirea și distribuirea energiei electrice și care cuprinde ansamblul tablourilor electrice de forță (principale și secundare) și a aparatelor, inclusiv căile de curent pentru alimentarea lor;
- *aparate electrice* se consideră toate obiectele principale, exclusiv (auto) transformatoarele de putere cu care se echipează instalațiile electrice și anume:
  - aparate de conectare – întreruptoare, separatoare, separatoare de sarcină, siguranțe, etc. (inclusiv dispozitivele lor de acționare);
  - transformatoare de măsură;
  - bobine de compensare și de reactanță;
  - descărcătoare;
  - bobine de blocare și condensatoare de cuplare pentru instalații de înaltă frecvență.
- *materiale electrice* se consideră toate obiectele care servesc la asamblarea (auto) transformatoarelor de putere și a aparatelor electrice din instalațiile electrice ca:
  - conductoare izolate sau neizolate;
  - izolatoare;
  - cleme, armături, etc.
- *echipamentul electric* reprezintă totalitatea (auto) transformatoarelor, aparatelor și materialelor electrice cu care se echipează instalațiile electrice;
- *mărimi nominale* (tensiune nominală, curent nominal, putere nominală, frecvență nominală) sunt caracteristici de dimensionare a echipamentului și a instalației. Tensiunea nominală ( $U_n$ ) este valoarea eficace a tensiunii între faze, după care se denumește instalația;



## **2. CONDIȚII GENERALE CE TREBUIE ÎNDEPLINITE DE STAȚIILE ȘI POSTURILE DE TRANSFORMARE**

### **2.1. Condițiile amplasării instalațiilor electrice ale stațiilor și posturilor de transformare**

Amplasarea spațiilor și posturilor de transformare trebuie făcută ținând seama de factori tehnici, economici și sociali precum și de regulile de protecția muncii și cele de prevenire și stingere a incendiilor. Amplasarea stațiilor importante, cu funcții de noduri de rețea se face realizând conexiuni cât mai bune cu sistemul iar a instalațiilor electrice de conexiuni și distribuție pentru alimentarea consumatorilor, cât mai aproape de centrul de greutate al consumului. Amplasarea stațiilor trebuie făcută prin economisirea la maxim a terenurilor agricole și forestiere, evitându-se terenurile periculoase (u posibile alunecări de teren, etc.), dacă vor avea personal permanent se amplasează în apropierea zonelor locuite, iar amplasamentul și instalațiile electrice trebuie protejate împotriva inundațiilor, dacă este cazul realizându-se lucrări speciale de apărare.

Măsurile de apărare a stațiilor împotriva inundațiilor se iau în funcție de importanța lor în cadrul sistemului energetic și de importanța obiectivelor ce le alimentează, ținând seama de eventualele alimentări de rezervă din alte surse ale acestor obiective.

Pentru realizarea unei investiții cât mai reduse, amplasamentul se stabilește ținându-se seama de eventuale amenajări existente sau în curs de construcție cum sunt drumuri, căi ferate, instalații de apă, canalizare, etc. Amplasamentul va ține seama de posibilitățile de extindere viitoare. Ieșirile la tensiunile de 6-20 kV, la stațiile urbane, în vederea sistematizării, se realizează în cabluri.

Amplasarea tablourilor de conexiuni și distribuție în încăperi umede, cu acțiune chimică dăunătoare, cu temperatură ridicată sau cu pericol de incendiu, trebuie evitată. Dacă un astfel de amplasament nu poate fi evitat trebuie luate măsuri suplimentare de protecție.

Amplasarea instalațiilor electrice trebuie făcută ținând seama de condițiile climatice ale mediului ambiant, altitudine, pericolul de pătrundere a apei și prafului, pericolul de coroziune, pericolul de incendiu și pericolul de deterioră mecanice.

Aparatele de măsură nu pot fi montate în compartimente cu temperaturi sub 0 °C sau peste 40 °C, cu excepția cazului când sunt prevăzute încălziri locale ce asigură temperatura minimă necesară iar producătorul aparatului permite acest lucru. Dacă temperatura maximă a spațiului unde este montat echipamentul este cuprinsă între +35 °C și +40 °C se iau măsuri de reducerea încălcării căilor de curent sau de climatizare a încăperilor. Dacă temperatura depășește +40 °C se montează echipamente speciale ce rezistă la aceste temperaturi. Pentru altitudini de peste 1000 m se utilizează aparate corespunzătoare funcționării la această altitudine iar distanțele de izolație se măresc cu 1,25% pentru fiecare 100 m peste 1000 m dar numai până la 3000 m. Dacă există pericol de a pătrunde apă sau praf, în încăperea de producție electrică se utilizează aparate, tablouri sau dulapuri închise etanș. Dacă în încăpere este pericol de coroziune echipamentul se protejează împotriva umidității și agentului corosiv respectiv.

Din punct de vedere al pericolului de incendiu, amplasarea stațiilor electrice în raport cu alte construcții trebuie realizată la distanțele minime indicate în normative.

Dacă între instalațiile electrice și construcțiile vecine se prevede o separare cu pereți antifoc, amplasarea poate fi realizată la orice distanță. Tablourile și echipamentele montate în

încăperi cu pericol de incendiu se realizează astfel încât să nu poată fi cauza unui incendiu, instalațiile electrice se montează pe panouri, în dulapuri etc., confecționate din materiale incombustibile și nu se admite amplasarea aparatelor cu ulei.

Amplasarea instalațiilor electrice în locuri unde este pericol de deteriorări mecanice trebuie evitată iar dacă nu este posibil se folosesc mijloace de protecție speciale.

Amplasarea posturilor de transformare și instalațiilor electrice înglobate în clădiri, nu este permisă sub sau deasupra încăperilor cu aglomerări de persoane, a obiectelor conținând obiecte de mare valoare, a căilor de evacuare, etc.

Instalațiile electrice exterioare echipate cu întreruptoare cu aer comprimat, se amplasează în centre populate, numai cu condiția respectării nivelului de zgomot indicat de prescripții. Instalațiile electrice exterioare se amplasează la o distanță suficient de mare față de copacii învecinați, pentru evitarea căderii eventuale ale acestora peste instalațiile electrice.

În spații de producție deservite de macarale, poduri rulante, etc., instalațiile electrice pot fi amplasate numai în afara zonelor de lucru ale acestor mecanisme. Instalațiile electrice ce se amplasează în spațiile de producție, trebuie să fie de tip închis sau capsulate.

Instalațiile electrice de conexiuni și distribuție nu se amplasează în podurile sau subsolurile de cabluri. Aparatele și tablourile electrice se amplasează astfel încât să se poată face ușor întreținerea, verificarea, reparațiile, etc. și să nu fie stânjenită circulația pe coridoare.

## **2.2. Condițiile ce trebuie îndeplinite la alegerea schemelor de conexiuni și a echipamentului din stațiile și posturile de transformare**

Instalațiile electrice trebuie să aibă scheme de conexiuni simple și clare, care să permită manevre rapide și sigure, realizarea instalațiilor pentru măsură, protecție și altor instalații (automatizare, etc.), precum și separarea de lucru atât a întregii instalații cât și a unei părți (pentru executarea lucrărilor fără întreruperea întregii instalații), conform exemplelor din fig.2.2 și 2.3.

Aparatele a căror separare de lucru se face odată cu liniile sau transformatoarele (auto) deservite (transformatoarele de tensiune și descărcătoarele de pe linii, descărcătoarele montate la bornele transformatoarelor (auto) și la punctele neutre ale acestora, bobinele și condensatoarele pentru instalația de înaltă frecvență pentru telecomunicații) nu se prevăd cu o separare de lucru specială. Transformatoarele de curent, din considerente constructive, pot fi uneori montate și după separatorul de linie (fig.2.4) separarea făcându-se odată cu linia.

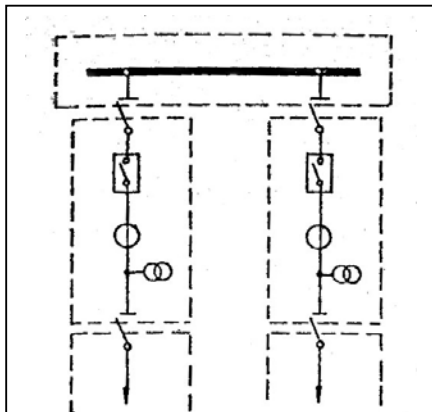


Fig.2.2. Schemă de conexiuni cu simplu sistem de bare ce permite separarea de lucru a barelor colectoare și echipamentului circuitelor de linie

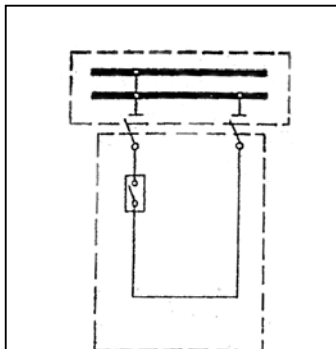


Fig.2.3. Schemă de conexiuni cu dublu sistem de bare ce permite separarea de lucru a barelor colectoare și echipamentului cuplei transversale

Separarea de lucru se admite numai dacă se asigură responsabilitatea unică la toate punctele de separație pe tot timpul separării de lucru, dacă punctele de separație aparțin unor organizații de exploatare diferite (fig.2.5) sau sunt la distanță (fig.2.6). Se admite separare de lucru numai pe o singură parte (spre alimentare), în cazurile când nu poate apare tensiune inversă din partea ce nu a fost

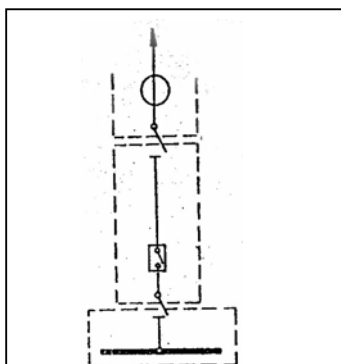


Fig.2.4. Schemă de conexiuni cu simplu sistem de bare ce permite separarea de lucru a barelor colectoare și a întreruptorului, cu transformatoarele de curent montate după separatorul de linie, separarea sa făcându-se odată cu linia

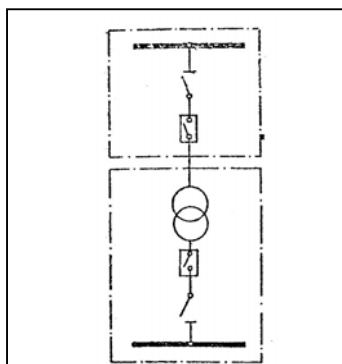


Fig.2.5. Schemă de conexiuni ce permite separarea de lucru a barelor colectoare, separatorului de bare și întreruptorului cu un nivel de tensiune de transformatorul de putere, întreruptorul, separatorul de bare și barele colectoare, cu alt nivel de tensiune.

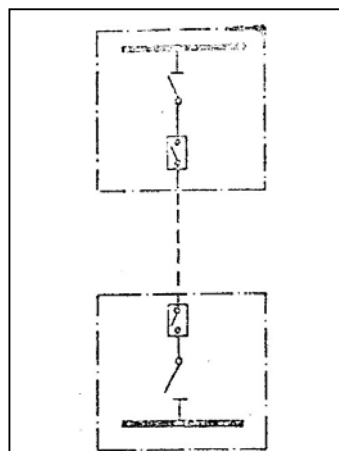
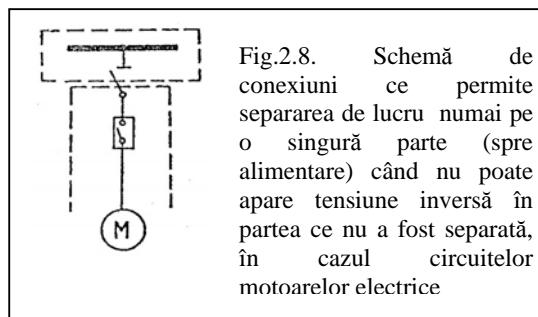
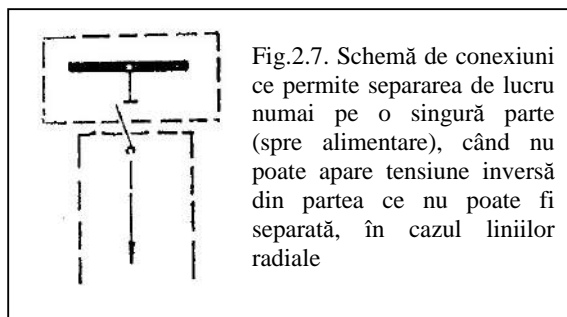


Fig.2.6. Schemă de conexiuni ce permite separarea de lucru a echipamentului de la un capăt al unei linii de echipamentul situat la celălalt capăt al liniei

separată ca în cazul liniilor radiale (fig.2.7) sau circuitelor motoarelor electrice (fig.2.8) și se iau măsuri de prevenire a apariției unor tensiuni inverse. Separarea de lucru trebuie însă făcută obișnuit pe toate părțile. Se folosesc ca elemente de separare numai aparatele sau dispozitivele cu întreruperea vizibilă a circuitului. La instalațiile capsulate și cele interioare de tip închis, separările de lucru pot fi fără întreruperea vizibilă a circuitului dar cu semnalizări sigure de poziție.



Instalațiile de conexiuni și distribuție sub 1 kV se prevăd cu separări de lucru iar dacă acestea nu sunt în același loc se consideră îndeplinită condiția de separare numai dacă pe timpul separării de lucru este un responsabil unic la toate punctele de lucru. Pentru separare se folosesc numai aparate cu întreruperea vizibilă a circuitului, ca separatoare, întreruptoare în aer, contacte debroșabile, siguranțe fuzibile, etc.



După separare, partea de instalație scoasă de sub tensiune trebuie să poată fi scurtcircuitată și pusă la pământ și pentru aceasta se folosesc instalații fixe (separatoare cu contacte de legare la pământ) sau mobile (scurtcircuitoare mobile). Legarea la pământ prin instalații fixe se face pentru celulele de linie cu tensiuni de peste 20 kV, barele colectoare și de transfer cu tensiuni de minimum 110 kV precum și pentru porțiunile de circuit dintre separatoarele de bare și linie la minimum 220 kV.

Pentru scurte intervale de timp (pentru manevre), chiar dacă se depășește puterea de scurtcircuit, se admite conectarea unor părți de instalație obișnuit separate, cu luarea măsurilor evitării accidentelor în caz de scurtcircuit.

Pe circuitele ce permit deconectările și conectările necesare (prin protecție și automatizare) cu aparate ieftine (separatoare de sarcină, siguranțe de înaltă tensiune etc.) trebuie montate întreruptoare.

Alegerea echipamentului electric din stațiile și posturile de transformare trebuie făcută pe baza condițiilor de mediu. Tensiunile de încercare trebuie majorate cu 1,25% pentru fiecare 100 m creștere de altitudine între 1000 și 3000 m sau se aleg aparate cu tensiune nominală mai mare. La instalații de tip interior trebuie realizată climatizarea încăperilor dacă nu sunt realizate condițiile de mediu impuse conform normativelor.

Trebuie respectate și anumite condiții de presiune și poluare impuse de caracteristicile echipamentului și de normative.

Echipamentul electric trebuie să aibă o tensiune nominală cel puțin egală cu tensiunea maximă de serviciu a instalației unde se montează și trebuie să reziste atât la supratensiunile atmosferice cât și la cele interne. Tensiunea nominală a echipamentului poate în unele cazuri să fie mai mică ca cea a rețelei (de exemplu la transformatoarele de curent și izolatoarele de pe legătura la pământ a unui punct neutru), dar să reziste la supratensiunile posibile de la locul de montare. În laborator sau la locul de montare trebuie făcută verificarea nivelului de izolație al echipamentului; dacă aceste verificări nu pot fi făcute, trebuie respectate anumite distanțe minime de izolare în aer, distanțe ce sunt date în normative. Trebuie, de asemenea, făcută verificarea echipamentului la scurtcircuit. Se admite utilizarea unor întreruptoare sau separatoare de sarcină cu capacitate de rupere și de închidere nominală mai mică ca cea de scurtcircuit, dacă aceste aparate nu vor fi utilizate pentru corectări automate la scurtcircuit, cu luarea unor măsuri de protecție a personalului de exploatare (de exemplu comanda la distanță).

Protecția barelor colectoare împotriva defectelor în transformatoarele de tensiune se face prin legarea acestora la bare prin siguranțe fuzibile, pentru instalații electrice cu tensiuni până la 20 kV.

Dacă instalația electrică are circuite legate la surse a căror funcționare în paralel este interzisă, trebuie prevăzută cu blocaje pentru împiedicarea conectării în paralel sau, în cazuri extreme când nu există astfel de blocaje, se montează plăci de interdicție.

Intrările în instalațiile de distribuție (tablourile) de joasă tensiune trebuie să aibă întreruptoare manuale sau automate. Intrările în tablourile de joasă tensiune ale posturilor de transformare pot să nu aibă întreruptoare dacă este altă posibilitate de întrerupere a alimentării pe joasă tensiune a tabloului.

## **2.3. Condiții generale pentru realizarea instalațiilor electrice**

Soluțiile constructive care se adoptă pentru instalațiile (stațiile) electrice trebuie să satisfacă o serie de condiții cu caracter general privind:

- siguranța în funcționare a instalațiilor;
- securitatea personalului de exploatare;
- economicitatea soluției.

### **2.3.1. Siguranța în funcționare a instalațiilor**

Modul în care se dispun aparatele și legăturile conductoare afectează direct gradul de siguranță în funcționare al instalațiilor în regim normal de funcționare sau în condițiile apariției unor perturbații. Măsurile care se iau încă din faza de proiectare a instalațiilor în vederea obținerii unei siguranțe în funcționare satisfăcătoare se referă la:

a) *Asigurarea nivelului de izolare* necesar între diferitele elemente sub tensiune sau între acestea și pământ, realizabilă prin dispunerea spațială a acestor elemente astfel încât intensitatea câmpului electric în orice situație de funcționare permisă să rămână inferioară valorii critice la care are loc străpungerea mediului izolan folosit. Altfel spus, trebuie asigurate distanțele minime izolante. Aceste distanțe, verificate pe cale experimentală, sunt normate și valorile lor pentru părți fixe sub tensiune sunt indicate spre exemplificare în tabelul 2.1. În cazul conductoarelor flexibile, distanțele din tabel se suplimentează cu distanțele de deplasare a conductoarelor în urma acționării sarcinilor care solicită conductorul.

b) *Reducerea riscului de avarie datorită arcurilor electrice*, care în general sunt mobile, deplasându-se sub acțiunea câmpurilor electromagnetice și termice intense, dezvoltate la scurtcircuite polifazate și care pot deci scoate din funcțiune parțial sau total stația electrică.

În vederea limitării efectelor în cazul apariției unui defect prin arc, se recurge la anumite artificii constructive, cum ar fi prevederea unor pereți despărțitori rezistenți mecanic între:

- celule alăturate;
- barele colectoare și restul echipamentelor;
- diferite părți din interiorul celulelor, funcție de mărimea curentului de scurtcircuit;
- secții de bare colectoare.

Aceste măsuri constructive se iau, de obicei, la instalații de tip interior. La instalații în aer liber, din cauza intervalelor mari între părțile sub tensiune și într-o oarecare măsură datorită acțiunii în general favorabile a curenților de aer, este suficient să se facă un amplasament corespunzător al aparatului pentru a se limita efectele unui defect prin apariția arcului electric.

c) *Reducerea riscului de avarie din cauza solicitărilor accidentale mecanice* se referă în special la următoarele trei aspecte:

- dispunerea separatoarelor astfel încât să nu fie posibilă deschiderea accidentală a cuțitelor principale sub acțiunea greutatei proprii sau a forțelor electrodinamice, respectiv închiderea cuțitelor de legare la pământ, fig.2.1;
- prin dispunerea judicioasă a legăturilor conductoare este posibil ca avariile cauzate de ruperea acestor legături sau a lanțurilor de izolatoare să nu se extindă, conform exemplificării din fig.2.2;
- este indicat ca izolatoarele de porțelan să fie solicitate în special la compresiune și nu la încovoiere, conform fig.2.3.

d) *Diminuarea pericolului de incendiu* urmărește realizarea de dispozitive anexe care să limiteze efectele nocive ale unui incendiu pe cât posibil la zona în care s-a produs, știut fiind că în instalațiile electrice există materiale puternic inflamabile – uleiul de transformatoare, bobine, cabluri și respectiv o bună parte din materialele izolante ale acestora.

### **2.3.2. Securitatea personalului de exploatare**

Se prevede evitarea expunerii persoanelor din stația electrică la șocuri electrice, termice (la scurtcircuite ori puneri accidentale sub tensiune) sau mecanice (explozii). În acest sens se prevăd astfel dispozițiile constructive încât să împiedice pătrunderea accidentală a personalului de deservire în zone care prezintă riscurile citate mai sus, să protejeze termic și mecanic culoarele de acces în instalație.

Un principiu verificat este acela ca la revizii/reparații separarea locului de lucru să poată fi făcută astfel încât să fie scos din funcțiune numai elementul la care se lucrează. Se folosesc separări de protecție și în general se dispun la distanțe inaccesibile – numite distanțe de protecție – părțile sub tensiune.

### **2.3.3. Economicitatea soluției**

Se apreciază prin prisma efortului de investiție și a cheltuielilor de exploatare. Aceste elemente se pot influența favorabil printr-o serie de măsuri, din care se citează:

- limitarea spațiilor ocupate și în special a volumului de lucrări de construcții;
- limitarea lungimii căilor de curent și a numărului de izolatoare;
- eșalonarea rațională a etapelor de realizare a investiției;
- simplificarea execuției prin folosirea masivă a elementelor tipizate;
- reducerea volumului cheltuielilor de exploatare.

### **3. SCHEME ELECTRICE DE CONEXIUNI ALE CIRCUITELOR PRIMARE DIN STAȚIILE ȘI POSTURILE ELECTRICE**

#### **3.1. Criterii de clasificare ale stațiilor electrice și de analiză tehnico-economică a diferitelor structuri de scheme de conexiuni pentru circuitele lor primare**

Circuitele primare ale unei stații electrice conțin acele elemente și echipamente care realizează nemijlocit transferul energiei electrice, sau concură nemijlocit la realizarea acestui transfer. În componența acestora intră transformatoarele de forță și autotransformatoarele, întreruptoarele, separatoarele, barele colectoare, bobinele de reactanță, transformatoarele de măsură, conductoarele de legătură etc.

Circuitele primare ale unei stații electrice sunt realizate fizic sub formă de celule. Celula este o parte componentă a unei stații, care conține echipamentele aparținând unui singur circuit sau unui dispozitiv de legătură între diverse părți din stație sau unui dispozitiv de măsurare sau de protecție și care constituie din punct de vedere constructiv și al spațiului pe care îl ocupă o unitate distinctă. Numele celulei este dat de numele circuitului ale cărui elemente alcătuiesc celula.

Orice stație electrică conține cel puțin o instalație de conexiuni.

Instalația de conexiuni este un ansamblu de elemente și echipamente, legate funcțional între ele, amplasate pe un teritoriu comun, deservite de aceeași formație de lucru și având drept scop primirea și cedarea energiei electrice la aceeași valoare a tensiunii. Instalația de conexiuni conține aparate de comutație, sisteme de bare colectoare, aparate și echipamente pentru protecția împotriva supratensiunilor, transformatoarelor de măsură, conductoare de legătură, diferite echipamente auxiliare.

Dacă o stație electrică realizează transfer de energie între puncte aflate la același nivel de tensiune, atunci acea stație conține numai instalația de conexiuni de la acel nivel de tensiune, clădirile și instalațiile anexe și nu conține transformatoare de forță sau autotransformatoare. În acest caz stația are caracter de stație de conexiuni.

Dacă o stație electrică realizează transfer de energie între puncte aflate la același nivel de tensiune, atunci acea stație conține numai instalația de conexiuni de la acel nivel de tensiune, clădirile și instalațiile anexe și nu conține transformatoare de forță sau autotransformatoare. În acest caz stația are caracter de stație de conexiuni.

Dacă o stație electrică realizează transfer de energie între puncte aflate la nivele de tensiune diferite, atunci acea stație, în afara instalațiilor de conexiuni de la acele nivele de tensiune, a clădirilor și instalațiilor anexe, mai conține și transformatoare de forță sau autotransformatoare, care fac legătura între acele nivele de tensiune. În acest caz stația respectivă are caracter de stație de transformare și conexiuni.

Circuitele primare ale unei stații electrice se reprezintă grafic prin schema electrică de conexiuni. *Schema electrică* de conexiuni a circuitelor primare dintr-o stație electrică este reprezentarea prin semne convenționale, stabilite prin standarde, a configurației acestor circuite.

Schema de conexiuni a circuitelor primare ale unei stații electrice este compusă din schemele instalațiilor de conexiuni care intră în componența stației respective, legătura dintre aceste scheme fiind realizată de către transformatoarele de forță sau autotransformatoarele

stației. În mod obișnuit pentru fiecare din nivelele de tensiune ale unei stații electrice se prevede câte o instalație de conexiuni. Există însă și cazuri particulare când pentru unul sau mai multe nivele de tensiune dintr-o stație, instalațiile de conexiuni de la acele nivele nu conțin sisteme de bare colectoare, devin extrem de simple sau chiar dispar.

Sunt următoarele categorii de scheme ale circuitelor electrice primare:

- scheme monofilare;
  - principiale;
  - complete;
- scheme multifilare;
- scheme de montaj.

*Schemele monofilare* reprezintă elementele și legăturile dintre ele pentru o singură fază (schema presupune o simetrie perfectă pentru toate fazele). Ele sunt *principiale* atunci când se reprezintă pe ele numai generatoarele și transformatoarele iar barele colectoare sunt date sub forma cea mai simplă (bară simplă nesectionată). Acestea se folosesc în special în etapa inițială de proiectare pentru operațiile de comparare grosieră a variantelor, sau la reprezentarea de părți mari ale sistemului (fig.3.1).

Schemele monofilare *complete* conțin toate elementele instalației corespunzătoare unei faze.

Simbolurile folosite în schemele circuitelor electrice primare din centrale și stații sunt date în tabelul 3.1.

*Schemele electrice multifilare* reprezintă numărul real de conductoare a fiecărui circuit. De obicei aceste scheme se întocmesc numai pe porțiuni din instalații și servesc pentru scoaterea în evidență a unor particularități de detaliu, de exemplu pentru indicarea unor asimetrii în raport cu cele trei faze.

*Schemele electrice de montaj* cuprind elementele instalației în perfectă concordanță cu amplasarea lor pe teren. Ele folosesc la montarea și la exploatarea instalațiilor.

Schema electrică de conexiuni a circuitelor primare ale unei stații electrice depinde în măsură hotărâtoare de locul de amplasare și de funcția pe care o îndeplinește stația respectivă în cadrul sistemului energetic.

După locul de amplasare în cadrul sistemului electroenergetic, stațiile electrice pot fi stații de centrală și stații de rețea sau de sistem. Stațiile de centrală sunt amplasate lângă centralele electrice, iar cele de rețea sunt amplasate în diferite puncte ale sistemului energetic.

După funcțiile pe care le îndeplinesc în cadrul sistemului electroenergetic, stațiile electrice pot fi: stații de evacuare, stații de transfer, stații de distribuție și stații cu funcțiuni multiple.

*Stațiile de evacuare* au funcția de a realiza injecția în sistemul electroenergetic a puterii produse în centralele electrice, fără a alimenta direct vreun consumator. Stațiile de evacuare sunt stații de centrală.

*Stațiile de transfer* au funcția de a realiza transferul de putere între două sau mai multe puncte ale sistemului electroenergetic, fără a alimenta direct consumatori concentrați.

*Stațiile de distribuție* au funcția de a alimenta direct consumatorii. Cele mai simple, dar și cele mai numeroase stații de distribuție sunt posturile de transformare. Acestea sunt stații de distribuție de importanță locală, care conțin unul sau mai multe transformatoare de forță, prin intermediul cărora se modifică tensiunea de la valoarea medie (20kV; 10kV; 6kV) la o valoare joasă (0,4kV).

În general posturile de transformare sunt alimentate din stațiile de distribuție de înaltă/medie tensiune. Când este necesară instalarea într-o anumită zonă a unui număr mare de posturi de transformare cu putere nominală mai mică decât 1000kVA, nu mai este economică alimentarea lor individuală de la barele colectoare de medie tensiune ale stațiilor de

distribuție. În aceste cazuri, din stația de distribuție pornește unul sau mai multe cabluri de medie tensiune (fideri) până într-un punct situat aproximativ în centrul de greutate al consumatorilor din zona respectivă. În acest punct se amplasează o instalație de conexiuni de medie tensiune, denumită punct de alimentare, din care energia este distribuită spre posturile de transformare din zonă.

*Stațiile cu funcțiuni multiple* au mai mult decât o funcțiune din cele amintite mai sus.

Ținând seama de criteriile de clasificare ale stațiilor electrice prezentate mai sus, sistemul electroenergetic s-ar putea reprezenta schematic ca în fig.3.1. În cadrul stațiilor de transfer, precum și în cadrul stațiilor de distribuție pot să nu apară întotdeauna instalații de conexiuni, motiv pentru care în fig.3.1 acestea au fost reprezentate cu linie întreruptă.

### **3.2. Tipuri de scheme de conexiuni folosite la stațiile electrice**

#### **3.2.1. Criterii generale tehnice și economice pentru alegerea schemelor de conexiuni**

Schemele electrice de conexiuni ale instalațiilor primare din stațiile electrice constituie elementul caracteristic cel mai important al unei astfel de instalații. Tendința de a se realiza instalații cât mai bine adaptate scopului pentru care au fost create și mijloacele disponibile au condus la apariția unui număr mare de tipuri și variante de scheme electrice de conexiuni, determinate de condiții din ce în ce mai complexe și variate în care este pusă să funcționeze o stație electrică. Acest proces de diversificare a antrenat în același timp dificultăți crescânde în determinarea soluției optime, a celei mai indicate scheme de conexiuni pentru o anumită stație. Astfel, la alegerea unei scheme de conexiuni a unei stații electrice este necesar să se aibă în vedere, în afară de caracteristicile specifice ale instalației analizate, și o serie de criterii care pot să influențeze structura schemei. În acest scop se ține seama de:

- *Condițiile de funcționare ale sistemului energetic în punctul respectiv*, care se referă la tensiunile necesare, circulațiile de curenți în diverse regimuri, puterile și curenții de scurtcircuit, necesitățile de secționare pentru izolarea anumitor consumatori, condițiile legate de comportarea în timpul avariilor, posibilitățile de extindere, prevederea de instalații de reglaj, etc.
- *Caracteristicile consumatorilor alimentați*, referitoare la siguranța în funcționare a acestor consumatori, respectiv la exigența necesară cu privire la frecvența și durata întreruperilor. De asemenea, consumatorii pot influența alegerea schemei prin anumite caracteristici funcționale specifice, ca de exemplu necesitatea atenuării efectelor unor șocuri de putere activă sau reactivă, a unor regimuri deformante, a disimetriilor de curent, etc.
- *Caracteristicile echipamentului*, respectiv calitatea echipamentului, pot influența structural schema de conexiuni. În mod deosebit siguranța în funcționare a întreruptoarelor, a transformatoarelor și autotransformatoarelor utilizate influențează asupra tipului de schemă folosit.
- *Condițiile de exploatare*, care se referă la amplasarea pe teren (forma și dimensiunile terenului) și la claritatea schemei pe care trebuie să o ofere personalului de exploatare.
- *Criteriul economicității*, care este introdus prin intermediul unui indicator tip de eficiență economică, cel al cheltuielilor anuale minime de calcul. În acest fel, se ține seama atât de cheltuielile anuale datorate reviziilor-reparațiilor, retribuțiilor, consumului propriu tehnologic, pierderilor de energie, costul energiei nelivrare

datorită întreruperilor planificate sau accidentale (daune de continuitate), penalizările pentru abaterile de la valorile nominale ale parametrilor de calitate a energiei electrice (daune de calitate), cât și de investițiile efectuate și termenul normat de recuperare a investiției. Soluția optimă reprezintă deci compromisul între volumul investițiilor, cheltuielile anuale și daunele medii probabile.

### 3.2.2. Rolul aparatelor de comutare în schemele electrice de conexiuni

Comutarea (închiderea, deschiderea) diverselor căi (circuite) de energie electrică și localizarea defectelor în instalații se realizează cu ajutorul întreruptoarelor.

*Întreruptoarele* sunt aparate de comutare a circuitelor de ÎT atât în prezența curenților de lucru cât și a curenților de suprasarcină sau scurtcircuit. Cu ele se realizează toate operațiile de închidere, deschidere în regim de mers în gol, de mers la sarcină normală sau la scurtcircuite.

Declanșarea rapidă automată în caz de scurtcircuit, este operația principală și cea mai importantă a întreruptoarelor, prevenind avariarea și distrugerea echipamentelor electrice datorate curenților de scurtcircuit. De asemenea, un rol important îl au întreruptoarele în eliminarea abaterilor posibile de la funcționarea normală a sistemului energetic (perturbații în alimentarea cu energie electrică, pierderea stabilității agregatelor ce funcționează în paralel, etc.). Prin declanșare întreruptoarele localizează zonele defecte separându-le de restul rețelei.

Având capacitatea de a întrerupe sau restabili curentul de scurtcircuit, întreruptoarele se folosesc împreună cu dispozitivele de automatizare (RAR) pentru a încerca restabilirea regimului normal de funcționare după defectele trecătoare care dispar odată cu dispariția tensiunii.

Întreruptoarele sunt elementele importante cele mai solicitate, mai complexe și mai scumpe din instalații. Ele trebuie montate în schemă astfel încât să poată fi ușor revizuite, reparate sau înlocuite.

*Separatorale* sunt aparate de comutare, care separă în mod vizibil și cu

suficientă izolație conductoarele unui circuit în scopul protejării personalului care lucrează în instalație. Separatorul este un aparat mecanic de conectare care, pentru motive de securitate, asigură în poziția deschis o distanță de izolare predeterminată între bornele fiecărui pol.

Separatorul se utilizează pentru a deschide sau închide un circuit atunci când un curent de intensitate neglijabilă este întrerupt sau stabilit și atunci când nu se produce nici o schimbare de tensiune la bornele fiecărui pol al

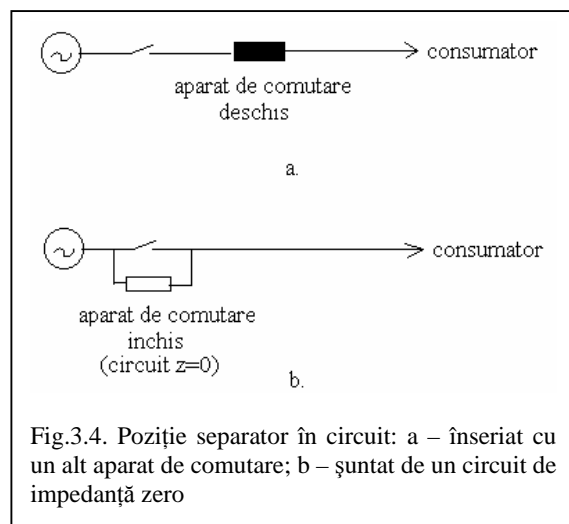


Fig.3.4. Poziție separator în circuit: a – înseriat cu un alt aparat de comutare; b – șuntat de un circuit de impedanță zero

separatorului.

Deschiderea separatorului se face totdeauna în urma întrerupătorului corespunzător iar închiderea se face înaintea acestuia. În unele cazuri separatoarele se



folosesc pentru deconectarea unor curenți mici (curenți de mers în gol a transformatoarelor mici și a LEA scurte).

Ele se mai folosesc în schemele circuitelor electrice primare pentru realizarea unei anumite configurații de funcționare a instalației, care configurație este apoi definitivată cu ajutorul întreruptoarelor.

Separatoarele se mai folosesc pentru legarea vizibilă la pământ a unei părți din instalație fără tensiune (în acest scop se folosesc mai puțin separatoarele speciale și mai mult cuțite suplimentare ale separatoarelor din schemă). Oricare ar fi rolul separatoarelor în schemă, acestea neputând comuta curenți, vor fi manevrate numai atunci când prin comutarea lor nu se produce nici o schimbare de tensiune la bornele oricărui pol al său. Practic această situație poate apare în două cazuri:

- separatorul se găsește pe același circuit (înseriat) cu un alt aparat de comutare care este deschis, fig.3.4.a;
- separatorul este șuntat de un circuit de impedanță zero, fig.3.4.b.

Există între întreruptoare și separatoare o clasă intermediară de aparataj de ÎT care are capacitatea de a comuta (întrerupe sau restabili) curentul normal de sarcină dar nu pe cel de scurtcircuit. Acestea poartă numele de separatoare de putere sau întreruptoare de sarcină. Sunt mai simple și mai ieftine decât întreruptoarele și se folosesc în special la MT pe circuitele de mai mică importanță, de obicei combinate cu siguranțe fuzibile legate în serie. La folosirea unei astfel de combinații comutările din regim normal se fac cu separatoarele de putere sau întreruptoarele de sarcină respective iar separarea unui scurtcircuit se face de către siguranțele fuzibile.

O combinație similară se face în cazul circuitelor de curent normal foarte mic (exemplu circuit transformator de tensiune) între separatoare și siguranțe fuzibile.

*Siguranțele fuzibile* de ÎT sunt aparate care asigură, prin deconectare, protecția instalațiilor față de curenții de scurtcircuit și față de suprasarcinile inadmisibile.

Siguranța fuzibilă este un aparat de conectare și de protecție care întrerupe în mod automat curentul în limita puterii sale nominale de rupere prin topirea unei părți a căii de curent.

Elementul fuzibil al siguranței se conectează în serie în circuitul instalației protejate și este topit direct de curentul de scurtcircuit sau curentul de suprasarcină care trece prin acesta.

Tot din categoria siguranțelor ar putea face parte și limitatoarele de curent folosite în unele țări pentru întreruperea instantanee a unui circuit când curentul depășește o anumită valoare.

Întreruperea circuitului se face instantaneu prin intermediul unui cartuş exploziv amorsat de încălzirea unui filament.

Tot din categoria aparatelor de comutare fac parte și *scurtcircuitoarele*. Acestea sunt aparate din categoria separatoarelor cu închidere rapidă care pot stabili valoarea curentului de scurtcircuit în locul în care sunt montate. Ele se folosesc în scopul protejării unor circuite sau agregate prin declanșarea întreruptoarelor montate în alt loc din amonte punctului unde ele se găsesc. Montate de exemplu la bornele unui transformator legat direct la o linie poate provoca declanșarea întreruptorului liniei, întreruptor aflat în altă stație, la defectele incipiente din transformator.

Separatoarele de izolare sunt separatoare cu deschidere automată la lipsa de tensiune și deci a curentului. Folosite împreună cu scurtcircuitoarele, pot separa porțiunea defectă de rețea imediat după declanșarea întreruptorului datorită acțiunii scurtcircuitului pentru ca restul rețelei să poată fi pus sub tensiune prin acțiunea RAR.

### 3.2.3. Principalele scheme electrice de conexiuni folosite

#### 3.2.3.1. Scheme cu bare colectoare simple

Schemele cu bare colectoare au ca element central barele colectoare, bare la care se leagă prin intermediul aparatului de comutare toate circuitele (linii, transformatoare, generatoare, etc.) ce aduc sau extrag energia electrică în și din nodul respectiv. Barele colectoare realizează practic legătura dintre toate circuitele ce se racordează la stația respectivă. Este dispusă transversal pe direcția circuitelor aferente și permite exploatarea comodă a stației.

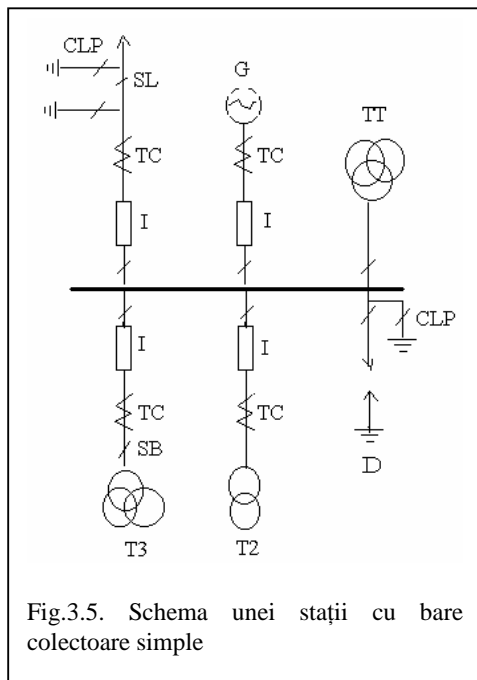


Fig.3.5. Schema unei stații cu bare colectoare simple

Cea mai simplă și mai ieftină schemă este cea cu bară simplă nesectionată, fig.3.5.

