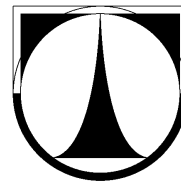




ČESKÁ SPOLEČNOST PRO JAKOST
ve spolupráci s
Ústavem řízení systémů a spolehlivosti
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



IMPLEMENTACE SYSTÉMU RAMS VE VÝROBĚ KOLEJOVÝCH VOZIDEL

**ZKUŠENOSTI ŠKODA TRANSPORTATION a.s. A
ŠKODA ELECTRIC a.s.**

**MATERIÁLY K SETKÁNÍ ODBORNÉ SKUPINY
PRO SPOLEHLIVOST**

Tato práce byla vytvořena s finanční podporou Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky v rámci projektu číslo 1M06047 - Centrum pro jakost a spolehlivost výroby.

22. února 2011
Praha 1, Novotného lávka 5

OBSAH

Management RAMS kolejových vozidel <i>Ing. Pavel Fuchs, CSc.</i>	3
Zkušenosti z pilotního projektu implementace RAMS podle ČSN EN 50126 a využitelnost pro další projekty ve skupině ŠKODA TRANSPORTATION <i>Ing. Dita Bayerová</i>	12
Analýza nákladů životního cyklu výrobků ŠKODA ELECTRIC a.s. <i>Ing. Jan Kraus</i>	18
Vyhodnocování dat z provozu ve ŠKODA ELECTRIC a.s. <i>Ing. Josef Volek</i>	28



Management RAMS kolejových vozidel

Ing. Pavel Fuchs, CSc., Technická univerzita v Liberci
tel. +420 485 353 287, e-mail: pavel.fuchs@tul.cz

1. Úvod

Požadavky na kolejová vozidla vyjádřené v příslušných normách a předpisech vždy představovaly pro výrobce splnění přísných nároků na jejich technickou úroveň. Tím bylo rovněž zajištěno dosažení potřebné úrovně jejich spolehlivosti a s ní spojené bezpečnosti.

Rostoucí složitost drážních systémů se promítá i do jednotlivých drážních zařízení, které tvoří systém dráhy a tedy i do kolejových vozidel. Aby byla zajištěna vzájemná kompatibilita prvků systémů drah a dosažena interoperabilita drah, jsou v drážním průmyslu aplikovány standardy, které mají za úkol napomáhat těmto cílům. Jedním z představitelů takových standardů jsou i tyto evropské normy pro drážní zařízení:

- **EN 50126** Drážní zařízení - Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržitelnosti a bezpečnosti (RAMS).
- **EN 50128** Drážní zařízení - Sdělovací a zabezpečovací systémy a systémy zpracování dat - Software pro drážní řídicí a ochranné systémy.
- **EN 50129** Drážní zařízení - Sdělovací a zabezpečovací systémy a systémy zpracování dat - Elektronické zabezpečovací systémy.

Tyto evropské normy byly přejaty do soustavy českých norem pod označením ČSN EN 50126, ČSN EN 50128 a ČSN EN 50129. Protože cílem semináře je prezentovat problematiku managementu RAMS kolejových vozidel, je příspěvek věnován aplikaci normy ČSN EN 50126 pro výrobu kolejových vozidel a jejich komponent.

2. Management RAMS podle ČSN EN 50126

ČSN EN 50126 je koncipována obecně a to pro široké spektrum drážních zařízení. Obecné znění normy je nevýhodné pro toho, kdo by v ní chtěl nalézt jednoznačné návody a postupy. Norma předpokládá, že výrobce zařízení zvolí metody a postupy přiměřené zařízení a účelu, kterému má zařízení vyhovět. Normu lze charakterizovat cíli a použitím a její platností.

Cíle a použití normy:

- Cílem této evropské normy je podpořit **obecné chápání a přístup k managementu RAMS**.
- Tuto evropskou normu může provozovatel dráhy a **drážní průmysl** systematicky používat ve všech etapách životního cyklu systému drážního zařízení pro vytvoření požadavků na RAMS specifických pro dráhy a pro dosažení shody s těmito požadavky.
- Úroveň **systémového přístupu** definované touto evropskou normou usnadňují hodnocení vzájemného působení RAMS mezi prvky složitých drážních zařízení.
- Rozsahem různých strategií nákupu **podporuje tato evropská norma spolupráci** mezi provozovatelem dráhy a drážním průmyslem v dosahování optimální kombinace RAMS a nákladů na drážní zařízení.



- Přijetí této evropské normy podpoří zásady **jednotného evropského trhu** a usnadní **součinnost** evropských drah.
- Proces definovaný touto evropskou normou **předpokládá**, že provozovatelé drah a **drážní průmysl mají politiku týkající se jakosti**, výkonnosti a bezpečnosti na obchodní úrovni.
- Přístup definovaný v této normě **odpovídá aplikaci požadavků na management jakosti** obsažených v souboru mezinárodních norem **ISO 9000**.

Platnost normy pro:

- pro **specifikaci a prokázání RAMS** u všech drážních zařízení, zejména:
 - pro **nové systémy**;
 - pro nové systémy začleněné do stávajících systémů provozovaných už před vypracováním této normy,
 - pro **modifikace** stávajících systémů provozovaných už před vypracováním této normy,
 - ve všech příslušných **etapách životního cyklu** daného použití;
 - pro použití provozovateli dráhy a **drážním průmyslem**.

Dalším charakteristickým rysem ČSN EN 50126 je, že umožňuje koncipovat management RAMS jako integrální součást managementu výrobce drážních zařízení.

Norma jako taková chápe RAMS ve dvojitým významu. Jednak jako soubor základních ukazatelů pro charakteristické vlastnosti zařízení (**R**eliability, **A**vailability, **M**aintainability, **S**afety), které ve svém souhrnu reprezentují spolehlivost a bezpečnost zařízení. Dále pak jako management, tedy proces umožňující řízeným způsobem dosahovat požadované úrovně spolehlivosti a bezpečnosti drážního zařízení.

Normu ČSN EN 50126 lze tedy označit za normu **managementu spolehlivosti a bezpečnosti** drážních zařízení. S výhodou lze proto využít při naplňování požadavků této normy řadu norem z oblasti spolehlivosti a zejména postupy a návody specifikované v normách pro management spolehlivosti ČSN EN 60300-x.

3. Aplikace ČSN EN 50126 u výrobce kolejových vozidel

Jak již bylo řečeno v předchozí kapitole, je ČSN EN 50126 koncipována obecně a její uplatnění u výrobce drážního zařízení musí respektovat systémové souvislosti platné pro zařízení. Především to, zda se jedná o komplexní zařízení či subdodávku pro takové zařízení. Je třeba včas rozhodnout, co je co. Komplexním zařízením je bezpochyby systém dráhy jako celek či kolejové vozidlo (zejména tažné kolejové vozidlo či souprava). Dílčím zařízením, majícím charakter subdodávky pak může být pohonná jednotka, elektrická výzbroj či systém řízení kolejového vozidla. I v tomto případě jde o zařízení, která se dále člení na nižší celky pořizované opět jako subdodávky.

Procesní přístup uvedený v ČSN EN 50126 lze a je třeba aplikovat shodně bez ohledu na charakter zařízení. Ale použité postupy, metody a důkazy budou odlišné. To co je odlišuje, jsou požadavky na spolehlivost a bezpečnost. Ty nemohou být shodné pro komplexní zařízení a pro jeho subdodávky. Pokud jsou požadavky na spolehlivost a bezpečnost komplexního zařízení (systému) vyjádřeny formou kvantitativních hodnot bezporuchovosti, pohotovosti, udržitelnosti a rizika, je třeba tyto požadavky alokovat (rozvrhnout) na dílčí části komplexního zařízení (subsystémy). To s sebou samozřejmě nese jiné požadavky na výrobce (dodavatele) komplexního zařízení a jiné na výrobce dílčích částí dodávaných pro toto zařízení (pro subdodavatele).



Tato skutečnost se plně projevila při implementaci RAMS na pilotním projektu ve skupině ŠKODA TRANSPORTATION. Pilotním projektem byla tramvaj 15T RIGA, kolejové vozidlo a tedy reprezentant komplexního systému podrobeného managementu spolehlivosti dle ČSN EN 50126. Finálním výrobcem a dodavatelem je ŠKODA TRANSPORTATION a.s. Subdodavatelem rozhodujících dílčích zařízení (subsystémů) je ŠKODA ELECTRIC a.s. Proto byl management spolehlivosti aplikován i na dodávané subsystémy.

