

O PROJEKTU CESEN NAPOSLED

ABOUT THE CESEN PROJECT FOR THE LAST TIME

Pavel Polach

Výzkumný a zkušební ústav Plzeň s.r.o., Tylova 1581/46, 301 00 Plzeň

Abstrakt

V příspěvku je uveden výčet nejvýznamnějších výsledků řešení projektu Centra kompetence Technologické agentury České republiky „Centrum výzkumu a experimentálního vývoje spolehlivé energetiky“ (akronym CESEN), příklady jejich aktuálního uplatnění a perspektiv jejich dalšího rozvoje.

Abstract

The paper presents list of the most significant results of the solution of the Competence Centre Project of the Technology Agency of the Czech Republic “Centre of research and experimental development of reliable energy production” (CESEN acronym), examples of their current application and the perspectives for their further development.

Úvod

Řešení projektu „Centrum výzkumu a experimentálního vývoje spolehlivé energetiky“ [1] (akronym CESEN; projekt v rámci programu Centra kompetence Technologické agentury České republiky) bylo zahájeno v roce 2012 a bylo úspěšně dokončeno v roce 2019. Po závěrečném oponentním řízení v listopadu roku 2020 hodnotilo předsednictvo Technologické agentury České republiky projekt CESEN se stanoviskem „V - Vynikající výsledky projektu (s mezinárodním významem atd.)“.

Řešitelskými pracovišti projektu byly společnosti Výzkumný a zkušební ústav Plzeň s.r.o. (příjemce projektu), ČEZ, a. s., Doosan Škoda Power s.r.o., Západočeská univerzita v Plzni, České vysoké učení technické v Praze, MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., TES s.r.o. a ENERGOSEVIS, spol. s r.o. *Chomutov*.

Hlavním cílem projektu bylo přispět prostřednictvím aplikací výsledků výzkumu a vývoje nových technologií a materiálů ke dlouhodobému zajištění bezpečných, spolehlivých a ekonomicky dostupných klasických tepelných a jaderných zdrojů elektrické energie.

V následující kapitole je uveden výčet výsledků řešení projektu CESEN s největším aplikačním potenciálem, v další kapitole jsou uvedeny příklady jejich aktuálního uplatnění a perspektiv jejich dalšího rozvoje.

Významné výsledky dosažené při řešení projektu [2]

Dosažené výsledky řešení projektu (celkem 75 odborných výsledků) lze členit na výsledky ve formě vyvinutých a vyrobených zařízení, výsledky ve formě služeb, výsledky ve formě vyvinutých metodik a návrhů řešení konkrétních problémů technické praxe a výsledky ve formě vytvořeného softwaru.

Vyvinutá a vyrobená zařízení:

- instalace zkušebního zařízení pro ověření skutečných statických a dynamických charakteristik radiálních kluzných segmentových ložisek,
- prototypová řada dynamických budičů s usměrněnou silou 40 kN, 60 kN a 90 kN, které slouží pro provádění dynamických zkoušek základů parních turbín (viz obr. 1),
- prototypová řady radiálních kluzných segmentových ložisek pro průmyslové turbíny MTD 25, MTD 30 a MTD 60 z produkce Doosan Škoda Power s.r.o.
- prototyp referenčního povlaku vhodného pro termovizní měření za vysokých teplot,
- zařízení pro bezkontaktní magnetickou kontrolu turbínových lopatek,

- zařízení pro kontrolu trubek tepelných výměníků pomocí vysokootáčkové vnitřní sondy na vířivé proudy.



Obr. 1: Dynamické budiče s usměrněnou silou (90 kN vlevo, 40 kN vpravo nahoře a 60 kN vpravo dole), které slouží pro provádění dynamických zkoušek základů parních turbín

Poskytnuté služby:

- dynamické zkoušky základů energetických bloků v elektrárnách ČEZ, a. s.,
- inovace a optimalizace systému pro sběr, archivaci, distribuci a automatické vyhodnocování diagnostických dat z energetických zařízení ČEZ, a. s.,
- zapracování metodik predikce životnosti energetických systémů a zařízení do řídicí dokumentace ČEZ, a. s.

