

Vývoj jaderných reaktorů a jejich budoucnost

R. Čapík

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1

capikrad@fjfi.cvut.cz

Abstrakt

V úvodu článek ve stručnosti shrnuje počátky jaderné energetiky a impuls jejího rozvoje. Dále je diskutován současný vývoj, který je ovlivněn jadernými haváriemi, a v závěru jsou naznačeny možnosti dalšího vývoje do budoucna, kde jaderná energetika bude představovat jedno z možných řešení.

1 Úvod

Když byla v roce 1905 poprvé prezentována speciální teorie relativity, ve které se objevil i notoricky známý vztah $E = mc^2$ udávající přímý vztah mezi hmotou a energií, jen málokdo si dovedl představit, že je vůbec možné tak velké množství energie z hmoty nějakým způsobem uvolnit. To se v plné míře povedlo o 40 let později při odpálení první jaderné bomby. Po druhé světové válce se však naštěstí objevily i možnosti mírového využití jaderné energie.

2 Minulost

Od roku 1932, kdy byl J. Chadwickem objeven neutron a v roce 1938 i možnost štěpení izotopu uranu ^{235}U německými vědci O. Hahnem a F. Strassmanem, vedla ke spuštění prvního jaderného reaktoru krátká cesta. Vedením projektu byl pověřen italský fyzik Enrico Fermi a 2. prosince 1942 se mu podařilo pod tribunami nepoužívaného univerzitního stadionu dosáhnout kritického stavu. První jaderný reaktor byl velmi primitivní a skládal se z 57 vrstev přírodního uranu a grafitu, který sloužil jako moderátor neutronů. K řízení štěpné řetězové reakce byla použita kadmiová tyč. [1]

Bohužel se tak stalo v době druhé světové války a získané znalosti byly použity k sestrojení atomové bomby. První test s názvem Trinity proběhl 16. července 1945. Krátce na, 6. a 9. srpna, byly dvě atomové bomby svrhnuty na japonská města Hirošima a Nagasaki. Po ukončení druhé světové války probíhalo v 50. a 60. letech intenzivní jaderné testování. Své atomové bomby zkonstruovaly také Francie, Velká Británie a Sovětský svaz, později i další země jako je Čína, Indie, Pákistán nebo Jihoafrická Republika. [2]

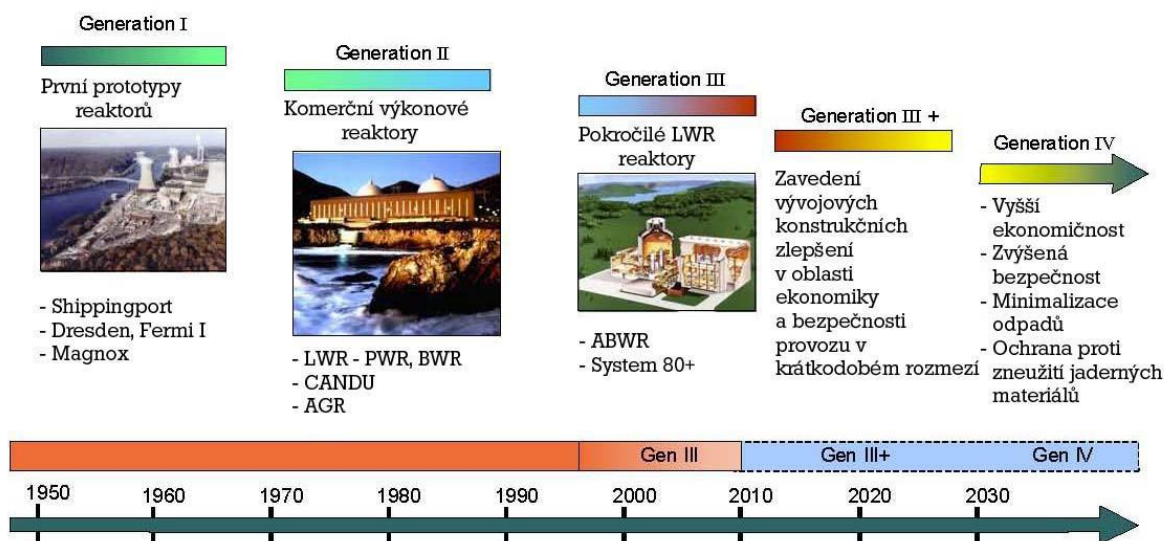
Za první využití jaderné energie pro mírové účely lze počítat rok 1951, kdy se povedlo v laboratořích v Idaho poprvé povedlo vyrobit elektřinu pomocí jaderného reaktoru. První komerční elektrárna byla spuštěna v roce 1954 v ruském Obninsku. V roce 1956 spustila první jadernou elektrárnu i Velká Británie a Francie. V 60. letech se začínají spouštět jaderné elektrárny také v ostatních zemích. Jednalo se o tzv. I. generaci reaktorů, které byly většinou různé prototypy a v současné době jsou již všechny bezpečně odstaveny. [2], [3]

