



A XV-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2015

PROBLEME ALE SISTEMULUI DE RĂCIRE A ETANȘĂRIILOR POMPELOR PRIMARE DE TRANSPORT AL CĂLDURII LA CNE CERNAVODĂ

Radu GABOR

CNE CERNAVODA PRIMARY HEAT TRANSPORT PUMPS GLAND SEAL COOLING SYSTEM PROBLEMS

Primary Heat Transport Gland Seal Cooling System scope is to provide a high pressure D₂O cooling flow to the primary heat transport pumps seals. The system safety function is to maintain PHT pressure boundary integrity and to prevent radioactivity releases.

Keywords: pumps, gland seal, problems, CNE Cernavodă
Cuvinte cheie: pompe, etanșări, CNE Cernavodă, probleme

1. Introducere

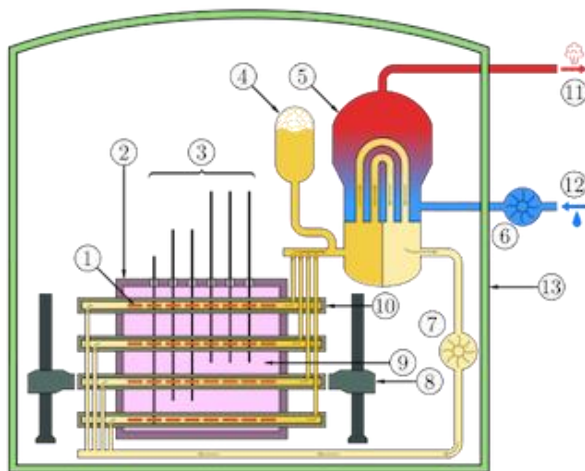
Circulația apei grele²¹ cu presiune și temperatură ridicată prin sistemul primar de transport al căldurii (SPTC) se realizează cu ajutorul a patru pompe primare. Proprietățile fizice între apa grea și apa ușoară sunt prezentate în tabelul 1 (o comparație între proprietățile fizice ale apei grele și apei ușoare).

²¹ **Apa grea** este apă care conține în proporție mult mai mare decât cea normală izotopul deuteriu al hidrogenului sub forma D₂O. Apa grea este utilizată în special ca moderator de neutroni în anumite tipuri de reactoare nucleare printre care și cele de tip CANDU folosite la Cernavodă. Apa grea este un compus chimic similar cu apa obișnuită, în care atomii de hidrogen sunt înlocuiți de deuteriu, un izotop al hidrogenului care conține un proton și un neutron.

Aceste pompe sunt de tip vertical, centrifugale, monoetajate, cu o aspirație și două refulări, cu dublă volută. În carcasa fiecărei pompe este amplasat un sistem de etanșare al axului pompei având scopul de a preveni scăpările de apă grea din circuitul primar.

Rolul sistemului de răcire a etanșărilor pompelor primare este de a asigura la etanșările mecanice ale pompelor circuitului primar un debit de apă grea (D_2O), de răcire, de înaltă presiune.

Funcția de securitate nucleară a sistemului este de menținere a integrității incintei sub presiune a circuitului primar și de prevenire a eliberării de radioactivitate.



Reactorul Canadian pe baza de Deuteriu și Uraniu (CANDU), în care apa grea (D_2O) joacă rolul de moderator și răcitor. Din cauza pierderilor nesemnificative de neutroni în D_2O , reactorul poate folosi uraniul natural drept combustibil.

Fig. 1 Schema unui reactor de tip CANDU

1 - combustibilul de uraniu, 2 - miezul reactorului, 3 - bare de control, 4 - tancul de presiune D_2O , 5 - generatorul de aburi, 6 - pompa de apă, 7 - pompa de D_2O , 8 - alimentare combustibil, 9 - moderator D_2O , 10 - bare de combustibil, 11 - abur către turbine, 12 - apa rece de la turbine, 13 - cămașa reactorului (Credit imagine: Creative Commons)

Tabelul 1

Proprietăți	D_2O (Apă grea)	H_2O (Apă ușoară)
Punct de topire (solidificare) ($^{\circ}C$)	3,83	0,0
Punct de fierbere ($^{\circ}C$)	101,72	100,0
Densitate (la 20 $^{\circ}C$, g/ml)	1,1056	0,9982
Temperatura maximei densități ($^{\circ}C$)	11,6	4,0
Viscozitate (la 20 $^{\circ}C$, centipoise)	1,25	1,005
Tensiune superficială (la 25 $^{\circ}C$, dyn•cm)	71,93	71,97

Căldură de solidificare (cal/mol)	1,515	1,436
Căldură de vaporizare (cal/mol)	10,864	10,515

2. Prezentare generală

2.1 Sistemul de răcire etanșări pompe primare

Pentru răcirea și lubrifierea lagărului pompei și a etanșării este necesar un debit de D_2O rece, curată, la presiune mare.

