

Contribuții la studiul și controlul degradărilor prin coroziune ale cablurilor electrice subterane

1. Studiul stării de coroziune a unor linii electrice subterane

IOSIF LINGVAY^{1*}, CARMEN LINGVAY¹, OVIDIU CIOGESCU², CĂLIN HOMAN³

¹Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Inginerie Electrică - INCĐIE ICPE-Cercetări Avansate, Splaiul Unirii, Nr. 313, 030138, București, România

²S.C. ELECTROVĂLCEA S.R.L., Râmnicu Vâlcea, Str. Ferdinand, Nr. 19., 240571, Vâlcea, România

³S.C. Electrica "Transilvania Nord" S.A., Str. Memorandumului, Nr. 27, 400114, Cluj, România

The paper presents the degradation stage by corrosion of the metallic screen jacket of the power cables afferent to some underground power lines (LES), that are situated in different types of soils, with and without d.c. stray currents. Using electrochemical measurements, the screen / soil potentials (E_{cor}), have been determined. By electric measurements, the dielectric rigidity screen / soil and hot wire / screen, as well as the electrical continuity of the screen have been also determined. There was also performed the visual analyses of defected cables, in the area where those faults were located. As a result, the risk of electrical faults is higher at those cables where the metallic screen jacket has an advanced corrosion.

Key words: power cables, underground power lines, dielectric rigidity, corrosion, metallic screen jacket, stray currents

Studiul și combaterea degradărilor prin coroziune ale rețelelor de distribuție a utilităților urbane, în special ale cablurilor de energie, constituie o problemă teoretică complexă și de o importanță practică deosebită. Complexitatea rezultă atât din multitudinea rețelelor metalice subterane care funcționează în același mediu electrolitic (sol - conductor ionic, deci electroconductor de speța a II-a) și a interacțiunilor galvanice care pot apărea între acestea, cât și din multitudinea factorilor acceleratori de coroziune (poluarea electromagnetică cu curenți de dispersie în c.c. și în c.a. - regim liniar și/sau deformant, aerare diferențială, salinitate, mineralizare, umiditate, încărcare bacteriologică etc.), care acționează asupra materialelor metalice și nemetalice, în solul aglomerărilor urbane.

În cazul concret al cablurilor aferente liniilor electrice subterane (LES) din sistemul energetic trifazat, în special al celor de medie și înaltă tensiune, componenta cea mai expusă coroziunii este mantaua ecran metalică a cablurilor. Coroziunea acestora are drept efecte atât formarea de produși de coroziune (produși ionici care se concentrează pe suprafața izolatorului de bază al cablului - cu consecințe asupra scăderii rigidității dielectrice a acestuia), cât și în situațiile extreme - întreruperea ohmică a ecranului, cu toate consecințele aferente atât asupra funcționării sistemelor de protecție ale LES cât și asupra poluării electromagnetice a solului.

Scopul prezentei lucrări constă în evaluarea stării de coroziune a mantalelor ecran metalice ale unor cabluri de medie tensiune (de 6 kV, 10 kV și 20 kV), în corelație cu condițiile de exploatare a acestora și analiza siguranței în exploatare a cablurilor respective.

Partea experimentală

În cadrul investigației stării de degradare a cablurilor aferente unor LES de medie tensiune (din București, Cluj, Galați și Râmnicu Vâlcea), pozate în soluri cu caracteristici

diferite, cu și fără interferențe prin curenți de dispersie, au fost determinate potențialele de coroziune față de sol - E_{cor} - ale mantalelor ecran metalice. În scopul stabilirii unor corelații între starea de coroziune a cablurilor și mediul în care acestea funcționează, precum și pentru evaluarea rigidității dielectrice a izolației acestora, prin măsurători electrice specifice, s-au determinat: rezistivitatea electrică medie a solului pe traseul de pozare a cablurilor analizate, continuitatea ohmică a ecranelor și rezistențele de izolație, atât dintre ecran și sol, cât și dintre ecran și conductorul central. De asemenea, s-a analizat vizual starea de coroziune a unor cabluri dezgropate în urma defectării acestora.

Determinările de rezistivitate a solului s-au efectuat în trei locuri pe traseul fiecărui cablu, prin metoda celor patru sonde, prin injecție de curent alternativ, în scopul eliminării erorilor cauzate de fenomene de polarizație în curent continuu [1].

Determinarea potențialelor de coroziune ecran / sol s-a realizat, față de un electrod de referință Cu/CuSO₄ specializat [2], utilizând un voltmetru digital cu impedanță mare la intrare (> 10 MΩ) de tip PHILIPS - 2718 / 02.

