

Unele aspecte privind problema de ajustare optimală a protecției prin relee într-un sistem energetic vast.

Macovei Ilie¹, Ambros Tudor² și Rujanschi Dumitru³

¹ Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova;

² Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova;

³ Î.S. Moldelectrica, Chișinău, Republica Moldova.

Abstract.

Una dintre principalele condiții care se pun rețelilor electrice este aceea a siguranței în funcționare, adică a alimentării continue cu energie electrică a consumatorilor.

Asigurarea funcționării fără întrerupere a echipamentelor din sistemul energetic are o importanță deosebită, atât datorită faptului că urmările perturbărilor în funcționare pot fi foarte grave, cit și faptului că instalațiile electrice sunt mai expuse deranjamentelor decât alte genuri de instalații. Gravitatea urmărilor provine în primul rând din faptul că rețelele electrice făcând parte, în general, dintr-un sistem energetic complex și fiind legate între ele electric un defect apărut într-un loc deranjează funcționarea normală a întregului sistem; în al doilea rând, gravitatea defectelor din echipamentele energetice se datorează energiilor foarte mari care intervin în desfășurarea lor.

Automatizarea prin protecția cu relee este folosită de multa vreme pe scara cea mai largă în sistemele energetice. Ea are în general două funcțiuni principale :

- a. separarea elementului avariat de restul elementelor sistemului și asigurarea funcționării continue;
- b. sesizarea regimurilor anormale de funcționare și semnalizarea lor.

Într-un sistem energetic vast, ajustarea corectă a protecțiilor prin relee devine o problemă dificilă și la rezolvarea ei este natural de utilizat metode matematice complicate. Scopul lucrării este prezentarea succintă a problemei de ajustare a protecțiilor de curent direcționale și nedirecționale.

Cuvinte cheie – protecție, sistem, adaptiv.

I. Introducere.

În sistemele electrice au loc procesele de producere, transformare, transport, distribuție și consum al energiei electrice, procese complexe și caracterizate de prezența unor particularități specifice, care le deosebesc de procesele desfășurate în instalațiile din alte ramuri ale producției. Printre cele mai importante particularități se pot distinge următoarele:

- ✓ efectele scurtcircuitelor pot fi resimțite pe mari porțiuni ale sistemelor electrice, în fracțiuni foarte mici de timp;
- ✓ producerea și consumul energiei

electrice se efectuează practic simultan, în prezent nefiind încă posibilă asigurarea unor rezerve de energie electrică la scara necesară unui sistem electric;

✓ Asigurarea continuității alimentării cu energie electrică și lichidarea cit mai rapidă a defectelor din sistemele electrice pentru restabilirea unui regim normal de funcționare.

✓ sistemele electrice ocupa spații foarte întinse, generatoarele, stațiile de transformare și consumatorii conectați prin linii în cadrul unui sistem aflându-se la distanțe de zeci sau sute de kilometri.

Particularitățile enunțate impun un grad foarte ridicat de siguranță în funcționarea sistemelor electrice și deci echiparea lor cu dispozitive de protecție prin relee, care au rolul de a asigura în mod automat deconectarea instalației electrice protejate în cazul apariției unui defect sau a unui regim anormal, precum și rolul de semnalizare. Lichidarea defectelor prin acțiunea protecției trebuie să se efectueze într-un mod optim, fiind asigurate anumite performanțe impuse funcționării protecției: rapiditatea, selectivitatea, sensibilitatea, siguranța.

Pentru relee ca aparate electrice sunt caracteristici următorii parametri:

- a. Curentul de pornire I_p , valoarea căruia asigură treapta de funcționare a releului;
- b. Timpul propriu de funcționare;
- c. Treapta de selectivitate (CTI) sau intervalul de coordonare;
- d. Durata de funcționare a protecției (TDS), este în funcție de tipul releului:

$$T = \frac{k_1 \cdot TDS}{\left(\frac{1}{CTI \cdot I_p}\right)^{k_2 + k_3}}; \quad (1)$$

unde k_1, k_2, k_3 - sunt constante care determină forma caracteristicii dependente.