Spațiul în care se montează aparatele ce aparțin unui circuit se numește celulă. În fig.3.5 se dă componența celulelor de generator (G), transformator cu două înfășurări (T2), transformator cu trei înfășurări (T3), linie (L), măsură (CM) și descărcătoare (D).

*Separatoarele de bare* au rolul de a separa în vederea intervențiilor directe, echipamentul din celulă, de barele colectoare care pot rămâne astfel sub tensiune. Lipsa separatoarelor de bare ar impune de fiecare dată când e necesar accesul într-o celulă să fie scoasă de sub tensiune întreaga instalație.

*Separatorul de linie (SL)* separă vizibil linia de întreruptor în scopul accesului personalului la acesta din urmă. El trebuie demontat atunci când există sursă de tensiune (generator, sistem) în celălalt capăt al liniei. Separatorul de linie poate avea cuțite de punere la pământ de o parte sau de alta a sa în scopul legării la pământ a elementului respectiv în cazul intervenției la acesta. În special la liniile în cablu cuțitele de punere la pământ sunt folosite și pentru descărcarea sarcinii electrostatice (capacitive) remanente după deconectarea acestuia de la sursa de tensiune.

Similar separatorului de linie, există în celula transformatorului cu trei înfășurări (T3), *separatorul de borne (SB)*. Acesta folosește la separarea întreruptorului din celulă fără a scoate din funcțiune celelalte două înfășurări ale transformatorului.

*Cuțitele de legare la pământ (CLP)* ale separatorului de bare din celula de măsură sau descărcătoare (D) folosesc la descărcarea sarcinii electrostatice, respectiv punerea la pământ a barelor colectoare înainte de eventualele intervenții la acestea.

*Transformatorul de curent (TC)* servește la racordarea aparatelor de măsură, protecție, etc. La curentul circuitului respectiv. El este necesar pentru a transforma valoarea curentului primar (care străbate circuitul) valoare, în cele mai multe cazuri, mare sau foarte mare, în scopul de a face posibilă racordarea aparatelor de măsură de curenți mici și deci mai puțin voluminoase și mai ieftine. Montarea transformatoarelor de curent permite, de asemenea, ca aparatele de măsură, protecție, etc. Care măsoară sau supraveghează valoarea curentului să fie amplasate oriunde și nu numai în apropierea circuitului respectiv.

Curentul care străbate circuitele racordate la secundarul transformatorului de curent fiind mai mic, rezultă că și conductoarele acestor circuite vor fi de secțiune mai mică.

Circuitele alimentate de secundarul transformatorului de curent au un curent nominal a cărui valoare este normalizată, în general, la 5 A iar la tensiuni mari - 1 A. De remarcat că se montează transformatoarele de curent și pe circuitele de ÎT al căror curent este egal sau mai mic decât cel al aparatului de măsură. Aceasta cu scopul de a izola circuitele secundare de ÎT. În principiu, totdeauna este necesar, acolo unde este montat un întreruptor și un transformator de curent.

Stația cu bară simplă nesectionată are avantajul că este simplă, ieftină, folosește spațiu redus și este ușor de exploatat. Ea oferă însă, o siguranță în funcționare redusă, fiind scoasă din funcțiune în întregime pe toată durata reparației oricărui defect pe barele colectoare sau a separatoroarelor de bare.

### 3.2.3.2. Secționarea barelor colectoare

Pentru a nu fi scoasă din funcțiune întreaga stație pe toată durata reviziei, reparației, se practică secționarea longitudinală a barei colectoare cu unul, cu două separatoare sau cu o cuplă longitudinală funcție de gradul de elasticitate dorit, fig.3.6. Prin secționare longitudinală a barelor se mai realizează următoarele deziderate:

- limitarea curenților de scurtcircuit;
- limitarea influenței consumatorilor cu șocuri asupra celorlalte categorii de consumatori;
- alimentarea mai sigură a unor consumatori importanți prin legarea acestora la ambele secții de bare.

Revizia secțiilor de bare se face pe rând prin deconectarea prealabilă a circuitelor aferente secției respective și a separatorului SCL; doar revizia separatorului SCL implică

scoaterea din funcțiune a întregii bare colectoare. Aceasta se poate remedia prin înserierea a două separatoare de cuplă longitudinală ca în fig.3.4.b, când revizia unei secții de bare se extinde și la separatorul de cuplă alăturat, celălalt separator de cuplă fiind deschis.

Secționarea longitudinală cu separatoare

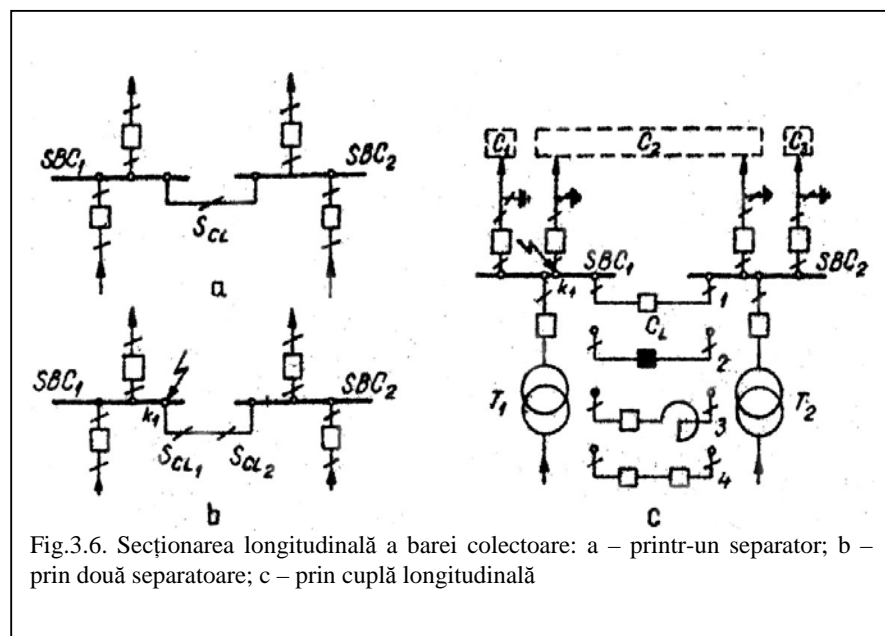
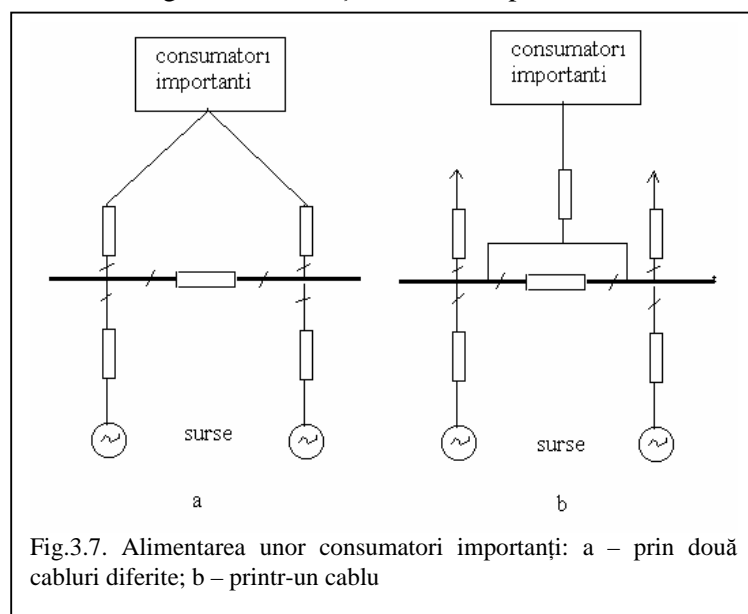


Fig.3.6. Secționarea longitudinală a barei colectoare: a – printr-un separator; b – prin două separatoare; c – prin cuplă longitudinală

realizează totuși un grad de elasticitate modest, caracterizat prin aceea că orice defect pe una din secțiile de bare conduce la declanșarea întregii stații, funcționarea secției neavariate fiind reluată după izolarea secției defecte prin deschiderea cuplei.

Prezența întreruptorului de cuplă longitudinală oferă elasticitate sporită. În regimul de funcționare de cuplă închisă, varianta (1) în fig.3.4.c, apare evident avantajul că în cazul unui defect pe una din secții cealaltă secție de bare își continuă neîntreruptă funcționarea prin declanșarea întreruptorului cuplei.

În regimul de funcționare cu cupla normal deschisă, pentru limitarea curenților de scurtcircuit, varianta (2),



stația este în general alimentată de la două surse diferite, fie acestea transformatoarele T1 și T2, acționarea întreruptorului cuplei este supravegheată de automatizarea AAR (anclanșarea automată a rezervei); astfel, cu ocazia defectării unui transformator, întreruptorul său deconectează și după o scurtă pauză de timp, în care secția de bare aferentă rămâne nealimentată, anclanșează întreruptorul cuplei longitudinale și secția întreruptă este realimentată de

la transformatorul rămas, care preia toată sarcina stației. Anterior, cupla era în rezervă caldă având separatoarele închise.

Uneori, din motive de limitare a plafonului curenților de scurtcircuit pe bară, cupla include și o bobină de reactanță (varianta 3, fig.3.6.c).

În cazuri rare, când se dorește o elasticitate și o siguranță sporită a circuitului de cuplă, se înseriează două întreruptoare (varianta 4, fig.3.6.c).

Legarea consumatorilor importanți la cele două secții de bare se poate face fie prin două cabluri diferite, fig.3.7.a, fie printr-un singur cablu (fig.3.7.b), cablu ce poate fi comutat prin separatoare la oricare din secții cu două separatoare.

Această schemă electrică de conexiuni, cu bara secționată longitudinal, a căpătat o largă răspândire mai ales la 6-20 kV. Bara, executată de obicei din bară sau țevă de aluminiu, contribuie și mai mult la reducerea cheltuielilor de întreținere ale stației electrice.

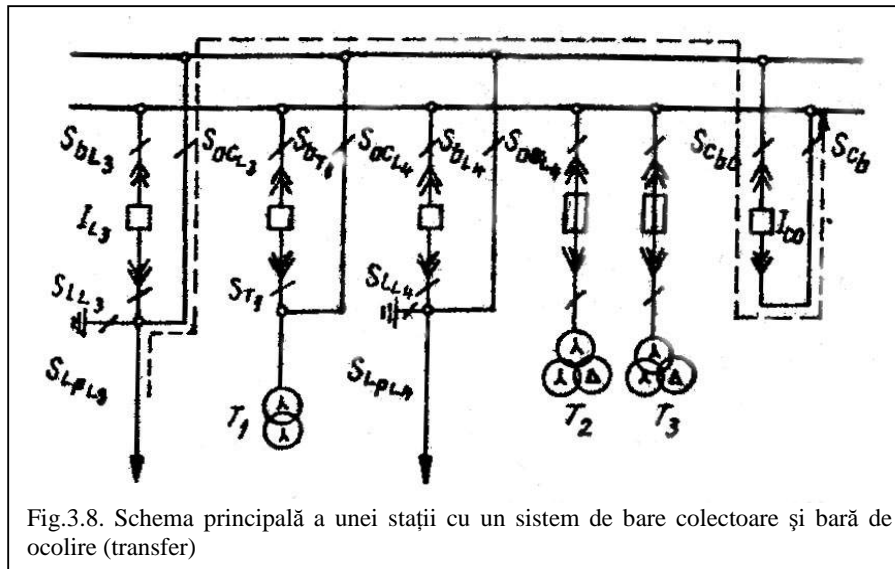
### 3.2.3.3. Scheme cu o bară colectoare și o bară de ocolire (transfer)

În instalații cu multe plecări și deci multe întreruptoare, pentru revizia și repararea fiecărui întreruptor fiind necesară scoaterea din funcțiune a circuitului respectiv, se impune găsirea unei soluții de rezervare a întreruptoarelor.

Folosirea cuplei transversale de la sistemele duble drept rezervă de întreruptor este anevoioasă deoarece este necesar ca locul întreruptorului înlocuit să fie șuntat blocându-se totodată și sistemul de bare de rezervă, lucru nerecomandat din cauza multiplelor funcții ale acestuia.

Înlocuirea oricărui întreruptor prin unul de rezervă se poate face în schemele de bare de transfer unde rolul de întreruptor de rezervă este jucat de întreruptorul cuplei de transfer.

În fig.3.8 se prezintă schema de conexiuni a unei astfel de stații. Se oferă posibilitatea scoaterii în revizie-reparație a oricărui întreruptor din instalație fără sacrificarea continuității



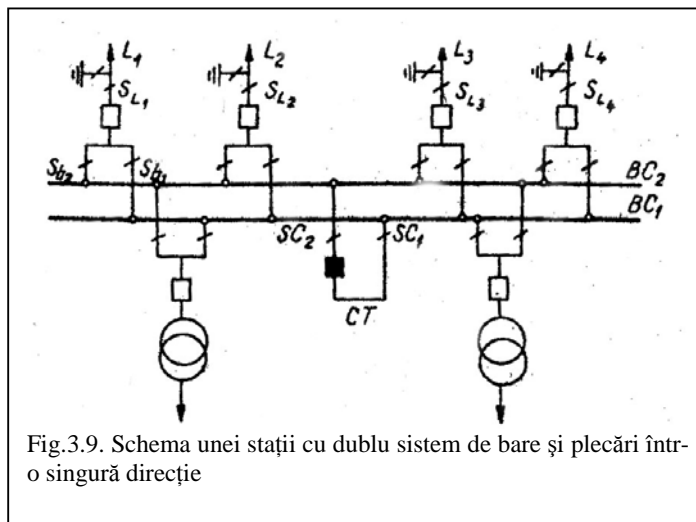
în alimentare, prin înserierea cuplei de transfer. Astfel, pentru linia L3, de exemplu, se creează o a doua cale de alimentare „ocolită”, desenată punctat în fig.3.6, prin închiderea cuplei și separatorului de ocolire (transfer) aferent liniei, S<sub>OC</sub>L3.

Întreruptorul I<sub>L3</sub> urmează să fie scos în revizie-reparație, locul lui fiind luat de I<sub>CO</sub>.

Testarea pasageră cu I<sub>CO</sub> a barei de transfer, impusă de ordinea manevrelor, în cazul în care L3 este deja în funcțiune pare o manevră complicată, inutilă. Ea este însă necesară pentru încercarea cu tensiune a barei de transfer. Ocolirea tuturor circuitelor nu este necesară. În fig.3.8 s-a arătat că transformatoarele cu trei înfășurări nu au fost racordate la bara de transfer, ele putând să asigure alimentarea consumatorilor și deci putând fi retrase din exploatare.

### 3.2.3.4. Scheme cu dublu sistem de bare colectoare și un întreruptor pe circuit

Este schema care a căpătat o largă răspândire în instalațiile de comutație electroenergetică de unde se alimentează consumatori mai importanți. În comparație cu



schema cu sistem simplu de bare, schema cu dublu sistem de bare colectoare oferă un grad de elasticitate sporit prin posibilitatea racordării circuitelor aferente la oricare din cele două noduri electrice (bare colectoare).

Fiecare circuit se racordează la sistemul dublu de bare colectoare prin intermediul întreruptorului și a două separatoare de bare, fig.3.9.

Există două variante ale schemei cu bare duble, funcție de amplasarea pe teren. În prima variantă, fig.3.9, stația realizată

ocupă mai mult teren, iar prin extindere stația își mărește repede dimensiunea paralelă cu BC.

În varianta din fig.3.10, terenul este mai bine ocupat, cu condiția să existe plecări în ambele direcții. Stația este compactă.

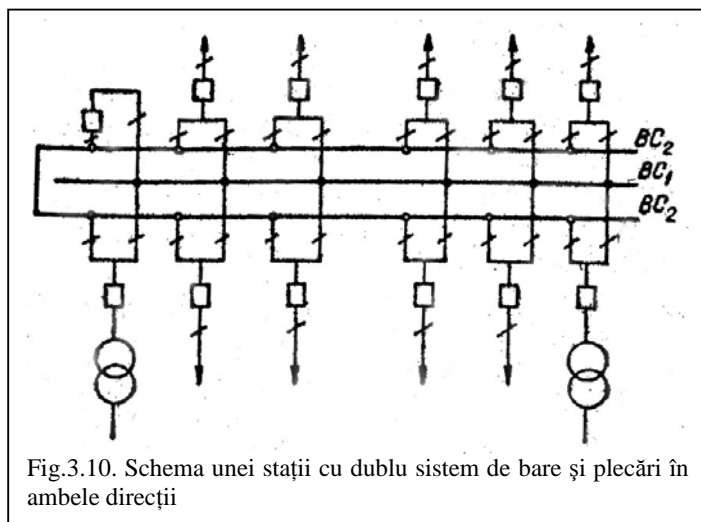


Fig.3.10. Schema unei stații cu dublu sistem de bare și plecări în ambele direcții

Stația oferă două posibilități de funcționare în regim normal:

- 1) Toate circuitele se racordează la un singur sistem de bare (sistemul de bare de lucru) al doilea sistem fiind liber, în rezervă caldă, menținut sub tensiune prin intermediul circuitului de cuplă transversală CT.
- 2) Instalația funcționează, de regulă, cu

consumatorii și sursele repartizate pe cele două sisteme de bare colectoare cu cupla transversală închisă sau deschisă.

Rolurile cuplei transversale pot fi prezentate sub o formă condensată astfel:

- permite trecerea circuitelor de pe un sistem de bare colectoare pe altul fără întreruperea circuitului respectiv;
- servește pentru controlul integrității sistemelor de bare colectoare după revizia acestora;
- se poate substitui oricărui întrerupător din instalație care este defect sau urmează a fi scos în revizie.

a) *Trecerea unui circuit de pe o bară pe alta* se face conform exemplificării de mai jos pentru cazul liniei L1 racordate la bara colectoare BC1 din fig.3.9.

Manevra de schimbare a barei colectoare cu menținerea funcționării continue implică trei etape și anume:

- 1) închiderea cuplei și deci punerea în paralel a celor două sisteme de bare cu controlul prealabil al sincronismului;
- 2) comutarea separatoarelor de bară;
- 3) revenirea la funcționarea cu cuplă deschisă.

Pentru a evita manevrarea separatoarelor sub curent numai pe timpul scurt al etapei a doua, se deconectează protecția cuplei transversale.

Experiența exploatării stațiilor cu scheme de conexiuni mai dezvoltate a relevat oportunitatea introducerii unor blocaje pentru a evita manevrarea greșită a separatoarelor.

b) *Controlul integrității barelor colectoare* se face de regulă la terminarea reviziei. Orice scurtcircuit pe această bară duce la deconectarea instantanee a întrerupătorului cuplei (acționat de protecția sa prin releu au fost expres reglate să funcționeze fără reținere de timp), indicând că revizia trebuie reluată și remediate eventualele defecțiuni. În cazul în care cupla nu declanșează înseamnă că este asigurată integritatea barei colectoare și se poate conta pe ea pentru manevre.

c) *Înlocuirea unui întrerupător defect* sau care urmează a fi scos în revizie poate fi făcută cu ajutorul circuitului de cuplă transversală prin două întreruperi în funcționare, relativ de scurtă durată, în care caz celula în cauză se racordează singură la un sistem de bare.

The diagram shows a power distribution system with three main vertical branches connected to a top horizontal busbar. The leftmost branch contains a circuit breaker labeled  $S_{b1}$  in series with a load  $L_1$ . The middle branch contains a cross-coupled switch (cuple transversale) consisting of two interlocking switches,  $S_{b2}$  and  $S_{LP1}$ , with a load  $L_1$  connected to the output of  $S_{LP1}$ . The rightmost branch contains a circuit breaker in series with a transformer  $T$ . Arrows indicate the flow of current from the busbar into each branch. Labels  $S_1$  and  $S_2$  are also present near the top of the first two branches.

Pentru scoaterea în reparație, se deschide cupla și se separă întreruptorul defect prin desfacerea legăturilor c și refacerea legăturilor a și b. Se reia funcționarea normală a stației.

[illegible]

Presupunând că se dorește scoaterea în revizie a întreruptorului I1 al circuitului de linie racordat de exemplu la sistemul de bare S1, se creează o a doua cale de alimentare în paralel a circuitului respectiv prin cupla de ocolire, fig.3.12.

Schema de comutație, așa cum este prezentată în fig.3.12, cu ambele tipuri de cuple,

Fig.3.13. Cuple: a – cuplă combinată; b – cuplă combinată simplificată

46



de cuplă transversală (S2, S3, S4 și I închise, S1 deschis), cât și de cuplă de ocolire (S4 deschis). Dezavantajul constă în imposibilitatea folosirii simultane a celor două cuple, fig.3.13.a.

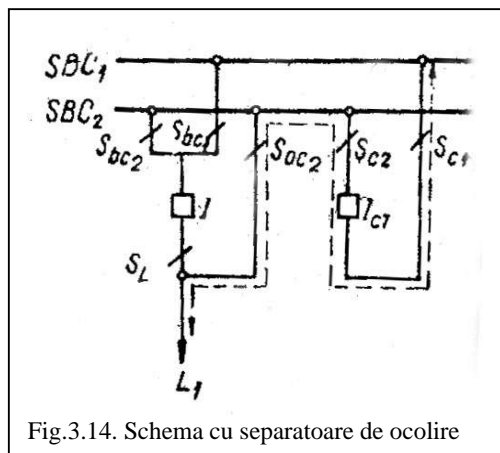


Fig.3.14. Schema cu separatoare de ocolire

b) *Cupla combinată simplificată* economisește un separator față de cupla combinată (fig.3.13.b), cumulând însă dezavantajul de a nu ocoli decât circuitele racordate la unul din sistemele de bare (SBC1 în cazul figurii). Ocolirea și a circuitelor racordate la SBC2 implică trecerea lor prealabilă pe SBC1 folosind la cuplă mai întâi configurație transversală și apoi cea de ocolire.

c) *Schema cu separatoare de ocolire* reține doar cupla transversală, ocolirea având loc cu ajutorul acesteia și al unui separator de ocolire. Este suprimată bara de ocolire propriu-zisă, locul acesteia luându-l chiar o bară colectoare (SBC2 în cazul fig.3.14). O asemenea schemă este deosebit

de economică. Schema prezintă însă dezavantajul că poate folosi cupla doar pentru o singură operație; pe timpul înlocuirii unui întreruptor cupla se blochează împreună cu sistemul 2 de bare, care devine bară de ocolire. Celelalte (n-1) circuite sunt trecute în prealabil pe sistemul de bare SBC1, unde un singur defect scoate din funcțiune toată stația.

### 3.2.3.6. Secționarea longitudinală a barelor colectoare duble

Se recurge la secționarea longitudinală a ambelor sau numai a unuia dintre cele două sisteme de bare din aceleași motive ca în cazul schemelor cu un sistem de bare colectoare.

De obicei se secționează numai un sistem (denumit bară de lucru) în două sau trei secții longitudinale, celălalt sistem (denumit bară de rezervă) rămânând neseționat.

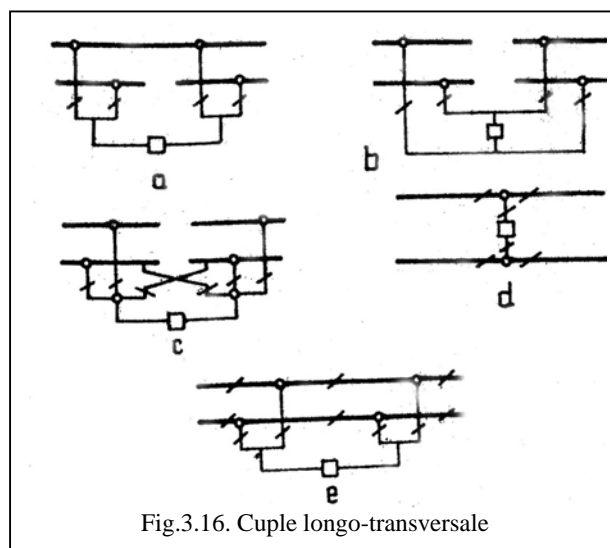
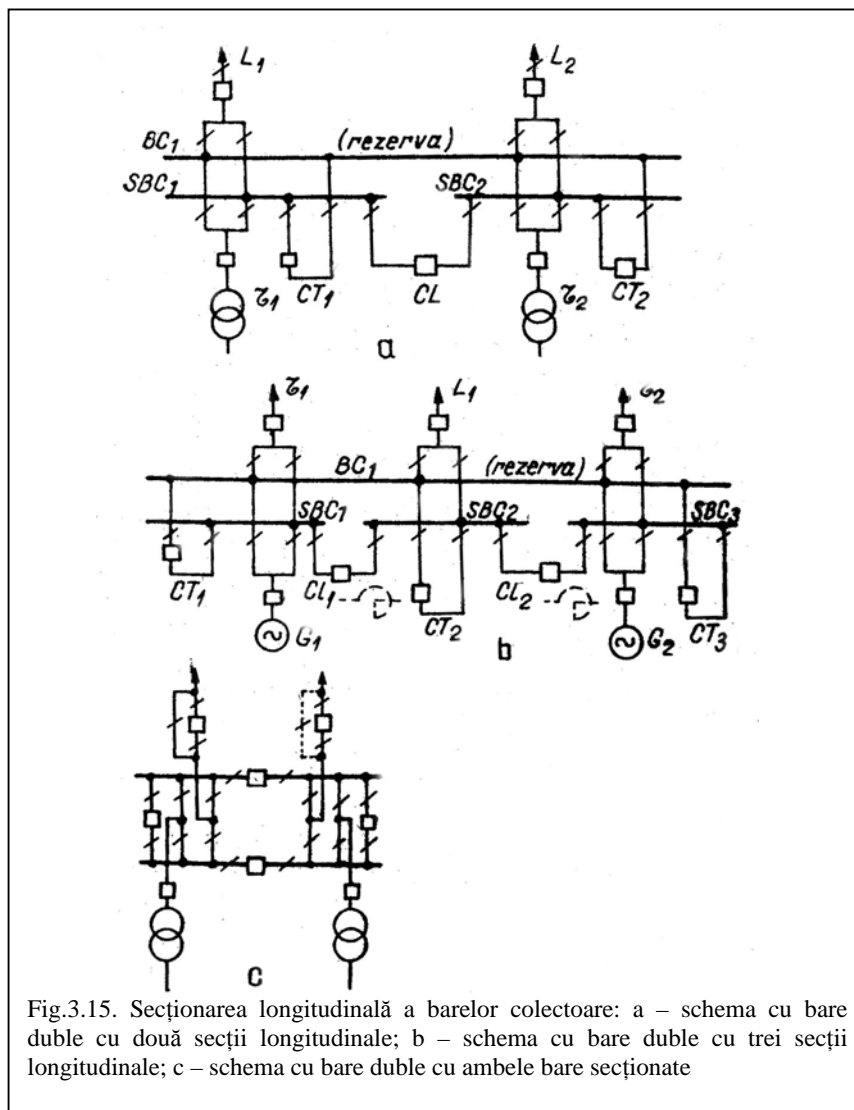
Cu ocazia avarierii unei secții longitudinale, funcționarea este preluată de bara de rezervă prin intermediul circuitelor de cuplă, fig.3.15.a, b.

Uneori se secționează ambele bare colectoare prin câte două separatoare înseriate sau prin celule cu întreruptor, fig.3.15.c.

În anumite situații, în scopul realizării unor economii de investiții prin reducerea numărului de celule de cuplă, se folosesc cuple combinate longo-transversale, fig.3.16.

Realizarea fizică implică însă soluții constructive mai complicate, necesitând spațiu relativ mare sau încrucișări de conductoare care sporesc posibilitatea de apariție a avariilor, cu urmări grave în special pentru cazul celulelor de cuplă.

Întrucât cuplele combinate îndeplinesc mai multe funcțiuni, în timpul exploatării pot apare situații în care cupla rămâne blocată într-o anumită poziție și deci devine indisponibilă pentru cea de a doua poziție.



### 3.2.3.7. Scheme cu bare duble și două întreruptoare pe circuit

Realizează o siguranță mai mare în funcționare. Cu cele două întreruptoare fiecare circuit își continuă funcționarea neîntreruptă cu ocazia reviziei unui întreruptor. Dacă totuși apare un defect chiar într-unul din întreruptoare, după izolarea acestuia prin separatoarele aferente, circuitul respectiv își reia funcționarea prin celălalt întreruptor, fig.3.17. Schema

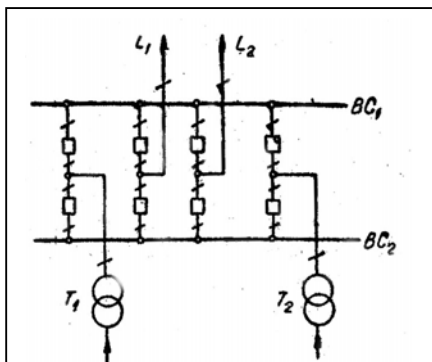


Fig.3.17. Schema cu bare duble și două întreruptoare pe circuit

face economie de un circuit de cuplă, în fond oricare din celulele racordate prin două întreruptoare putând realiza performanțele cuplei.

În funcționarea normală, ambele sisteme de bare sunt sub tensiune și toate întreruptoarele sunt conectate.

Se observă că, în caz de scurtcircuit pe una din bare, funcționarea nu este întreruptă – declanșează toate întreruptoarele racordate la bara respectivă, toate circuitele rămânând în continuare în funcțiune.

În cazul unui defect pe un circuit declanșează ambele întreruptoare aferente.

Toate manevrele de comutare se execută numai cu întreruptoare, separatoarele servind numai pentru scoateri în revizie, fapt care contribuie la creșterea siguranței în funcționare.

Deoarece schema dublează practic echipamentul și prin natura sa mai complicată este supusă erorilor de manevră, prezintă și un important efect contrar celui scontat (de creștere a siguranței). Din aceste motive, schema nu s-a extins prea mult la noi în țară.

În sfârșit, cele două întreruptoare aferente unui singur circuit pot cumula și funcția de secționare a barelor, ca în fig.3.18. Se observă, de asemenea, că nu la toate circuitele revin

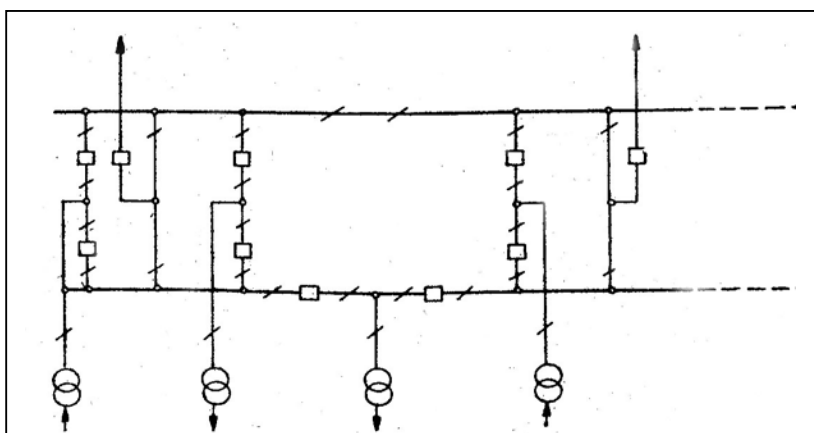


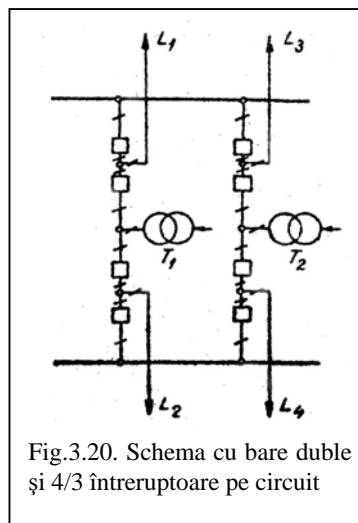
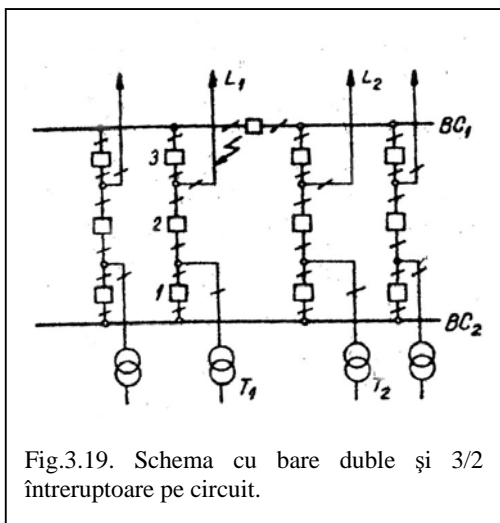
Fig.3.18. Schema cu bare duble secționate și două întreruptoare pe circuit

două întreruptoare, în felul acesta se reduce selectiv investiția fără a diminua siguranța în funcționare a circuitelor considerate importante (de exemplu de transformator).

S-au încercat variante intermediare între schemele cu 1 și cu 2 întreruptoare pe circuit, cu scopul de a reduce investiția.

### 3.2.3.8. Scheme cu bare duble și un număr fracționar de întreruptoare pe circuit

*Schema cu 3/2 întreruptoare pe circuit*, cunoscută și sub denumirea de schemă cu 1 1/2 întreruptoare pe circuit, cumulează practic principalele avantaje ale schemei cu două întreruptoare pe circuit. Totuși, spre deosebire de schema precedentă, dacă se face revizia întreruptorului 1 de exemplu (transformatorul T1 alimentat de la BC1 prin întreruptoarele 2 și



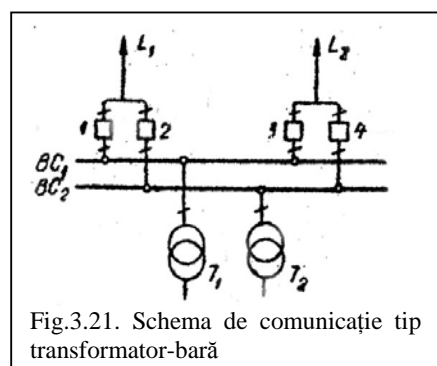
3), la un scurtcircuit pe circuitul de pe aceeași ramură al liniei L1 declanșează ambele întreruptoare 2 și 3, iar transformatorul T1 este întrerupt (pentru scurt timp însă), fig.3.19.

De asemenea, cu ocazia unui defect pe un circuit, deconectează două întreruptoare pentru a-l izola (uzura sporită).

Cu alte cuvinte, schema cu 1 1/2 întreruptoare pe circuit reproduce la scara unei investiții mai reduse principalele avantaje și dezavantaje ale schemei cu 2 întreruptoare pe circuit.

Schema cu 4/3 întreruptoare pe circuit din fig.3.20 realizează o investiție mai apropiată de cazul schemei cu un întreruptor pe circuit pe de o parte, dar pe de altă parte prezintă un risc și mai mare al erorilor de manevră. De asemenea, necesită o dispoziție constructivă mai dificil de realizat. Aceasta explică de ce schema cu 4/3 întreruptoare s-a folosit mai rar decât schema cu 3/2 întreruptoare pe circuit.

Schema transformator-bară este tot o schemă cu bare colectoare duble, situată între schema cu un întreruptor și două întreruptoare pe circuit din punctul de vedere al investițiilor, la care însă fiecare transformator are acces doar la o singură bară colectoare prin separatorul de bare aferent, fig.3.21. În funcționare normală, ambele întreruptoare sunt închise, ambele bare fiind sub tensiune. În timp ce numărul liniilor este variabil, se poate observa că numărul transformatoarelor racordate direct la bară prin separator este fix și egal cu doi.



Schema este interesantă pentru cazul a două circuite de transformator și un număr redus de linii electrice de înaltă tensiune.

### 3.2.3.9. Scheme cu sistem triplu de bare colectoare

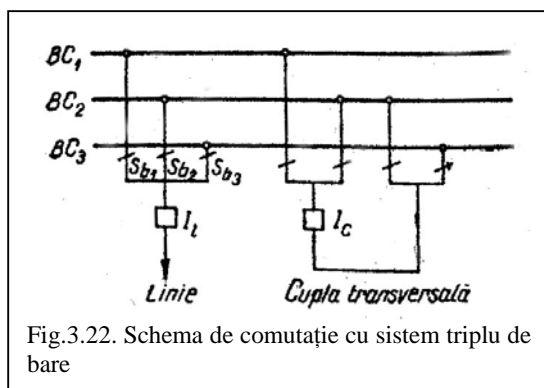


Fig.3.22. Schema de comutație cu sistem triplu de bare

Sunt scheme mai complexe la care fiecare celulă se racordează prin trei separatoare de bare (fig.3.22). Evident un al treilea sistem de bare reprezintă un nod electric suplimentar, cu toate avantajele ce decurg de aici, în special cu ocazia reviziei când stația funcționează ca și cum ar fi echipată cu sistem dublu de bare. În același timp însă, al treilea sistem de bare poate fi sediul unor defecte suplimentare, necesită un spațiu fizic mai mare pentru realizarea câmpului de bare și evident manevrele sunt mai complicate din cauza numărului de separatoare de bare, sensibil

majorat. Ținând seama de dezavantajele enumerate, schema nu s-a bucurat de o răspândire prea mare.

### 3.2.3.10. Scheme în punte (fără bare colectoare)

Se folosesc acolo unde există o configurație cunoscută a stației. Pentru care nu se prevăd, în general, extinderi viitoare. Schema a căpătat o largă extindere în cazul stațiilor electrice de ÎT și FÎT în cazul particular a două blocuri transformator-linie (4 circuite), fig.3.23.

Schemele în punte, denumite și scheme în H, realizează o investiție sensibil mai redusă față de schema obișnuită cu un întreruptor pe circuit; în acest sens, schema mai este cunoscută și sub numele de schema cu  $\frac{3}{4}$  întreruptoare pe circuit.

Ele derivă din schemele bloc, față de care au prevăzută în plus legătura transversală (puntea).

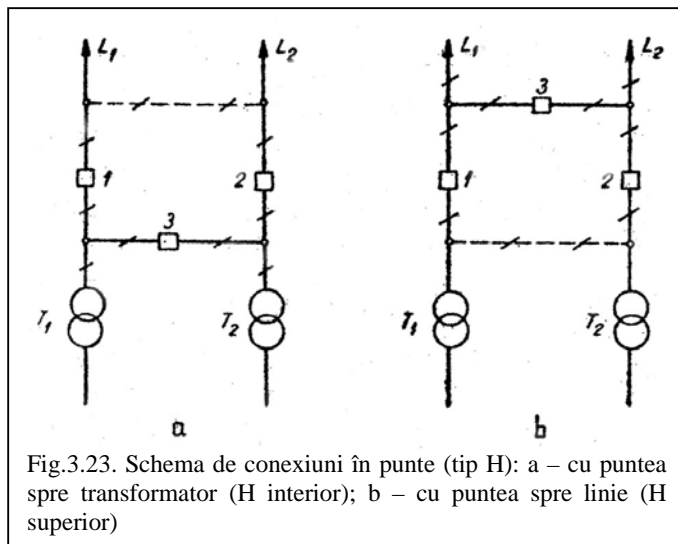


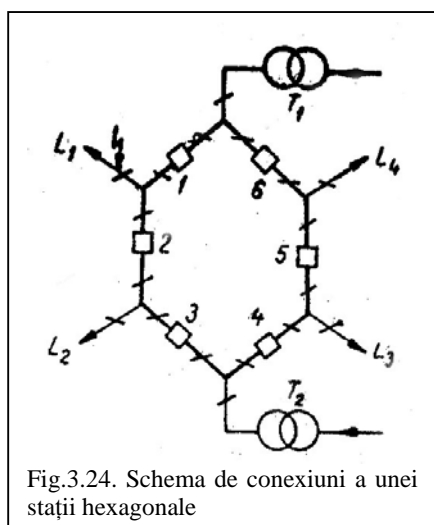
Fig.3.23. Schema de conexiuni în punte (tip H): a – cu puntea spre transformator (H interior); b – cu puntea spre linie (H superior)

La producerea unui defect pe una din linii, deconectează întreruptorul ramurii respective (fig.3.23.a) sau acesta și cel al punții (fig.3.23.b). Din acest motiv, este indicată folosirea schemelor cu punte spre transformator în cazul stațiilor cu linii lungi cu probabilitate sporită de defectare, sau al liniilor electrice mai scurte de medie tensiune realizate cu o siguranță mecanică mai mică, sau al centralelor hidroelectrice îndepărtate. Deconectarea unei linii angajează funcționarea în

suprasarcină a celeilalte, cu ambele transformatoare în funcțiune.