Aplikace ČSN EN 50126 u výrobce kolejových vozidel byla tedy provedena ve dvou úrovních pilotního projektu:

- Úroveň finálního výrobku - TRAM 15T RIGA
- Úroveň subdodávky pro finální výrobek - ELEKTROVÝZBROJ 15T RIGA (trakční jednotka TJ1.2, statický měnič SM46.1, transformátorová skříň TS1.1, bateriová skříň BS1.2, trakční motor HLU 3436)

Přesto, že procesní požadavky vyplývající z managementu RAMS byly pro finálního výrobce i subdodavatele shodné, vlastní postupy řešení byly pro finalistu a subdodavatele voleny odlišně právě s přihlédnutím k patřičným provozním souvislostem a z nich vyplývajících odlišných zadání spolehlivosti a rizika. Subdodavatel měl situaci náročnější proto, že rozsah činností vyžadovaných RAMS měl větší. A to z důvodu, že jeho dodávka se skládala ze 6 funkčně odlišných zařízení a na každé z nich musel aplikovat postupy managementu RAMS.

Při aplikaci managementu RAMS hraje stěžejní úlohu program RAMS, který pro každou etapu životního cyklu specifikuje potřebné činnosti. Program RAMS se vytváří vždy s ohledem na konkrétní zařízení a požadavky, které specifikuje (zákazník nebo výrobce) na spolehlivost a bezpečnost zařízení.

Proto, aby ŠKODA TRANSPORTATION a.s. a ŠKODA ELECTRIC a.s. byly schopny dostát i nejnáročnějším požadavkům zahraničních zákazníků, byl v pilotním projektu navržen program RAMS s nejširším možným spektrem úkolů. Tyto úkoly bylo třeba naplnit konkrétními činnostmi. To pod odborným vedením vykonávali pracovníci obou společností a byli tím vyškoleni v potřebných postupech a technikách používaných ve spolehlivosti a riziku.

Aby byla zajištěna přenositelnost získaných poznatků a vědomostí na pracovníky řešící další projekty ve skupině ŠKODA TRANSPORTATION a nové pracovníky, byly v rámci pilotního projektu vytvořeny detailní pracovní pokyny. Tyto pokyny obsahují podrobné návody a zdůvodnění prováděných činností. Uvedené činnosti jsou zapojeny do širších souvislostí integrovaného managementu společností a dokumentovány na konkrétních analýzách a procesech.

Výsledkem pilotního projektu je tedy kromě plného dokumentování procesu RAMS a jeho výsledků soubor instruktážních textů. Ke každé etapě životního cyklu jsou tedy k dispozici detailní pracovní pokyny, kde je specifikováno co je třeba z hlediska managementu RAMS v etapě vykonat.

V neposlední řadě je výsledkem pilotního projektu uspořádaný soubor dokumentace včetně všech primárních podkladů a dokladů pro verifikaci a validaci parametrů RAMS pro TRAM 15T RIGA. Zároveň jsou definovány potřebné podklady k tomu, aby mohl výrobce kolejového vozidla poskytnout generický důkaz bezpečnosti a důkaz bezpečnosti pro specifické použití.

S ohledem na rozsah příspěvku a důvěrnost poznatků, výsledků a informací poskytnutých v rámci řešení pilotního projektu není možné je zde uvádět. Pro ilustraci rozsahu práce, kterou musel výrobce kolejového vozidla a jeho subdodavatel vykonat tedy slouží alespoň níže uvedený přehled úkolů programu RAMS pilotního projektu TRAM 15T RIGA.



Úkoly programu RAMS projektu TRAM 15T RIGA

No	Etapa	P.č.	Úkol RAMS	Výstupy	Poznámka
1	Volba koncepce	1.1	Přezkoumat stanovenou koncepci a cíle RAMS.	Identifikace požadavků RAMS Přezkoumání požadavků RAMS	Úkol bezpečnosti řešen při identifikaci a přezkoumání požadavků RAMS
		1.2	Porovnat stanovené požadavky na RAMS s úrovní RAMS dosahovanou u podobných/příbuzných produktů (tramvajů).	Porovnání požadavků RAMS	Úkol bezpečnosti řešen v rámci porovnání požadavků RAMS a při identifikaci ohrožení
		1.3	Vyhodnotit možnosti praktického splnění cílů RAMS u TRAM 15T RIGA a důsledky RAMS pro realizaci projektu TRAM 15T RIGA.	Identifikace ohrožení Splnitelnost požadavků RAMS	Úkol bezpečnosti řešen při identifikaci ohrožení a v rámci posuzování splnitelnosti požadavků RAMS
		1.4	Vypracovat rámcový program RAMS projektu TRAM 15T RIGA.	Rámcový program RAMS	Bez úkolu bezpečnosti.
			Zpráva za etapu	Studie proveditelnosti RAMS	Vstoupí do důkazu bezpečnosti.
2	Definice TRAM 15T RIGA a podmínky použití	2.1	Provést předběžné analýzy RAMS.	Předběžná analýza ohrožení (PHA)	Úkol bezpečnosti řešen v rámci vzájemně se doplňujících analýz PHA, FBA a FMECA
				Rámcová funkční bloková analýza (FBA)	
				Rámcová analýzy způsobů, důsledků a kritičnosti poruch (FMECA)	
		2.2	Definovat kritéria přípustnosti rizika.	Kritéria přípustnosti rizika	Úkol bezpečnosti řešen definováním kritérií přípustnosti rizika.
		2.3	Určit podmínky dlouhodobého provozu a údržby.	Podmínky dlouhodobého provozu a údržby	Úkol bezpečnosti řešen definováním podmínek dlouhodobého provozu a údržby.
				Odhad nákladů životního cyklu (LCC)	
		2.4	Stanovit koncepci (politiku) RAMS.	Koncepce (politika) RAMS	Bez úkolu bezpečnosti.
2.5	Vypracovat plán bezpečnosti.	Matrice odpovědností za RAMS	Úkol bezpečnosti řešen plánem bezpečnosti a doplněním programu RAMS.		
		Proces bezpečnosti			
		Plán bezpečnosti (celkový)			
	Zpráva za etapu	Rámcový program RAMS doplněný o úkoly plánu bezpečnosti	Vstoupí do důkazu bezpečnosti.		
	Zpráva za etapu	Předběžné výsledky RAMS			



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Úkoly programu RAMS projektu TRAM 15T RIGA - pokračování

No	Etapa	P.č.	Úkol RAMS	Výstupy	Poznámka
3	Analýza rizika	3.1	Identifikovat ohrožení spojená s TRAM 15T RIGA a události vedoucí k ohrožení.	Analýza ohrožení (HA)	Úkol bezpečnosti řešen vytvořením záznamů o ohrožení a nalezením vhodných opatření pro zmírnění ohrožení
		3.2	Zhodnotit rizika spojená s ohroženími.	Analýza rizika (SRA)	Úkol bezpečnosti řešen semikvantitativním hodnocením rizika a stanovení jeho přijatelnosti.
			Zpráva za etapu	Analýza rizika a záznamy o ohrožení	Vstoupí do důkazu bezpečnosti.
4	Požadavky na TRAM 15T RIGA	4.1	Specifikovat požadavky na RAMS a funkční požadavky spojené s RAMS.	Specifikace požadavků na integritu bezpečnosti.	Úkol bezpečnosti řešen definováním funkčních požadavků souvisejících s bezpečností a stanovením požadované integrity bezpečnosti.
				Specifikace požadavků na RAMS	
		4.2	Definovat kritéria přejímky týkající se RAMS.	Přehled kritérií přejímky týkajících se RAMS.	Úkol bezpečnosti řešen stanovením požadavků na prokázání bezpečnosti formou dokladů/atestů/analýz.
				Ověřitelnost RAMS	
				Plán validace/přejímky RAMS	
			Management validace RAMS		
4.3	Vypracovat program RAMS projektu TRAM 15T RIGA.	Aktualizace procesu bezpečnosti	Úkol bezpečnosti řešen plánem bezpečnosti, ze kterého vstupují úkoly bezpečnosti do finálního programu RAMS a stanovením kompetencí a odpovědností za úkoly bezpečnosti v matici odpovědností za RAMS.		
		Aktualizovaný plán bezpečnosti			
		Matice odpovědnosti			
		Podrobný program RAMS projektu			
		Zpráva za etapu	Požadavky na RAMS TRAM 15T RIGA a jejich prokazování	Vstoupí do důkazu bezpečnosti.	
5	Rozdělení požadavků na TRAM 15T RIGA	5.1	Alokovat požadavky na RAMS subsystémů TRAM 15T RIGA.	Přehled požadavků na RAMS pro všechny uvažované subsystémy	
		5.2	Definovat kritéria přejímky subsystémů TRAM 15T RIGA týkající se RAMS.	Přehled kritérií přejímky týkajících se RAMS jednotlivých subsystémů.	
		5.3	Aktualizovat program RAMS projektu TRAM 15T RIGA.	Aktualizovaný plán bezpečnosti a program RAMS.	Úkol bezpečnosti řešen aktualizací plánu bezpečnosti a doplněním programu RAMS.
			Zpráva za etapu	Souhrn požadavků na RAMS subsystémů TRAM 15T RIGA a jejich prokazování	Vstoupí do důkazu bezpečnosti.



