

**ČESKÁ SPOLEČNOST PRO JAKOST**  
**Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1**

# **SBĚR DAT PŘI ZABEZPEČOVÁNÍ SPOLEHLIVOSTI**



**MATERIÁLY Z 6. SETKÁNÍ  
ODBORNÉ SKUPINY PRO SPOLEHLIVOST**

Praha, březen 2002

## **OBSAH**

<b>NORMOVANÝ POSTUP SBĚRU DAT O SPOLEHLIVOSTI A JEJICH STRUKTURA</b>	<b>3</b>
--	----------

*Prof. Ing. Václav LEGÁT, DrSc.*

<b>ZKUŠENOSTI SE SBĚREM DAT O SPOLEHLIVOSTI V LETECKÉM PRŮMYSLU</b>	<b>10</b>
---	-----------

*Ing. Zdeněk Kocour, CSc.*

<b>ZKUŠENOSTI SE SBĚREM DAT O SPOLEHLIVOSTI V TELEKOMUNIKACÍCH</b>	<b>15</b>
--	-----------

*Ing. Jiří Chodounský, CSc.*

<b>ZKUŠENOSTI SE SBĚREM DAT V JADERNÉ ELEKTRÁRNĚ DUKOVANY</b>	<b>17</b>
---	-----------

*Ing. Pavel Fuchs, CSc.*

# NORMOVANÝ POSTUP SBĚRU DAT O SPOLEHLIVOSTI A JEJICH STRUKTURA

*Prof. Ing. Václav LEGÁT, DrSc.*

Zabezpečování spolehlivosti vyžaduje definování požadavků, jejich přetvoření do návrhu výrobku, kvalitní technologii výroby a ověřování a prokazování, že požadavky na spolehlivost byly úspěšně splněny v každé etapě životního cyklu výrobku (koncepce a definování, návrh a vývoj, výroba a instalace, provoz a údržba, vypořádání a likvidace). V praxi je nejmenší pozornost věnována ověřování a prokazování, tj. měření bezporuchovosti (životnosti), udržitelnosti a zajištění údržby, a to ve všech etapách životního cyklu výrobku. „Měření spolehlivosti“ sestává především ze sběru správně identifikovaných (případně i naměřených) dat a samozřejmě i z jejich následného normovaného i nenormovaného zpracování do ukazatelů (charakteristik) spolehlivosti. Takto získané ukazatele lze potom použít pro hodnocení dosažených výsledků zavedených programů spolehlivosti, pro hodnocení spolehlivosti výrobků, optimalizaci preventivní údržby, benchmarking a jiné technicko-ekonomické výpočty.

## 1. Normovaná metodika sběru dat o spolehlivosti

Norma ČSN IEC 300-3-2 poskytuje obecnou metodiku sběru dat o spolehlivosti z provozu. Správně organizovaný a řízený sběr dat má [1]:

- a) umožnit průzkum skutečných úrovní výkonnosti a chování sledovaných objektů v provozu pro informování vrcholového vedení (managementu), pro plánování, pro funkce zajištění provozu a údržby a pro zajištění výcviku pracovníků;
- b) ukázat na případnou nezbytnost zlepšení:
  - objektů již instalovaných v provozu
  - dalších objektů, které se mají dodávat
  - struktury systému
  - strategií a postupů provozu a údržby
  - dokumentace výrobku;
- c) ovlivnit vývoj budoucích návrhů;
- d) zjistit druhy poruchových stavů, příčiny poruch a možné mechanismy poruch;
- e) porovnat specifikované nebo předpovězené ukazatele objektu (objektů) s jeho skutečným chováním v provozu;
- f) zlepšit databáze a postupy pro předpovědi;
- g) pravidelně nebo příležitostně informovat dodavatele o chování a výkonnosti jejich výrobků.

### 1.1 Metodika sběru dat

**Data z provozu se mohou sbírat v těchto situacích:**

- a) kde je znám **celý soubor** a o datech z **provozu** jsou pravidelně nebo **rutinně** podávány **výkazy**;
- b) kde je **výběr považován za reprezentativní vzorek** celého souboru a používá se jako zdroj dat z provozu na základě pravidelných nebo rutinně podávaných výkazů;

- c) kde jsou data z provozu dodávána z blíže **nerozčleněného souboru** a jsou podávány **výkazy pouze o části poruch**;
- d) kde se za základ analytických studií bere **průzkum názorů zákazníků** nebo **reklamace** odběratelů.

Je žádoucí, aby byl sběr dat o spolehlivosti založen spíše na výskytu jevů než na sledování v určitých časových intervalech. To však vyžaduje značně větší kapacitu paměti, aby mohla pojmout informace o skutečných okamžicích výskytu jevů. Často se data zaznamenávají ručně, ale může se uvažovat i o automatizovaném a interaktivním systému sběru dat. Výhodou ukládání dat do paměti ve tvaru vhodném pro elektronické zpracování dat je jejich snadná a přesná aktualizace a možnost nových a rozšířených analýz.

Data o spolehlivosti nejčastěji **získáváme z těchto zdrojů**:

- a) preventivní **údržba** a údržba po poruše;
- b) **opravářské úkony** (na místě, v dílně);
- c) **reklamační oddělení**;
- d) **záznamy** o chování výrobků v provozu (např. výkazy o anomáliích, měření dopravního provozu, provozní deníky, měření parametrů prostředí);
- e) **inventární informace** (např. skladové seznamy, instalační seznamy, záznamy o úpravách a pravidelně aktualizovaná databáze pro řízení konfigurace).

Do výkazů se mají zahrnout informace o **podmínkách používání**. Kde je průběh plnění úkolů objektů složitý (provoz, změna sestavy, pohotovostní stav, skladování, přeprava, zkoušky, atd.), je nezbytné sbírat data podle druhů použití objektů.

**Výkazy o poruchách** na každé úrovni závisejí na tom, jaké poruchové stavy mohou být zkušebními prostředky zjištěny. Do výkazů o poruchách se mají zahrnout všechny pozorované poruchy. Výkazy mají obsahovat všechny informace týkající se poruchy, které mohou pomoci při popisu poruch (například se mají u každé poruchy poznamenat jakékoliv úkony údržby, o kterých je možné se domnívat, že se mohou vztahovat k poruše). Účelem záznamníku (formuláře výkazu) je poskytovat maximum jednoznačných informací s minimální námahou. Za tím účelem má být záznamník rozčleněn tak, aby mohl být snadno vyplňován, přičemž se požadované informace mají získávat ve tvaru otázek s větším počtem volitelných možností, které vyžadují pouze odpovědi ano/ne.

**Výkaz o údržbě** má obsahovat všechny informace, které se vztahují ke všem ručním nebo automatickým úkonům prováděným za účelem obnovy provozuschopného stavu výrobku. Do informací se má zahrnout čas, počet a druh pracovníků a stav systému (například nepoužitelný stav, ztráta zálohy). Informace se má klasifikovat podle druhu provedeného úkonu jako informace, která se týká preventivní údržby, nebo jako informace o údržbě po poruše.

Při vypracování systému sběru je však důležité brát v úvahu postavení, zkušenosti a objektivitu daného **pracovníka**.