Rezistențele de izolație, atât dintre ecran și sol, cât și dintre ecran și conductorul central, s-au măsurat cu un megaohmetru de tip Megger BM 14, la o tensiune de măsură aplicată de 5 kV.

Rezultatele experimentale și interpretarea lor

Rezultatele investigațiilor în teren sunt prezentate centralizat în tabelul 1.

Din analiza datelor prezentate, se pot face următoarele observații:

a) potențialele de electrod ale ecranelor din cupru, aferente cablurilor 1 (fazele R și S), 2 (fazele R și S), 4, 5, 6 (faza R și S), 10 (faza R) și 11 (faza S), sunt mai pozitive decât potențialul mixt de coroziune al cuprului în soluri normale (cca. + 0,1 V_{Cu/CuSO₄}), ceea ce indică un risc de coroziune accentuat al acestor ecrane;

* email: lingvay@icpe-ca.ro

Tabelul 1
REZULTATELE INVESTIGAȚIILOR ÎN TEREN PRIVIND REZISTIVITATEA ELECTRICĂ A SOLULUI, POTENȚIALUL DE
COROZIUNE A ECRANELOR METALICE, REZISTENȚELE ELECTRICE ȘI CONTINUITATEA OHMICĂ A ECRANELOR
UNOR CABLURI SUBTERANE

Nr. crt.	Localizare cablu / LES	Tip cablu	ρ_{sol}^{**} [Ωm]	R _{ecran/sol} [$M\Omega$]	E _{cor} [V _{Cu/CuSO4}]		R _{ecran/sol} [$M\Omega$]	R _{c.c./ecran} [$M\Omega$]	Cont. ecran
					A	B			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	T 3483 T 204 (București – 0,85 km)	A2YSY	4,6	R	+0,028*	+0,265*	0,01	4,01	DA
				S	+0,169*	+0,111*	0,15	19,5	DA
				T	+0,160*	+0,065*	1,23	98	DA
2	PT 3450 PT 3122 (București – 0,65 km)	A2YSY	12,3	R	-0,125*	+0,243*	0,16	15,8	DA
				S	+0,060*	+0,374*	0,01	2,59	NU
				T	-0,309*	-0,011*	1,25	65	DA
3	PT Horia (școală) PT Policlinica CFR (Cluj – 0,8 km)	A2XSRy	18,6	R	+0,101*	+0,011*	1,01	200	DA
				S	-0,001*	-0,018*	1,56	250	DA
				T	-0,101*	-0,105*	2,25	450	DA
4	ST Sud PT Zorilor (Cluj – 3 km)	A2YSY	13,2	R	+0,245	+0,131	0,32	10,2	NU
				S	+0,220	+0,103	0,29	10,1	DA
				T	+0,079	+0,588	0,18	7,3	DA
5	PT 25 Zorilor PT Bună ziua (Cluj – 3,34 km)	A2YSY	11,7	R	+0,273	-0,081	0,12	8,1	DA
				S	+0,236	+0,102	0,09	5,4	DA
				T	+0,174	-0,016	0,21	11,3	NU
6	PTZ Cărămidărie 3 PT Manufactures Cluj – 0,08 km	A2YSY	4,5	R	+0,145*	+0,040*	0,01	15,1	NU
				S	+0,557*	+0,022*	0,01	2,25	NU
				T	-0,330*	+0,008*	0,15	995	DA
7	PTZ Horia mijloc PT Policlinica CFR (Cluj – 0,4 km)	A2xS2Y	11,1	R	+0,012*	-0,101*	1,98	200	DA
				S	-0,021*	-0,269*	3,15	300	DA
				T	+0,012*	+0,115*	0,21	200	NU
8	PA 3 PT 42 (Galați – 0,465 km)	A2XSY	12,7	R	-0,302*	-0,129	0,12	31,5	DA
				S	÷	÷		17,4	
				T	+0,023	-0,075		19,6	
9	PA 3 Filești 2 (Galați – 4,55 km)	ACHPbI	10,3	R	-0,053*	-0,159*	A: 0,02 B: 0,13	19,1	NU
				S	÷	÷		27,2	
				T	+0,175	-0,072		18,7	
10	PT 201 PT 203 (Râmnicu Vâlcea-0,11 km)	A2YSY	43,2	R	+0,151	+0,182	0,31	50,0	DA
				S	-0,103	-0,231	2,97	200	DA
				T	-0,223	-0,229	5,70	300	DA
11	PT 201 PT 204 (Râmnicu Vâlcea-0,86 km)	A2YSY	35,2	R	+0,108	+0,054	0,78	39,2	DA
				S	+0,209	+0,121	0,31	11,6	NU
				T	-0,159	-0,132	0,85	45,0	DA

