Appunti di Fisica del Reattore nucleare

Ing. Giorgio Bertucelli - (file scaricato da http://www.extrabyte.info)

1 Reattori con riflettori. Gruppi di diffusione

La presenza di un riflettore cambia considerevolmente lo spettro di energia neutronica nelle vicinanze del confine core-riflettore rispetto a quello, quasi uniforme, di un reattore spoglio.

Un modo di semplificare l'analisi del rallentamento dei neutroni è suddividere in gruppi di energia l'intervallo da 2 MeV a 0,025 eV. Inizieremo però considerando che tutti i neutroni siano isoenergetici. In tal caso allora

$$K_\infty = \eta f \tag{1}$$

perché $p = 1$ e $\varepsilon = 1$. L'equazione di diffusione (pedice c = core e pedice r = riflettore) per il core è:

$$D_c \nabla^2 \Phi_c - \Sigma_a \Phi_c + k \Sigma_a \Phi_c = 0 \tag{2}$$

dove $k\Sigma_a \Phi_c$ è il termine di sorgente e

$$k = \frac{\text{neutroni prodotti}}{\text{neutroni assorbiti}}$$

Segue

$$\nabla^2 \Phi_c + (k-1) \frac{\Sigma_a}{D_c} \Phi_c = 0 \Longrightarrow \nabla^2 \Phi_c + B_c^2 \Phi_c = 0 \tag{3}$$

essendo

$$B_c^2 = (k-1) \frac{\Sigma_a}{D_c} \tag{4}$$

il buckling critico, ovvero

$$B_c^2 = \frac{k-1}{L_c^2} \tag{5}$$

in cui L_c è la lunghezza di diffusione nel core. L'espressione più generale del buckling critico è:

$$B_c^2 = \frac{k-1}{M_c^2} \tag{6}$$

con

$$M_c^2 = L_c^2 + \tau$$

e $\tau = 0$ per neutroni isoenergetici. Assunto il riflettore non moltiplicante si ha e posto L_r = lunghezza di diffusione nel core

$$D_r \nabla^2 \Phi_r - \Sigma_{a_r} \Phi_r = 0 \Longrightarrow \nabla^2 \Phi_r - k_r^2 \Phi_r = 0 \quad \text{con } k_r = \frac{1}{L_r^2} = \frac{\Sigma_{a_r}}{D_r} \tag{7}$$

Supponiamo di ricondurci a geometrie unidimensionali. Ripetiamo l'equazione del flusso $\Phi_c(x)$

$$\Phi_c(x) = A \cos B_c x + C \sin B_c x \tag{8}$$

Poiché il flusso è simmetrico sarà $C = 0$. Quindi

$$\begin{cases} \Phi_c(x) = A \cos B_c x \\ \Phi_r(x) = A_1 \cosh k_r x + C_1 \sinh k_r x \end{cases}$$

le condizioni al contorno sono (fig. 1):

$$\Phi_r\left(\frac{H}{2}+T\right)=0, \quad \Phi_r\left(\frac{H}{2}\right)=\Phi_c\left(\frac{H}{2}\right), \quad D_c\left(\frac{d\Phi_c}{dx}\right)_{H/2}=D_r\left(\frac{d\Phi_r}{dx}\right)_{H/2} \tag{9}$$

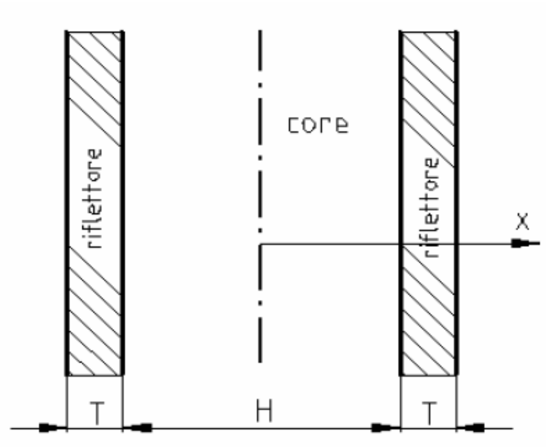

Figura 1: Caso unidimensionale.

Mediante la prima delle (9) si perviene a

$$\Phi_r\left(x\right)=C\sinh k_r\left(\frac{H}{2}+T-x\right) \tag{10}$$

dove C è una nuova costante arbitraria, e sfruttando le altre due si ha

$$D_cB_c\tan B_c\frac{H}{2}=D_rk_r\coth k_rT \tag{11}$$

Questa equazione trascendente è l'equazione critica per un reattore piano, infinito, con riflettore e per il gruppo neutronico isoenergetico (un solo valore d'energia). Poiché D_c, B_c, D_r , k_r possono essere noti dalle dalle proprietà del combustibile, del riflettore e del moderatore la (11) fornisce la dimensione critica H per un spessore T del riflettore. Per $T=0$ si ha:

$$\coth 0=\infty \underset{\text{eq. (11)}}{\Longrightarrow} \tan B_c\frac{H}{2}=\infty\Longrightarrow B_c\frac{H}{2}=\frac{\pi}{2}\Longrightarrow H=\frac{\pi}{B_c}$$