Schemele cu punte spre linie sunt indicate pentru stațiile de transformare unde există manevre dese pe partea transformatoarelor, sau acolo unde probabilitatea defectelor pe linie este redusă. Schemele H superior, cum se mai numesc cele cu punte spre linii, se mai recomandă în cazul în care se face un tranzit de energie important între cele două linii. Se dorește ca acest tranzit de energie să aibă loc printr-un singur întreruptor (b) nu prin trei (a).

### 3.2.3.11. Scheme poligonale

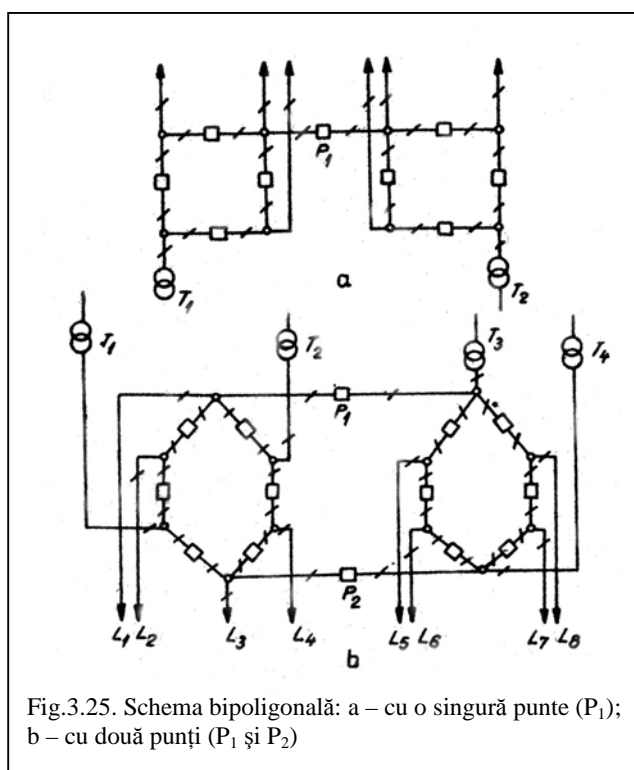


Cunoscute și sub numele de scheme în inel, realizează – fără bare colectoare propriu-zise – o bună parte din avantajele schemelor cu două întreruptoare pe circuit, deși sunt realizate fizic doar cu un întreruptor pe circuit. Sunt denumite și scheme în pătrat, hexagon, decagon, etc. După cum numărul întreruptoarelor este 4, 6, 10, etc.

De fapt, barele colectoare sunt dispuse în inel și secționate cu ajutorul întreruptoarelor după numărul de circuite; la plecările din inel nu se pun întreruptoare, ci doar separatoare. Fiecare întreruptor deserveste două circuite, de exemplu întreruptorul 1 deserveste circuitele T1 și L1 (fig.3.24).

Ca și la schemele cu bare duble și două întreruptoare pe circuit, și schemele în inel permit revizia întreruptoarelor fără întreruperea alimentării; protecția prin relele a unui circuit deconectează ambele întreruptoare adiacente cu ocazia apariției unui defect. În plus, aici ruperea inelului duce la modificarea sensibilă a circulației de curenți, supraîncărcând unele laturi.

Fie un scurtcircuit pe linia L1, izolat prin declanșarea întreruptoarelor 1 și 2. Se deschide imediat separatorul de linie, după care prin închiderea întreruptoarelor se reface inelul. Dacă între timp întreruptorul 6 al transformatorului T1 era în revizie, cu ocazia unui scurtcircuit pe linia L1, transformatorul T1 suferă o scurtă întrerupere în alimentare. Presupunem mai departe că în locul liniei L1 ar fi fost racordat transformatorul T2 și că acest transformator ar fi fost sediul unui defect în timpul reviziei întreruptorului 6. Rezultatul ar fi fost că stația rămânea fără alimentare,



presupunând transformatoarele T1 și T2 ca surse de injecție de energie. Se desprinde deci regula de a dispune circuitele de alimentare pe diagonală.

În funcționare normală inelul este închis.

*Schemele bipoligonale* rezultă prin dezvoltarea schemelor poligonale. Două poligoane sunt legate între ele printr-o singură punte, de obicei când numărul laturilor este mai mic, fig.3.25.a; pentru un număr mai mare de laturi sunt create două punți, fig.3.25.b.

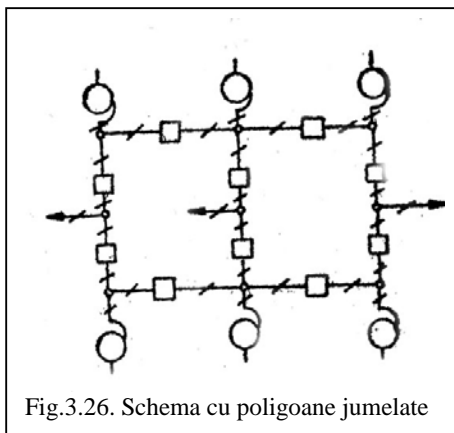


Fig.3.26. Schema cu poligoane jumelate

Se observă că schemele bipoligonale rezolvă una din principalele dificultăți ale schemelor poligonale clasice, și anume dificultățile de extindere.

*Scheme cu poligoane jumelate* rezultă din aplicarea a două sau mai multe poligoane formând o buclă multiplă, mai ușor extensibilă. Se dă de exemplu în fig.3.26 schema unei stații cu poligoane jumelate. Datorită avantajelor remarcabile, schemele poligonale au căpătat o extindere apreciabilă la tensiuni înalte și foarte înalte, unde costul întreruptoarelor este ridicat și se cere o siguranță și elasticitate în funcționare deosebită.

### 3.2.3.12. Scheme pentru stații de racord adânc

O soluție economică pentru alimentarea consumatorilor importanți industriali sau urbani este stația de racord adânc (SRA). Se alimentează din barele stațiilor de 110-220 kV de conexiuni sau transformare ale sistemului

energetic și sunt dimensionate în ideea rezervării 100% atât a racordurilor cât și a unităților trafo.

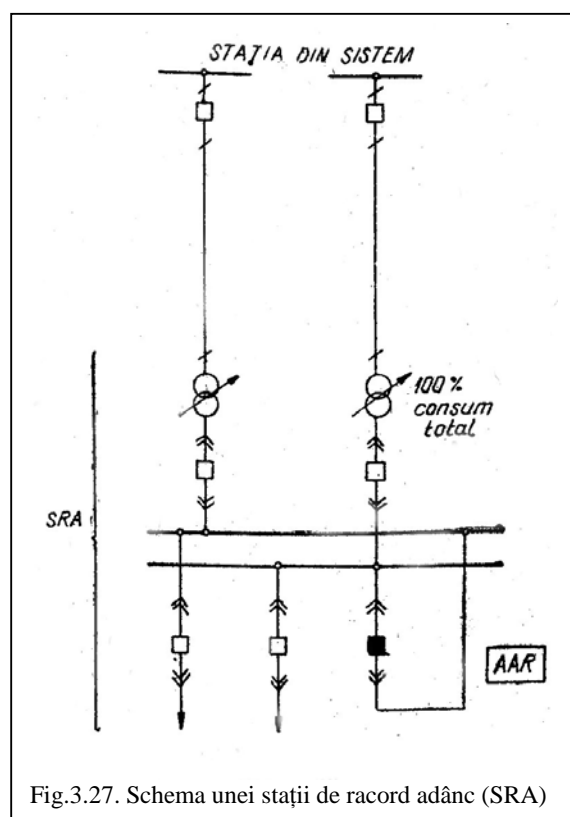


Fig.3.27. Schema unei stații de racord adânc (SRA)

Transformatoarele de forță amplasate aproximativ în centrul de greutate electric al consumatorului (de unde și denumirea de racord adânc) se leagă tip bloc cu racordul din sistem, fără bare colectoare pe partea de ÎT și fără alte legături între căile de alimentare, fig.3.27. În cazul ieșirii din funcțiune a unuia dintre racorduri, secția de bare respectivă de medie tensiune cu consumatorii săi se cuplează automat prin AAR pe secția cu racordul în funcțiune, dimensionat să preia și această sarcină suplimentară.

SRA de obicei se realizează fără personal de exploatare permanent. Comenzile de regim (conectare, deconectare, supravegherea funcționării SRA) se efectuează de la stația principală din sistemul energetic, printr-un fir pilot sau prin canale de înaltă frecvență. Tot prin firul pilot se



transmit semnale preventive referitoare la funcționarea transformatoarelor coborâtoare (semnale gaze, supratemperaturi), ale protecției întreruptoarelor, etc.

În caz de avarie în transformator sau în partea de ÎT a SRA, se transmit impulsuri de declanșare către stația principală din sistem tot prin fir pilot. Se poate renunța la firul pilot, mai ales când SRA este la mare distanță, 100-200 km, prin agravarea voită a defectului din SRA, de către un separator de scurtcircuitare  $S_{SC}$ , montat în locul celui de linie, din schema bloc linie-transformator coborâtor.

## 4. CONDUCTOARE ȘI IZOLATOARE

În stațiile și posturile de transformare se folosesc obișnuit conductoare (bare) neizolate rigide sau conductoare neizolate flexibile.

### 4.1. Conductoare (bare) neizolate rigide

Conductoarele (barele) neizolate rigide sunt realizate, de obicei, din aluminiu sau aliaje de aluminiu și au secțiuni dreptunghiulară, rotundă, tubulară sau alte profiluri, fig.4.1.

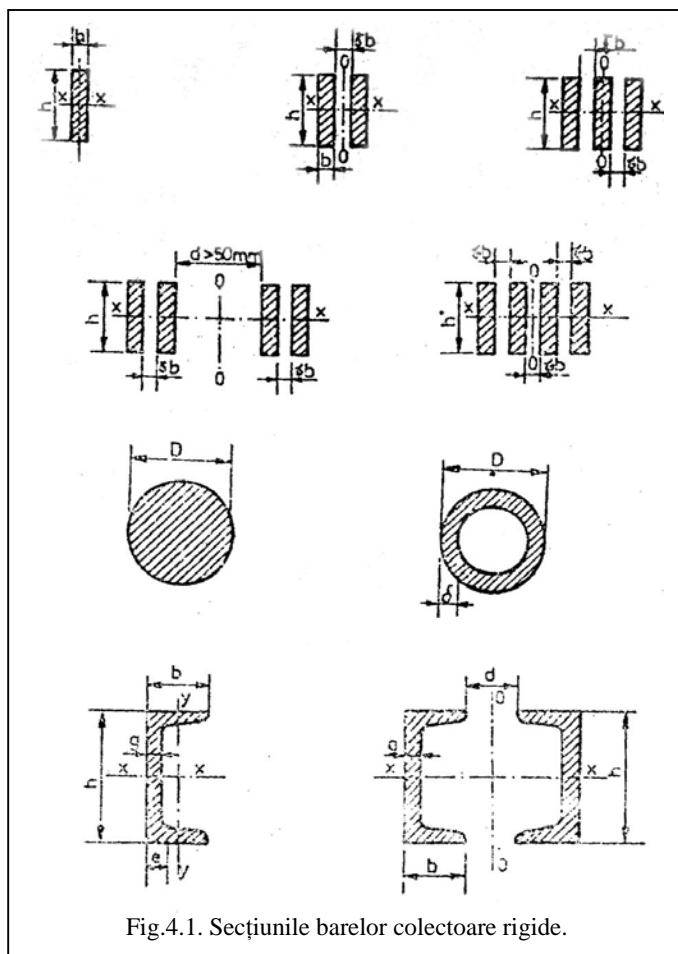


Fig.4.1. Secțiunile barelor colectoare rigide.

Aluminiul are caracteristici electrice și mecanice inferioare cuprului însă este mai ieftin și are o căldură specifică mare, sub acțiunea arcului electric se degajă cantități mici de fum (oxid de aluminiu) care nu este bun conducător de electricitate.

Cuprul are rezistivitate electrică mică și rezistență mecanică mare, dar este scump și se folosește numai în mod excepțional. Se pot folosi totuși conductoare (bare) de cupru la instalațiile cu curenți de scurtcircuit foarte mari, pentru care barele de aluminiu în fabricație nu permit obținerea rezistențelor mecanice necesare, în cazul când din motive constructive trebuie căi de curent cu secțiuni mai mici decât ale celor din aluminiu pentru același curent nominal, dacă trebuie îmbinări prin contact pentru curenți mai mari decât pot suporta barele de aluminiu, când căile de curent sunt supuse unor vibrații mecanice importante la care nu ar rezista barele de aluminiu, sau când

atmosfera este poluată și are acțiune corozivă asupra barelor de aluminiu (în apropierea industriilor chimice, pe malul mării etc.).

Conductoarele (barele) rigide au obișnuit o temperatură maximă de regim de 70 °C.

Conductoarele (barele) pot suporta curenți cu atât mai mici cu cât este mai mare temperatura mediului ambiant. La instalații electrice exterioare trebuie cunoscută temperatura maximă a mediei de 24 ore și temperatura maximă absolută a aerului care apare cel puțin odată la 10-15 ani și se ia din datele climatice statistice ale regiunii în care se amplasează instalația: dacă aceste date climatice nu sunt cunoscute, pentru România se pot lua ca valoare

### *Conductoare și izolatoare*

maximă de scurtă durată temperatura de 40 °C, iar pentru valoarea maximă a mediei pe 24 ore temperatura de 35 °C. Pentru instalațiile electrice interioare se adoptă aceleași temperaturi (40 °C respectiv 35 °C). Curentul maxim de durată ( $I_{md}$ ) al conductorului (barei) trebuie să fie mic sau cel mult egal față de curentul de durată admisibil ( $I_{da}$ ) al conductorului (barei) la temperatura maximă a aerului înconjurător.

$$I_{md} \leq I_{da} \quad (4.1)$$

Curenții de durată admisibili, ( $I_{da}$ ) ai conductoarelor (barelor) sunt indicați în tabele și depind de dimensiunile barelor, secțiune, numărul de bare pe fază, poziție (verticale sau orizontale) dacă sunt vopsite sau nu, dacă au traseul orizontal, dacă sunt străbătute de curent continuu sau alternativ, de material (cupru sau aluminiu), de temperatura maximă a aerului ambiant (35 °C) și temperatura maximă admisă a barei (65 °C), de distanța între bare de pe aceeași fază, de distanța liberă între pachetele de bare, de forma secțiunii barelor, altitudine (până la 1000m) etc. Pentru ca barele (conductoarele) să nu se încălzească reciproc trebuie ca  $a/l > 2$ , unde  $a$  este distanța între axele pachetelor de bare, iar  $l$  – lățimea unui pachet de bare.

Distanța între barele componente a unui pachet de bare (2-3) se ia egală cu grosimea unei bare. În cazul instalațiilor capsulate curenții admisibili sunt mai mici decât cei din tabele datorită lipsei ventilației și sunt dați de constructorul instalației capsulate.

Curenții maxim admisibili ( $I_{da}$ ) ai conductoarelor (barelor) sunt dați în tabele funcție de o serie de condiții ce au fost menționate anterior și care sunt pe larg precizate în literatura de specialitate.

Temperatura maximă admisibilă a unei bare de aluminiu la sfârșitul scurtcircuitului este de  $\theta_{sc} = 180$  °C iar a unei bare de cupru de  $\theta_{sc} = 200$  °C.

Conductorul (bara) îndeplinește condiția de stabilitate termică dacă:

$$S \geq \frac{I_m}{j_t} \quad (4.6)$$

unde:  $I_m$  este curentul echivalent termic de o secundă al curentului de scurtcircuit (curentul care dacă ar străbate bara timp de o secundă ar produce același efect termic ca și curentul real de scurtcircuit în timpul real al scurtcircuitului);  $j_t$  – densitatea de curent admisibilă la scurtcircuit. Determinarea lui  $I_m$  și  $j_t$  se face conform instrucțiunilor. Curentul echivalent termic de o secundă ( $I_m$ ) se determină cu relația (5.7):

$$I_m = I_k \cdot \sqrt{(m+n)t} \quad (4.7)$$

unde:  $I_k$  - valoarea efectivă inițială a componentei periodice a curentului de scurtcircuit;  $m$ ,  $n$  – coeficienți ce țin seama de componenta aperiodică respectiv periodică a curentului de scurtcircuit,  $t$  – durata scurtcircuitului.

Verificarea la eforturi electrodinamice se face pe baza curentului maxim de scurtcircuit trifazat.

Forța exercitată de vânt asupra unei deschideri ( $F_v$ ) se consideră orizontală și se calculează cu relația:

$$F_v = C_v \cdot d \cdot L \cdot \frac{v^2}{163} \quad (4.21)$$

unde:  $C_v$  este coeficient aerodinamic (tabelul 4.15);  $d$  – lățimea proiecției suprafeței conductorului (cu sau fără chiciură) pe un plan vertical, paralel cu axa longitudinală a conductorului;  $L$  – lungimea deschiderii între două puncte de sprijin vecine;  $v$  – viteza vântului (maximă sau în condiții de chiciură).

Rezistența în conductor datorită greutatei proprii respectiv greutatei proprii plus a chiciurei este:

$$\sigma_g = 1,25 \cdot 10^{-3} \cdot \beta \cdot \frac{G \cdot L}{W} \quad (4.22)$$

### *Conductoare și izolatoare*

unde:  $G$  este greutatea totală a pachetului respectiv a pachetului acoperit cu chiciură pe lungimea deschiderii;  $L$ ,  $W$  – cu semnificațiile anterioare.

Se adaugă sarcinile concentrate (de ex. legăturile la aparate).

Rezistența în conductor datorită vântului ( $\sigma_v$ ) este:

$$\sigma_v = 1,25 \cdot 10^{-3} \cdot \beta \frac{F_v \cdot L}{W} \quad (4.23)$$

Rezistența rezultă în bară este:

$$\sigma_{rez} = \sigma_{din} + \sigma_{stat} \quad (4.24)$$

unde  $\sigma_{stat}$  este suma rezistențelor în conductor datorite greutateii proprii, chiciurei și vântului.

## **4.2. Conductoare neizolate flexibile**

Conductoarele neizolate flexibile sunt obișnuit realizate din funie de oțel, aluminiu și mai rar din aluminiu sau aliaje de aluminiu; se mai utilizează conductoare funie din oțel, protejate prin zincare la cald sau alt procedeu împotriva coroziunii, pentru conductoarele de protecție. Dacă atmosfera are acțiune corozivă (pe malul mării, în apropierea industriilor chimice, metalurgice, siderurgice, etc.) se folosesc materiale ce nu sunt atacate de agenții respectivi; această măsură nu este necesară dacă se respectă distanța minimă de protecție față de sursa de contaminare a atmosferei dată de normative (5 km față de malul mării sau al lacurilor saline etc.).

Obișnuit temperatura maximă de regim a conductoarelor flexibile este de  $+70^\circ\text{C}$ . Pe baza datelor climatice statistice ale regiunii de amplasare a stației se determină temperatura maximă a aerului exterior, considerând temperatura maximă absolută ce apare cel puțin odată la 10 ani (pentru  $U_n \leq 110\text{kV}$ ) respectiv la 15 ani (pentru  $U > 110\text{kV}$ ); dacă lipsesc datele climatice statistice pentru România se ia  $+40^\circ\text{C}$  pentru altitudini sub 700m și  $+30^\circ\text{C}$  pentru altitudini peste 700m.

Secțiunea conductorului se alege ca și la bare rigide, astfel încât curentul maxim de durată al circuitului ( $I_{md}$ ) să fie mai mic, cel mult egal față de curentul de durată admisibil  $I_{da}$  al conductorului la temperatura maximă a aerului înconjurător:

$$I_{md} \leq I_{da} \quad (4.35)$$

Dacă curentul maxim de durată al circuitului nu apare când aerul înconjurător are temperatura maximă, se alege o secțiune mai redusă. Dacă conductoarele sunt fasciculare se consideră o repartitie egală a curentului între conductoarele fasciculului.

Stabilitatea termică se determină pentru solicitările cele mai grele, respectiv pentru cea mai mare valoare posibilă a curentului de scurtcircuit, pentru care se calculează curentul mediu echivalent ( $I_m$ ).

La sfârșitul scurtcircuitului se admite o temperatură maximă ( $\theta_{sc}$ ) a conductorului funie supus unei tensiuni mai mici, de  $1 \text{ kgf/mm}^2$  de  $180^\circ\text{C}$  - Al,  $200^\circ\text{C}$  - Cu,  $200^\circ\text{C}$  - OL, iar dacă tensiunea este mai mare de  $1 \text{ kgf/mm}^2$  de  $160^\circ\text{C}$  - OL- Al,  $160^\circ\text{C}$  - Al<sub>drey</sub>,  $130^\circ\text{C}$  - Al,  $170^\circ\text{C}$  - Cu,  $170^\circ\text{C}$  - Cu,  $200^\circ\text{C}$  - OL.

## **4.3. Izolatoare**

Izolatoarele folosite în stațiile și posturile electrice de transformare sunt de suspensie, suport și de trecere. Forma izolatoarelor și materialele folosite la realizarea lor, depinde de nivelul de izolație ce trebuie să-l asigure, de faptul dacă se vor monta în exterior (în aer liber) sau în interiorul unor clădiri și de eforturile mecanice la care vor fi supuse în timpul funcționării.

### *Conductoare și izolatoare*

---

Izolatoarele de suspensie trebuie să aibă un coeficient de siguranță mecanică în raport cu sarcina medie de rupere, când instalația electrică este parcursă de curenți de scurtcircuit, de minimum 2, iar la stările I, II, III, IV de minimum 4. Se consideră că efortul de tracțiune asupra izolatoarelor de suspensie, determinat pe baza calculului mecanic al conductoarelor, este aproximativ egal cu  $H$ .

Izolatoarele suport și cele de suspensie, trebuie să aibă un coeficient de siguranță mecanică în raport cu sarcina nominală de ținere, când instalația electrică este parcursă de curenți de scurtcircuit de minimum 1,25.

Izolatoarele nu admit în general eforturi de tracțiune și ca urmare trebuie astfel montate în instalația electrică încât forța  $F_i$  exercitată la scurtcircuit asupra izolatorului să fie perpendiculară pe axul izolatorului sau dirijată în lungul său.

Întreprinderea producătoare a izolatoarelor, garantează pentru acestea o forță de ținere  $F$ , când  $F_i$  este perpendiculară pe axul izolatorului, în funcție de distanța forței față de capătul izolatorului ( $h$ ), printr-o diagramă de forma celei din fig.4.19, unde porțiunea AB corespunde ruperii pe linia b-b' iar porțiunea BC corespunde ruperii pe linia a-a'.

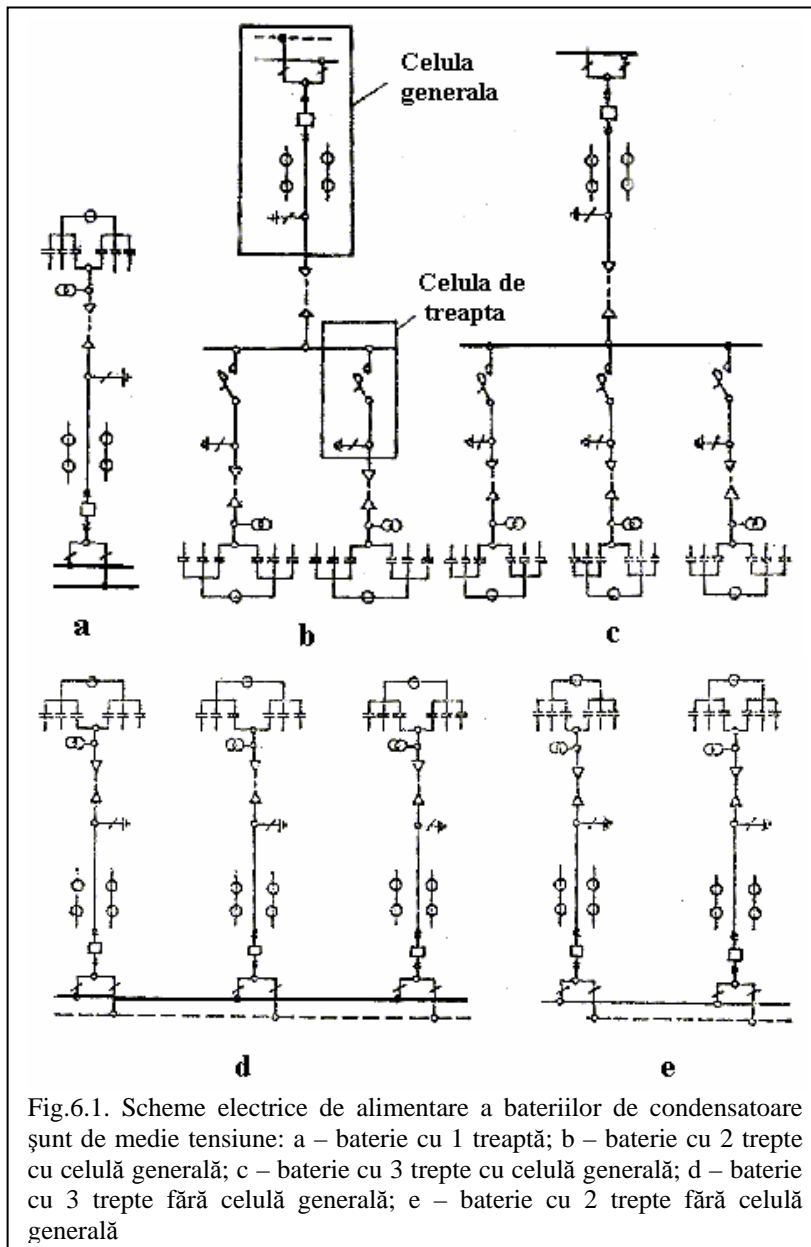
La izolatoarele de trecere, curentul de sarcină maximă de durată ce trece prin izolator ( $I$ ), trebuie să fie mai mic, cel mult egal cu cel nominal indicat de furnizor ( $I_n$ ):  $I \leq I_n$ .

Izolatoarele de trecere trebuie de asemenea să aibă stabilitate termică la scurtcircuit, deci curentul echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit ( $I_{t_{sc}}$ ), să fie mai mic, cel mult egal, cu cel de stabilitate termică de 1 s ( $I_{lt}$ ), garantat de producător:  $I_{t_{sc}} \leq I_{lt}$ .

# BATERII DE CONDENSATOARE ȘI BOBINE DE REACTANȚĂ

## 1. Baterii de condensatoare

Bateriile de condensatoare (șunt), se montează obișnuit în instalațiile trifazate de medie tensiune ale stațiilor coborâtoare de 110 kV/MT în conexiune



stea când sistemul energetic din zonă prezintă regim deformant sub 5%; pentru modificarea (reglajul) circulației de putere reactivă se folosesc una sau mai multe trepte de puteri egale ce se comută manual sau automat.

O instalație de condensatoare este un ansamblu de instalații electrice, format din bateria de condensatoare, celulele de medie tensiune de alimentare, cablurile de racordare și dulapurile de comandă și protecție. Bateria de condensatoare (sau baterie, treaptă) este un ansamblu de unități monofazate racordate între ele electric și formează un sistem de conexiuni trifazate. Un condensator (sau unitate) este un ansamblu format din unul sau mai multe elemente așezate într-o singură cuvă și legate la bornele de ieșire. Un element de condensator (sau element) este partea invizibilă a unui condensator, formată din armături separate printr-un dielectric.

Prin nivel de izolație al unei baterii de condensatoare se înțelege o combinație a valorilor tensiunilor de încercare la frecvență industrială și la impuls ce caracterizează aptitudinea izolației de a suporta solicitările dielectrice între bornele de ieșire ale bateriei și părțile metalice legate la pământ. Puterea nominală a condensatorului ( $Q_c$ ) este puterea reactivă la tensiunea nominală și la frecvența nominală, pentru care a fost realizat condensatorul. O celulă generală de MT, este o celulă de condensator, racordată direct la bornele principale ale stației de distribuție și destinată alimentării unei baterii de condensatoare cu mai multe trepte de putere. O celulă de treaptă de medie tensiune este o celulă de condensator, racordată direct la bornele principale ale stației de distribuție și destinate alimentării unei baterii de condensatoare cu mai multe trepte.

În fig.6.1 sunt prezentate diferite scheme electrice de alimentare a bateriilor de condensatoare pentru celule generale și de treaptă.

### 1.1. Schemele electrice de alimentare și de conexiuni ale bateriilor de condensatoare

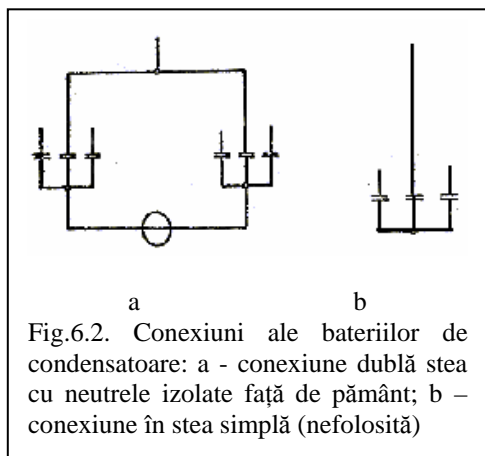


Fig.6.2. Conexiuni ale bateriilor de condensatoare: a - conexiune dublă stea cu neutrele izolate față de pământ; b – conexiune în stea simplă (nefolosită)

Bateriile de condensatoare de medie tensiune (6, 10, 20 kV) pot fi cu una, două sau maximum trei trepte, cu sau fără celulă generală și sunt alimentate prin cablu de la celulele de condensator ale instalației de distribuție de medie tensiune, celule echipate cu diverse aparate, conform fig.6.1. Se folosește sau nu celulă generală funcție de spațiul disponibil în clădirea stației de distribuție de medie tensiune și de rezultatul comparației tehnico-economice a celor două variante. Celula generală poate avea celule de treaptă echipate cu întreruptor (fig.6.1.a) sau contactor

(fig.6.1.b,c).



Bateriile de condensatoare trifazate sunt de medie tensiune se amplasează obișnuit în exterior (cu excepția cazului când zona are grad ridicat de poluare) și conexiunea lor se face de obicei în dublă stea cu neutrele izolate față de pământ, cu transformator de curent pe legătura dintre neutru (ce alimentează o protecție diferențială împotriva defectelor interne din condensatoare), conform fig.6.2.a. Nu se realizează conexiunea în stea simplă a bateriilor de condensator (fig.6.2.b) deoarece la defecte interne în unități nu poate fi asigurată protecția.

Dacă tensiunea unui condensator este inferioară tensiunii nominale a rețelei, se conectează în serie pe fază mai multe unități iar dacă trebuiesc puteri mai mari decât cele corespunzătoare unităților, acestea se conectează în paralel pe fază,

conform fig.6.3.

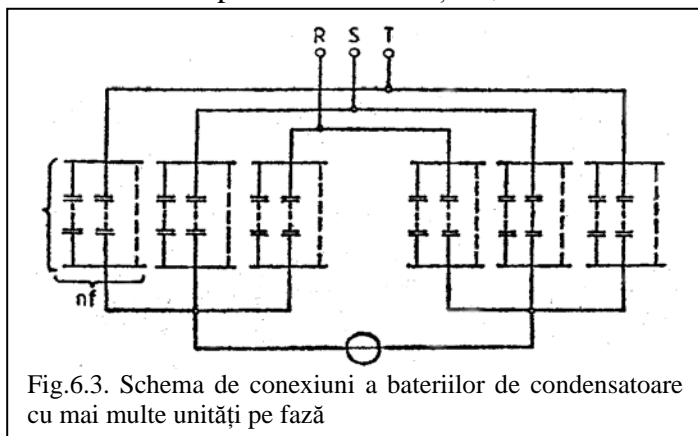


Fig.6.3. Schema de conexiuni a bateriilor de condensatoare cu mai multe unități pe fază

Pentru a folosi un număr redus de condensatoare se folosesc unități monofazate de 100 kVAR cu care se realizează obișnuit puteri până la 3 MVAR pe treaptă la 6 și 10 kV și până la 6 MVAR la 20 kV.

## 1.2. Alegerea și dimensionarea bateriilor de condensatoare

Bateriile de condensatoare se folosesc pentru compensarea puterii reactive.

Dimensionarea bateriilor de condensatoare și amplasarea lor se face pe baza analizei structurii sistemului energetic din zonă, curbei de sarcină reactivă pe 24 ore și a măsurătorilor armonicilor superioare, stabilindu-se dacă bateria este cu o treaptă sau cu mai multe trepte (la puteri de peste 1,2 MVAR). Dacă în locul de amplasare sunt armonici de ordinul 5 și 7, proiectantul trebuie să prevadă viitoarea instalație și cu filtre de armonici.

Conectarea, deconectarea și descărcarea automată a bateriilor este însoțită de fenomene tranzitorii.

Conectarea bateriilor de condensatoare produce un curent de șoc. Dacă curentul de șoc este prea mare se crește lungimea cablurilor de racord.

Șocul de tensiune ce apare la conectarea bateriilor de condensatoare trebuie să fie mai mic cu 3% ca tensiunea nominală a rețelei. Dacă se depășește limita admisă a șocului de tensiune bateria trebuie să funcționeze în trepte.

Bateriile de condensatoare se conectează numai dacă sunt complet descărcate, deoarece în caz contrar pot apare suprapresiuni și supracurenți mari care pot să deterioreze instalația electrică și chiar să perturbeze parțial sistemul energetic.

Bateriile de condensatoare se prevăd cu instalații fixe de descărcare automată care sunt astfel dimensionate încât după maximum 5 min de la deconectare să reducă tensiunea sub 50 V. Instalația de descărcare este formată din înfășurările a două transformatoare de tensiune bifazate legate în triunghi deschis și racordate direct la bornele bateriei de condensatoare.

Capacitățile condensatoarelor repartizate pe fază trebuie să aibă o abatere maximă de 10% dacă puterea nominală este de până la 3 MVAR și de maximum 5% dacă puterea nominală este de peste 3 MVAR.

### 1.3. Instalarea bateriilor de condensatoare

Bateriile de condensatoare și conductoarele pentru alimentarea lor trebuie să aibă un nivel de izolație corespunzător tensiunii instalației unde se montează. Dacă nivelul de izolație al unităților este mai mic ca al bateriei (unități în serie pe fază), trebuie izolate suplimentar unitățile sau stativele.

Bateriile de condensatoare se montează obișnuit în exterior, cu împrejmuire cu panouri cu plasă din sârmă a fiecărei trepte de putere (pentru a putea lucra la o treaptă când cealaltă este în funcție) și poartă cu blocaj electromagnetic, pe stative metalice din oțel, protejate împotriva coroziunii și fixate în fundații de beton prin intermediul unor suporturi izolante ce realizează atât izolația fazelor cât și cea față de pământ. Stativele se leagă la centura de punere la pământ (direct dacă stativul este neizolat sau printr-un cuțit de legare la pământ dacă stativul este izolat față de pământ).



Fig.6.5. Baterie de condensatoare într-o stație electrică exterioară

Condensatoarele trebuie descărcate (prin scurtcircuitarea bornelor cu o ștangă izolată) măsurate și apoi sortate pentru a realiza la montaj ramuri cât mai echilibrate.

Montarea condensatoarelor se face obișnuit în poziție verticală, pe stative în locuri fără vibrații sau șocuri, cu legături la aparate din bare rigide de aluminiu sau conductoare flexibile de oțel-aluminiu și legături între ele din conductoare flexibile pentru ca bornele să nu fie solicitate. Cuvele condensatoarelor se leagă galvanic cu stativele metalice în carcasele aparatelor din incintă, cutiile terminale ale cablurilor și împrejmuirea metalică a bateriei se leagă la priza de pământ a bateriei (situată în exteriorul incintei și legată la priza stației). Dacă este prevăzută de fabricant protecția condensatoarelor de radiație solară, se execută un parasolar din material ușor, rezistent la foc și intemperii. În incintă se mai montează transformatoarele de măsură și instalația de descărcare automată. Pentru protecția bateriei contra supratensiunilor atmosferice, amplasamentul bateriei trebuie să fie în zona de protecție a stației.

În interior, bateriile de condensatoare se montează de asemenea pe stative metalice fixate în pardoseală. Încăperea unde se instalează condensatoarele trebuie prevăzută cu ventilație naturală, cu goluri de admisie și evacuare. Dacă ventilația naturală nu este satisfăcătoare se realizează ventilație mecanică.

Bateria de condensatoare trebuie montată într-o încăpere uscată, protejată contra incendiului și exploziilor, fără gaze agresive și neexpusă temperaturilor ridicate. Bateria trebuie amplasată astfel încât să nu fie expusă luminii directe solare, prin ferestre. Dacă încăperea are lungimea de peste 10 m trebuie prevăzută cu uși la ambele capete.

#### **1.4. Întreținerea și exploatarea bateriilor de condensatoare**

Conectarea la rețea a bateriilor de condensatoare încărcate poate produce supratensiuni și supracurenți și ca urmare este admisă conectarea lor numai în stare complet descărcată iar după deconectare de avarie, conectarea este admisă numai după înlăturarea cauzelor ce au produs deconectarea.

Când urmează a se efectua lucrări la baterie, după descărcarea automată trebuie făcută și descărcarea suplimentară de 5 s cu ștangă izolată și scurtcircuitarea bornelor condensatorului.

În timpul funcționării trebuie efectuat zilnic controlul vizual al bateriei urmărind zgomotele, scurgerile de dielectric ca și bombarea cuvei. Un condensator defect trebuie scurtcircuitat cu un conductor ce leagă bornele și cuva, conductor ce se păstrează și în timpul transportului.

Condensatoarele nu prezintă pericol de incendiu dar prezintă pericol de explozie și ca urmare amplasarea lor lângă căile cu circulație frecventă trebuie evitată. Lucrările la instalația de condensatoare se execută cu întreruperea totală a tensiunii.

În timpul cât bateria de condensatoare nu este conectată la rețea trebuie legată la pământ (prin cuțite sau scurtcircuitoare).

## 2. Bobine de reactanță

În instalațiile de distribuție de medie tensiune curenții de scurtcircuit pot atinge valori foarte mari și datorită distanței relativ reduse dintre faze solicitările electrodinamice ce apar pot fi foarte importante.

Reducerea curentului de scurtcircuit și implicit a solicitărilor determinate de acesta, conduce la alegerea unor elemente de circuit mai puțin supradimensionate față de regimul normal de funcționare. În acest scop se folosesc așa numitele metode practice de reducere a curenților de scurtcircuit care se bazează pe creșterea reactanței dintre sursă și locul de defect. Creșterea reactanței conduce însă la pierderi mai mari de energie și la căderi mai mari de tensiune în regim normal de funcționare și ca urmare s-au căutat soluții care să conducă la o comportare diferită a elementelor de limitare în regim normal față de regimul de scurtcircuit.

Creșterea reactanței circuitului se poate obține prin alegerea de generatoare și transformatoare cu reactanță de scurtcircuit mai mare sau introducerea unor reactanțe suplimentare ce se numesc bobine de reactanță.

Alegerea unor generatoare sau transformatoare cu reactanță de scurtcircuit mai mare, conduce însă la pierderi suplimentare de energie și la variații de tensiune relativ mari și ca urmare această soluție este foarte puțin folosită.

Montarea bobinelor de reactanță în diferite puncte ale schemei electrice conduce la pierderi suplimentare de energie relativ mai mici și asigură menținerea unui anumit nivel de tensiune în amonte (trebuie asigurată o tensiune de minimum  $0,7 U_n$  pentru a menține în funcțiune motoarele din circuit). Dacă se folosesc bobine de reactanță secționare (jumelate), sau bobine de reactanță asociate cu limitatoare de curent, pierderile suplimentare de energie din regim normal de funcționare pot fi foarte mici sau chiar nule, bobinele de reactanță intervenind eficace în regim de scurtcircuit când limitează mult curentul de scurtcircuit. Ca urmare metoda practică curent folosită este montarea în circuite a bobinelor de reactanță.