Notă: * - valori medii, calculate pentru 15 minute, valorile momentane fiind intens perturbate de circulația tramvaielor în zonă. ** - valori medii ale rezistivității electrice a solului, reprezentând trei determinări, în locuri diferite, de-a lungul traseului de pozare a LES.

b) rezistențele de izolație dintre conductorul central și ecranul cablurilor menționate la punctul a) sunt în general mici, respectiv între 2,25 și 50 M Ω , față de valorile normale de peste 200 M Ω , pentru tipurile de cablu respective;

c) potențialele de electrod ale ecranelor cablurilor de pe LES 1 și 2 (București), 3, 6 și 7 (Cluj) și 8, respectiv 9 (Galați), variază în limite foarte largi, variație determinată de implicarea curenților de dispersie în c.c., proveniți de la căile de rulare ale tramvaielor din zonă; la toate aceste cabluri (cu excepția celor recent pozate - LES 3, LES 6-faza T, și LES 7 - cu durata de exploatare mai mică de 1 an), rezistența de izolație conductor central / ecran este sub valoarea normală de 200 M Ω , fapt ce evidențiază accelerarea degradării fizice și electrice a cablurilor în prezența curenților de dispersie [3];

d) în general, potențialele ecran / sol mai pozitive decât valorile normale pentru cupru, respectiv oțel (LES 8 și 9) în sol normal, li se asociază rezistențe de izolație ecran / sol relativ mici, respectiv, sub 0,5 M Ω , ceea ce indică faptul că starea de coroziunea a ecranelor se accentuează după degradarea învelișului polimeric exterior de protecție;

e) din analiza valorilor din coloana 3, se constată că rezistivitățile electrice ale solului pe traseele de pozare sunt relativ mici, ceea ce - conform clasificărilor din [4]

înseamnă sol cu agresivitate foarte mare (LES 1 și 6), agresivitate mare (LES 2, 3, 4, 5, 7, 8 și 9), respectiv, agresivitate medie (LES 10 și 11);

f) starea de degradare relativ avansată a cablurilor aferente LES 10 (faza R) și 11 (fazele R, S și T), pozate în sol cu agresivitate medie, se poate explica prin degradarea învelișului polimeric exterior de protecție în timpul lucrărilor de pozare, afirmație bazată pe valorile relativ mici ale rezistențelor de izolație ecran / sol (coloana 7).

În figura 1, se prezintă imagini reprezentative privind degradarea prin coroziune, respectiv defectarea electrică a unui cablu tripolar. Din analiza fotografiilor din figura 1, se constată că defectarea electrică (străpungerea) cablului a avut loc într-o zonă în care mantaua ecran metalică, realizată din platbandă de oțel, a cablului este deosebit de corodată, fapt care se poate explica prin scăderea rigidității dielectrice a izolatorului, în urma concentrării pe suprafața lui a produșilor de coroziune, pătrunderea acestora prin arborescență electrochimică în volumul izolatorului [5] și crearea de noi centre precursorare pentru arborescență electrică [6].

În figura 2, se prezintă imagini reprezentative privind degradarea prin coroziune, respectiv defectarea electrică a unui cablu monopolar, cu ecranul realizat din fire sau



Fig. 1. Imagini reprezentative privind degradarea și defectarea electrică, în urma coroziunii ecranului, la un cablu tripolar, cu ecranul realizat din platbandă de oțel