Má se zřídit **databáze**, která umožňuje uložení a vyhledání dat a je schopná pružného rozšiřování, aby se v ní udržovala taková data, která významně přispívají k dosažení cílů posuzování spolehlivosti. Bez ohledu na návrh systému sběru dat a způsobu uchování dat se mají před zápisem dat do databáze provádět kontroly platnosti dat. S výjimkou zjevně nesprávných dat se však mají všechna data uchovávat, a to i v případě, že se jedná o data spadající mimo předem určený rozsah. Data se mají předávat pouze těm osobám, které je potřebují.

**Volba dat**, která se mají sbírat, podstatně závisí na druhu vyhodnocovaných nebo odhadovaných ukazatelů spolehlivosti. Informace mohou být dostupné z již existujících zdrojů, nebo se mají sbírat. Potřebné mohou být tyto údaje:

- název systému
- místo (zeměpisné)
- výrobce nebo dodavatel
- typ objektu nebo číslo dílu
- konfigurace objektu a rok výroby
- výrobní číslo nebo číslo série

- datum výroby nebo uvolnění k dodávce
- datum dodávky
- pracovník (organizace) provádějící instalaci
- datum instalace
- datum uvedení do provozu.

Je nutné uvažovat o opatřeních pro **aktualizaci** základních informací. Při aktualizaci je nutné dát pozor na uložení již neaktuálních základních informací tak, aby je bylo možné snadno vyhledat.

**Podmínky prostředí** je třeba brát v úvahu takto:

- klimatické podmínky:
  - teplota
  - nízký tlak vzduchu
  - vlhkost;
- elektromagnetické prostředí:
  - EMC (elektromagnetická kompatibilita)
  - EMI (elektromagnetické rušení);
- mechanické podmínky:
  - vibrace
  - údery
  - rázy;
- mechanicky aktivní částice:
  - písek
  - prach;
- chemicky aktivní látky;
- biologické podmínky;
- radioaktivní podmínky;
- jiné (nutno specifikovat).

**Provozní podmínky** je třeba brát v úvahu takto:

- druh provozu:
  - nepřetržitý
  - přerušovaný (nutno uvést činitel využití)
  - pohotovostní
  - s ojedinělým provozem (např. zařízení pro jedno použití);
- podmínky zatížení:
  - provozní zatížení
  - přetížení
  - jiné (nutno specifikovat);
- podmínky napájení:
  - normální
  - nouzové
  - pohotovostní, atd.;
- režim řízení:
  - místní
  - dálkový
  - automatický
  - ručně řízený;
- vstupní režim:
  - dávkový
  - v reálném čase
  - interaktivní.

Mezi **záznamy o chování v provozu** se mohou zahrnout **průzkumy uspokojení zákazníka, provozní zkoušky výrobků a shromažďování dat o provozních poruchách.**

Do **průzkumu uspokojení zákazníka** mohou být začleněny poznatky a názory týkající se:

- výkonnosti a spolehlivosti výrobku
- zajištěnosti služeb
- smluvních podmínek pro reklamace
- udržovatelnosti
- efektivnosti údržby a podpůrných činností.

**Provozní zkoušky výrobků** jsou prověrky (audity) prováděné pro zjištění schopnosti výrobku vyhovět specifikacím ve skutečných podmínkách prostředí a provozu. Při návrhu systému sběru dat je třeba brát v úvahu tyto informace:

- a) příznaky vyvolané stížnostmi zákazníka nebo indikátorem poplachu;
- b) časové informace:
  - datum a čas vzniku poruchy
  - datum a čas obnovy
  - doba provozu a činitel využití
  - doba nepoužitelného stavu;
- c) časové údaje týkající se údržby:
  - doba zjišťování poruchového stavu
  - doba lokalizace poruchového stavu
  - doba aktivní údržby
  - technické zpoždění
  - logistické zpoždění
  - zpoždění vlivem rekonfigurace softwaru;
- d) závažnost poruchového stavu:
  - identifikace narušených funkcí
  - následky poruchového stavu;
- e) provedená opatření:
  - výměna součástí nebo dílů
  - seřízení
  - úpravy (modifikace)
  - mazání
  - rekonfigurace softwaru;
- f) příčina poruchy:
  - inherentní (vnitřní) porucha ve sledovaném objektu
  - porucha z nesprávného použití
  - porucha vyvolaná údržbou nebo správnými úkony
  - externí (vnější) porucha mimo sledovaný objekt
  - závislá porucha (způsobená poruchou jiného objektu)
  - porucha vlivem zablokování, tj. přechodem do stavu, ve kterém není systém schopen rekonfigurace
  - porucha vlivem konfigurace softwaru
  - porucha vlivem lidské chyby
  - konstrukční porucha.

Je třeba vyžadovat podávání zpráv o případech, kde porucha bezprostředně následuje po období přepravy, skladování nebo pohotovosti.

Užitečné jsou i **informace o zajištěnosti údržby**:

- výskyt nedostatku náhradních dílů (nedostatečné počáteční zásobení, nevhodný počet udržovaných objektů a nepřiměřená střední doba opravy)
- nedostatek prostředků pro zkoušení a testování
- nedostatek pracovních sil.

## 1.2 Analýza dat získaných sběrem

Účelné zpracování dat a jejich následné vyhodnocení vyžaduje určité **předběžné vyšetření procesu** poskytujícího data. Je možné kombinovat různé dostupné soubory dat o objektu za předpokladu, že se u všech souborů uplatňují stejná kritéria výběru. Volba vhodných metod vyhodnocování dat může být ovlivněna takovými faktory, jako je možná **časová závislost procesu** nebo skutečnost, že se k datům může vztahovat **více než jedna příčina poruchy**.

Při zpracování dat a při vlastní analýze je třeba **brát v úvahu všechny zvláštnosti systému sběru dat**. Analytik má zjistit všechny datové hodnoty, které spadají mimo předem stanovený rozsah. Přijetí nebo zamítnutí těchto dat musí být jednoznačně potvrzeno.

Data získaná sběrem se často řídí jedním z řady druhů statistického rozdělení. Pro stanovení určitého rozdělení jsou dostupné tři principiální metody:

- a) **inženýrské posouzení** založené na analýze fyzikálního procesu, který data vytváří;
- b) **grafické metody** s použitím speciálních diagramů, které vedou ke konstrukci nomogramů;
- c) **statistické testy** dobré shody empirických rozdělení s předpokládanými teoretickými rozděleními.

### 1.3 Prezentace výsledků

Při prezentaci výsledků je třeba jasně stanovit všechny podmínky pro jejich pochopení a použití. Do těchto podmínek se má zahrnout **účel systému sběru dat**, zejména s ohledem na **druh a proměnlivost** vybraných dat.

Je třeba též zaznamenat **doplňující informace** o okolnostech jako je **čas** (např. v hodinách špičkového provozu), **umístění** (např. zeměpisné podmínky) a **průběžná doba** trvání systému sběru dat.

Mají se **vyznačit zvláštní situace**, které mohou omezit použitelnost a využití dat (například jakékoliv nastalé potíže, předpoklady nebo neúplnost dat).

Je třeba se též zamyslet nad formou prezentace. Pokud to jde, je vhodnější použít **zhuštěné formy** (například diagramy, histogramy, grafickou prezentaci) než podrobný přehled čísel.

