

LA MONITORISATION DES DÉCHARGES PARTIELLES EN CÂBLES ÉLECTRIQUES ET ACCESSOIRES : MÉTHODES ET GESTION

Mircea-Emilian ARDELEANU

Faculté d'Électrotechnique Craiova, Roumanie, mircea_emilian@yahoo.com

Résumé – Dernièrement, dans les programmes d'amélioration des conditions de transport et de distribution de l'énergie électrique, un accent particulier est mis sur l'activité de traitement et de préventions des pannes. Ainsi, déterminer et connaître en temps réel l'état de l'isolation des câbles électriques et des accessoires (terminaux et jonctions) est un des éléments essentiels dans l'activité visant à diagnostiquer le degré d'usure du système de distribution de l'énergie électrique. En ce sens, connaître le niveau des décharges partielles (DP) est un des facteurs importants dans les déterminations de l'état de vieillissement et de dégradation de l'isolation d'un équipement électrique. Dans le présent article, sont présentés quelques systèmes modernes on-line (fixes et mobiles) de mesurage, de localisation et de monitorisation des DP dans les câbles et leurs accessoires. Sont aussi, mis en évidence des aspects liés à certaines opérations permettant une gestion moderne et efficace d'optimisation du système ; mesurage – localisation – monitorisation – analyse de DP.

Keywords: *câble électrique, décharges partielles, monitorisation, capteur acoustique, base de données.*

1. INTRODUCTION

Les dernières décennies d'importants changements se sont produits dans la conception et à la mentalité des managers quant à l'activité de maintenance des équipements des systèmes de distribution de l'énergie électrique.

L'ancienne conception, encore actuelle dans certains systèmes de gestion, prévoit, dans le cas de l'apparition d'une panne à un câble de haute tension (HT), l'existence d'une équipe à personnel spécialisé qui intervienne immédiatement pour remédier au défaut [1].

Pendant les périodes où elles ne sont pas sollicitées à de telles interventions d'urgence, ces équipes s'occupent de l'entretien des câbles, de leur nettoyage et des terminaux ou elles sont entraînées dans des programmes de révisions et de réparations.

Ce concept, connu aussi sous la dénomination de "nettoyez, polissez et vérifiez" (clean, polish, check) [1] et qui a prouvé, dans le temps, aussi bien ses avantages que ses désavantages, commence, aujourd'hui, à devenir périmé. Il doit être englobé dans un système de gestion moderne, efficace et pratique où l'accent est mis sur l'utilisation de

méthodes de diagnostic et de monitorisation capables de décrire l'état du système de câbles et d'accessoires.

La présence des DP est un facteur actif dans le processus de vieillissement et de dégradation de l'isolation dans les câbles et les accessoires. Aussi, la connaissance du niveau de DP corroborée avec d'autres paramètres peut offrir des données précieuses sur l'état de vieillissement de l'isolation et sur la possibilité de prendre une décision correcte quant à l'opportunité de remplacer ou non le segment respectif de câble.

Dans le présent article seront présentés quelques systèmes on-line de mesurage et de monitorisation des DP, de même que certains éléments constitutifs d'un système d'analyse et de décision susceptibles de s'inscrire dans le cadre de la conception d'une gestion moderne de la surveillance de l'état des câbles et de leurs accessoires pendant le fonctionnement.

2. MODALITES D'EVALUATION DES NIVEAUX DES DP

Conformément aux principes modernes de gestion efficace et responsable de l'entretien des réseaux de câbles, la surveillance du niveau des DP doit être prévu dans les programmes de maintenance des installations électriques (interrupteurs, transformateurs, câbles, jonctions, etc.) .

L'activité de surveillance peut se dérouler de deux manières différentes, à savoir :

- a) par monitorisation – qui assure une surveillance et un contrôle continu du niveau des DP ainsi que la transmission des informations, en temps réel, vers une unité centrale d'analyse et d'interprétation. La monitorisation se réalise on-line et on-site;
- b) par contrôle périodique – visant à déterminer le niveau de DP par des mesurages effectués à des intervalles bien déterminés. Ces contrôles peuvent être réalisés on-line ou off-line.

