



**V. Tudora**

# **VERIFICAREA PROTECTIILOR PRIN RELEE**

**Protecții de distanță**

**AMat2-3**

**1994**

## **Generalități**

### **1. Verificarea releelor de protecție**

Exploatarea echipamentelor și instalațiilor electrice este asigurată în mare măsură de eficacitatea în funcționare a protecției prin rele. Din acest motiv, la punerea în funcțiune și apoi periodic, instalațiile de protecție se supun unor verificări complexe în urma cărora, se poate stabili dacă acestea corespund scopului pentru care au fost prevăzute, precum și măsurile de remediere în cazul apariției unor defecțiuni.

#### **1.1. Verificări comune executate asupra releelor.**

Probele și verificările la care sunt supuse releele depind în principal de tipul și de categoria din care fac parte. Cu toate acestea, se pot stabili o serie de verificări comune, valabile de regulă pentru orice tip de releu.

În această categorie se includ:

a) Verificarea generală a releului, care constă în verificare concordanței dintre tipul și caracteristicile releului montat cu datele din proiect, starea părții mecanice sau electrice vizibile cu ochiul liber, fără altă investigație;

b) Verificarea izolației, se face pentru a depista eventuale puncte în care s-a produs o slăbire a izolației; menținerea în funcțiune a unui echipament la care s-a constatat o izolație necorespunzătoare, poate conduce la deteriorarea lui, cu scoaterea din funcțiune și a altor instalații.

Verificarea izolației se face în doua etape:

– măsurarea rezistenței de izolație:

– încercarea izolației cu tensiune alternativă mărită.

Măsurarea rezistenței de izolație se execută cu inductorul de 1000 V. Releul se consideră corespunzător dacă după un minut de la aplicarea tensiunii, valoarea rezistenței de izolație este mai mare de 10 MΩ. Dacă rezistența de izolație a fost corespunzătoare, se trece la încercarea izolației cu tensiune alternativă mărită.

Această încercare se execută cu ajutorul trusei pentru încercarea izolației cu tensiune alternativă marită sau cu inductorul de 2500 V. Si într-un caz și în altul, releul trebuie să suporte tensiunea aplicată timp de un minut.

Dacă în timpul probei nu se constată străpungeri, scântei sau efluvii, releul este considerat corespunzător din punct de vedere al acestei probe.

După încercarea cu tensiune alternativă mărită, se va executa o noua probă de verificare a rezistenței de izolație, pentru a depista eventuale slabiri ale izolației ca urmare a încercării.

c) Verificarea mecanică, în cadrul acestei probe se urmărește ca părțile mecanice ale releului să aibă o funcționare corespunzătoare, fără frecări, să nu existe jocuri nepermise ale pieselor aflate în mișcare, șuruburi slăbite, legături nesigure etc.

O atenție deosebită trebuie acordată funcționării corecte a mecanismelor de orologerie din componența releelor de timp; contactele să asigure o închidere fermă, să lucreze fără vibrații, să revină după acționare.

#### **1.2. Verificări specifice executate asupra releelor.**

În această categorie sunt cuprinse verificări și probe care țin seama de tipul, destinația și caracteristicile releului care se verifică:

a) Verificarea funcționării releului;

b) fixarea și verificarea valorilor de reglaj ale releului.

Funcționarea releului se verifică pentru anumite puncte de reglaj și în diverse situații, alese astfel încât să ofere garanția funcționării în oricare din situațiile reale ale exploatării.

Prin fixarea și verificarea valorilor de reglaj, releul devine apt pentru funcționarea în schema de protecție din care face parte.

Pentru asigurarea funcționării corecte a releelor este necesar ca periodic, atât releele cât și reglajele stabilite să fie verificate.

Aceste revizii se fac planificat, la o perioadă stabilită prin norme sau ocazional în urma unui refuz sau a unei funcționări incorecte.

## 2. Protecția de distanță

În prezent, releele de distanță constituie elementul de bază în realizarea liniilor de interconexiune de înaltă și foarte înaltă tensiune.

### 2.1. Principiul de funcționare

La producerea unui defect pe linia protejată, releul de distanță măsoară impedanța de la locul de instalare până la locul de defect.

Valoarea impedanței măsurate este comparată succesiv cu impedanțele reglate pe releu, care reprezintă de fapt lungimea zonelor protejate eșalonate în mai multe trepte (Fig.1)

De regulă treapta I – cuprinde o porțiune din linia protejată (80–85% din lungimea liniei); pentru defecte în această treaptă releul acționează rapid.

În treptele următoare, pe măsură ce crește distanța de la locul de instalare a releului, crește și temporizarea la declanșare.

Releul acționează la declanșare:

- în treapta I, dacă impedanța măsurată este mai mică decât impedanța reglată pentru această treaptă;

- în treapta II, dacă impedanța măsurată este mai mare decât impedanța reglată pentru treapta I, dar mai mică decât impedanța reglată pentru treapta II;

- în treapta III, dacă impedanța măsurată este mai mare decât impedanța reglată pentru treapta II, dar mai mică decât impedanța reglată pentru treapta III ș.a.m.d

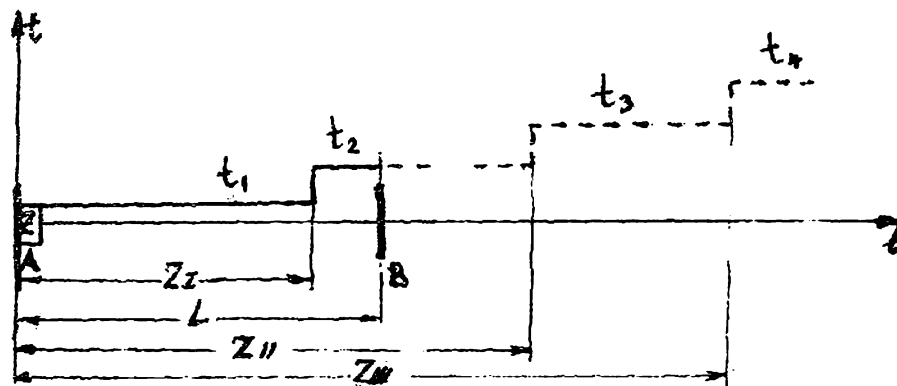


Fig. 1

În cazul liniilor cu alimentare din ambele capete, măsurarea impedanței până la locul de defect nu este suficientă; pentru asigurarea selectivității se condiționează declanșarea de sensul de circulație al puterii spre locul de defect.

Declanșarea este permisă numai în cazul în care sensul de circulație este de la barele stației spre linia protejată.

În cazul unui defect pe linie, releele de distanță de la cele două capete acționează declanșând întrerupătoarele la timpi care corespund treptelor măsurate de releele respective (tr.I sau II), fig.2.

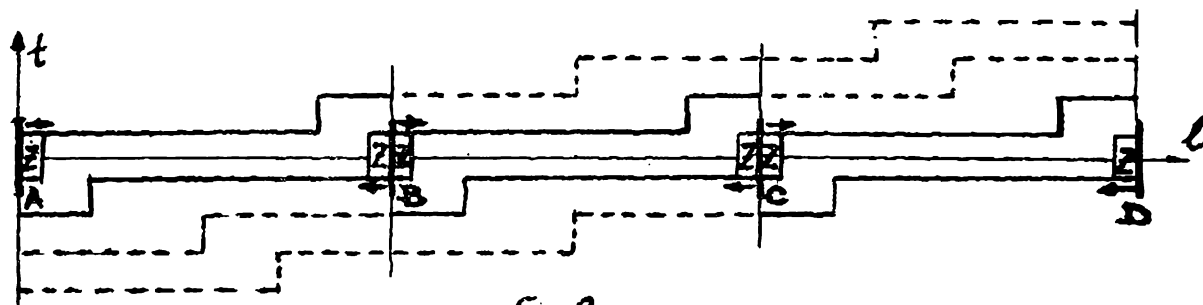


Fig 2

## 2.2. Elemente componente

a) Elementele de pornire (demaraj) care sesizează apariția defectului și pun în funcțiune schema de protecție (EP); pot fi relee maxime de curent sau relee de impedanță minimă;

b) blocul de comutare BC1, selectează tensiunile corespunzătoare scurtcircuitului și alimentează cu tensiunile necesare releul direcțional D, și prin intermediul releului de timp T, organul de măsurare M;

c) Blocul de comutare BC2, alimentează releul direcțional D și organul de măsurare M, cu o tensiune proporțională cu curentul de scurtcircuit (dată de un grup de rezistențe sau transformatoare);

d) dispozitiv de blocare la pendulații EP;

e) element direcțional D, sesizează sensul de circulație al puterii spre locul de defect;

f) elementul de măsură al impedanței (M), măsoară impedanțe până la locul defectului și în funcție de mărimea acestuia, comandă declanșarea în treapta respectivă;

g) bloc de execuție a comenzilor de declanșare BE;

h) elementul de timp, comanda deconectarea temporizat, în funcție de impedanța determinată de elementul de măsură

În caz de defect elementul de pornire pune în funcțiune elementul de timp T, blocul de comutare BC1 și blocul de comutare BC2.