## 2. Příklad struktury dat o spolehlivosti

Pro posouzení spolehlivosti v celém komplexu, tj. bezporuchovosti (životnosti), udržitelnosti, zajištěnosti údržby, optimalizace preventivní údržby a pohotovosti musí informační systém sběru dat zabezpečit tato základní vstupní data [2]:

- a) **data obecného časového charakteru** - doba provozu  $t$  a doba používání  $T$  strojů a jejich prvků, doba provozu do první poruchy  $t_{TF}$ , doba provozu mezi poruchami  $t_{BF}$ , technický - užitečný život  $T_{uz}$  strojů a zařízení, doba nezjištěného poruchového stavu  $t_{nps}$ , doba administrativního zpoždění  $t_{az}$ , doba údržby po poruše  $t_{up}$ , doba preventivní údržby  $t_{pu}$  atd. - viz obr. 1.
- b) vypočítávané **ukazatele bezporuchovosti, udržitelnosti a pohotovosti** - hustota rozdělení pravděpodobnosti poruch  $f(t)$ , pravděpodobnost poruchy  $F(t)$  a bezporuchového provozu  $R(t)$ , intenzita  $\lambda(t)$  a parametr proudu poruch  $\Lambda(t)$ , střední doba do poruchy MTTF, střední doba mezi poruchami MTBF, střední doba opravy MTTR, součinitel ustálené pohotovosti  $A$ , gama užitečný život  $T_\gamma$  apod.)
- c) **data o zajištěnosti údržby**
  - **časové** - intervaly revizních  $t_{rp}$ , preventivních  $t_{pp}$  a diagnostických  $t_{dp}$  prohlídek, preventivních údržeb - oprav  $t_p$ , průběžné doby  $t_{pr}$  a pracnosti údržbářských zásahů  $T_{pr}$ , časy prostojů strojů a zařízení způsobené: organizačními příčinami -  $t_{ORG.}$ , čerpáním času na odpočinek a osobní potřebu  $t_{OSOB}$ , preventivní údržbou  $t_{PU}$ , poruchami  $t_{UP}$ , nutným přestavováním a seřizováním  $t_{PS}$  a technologickými poruchami  $t_{TP}$ , **další** - počet neshodných výrobků v důsledku chybného výrobního procesu  $Z_{CHYB}$  a v důsledku náběhu výroby  $Z_{NAB}$ , spotřeba náhradních dílů  $n_{ND}$ ,

skutečná výkonnost  $W_{SK}$  - tato data **umožňují výpočet celkové efektivity výrobního zařízení**;

- **data o technickém stavu** strojů a jejich prvků - různé diagnostické signály  $S_i$ , např. vibrace, teplota, velikost napětí a proudu, nečistoty v oleji, velikost opotřebení, změna účinnosti zařízení apod. – tato data **umožňují diagnostickou údržbu a její optimalizaci**,
- **data ekonomického charakteru** - náklady nebo cena preventivních údržbářských zásahů - obnovy  $N_O$  strojů a jejich prvků, náklady nebo cena údržbářských zásahů - obnovy strojů a jejich prvků po poruše  $N_h$ , náklady na prostoje  $N_p$ , náklady vyvolané narůstajícím opotřebením funkčních ploch strojních prvků  $N_{Pe}$  a z rizika výskytu poruchy  $N_{Ph}$ , náklady na revizní  $N_{rp}$ , preventivní - inspekční  $N_{pp}$  a diagnostické  $N_{Pd}$  prohlídky, ztráty z rizika výskytu poruchy  $Z_h$  z nedodržení normativu pro obnovu  $Z_{no}$ , náklady - pracovní, materiálové a režijní - na interní  $N_{iu}$  a externí  $N_{eu}$  údržbu, náklady na zásoby  $N_{zND}$  náhradních dílů apod. – tato data **umožňují optimalizovat preventivní údržbu a posuzovat ekonomickou efektivity zajištění údržby**,
- **kvalitativní** - popis druhu poruchy, analýza příčin a důsledků poruch (FMEA), způsobu jejího nahlášení a odstranění, počet a kvalifikace údržbářů, technické informace - pasporty - o výrobním zařízení, přehled o náradí, měřicích přístrojích, diagnostickém zařízení, strojním vybavení, informace o náhradních dílech a jejich dostupnosti, specifikace údržbářských objektů - plochy, výšky, technologická vybavenost, environmentální aspekty, dopady a profily, finanční zdroje pod. – tato data **umožňují dynamický program údržby a optimalizaci zdrojů zajištění údržby**.

Doba použitelného stavu $t_{ps}$			Doba nepoužitelného stavu $t_{ns}$			
Doba využitého (obsazeného) stavu $t_{vs}$	Doba nevyužitého stavu $t_{nvs}$	Doba Provozuneschopného stavu z vnějších příčin $t_{pnsvep}$	Doba provozuneschopného stavu z vnitřních příčin $t_{pnsvip}$			
			Doba poruchového stavu $t_{prs}$			Doba preventivní údržby $t_{pu}$
			Doba nezjištěného poruchového stavu $t_{np}$	Doba administrativního zpoždění $t_{az}$	Doba údržby po poruše $t_{up}$	
			Doba údržby $t_u$			
Doba provozuschopného stavu $t_{pss}$			Doba provozuneschopného stavu $t_{pns}$			

Pokračování detailního rozkladu doby údržby:

Doba údržby $t_u$					
Doba preventivní údržby $t_{pu}$		Doba údržby po poruše $t_{up}$			
Doba Logistického Zpoždění $t_{lz}$	Doba aktivní údržby $t_{au}$				Doba logistického zpoždění $t_{lz}$
	Doba aktivní preventivní údržby $t_{apu}$	Doba aktivní údržby po poruše $t_{aup}$			
		Doba technického zpoždění $t_{tz}$	Doba lokalizace porouchané části $t_{prc}$	Doba aktivní opravy $t_{aopr}$	
Doba opravy $t_{opr}$					



Obr. 1 Struktura časových údajů pro kvantitativní analýzu spolehlivosti výrobního zařízení - podle ČSN IEC 50(191)

### 3. Závěr

**Data o spolehlivosti strojů a zařízení z provozu a jejich sběr** tvoří základ pro měření a hodnocení spolehlivosti a vytváří předpoklady pro nezbytnou zpětnou vazbu s konstruktéry ve směru zlepšování návrhu a pro zabezpečování provozní spolehlivosti výrobků jejich správnou konfigurací a dynamickou údržbou.

První část příspěvku obsahuje výtah z obecné **normované metodiky sběru dat o spolehlivosti** z provozu. Jsou definovány cíle sběru dat, metodika jejich sběru, podmínky a provozní prostředí, postup provozní zkoušky výrobků, analýza dat získaných sběrem a jejich prezentace.

V druhé části příspěvku je konkretizována **struktura dat o spolehlivosti** se zaměřením na data časového charakteru, ukazatele bezporuchovosti, udržovatelnosti a pohotovosti a data o zajištěnosti údržby ve členění na data o času, technickém stavu, data ekonomického a kvalitativní charakteru.

Správná interpretace základních dat a následný výpočet ukazatelů spolehlivosti slouží také jako nástroj **specifikace požadavků na spolehlivost ve smluvních vztazích** mezi dodavatelem a odběratelem včetně možnosti následného ověření splnění těchto požadavků.

