

ANALIZA SITUAȚIEI ACTUALE PRIVIND MODALITĂȚILE DE TRATARE A NEUTRULUI ÎN REȚELELE 6 – 35 kV

Ina Dobra

Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat: Problema tratării neutrului în rețelele de distribuție 6-35 kV prezintă o importanță deosebită pentru distribuția energiei electrice. Alegerea unei soluții de tratare a neutrului se face pentru o lungă perioadă de timp, presupune un volum mare de investiții și o fundamentare tehnică foarte atentă, astfel ca soluția aleasă să fie pe cât posibil cea mai bună pentru rețeaua considerată. În Republica Moldova majoritatea rețelilor de distribuție 6-35 kV funcționează în regim de compensare a curentului capacitiv prin bobină de stingere (BS). Mai există un număr redus de stații în care neutrul este izolat. Tratarea neutrului prin rezistență nu este implementată.

Cuvinte cheie: Tratarea neutrului, neutru izolat, neutru compensat, bobină de stingere, neutru tratat prin rezistență, rezistență de valoare mare, rezistență de valoare mică, curent de punere la pământ.

1. Introducere

Siguranța funcționării sistemelor de alimentare cu energie electrică în mare măsură este determinată de nivelul de siguranță a rețelilor 6 – 35 kV. Conform [2] majoritatea avariilor în aceste rețele sunt cauzate de supratensiuni interne:

- supratensiuni de comutație, care apar în urma acționării aparatelor electrice de comutație în procesele de manevrare tehnologică;
- supratensiuni de avarie, care apar ca urmare a unor procese tranzitorii la conturnarea izolației (în cazul liniilor aeriene – inclusiv supratensiunile atmosferice) sau la arderea instabilă a arcului electric la locul defectului monofazat (de regulă în liniile electrice în cablu);
- supratensiuni de rezonanță în rețelele cu bobine de stingere conectate în neutrul transformatoarelor.

Cel mai mare pericol îl prezintă supratensiunile de arc și caracterul intermitent de ardere a acestuia la locul străpunerii izolației de fază la pământ deoarece este posibilă trecerea simplei puneri la pământ în defecte duble sau scurtcircuitate polifazate. Procesul de stingere și reaprindere a arcului electric provoacă procese tranzitorii complicate, intensitatea cărora depinde de mai mulți factori cum ar fi: capacitatea și rezistența rețelei, caracteristica arcului electric, etc.

Pentru reducerea supratensiunilor în rețelele electrice se aplică măsuri și procedee care pot fi divizate în două grupuri mari:

- măsuri preventive. Sunt măsurile care acționează permanent și au ca scop prevenirea sau reducerea supratensiunilor. În rețelele 6 – 35 kV măsurile preventive se consideră legarea neutrului prin bobina de stingere (BS) sau prin rezistență (de valoare mică sau mare);
- măsuri de comutație: защитные промежутки eclatoare, descărcătoare și limitatoare de supratensiuni (LTS).

Rezultatele monitorizării supratensiunilor în regimul punerii monofazate la pământ în rețelele electrice în cablu [3] arată că descărcătoarele și limitatoare de supratensiuni având nivelul de limitare $(3,2 - 3,4)U_{fm}$ nu funcționează la asemenea supratensiuni și caracteristicile lor energetice nu pot fi determinate de acest tip de supratensiuni.

Deci, în rețelele electrice MT principala metodă de limitare a supratensiunilor cauzate de defecte monofazate este alegerea regimului de tratare a neutrului. Regimul neutrului este reglementat de NAIE. Conform NAIE (p.1.2) rețelele 6 – 35 kV pot fi prevăzute cu neutrul izolat, compensat sau rezistiv.

2. Analiza comparativă a modurilor de tratare a neutrului în rețelele MT

Regimul neutrului în rețelele MT este o problemă actuală și intens discutată în publicațiile științifice până în prezent. Alegerea modului optimal de tratare a neutrului prezintă o problemă complexă și multicriterială și necesită luarea în considerație a următoarelor aspecte importante:

1. Nivelul de supratensiuni pe fazele nedeteriorate, fenomene de rezonanță feromagnetică.
2. Valoarea curentului I_{pp} la locul defectului.

