



A XI-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,  
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",  
SEBEȘ, 2011

## **STABILIREA ORDINII LUCRĂRILOR DE MENTENANȚĂ** Partea 1-a

Bogdan NICOARĂ, Virgilius DUMBRAVĂ, Gabriela NICOARĂ

### **SUBSTATION MAINTENANCE SCHEDULING**

The establishment of the maintenance activity in the power system is made according to the following main criteria: technical condition, operational importance, electrical energy transit, strategical importance. Different sets of weighting coefficients are proposed and the sensibility of the algorithm to these coefficients is investigated. The paper demonstrates that these criteria are applicable also to power transformers, internal services, compensation facilities and telecommunication entities. Eventually, a maintenance strategy for different installations of the power system is proposed.

Keywords: maintenance, ranking, criticality

Cuvinte cheie: mentenanță, ierarhizare, criticitate

#### **1. Introducere**

Dezvoltarea pieței de energie electrică precum și aplicarea reglementărilor aferente impun reanalizarea soluțiilor privind mentenanța și optimizarea exploatării instalațiilor RET în scopul creșterii siguranței funcționării RET și eficientizării economice a activității specifice CN Transelectrica.

În deceniul 1990 - 2000 s-au dezvoltat o serie de concepte/modele privind eficientizarea activității de transport al energiei electrice atât prin modele de organizare a activităților cât și prin aplicații software specifice - suport tehnic-informatic al managementului

activelor. Sistemele de management al activelor (AMS) se pot defini ca aplicații informatice (software) dedicate, cu scop de a sprijini dezvoltarea funcțiilor managementului activelor, care au ca obiectiv major maximizarea venitului. Funcții de bază în managementul activelor sunt:

- Elaborarea strategiei activităților de mentenanță;
  - Decizii privind înlocuirea sau re tehnologizarea instalațiilor în rețeaua electrică de transport;
  - Introducerea tehnologiilor noi, implementarea rezultatelor cercetărilor aplicative privind managementul activelor;
  - Implementarea managementului riscului.
- Rezultatele care pot fi obținute permit [1-8]:
- evaluarea echipamentelor/instalațiilor considerând atât criteriul condițiilor tehnice-stării tehnice cât și fiabilitatea sistemului, obținându-se astfel o imagine de ansamblu a stării tehnice a rețelei electrice de transport;
  - evidențierea punctelor critice din rețea pentru care se pot stabili activități adecvate de mentenanță.

Aplicarea acestui tip de strategie oferă ca rezultat o ierarhizare a echipamentelor din punct de vedere al stării tehnice și importanței în rețea; corelarea celor două ierarhizări permite ca în cazul unui buget limitat, cheltuielile efectuate pentru activitatea de mentenanță să fie adecvat stabilite și distribuite.

## 2. Punerea problemei

Stabilirea punctelor critice din cadrul RET se va face pe baza unei analize multicriteriale. Criteriile avute în vedere sunt următoarele:

- |  |           |
|--|-----------|
| • starea tehnică nod -                 | <b>ST</b> |
| • importanța pentru funcționarea SEN - | <b>IF</b> |
| • energia electrică transportată -     | <b>ET</b> |
| • importanța strategică -              | <b>IS</b> |

Pentru fiecare dintre aceste criterii, nodurile vor primi câte o notă cuprinsă între 1 și 100. Nota 1 corespunde celui mai bun calificativ, iar nota 100 corespunde celui mai slab calificativ acordat. Notele obținute la fiecare criteriu vor fi ponderate cu ajutorul unor coeficienți de pondere, astfel:

- |                                      |                                    |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| • starea tehnică nod                 | <b><math>p_{ST}</math></b> [u.r.]; |
| • importanța pentru funcționarea SEN | <b><math>p_{IF}</math></b> [u.r.]; |
| • energia electrică transportată     | <b><math>p_{ET}</math></b> [u.r.]; |
| • importanța strategică              | <b><math>p_{IS}</math></b> [u.r.]. |

