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

MANAGEMENTUL ÎNTREȚINERII SSCs PE BAZA EVALUĂRII RISCULUI ÎN UNITĂȚILE ENERGETICE

Gheorghe FLORESCU, Valeriu Nicolae PANAITESCU

MANAGEMENT OF SSCs MAINTENANCE BASED ON POWER UNITS RISK EVALUATION

The paper presents the specific elements related to maintenance management of power units structures, systems and components (SSCs), based on risk assessment (RBM) or reliability centred maintenance (RCM). Also are included in the paper the specific steps to determine the significant abnormal events.

The paper includes also the major aspects of probabilistic and deterministic analyses, in order to evaluate the power units operation during different status. Are also stated the characteristics related to identifying of SSCs that need maintenance.

Keywords: maintenance, management, risk, significant events, energy facilities, reliability, availability, operational risk, probabilistic analysis, PSA, risk studies

Cuvinte cheie: întreținere, management, risc, evenimente semnificative, instalații energetice, fiabilitate, disponibilitate, risc în operare, analize probabiliste, PSA, studii de risc

1. Introducere

Evaluarea riscului la operarea obiectivelor industriale este necesar a fi efectuată în scopul îmbunătățirii securității, fiabilității, disponibilității acestora şi al asigurării siguranței personalului de operare şi a mediului ambiant.

Prin risc se înțelege, de regulă, posibilitatea ca un anumit eveniment nedorit final cum ar fi deteriorarea structurilor, sistemelor și componentelor (SSC) să se producă, precedat şi cauzat de evenimente de inițiere a unor alte evenimente cu consecințe negative. Pentru discutarea măsurile cantitative ale riscului[1] este important să se definească clar evenimentul final.

O definiție a managementului exploatării sistemelor energetice bazat pe risc (RBM) este aceea în care operarea sistemelor energetice şi riscul total al consecințelor asociate este menținut sub nivelele acceptabile.

RBM este un principiu de ghidare a proiectării instalațiilor energetice şi a întreținerii chiar dacă nu şi în sens cantitativ.

În prezent, utilizarea efectivă a resurselor a devenit principala preocupare şi astfel planificarea mult mai atentă pentru întreținerea sigură a sistemelor la costuri rezonabile este în dezvoltare în mai multe țări. Utilizarea procedurilor de evaluare probabilistă a securității (PSA) este unul din promotorii acestei dezvoltări.

Degradarea SSC reprezintă deteriorarea imediată sau graduală a caracteristicilor SSC, capacităților acestuia în a-şi îndeplini funcția conform criteriilor de acceptare. În situația în care procesul este gradual degradarea constituie *îmbătrânire*.

Mecanismele de îmbătrânire asociate SSC (sau de degradare) reprezintă acele procese specifice care modifică gradual caracteristicile unei SSC sub aspectul trecerii timpului sau prin operare.

Efectele îmbătrânirii SSC reprezintă acele modificări reale apărute în caracteristicile SSC odată cu trecerea timpului sau pe durata operării, fiind datorate mecanismelor de degradare.

2. Managementul îmbătrânirii SSC

Îmbătrânirea SSC este considerată din unul din punctele de vedere: ● *orientată pe fiabilitate* (o componentă funcționează sau nu);

● *orientată pe starea fizică* (un proces lent degradează continuu performanța componentei).

Managementul îmbătrânirii reprezintă acțiunile inginereşti, de operare, testare şi întreținere, întreprinse în scopul de a controla în limite acceptabile degradarea, îmbătrânirea şi uzura SSC.

---

[1] **risc (ríscuri),** s.n. – Pericol posibil. Fr. *risque.* Este dubletul lui *rizic*, s.n. (primejdie), din ngr. „soartă”, și acesta din it. *risico,* var. a lui *rischio.* – Der. *risca,* vb. (a merge la risc). – Cf. *rișcă.*

Paşii de analiză a îmbătrânirii SSC pot fi: ● *identificarea SSC critice;* ● *identificarea şi evaluarea efectelor îmbătrânirii;* ● *dezvoltarea metodelor de prevenire şi atenuare a îmbătrânirii.*