3. Deplasarea neutrului.
4. Continuitatea alimentării consumatorilor cu energie electrică (gradul de rezervare a consumatorului).
5. Protecția prin relee și automatizarea (sensibilitatea, selectivitatea, metode de căutare a locului de defect).
6. Securitatea electrică.
7. Investiții și cheltuieli de exploatare.
8. Alte aspecte (tipul rețelei – în cablu sau aeriană, tipul defectului monofazat: fără ruperea conductorului, cu ruperea conductorului din partea transformatorului, cu ruperea conductorului din partea consumatorului etc.).
9. Înzestrarea tehnică (cabluri cu izolație reticulată, transformatoarele uscate necesită o protecție sporită contra supratensiunilor), etc.

În rețelele de distribuție cu tensiunea 6-35 kV sunt cele mai răspândite defectele monofazate (85-90)% care sunt condiționate de punerea unei faze la pământ. Punerile metalice la pământ constituie aproximativ 10-15%, celelalte fiind însoțite de arc electric la locul defectului. Probabilitatea autostingerii arcului, durata de ardere, caracterul intermitent al arcului, valoarea curentului de punere la pământ determină supratensiunile în fazele sănătoase precum și urmările acestor supratensiuni (străpungerea izolației în cele mai slabe locuri ale rețelei electrice și transformarea defectului monofazat în sc polifazate). Acțiunea termică a curentului la locul punerii la pământ poate cauza incendii. Pentru evitarea sau reducerea consecințelor defectelor monofazate este necesar de a crea condiții în care arcul electric la locul defectului se va autostinge sau va arde stabil, iar curentul de punere la pământ va fi limitat până la valori nepericuloase și în el va lipsi componenta activă și armonicile de ordin superior.

Studiul publicațiilor și lucrărilor științifice privind modalitățile de tratare a neutrului și aspectelor nominalizate denotă următoarele concluzii:

Rețele cu neutru izolat

1. Supratensiuni pe fazele sănătoase $(3 - 4,5)U_{fn}$. Ferorezonanța transformatoarelor de tensiune.
2. Curentul de punere la pământ $I_{pp} < 10 \text{ A}$
3. Deplasarea neutrului
4. Continuitatea alimentării consumatorilor cu energie electrică este determinată de durata nedeconectării (până la 2 ore)
5. Imposibilitatea asigurării unei protecții simple și selective. Protecția acționează la semnalizare
6. Pericol ridicat de electrocutare
7. Investiții reduse. Realizarea izolației de fază la valoarea izolației de linie nu necesită cheltuieli semnificative. Lipsește priza de legare la pământ
8. Pericolul distrugerii pilonilor din beton armat

Rețele cu neutru tratat prin bobina de stingere (compensat)

1. Supratensiuni pe fazele sănătoase $(3,1 - 3,3)U_{fn}$. Ferorezonanța transformatoarelor de tensiune.
2. Curentul de punere la pământ mic
3. Deplasarea neutrului în cazul arcului electric intermitent și subcompensării I_{pp}
4. Continuitatea alimentării consumatorilor cu energie electrică este determinată de durata nedeconectării (până la 4 ore)
5. Ajustarea precisă a BS implică nefuncționarea protecției. Locul de defect se determină prin deconectarea consecutivă a fiderelor ceea ce provoacă dereglarea compensării curentului de punere la pământ și favorizează transformarea simplei puneri în scurtcircuite polifazate. Protecția acționează la semnalizare
6. Pericol ridicat de electrocutare (mai ridicat ca în rețelele cu neutru izolat)
7. Investițiile sunt determinate de: bobina de stingere, priza de legare la pământ, regulatorul automat a bobinei de stingere, cheltuieli considerabile pentru simetrizarea liniilor electrice în cablu sau aeriene cu scopul utilizării reguletoarelor automate ale BS, etc.

