

Jaderné technologie pro energetickou budoucnost

27.6.2024 - Václav Dostál | Fakulta strojní ČVUT v Praze

Energetická bezpečnost a trvale udržitelný rozvoj jsou v současnosti jedněmi z klíčových výzev, kterým Česká republika čelí. Jaderné technologie se ukazují jako důležitý element v dosažení těchto cílů. Již nyní hraje jaderná energie v energetické bilanci České republiky významnou roli. Poskytuje stabilní a spolehlivý zdroj energie, který je nezávislý na geopolitických rizicích spojených s dovozem fosilních paliv.

Jaderné elektrárny Temelín a Dukovany pokrývají významnou část spotřeby elektrické energie v ČR, čímž přispívají k energetické nezávislosti a stabilitě dodávek. Rozvoj jaderné energetiky je dlouhodobě součástí Státní energetické koncepce České republiky, a proto v současné době probíhá debata ohledně výstavby nových jaderných reaktorů. Národní akční plán rozvoje jaderné energetiky stanovuje strategické cíle a opatření, zaměřuje se na bezpečnost, spolehlivost a udržitelnost provozu jaderných elektráren, na modernizaci stávajících zařízení a přípravu nových jaderných bloků. Součástí plánu je také podpora výzkumu a vývoje, včetně nových technologií a zlepšení jaderné bezpečnosti.

Pro úspěšný rozvoj jaderné energetiky v budoucnosti je klíčové vychovávat kvalitní nové odborníky. Fakulta strojní Českého vysokého učení technického v Praze se dlouhodobě věnuje výuce a výzkumu v oblasti jaderných energetických zařízení, zejména z pohledu jejich projektování a konstrukce. Ústav energetiky Fakulty strojní ČVUT v Praze nabízí studijní program Jaderná a energetická zařízení, který studentům poskytuje komplexní vzdělání v tomto oboru. Cílem studijního programu je příprava špičkových odborníků pro výzkum, vývoj i praxi, uplatnitelných ve všech oblastech jaderné energetiky. Absolventi tohoto oboru se stávají odborníky, kteří budou přispívat k rozvoji a bezpečnému provozu jaderných technologií, a tím přispějí k zajištění udržitelné, klimaticky neutrální energetické budoucnosti České republiky.

K podpoře celospolečenské diskuze o jaderné energetice spoluorganizuje Ústav energetiky již 17 let Letní školu jaderného inženýrství, která je zaměřena na networking studentů i absolventů s experty v oboru. Letní škola jaderného inženýrství je tradiční každoroční týdenní akce pořádaná na počátku září pod záštitou České nukleární společnosti, a je určena studentům, kteří se zajímají o problematiku budoucího rozvoje jaderné energetiky. Letní školy se již několik ročníků pravidelně účastní i studenti společensko-vědních oborů, a naplňují tak jeden z hlavních cílů akce, jímž je výměna paradigmat a perspektiv na problematiku mírového využití jaderné energie. Týdenní program, odehrávající se zpravidla v jižních Čechách, sestává z tematicky zaměřených přednášek z praxe i teorie, netradičních jaderných témat nebo třeba exkurze na simulátor jaderné elektrárny Temelín.

Nedílnou součástí kvalitního výzkumu a vzdělávání je experimentální činnost. Pro tento účel disponuje ústav kvalitně vybavenými laboratořemi, kde probíhá výzkum, zaměřený především na oblasti, které jsou spojené s provozem současných tlakovodních reaktorů, nebo jevy doprovázející havarijní stavy těchto zařízení. V posledních letech se výzkumná činnost také čím dál více zaměřuje na hydrodynamiku a přestup tepla ve fúzních reaktorech, kde jsou předpokládány tepelné toky o jeden až dva řády vyšší než u současných jaderných reaktorů. Praktické experimentální úlohy jsou zároveň nezastupitelné v samotné výuce budoucích absolventů, kteří si při nich osvojují dovednosti v metodách sběru a následné analýzy dat, a využívají technologické vybavení laboratoře pro řadu demonstračních experimentů přímo spojených s výukou. Jedním z příkladů může být zmenšený

termohydraulický model primárního okruhu tlakovodního reaktoru, u něhož si studenti zkoušejí různé přechodové děje i havarijního charakteru, problematiku měření a regulace či různé odezvy na zásah operátora. Dalšími experimenty, kterými je výuka obohacena, jsou zařízení určená ke studiu krize přestupu tepla, zaplavování aktivní zóny reaktoru v případě těžké havárie LOCA (Loss of Coolant Accident neboli ztráta chladiva), dvoufázového proudění a řady dalších.

V oblasti jaderné energetiky je Ústav energetiky ČVUT v Praze významným centrem vědeckého výzkumu. Mezi hlavní oblasti výzkumu patří jaderná bezpečnost, termohydraulické analýzy (chlazení aktivní zóny, proudění a přestup tepla v komponentách jaderných elektráren, simulace v CFD apod.), návrh nových jaderných systémů, v současnosti velice aktuální téma malých modulárních reaktorů nebo analýzy rizik pro jaderná zařízení. Významnou oblastí výzkumu je i jaderná fúze. Důraz je kladen také na nové technologie, jako je virtuální realita nebo využití umělé inteligence.

