

PROTECȚII IN ENERGETICA

PRINCIPII DE PROTECȚIE

Curs 14

10/06/2007

PTDEE - Curs 14 -
prof.R.TIRNOVAN

14.1. Principiul protecției maxime de curent direcționale

În general rețelele electrice sunt rețele buclate, care conțin în structura lor mai multe laturi, respectiv surse de alimentare. Structura buclată a rețelelor electrice contribuie la asigurarea continuității în alimentare a consumatorilor. O astfel de structură asigură o rezervă în linii, respectiv o rezervă în surse.

Protecția direcțională este utilizată acolo unde este necesară protejarea sistemului împotriva curenților de defect, care pot circula în ambele direcții, iar utilizarea numai a protecției maxime de curent ar produce deconectări nedorite. Necesitatea introducerii direcționării este ilustrată în figura 14.1.

Protecțiile de curent direcționale sunt constituite din două unități: o unitate de protecție maximală de curent și una care poate determina sensul de circulație a puterii prin elementul protejat. Dispozitivul direcțional necesită o mărime de referință pentru a putea determina sensul curentului de defect. Această mărime este în general o tensiune cunoscută și sub denumirea de **tensiunea de polarizare** a releului.

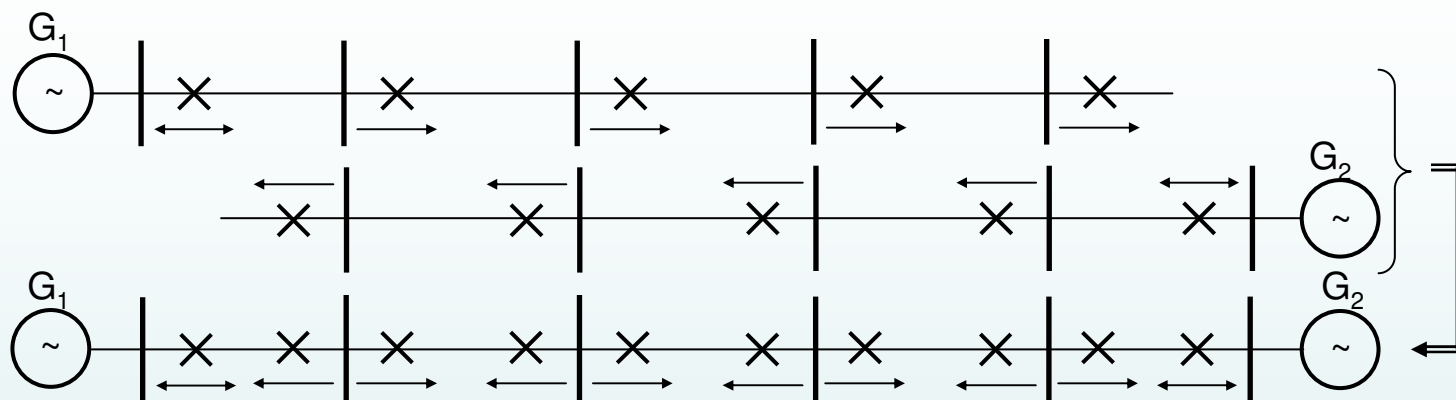


Fig.14.1. Explicativ la modul de dezvoltare a unei scheme de protecție pentru o rețea simplu buclată.

În figura 14.2 este prezentată schema de principiu a unei astfel de protecții, utilizate la o rețea simplu buclată (o linie alimentată de la două capete). Se observă că în acest caz contactele celor două rele realizează funcția logică ȘI. Condiția pentru acționarea protecției este:

$(I_c > I_p)$ AND (sensul de circulație a curentului să corespundă cu cel setat prin releul direcțional) .

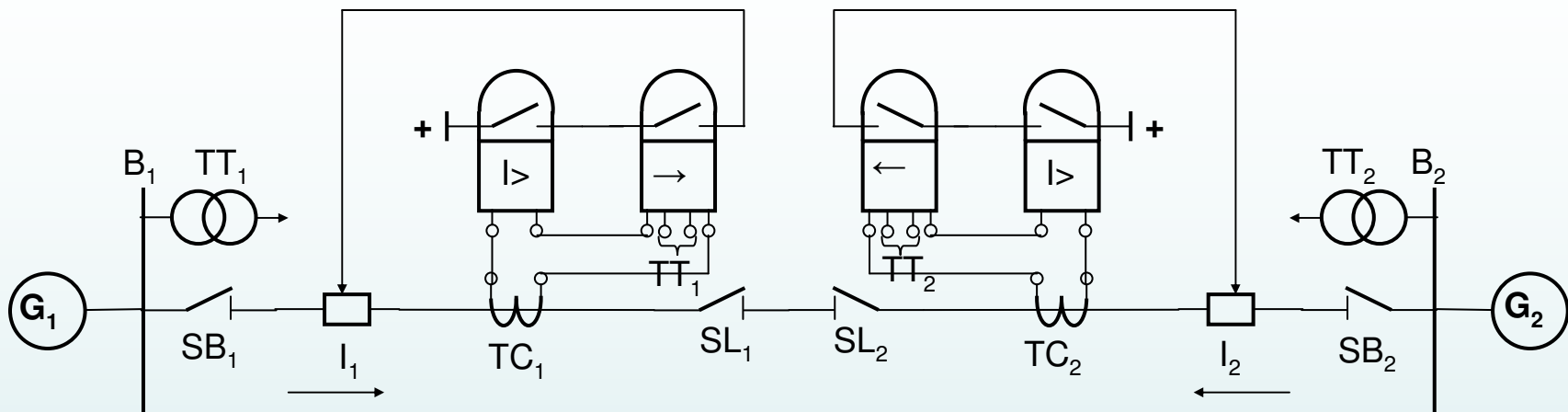


Fig.14.2. Principiul protecției maxime de curent direcționale.

Direcția normală de setare a protecției este dinspre sistemul de bare înspre linia electrică.

4.2. Conectarea a releelor direcționale

Schemele de conectare a releelor direcționale, pot fi clasificate după modul de legare a acestora la transformatoarele de curent și de tensiune.

Există scheme care utilizează:

- ❖ un singur element direcțional monofazat, conectat la curenții sau tensiunile de fază, sau dintre faze;
- ❖ cu un element conectat la componentele de secvență inversă sau homopolară;
- ❖ două sau trei elemente conectate la tensiunile și curenții de fază, sau la componentele de secvență ale acestora. În acest caz cuplul activ reprezintă suma contribuțiilor celor trei faze.

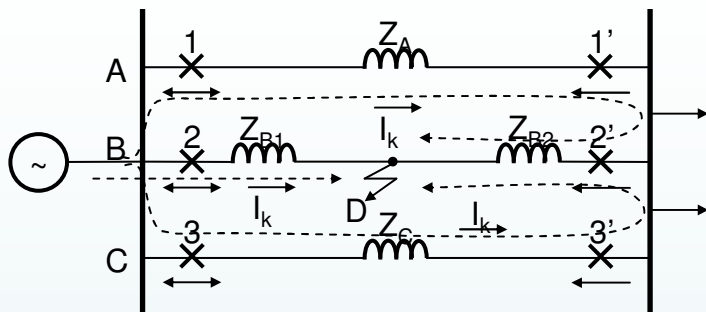


Fig.14.3. Aplicarea protecției direcționale în cazul liniilor paralele:

→ *protecție direcțională*; ↔ *protecție nedirecțională*.

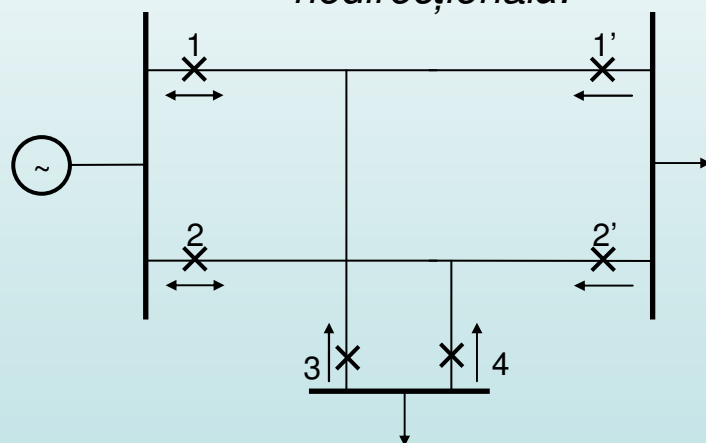


Fig.14.5. Linii paralele cu legături în T:

→ *protecție direcțională*; ↔ *protecție nedirecțională*.

