

## Innovating Technological Process for Expanding the Service Life of Underground Power Cables

Tabacaru V.<sup>1</sup>, Brinton R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Filiala Electrica Distribuție Muntenia Nord S A. - SDEE Galati, Galati, Romania

<sup>2</sup> Novinium, Auburn, USA

**Abstract.** As a public power distribution operator on low voltage (0.23/0.4 kV), medium voltage (6 and 20 kV), and high voltage (110 kV) in the territory of Galati County, SDEE Galati serves approximately 240,000 consumers (captive and eligible, domestic and non-domestic). For this purpose, in the field of medium voltage underground distribution lines, SDEE Galati manages and operates a volume of approx. 500 km UDL/6kV circuit and approximately 630 km UDL/20 kV circuit. Many of these cables which are still in operation, were manufactured with materials and on the technological level of the '60s, '70s and '80s decades and have reached the end of their service life. Evidence does and incident statistics from these networks in which, every year, one of the "tips" is the medium voltage cables damaged "technical wear" normal operating conditions. The current paper will present the main features of an innovating technological process called **SPR** (*Sustained Pressure Rejuvenation*), designed for on-site refurbishing of underground power cable insulation medium and high voltage. The process offers a viable alternative that has proven, over the 25 years of application initially on the American content and now on the worldwide, substantially more cost effective than replacing cables. The paper does not propose detailed presentation of the technological process, but to inform the family of energetics NPS about the existence and the benefits of applying this new technological process to the old cable medium and high voltage.

**Key words:** cables, insulation, rejuvenation.

### Proces tehnologic inovator de extindere a duratei de viața a cablurilor de energie îngropate

Tabacaru V.<sup>1</sup>, Brinton R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Filiala electrica distributie Muntenia Nord S A. - SDEE Galati Galati, Romania

<sup>2</sup>Novinium, Auburn, USA

**Rezumat.** În calitate de operator de distribuție publică a energiei electrice la joasă tensiune (0.23/0.4kV), medie tensiune (6 și 20 kV) și înaltă tensiune (110 kV) de pe teritoriul județului Galați, SDEE Galați deservește cca. 240.000 consumatori (captivi și eligibili, casnici și non-casnici), și exploatează un mare volum de circuite de LES/6kV și de LES/20 kV. Multe din cablurile acestor LES de medie tensiune au fost fabricate cu materialele și la nivelul tehnologic al decadelor '60, '70, '80 și au ajuns la sfârșitul duratei de viață. Dovada o face și statistica incidentelor din aceste rețele în care, an de an, unul din "vârfuluri" îl reprezintă cablurile de medie tensiune deteriorate pe "uzură tehnică" în condiții normale de exploatare. Pentru a preveni eventualele întreruperi în rețeaua de medie tensiune, de principiu, aceste cabluri mai în vârstă ar trebui înlocuite înainte de sfârșitul vieții lor de serviciu cu cabluri din generație nouă, cu izolație din polietilenă reticulată (XLPE) și bariere la pătrunderea apei (FL). În lucrarea de față, se vor prezenta particularitățile principale ale unui proces tehnologic inovator denumit *SPR* (*Sustained Pressure Rejuvenation*), conceput pentru recondiționarea on-site a izolației cablurilor de energie de medie și înaltă tensiune îngropate. Procesul oferă o alternativă viabilă care s-a dovedit, de-a lungul a peste 25 de ani de aplicare la nivel mondial, substanțial mai rentabilă decât înlocuirea cablurilor. Lucrarea nu-și propune prezentarea în detaliu a procesului tehnologic, ci de a informa familia de energeticieni din sistemul energetic (SEN) despre existența și beneficiile aplicării acestui nou proces tehnologic în cazul cablurilor vechi de medie și înaltă tensiune.

**Cuvinte cheie:** cabluri, izolație, revitalizare.

### Инновационный технологический процесс продления срока службы кабелей подземной прокладки

Табакару В.<sup>1</sup>, Бринтон Р.

