

# REGIMUL COMBINAT DE TRATARE A NEUTRULUI – SOLUȚIE EFICIENTĂ DE LIMITARE A SUPRATENSIUNILOR ÎN REȚELELE DE DISTRIBUȚIE

Alexandru ANDRONIC

Conducător științific – conf., dr. Victor POGORA

Universitatea Tehnică a Moldovei

**Abstract:** În articol este analizat modul de tratare combinată a neutrului în rețelele electrice de medie tensiune, cu conectarea bobinei de stingere și în paralel cu aceasta a unui rezistor, ca soluție eficientă de reducere a supratensiunilor la puneri la pământ. Sunt prezentate date privind valorile supratensiunilor maxime pentru cazurile de tratare a neutrului numai prin bobină de stingere și combinată. Este arătat că regimul combinat de tratare a neutrului conduce la limitarea supratensiunilor la puneri la pământ, atât complete cât și prin arc electric, totodată în ultimul caz îmbunătățește condițiile de stingere a arcului. Conectarea rezistorului în neutru asigură o componentă activă în curentul de punere la pământ ceea ce permite realizarea unor protecții selective de curent.

**Cuvinte cheie:** tratarea neutrului, bobină de stingere, rezistor de șuntare, punere la pământ, supratensiuni, arc electric.

## 1. Introducere

Cauzele cele mai frecvente de ieșire din funcțiune a motoarelor electrice, a cablurilor și transformatoarelor de tensiune sunt străpungerile izolației rezultate ca urmare a supratensiunilor din rețeaua de alimentare la puneri la pământ complete și prin arc electric (defecte ce constituie 70...80% din totalul acestora). Limitarea supratensiunilor, cauzate de puneri la pământ, precum și localizarea defectelor în mod selectiv, cu deconectarea ulterioară a acestora, sunt două probleme ce necesită soluționare și sunt direct legate de modul de tratare a neutrului.

Analiza practicii mondiale arată că în rețelele de medie tensiune 3-69 kV ale țărilor europene, Americii de Nord și Sud se utilizează în mod prioritar regimul de tratare a neutrului prin rezistor. Acest mod de tratare a neutrului determină o limitare eficientă a supratensiunilor asigurând astfel o fiabilitate sporită în funcționarea rețelelor electrice de distribuție. În spațiul țărilor CSI este utilizat, în fond, modul de tratare a neutrului rețelelor electrice prin bobină de stingere (BS).

Modificarea regimului de tratare a neutrului, necesită mari investiții capitale, cercetări suplimentare în domeniu și o durată îndelungată de realizare, din care motiv o atare soluție nu poate fi realizată. La momentul actual este reală soluția de tratare combinată a neutrului (conectarea în paralel la bobina de stingere a unui rezistor) care ar putea fi implementată în rețelele de distribuție fără schimbări radicale. Acest regim de tratare determină o reducere substanțială a supratensiunilor rezultate în urma punerilor la pământ complete și/sau prin arc electric și permite realizarea unei localizări selective a defectelor în rețea.

În continuare sunt analizate rezultatele studiului supratensiunilor la puneri complete la pământ și la puneri la pământ prin arc electric în rețelele electrice de distribuție cu tensiunea 6...10 kV la tratarea neutrului prin bobină de stingere și la tratarea combinată a neutrului.

## 2 Studiul supratensiunilor la puneri complete la pământ în rețelele electrice cu neutru tratat prin rezistor conectat în paralel cu bobina de stingere

În baza studiilor realizate de diferiți autori [1, 2, 3] a fost stabilit că în regim compensat de tratare a neutrului prin BS, reglarea în trepte a acesteia în majoritatea cazurilor nu asigură o compensare completă a curentului capacitiv în locul punerii simple la pământ din care cauză în rețea apar supratensiuni cu valori care depășesc  $(2,5...2,75)U_f$ .

În [2] sunt prezentate rezultatele studiilor privind supratensiunile în rețelele de distribuție 6...10 kV în cazul tratării neutrului prin bobină de stingere și în cazul tratării combinate a neutrului prin bobină de stingere și rezistor, care au demonstrat eficiența metodei combinate de tratare a neutrului.