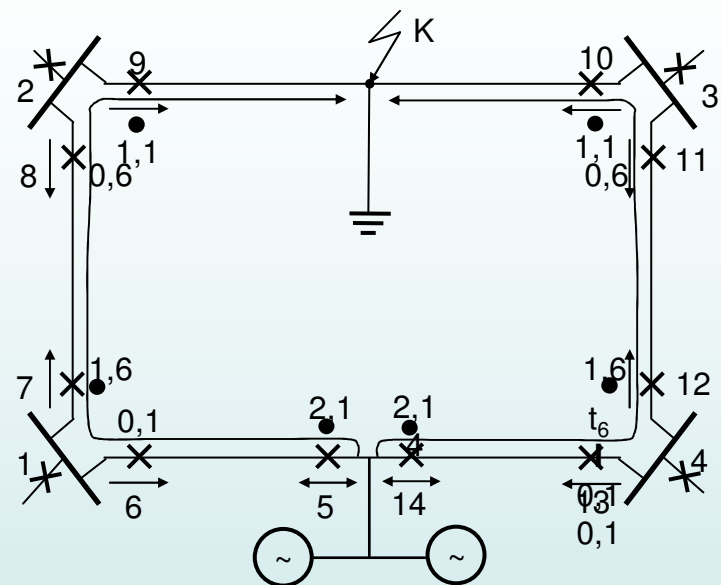


Fig.14.4. Protecția direcțională aplicată unei rețele în inel (inel simplu):

→ *protecție direcțională*; ↔ *protecție nedirecțională*.

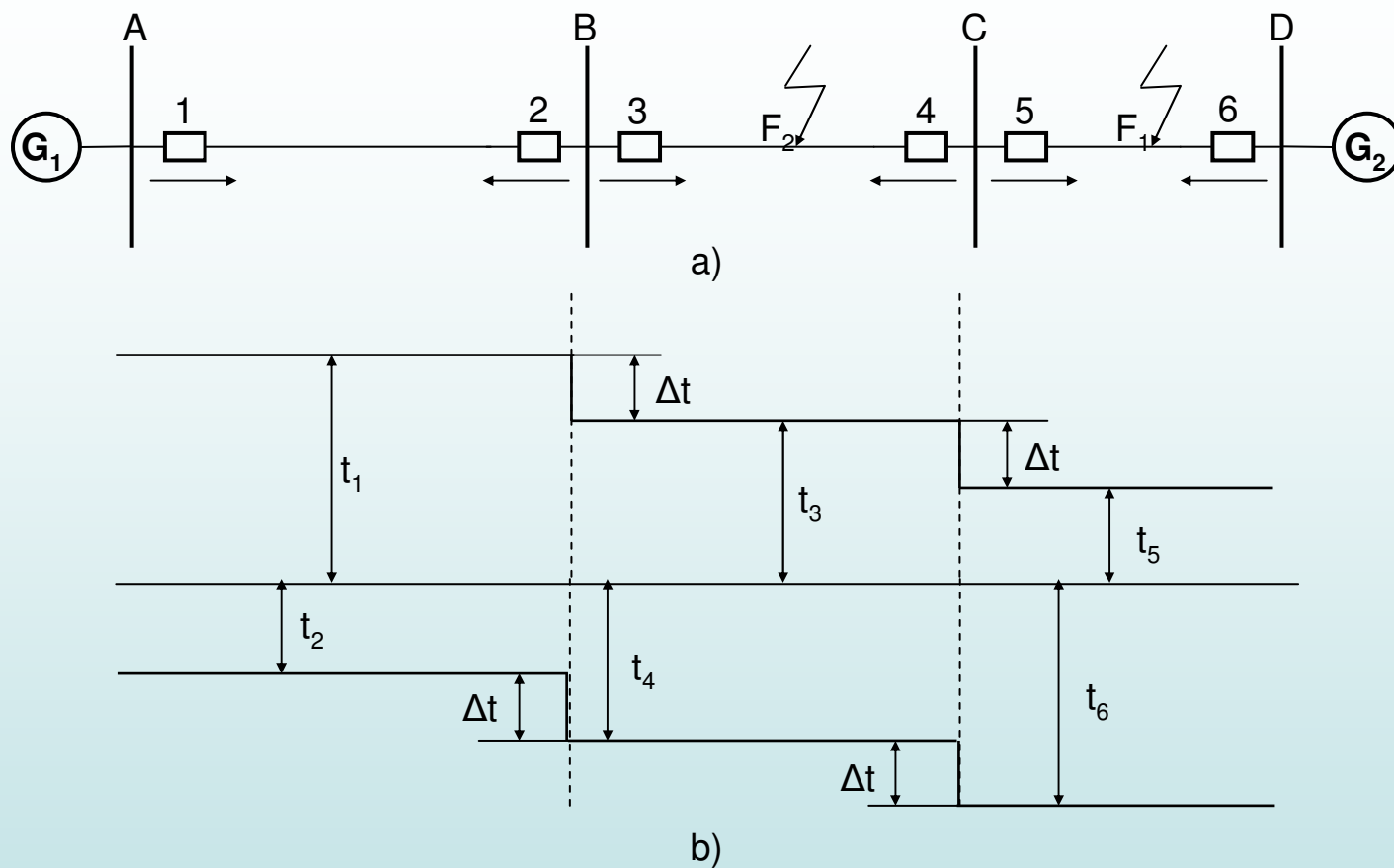


Fig.14.6. Aplicarea metodei de discriminare în timp și în direcție:
a – schema monofilară de principiu; b – setarea temporizărilor.

- ❖ sistemul de protecție trebuie să acționeze asupra întreruptoarelor aflate cel mai aproape de locul defectului;
- ❖ sistemul de protecție trebuie să acționeze numai în cazul în care curentul de scurtcircuit circulă dinspre sistemul de bare înspre linie, sens care coincide cu direcționarea releului direcțional;
- ❖ curentul reglat al tuturor releelor maximale de curent are aceeași valoare;
- ❖ timpul de acționare al protecțiilor descrește dinspre sursele de alimentare, treapta de timp fiind notată cu Δt ;
- ❖ contactele releelor maximale și ale releelor direcționale realizează funcția logică ȘI. Deci, protecțiile vor comanda declanșarea întreruptoarelor corespunzătoare numai dacă curentul din circuit a depășit valoarea de prag reglată și sensul circulației de putere în circuit este cel prestabilit.

În figura 4.16 se prezintă conexiunea principalelor elemente (relee) care intră în componența unei astfel de protecții cu care se poate aplica metoda discriminării în direcție și timp (releu maximal de curent, releu direcțional, releu de timp).

Aplicarea acestei metode poate fi urmărită în figura 4.17.a și b. În figură se prezintă cazul unei rețele alimentate la două capete. G_1 și G_2 sunt cele două surse de alimentare. Cu A, B și C s-au notat sistemele de bare.

Notațiile pentru întreruptoare au ținut cont de direcționarea protecțiilor corespunzătoare fiecărui element:

- ❖ cu 1, 3, 5 s-au notat întreruptoarele ale căror protecții sunt direcționate dinspre stânga înspre dreapta;
- ❖ cu 2, 4, 6 s-au notat întreruptoarele ale căror protecții sunt direcționate dinspre dreapta înspre stânga.

Analizând sistemul din figură se constată următoarele:

- ❖ direcționarea asigură selectivitatea între sistemele de protecție poziționate la aceeași bară;
- ❖ temporizarea asigură selectivitatea între sistemele de protecție care au aceeași. Astfel, dacă apare un defect în F_1 , pornesc protecțiile corespunzătoare întreruptoarelor 1, 3, 5 și 6, care sunt direcționate corespunzător. Protecția 5 acționează înaintea celor din 1 și 3 având timpul de acționare cel mai mic. Astfel prin declanșarea întreruptoarelor 5 și 6 este izolat tronsonul defect. Consumatorii de pe tronsoanele neavariate rămân alimentați fie de la G_1 fie de către G_2 .

În cazul producerii unui defect în F_2 , vor porni protecțiile 1, și 3, respectiv 4 și 6 (pentru 5 și 2 sensul curentului de scurtcircuit nu corespunde cu direcționarea). Protecțiile corespunzătoare întreruptoarelor 3 și 4 acționează primele având direcționarea corespunzătoare și temporizările cele mai mici.

5.1. Protecția homopolară de curent

14.2. PROTECȚIA HOMOPOLARĂ

Cele mai multe defecte care apar într-o rețea electrică constau în puneri la pământ. Acestea pot fi detectate de protecțiile maxime de curent, dar nu întotdeauna, sau nu cu suficientă sensibilitate.

Utilizarea unei protecții mai sensibile față de punerile la pământ este impusă de:

- ❖ curentul de punere la pământ în multe cazuri este limitat valoric;
- ❖ sensibilitatea și viteza de răspuns impuse protecțiilor nu pot fi obținute prin utilizarea protecțiilor clasice maxime de curent.