II. Metoda de optimizare a protecției prin relee.

În continuare se pune problema de a determina setul curenților de pornire și a temporizărilor astfel ca durata totală de trecere a curenților de scurtcircuit prin elementele rețelei electrice să fie minime și să se respecte seturile curenților de pornire și temporizare din toată rețeaua.

Funcția-scop se va prezenta sub forma:

$$F = \min \sum_{i=1}^T W_i \cdot t_i^{(k)}; \quad (2)$$

unde: $t_i^{(k)}$ – este durata de funcționare a releului R_i , dacă scurtcircuitul are loc în zona K;

W_i – reprezintă probabilitatea ca curentul de scurtcircuit în zona K, va trece prin releul R_i .

Dacă se consideră protecțiile liniei K și de scurtcircuit pe aceeași linie, atunci $W_i = 1$.

Restricțiile:

○ Ajustarea temporizărilor:

$$TDS_{ik,min} \leq TDS_{ik} \leq TDS_{ik,max}; \quad (3)$$

○ Ajustarea curenților de pornire:

$$I_{p,ikmin} \leq I_{p,ik} \leq I_{p,ikmax}; \quad (4)$$

○ Coordonarea dintre ajustările temporizărilor protecțiilor de bază și a celor de rezervă:

$$T_{backup} - T_{primary} \geq CTI; \quad (5)$$

unde: T_{backup} – timpul de funcționare a releelor de rezervă;

$T_{primary}$ – timpul de funcționare a releelor protecțiilor de bază.

Dacă caracteristicile releelor sunt independente, atunci problema este o problemă de programare liniară, iar dacă caracteristicile sunt cu timpul de funcționare dependent de valoarea curentului, atunci problema este de programare matematică neliniară.

În ambele cazuri pentru o rețea reală, problema este de dimensiuni mari și alegerea algoritmului de rezolvare reprezintă o întrebare actuală.

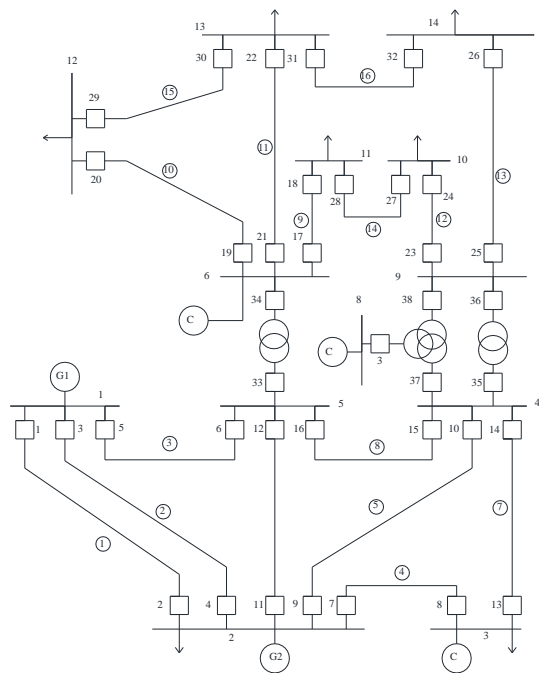


Fig. 1: Diagrama singulară a unui sistem mixt electroenergetic.

Spre exemplu, rețeaua-test prezentată în figura 1, cu 16 linii, 3 transformatoare, 14 bare și 39 rele de curent la topologia fixă, numărului de restricții a alcătuit 105. În cazul schemei-test cu 30 bare, numărul de restricții la topologia fixă a alcătuit 160 iar în total 5058.

Fiecare algoritm pornește de la determinarea locurilor instalării releului primar (protecției de bază) și a

celeia de rezervă.

Pentru rezolvarea problemei de optimizare a coordonării protecțiilor ar putea fi utilizați algoritmi bine cunoscuți, dar experiența arată că utilizarea lor nemijlocită nu poate fi acceptabilă. Spre exemplu, aplicarea unui algoritm neîmbunătățit [1], pentru o rețea cu 8 bare și 14 rele de distanță a durat 3h cu 3000 de iterații pe când în multe cazuri apare problema de convergență.