#### Literatura:

- [1] ČSN IEC 300-3-2:1993 Řízení spolehlivosti ČÁST 3: NÁVOD K POUŽITÍ - Oddíl 2: Sběr dat o spolehlivosti z provozu
- [2] LEGÁT, V. – JURČA, V.: Management jakosti v údržbě. ČSJ Praha 1999. 74 s.

#### Autor:

Prof. Ing. Václav Legát, DrSc.  
Česká zemědělská univerzita,  
Technická fakulta, katedra jakosti a spolehlivosti strojů  
165 21 Praha 6 – Suchbátka

Tel.: 02 2438 3268  
E-mail: legat@tf.czu.cz

# ZKUŠENOSTI SE SBĚREM DAT O SPOLEHLIVOSTI V LETECKÉM PRŮMYSLU

*Ing. Zdeněk Kocour, CSc.*

## 1. Úvod

System sběru a zpracování informací o spolehlivosti se v Aeru (AV) zaváděl od počátku výroby L 39. AV i ČSLA a ostatní finalisté (a nejen finalisté) zaváděli svůj systém. Od počátku bylo ale zřejmé, že systémy by měly být co nejvíce kompatibilní nebo alespoň komunikativní. Vznikal Vzorový program spolehlivosti, na jehož tvorbě pod vedením Prof. Schindlera se podíleli zástupci všech finalistů a mnoho jejich dodavatelů včetně VZLÚ a Vojenského zkušebního střediska 031 (VZS 031). Na jeho základě vznikl i program v AV a to jeho podstatnou redukcí z důvodu možnosti zajištění rozsahu prací. Jeho nezbytnou součástí byl i systém sběru a zpracování informací. Přes několik pokusů o vytvoření sběru informací jak ve vývoji, tak pod Odborem kvality výroby (OKV), byly informace od prvních uživatelů (ČSLA a VVS SSSR) dodávány formou reklamací, vlastních Karet poruch, přehledů poruch, měsíčních hlášení a jiných současně s vytvářením systému. Ve vývoji vznikly první zprávy o provozu letounů L 39 u zákazníků na základě jejich Karet poruch a vlastních číselníků. Byly rozsáhlé, pro celkové soubory letounů a řadu jejich podsouborů. Byly nepřehledné a neuváděly žádné praktické závěry. Měly však nesmírný význam zjišťovací – stanovily počáteční hodnoty bezporuchovosti a bezpečnosti. Současně s nárůstem rozsahu práce vývojové skupiny pro účely vývoje byl sběr a zpracování provozních informací převeden do OKV. Nejpropracovanější systém měl zpracován (a fungující) VZS 031. Z časových, materiálních, kompatibilních a perspektivních důvodů byl tento systém sběru informací včetně všech číselníků bezvýhradně převzat a postupně byl dále doplňován. Záznamy o poruchách byly poněkud zjednodušeny. Oblast jejich zpracování byla postupně přizpůsobována potřebám podniku, využití informací bylo zaměřeno převážně na nápravná opatření, nikoli na zabezpečování provozu na jednotlivých základnách. Zprávy se zjednodušily, staly se přehlednější a odpovídaly požadavkům zákazníků. V současné době odpovídají požadavkům vojenských norem MIL STD a jsou vůči nim mírně rozšířeny.

Je nutné podotknout, že informace o spolehlivosti vojenské letecké techniky byly, jsou a budou uživateli vždy utajovány. Odráží se to i na zajišťování a úrovni sběru informací o jednotlivých poruchách.

## 2. Zavádění systému sběru informací

Zavádění systému sběru informací by bylo zbytečné, kdybychom neměli představu, co od nich potřebujeme a co s nimi uděláme, jaký efekt nám přinesou nebo mají přinést. Naším cílem bylo zvýšit spolehlivost. Ta byla definována jako souhrn vlastností : - bezpečnost, - bezporuchovost, - životnost, - skladovatelnost, - opravitelnost, - udržovatelnost, - servis a řada dalších jejichž ukazatele lze číselně vyjádřit. Pálila nás bezpečnost a bezporuchovost. Protože životnost a skladovatelnost byly dány Technickými podmínkami, uvažovali jsme pro perspektivu opravitelnost. O financích jsme začali uvažovat až mnohem později. Uvedený výběr byl ovlivněn dalšími faktory : - znalostmi pracovníků, - kapacitami, - jaké informace vůbec můžeme získat, - jak to budeme dělat a - čím. Z těchto úvah vznikla naše **Karta poruchy**, která řádně vyplněná a doplněná dalšími údaji se stává základní a pro naše účely úplnou informací. Jejich shromáždění dává databázi poruch, jejíž zpracováním obdržíme požadované výsledky. V současné době byla Karta poruchy rozšířena o některé logistické údaje.

Potřebné informace pro zvyšování parametrů vybraných spolehlivostních vlastností jsou obsaženy v odpovědích na otázky : - jaký máme současný stav, - co nám ho nejvíc zhoršuje - jaká opatření jsou nutná pro zlepšení tohoto stavu. Tato opatření se pak zaváděla do vlastní výroby a byla vyžadována od subdodavatelů. Podařilo se tak parametry bezpečnosti a bezporuchovosti letounů L 39 zvýšit na dvojnásobek. Spolu s tím byla i snížena pracnost a doby plánované i neplánované údržby, mohla se ovlivňovat doba mezi generálními opravami a životnost.

### 3. Práce s Kartou poruchy

I přes to, že v poslední době je sběr informací zajištěn smluvně, je plněn velmi omezeně nebo vůbec ne. K základním zdrojům informací patří :

- **AČR (ČSLA)** – půjčovala přehledy Karet poruch ve formě papírové dešifrované sestavy. I když tato korespondovala s naší Kartou, bylo nutno údaje pro záznam znovu zakódovat, doplnit o vlastní údaje a zaznamenat. Soubor Karet poruch evidentně nebyl úplný, vznikalo hodně chyb, tím i nevěrohodné výsledky uváděné v dalších sestavách ČSLA. Pro eliminaci úplnosti počtů informací musela být vyvinuta vlastní metodika a později i SW. V současné době AČR zavádí nový systém s využitím počítačové sítě. S ním mnoho zkušeností nemám, systém je do značné míry utajován. Vzniká pro něj utajované pracoviště. Není přímým pokračovatelem původního převzatého, zcela neznámé jsou způsoby zpracování. AČR pro typ L 159 nyní předává prvotní informace na CD, nikoli však na L 29 a L 39.
- **VVS** – vytvořily vlastní Kartočku učota něispravnostěj, která obsahem zhruba odpovídala naší Kartě poruchy. Bylo nutno přeložit, doplnit, okódotovat a zaznamenat. Často jsme obdrželi až pátý a vyšší průpis, který již nebyl čitelný. Mnohdy byly dodávány informace o jedné poruše ve vícenásobném počtu. Musel proto vzniknout SW na duplicity. V závěru bylo nutné i překódotování, převodníky popisu byly tvořeny podle kódů a slovních popisů, nebyly dokončeny. Dodávky informací byly plynulé a souvislé jen v počátcích zavádění typu. Postupně vznikaly stále větší a delší propady. VVS ukončilo nárazové dodávky informací v r. 1990 úplně. O úplnosti souboru Kartoček svědčí náš optimistický odhad 20 – 25 % skutečných poruch.
- **OTS** – vyhotovovalo měsíční přehledy závad u uživatelů bez základního údaje odpracovaných hodin, dále pak měsíční přehledy nalétaných hodin, přistání, motorových hodin a cyklů. Tyto údaje bylo nutno spojit i s vědomím vznikajících nepřesností. Řada údajů z Karty chyběla vůbec. Užívání Karet poruch naráželo nejen na neochotu přímých pracovníků, ale i bývalý vedoucí OTS měl k systému nepřekonatelný odpor. Po jeho penzionování s novým vedoucím nastal podstatný zlom. OTS nyní dodává Karty poruch vzorně vyplněné v SW ACCES, škoda, že jen po dobu své přítomnosti u uživatele. Jedna doručená OTS a doplněná o potřebné kódy je přiložena. Největším problémem zůstávají programátorské kapacity na přeprogramování zpracovatelského SW z prostředí DOS.
- **Jiní uživatelé** – přímé informace od uživatelů byly z VVS a v poslední době pouze z Tunisu o L 59. Zákazník zde převzal pro vyplnění Karty poruchy pořizovací SW naší OTS. Proto také mohla být provedena příprava generálních oprav letounů z hlediska spolehlivosti naprosto bez problémů.