În fig.3 este prezentată schema bloc a releelor de distanță tip monosistem, care utilizează un singur element de măsurare și un singur element de direcție.

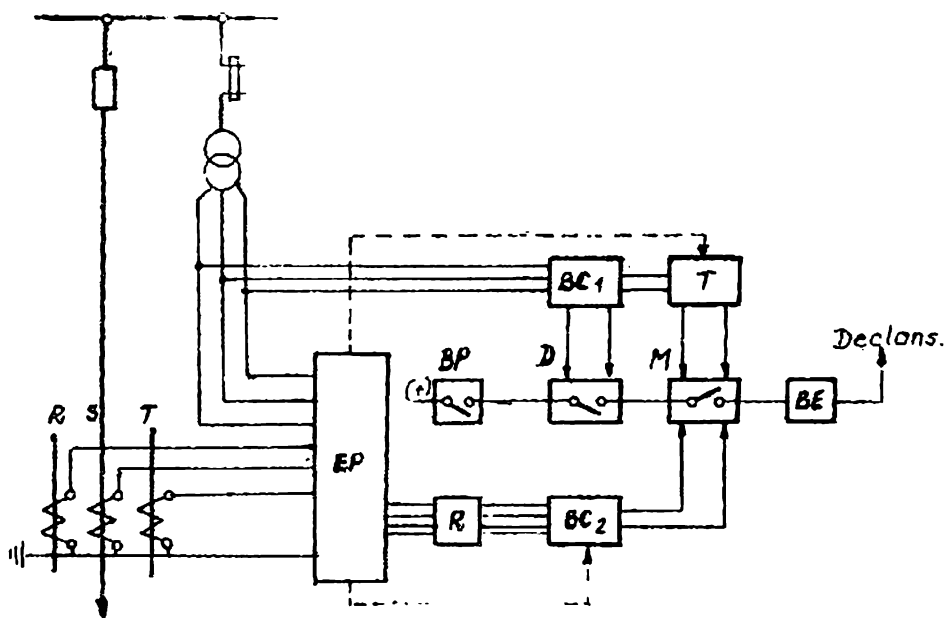


Fig. 3.

### 2.3. Calculul reglajelor protecției de distanță

În principiu calculul reglajelor în secundar este similar pentru toate tipurile de releu de distanță, ceea ce diferă este modul de realizare pe releu a reglajelor respective.

Din acest motiv, se prezintă algoritmul general de calcul al reglajelor secundare și în continuare se face aplicație pentru tipurile de releu de distanță frecvent întâlnite în instalațiile de protecție.

Se dau:

– valorile primare ale reactanțelor de reglat (determinate prin calcul)  $X_1, X_2, X_3$  în  $\Omega / \text{fază primar}$ ;

– raportul de transformare al reductorilor de curent  $K_i$ ;

– raportul de transformare al reductorilor de tensiune  $K_u$ ;

– unghiul de scurtcircuit al liniei  $\varphi_K = \varphi_L$ ;

– unghiul de compundaj  $\varphi_e$ ;

– factorul de pământ  $K_p$ ;

– timpii treptelor de impedanță.

Se calculează:

– reactanțele secundare

$$X_{is} = X_{ip} \frac{K_i}{K_u} = K_y X_{ip} \quad (\Omega / \text{fază} - \text{sec})$$

pe buclă  $X_{isb} = 2 X_{is}$

– valorile impedanțelor de reglat raportate la secundar

$$Z_{is} = \frac{X_{is}}{\sin \varphi_L} = K_\varphi X_y X_{ip} \quad (\Omega / \text{fază} - \text{sec})$$

În funcție de releul de distanță considerat, conform documentației tehnice a releului, se determină valorile de calcul care se fixează pe releu;

Considerând parametri reali stabiliți pe releu, se determină parametrii cercului de acționare al elementului de măsură: raza cercului  $\rho$  și deplasarea cercului,  $e$ ;

Tensiunea de trecere pentru un unghi  $\varphi$  între curentul și tensiunea aplicate releului este dată de relația:

$$U_{\lim, i}^{(2)} = 2 Z_{i\varphi} I_{s.sc} - \text{pentru scurtcircuite bifazate}$$

$$U_{\lim, i}^{(1)} = Z_{i\varphi} (1 + K_p) I_{s.sc} = \frac{(1 + K_p)}{2} U_{\lim, i} - \text{pentru scurtcircuite monofazate}$$

unde: –  $Z_{i\varphi}$  – impedanța secundară de acțiune a treptei  $i(1, k, 2, 3)$ , corespunzătoare valorilor unghiului  $\varphi$  dintre curentul și tensiunea aplicată;

–  $K_p$  – factor de pământ;

–  $I_{s.sc}$  – curentul secundar de sc. pentru care se face verificarea.

### 2.4. Protecția de distanță RD 110 + Q3

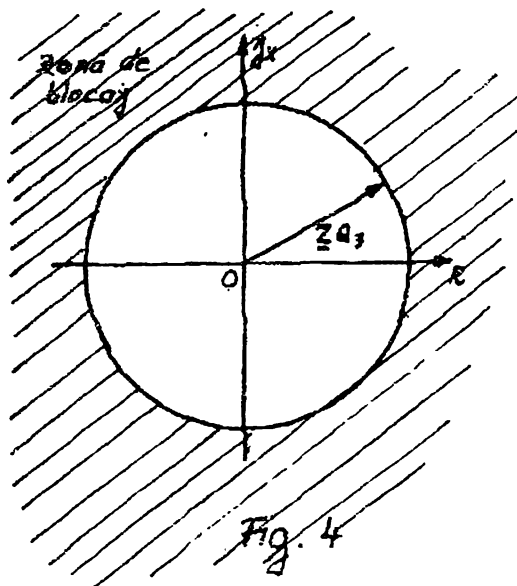
Protecția se compune din releul propriu-zis de distanță, RD 110, căruia i se adaugă un element de pornire la minimă impedanță, Q3.

Releul de demaraj la minimă impedanță, Q3 este destinat rețelelor de înaltă tensiune cu neutrul legat direct la pământ și este compus din trei organe de demaraj la minimă impedanță și

un releu homopolar pentru selectarea defectelor cu pământul.

Releele de demaraj la minimă impedanță, câte unul pe fiecare fază,  $A_R$ ,  $A_S$ ,  $A_T$ ,  $A_O$  au caracteristică de acționare. în planul impedanței  $Z$ , un cerc cu centrul în originea axelor, criteriul de demaraj fiind mărimea impedanței măsurate (fig.4) Cercul de rază  $Z_{Q3}$  reprezintă caracteristica de acționare a elementului de demaraj la minimă impedanța  $Q3$ .

Dacă  $|Z_{sc}| < Z_{Q3}$ , atunci elementul  $Q3$  acționează punând în funcțiune releul de distanță RD-110.



