



ELTE TTK

REAKTOR ÜZEMELTETÉSI GYAKORLAT

*Olar Alex*

2018

## **Kivonat**

A mérés célja az volt, hogy megismerkedjünk a reaktor üzemeltetéshez szükséges berendezésekkel. Ezek közé tartoznak a biztonságért felelős és mérő műszerek is. A gyakorlat során elindítottuk az öfenntartó láncreakciót és kritikussá tettük a reaktort, valamint vészleállást is kivitelezünk.

## **Tartalomjegyzék**

<b>I. Elméleti összefoglaló</b>	<b>2</b>
<b>II. Mérési feladatok, a mérés menete</b>	<b>3</b>
<b>III.Összefoglalás</b>	<b>5</b>

# I. Elméleti összefoglaló

A termikus reaktorok  $^{235}\text{U}$ -ös uránnal üzemelnek, amit dúsítani kell, hiszen a természetben ezen urán izotóp részaránya 0.7%. Maghasadáskor nagy energiás neutronok keletkeznek, amelyeket termikussá kell tenni, hiszen ekkor a hasító hatáskeresztmetszetük nagyságrendekkel nagyobb. Ezt a célt szolgálja a moderátor anyag, ami a BME tanuló reaktorában  $\text{H}_2\text{O}$ , azaz víz. Ezen felül a reaktorban grafit reflektorok is találhatóak, amelyek nem moderálnak, hanem a reaktorból kiszökő neutronok számát hivatottak csökkenteni.

Az önfenntartó láncreakció jellemzésére szolgál a kritikuság számszerű jellemzése. Ehhez először bevezetjük a négyfaktor formulát

$$k_{eff} = \epsilon \cdot p \cdot f \cdot \eta \cdot P$$

ahol  $\epsilon$  a gyorsneutronok által okozott  $^{238}\text{U}$  hasadások járuléka,  $p$  a rezonancia tényező, ami a neutron befogást jellemzi,  $f$  a termikus neutronok hasadásba lépő százalékos arányát jellemzi,  $\eta$  a termikus neutronhozam, végül  $P$  a kilépési tényező, ennek csökkentése szolgál a grafit reflektor réteg.

Ha  $k_{eff} < 1$ , a reaktor szunkritikus, ha nagyobb, akkor szuperkritikus, ha az értéke 1 akkor a reaktor kritikus.

Az ettől való relatív eltérés jellemzésére szolgál a reaktivitás

$$\rho = \frac{k_{eff} - 1}{k_{eff}}$$

A láncreakció kritikussá tételéhez elengedhetetlenek a késő neutronok, hiszen kockázatos, ha a reaktort már a prompt neutronok is kritikussá tehetik. Ezért érdemes bevezetni a  $\frac{\rho}{\beta_{eff}}$  arányt, ahol  $\beta_{eff}$  a késő neutronok részaránya. Ennek 'mértékegysége' a \$. Az Oktatóreaktor maximális reaktivitása 0.8\$ körüli.

További biztonsági funkció, hogy a reaktor alulmoderált, azaz ha hirtelen felfutna a láncreakció önmagát leállító módon üzemel, hiszen a felmelegedő moderátor anyag sűrűsége csökken így közvetlenül csökken ennek hatására az effektív sokszorozási tényező, hiszen kevesebb termikus neutron lesz.

Érdemes még megemlíteni, hogy az Oktatóreaktor maximális teljesítménye 100kW, és még közel 10 évig biztosan van engedélye az üzemelésre így ezentúl is további diákok látogathatják a létesítményt laborgyakorlat keretében.

## II. Mérési feladatok, a mérés menete

A mérés során először meghallgattunk egy előadást a reaktorról, annak történetéről és felépítéséről, valamint átbeszéltük, hogy milyen detektorokkal üzemel a reaktor.

Két fős csoportokban indítottuk el a reaktort, vittük fel a reakciót különböző teljesítményekig, majd állítottuk azt le. Az utolsó csoport elment egészen  $100\text{ kW}$ -ig. Az indítás során több dologra figyelni kell. Először a biztonsági rudakat kell kiemelni, hogy a reakció egyáltalán elindulhasson. Ezután a szabályozó rudakat állítottuk amiből két fajta volt, egy kézi és egy automata rúd. Ezeket manuálisan állította a mérőpár egyik tagja, miközben két műszert figyelt. Ezen műszerek jelezték a beütések számát másodpercenként (pps - pulses per second). Ezek a két impulzus üzemű detektorhoz ( $I_1$ ,  $I_2$ ) vannak kötve. Később a periódusidő leolvasására szolgáló kijelzőt is használtuk.