<sup>1</sup>Филиал распределительных сетей АО «Мунтения Норд», Галац, Румыния

<sup>2</sup>Новиниум, Аубурн, США

**Аннотация.** В качестве оператора по распределению электрической энергии низкого напряжения (0.23/0.4kV), среднего напряжения (6 и 20 kV) и высокого напряжения (6 и 20 kV) по территории жудеца Галац, филиал фирмы «Мунтения Норд», отделение по распределению электрической энергии Галац (SDEE Galat) обслуживает около 240000 потребителей (коллективных и отдельных, домашних хозяйств и других) и эксплуатирует большой объем подземных электрических сетей (ПЭС) 6 кВ и 20 кВ. Многие из кабелей этих ПЭС среднего напряжения были изготовлены из материалов и на технологическом уровне

60-80 годов прошлого века и выработали свой срок службы. Доказательством тому статистика несчастных случаев по группе повреждений «технический износ» в нормальных условиях эксплуатации. Чтобы избежать последующих повреждений в сетях среднего напряжения, в принципе, эти кабели (наиболее старые) необходимо заменить кабелями нового поколения с новой изоляцией из вспененного полиэтилена (XLPE) и барьерами против проникновения воды. В настоящей работе представлены основные особенности нового инновационного процесса, названного SPR предназначенного для восстановления изоляции подземных кабелей среднего и высокого напряжения. Процесс является альтернативой (которая показала свою жизнеспособность в течение 25 лет в мировом масштабе) замене кабелей. В статье проводится информация, которая позволяет показать преимущества предлагаемой технологии.

**Ключевые слова:** кабели, изоляция, продление срока службы.

## INTRODUCERE

Operatorii de distribuție a energiei electrice exploatează rețele electrice de medie tensiune cu un volum considerabil de cabluri de energie îngropate, cunoscute ca Linii Electrice Subterane (LES).

SDEE Galați gestionează și exploatează un volum de cca. 500 km circuit de LES/6kV și cca. 630 km circuit de LES/20 kV. Multe din aceste cabluri (tip АСНРbI, АСYAбY, НАНКbA, AOSB, A2YSY), încă în exploatare, au fost fabricate cu materialele și la nivelul tehnologic al decadelor '60/70 și '80 și au ajuns deja la sfârșitul duratei lor de viață.

Dovada o face și statistica incidentelor din aceste rețele în care, an de an, unul din “vârfuri” îl reprezintă cablurile de medie tensiune deteriorate pe “uzură tehnică ” în condiții normale de exploatare.

Procedura tehnologică actuală aplicată când se produce un defect pe un cablu de medie tensiune îngropat este, în esență, următoarea [1], [2], [3]:

- prin echipament specializat (autolaborator), se identifică locul de defect;
- se sapă în zonă, pentru a descoperi cablul deteriorat;
- în funcție de zonă și de rezerva de cablu, fie se execută un singur manșon de legătură, fie se instalează o nouă secțiune de cablu, de regulă de nouă generație, prin execuția a două manșoane de legătură;
- se execută probe și măsurători, conform normativului energetic specific (evitându-se încercările cu tensiune alternativă mărită, peste tensiunea nominală, și cele cu tensiune continuă);
- se reface pavajul străzii, a trotuarului etc. la o stare cât apropiată de cea inițială.

În cazul în care un segment dintr-un feeder în LES suferă repetate defecte, operatorul de distribuție poate lua în calcul abandonarea segmentului respectiv și pozarea unui nou

segment de cablu, procedură care necesită cantități substanțiale de resurse și de forță de muncă și, de multe ori, o perturbare semnificativă a utilizatorilor și a traficului rutier în zonă.

În România, un pas important în rezolvarea rapidă a incidentelor pe cabluri, după anii '90, a fost introducerea accesoriilor moderne de cabluri, termocontractabile și retractabile la rece, atât pentru cabluri cu izolație uscată cât și pentru cabluri cu izolație hârtie-ulei. Însă, acest pas singular nu mai este suficient pentru cablurile vechi.

Pentru a preveni eventualele întreruperi în rețeaua de medie tensiune, de principiu, aceste cabluri mai în vârstă ar trebui înlocuite înainte de sfârșitul vieții lor de serviciu cu cabluri din generație nouă, cu izolație din polietilenă reticulată (XLPE) și bariere la pătrunderea apei (FL). Atât pentru lucrări de reparație, cât mai ales pentru lucrări de modernizare și la lucrări noi, utilizarea acestei noi generații de cabluri este exclusivă, așa cum impune și instrucțiunea [4], privind linii directoare referitoare la concepția de dezvoltare și modernizare/retehnologizare a rețelelor de distribuție.