- **OŘJ (OKV) AV** – vystavování Karet poruch pracovníky OKV vždy naráželo na neochotu a malou kapacitu výkonných pracovníků. Pro ně to byla komplikace a duplicita práce. Když už si zvykli, byl sběr informací o poruchách spolu se sběrem informací o nekvalitě výroby zrušeny jako socialistické soutěže. Sběr informací o poruchách se obnovit nepodařilo, zaváděly se jiné systémy evidence a omezily se kapacity výkonných pracovníků. Další sběr informací nebyl možný do doby uvolnění díla o letounu pro tyto účely. Dílo o letounu obsahuje všechny záznamy o jeho výrobě, montáži, nivelaci, protokoly z prováděných zkoušek, záznamy o létání (nejsou uváděny doby letů), údržbě do přeletu, poruchy a výměny na letounu provedené. Pro vyplnění Karty poruchy jsou nutné dva podklady – **draková kniha** se záznamy o době letů a **dílo o letounu**. Draková kniha odchází spolu s letounem a dále není dostupná, dílo o letounu se zapečetilo a archivovalo s tím, že ho nelze rozpečetit po dobu života letounu. Nyní jsou díla pro spolehlivost zpřístupněna po jejich zkompletování a výpisy z nich jsou zdrojem úplných informací. Provádění výpisů je však velmi pracné. Ze záznamů o provozu letounů z „nepřístupného“ období se informace vybírají zpětně.

#### 4. Evidence informací

Evidence informací se zpočátku prováděla papírovou formou a to děrovanými kartami na mechanické tříděči, děrováním základních údajů na děrné štítky pro zpracování prvních zpráv na počítači MINSK 22. Po převzetí systému VZS 031 se údaje z Karet poruch přepisovaly do formulářů pro děrování a děrovalo se i zpracovávalo na podnikovém počítači ARITMA 101. Jedna informace zabírala dva děrné štítky. Problémy byly s chybami v děrování a hlavně správném párování štítků. Byly i chyby přepisování. Zpracovávalo se jednou za rok, výsledné sestavy pak dále ručně a kalkulátory celý rok. Děrování probíhalo průběžně. Rovněž výpočetní programy byly na děrných štítcích. Při zavedení podnikového počítače EC 1026 nezbyla pro spolehlivost programátorská kapacita na výpočetní SW a tak byl pro tuto práci OKV přidělen PC XT, jeden ze čtyř prvních v podniku. Byl pouze s DOS, bez dalšího vybavení, bez dokumentace, bez školení pro obsluhu a bez převodu historických dat. Převod dat provedla MÚZO, od které byla též zkopírována DBASE III+. V tomto prostředí pak vedoucí výpočetního střediska vytvořil pořizovací program záznamů Karet poruch jako tematický úkol. Obsahuje 14 automatických kontrol správnosti údajů a 4 logické s účastí operátora. Odpadlo pracné, zdouhavé a zbytečné přepisování a děrování. Program je užíván dodnes. Programy zpracování dat jsou vlastní. Celkem je zatím tímto způsobem evidováno asi 50 000 informací o poruchách. Údaje o L 159 jsou na CD, z nich převedeny do celkové databáze v prostředí FOX PRO.

#### 5. Pokrok v automatizaci sběru informací

Letouny jsou čím dál více vybavovány zařízeními s autotestem, jejichž signály jsou zaznamenávány a automaticky zpracovávány. U nich je možné naprosto přesně určit dobu provozu. Neobsahují však příčinu poruchy, která může být i mimo zařízení vykazující poruchu. Proto je účast obsluhy na lokalizaci příčiny poruchy nezastupitelná. Mnohá zařízení, zvláště mechanická, hydraulická, palivová atd. takto vybavená nejsou nebo jen minimálně. Opět je účast obsluhy nevyhnutelná a zřejmě bude stále. Mnoho i takto hlášených poruch vymizí samo, jejich příčiny nelze zjistit, protože se je nezdaří již nikdy znovu vyvolat. Nelze proto vyloučit omyly na technice i v informacích. Proto nyní rozlišujeme :

- **údálosti** – všechny hlášené poruchy, nedostatky a neplánované demontáže i se zpětnou montáží, výměny celků, kterými se porucha neodstraní a všechny potvrzené poruchy včetně,
- **porucha** – zásah obsluhy, kterým se hlášená porucha potvrdí nebo trvale odstraní.

Pokládám za sci-fi, že i někdy v budoucnu vznikne zařízení, které by samo vyplnilo Kartu poruchy nebo potřebné údaje zaznamenalo v požadované formě bez zásahu člověka.

## 6. Využití zpracovaných informací

Výsledky zpracovaných informací našly uplatnění v následujících oblastech :

- dokladování dosažené spolehlivosti jednotlivých typů letadel námi dodaných u uživatelů pro dohlédací úřad a vlastní potřebu,
- vytipování kritických celků Paretovou analýzou četností a závažností.
- zavádění nápravných opatření,
- analýzy poruchovosti a jejich trendů pro systémy a celky metodami průměru, Weibullovým rozdělením pravděpodobnosti, proudem poruch a aplikací přejímacího plánu založené na exponenciálním rozdělení pravděpodobnosti včetně hodnocení účinnosti nápravných opatření,
- stanovení potřebných počtů náhradních dílů vlivem poruchovosti uvedenými analytickými metodami s použitím Poissonova rozdělení pravděpodobnosti, přitom požadavek musí obsahovat počet letounů, dobu v letových hodinách nebo kalendářní čas a pravděpodobnost nevyčerpání skladu,
- k logistickým účelům (dynamický program údržby, plánování údržby atd.) ,
- k vývojovým účelům,
- kontrola souhlasu s technickými podmínkami, případně jejich změny,
- informace o jednotlivých poruchách – výpisy,
- vyjádření k možnosti prodloužení technického života, stanovené životnosti Technickými podmínkami a doby provozu do generální opravy,
- speciální informace pro různé účely oprávněných zadavatelů,
- prokazování spolehlivosti celků použitých na jiných typech letounů bez nákladných dlouhodobých zkoušek,
- spolupráce při zpracování marketingových nabídek,
- pro účely výpočtů LCC,
- prognostické práce.