Bobinele de reactanță folosite în circuitele primare se construiesc fără miez de oțel, pentru menținerea inductanței constante și evitarea saturației în regim de scurtcircuit.

Bobinele de reactanță se construiesc în beton de tip interior. Bobinajul se execută din conductoare flexibile, multifilare din aluminiu sau cupru, izolate. Distanța între spire este păstrată cu ajutorul unor coloane de beton. Bobinele monofazate sunt așezate pe izolatoare suport și sunt prevăzute cu borne de racord.

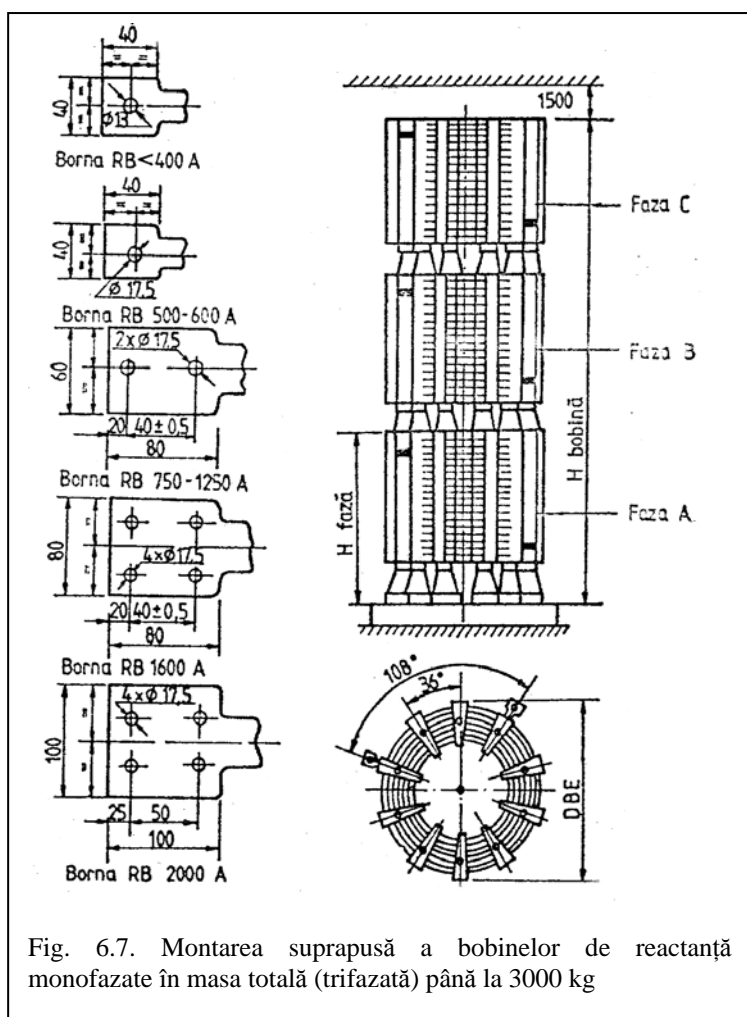


Fig. 6.7. Montarea suprapusă a bobinelor de reactanță monofazate în masa totală (trifazată) până la 3000 kg

Dacă cele trei bobine monofazate (livrate în set de trei faze identice) au masa de până la 3000 kg, se montează suprapuse pe verticală (etajat) iar dacă au peste 3000 kg se montează cu fazele în plan orizontal conform fig.6.7 și 6.8. La montarea suprapusă a bobinelor monofazate, bobina din mijloc – B – se execută cu înfășurarea în sens invers decât celelalte faze – A și C – pentru a se reduce eforturile electrodinamice.

## 2.1. Scheme cu bobine de reactanță

Bobinele de reactanță sunt de bare și de linie. Bobinele de reactanță de bare se conectează între secțiunile de bare sau la secțiunile de bare conform fig. 6.9.a,bc, și limitează curentul de scurtcircuit al întregii instalații iar bobinele de reactanță de linie se conectează în serie pe linie (în celula de plecare) și limitează curentul de scurtcircuit pe linie și mențin nivelul de tensiune necesar în amonte, conform fig.6.9.d,e,f,g,h.

Bobinele de reactanță de bare când se montează între secțiunile de bare (pe cupla longitudinală) conform fig.6.9.a, se mai numesc și bobine de reactanță (reactoare) de secție și limitează curenții de scurtcircuit din rețea ( $k_1$ ), de pe barele colectoare ( $k_2$ ) și în circuitul generatorului ( $k_3$ ). În regim normal de funcționare, dacă consumul pe secții este echilibrat de puterile injectate, circulația de puteri între secții este redusă și astfel pierderile în bobinele de reactanță sunt mici.

Dacă bobinele de reactanță (reactoarele) de bare se montează în serie cu transformatoarele de putere, conform fig.6.9.b,c, se limitează curenții de scurtcircuit în rețea ( $k_1$ ) și pe bare ( $k_2$ ). În fig.6.9.c bobina de reactanță este secționată.

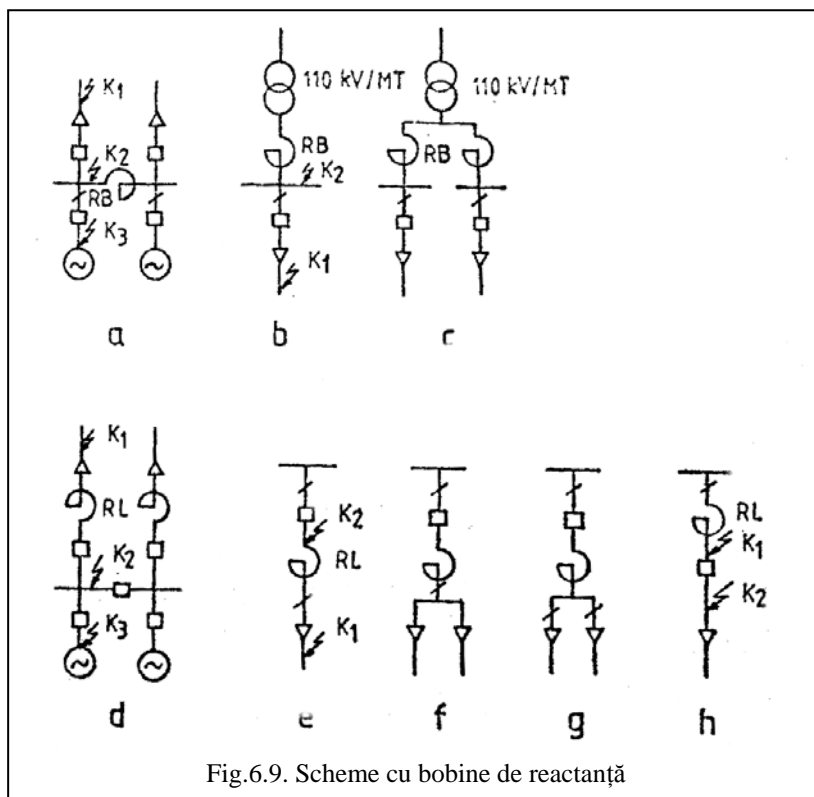


Fig.6.9. Scheme cu bobine de reactanță

Bobinele de reactanță de linie (fig.6.9.d,e,f,g,h) limitează numai curenții de scurtcircuit din aval deci pe linie și nu limitează curenții de scurtcircuit de pe bare și din circuitul generatorului (fig.6.9.d).

Bobinele de reactanță de linie se montează obișnuit în aval de întreruptor și astfel acesta va fi mai puțin dimensionat. Teoretic există posibilitatea apariției unui scurtcircuit între întreruptor și bobina de reactanță de linie (în  $k_2$ , fig.6.9.e), deci întreruptorul nu va putea deconecta și va trebui să deconecteze următorul întreruptor din amonte. Practica arată însă că probabilitatea apariției unui scurtcircuit între bobine și întreruptor (unde se folosesc obișnuit bare rigide) este foarte mică și ca urmare prescripțiile admit ca echipamentul electric de la barele colectoare și până la bobine (fig.6.9.e) să se aleagă în funcție de curentul de scurtcircuit de după bobină. Există și varianta de montare a bobinelor de reactanță

în amonte de întreruptor (ca în fig.6.9.h), dar în acest caz separatorul de bare al liniei ar trebui deschis sub sarcina corespunzătoare funcționării bobinei în gol și deci la apariția unui defect chiar într-o bobină de reactanță, acesta nu s-ar putea separa prin deschiderea separatorului de bare; ca urmare această variantă este mai puțin folosită și anume atunci când pe barele stației puterea de scurtcircuit este apropiată sau chiar este mai mare ca puterea de rupere a întreruptorului. În acest caz trebuie să declanșeze întreruptorul dinspre sursă (din amonte).

Pentru consumatori de putere mare, importanți pot fi folosite bobine de reactanță simple ce alimentează doi fideri, pe fiecare din aceștia putând fi separatoare de linie (fig.6.9.g) sau separator de linie unic (fig.6.9.f).

Se folosesc de asemenea scheme cu bobine de reactanță de bare și bobine de reactanță de linie.

## 2.2. Alegerea și verificarea bobinelor de reactanță

Bobinele de reactanță au parametrii principali, tensiunea nominală ( $U_m$ ), curentul nominal ( $I_m$ ), reactanța procentuală nominală ( $X_r\%$ ) și pierderea relativă de tensiune ( $\Delta U_f\%$ ).

Tensiunea nominală trebuie să fie egală cu tensiunea maximă de serviciu a instalației unde se va monta bobina de reactanță. Curentul nominal trebuie să fie cu puțin mai mare ca valoarea curentului maxim de durată al circuitului.

Reactanța procentuală nominală se calculează cu relațiile:

$$X_r\% = \frac{X_r}{X_n} 100 = \frac{X_r}{\frac{U_{rn}}{\sqrt{3} \cdot I_{rn}}} = \frac{\sqrt{3} \cdot X_r I_{rn}}{U_{rn}} 100 = \frac{\Delta U_f \sqrt{3}}{U_{rn}} 100 \quad (6.8)$$

$$\text{unde: } X_r = L_r \omega \quad [\Omega] \quad (6.9)$$

este reactanța unei faze a bobinei de reactanță.

Deci reactanța procentuală nominală este căderea de tensiune inductivă dintr-o fază a bobinei de reactanță, când aceasta este parcursă de curentul său nominal ( $I_m$ ), înmulțită cu 100 și raportată la tensiunea sa nominală ( $U_m$ ).

Obișnuit,  $X_r\%$  este între 3% și 10%.

Pierderea de putere activă în bobină este obișnuit de 0,2% până la 0,3% din puterea bobinei deoarece rezistența lor este foarte mică.

Bobina de reactanță simplă are aceeași valoare a reactanței atât în regim normal cât și în regim de scurtcircuit, ceea ce constituie un dezavantaj important, datorită căderilor mari de tensiune și a consumului mare de energie în regim normal.

Inconveniența utilizării bobinelor de reactanță simple a condus la alte soluții și anume:

- șuntarea în regim normal de funcționare, a bobinelor de reactanță simple, cu elemente limitatoare de curent;
- folosirea de bobine de reactanță cu priză mediană (numite și secționate sau jumelate);

- limitatoare de curent cu elemente neliniare;
- secționarea nodurilor din stațiile de conexiuni sau metode care se asociază cu secționarea.

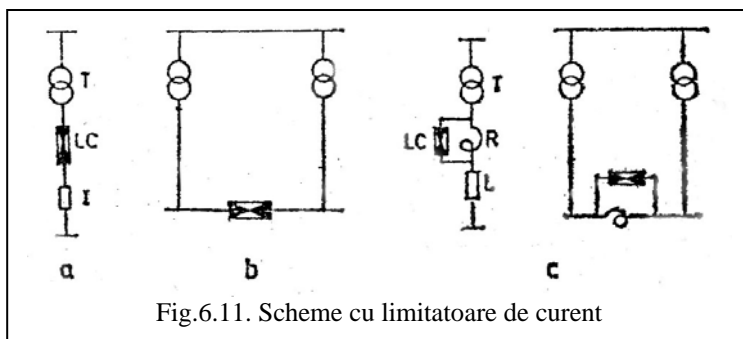


Fig.6.11. Scheme cu limitatoare de curent

Folosirea bobinelor de reactanță simple asociate cu limitatoare de curent se bazează pe caracteristicile de funcționare ale limitatoarelor de curent ce sunt formate dintr-o capsă explozivă și un

amorsor care este sensibil nu la valoarea curentului ci la panta acestuia și are un timp de întrerupere foarte mic. Amorsorul introdus în circuit, conform fig.6.11 va întrerupe circuitul (a) sau îl va secționa longitudinal (b), înainte de apariția curentului de șoc. Dacă limitatorul de curent este asociat cu o bobină de reactanță simplă (c) în regim normal de funcționare bobina este șuntată, iar la apariția unui șoc de curent (scurtcircuit), cartușul limitatorului explodează și introduce în circuit bobina de reactanță. Astfel în regim normal de funcționare, bobina de reactanță nu este practic străbătută de curent, deci nu sunt pierderi, respectiv, variații mari de tensiune, ea fiind introdusă în circuit numai la variații mari de curent (scurtcircuit).

Bobinele de reactanță jumelate sunt realizate din două circuite paralele, fiecare cu o reactanță inductivă proprie  $X_1$  și una mutuală  $X_m$  ce depinde de valoarea curentului din al doilea circuit.

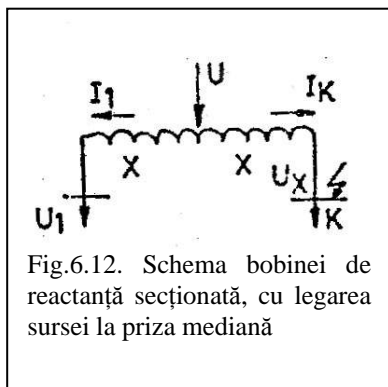


Fig.6.12. Schema bobinei de reactanță secționată, cu legarea sursei la priza mediană

Bobinele de reactanță jumelate au la mijlocul înfășurării o priză, la care obișnuit se leagă sursa, iar la capete se racordează consumatorii, conform fig.6.12. Constructiv bobina de reactanță jumelată este asemănătoare bobinei de reactanță simplă.

Considerăm bobina de reactanță secționată ce alimentează două circuite independente simetrice (fig.6.12).

În regim normal de funcționare, căderea de

tensiune pe ramurile bobinei va fi:

$$U = \frac{1}{2}(XI - mXI) = \frac{1}{2}XI(1 - m) = \frac{I}{2}X' \quad (6.17)$$

unde:  $X' = X(1 - m)$  este reactanța echivalentă a unei ramuri în regim simetric de încărcare a celor două ramuri;  $m$  – coeficient numit de cuplaj, ce este dat de furnizor și obișnuit are valoarea 0,5.

Reactanța echivalentă în regim normal de funcționare este deci cu atât mai mică cu cât factorul de cuplaj ( $m$ ) între ramurile înfășurării este mai mare.



În cazul când sursa este conectată la priza mediană (A) și unul din capetele bobinei apare un scurtcircuit, curentul din ramura avariata devine mult mai mare ( $I_k$ ) decât cel de pe ramura sănătoasă iar căderea de tensiune pe ramura avariata devine:

$$U_k = XI_k - X_m I_1 \approx XI_k \quad (6.19)$$

Așadar, în regim de scurtcircuit, reactanța echivalentă a unei ramuri, în cazul unui scurtcircuit la capătul ei, este:

$$X_k \approx X > X' = X(1-m); \quad \frac{X_k}{X'} = \frac{1}{1-m} > 1 \quad (6.20)$$

O bobină de reactanță secționată este cu atât mai bună cu cât factorul de cuplaj este mai mare. Se impune însă condiția de a conecta cele două ramuri la circuite independente, deoarece în caz contrar, la apariția unui scurtcircuit, curenții de pe cele două ramuri vor fi egali, iar reactanța echivalentă va fi tot  $X'$ . Bobinele de reactanță secționate au și avantajul unui consum mai redus de energie reactivă în raport cu bobinele de reactanță simple.

Un alt mijloc de limitare a curentului de scurtcircuit este cel de a introduce în serie pe circuit un element neliniar a cărui reactanță să fie cât mai mică în regim normal de funcționare și cât mai mare în regim de scurtcircuit.

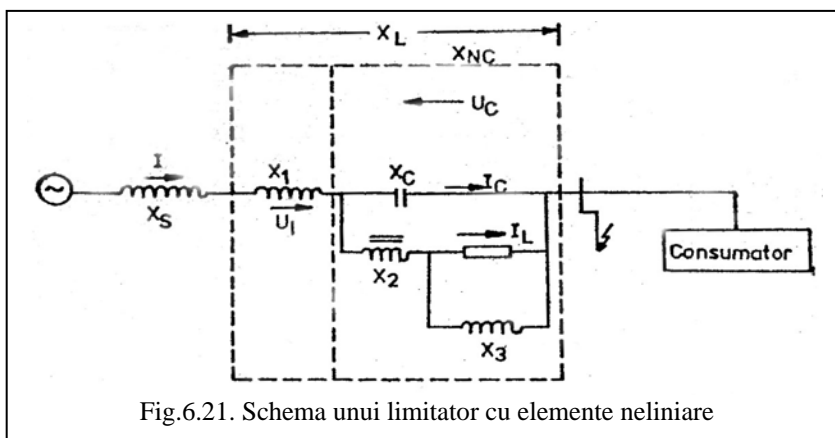


Fig.6.21. Schema unui limitator cu elemente neliniare

În fig.6.21 este prezentată schema unui astfel de limitator cu elemente neliniare unde  $X_s$  este reactanța sursei,  $X_1$  – reactanța liniară a limitatorului,  $X_c$  – reactanța capacitivă,  $X_2$  și  $X_3$  – reactanțele unor bobine neliniare,  $X_{NL}$  – reactanța neliniară a limitatorului,  $X_L$  – reactanța totală a limitatorului de curent. În regim normal de funcționare  $X_2$  și  $X_3$  au valori foarte mari astfel că practic  $X_{NL}=X_c$ . Se alege  $X_c=X_1$  și astfel în regim normal de funcționare este compensată reactanța liniară  $X_1$  de reactanța capacitivă  $X_c$  ( $X_1=X_c$ ) și reactanța totală a limitatorului este practic nulă ( $X_L=0$ ). În cazul unui scurtcircuit în punctul k, curentul crește, bobinele neliniare se saturează și reactanțele  $X_2$  și  $X_3$  se reduc progresiv șuntând reactanța capacitivă  $X_c$ , se anulează compensarea reactanței  $X_1$  și astfel se va limita curentul de scurtcircuit. Când scurtcircuitul dispare, reactanțele  $X_2$  și  $X_3$  recapătă valori foarte mari și  $X_c$  compensează pe  $X_1$ .

### **2.3. Instalarea bobinelor de reactanță**

Bobinele de reactanță în beton (de tip uscat) se instalează numai în instalații de distribuție interioare într-un mediu ambiant fără gaze, acizi, praf bun conducător de electricitate, vapori de apă, etc., cu umiditate relativă a aerului de până la 80% la temperatura de  $+35^{\circ}\text{C}$  și pot funcționa la temperaturi între  $-25^{\circ}\text{C}$  și  $+40^{\circ}\text{C}$  și altitudini de până la 1000 m.

Încăperea unde se montează bobinele de reactanță se prevede cu ventilație naturală. Dacă ventilația naturală nu este suficientă se realizează ventilația mecanică.

Furnizorul indică distanțele minime admise între fazele bobinelor de reactanță și între acestea și construcțiile de oțel și de beton armat ale încăperii.

Când între bobinele de reactanță de pe faze sunt montate izolatoare de distanțare, faza din mijloc trebuie bobinată în sens invers fazelor extreme și astfel forța electrodinamică maximă comprimă izolatoarele în loc să le întindă, deci izolatoarele vor rezista mult mai bine la acest efort.

Construcțiile de oțel situate în apropierea bobinelor de reactanță se încălzesc datorită curenților de inducție (deci apar pierderi importante), iar la scurtcircuit sunt atrase puternic de bobine. Pentru reducerea încălzirilor și a pierderilor prin inducție în circuitele magnetice închise din apropierea bobinelor de reactanță, se secționează ramele ușilor din oțel. În apropierea bobinelor de reactanță nu trebuie lăsate piese metalice (scule, etc.).

# SOLUȚII CONSTRUCTIVE PENTRU STAȚIILE ELECTRICE DE DISTRIBUȚIE DE MEDIE TENSIUNE CU MEDIUL IZOLANT AER

## Noțiuni generale

Stațiile electrice de distribuție de medie tensiune se construiesc pentru tensiunile de 6, 10 și 20 kV și sunt de tip interior. Cele care folosesc ca mediu izolant aerul, se realizează în interiorul unei clădiri și pot fi împărțite în două mari categorii și anume:

- instalații de tip deschis;
- instalații de tip închis.

**Instalațiile electrice de tip deschis** au montate aparatele și căile de curent astfel încât să se poată face controlul vizual al elementelor componente și sunt protejate împotriva atingerilor accidentale ale părților sub tensiune.

După modul cum sunt separate elementele ce aparțin unui circuit structura stației este:

- celulară – când se realizează prin pereți despărțitori plini;
- de tip hală - când se realizează prin plase de protecție sau bariere

Structura de tip hală este specifică instalațiilor cu tensiunea de serviciu  $\geq 60\text{kV}$ .

La instalațiile electrice interioare de medie tensiune, deoarece distanțele de izolare sunt mai reduse se folosește structura celulară pentru ca un eventual arc electric să aibă efecte negative numai asupra echipamentului din circuitul în care s-a produs.

Instalațiile de tip deschis trebuie să respecte în afara condițiilor generale și o serie de condiții specifice:

- Într-o celulă se dispun numai echipamentele unui circuit, care, trebuie astfel montate încât dacă se lucrează la un echipament al circuitului să nu trebuiască să se scoată de sub tensiune barele colectoare sau elementele altui circuit.

- Toate echipamentele de același fel, trebuie montate în dispoziții identice în toate celulele unui șir de celule, dispoziția celulelor se face funcție de tipul de instalație fără a transmite clădirii sarcini importante, iar echiparea celulelor trebuie realizată ținând seama de dezvoltarea etapizată a instalației.

- Dacă instalația este pe două nivele, la parter se așează elemente grele și cu dimensiuni mari iar la etaj celelalte.

**Instalațiile electrice de tip închis**, sunt formate din celule prefabricate închise, astfel încât nici o parte sub tensiune a instalației să nu poată fi atinsă.

Celulele pot fi:

- capsulate (realizate din tablă de oțel)
- blindate (realizate din fontă turnată sau piese de oțel sudate).

Instalațiile de tip închis față de cele de tip deschis, au o serie de *avantaje* și anume:

- au dimensiuni mai mici (deci costul clădirii este mai redus),
- durata de execuție este mai redusă (deoarece constă doar în fixarea celulelor pe fundație și efectuarea racordurilor),
- riscul de accidentare a personalului de exploatare este mai redus,

- siguranța în funcționare este mai mare, restabilirea realimentării este mult mai scurtă (prin înlocuirea întreruptorului debroșabil),
- un defect se localizează numai la elementul defect sau la celula respectivă
- montajul poate fi făcut și direct în exterior sau în spații poluate (cu măsuri speciale pentru învelișul exterior de protecție).

Instalațiile de tip închis față de cele de tip deschis au următoarele *dezavantaje*:

- nu se poate face controlul vizual direct al echipamentelor dacă circuitul este în funcție
- nu este posibilă înlocuirea unor aparate cu altele cu alți parametri electrici
- costul este obișnuit mai mare.

Instalațiile de tip închis sunt folosite în special la servicii proprii ale centralelor, alimentarea consumatorilor, instalații fără personal permanent, instalații ce trebuie puse în funcție foarte repede, instalații provizorii precum și în spații poluate sau cu pericol de explozie.

### **Soluții constructive pentru celulele de medie tensiune ale stațiilor electrice de distribuție de 6-20 kV**

Celulele de medie tensiune ale stațiilor electrice de distribuție de 6-20 kV sunt obișnuit realizate sub forma unor celule metalice prefabricate în care se montează echipamentul aferent unui circuit. Aceste celule metalice prefabricate sunt de obicei executate pentru *interior*, se amplasează într-o încăpere special amenajată în clădirea stației și formează stația de distribuție de medie tensiune de tip interior din cadrul stației de transformare.

Se realizează și celule metalice prefabricate de tip *exterior* la care atât cabina metalică cât și echipamentul interior trebuie să corespundă condițiilor de funcționare în mediul exterior. Ansamblul unor astfel de celule formează stația de distribuție de medie tensiune de tip exterior din cadrul stației de transformare.

Obișnuit stațiile de distribuție de tip exterior se folosesc numai pentru stații de transformare provizorii cum sunt cele pentru alimentarea cu energie electrică a unor șantiere.

Din punct de vedere constructiv, celulele metalice prefabricate de medie tensiune de interior pot fi de două tipuri și anume:

- de tip deschis
- de tip închis.

**Celulele de interior de tip deschis** se caracterizează prin:

- se realizează din tablă sudată pe un schelet din profile din tablă îndoită, cu uși pline în față și plasă în spate și vizibilitate directă a echipamentului.

- barele colectoare sunt rigide, dreptunghiulare, așezate pe lat, aparent în exteriorul cabinelor metalice, la partea lor superioară cu ajutorul unor armături de prindere pe izolatoare de trecere tip interior.

- au două compartimente și anume un compartiment pentru echipamentul de medie tensiune și un altul pentru circuitele secundare.

- se execută:

- pe un nivel, în varianta tip rețea, putând avea dublu sistem de bare sau simplu sistem de bare
- pe două nivele realizate din module suprapuse, în varianta tip urban când se construiesc numai pentru dublu sistem de bare.

În compartimentul pentru echipamentul de medie tensiune sunt montate *separatoarele de bare tripolare* de interior (STI) de 6, 10 sau 20 kV în poziție verticală, cu deschiderea cuțitelor în plan vertical, acționate mecanic prin intermediul unor pârghii cu ajutorul unor dispozitive de acționare manuală (AMI) cu manete, montate lângă întreruptor (poziția manetei sus corespunde poziției închis a separatorului și reciproc).

*Bornele inferioare ale izolatoarelor de trecere* sunt legate de ale separatoarelor de bare prin bare dreptunghiulare de aluminiu.

Celelalte borne ale separatoarelor de bare sunt legate împreună tot prin bare dreptunghiulare de aluminiu și apoi acestea sunt legate la bornele fixe ale întreruptorului debroșabil.

*Întreruptorul de medie tensiune este debroșabil* și montat împreună cu dispozitivul său de acționare pe un cărucior, cu blocaj mecanic ce nu permite debroșarea, respectiv scoaterea căruciorului cu întreruptor din celulă, decât dacă întreruptorul sau separatoarele sunt deschise. Pot fi prevăzute și blocaje ale cuțitelor de legare la pământ (când există) iar la instalațiile cu bare duble, și blocaje în funcție de poziția cuplei transversale.

În spatele întreruptorului, respectiv în partea din spate a celulei de tip deschis sunt *transformatoarele de curent și de tensiune* precum și separatorul de punere la pământ al liniei în cablu electric subteran, al cărui dispozitiv de acționare manual este plasat pe un suport pe peretele din spate al celulei.

Legătura se face la capul terminal al cablului de medie tensiune (LEC), cablu ce se pozează într-un canal de cabluri sub celulă.

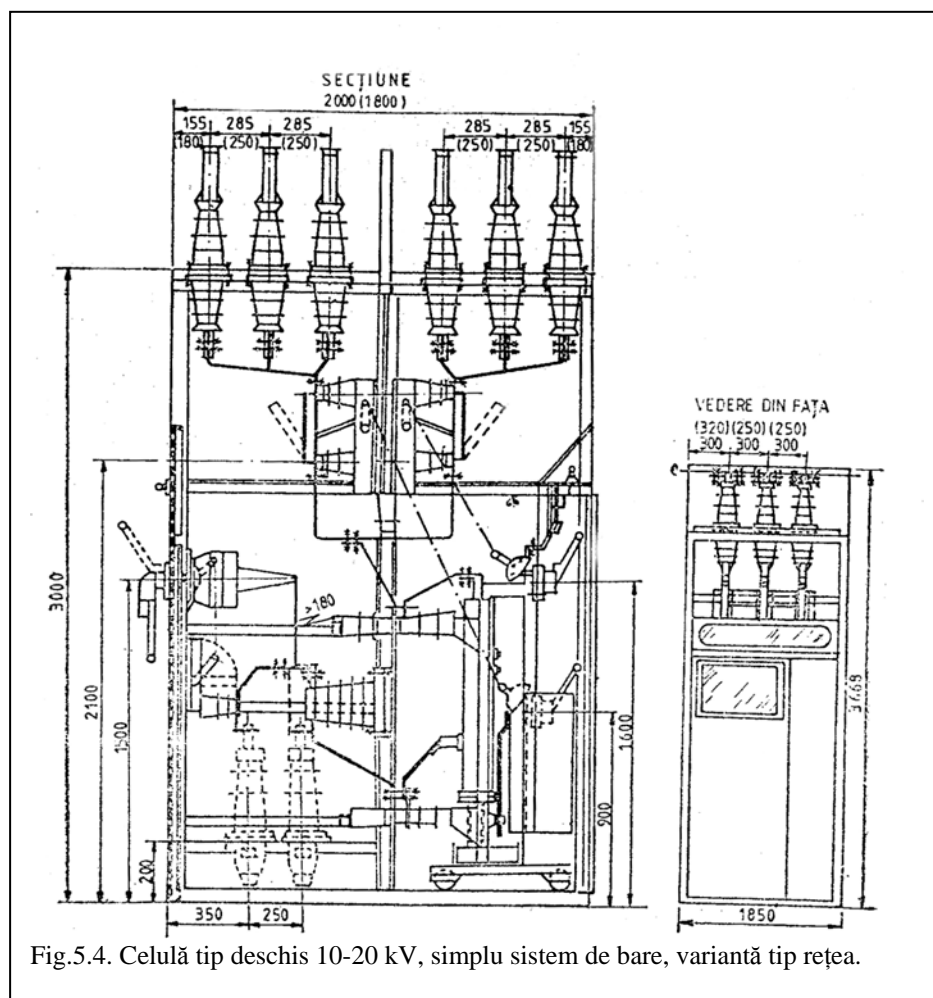


Fig.5.4. Celulă tip deschis 10-20 kV, simplu sistem de bare, variantă tip rețea.

**Celule de interior de tip închis** se caracterizează prin:

- au barele colectoare montate în interiorul celulei.
- se realizează din tablă ambutisată (pereții și ușile), pe un schelet metalic din profile de tablă îndoită;
- are și în acest caz un compartiment pentru echipamentul de medie tensiune și un alt compartiment pentru circuitele secundare.

Compartimentul pentru echipamentul de medie tensiune este împărțit în:

- compartimentul barelor colectoare;
- compartimentul căruciorului cu întreruptor debroșabil;
- compartimentul cu restul echipamentului de medie tensiune.

Celula de tip închis de 10 kV cu simplu sistem de bare, are montate barele colectoare rigide, dreptunghiulare într-un plan vertical în compartimentul din stânga sus iar de aici se face legătura prin barele rigide dreptunghiulare cu bornele fixe ale întreruptorului debroșabil, care întreruptor ocupă compartimentul din dreapta jos.

Contactele fixe inferioare ale întreruptorului sunt în serie cu transformatoarele de curent (de la bornele cărora se fac legăturile în derivație la transformatoarele de tensiune) iar de aici la izolatoarele suport unde se face legătura cu conductoarele cablului de medie tensiune; toate aceste echipamente (cu excepția întreruptorului) sunt amplasate în compartimentul din stânga jos. În compartimentul din dreapta sus, sunt amplasate circuitele secundare.

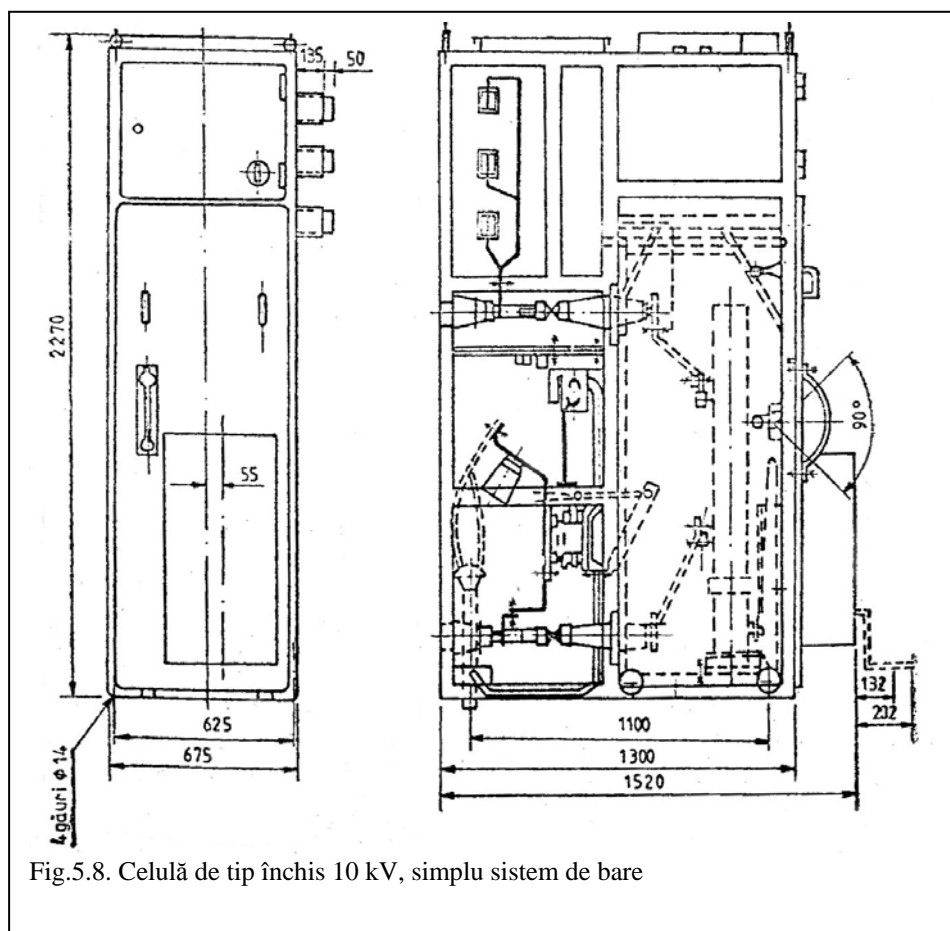


Fig.5.8. Celulă de tip închis 10 kV, simplu sistem de bare

### **Celule metalice prefabricate de exterior**

Celulele metalice sunt fabricate pentru a funcționa la 10 și 20 kV, singure sau asamblate în grup, în mediu exterior, în condiții de climat temperat și fără depuneri excesive de praf, gaze, vapori, substanțe bune conducătoare de electricitate sau active din punct de vedere chimic, neexpuse pericolului de incendiu și de explozie și se folosesc la posturi de transformare sau pentru secționarea liniilor electrice aeriene. Au borne de intrare-ieșire aeriene.

### **Criterii pentru alegerea schemelor electrice și echipamentului stațiilor electrice de distribuție de 6-20 kV**

Schemele electrice de conexiuni ale stațiilor electrice de distribuție de 6-20 kV, se aleg în funcție de:

- modul de încadrare a stației în sistem (la intrarea în funcție a stației și pe o perioadă viitoare de 10-15 ani);
- de importanța numărului și puterea consumatorilor alimentați,
- de caracteristicile aparaturii,
- posibilitățile de realizare constructivă
- perspectiva dezvoltării rețelelor de distribuție în următorii cinci ani (de la intrarea în funcție a instalației).

Schemele electrice de conexiuni trebuie să fie:

- cât mai simple (se evită schemele complicate ca cele cu bare dublu secționate cu cuple longitudinale sau bare dublu secționate cu cuple longitudinale și transversale),
- cu puține aparate de comutare pentru a avea o investiție cât mai ieftină și o exploatare cât mai simplă și cu cheltuieli cât mai mici,
- alegerea schemei trebuind să se facă pe bază de calcule tehnico-economice comparative a câtorva variante.

Stațiile de distribuție de 6-20 kV tip rețea folosesc obișnuit celule de tip închis iar cele de 20 kV, dacă schema este cu bare simple folosesc tot celule de tip închis iar dacă schema este cu bare duble se folosesc celule de tip deschis.

Schemele cu bare nesectionate se folosesc la instalații de distribuție de medie tensiune ale stațiilor de 110/MT simple cu un singur transformator; la cele cu două transformatoare se folosesc schema cu bară simplă secționată și cea cu bară dublă nesectionată cu cuplă transversală.

Înteruptoarele utilizate pentru construcția celulelor de medie tensiune sunt de tipul cu ulei, iar mecanismele de acționare sunt cu resoarte sau electrice. Pentru curenți nominali de 630 A și 1000 A se folosesc înteruptoare tip, IUP-M. Pentru curenți nominali de 630, 1250, 2500 și 4000 A se folosesc înteruptoare tip IO

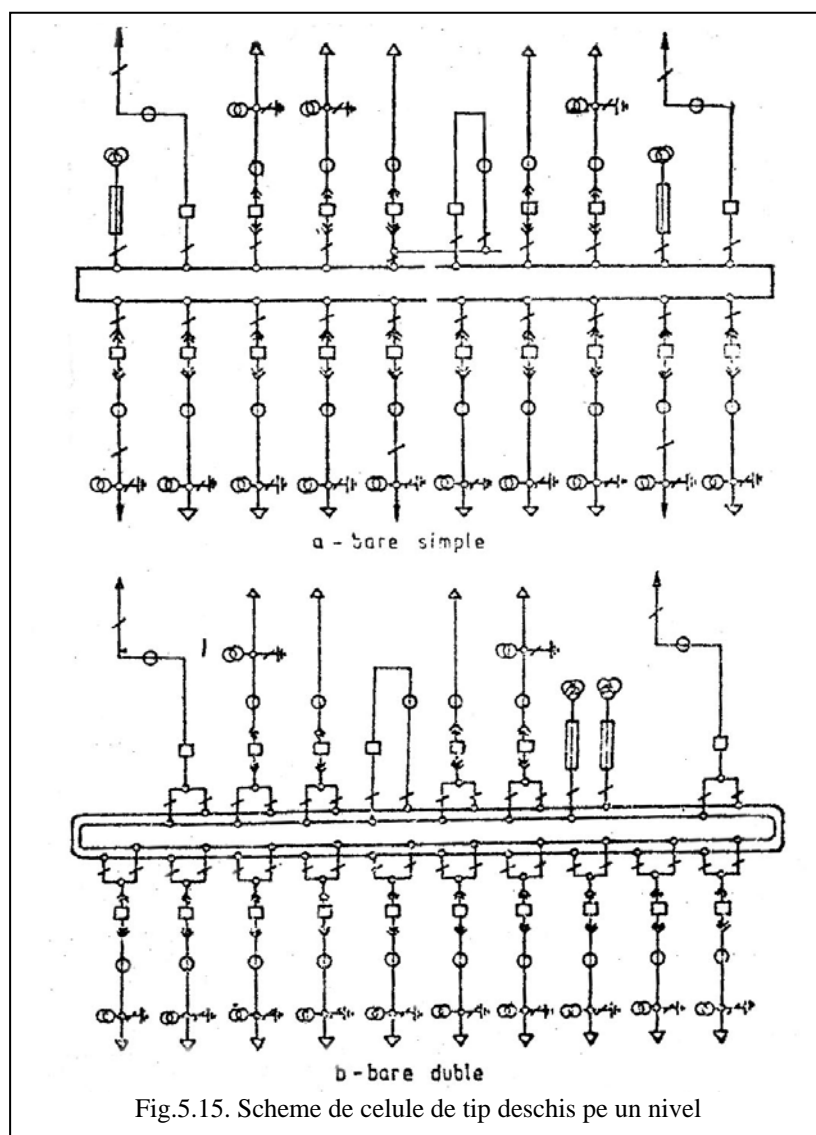
Separatoarele utilizate pentru construcția celulelor de medie tensiune sunt de tipul STI la celulele de 630 A, STIP la plecările aeriene ale celulelor deschise tip rețea și la plecările aeriene ale celulelor tip urban. Cuțitele de legare la pământ se montează în toate celulele cu racord în cablu. și trebuie să fie verificate la scurtcircuit.