Dealtfel, posibilitatea unui reglaj foarte „jos” (la un nivel de curent redus) este foarte utilă atâta timp cât punerile la pământ ar produce efecte apropiate de cele produse de celelalte avarii.

În general valoarea curenților de punere la pământ este limitată de impedanța legată în neutrul rețelei sau prin rezistența de punere la pământ.

Separarea componentei homopolare poate fi realizată prin legarea în paralel a TC de pe fiecare fază, așa cum este arătat în figura 14.7, în cazul unei linii electrice cu trei conductoare, respectiv în figura 14.8 pentru o linie cu patru conductoare. Ideea care stă la baza acestor moduri de conectare este faptul că suma curenților de fază este egală cu de trei ori componenta homopolară. De fapt aceste conexiuni realizează un filtru pentru componenta homopolară. Conexiunea cea mai simplă, cea din figura 14.7.a (montaj Holmgreen), poate fi extinsă prin introducerea unor rele maximale de curent pe fiecare fază și conectarea releului pentru componenta homopolară între neutrul TC și acestea (figura 14.7.b).

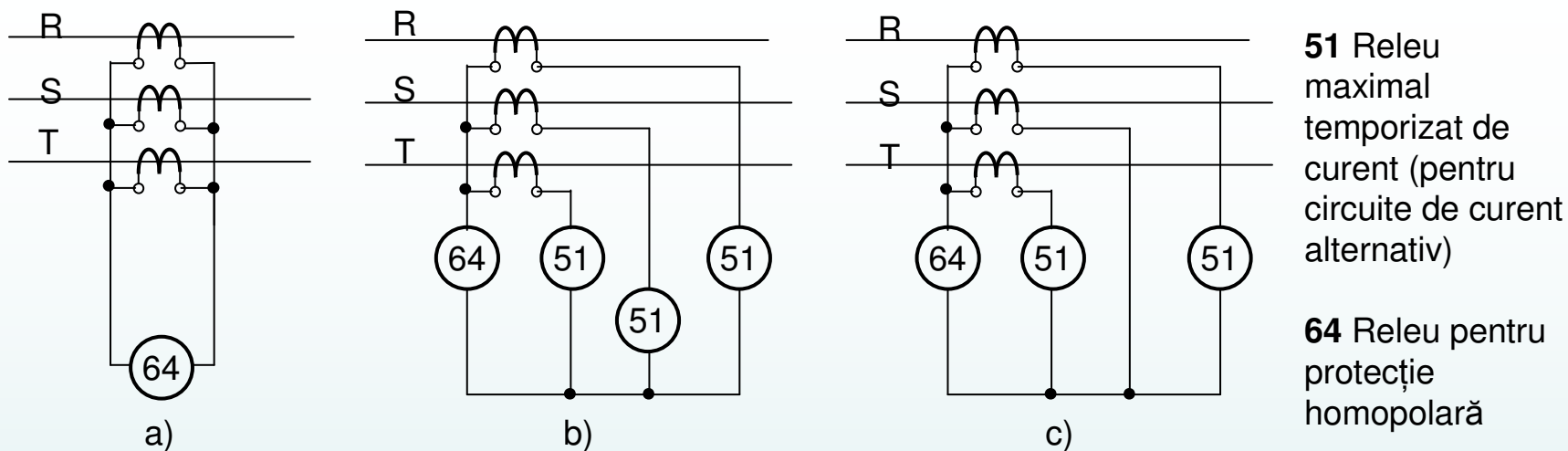


Fig.14.7. Conectarea TC pentru secvența homopolară (linie cu trei conductoare).

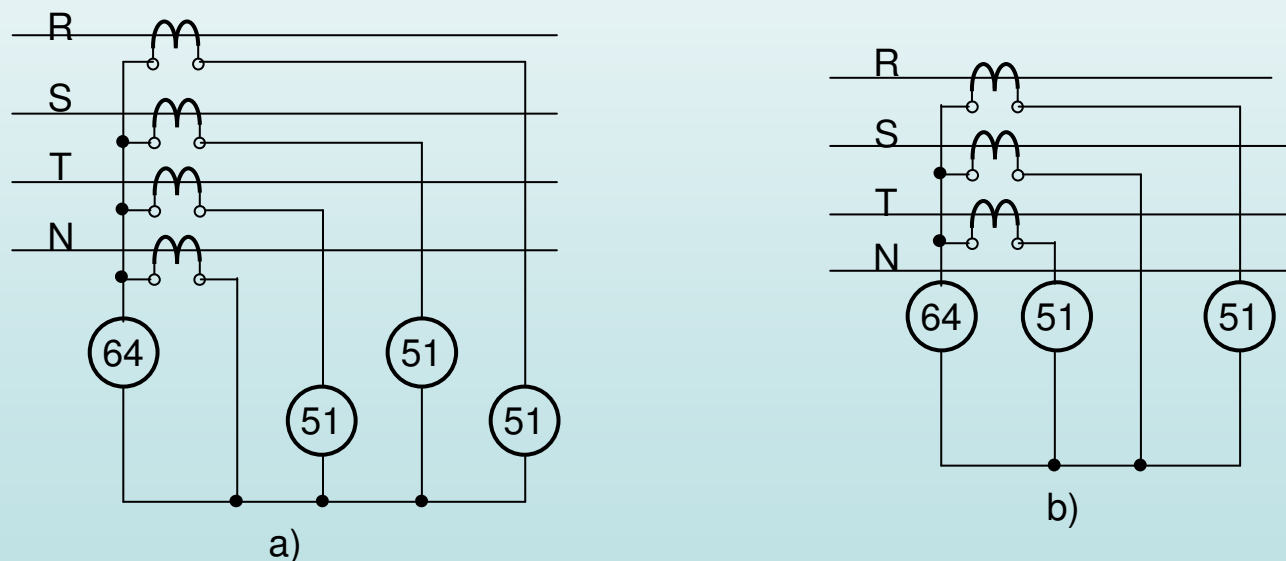
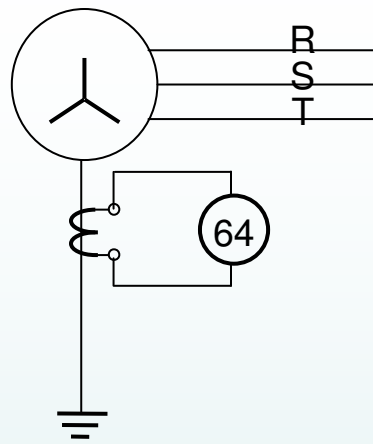
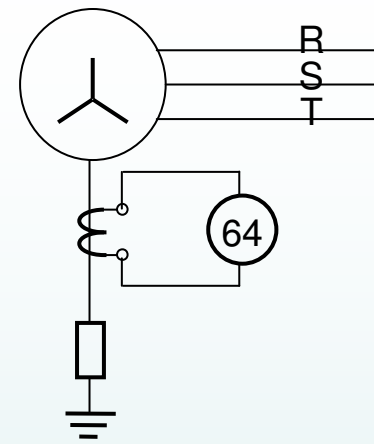


Fig.14.8. Conectarea TC pentru secvența homopolară (linie cu patru conductoare).

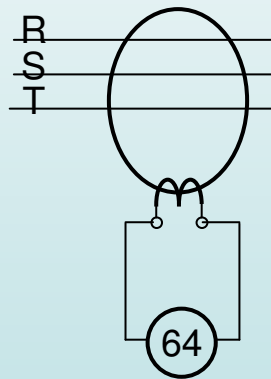


a)

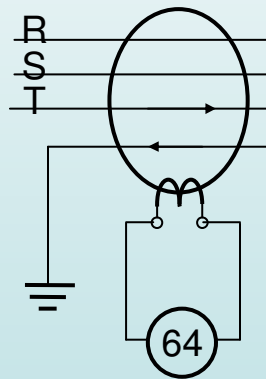


b)

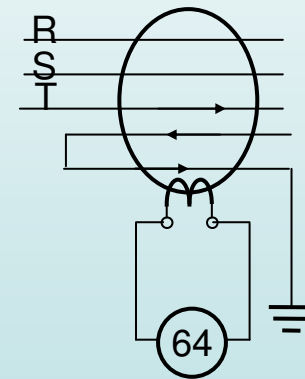
Fig.14.9.



a)



b)



c)

Fig.14.10. Filtru Ferranti:

a – cablu cu trei conductoare; b – cablu cu patru conductoare, montare incorectă; c – cablu cu patru conductoare, montare corectă.

