
ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2019 - SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 5: ENERGETICA - NUCLEARE

Si consideri un reattore PWR che produce $P_{th} = 3411 MW_{th}$, formato da 193 assembly che contengono 264 barrette di combustibile ciascuno. Gli elementi di combustibile sono cilindrici di diametro $d_f = 8.192 mm$, rivestiti da un cladding di Zircaloy di spessore $0.8192 mm$. Il nocciolo del reattore è alto $h_f = 3.658 m$.

1. Si calcoli il valore della popolazione neutronica n_0 considerando la seguente formula per la popolazione media $P_{th} = n_0 \Sigma_f \bar{v} E_r V_f$, con $E_r = 200 MeV$ energia media per fissione, V_f volume di combustibile. Per semplicità si considerino le barre di combustibile come se fossero formate da U_{92}^{235} puro con densità $\rho_{U^{235}} = 19.1 \times 10^3 kg/m^3$. Si ricorda inoltre che per neutroni termici vale la relazione

$$\bar{v}(m/s) = 437 \cdot \sqrt{E(meV)} \quad (1meV = 10^{-3}eV)$$

2. Per lo studio del reattore con il modello punto si consideri l'equazione cinetica punto linearizzata ad un solo gruppo di ritardati con $\beta = 0.0065$ (frazione gruppo ritardati), $\lambda = 0.08$ (costante di decadimento gruppo di ritardati) e $l = 1 \times 10^{-5}$ (tempo di generazione medio). Inoltre si consideri la presenza di una sorgente di Xe^{135} , un veleno neutronico prodotto dal reattore stesso. Per la modellazione della dinamica del veleno neutronico si consideri che Xe^{135} viene prodotto negli eventi di fissione nucleare con una probabilità γ_{Xe} , decade con costante di decadimento $\lambda_{Xe} = 2.1 \times 10^{-5} s^{-1}$ e si trascuri l'assorbimento di neutroni da parte dello Xe^{135} , per semplicità. All'istante $t = 0^-$ il sistema è in equilibrio con popolazione neutronica $n(0^-) = n_0$, reattività $\rho(0^-) = 0$, concentrazione di ritardati $C(0^-) = C_0$ e concentrazione di Xe^{135} $n_{Xe}(0^-) = n_{Xe,0}$. Al tempo $t = 0^+$ viene introdotta una sorgente esterna costante di veleno q_{Xe} . Per modellare gli effetti dei veleni sul reattore si consideri che essi generino una reattività negativa

$$\frac{d\rho_{Xe}}{dn_{Xe}} = \alpha_{Xe}$$

e che la reattività è nulla quando la concentrazione è nulla.

3. Si scriva il sistema di equazioni linearizzate per il sistema perturbato.
4. Usando le trasformate di Laplace e le equazioni linearizzate ottenute al punto precedente, si calcolino le funzioni di trasferimento $H(s)$, $I(s)$ e $L(s)$, definite come

$$\bar{\rho}_{Xe} = H(s)\bar{q}_{Xe}, \quad \bar{n}_{Xe} = I(s)\bar{q}_{Xe}, \quad \bar{n} = L(s)\bar{q}_{Xe},$$

e si studi la stabilità della funzione $L(s)$ usando il criterio di Routh.

5. Si determinino e commentino le soluzioni asintotiche di $n(t)$, $c(t)$, $\rho_{Xe}(t)$ e $n_{Xe}(t)$ per $t \rightarrow \infty$.
6. Si consideri ora che la sorgente di veleno abbia un andamento temporale $q_{Xe}^1(t) = q_{Xe} \cos(\omega t)$. Si studi la stabilità asintotica per $t \rightarrow \infty$ della nuova funzione di trasferimento $L(s)$ per i valori $\omega = 0, \omega = \infty$ e $0 < \omega < \infty$.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2019 - SEZIONE A

SETTORE INDUSTRIALE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA 5: ENERGETICA - NUCLEARE

	σ_a (barns)	σ_f (barns)	η	ν
U^{233}	578.8	531.1	2.287	2.492
U^{235}	680.8	582.2	2.068	2.418
Pu^{239}	1011.3	742.5	2.108	2.871
Pu^{241}	1377	1009	2.145	2.917

Tabella 1: Dati nucleari a energia termica per nuclidi fissili.

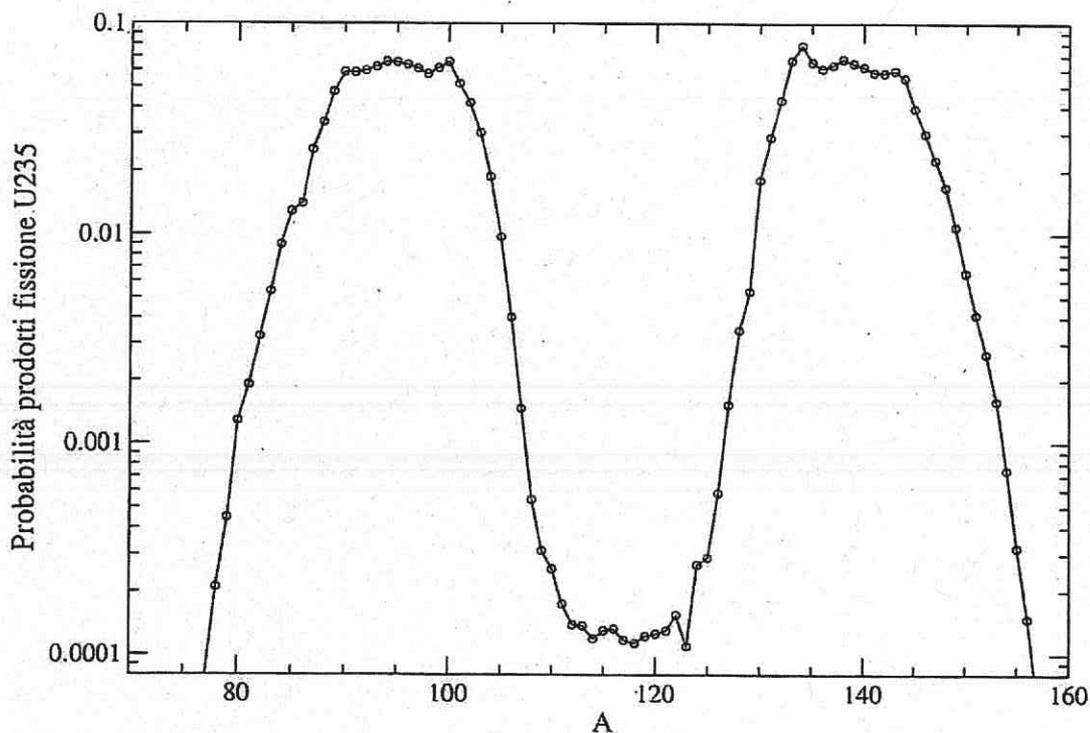


Figura 1: Probabilità di generazione (yield) dei prodotti di fissione di U^{235} in funzione del numero di massa A , per fissioni ottenute con neutroni termici.

7h