La volumul foarte mare de cabluri care ar trebui înlocuite în acest moment, fondurile necesare a fi alocate de operatorul de distribuție ar fi foarte mari, de nesuportat pe un termen scurt pentru toți feederii din exploatare.

Încă din decada '90, la nivel mondial, se utilizează tehnologii de revitalizare a cablurilor vechi de medie tensiune îngropate, cu foarte bune rezultate, cuantificate în reducerea numărului de defecte și, implicit, a numărului de incidente la consumatori.

În lucrarea de față, se vor prezenta particularitățile principale ale unui proces tehnologic inovator denumit **SPR** (*Sustained Pressure Rejuvenation*) [5]. Conceput pentru recondiționarea on-site a izolației cablurilor de energie de medie tensiune îngropate, procesul oferă o alternativă viabilă care s-a dovedit, de-a

lungul a peste 25 de ani de aplicare, substanțial mai rentabilă decât înlocuirea cablurilor **Fig. 1**.

### CE ESTE “SPR”?

Conceput, patentat și aplicat inițial pe continentul nord-american [5], procesul tehnologic este aplicat acum în întreaga lume, pentru societățile de utilități publice în domeniul energiei electrice și instalații electrice industriale:

#### **SPR: Sustained Pressure Rejuvenation.**

Procesul tehnologic de “întinerire” (en. *rejuvenation*) a cablurilor de energie îngropate se regăsește în literatura de specialitate sub mai multe nume - restaurare chimică, îmbunătățire dielectrică, tratament de cablu, injectare de silicon.

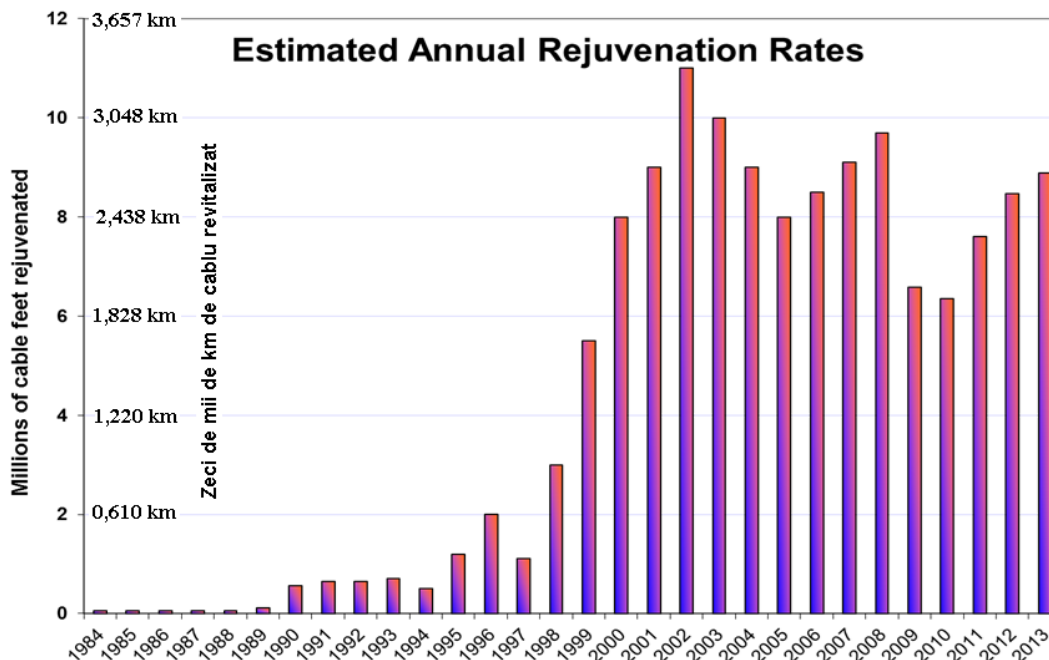
Oricare ar fi numele dat acestui proces, firma americană inovatoare Novinium [5], lider mondial în tehnologia de reabilitare a cablurilor, și partenerii săi, livrează cele mai avansate formule și tehnologii pentru a extinde durata de viață a unui cablu subteran.

Sunt practic peste două decenii și jumătate de experiență continuă și de succes.

