10. Előadás: Hatásfok, biztonság javításának technikái a nukleáris energetikában. Negyedik generációs atomerőművek 2025-2030-tól.

10.1. Hatásfok, biztonság javítás technikái a nukleáris energetikában

10.1.1. Elektromos energia előállítás hatásfokának növelése: revoluciós rendszerek,

10.1.2. A reaktor kimenő teljesítményének szabályozhatósága, elektromos energia előállítás költség csökkentése.

10.1.3. Nukleáris hulladékok tárolásának megoldása. (Bátaapáti, Boda)

10.1.4. Konténment erősségének növelése. Passzív védelemre alapozódó új reaktorok kialakítása.

10.1.5. Az alkalmazott üzemanyagot, vagy annak „termékét” minél kevésbé lehessen atomfegyver előállítására használni. Tenyészanyagként tórium használata.

10.1.6. Zárt üzemanyagciklus megvalósítása, Reprocesszálás: a kiégett fűtőelem feldolgozását, és a benne maradt (235U), illetve az üzem során képződött (239Pu, 241Pu) hasadóanyagok újrahasznosítását jelenti.

10.1.7. Radiotoxicitás jelentős csökkentése. Transzmutáció (felezési idő csökkentése, aktinidák megsemmisítése).

10.1.8. Nemzetközi ellenőrizhetőség növelése. Fenntartható atomenergia-rendszer nemzetközi megvalósítása.

10.2. Negyedik generációs atomerőművek 2025-2030-tól.

(Generation IV International Forum - GIF http://www.gen-4.org/)

10.2.1. *Gázhűtésű gyorsreaktor Gas-Cooled Fast Reactor-GFR*; Hűtőközeg: He gáz; Üzemanyag: UPuC/SiC, zárt üzemanyagciklus; Termikus teljesítmény. 600 MW; Hűtőközeg hőmérséklet: 490-850 ^{o}C; elektromos energia, vagy hidrogén gáztermelése; hatásfok 48 %. http://en.wikipedia.org/wiki/Gas-cooled_fast_reactor

10.2.2. *Ólomhűtésű gyorsreaktor (Lead-cooled fast reactor-LFR)* Hűtőközeg: Pb-Bi, vagy Pb; Üzemanyag: UPu fém, vagy nitrid, zárt üzemanyagciklus; Termikus teljesítmény. 125-3600 MW; Hűtők hőmérséklete: 550-800 ^{o}C; Elektromos energia és hidrogén gáz termelésére alkalmas. Kis és nagy erőművi formában egyaránt készítik már.
http://en.wikipedia.org/wiki/Lead-cooled_fast_reactor

10.2.3. *Sóolvadék közegű reaktor (Molten salt reactor – MSR)* Hűtőközeg és üzemanyag: UPu-fluorid tartalmú sóolvadék, Th fertilis anyaggal, zárt üzemanyagciklus; Elektromos teljesítmény. 1000 MW; Hűtők hőmérséklete: 565-850 ^{o}C; Sóolvadék gőze nagyon alacsony nyomású; Elektromos energia és hidrogén gáztermelése egyaránt; Jó konverziós tényező. Alkalmas aktinidák átalakítására, transzmutációra.
http://en.wikipedia.org/wiki/Molten_salt_reactor

10.2.4. *Nátrium hűtésű gyorsreaktor (Sodium-Cooled fast Reactor or SFR):* Üzemanyag: U/Pu fém, vagy oxid tartalmú só. Zárt üzemanyagciklus: átalakítja az aktinidákat, Pu; Termikus teljesítmény. 1000-5000 MW; Hűtőközeg hőmérséklete: 530-550 ^{o}C; Nyomás alacsony 1 bar körüli; Jó konverziós tényező, akár 1,3. http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium-cooled_fast_reactor