Dans le processus de mesurage, de localisation et de surveillance des niveaux du DP sont utilisées, en pratique, des méthodes on-line, dont les résultats sont de plus en plus performants et dont nous citons :

- la méthode de l'émission acoustique, basée sur la détection, à l'aide d'un capteur acoustique, de la

pression de l'onde de choc formée par l'activité de DP à l'intérieur de l'isolation ;

- la méthode des coupleurs capacitifs, formés, en principe, d'un bandeau métallique (aluminium ou étain) étroit placé autour de l'écran semi-conducteur intérieur du câble ou de la jonction ;
- la méthode de coupleurs directives, qui présente deux ports identiques et symétriques placés d'une part et d'autre de la jonction ;
- la méthode de mesurage de courants de radio fréquence (RFCT), basée sur l'utilisation d'un traducteur de courant de radio fréquence, dans le domaine de 2,5 kHz - 200MHz.

3. LA MONITORISATION DES NIVEAUX DE DP DANS LES CABLES ET LES ACCESSOIRES

Dans ce paragraphe seront présentés et analysés des systèmes de mesurage, de localisation et de monitorisation des DP.

3.1. Le système fixe de monitorisation

La monitorisation se réalise par un mesurage continu du niveau des valeurs des DP et par leur transmission vers une unité centrale où elles sont analysées, interprétées et stockées. À la suite d'un processus de comparaison des valeurs enregistrées avec les valeurs considérées critiques, se trouvant dans la base de données de l'unité centrale d'analyse et de contrôle, on fait une évaluation de l'état de l'isolation en temps réel.

Les méthodes modernes utilisées dans de processus de surveillance continue des traducteurs (acoustiques, de capacité, d'induction, etc.) intégrés dans les câbles et tout spécialement dans les jonctions ainsi que des accouplements (les points à probabilité élevée de panne). Les données peuvent être transmises par liaison galvanique ou par un réseau de fibres optiques vers l'unité centrale ou elles sont interprétées et analysées. Un système de transmission par fibre optique est présenté dans la fig.1 [2].

Le schéma ci-dessus comporte un modulateur optique, réalisé sur le principe de l'interféromètre Mach-Zehnder, qui transmet le signal de DP, repris de l'électrode du traducteur, dans un réseau de fibre optique. Le signal de découplage des DP est utilisé pour la modulation du signal optique donné par le laser, lequel est transmis ensuite, par fibre optique, à de grandes distances, de l'ordre des kilomètres et avec des pertes minima, jusqu'à la station centrale. Là, le signal optique est converti en photorecepteur, à bande de fréquence située entre 30kHz – 1GHz, amplifié, interprété et analysé par un système digital de monitorisation. Un tel système assure une bonne sensibilité au mesurage, environ 3 pC.

L'avantage de cette méthode est qu'elle n'impose pas l'existence d'une source d'énergie d'alimentation supplémentaire.

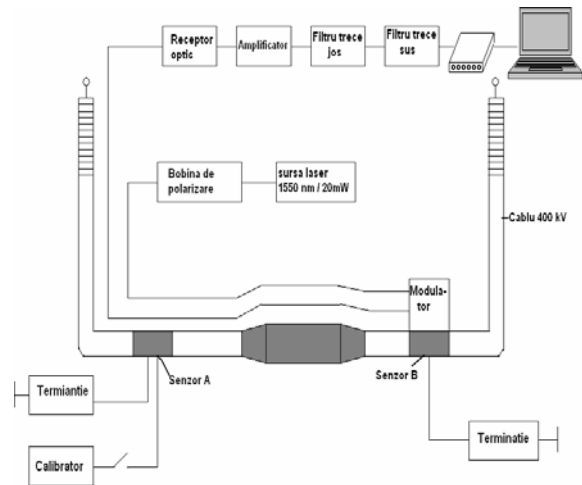


Fig.1 : Système de transmission par fibre optique

3.2. Système mobile de monitorisation

Les progrès très importants et rapides obtenus dans le domaine de l'électronique, dans la mécatronique, ont fait possible la réalisation de certains systèmes mobiles de monitorisation des DP dans câbles et les jonctions des réseaux souterrains de MT et HT.

Au Japon [3], a été conçue une plateforme robotisée capable de se déplacer de manière autonome sur la surface des câbles et de jonctions souterrains.

La plateforme est composée de 3 segments couplés par 2 liaisons à possibilité de rotation libre. Le déplacement de la plateforme se fait à l'aide de pieds servocontrôlés, emplantés au bout des segments, ce qui permet une bonne mobilité et même la possibilité de éviter certains obstacles. Les 3 composants du robot sont :

- le module de commande et contrôle ;
- le module de communications radio (900 MHz) ;
- le module des traducteurs.

Le bord de commande et de contrôle est constitué d'une multitude de microcontrôleurs (MCU) qui permettent l'interprétation parallèle des données reçues des traducteurs.