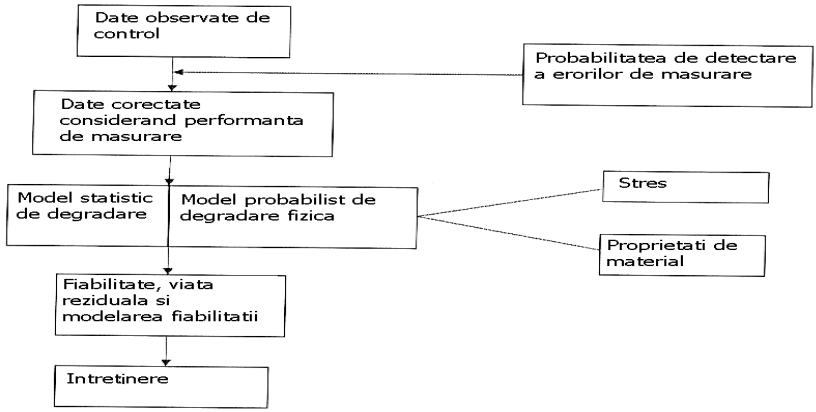

Fig. 1 Etapele de identificare a SSC care necesită întreținere

Metodele de evaluare a riscului şi fiabilității, aplicabile în atenuarea îmbătrânirii, sunt în principal legate de îmbunătățirea practicilor de întreținere şi luarea deciziilor la înlocuirea de componente ținând cont de experiența de operare, de rezultatele analizelor de risc şi de alți factori. Deoarece metodele corespunzătoare de atenuare a îmbătrânirii SSC duc la un proces complex, adesea apărând conflicte, sunt necesare concepte analitice de luare a deciziilor.

Pentru *componentele de viață scurtă* se revizuiesc practicile curente de întreținere: *intervalele de întreținere, posibilitatea şi aspectele legate de înlocuirea SSC, elementele de rezervă.* Întreținerea bazată de fiabilitate, RCM, prevede stabilirea unor metode de definire a unui program de planificare a întreținerii preventive.

Pentru componentele de viață lungă se are în vedere controlul îmbătrânirii prin inspecții in-service (ISI) şi monitorizarea condițiilor de operare.

2.1 Modele de evaluare a îmbătrânirii în operarea SSC

Pentru dezvoltarea de modele de evaluare a îmbătrânirii în operarea unui echipament se au în vedere:

● *descrierea ratei de defectare ca o funcție de timp;*

● *folosirea unui model care ține cont de nerestabilirea SSC datorită factorului de degradare;*

● *mărimea îmbătrânirii dată de funcția de normalizare a unui parametru.*

Se pot considera diferite modele folosite pentru reprezentarea ratei de defectare, cel mai simplu fiind modelul liniar.

$$\lambda(t) = \lambda_0 + \alpha(t) \cdot (t - T_{POT}) \quad (1)$$

λ_0 rată de defectare specifică stării inițiale a SSC, $\alpha(t)$ este un factor care descrie viteza cu care are loc îmbătrânirea.

$$\alpha(t) \begin{cases} 0 - t \le T_{POT} \\ a - t > T_{POT} \end{cases} \quad (2)$$

Îmbătrânirea conduce la modificări de caracteristici şi proprietăți legate de:

- *inginerie;*
- *sisteme şi echipamente de control relevante pentru operarea centralei;*
- *specificații şi documente;*
- *personalul de operare al centralei.*

Se ia în considerare şi dezvoltarea stadiului actual ştiințific şi tehnologic. Mai mult este posibil ca metodele de proiectare şi inginerie conceptuală, ca şi normele administrative, să poată deveni absolute, comparativ cu stadiul actual.

Managementul îmbătrânirii componentelor SSC mecanice este un cumul de măsuri tehnice şi organizaționale care garantează operarea sigură a SSC, pe durata de viață, prin măsuri inginereşti şi acțiuni de întreținere păstrând fenomenele de îmbătrânire în limite acceptabile.

Termenii de îmbătrânire tehnologică şi mecanica materialului sunt sinonimi cu toate măsurile tehnice şi organizaționale care garantează înregistrarea, monitorizarea şi controlul tuturor mecanismelor posibile de avariere in-service. Cauzele şi consecințele mecanismelor de avarie in-service trebuie monitorizate sau supravegheate. Mai mult, trebuie întreprinse acțiuni ulterioare şi trebuie înregistrate orice schimbări în cunoştințele actuale.

În cadrul garantării integrității, trebuie asigurată capacitatea de încărcare pentru toate încercările operaționale relevante, ca şi pentru încercările accidentale pe durata vieții ținând cont de numărul specific sau monitorizat de cicluri de încărcare.