Úkoly programu RAMS projektu TRAM 15T RIGA - pokračování

No	Etapa	P.č.	Úkol RAMS	Výstupy	Poznámka
6	Návrh a zavedení	6.1	Navrhnout TRAM 15T RIGA na požadovanou úroveň RAMS.	Technická zpráva o výsledcích analýz bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a bezpečnosti TRAM 15T RIGA	Bezpečnost řešena v technické zprávě.
		6.2	Realizovat návrh TRAM 15T RIGA výrobou prototypu tak, aby prototyp plnil požadavky kladené na RAMS	Dokumentace o zkouškách a opatřeních.	
		6.3	Naplánovat činnosti pro příští úkoly životního cyklu TRAM 15T RIGA	Plán aktivit	
		6.4	Definovat a ověřovat výrobní proces pro TRAM 15T RIGA.	Přehled kritických míst z hlediska bezpečnosti v procesu výroby. Přehled směrnic se vztahem k RAMS.	
		6.5	Připravit generický důkaz bezpečnosti TRAM 15T RIGA	Mapa dokumentace RAMS a seznam dokumentů RAMS.	
				Zpráva za etapu	Souhrn výsledků návrhu a zavedení TRAM 15T RIGA.
7	Výroba	7.1	Ověřit výrobní proces z hlediska RAMS	Záznamy ze systému sledování neshod.	
		7.2	Ověřit odolnost TRAM 15T RIGA na namáhání vlivy okolního prostředí.	Záznamy o výsledcích zkoušek odolnosti.	
		7.3	Provést zkoušky TRAM 15T RIGA pro zlepšení parametrů RAMS.	Záznamy o výsledcích zkoušek parametrů RAMS	
		7.4	Zavést systém hlášení poruch a opatření k nápravě (FRACAS).	Funkční systém hlášení poruch a opatření k nápravě (FRACAS).	Úkol bezpečnosti řešen evidencí poruch s dopadem na bezpečnost a jejich využitím pro identifikaci ohrožení a aktualizaci záznamů o ohrožení stanovených v etapě 3 (Analýza rizika)
				Zpráva za etapu	Výsledky výroby TRAM 15T RIGA



Úkoly programu RAMS projektu TRAM 15T RIGA - pokračování

No	Etapa	P.č.	Úkol RAMS	Výstupy	Poznámka
8	Instalace	8.1	Stanovit a zavést program instalace.	Program instalace systému (případně manuál pro instalaci).	
		8.2	Připravit a zahájit výcvik pracovníků údržby.	Pracovníci připravení pro kvalifikovanou údržbu systému (případně manuál pro údržbu TRAM 15T RIGA).	Bez úkolu bezpečnosti.
		8.3	Stanovit způsob obstarávání náhradních dílů.	Přehled doporučených náhradních dílů s postupem jejich obstarávání.	Bez úkolu bezpečnosti.
		8.4	Aktualizovat plán bezpečnosti	Aktualizovaný plán bezpečnosti a program RAMS.	
			Zpráva za etapu	Výsledky instalace TRAM 15T RIGA.	Vstoupí do důkazu bezpečnosti.
9	Validace TRAM 15T RIGA	9.1	Předvést splnění požadavků na RAMS TRAM 15T RIGA.	Záznam o provedené validaci TRAM 15T RIGA ověřený zákazníkem.	
		9.2	Stanovit a zavést plán uvedení TRAM 15T RIGA do provozu.	Plán uvedení TRAM 15T RIGA do provozu (případně manuál pro obsluhu a uvádění do provozu).	
		9.3	Důkaz bezpečnosti pro specifické použití	Mapa dokumentace RAMS pro důkaz bezpečnosti pro specifické použití	
			Zpráva za etapu	Shrnutí výsledků validace TRAM 15T RIGA.	Vstoupí do důkazu bezpečnost
10	Přejímka TRAM 15T RIGA	10.1	Aktualizovat záznamy o ohrožení	Aktualizovaná analýza rizika	
			Zpráva za etapu	Souhrn výsledků validace a přejímky TRAM 15T RIGA	
11	Provoz a údržba	11.1	Sledovat uvádění TRAM 15T RIGA do provozu a zabezpečit její údržbu	Aktualizovaná koncepce údržby a způsoby sledování uvádění do provozu.	Úkol bezpečnosti řešen v rámci systému sběru dat z provozu.
		11.2	Přezkoumávat postupy pro provoz, údržbu, výcvik a zabezpečovat jejich aktualizaci	Aktualizované záznamy o nebezpečí.	Úkol bezpečnosti řešen v rámci systému sběru dat z provozu.
			Zpráva za etapu	Vyhodnocení uvádění do provozu TRAM 15T RIGA a aplikované postupy údržby	



Úkoly programu RAMS projektu TRAM 15T RIGA - pokračování

No	Etapu	P.č.	Úkol RAMS	Výstupy	Poznámka
12	Sledování výkonnosti	12.1	Zavést systém sběru údajů o RAMS TRAM 15T RIGA v provozu.	Funkční systém sběru dat o RAMS v provozu.	Úkol bezpečnosti řešen v rámci systému sběru dat z provozu.
		12.2	Analyzovat a vyhodnocovat statistická data týkající se RAMS.	Výsledky průběžného vyhodnocování statistických dat týkajících se RAMS.	Úkol bezpečnosti řešen v rámci systému sběru dat z provozu.
			Zpráva za etapu	Souhrn sledování výkonnosti.	
13	Modifikace a regenerace	13.1	Připravit proces pro modifikaci a regeneraci TRAM 15T RIGA.	Plán modifikace, plán bezpečnosti a aktualizovaný program RAMS projektu TRAM 15T RIGA pro modifikovanou (regenerovanou) TRAM 15T RIGA.	
			Zpráva za etapu	Důsledky modifikace nebo regenerace pro RAMS u TRAM 15T RIGA	
14	Vyřazení z provozu a likvidace	14.1	Připravit proces pro vyřazení a likvidaci TRAM 15T RIGA.	Plán bezpečnosti a postupy pro vyřazení a likvidaci TRAM 15T RIGA.	
		14.2	Analyzovat výkonnost životního cyklu TRAM 15T RIGA.	Soupis informací o výkonnosti TRAM 15T RIGA z hlediska RAMS parametrů. Soupis informací o stupni opotřebení, stárnutí a poškození jednotlivých subsystémů (prvků) TRAM 15T RIGA.	
			Zpráva za etapu	Shrnutí aspektů působících na vyřazení z provozu a likvidaci TRAM 15T RIGA.	



4. Závěr

Řešení problematiky RAMS podle ČSN EN 50126 bylo tvůrčí a zajímavou prací jak pro autora příspěvku, tak podle ohlasu i pro pracovníky výrobce kolejových vozidel ŠKODA TRANSPORTATION, a.s. a ŠKODA ELECTRIC, a.s. Některé dílčí poznatky z této problematiky pak představují i následující příspěvky.

Podstatnou skutečností, která vyplývá z realizace pilotního projektu, není jen to, že ŠKODA TRANSPORTATION, a.s. a ŠKODA ELECTRIC, a.s. jsou schopny dostát požadavkům náročných zahraničních trhů. Ale to, že tyto podniky a skupina ŠKODA TRANSPORTATION jako celek představují vrchol pyramidy výrobců kolejových vozidel a ovlivňují svými požadavky z oblasti RAMS i širokou základnu svých dodavatelů. Tím šíří i procesy zvyšující spolehlivost a bezpečnost u výrobců komponent pro kolejová vozidla.

Pracovníci Technické univerzity v Liberci (oddělení spolehlivosti a rizik) jsou připraveni poskytnout své odborné vědomosti i dalším subjektům při zvyšování úrovně spolehlivosti jejich výrobků a provádění analýz rizik.

Proces, který byl započat implementací managementu RAMS dle ČSN EN 50126 je logickým výsledkem celosvětového konkurenčního zápasu v oblasti dopravní techniky. Nelze jej zastavit. Jeho nerespektování vede ke ztrátě konkurenceschopnosti v dané oblasti. Jeho zavedení pak stupňuje nároky jak na odbornost pracovníků a efektivitu procesů, tak na sběr a sdílení dat o provozu, poruchách a údržbě kolejových vozidel mezi zákazníkem, dodavatelem finálního výrobku a jeho subdodavateli. Právě v oblasti sběru, vyhodnocování a sdílení těchto dat jsou v ČR značné rezervy. Jejich využití by vedlo k zdokonalení kolejových vozidel a optimálním hodnotám nákladů životního cyklu. To je však kapitola, kterou začne psát již blízká budoucnost. O ní by mohly být i příspěvky na dalších seminářích Odborné skupiny pro spolehlivost.