Transformatoarele de curent din celulele stațiilor de distribuție de 6-20 kV au izolație din rășină epoxidică și pentru curenți nominali până la 630 A inclusiv sunt de tip suport

CIRS-10, 20 kV iar pentru curenți nominali de peste 630 A sunt de trecere tip CIRTo, 0,1 s-10, 20 kV. Se montează pe trei faze în celulele de linie și transformator și pe două faze în celulele de condensatoare, servicii proprii și cuplă.

Transformatoarele de tensiune au izolația de asemenea din rășină epoxidică și sunt monofazate de tip TIRMo-6, 10, 20 kV montaj trifazat în celule de măsură a fiecărei secții de bare și bifazate tip TIR-6, 10, 20 kV montate în celulele liniilor interconectate pentru semnalizarea prezenței tensiunii.

Descărcătoarele sunt de tipul DRVS cu rezistență variabilă și rezistență de șuntare, în cazuri speciale, justificate tehnico-economic, putându-se utiliza și descărcătoare cu rezistență variabilă și suflaj magnetic.





## **Soluții constructive pentru stații electrice de distribuție de medie tensiune**

Stațiile electrice de distribuție de 6-20 kV se execută obișnuit în clădiri, iar celulele se așează:

- pe un șir, când au gabarit redus și nu rezultă lungimi exagerate pentru clădire
- pe două șiruri.

Clădirea trebuie să asigure anumite condiții de mediu și de montaj al celulelor:

- În interiorul clădirii trebuiesc asigurate nivelurile de temperatură admise de echipament prin sisteme de încălzire locală (de obicei electrică).

- Trebuie asigurat accesul în încăpere, uși cu deschidere liberă spre exterior, planeitatea pardoselii, spații pentru manevrarea celulelor la montare, spații pentru exploatare, spații pentru întoarcerea barelor colectoare și acces între sala de conexiuni și corpul de comandă.

- Pentru plecările în cabluri, trebuie prevăzute canale de cablu cu plăci de beton prefabricate sau din tablă striată la partea superioară, cu tuburi de protecție a cablurilor la trecerea prin zid, tuburi ce se montează cu materiale incombustibile împiedicând intrarea apei în canalele de cabluri.

- În afara canalelor de cabluri de forță sunt necesare și canale de cabluri pentru circuitele secundare.

- Dacă sunt racorduri aeriene, trebuie realizată trecerea izolanță cu izolatoare tip trecere interior-exterior și cu păstrarea distanțelor impuse de normative.

- Clădirea stației de distribuție trebuie prevăzută în afară de iluminat local din fiecare celulă cu iluminat general al culoarelor

- Racordurile instalației de distribuție de medie tensiune la transformatoarele exterioare pot fi capsulate dacă zona este poluantă. Plecările de medie tensiune sunt obișnuit în cabluri subterane.

- Stațiile electrice de medie tensiune de tip interior sunt protejate împotriva atingerilor directe prin asigurarea de izolare și de protecție impuse de normative, prin paravane despărțitoare, la celulele de tip deschis, între sistemele de bare colectoare și prin plase de protecție sub barele colectoare în dreptul ușilor de acces, al celulelor la transformator cu racord aerian și în dreptul întoarcerii aparent a barelor.

# SOLUȚII CONSTRUCTIVE PENTRU POSTURI DE TRANSFORMARE ȘI PUNCTE DE ALIMENTARE

## Noțiuni generale

Un *post de transformare* este o stație de transformare coborâtoare, mică, cu o putere de până la 2500 kVA, destinată alimentării în joasă tensiune (până la 1 kV inclusiv) a consumatorilor.

La un post de transformare:

- energia electrică intră într-o instalație electrică de distribuție de medie tensiune prin unul sau mai multe circuite de medie tensiune;
- din instalația de distribuție, prin unul sau mai multe alte circuite de medie tensiune (obișnuit cel mult două), energia electrică este trimisă la transformatoare coborâtoare de medie pe joasă tensiune;
- din trafo, prin circuite de joasă tensiune, energia electrică este trimisă la instalația electrică de distribuție de joasă tensiune numită și tablou de distribuție de joasă tensiune.

Un *punct de alimentare* este o stație de conexiuni de medie tensiune, (6-20 kV) destinată alimentării unor posturi de transformare. Este de multe ori combinată cu un post de transformare. Se instalează în general în rețele urbane sau la consumatori industriali și se realizează în general în încăperi supraterane.

În raport cu modul de așezare față de sol, posturile de transformare pot fi împărțite în trei categorii și anume:

A) Posturi de transformare aeriene (PTA), montate pe stâlpi de beton (mai rar de lemn), alimentate obișnuit prin derivații de la linii electrice aeriene de electrificări rurale de 20 kV (mai rar de la linii de 6-10 kV), cu transformatoare cu puteri relativ mici, de obicei cuprinse între 20 și 250 kVA și destinată de regulă alimentării unor consumatori de joasă tensiune din mediul rural.

B) Posturi de transformare supraterane. Aceste posturi se realizează în două variante și anume:

- a) Posturi de transformare în cabine metalice, prefabricate, folosite de obicei pentru alimentări temporare, de șantier (mai rar pentru alimentări urbane normale), cu puteri cuprinse între 100 și 1000 kVA;
- b) Posturi de transformare în încăperi supraterane, realizate în cabine de zid special construite sau la parterul blocurilor de locuințe în unele încăperi special rezervate și amenajate pentru postul de transformare sau în încăperi special rezervate din incintele tehnologice ale întreprinderilor industriale.
- c) Posturi de transformare subterane, realizate într-o construcție subterană, în locurile unde din diverse motive (ca cele de sistematizare urbană), nu este admisă realizarea unei construcții supraterane

Posturile de transformare supraterane și subterane alimentează obișnuit consumatorii din rețelele urbane și consumatorii industriali sau agroindustriali.

La execuția posturilor de transformare se caută să se folosească cât mai mult elementele prefabricate deoarece se realizează o execuție industrială cu montare rapidă,

prefabricatele pot fi refolosite la desființarea postului, deservirea este simplă iar fiabilitatea în exploatare este mare și se pot schimba relativ ușor diverse echipamente.

### **Posturi de transformare aeriene (PTA)**

Posturile de transformare aeriene se realizează pe un stâlp sau pe doi stâlpi.

PTA pe un stâlp se realizează în două variante:

- cu transformatorul instalat pe o platformă;
- cu transformatorul agățat de stâlp.

Post este racordat la capătul unei derivații dintr-o linie trifazată. Alimentarea postului se face printr-un separator ce se montează în amonte față de postul de transformare pe același stâlp sau pe un alt stâlp al racordului de medie tensiune.

Separatorul este de obicei de tip STEP, deci cu cuțite de punere la pământ ceea ce permite să se execute lucrări la post fără a mai monta scurtcircuitoare mobile pe partea de medie tensiune.

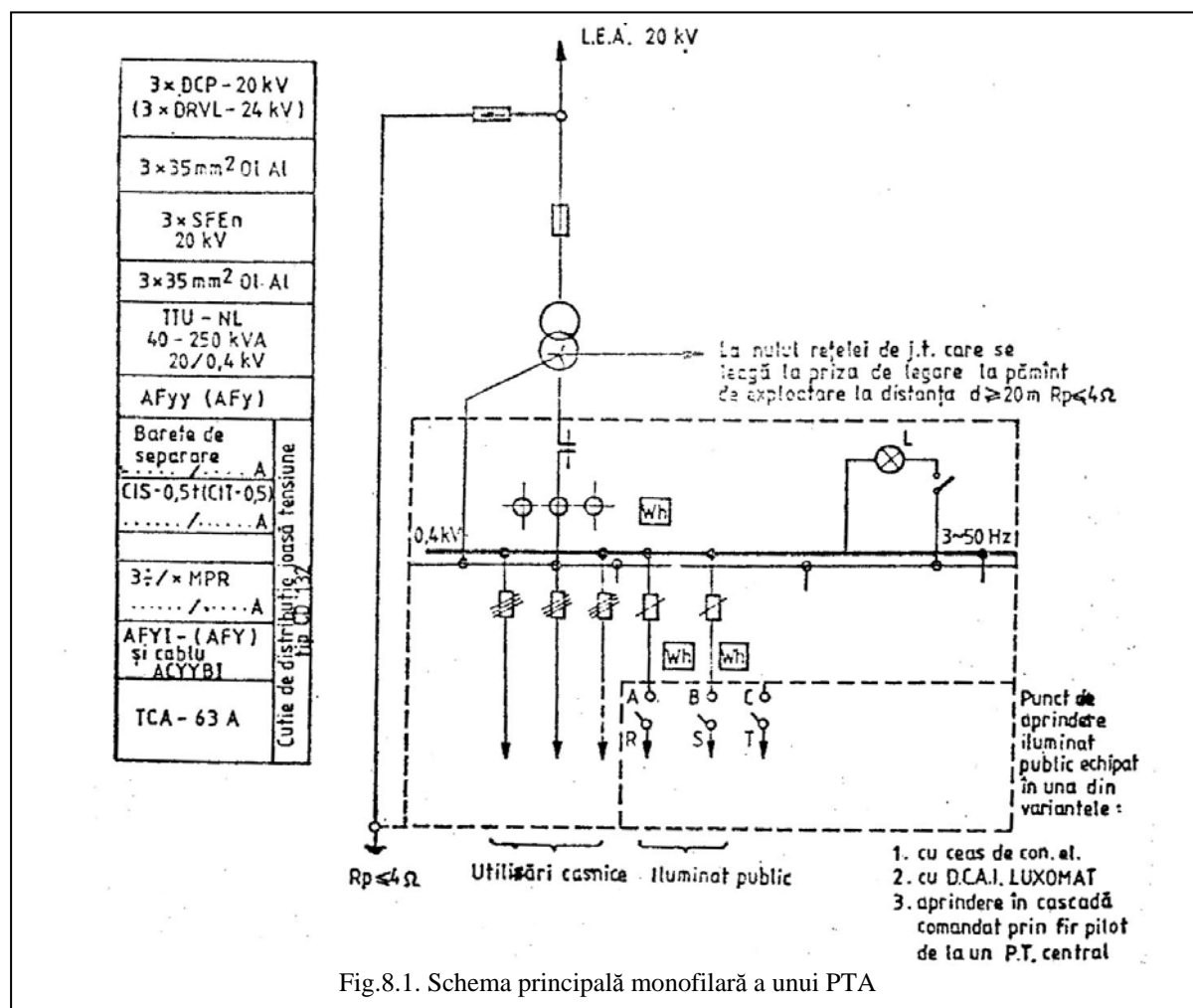
După separator sunt siguranțe fuzibile de medie tensiune iar apoi transformatorul.

Protecția împotriva supratensiunilor atmosferice se face cu ajutorul descărcătoarelor cu coarne sau a descărcătoarelor cu rezistență variabilă care se leagă la priza de pământ a postului de transformare.

Înfășurările secundare de joasă tensiune ale transformatorului sunt legate în stea și au nulul legat la nulul rețelei de joasă tensiune, care se leagă la priza de pământ de exploatare a rețelei.

Instalația de distribuție de joasă tensiune, numită tablou de distribuție, este închisă într-o cutie de distribuție și este formată dintr-un sistem de bare colectoare rigide, trifazat, alimentat de la bornele de joasă tensiune ale transformatorului prin barete de separare sau prin siguranțe cu mare putere de rupere (MPR) sau siguranțe cu mâner (alimentare generală); pe acest circuit (general) sunt montate și transformatoare de curent din secundarul cărora se alimentează înfășurările de curent ale contorului trifazat de energie activă al postului de transformare.

De pe barele generale sunt alimentate diverse circuite pentru consumatori, fiecare circuit fiind echipat cu siguranțe fuzibile. Unele circuite de plecare pot avea contoare de energie activă și uneori și contoare de energie reactivă. În cutia de distribuție este și o lampă (L) cu întreruptor, pentru lucrări de exploatare la tabloul de joasă tensiune în timpul nopții.



## Posturi de transformare supratereane

Posturile de transformare supratereane se realizează în două variante și anume:

- posturi de transformare în construcție metalică (PTM)
- posturi de transformare în încăperi supratereane.

### Posturi de transformare în construcție metalică (PTM)

PTM sunt executate pentru a funcționa în mediul exterior, în mai multe variante funcție de destinația și puterea transformatorului.

Se racordează aerian sau cu cablu pe partea de medie tensiune și numai cu cabluri pe partea de joasă tensiune.

Se instalează pe fundații de beton sau pe șine de cale ferată montate pe traverse de lemn sau direct pe un teren solid.

Aceste posturi de transformare au marele avantaj că montarea și dimensionarea se face foarte ușor, doar prin legarea respectiv dezlegarea legăturilor în cablurile de medie și cele de

joasă tensiune și manipularea întregului post cu macarale și mijloace de transport corespunzătoare.

PTM sunt realizate din una sau mai multe cabine metalice din tablă de oțel ambutisată asamblate între ele prin șuruburi, în care se montează echipamentul electric iar transformatorul de forță poate fi montat tot în interior, într-o cabină metalică sau în exterior.

Dacă PTM este realizat din două compartimente principale, unul din compartimente este ocupat de echipamentul de medie tensiune iar celălalt de transformatorul de forță și de tabloul de distribuție de joasă tensiune.

Dacă PTM este realizat din trei compartimente principale pentru cazul racordării buclate pe partea de medie tensiune, în una din cabinele metalice este montat transformatorul de forță, în alta este montat tabloul de joasă tensiune și aparatajul de protecție al primarului transformatorului iar a treia este montat echipamentul pentru racordarea postului la rețeaua de medie tensiune buclată.

Circuitele de medie tensiune ale PTM sunt prevăzute cu separatoare normale sau cu separatoare de putere ce pot rupe curenți de sarcină și au bobine de acționare pentru a permite manevre de AAR (anclanșare automată a rezervei) și telecomenzi precum și siguranțe fuzibile pe circuitul de alimentare al transformatorului.

Pe joasă tensiune circuitul general este echipat cu întreruptor automat pentru protecția transformatorului iar circuitele de plecare spre consumatori sunt legate la barele generale de joasă tensiune prin siguranțe MPR sau siguranțe cu mâner (SM). Pentru iluminat public sunt circuite distincte cu contactor pentru aprindere și stingere și contoare pentru măsurarea energiei.

### **Posturi de transformare în încăperi supraterane**

Sunt:

- posturi de transformare pentru rețea – care alimentează rețelele de joasă tensiune din mediul urban;
- posturi de transformare pentru abonat – care alimentează consumatorii industriali sau agroindustriali.

Posturile de transformare supraterane pentru rețea pot fi realizate:

- în clădire independentă (din panouri mari din BCA sau din zidărie)
- la parterul blocurilor de locuințe (într-o încăpere sau în două încăperi)
- înglobate într-o clădire edilitară
- înglobate în clădirea unei stații de conexiuni de medie tensiune (unui punct de alimentare).

### **Posturi de transformare subterane**

Această soluție este utilizată pentru posturile de transformare pentru rețea în zone urbane aglomerate unde arhitectura zonei nu permite aplicarea celorlalte soluții (clădire independentă sau amplasarea postului înglobat într-o clădire edilitară sau bloc de locuințe).

## **SOLUȚII CONSTRUCTIVE PENTRU STAȚII ELECTRICE DE DISTRIBUȚIE DE ÎNALTĂ ȘI FOARTE ÎNALTĂ TENSIUNE**

Stațiile electrice de distribuție de înaltă și foarte înaltă tensiune (ÎT), pot fi realizate în două mari variante constructive, funcție de faptul dacă sunt sau nu amplasate în interiorul unor clădiri: Cele realizate în aer liber se numesc

- stații de distribuție exterioare - realizate în aer liber
- stații de distribuție interioare - amplasate în interiorul unor clădiri

### **Stații de distribuție exterioare**

Amplasarea în exterior a instalațiilor de distribuție (conexiuni) este impusă de economicitate și este aplicată cu deosebire la tensiunile mari și foarte mari (peste 35 kV).

Soluțiile constructive pentru instalațiile exterioare sunt determinate de următoarele elemente:

- tipul separatoarelor și a întreruptoarelor;
- tipul căilor de curent;
- izolația și suportii;
- schema monofilară a instalațiilor;
- restricțiile de spațiu.

*După înălțimea față de sol la care se montează echipamentul sunt:*

1. Soluții de tip înalt la care separatoarele de bare se montează la 5 până la 10 m înălțime de sol și care au aplicabilitate acolo unde se pun restricții cu privire la suprafața folosită. Aceste soluții presupun costuri mai mari pentru cadrele de susținere și o serie de dificultăți în exploatare, datorită unei mai reduse accesibilități a echipamentului.

2. Soluții de tip semiînalt la care separatoarele de bare se montează la înălțimi minime impuse de renunțarea la îngrădiri de protecție.

Aceleași înălțimi se folosesc și la amplasarea transformatoarelor de curent și a întreruptoarelor, predominând totuși amplasarea lor pe fundamente înalte mai ales la tensiunile de 110 și 220 kV.

3. Soluții de tip scund (jos) sunt cele la care echipamentul se montează în întregime la sol, instalațiile fiind dezvoltate pe orizontală, cadrele de susținere fiind mai simple și deci mai ieftine.

### **Instalații de distribuție exterioare de tip înalt**

Folosirea lor este însă redusă în special datorită dificultăților în exploatare.

Diversitatea lor rezultă din forma cadrelor de susținere, din poziția barelor colectoare una față de alta, din tipul căilor de curent folosite și din modul de susținere a acestora (izolația).

Domeniul tensiunilor la care se pot aplica aceste soluții este cel de până la 110 kV, în mod excepțional 220 kV.

Soluții:

- cu separatoarele montate pe verticală și un cadru de susținere a barelor de tip T

- cu separatoare cu trei coloane și deplasarea contactului mobil în planul acestora, separatoare montate orizontal la înălțimea de 7 m, fig.1 Întreruptorul montat sub separatoare pe un postament de 2,5 m înălțime permite renunțarea la împrejmuirea de protecție.
- cu barele colectoare sub formă de funie, montate una sub alta și suspendate de legăturile dintre separatoarele de bare. Se economisește izolația separatoarelor și permite, în același pas de celulă plecări în ambele părți ale barelor colectoare (2 circuite diferite) lucru care duce la scurtarea barelor colectoare la jumătate.

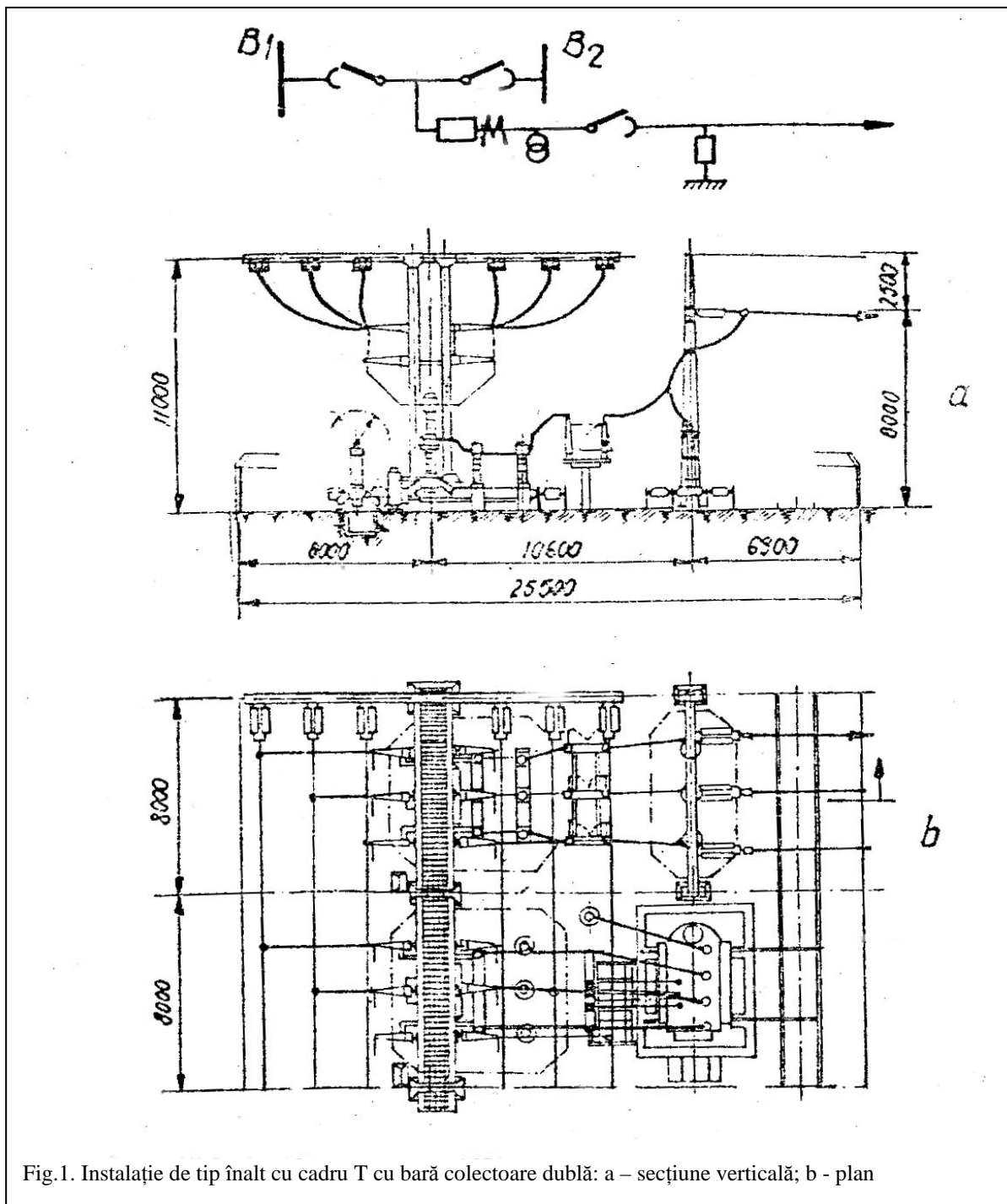


Fig.1. Instalație de tip înalt cu cadru T cu bară colectoare dublă: a – secțiune verticală; b - plan

## Instalații de tip semiînalt

Sunt cele mai folosite soluții constructive pentru instalații de distribuție exterioare de înaltă tensiune.

Separatoarele se montează pe suporti înalți de până la 2,5 m iar întreruptoarele și transformatoarele de măsură se montează pe fundamente joase în special pentru a ușura transportul, manipularea și exploatarea lor.

Soluții:

- Instalații cu bară colectoare simplă - sunt în special comod de realizat și rezultă compacte, fără a pune probleme de utilizare a spațiului.
- Instalații cu bară colectoare dublă. După modul de amplasare a separatoarelor de bare și după tipul acestora, pot fi:
  - o cu plecări numai în una din părțile barelor colectoare - duc adesea la folosirea nerațională a suprafeței stației
  - o cu una din barele colectoare dublată cu scopul unei mai bune folosiri a suprafeței stației și a materialului conductor.
  - o cu separatoarele amplasate sub barele colectoare paralel cu acestea pe aceeași linie sau decalate. Se folosesc separatoare de bare de tipul “cu rotirea contactelor într-un plan perpendicular pe planul izolatoarelor”. Soluția se aplică la o gamă largă de tensiuni dar mai frecvent la 110 și 220 kV. Barele colectoare sunt flexibile suspendate de cadre tip portal sau în T, legătura bare-separator este tot flexibilă. Legăturile de la separatoarele de bare la întreruptor se execută mai frecvent din conductor rigid (bară tubulară de aluminiu) pentru a putea fi sprijinită și pe izolatorul separatorului. Separatoarele sunt obligatoriu în construcție monofazăată.
  - o cu separatoarele de bare așezate în linie sau decalat perpendicular pe barele colectoare. Față de soluția precedentă pasul celulei este mai mic dar se mărește distanța dintre fazele barei colectoare care de data aceasta sunt conductoare tubulare rigide fixate pe izolatoarele separatoarelor de bare, care de asemenea sunt de construcție monofazăată. În acest mod legăturile bară-separator de bară dispar.
  - o cu separatoarele de bare așezate în unghi drept. Aceasta constă în faptul că soluția permite ca într-un pas de celulă să fie amplasate două circuite care pleacă în sensuri opuse. Este singura soluție pe lângă cea cu faze mixte care permite acest lucru fără ca să fie necesară dublarea uneia din bare cum se face în cazul soluțiilor anterioare pentru a folosi mai bine suprafața stației.
  - o cu separatoare monocoloană cu barele colectoare așezate deasupra separatoarelor de bare, ele susținând și contactele fixe ale acestora. Soluția are avantajul că după deschiderea separatoarelor de bare și linii celula este accesibilă operațiunilor de exploatare a echipamentelor. Barele colectoare sunt suspendate clasic de cadre de tip portal și sunt sub formă de conductoare flexibile.
  - o cu separatoare monocoloană cu barele colectoare din conductor rigid ce se sprijină pe barele separatoarelor iar legătura separator de bare – întreruptor este flexibilă ancorată de cadre corespunzătoare, dar care sunt mai simple decât în soluția anterioară.



- 
- Fig.2. Instalație de distribuție de tip semiînalt cu bară simplă a cărei faze sunt dispuse în plan înclinat și separatoarele de bare paralele cu barele,  $U=110$  kV.

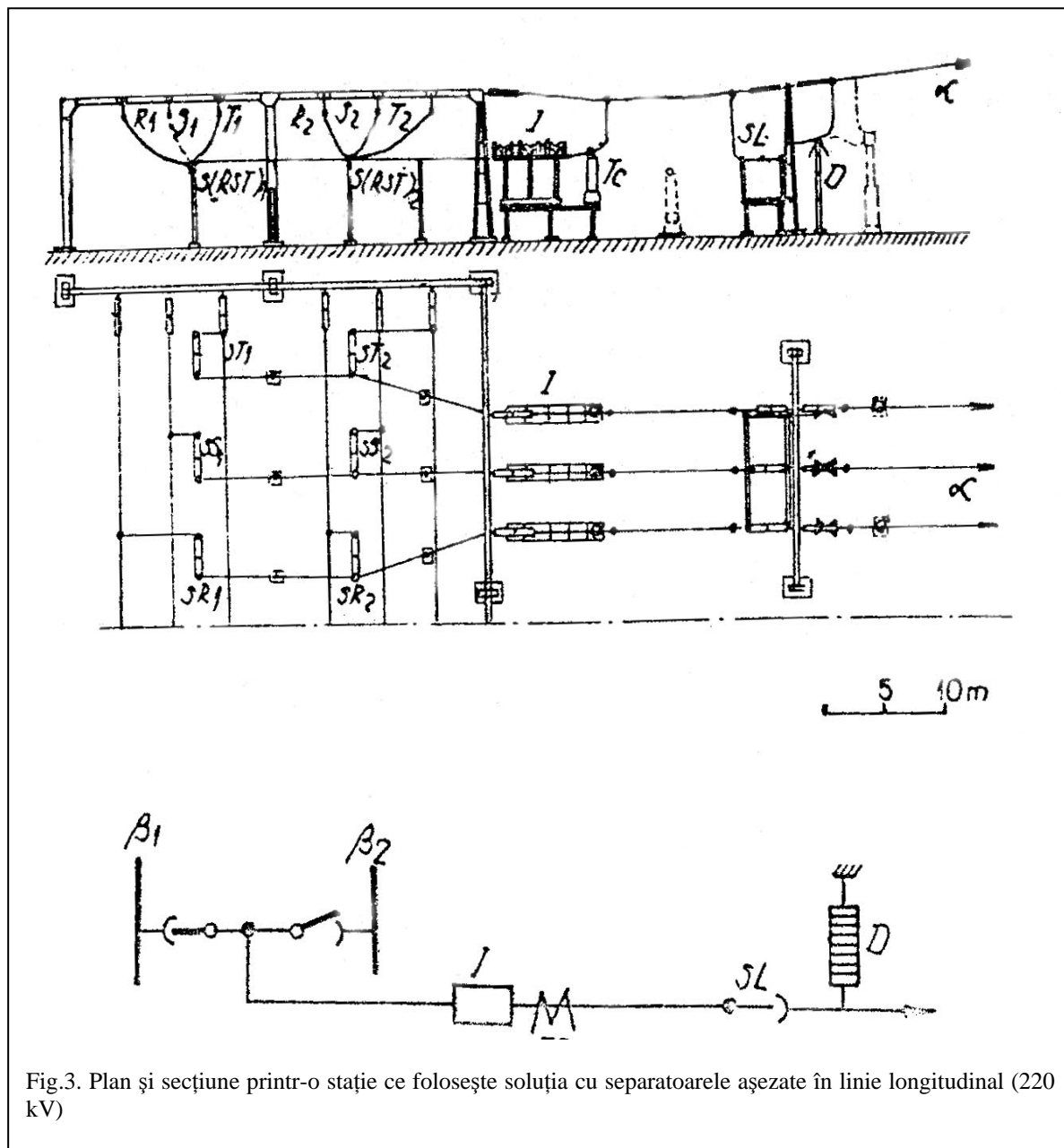


Fig.3. Plan și secțiune printr-o stație ce folosește soluția cu separatoarele așezate în linie longitudinal (220 kV)

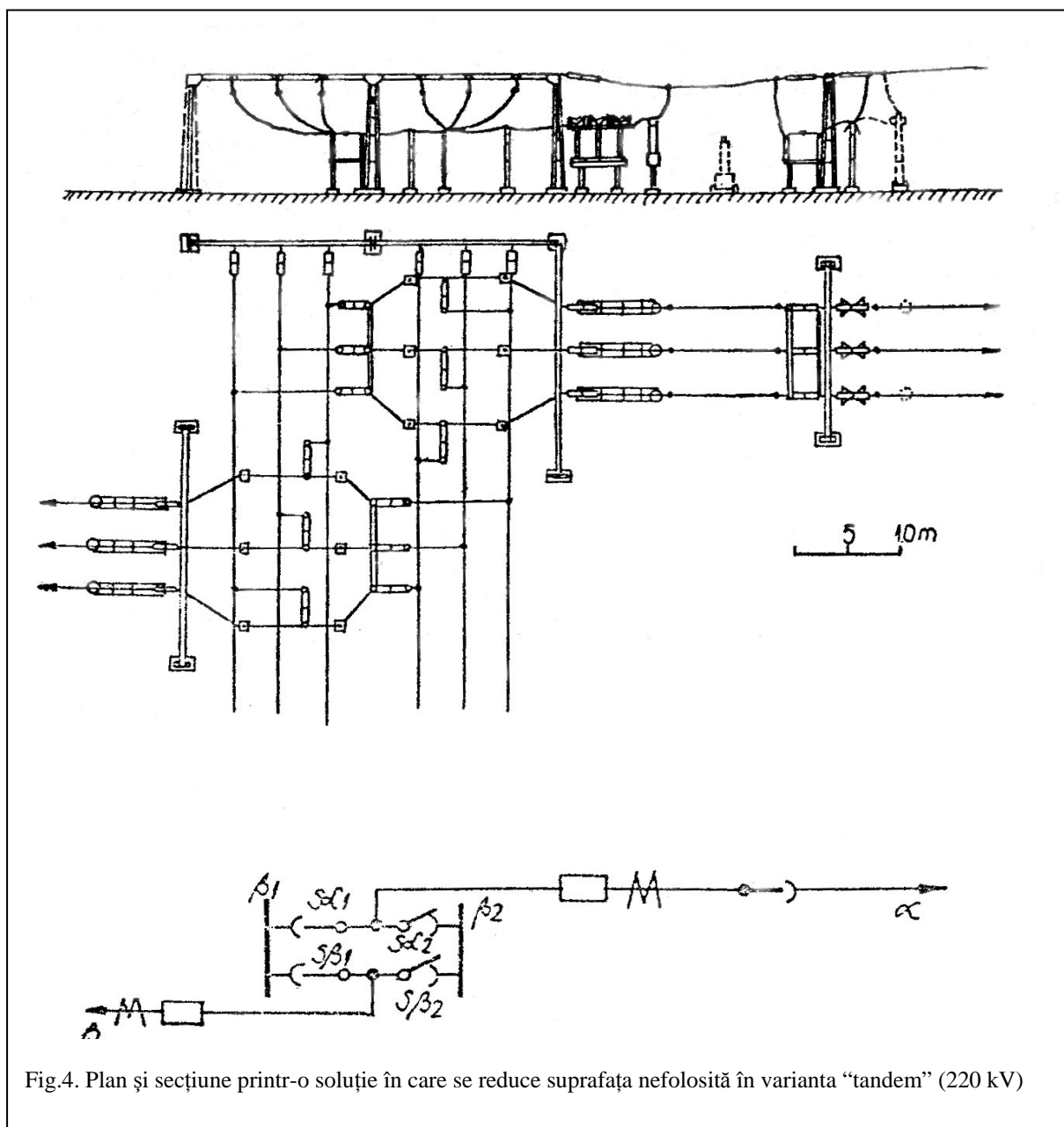


Fig.4. Plan și secțiune printr-o soluție în care se reduce suprafața nefolosită în varianta “tandem” (220 kV)

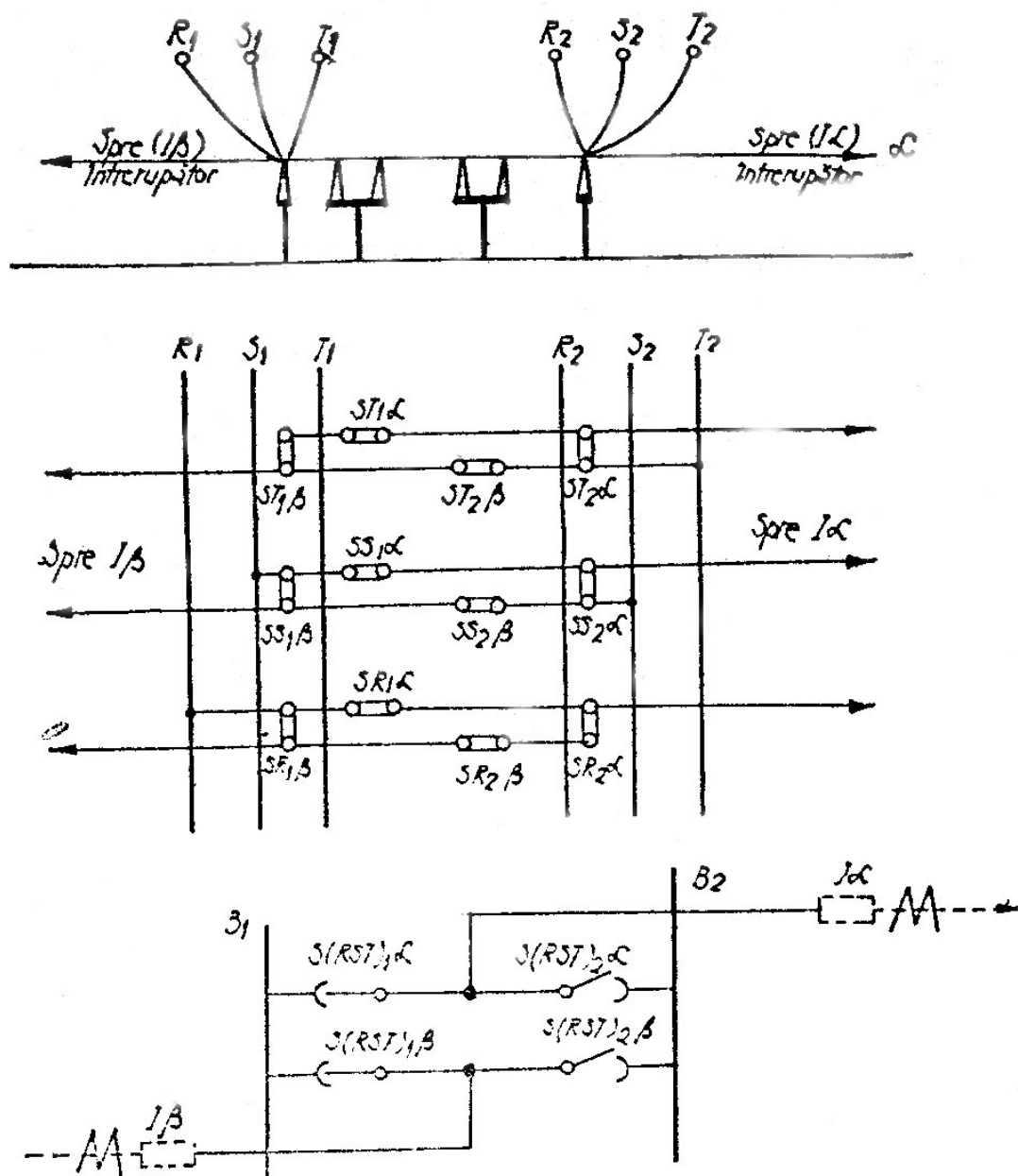


Fig.5. Plan și secțiune prin două celule într-o instalație cu separatoarele de bare așezate în unghi drept.