Garantarea integrității pentru SSC urmărit este în acord cu conceptele fundamentale şi de bază (conceptul excluderii fisurării şi prevenirii ruperii). În consecință, “redundanțele independente” vor fi efective deoarece ele trebuie incluse în conceptul de bază de

securitate pentru a considera de asemenea toate modificările posibile în condiții de operare care influențează integritatea SSC şi garantează calitatea după fabricație. O procedură schematică care este orientată către conceptul de securitate de bază necesită anumite puncte ce trebuie considerate spre a garanta integritatea componentelor (pentru operare ulterioară).

2.2 Analize probabiliste de evaluare a riscului unității energetice

Timpii permişi de scoatere din funcțiune (AOT) sunt de mare importanță pentru stabilirea componentelor critice.

Pentru stabilirea AOT se parcurg următoarele etape:

- *se identifică componentele pentru care este necesară determinarea AOT;*
- *se verifică dacă aceste componente fac parte din modelul PSA;*
- *se determină contribuția fiecărui AOT în cadrul riscului;*
- *se determină criteriile de acceptare pentru contribuția în cadrul riscului a AOT;*
- *se determină acele AOT care satisfac criteriile determinate*[2].

În analizele de fiabilitate şi evaluările de securitate, pentru stabilirea cu mai multă certitudine a SSC importante sau critice, sunt calculate trei tipuri de importanțe:

● ***importanța în creşterea riscului*** *RAW - determinată în cazul în care componenta respectivă este defectă. RAW este factorul de importanță de creştere a riscului şi reprezintă creşterea riscului în cazul în care componenta este defectă.*

● ***importanța în reducerea riscului*** *RRW - determinată în cazul în care funcționarea componentei respective este îmbunătățită. RRW este factorul de importanță de reducere a riscului şi reprezintă reducerea riscului în cazul în care componenta este în perfectă stare de funcționare.*

● ***importanța de testare sau întreținere RW****. RW este factorul de importanta de restabilire şi reprezintă reducerea riscului în cazul în care componenta respectivă este testată sau întreținută.*

Pe baza factorilor de importanță se fac aprecieri asupra SSC:

- *factor de importanță critic dacă are valoarea mai mare ca 100;*

---

[2] **Timpii admişi de defectare** sunt importanți în stabilirea componentelor critice. Aceştia sunt determinați ținând cont de variațiile relative ale riscului. Se exprimă creşterea riscului datorată defectării unei componente ca un factor de creştere peste nivelul normal şi se determină timpul de defectare permis pentru a compensa aceasta creştere a riscului.

- *factor de importanță semnificativ dacă valoarea este între 10 – 100;*
- *factor de importanță moderat dacă are valoarea între 3 – 10;*
- *factor de importanță marginal dacă are valoarea mai mică decât 3.*

Frecvența referință de afectare a unității energetice rezultă din analiza PSA specifică unității energetice sau din rezultatele generice PSA aplicate pentru o unitate energetică anume.

Semnificația numerică a unui eveniment observat este determinată de fracția actualizată din frecvența de distrugere a unității energetice. Analiza acestei fracții actualizate trebuie să țină cont de posibilele diferențe între frecvența actuală şi impactul evenimentului observat, comparate cu datele şi impactul considerate în analizele PSA.

Metoda constă din următorii paşi de lucru:

● ***Analiza impactului evenimentului.*** *Determină impactul funcțional al evenimentului observat*. Acesta poate include un eveniment inițiator care determină debranşarea unității energetice, defectarea echipamentului, o indisponibilitate neplanificată, erori umane sau o combinație a acestor efecte.

● ***Compararea evenimentelor de impact PSA.*** *Determină dacă evenimentele de impact observate sunt evaluate în analiza PSA disponibilă* şi urmăreşte cum sunt incluse în modele (A/E şi A/D). În cazul în care combinația evenimentelor de impact nu este inclusă în modele, determină dacă sunt incluse evenimente de impact similare.

● ***Estimarea frecvenței evenimentului.*** *Estimează frecvența evenimentului observat*, având la bază experiența actuală de lucru în centrală. Dacă evenimentul implică o indisponibilitate neplanificată de echipament, se estimează timpul în care echipamentul a fost inoperabil.

● ***Determinarea referinței*** $(FA_{UE})_{BL}$***.*** *Determină frecvența referință de afectare a* unității energetice $(FA_{UE})_{BL}$ pe baza rezultatelor PSA.

● ***Estimarea valorii actualizate*** $(FA_{UE})_x$***.*** *Estimează frecventa actualizata de distrugere a* unității energetice $(PDF)_x$ din secvențele care implică evenimentul observat.