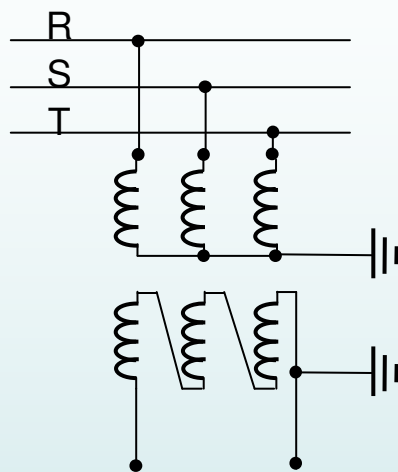


Fig.14.11. Filtru de tensiune de secvență homopolară.

14.3. PRINCIPIUL PROTECȚIEI DIFERENȚIALE

Protecțiile bazate pe acest principiu, au drept scop supravegherea elementului protejat împotriva defectelor care pot să apară între două puncte diferite de măsură, înainte și după elementul protejat (în zona protejată).

Mărimile electrice curent sau tensiune sunt mărimi fazoriale. Suma a doi fazori \underline{A} și \underline{B} se scrie:

$$\underline{A} + \underline{B} = A \cos \varphi_a + B \cos \varphi_b + j(A \sin \varphi_a + B \sin \varphi_b) \quad (14.1)$$

Condiția de anulare a sumei conduce la:

$$\begin{aligned} A \cos \varphi_a + B \cos \varphi_b &= 0; \\ A \sin \varphi_a + B \sin \varphi_b &= 0, \end{aligned} \quad (14.2)$$

sau

$$\text{condiția de fază:} \quad \sin(\varphi_a - \varphi_b) = 0 \Rightarrow \varphi_b = \varphi_a + k\pi, k = 0, n; \quad (14.3)$$

$$\text{condiția de modul:} \quad A \sin \varphi_a + B \sin(\varphi_b + k\pi) = 0 \Rightarrow A \pm B = 0. \quad (14.4)$$

Acționează în cazul în care diferența (sau suma) a două sau a mai multor mărimi electrice fazoriale de același tip, este mai mare decât mărimea reglată (setată).

Nu acționează atunci când cele două condiții (14.3-4) sunt îndeplinite:

- ❖ mărimile de intrare, de același tip, sunt egale (aproximativ) în modul;
- ❖ defazajul între aceste mărimi este de aproximativ 0° (180°) - mărimi în fază (mărimi în opoziție de fază).

Pentru realizarea comparației dintre mărimile de la începutul zonei protejate și cele de la sfârșitul ei, este necesară realizarea unei legături între capetele zonei protejate prin conductoare auxiliare, sau în cazul distanțelor mari prin intermediul unor canale pilot (canale utilizate pentru transmiterea semnalelor la distanță – cabluri telefonice, fibre optice, canale radio , semnale în înaltă frecvență).

De cele mai multe ori protecțiile diferențiale sunt protecții de curent, dar pot fi și protecții diferențiale în tensiune. Astfel vor exista două variante:

1. cu curenți de circulație, caz în care se compară curenții de la capetele zonei protejate;
2. cu echilibrarea tensiunilor, caz în care se compară căderile de tensiune pe șunturi legate în secundarele transformatoarelor de curent amplasate la capetele zonei protejate.

Elementele de sistem, la care se utilizează protecții bazate pe acest principiu, sunt: generatoarele, transformatoarele de putere, sistemele de bare, liniile electrice.

14.2.1. Protecții diferențiale cu curenți de circulație

Principiul diferențial al protecției cu curenți de circulație este exemplificat în figura 14.12. Secundarele TC trebuie să fie conectate diferențial. Sunt amplasate în toate punctele de conectare ale elementului protejat la sistem, în paralel cu înfășurarea de excitație a releului de curent.

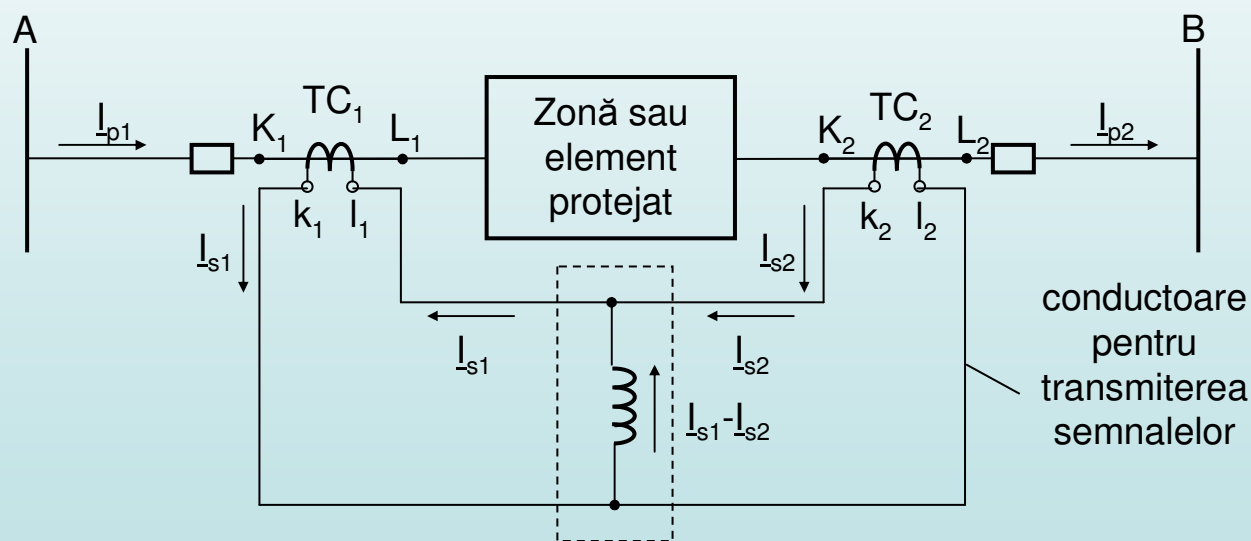


Fig.14.12. Schema principală monofilară a protecției diferențiale cu curenți de circulație.

Notatii:

- ❖ K, L bornele de început și de sfârșit ale înfășurării primare a TC;
- ❖ k și l bornele de început și de sfârșit ale înfășurării secundare;
- ❖ I_{p1} , I_{p2} curenții din circuitul primar;
- ❖ I_{s1} și I_{s2} curenții din circuitul secundar.

Dacă elementul protejat este reprezentat de un generator, un sistem de bare sau o linie electrică, este evident că în cazul funcționării în regim normal, între curenții din circuitul primar va exista o relație de egalitate:

$$I_{p1} = I_{p2} \quad (14.5)$$

Prin bobina releului va circula:

$$I_{s1} - I_{s2} = I_{dez} \quad (14.6)$$

Transformatoarele de curenți se aleg astfel încât să aibă aceleași caracteristici, deci va exista și o egalitate (cel puțin teoretică) a rapoartelor de transformare $n_{TC1} = n_{TC2}$.

În acest caz curenții secundari vor fi egali, iar în regim normal de funcționare sau în cazul unui defect exterior zonei protejate, prin înfășurarea de excitație a releului de curent va circula un curent nul și releul nu acționează.

Dacă defectul este în interiorul zonei protejate, evident că între curenții din circuitul primar și secundar va apare o relație de inegalitate. Curenții din circuitul secundar vor fi defazați cu 180° , ceea ce înseamnă că prin bobina de excitație a releului circulă un curent de dezechilibru diferit de zero. Dacă valoarea în modul al acestuia este mai mare decât valoarea de pornire a releului (valoarea de acționare reglată):

$$|\underline{I}_{s1} - \underline{I}_{s2}| = |\underline{I}_{dez}| > |\underline{I}_{pr}| \quad (14.7)$$

atunci releul este acționat și va comanda declanșarea întreruptoarelor. Acest tip de protecție mai este cunoscut sub denumirea de *protecție MERZ-PRICE*.

14.2.2. Protecții diferențiale cu echilibrarea tensiunilor

Principiul de realizare și funcționare a unei protecții diferențiale cu echilibrarea tensiunilor este prezentat în figura 14.13. Releele diferențiale se montează în serie în circuitul diferențial, transformatoarele de curent fiind conectate în paralel.

În regim de funcționare normală sau la scurtcircuite exterioare, t.e.m. de la bornele secundarelor TC sunt egale și în opoziție. Prin circuitul diferențial (prin rele) nu va circula curent cel puțin teoretic. La un scurtcircuit în zona protejată, datorită schimbării sensului convențional al curentului de la unul din capete, cele două t.e.m. devin aproximativ în fază și prin circuitul diferențial circulă un curent care provoacă acționarea protecției.

Rezistențele din secundarele TC sunt necesare pentru că în absența lor TC în regim normal al liniei ar funcționa în gol ceea ce nu este permis.

Principiul de protecție nu se schimbă, în locul celor două t.e.m. se aplică bobinei de excitație a releului căderile de tensiune de la bornele rezistențelor R.