Elementul de măsurare al impedanței  $Z$  este un releu polarizat care funcționează într-un montaj diferențial numit "balanța electrică" și acționează când este îndeplinită condiția  $i_i \geq i_U$

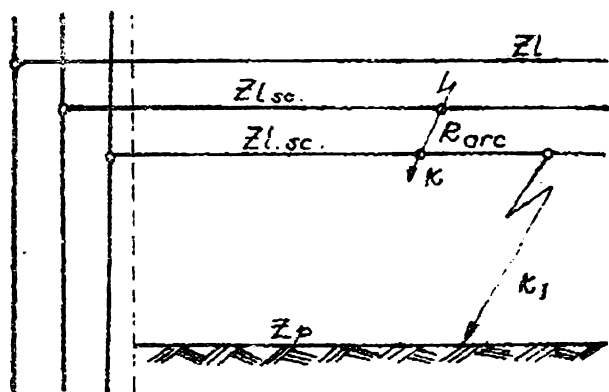
$i_i$  este curentul redresat proporțional cu curentul  $I$ , care circulă pe linia protejată;  $K_i = K_1 I$ ,

$i_U$  este curentul redresat proporțional cu tensiunea primară  $U$ , aplicată la bornele transformatorului de tensiune;  $i_U = K_2 U$

Condiția de funcționare devine:

$$K_2 U \leq K_1 I \text{ sau } \frac{U}{I} = Z \leq \frac{K_1}{K_2}$$

Pentru ca releul să acționeze trebuie ca impedanța măsurată la locul de instalare (dată de tensiunea și curentul cu care este alimentat releul) să fie mai mică decât valoarea reglată pe releu.



La un scurtcircuit bifazat pe linie (fig.5) impedanța măsurată de releu este

$Z_{sc} = 2Z_{Lsc}$  - unde  $Z_{Lsc}$  este impedanța conductorului liniei măsurată pe fază de la locul de instalare al releului de distanță A, până la locul defectului K.

La un scurtcircuit monofazat întoarcerea se face prin pământ; impedanța pământului  $Z_p$  reprezintă o fracțiune din  $Z_{Lsc}$ :

$$Z_p = K_p Z_{Lsc}$$

$K_p$  se numește factor de pământ și se reglează cu transformatorul  $Tr$  4 (Fig.6).

Rezultă că la scurtcircuite monofazate impedanța de scurtcircuit este  $Z_{sc} = Z_{Lsc}(1 + K_p)$ .

Considerând și rezistența arcului electric la locul de scurtcircuit, impedanța măsurată de releu până la locul de defect este :

- pentru scurtcircuit bifazat,  $Z_r^{(2)} = 2Z_{Lsc} + R_{arc}$ :

- la scurtcircuit monofazat,  $Z_r^{(1)} = Z_{Lsc}(1 + K_p) + R_{arc}$ .

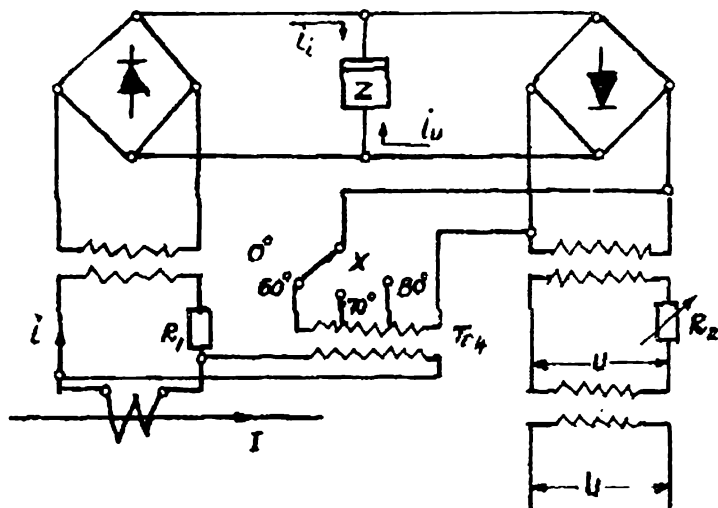


Fig. 6

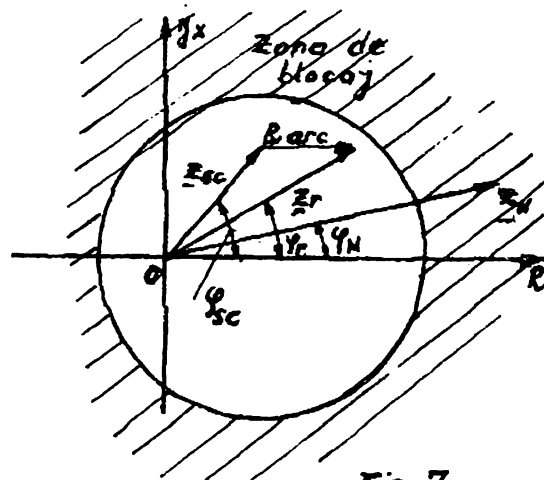


Fig. 7

Caracteristica de acționare a elementului de măsurare a impedanței este un cerc cu centrul deplasat pe axa R (fig.7)

În funcție de unghiul de scurtcircuit  $\varphi_{SC}$  al liniei protejate, prin comutarea echipei X, se realizează o deplasare a cercului pentru măsurarea impedanței totale (inclusiv rezistența arcului).

Impedanțele corespunzătoare treptelor de reglaj notate  $r_1, r_k, r_2, r_3$ , se fixează pe releu prin deconectarea unor eclise de șuntare aflate pe panoul frontal al releului.

$r_1$  – reprezintă impedanța fixată pe releu ptr. treapta I;

$r_k$  – reprezintă impedanța suplimentară care se introduce în circuit când se dorește prelungirea treptei I;

$r_2$  – reprezintă impedanța suplimentară care adunată la  $r_1$ , dă impedanța treptei II;

$r_3$  – reprezintă impedanța suplimentară, care adunată la  $r_1$  și  $r_2$  dă impedanța treptei III;

Pentru obținerea valorilor  $r_1, r_k, r_2, r_3$ , se folosesc următoarele relații:

$$r_1 = \frac{Z_{1s}}{C_1 C_2} - C_3 \quad [\Omega]; \quad r_k = \frac{Z_{ks} \cdot Z_{1s}}{C_1 C_2} \quad [\Omega];$$

$$r_2 = \frac{Z_{2s} \cdot Z_{1s}}{C_1 C_2} \quad [\Omega]; \quad r_3 = \frac{Z_{3s} \cdot Z_{2s}}{C_1 C_2} \quad [\Omega];$$

unde  $C_1$  – factor de reducere a impedanței, poate lua valorile 0,5 sau 1 în funcție de poziția eclisei  $C_1$  de pe panoul frontal al releului;

$C_2$  – factor care depinde de unghiul de scurtcircuit al liniei.

În funcție de poziția eclisei X,  $C_2$  poate lua valorile

X	0°	60°	70°	80°
$C_2$	1	1,1	1,02	0,97

$C_3$  – factor care rezultă din impedanța de bază fixată a releului și are valoarea 0,2 pentru releu cu  $I_n=5A$  și 1 pentru releu cu  $I_n=1A$ ;

$Z_{1s}, Z_{ks}, Z_{2s}$  și  $Z_{3s}$  – reprezintă impedanțele secundare ale fiecărei trepte exprimate în  $[\Omega / \text{bucă}]$

## Elementul direcțional

Are rolul de a controla sensul puterii în circuitul supravegheat. Contactul basculant  $q$  este orientat pe declanșare.

Diagrama de acționare este prezentată în fig. 8, unghiul de sensibilitate maximă obținându-se pentru un curent decalat cu  $60^\circ$  inductiv față de tensiune.

Direcționarea protecției se obține prin comutarea eclisei  $L_3$  înspre linie sau înspre bare.

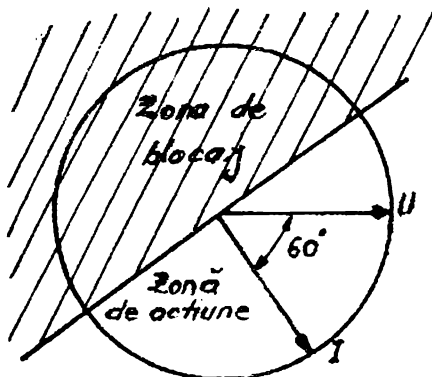


Fig. 8

Elementul de timp dispune de 5 trepte de timp reglabile independent în intervalul 0,3 – 10 sec.

