



## **ŠKODA JS – 25 let automatizovaného nedestruktivního zkoušení na jaderných elektrárnách typu VVER**

**Jan VÍT, Zdeněk SKÁLA, Lukáš STAINER**

ŠKODA JS a.s.

### **1. ÚVOD**

Provozní kontrolou tlakové nádoby reaktoru 2. bloku elektrárny V-1 (EBO) v roce 1982 byla zahájena ve firmě ŠKODA Plzeň etapa automatizovaného zkoušení na jaderných elektrárnách typu VVER.

ŠKODA JS dnes vlastní nebo využívá řadu manipulátorů pro automatizované nedestruktivní zkoušení tlakových nádob reaktorů (včetně víka), hlavního cirkulačního potrubí a vnitřních částí reaktorů typu VVER.

Stručná historie a zejména současný stav systémů používaných ŠKODA JS pro automatizované nedestruktivní zkoušení součástí jaderných elektráren jsou hlavní náplní příspěvku.

### **2. ZAČÁTKY PROVOZNÍCH PROHLÍDEK**

V roce 1971 vznikla ve ŠKODĚ Plzeň skupina Provozní prohlídky v souvislosti s vrcholícími přípravami na spuštění první československé jaderné elektrárny A-1. Hlavní náplní provozních kontrol na této JE bylo měření tloušťky stěny těžkovodní tzv. kesonové nádoby ultrazvukem. Využíván byl přípravek MTU (**M**ěření **T**loušťky stěny **U**ltrazvukem), zajímavou nutností byla suchá akustická vazba.

Změna energetické koncepce a výstavba jaderné elektrárny V1 s reaktory typu VVER 440 znamenala zahájení předprovozních a provozních kontrol na JE tohoto typu ručním způsobem od roku 1978.

Začátkem 80.let 20.století byl zakoupen u švédské firmy TRC manipulátor pro zkoušení tlakových nádob reaktorů typu VVER 440 z vnitřního povrchu. Ve stejné době byl také koupen manipulátor AMAŠ britské firmy AEA (Sonomatic) pro zkoušení svorníků, matic a závitových hnízd M 140x6.

V roce 1982 byla tlaková nádoba reaktoru 2. bloku elektrárny V-1 (EBO) zkoušena při provozní kontrole poprvé automatizovaným způsobem z vnitřního povrchu systémem Škoda REACTORTEST TRC. Tak začala etapa automatizovaného zkoušení reaktorů typu VVER, která bez přerušení trvá ve ŠKODĚ JS dodnes.

### 3. STRUČNÝ PŘEHLED KONTROL

Odbor Provozní prohlídky realizoval za uplynulých 25 let celou řadu předprovozních a provozních kontrol tlakových nádob reaktorů (TNR), svarů hlavního cirkulačního potrubí (HCP) a také vnitřních částí reaktorů (VČR) typu VVER automatizovaným (mechanizovaným) způsobem. Zde jsou uvedeny souhrnné počty k dnešnímu dni:

- **57** kontrol **TNR** typu VVER z **vnitřního** povrchu (od 1982)
- **65** kontrol svorníků, matic a závitových hnízd (lůžek) TNR typu VVER 440 a VVER 1000 (od 1982)
- **40** kontrol **TNR** typu VVER z **vnějšího** povrchu (od 1986)
- **57** kontrol **smyček** (á 6 svarů) **HCP** typu VVER 440 (od 1996)
- **11** kontrol svaru **víka TNR** typu VVER 440 (od 1999)
- **19** kontrol **smyček** (á 5 svarů) **HCP** typu VVER 1000 (od 2000)
- **9** kontrol **VČR** typu VVER 1000 (od 2003)

### 4. ZKUŠEBNÍ SYSTÉMY (MANIPULÁTORY)

Přehled používaných zkušebních systémů (manipulátorů); vždy je uveden rok prvního použití. Kurzívou jsou uvedeny systémy, které se již nepoužívají.