● ***Calculul semnificației evenimentului*** S_X***.*** *Calculează semnificația evenimentului* $S_x = \frac{(FA_{UE})_x}{(FA_{UE})_{BL}}$

Scopul principal al acestor evaluări este de a dezvolta o scală numerică care să permită compararea evenimentelor şi analizarea priorităților în vederea îmbunătățirii centralei.

O astfel de scală este prezentată în tabelul 1 (Ierarhizarea evenimentelor semnificative).

Tabel 1

Semnificația evenimentului	**Domeniu S_X**
Foarte mică	< 0,01
Mică	0,01 – 0,10
Medie	0,10 – 0,30
Mare	0,30 – 1,0
Foarte mare	> 1,0

Metoda se foloseşte şi pentru studii de senzitivitate[3] la determinarea SSC importante sau critice.

2.3 Analize deterministe de evaluare a operării unității energetice

Analizele deterministe[4] folosesc anumite modele ale unității energetice în scopul simulării comportării unității energetice sau comportării unui sistem, în condiții diferite de operare.

Prin această modelare se pot determina parametri de operare obținându-se astfel „*punctele fierbinți*" ale proceselor din unitatea energetică.

În timp ce analizele probabiliste evaluează comportarea şi starea componentelor care alcătuiesc sistemele din unitățile energetice, analizele deterministe consideră procesele care au loc în cadrul circuitelor sau sistemelor pentru a identifica sau simula comportarea şi evoluția acestor procese pe perioada de operare sau în caz de accident sau tranzienți[5].

Din acest punct de vedere, al studierii proceselor care au loc în unitatea energetică, se pot identifica şi sistemele, structurile şi componentele (SSC) importante sau critice.

Modelările se fac în general cu anumite coduri de calcul, specializate pe diferite tipuri de simulări.

---

[3] **Senzitivitate**. Analiza de senzitivitate are scopul de a testa cât de sensibile sunt, spre exemplu, rezultatele financiare generate de investiție la manifestarea riscurilor menționate.

[4] **Determinist** ≠ stocastic.

[5] **TRANZIÉNT, -Ă** (*Fiz.*) Tranzitoriu. ♦ (*Liv.*) Care trece (repede); trecător, efemer. [Pron. *-zi-ent*, var. *transient, -ă* adj. / cf. engl. *transiens*, it. *transiente*, lat. *transiens* < *transire* – a trece peste].

3. Concluzii

■ Studiile PSA trebuie să se bazeze pe modele, date şi parametrii de fiabilitate specifici instalațiilor energetice analizate.

■ Se prezintă o serie de elemente specifice legate de managementul întreținerii structurilor, sistemelor şi componentelor (SSCs) din unitățile energetice pe baza evaluării riscului (RBM) sau al întreținerii bazate pe asigurarea fiabilității (RCM).

■ Lucrarea descrie şi paşii importanți care trebuie asigurați la determinarea semnificației de risc a evenimentelor anormale. Se prezintă şi o scală de clasificare a unor astfel de evenimente.

■ Sunt incluse aspectele importante ale analizelor probabiliste şi deterministe de evaluare a operării unităților energetice.

■ Sunt indicate şi chestiuni legate de identificarea SSCs din unitățile energetice care necesită întreținere.

BIBLIOGRAFIE

[1] Florescu, G., ș.a., *Proceduri dezvoltate pentru identificarea componentelor importante-critice pentru operarea şi securitatea Unității CNE*, RI- 7220, CONVENȚIA 2956 / 2005, FAZA 08.01.01/2005.

[2] * * * *Assessment And Management Of Ageing Of Major Nuclear Power Plant Components Important To Safety,* Primary piping în PWRs.

[3] Roos, E., Herter, K.H. Schuler, X., *Lifetime Management For Mechanical Systems, Structures And Components În Nuclear Power Plants.*

[4] Nilsson,F., *Risk-Based Approach To Plant Life Management,* Department Of Solid Mechanics, KTH, Royal Institute of Technology, SE-100 44 Stockholm, Sweden.

Drd.Ing. Gheorghe FLORESCU
Cercetător ştiințific, RAAN – *Sucursala de Cercetări Nucleare Piteşti,*
email: gheorghe.florescu@nuclear.ro
Prof.Dr.Ing. Valeriu Nicolae PANAITESCU,
Universitatea ”Politehnica” Bucureşti, Facultatea de Energetică,
membru AGIR
e-mail: valeriu.panaitescu@yahoo.com