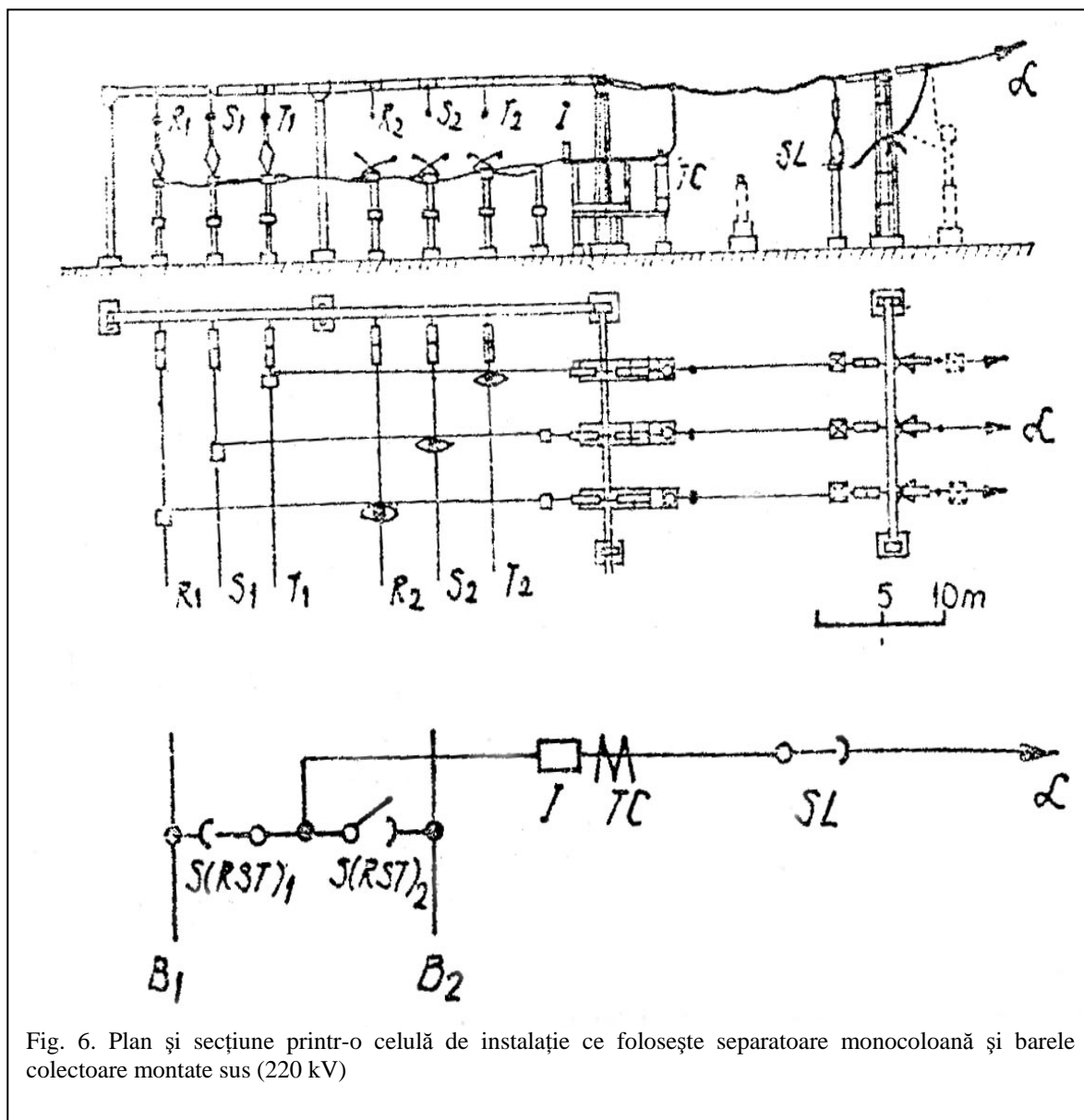


Fig. 6. Plan și secțiune printr-o celulă de instalație ce folosește separatoare monocoloană și barele colectoare montate sus (220 kV)

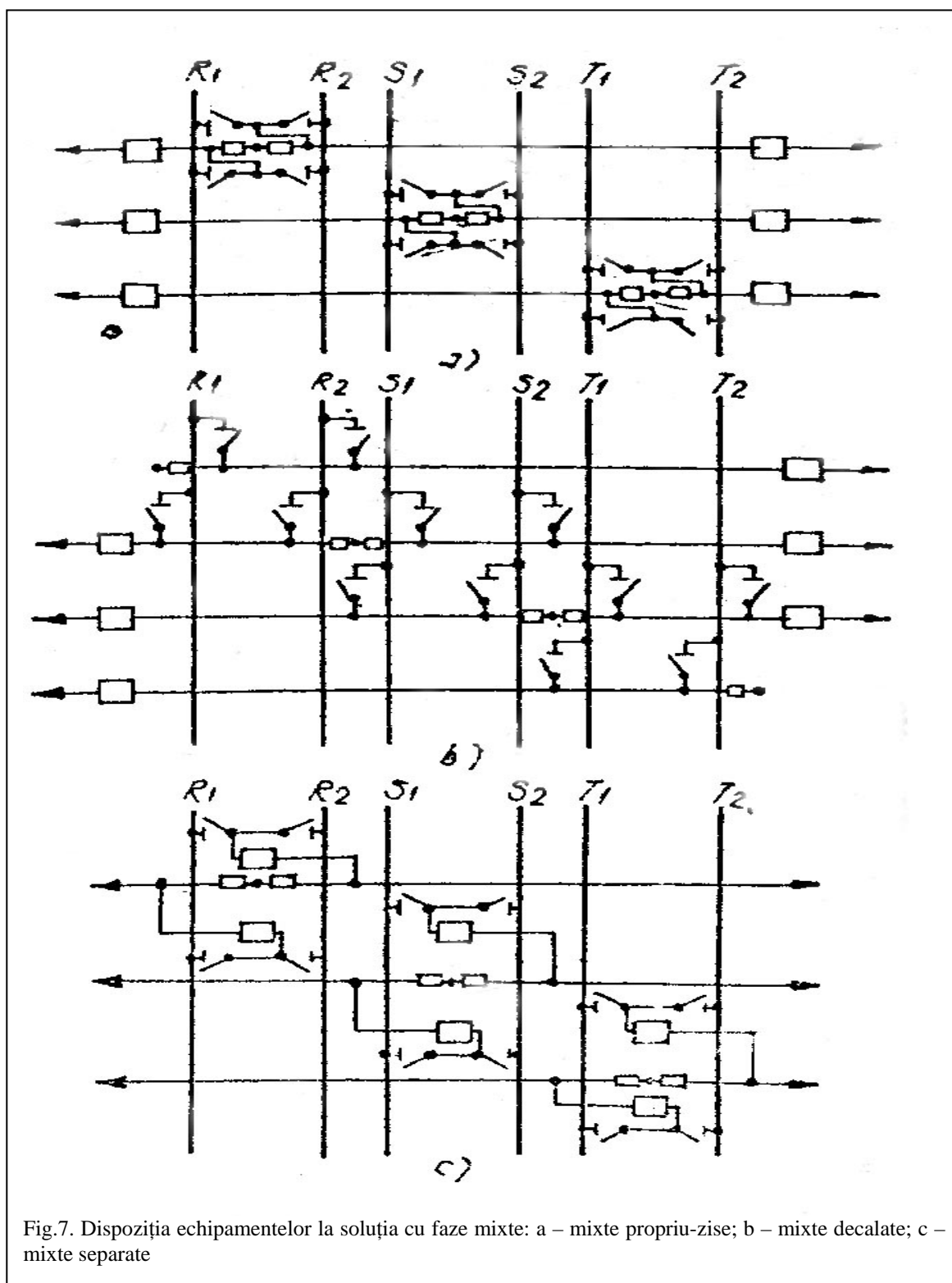


Fig.7. Dispoziția echipamentelor la soluția cu faze mixte: a – mixte propriu-zise; b – mixte decalate; c – mixte separate

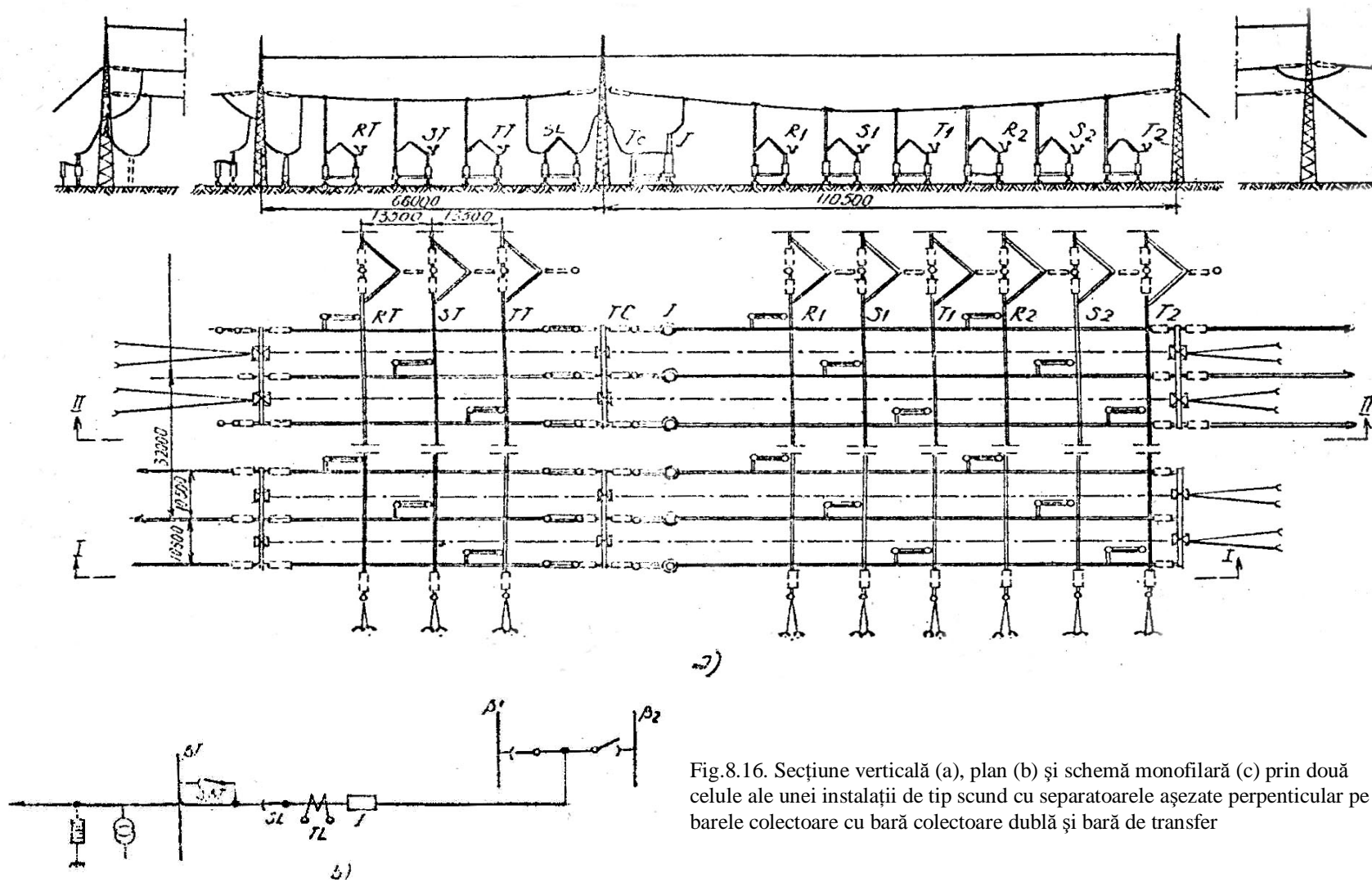


Fig.8.16. Secțiune verticală (a), plan (b) și schemă monofilară (c) prin două celule ale unei instalații de tip scund cu separatoarele așezate perpendicuar pe barele colectoare cu bară colectoare dublă și bară de transfer

## **Instalații de tip scund**

În aceste instalații separatoarele de bare și întreruptoarele se montează pe suporti scunzi în apropierea solului, necesitând suprafețe mai mari decât celelalte soluții.

Pornind de la faptul că circuitele de la aceste trepte de tensiune tranzitează puteri relativ mari și funcționarea lor este importantă pentru sistemul energetic ele sunt controlate în mai toate cazurile de mai mult de un întreruptor pe circuit. Schemele acestor instalații vor fi deci cu 2 sau 1,5 întreruptoare pe circuit sau de tip poligonal.

## **Instalații cu bare de transfer**

În instalațiile la care se racordează multe circuite se folosește frecvent schema cu bare de transfer.

Obligatoriu în celulele circuitelor ce se racordează la bare de transfer apare separatorul de linie și separatorul barei de transfer.

Într-o stație care folosește soluții din categoria „tandem” cu o bară colectoare în U pentru plecări în ambele părți ale barei colectoare și cu toate circuitele racordate și la bara de transfer, aceasta din urmă, ia de asemenea formă de U și în stație vom avea deci 5 bare paralele și două rânduri de întreruptoare care împreună cu căile de acces pot duce la lățimi ale stației de ordinul mai multor sute de metri.

Aceasta face ca la proiectare să se analizeze temeinic necesitatea racordării tuturor circuitelor la bara de transfer pentru a putea renunța la bara de transfer pe una din părți.

Instalațiile de distribuție (conexiuni) prezentate nu se folosesc decât rar singure. Ele se combină pentru a forma stații de sistem sau de centrală împreună cu transformatoarele de forță și generatoarele centralelor.

## **Stații de distribuție interioare**

Alimentarea cu energie a orașelor și centrelor industriale impune, în unele cazuri, rețele de distribuție și stații de înaltă și chiar de foarte înaltă tensiune care să aibă o foarte bună fiabilitate, rentabilitate ridicată și să fie adaptate în mod optim la condițiile impuse de exploatare.

Tensiuni înalte de 60, 72,5 și 110 kV și chiar foarte înalte de 220 kV și uneori 400 kV, devin tot mai des tensiuni de distribuție pentru marile orașe.

Pe platformele industriale unde se fabrică produse ușor incendiabile sau explozibile, stațiile electrice de înaltă tensiune trebuie să fie obligatoriu realizate în clădiri sau să fie protejate corespunzător față de instalațiile vecine.

Stațiile electrice de tip interior pot fi realizate:

- de tip deschis (prin montarea directă a echipamentului în clădire);
- de tip închis (ce utilizează celule prefabricate capsulate sau blindate).

### **Elemente caracteristice:**

- *Suprafața de teren* ocupată de o stație de interior de tip deschis clasică este cu cel puțin 20-30% mai redusă față de o instalație de tip exterior, pentru aceeași schemă principală monofilară; suprafața de teren necesară scade foarte mult dacă stația de tip interior se realizează pe mai multe nivele.

Suprafața de teren ocupată de o stație de interior de tip închis ce se realizează din celule prefabricate capsulate cu mediu izolant aerul la presiune atmosferică, poate fi mult mai



redușă, la aproximativ 25%, în raport cu o stație de tip exterior cu aceeași schemă principală monofilară. Aceste celule folosesc obișnuit întreruptoare debroșabile. Dacă stația utilizează celule prefabricate blindate cu mediul izolant SF<sub>6</sub> suprafața de teren necesară poate fi doar de 7%. Volumul necesar unei stații compacte cu SF<sub>6</sub> este foarte mic, față de o stație interioară clasică.

- O stație de tip interior *este obișnuit mai scumpă* ca o stație de tip exterior, în special datorită investițiilor mai mari necesare pentru partea de construcție (clădiri) și a consumului mai mare de forță de muncă. În zone puternic poluate, este posibil ca o stație de tip interior să fie mai ieftină ca investiție și exploatare, în raport cu o stație de tip exterior.

- Stațiile electrice interioare de tip deschis, de înaltă și foarte înaltă tensiune, folosesc obișnuit echipamente electrice clasice cu izolare externă în aer; dispoziția constructivă este caracteristică la stațiile de 110 kV, aparatele electrice pot fi clasice sau speciale, pe când stațiile interioare de tip deschis de tensiune mai mare, sunt de fapt stații de tip exterior acoperite cu construcții ușoare (tablă ondulată pe schelet și șarpante din profile metalice), având ca scop principal protecția echipamentelor electrice împotriva poluării, ocupă spații mari și necesită construcții costisitoare. Din aceste motive stațiile electrice interioare de tip deschis se construiesc de obicei până la 110 kV

- Pentru tensiuni superioare se realizează obișnuit stații electrice interioare de tip închis cu echipamente electrice blindate în SF<sub>6</sub>.

- La tensiuni înalte între 60 și 110 kV se pot adopta și soluții de tip închis (capsulate, cu mediul izolant aerul la presiune atmosferică sau blindate cu mediul izolant SF<sub>6</sub>) în funcție de rezultatele calculului tehnico-economic.

- Transformatoarele de mare putere ale stațiilor interioare, se montează, obișnuit, în aer liber, lângă pereții clădirilor stațiilor interioare.

- Stațiile interioare de tip deschis au dimensiuni mai mici ca ale stațiilor exterioare deoarece între circuitele vecine se folosesc îngrădiri de separație, ceea ce reduce mult pasul celulei (ex. la 110 kV pasul se reduce de la 8-9 m la cca 6 m).

- Stațiile electrice interioare pot avea aceleași scheme ale circuitelor primare ca și stațiile electrice exterioare. Schemele cele mai des folosite la stațiile electrice interioare sunt cu bare colectoare simple sau duble.

- Stațiile electrice interioare de tip închis, în special cele care utilizează echipamente electrice blindate izolate cu SF<sub>6</sub>, au o foarte mare fiabilitate și ca urmare chiar și la foarte înaltă tensiune pot fi folosite scheme electrice mai simple, cu bare colectoare simple secționate longitudinal, cu bare colectoare simple și bare de transfer sau cu bare colectoare duble, din care una și cu funcție de bară de transfer, dacă stația nu are mai multe căi de alimentare din sistem.

- Stațiile interioare pot fi echipate cu întreruptoare obișnuite de tip exterior sau cu întreruptoare speciale pentru interior, ce obișnuit sunt de broșabile.

- Întreruptoarele pot fi montate pe un șir, pe două șiruri sau mai rar pe trei șiruri.

- În stațiile interioare de ÎT de tip deschis cu aparatul clasic, separatoarele monopolare sunt așezate în mod obișnuit alăturat formând separatorul tripolar.

- În stațiile interioare de foarte înaltă tensiune de tip deschis, separatoarele pot fi amplasate ca și la stațiile exterioare

- Stațiile electrice interioare de înaltă și foarte înaltă tensiune pot avea bare colectoare rigide sau flexibile, neizolate sau izolate cu materiale solide, libere sau capsulate (cu mediul de izolație aerul sau SF<sub>6</sub>), montate independent sau pe izolatoarele separatoarelor de bare, în formă de I sau U, așezate într-un plan orizontal sau vertical, etc.

- Transformatoarele de măsură pot fi simple (transformatoare de curent și transformatoare de tensiune) sau combinate (transformatoare de curent și de tensiune) separate sau înglobate în izolatoarele de trecere sau în izolatoarele separatoarelor), etc.

### **Stații interioare de tip deschis (S.I.D.)**

Stațiile electrice de înaltă și foarte înaltă tensiune interioare de tip deschis (clasice) sunt obișnuit folosite pentru tensiuni de 110 kV.

Structurile constructive ale S.D.I. sunt în general de tip hală și tip etajat. Cel mai frecvent se utilizează soluția tip hală, fără pereți intermediari, deoarece asigură o bună vizibilitate și deci o bună exploatare. Soluția tip etajat se folosește când suprafața de teren disponibilă este redusă.

Dimensiunile celulelor depind de tensiune, schema de conexiuni, gabaritele și tipurile aparatelor folosite (influența mare având-o tipul separatoarelor).

S.D.I. pot fi echipate cu aparate clasice sau pot fi echipate cu întreruptoare debroșabile.

### **Stații echipate cu aparate clasice (S.I.D.C.)**

În România se construiesc S.D.I. de 110 kV. Soluțiile constructive ale acestor stații corespund la patru perioade distincte.

- Stațiile din generația I au fost concepute înainte de 1840,
- generația II - între 1860-1875,
- generația III - între 1875-1880
- generația IV corespund soluțiilor actuale.

De exemplu, într-o stație de 110/6 kV, *din generația I*:

- instalația de distribuție de 110 kV are două sisteme de bare colectoare, rigide (din care unul în formă de U), așezate pe izolatori suportați la etajul 3, unde sunt amplasate și separatoarele de bare și unde există coridoare de supraveghere separate de părțile sub tensiune prin plase de sârmă de protecție.
- La etajul 2 sunt amplasate aparate grele de 110 kV (întreruptoarele și transformatoarele de curent), dispozitivele de acționare ale întreruptoarelor așezate pe două șiruri (în fața celulelor în coridorul central de manevră), izolatoarele pentru păstrarea distanțelor între barele rigide de alimentare a transformatorului de forță, separatorul de linie, transformatoarele de tensiune și capetele terminale ale cablurilor de 110 kV.
- La etajul 1 este amplasată instalația de distribuție de 6 kV (cu două sisteme de bare colectoare rigide așezate pe izolatori suportați la partea superioară a celulelor de 6 kV), izolatoarele de trecere tip interior-interior de 110 kV pentru alimentarea transformatoarelor de forță de 110/6 kV, canalul de cabluri al cablurilor de circuite secundare și încăperile pentru personalul de exploatare.
- La parter sunt amplasate pe suportați cablurile de 6 kV, bobinele de reactanță de medie tensiune, izolatoarele de trecere de 6 kV pentru legătura cu transformatoarele de forță și camera bateriei de acumulatori.
- În dreapta clădirii principale, într-o clădire alăturată sunt amplasate transformatoarele de forță sub care sunt canale cu grătare la partea superioară

pentru colectarea eventualelor pierderi de ulei, pentru ventilație. Legăturile de 6 kV se fac prin bare rigide ca și la 110 kV.

- La subsol este amplasată instalația de ventilație, pentru răcirea reactoarelor și a transformatoarelor de forță.

Stațiile din *generația II* față de cele din generația I cu soluții ineficiente au reprezentat un progres treptat prin:

- clădire mai simplă, tip hală fără planșee orizontale;
- realizarea stațiilor de 110 kV și 6-10 kV în două corpuri de clădire alăturate sau separate;
- pas de celulă de 7 m la utilizarea separatoarelor cu deschidere laterală a cuțitelor sau de 6 m cu căptușirea cu folii de material izolant a unor porțiuni de pereți și stâlpi;
- montarea aparatelor grele (întreruptoare și transformatoare de măsură) la nivelul pardoselii ceea ce ușurează schimbarea acestor aparate și reduce dimensionarea și deci costul și înălțimea clădirii;
- dispunerea pe două șiruri a celulelor pentru legături pe ambele părți ale stației, cu coridor central de manevră și coridoare laterale de supraveghere la parter și două sisteme de bare colectoare rigide pe izolatori suportați (unul în formă de U), ceea ce asigură obținerea unei instalații mai compacte;
- pereți despărțitori de înălțime relativ redusă între celulele alăturate, pentru protecția muncii;
- măsuri suplimentare de împiedicare a pătrunderii agenților poluanți exteriori și evitarea condensării în interior a vaporilor de apă, deci creșterea fiabilității;
- transformatoarele de forță montate în exterior.

Stațiile din *generația III* au adus și alte ameliorări importante și anume:

- folosirea separatorului semipantograf, cu deschiderea cuțitului principal în planul izolatoarelor proprii, ceea ce a permis reducerea lățimii celulei la 6 m, o mai bună utilizare a volumului (mai redus), mărirea gradului de prefabricare și reducerea duratei de execuție a clădirii.

Pentru aceeași schemă volumul necesar unei celule este cu 36% mai redus.

### **Stații echipate cu întreruptoare debroșabile (S.I.D.I.D)**

Pentru reducerea necesarului de teren și de volum, ce sunt cu atât mai mari cu cât tensiunea este mai ridicată, s-a trecut la renunțarea la separatoare de bare, prin folosirea de întreruptoare debroșabile, care au și avantajele:

- dacă sunt scoase din circuit, asigură separarea vizibilă între părțile instalației rămasă sub tensiune și cea scoasă de sub tensiune,
- se reduce numărul de aparate necesare instalației (deci spațiul necesar se reduce și mai mult),
- instalația se simplifică,
- crește fiabilitatea și scad investițiile.
- înlocuirea unui întreruptor debroșabil cu unul în rezervă se face foarte repede,
- scad daunele datorate întreruperilor în alimentare,
- se ușurează exploatarea.

Soluția cu întreruptoare debroșabile se folosește obișnuit numai la instalații cu bare colectoare simple, deoarece la instalații cu bare colectoare duble cu două întreruptoare pe circuit, soluția este scumpă și necesarul de teren și de volum devin prea mari.

### Stații interioare de tip închis, (S.I.I.)

Contrar practicii generale din trecut când se utiliza foarte mult echipament de tip exterior pentru stații de distribuție interioare, aparatele și materialele speciale de tip interior obișnuit cu tensiuni până la 110 kV, au fost dezvoltate, permițând să se amelioreze în special rentabilitatea. Aplicarea tehnologiilor și tehnicilor moderne, în special izolația cu SF<sub>6</sub>, a permis să se crească și mai mult rentabilitatea stațiilor de distribuție de tip închis.

S.I.I. pot fi realizate în două variante constructive, în funcție de mediul izolant folosit:

- cu aer la presiune atmosferică;
- cu alți izolanți, în special cu SF<sub>6</sub> la presiune mai mare ca cea atmosferică. Aceste instalații se caracterizează prin faptul că celulele sunt realizate obișnuit sub forma unei carcase metalice prefabricate, compacte, care conține tot echipamentul unui circuit, conform schemei principale monofilare. Dacă izolantul folosit este aerul la presiune atmosferică, celulele se numesc *capsulate* iar dacă este un izolant sub presiune (SF<sub>6</sub>) se numesc *blindate*.

Folosirea hexafluorării de sulf ca izolant în instalațiile de înaltă tensiune presupune introducerea unor principii oarecum diferite de cele folosite la alte categorii de instalații și anume:

- capsularea întregii instalații în carcase metalice etanșe, capsulare care poate fi făcută monofazat sau trifazat;
- compartimentarea în module normalizate interschimbabile.

Capsularea este obligatorie pentru menținerea gazului în zona instalației. Capsularea trifazică duce la economie de spațiu, de materiale și manoperă iar în plus, câmpurile celor trei faze, compensându-se reciproc, duc la scăderea pierderilor. Capsularea monofazată elimină scurtcircuiturile între faze, limitează eforturile electrodinamice între faze, permițând orice așezare relativă a fazelor.

Compartimentarea se realizează de obicei în module care constituie și elementele componente ale celulei (întreruptor, separator, etc.) și care se separă între ele etanș. Aceste module se pot asambla în diferite moduri pentru a se realiza schema monofilară dorită sau pentru a se putea încadra instalația în restricție privind dimensiunile.

Barele colectoare și căile de curent în general se execută din țevi din cupru sau aluminiu susținute de izolatoare din rășini epoxidice și capsulate mono sau trifazat.

Întreruptoarele folosite în instalațiile izolate cu SF<sub>6</sub> sunt cu ulei puțin, cu vid sau mai natural cu SF<sub>6</sub>.

Separatorul nu mai poate, prin însăși construcția sa, să separe vizibil părți ale instalației, lucru care face folosirea lui puțin diferită de cea din instalațiile izolate cu aer la presiunea atmosferică. Astfel pentru a se garanta securitatea personalului și deci pentru a se putea certifica poziția deschis a separatorului se practică următoarele metode:

- se montează separatoare de legare la pământ mai multe decât în celelalte categorii de instalații. Practic se prevede posibilitatea punerii la pământ a tuturor elementelor din instalație care pot fi separate;
- se prevăd ecrane special legate la pământ care se introduc între contactele separatoarelor în poziția deschis a acestora;

Separatorul de legare la pământ este folosit drept element principal de securitate și pentru șuntarea arcului electric eventual apărut, pentru stingerea lui rapidă și limitarea efectelor distructive.

Montarea unei instalații cu SF<sub>6</sub> este relativ simplă deoarece constă din amplasarea modulelor ce reprezintă componente ale instalațiilor, module realizate și încercate individual în fabrică.

În exploatare, esențială este supravegherea continuă a etanșeității și completarea pierderilor de gaz care se poate face și automat.

Necesarul de suprafață este considerabil mai mic decât la soluțiile clasice. Față de instalațiile de tip exterior, o instalație cu SF<sub>6</sub> necesită, la 110 kV cca 6% suprafață, la 220 kV cca 4% și la 380 kV cca 3%. Aceasta face oportună introducerea lor ori de câte ori există suprafață disponibilă limitată (de exemplu la centralele hidro subterane, la extinderea sau modernizarea unor instalații existente, etc.

Securitatea în funcționare este cert mai ridicată decât la soluțiile clasice

Există și posibilitatea combinării unor module de instalații cu SF<sub>6</sub> cu instalații clasice, situații care pot apărea la extinderi, modernizări sau să fie impuse de restricții de suprafață.

# CIRCUITE SECUNDARE DIN STAȚII ELECTRICE

## 1. Principii, definiții

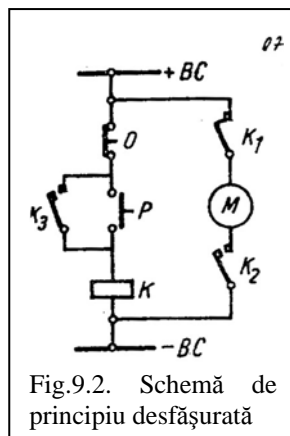
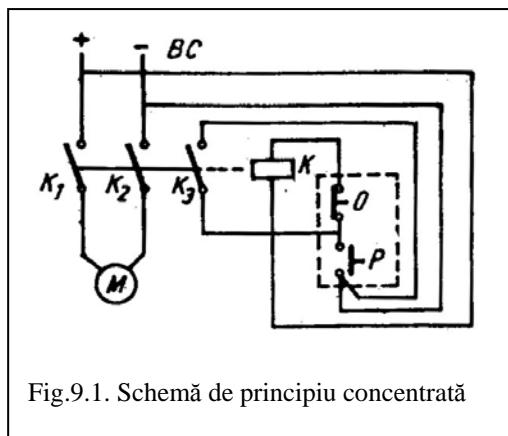
Circuitele electrice secundare (denumite și circuite auxiliare sau subsistemul secundar), deservește circuitele electrice principale (primare) și se caracterizează prin faptul că nu sunt parcurse de fluxul principal de energie care circulă spre consumatori. Circuitele secundare pot fi împărțite în următoarele grupe corespunzătoare principalelor categorii de funcțiuni:

- comandă
- control
  - informare
    - semnalizare
      - de poziție
      - de avarie
      - preventivă
    - măsură
      - cu aparate indicatoare
      - cu aparate înregistratoare
      - cu aparate integratoare
    - înregistrări diverse (incidente, etc.)
  - blocaj
  - sincronizare
  - protecție prin relee
  - automatizare

*Circuitele de comandă* (conform definițiilor din PE 111/7) sunt acele circuite care servesc la acționarea voită, de la fața locului sau de la distanță, a diverselor mecanisme aparținând aparatelor de conectare și de reglaj. Aparatele de conectare sunt aparatele care servesc la închiderea și deschiderea voită a circuitelor electrice (întreruptoare, separatoare).

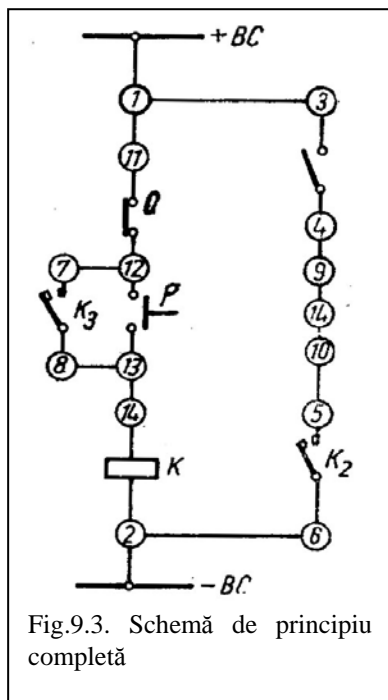
*Circuitele de control* sunt acele circuite care deservește instalațiile de informare (semnalizare, măsurare, înregistrări diverse), blocaj, sincronizare, protecție prin relee și automatizare. Instalațiile de blocaj sunt acele instalații care trebuie realizate în scopul evitării manevrelor greșite (blocaje operative), în scopul protejării integrității personalului de exploatare (blocaje de siguranță) și în scopul protejării instalațiilor tehnologice (blocaje tehnologice).

Principalele aparate ale circuitelor de comandă sunt amplasate în camera de comandă. Camera de comandă este acea încăpere separată, din care se face comanda și controlul circuitelor primare și în care este amplasat tabloul de comandă. Tabloul de comandă este ansamblul aparatelor și dispozitivelor care servesc pentru efectuarea operațiilor de comandă și pentru informarea operativă (semnalizări și măsurări) a personalului de deservire asupra unui număr mai mare de circuite primare sau asupra întregii instalații. Aparatele propriu-zise sunt montate pe tablouri numite și panouri (panouri de comandă, panou de semnalizări centrale, panou de servicii interne, etc.) sau pe pupitre, ansamblul lor formând tabloul de comandă din camera de comandă. Poate exista de asemenea, cameră de supraveghere care este o încăpere separată în care este amplasat tabloul de supraveghere, camera din care nu se pot efectua comenzi de aparate de conectare.



Dispunerea instalațiilor de comandă poate fi centralizată ceea ce corespunde amplasării lor într-o cameră unică sau descentralizată ceea ce corespunde amplasării lor în imediata vecinătate a fiecărei instalații (de circuite primare) sau a unui grup de instalații.

Proiectarea, execuția sau exploatarea circuitelor



secundare se realizează cu ajutorul schemelor electrice de conexiuni ce sunt desene cu reprezentarea convențională a diverselor elemente și a legăturilor lor. Aceste scheme se împart în scheme de principiu și scheme de montaj. Schemele de principiu pot fi concentrate, desfășurate (dezvoltate) sau complete (de depanaj). În schemele de principiu concentrate dispozitivele și aparatele sunt reprezentate compact (exemplu fig.9.1), arătând modul de funcționare al fiecărui aparat însă reprezentarea este greoaie și astfel, pentru scheme complexe, atât lectura cât și reprezentarea sunt foarte dificile. În schemele de principiu desfășurate, părțile componente ale aparatelor sunt reprezentate în circuitele unde funcționează (fig.9.2) și astfel reprezentarea și lectura sunt foarte simple. Schemele de principiu complete (fig.9.3) sunt realizate în același mod ca cele de principiu desfășurate indicându-se în plus numerele bornelor contactelor și bobinelor, caracteristicile tehnice ale aparatelor, etc. Pe baza lor se realizează schemele de montaj după care se execută circuitele secundare în instalații și care cuprind numai bornele aparatelor, conductoarele de legătură, șirurile de cleme, etc.,

așa cum se montează ele în tablouri, pupitre, etc., în camerele de comandă, instalațiile de distribuție, etc.

Semnele convenționale uzuale pentru circuitele secundare sunt date în STAS.

Starea normală (de repaus) a unui întreruptor sau separator este poziția deschis, la un releu situația când bobina sa nu este sub tensiune, la un contact normal deschis poziția deschis iar la un contact normal închis poziția închis. În scheme aparatele, contactele, etc. Se reprezintă în starea normală.

## 2. Tipuri de scheme de circuite secundare

Comanda și controlul aparatelor poate fi realizată la fața locului, de la distanță sau prin telecomandă. Comanda și controlul la fața locului se execută din imediata apropiere a aparatelor (de la cutiile de cleme de lângă aparate). Comanda și controlul la distanță se realizează prin conductoarele cablurilor de circuite secundare (cu secțiuni de 1,5 mm<sup>2</sup> sau 2,5 mm<sup>2</sup> Cu), la o distanță limitată de căderile de tensiune din conductoare (deci de câteva sute de metri) din incinta centralei sau stației, din camerele de comandă sau cabinele de releu. Comanda și controlul prin telecomandă (telemecanică) se folosește numai pentru distanțe

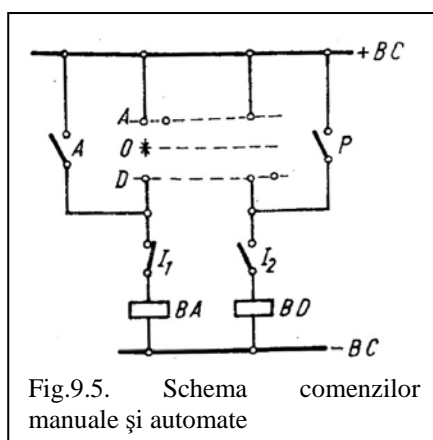
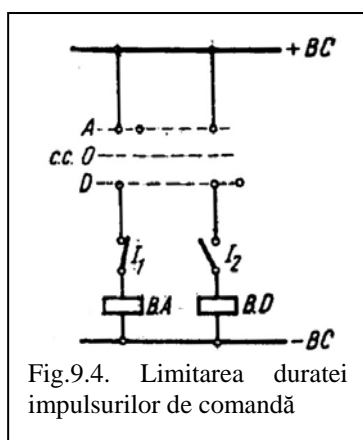
mari. În stațiile electrice se utilizează foarte mult comanda și controlul de la distanță a aparatelor de comutație, în special a întreruptoarelor și separatoarelor.

## 2.1. Schemele circuitelor secundare de comandă a întreruptoarelor și separatoarelor

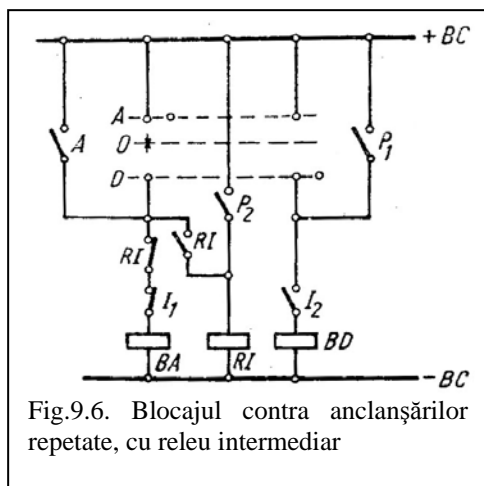
Comanda întreruptoarelor și separatoarelor poate fi monofazată sau trifazată, directă sau indirectă (în trepte), individuală sau cu preselectie. Cel mai frecvent se utilizează comanda trifazată, directă și individuală. Caracteristicile schemelor de circuite secundare de comandă sunt funcție, în special, de tipul aparatului și al dispozitivului de acționare.

### 2.1.1. Comanda întreruptoarelor

Schema de principiu a circuitelor secundare de comandă a unui întreruptor trebuie să îndeplinească următoarele cerințe:



1) Deoarece bobinele de anclanșare și de declanșare ale dispozitivelor de acționare ale întreruptoarelor sunt calculate pentru un curent de durată limitată, se cere ca impulsul de comandă (anclanșare sau declanșare) să aibă o durată limitată, deci să dureze până la terminarea operației

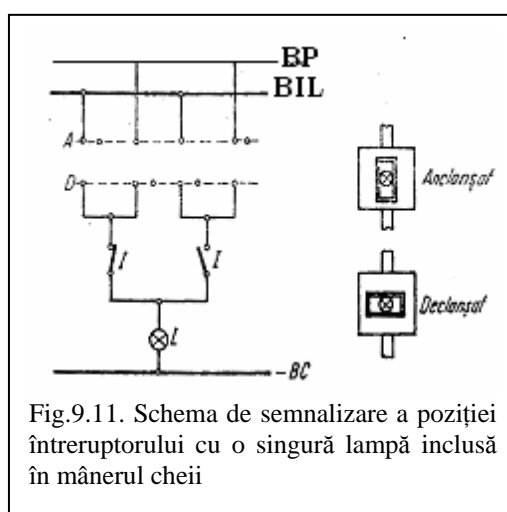
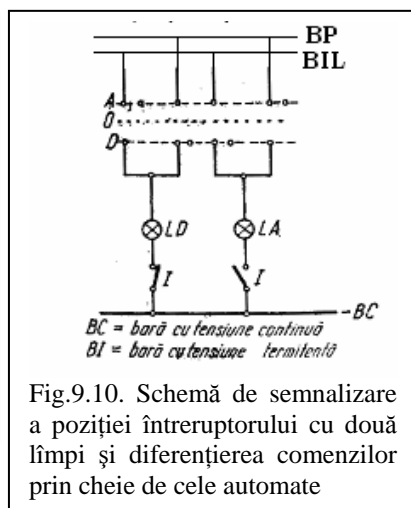
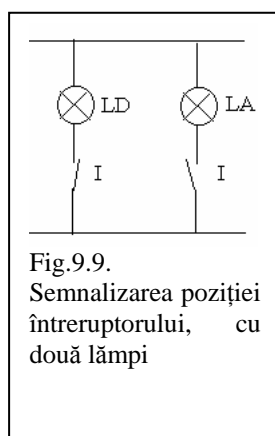
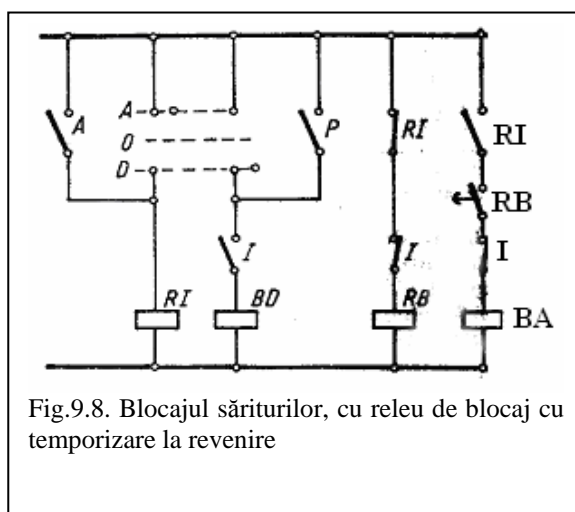
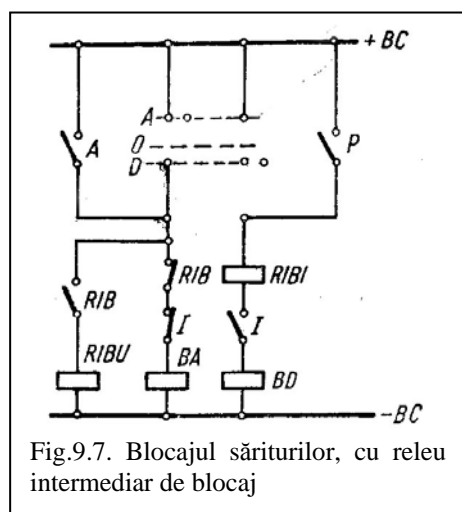


comandate. Pentru aceasta întreruptorul este prevăzut cu contacte auxiliare, acționate mecanic de întreruptor, contacte ce întrerup circuitul de comandă numai după terminarea anclanșării respectiv declanșării întreruptorului (fig.9.4). La comanda manuală de anclanșare prin cheia de comandă (CC) se transmite impuls bobinei de anclanșare (BA) care atunci când întreruptorul anclanșează, prin deschiderea contactului auxiliar (I1) va rămâne nealimentată. Dacă întreruptorul este anclanșat, I2 este închis (I1 este deschis) și la impuls de declanșare (prin CC), când întreruptorul declanșează, I2 se deschide, întrerupând impulsul la bobina de declanșare (BD).