Tato práce byla vytvořena s finanční podporou Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky v rámci projektu číslo IM06047 - Centrum pro jakost a spolehlivost výroby.

Zkušenosti z pilotního projektu implementace RAMS podle ČSN EN 50126 a využitelnost pro další projekty ve skupině ŠKODA TRANSPORTATION a.s.

Ing. Dita Bayerová, ŠKODA TRANSPORTATION a.s.
tel.: +420378186284, e-mail: dita.bayerova@skoda.cz

1. Úvod

RAMS je v současné době nedílnou součástí procesů probíhajících ve společnostech skupiny ŠKODA TRANSPORTATION, zejména ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s. a ŠKODA ELECTRIC a.s. Právě zkušenostem se systémem RAMS v těchto dvou společnostech jsou věnovány následující příspěvky.

Skupina ŠKODA TRANSPORTATION se zaměřuje na produkty z oblasti dopravního strojírenství. ŠKODA TRANSPORTATION a.s. je významný výrobce kolejových vozidel – tramvají, souprav metra a elektrických lokomotiv. Mezi další produkty skupiny patří příměstské vlakové jednotky, trolejbusy, trakční motory či pohony pro dopravní systémy.

2. Pilotní projekt RAMS ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s.

Pilotním projektem pro implementaci RAMS ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s., a tím pádem i ŠKODA ELECTRIC a.s. jakožto dodavatele některých komponent, byl projekt tramvají 15T RIGA., viz obr. 1.



Obr. 1: Tramvaj 15T RIGA

Cílem pilotního projektu RAMS byla implementace RAMS do stávajícího systému a procesů ve společnosti a vytvoření vzorových dokumentů dle normy ČSN EN 50126 Drážní zařízení – Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a bezpečnosti (RAMS). Původně plánovaná certifikace RAMS dle této normy byla nahrazena certifikací IRIS, která proběhla v únoru 2010.



ŠKODA TRANSPORTATION a.s.

Pilotní projekt trval od listopadu 2008 do června 2010 a aktivně se na něm podílelo 10 zaměstnanců ŠKODA TRANSPORTATION a.s. za odborného dohledu firmy Alopex s.r.o.

2.1 Výstupy pilotního projektu:

- 28 souborů s analýzami či dokumentací RAMS (např. FBA, FMECA, LCC, HA, SRA¹ atd.),
- 13 souborů specifikací a kritérií pro RAMS (např. Alokace požadavků RAMS na subdodavatele),
- 7 procesních souborů (Politika RAMS, Program RAMS, Matice odpovědnosti za RAMS, Plán bezpečnosti, Proces bezpečnosti, Mapa dokumentace, Přehled směrnic),
- 10 technických zpráv k etapám se shrnutím výsledků RAMS za každou etapu pilotního projektu,
- řada dalších dokumentačních souborů,
- navržen proces zajištění bezpečnosti výrobků ŠKODA TRANSPORTATION a.s.,
- navržen způsob vyhodnocování dat získaných z provozu,
- identifikována slabá místa návrhu vozidla a problematické komponenty z hlediska provozuschopnosti, důsledků pro provoz a bezpečnost, životnosti a nákladů životního cyklu,
- zmapovány způsoby řízení záznamů o neshodách v procesu vývoje prototypů, výroby a garančního provozu (částečně proveden FRACAS²).

2.2 Poznatky a doporučení vyplývající z pilotního projektu:

- pro každý projekt je vhodné již ve fázi nabídky realizovat základní posouzení RAMS a na základě zjištěných skutečností aplikovat RAMS od samého počátku projektu,
- již ve fázi řešení návrhu kolejového vozidla provést analýzy udržitelnosti,
- již ve fázi řešení návrhu kolejového vozidla provést bezpečnostní analýzu (viz kap. 5),
- pomocí FRACAS zajistit přenos informací mezi projekty,
- optimalizovat preventivní údržbu vozidel například s využitím RCM³, případně se při návrhu kolejového vozidla zaměřit na „bezúdržbové“ provedení,
- zkušenosti s tvorbou analýz a podkladů RAMS ukázali že je vhodné vytvořit ve společnosti specializované oddělení RAMS a zajistit odborný růst pracovníků v této oblasti.

¹ FBA (Functional Block Diagram) - Funkční bloková analýza, FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) - Analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch, LCC (Life Cycle Cost) - Analýza nákladů životního cyklu, HA (Hazard Analysis) - Analýza ohrožení, SRA (Semi-quantification Risk Analysis) - Semikvantitativní analýza rizik

² FRACAS (Failure Reporting Analysis and Corrective Action System) - Systém hlášení a analýzy poruch a opatření k nápravě

³ RCM (Reliability Centred Maintenance) – Údržba zaměřená na spolehlivost

3. RAMS jako systém

3.1 Systém RAMS

ŠKODA TRANSPORTATION a.s. je certifikována na IRIS⁴ dle normy IRIS rev. 2. Dle požadavku této normy musí být v certifikované společnosti nastaven proces RAMS, který musí být popsán např. směrnicí a musí pro něj existovat záznamy. Problematika RAMS je popsána ve směrnici Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a bezpečnosti (RAMS) a dílčí část týkající se bezpečnosti ve směrnici Proces bezpečnosti.

3.2 Organizační zajištění RAMS ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s.

Vzhledem k rostoucím požadavkům zákazníků na spolehlivost vozidel se stále častěji objevuje požadavek na vhodnější organizační strukturu činností souvisejících se spolehlivostí. Jsou možné dva způsoby:

- centralizovaný model neboli vytvoření specializovaného oddělení RAMS,
- decentralizovaný model, kdy jsou činnosti spojené s RAMS rozptýleny do jednotlivých útvarů.

Ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s. v současné době funguje decentralizovaný model, kdy je RAMS na každém projektu organizačně zajišťován manažerem RAMS. Pro každý projekt je pak sestaven tým odborníků z jednotlivých útvarů. V převážné většině se jedná o pracovníky technického úseku, kteří mají na starosti i samotné projektování či konstruování vozidla. Nevýhodou tedy je, že řeší spolehlivost jako doplňkovou činnost, na kterou jim při jejich primární práci nezbyvá tolik času. Dalším úskalím je, že se jednotlivými vozidly (tedy i projekty) zabývají různí lidé a vždy je třeba je v začátcích do problematiky RAMS zasvětit. Ve fázi nabídky, kdy je třeba provést základní analýzy spolehlivosti, však na podrobnější seznamování s problematikou zpravidla nebývá prostor. Naopak v případě centralizovaného modelu řeší RAMS úzký okruh pracovníků, kteří si navzájem předávají informace a zkušenosti a jsou schopni do problematiky spolehlivosti hlouběji proniknout. Nevýhodou je možnost oddělení pracovníků specializovaného oddělení od vlastního návrhu vozidel, který se spolehlivostí úzce souvisí. Přes všechny výhody a nevýhody obou způsobů organizace se ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s. jeví jako vhodnější centralizovaný model.

3.3 Přenesení odpovědnosti za spolehlivost komponent na jejich výrobce

V posledních několika letech došlo k výraznému zpřísnění požadavků zákazníků na spolehlivost vozidel. U některých projektů je navíc nedodržení zadaných spolehlivostních parametrů penalizováno. Tuto skutečnost byla ŠKODA TRANSPORTATION a.s. nucena začít přenášet na své dodavatele. V posledních minimálně 5 letech byla ze spolehlivostních parametrů používána pouze MTBF, která byla běžnou součástí technických podmínek. Nyní jsou tedy v poptávkách uváděny spolehlivostní parametry A, MTBF a MTTR⁵.

Dodavatel by měl tedy nově ve své nabídce uvést, jaké hodnoty MTBF a MTTR jeho výrobek dosahuje (na základě expertního odhadu, výpočtu či nejlépe ze sběru dat z provozu).

⁴ IRIS (International Railway Industry Standard) – Mezinárodní standard železničního průmyslu

⁵ A (Availability) – Pohotovost, MTBF (Mean Time Between Failures) – Střední doba provozu mezi poruchami, MTTR (Mean Time To Restoration) - Střední doba do obnovy

Pro představu jakých hodnot dosahuje shodná či podobná komponenta v provozu, jsou v popptávce uvedeny hodnoty získané ze sběru dat z provozu vozidla, na kterém je daný (nebo podobný) výrobek provozován. Dále by měl dodavatel garantovat, že pro celou jeho dodávku po skončení doby sledování (= garance) bude pohotovost A v určité výši, která je odvozena z podílu komponent daného dodavatele na vozidle a na pohotovosti A , ke které je ŠKODA TRANSPORTATION a.s. vázána ve smlouvě s konečným zákazníkem. Při stanovování těchto parametrů je třeba vycházet ze vztahu, který mezi těmito veličinami platí:

$$A = \frac{MTBF}{MTTR + MTBF} [1]$$

Dodavatel také ve své nabídce uvede návrh způsobu, jakým hodlá zabezpečit dodržení uvedených parametrů (především MTTR).

