

POLITECNICO DI TORINO

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE II SESSIONE - ANNO 1999

Ramo NUCLEARE - Tema N. 1

Si vuole studiare un reattore nucleare sottocritico iniettato da sorgente per la produzione di energia elettrica. La sorgente di neutroni è costituita da un bersaglio sul quale è focalizzato un fascio di protoni prodotti da un acceleratore. Il calore prodotto nel reattore sottocritico, asportato da un fluido refrigerante, tramite uno scambiatore di calore alimenta un ciclo termodinamico a vapore. L'energia elettrica prodotta dall'alternatore viene in parte utilizzata per alimentare l'acceleratore di protoni.

Caratteristiche schematiche delle diverse parti dell'impianto

Acceleratore di protoni. Il dispositivo fornisce protoni di energia $E_p = 1 \text{ GeV}$. La corrente protonica J_p (misurata in protoni s^{-1}) può essere variata in base alle esigenze dell'impianto. L'efficienza dell'acceleratore (intesa come rapporto tra l'energia cinetica fornita ai protoni e l'energia elettrica consumata a tale scopo) vale $\eta_a = 0.1$. L'acceleratore viene alimentato dall'alternatore stesso dell'impianto nucleare.

Reattore sottocritico. Per la presente analisi, il reattore può essere schematizzato come uno slab omogeneo di larghezza $L = 1 \text{ m}$ (esteso tra $x = -L/2$ e $x = L/2$). La distribuzione neutronica nel reattore può essere determinata utilizzando la teoria della diffusione a due gruppi energetici. Fissati i seguenti parametri materiali:

$$\begin{array}{lll} D_1 = 1.8 \text{ cm} & D_2 = 0.3 \text{ cm} & \nu = 2.5 \\ \Sigma_{f1} = 1.5 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-1} & \Sigma_{f2} = 0.01 \text{ cm}^{-1} & \Sigma_1 = 0.01 \text{ cm}^{-1} \\ \chi_1 = 0.8 & \chi_2 = 0.2 & \Sigma_{1 \rightarrow 2} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-1} \\ d_1 = 0 & d_2 = 0 & E_f = 200 \text{ MeV} \end{array}$$

(d_1 e d_2 sono le distanze estrapolate per i due flussi neutronici), la sezione d'urto di assorbimento per i neutroni termici, Σ_2 , viene determinata in modo che la costante di moltiplicazione effettiva del sistema valga 0.97. La sorgente emette neutroni solo nel gruppo 1 e può essere considerata come localizzata alla coordinata x_S , mentre la sua intensità complessiva, S (espressa in neutroni s^{-1}), è determinabile sapendo che ogni protone produce in media un numero $\alpha = 30$ di neutroni.

Ciclo termodinamico. Il refrigerante (piombo-bismuto) asporta il calore prodotto dalle fissioni e, tramite uno scambiatore, fornisce la sorgente di calore per un ciclo a vapore. Il rendimento complessivo del ciclo (comprensivo del rendimento dell'alternatore) vale $\eta = 0.37$.

Domande

1) Supponendo la sorgente neutronica in posizione centrale ($x_S = 0$), determinare la corrente protonica J_p necessaria affinché la potenza elettrica netta generata, P_e , sia di $500 MW$. Determinare inoltre la potenza prodotta dalle fissioni, P_f , la potenza P_a assorbita dall'acceleratore e il rendimento complessivo dell'impianto. Disegnare su carta millimetrata il grafico della distribuzione della densità di fissioni nel core del reattore (fissioni per cm di slab).

2) Determinare la variazione di potenza elettrica prodotta dall'impianto quando la posizione x_S della sorgente sia variata tra $-L/2$ e $L/2$, tenendo fissa la corrente protonica J_p determinata come richiesto al punto 1. Disegnare su carta millimetrata il grafico della potenza generata in funzione di x_S (considerando un numero adeguato di punti).

3) Discutere le problematiche relative alla sicurezza dell'impianto sopra descritto.