Prudký rozvoj nastal koncem 60. a počátkem 70. let, kdy bylo v USA uváděno do provozu několik jaderných elektráren ročně. Narůstající tendence pokračovala až do let osmdesátých, kdy jadernou energetiku ochromily dvě nehody, jednak na americké elektrárně Three Mile Island v roce 1979 a jednak na čtvrtém bloku Černobylské jaderné elektrárny v roce 1986.

V 90. letech se dá hovořit spíše o stagnaci. Reaktory spuštěné od konce 60. let až do konce let devadesátých nazýváme II. generací, která čerpá ze zkušeností I. generace a nese se především ve znamení zvyšování výkonu jednotlivých reaktorů. [3]

3 Současný vývoj

V současné době je dle databáze PRIS (Power Reactor Information System) [4] v provozu 436 jaderných energetických reaktorů, téměř všechny lze zařadit do II. generace. V provozu je však již několik jednotek, které můžeme zařadit do III. generace, která je především charakterizována standardizovanými projekty, zvýšenou bezpečností a také spolehlivostí. Všechny tři reaktory, které jsou vybírány pro dostavbu jaderné elektrárny Temelín již patří do III. generace. I když jadernou energetikou silně otřásla nehoda na japonské jaderné elektrárně Fukušima, lze očekávat stálý růst počtu reaktorů. Velkou zásluhu na tom má Indie a Čína, ve kterých jsou plánovány desítky nových reaktorů a mnohé z nich se již staví. V USA a Evropě lze očekávat spíše stagnaci, jelikož se některé státy (např. Německo, Itálie) rozhodli po nehodě na jaderné elektrárně Fukušima přehodnotit svůj jaderný program. Další státy, které chtěli jadernou energetiku rozvíjet jako nový zdroj energie, nyní váhají. [2], [5]



Obr. 1 - Generace jaderných reaktorů [5]

4 Budoucnost

Kromě nasazení reaktorů IV. generace, které by měli přinést další zvýšení v bezpečnosti, účinnosti i výkonu, bude potřeba řešit otázku zásob jaderného materiálu [6]. Při současné intenzitě využívání izotopu uranu ^{235}U v jaderných reaktorech se odhadují světové zásoby na příštích 100 let. Tento fakt je častým argumentem zelených odpůrců jaderné energie. Řešením přinášejí tzv. rychlé množivé reaktory, ve kterých je možné získat větší množství paliva, než je ve výsledku spotřebováno [3]. Nové palivo je získáváno záchytem neutronu na izotopech uranu ^{238}U , ze kterého dvojnásobným beta rozpadem vzniká plutonium ^{239}Pu , které je možné použít právě jako palivo místo uranu ^{235}U . Další možnost využití thoria ^{232}Th , ze kterého je možné získat izotop uranu ^{233}U , který je také štěpitelný. Jelikož je uran v zemské kůře tvořen z 99,726 % tvořen izotopem ^{238}U , je možné získat dostatečné množství ^{239}Pu , jehož zásoba by

vystačila dle odhadů na příštích 1000 let. Do té doby bude jistě objeven a do průmyslové podoby zdokonalen nový zdroj energie. Zatím se jako nejpravděpodobnější jeví využití termojaderná fúze [2], [6]

5 Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za vedení fyzikálního semináře, který nám studentům umožnil prezentovat spoustu zajímavých témat a ukázal, jak probíhají vědecké konference, jak správně přednášet nebo jakým způsobem publikovat.

6 Reference

- [1] I. Štoll, *Dějiny fyziky*, Prometheus, Praha (2009) 474-489
- [2] B. Heřmanský, I. Štoll, *Energie pro 21. století*, Vydavatelství ČVUT, Praha (1992) 20-154
- [3] B. Heřmanský, *Jaderné reaktory*, SNTL, Praha (1981) 181-201
- [4] IAEA, *Power Reactor Information System*,
<http://www.iaea.org/pris/>
- [5] V. Wagner, *Reaktory III. generace*,
<http://www.osel.cz/index.php?clanek=3531>
- [6] V. Wagner, *Reaktory IV. generace*,
<http://www.osel.cz/index.php?clanek=3568>