Treapta IV asigură declanșarea numai pe baza demarajului putînd fi direcționată sau nu în funcție de poziția eclisei  $L_2$ .

Treapta V comandă declanșarea numai ca urmare a demarajului fiind independentă de direcție.

## Blocajul la pendulații.

Criteriul de constatare al pendulațiilor se bazează pe faptul că acestea se produc simetric pe toate fazele, respectiv demarajul simultan al releelor  $A_R, A_S, A_T$ , fără curent homopolar (releu  $A_0$ ).

Blocajul la pendulații se pune în funcțiune cu ajutorul eclisei  $L_4$  notată pe panou cu P.

## Varianta cu elemente de demaraj la supracurent.

Elementele de demaraj sunt constituite din relee maximale de curent pe fiecare fază notate cu  $A_R, A_S, A_T$  avînd plaja de reglaj între  $0,8 + 2 I_n$  și releu de curent homopolar cu plaja între  $0,4 - 1 I_n$ .

Această variantă prezintă o sensibilitate redusă în special în cazul liniilor lungi și puternic încărcate, întrucît curentul minim de defect la limita zonei poate fi egal sau chiar mai mic decît curentul de suprasarcină.

În aceste cazuri ar rezulta  $|Z_{suprs}| \leq Z_{pr}$  și protecția acționează greșit la suprasarcină.

Datorită acestui inconvenient, releele de curent se folosesc ca elemente de pornire numai în rețele în care curenții de scurtcircuit sunt considerabil mai mari decît curenții de sarcină.

## Verificarea funcționării protecției de distanță RD 110.

Constă în următoarele:

a) Verificarea elementelor de demaraj.

În cazul în care elementele de demaraj sunt relee de impedanță minimă, verificarea, constă în ridicarea caracteristicii de funcționare  $U=f(I)$ .

Elementele de demaraj se considera corespunzătoare dacă se verifică caracteristica de acționare de fabrică a releului (fig.9)

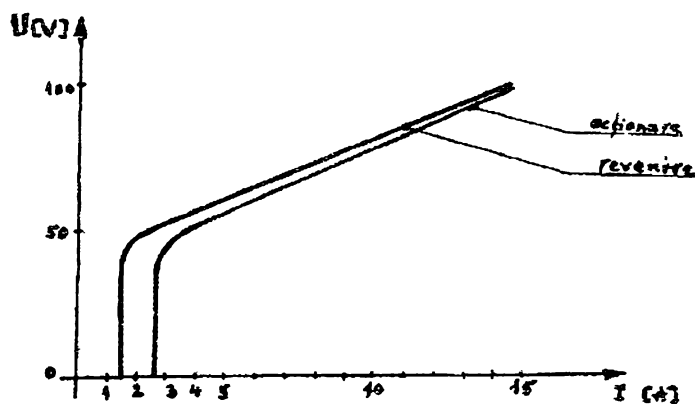


Fig. 9

Eventualele abateri se corectează cu ajutorul potențimetrelor de reglaj  $P_1, P_2, P_3$ , cu care este dotat fiecare element.

Dacă elementele de demaraj sunt rele de curent, verificarea se face ca la orice releu de curent, urmărindu-se curentul de acționare și de revenire.

#### b) Fixarea și verificarea treptelor de timp.

Fixarea reglajelor se face în mod succesiv pornind de la treapta maximă către

treapta I.

În prealabil se fixează la trusă valori ale curentului și tensiunii care să asigure demarajul protecției.

#### c) Verificarea elementului de măsurare, Z.

Se fixează pe releu valorile  $r_1, r_k, r_2, r_3$ , corespunzătoare impedențelor treptelor.

Se determină tensiunile limită de basculare dintr-o treaptă în alta cu relațiile:

$$U_{lim,i}^{(2)} = 2Z_{i\varphi} \times I_{s.sc} - \text{pentru scurtcircuiturile bifazate};$$

$$U_{lim,i}^{(1)} = Z_{i\varphi} (1 + K_p) \times I_{s.sc} - \text{pentru scurtcircuiturile monofazate},$$

în care,  $I_{s.sc}$  este curentul secundar de scurtcircuit:

$K_p$  – factor de pământ;

$Z_{i\varphi}$  – impedența de acționare a treptei  $i$  (1, k, 2, 3) corespunzătoare valorilor unghiului  $\varphi$

dintre curentul și tensiunea aplicată; pentru  $\varphi_{sc}$ ,  $Z_{i\varphi,sc} = Z_{is}$

La reviziile periodice se execută verificarea acționărilor în fiecare treaptă numai pentru unghiul de scurtcircuit al liniei, dar pentru toate defectele (sc. bifazate, sc. monofazate).

Ridicarea caracteristicii circulare a elementului de măsurare este indicată a se executa la puneri în funcțiune sau după reparații ale elementului Z.

Elementul de măsurare se consideră corespunzător, dacă funcționează corect în fiecare treaptă iar eroarea, maximă între tensiunile măsurate și cele calculate nu depășește  $\pm 5\%$  pentru  $\varphi = \varphi_{sc}$ .

#### d) Verificarea elementului direcțional Q,

Constă în ridicarea caracteristicii de acționare, pentru fiecare grupă de defecte (scurtcircuite R-0, S-0, T-0, R-S, S-T, T-R)

Se alimentează releul cu un curent și o tensiune care se decalează între  $0^\circ$  și  $360^\circ$  notându-se poziția contactului q a releului direcțional.

Indiferent de tipul scurtcircuitului trebuie să se obțină aceeași caracteristică de acționare (fig.10). Poziția contactului q este dată de starea releului  $Q_f$ ,

releul  $Q_f$  este dezexcitat când contactul q este orientat spre declanșare și excitat când contactul q se orientează invers (releul  $Q_f$  acționează când circulația puterii prin releu este spre

bare – defect în spate).

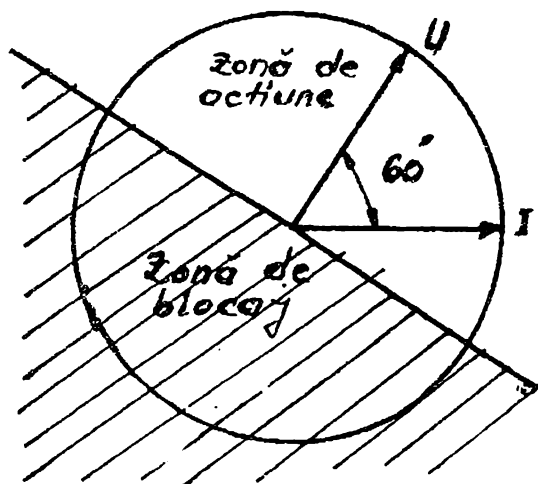


Fig. 10

### Releul de distanță D 114

Este folosit la protecția liniilor de interconexiune de 110–220–400 Kv.

Releul dispune de un singur element de măsurare și un singur element de direcție (releu tip monosistem)

### Principalele părți componente ale releului D-114

a) Elementele de demaraj de minima tensiune  $ZM_R$ ,  $ZM_S$ ,  $ZM_T$  au rolul de a asigura demarajul protecției la impedanța minimă.

Caracteristica elementului de demaraj în planul

$Z$  este un cerc cu centrul deplasat în cadrul  $I$  pe o dreaptă înclinată față de axa  $R$  cu  $66^\circ$  (fig.11)

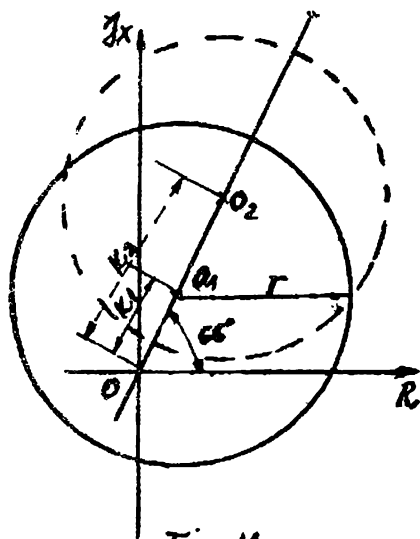


Fig. 11

Raza cercului  $r$ , se reglează în  $[\Omega / \text{fază}]$  acționând asupra butonului notat cu  $r$  (pentru fiecare element în parte).