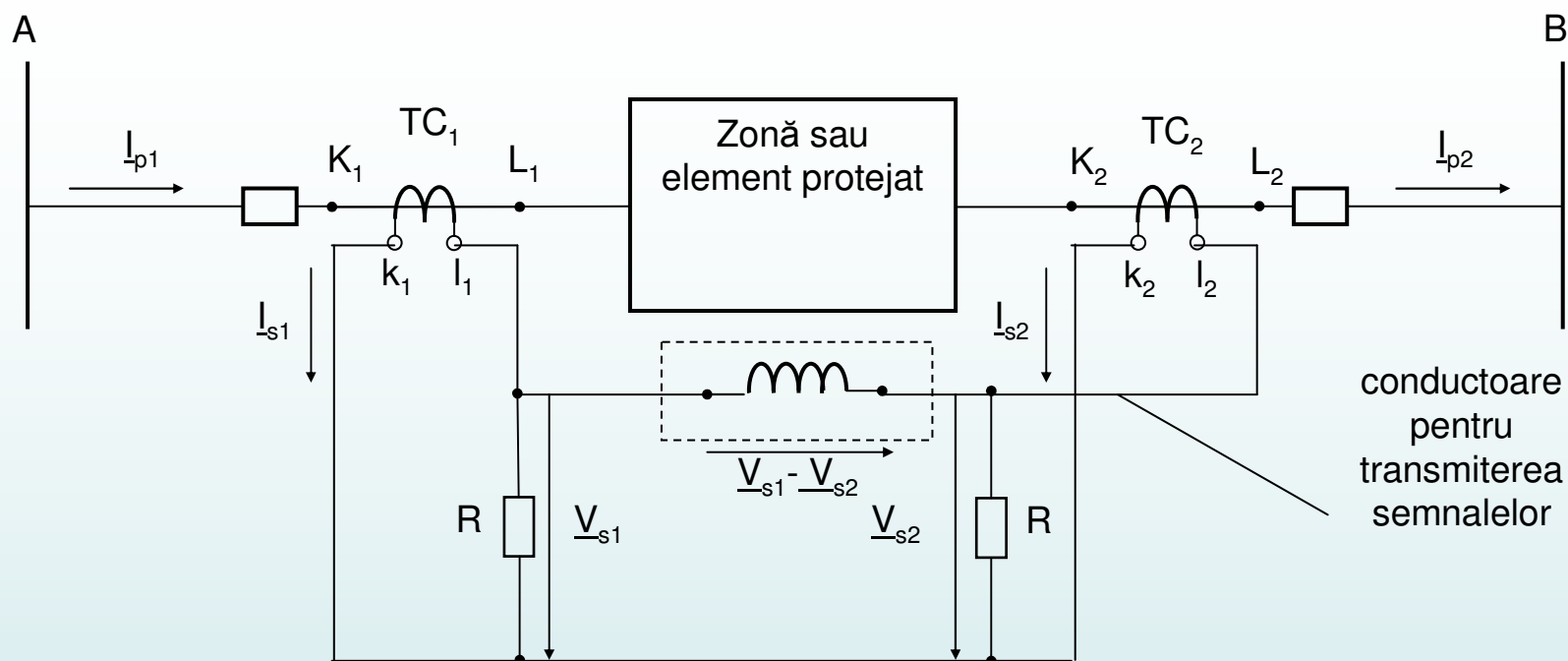


Fig.14.13. Schema principală monofilară a protecției diferențiale cu tensiuni de echilibrare.

Schema poate fi folosită la linii cu lungimi mai mari prin completarea cu transformatoare sumatoare sau filtre combinate.

14.3. PRINCIPIUL PROTECȚIEI DE DISTANȚĂ

Într-un sistem electroenergetic este esențial ca avariile care apar să fie eliminate rapid, altfel pot apărea întreruperi ale alimentării consumatorilor cu energie electrică, pierderea stabilității sistemului și apariții unor avarii grave ale echipamentelor.

Metodele de depistare a locului în care s-a produs un defect pot fi grupate în două categorii:

- ❖ metode care folosesc fie efecte secundare ale curenților sau puterilor la locul defectului, fie mărimi electrice, altele decât cele ce caracterizează funcționarea sistemului energetic. Aceste efecte sau mărimi sunt introduse în mod artificial, fără a perturba funcționarea sistemului, ci numai pentru a permite măsura exactă a distanțelor până la locul defectului;
- ❖ metode bazate pe măsura convențională a mărimilor electrice care circulă în elementele electrice ale sistemului energetic și care pot caracteriza distanța electrică până la defect.

Cea mai evidentă posibilitate de a se determina precis locul defectului este calculul impedanței dintre locul unde este montată protecția și locul defectului.

Impedanța este un parametru fizic al elementelor de rețea respective și deci o funcție de distanța geografică sau electrică. Trebuie menționat însă că și în acest caz pot exista măsurători eronate, întrucât la măsurarea impedanței Z se include, în afara impedanțelor elementelor care sunt conectate direct între locul amplasării protecției și punctul de defect, și impedanța restului sistemului energetic, cu o valoare aleatorie funcție de configurație.

Protecția de distanță sau de impedanță nu este o protecție specifică unui element din sistem (care să supravegheze un element anume – „unit protection”), putând asigura selectivitatea între defecte ce apar în diferite părți ale sistemului. În principiu această protecție realizează o comparație între tensiunea și curentul din sistemul electroenergetic pentru a putea determina valoarea impedanței până la locul de defect. Ea va acționa atunci când raportul dintre tensiune și curent este mai mic decât o valoare impusă. Deci protecția de distanță este o protecție minimală iar mărimea de acționare este o funcție de impedanța zonei protejate. Principiul de funcționare este exemplificat, pentru o linie electrică, în figura 7.1.a.

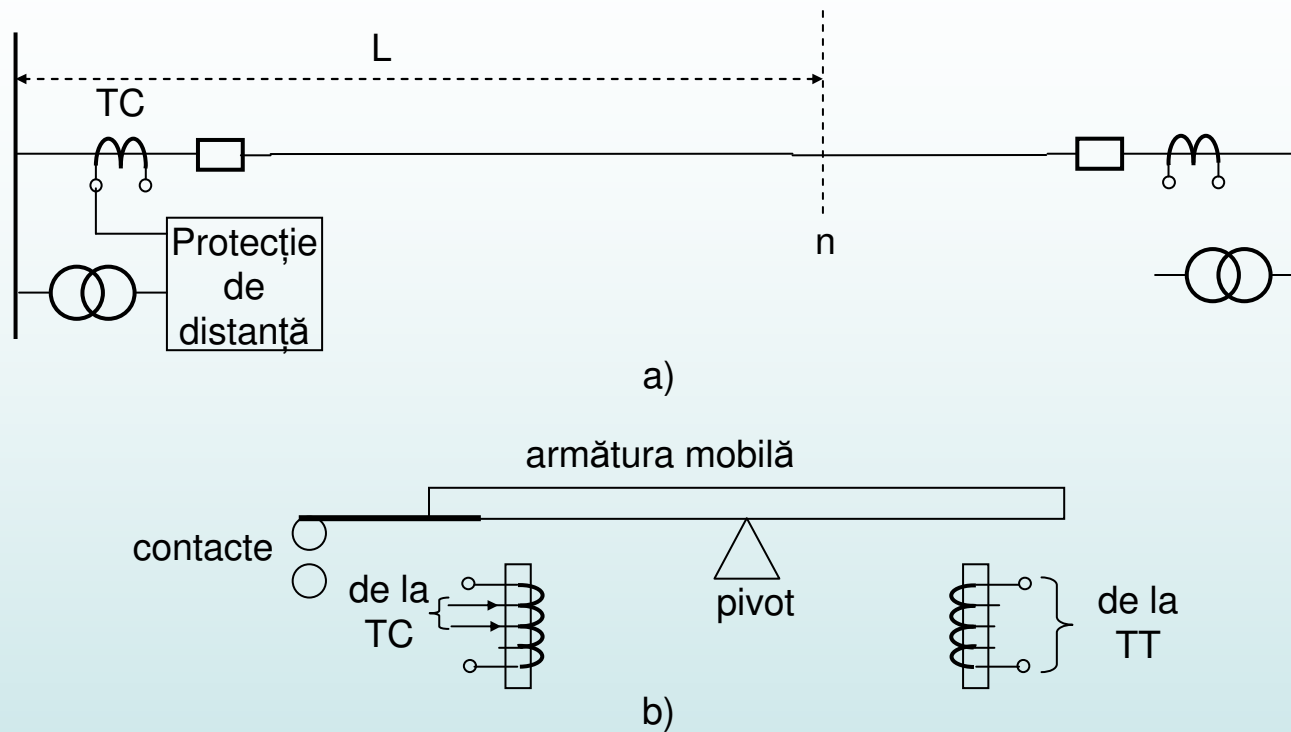


Fig.14.14. Principiul protecției de distanță:
a – aplicație asupra unei linii electrice; b – releu balanță electromagnetă.