Prin procesul *SPR*, se injectează între firele conductorului cablului un fluid special pentru “întinerire”, sub presiune constantă – **Fig. 2**. Acest proces tehnologic crește rigiditatea dielectrică a izolației cablului la un nivel apropiat de cel al unui cablu nou, fără să implice necesitatea săpării unui șanț pe traseul cablului. Fluidul este neinflamabil, netoxic, neagresiv față de mediul înconjurător. Injecția pe cablu etanșează totodată capetele cablului împotriva posibilelor intruziuni viitoare de apă.

Cinci pot fi principalele motive în luarea deciziei de aplicare a procesului *SPR* :

- costul procesului este, tipic, mai puțin de jumătate din costul cerut de înlocuirea cablului ;
- injecția cablului este mult mai rapidă decât înlocuirea lui, segmentele de cablu injectate fiind finalizate, în majoritate, în câteva ore ;
- rezistența dielectrică a cablului este complet “restaurată” în cca. 7 zile
- rata de eșec pentru segmentul de cablu injectat este de cca. 0,4%
- în plus, față de creșterea fiabilității sistemului, se adaugă economiile de costuri și de timp, iar procesul de injectare nu perturbă consumatorii.



**Figura 1. Istoricul aplicării procesului tehnologic de revitalizare cabluri.**

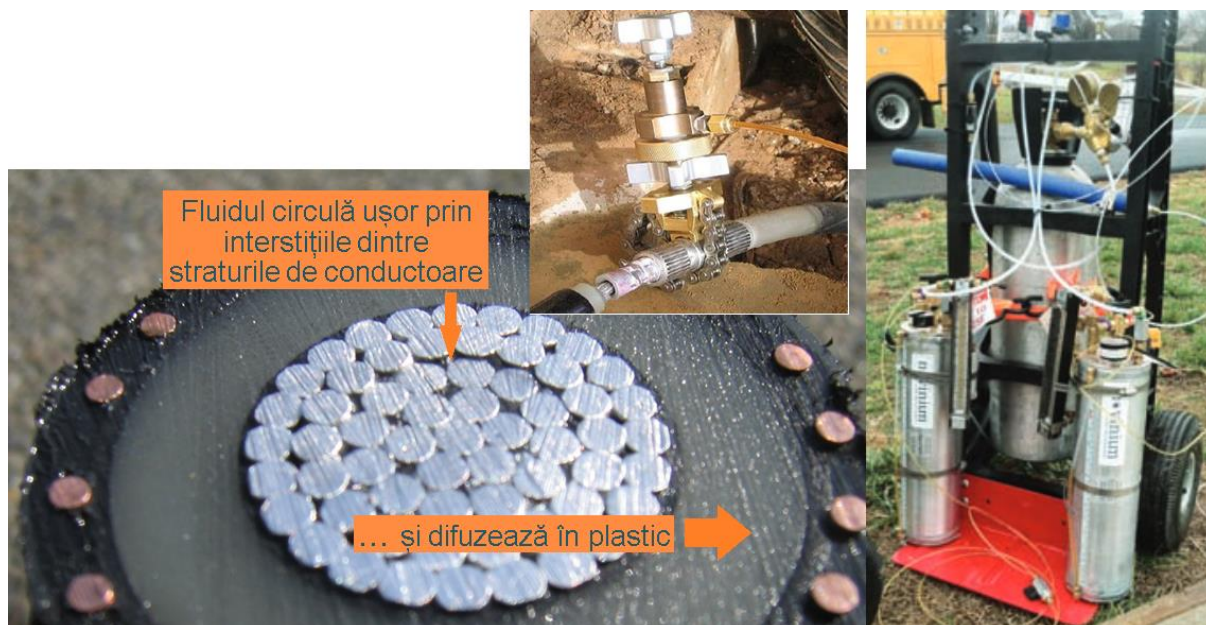


Figura 2. Aplicarea tehnologiei SPR prin injecție fluid pe cablu vechi îngropat.

### CÂTEVA CONSIDERAȚII PRIVIND PROCESUL TEHNOLOGIC SPR

În timpul aplicării procesului tehnologic *SPR*, un adaptor de injecție (IA) este fixat la capetele cablului îmbătrânit – **Fig. 2** [5]. Tras dintr-un rezervor, fluidul special este injectat printr-un capăt – **Fig. 2** [5] în spațiile goale/interstițiile dintre firele conductorului, până când fluidul iese la celălalt capăt al cablului.