Prima dată problema optimizării ajustării protecțiilor prin rele într-un sistem electroenergetic interconectat a fost formulate de Perez L., Nadira R. în anul 1988 [1]. Pentru rezolvare au fost aplicate diferite metode de algoritmi, pornind de la metoda simplex, dublă-simplex (liniar programming, LP) continuând cu programarea neliniară (non liniar programming, NLP), cu elaborarea unor algoritmi care țin cont de specificul problemei și ajungând la cei mai performanți algoritmi cum ar fi rețelele artificiale neuronale (artificial neural network, ANN), algoritmul genetic (genetic algorithm, GA), metoda roilor de particule (particle swarm optimizer, PSO), etc.

Algoritmul AMN pentru optimizarea ajustării protecțiilor direcționale de curent a fost propus de D.N. Vishwarkarma în anul 2001 [2]. Ca urmare a fost redus esențial timpul de rezolvare a problemei.

Recent, în anul 2012 [3], K.S. Dharmendra și S. Gupta, au propus utilizarea algoritmului genetic (GA) la optimizarea protecțiilor direcționale de curent.

În anul 2007 [4], Mohamed M., Said F.M., Nehad E.E au propus utilizarea algoritmului PSO pentru optimizarea protecțiilor.

În [5] este pusă problema optimizării ajustării protecțiilor direcționale în dinamica topologiei rețelei după funcționarea unei protecții primare sau de rezervă. Se utilizează programarea liniară pe intervale.

În [6] este propus un algoritm combinat dintre programarea liniară și PSO, pentru optimizarea protecției cu rele primare de distanță și rele de rezervă direcționale de curent.

Problema optimizării ajustărilor protecțiilor în sistemele electroenergetice moderne este foarte actuală și necesită noi idei și filosofii în continuare. Una din noile direcții este realizarea protecțiilor adaptive. Problema elaborării protecțiilor adaptive este abordată în [7-10]. Protecția adaptivă este un sistem computerizat care ar realiza optimizarea automată a protecțiilor, situația și topologia sistemului energetic la fiecare moment de timp. În figura 2 este reprezentată schema bloc a unei protecții adaptive pentru o stație electrică propusă în [7], iar în figura 3 este reprezentată schema bloc a algoritmului protecției adaptive, care curpinde:

1. Breaker status information - transmite informația despre starea întrerupătorului la blocul nr.2;
2. Topology processor – trasează topologia schemei online;

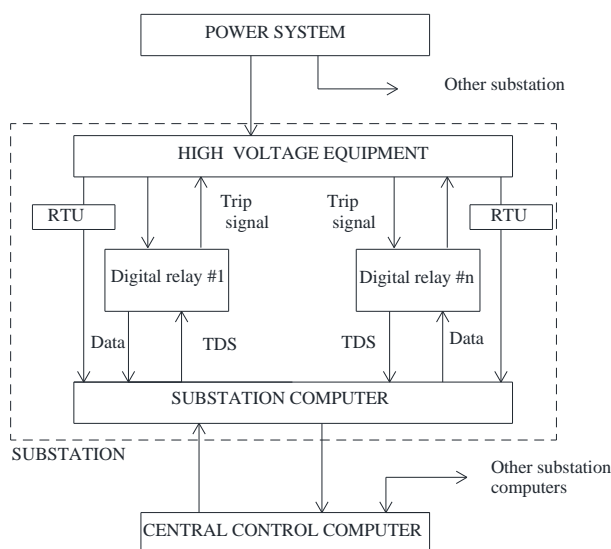


Fig. 2: Schema bloc a protecției adaptive.

3. Load flow – transmite informația de la blocul de calcul a regimului permanent; transmite informația de la blocul de calcul a curenților de scurtcircuit;
4. Optimal coordination – realizează optimizarea ajustării protecțiilor;
5. Transfer settings to the relay – transmite ajustările calculate la relee (releele se consideră ca fiind pe bază de microprocesoare);
6. System monitoring – monitorizează sistemul energetic. Dacă intervin schimbări atunci sistemul informațional repornește de la punctul 1.