Cel mai simplu releu de impedanță, releul balanță electromagnetică, este prezentat principial în figura 14.14.b. Releul tip balanță se compune din:

- ❖ un electromagnet alimentat cu o tensiune proporțională cu tensiunea din rețea (din secundarul TT). Acesta, prin forța de atracție exercitată are rolul de a împiedica deplasarea armăturii mobile feromagnetice în sensul închiderii contactelor releului;
- ❖ un electromagnet a cărui bobină de excitație este parcursă de un curent proporțional cu curentul rețelei (din secundarul TC). Acesta va exercita o forță de atracție asupra armăturii mobile în sensul închiderii contactelor.

Releul acționează atunci când forța dezvoltată de către electromagnetul de „curent” devine superioară celei dezvoltate de electromagnetul de „tensiune”, deci atunci când raportul între tensiune și curent scade sub o valoare prestabilită.

Așa cum se prezintă în figura 14.14.a, zona protejată este cuprinsă între TC și punctul n. Putem face următoarele considerații:

- ❖ pentru un defect produs între releu și punctul n, curentul I va fi mai mare, iar căderea de tensiune V scade sau rămâne aproximativ egală cu cea corespunzătoare punctului n. Creșterea curentului determină rotirea armăturii spre stânga ceea ce produce închiderea contactelor;

❖ în cazul unui defect exterior, produs la dreapta punctului n, curentul este mai mic decât cel corespunzător producerii defectului în punctul n, iar căderea de tensiune pe linie crește. Rezultă că forța corespunzătoare electromagnetului „de tensiune” este mai mare decât cea al celui „de curent” și împiedică acționarea releului.

Dacă luăm în considerare producerea unui scurtcircuit trifazat în punctul n, tensiunea în acest punct va fi nulă. Tensiunea care se aplică releului este căderea de tensiune în lungul circuitului până în punctul n. Considerăm că impedanța pe unitatea de lungime a circuitului este z_L , lungimea zonei protejate L , iar curentul de scurtcircuit I . Notăm cu V căderea de tensiune până în punctul n și putem scrie următoarea relație:

$$V = I \cdot L \cdot z_L \quad (14.8)$$

Relația (14.8) permite determinarea valorii de setare a releului:

$$Z_R = \frac{I \cdot L \cdot z_L}{I} \quad (14.9)$$

- ❖ relee de rezistență - caracteristica o dreaptă paralelă cu axa ordonatelor;
- ❖ relee de reactanță - caracteristica o dreaptă paralelă cu axa absciselor;
- ❖ relee de impedanță mixtă;
- ❖ relee de conductanță;
- ❖ relee de admitanță mixtă etc.

14.3.1. Relee de distanță de impedanță generalizată

Prin intermediul releului de distanță se compară amplitudinile a două mărimi, \underline{M}_1 și \underline{M}_2 , care pot fi funcții atât de tensiune cât și de curent:

$$\begin{aligned}\underline{M}_1 &= \underline{a}_{11}\underline{V}_r + \underline{a}_{12}\underline{I}_r ; \\ \underline{M}_2 &= \underline{a}_{21}\underline{V}_r + \underline{a}_{22}\underline{I}_r ,\end{aligned}\quad (14.10)$$

cu:

$$\begin{aligned}\underline{a}_{11} &= a_{11}e^{j\alpha_{11}}; \underline{a}_{12} = a_{12}e^{j\alpha_{12}}; \underline{a}_{21} = a_{21}e^{j\alpha_{21}}; \underline{a}_{22} = a_{22}e^{j\alpha_{22}}; \\ \gamma_1 &= \alpha_{11} - \alpha_{21}; \gamma_2 = \alpha_{12} - \alpha_{22}; \\ \underline{V}_r &= V_re^{j\varphi_V}; \underline{I}_r = I_re^{j\varphi_I}; \varphi_r = \varphi_V - \varphi_I.\end{aligned}\quad (14.11)$$

Condiția de pornire a releului este $|\underline{M1}|=|\underline{M2}|$, sau ținând cont de relațiile rezultă:

$$\left| a_{11}V_r e^{j(\alpha_{11}+\varphi_V)} + a_{12}I_r e^{j(\alpha_{12}+\varphi_I)} \right| = \left| a_{21}V_r e^{j(\alpha_{21}+\varphi_V)} + a_{22}I_r e^{j(\alpha_{22}+\varphi_I)} \right| \quad (14.12)$$

Se pot scrie următoarele expresii:

$$\begin{aligned} M_1^2 &= a_{11}^2 V_r^2 + a_{12}^2 I_r^2 + \\ &+ 2a_{11}a_{12}V_r I_r [\cos(\alpha_{11} + \varphi_U)\cos(\alpha_{12} + \varphi_U) + \sin(\alpha_{11} + \varphi_I)\sin(\alpha_{12} + \varphi_I)] = \\ &= a_{11}^2 V_r^2 + a_{12}^2 I_r^2 + 2a_{11}a_{12}V_r I_r \cos(\alpha_{11} - \alpha_{12} + \varphi_U - \varphi_I) = \\ &= a_{11}^2 V_r^2 + a_{12}^2 I_r^2 + 2a_{11}a_{12}V_r I_r \cos(\gamma_1 + \varphi_r) \end{aligned} \quad (14.13)$$

$$\begin{aligned}
M_2^2 &= a_{21}^2 V_r^2 + a_{22}^2 I_r^2 + \\
&+ 2a_{21}a_{22}V_rI_r[\cos(\alpha_{21} + \varphi_U)\cos(\alpha_{22} + \varphi_U) + \sin(\alpha_{21} + \varphi_I)\sin(\alpha_{22} + \varphi_I)] = \\
&a_{21}^2 V_r^2 + a_{22}^2 I_r^2 + 2a_{21}a_{22}V_rI_r \cos(\alpha_{21} - \alpha_{22} + \varphi_U - \varphi_I) = \\
&= a_{21}^2 V_r^2 + a_{22}^2 I_r^2 + 2a_{21}a_{22}V_rI_r \cos(\gamma_2 + \varphi_r) \quad (14.14)
\end{aligned}$$

rezultă:

$$\begin{aligned}
&(a_{11}^2 - a_{21}^2)V_r^2 + (a_{12}^2 - a_{22}^2)I_r^2 + \\
&+ 2a_{11}a_{12}V_rI_r \cos(\gamma_1 + \varphi_r) - 2a_{21}a_{22}V_rI_r \cos(\gamma_2 + \varphi_r) = 0 \quad (7.8)
\end{aligned}$$

sau

$$\begin{aligned}
&(a_{11}^2 - a_{21}^2)V_r^2 + (a_{12}^2 - a_{22}^2)I_r^2 + V_rI_r \cos \varphi_r (2a_{11}a_{12} \cos \gamma_1 - 2a_{11}a_{12} \cos \gamma_2) + \\
&+ V_rI_r \sin \varphi_r (-2a_{11}a_{12} \sin \gamma_1 + 2a_{11}a_{12} \sin \gamma_2) = 0 \quad (14.15)
\end{aligned}$$

Se fac următoarele notații:

$$\begin{aligned}K_V &= -(a_{11}^2 - a_{21}^2); K_I = (a_{12}^2 - a_{22}^2); \\K_P &= (2a_{11}a_{12} \cos \gamma_1 - 2a_{11}a_{12} \cos \gamma_2); \\K_Q &= (-2a_{11}a_{12} \sin \gamma_1 + 2a_{11}a_{12} \sin \gamma_2); \\P &= V_r I_r \cos \varphi_r; Q = V_r I_r \sin \varphi_r. \quad (14.16)\end{aligned}$$

$$-K_V V_r^2 + K_I I_r^2 + K_P P_r + K_Q Q_r = 0 \quad (14.17)$$

Ecuția (14.17), numită ecuația cuplurilor pentru releul de impedanță generalizată, reprezintă condiția de pornire a releelor de distanță.