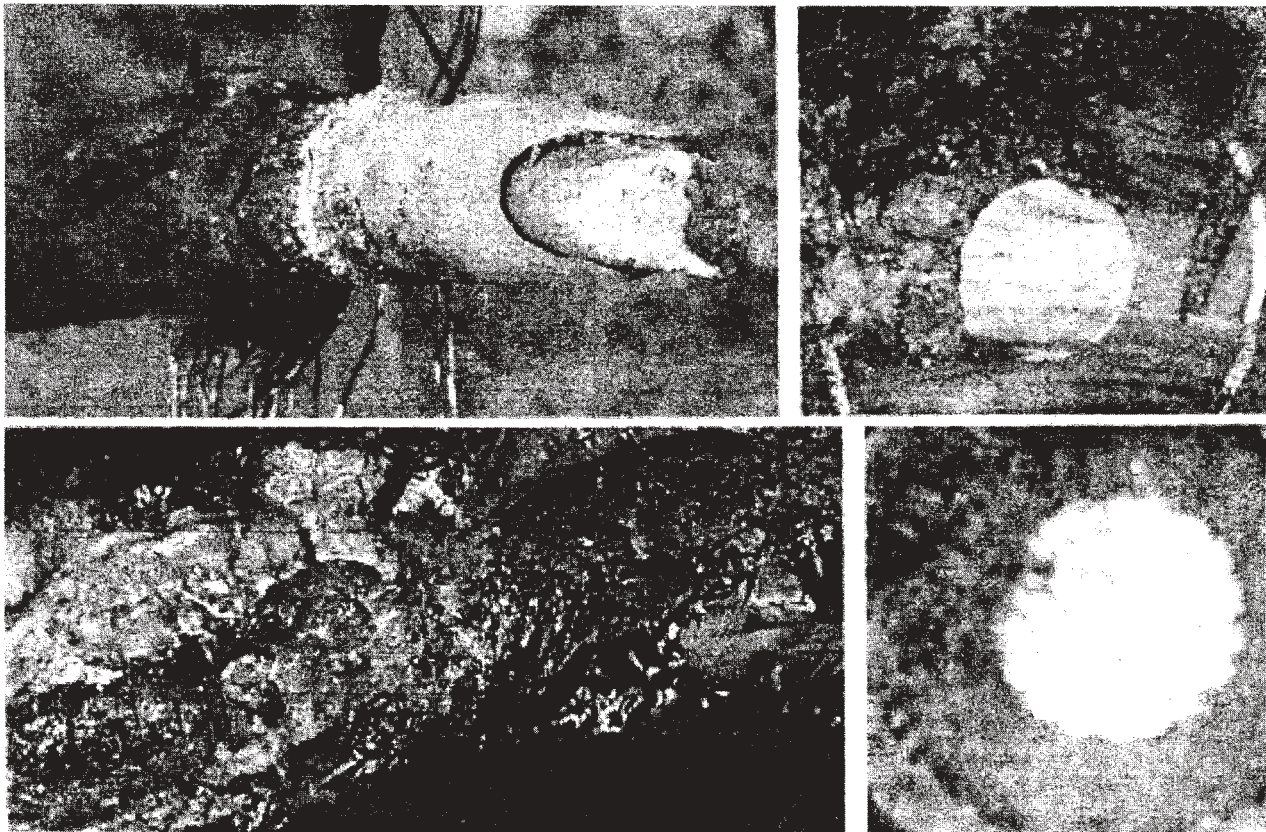


Fig. 2. Imagini reprezentative privind degradarea și defectarea electrică, în urma coroziunii ecranului, la un cablu monopolar, cu ecranul realizat din platbandă sau fire de cupru

platbandă de cupru. Din analiza acestor fotografii, se constată că defectarea electrică (străpungerea) a cablului a avut loc într-o zonă în care ecranul din cupru este subțiat prin coroziune, fapt care se poate explica tot prin scăderea rigidității dielectrice a izolatorului, în urma concentrării pe suprafața lui a produșilor de coroziune și pătrunderii ulterioare a acestora în volumul izolatorului.

Având în vedere cele de mai sus, se poate afirma că degradarea rigidității dielectrice a izolației cablurilor este în corelație directă cu starea de coroziune a mantalelor ecran metalice, care la rândul ei este determinată de calitatea învelișului polimeric de protecție exterior, agresivitatea solului și, mai ales, de prezența curenților de dispersie proveniți de la transportul urban pe șine, respectiv, tracțiunea electrică în c.c. [7, 8].

Concluzii

Din prelucrarea datelor experimentale achiziționate din teren, privind starea de degradare electrică și de coroziune a cablurilor electrice aferente unor linii electrice subterane

(LES) din București, Cluj, Galați și Râmnicu Vâlcea, au rezultat următoarele:

- cablurile la care coroziunea ecranului este avansată, respectiv, au un potențial de coroziune ecran / sol E_{cor} mai pozitiv, prezintă o rigiditate dielectrică mică a izolatorului central, respectiv, rezistența de izolație la 5 kV mai redusă și, implicit, un risc de defectare prin străpungere ridicat;
- cu excepția cablurilor relativ recent pozate (durata de exploatare mai mică de un an), toate cablurile analizate, expuse acțiunii curenților de dispersie în c.c., prezintă o stare avansată de degradare;
- degradarea învelișului polimeric exterior de protecție în timpul pozării cablurilor, poate accelera coroziunea ecranului și degradarea electrică a cablurilor, chiar și în soluri cu agresivitate normală.

Având în vedere cele de mai sus, se poate afirma că starea de corodare a mantalelor ecran metalice este factorul determinant al mentenabilității și siguranței în exploatare la cablurile electrice subterane.