Le compartiment de traducteurs comporte :

- a). un traducteur en infrarouge utilisée pour surveiller l'état d'échauffement du câble, le surchauffage étant d'habitude l'effet de la surcharge, de la dégradation physique ou du vieillissement de l'isolation ;
- b). un traducteur diélectrométrique utilisée toujours pour évaluer l'état de vieillissement du câble, par le mesurage des propriétés diélectriques des matériaux isolants ;

c). un capteur acoustique utilisé pour déterminer la localisation des DP dans les câbles et les jonctions et établir l'état de dégradation de l'isolation.

Les signaux captés sont transmis par l'intermédiaire du module de communications radio à un ordinateur centrale (server), situé à grande distance de la plateforme, et qui a incorporé un soft complexe, mais accessible, destiné à analyser et à comparer les informations reçues avec celles se trouvant dans la base des données, ce qui permet d'évaluer l'état de vieillissement de l'isolation, évaluation nécessaire au processus de décision.

3.3. Le contrôle périodique des niveaux des DP

Le contrôle périodique on-line et on-site se fait à l'aide d'appareils qui permettent à l'opérateur de se déplacer sur le terrain et de mesurer le niveau des DP dans les Câbles, les jonctions et les terminaux.

Le contrôle périodique off-line es fait dans le cadre des contrôles programmés, lorsque l'équipement électrique qui entre dans la structure du système de distribution est soumis à des tests de contrôle de l'état de l'isolation (détermination du niveau des DP). Le diagnostic on-site (en terrain) se fait selon un programme donné, puisque le temps d'interruption de fonctionnement du réseau (pour l'entretien et le diagnostic) doit être le plus bref possible.

Dans la fig.2 [4] est présentée la méthode ultraacoustique de mesurage et de localisation des DP proposée par TansiNOR qui a réalisé le dispositif APDA(Acoustic Partial Discharge Analyzer).Cette consiste dans la captation du signal acoustique à l'aide d'un guide de onde réalisé en fibre de verre, qui vient directement en contact avec la surface du terminal étudié, le signal étant repris ensuite par un capteur acoustique, amplifié et transmis vers la centre d'analysé.

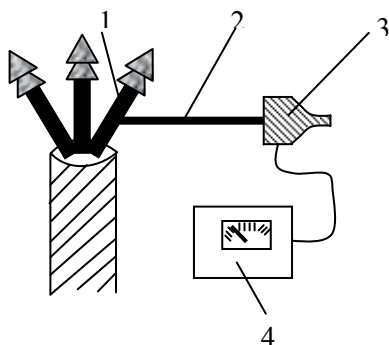


Fig. 2 : Système ultraacoustique

- où :
1. terminal de câble ;
 2. guide de onde ;
 3. traducteur acoustique ;
 4. appareil de mesure.

4. ASPECTS DE LA GESTION DE L'ETAT DE L'ISOLATION DANS LES CABLES ELECTRIQUES

Vu que la plupart des pannes majeures qui apparaissent dans les câbles électriques et les accessoires sont dues au vieillissement de l'isolation, chose confirmée par la pratique, la détermination du degré de dégradation de celle-ci est très importante.

Une gestion de qualité, incombant aussi la responsabilité, doit tenir compte de plusieurs éléments: le mesurage → la monitorisation → l'analyse → le diagnostique → la décision.

La décision d'établir le degré d'usure du câble électrique ou de ses accessoires et son maintien fonction appartient uniquement au facteur humain, le seul en mesure de prendre une telle décision sur la base des données connues et de l'expérience.

Le processus de mesurage, la visualisation du signal, la comparaison, l'analyse et le diagnostique de l'état de vieillissement de l'isolation sont réalisés à l'aide d'appareils et de dispositifs spécialisés et de softs performants intégrés au PC ou au micro-processeurs dont les systèmes de mesure sont équipés.

Dans la fig.3 [5,6] est présenté le schéma logique d'un programme destiné à être utilisé dans le diagnostic de l'état de l'isolation d'un câble électrique sur la base de l'analyse des données obtenue sur le niveau des DP.

À coté de l'aspect final, l'aspect décisionnel, de l'activité de traitement de l'état du réseau revient à la gestion responsable et judicieux des données obtenues, des valeurs considérées critiques dans le cas d'un fonctionnement normal, des empreintes caractéristiques, de "l'histoire" des composants du réseau soumis à l'évaluation de DP, toutes ces informations réunies dans une base de données destinée à diagnostiquer l'isolation des câbles électriques, est présentée dans fig.4 [6].