Circuitul de răcire al etanșărilor pompelor primare este constituit dintr-o "rețea" de conducte, prin care debitul de D_2O , preluat de la refularea pompelor de adaos, este filtrat și distribuit la sistemele de etanșare ale celor patru pompe ale circuitului primar - figura 1.

Această cantitate de apă grea constituie debitul de injecție ce alimentează, în funcționarea normală a sistemului, etanșările pompelor primare.

Debitul de injecție se amestecă cu debitul recirculat de pompă, trece prin schimbătorul de căldură și apoi intră în pompă printr-un racord situat în fața primei trepte de etanșare, deasupra rotorului auxiliar.

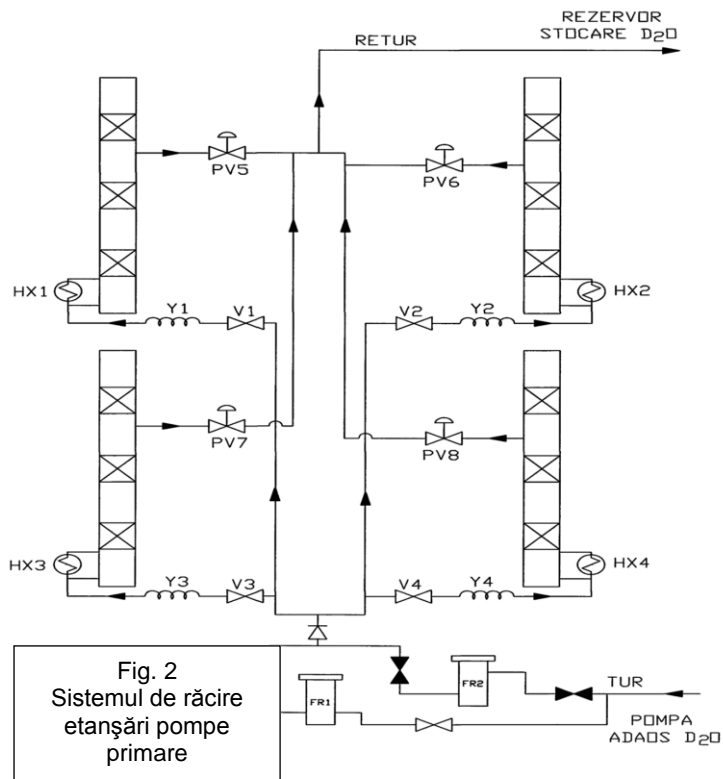
O cantitate mică din acest debit este menținută prin etanșări și realizează lubrifierea și răcirea acestora. Cealaltă fracțiune de debit este antrenată și recirculată de rotorul auxiliar.

Din acesta, o anumită cantitate trece în carcasă, având rolul să împiedice pătrunderea D_2O , cu temperatură înaltă, în cavitatea etanșării și răcirea lagărului pompei.

Restul din debitul D_2O care trece prin treptele etanșării, fie că este regăsit în scurgeri și colectat de la cea de-a treia treaptă în sistemul de colectare D_2O , fie constituie debitul de retur și este evacuat în rezervorul de stocare D_2O , la partea inferioară a acestuia.

2.2 Etanșarea pompelor primare de transport al căldurii

Sistemul de etanșare al pompei este amplasat între carcasa pompei și flanșa de la partea inferioară a suportului motorului. Sistemul de etanșare al fiecărei pompe este format dintr-un rotor auxiliar, 3 trepte de etanșare mecanică înseriate, care sunt amplasate în tandem într-o singură cavitate, și o etanșare de capăt aflată sub flanșa terminală a motorului (la partea superioară a etanșării).



FR1-FR2 - filtre de purificare
 V1-V4 – vane de intrare apă grea în etanșarea pompei
 Y1-Y4 – dispozitive de reducere a presiunii
 HX1-HX4 – schimbătoare de căldură
 PV1-PV4 – vane pneumatice de pe circuitul de retur

Fiecare treaptă de etanșare mecanică este dublată de câte un sistem de laminare, care egalizează pierderea de presiune pe fiecare treaptă a etanșării. Ansamblul etanșare mecanică-sistem de laminare formează o treaptă de laminare.