### 3. Evaluarea stării tehnice a echipamentelor

Pentru determinarea stării tehnice a nodurilor, se propun următoarele 4 criterii, însoțite de ponderile următoare:

- uzura fizică a echipamentelor **UF**  $p_{UF}$  [u.r.]; 0,45
- numărul de incidente **NI**  $p_{NI}$  [u.r.]; 0,20
- durata de indisponibilitate **DI**  $p_{DI}$  [u.r.]; 0,15
- costuri asociate **CA**  $p_{CA}$  [u.r.]. 0,20

Nota pentru starea tehnică a echipamentelor din nod se calculează astfel:

$$N_{ST\_nod} = p_{UF} \cdot N_{UF} + p_{NI} \cdot N_{NI} + p_{DI} \cdot N_{DI} + p_{CA} \cdot N_{CA} \quad (1)$$

#### 3.1. Uzura fizică a echipamentelor

Pentru stabilirea notei corespunzătoare uzurii fizice a echipamentelor din fiecare nod, se definesc în continuare, tabelul 1, șase clase de echipamente (vezi tabelul 1), grupate din punct de vedere al importanței funcționale.

Tabelul 1

Clasa echipament	Tip echipament	Coefficient pondere importanță funcțională CP
1	Protecții, automatizări, comenzi, semnalizări	6
2	Întreprătoare, separatoare, transformatoare de măsură de curent și de tensiune	5
3	Sistemul de bare	4
4	Descărcătoare	3
5	Construcții (fundații, rigle, cadre)	2
6	Priza de pământ, paratrăsnete	1

Fiecare dintre echipamente va primi câte o notă pentru caracterizarea stării de uzură fizică, notă cuprinsă între 1 și 100. Este de dorit ca această notă să fie calculată de o aplicație (de exemplu de tip RCM) în mod unitar, pentru toate entitățile menționate și pentru

SEN. În absența RCM, propunem următorul mod de calcul al acestei note.

a) Se calculează punctele de uzură fizică corespunzătoare fiecărui echipament:

$$P_{uf} = \frac{An \text{ curent} - An \text{ PIF}}{\text{Durata viața}} \quad (2)$$

unde  $P_{uf}$  reprezintă punctele pentru uzura fizică a echipamentului;

An curent – anul în care se face evaluarea uzurii fizice;

An PIF – anul de punere în funcțiune sau de reabilitare a echipamentului;

Durată viață – durata de viață normată a echipamentului.

b) Se face ordonarea tuturor echipamentelor din SEN după punctajul de uzură, în ordine descrescătoare.

c) Se atribuie nota de uzură fizică, în aceeași ordine, de la 100 la 1.

d) După ce fiecare echipament a primit nota pentru uzura fizică, se va calcula o notă medie pe fiecare clasă de echipament:

$$N_{med.ech.j} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} \text{NOTA}_{j,i}}{n_j} \quad (3)$$

unde  $N_{med.ech.j}$  este nota medie pentru clasa j de echipamente;

$n_j$  – numărul echipamentelor din clasa j;

$\text{NOTA}_{j,i}$  – nota obținută de echipamentul i din clasa j.

Pe baza notelor medii pe tipuri de echipamente se va calcula apoi nota pentru uzura fizică a echipamentelor din nod:

$$N_{UF} = \frac{\sum_{k=1}^6 N_{med.ech.k} \cdot CP_k}{\sum_{k=1}^6 CP_k} \quad (4)$$

unde  $N_{uz.nod}$  este nota corespunzătoare gradului de uzură al echipamentelor din nodul analizat;

$CP_k$  – coeficientul de pondere al importanței funcționale pentru tipul k de echipamente;

$N_{med.ech.k}$  – nota medie pentru uzură pentru clasa k de echipamente.

### 3.2. Numărul de incidente

Având în vedere faptul că importanța incidentelor este determinată și de tipul echipamentului la care s-au manifestat, vor fi atribuite ponderi diferite incidentelor, după tipul echipamentelor la care apar. Aceste ponderi vor fi aceleași ca cele stabilite la criteriul *Uzură fizică* (tabelul 1).