Un tel système, comme on peut le voir, a quatre modules :

- le module de détermination ou de définition des caractéristiques du câble ;
- le module de détermination des mesurages ;
- le module d'analyse des données ;
- la base de données destinée à mémorer et à stocker les informations.

Cette configuration, basée sur les modules, présente l'avantage de la flexibilité offrant la possibilité d'ajouter de nouveaux modules ; elle peut aussi être facilement adaptée dans la perspective de la réalisation d'un système multi-user.

Lorsque les niveaux de risque sont atteints, un signal d'avertissement ou d'alarme est émis et l'opérateur ou le manager de système doit prendre la décision finale sur la base de son expérience pratique

(comparaison avec d'autres situations semblables) et de calculs financiers.
 À la suite de l'analyse de informations reçus, des calculs financiers – comptables, on décide laquelle

des composantes se trouvant sous surveillance est dangereuse pour le bon fonctionnement du réseau et quelles appel rations de contrôle d'entretien ou de remplacement doivent être effectuées.

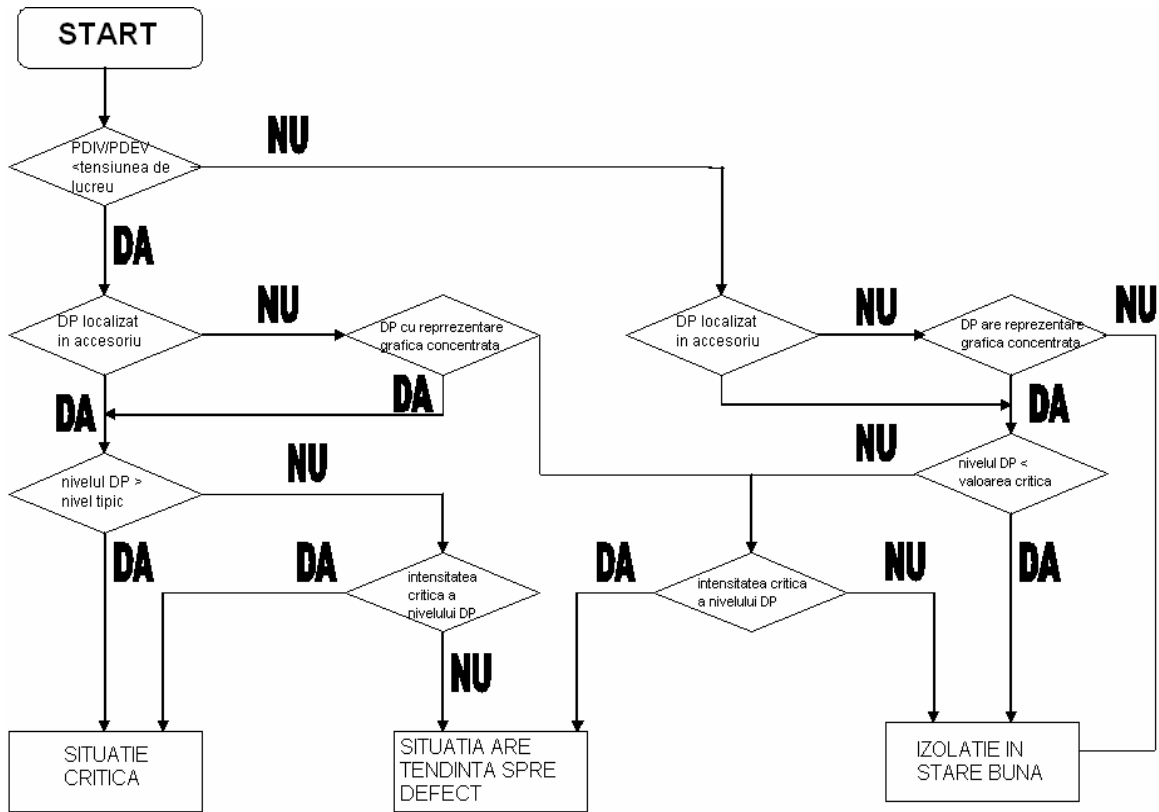


Fig. 3 : Le schéma logique

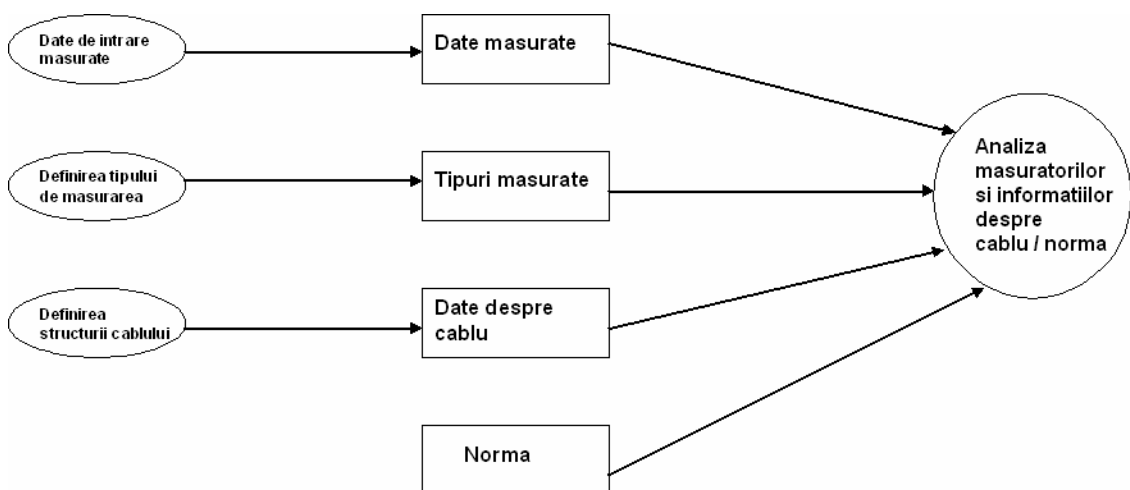


Fig. 4 : Schéma de la structure d'une base de données

5. CONCLUSION

Conformément aux études effectuées au Japon [3], il a été démontré que plus de 2/3 des câbles se trouvant dans le système de distribution, programmés à être remplacés puisqu'il étaient de longue date en exploitation, ont pu, ce pendant, être maintenus en fonctionnement, grâce à une détermination correcte de l'état de l'isolation.

Il résulte que, si l'on connaît en temps réel le degré de vieillissement de l'isolation des câbles et de leurs accessoires, on peut éviter l'impact négatif du renoncement à l'utilisation des câbles à cause de pannes accidentelles, ce qui se traduit en pertes de millions de dollars annuellement tant pour les producteurs que pour les utilisateurs d'énergie électrique.