Využití shromážděných informací je tedy velmi široké. Všechny zmíněné body byly již vyžadovány a plněny.

## 7. Závěrečná poznámka

V minulosti byl součástí analýzy letadlového celku i rozbor nákladů na nespolehlivost. Byly uvažovány položky nákladů na plánovanou i neplánovanou údržbu, generální opravy, důsledky nesplnění úkolu (nikoli bojového) a následné náklady (poškození letounu vzniklou poruchou, poškození zdraví osádky, ekologické důsledky, následky na nezúčastněných osobách a objektech). Nebyly uvažovány náklady na servis, dopravu a plynoucí z časových ztrát. Pro tento rozbor bylo velmi obtížné a mnohdy nemožné získat seriózní a věrohodné údaje o nákladech na opravu a to nejen od subdodavatelů, ale i z vlastního podniku. Odhad těchto nákladů byl tedy velmi nepřesný a neúplný, dosahoval 0,5 – 1,5 % pořizovací ceny vztahované na jeden kus. Náklady na servis a dopravu většinou mnohonásobně překračovaly odhadnuté částky a proto bylo od tohoto vyhodnocování upuštěno. Problematika nyní přešla do působnosti oddělení LCC.

Autor :  
Ing. Zdeněk Kocour  
RAT – spolehlivost  
AERO a.s. Vodochody  
250 70 Odolena Voda

Tel. : 02/86032807  
e-mail : zdenek.kocour@aero.cz



# KARTA PORUCHY

pro letouny typové řady L-39 / L-59

**00YE080**

3521 87

01	TRUPOVÉ ČÍSLO	5236	2
02	DATUM ZJIŠTĚNÍ	29.01.01	3
03	NÁLET DRAKU OD POČÁTKU PROVOZU	hod:min 40 : 55	5
04	POČET GO DRAKU	0	6
05	KLASIFIKACE	1	7
06	OKOLNOSTI ZJIŠTĚNÍ	71	11
07	OBECNÁ PŘÍČINA PORUCH	1	15
08	NÁSLEDKY PRO PROVOZ	1	20A
09	LETOVÝ ÚKOL	1	20B
10	DOBA VYHLEDÁNÍ	0 15	
11	ORGANIZAČNÍ PROSTOJ	0 / 0	
12	ZPŮSOB OPRAVY	2	18
13	DOBA OPRAVY LETADLA	2 0	13
14	PRŮMĚRNÝ POČET PRACOVNÍKŮ PŘI OPRAVĚ	3,0	14
15	PŘÍZNAKY PORUCHY (slovně)	092	17
16	DRUH PORUŠENÍ (slovně)		21

17	SOUSTAVA <b>Elektro</b>	4866448	16
AGREG.	Přepínač	2PPG-15K-2S	54
BLOK			
DETAIL			
18	ODPRACOVÁNO OD POČÁTKU PROVOZ	počet 41	26
L letové hodiny	C počet cyklů	L	31
M motorové hodiny	O počet odhozů		58
P počet přistání	V počet výstřelů		
19	ROK VÝROBY AGREGÁT	rok 90	25
20	POČET GO AGREGÁTU MOTORU	0	27
21	VÝROBNÍ ČÍSLO AGREGÁTU MOTORU	7082524000006	29
22	Poznámky, doplňující údaje: (např. MH, odpracované hodiny motoru, způsob opravy atd.)		
	Pokud reklamováno uvést číslo REKLAMAČNÍHO PROTOKOLU: 00YE026R		
	Výměna přepínače		
	Datum :	Vypracoval, schválil:	
	29.01.01	Boroň Miroslav	

CENTRÁLNÍ DATABÁZE "KARTY PORUCH 2000"

# ZKUŠENOSTI SE SBĚREM DAT O SPOLEHLIVOSTI V TELEKOMUNIKACÍCH

*Ing. Jiří Chodounský, CSc.*

Poruchovost účastnických přípojek (ÚP) se podle Vyhlášky MDS č. 196/2000 Sb. hodnotí poměrem počtu platných poruchových hlášení, podaných účastníky o přerušení této služby nebo ztrátě integrity této služby, k průměrnému počtu účastnických přípojek v hodnoceném časovém období (neuvažují se poruchy koncových zařízení připojených ke koncovému bodu telekomunikační sítě a poruchy vztahující se k vlastnostem telekomunikační sítě, která není provozována poskytovatelem služby).

Doba odstranění poruchového stavu je pak definována jako doba od okamžiku nahlášení poruchového stavu účastníkem poskytovateli této služby do okamžiku, kdy tato služba byla vrácena do předepsaného provozního stavu.

Mírou pohotovosti veřejných telefonních automatů (VTA) se podle této Vyhlášky rozumí podíl počtu instalovaných VTA v provozuschopném stavu k celkovému počtu instalovaných VTA vyjádřený v procentech.

Pro operativní řízení kvalitativní úrovně dílčích vlastností sítě (bezporuchovosti, udržovatelnosti a pohotovosti), hodnocených uvedenými ukazateli, je třeba průběžně konat sběr dat o poruchách jednotlivých objektů účastnických přípojek a VTA a dosahované výsledky analyzovat.

Aby data o poruchách mohla být co nejlépe využita pro analýzu a návrh nápravných opatření, je třeba sledovat samostatně poruchovost každého objektu, z nichž se účastnická přípojka (ÚP) nebo veřejný telefonní automat (VTA) skládá. Pro hodnocení ÚP jsou to např.

- kabelová vedení v přípojné síti od telefonní ústředny až k účastnickému rozvaděči,
- vnitřní rozvody v budovách,
- vnější sady sdružovacích zařízení,
- ústřednové sady sdružovacích zařízení,
- účastnická přenosová zařízení PCM 2 nebo PCM 4,
- telefonní přístroj (pokud je majetkem provozovatelů),
- případné další objekty.

Obdobně je pak třeba stanovit jednotlivé objekty i pro veřejné telefonní automaty (VTA) – viz obr. 1.

Každý z uvedených objektů je možno ještě blíže specifikovat. Tak například kabely se mohou rozlišovat podle jejich konstrukce a způsobu montáže (úložné, závlačné nebo samonosné).

Dále je pak nutno blíže specifikovat příslušný prvek sledovaného objektu, který jeho poruchu způsobil.

U každé poruchy musí být rovněž uvedena i její příčina, např.:

- vada montáže,
- mechanické poškození,
- cizí zásah,
- poškození elektrickým proudem,
- vliv prostředí,
- vada výroby,
- prošlá životnost,
- živelná pohroma, atd.



Dalším důležitým zdrojem údajů pro analýzu poruchovosti jsou časové údaje o odstranění poruchového stavu. U každé poruchy je proto třeba uvést dobu (den, měsíc, hodinu, minutu):

- nahlášení poruchy,
- předání k opravě,
- opětného uvedení ÚP do provozuschopného stavu,
- ukončení opravy.

Údaje se doplní uvedením doby aktivní opravy a určí se doba od nahlášení poruchy do obnovení provozuschopného stavu ÚP a celková doba trvání opravy (tj. doba od nahlášení poruchy do doby úplného ukončení opravy).

Jednou měsíčně se pak údaje o poruchách shrnou do přehledné tabulky.