Apoi, cablul este re-energizat imediat; în aproximativ șapte zile, fluidul - un amestec lichid special pe baza de silicon - difuzează în izolația cablului și rigiditatea dielectrică a izolației crește către un nivel apropiat de cel al unui cablu nou. Se preconizează o creștere a rigidității dielectrice a cablului tratat de peste 16 kV/mm în 7 zile.

Acest proces tehnologic oferă economie de timp extraordinară în comparație cu cea de înlocuire a cablului. Este nevoie de doar câteva ore pentru a finaliza o secțiune de cablu și a permite restaurarea rapidă a configurației rețelei.

Ca exemplu din practică : pentru un cablu de secțiune 240 mm<sup>2</sup> XLPE și lungime 300 m, au fost suficiente 4 ore pentru întregul proces cuprinzând operațiuni de comutație, instalarea adaptoarelor de injecție, injecția fluidului și re-energizarea cablului.

În cazul, în care cablul vechi are deja un manșon, ca urmare unui defect, respectivul manșon trebuie eliminat (și ulterior refăcut) pentru a permite injecția fluidului în ambele direcții, spre capetele cablului. Multe utilități se

confruntă cu incidente cu defectare de cabluri îngropate, instalate în anii '70 și care, în prezent, nu au buget, timp și forță de muncă pentru a înlocui toate cablurile vechi. Prin aplicarea acestui proces tehnologic inovator, se extinde durata de viață pentru mai mult de 20 de ani (se estimează chiar până la 40 de ani), reprezentând o soluție care este mai puțin costisitoare, ușor de implementat, în timp redus.

Mii de kilometri de cablu au fost injectați deja cu succes prin procesul *SPR*, cabluri aparținând unor companii din America de Nord.

Cablurile astfel “întinerite” pot continua să fie exploatarea pentru mai multe decenii, evitând problemele cauzate de scăderea fiabilității și costisitoarele proiecte și lucrări de înlocuire a cablului. Investițiile cerute pentru înlocuirea complete a acestor cabluri pot fi, astfel, amânate pentru mai mult de 20 de ani în viitor.

Ca o ilustrare sugestivă a ceea ce înseamnă aplicarea acestui proces tehnologic inovator pe cabluri vechi din exploatare, prezentăm sintetic principalele repere ale fazei inițiale, cea de *Inspecție vizuală și Măsurători* :

- a) istoricul cablului
  - este o faza de colectare de date;
  - se identifică datele cablului: secțiune, tip izolație, an de fabricație;
  - se studiază traseul cablului, numărul de manșoane pe fază, poziția manșoanelor existente pe traseu, tipurile de segmente noi de cablu instalate, lungimea și poziția acestora pe traseul cablului;

- b) determinarea tipului și dimensiunilor terminalelor de cablu;
- c) examinarea capătului de cablu pentru depistarea de posibile erori de execuție sau urme de tracking; dacă remediarea defectelor depistate în această fază se apreciază a nu fi fezabilă, cablul se va înlocui.

Defecte posibile pe cablu ce trebuiesc identificate și analizate :

- ecran semiconductor separat de izolație;
- urme de descărcări sau deteriorări mecanice pe ecranul de peste izolație;
- rază de curbură excesivă, peste 15x diametrul cablului ; aceste zone trebuiesc eliminate din cablu;
- urme de descărcări, corona sau de tracking, sau orice alte carbonizări ale izolației;
- orice zonă ne-concentrică a izolației, cu grosime inegală a izolației la periferie;
- creștături, scobituri sau tăieturi în masa izolației;
- stratul de corodare excesivă de pe firele conductorului, care pot restricționa circulația fluidului prin cablu;
- creștături sau tăieturi ale straturilor de conductor.

De rezultatele fazei de *Inspecție vizuală și Măsurători* depinde decizia de a aplica sau nu procesul *SPR* pe cablul respectiv, de a abandona cablul și a instala un altul pe un alt traseu sau de a-l scoate pe cel vechi și a-l înlocui cu un altul de generație nouă.

În rezumat, cei șase pași concreți de aplicare a procesului *SPR* sunt prezentați în imaginile din **Fig. 3**.