- **1982**  
*manipulátor ŠKODA REACTORTEST (TRC, Švédsko)*  
*kontrola TNR typu VVER 440 z vnitřního povrchu*
- **1982**  
*manipulátor AMAŠ (AEA, UK)*  
*kontrola svorníků, matic a závitových hnízd TNR typu VVER 440 (M 140x6)*
- **1986**  
*manipulátor USK-213 (NIIKIMT, Rusko)*  
*kontrola TNR typu VVER 440 z vnějšího povrchu*
- **1992**  
*manipulátor SKIN (ŠKODA JS, Česká republika)*  
*kontrola TNR typu VVER 440 i VVER 1000 z vnitřního povrchu*
- **1992**  
*manipulátor KOMAŠ (SVÚSS / VPZ Běchovice, Česká republika)*  
*kontrola svorníků, matic a závitových hnízd (lůžek) TNR typu VVER 440 i VVER 1000 (M 140x6 / M 170x6)*
- **1996**  
*manipulátor MIMIC (Sonomatic, UK)*  
*kontrola svaru víka TNR typu VVER 440 a svarů smyček HCP VVER 1000*
- **1999**  
*manipulátor SK-187 (NIIKIMT, Rusko)*  
*kontrola TNR typu VVER 1000 z vnějšího povrchu*

- **2003**  
manipulátor **TEKOR** (ŠKODA JS, Česká republika)  
kontrola vnitřních částí TNR typu VVER 1000
- **2006**  
manipulátor **KOMAŠ II** (ŠKODA JS, Česká republika)  
kontrola svorníků, matic a závitových hnízd (lůžek) TNR typu VVER 440 i VVER 1000 (M 140x6 / M 170x6)
- **2007**  
manipulátor **JEKOZ** (ŠKODA JS, Česká republika)  
kontrola matic a závitových hnízd (lůžek) TNR typu VVER 440 i VVER 1000 (M 140x6 / M 170x6)

## 5. REFERENCE

Přehled všech dosud uskutečněných provozních (předprovozních) kontrol TNR typu VVER 440 a VVER 1000 je uveden v následující tabulce.

Jaderná elektrárna	Lokalita	Stát	Instalovaný výkon [MWe]	Typ kontrolovaného reaktoru	Počet kontrol
EDU	Dukovany	Česko	4x440	V-213/Č	26
ETE	Temelín	Česko	2x1000	V-320/Č	4
PAZrt	Paks	Maďarsko	4x440	V-213/Č	13
EBO	Bohunice	Slovensko	4x440	V-230 i V-213/Č	12
EMO	Mochovce	Slovensko	2x440	V-213/Č	7
NORD	Greifswald	Německo	5x440	V-230	4
KAES	Kola	Rusko	4x440	V-230	2
JuAES	Jižní Ukrajina	Ukrajina	3x1000	V-320	1
RAES	Rovno	Ukrajina	2x440 + 2x1000	V-213	1
AAES	Metsamor	Arménie	2x440	V-270	1

## 6. MANAGEMENT JAKOSTI

Management jakosti se ve společnosti ŠKODA JS a.s. vyvíjel postupně s rostoucími nároky zákonů, předpisů, technických norem a také zákazníků – jaderných elektráren (JE).

Samozřejmostí pro společnost ŠKODA JS bylo zavedení integrovaného systému managementu jakosti a životního prostředí podle mezinárodních norem ISO 9001:2000 a ISO 14001:2004, certifikovaný mezinárodní společností Bureau Veritas Quality International.

Zvýšené požadavky na bezpečnost JE vedly k nutnosti prokázání způsobilosti metod a zařízení pro provádění nedestruktivních kontrol komponent jaderných elektráren. Prokazování této způsobilosti se děje v rámci tzv. technické kvalifikace podle metodiky SÚJB (č. 01966) a v souladu s metodikami ENIQ (EUR 17299 EN) a IAEA (EBP-WWER 11).

ŠKODA JS (Provozní prohlídky) postupně kvalifikuje své inspekční postupy podle požadavků kvalifikačním komisí jednotlivých jaderných elektráren. V současné době je dokončeno již **12** technických kvalifikací pro zkoušení TNR a dalších částí primárních okruhů JE typu VVER 440 a VVER 1000 ultrazvukem. Do konce letošního roku bude uzavřena technická kvalifikace zkoušení TNR z obou povrchů vířivými proudy.

V neposlední řadě vstup České republiky do EU a jejího společného trhu vedl k nutnosti akreditace vybraných činností. Odbor Provozní prohlídky JZ je od 05.06.2003 akreditovanou zkušební laboratoří „Provozní kontroly jaderných reaktorů“ podle ČSN EN ISO/IEC 17025. Osvědčení o akreditaci vydal Český institut pro akreditaci o.p.s. (ČIA) pod číslem 1411.