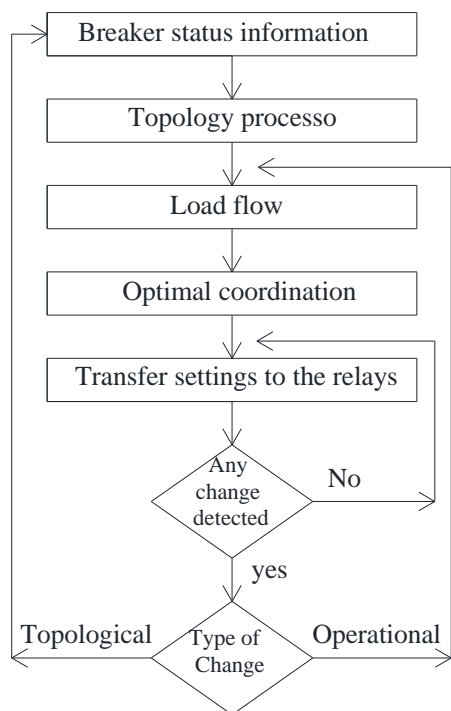


Fig. 3: Schema bloc a algoritmului protecției adaptive.

CONCLUZII.

- a. În legătură cu extinderea sistemelor electroenergetice problema ajustării protecțiilor prin relee devine mai dificilă iar optimizarea funcționării releelor devine actuală;
- b. Scopul optimizării este de a reduce la minimum afectarea elementelor supuse unor supracurenți de scurtcircuit sau de suprasarcină ținând cont de proprietățile tehnice proprii ale releelor și aparatajului. Acestui scop îi corespunde minimizarea timpului total de funcționare a tuturor releelor din sistem.
- c. Problema poate fi formulată în formă de problemă de programare matematică liniară sau neliniară. Pentru rezolvarea problemei sunt posibili mai mulți algoritmi. Cercetările au arătat că cei mai eficienți sunt algoritmi inteligenți “Artificial neuronal network” și “Genetic algoritm” în combinație cu alții.
- d. Foarte actuali și de perspectivă sunt algoritmi adaptivi, care automat vor optimiza ajustarea protecțiilor la fiecare schimbare a topologiei sau regimului sistemului.

BIBLIOGRAFIE.

- [1] A.J. Urdaneta, R. Nadira, I.G. Perez, *Optimal coordination of directional overcurrent relays in interconnected systems*, IEEE Trans. Power, vol.3, p. 903-911, joul.1988;
- [2] D.N. Vishwakarma, Z. Moravej, *AMN based directional overcurrent relay*, IEEE transactions, vol. 1, p. 59-64, 2001;
- [3] D. Kumar, S. Gupta, *Optimal coordination of directional overcurrent relays: A genetic algorithm approach*, IEEE transactiona, 2012;
- [4] M.M.Mohamed, F.M. Nehad, *A modified particle swarm optimizer for the coordination of directional overcurrent relays*, IEEE transactions on power delivery, vol.22, p.1400-1410, 2007;
- [5] A.S. Noghabi, H.R. Mashhadi, J. Sadeh, *Optimal coordination of directional overcurrent relays considering different network topologies using interval linear programming*1998;
- [6] A. Akbar, M. Pourfallah, *Optimal coordination of overcurrent and distance relays by a new particle swarm optimization method*,2001;
- [7] A. Abddelaziz, H.Talaat, A. Nosseir, *An adaptive protection scheme for optimal coordination of overcurrent relays*,2004;
- [8] S.H. Horwitz, A. Phadke, *Adaptive transmission system relaying*, IEEE Trans., p.1436-1445, 1988;
- [9] A. Jampala, S. Venkata, M. Domborg, *Adaptive transmission protections, concepts and computational issues*, IEE transm, p.1-9, 2002;
- [10] A.G. Phandke, S.H. Horwitz, *Adaptive relaying*, IEEE computer appl power, p. 47-51, 1990.