O etanșare mecanică este formată dintr-o parte fixă, din carbon, aflată într-o incintă, și o parte în mișcare, din tungsten-carbid, montată pe manșon.

Etanșarea se realizează apropiind inelele care formează etanșarea. Se utilizează resorturi ce au funcția de a menține apropiate cele două inele atunci când pompa funcționează la presiune scăzută și

în timpul deplasării pe verticală a axului motorului pompei (modificări de presiune și temperatura în circuitul primar). Căderile de presiune pe fiecare din cele trei trepte de etanșare sunt relativ egale.

Ansamblul etanșării este proiectat astfel încât:

- este posibilă anticiparea defectării oricăreia dintre etanșări prin monitorizarea presiunii și temperaturii apei grele din cavitățile etanșării;

- este realizată redondanța, pompa poate funcționa cu o etanșare defectă oricare ar fi aceasta;

- în cazul defectării a două etanșări, pompa trebuie oprită, iar cartușul de etanșare trebuie înlocuit. Pentru aceasta reactorul trebuie oprit, iar SPTC răcit, depresurizat și drenat.

3. Analiza cauzelor deteriorării etanșărilor

Avarierea etanșărilor mecanice se produce datorită presiunilor diferențiale existente pe treptele etanșărilor și depunerii impurităților, precum și datorită deteriorărilor și distorsiunilor provocate de temperaturile ridicate din timpul funcționării sau în regimurile tranzitorii.

Durata de utilizare a etanșării mecanice este de 6 ani, deși experiența a demonstrat că o etanșare poate fi utilizată mai mult timp (9 ani). Etanșarea demontată se înlocuiește cu altă nouă, testată în prealabil.

O etanșare mecanică defectă este definită ca etanșarea uzată până la limita la care rezistența hidraulică a acesteia se reduce semnificativ.

4. Criteriile de oprire a pompei în caz de defectare a unei etanșări

Criteriile propuse pentru realizarea unei opriri în siguranță în cazul defectării etanșărilor mecanice, înainte de a se produce scăpări de D2O, sunt prezentate în continuare.

- O treaptă de etanșare avariata - pompa primară poate funcționa cu o treaptă de etanșare deteriorate cu condiția unei supravegheri atente a funcționării celorlalte două trepte de etanșare.

- Două trepte de etanșare avariate – în acest caz pompa trebuie oprită imediat.

- Toate treptele de etanșare avariate – acesta este un caz care impune declanșarea reactorului, prin acționarea Sistemului de Opre

Rapidă Nr. 1 (SOR#1). Pompa trebuie oprită imediat, SPTC răcit, depresurizat și drenat, iar ansamblul etanșării înlocuit.

5. Consecințele deteriorării etanșărilor unei pompe primare

În cazul în care toate cele trei trepte ale unei etanșări de la o pompă din SPTC se deteriorează, consecințele sunt:

- apariția scăpărilor de D2O în Clădirea Reactorului cu pericol de contaminare și asupra personalului centralei;
- pierderi de producție, deoarece în acest caz se impune oprirea forțată a reactorului, prin declanșarea Sistemului de Oprerire Rapidă Nr. 1 (SOR#1).

6. Soluții pentru a evita deteriorarea etanșărilor unei pompe primare

Pentru a evita problemele cauzate de defectarea etanșării unei pompe primare în SPTC trebuie ca:

- debitul de apă de răcire la etanșări să fie filtrat corespunzător, într-o cantitate suficientă și la o temperatură/presiune optimă;
- cantitatea de impurități în SPTC trebuie menținută la minimum prin funcționarea eficientă la Sistemului de Purificare al SPTC;
- înlocuirea etanșării trebuie făcută respectând standardele de întreținere și control al calității;
- parametrii etanșării (căderile de presiune pe cele trei trepte, debitul de injecție și temperatura) să fie monitorizați permanent.

BIBLIOGRAFIE

[1] * * * CNE CERNAVODA, *Manual de pregătire de bază pe sisteme "Sistemul de răcire etanșări pompe primare"*.

[2] * * * CNE CERNAVODA, *Schema operațională "Sistemul de răcire etanșări pompe primare"*.

[3] * * * CNE CERNAVODA, *Manual de Proiectare "Sistemul de răcire etanșări pompe primare"*.

Drd. Ing. Radu GABOR

S.N. Nuclearelectrica S.A., Sucursala CNE Cernavodă,
membru AGIR

Universitatea POLITEHNICA din București, Școala Doctorală Energetică

e-mail: r_g_bor@yahoo.com