Deplasarea centrului caracteristicii de demaraj față de centrul axelor de coordonate  $O$ , se realizează acționând asupra butoanelor notate cu  $K$ . Sub fiecare din cele două butoane  $r$  și  $K$ , folosite pentru reglajul caracteristicii elementelor de demaraj se găsește o eclisă cu două poziții  $K_1$  și  $K_2$ ; prin fixarea eclisei pe poziția  $K_1$  sau  $K_2$  se obține caracteristica în  $O_1$  respectiv în  $O_2$ . Dacă eclisa se găsește pe poziția  $K_1$  și butonul  $K$  pe poziția  $O$ , atunci caracteristica elementului de demaraj este un cerc cu centrul în originea axelor de coordonate.

Elementul de demaraj este un releu magnetoelectric care lucrează într-un montaj de tipul "balanța electrică"

Prin acționarea elementelor de demaraj (închiderea contactelor  $Z_{mr}$ ,  $Z_{ms}$ ,  $Z_{mt}$ ) se pune în funcțiune schema de protecție.

### b) Elementul de măsurare $M$ al impedanței de defect.

Este realizat dintr-un releu magnetoelectric care lucrează într-o schemă de tipul "balanței electrice". Caracteristica de acționare a elementului de măsurare  $M$  este un cerc. Funcție de poziția eclisei  $\varepsilon$  (aflată pe panoul central al releului), centrul cercului poate avea diverse deplasări  $\varepsilon$  pe axa  $R$  (fig.12). Pentru  $\varepsilon = 0$ , caracteristica are centrul în originea axelor.

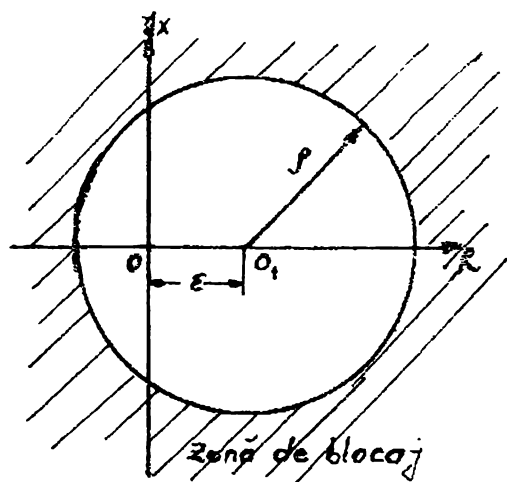


Fig. 12

Partea de curent a elementului de măsură este alimentată prin intermediul transformatorului P.

Înfășurarea primară a acestui transformator primește tensiuni proporționale cu curenții de defect culeși de pe rezistențele  $R_{1r}$ ,  $R_{1s}$ ,  $R_{1t}$  prin intermediul contactelor releelor de alegere comandate de elementele de demaraj (fig.13)

Autotransformatorul G servește la reglajul factorului de pământ  $K_p$ , prin fixarea poziției fișei "n" pe poziția corespunzătoare.

Pe partea de tensiune, elementul de măsură este alimentat prin intermediul autotransformatorului de reglaj V și al transformatorului N.

Prin intermediul înfășurării  $\epsilon$  din secundarul transformatorului P, înseriată cu primarul transformatorului N, se introduce în circuitul de tensiune, o tensiune proporțională cu curentul de defect. Se obține prin aceasta deplasarea pe axa R a caracteristicii circulare a elementului de măsurare.

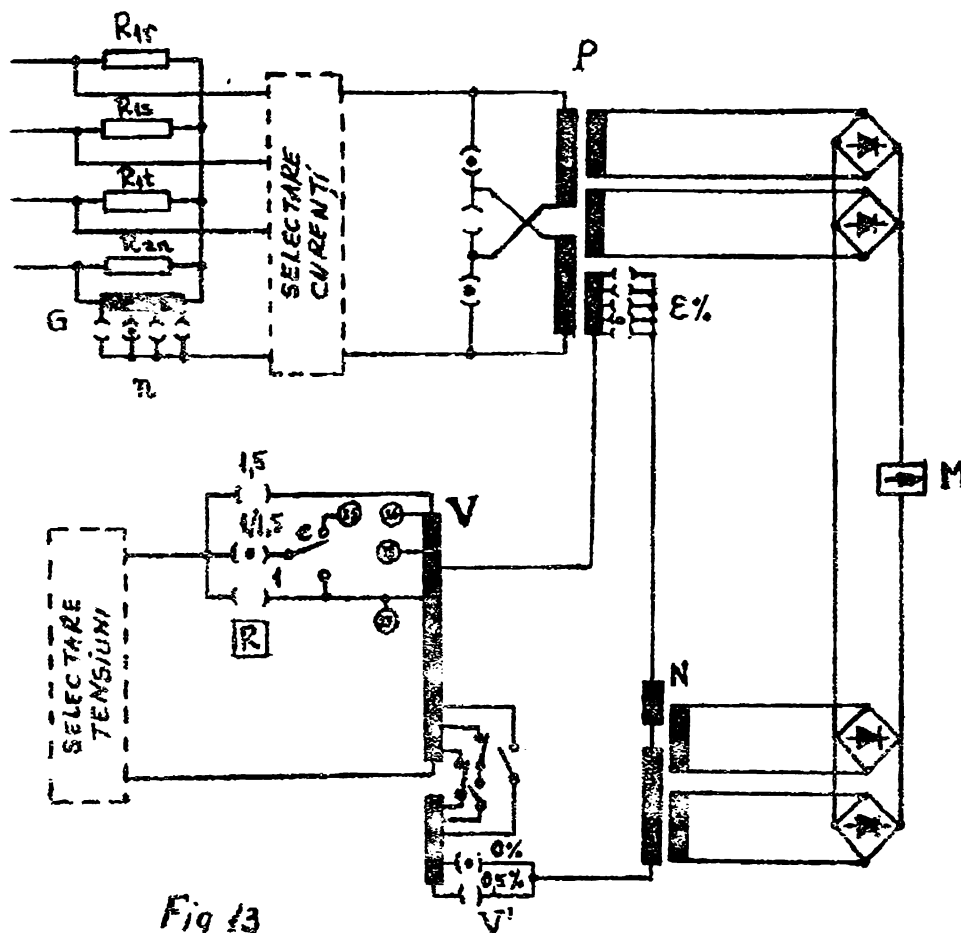


Fig 13

Valoarea de reglaj a prizelor autotransformatorului V pentru fiecare treaptă în parte este dată de relația

$$V = \frac{KR}{\rho Z_S}$$

unde.

- K este impedanța de bază a elementului de măsurare (depinde de tipul releului)
- $Z_S$  impedanța secundară în  $\Omega$  / fază corespunzătoare treptelor I, II sau III;

–  $\rho$  coeficient de corecție care ține seamă de tipul liniei (lungă, normală sau scurtă) și de unghiul de scurtcircuit.