## CONCLUZII

- Fiecare traseu de cablu reprezintă un proiect în sine pentru aplicarea procesului tehnologic *SPR* de întinerire a izolației cablului.
- Procesul tehnologic **SPR** se poate aplica:
  - pe cabluri de energie cu tensiunea nominală în domeniul 2.5-140 kV
  - pe cabluri mono cât și multiconductoare (în manta comună)
  - pe cabluri cu izolație principală din PE, VPE(XLPE) și EPR
- Procesul tehnologic *SPR* nu se poate aplica pe cablurile cu izolație din hartie-ulei (tip ACHPbI, NAHKbA, AOSB).

➤ Pentru majoritatea segmentelor de cablu, nu există o limitare de lungime. Lungimea traseului de cablu poate ajunge și la câțiva km, fără manșoane pe traseu ; cabluri submarine de până la 4400 m fără manșoane au fost tratate cu succes.

➤ În cazul când pe un cablu sunt executate multe intervenții prin manșonare, procesul se poate aplica pe segmente, de la manșon la manșon; se exclude însă cazul în care există câte un manșon la fiecare cca. 60 m și când aplicarea procesului nu este economică, cablul ar trebui înlocuit cu unul nou.

➤ Mii de kilometri de cablu au fost injectați deja cu succes prin acest proces tehnologic la multe companii nord-americane.

➤ Procesul tehnologic **SPR** nu este conceput și nu se poate aplica pe cablurile cu izolație din hârtie-ulei (tip ACHPbI, NAHKbA, AOSB).

➤ Cablurile astfel "întinerite" pot fi apoi utilizate pentru mai multe decenii (se estimează până la 40 de ani), evitând problemele cauzate de scăderea fiabilității și costisitoarele proiecte și lucrări de înlocuire a cablului. Investițiile pentru a înlocui complet aceste cabluri pot fi astfel amânate pentru mult timp în viitor.

➤ Procesul **SPR** este caracterizat prin presiuni moderate de injecție (2-20 bar) a fluidului special, pentru a accelera distribuția acestuia în cablu.

➤ După o analiză de cost detaliată a aplicării procesului de reabilitare pe diverse proiecte executate, concluzia unanimă este că costul a fost, tipic, de 50% față de procedura de înlocuire a acestor cabluri vechi.

➤ Ca o altă dimensiune a temei în discuție, dar la fel de semnificativă, se poate menționa că la universitățile tehnice din SUA se susțin cursuri speciale pe tema "*Rejuvenation for Power Cables*". Aceste cursuri speciale au un cuprins foarte larg, acoperind : definiția de proces de întinerire cablu, istoria procesului, stabilirea fazelor procesului, analiza de risc, chimie, fiabilitate post-injecție pe termen scurt, fiabilitate post-injecție pe termen lung, comparații de cost.

➤ La ora actuală, IEEE are în curs de elaborare un document "*Rejuvenation Guide*", prin comitetul PES/ICC/C30W, cu termen de finalizare în 2016.

