

## Simulacija dinamike reaktorja TRIGA v okolju Unreal Engine 4

. . .

Jan Malec

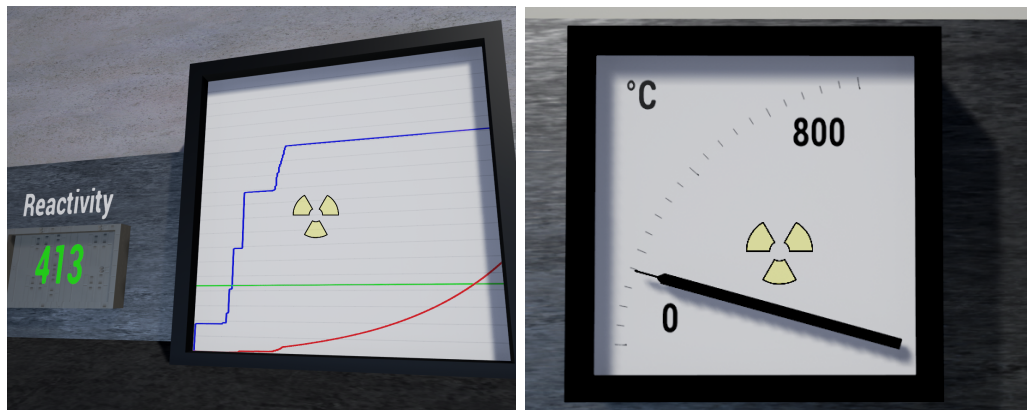
Cilj projekta je konstrukcija simulatorja jedrskega reaktorja tipa TRIGA v 3D okolju, ki bo omogočal izvajanje eksperimentov ter izobraževanje študentov in bodočih operaterjev. Na sliki 4.1 sta prikazana modela merilnika temperature in rekorderskega papirja. Dinamiko reaktorja v modelu, uporabljenem v simulatorju, določajo enačbe točkovne kinetike, ki jih numerično rešujem z Eulerjevo metodo. Pri izračunih sem upošteval šest grup zakasnelih nevtronov (Bell, 1970):

$$\begin{aligned} \frac{dP(t)}{dt} &= \frac{\rho(t) - \beta}{l} P(t) + \sum_{i=1}^6 \lambda_i C_i(t), \\ \frac{dC_i(t)}{dt} &= \frac{\beta_i}{l} P(t) - \lambda_i C_i(t), \quad i = 1, \dots, 6. \end{aligned} \tag{4.1}$$

V sistemu enačb je edina spremenljiva vrednost  $\rho(t)$ , ki se spreminja zaradi temperaturnih efektov, predvsem Dopplerjeve razširitve resonanc za absorpcijo v gorivu  $^{238}\text{U}$  in pomika termičnega spektra k višjim energijam. V vsakem iteracijskem koraku se vrednost  $\rho(t)$  izračuna kot:

$$\rho(t) = \rho_0 - \alpha T = \rho_0 - \frac{d\rho}{dT} T, \tag{4.2}$$

kjer  $\rho_0$  označuje vstavljeno reaktivnost,  $\alpha$  pa je temperaturni koeficient reaktivnosti, ki je v tem modelu konstanten. Gretje sredice je adiabatsno, ohlajanje pa modelirano s preprostim prenosom toplote iz sredice reaktorja v vodo. Fizikalni model še razvijam in vanj uvajam še druge izboljšave, kot so točne integralne krivulje kontrolnih palic, zastрупitev s fisijskimi strupi, gretje bazena reaktorja in aktivno hlajenje. Od drugih simulacij, ki temeljijo na reševanju enačb točkovne kinetike, se razlikuje po tem, da ne obravnava le enega efekta, temveč cilja na celotno izkušnjo upravljanja z jedrskim reaktorjem v realnem času. Časovni korak pri računanju enačb točkovne kinetike ni odvisen od hitrosti grafične simulacije.



Slika 4.1: Simulacija rekorderskega papirja na levi sliki ter analognega prikazovalnika temperature na desni.

## Literatura

Bell, George I. (1970). *Nuclear Reactor Theory*. University of California, Los Alamos Scientific Laboratory, New York.