În dependență de condițiile punerii la pământ aceasta din urmă poate fi cu apariția arcului electric sau în lipsa acestuia. În majoritatea cazurilor punerile la pământ se produc prin arc electric.

Oscilogramele tensiunii, obținute în urma monitorizării punerilor la pământ într-o rețea dezvoltată 6 kV[2], au permis a realiza o analiză a supratensiunilor care apar la o punere completă la pământ, a duratei defectului și a caracterului proceselor fizice, care însoțesc aceste defecte.

În tabelul 1 sunt prezentate datele statistice privind numărul punerilor la pământ într-o rețea electrică 6 kV.

Tabelul 1 – Statistica numărului de puneri la pământ în rețelele 6 kV, pentru perioada cercetată de 1 an [2]

|  | Neutru tratat numai cu BS | Neutru tratat cu rezistor conectat în paralel cu BS |
|--|---------------------------|---|
| Numărul total de puneri la pământ                                      | 98 (100 %)                | 141 (100 %)   |
| Autolichidarea după prima străpungere                                  | 68 (69,4 %)               | 127 (90,1 %)  |
| Autolichidarea după a doua și mai multe străpungeri                    | 20 (20,4 %)               | 14 (9,9 %)  |
| Numărul de puneri la pământ care au dus la deconectarea echipamentului | 10 (10,2 %)               | 0   |

Conform datelor prezentate în [2] în cazul tratării neutrilor numai cu BS o mare parte din totalul punerilor la pământ în diferite puncte ale rețelei – 20,4 %, se autolichidează după a doua străpungere. În același timp, aproximativ 10 % din totalul punerilor la pământ duc la deconectarea echipamentului, ceea ce conduce la întreruperi în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor și neasigurarea gradului respectiv de fiabilitate.

În fig. 1 sunt prezentate oscilogramele tensiunilor la puneri la pământ în rețeaua 6 kV în lipsa și prezența rezistorului în neutru acestea care ilustrează caracterul diferit de decurgere a proceselor.

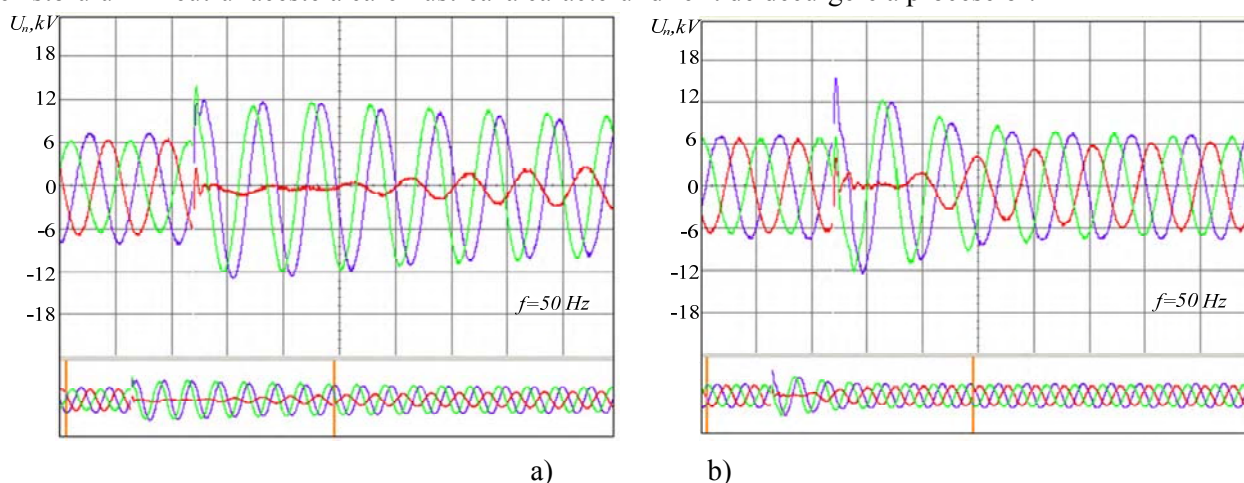


Fig.1 – Oscilogramele tensiunilor la puneri la pământ în rețeaua electrică 6 kV a CET KMK[2]: a) punere momentană la pământ, neutru rețelei tratat cu BS fără rezistor; b) punere momentană la pământ, neutru rețelei tratat cu rezistor conectat în paralel cu BS

Din analiza oscilogramelor prezentate în figura 1, b se observă că la conectarea rezistorului are loc o amortizare mai rapidă a nivelului supratensiunilor pe fazele sănătoase și o majorare mai rapidă a tensiunii pe faza pusă la pământ. Astfel, aproximativ peste 2...2,5 perioade tensiunea pe fazele sănătoase micșorează până la  $(1,1...1,2)U_f$ .