Dacă ecuația se divide cu pătratul curentului releului, se obține:

$$-K_V Z_r^2 + K_I + K_P Z_r \cos \varphi_r + K_Q Z_r \sin \varphi_r = 0 \quad (14.18)$$

sau

$$\begin{aligned} & (R_r^2 + X_r^2) - K_P / K_V R_r - K_Q / K_V X_r - K_I / K_V = \\ & = (R_r - K_P / 2K_V)^2 + (X_r - K_Q / 2K_V)^2 - \frac{K_P^2 + K_Q^2 + 4K_I K_V}{4K_V^2} = 0 \end{aligned} \quad (14.19)$$

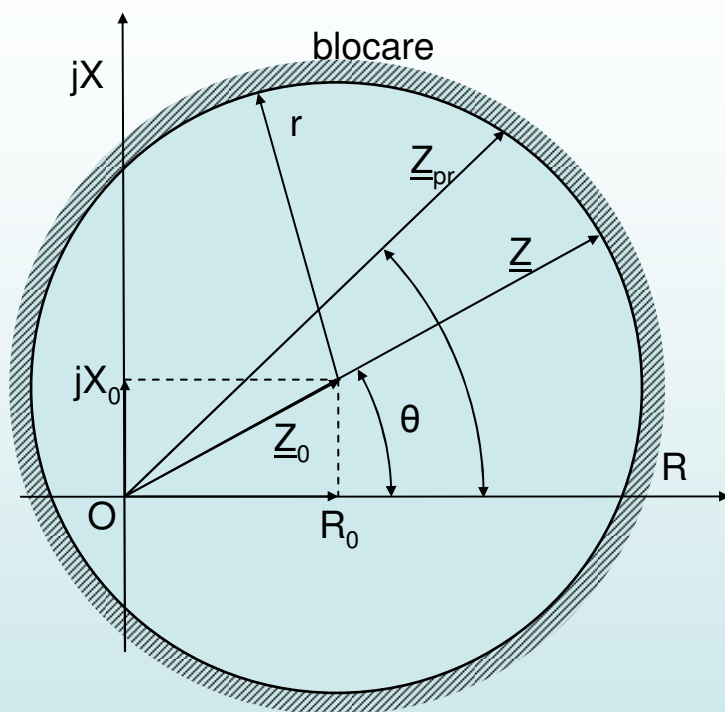


Fig.14.15. Caracteristica de funcționare a releului de impedanță generalizată.

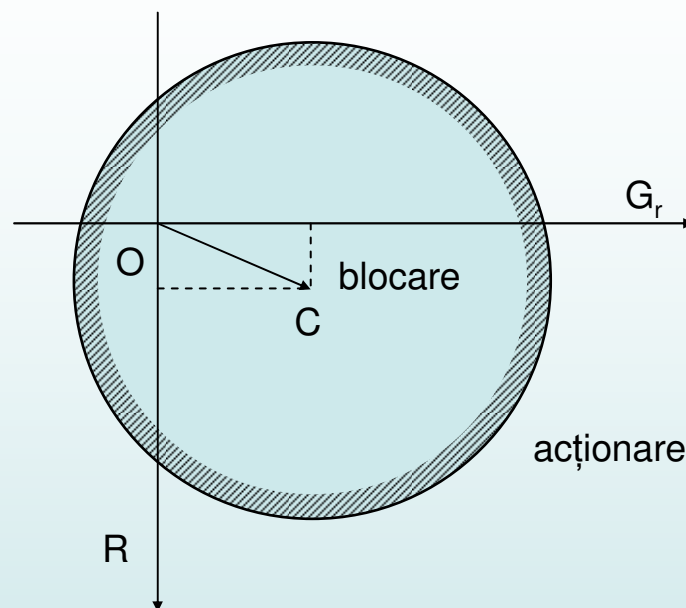


Fig.14.16. Caracteristica de funcționare a releului de impedanță generalizată în planul admitanțelor.

14.3.2. ZONE DE PROTECȚIE

Realizarea unei coordonări între protecțiile de distanță într-un sistem electroenergetic, presupune setarea corespunzătoare a releelor de distanță în funcție de locul de amplasare. O împărțire în zone (trepte de protecție) de supravegheat, individualizate prin impedanțe de pornire diferite și timpi de acționare diferiți servește aceluiași scop. Acest lucru presupune realizarea controlului a doua elemente: setarea „distanței” și a temporizării pentru fiecare zonă de protecție. O protecție de distanță poate acoperi mai multe zone: zona 1, în care acționarea este instantanee; una sau mai multe zone în care funcționarea protecție este temporizată (figura 14.17).

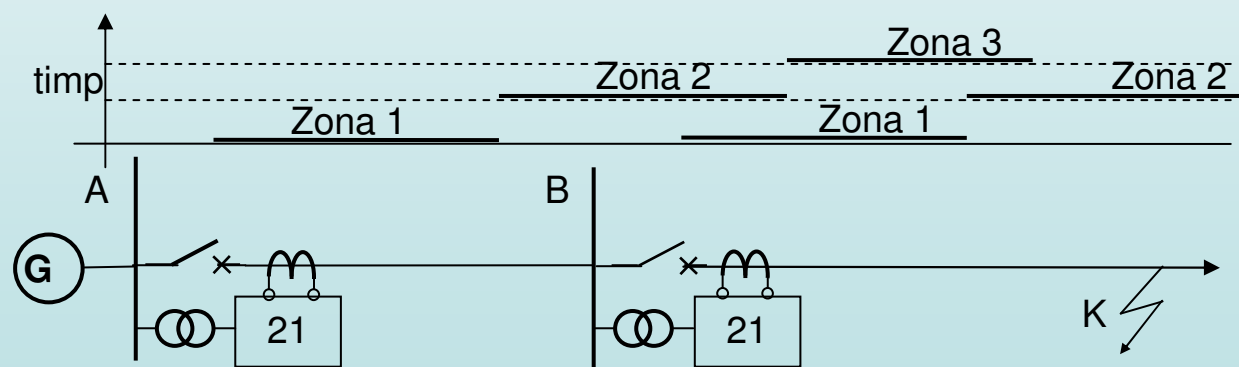


Fig.14.17. Protecția de distanță.

În general schemele de protecție de distanță utilizează semnale de comandă. După modul de funcționare se disting două tipuri de protecții de distanță :

1. Protecții cu zonă redusă (*underreach protection*)

În acest caz întinderea zonei 1 este inferioară zonei protejate (figura 14.18).

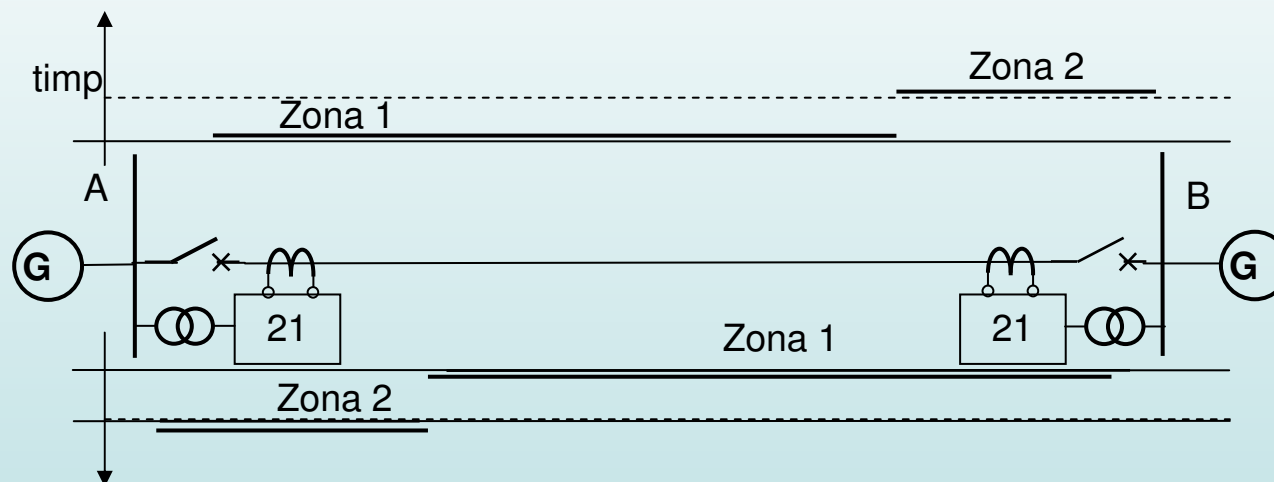


Fig.14.18. Protecția de distanță cu zonă redusă.

Se întâlnesc următoarele subcazuri :

a. Protecții cu zonă redusă și cu autorizare (permissive underreach protection)

Dacă este situat în apropierea unei extrimități ale liniei (de exemplu A) atunci protecția din A va da comanda de declanșare a întreruptorului corespunzător și va transmite un semnal spre B. La recepționarea semnalului în B se comandă declanșarea întreruptorului din B numai dacă aceasta este autorizată (este pornită protecția de distanță, sau un releu maximal de curent, sau un releu minimal de tensiune etc.) ;

b. Protecții cu zonă redusă și cu teledelanșare (intertripping underreach protection)

Pentru această schemă, la recepția semnalului în B se dă comanda de declanșare a întreruptorului fără nici o altă condiționare (autorizare);

c. Protecții cu zonă redusă și cu accelerare (accelerated underreach protection)

Semnalul recepționat de protecția din B este utilizat fie pentru extinderea zonei 1, fie pentru anularea temporizării zonei 2 ;

2. Protecții cu zonă extinsă (*overreach protection*)

În acest caz întinderea zonei 1 depășește lungimea liniei protejate (figura 14.19).