## 7. KVALIFIKACE PERSONÁLU

V současné době při provozních (předprovozních) kontrolách tlakových nádob reaktorů typu VVER automatizovaným způsobem používá firma ŠKODA JS a.s. čtyři metody (techniky) NDE:

- zkoušení ultrazvukem odrazovou metodou
- zkoušení ultrazvukem difrakční metodou (TOFD)
- zkoušení vířivými proudy
- zkoušení nepřímou vizuální metodou

Personál je kvalifikován a certifikován téměř výhradně podle ČSN EN 473 (Std-101 APC), starší systém podle Std-301 APC je využíván minimálně. Všechny certifikáty byly vystaveny APC, přehled certifikátů podle ČSN EN 473 následuje:

Metoda NDE	Level	Počet držitelů
UT	I	1
	II	9
	III	2
ET	II	7
	III	1
VT	II	24
	III	2

Všichni držitelé certifikátů stupňů UT2 a UT3 absolvovali specializované týdenní školení pro aplikaci difrakční metody (techniky) TOFD ve spojení se zkušebním systémem MICROPLUS I / II. Tutorem toho školení byl pan J. M. PITCHER z firmy Veritec SONOMATIC Ltd.

## 8. MĚŘENÍ TVRDOSTI

ÚJV Řež a ŠKODA JS uskutečnily společně v letech 1995 až 2001 celkem pět měření tvrdosti metodou ABIT na JE EDU z vnějšího i vnitřního povrchu TNR. Úspěšná spolupráce obou firem zatím vyvrcholila měřením tvrdosti v roce 2004 na 2. bloku AAES z vnitřního povrchu TNR. Pro měření tvrdosti z vnitřního povrchu TNR typu VVER 440 se využívá manipulátor SKIN, naopak pro měření tvrdosti z vnějšího povrchu manipulátor USK-213.

## 9. ODBĚR VZORKŮ

Jednou a v současnosti asi také jedinou možností, jak získat přímé experimentální výsledky o hustotě toku a fluence neutronů na vnitřní stěně TNR, je odběr vzorků z vnitřního povrchu (návaru) TNR a měření aktivity v nich obsažených radionuklidů. Pro tuto metodu, která již byla aplikována na řadě provozovaných i odstavených JE, se vžil pojem **Retrospektivní dozimetrie**.

Pro realizaci odběru vzorků vyprojektovala a vyrobila ŠKODA JS zařízení MOVZ (**Modul Odběru VZorků**). Při tomto návrhu bylo počítáno s využitím stávajícího manipulátoru SKIN, použité řešení zjednodušilo konstrukci MOVZ. Na monitorování situace během odběru pak bylo možné využít současný kamerový a osvětlovací systém manipulátoru.

Technologií, zvolenou pro provedení odběru bylo frézování svislé mělké drážky. Odběr vzorků byl proveden na 3. bloku EDU v březnu 2005. Bylo získáno celkem 8 vzorků, každý o hmotnosti cca 1,5 g.

## 10. PŘÍSTROJOVÁ TECHNIKA

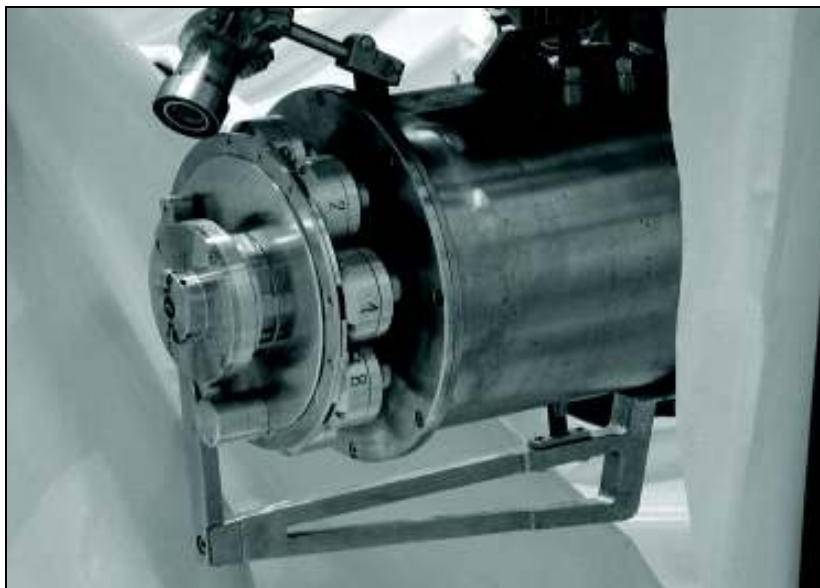
Historií automatizovaného nedestruktivního zkoušení na JE se táhne jako červená nit neustálá modernizace zkušebních systémů (manipulátorů), zavádění nových generací přístrojové i výpočetní techniky a také doplňování zkoušení o další metody (techniky) NDE.