Vyvinuté metodiky a návrhy řešení konkrétních problémů technické praxe:

- metodika měření dynamických vlastností základů rotorových soustav parních turbín,
- metodika modelování vibrací perturbovaných olopatkovaných disků parních turbín,
- nové „nestandardní“ metodiky analýzy stupně degradace materiálů používaných v energetickém strojírenství – hodnocení změn mikrostruktury vysokolegovaných ocelí po creepu metodou replik, hodnocení degradace vlastností materiálu pomocí elektrochemických měření, hodnocení degradace materiálu rentgenovou analýzou, porovnání výsledků měření klasickými a zrychlenými creepovými zkouškami (ACT), měření žáropevnosti metodou „Small Punch Creep Tests“ (SPCT) a hodnocení lokální koroze dílů parních turbín,
- metodika pro instrumentovanou zkoušku tvrdosti kovových materiálů,
- metodika pro stanovení J-R křivky kovových materiálů z výsledků penetračního testu,
- metodika pro určování základních mechanických vlastností vybraných kovových materiálů z výsledků penetračních testů použitím neuronových sítí,
- metodika termovizního měření v systému prediktivní údržby energetických zařízení,
- metodika termografického měření meze únavy materiálu,
- sestavení optimalizačních matic nástřikových parametrů pro vybrané materiály žárově stříkaných povlaků,
- nalezení nových materiálů žárově stříkaných povlaků (zejména na bázi slitin Co a Ni), které jsou vhodné jako ochrana proti vysokoteplotní korozi v agresivních prostředích,
- optimalizace rozhodování o opravách nebo výměnách komponent energetických zařízení,

- metodika pravděpodobnostního hodnocení rizik a životnosti parních turbín a dalších významných konstrukčních celků energetických zařízení,
- metodika pro bezkontaktní magnetickou kontrolu turbínových lopatek,
- metodika pro kontrolu trubek tepelných výměníků pomocí vysokootáčkové vnitřní sondy na vířivé proudy.

Vytvořený software:

- komplexní MKP model dynamických vlastností rotorových soustav parních turbín,
- software pro řešení vibrací turbosoustrojí a jeho jednotlivých komponent (pravidelné i porušené olopatkované disky, turbínové a generátorové rotory, lože, ložiska a ucpávky),
- systém „Residual Fatigue Life of Blades“ (RFLB) pro monitorování zbytkové životnosti lopatek na základě měření,
- software pro predikci životnosti energetických zařízení.

Příklady aktuálního uplatnění a perspektiv rozvoje dosažených výsledků

- Nové metody experimentální a výpočtové identifikace dynamických vlastností základů energetických zařízení a radiálních kluzných ložisek parních turbín jsou využívány v rámci standardního procesu návrhu rotorových soustav parních turbín Doosan Škoda Power s.r.o. Dále jsou dosažené poznatky využívány při řešení stávajících provozních problémů v klasických a v jaderných elektrárnách.
- Nové metodiky výpočtů vibrací rotorů a olopatkovaných disků s nelineárními vnitřními vazbami jsou ve formě programového vybavení, metodiky a popsání algoritmů využívány výrobcí komponent parních turbín nebo celých turbosoustrojí. Dále budou přístupy k modelování olopatkovaných disků využity k hlubším analýzám jejich nestabilního chování při provozu turbíny. Důraz bude kladen na propojení výsledků navazujících metod pro analýzu různých typů nestabilit typu „flutter“.
- Nová metoda výpočtů proudění pro optimalizaci turbínových stupňů s přetlakovým olopatkovaním podporuje vývoj přetlakových stupňů parních turbín Doosan Škoda Power s.r.o. Modelování aeroelastických jevů a samobuzeného kmitání soustavy (olopatkovaný disk)/(proudící médium) umožňuje analyzovat riziko samobuzeného kmitání již ve fázi návrhu oběžných lopatek, a tím přijetí případné nápravy před jejich výrobou a nasazením v provozu, což přispívá ke zvýšení provozní spolehlivosti NT dílů a k úspoře případných nákladů na výměnu lopatek.
- Vyvinutý systém pro monitorování životnosti lopatek RFLB je modifikován a bude nasazen v jaderné Elektrárně Dukovany. Nejprve v testovacím provozu, poté pro online diagnostiku stavu poškození lopatek nízkotlakých (NT) dílů.
- Vyvinuté nové povlaky součástí a komponent ve formě (zejména) žárových nástřiků jsou vhodné pro aplikace v energetickém průmyslu a současně existuje potenciál uplatnění těchto typů povlaků i v mnoha dalších průmyslových aplikacích, vyžadujících obdobné vlastnosti – odolnost proti dynamickému namáhání, vysoké teplotě či korozi.
- Výzkum a vývoj v oblasti aplikace žárově stříkaných povlaků je zaměřen zejména na vývoj ochranných povlaků pro korozně agresivní prostředí geotermálních elektráren a na vývoj nástřiku povlaků odolných proti erozi vodními kapkami. Aktuálně je realizován: 1. vývoj řešení ochrany povrchu a aplikace funkčních povlaků nanosených technologiemi, umožňujícími nástřik v místě aplikace, především technologií nástřiku elektrickým obloukem (TWAS), 2. vývoj komplexních řešení typu multivrstvých povlaků s vysokou odolností proti korozi a opotřebení a 3. vývoj aplikací pro energetický průmysl, využívajících kinetický nástřik za studena („cold spray“).