Začlenění virtuální reality do výuky i praxe (např. pro zjednodušení údržby nebo projektování změn) je pro budoucnost velice důležité. Po počátečních nesnázích a hledání cest k efektivnímu využití virtuálního prostředí nabývá tato oblast v posledních letech na dynamice. V rámci našich aktivit nyní disponujeme kompletním modelem primárního okruhu zahrnujícím modely reaktoru, parogenerátorů, hlavních cirkulačních čerpadel, kompenzátoru objemu, pojistných ventilů atd. Modely jsou vytvářeny buď v klasických CAD programech, nebo v modelovacím nástroji Blender, který je vhodnější pro přímý export modelů pro virtuální realitu. Jako vývojové prostředí byl po několika změnách využit herní engine Godot. Využití open source nástrojů jako Blender a Godot nám navíc nesvazuje ruce případnými licenčními omezeními. Model je vyvíjen pro brýle virtuální reality Meta (dříve Oculus) Quest 2, a zároveň jako tradiční 3D aplikace pro PC. S rostoucím zájmem o fúzní energetiku se v průběhu času též zrodil sesterský projekt, jehož náplní je vytvoření virtuálního modelu reaktoru typu tokamak, který bude srdcem první demonstrační fúzní elektrárny DEMO. Výstupy našich aktivit jsou zdarma ke stažení na internetových stránkách projektu.

Kromě výzkumu pro současné tlakovodní reaktory se zaměřujeme též na reaktory IV. generace. V rámci evropských projektů SafeG a Treasure se věnujeme vývoji plynem chlazeného rychlého jaderného reaktoru (GFR), který je považován za jednu ze šesti nejperspektivnějších pokročilých jaderných technologií. Vyniká svou všestranností, kombinuje vysoké výstupní teploty s možností uzavření palivového cyklu, což umožňuje velmi efektivní a udržitelnou výrobu elektřiny a průmyslového tepla nahrazující spalování fosilních paliv. Náplní projektu je mimo jiné studium, modelování a numerické simulace základních bezpečnostních parametrů aktivní zóny, kompatibilita konstrukčních materiálů a komponentů s chladivem, spolehlivost pasivních systémů odvodu zbytkového tepla po odstavení, návrh lapače taveniny a instrumentace pro bezpečnost, inspekce a údržbu.

Dalším významným trendem jaderné energetiky současnosti jsou malé modulární reaktory (SMR – small modular reactor). Tyto reaktory nabízejí alternativu k tradičním velkým jaderným elektrárnám. Malé modulární reaktory jsou navrženy od výkonu několika jednotek megawattů (označovány jako mikroreaktory) po nižší stovky megawattů. Klíčovými aspekty SMR jsou modularita, flexibilita a škálovatelnost. SMR lze snadno přizpůsobit různým potřebám a požadavkům na výrobu energie, což je činí ideálními pro menší regiony a průmyslové aplikace. Díky pokročilým bezpečnostním systémům a menší velikosti mají SMR nižší riziko havárie a jsou navrženy tak, aby minimalizovaly následky jakýchkoli technických problémů. SMR mohou být vyráběny v továrnách a sestavovány na místě, což zkracuje dobu výstavby a snižuje rizika zpoždění výstavby ve srovnání s tradičními velkými reaktory.

Jednou z překážek pro aplikaci malých modulárních reaktorů je legislativní prostředí. V projektu Aplikace pravděpodobnostního hodnocení bezpečnosti (PSA) u malých modulárních reaktorů v činnosti dozorného orgánu v ČR je hlavním cílem podpořit dozorný orgán (SÚJB) při vytváření legislativního rámce pro hodnocení bezpečnosti těchto reaktorů v oblasti PSA.

Jednou z největších výzev současné vědy je výzkum jaderné fúze, která představuje potenciální revoluční zdroj energie. Již dnes je možné postavit fúzní elektrárnu, která by však nebyla konkurenceschopná, protože dosud byla v popředí fúzního výzkumu fyzika a technologie elektrárny nebyly zatím optimalizovány. To je dnes úkol pro strojaře a technology. Očekává se, že první fúzní elektrárny se začnou stavět po roce 2040 a do provozu by měly být uvedeny v letech 2050–2060. Výzkum, vývoj a výuka technologie fúzních elektráren se proto stává nezbytnou součástí studia.

Jaderná energetika se jeví jako klíčová v kontextu očekávaného nárůstu čistých energetických zdrojů. S postupným odstavováním uhelných elektráren, které výrazně přispívají k emisím skleníkových plynů, se jaderné elektrárny stávají stále důležitějšími pro zajištění stabilních a bezemisních zdrojů energie. Očekává se také významný nárůst jejich podílu, který bude nezbytný nejen pro kompenzaci výpadku kapacity z uzavíraných uhelných elektráren, ale také pro podporu případného rozvoje elektromobility. Ústav energetiky Fakulty strojní ČVUT v Praze nabízí vynikající příležitost pro ty, kteří se chtějí stát součástí tohoto dynamického a perspektivního odvětví. Studium na Fakultě strojní ČVUT v Praze poskytuje nejen potřebné znalosti a dovednosti, ale také otevřené dveře k atraktivním kariérním příležitostem v oblasti energetiky.

<https://www.fs.cvut.cz/aktuality/2675-212/jaderne-technologie-pro-energetickou-budoucnost>