Tratarea neutrilor prin rezistor nu numai că micșorează numărul punerilor simple la pământ cu aprinderea repetată a arcului electric (punerile la pământ cu două străpungeri constituie 9,9 % din totalul acestora; cu două și mai mult străpungeri repetate – nu au fost înregistrate), dar și mărește fiabilitatea în funcționarea rețelei.

Este important de menționat că odată cu instalarea rezistorului în neutru rețelei, nu au avut loc deconectări ale echipamentului și, respectiv, nu au fost întreruperi în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor. Este evident, că conectarea rezistorului de valoare ohmică mare în neutru asigură prezența componentei active în curentul de punere la pământ, ceea ce permite realizarea unor protecții selective, care acționează destul de rapid la apariția punerilor complete la pământ. Rezultă, că timpul de deconectare a fiderului deteriorat se micșorează.

### 3 Studiul supratensiunilor la puneri la pământ prin arc electric în rețelele electrice cu neutrul tratat prin rezistor conectat în paralel cu BS

În rețelele electrice de distribuție 6...10 kV la tratarea neutrului prin BS cu reglare în trepte sunt posibile modificări ale regimului de compensare ca rezultat al modificării schemei de către personalul operativ sau la acționarea protecției prin relee. În acest caz se modifică și acordarea BS ceea ce, în caz de apariție a unui regim intermitent de ardere a arcului electric, poate duce la apariția unor supratensiuni periculoase.

Pe lângă toate acestea, în practică, se asigură, ca regulă, un regim de supracompensare a curentului capacitiv, din care cauză lichidarea punerii la pământ prin arc electric deseori este însoțită de un proces de pulsație a tensiunilor de fază – suprapunerea pe tensiunea stabilizată de frecvență industrială a unei componente libere de frecvență apropiată de cea industrială. Această situație este caracterizată prin majorarea tensiunii pe faza cu defect pînă la valori de  $(1,8...2,0)U_f$ . Nivelul maximal al supratensiunilor în rețea pînă la instalarea rezistorului constituie  $2,7U_f$ , totodată din figura 2[2] rezultă că probabilitatea apariției unor supratensiuni cu amplitudinea mai mare de  $2,4U_f$  în acest caz constituie doar 5 %.

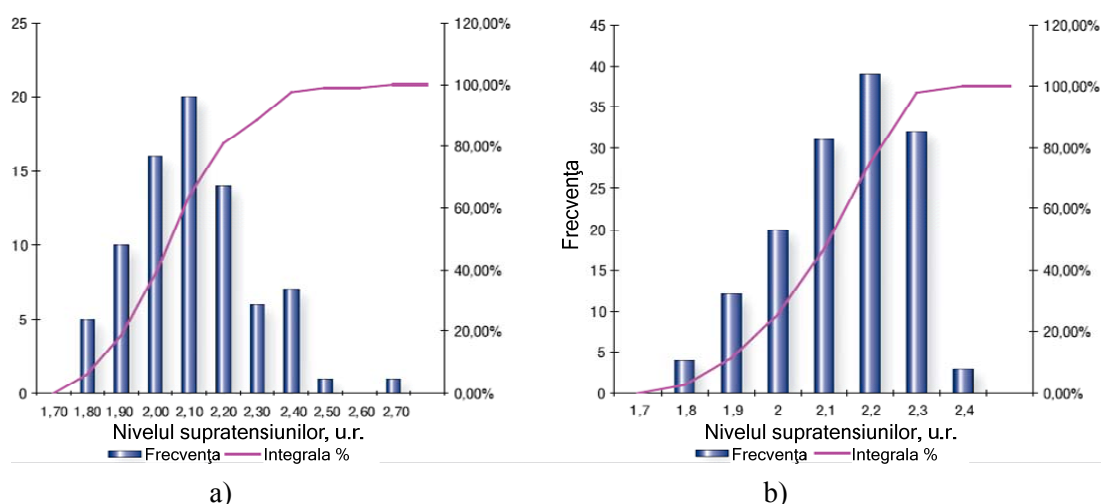


Fig.2 – Densitatea empirică de repartiție a nivelelor de supratensiune în rețelele 6...10 kV: a-pînă la instalarea rezistorului în neutru și b-după instalarea acestuia

În cazul tratării combinate a neutrului, supratensiunile nu vor depăși  $2,3U_f$  cu probabilitatea de apariție de 95 %.