Először  $1\text{ W}$ -ig ment fel a reaktoral az első csoport, ekkor a kritikuság elérése során átkapcsolták a szabályozó rudak állítását automata üzemmódba, amikor is az automata szabályozó rudat már a rendszer állítja, hogy kritikus állapotban tartsa a reakciót. Először behelyezték a neutron forrást, ami a reakció beindításához szükséges, majd ezt  $10\text{ W}$ -nál el is távolítottuk. A mért szabályozó rúd pozíciók  $1\text{ W}$  teljesítményen, a forrás jelenlétében, miután beállt az egyensúlyi helyzet

Automata rúd [mm]	Kézi rúd [mm]
429	400

Ezután leállították a reakciót, egy másik csoport pedig a forrás jelenlétében elvégezte az előbbi műveleteket. Ekkor már  $10\text{ W}$ -ra kellett felvinni a reaktor teljesítményt. A kritikus szint elérésekor első a forrás jelenlétében ugyanazokat a rúd pozíciókat kaptuk, hiszen csak a teljesítmény változott.

Automata rúd [mm]	Kézi rúd [mm]
429	400

$I_1(\text{pps})$	$I_2(\text{pps})$
$10^4$	$2.2 \cdot 10^4$

Ezután a kézi rudat felvittük egészen  $460\text{ mm}$ -ig, miután az automata rúd beállt  $316\text{ mm}$ -re. Mindezt a forrás jelenlétében.

Majd miután kivettük a forrást

Automata rúd [mm]	Kézi rúd [mm]
364	460

Ekkor leolvastuk a kétszerezési időt, amelyből a rudat értékesége  $11.95\text{ cent}$ -nek adódott.<sup>1</sup>

Ezután felvittük a teljesítményt  $100\text{ W}$ -ra egy teljes leállítás után, amit a kadmium rudak beejtésével értünk el, itt már a forrást eltávolítottuk. Ekkor a mért adatok

---

<sup>1</sup>Itt sajnos elfelejtettük felírni, hogy mekkora volt ez az idő, talán  $5.95\text{ s}$ , de nem tudom elolvasni a lapra felírtakat.

Automata rúd [mm]	Kézi rúd [mm]
471	400

$I_1(pps)$	$I_2(pps)$
$1.2 \cdot 10^5$	$2.2 \cdot 10^6$

A rudak értékesége ekkor 5.97 *cent*-nek adódott, amihez 127 s kétszerezési idő tartozott. Ezeket az adatokat a helyben biztosított táblázatokból olvastuk ki. Ezután elkezdettük a teljesítményt léptetni, hogy meg tudjuk vizsgálni a detektorokban a beütésszám bizonyos szintig lineáris változását. Az egyik detektor egy ionizációs kamra elvén működik, tehát amíg proporcionális üzemmű, addig a beütésszámmal egyenesen arányosan nő a teljesítmény is, ez jól látszik 200 *W*-os és 1 *kW*-os üzemnél.

$I_1(pps)$	$I_2(pps)$
$2.2 \cdot 10^5$	$4.4 \cdot 10^5$

$I_1(pps)$	$I_2(pps)$
$1.2 \cdot 10^6$	$1.1 \cdot 10^6$

Az utóbbi esetben a szabályozó rudak 337 mm (automata), 460 mm (kézi). Viszont ezt a lineáris tulajdonságot, már 2 *kW*-nál sem produkálja a rendszer az előbbi okok miatt. Végül 10 *kW*-nál a rudak állása az előbbi sorrendben, rendre, 400 és 483 mm. Ekkor sétáltunk ki a reaktor tetejére, hogy megszemléljük a Cserenkov-sugárzást élőben is, majd később kamerával is beláttunk a reaktor térbe.



### III. Összefoglalás

Az idei laboratóriumi mérések mégha kifejezetten csak nehezítik is egy végzős hallgató mindennapjait, a mostani mérések kifejezetten értelmesek és hasznosak. Ezt a gyakorlatot egy élmény volt végigcsinálni. Maradandó emlék marad, amikor kamerával ténylegesen láttuk, hogy a reakció hirtelen leálltával megszűnik a Cserenkov-sugárzás.