4. Aplikace RAMS v dalších projektech

4.1 RAMS v dalších projektech - obecně

RAMS bude v každém projektu řešen dle požadavků zákazníka a pouze v požadovaném rozsahu. Minimální rozsah činností RAMS v projektu pokud nebude zákazníkem požadován:

- analýza požadavků na projekt z hlediska RAMS,.
- analýza rizik,
- analýza LCC,
- sběr dat z garančního provozu.

4.2 Jednopodlažní elektrická jednotka

V současné době je RAMS aplikován v projektu jednopodlažní elektrické jednotky, viz obr. 2. Jednopodlažní elektrická jednotka je společným projektem ŠKODA VAGONKA a.s. a ŠKODA TRANSPORTATION a.s. Požadavek zákazníka na spolehlivost je zde omezen na hodnotu pohotovosti A ve výši minimálně 97,5%. Tuto pohotovost musí splňovat každá jednotlivá jednotka v každém čtvrtletí. Pohotovost je zde stanovena jako podíl celkového času provozu snížený o součet dob odstavení jednotky z důvodu oprav uznaných záručních závad k celkovému času provozu jednotky. Dále se bude pro tento projekt provádět analýza bezpečnosti (viz kap. 5).



Obr 2: Jednopodlažní elektrická jednotka

5. Bezpečnost vozidel

Analýza bezpečnosti je velice důležitá a je třeba ji provést již ve fázi návrhu koncepce vozidla. V prosinci 2010 zveřejnil Drážní úřad Praha Metodický pokyn pro uplatňování nařízení komise (ES) č. 352/2009 ze dne 24. dubna 2009 o přijetí společné bezpečnostní metody pro hodnocení a posuzování rizik (CSM)⁶ ze dne 7.12.2010. Nařízení vstoupilo v platnost 19.5.2009, je účinné od 1.7.2010 a vstoupilo v ČR v účinnost 1.7.2012. Nařízení se vztahuje na dráhy a drážní vozidla na těchto drahách provozovaná. Pokyn tedy platí pro uvádění strukturálních systémů do provozu, jejich změny a modernizace⁷.

Analýza bezpečnosti by měla obsahovat především:

- Popis vozidla (účel, specifikace požadavků na vozidlo (technologie, systém) tj. popis mechanických, pneumatických, elektrických a elektronických funkcí subsystémů vozidla, popis architektury vozidla (technologie, systému) tj. přehled uvedených subsystémů a popis jejich provázanosti, specifikace požadavků na bezpečnost atd.)
- Plán bezpečnosti vozidla
- Identifikace nebezpečí
- Analýza rizik a jejich vyhodnocení (posouzení přijatelnosti rizik atd.)
- Prokázání shody vozidla se stanovenými bezpečnostními požadavky

V metodice pro uplatňování CSM není jednoznačně předepsáno jaké metody a nástroje používat, ale doporučuje použití např. PHA, HAZOP, stromové struktury událostí, stromové struktury poruch, FMECA⁸ atd.

Výše zmíněné Nařízení se bude v případě společností skupiny ŠKODA TRANSPORTATION poprvé vztahovat na Jednopodlažní elektrickou jednotku. Na základě tohoto Nařízení bude muset být přiložena Zpráva o posouzení bezpečnosti k žádosti o schválení typu drážního vozidla.

6. Analýza nákladů životního cyklu (LCC)

Analýza nákladů životního cyklu (LCC) je již běžnou součástí tendrových zadání. Liší se rozsahem, podrobností a i tím, zda je jedním z rozhodovacích kritérií o vítězi soutěže. Výsledné náklady jsou většinou vztaženy na 1 vozidlo a 1 kilometr (případně na 1 sedadlo). Nejčastěji se LCC počítá na období 30 let a posuzují se následující náklady:

- Náklady na údržbu po poruše (korektivní údržba):
 - je rozlišena údržba po poruše s výměnou nebo bez výměny dílu,
 - jsou zohledněny náklady na pracnost opravy a na použitý materiál.
- Náklady na pravidelnou údržbu (preventivní údržba):
 - náklady jsou rozpočítány na jednotlivé periodické opravy,
 - opět jsou zohledněny náklady na pracnost opravy a na použitý materiál.

⁶ CSM (Common Safety Method) – Společná bezpečnostní metoda

⁷ Více informací na www.ducr.cz

⁸ PHA (Preliminary Hazard Analysis) – Předběžná analýza ohrožení, HAZOP (HAZard and Operability study) – Studie nebezpečí a provozuschopnosti

- Náklady na spotřebu energií.

Pro výpočet LCC jsou velice důležitá data z provozu a jejich analýza v podobě MTBF. Ostatní hodnoty jsou převážně získávány od zkušených pracovníků provádějících opravy a údržbu vozidla. Více o této problematice v následujícím příspěvku.

7. Sběr dat z provozu vozidel a jejich vyhodnocování

Sběr dat a jejich vyhodnocování je velice důležitou součástí systému RAMS. Ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s. probíhá sběr dat o poruchách od roku 2004 pomocí Záznamu poruchy. K začátku února 2011 je vyplněno téměř 8300 záznamů. Jedním z výstupů pilotního projektu bylo navržení aplikace pro vyhodnocování spolehlivostních parametrů, jejíž výstupy zatím vyhovují požadavkům na informace o spolehlivosti vozidel i jednotlivých komponent.

V září 2010 byl obnoven projekt Spolehlivostní data a softwarová podpora pro RAMS, kterého se zúčastňují všechny společnosti skupiny ŠKODA TRANSPORTATION a jehož cílem je nastavení a sjednocení způsobu pořizování primárních dat ve všech společnostech spolu s jednotným vyhodnocováním dat. Situace v jednotlivých společnostech skupiny je z pohledu sběru dat odlišná, proto bylo potřeba hned v úvodu projektu provést zmapování a posouzení stávajících datových zdrojů. Výsledkem tohoto projektu by měla být úprava či aktualizace záznamu o poruchách a vytvoření aplikace pro vyhodnocování spolehlivostních parametrů se zohledněním:

- výstupů a zkušeností z pilotního projektu RAMS,
- potřeb současných a budoucích projektů,
- potřeb dat pro výpočty žádaných parametrů spolehlivosti, podkladů pro LCC,
- možnosti sloužit jako podpora pro provádění servisních činností a použití jako tzv. znalostní databáze (možnost filtrace a vyhledávání v aplikaci),
- problematiky preventivní údržby včetně požadavku na zpětné analýzy prováděných činností,
- možnosti kontroly sebraných dat,
- vazby na ekonomiku v souvislosti s analýzou LCC.

8. Závěr

Z výše uvedených skutečností vyplývá rostoucí informovanost technické veřejnosti o RAMS a tedy i větší náročnost zákazníků na spolehlivost a především bezpečnost nakupovaných vozidel.

ŠKODA TRANSPORTATION a.s. má úspěšně za sebou pilotní projekt implementace systému RAMS do integrovaného systému řízení a v dnešní době je již plně schopna reagovat na požadavky zákazníků spojené se spolehlivostí.

Analýza nákladů životního cyklu výrobků ŠKODA ELECTRIC a.s.

Ing. Jan Kraus, ŠKODA ELECTRIC a.s.

tel. +420 378 181 229, e-mail: jan.kraus@skoda.cz

1. Úvod

Nedílnou součástí managementu bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a bezpečnosti (RAMS) drážních zařízení jsou ekonomické aspekty spolehlivosti. Cílem je optimalizovat náklady po celou dobu od stanovení koncepce produktu až do jeho likvidace při zajištění požadovaných parametrů RAMS. Vhodným nástrojem pro posouzení celkových nákladů na pořízení, vlastnictví a likvidaci produktu je analýza nákladů životního cyklu (LCC). Obecný návod pro provádění analýzy LCC poskytuje norma ČSN EN 60300-3-3:2005.