Atît în figura 2,acît și în figura 2,b curba integrală de repartiție pe segmentul probabilităților 0,95-1 este destul de plată, deaceia poate fi constatat că apariția supratensiunilor maximale în rețeaua electrică la tratarea combinată a neutrului – este un fenomen ce se întîlnește rareori.

În unele surse se menționează, că regimul combinat de tratare a neutrului la conectarea permanentă a rezistorului are un dezavantaj considerabil: la apariția punerii la pământ prin arc electric tensiunea pe fazacu defect, după stingerea arcului electric, se restabilește mai rapid, decît la tratarea neutrului doar prin BS. Acest fapt micșorează intervalul de timp dintre străpungerile izolației și mărește durata de influență a supratensiunilor asupra fiderelor nedeteriorate.

Conform[3],durata de restabilire a tensiunii pe faza cu defect, după stingerea arcului în rețeaua electrică fără conectarea rezistorului constituie, ca regulă, aproximativ 15...20 de perioade de frecvență industrială (fig.3,a), la o aprindere a acestuia.

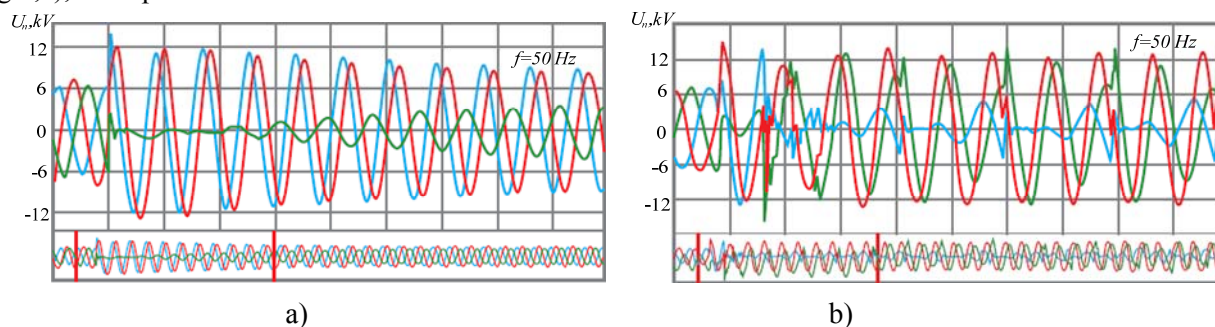


Fig. 3 – Oscilogramele tensiunilor de fază la puneri la pământ prin arc electric pentru rețeaua electrică 6 kV cu neutrul compensat pentru diferite situații: a)  $K_s=2,2$ ; b)  $K_s=2,35$ ( $K_s$ -multiplul supratensiunii)

Analizând oscilogramele prezentate în fig. 3 [2], pe care se identifică străpungeri repetate (segmentul începător al oscilogramei din fig. 3,b) peste un interval de 2...4 perioade, se observă că străpungerile au loc mai frecvent decât rezultă din considerările clasice privind procesul de restabilire a tensiunii pe faza cu defect (fig. 3,a).

Supratensiunile, rezultate în urma străpungerilor repetate, pînă la trecerea punerii simple la pămînt în punere completă cu deconectarea echipamentului de către protecție, pot fi destul de mari în comparație cu cele ce au avut loc după prima stingere a arcului electric. Astfel, în lipsa rezistorului, în rețeaua electrică 6 kV, au fost înregistrate puneri la pămînt cu nivelul maximal al supratensiunilor de  $2,7U_f$ .

În figura 4 sunt prezentate oscilogramele tensiunilor pe fazele rețelei 6 kV pentru regimul de tratare a neutrului prin rezistor conectat în paralel cu BS.