În funcție de tipul liniei și a unghiului ei de scurtcircuit, se alege deplasarea  $\varepsilon$  a centrului cercului caracteristicii de măsură (tabel 1,2)

Tabel 1

LEA scurte și normale				
$\varphi_{sc}$	55°–63°	63°–68°	68°–74°	74°–80°
$\varepsilon$ [%]	80	40	– 60	50

Tabel 2

LEA lungi				
$\varphi_{sc}$	68°–73°	73°–79°	79°–85°	85°–90°
$\varepsilon$ [%]	50	40	30	20 –

Coeficientul  $\rho$  se determină în funcție de tipul liniei, unghiul de scurtcircuit și deplasarea centrului caracteristicii elementului de măsurare (Tabel 3)

Tabel 3

$\varepsilon$ [%] $\varphi_{sc}$	$\rho$ – LEA scurte si normale				$\rho$ – LEA lungi			
	80%	70%	60%	50%	50%	40%	30%	20%
50	0,77							
52	0,79							
54	0,82							
56	0,84							
58	0,86							
60	0,89	0,87						
62	0,92	0,90						
64	0,96	0,92	0,90					
66	0,99	0,95	0,93	0,90				
68	1,03	0,98	0,95	0,92	0,92			
70	1,07	1,01	0,98	0,94	0,94			
72	1,12	1,04	1,00	0,96	0,96	0,94		
74	1,16	1,07	1,03	0,98	0,98	0,96		
76	1,22	1,10	1,08	1,00	1,00	0,97		
78		1,14	1,07	1,02	1,02	0,99	0,92	
80		1,18	1,10	1,04	1,03	1,01	0,95	
82						1,025	0,975	
84						1,04	1,00	0,98
86						1,06	1,02	1,00
88						–	1,03	1,015
90						–	1,04	1,020

Domeniul de măsurare poate fi modificat funcție de poziția fișei R de pe panoul frontal al releului.

- fișa R pe poziția 1 – domeniul de măsură nemodificat;
- fișa R pe poziția 1,5 – domeniul de măsură mărit cu 50% față de cel reglat pe releu în toate treptele;
- fișa R pe poziția 1/1,5 și puntea 25 cu 26 la bornele releului – prelungirea domeniului de măsurare cu 50% numai în treapta I.

### C. Elementul de direcție SM

Este realizat dintr-un releu electrodinamic alimentat conform schemei de 90° cu:

- o tensiune proporțională cu curentul de defect de la bornele transformatorului P;
- o tensiune proporțională cu tensiunea de pe bare, obținută prin intermediul contactelor releelor de alegere.

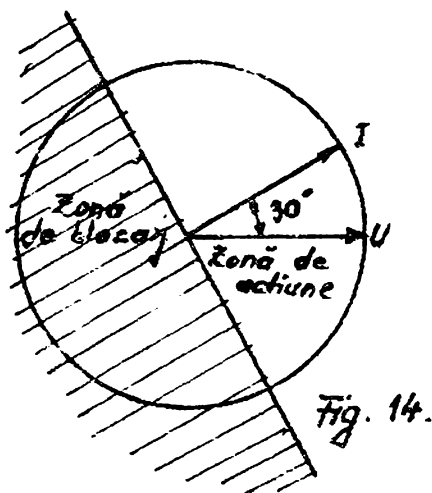


Diagrama de funcționare a elementului direcțional este prezentată în fig.14; unghiul de sensibilitate maximă este de 30° capacitiv.

### d) Elementul de timp TM

Este format dintr-un sistem de orologerie acționat de un motor de cc prevăzut cu regulator de turație.

Treapta I este netemporizată.

Contactele  $t_{m1}$ ,  $t_{m2}$ , servesc la modificarea numărului de spire al autotransformatorului V, pentru măsurarea impedanței de defect în treapta II respectiv treapta III.

Contactul  $t_{m3}$ , corespunzător treptei IV, comandă declanșarea cu o temporizare reglabilă, numai ca urmare a

demarajului.

Declanșarea poate fi direcționată sau nedirecționată în funcție de poziția eclisei  $T_4$ , pe poziția SM, respectiv pe poziția NE.

Contactul  $t_{mk}$  comandă declanșarea nedirecționată cu o temporizare de 6,5 sec, tot numai în baza demarajului.

### e) Elementul de blocaj la pendulații SJ și SW.

Funcționarea elementului de blocaj se bazează pe faptul că în momentul producerii acestui fenomen, există o perioadă în care sensurile puterilor activă și reactivă, care circulă pe linie devin contrare.

Sesizarea sensurilor de circulație a puterilor se realizează cu releul direcțional SW pentru puterea activă, respectiv SJ pentru puterea reactivă.

În caz că puterile au sensuri contrare, se excită releul P care blochează pentru un timp funcționarea protecției de distanță (releul P se excită condiționat de acționarea elementelor de demaraj pe toate fazele fără nul).

**Verificarea funcționării protecției de distanță D 114**  
constă în următoarele:

**a) Verificarea elementelor de demaraj la impedanță minimă  $Z_{M_R}$ ,  $Z_{M_S}$ ,  $Z_{M_T}$ .**

La puneri în funcțiune sau după reparații se ridică caracteristica de acționare a elementelor de demaraj pentru un tip de scurtcircuit și anumite valori ale defazajului  $\varphi$  dintre curentul și tensiunea aplicată (valoarea tensiunii corespunzătoare se determină cu formulele de calcul specifice tipului de releu)

La verificările periodice, verificarea se execută numai pentru  $\varphi = 66^\circ$

Dacă caracteristica este cu centrul în originea axelor de coordonate (reglajul  $r \approx 0$ ,  $K=0$  și eclisa interioară pe poziția  $K_1$ ) tensiunea minimă la care trebuie să acționeze elementul de demaraj, indiferent de decalajul între curent și tensiune este dată de relația:  $U = 2rI$ , unde:  $r$  este valoarea de reglaj dată și fixată cu butonul  $r$ ;

$I$  – curentul nominal.

Dacă caracteristica este cu centrul deplasat (reglajul  $r \approx 0$ ,  $K \approx 0$  și eclisa interioară pe poziția  $K_1$  sau  $K_2$ ) tensiunea minimă de lucru a elementelor de demaraj pentru unghiul  $\varphi = 66^\circ$  este în funcție de reglajul butoanelor  $r$  și  $K$ :

$U = 2I(r+K)$  sau altfel exprimat  $U = 2Z_{dem} I$ , unde  $Z_{dem} = r+K$

Tensiunea la care lucrează releul nu trebuie să difere cu mai mult de  $\pm 10\%$  față de valoarea calculată.

**b) Verificarea elementului de curent homopolar  $A_n$ .**

Se execută ca la un releu de curent obișnuit.

După fixarea valorii de reglaj, se verifică curentul de acționare și de revenire; coeficientul de revenire trebuie să fie 0,85

**c) Fixarea temporizărilor și verificarea elementului de timp.**

Temporizarea treptei I nu se reglează (acționare rapidă);

Temporizarea treptei II–III–IV se face prin acționarea tamburelor  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  ale elementului de timp.

Verificarea temporizării fixate se face ca la un releu de timp obișnuit, după ce în prealabil s-a stabilit la trusă un curent suficient pentru a asigura demarajul.

**d) Verificarea elementului de măsură a impedanței de defect  $M$ .**

Tensiunile de basculare dintr-o treaptă în alta se calculează cu formulele:

– pentru scurtcircuite bifazate ;  $U_{lim,i}^{(2)} = 2Z_{i\varphi} I_{s.sc}$ ;

– pentru scurtcircuite monoifazate ;  $U_{lim,i}^{(1)} = Z_{i\varphi} I_{s.sc}(1+K_p)$ ;

unde:  $Z_{i\varphi}$  – impedanța de acționare a treptei  $i$  (I, K, II, III) corespunzătoare valorilor defazajului dintre curentul și tensiunea aplicată;

$I_{s.sc}$  – curentul secundar de scurtcircuit;

$K_p$  – factor de pământ.

Dacă se utilizează caracteristica cu centrul în originea axelor,  $Z_{i\varphi}$  pentru fiecare treaptă

sunt date de valorile impedanțelor secundare ale treptelor respective ( $Z_{1S}$ ,  $Z_{KS}$ ,  $Z_{2S}$ ,  $Z_{3S}$ )

Dacă se utilizează caracteristica cu centrul deplasat,  $Z_{i\varphi}$  se obțin cu formulele specifice tipului de releu.