Analogicky je nutno měsíčně vyhotovit i přehlednou tabulku dat o poruchách VTA.

Pro hodnocení spolehlivosti služby je třeba hodnotit i nepřetržitost a integritu služby. Tyto parametry lze hodnotit pravděpodobností předčasného ukončení hovoru v důsledku rozpadu spojení nebo ztráty srozumitelnosti, která pro pětiminutový hovor nesmí překročit předepsanou hodnotu.

Mimo ověření plnění tohoto požadavku je při analýze nepřetržitosti služby třeba zjistit nejčastější poruchy, které ji ovlivnily, stejně jako nejčastější příčiny ztráty integrity služby, kterými jsou např.:

- vznik ozvěny,
- zkreslení (komolení slov),
- šum nebo bzučení,
- kolísání hlasitosti,
- přeslechy.

Sběr dat pro hodnocení se koná individuálně vyplněním dotazníku (viz obr. 2) v reálném provozu.

Poznámka: Obrázky zmiňované v textu budou prezentovány na přednášce.

# ZKUŠENOSTI SE SBĚREM DAT V JADERNÉ ELEKTRÁRNĚ DUKOVANY

*Ing. Pavel Fuchs, CSc.*

## 1. Úvod

Vzhledem k připravované modernizaci jednotlivých částí systému kontroly a řízení (SKŘ) jaderné elektrárny Dukovany (EDU) bylo zapotřebí stanovit hodnoty ukazatelů spolehlivosti dosahované stávajícím SKŘ na základě údajů o provozu a poruchách SKŘ. Takto stanovené hodnoty ukazatelů spolehlivosti pak představují referenční úroveň spolehlivosti, ze které se odvíjejí požadavky na spolehlivost modernizovaného SKŘ a dále slouží k doložení úrovně spolehlivosti a tudíž i bezpečnosti SKŘ EDU Státnímu úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB).

## 2. Výchozí podmínky

Vzhledem k rozsahu SKŘ jaderné elektrárny byla největší pozornost soustředěna na bezpečnostně důležité subsystémy SKŘ EDU. Tyto subsystémy realizují ochranné a řídicí funkce v primární části jaderné elektrárny. Jejich přehled a stručnou charakteristiku uvádí tab. 1.

**Tab. 1:** Hodnocené subsystémy SKŘ

Označení	Účel	Charakteristika
HO	rychlé odstavení reaktoru	reléový systém bez autodiagnostiky, kontrola funkčnosti prováděna v předepsaných intervalech
SOB	spouštění bezpečnostních systémů doplňování a dochlazování reaktoru	reléový systém bez autodiagnostiky, kontrola funkčnosti prováděna v předepsaných intervalech
TOPG	technologická ochrana parogenerátoru	reléový systém bez autodiagnostiky, kontrola funkčnosti prováděna v předepsaných intervalech
LOPG	lokální ochrana parogenerátoru	počítačový systém s vlastní autodiagnostikou a diagnostikou měřicích kanálů
SORR	ochrana a řízení reaktoru	elektronický systém (kombinace diskretních a integrovaných prvků) s omezenou diagnostikou
ARM	regulace výkonu reaktoru	elektronický systém (kombinace diskretních a integrovaných prvků) s omezenou diagnostikou
ROM	omezení výkonu reaktoru	elektronický systém (kombinace diskretních a integrovaných prvků) s omezenou diagnostikou
AKNT	ex-core měření neutronového toku	elektronický systém (kombinace diskretních a integrovaných prvků) s omezenou diagnostikou
SVRK	měření fyzikálních veličin in-core a dalších	elektronický systém (kombinace diskretních a integrovaných prvků) s omezenou diagnostikou

Hodnocení spolehlivosti bylo založeno na vyčíslení ukazatelů spolehlivosti základních funkcí, které jednotlivé subsystémy SKŘ vykonávají. Spolehlivost funkcí bezpečnostně významných subsystémů SKŘ jaderné elektrárny bývá extrémně vysoká v důsledku použití redundovaných struktur (zálohování), důrazu na jakost dodávaných zařízení a pečlivé údržby. Proto je četnost poruch funkcí těchto subsystémů SKŘ velice nízká. V průběhu plánované životnosti jaderné elektrárny se poruchy bezpečnostních funkcí prakticky

nemohou projevit. Hodnocení spolehlivosti neleze proto v takovémto případě založit na statistickém vyhodnocování poruch funkcí. Provádí se analytickým způsobem, kdy výpočet spolehlivosti hodnocené funkce vychází z analýzy poruch jednotlivých komponent, které mohou způsobit poruchu hodnocené funkce. Pro hodnocení provozní spolehlivosti funkcí bezpečnostně významných subsystémů SKŘ je třeba vycházet z hodnot ukazatelů spolehlivosti komponent zjištěných z provozních údajů.

Původní sběr dat o provozu a poruchách jaderné elektrárny Dukovany (spolehlivostní informační systém SIS) je založen na sledování provozních událostí, které vedly k odstavení výrobního bloku z provozu, snížení výkonu bloku nebo se měly dopad na funkci zařízení s vlivem na bezpečnost jaderné elektrárny. Tento sběr dat nemohl být vhodným informačním zdrojem pro hodnocení provozní spolehlivosti hodnocených subsystémů SKŘ, protože potřebné údaje neobsahoval. Specializovaný sběr dat využívaný pro analýzy PSA (Probability Safety Assessment) eviduje poruchy jen těch komponent, které vystupují ve stromu poruch v modelu PSA, což významně redukuje velikost souboru komponent sledovaných za hodnocené subsystémy SKŘ. Systém sledování údržby SKŘ (MNT-MaR) je zaměřen na sledování nákladů údržby a pro sledování poruch neposkytuje dostatečně podrobné členění SKŘ na subsystémy a jednotlivé komponenty.

Pro účely hodnocení provozní spolehlivosti bezpečnostně významných subsystémů SKŘ bylo zapotřebí vycházet z primárních údajů o provozu, poruchách a opravách, které jsou zpravidla různou formou evidovány pracovníky údržby. Takovýmto zdrojem informací je databáze SRND, která byla v EDU zprovozněna od roku 1995. Tato databáze eviduje seznam komponent bezpečnostně významných subsystémů SKŘ a zásahy pracovníků údržby. Není však primárně určena pro hodnocení spolehlivosti.

Proto bylo rozhodnuto opřít hodnocení spolehlivosti o systém SRND a doplnit o nadřazený systém sledování spolehlivosti (SSS), který by využíval dat uložených v SRND. K tomuto účelu však bylo nejprve třeba provést kritickou revizi údajů evidovaných v SRND, hodnocení zásahů údržby a postupů vkládání dat.

### **3. Rozsah zpracovávaných dat**

Jaderná elektrárna Dukovany má výkon 1 760 MW a provozuje čtyři reaktorové bloky s reaktory VVER 440 MW. Každý reaktorový blok (RB) lze zjednodušeně považovat za samostatnou jednotku výroby elektrické energie, která má samostatný nezávislý systém kontroly a řízení. Každý z hodnocených subsystémů SKŘ uvedených v tab. 1 se tedy v EDU vyskytuje 4x. Subsystémy jsou rozčleněny na individuální komponenty na úrovni dřívější technickoobchodní specifikace. Ohraničení subsystémů je na jedné straně dáno prvky napojení snímačů na technologii (impulsní potrubí, jímky apod.), na druhé straně pak vstupními kontakty akčních členů nebo kontakty či rozhraním s návaznými subsystémy SKŘ. Součástí těchto subsystémů není elektrické napájení, vyjma vlastních napájecích bloků (zajišťujících úpravu proudu a napětí a jištění na hodnoty požadované jednotlivými subsystémy). Informace o počtu sledovaných individuálních komponent v jednotlivých subsystémech je uvedena v tab. 2.