2) Schema de comandă trebuie să permită nu numai comanda manuală ci și comanda automată de declanșare prin protecție și de declanșare automată (exemplu RAR). Pentru aceasta contactele cheii de comandă sunt dublate de contacte normal deschise ale teșirii instalației de anclanșare automată (A), respectiv ale ieșirii instalației de protecție prin releu (P), conform fig.9.5.



3) Schema de comandă a întreruptorului trebuie să aibă un blocaj împotriva anclanșărilor repetate (numite sărituri), dacă dispozitivul de acționare nu are un astfel de blocaj.



Această situație apare de exemplu când există un impuls de lungă durată de anclanșare și simultan acționează și protecția prin relee deoarece întreruptorul se închide pe un scurtcircuit. Sunt diverse soluții pentru blocajul săriturilor. Astfel (fig.9.6), se poate utiliza un releu intermediar calculat pentru un curent de lungă durată. La impuls de anclanșare de lungă durată (automat sau manual), BA comandă anclanșarea, care dacă se produce pe scurtcircuit, apare un impuls de declanșare prin închiderea contactelor P și întreruptorul declanșează. Prin închiderea lui P2, este însă excitat RI care-și închide contactul de autoreținere (în serie cu A), și-l deschide pe cel din circuitul BA, deci următorul impuls de anclanșare este blocat. Altă soluție este cu un releu intermediar de blocaj (RIB) cu două bobine, una derivație de tensiune (RIBU) și alta serie de curent (RIBI), fig.9.7. Releul intermediar de blocaj se excită inițial prin bobina sa de curent (când s-a închis P) și apoi se autoreține prin bobina sa de tensiune (RIBU), blocând impulsul repetat la BA. O altă soluție pentru blocajul săriturilor este cu un releu de blocaj (RB) cu temporizare la revenire, fig.9.8. Când întreruptorul este deschis, bobina RB este sub tensiune și are contactul ei din circuitul BA închis. La comandă de lungă durată de anclanșare RI scoate de sub tensiune bobina RB care-și deschide temporizat contactul din circuitul BA blocând noi anclanșări. Temporizarea poate fi stabilită pentru a se putea realiza unul sau două cicluri RAR.

4) Schema de comandă a întreruptorului trebuie să aibă în camera de comandă semnalizările poziției acestuia deoarece obișnuit operatorul nu vede întreruptorul. Este necesar să existe semnal diferențiat asupra comutărilor datorate comenzilor voite față de cele prin protecție sau automate (RAR, sau AAR). Dacă comenzile voite pot fi date atât din camera de comandă și supraveghere cât și din alte părți ale instalației (cabina de rele, celula întreruptorului) se recomandă să fie de asemenea diferențiate. Semnalizarea poziției întreruptorului se realizează cu ajutorul lămpilor de semnalizare ce se alimentează prin contacte auxiliare ale întreruptorului (bloc contacte) ce se comută solidar cu axa întreruptorului sau cu dispozitivul său de acționare. Culoarea verde semnalizează poziția declanșat iar cea roșie anclanșat. În fig.9.9 este prezentată cea mai simplă schemă ce semnalizează poziția întreruptorului, care însă nu poate diferenția comenzile voite (manuale prin cheie), de cele automate. Pentru diferențierea semnalizării comenzilor voite (prin cheie), de cele automate, se utilizează în prezent curent semnalul pâlpâitor (lampa se stinge și aprinde periodic) pentru comenzile automate. În fig.9.10 este prezentată o astfel de schemă cu două lămpi și cheie cu două poziții. Dacă o lampă, de exemplu LD pâlpâie (iar LA s-a stins), se semnalizează operatorului din camera de comandă că întreruptorul din instalație a declanșat, deci cheia a rămas pe poziția anclanșat și reciproc. Se utilizează în prezent foarte mult semnalizarea poziției întreruptorului și a comutărilor prin cheie sau automate cu o singură lampă inclusă în mânerul cheii, dacă cheia prin poziția sa indică diferențiat situația de anclanșat de cea de declanșat, fig.9.11. Dacă cheia este în poziție de corespondență cu întreruptorul (de exemplu cheia este în poziție verticală indicând anclanșat și întreruptorul este închis), lampa arde continuu iar la necorespondență arde intermitent indicând comutările automate.

### **2.1.2. Comanda separatoarelor**

Schemele de comandă ale separatoarelor sunt mult mai simple dar totuși și ele trebuie să mențină impulsurile de comandă o durată limitată, până la terminarea operației comandate. Comanda separatoarelor cu dispozitive ASE poate fi dată manual din camera de comandă sau prin butoane din cabina de rele.

## **2.2. Schemele circuitelor secundare de semnalizare**

Semnalizările trebuie să fie optice și acustice la toate locurile de unde se pot face operații de comandă și reglaj și optice la aparatul deservit.

Semnalizările sunt de poziție, de avarie sau preventive. Semnalizarea de poziție a aparatelor trebuie să existe la toate punctele de unde se dă comandă la distanță și să diferențieze optic pozițiile declanșat și anclanșat precum și comenzile manuale de cele automate. Semnalizarea de avarie, optică și acustică în camera de comandă, anunță declanșarea automată a întreruptoarelor; semnalul acustic este comun tuturor întreruptoarelor (aceeași hupă) iar cel optic este individual (la fiecare circuit de comandă), pentru a se identifica întreruptorul ce a declanșat automat. Semnalizarea preventivă avertizează personalul din camera de comandă asupra abaterilor de la regimul normal de funcționare, acustic (sonerie) prin semnalul unic și optic, individual (casetă de semnalizare), pentru identificarea elementului și naturii defectului (exemplu presiune scăzută întreruptor, ardere siguranțe, barete comandă, suprasarcină, etc.).

### 2.3. Schemele circuitelor secundare de măsurare

Partea de măsurare a schemelor de circuite secundare cuprinde măsurarea intensității curentului, tensiunii, puterii active și reactive și a energiei electrice active și reactive.

Intensitatea curentului se măsoară pe toate circuitele cu puteri de peste 40 kW, obișnuit pe o singură fază (cu excepția cazurilor când se poate funcționa timp îndelungat cu sarcini inegale pe faze). Măsurarea tensiunii se face pe toate secțiunile de bare colectoare și pe toate liniile. În majoritatea cazurilor se poate folosi un voltmetru indicator cu un comutator voltmetric care permite și controlul izolației. Măsurarea puterii active și a puterii reactive se face prin wattmetre, respectiv varmetre montate pentru toate celulele de transformator și autotransformator de 220 kV și 400 kV și liniile electrice importante. Măsurarea energiei electrice active respectiv reactive se face cu ajutorul contoarelor, pentru determinarea cantității de energie electrică vehiculată prin transformatoare, consumată de serviciile proprii, transportată de linii, etc. Instrucțiunile prevăd pentru fiecare tip de circuit primar, ce aparate de măsură trebuie montate.

### 2.4. Schemele circuitelor secundare de blocaj

În schemele de circuite secundare se folosesc blocaje operative, de siguranță și tehnologice. Blocajele operative, pentru evitarea manevrelor greșite, pot fi mecanice, pneumatice, electromecanice sau electrice. Instrucțiunile prevăd condițiile ce se impun la

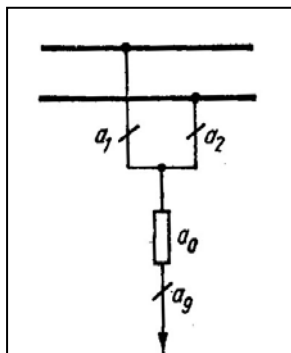


Fig.9.18. Schema circuitului primar a unei celule cu două sisteme de bare și un singur întreruptor pe circuit

realizarea blocajelor în circuitele elementelor de execuție. Astfel, fig.9.18, separatoarele  $a_1$ ,  $a_2$  și  $a_3$  pot fi comandate dacă întreruptorul  $a_0$  este deschis (protecția contra manevrării separatoarelor sub sarcină). Dacă întreruptorul  $a_0$  este închis, un al doilea separator de bare  $a_1$  sau  $a_2$  din aceeași celulă poate fi închis numai când cupla transversală este închisă. După aceasta poate fi deschis unul din cele două separatoare ce au fost închise. Separatorul rămas în poziția "închis" trebuie din nou blocat contra comenzii, când întreruptorul corespunzător este închis (trecerea de pe o bară pe alta sub sarcină). Blocajele de siguranță pot fi mecanice (încuietori mecanice la ușile celulelor ce pot fi sub tensiune), sau electromagnetice (blocând ușile dacă aparatele din celulă sunt cuplate sau dacă în celulă este tensiune). Blocajele tehnologice sunt funcție de condițiile locale de funcționare a instalației (de exemplu pornirea într-o anumită succesiune obligatorie a unor receptoare).

### 2.5. Schemele circuitelor secundare de sincronizare

Instalațiile brațelor de sincronizare sunt prevăzute cu dublu voltmetru, dublu frecvențmetru și sincronoscop și trebuie montate pe toate circuitele ce vor fi puse în paralel. Brațul de sincronizare se alimentează prin comutatoarele de sincronizare și blocontactele separatoarelor de la barele de sincronizare.

### **Sisteme integrate de protecție, automatizare, măsură, control și supraveghere**

În mod tradițional, echipamentul primar (partea de înaltă tensiune) și cel secundar (protecția, controlul, măsura și automatizarea) au fost tratate ca sisteme separate. Interfața între cele două sisteme o reprezintă un număr de conexiuni între echipamentul primar și cel secundar.

Evoluția integrării reciproce între tehnologiile echipamentelor primare și secundare din stațiile de transformare, poate fi împărțită în trei etape majore:

- convențională,
- modernă,
- inteligentă.

În prima etapă, tehnologia releelor de protecție și automatizare electromagnetice a determinat schemele și legăturile circuitelor secundare într-o stație. Etapa se caracterizează prin:

- existența unui număr mare de echipamente, fiecare dintre ele concepute pentru o aplicație distinctă, interconectate între ele prin fire conductoare în vederea îndeplinirii funcțiilor de protecție, control și măsură.
- un mare număr de conexiuni între echipamentul primar și cel secundar aflate în locuri diferite – celula de înaltă sau medie tensiune, respectiv camera de protecție sau cea de comandă.

Progresul realizat în domeniul electronicii digitale face ca astăzi majoritatea funcțiilor echipamentului secundar să poată fi implementată cu ajutorul modulelor software, care rulează pe o platformă bazată pe calculator. Asemenea unități multifuncționale sunt utilizate atât pentru control, cât și pentru protecție.

În anii din urmă, se constată tendința de integrare a echipamentului secundar al unei celule într-un singur dispozitiv. Comunicația între nivelul celulei și cel al stației se realizează prin transmisie de date serială, înlocuind astfel conexiunile individuale tradiționale pentru fiecare semnal.

În ultimul timp, introducerea conexiunii pe fibră optică între echipamentul de protecție și cel de înaltă tensiune duce la mutarea delimitării tradiționale între secundar și primar. Funcțiuni de conversie analog-digitală, precum și unele funcțiuni de preprocesare sunt descentralizate cât mai aproape de proces și sunt integrate fizic în echipamentul primar.

Funcțiile majore ale subsistemului secundar sunt:

- protecția sistemului împotriva defectelor;
- managementul stărilor anormale în sistem;
- automatizare;
- control local și de la distanță;
- măsură;
- osciloperturbografie;
- monitorizare echipamente primare;
- analiză automată a datelor.

Toate funcțiunile arătate mai sus trebuie îndeplinite în timp real.

Trebuie remarcat că majoritatea funcțiilor subsistemului secundar sunt localizate la nivelul celulei. Alte funcții le regăsim la nivelul stației, iar unele acoperă atât zona celulei cât și a stației.

Categoria echipamentelor electronice inteligente (EEI) utilizate în stațiile de transformare includ;

- calculatoarele de la nivelul stației,
- echipamentele de achiziție și comandă,
- controlere programabile,
- relee digitale de protecție și automatizare,
- înregistratoare secvențiale de evenimente,
- osciloperturbografe digitale,
- echipamente de comunicație
- concentratoare de date.

Principalele aplicații ale EEI aflate în stații sunt:

- achiziția și procesarea datelor relativ la echipamentele electrice ale stației,
- transferul datelor către destinații interne sau externe stației. Aceste transferuri pot avea loc imediat – pentru informații de timp real – sau decalat, la cerere, pentru informații cum sunt listele de evenimente, istoricul de măsurători etc.
- monitorizarea digitală a echipamentelor electrice,
- protecția rețelelor și echipamentelor electrice bazată pe relee digitale.

Pentru a reduce drastic numărul de conexiuni, cu efecte importante asupra costurilor și fiabilității, sistemele de control ale stațiilor viitoare vor trebui să utilizeze pe larg soluții bazate pe rețele locale (LAN) de mare viteză la nivelul stației.

Apariția echipamentelor digitale de automatizare și protecție este un fenomen de actualitate. În mod normal, releele numerice au o interfață serială. Sistemele de control ale stației, bazate pe microprocesor, prevăd deopotrivă informații globale de proces, cât și legături de comunicație. Apare astfel naturală preocuparea pentru conlucrarea între sistemele de protecție și cele de control.

Preocupările actuale privind tratarea unitară a protecției și controlului, se pot împărți în două categorii majore, și anume:

a) *Sisteme coordonate de protecție și de control.* Sistemele de control și de protecție își păstrează autonomia unele față de celelalte, însă prevăd funcțiuni de „colaborare” reciprocă. Într-un asemenea concept, funcția de protecție este localizată, în general, în echipamente distincte de cele de comandă/control. Cele două subsisteme comunică însă, transmițându-și reciproc informații globale, rezultate, în general, în urma prelucrării mărimilor din proces.

b) *Sisteme integrate de protecție și control.* Subsistemele de control și de protecție sunt concepute ca un tot unitar, utilizând în comun anumite resurse hardware și software. În acest caz asistăm la o descentralizare foarte puternică a funcțiilor de comandă, control și protecție, elementul cheie în acest concept fiind comunicația de mare viteză între modulele componente.

Subsistemul secundar din stațiile moderne se bazează din ce în ce mai mult pe un număr de echipamente digitale multifuncționale. Tendința este de a integra la nivelul celulei în același echipament, funcțiuni care, istoric, sunt separate – protecția, controlul, comunicația și măsura.

Într-un sistem inteligent de protecție, control și monitorizare echipamentele primare și cele secundare devin din ce în ce mai strâns legate. La această dată senzorii pentru supravegherea tuturor funcțiilor importante ale echipamentelor primare și aceștia devin

parte integrantă din echipament. Datorită acestui fapt, cele mai probabile schimbări pe care le va aduce viitorul apropiat pentru echipamentul primar sunt:

*Includerea senzorilor de măsură de curent și tensiune.* Noile tehnologii de realizare a senzorilor de curent și tensiune reduc foarte mult dimensiunile acestora și fac posibilă integrarea lor în echipamentul primar. Transmiterea valorilor măsurate se face prin intermediul unor canale de comunicație numerice către subsisteme externe.

*Apariția echipamentelor primare inteligente.* Includerea senzorilor de măsură și a capabilităților de prelucrare a datelor în echipamentele primare va provoca transformarea acestora în subsisteme inteligente, capabile să ducă la îndeplinire toate sarcinile de control și supraveghere. Acest subsistem inteligent este platforma ideală pentru implementarea funcțiilor de monitorizare și diagnostic, inclusiv autotestarea echipamentului. Totodată devin posibile noi facilități cum ar fi conectarea/deconectarea sincronizată a întreruptorului la trecerea prin zero a curentului, cu profunde implicații asupra duratei de viață a întreruptorului și chiar a rețelei prin reducerea nivelului supratensiunilor.

*Integrarea.* Echipamentele primare și cele secundare vor deveni mult mai compacte datorită noilor tehnologii de realizare. În cele mai multe cazuri fabricanții de echipamente vor putea asambla și testa celule complete – inclusiv subsistemul secundar – înainte de expedierea lor la locul de montaj.

*Descentralizarea funcțiilor subsistemului secundar.* Ideea principală a sistemelor integrate este de a descentraliza componentele subsistemului secundar ca efect al dezvoltării echipamentelor primare inteligente. Acestea din urmă vor asigura funcțiunile care reclamă informații locale, provenite de la senzorii proprii și vor colabora, prin intermediul legăturilor de comunicație de mare viteză, pentru realizarea funcțiilor care necesită informații externe echipamentului.

*Reducerea costurilor globale de instalare și exploatare.* Efortul tehnologic de realizare a echipamentelor primare inteligente și de integrare a funcțiilor subsistemului secundar este pe deplin răsplătit de reducerea costurilor globale.

### **Exemple de sisteme integrate ale unor stații moderne**

Stațiile izolate cu aer tip I-AIS fabricație ABB sunt prevăzute cu sisteme integrate de comandă-control, protecție și supraveghere într-o structură arhitecturală ierarhizată, distribuită și deschisă, fig.9.34.

În această configurație echipamentele modulare și bazate pe tehnologie modernă sunt distribuite în stație pe următoarele niveluri:

- celulă: cabina de relee;
- stație: camera de comandă a stației.

La nivelul celulelor sunt distribuite echipamente terminale cu funcții specializate, fig.9.35:

- relee de protecție, cu funcțiuni multiple de protecție, de autosupraveghere și de monitorizare a datelor de avarie;
- echipamente numerice locale de comandă, blocaj, supraveghere, achiziție date și prelucrarea automată a datelor.

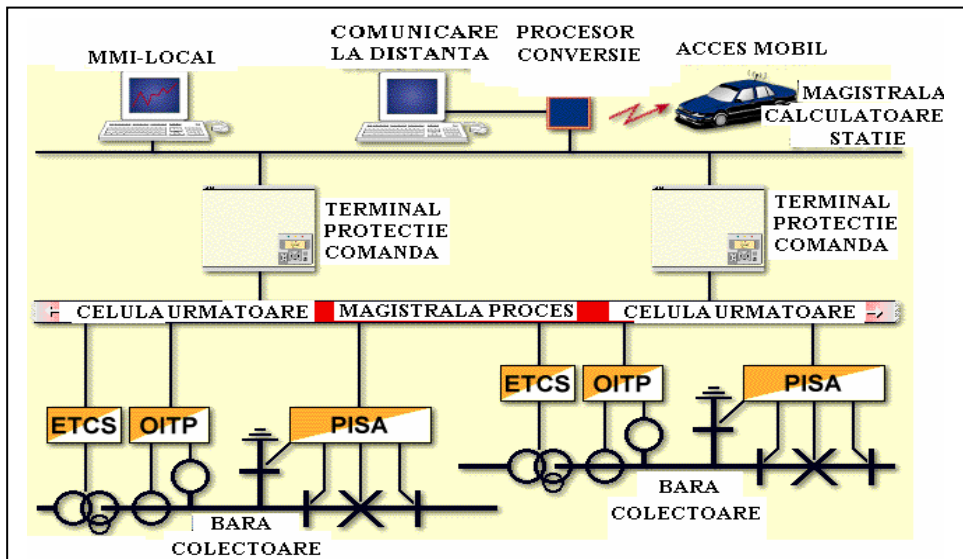


Fig.9.34. Sistem integrat la o stație tip I-AIS (izolată cu aer) fabricație ABB: MMI – interfață (om-mașină) de comunicare cu operatorul

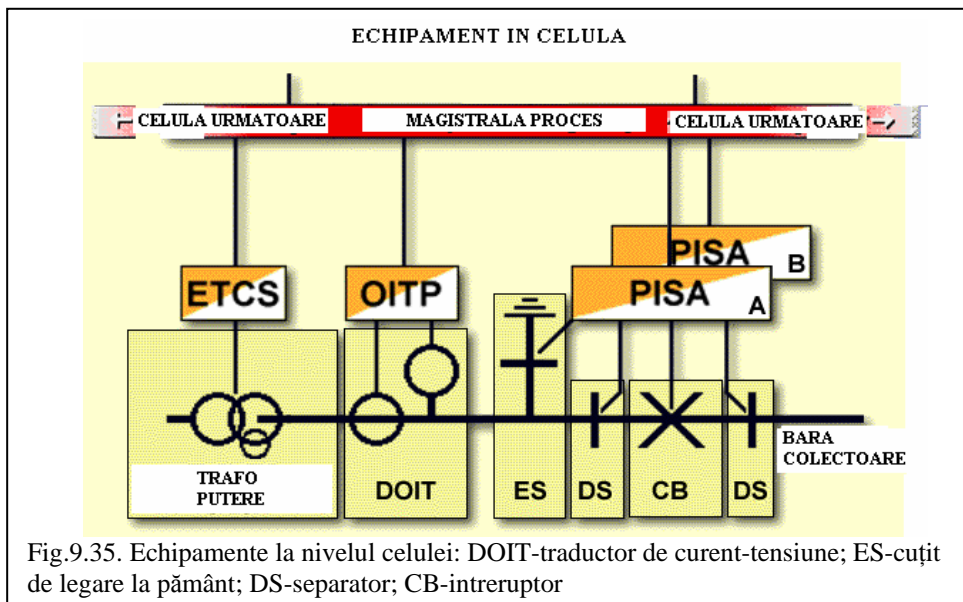


Fig.9.35. Echipamente la nivelul celulei: DOIT-traductor de curent-tensiune; ES-cușit de legare la pământ; DS-separator; CB-interruptor

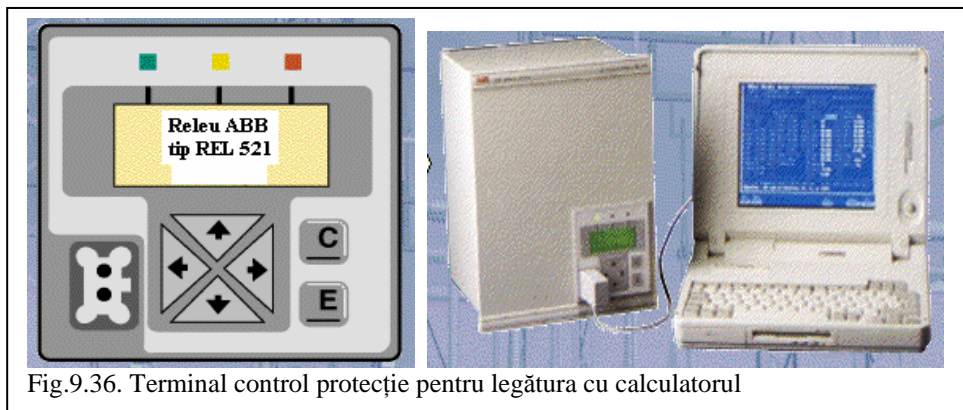


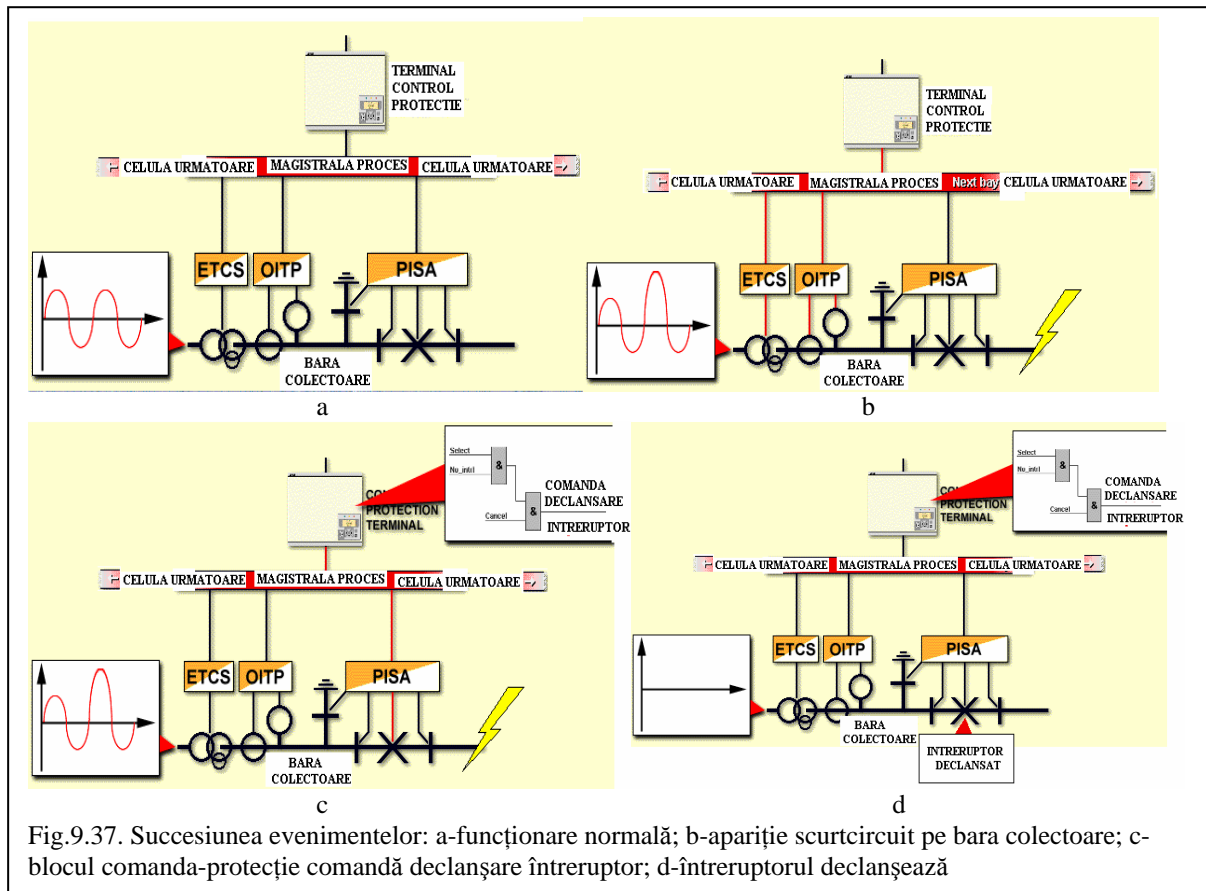
Fig.9.36. Terminal control protecție pentru legătura cu calculatorul

La magistrala de proces din stație sunt conectate mai multe celule. Între magistrala de proces și cea de calculatoare a stației este prevăzut terminalul protecție comandă, fig.9.36. În

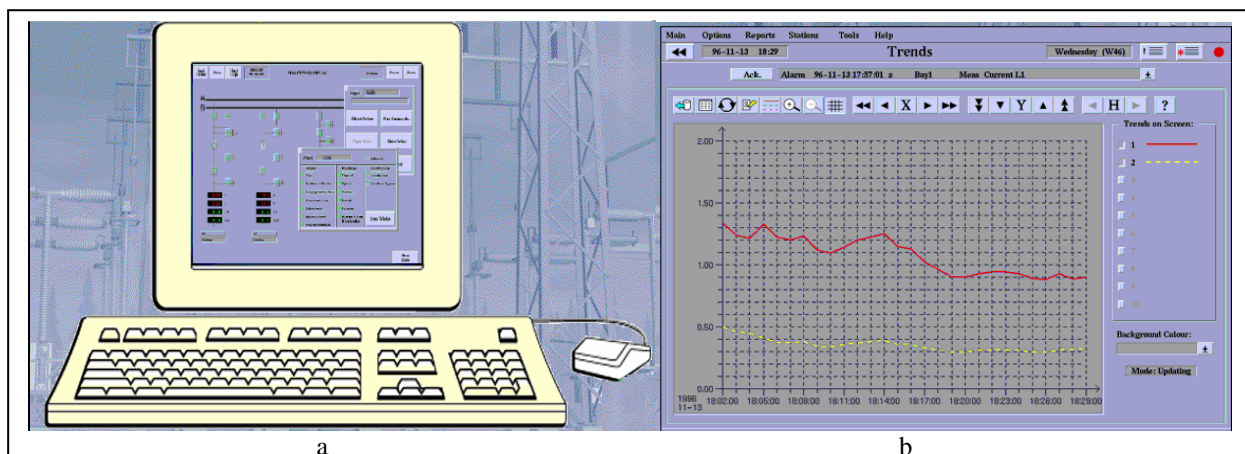


### Circuite secundare din stații electrice

fig.9.37 este prezentat modul de lucru al acestui bloc de comandă-protecție prin succesiunea evenimentelor în cazul unui scurtcircuit pe bara colectoare.

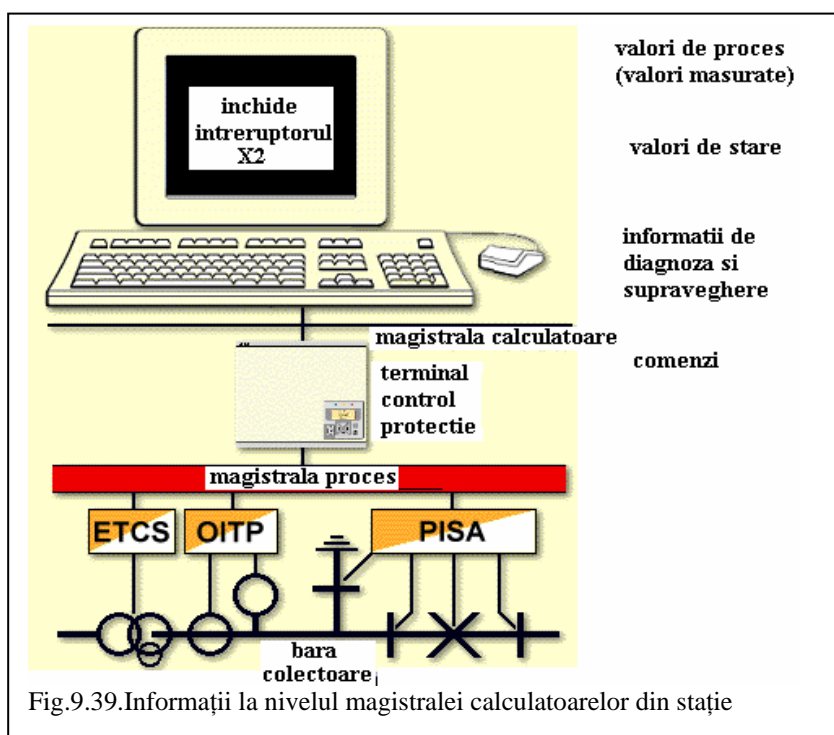


La nivelul stației este prevăzută interfață de comunicare cu operatorul (MMI-Local) și un procesor ce asigură servicii de conversie a protoalelor pentru a permite comunicare cu sistemul mobil de calcul. Pe ecranul monitorului MMI-Local sunt accesibile toate informațiile referitoare la exploatarea stației: schema, valori de stare (masurate in proces), valori de stare

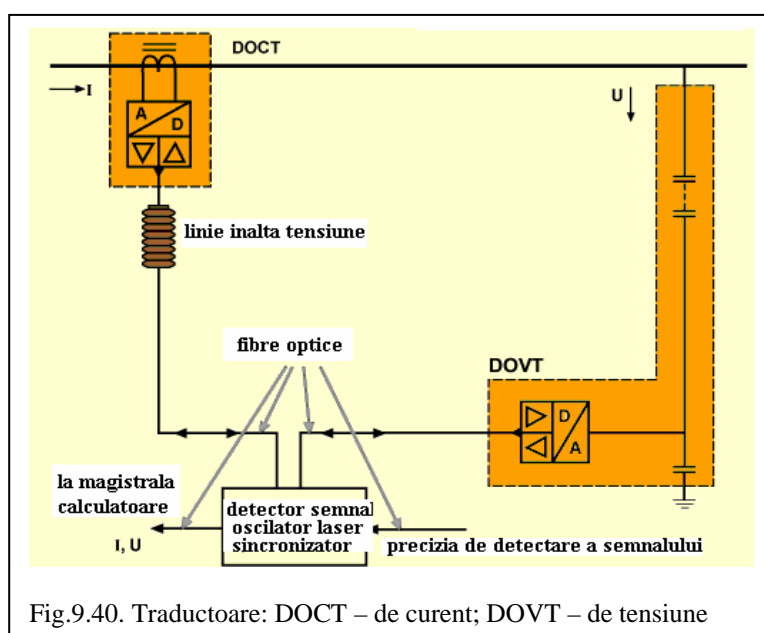


(ex.temperatura uleiului în trafa.), informații de diagnoză și supraveghere, evoluții în timp a datelor, posibilitatea de a executa comenzi, fig.9.38 și 9.39.





Transmiterea informațiilor de la nivelul celulei la cel al stației și a comenzilor către celulă se realizează prin transmisiuni seriale, folosind fibre optice, insensibile la perturbații electromagnetice. Prin aceasta se realizează o mare economie de cabluri convenționale, cu conductoare din cupru. În fig.9.40 sunt arătate traductoarele de curent și de tensiune, care sunt integrate în modulul compact al întreruptorului, și transmiterea informațiilor de la acestea prin fibre optice.



### *Circuite secundare din stații electrice*

Erorile de măsură ce apar la o măsură convențională față de o măsură cu transductoare electronice și transmitere semnal prin fibre optice sunt arătate în fig.9.41. Acestea se evidențiază prin variații ale valorilor instantanee măsurate în regim normal de funcționare și prin valori mult peste cele reale în cazul unei avarii.

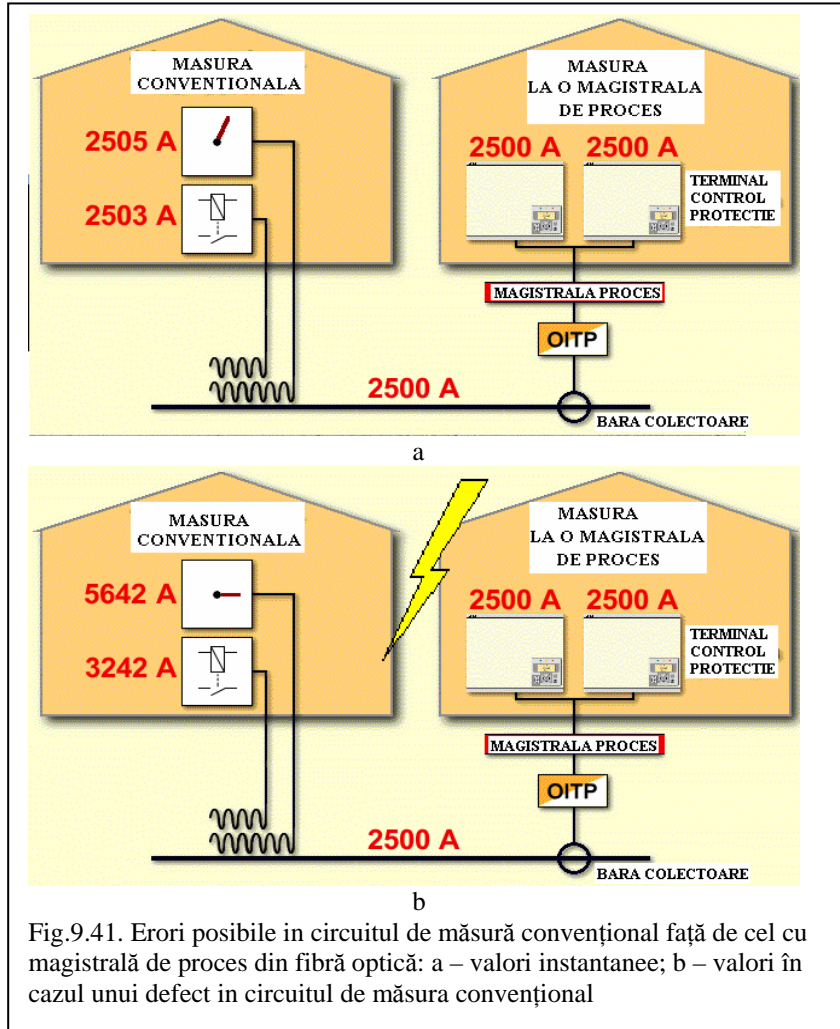


Fig.9.41. Erori posibile in circuitul de măsură convențional față de cel cu magistrală de proces din fibră optică: a – valori instantanee; b – valori în cazul unui defect in circuitul de măsură convențional

## **ALIMENTAREA SERVICIILOR PRORII ȘI INSTALAȚIILE AUXILIARE DIN STAȚIILE ELECTRICE**

Consumatorii de servicii proprii se alimentează în parte în curent alternativ la tensiunea pe 380/220 V (cu excepția unor consumatori, la care din considerente de tehnica securității muncii se impune folosirea unor tensiuni mai mici) și în parte în curent continuu, tensiunile posibile fiind 24, 48, (60), 110, 220 V.

Consumatorii de servicii proprii care se alimentează în curent alternativ sunt: instalațiile de răcire ale transformatoarelor și autotransformatoarelor; instalațiile de reglaj ale transformatoarelor și autotransformatoarelor; instalațiile de încărcare ale bateriei de acumulate; instalațiile de ventilație ale bateriei de acumulate; dispozitivele de acționare ale întreruptoarelor și separatoarelor; instalațiile de aer comprimat; instalațiile de stingere a incendiilor; echipamentul de telecomunicații; instalațiile de iluminat; instalațiile de încălzit pentru asigurarea microclimatului necesar; prize pentru iluminat și forță; circuitele secundare de curent alternativ (măsurare, protecție, automatizări, etc.).

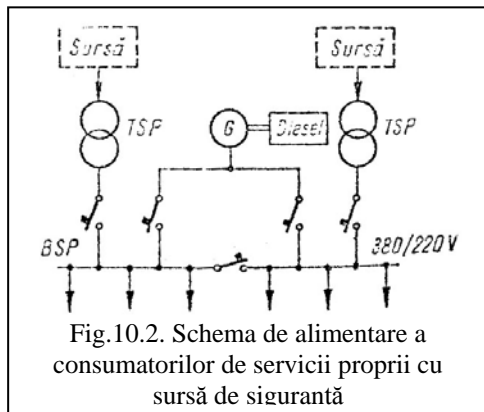
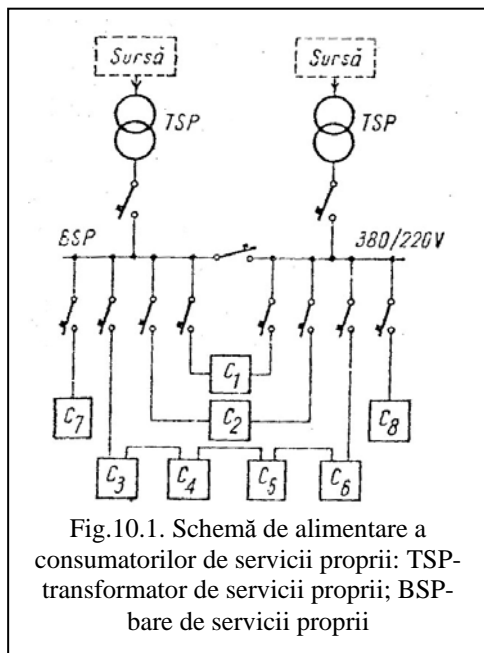
Consumatorii de servicii proprii în curent continuu sunt: anumite dispozitive de acționare ale întreruptoarelor, separatoarelor, contactoarelor; circuitele secundare de curent continuu (protecții, automatizări, blocaje, semnalizări, telecomandă, telecomunicații, etc.); iluminatul de siguranță; consumatorii care nu permit de loc întreruperi în alimentare.

### **1. Alimentarea consumatorilor de servicii proprii de curent alternativ**

În fig.10.1 se prezintă o variantă de bază de schemă de alimentare a serviciilor proprii. Instalația de distribuție principală cuprinde un sistem simplu de bare secționate. Alimentarea barelor de servicii proprii trebuie să aibă loc de la două surse independente, care pot furniza fiecare întreaga putere cerută de consumatorii de servicii proprii. Cele două surse pot funcționa permanent conectate ca surse normale sau pot funcționa cu o sursă normal deconectată, aceasta având rol de rezervă. În acest caz din urmă trebuie să existe posibilitatea inversării rolurilor celor două surse. Dacă cele două surse sunt permanent conectate, cele două secții de bare pot funcționa fie separat, fie cuplate între ele, în funcție de nivelul curenților de scurtcircuit și de stabilitatea echipamentului de scurtcircuit. Dacă în mod normal una din surse este conectată, cealaltă este în rezervă, secțiile de bare funcționează cuplat între ele.