2. Analýza nákladů životního cyklu produktu

2.1 Životní cyklus produktu

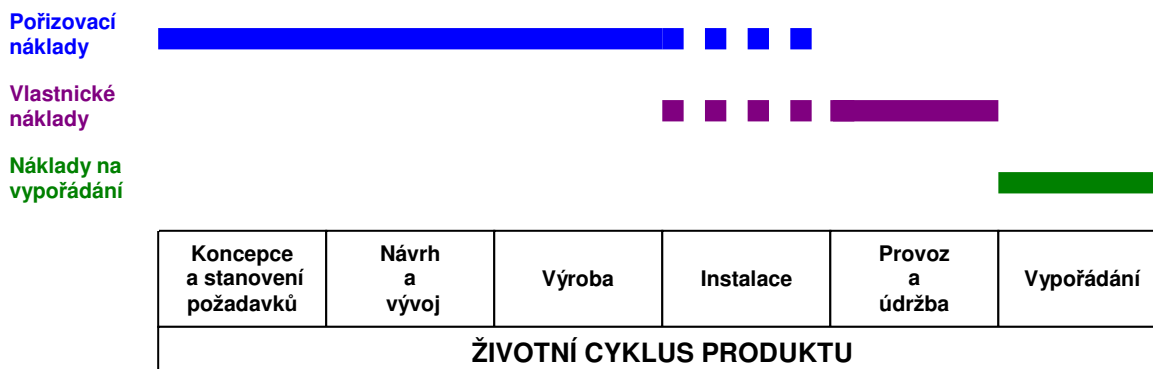
Pojem *životní cyklus* definuje norma ČSN EN 60300-3-3:2005 jako „časový interval od stanovení koncepce produktu po jeho vypořádání (likvidaci)¹“. Pro účely analýzy nákladů životního cyklu se rozlišuje šest hlavních etap životního cyklu:

- etapa koncepce a stanovení požadavků
- etapa návrhu a vývoje
- etapa výroby
- etapa instalace
- etapa provozu a údržby
- etapa vypořádání (likvidace)

2.2 Náklady životního cyklu (LCC)

Náklady životního cyklu se dělí na *pořizovací náklady*, *vlastnické náklady* a *náklady na vypořádání*. Souvislost nákladů s jednotlivými etapami životního cyklu je znázorněna na obr. 1. Přerušovaná čára u etapy instalace vyjadřuje skutečnost, že náklady spojené s touto etapou mohou být zahrnuty buď do pořizovacích nákladů nebo do nákladů vlastnických. Poměr pořizovacích nákladů a vlastnických nákladů se u různých produktů výrazně liší, přičemž u drážních zařízení mohou vlastnické náklady, vzhledem k požadované životnosti zařízení v řádu desítek let, tvořit významnou část nákladů životního cyklu.

¹ V normě ČSN EN 50126:2000 je definován *životní cyklus systému* nikoliv jako časový interval, ale jako „činnosti probíhající v časovém intervalu od vymyšlení systému do okamžiku, kdy už systém není použitelný, je vyřazen z provozu a zlikvidován“.



Obr. 3: Rozdělení nákladů v rámci životního cyklu produktu

2.3 Analýza nákladů životního cyklu

Analýzu nákladů životního cyklu lze provést pro celý životní cyklus produktu nebo pro jeho část. Aby bylo možno analýzu LCC využít jako efektivní nástroj k optimalizaci nákladů, je nutné zajistit její včasné provedení. Uvádí se, že v etapě *Koncepce a stanovení požadavků* může být rozhodnuto o více než polovině nákladů životního cyklu, a proto by analýza LCC měla provedena již v této etapě, byť jen v rámcové podobě. V etapě *Návrh a vývoj* se poté provede přezkoumání a zpřesnění analýzy LCC.

3. Aplikace analýzy LCC na výrobky ŠKODA ELECTRIC a.s.

3.1 Analýza LCC výrobků ŠKODA ELECTRIC a.s.

Analýza nákladů životního cyklu pokrývající etapu *Provoz a údržba*, tj. analýza vlastnických nákladů, je standardní součástí programu RAM² aplikovaného na produkty společnosti ŠKODA ELECTRIC a.s. Výsledky této analýzy jsou důležité jak pro výrobce, který nese náklady na udržitelnost produktu v garanční době, tak pro uživatele, jež nese náklady na provoz a údržbu od ukončení garance až do konce plánované životnosti produktu. Vlastnické náklady tudíž mají přímý a významný vliv na konkurenceschopnost produktu.

Rozsah a hloubka analýzy LCC se u jednotlivých projektů liší a spolu s formátem zpracování analýzy jsou určeny požadavky zákazníka. Obecně jsou požadovány informace o nákladech na preventivní údržbu a nákladech na údržbu po poruše, případně též informace o provozních nákladech, které v případě drážních zařízení představují náklady na spotřebovanou energii.

Před vlastní analýzou LCC je nutné vymezit podmínky dlouhodobého provozu a údržby výrobku, pro který bude analýza provedena. K tomu je nezbytné mít dostatečně podrobné informace o předpokládaných provozních podmínkách (provozní cykly, klimatické podmínky), omezeních daných infrastrukturou (parametry trati, druh napájecí soustavy) a podmínkách údržby (plánované údržbové intervaly, logistická podpora). Tyto informace musí v případě dodávky kompletního vozidla výrobci poskytnout uživatel (provozovatel) drážního vozidla.

² Norma ČSN EN 50126:2000 definuje *program RAM* (program bezporuchovosti a udržitelnosti) jako „dokumentovaný soubor časově plánovaných činností, prostředků a jevů, které slouží k vytvoření organizační struktury, odpovědností, postupů, činností, způsobilostí a prostředků, které společně zajišťují, že objekt splní dané požadavky na bezporuchovost a udržitelnost, odpovídající dané smlouvě nebo projektu“.

Jsou-li předmětem dodávky subsystémy drážního vozidla, specifikuje podmínky dlouhodobého provozu a údržby příslušných subsystémů výrobce drážního vozidla.

3.2 Výrobní program ŠKODA ELECTRIC a.s.

Společnost ŠKODA ELECTRIC a.s. vyrábí jednotlivé subsystémy drážních vozidel (trakční motory, elektrické výzbroje) i kompletní drážní vozidla (trolejbusy)³. Tato skutečnost je spolu se strukturou ŠKODA ELECTRIC a.s. zachycena na obr. 2.

ŠKODA ELECTRIC a.s.		
DIVIZE TRAKČNÍ MOTORY	DIVIZE POHONY A TROLEJBUSY	
<p><u>Trakční motory</u> pro</p> <ul style="list-style-type: none"> • lokomotivy • předměstské jednotky • tramvaje • trolejbusy • metro • důlní vozidla 	<p><u>Elektrické výzbroje</u> pro</p> <ul style="list-style-type: none"> • lokomotivy • předměstské jednotky • tramvaje • metro 	<p><u>Trolejbusy</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 12 m • 18 m (kloubové)

Obr. 2: Struktura a výrobní program ŠKODA ELECTRIC a.s.

Z uvedeného výrobního programu je patrné, že společnost ŠKODA ELECTRIC a.s. v některých projektech figuruje jako dodavatel subsystémů a v dalších projektech má pozici výrobce drážního vozidla. To se odráží též v programu RAM pro konkrétní projekt a následně v analýze nákladů životního cyklu dodávaného produktu.

3.3 Vstupy analýzy LCC pro etapu *Provoz a údržba*

Náklady v etapě *Provoz a údržba* (C_{OM})⁴ zahrnují náklady na preventivní údržbu (C_{OMP}), náklady na údržbu po poruše (C_{OMC}) a náklady na provoz (C_{OMO}). Pro určení jednotlivých nákladových položek je třeba znát zejména:

- konstrukční hierarchii (rozklad) produktu,
- předpokládanou životnost produktu,
- roční proběh vyjádřený v jednotkách času nebo ujeté vzdálenosti,
- periodicitu a rozsah preventivní údržby,
- náklady na materiál pro preventivní údržbu (množství a cena materiálu),
- náklady na práci pro preventivní údržbu (počet pracovníků a cena práce),

³ Podle zákona č. 361/2000 Sb., o silničním provozu, je trolejbus motorovým vozidlem. Zároveň je však vozidlem drážním a provoz trolejbusové dopravy podléhá ustanovením zákona č. 266/1994 Sb., o dráhách, v platném znění.