10.2.5. *Szuperkritikus vízhűtésű reaktor (Supercritical-Water-Cooled_Reactor - SWCR)* Hűtőközeg: könnyűvíz; Üzemanyag: Hasonló a PWR üzemanyaghoz; Hőmérséklet és nyomás a kritikus ont felett:>374 p,> 22 MPa, ha nincs forráskrízis; gőzleválasztók, gőzfejlesztők feleslegesek; Termikus és gyors reaktor; Hatásfok 44 %; Jó konverziós tényező, akár 1,3.
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Supercritical-Water-Cooled_Reactor.svg

10.2.6. *Nagyon magas hőmérsékletű reaktor (Very High Temperature Reactor - VHTR)* A HTGR továbbfejlesztése. Üzemanyag: urán+plutónium. Gázhűtésű reaktor, akár 1000 C hőmérsékletű közeggel. Elektromos energia és hidrogén gáztermelésére. Hatásfok 50 % felett.
http://blogs.princeton.edu/chm333/f2006/nuclear/2007/01/the_very_high_temperature_reactor_vhtr.html; http://www.gen-4.org/Technology/systems/vhtr.htm

10.3. A 21. század első negyedében épülő új reaktorok, atomerőművek.
https://infogr.am/atomenergia-a-vilagban

10.3.1. A világon jelenleg működő atomerőművek, reaktorok. A legfrissebb, 2013. januári adatok szerint a világon összesen 435 darab működő atomreaktor van. Ezek összesen évente 2518 milliárd kWh elektromos energiát állítanak elő, és 67999 tonna urániumot igényelnek a világon. 65 reaktor van éppen felújítás alatt. 167 reaktort terveznek megépíteni 8-10 éven belül, és még további 317 van tervben 15 éven belül a világon.

10.3.2. Oroszország. ROSATOM, VVR 1200; Oroszországban 2020-ra 50 GW; 2050-re 100 GW lesz az atomerőművek teljesítménye. Orosz AE: Bulgáriában, Csehországban, Finnországban, Indiában, Iránban, Kínában, Magyarországon, Örményországban, Szlovákiában és Ukrajnában

10.3.3. USA Westinghouse AP1000,

10.3.4. Kína, CAP1000, CAP1400; Most 17 GW, most 28 reaktort építenek 2030-ra 140 GW

10.3.5. Dél-Kórea, 2035-re 10 db APR1400 lesz. Exportál Arab Emirátusokba 4 db APR-1400-et.

10.3.6. India 2020-ra 20 GW, 2032-re 63 GW teljesítményt akar elérni AE-ből.

10.3.7. További országokban épülő ae-k: Fehéroroszországban két AES-2006 VVER épül. Törökországban Akkuyu-ban négy, egyenként 1150 MW teljesítményű AES-2006 VVER épül. Bangladesi Roopur-ban két AES-92 VVER reaktor készül.

10.3.8. Jelenleg tervek beruházások indítására. Vietnamban (2x1200 AES-2006 VVER), Jordániában (2x1000 MW AES-92 VVER) és Törökországban (4x1100 MW japán-francia ATMEA blokk). Egyesült Arab Emirátusok (még 10 blokk), Vietnam (12), Lengyelország (2), Kenya (2), Kazahsztán (2), Malaysia (2), Marokkó (2). Egyiptom (2-4), Szaud-Arábia (16), Namíbia és Indonézia. Új blokkokat terveznek Argentínában (3), Magyarországon (2), Csehországban (2), Brazíliában (1) és Bulgáriában (1) is.

Hivatkozások:

[1] „Mitől függ az atomenergetika jövője”, **Aszódi-Fizikai Szemle 2002.pdf**

[2] „Az atomenergia helyzete a világban - 2014: konszolidáció és növekedés” **Atomenergia helyzete a világban-2014.pdf**

PTE Fizikai Intézet, Számítógépes Fizika Tanszék, Német Béla tananyagai

[3] Ipari technológiák 9. előadás http://www.physics.ttk.pte.hu/pages/munkatarsak/nemetb/NB-web-4-tantargyak-KorFiz-II.htm

Pécs, 2015. április 08.
Összeállítottal dr. Német Béla