

PHYS-E6463 Ydinreaktoritekniikan perusteet, tentti 16.12.2013

Sallitut apuvälineet: laskin ja jaettu moniste ”Reaktorifysiikan matemaattisia apuneuvoja”.

1. Selitä lyhyesti käsitteet

- | | | |
|---------------------|------------------------|---------------------|
| a) radioaktiivisuus | b) fissioituva ydin | c) itsevarjostus |
| d) ksenonmyrkytys | e) alijäähtynyt kiehua | f) SAHARA-periaate. |

2. Esitä esim. kaavakuvana *äärellisen* termisen reaktorin neutronikierto sukupolvesta seuraavaan lähtien liikkeelle tilanteesta, jossa reaktorissa on n_0 termistä neutronia. Heterogeenisuuden vaikutuksia ei tarvitse huomioida. Millä ehdolla reaktori on kriittinen?

3. Reaktiivisuuden kerkeään lämpötilakertoimeen α_{prompt} vaikuttaa lähinnä lämpötilan T mukana muuttuva resonanssinvälttämistodennäköisyys p . Sille on empiirisesti osoitettu kaava $p = \exp(-N_F V_F I / \zeta_M \Sigma_{sM} V_M)$, missä ainoastaan resonanssi-integraali $I = I(300\text{K}) \cdot (1 + \beta_I [\sqrt{T} - \sqrt{300\text{K}}])$ riippuu lämpötilasta (β_I on polttoaine-elementtien dimensioista ja materiaaleista riippuva taulukoitu suure).

a) Lähtien lämpötilakertoimen määritelmästä $\alpha = d\rho/dT$ johda lauseke α_{prompt} :lle.

b) Mihin kasvutekijän k termeihin nestemäisen vesimoderaattorin lämpötila vaikuttaa, ja mikä niistä yleensä hallitsee moderaattorin lämpötilakerrointa α_{mod} ?

c) Mikä on kolmas, erityisesti kiehumusreaktoreissa reaktiivisuuteen vaikuttava lämpötilatakaisinkytkentä, ja minkä kasvutekijän termin kautta se pääasiassa vaikuttaa?

4. Pieni PWR on käynnissä termisellä teholla 485 MW. Reaktorin sydän on halkaisijaltaan 1920 mm ja korkeudeltaan 2330 mm. Polttoainesauvoja on 23142 kpl ja ne ovat neliöhilassa, jonka hilavakio (pitch) on 11 mm. Suojakuoren paksuus on 0,5 mm ja sisähalkaisija 7,5 mm. UO₂-polttoaine on väkevyydeltään 3,40 p-%. Jäähdytteen sisääntulolämpötila on 258°C ja massavirta 4300 kg/s, ja sen ominaisuudet ovat: paine 13,9 MPa, ominaislämpökapasiteetti $c_p = 4970 \text{ J}/(\text{kg}^\circ\text{C})$, tiheys $\rho = 778 \text{ kg}/\text{m}^3$ ja viskositeetti $\mu = 1,03 \cdot 10^{-4} \text{ kg}/\text{ms}$.

a) Mikä on keskimääräinen tehotiheys?

b) Mikä on keskimääräinen lineaariteho?

c) Mikä on reaktorisydämeestä poistuvan jäähdytteen keskilämpötila?

d) Mikä on keskimääräinen jäähdytteen virtausnopeus (m/s)?

e) Mikä on keskimääräinen Reynoldsin luku $Re = (D_e v \rho) / \mu$? D_e on virtauskanavan ekvivalentti halkaisija $D_e = 4A_c / p_{\text{wet}}$, missä A_c on poikkipinta-ala ja p_{wet} on virtauskanavan märkä piiri.

f) Mitä Reynoldsin luvusta voidaan päätellä?

5. Piirrä painevesireaktorilla varustetun sähkövoimalaitoksen periaatekaavio pääpiirteissään ja selosta eri pääkomponenttien toiminta lyhyesti.