- Výsledky z oblasti výzkumu a vývoje nových zkušebních metod pro hodnocení materiálových vlastností ocelí vedly k vypracování několika certifikovaných metodik, které jsou nyní nabízeny ke komerčnímu využití provozovatelům energetických zařízení v České republice i v zahraničí.
- Rozvoj metodiky na provádění penetračních testů (SPT) bude zaměřen na širší využití neuronových sítí pro diagnostiku materiálů používaných v energetice s možností získání standardních i nekonvenčních mechanických vlastností. Probíhající standardizace metody SPT v Evropě a v ASTM sjednocuje postupy provádění tohoto testu a umožní využití vypracovaných certifikovaných metodik i pro materiály používané v jaderných elektrárnách v příslušných státech.
- V praxi jsou uplatňovány metody hodnocení degradace materiálu (koroze, únava, creep) včetně výpočtů zbytkové životnosti komponent energetických zařízení. Vybrané výsledky jsou využívány zejména pro Doosan Škoda Power s.r.o. a ČEZ, a. s.
- Podle vyhotoveného harmonogramu probíhá postupné rozšiřování modelů včasného varování (EWS/CBM) upozorňující na nestandardní chování energetických zařízení a jejich důležitých konstrukčních celků (kotel, turbogenerátor, turbonápáječka, elektro- napáječka, kondenzátní čerpadlo, ventilátorový mlýn, kouřový ventilátor, vzduchový ventilátor, recirkulační ventilátor) elektráren provozovaných ČEZ, a. s.
- Systém pro on-line měření torzních kmitů je provozován na obou turbogenerátorech 1000 MW v jaderné Elektrárně Temelín a je dále zdokonalován. Připravuje se jeho rozšíření na turbogenerátory v jaderné Elektrárně Dukovany.
- Metody termografického měření byly implementovány do softwaru LabIR, který je komerčně nabízen (podrobnosti jsou uvedeny na www.labir.eu). Dosažené poznatky jsou využívány v rámci profesního vzdělávání, které realizuje pracoviště Nové technologie – výzkumné centrum Západočeské univerzity v Plzni v oblasti termodiagnostiky pod hlavičkou Schwáleného školicího pracoviště ATD ČR (Asociace technických diagnostiků České republiky).
- Metodické postupy hodnocení rizik a predikce životnosti komponent a konstrukčních celků energetických zařízení jsou využívány zejména ve společnosti ČEZ, a. s.
- Vyvinutý magnetizační zdroj na kontrolu krátkých lopatek turbín přináší zvýšení jejich spolehlivosti a životnosti. Zkvalitňování kontroly vyráběných lopatek je jednou z cest ke zvýšení spolehlivosti turbosoustrojí.
- Vyvinuté rotační sondy a sondy na kontrolu zaválcování trubek jsou a budou využity převážně v rámci kontrolních činností u provozovatelů trubkových výměníků. Hlavní využití vyvinutých sond je v energetice, v teplárenství a v chemickém průmyslu.

Závěr

V příspěvku je uveden výčet nejvýznamnějších výsledků řešení projektu TE01020068 „Centrum výzkumu a experimentálního vývoje spolehlivé energetiky“ dosažených při řešení projektu, příklady jejich aktuálního uplatnění a perspektiv jejich dalšího rozvoje.

Literatura

- [1] Polach, P. (2012): Energetické centrum kompetence. *7. konference Zvyšování životnosti komponent energetických zařízení v elektrárnách*, Západočeská univerzita v Plzni, Srní, str. 107-116. ISBN 978-80-261-0153-6
- [2] Polach, P., Prantnerová, M., Houdková, Š., Schubert, J., Polcar, P. (2020): Významné výsledky řešení projektu CESEN. *15. konference Zvyšování životnosti komponent energetických zařízení v elektrárnách*, Západočeská univerzita v Plzni, Srní (online), str. 81-86. ISBN 978-80-261-0959-4