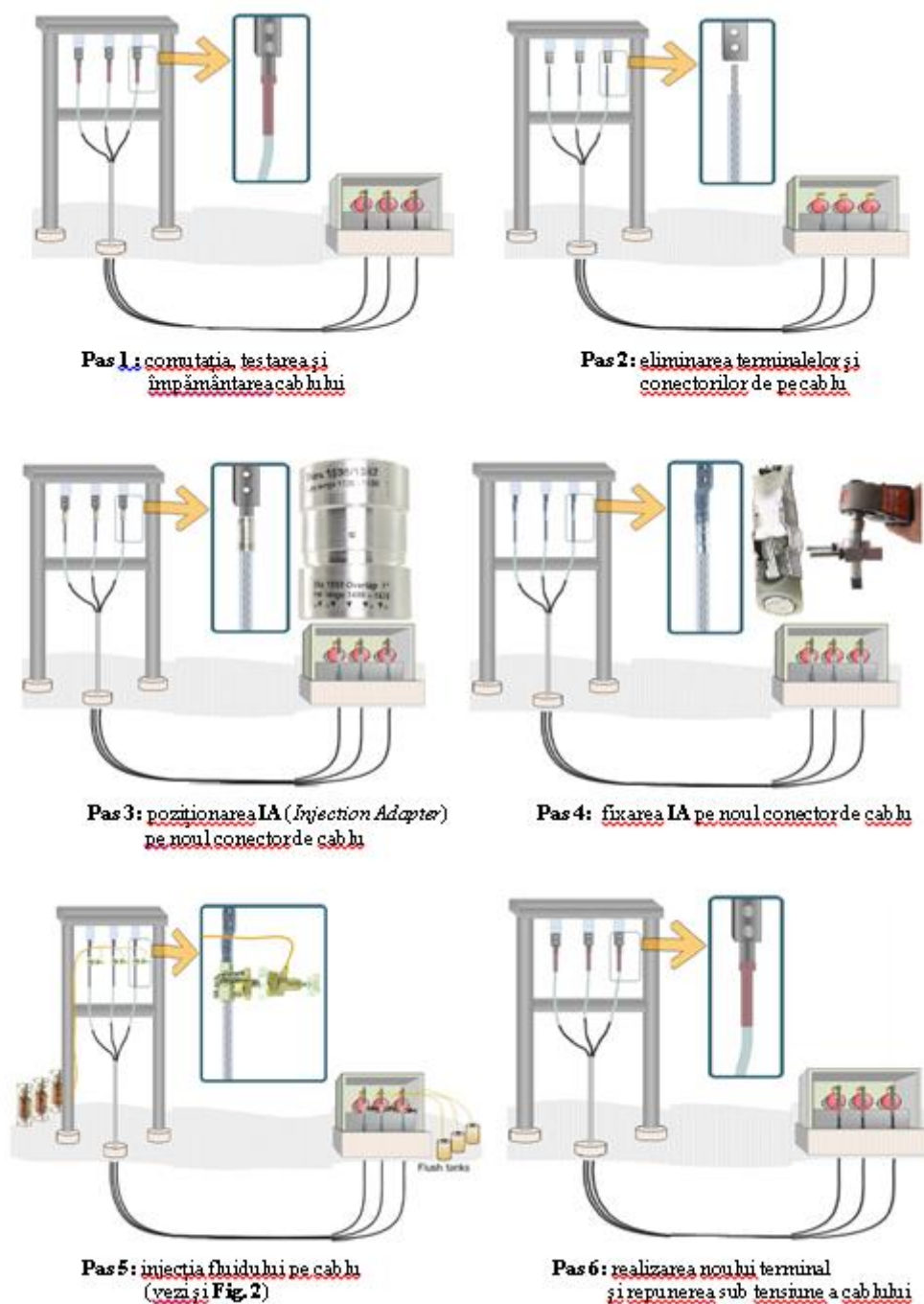


Figura 3 Fazele de aplicare ale procesului tehnologic SPR

## BIBLIOGRAFIE

- [1] 3.2 FT 66 - "Executarea mansoanelor de legătură la cablurile de 20 kV, tip A2YSbY, folosind materiale din seturi", RENEL-DGTDEE, 1991
- [2] 3.2.FT 4 - "Fisa tehnologică - Metode de verificare a liniilor electrice de energie în cablu de 1-35 kV", RENEL-DGTDEE, 1994
- [3] PE 116 - "Normativ de încercări și măsurători la echipamente și instalații electrice", Icemenerg, 1994

- [4] 3.RE-IT 2 - Instrucțiune tehnică - "Linii directe referitoare la concepția de dezvoltare și modernizare/ re tehnologizare a rețelelor de distribuție, în vederea respectării prevederilor Standardului de performanță pentru serviciul de distribuție a energiei electrice", Electrica S.A., 2011
- [5] Novinium - master of reliability: "Novinium Improves the Performance and Safety of Its Injection Fluids", 2013, <http://www.novinium.com>

**Despre autori.**



**Vasile TĂBĂCARU**, de profesie inginer, absolvent al Facultății de Electrotehnică București, 1984, a lucrat în producție, în proiectare și în învățământul superior tehnic electric, iar din 1994 în domeniul distribuției publice de energie electrică. În prezent activează în cadrul Filialei Electrica Distribuție Muntenia Nord S.A. Ploiești-sucursala Galați, componentă a Societății Energetice Electrica S.A. din România.

E-mail: [vasile.tabacaru@mnd.electrica.ro](mailto:vasile.tabacaru@mnd.electrica.ro)



**Richard BRINTON**, de profesie inginer, membru IEEE, este Vice President Business Development al firmei americane Novinium, Inc. Novinium este inovator de necontestat în prima linie a pieții de reabilitare a cablurilor de energie subterane, servind peste 300 de clienți de utilități din întreaga lume.

E-mail: [rich.brinton@novinium.com](mailto:rich.brinton@novinium.com)