Rețele cu neutru tratat prin rezistență (de valoare mică sau mare)

1. Supratensiuni reduse deoarece ne se acumulează sarcina statică pe capacitățile de fază la momentul străpungerii prin arc, implicit scade și probabilitatea fenomenelor de ferorezonanță a transformatoarelor de tensiune.
 - » *rezistență de valoare mică* – supratensiunile cresc în cazul ruperii conductorului din partea consumatorului (sarcinii); supratensiunile scad în cazul ruperii conductorului din partea transformatorului (sursei);

- » *rezistență de valoare mare* – se reduce amplitudinea, durata și frecvența supratensiunilor de arc până la $\sim 2,5 U_{fn}$
2. Curentul de punere la pământ:
 - » *rezistență de valoare mică* – Ipp mare (poate atinge valori de 1000-2000 A, de sute de ori mai mari ca curentul capacitiv). În acest caz arcul arde stabil la o tensiune de arc mică. Arcul există până la deconectarea defectului;
 - » *rezistență de valoare mare* – Ipp mic (rezistența 500-1000 Ohm creează componenta activă din curentul de punere la pământ $\approx 10A$ și mai puțin; rezistența 100-150 Ohm creează componenta activă din curentul de punere la pământ $\approx 30-40 A$)
 3. Deplasarea neutrului redusă
 4. Continuitatea alimentării consumatorilor cu energie electrică este determinată de modul acționării protecției: la deconectare sau semnalizare. Actualmente în rețelele electrice a crescut considerabil gradul de rezervare a consumatorilor, de aceea deconectarea unei linii nu prezintă pericolul pierderii definitive a alimentării cu energie electrică. Proprietatea de bază a rețelilor MT izolate sau compensate de a păstra în alimentare consumatorii în regimul de punere la pământ și-a pierdut actualitatea.
 5. Artificial mărită componenta activă a curentului Ipp până la valorile I_c și mai mult impune funcționarea sigură și selectivă a protecției, mai ales în cazul defectelor metalice, creșterea sensibilității.
 - » *rezistență de valoare mică* – protecția acționează la deconectare. Totodată este strict necesar de a supraveghea sistematic starea protecțiilor. În cazul refuzului protecției starea de avarie se agravează considerabil;
 - » *rezistență de valoare mare* – protecția acționează la deconectare sau semnalizare.
 6. Gradul de electrosecuritate este mai ridicat. Priza de legare la pământ nu va depăși valoarea de 0,5 Ohm
 - » *rezistență de valoare mică* – curenții de defect de valori mari și pot conduce la tensiuni de atingere și de pas periculoase, peste valorile admise prin norme. Totodată, la PT 10/0,4 kV crește probabilitatea de transfer a potențialului înalt în rețeaua consumatorului 380/220 V;
 - » *rezistență de valoare mare* – în cazul în care protecția acționează la deconectare, timpul din momentul punerii la pământ până la momentul acționării protecției constituie 5 s.
 7. Investiții ridicate. Rezistențele pentru tratarea neutrului sunt costisitoare, tehnologiile de producere a lor sunt complicate. Asigurarea rezistenței de până la 0,5 Ohm a prizei de legare necesită cheltuieli suplimentare, precum și schimbarea întreruptoarelor care trebuie să suporte și comute curenți de defect foarte mari (cazul rezistenței de valoare mică)
 8. Sunt elaborate scheme de protecție de supratensiuni prin utilizarea LST cu tratarea neutrului prin rezistență. Însă în rețelele electrice în cablu LST nu-și îndeplinesc funcția, mai mult ca atât, ele singure constituie motivul unor defecte monofazate.

3. Părerile specialiștilor din domeniu

Obabcov V. K., d.ș.t., prof. (Rusia, or. Ekaterinburg)

Regimul optimal este cel cu neutrul compensat în rezonanță cu utilizarea reguletoarelor automate a curentului de compensare (tip YAPK). Nefuncționarea protecției selective de curent nu trebuie să împiedice implementarea reguletoarelor automate. Este rațional de utilizat protecțiile selective pe bază de frecvențe neindustriale cu acțiune la semnal.

Evdocunin G. A., d.ș.t., prof. (Rusia, Universitatea Politehnică de Stat din Sankt Petersburg)

Oportunitatea compensării curentului de punere la pământ în mare măsură depinde de tipul rețelei: în cablu sau aeriană. Evident că eficiența maximală se obține în rețelele aeriene, cu autoreabilitatea izolației. Compensarea totală este practic imposibilă din cauza rezistențelor active ale rețelei și prezența armonicilor de ordin superior, precum și costul înalt al dispozitivelor de reglare automată a BS.

