

---

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
SECONDA SESSIONE 2016 – **SEZIONE A**  
TEMA N. 5: ENERGETICA NUCLEARE

---

Si consideri un reattore di tipo PWR che produce  $P_{th} = 3400MW$  composto da 193 assembly che contengono 264 barre di combustibile ciascuno. Gli elementi di combustibile sono cilindrici e caratterizzati da un diametro  $d_f = 8.192mm$  e da un cladding il cui spessore è  $0.8192mm$ . Il core del reattore è alto  $3.876m$ . Si consideri l'equazione della cinetica punto linearizzata ad un solo gruppo di ritardati per un reattore con  $\beta = 0.0065$  (frazione gruppo di ritardati),  $\lambda_1 = 0.08$  (costante di decadimento gruppo di ritardati) e  $\Lambda = 1 \times 10^{-5}$  (tempo di generazione medio). Inoltre si consideri il modello punto termoidraulico della zona combustibile con densità e calore specifico costanti ( $\rho_f = 10320Kg/m^3$  e  $C_p^f = 320J/KgK$ ). All'istante  $t = 0^-$  il sistema è in equilibrio con  $n(0^-) = n_0$ ,  $\rho(0^-) = 0$ ,  $T_f(0^-) = T_{f0} = 2470K$ ,  $C_1(0^-) = C_{10}$  e  $T_m(t) = T_m(0^-) = T_{m0} = 555.55K$ . Si inietti nel solo istante  $t = 0^+$  una reattività  $\rho_2 = -0.0025$ . Si può modellare tale incremento di reattività nel tempo come

$$\rho(t) - \rho(0^-) = \alpha_{T_f}(T_f - T_{f0}) + \delta(t)\rho_2, \quad (1)$$

con  $\alpha_{T_f} = -5 \times 10^{-5} 1/K$  sempre assunto costante,  $\rho_T(0^-) = 0$  e  $\delta(t)$  la distribuzione Delta di Dirac.

1. Si calcoli il valore di  $n_0$  per il modello punto considerando la seguente formula per la popolazione media  $P_{th} = n_0 \Sigma_f \bar{v} E_r V_f$  con  $E_r = 200MeV$  energia media per fissione,  $V_f$  volume di combustibile e  $1/(\Sigma_f \bar{v}) = \Lambda \nu$  con  $\nu = 2.4$ . Si calcoli il coefficiente di scambio termico medio  $h_{mf}$  per il modello punto usando le temperature date e la  $P_{th}$ .
2. Si scriva le equazioni linearizzate per piccole perturbazioni attorno allo stato iniziale di equilibrio.
3. Usando le equazioni linearizzate al punto precedente si determini, con il metodo delle trasformate di Laplace le funzioni di trasferimento  $Z(s)$  e  $H(s)$  definite come

$$Z(s) = \frac{\tilde{n}}{n_0} / \tilde{\rho} \quad H(s) = \frac{\tilde{\rho}}{\tilde{n}} \quad (2)$$

con  $\rho_T$  controreattività nella temperatura combustibile e  $\rho$  reattività totale.

4. Si determini la soluzione asintotica per  $t \rightarrow \infty$   $n(\infty)$ ,  $\rho(\infty)$ ,  $T_f(\infty)$ ,  $C_1(\infty)$ .
5. Si studi qualitativamente la stabilità in funzione di  $n_0$  considerato come variabile.