Drept surse de alimentare ale serviciilor proprii ale unei stații electrice se pot utiliza:

- a) o secție sau un sistem de bare colectoare de medie tensiune din stația electrică respectivă sau de la o centrală sau stație apropiată;
- b) o secție sau un sistem de bare colectoare de joasă tensiune pentru distribuție, din stația electrică respectivă sau de la o centrală sau stație apropiată (în acest caz lipsește TSP evidențiat în fig.10.1);
- c) o linie de medie tensiune din zona stației;
- d) o înfășurare terțiară de medie tensiune (10-22 kV) a unui transformator din stație, respectiv a unui autotransformator de interconexiune a rețelelor de 110-220-400kV;
- e) în cazuri excepționale una din surse poate fi un grup electrogen.



Receptoarele serviciilor proprii se clasifică în trei categorii în funcție de durata de întrerupere pe care o admit. Receptoarele din categoria I admit întreruperea în alimentare doar câteva minute, în categoria III intră receptoarele care admit întrerupere pe toată durata unei avarii în circuitele de alimentare ale serviciilor proprii. Receptoarele care nu admit nici un fel de întrerupere în alimentare se racordează la instalația de curent continuu.

Alimentarea celor trei categorii de receptoare are loc astfel:

*Categoria I* – dublă alimentare de la două secții de bare ale instalației de distribuție principale ( $C_1$ ,  $C_2$ , în fig.10.1);

*Categoria II* – fie dublă alimentare ca la categoria I, fie alimentarea în bucla de la două secții de bare ale instalației de distribuție principale ( $C_3$ ,  $C_4$ ,  $C_5$ ,  $C_6$ ), soluția se stabilește prin calcul tehnico-economic;

*Categoria III* – simplă alimentare ( $C_7$ ,  $C_8$ ).

În stațiile electrice de importanță deosebită se prevede o a treia sursă de alimentare, care este sursă de siguranță și care de obicei este un grup electrogen (fig.10.2). Asemenea stații sunt cele de 220 kV care sunt noduri de rețea și stații de 400 kV. Grupul electrogen trebuie să intre în funcțiune în câteva minute la dispariția tensiunii pe barele instalației de distribuție principale și să fie capabil să preia alimentarea consumatorilor din categoria I și o parte din consumatorii de categoria II. În cazul existenței a trei surse se poate crea a treia secție de bare, barele de

siguranță, pe care se racordează consumatorii a căror alimentare trebuie preluată de sursa de siguranță în cazul căderii surselor normale și de rezervă.

La stațiile electrice de mică importanță, la care sunt îndeplinite anumite condiții precizate în normative, serviciile proprii se pot alimenta de la o singură sursă sau de la două surse, care nu sunt însă independente. În acest caz instalația principală de distribuție poate fi cu simplu sistem de bare neseccionat.

## 2. Alimentarea consumatorilor de servicii proprii de curent continuu

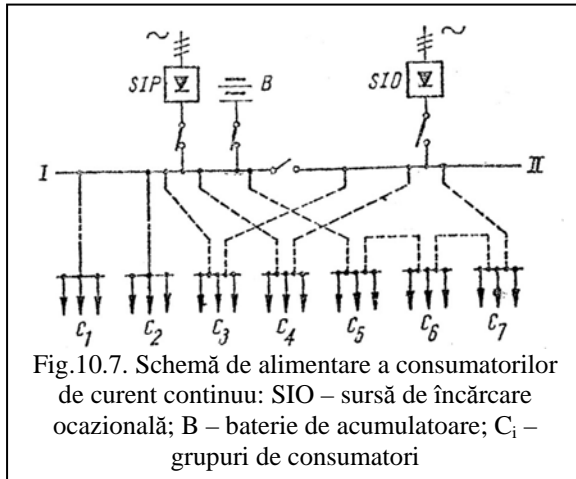
Pentru alimentarea consumatorilor de curent continuu, pe lângă redresoarele racordate la barele de servicii proprii de curent alternativ, se prevede și o sursă independentă, baterie de acumuloare.

Bateria de acumuloare satisface următoarele scopuri: alimentarea receptoarelor, a căror alimentare nu trebuie să fie întreruptă nici un moment; alimentarea receptoarelor de servicii proprii la dispariția tensiunii alternative; preluarea consumurilor mari și de scurtă durată, de ordinul secundelor (conectarea unor bobine de acționare ale aparatelor de comutare), când alimentarea numai de la redresoare sau convertizoare ar duce la variații mari ale tensiunii de alimentare.

Centralele electrice dispun de mai multe baterii de acumuloare, de lucru și de rezervă, stațiile electrice sunt prevăzute cu o singură baterie de lucru.

## 2.1. Schema de alimentare a consumatorilor

Instalația de distribuție principală în curent continuu este formată, de regulă, din sistem simplu de bare colectoare secționat în două secții printr-o cuplă longitudinală (fig.10.7). Pe secția I de bare sunt racordate bateria de acumuloare și sursa de încărcare permanentă, iar pe secția II de bare se leagă o sursă de încărcare ocazională. De regulă, cele două secții funcționează în permanență cuplate, dar alimentarea consumatorilor se face

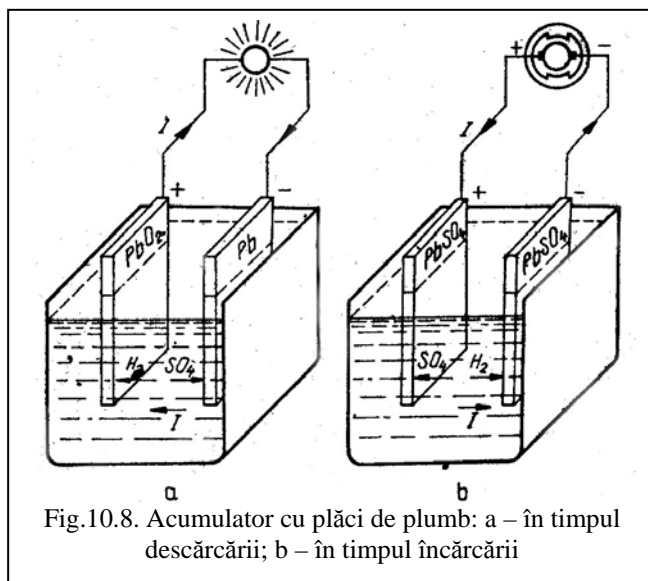


normal de la secția I de bare. Deschiderea cuplei în exploatare se face pentru perioade scurte de timp, în vederea separării galvanice a unor consumatori pentru căutarea punerilor la pământ sau în scop de efectuare a unor revizii, reparații. Alimentarea consumatorilor poate fi simplă ( $C_1, C_2$  în fig.10.7), dublă ( $C_3, C_4$ ) sau în buclă ( $C_5, C_6, C_7$ ). Modul de alimentare depinde de importanța consumatorului. În cazul reparațiilor la bateria de acumuloare sau la secția I de bare, consumatorii cu dublă alimentare și cu alimentare în buclă se alimentează de la surse de încărcare ocazională prin secția II de bare. De aici rezultă că sursa

de încărcare ocazională trebuie să suporte și consumurile de scurtă durată (de șoc) cu respectarea limitelor admisibile pentru scăderile de tensiune.

## 2.2. Bateria de acumuloare

În stațiile electrice se utilizează baterii de acumuloare acide cu plumb și acumuloare alcaline. Cele mai răspândite sunt acumuloarele acide (fig.10.8), de tip staționar, care au un randament mai mare decât acumuloarele alcaline, necesită un număr de



elemente mai redus, având o tensiune mai ridicată pe element, cu o variație relativă a tensiunii la încărcare și descărcare mai mică și un cost mai redus.

*Capacitatea acumulatorului* reprezintă cantitatea de electricitate (în amperore) pe care o poate debita un acumulator încărcat, dacă este descărcat până la tensiunea minimă admisă. Aceasta depinde de curentul de descărcare (deci de timpul cât durează descărcarea), fiind cu atât mai mică cu cât curentul de descărcare este mai mare (deci timpul de descărcare este mai mic).

Sursele de încărcare a bateriilor de acumulare din stațiile electrice și posturile de transformare sunt formate din convertizoare rotative sau redresoare statice.

*Grupurile convertizoare* sunt alcătuite dintr-un motor asincron trifazat, alimentat de la barele serviciilor interne și dintr-un generator de curent continuu cu excitația în derivație. Tensiunea generatorului poate fi variată între limite largi, cu ajutorul unui reostat legat în circuitul său de excitație.

*Redresoarele* se pot folosi pentru încărcarea bateriilor de acumulare, în special ca surse de încărcare permanentă în funcționare continuă.

*Rețelele* de servicii proprii în curent continuu ale stațiilor electrice sunt în general complet izolate față de pământ. Aparatele de comutare și de protecție se montează pe ambele conductoare ale circuitelor. Protecția circuitelor se realizează, de regulă, prin siguranțe fuzibile sau automate de protecție cu funcționare sigură.

În regim normal bateria de acumulare este conectată în paralel cu sursa de încărcare permanentă. Această sursă alimentează consumatorii de curent continuu și în același timp furnizează bateriei un curent de încărcare permanentă, prin care se compensează autodescărcarea acesteia.

### **3. Instalații de aer comprimat din stațiile electrice**

În stațiile electrice aerul comprimat este utilizat pentru acționarea întreruptoarelor și separatoarelor, pentru comenzi la distanță și automatizări, iar uneori și pentru stingerea arcului electric din întreruptoare. Când aerul comprimat nu se utilizează pentru stingerea arcului electric din întreruptoare, instalațiile sunt cu consum mic de aer. În acest caz, presiunea de producere și de acumulare a aerului comprimat este de cca.10 bar, iar presiunea de utilizare este de 4,5 bar. Când aerul comprimat servește și la stingerea arcului electric din întreruptor, instalațiile sunt cu consum mare de aer, presiunea de producere și acumulare este de 25-40 bar, iar cea de utilizare 12-20 bar.

Componentele principale ale instalațiilor de aer comprimat sunt compresoarele, recipientii de acumulare, reductoarele de presiune și conductele.

O stație electrică trebuie să aibă în stare de funcționare cel puțin două compresoare, fiecare în parte trebuie să fie capabil să asigure consumul teoretic total al stației.

### **4. Instalații de legare la pământ**

O instalație de legare la pământ este formată din prize de pământ (elemente metalice în contact direct cu solul) și rețeaua de legătură între priză și componentele instalațiilor electrice care trebuie legate la pământ.

Instalațiile de legare la pământ se pot împărți în următoarele categorii:

- a) instalații de legare la pământ de protecție împotriva electrocutărilor;
- b) instalații de legare la pământ de exploatare (destinate legării la pământ a unor elemente ce fac parte din circuitele curenților normali de lucru);
- c) instalații de legare la pământ de protecție împotriva supratensiunilor (atmosferice sau de comutație);
- d) instalații de legare la pământ folosite în comun (destinate atât pentru scopuri de protecție cât și pentru scopuri de exploatare).

Elementele conductoare ce pot fi puse accidental sub tensiune dar nu fac parte din circuitele curenților de lucru, trebuie legate la pământ (carcasele echipamentelor instalațiilor electrice, elemente de susținere, îngrădirile de protecție, etc.).

Obişnuit se realizează o rețea generală de legare la pământ, obținută prin legarea între ele a tuturor instalațiilor de legare la pământ din incintă.

Instalația de paratrăsnet trebuie să aibă obișnuit conductoare separate de legare la pământ față de celelalte categorii de instalații.

Prizele de exploatare sunt realizate cu electrozi special protejați împotriva corodării, deoarece sunt străbătute de curenți de lucru în permanență.

O priză de pământ poate fi naturală și/sau artificială. Prizele de pământ naturale sunt formate din conductele metalice pentru fluide necombustibile, fundațiile metalice, cămășile metalice ale cablurilor, etc. Prizele artificiale se realizează când priza de pământ naturală are o rezistență de dispersie mai mare ca rezistența de dispersie maximă admisă și sunt formate din benzi metalice îngropate la diverse adâncimi la care dacă este nevoie se leagă prin sudură și alte elemente metalice (ce pot fi țevi verticale).

Conform STAS terminologia utilizată are următoarele definiții:

- instalație de legare la pământ – ansamblul de conductoare, electrozi și alte piese, prin care se realizează o legare la pământ;
- priză de pământ – ansamblul de elemente conductive în contact cu pământul, caracterizat prin rezistența sa de dispersie în sol;
- rețea generală de legare la pământ – rețea care cuprinde totalitatea instalațiilor de legare la pământ dintr-o incintă sau platformă industrială;
- legare la pământ de exploatare – legare la pământ a unui punct (element) făcând parte din circuitele curenților de lucru;
- legare la pământ de protecție – legare la pământ a elementelor conductive care în funcționare normală nu sunt sub tensiune dar care pot intra accidental sub tensiune, pentru realizarea protecției împotriva electrocutării prin atingere indirectă;
- rezistență de dispersie a unei prize de pământ ( $R_p$  sau  $r_p$ ) mărime caracteristică pentru priza de pământ reprezentând raportul dintre tensiunea prizei de pământ ( $U_p$ ) și curentul de punere la pământ prin priză ( $I_p$ ):  $R_p = U_p / I_p$ ;
- tensiunea de atingere ( $U_a$  sau  $u_a$ ) – parte din tensiunea unei instalații de legare la pământ, la care este supus omul aflat la o distanță de 0,8 m de obiectul atins;
- tensiunea de pas ( $U_{pas}$  sau  $u_{pas}$ ) – parte din tensiunea unei instalații de legare la pământ la care este supus omul când ating concomitent două puncte de pe sol (pardoseală) aflate la 0,8 m între ele, în apropierea unui obiect racordat la instalația respectivă de legare la pământ;
- curent de punere la pământ prin priză ( $I_p$  sau  $i_p$ ) parte a curentului de defect, care trece prin electrozii prizei de pământ;
- priză de pământ naturală – priză de pământ constituită din elementele conductive ale unor construcții sau instalații destinate altor scopuri și care sunt în contact permanent cu pământul, putând fi folosite în același timp pentru trecerea curentului de defect;
- priză de pământ artificială – priză de pământ ale cărei elemente componente (electrozi și conductoare) sunt montate special pentru trecerea curentului de defect;

### **Soluții constructive pentru instalațiile de legare la pământ ale stațiilor de transformare**

Prizele de pământ artificiale ale stațiilor de transformare exterioare se realizează din electrozi verticali situați la distanțe egale între ei (ce formează și priza de pământ verticală), legați prin electrozi orizontali (ce formează priza de pământ orizontală) și care sunt amplasați pe un contur din incinta stației la o distanță minimă de 1,5 m de îngrădire. Electrozii verticali au lungimea  $l=1...3$  m, se îngroapă la o adâncime  $h \geq 0,8$  m (între suprafața solului și capătul superior) obișnuit se confecționează din țevă galvanizată cu diametrul  $\phi=2'' \div 2.1/2''$  și se

Aceasta are o rezistență de dispersie formată din rezistențele în paralel ale prizei de pământ artificială verticală ( $R_p$  sau  $R_{pv}$ ), prizei de pământ artificială orizontală ( $R_{po}$ ), prizei de pământ pentru dirijarea distribuției potențialelor ( $R_{pd}$ ), prizei de pământ naturale ( $R_{pn}$ ) și sistemelor formate din conductoarele de protecție și prizele liniilor electrice aeriene.





## 5. Instalații de telecomunicații

Stațiile electrice de transformare pentru exploatare se echipează cu instalații de telecomunicații: telefonie, (telemăsură, telecomenzi) interfon, radio, televiziune în circuit închis, ceasoficare și instalații pentru detectare și semnalizare a incendiilor. Aceste diverse tipuri de instalații de telecomunicații se instalează sau nu și se dimensionează în funcție de amplasarea stației și de importanța stației pentru sistem.

Cele mai utilizate instalații de telecomunicații sunt cele de **telefonie** (care există în fiecare stație).

Posturile de transformare nu sunt de obicei dotate cu instalații de telecomunicații.

Instalațiile de telefonie ale stațiilor electrice sunt pentru telefonie tehnologică (de dispecer) și de telefonie generală (administrativă).

Pentru conducerea sistemului energetic, stațiile de înaltă și foarte înaltă tensiune se echipează obișnuit cu cel puțin două legături operative de telecomunicații cu dispecerul coordonator, una de bază și a doua de rezervă care poate fi folosită și pentru legăturile tehnico-administrative, dacă stația este subordonată la două trepte de dispecer trebuie să aibă legături telefonice directe cu fiecare din acestea. La stațiile de racord adânc (SRA) de 110 kV poate exista o singură legătură telefonică cu treapta superioară (stația de alimentare sau dispecer). Aceste legături telefonice operative trebuie să fie directe și sigure.

Între stațiile electrice importante ale sistemului energetic se utilizează frecvent legături telefonice (telecomunicații) operative directe cu echipamente de înaltă frecvență propriu-zise, centrale telefonice automate și echipamente de cuplaj la liniile de ÎT.

În stația electrică exterioară se montează elementele de cuplaj de înaltă frecvență numite din acest motiv și instalații exterioare de telefonie. Bobinele de blocaj de înaltă frecvență sunt obișnuit suspendate de rigla cadrului de plecare a LEA respective, iar dacă nu este posibil, se montează pe suporturi speciali sau sunt suspendate de stâlpi prevăzuți cu console speciale. Condensatoarele de cuplaj la LEA sunt obișnuit transformatoarele de tensiune capacitive ce se montează pe suporturi de beton împreună cu elementele de protecție aferente, suporturi ce se împrejmuesc cu plasă de sârmă. Carcasele metalice ale elementelor de cuplaj și armăturile suporturilor de beton se leagă la pământ. Cablurile telefonice de înaltă frecvență dintre camera de telecomunicații și elementele de cuplaj se instalează în canale de cabluri sau în săpături.

**Instalația de interfon** este utilizată în special la stațiile ridicătoare ale centralelor electrice pentru legătura cu inginerul de serviciu pe centrală (ce conduce direct procesul tehnologic al întregii centrale, inclusiv stația ridicătoare) și este utilizată pentru comunicări operative și anumite dispoziții cât și pentru conferințe, etc.

**Instalația de televiziune în circuit închis** este utilizată pentru urmărirea procesului tehnologic de exploatare (curentă și revizie sau reparație) a echipamentului stației electrice. Această instalație este relativ simplă și ieftină și este formată din mai multe camere videocaptoare (ce pot fi orientate prin comandă de la distanță dacă este cazul) instalate în diferite puncte importante ale stației electrice și 1-2 instalații de reproducere a imaginilor.

**Instalația de ceasoficare** este utilizată în special la stațiile electrice ridicătoare ale centralelor electrice. Această instalație este formată dintr-un ceas principal, o rețea de ceasoficare și ceasuri secundare. De la un ceas principal se transmite periodic (de exemplu la fiecare minut), prin rețeaua de ceasoficare câte un impuls electric tuturor ceasurilor secundare (foarte simple) și acestea înaintează minutarul cu câte un minut. În acest fel toate ceasurile de la diferite locuri de muncă indică aceeași oră și astfel se conduce și realizează mai ușor procesul de exploatare.

Instalația de detectare și semnalizare a incendiilor poate îndeplini funcția de supraveghere automată permanentă a locurilor cu pericol ridicat de incendiu (de exemplu boxele transformatoarelor), prin controlul temperaturii apariției gazelor de ardere și apariției flăcării; detectoarele acționează și sub influența unui singur element din cele trei. Instalația poate doar să semnalizeze incendiul în camera de comandă a stației electrice și să indice locul (optic și acustic) sau poate executa și comanda de intrare în funcție a instalației automate de stins incendii. Aceste instalații trebuie să aibă un timp scurt de intrare în funcție și trebuie controlată, verificată și revizuită la intervale relativ scurte de timp deoarece trebuie să aibă o fiabilitate foarte ridicată. Instalațiile de detectare și semnalizare a incendiilor pot fi realizate în diferite variante mai simple (ieftine) sau mai complicate (scumpe) în funcție de importanța obiectului protejat. Normativele precizează condițiile de realizare a unor astfel de instalații.

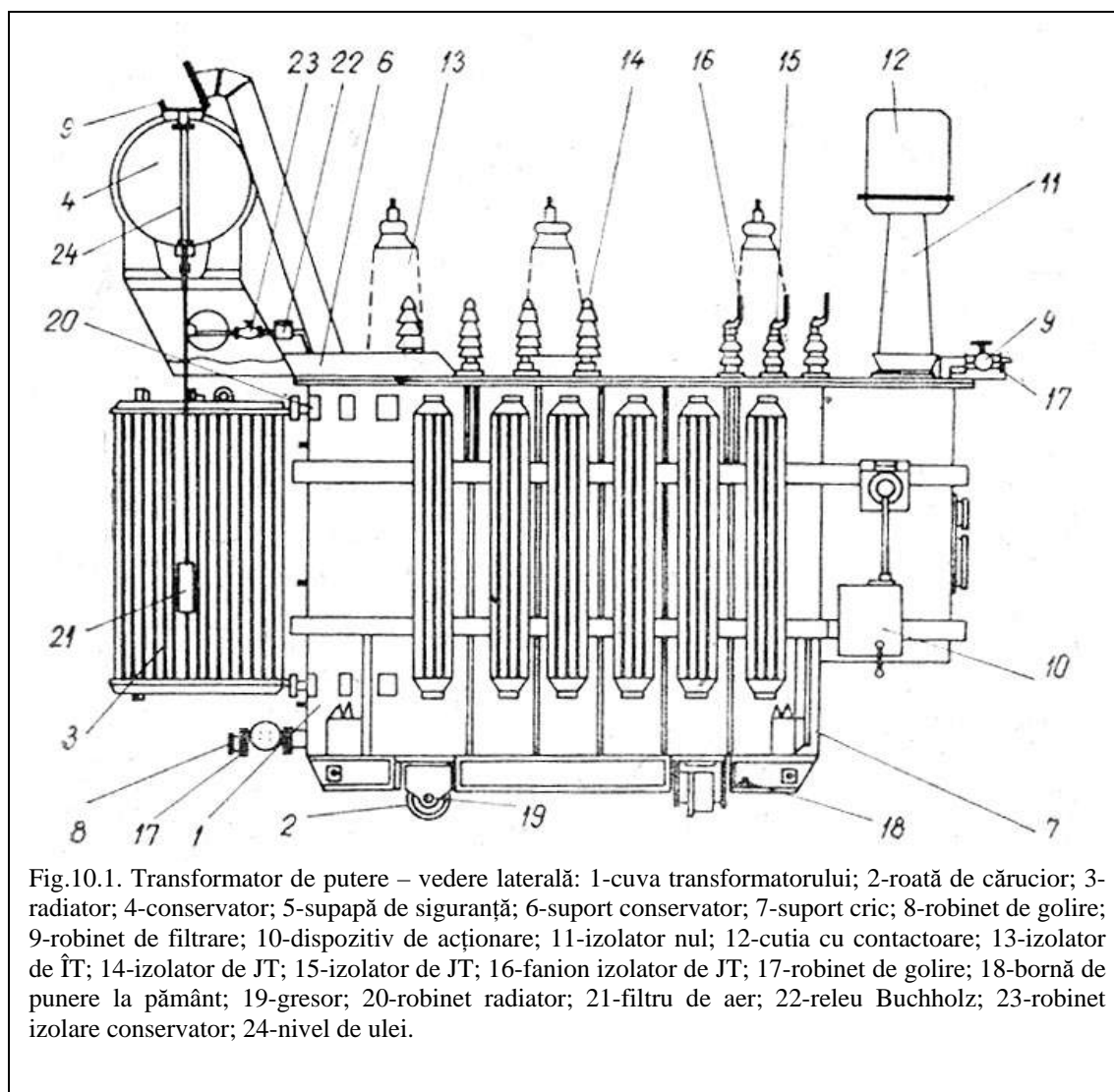
## 10. TRANSFORMATOARELE DIN STAȚIILE ȘI POSTURILE DE TRANSFORMARE

### 10.1. Consideratii generale

Transformatoarele și autotransformatoarele de putere sunt aparate, fără piese în mișcare, în care are loc modificarea unor parametri electrici ai energiei primite. Transformatoarele și autotransformatoarele montate în stațiile electrice, în posturi de transformare sau în puncte de alimentare transformă un curent alternativ de o anumită tensiune în curent alternativ de o altă tensiune, fără a-i modifica frecvența. Ele reprezintă echipamentele de cea mai mare valoare din stațiile electrice sau din posturile de transformare.

În fig.10.1 este prezentată o vedere laterală a unui transformator de putere.

Principalele elemente constructive ale transformatoarelor și autotransformatoarelor sunt: circuitul magnetic (miezul), înfășurările, cuva și capacul, conservatorul, comutatorul pentru reglajul tensiunii, izolatoarele de trecere, instalațiile de răcire, releele de gaze și alte accesorii.



## **10.2. Soluții constructive pentru montarea transformatoarelor de putere**

O stație de transformare este formată din două sau mai multe instalații electrice de distribuție și unul sau mai multe transformatoare de putere de interconexiune.

Numărul instalațiilor de distribuție este egal cu numărul nivelelor de tensiune din circuitele primare ale stației (de exemplu o stație de transformare de 220/110/6 kV are trei instalații de distribuție, una de 220 kV, a doua de 110 kV și a treia de 6 kV).

Transformatoarele de forță de interconexiune realizează legăturile electrice între instalațiile de distribuție și transformă parametrii energiei electrice tranzitate.

Într-o stație de transformare sunt obișnuit unul sau două transformatoare de interconexiune. Dacă stația de transformare are două nivele de tensiune, transformatoarele de forță sunt cu două înfășurări. Dacă stația are trei nivele de tensiune, transformatoarele de interconexiune sunt obișnuit cu trei înfășurări dar pot fi utilizate și mai multe transformatoare cu două înfășurări; soluția optimă depinde de tranzitul de putere între diferitele tensiuni, siguranța în exploatare, etapizarea instalației, etc.

Dacă stația are mai mult de trei nivele de tensiune, de exemplu 220/110/20/6 kV, se folosesc alte transformatoare pentru legătura cu cea de a patra instalație de distribuție (de exemplu de 110/20 kV pentru alimentarea instalației de distribuție de 20 kV de la care sunt racordate liniile electrice aeriene de electrificare rurală de 20 kV).

Transformatoarele de forță pot fi montate în exterior sau dacă nu este posibil se montează în interiorul unei clădiri (ce poate fi comună cu instalația de distribuție de medie tensiune). Obișnuit nu se montează în interior transformatoare cu o putere mai mare de câțiva zeci de MVA.

### **10.2.1. Montarea transformatoarelor de putere în exterior**

Transformatoarele de putere se montează obișnuit în aer liber și sunt echipate cu izolatoarele necesare nivelelor de tensiune și funcționării în mediul exterior. Se montează în exterior deoarece au în cuvă cantități mari de ulei, deci prezintă pericol mare de incendiu.

Pentru reducerea pericolului de incendiere soluțiile constructive prevăd separări antifoc între două transformatoare alăturate pentru ca un eventual incendiu la un transformator să nu se transmită și la transformatorul alăturat, precum și sisteme de evacuare a uleiului. O altă soluție este montarea transformatoarelor la distanțe relativ mari (de peste 15 m) între ele precum și între ele și bobine în ulei; de asemenea trebuie ca transformatoarele de forță să fie amplasate la distanțe relativ mari de restul instalațiilor de distribuție.

Dacă transformatoarele au puteri mari, de peste 40 MVA și sunt amplasate la distanțe reduse (sub 15 m) se realizează separări antifoc (pereți) din materiale incombustibile, pereți ce trebuie să depășească cu cel puțin 1 m de fiecare parte gabaritul transformatorului și să aibă înălțimea cel puțin egală cu a punctului cel mai înalt al său. Acești pereți pot fi folosiți și pentru susținerea de aparate sau conductoare aferente transformatorului. Dacă transformatoarele sunt prevăzute cu instalații fixe de stins incendiul, pereții antifoc pot lipsi.

Instalațiile de stingere a incendiului pot fi cu bioxid de carbon, cu apă pulverizată sau funcționează pe principiul golire-spălare. Instalațiile de stingere a incendiului se bazează în principal pe izolarea de aer a uleiului aprins.

Instalațiile cu apă pulverizată trimit automat la intrarea în funcție spre transformator o mare cantitate de apă pulverizată, picăturile au o suprafață mare de contact cu mediul și astfel se absoarbe din uleiul incendiat o mare cantitate de căldură și în plus se formează o pătură de vapori de apă ce împiedică pătrunderea aerului spre flacără. Repunerea în funcție a transformatorului după stingerea incendiului se face fără dificultăți, iar funcționarea instalației este fără pericol atât pentru personalul de exploatare cât și pentru transformator.

Instalațiile ce funcționează pe principiul golire-spălare la intrarea în funcție golesc parțial cuva transformatorului, insuflă un jet de azot sub presiune în cuvă, uleiul rece de la baza cuvei este împins la partea sa superioară unde se formează o pătură de azot și astfel scade temperatura uleiului din zona de flacără sub temperatura sa de aprindere și se izolează uleiul de aer. După funcționarea instalației nu se poate imediat repune transformatorul în serviciu și ca urmare nu se face automatizarea funcționării instalației. Acest tip de instalație se folosește și la transformatoarele montate în interior.

Instalațiile cu bioxid de carbon la intrarea în funcție izolează cu bioxid de carbon (gaz ce împiedică izolarea transformatorului aprins de aer) ca urmare instalația de acest tip poate fi folosită numai la transformatoare montate în interior, într-o încăpere separată unde se poate înlocui repede aerul din încăpere cu CO<sub>2</sub>.

Transformatoarele de forță sunt foarte grele și ca urmare trebuie așezate pe șine de cale ferată cu rolele calate, șine îngropate în grinzile de beton ale unei fundații independente (pentru a nu se transmite vibrații). Legăturile bornelor transformatoarelor de putere ale stațiilor de înaltă și foarte înaltă tensiune/medie tensiune (IT/MT sau FIT/MT) se face obișnuit prin conductoare flexibile pe partea de IT (FIT) cu instalația de distribuție corespunzătoare nivelului de tensiune (IT sau FIT) și cu bare rigide pe partea de MT.

### **10.2.2. Montarea transformatoarelor de putere în interior**

Montarea în interior a transformatoarelor de mare putere cere o soluție complicată și scumpă datorită necesității evacuării căldurii degajate în timpul funcționării transformatoarelor, măsurile de prevenire, combatere și limitare ale efectelor eventualelor incendii și măsurile necesare de împiedicare a propagării zgometelor și vibrațiilor, și ca urmare obișnuit se montează în interior numai transformatoarele cu puteri de cel mult câțiva MVA.

Montarea în interior a transformatoarelor cu puteri mari, se face numai când nu este posibilă montarea lor în exterior din diferite motive cum sunt poluarea intensă, condiții de sistematizare sau distanță prea mare între instalația de medie tensiune, interioară și cea de înaltă tensiune de tip exterior (de exemplu CHE Argeș unde transformatoarele sunt montate în subteran lângă sala mașinilor și datorită lipsei de spațiu, greutatea de transport și de introducere în subteran s-au folosit 7 transformatoare monofazate, din care unul de rezervă, iar celelalte 6 legate convenabil, formează două grupuri ce corespund la două transformatoare trifazate de MT/IT.

Transformatoarele cu puteri mici (până la câțiva MVA) ce se montează în interior, sunt de obicei de construcție normală, deci pentru funcționare în exterior.

Transformatoarele de putere medie pot fi prevăzute și cu radiatoare aer-ulei separate.

Transformatoarele de mare putere montate în interior sunt prevăzute obișnuit cu instalație de răcire forțată (când ventilația naturală nu este satisfăcătoare). Răcirea forțată se realizează cu ajutorul unor radiatoare aer-ulei sau apă-ulei.

Măsurile de prevenire, combatere și limitare ale efectelor eventualelor incendii la transformatoarele de putere montate în interior, se bazează pe montarea fiecărui transformator într-o boxă separată, prevăzută cu porți metalice spre exterior, dimensionate pentru a putea introduce sau scoate transformatorul. Restul măsurilor sunt asemănătoare cu cele din cazul montării transformatoarelor de putere în exterior.

Transformatoarele de mare putere montate în interior, pentru a nu transmite vibrațiile magneto-stricțiunii circuitului magnetic care produce forțe magnetice la îmbinările tolelor (vibrații ce pot duce la rezonanța unor elemente ale construcțiilor apropiate), se montează pe fundații complet separate de orice element al clădirii, între ele și fundațiile lor se introduc straturi de materiale antivibrante (pâslă, cauciuc, plută, etc.) iar racordurile (conductoarele rigide și conductele de ulei) se prevăd cu piese elastice. Vibrațiile deranjează personalul stațiilor și chiar locuitorii clădirilor vecine și pot avaria instalațiile de protecție prin relee, aparatele cu mecanisme fine, etc.

Transformatoarele de mare putere ce se montează în interior produc zgomete supărătoare și ca urmare pentru reducerea zgometelor se pot folosi transformatoare speciale. Aceste

transformatoare speciale antifonate sunt scumpe, reducerea zgomotului este relativ limitată și ca urmare nu sunt folosite decât în anumite cazuri. Pentru limitarea propagării zgomotelor, se montează în jurul transformatorului panouri fonoabsorbante demontabile.

## 10.3. Exploatarea transformatoarelor de putere

### 10.3.2. Protecția uleiului de transformator

Siguranța în funcționare și durata de viață a unui transformator depind în mare măsură de starea uleiului din cuva transformatorului. Proprietățile fizice ale uleiului se modifică în decursul exploatarei, uleiul îmbătrânește. Cele mai importante caracteristici ale uleiului din punct de vedere al exploatarei sunt rigiditatea dielectrică și tangenta unghiului de pierderi.

Orice impuritate care pătrunde în ulei influențează negativ rigiditatea lui dielectrică. Impuritățile din ulei pot fi solide, lichide sau gazoase. Impuritățile solide provin mai ales din procesul de fabricație al transformatorului, ele sunt particule de hârtie, lemn, rugină, vopsea, etc. Unele particule de impurități absorb umezeala, formează particule cu permitivitate ridicată, se grupează și se orientează în direcția câmpului electric, realizând punți de străpungere prin ulei.

Dintre impuritățile gazoase și lichide, importanță deosebită prezintă oxigenul și apa, care degradează uleiul și acționează defavorabil și asupra izolațiilor solide ale transformatorului.

Contactul, sub orice formă, dintre ulei și aer duce la procesul de oxidare a uleiului.

Apa din ulei provine din umiditatea aerului din mediul înconjurător și în urma proceselor de descompunere ale uleiului. Consecința imediată a creșterii umidității uleiului este micșorarea rigidității lui dielectrice. În același timp umiditatea micșorează rigiditatea dielectrică a izolației de hârtie, accelerează pierderea calităților mecanice ale hârtiei, adică accelerează îmbătrânirea izolației de hârtie.

Este necesară protejarea uleiului față de umiditatea și oxigenul din aerul mediului înconjurător. Cea mai simplă protecție este *aplicarea conservatorului de ulei*, prin care se realizează o suprafață de contact micșorată dintre ulei și aer. Atât procesul de oxidare, cât și procesul de absorbție a umidității sunt favorizate de o temperatură mai ridicată. De aceea se urmărește menținerea temperaturii uleiului din conservator la valori scăzute. În acest scop conservatorul se leagă cu cuva transformatorului printr-o țeavă relativ subțire, care asigură răcirea uleiului, care datorită dilatației termice trece din cuvă în conservator.

Spațiul de aer din conservator comunică cu exteriorul printr-o țeavă pe care sunt filtre de oxigen și de apă.

Un procedeu răspândit de încetinire a procesului de îmbătrânire a uleiului este *introducerea în ulei a unor substanțe*, denumite inhibitori, care împiedică direct desfășurarea procesului chimic de oxidare a uleiului.

Încă în procesul de fabricație al transformatorului trebuie să se aibă în vedere acțiunea catalitică a metalelor în procesul de oxidare a uleiului. De aceea, se prevăd *metode de pasivizare a suprafețelor metalice din transformator*, cum ar fi acoperirea acestora cu un lac special.

Măsurile indicate de protecție a uleiului de transformator încetinesc procesul de îmbătrânire a uleiului, dar nu îl elimină complet. Astfel se impun măsuri de control și întreținere a uleiului.

Periodic, se verifică aspectul (culoarea) uleiului, prezența cărbunelui în suspensie, prezența apei, punctul de inflamabilitate, aciditatea organică, impuritățile mecanice, rigiditatea dielectrică și tangenta unghiului de pierderi.

Întreținerea uleiului de transformator înseamnă îndepărtarea impurităților, a produselor de oxidare și a apei din ulei. Procedeele de întreținere sunt: decantarea, filtrarea, centrifugarea, uscarea sau tratarea în vid a uleiului.

Dacă uleiul este pronunțat oxidat, el trebuie regenerat. Metodele de regenerare sunt similare cu metodele de rafinare ale uleiului. Prin ele se îndepărtează din ulei acizii, hidrocarburile nesaturate și apa. La schimbarea uleiului trebuie luate măsuri de îndepărtare a produselor de oxidare ale uleiului din izolațiile solide ale transformatorului.

O protecție mult superioară a uleiului se realizează prin *interpunerea între uleiul din transformator și atmosferă a unei perne de azot*. Astfel, se elimină procesul de oxidare a uleiului și de asemenea, se elimină aproape complet și procesul de absorbție a umidității, ceea ce duce la mărirea considerabilă a duratei de viață a uleiului, precum și a materialelor izolante solide ale înfășurărilor și deci a transformatorului.

O altă modalitate de eliminare a contactului dintre uleiul din transformator și aerul din mediul înconjurător este *separarea uleiului de aer în conservator printr-o membrană elastică*, care urmărește variațiile de volum ale uleiului. Sau, în cuva transformatorului umplută complet cu ulei se introduce un *balon elastic, de asemenea umplut cu ulei*. Balonul elastic comunică cu un expander.

## 10.4. Mentenanța transformatoarelor de putere

În SEN se află în exploatare (la nivelul anului 2003) un număr de 339 transformatoare și autotransformatoare de putere nominală cuprinsă între 63 și 440MVA și cu tensiunile nominale cuprinse între 110 și 750 kV. Marea majoritate dintre acestea au durata de funcționare mai mare de 25 de ani, perioadă considerată ca fiind „durata de viață standard”.

La transformatoarele de putere punctele critice sunt:

- a) înfășurările:
  - scăderea parametrilor de izolație sub limitele minime admise ceea ce poate conduce la străpungerea izolației la supratensiuni;
  - slăbirea rezistenței la eforturi electrodinamice.
- b) trecerile izolate – se datorează calității inferioare a acestora;
- c) sistemul de consolidare a înfășurărilor realizat din materiale magnetice
  - supraîncălzirea puternică a pieselor de presare (prezon-șaiabă), ceea ce conduce la deformarea lor termică și la degradarea termică a materialelor izolante;
- d) comutatoarele cu reglaj sub sarcină;
- e) circuitul magnetic – se datorează cantității relativ mari de impurități mecanice și de umiditate din ulei care determină scăderea izolației tolelor, a pachetelor de tole, a schelelor;
- f) sistemul de răcire:
  - reducerea capacității de răcire prin înfundarea canalelor de circulație a aerului sau uleiului.

În cursul exploatării transformatoarelor se execută următoarele lucrări de întreținere curentă:

- înlocuiri de siguranțe la transformatoarele protejate prin siguranțe (înlocuirea se face cu transformatoarele deconectate de la rețea și cu instalațiile legate la pământ);
- măsurători de sarcină și tensiune în conformitate cu reglementările în vigoare;
- dacă sub transformatoarele montate în exterior există pat de piatră, afânarea și greblarea periodică a acestuia pentru a permite scurgerea și depistarea scurgerii uleiului;
- verificarea fundațiilor și a îngrădirilor; punerea la punct a dispozitivelor de închidere și încuiere;
- completarea cu cerneală a aparatelor înregistratoare;
- demontări și montări de aparate de măsurat aparținând instalației transformatorului;
- înlocuirea silicagelului.

În cadrul activității de exploatare-întreținere, în care se stabilesc lucrările care trebuie să readucă și să mențină instalațiile în starea tehnică prescrisă, pe lângă lucrările din activitatea de exploatare și întreținere curentă, un rol deosebit îl au lucrările din activitatea de revizii și reparații (programare sau accidentale). Aceste lucrări sunt: revizia tehnică (RT), reparația curentă (RC), reparația capitală (RK).