Utilizarea rezistenței de valoare mică este indicată pentru orice valori a curenților de punere la pământ. Se exclud orice supratensiuni, problemele privind securitatea electrică lipsesc, deoarece protecția acționează la deconectare rapid și selectiv.

Korotkevici V.A. d.ș.t., Universitatea Tehnică din Belarusia

Rețelele moderne au un grad înalt de rezervare și sunt înzestrate cu automatizările de tip AAR, RAR etc. Nu este justificată menținerea de durată a defectelor monofazate nedeconectate. Legarea directă la pământ sau prin rezistență (de valoare mare sau mică) permite creșterea siguranței în alimentare cu energie electrică (prin reducerea multiplului și duratei supratensiunilor până la $2,5 U_{fn}$ și exclude dezvoltarea

defectului în scurtcircuite polifazate, ferorezonanța) și securității electrice (probabilitatea mică de electrocutare deoarece durata de deconectare a defectului nu depășește 10 s).

Specialiștii unanim consideră că neutrul izolat este depășit moral și nu trebuie să existe.

Concluzii

1. Nu există părere unanimă privind modul optimal sau rațional de tratare a neutrului în rețelele 6 – 35 kV.
2. Cert este faptul că regimul neutrului izolat trebuie eliminat.
3. Supratensiunile de arc, în cazul defectelor monofazate, sunt responsabile de consecințe grave pentru rețeaua electrică și consumatori. Aplicarea măsurilor preventive, inclusiv determinarea modului cel mai avantajos de tratare a neutrului permite reducerea supratensiunilor și creșterea gradului de siguranță și fiabilitate.
4. Determinarea regimului optimal de tratare a neutrului este o problemă multicriterială și necesită luarea în considerație a unui șir întreg de factori importanți.
5. Deoarece în rețelele electrice 6 -35 kV, deja uzate moral și fizic, este imposibil de a realiza experimente și măsurări în regimul de punere la pământ, rămâne de a cerceta fenomenele ce însoțesc aceste regimuri cu utilizarea programelor specializate, softuri, modelări dinamice etc.

Bibliografie

1. Основные направления совершенствования эксплуатации электрических сетей / М. А. Короткевич. – Мн.: Техноперспектива, 2003. – 373 с. - ISBN 985-659-116-3.
2. Перенапряжения в электрических сетях 6–35 кВ и современные средства их ограничения при замыканиях на землю. Веприк Ю.Н., Лебедка С.Н., Петровский М.В. Вісник СумДУ. Серія Технічні науки №4 – 2008
3. Городские электрические сети. Режимы заземления нейтрали//Новости ЭлектроТехники. 2011. № 3(69).
4. Фишман В.С. Низкоомное заземление нейтрали в сетях 6–35 кВ. Электробезопасность и нормативные требования//Новости ЭлектроТехники. 2013. № 2(80).
5. Кужеков С. Кратковременное низкоомное заземление нейтрали в сетях 6–10 кВ. Электробезопасность обеспечена в полном объеме//Новости ЭлектроТехники. 2013. № 2(80).
6. Назаров В.В. Нейтраль распределительных сетей 6–35 кВ. Какое заземление необходимо? //Новости ЭлектроТехники. 2013. № 5(83).
7. Кужеков С. О низкоомном заземлении нейтрали//Новости ЭлектроТехники. 2013. № 5(83).
8. Фишман В.С. Нейтраль распределительных сетей. Какое решение предпочтительнее? //Новости ЭлектроТехники. 2013. № 6(84).
9. Александр Назарычев, Андрей Пугачев, Сергей Титенков. Комбинированное заземление нейтрали в сетях 6–35 кВ. Мифы и реальность//Новости ЭлектроТехники. 2016. № 3(99).
10. Михаил ДМИТРИЕВ, к.т.н., доцент Санкт-Петербургского политехнического университета. Заземление нейтрали в кабельных сетях 6–35 кВ. Журнал "Сети России", № 5(38), 2016.