V současné době jsou při provozních (předprovozních) kontrolách na JE využívány při automatizovaném způsobu zkoušení zejména:

- ultrazvukový přístroj MICROPLUS I (Sonomatic, UK)
- ultrazvukový přístroj **MICROPLUS II** (Sonomatic, UK)
- přístroj vířivých proudů ECULAB D 2.1. (Indetec, Česká republika)
- přístroj vířivých proudů **MS 5800** (R/D Tech, Kanada)
- černobílá TV kamera typ CCD (Elvia, Česká republika)
- barevná TV kamera typ CCD s laserem (Elvia, Česká republika)
- digitální videorekordér formát DVCAM (Sony, Japonsko)

## 11. OBRAZOVÁ PŘÍLOHA

Zde následuje několik snímků méně známých nebo zcela nových manipulátorů (systémů).



**MOVZ na manipulátoru SKIN**



**Manipulátor SK-187 (zkoušení TNR - ETE)**



**Manipulátor JEKOZ (zkoušení HDR - ETE)**

## **12. ZÁVĚR**

Autoři se pokusili ve vymezeném rozsahu příspěvku zmapovat historii uplynulých 25 let automatizovaného zkoušení tlakových nádob reaktorů a dalších částí primárního okruhu jaderných elektráren typu VVER.

Při prezentaci tohoto příspěvku na konferenci Defektoskopie 2007 bude podstatně rozšířen počet snímků manipulátorů a zkušebních systémů, které z prostorových důvodů zatím příspěvek neobsahuje.

Považujeme za svoji povinnost připomenout jméno průkopníka a zakladatele automatizovaného zkoušení ve firmě Škoda JS. Řada z Vás **Ing. Jiřího PŘEPECHALA** dobře zná, mnozí se s ním setkali např. na postgraduálních kurzech na VUT Brno, kde předával své bohaté zkušenosti.

### **SOUVISEJÍCÍ LITERATURA**

**Prozvučování tlakové nádoby reaktoru zkušebním zařízením Škoda REACTORTEST TRC**

J. PŘEPECHAL, Z. SKÁLA

Konference Defektoskopie '83 (Praha, 1983)

**Použití přístroje MICROPLUS v systému SKIN**

J. PŘEPECHAL, Z. SKÁLA, J. VÍT

Konference Defektoskopie '96 (Praha, 1996)

**Modernizace unifikovaného systému kontroly (USK-213) tlakové nádoby reaktoru typu VVER-440/V-213Č**

J. SLADKÝ, J. VÍT

Konference Defektoskopie '96 (Praha, 1996)

**Improvements of In-service Inspections in Škoda**

Z. SKÁLA, J. VÍT

7th European Conference on Non-Destructive Testing (Kodaň, květen 1998)

**Remote and Automated NDE in ŠKODA JS**

J. PŘEPECHAL, Z. SKÁLA, J. SLADKÝ, J. VÍT

First International Conference on NDE in Relation to Structural Integrity for Nuclear and Pressurised Components (Amsterdam, říjen 1999)

**Automated Non-destructive Testing in ŠKODA JS**

J. PŘEPECHAL a kol.

Konference Defektoskopie 2000 (Hradec Králové, 2000)

**Akreditace zkušební laboratoře Provozní kontroly jaderných reaktorů podle ČSN EN ISO/IEC 17025**

Z. SKÁLA, L. STAINER

Konference Defektoskopie '03 (Ostrava, 2003)

**Kvalifikace metod a zařízení pro nedestruktivní zkoušení ultrazvukem jaderných reaktorů VVER 440 typ V-213/Č**

J. FORMAN, H. RÝDLOVÁ, J. VÍT

Konference Defektoskopie '03 (Ostrava, 2003)

**Ultrazvukový přístroj MICROPLUS II**

Z. SKÁLA, L. STAINER, J. VÍT

Konference Defektoskopie '06 (Tábor, 2006)

**Provozní kontroly součástí jaderných reaktorů VVER**

J. FORMAN, Z. SKÁLA, L. STAINER, J. VÍT

Časopis Bezpečnost jaderné energie 3/4, ročník 14(52), 2006

Telefonní čísla a kontakty na autory:

Ing. Jan VÍT

tč. 37 804 2292

e-mail: jan.vit@skoda-js.cz

Ing. Zdeněk SKÁLA

tč. 37 804 2836

e-mail: zdenek.skala@skoda-js.cz

Ing. Lukáš STAINER

tč. 37 804 2593

e-mail: lukas.stainer@skoda-js.cz