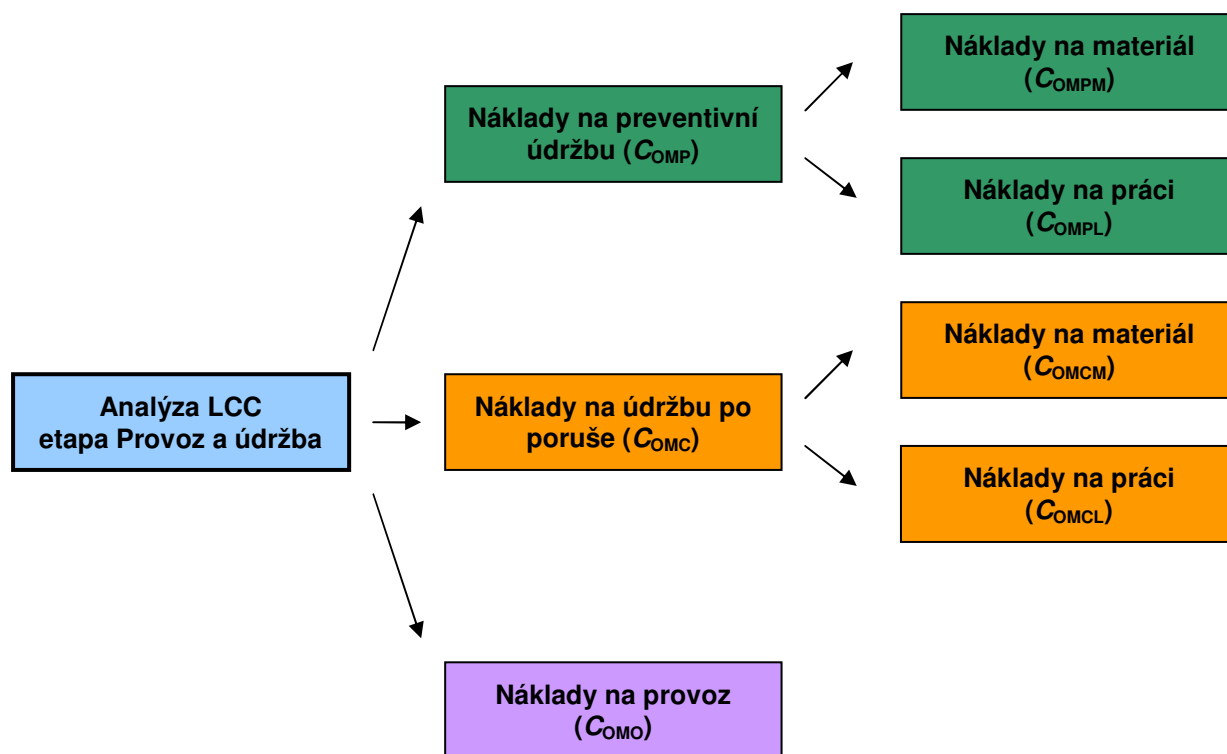
⁴ Označení nákladů je převzato z normy ČSN EN 60300-3-3:2005.

- údaje o spolehlivosti jednotlivých dílů produktu (intenzita poruch),
- náklady na materiál pro údržbu po poruše (množství a cena materiálu),
- náklady na práci pro údržbu po poruše (počet pracovníků a cena práce),
- náklady na energii (množství spotřebované energie a cena energie).

3.4 Výpočet nákladů životního cyklu pro etapu *Provoz a údržba*

Nákladové položky tvořící LCC se vypočítají prostřednictvím modelu LCC⁵ optimalizovaného pro konkrétní produkt a zohledňujícího specifické požadavky zákazníka. Při výpočtu nákladů LCC nejsou uvažovány vlivy inflace, zdanění a směnných kursů.

Základními výstupy analýzy LCC pro etapu *Provoz a údržba* jsou náklady na preventivní údržbu produktu, náklady na údržbu po poruše a případně též náklady na provoz. Dalším sledovaným ukazatelem je poměr nákladů na práci a nákladů na materiál pro obě kategorie údržby (preventivní a po poruše). Výstupem analýzy LCC může být také výpočet pohotovosti⁶ produktu a stanovení počtu náhradních dílů a množství spotřebního materiálu, viz. obr. 3.



Obr. 3: Výstupy analýzy LCC pro etapu *Provoz a údržba*

⁵ Modelem LCC je míněn soubor matematických výrazů popisujících vztahy mezi vstupními hodnotami a nákladovými položkami LCC.

⁶ Pohotovost je dle normy ČSN EN 50126:2000 „schopnost výrobku provádět požadovanou funkci v daných podmínkách, v daném časovém okamžiku nebo v daném časovém intervalu, za předpokladu, že jsou zajištěny požadované externí prostředky“.

3.5 Ukázka analýzy LCC elektrické výzbroje

Níže uvedené příklady ilustrují praktické použití analýzy LCC na subsystemy drážních vozidel vyráběné ve ŠKODA ELECTRIC a.s. V tab. 1 je část konstrukční hierarchie trakčního měniče ve tvaru vhodném pro analýzu LCC.

Tab. 1: Část konstrukční hierarchie trakčního měniče

1	TRAKČNÍ JEDNOTKA	1.1	Sestava řízení	1.1.1	Deska pod řízení (plech)
				1.1.2	(-A1) H2127C1 Řízení synchr. pohonu
				1.1.3	(-A2) H2127C1 Řízení synchr. pohonu
				1.1.4	(-F21) Jistič tepelný E-T-A (E360969)
				1.1.5	(-F22) Jistič tepelný E-T-A (E360969)
				1.1.6	(-F23) Jistič tepelný E-T-A (E360969)
				1.1.7	(-F24) Jistič tepelný E-T-A (E360969)
				1.1.8	(-F25) Jistič tepelný E-T-A (65001575)
				1.1.9	(-F26) Jistič tepelný E-T-A (65001575)
				1.1.10	(-F27) Jistič tepelný E-T-A (65001575)
				1.1.11	(-F28) Jistič tepelný E-T-A (65001575)
				1.1.12	Kabelové části konektorů H2127C1
				1.1.13	Ostatní konstrukční součásti
		1.2	(-A25) Vstupní výkonová jednotka	1.2.1	Modul 2xSKiIP1013GB172-2DK0058
				1.2.2	Rámeček
				1.2.3	Minus pas
				1.2.4	Plus pas
				1.2.5	Izolace
				1.2.6	Kondenzátor MKP 0.47/10/1600
				1.2.7	Pas
				1.2.8	Držák
				1.2.9	Převodník napětí LV25-1000/SP1
				1.2.10	Ostatní konstrukční součásti
		1.3	Jednotka diodová	1.3.1	Chladič
				1.3.2	Rámeček s návarkem
				1.3.3	(-V1) Modul SKKE 162/20 neb I62/18
				1.3.4	Izolátor
				1.3.5	Držák
				1.3.6	(-F2) Pojistka CC7,5 gRC 120 EF 0100
				1.3.7	Mikrokontakt MC3E 1-5NBS
				1.3.8	Spojka
				1.3.9	Ostatní konstrukční součásti
		1.4	(-A21) Výkonová jednotka	1.4.1	Modul SKiIP 513GD172-3DL
				1.4.2	Rámeček
				1.4.3	Kondenzátor PVAJP 970-1/1000
				1.4.4	Odpor 10SR 120k
				1.4.5	Ostatní konstrukční součásti

Dalším podkladem pro analýzu LCC je stanovení rozsahu preventivní údržby. Příklad takového vymezení pro trakční motor je na obr. 4.

8.3.1 KP – Kontrolní prohlídka

(po ujetí každých cca 25.000 km $\pm 10\%$ tj. cca interval 4 měsíců)

Údržba motoru spojená s jeho prohlídkou a revizními úkony se řídí následujícím postupem:

Vizuální kontrola:

- a) Přítomnosti všech viditelných šroubových spojů včetně zrakové kontroly chladicího okruhu a eventuálního dotažení šroubů.
- b) Neporušenosti průchodek (Průchodky nesmí být rozbité. Zkontrolujte rukou, zda nejsou průchodky uvolněné. Jsou-li uvolněné, dotáhněte je!)
- c) Přítomnosti dílů motoru, viditelných bez demontáže motoru.
- d) Kabelů. Kabel nesmí mít poškozenou izolaci (naříznutý či spálený povrch, zářezy).

Na základě dobrých zkušeností z provozu je možné případně interval prohlídky prodloužit.

8.3.2 VO – Velká oprava

(po ujetí cca 600.000 km $\pm 10\%$ tj. cca interval 8 roků)



Motor se nesmí mýt tlakovou vodou. Tlaková voda může proniknout do vnitřních částí motoru a způsobit jejich korozi.