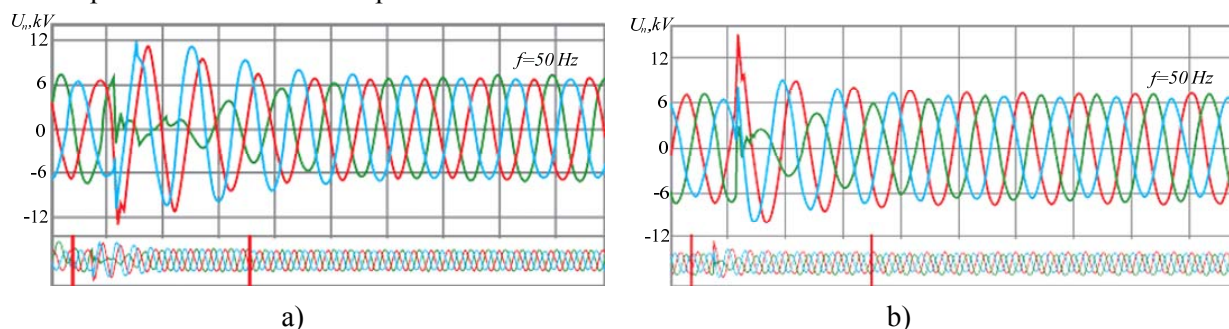


Fig.4 – Oscilogramele tensiunilor de fază la puneri la pămînt prin arc electric în diferite situații, pentru regimul combinat de tratare a neutrului în rețelele 6 kV: a)  $K_s=1,93$ ; b)  $K_s=2,14$

Pentru rețelele cu regimul combinat de tratare a neutrului prezența, în cazuri particulare, a punerilor la pămînt repetate, indică faptul că prin valoarea dată a rezistenței active totuși nu se asigură o scurgere completă a sarcinii de secvență homopolară în intervalul din momentul stingerii arcului și pînă la momentul apariției tensiunii maxime pe faza cu defect. Această tensiune devine apropiată de tensiunea de fază - de ordinul  $(1,05..1,1)U_f$ .

Astfel, la instalarea rezistorului în neutrul rețelei 6 kV în paralel cu BS se observă următoarea situație: toate încercările de aprinderi repetate și străpungerile reale repetate au loc, ca regulă, în decursul a una-două perioade după prima punere la pămînt și nu duc, de cele mai multe ori, la supratensiuni ce depășesc valorile inițiale  $((2,0..2,1)U_f)$ . Din figura 4 se observă că durata de restabilire a tensiunii în faza cu defect nu depășește  $(3,0..3,5)$  perioade.

## Concluzii

Studiile realizate privind caracterul de decurgere a proceselor de ardere și stingere a arcului electric observate pentru cazul tratării combinate a neutrului arată, că în acest caz nivelul supratensiunilor se reduce esențial. Așa, în cazul examinat nivelul supratensiunilor nu depășește valori de  $2,3U_f$  cu probabilitatea de apariție 0,95. În același timp pentru regimul compensat al neutrului aceste supratensiuni au valori de pînă la  $2,7U_f$ .

Regimul combinat de tratare a neutrului în rețelele de distribuție 6-35 kV mai asigură și o micșorare considerabilă a duratei de ardere a arcului electric și, corespunzător, a duratei de acționare a supratensiunilor apărute asupra izolației echipamentelor electrice. Aceasta reduce gradul de distrugere a izolației și probabilitatea străpungerilor repetate. Rezultă, că soluția de tratare combinată a neutrului rețelelor electrice este una eficientă și reală în aspectul implementării acesteia.

## Bibliografie

1. Халилов, Ф.Х. Защита сетей 6-35 кВ от перенапряжений; СПб; Энергоатомиздат, 2002 - 272с.
2. Сарин Л.И., Ширковец А.И., Ильиных М.В. Комбинированное заземление нейтрали как эффективный метод снижения аварийности при однофазных замыканиях на землю в сетях 6-35 кВ. ООО «ПНП Болид», г. Новосибирск 2012.
3. Короткевич, М.А. Основные направления совершенствования эксплуатации электрических сетей. ЗАО „Техноперспектива”, Минск 2003-373с.