Pe baza raportului dintre numărul incidentelor înregistrate la toate echipamentele de un anumit tip (notat cu  $a_i$ ) și numărul lor (notat cu  $n_i$ ) va rezulta *numărul echivalent* de incidente pe fiecare tip de echipament.

Se face ordonarea tuturor tipurilor de echipamente din SEN după numărul echivalent de incidente, în ordine descrescătoare. Se atribuie nota de număr de incidente, în aceeași ordine, de la 100 la 1.

După ce fiecare dintre tipurile de echipamente a primit nota pentru numărul incidentelor, se va calcula o notă medie pe fiecare clasă de echipament:

$$N_{\text{med.ech.j}} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} \text{NOTA}_{j,i}}{n_j} \quad (5)$$

unde  $N_{\text{med.ech.j}}$  este nota medie pentru clasa j de echipamente;

$n_j$  – numărul tipurilor de echipamente din clasa j;

$\text{NOTA}_{j,i}$  – nota obținută de echipamentele de tip i din clasa j.

Pe baza notelor medii pe clase de echipamente se va calcula apoi nota pentru numărul de incidente din nod:

$$N_{\text{NI}} = \frac{\sum_{k=1}^6 N_{\text{med.ech.k}} \cdot \text{CP}_k}{\sum_{k=1}^6 \text{CP}_k} \quad (6)$$

unde  $N_{\text{NI}}$  este nota corespunzătoare numărului incidentelor atașate echipamentelor din nodul analizat;

$\text{CP}_k$  – coeficientul de pondere al importanței funcționale pentru clasa k de echipamente;

$N_{\text{med.ech.k}}$  – nota medie pentru numărul de incidente corespunzător clasei k de echipamente.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] Rohsler, H., Strand, A., Rosales, J.I., Salamanca, F., *Expérience relative aux systèmes à maintenance basée sur l'état des matériels*, CIGRE 1998, Paper 23–103.
- [2] Rohsler, H., Ruhle, R., Waeber, M., Strand, A., *Management-system for design, construction and maintenance in high-voltage networks*, CIGRE 2000, Paper 23/39–06.
- [3] Orłowska, T., Balzer, G., Halfmann, M., Neumann, C., Strand, A., *Life cycle management of circuit-breakers by application of reliabilitycentered maintenance*, CIGRE 2000, Paper 13–103.
- [4] Kopejtkova, D., Ott, H.P., Rohsler, H., Salamanca, F., Smit, J.J., Strand, A., Wester, P., *Strategy for condition based maintenance and updating of substations*, CIGRE 1996, Paper 23–104.
- [5] Fushimi, Y., Tokuda, N., Isozaki, T., Hara, T., *The multifunctional substation based on the novel assessment management*, CIGRE 2000, Paper 23/39–09.
- [6] Draber, S., Gelle, E., Kostic, T., Preiss, O., Schluchter, U., *How operation data helps manage lifecycle costs*, CIGRE 2000, Paper 23/39–02.
- [7] Balzer, G., Schmitt, O., Schneider, A., Gal, S., Balasiu, F., Bakic, K., *Life cycle assessment of substations: a procedure for an optimized asset management*, CIGRE 2002, Paper 23–302.
- [8] Biewendt, V., Christiansen, U., Friberg, G., Gallon, F., Kirchesch, P., Roussel, Ph., Schiemann, A., *Experiences with substation optimisation considering new technical and economical concepts*, CIGRE 2002, Paper 23–306.

Prof.Dr.Ing. Bogdan NICOARĂ  
Universitatea "Politehnica" din București  
bnicoara@yahoo.fr

Conf.Dr.Ing. Virgilius DUMBRAVĂ  
Universitatea "Politehnica" din București  
Dr. Fiz. Gabriela NICOARĂ

SC Consultanță și Inginerie pentru Sisteme Electroenergetice srl