Cu ocazia reviziilor periodice, se verifică valorile tensiunilor de basculare dintr-o treaptă în alta numai pentru unghiul de scurtcircuit al liniei,  $\varphi_{SC}$

Se calculează valoarea de reglaj a prizelor autotransformatorului V pentru fiecare treaptă,

$$V_i = \frac{KR}{\rho Z_{iS}} \quad (i \text{ reprezintă treapta pentru care se calculează})$$

Funcție de valorile obținute, se realizează reglajele prizelor (valorile cele mai apropiate de valorile calculate)

Se recalculă valorile impedanțelor secundare corespunzătoare valorilor prizelor fixate pe releu și se determină tensiunile de basculare dintr-o treaptă în alta la scurtcircuite bifazate și monofazate.

Tensiunea la care acționează releul nu trebuie să difere mai mult de  $\pm 5\%$  față de valoarea calculată.

### e) Verificarea elementului direcțional SM

Verificarea se face la curentul nominal și tensiunea nominală a releului.

Intrucât, pentru determinarea diagramei de acționare a elementului direcțional se decolează tensiunea și nu curentul, diagrama rezultată trebuie să corespundă cu cea din fig.15

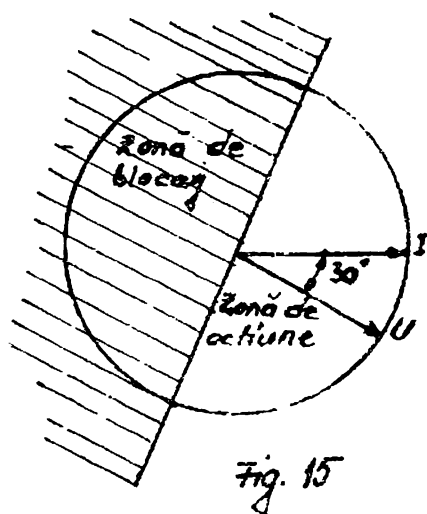


Fig. 15

Diagrama de acționare se verifică obligatoriu pentru toate grupele de defecte (sc.monofazate, bifazate). În toate cazurile diagramele de acționare trebuie să fie identice.

Poziția contactului elementului direcțional din circuitul de declanșare se stabilește în funcție de starea releului PS (excitat – în zona de blocare)

### f) Verificarea elementelor pentru blocaj la pendulații.

Verificarea se face la curentul nominal și tensiunea nominală a releului.

Se ridică diagramele de acționare a releelor SW și SJ în planul complex prin decolarea tensiunii notându-se poziția stânga sau dreapta a contactului. Diagramele rezultate trebuie să corespundă cu cele din fig.16.

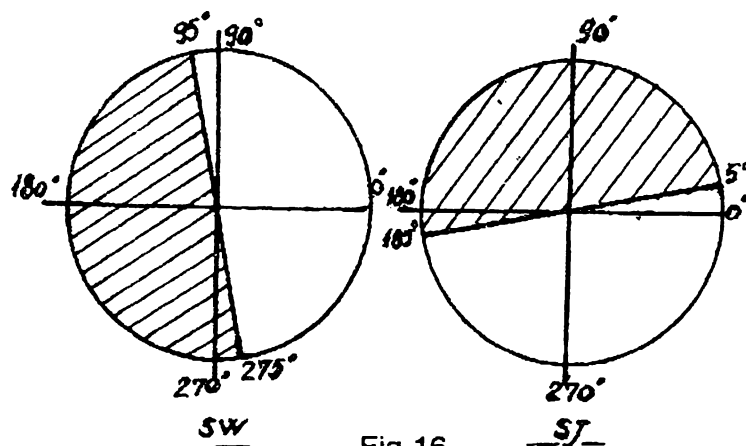


Fig.16

Diagrama de acționare a blocajului se obține prin suprapunerea diagramelor elementelor SW și SJ. Zonele în care contactele celor doua elemente au poziții contrare, reprezintă zona de acționare a blocajului (cadranul I și III ale planului – fig.17)

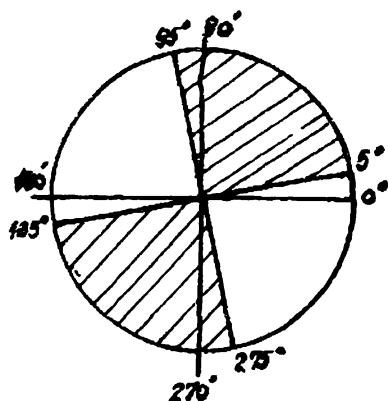


Fig. 17

## APLICATII

### Calculul reglajelor protecțiilor de distanță

#### 1. Protecție realizată cu releu RD-110

Date: – LEA – 110 kV

– reactanțe primare:

tr.I	$X_1 = 5 \Omega / \text{fp}$	0 sec;
tr.II	$X_2 = 10 \Omega / \text{fp}$	0,5 sec;
tr.III	$X_3 = 30 \Omega / \text{fp}$	1 sec;
tr.IV	direcționată	3 sec;
tr.V	nedirecționată	3,5 sec.

– reductori de curent 300 / 5A;

– reductori de tensiune  $\frac{110\sqrt{3}}{0,1\sqrt{3}} \text{ Kv}$

– unghiul liniei  $\varphi_L = 68^\circ$

– factor de pământ  $K_p = 0,85$

– demaraj supracurent  $I_m = 2 I_N$

– demaraj homopolar  $I_n = 0,4 I_N$

– demaraj  $Q_3$   $0,5 I_N$  la  $U = 0$

$3 I_N$  la  $U = U_N$

Se calculează:

$$K_y = \frac{K_i}{K_u} = \frac{300 / 5}{\frac{110\sqrt{3}}{0,1\sqrt{3}}} = 0,0545$$

- $C_1 = 0,5$  factor de reducere a impedanței
- $C_2$  – factor care depinde de unghiul de scurtcircuit al liniei

pentru  $X = 60^\circ \rightarrow C_2 = 1,1$

$X = 70^\circ \rightarrow C_2 = 1,02$

rezultă pentru  $X = 68^\circ \rightarrow C_2 = 1,04$

–  $C_3$  – factor care rezultă din impedanța de bază fixată a releului. Pentru  $I_N = 5A$ ,  $C_3 = 0,2$ ;

- impedanțele secundare ale treptelor de reglaj.

$$Z_1 = K_y \frac{1}{\sin\varphi_L} X_1 = 0,294 \Omega / f.sec$$

$$Z_2 = K_y \frac{1}{\sin\varphi_L} X_2 = 0,588 \Omega / f.sec$$

$$Z_3 = K_y \frac{1}{\sin\varphi_L} X_3 = 1,765 \Omega / f.sec$$

- rezistențele de reglaj corespunzătoare treptelor:

$$r'_1 = \frac{2Z_1}{C_1 C_2} - C_3 = 0,93 \Omega \rightarrow r_1 = 0,8 + 0,1 + 0,025 = 0,925 \Omega$$

$$r'_2 = \frac{2Z_2}{C_1 C_2} - C_3 - r_1 = 1,135 \Omega \rightarrow r_2 = 0,8 + 0,2 + 0,1 + 0,05 = 1,15 \Omega$$

$$r'_3 = \frac{2Z_3}{C_1 C_2} - C_3 - r_1 - r_2 = 4,52 \Omega \rightarrow r_3 = 3,2 + 0,8 + 0,4 + 0,1 = 4,5 \Omega$$

– tensiunile de basculare în trepte pentru unghiul de sc. al liniei considerând impedanțele secundare ale treptelor și  $I_{s.sc} = 10 A$ :

- pentru scurtcircuite bifazate:

$$U_1^{(2)} = 2Z_1 I_{s.sc} = 5,88 V$$

$$U_2^{(2)} = 2Z_2 I_{s.sc} = 11,76 V$$

$$U_3^{(2)} = 2Z_3 I_{s.sc} = 35,3 V$$

– pentru scurtcircuite monofazate:

$$U_1^{(1)} = Z_1(1+K_p)I_{s.sc} = 5,43 \text{ V}$$

$$U_2^{(1)} = Z_2(1+K_p)I_{s.sc} = 10,87 \text{ V}$$

$$U_3^{(1)} = Z_3(1+K_p)I_{s.sc} = 32,65 \text{ V}$$

Rezultatele se trec într-un tabel de forma celui de mai jos, în care  $U_c$  sunt tensiunile calculate iar  $U_m$ , tensiunile măsurate.