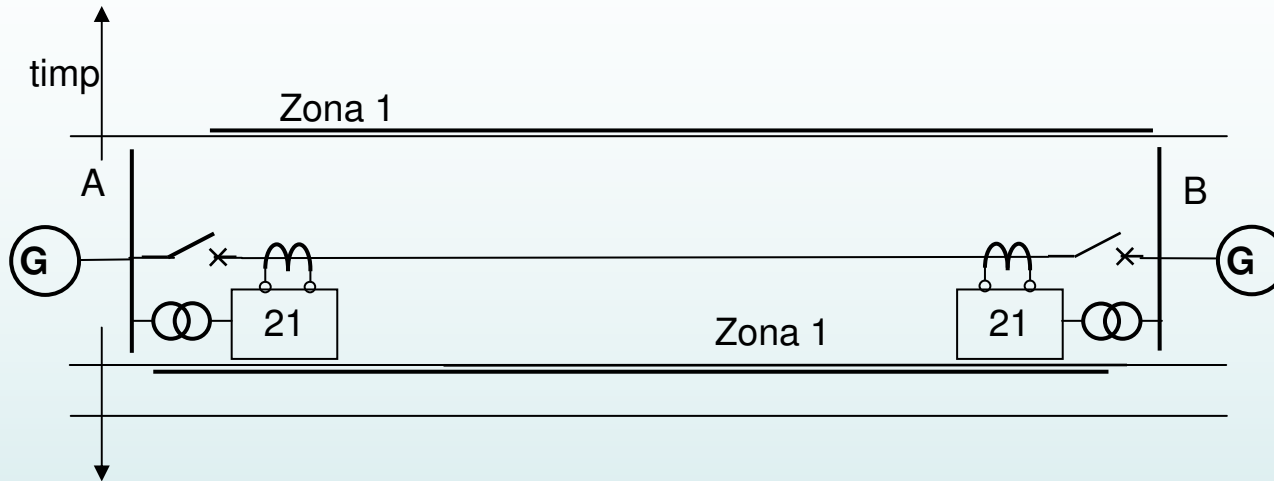


Fig.14.19. Protecția de distanță cu zonă extinsă.

Se disting următoarele subcazuri :

a. Protecții cu zonă extinsă și cu blocare (blocking overreach protection)

În cazul apariției unui defect înafara zonei protejate, de exemplu alături de protecția din A, este necesară prezența unui element care să detecteze defectul în sens invers și care apoi transmite un semnal de comandă spre B. Acest semnal este utilizat de protecția din B pentru blocarea funcționării acesteia.

b. Protecții cu zonă extinsă și cu deblocare (deblocking overreach protection)

Funcționarea protecției în cazul apariției unor defecte la capetele zonei protejate este în mod normal blocată. În caz de defect. În caz de defect pe linia protejată, protecțiile din A și B, care „văd” defectele din exteriorul zonei protejate, transmit una câte una câte un semnal. Aceste semnale sunt utilizate pentru deblocarea protecțiilor.

c. Protecții cu zonă extinsă și cu autorizare (permissive overreach protection)

În acest caz comanda declanșării întreruptoarelor se poate face numai dacă sunt îndeplinite simultan două condiții:

- ❖ defectul este în zona 1;
- ❖ protecțiile recepționează un semnal de comandă de la cealaltă extremitate.

Modul de coordonare a protecțiilor poate fi urmărit în figura 14.20. Treapta 1, cu acționare instantanee, acoperă circa 80% din lungimea liniei de protejat, rezultând o margine de siguranță de 20%. Astfel se elimină posibilitatea ca protecția zonei 1, cu secționare, să se extindă asupra zonei 1 corespunzătoare tronsonului adiacent, datorită erorilor de măsură, de calcul al impedanței și de setare a releelor. În anumite cazuri aceasta poate fi extinsă la circa 85%.

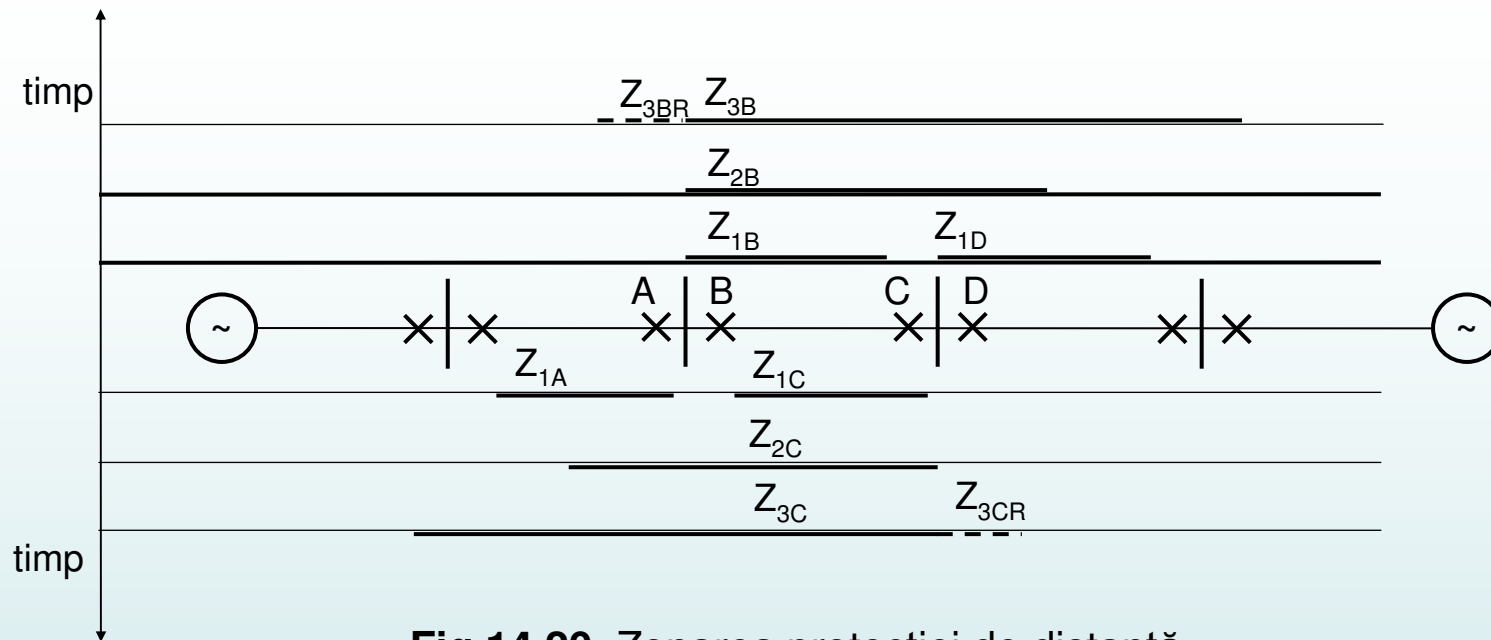


Fig.14.20. Zonarea protecției de distanță.

Porțiunea din tronsonul de linie, rămasă în zona moartă a protecției instantanee, va fi protejată de treapta 2 de protecție de distanță cu temporizare. Lungimea acoperită de zona 2 poate depăși 120% din lungimea tronsonului de linie. Orice extindere a acestei zone depinde de valorile impedanțelor elementelor de rețea și de lungimea tronsonului de linie adiacent cel mai scurt. În unele aplicații se consideră că întinderea

acestei zone trebuie să acopere linia protejată plus 50% din tronsonul adiacent cel mai scurt. Totodată trebuie avut în vedere ca întinderea zonei 2 să nu depășească întinderea zonei 1 al tronsonului adiacent. În ceea ce privește valoarea temporizării, aceasta trebuie să fie mai mare sau cel puțin egală cu suma timpilor de acționare a protecției zonei și de acționare a întreruptorului.

De obicei protecția de rezervă pentru defectele care apar pe toate tronsoanele adiacente este implementată prin intermediul unei a treia trepte (zone) de protecție. Temporizarea acesteia trebuie să asigure discriminarea față de zona 2 de protecție (mai mare sau cel puțin egală cu temporizarea zonei 2 plus timpul de acționare a întreruptorului). Întinderea zonei 3 trebuie să fie de cel puțin 1,2 ori mai mare decât întinderea zonei 2. În cazul sistemelor interconectate efectul unui defect injectat la bara cea mai îndepărtată se manifestă prin creșterea impedanței măsurată de releu față de impedanța reală de defect ceea ce trebuie avut în vedere la setarea protecției pentru zona 3.