**Tab. 2:** Počet sledovaných komponent v hodnocených subsystémech SKŘ

Subsystém SKŘ	Počet komponent				
	1. RB	2. RB	3. RB	4. RB	EDU
HO	3 108	3 108	3 108	3 108	12 432
SOB	3 542	3 542	3 542	3 542	14 168
TOPG	498	498	498	498	1 992
LOPG	541	541	541	541	2 164
SORR	328	328	328	328	1 312
ARM	56	56	56	56	224
ROM	150	150	150	150	600
AKNT	1 168	1 168	1 064	1 019	4 319
SVRK	532	532	532	532	2 128
Celkem	9 923	9 923	9 819	9 774	39 339

*Poznámka: Vzhledem ke konstrukčním odlišnostem není počet komponent AKNT u jednotlivých RB identický.*

Jednotlivé komponenty jsou mimo řazení k subsystémům SKŘ rovněž řazené podle příslušnosti k jednotlivým typům (resp. typovým řadám). Je zřejmé, že stejné typy komponent se mohou vyskytovat v různých subsystémech SKŘ (snímače, relé, signálky apod.), jiné jsou jednocelové a vyskytují se jen v daném subsystému SKŘ (ionizační komory pro měření neutronového toku, moduly speciální elektroniky apod.). Z toho vyplývá různý počet komponent evidovaných u daného typu nebo typové řady. Příklad různého počtu komponent v jednotlivých typech je uveden v tab. 3.

**Tab. 3:** Počet komponent řazených k jednotlivým typům

Typ komponenty	Subsystém SKŘ				
	HO	SOB	TOPG	AKNT	SVRK
ionizační komora BDPN3-15	---	---	---	32	---
relé RPU-4	1108	716	840	---	---
manometr tlakový elektrický MPE-MI (0-6 MPa)	48	144	---	---	32

#### 4. Zpracování dat

V databázi SRND jsou evidovány veškeré údržbové zásahy prováděné na komponentách bezpečnostních subsystémů SKŘ. Tyto údaje jsou základem pro sledování spolehlivosti systémem SSS. Záznamy v SRND lze rozdělit do 5 kategorií v závislosti na typu údržby:

- údržba po poruše zjištěné při provozu
- údržba po poruše zjištěné při odstávce pro výměnu paliva
- preventivní údržba
- realizace technického řešení
- ostatní

Za období 1995 až 2001 je v databázi shromážděno cca 50 tis. záznamů. Systém SSS z databáze SRND načítá relevantní data a zpracovává je pro hodnocení spolehlivosti subsystémů SKŘ. Nejjednodušším hodnocením je stanovení četnosti zásahů údržby vztahované k jednotlivým subsystémům SKŘ a komponentám za daný kalendářní rok. Při tom lze vzájemně porovnávat rozdíly v četnosti zásahů údržby u stejných subsystémů SKŘ a typů komponent na jednotlivých reaktorových blocích. Zároveň lze hodnotit trendy vývoje poruchovosti za zvolené časové období a jejich odezvu na zvolenou strategii údržby.

Nejdůležitějším výstupem systému SSS z hlediska hodnocení spolehlivosti funkcí bezpečnostně významných subsystémů SKŘ je stanovení bodového odhadu intenzity poruch a jejich konfidenčních mezí pro jednotlivé typy komponent. Vzhledem k velikosti souboru komponent daného typu, době sledování a počtu evidovaných poruch lze bodové odhady intenzity poruch jednotlivých typů komponent (s dostatečným počtem komponent daného typu) uvažovat za blízké hodnotám skutečné intenzity poruch. Tuto skutečnost ilustruje pro několik běžných typů komponent tab. 4.

**Tab. 4:** Hodnoty bodových odhadů a konfidenčních mezí intenzity poruch některých typů komponent

Typ komponenty	Počet sledovaných Komponent	Počet evidovaných zásahů údržby 1995 - 2000	Bodový odhad a konfidenční interval intenzity poruch			
			$\lambda$ [ $\text{h}^{-1}$ ]	$\lambda_{0,05}$ [ $\text{h}^{-1}$ ]	$\lambda_{0,95}$ [ $\text{h}^{-1}$ ]	$\lambda_{0,90}$ [ $\text{h}^{-1}$ ]
AP50B (jistič)	704	9	2,6E-07	1,3E-07	4,5E-07	-
RPU-1 (relé)	3 400	677	4,0E-06	3,8E-06	4,3E-06	-
RPU-2 (relé)	3 216	751	4,7E-06	4,4E-06	5,0E-06	-
RPU-4 (relé)	2 664	86	6,5E-07	5,4E-07	7,8E-07	-
TCHA 2077 (termočl.)	240	5	4,2E-07	1,7E-07	8,8E-07	-
IP + ventil. souprava	912	120	2,7E-06	2,3E-06	3,1E-06	-
jímka	240	0	2,8E-08	-	-	1,9E-07

**Poznámka:** V počtu evidovaných zásahů údržby jsou u relé RPU-1 a RPU-2 evidovány i zásahy, kdy bylo relé při podezření na jeho nestandardní chování preventivně vyměněno.

Takto stanovené bodové odhady intenzity poruch jednotlivých komponent představují nutný základ pro stanovení hodnot ukazatelů spolehlivosti funkcí bezpečnostně významných subsystémů SKŘ. Následně lze pomocí FMECA stanovit podíly jednotlivých způsobů poruch (a k nim přiřadit příslušný díl základní intenzity poruch) a analyzovat důsledky poruch na funkce bezpečnostně významných subsystémů SKŘ. Je samozřejmé, že v analýzách jsou zvažovány další aspekty spolehlivosti jako jsou schopnost detekce poruch jednotlivých komponent, doba latence poruchy komponenty, doba obnovy apod. Popis těchto aspektů však značně převyšuje rámeček tohoto příspěvku a může být učiněn v některém z budoucích příspěvků.

## 5. Závěr

Sebelépe provedené analýzy spolehlivosti mají bez znalosti základních dat získaných sledováním spolehlivosti v provozu nebo ze zkoušek velkých souborů vzorků jen omezený význam. Je to způsobeno značnou mírou nejistoty vstupních údajů, což se následně projeví ve výsledku analýzy. Proto je v jaderné elektrárně Dukovany věnována značná pozornost shromažďování a analýze údajů o provozu, poruchách a údržbě SKŘ. Shromážděné údaje představují rozsáhlý soubor informací, který je po vhodném zpracování využíván v řídicí činnosti managementu EDU.

### Autor:

Ing. Pavel Fuchs, CSc.  
 Technická univerzita v Liberci  
 FM KMO  
 Hálkova 6  
 461 17 Liberec  
 Tel.: 048/5353287  
 E-mail: pavel.fuchs@vslib.cz