Defecte	$\varphi$ sc. linie	TREPT E								
		Tr.I			Tr.II			Tr.III		
		$U_c$	$U_m$	Eroare	$U_c$	$U_m$	Eroare	$U_c$	$U_m$	Eroare
		V	V	%	V	V	%	V	V	%
R-O	68	5,43			10,87			32,65		
S-O	68	5,43			10,87			32,65		
T-O	68	5,43			10,87			32,65		
R-S	68	5,88			11,76			35,3		
S-T	68	5,88			11,76			35,3		
T-R	68	5,88			11,76			35,3		

Elementul de măsură este considerat corespunzător dacă funcționează corect în fiecare treaptă iar eroarea maximă dintre tensiunile măsurate și cele calculate nu depășește  $\pm 5\%$  (pentru  $\varphi_{sc}$ ).

Fixarea temporizărilor se face pentru fiecare treaptă în parte acționând asupra discurilor de reglaj respective.

## 2. Protecția realizată cu rele D 114

Date: LEA 400 KV

– demarajul la impedanță minimă:

– raza cercului,  $r = 22 \Omega / \text{fază sec}$

– deplasarea centrului  $K = 11 \Omega / \text{fază sec}$

– eclisa interioară pe poziția  $K_1$

– demarajul la curent homopolar  $I_{p0} = 150 \text{ A}$

– impedențe primare:

tr.I;  $Z_1 = 38 \Omega / \text{fp}$   $t_1 = 0 \text{ sec}$

tr.II  $Z_2 = 55 \Omega / \text{fp}$   $t_2 = 0,4 \text{ sec}$

tr.III  $Z_3 = 90 \Omega / \text{fp}$   $t_3 = 0,8 \text{ sec}$

tr.IV direcționat  $t_4 = 1,3 \text{ sec}$

tr.V nedirecționat  $t_5 = 2,4 \text{ sec}$

– prelungirea treptei rapide la defecte monofazate înainte de RARM și trifazate după RART,

$$Z_{1K} = 55 \Omega / \text{f.p}$$

- reductori de curent 1200/1 A;
- reductori de tensiune 400/0,1 KV;
- unghiul de scurtcircuit al liniei  $\varphi_{SC} = 84^\circ$
- factor de pământ  $K_p = 0,7$ ;

Se calculează:

$$K_y = \frac{K_i}{K_u} = \frac{1200 / 1}{400 / 0,1} = 0,3$$

- impedanțele secundare ale treptelor de reglaj:

$$Z_{1s} = K_y Z_1 = 11,4 \, \Omega / f$$

$$Z_{2s} = K_y Z_2 = 16,5 \, \Omega / f$$

$$Z_{3s} = K_y Z_3 = 27 \, \Omega / f$$

$$Z_{1ks} = K_y Z_{1k} = 16,5 \, \Omega / f$$

- valoarea de reglaj a prizelor autotransformatorului V pentru treptele de reglaj.

$$V_1' = \frac{RK}{\rho Z_{1s}} 100 = \frac{1 \times 2 \times 100}{1,05 \times 11,4} = 16,71\%$$

$$V_2' = \frac{RK}{\rho Z_{2s}} 100 = \frac{1 \times 2 \times 100}{1,05 \times 16,5} = 11,54\%$$

$$V_3' = \frac{RK}{\rho Z_{3s}} 100 = \frac{1 \times 2 \times 100}{1,05 \times 27} = 7,05\%$$

S-a considerat impedența de bază a elementului de măsurare  $K = 2 \, \Omega / f \cdot \text{sec}$

s-a ales  $R = 1$

$\rho$  - coeficientul de corecție care ține seama de tipul liniei și de unghiul de scurtcircuit - pentru linie lungă,  $\varphi_{SC} = 84^\circ$  și deplasarea centrului cercului

$$\varepsilon = 30\% \text{ rezultă } \rho = 1,00$$

Se fixează prizele de reglaj pe releu în funcție de valorile obținute prin calcul (prizele cele mai apropiate)

$$V_1 = 17\%$$

$$V_2 = 12\%$$

$$V_3 = 7\%$$

Se recalculează impedanțele secundare ale treptelor

$$Z_{1s} = \frac{RK}{\rho V_1} 100 = \frac{1 \times 2}{1,0 \times 17} 100 = 11,7 \, \Omega / f$$

$$Z_{2s} = \frac{RK}{\rho V_2} 100 = \frac{1 \times 2}{1,0 \times 12} 100 = 16,6 \, \Omega / f$$

$$Z_{3s} = \frac{RK}{\rho V_3} 100 = \frac{1 \times 2}{1,0 \times 7} 100 = 28,6 \, \Omega / f$$

Tensiunea de basculare dintr-o treaptă în alta pentru unghiul de scurtcircuit al liniei și  $I_{s.sc} = 1A$ :

- pentru scurtcircuite bifazate:

$$U_1^{(2)} = 2Z_{1s} I_{s.sc} = 23,4 \, V$$

$$U_2^{(2)} = 2Z_{2s} I_{s.sc} = 33,2 \, V$$

$$U_3^{(2)} = 2Z_{3s}I_{s.sc} = 57,2 \text{ V}$$

– pentru scurtcircuite monofazate:

$$U_1^{(1)} = Z_{1s}(1 + K_p)I_{s.sc} = 11,7(1 + 0,7) \times 1 = 19,9 \text{ V}$$

$$U_2^{(1)} = Z_{2s}(1 + K_p)I_{s.sc} = 16,6(1 + 0,7) \times 1 = 28,22 \text{ V}$$

$$U_3^{(1)} = Z_{3s}(1 + K_p)I_{s.sc} = 28,6(1 + 0,7) \times 1 = 48,6 \text{ V}$$

Rezultatele se trec într-un tabel de forma celui de mai jos, în care  $U_c$  sunt tensiunile calculate iar  $U_m$ , tensiunile măsurate.

Defecte	$\varphi$ sc. linie	TREPT E								
		Tr.I			Tr.II			Tr.III		
		$U_c$	$U_m$	Eroare	$U_c$	$U_m$	Eroare	$U_c$	$U_m$	Eroare
		V	V	%	V	V	%	V	V	%
R-O	84	19,9			28,22			48,6		
S-O	84	19,9			28,22			48,6		
T-O	84	19,9			28,22			48,6		
R-S	84	23,4			33,2			57,2		
S-T	84	23,4			33,2			57,2		
T-R	84	23,4			33,2			57,2		

Eroarea maximă admisă nu trebuie să depășească  $\pm 5\%$  pentru  $\varphi_{sc}$

– Verificarea demarajului de impedanță minimă pentru

$$\psi = 66^\circ, r = 22 \Omega / f \text{ și } K = 11 \Omega / f$$

$$U_{dem} = 2 Z_{dem} I_{s.sc} = 2(11 + 22) \cdot 1 = 66 \text{ V} / f$$

pentru  $K = 0$ ;  $r = 22 \Omega / f$

$$U_{dem} = 2 Z_{dem} I_{s.sc} = 2 \cdot 22 \cdot 1 = 44 \text{ V} / f$$

Verific. dr.ing. T.Popa

## BIBLIOGRAFIE

- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| BADEA I și<br>colectiv         | Exploatarea instalațiilor de protecție și<br>automatizare, Editura Tehnică, București 1964.           |
| CALIN SERGIU<br>MARCUS SUZETTE | Protecția prin relee a sistemelor electrice,<br>Editura Tehnică, București 1975.                      |
| A.A.IONESCU<br>I TOMESCU       | Verificarea releelor de protecție și<br>automatizare din stații electrice și posturi de transformare. |
| ZANE R<br>CHENZBRAUN I         | Protecție de distanță a liniilor electrice,<br>Editura Tehnică București 1968.                        |
|                                | Documentația Tehnică a releelor RD110, D 114  |