Les méthodes on-line, les appareils et les dispositifs de mesure et de localisation des DP sont autant d'instruments de travail, de plus en plus nécessaires et utiles, pour les managers de système dans leur activité courante d'entretien, de prédiction et d'évaluation de l'état des réseaux de distribution de l'énergie électrique.

Une conséquence positive de l'utilisation des méthodes de prédiction, de prévention des pannes, s'est matérialisée dans la réduction des périodes de contrôle de certaines composantes et de certains tronçons de câbles électriques, par rapport aux programmes traditionnels [1].

Connaître et maîtriser le processus informationnel – décisionnel, sous tous ses aspects et dans toutes ses étapes, représente une condition de base dans la gestion (management) avec succès de la monitorisation de l'état du réseau électrique, de la distribution sans syncope et des pertes d'énergie électrique.

Bibliographie

- [1] G.Sheerin, *The role of diagnostic testing and monitoring in transmission cable maintenance programs*, HV testing, Monitoring and Diagnostics Workshop, Alexandria, Virginia, 13-14 sept.,2000.
- [2] T.Srehl, *Instrumentation and Concept of Partial Discharge and Temperature Cable Monitoring*, SIMC-EE, 2004.
- [3] B.Jiang, P.Stuart,s.a., *Robotic Platform for Monitoring Underground Cable Systems*, www.ee.washington.edu/research/seul/pubfiles/yokohama.pdf
- [4] L.E.Lundgaard, V.Ljokelsoy,s.a., *Acoustic insulation analyzer for periodic monitoring of cable termination and joints*, Information APDA – 99-001, Transinor AC, January,1999.
- [5] *** , *Condition Assessment for Distribution Power Cables Using PD Diagnosis at Damped AC Voltages*, Tu Delft, www.ee.its.tudelft.nl/highVoltage.
- [6] E.Gulski, J.Smit,s.a., *PD Knowledge Rules for Insulation Condition Assessment of Distribution Cables*, IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation,vol.12,No.2, April 2005, pp. 223-239.
- [7] M.Ardeleanu, *Metode de evaluare a descărcărilor parțiale în cabluri electrice și accesorii ale acestora (terminale și joncțiuni)*, referat doctorat, Universitatea din Craiova, 2006.
- [8] B.Oyegoke, P.Hyvönen, M.Aro, *Partial Discharge Measurement as Diagnostic Tool for Cable Systems*,Report TKK-SJT-45, Espoo, Finland, 2001.