Provedou se následující úkony údržby spojené s demontáží motoru a jeho opravou:

1. Demontáž motoru z podvozku a rozpojení chladicího okruhu.
2. Změření napěťové konstanty motoru a porovnání této hodnoty s hodnotou výchozí (protokol o kusové zkoušce nového motoru). V případě většího poklesu než 5% výchozí hodnoty výměna magnetů podle bodu D.4.
3. Vlastní demontáž motoru na stator, rotor a ložiskové štíty s ložiskovými jednotkami. Zde je třeba důsledně dodržovat návod pro demontáž motoru včetně využívání všech předepsaných přípravků.
4. U statoru se provede:
 - odstranění eventuálních nečistot na vinutí i vývodech do konektoru,
 - prohlídka statorového vinutí z hlediska mechanického poškození izolací a impregnace,
 - případná místní oprava impregnace - po předehřátí vadného místa horkovzdušnou pistolí v rozmezí 70°C až 120°C zatření štětcem impregnační pryskyřicí EPOXYLITE H1001 a následné vytvrzení upravovaného místa horkovzdušnou pistolí,
 - změření odporu vinutí a porovnání s výchozími hodnotami stroje
 - (pro dvě fáze 0,252 $\Omega \pm 5\%$),

Obr. 4: Příklad stanovení rozsahu preventivní údržby trakčního motoru

10.50%		počet pracovníků		normohodiny		materiál		nový díl				
krok	činnost	mechanik	elektrikář	MRT [h]	mechanik	elektrikář	název	cena opravy dílu	podíl z počtu oprav [%]	cena dílu	podíl z počtu oprav [%]	cena celková
1	Vyměnit Stykač TAL 26-30	0	1	0.5	0	0.5	Stykač TAL 26-30-10 17..32VDC(K25)		0	100%	0	0
		0	1	0.5	0	0.5						0
		31.50%										
krok	činnost	mechanik	elektrikář	MRT [h]	mechanik	elektrikář	název	cena opravy dílu	podíl z počtu oprav [%]	cena dílu	podíl z počtu oprav [%]	cena celková
1	Vyměnit Stykač (K23, K24,	0	1	0.5	0	0.5	Stykač TAL 26-30-10 17..32VDC(K25)		0	100%	0	0
		0	1	0.5	0	0.5						0
PREVENTIVNÍ ÚDRŽBA												
Provozní ošetření												
Periodicita [km]: 25 000												
krok	činnost	mechanik	elektrikář	MRT [h]	mechanik	elektrikář	název	množství	cena jednotková	cena celková		
1	Vizuálně zkontrolovat zařízení kontejneru, jeho kabeláž, tlak v okruhu chladicí kapaliny.	0	1	3	0	3	-			0		
		0	1	3	0	3				0		0
Periodická prohlídka malá												
Periodicita [km]: 50 000												
krok	činnost	mechanik	elektrikář	MRT [h]	mechanik	elektrikář	název	množství	cena jednotková	cena celková		
1	Provést údržbu "Provozní ošetření" + Zkontrolovat stav diagnostických záznamů v paměti řídicího systému pomocí diagnostického SW. Provést rozbor diagnostických záznamů a záznamy uchovat pro další potřebu.	0	1	4	0	4	-			0		
		0	1	4	0	4				0		0

Obr. 5: Ukázka výstupního formuláře analýzy LCC – pokračování

Periodická prohlídka velká		200 000														
Periodicita [km]:		200 000														
krok	činnost	počet pracovníků		MRT [h]	normohodiny		materiál		cena jednotková	cena celková						
		mechanik	elektrikář		mechanik	elektrikář	název	množství								
1	Provést údržbu "Periodická prohlídka malá" + Kontrola a vyčištění chladiče vnějšího okruhu tepelného výměníku tlakovým vzduchem. Zkontrolovat stav kontaktů přepojovače, uzemňovače a stykačů. Kontakty očistit a ošetřit podle udržovacích předpisů jednotlivých	0	1	8	0	8	-		0	0						
		0	1	8	0	8			0	0						
Periodická oprava vyvazovací		600 000														
Periodicita [km]:		600 000														
krok	činnost	počet pracovníků		MRT [h]	normohodiny		materiál		cena jednotková	cena celková						
		mechanik	elektrikář		mechanik	elektrikář	název	množství								
1	Provést údržbu "Periodická prohlídka velká" + Zkontrolovat dotažení svorek momentovým klíčem a zkontrolovat zasunutí konektorů. Zkontrolovat a případně vyměnit ventilátorky chlazení M101 až M104. Kontrola těsnění víka, v případě poškození vyměnit. Kontrola útlumu světlometů optickými měřicími přístroji OPM1 a M100HU fy Ratioplast. Změřit výstupní výkon optických vysílačů na drivelech. Kontrola regulátoru A101, změření výstupního výkonu optických vysílačů na informačních deskách	0	2	20	0	40	Těsnění víka kontejneru (-M101 až -M104) Ventilátor PAPST 4 Baterie regulátoru	5 4 1	0 0 0	0 0 0						
		0	2	20	0	40			0 0 0	0 0 0						

Obr. 5: Ukázka výstupního formuláře analýzy LCC – pokračování



ŠKODA ELECTRIC a.s.

4. Závěr

Analýza nákladů životního cyklu je důležitým nástrojem managementu spolehlivosti nejen drážních vozidel a jejich subsystémů, ale průmyslových výrobků obecně. Její nasazení a správné použití umožňuje optimalizovat náklady po celou dobu života produktu. Zároveň výsledky analýzy LCC slouží jako podklad pro přijímání rozhodnutí a opatření majících přímý vliv na bezporuchovost, udržovatelnost a bezpečnost produktu.

Ve společnosti ŠKODA ELECTRIC a.s. je v současnosti analýza LCC standardním prostředkem ke zjištění nákladů životního cyklu. Výsledky analýzy však zatím nejsou plně a efektivně využívány pro zlepšování RAMS parametrů vyráběných produktů. Tento stav by měl být napraven důslednou implementací managementu RAMS napříč celou společností.

Vyhodnocování dat z provozu ve ŠKODA ELECTRIC a.s.

Ing. Josef Volek, ŠKODA ELECTRIC a.s.

tel. +420 378 181 417, e-mail: josef.volek@skoda.cz

1. Úvod

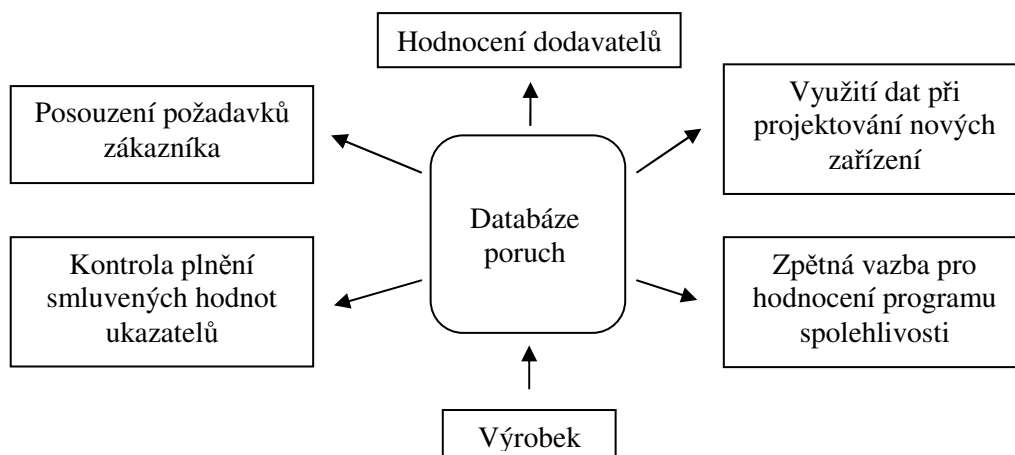
ŠKODA ELECTRIC a.s. (dále jen Š-ELC) je přední český výrobce elektrických výstrojí¹ pro trakci, trakčních motorů² a trolejbusů. Je součástí skupiny ŠKODA TRANSPORTATION, která sdružuje firmy podnikající v oboru dopravního strojírenství.

Článek pojednává o účelu, způsobu sběru a vyhodnocování dat o poruchách ve společnosti Š-ELC. Představuje různorodé použití dat ve společnosti, způsob jejich sběru a vyhodnocení pro jednotlivé účely. Jelikož se jedná o velmi citlivé informace a společnost Š-ELC považuje tato data za tajná, nemohou být v tomto článku prezentována v úplné formě. Proto se data a průběhy prezentované v článku vyskytují jako neúplná, nedostatečně identifikovaná nebo neaktuální.

2. Účel sběru dat

Pro každou firmu, která něco vyrábí, znamenají data o poruchách zpětnou vazbu o kvalitě své práce. Tato problematika je tím důležitější, čím složitější je vyráběné zařízení. S typem a povahou vyráběného zařízení se mění také povaha sbíraných dat.

Zákazníky společnosti Š-ELC jsou zejména výrobci dopravních prostředků a dopravní podniky. Dodávaná zařízení jsou v drtivé většině klíčová pro funkci celého výsledného systému (např. pohon tramvaje). V dopravě se navíc klade vysoký důraz na bezpečnost a spolehlivost vozidel a všech zařízení. Nějaký ukazatel spolehlivosti, ať už v jakékoliv formě, je dnes součástí každé poptávky a později i technických podmínek. Z toho důvodu je nezbytné data sbírat, vyhodnocovat a také použít pro další projekty. Efektivní využití těchto dat jde napříč celou společností a dalo by se rozdělit do následujících skupin, viz obr. 1.



Obr. 4: Schéma využití dat ve společnosti

¹ Soubor zařízení na vozidle. Zejména se jedná o polovodičové měniče sloužící k řízení elektrických motorů.

² Trakční motor je elektrický motor upravený pro napájení z měniče a provoz v trakčním vozidle.

2.1 Posouzení požadavků zákazníka

Již při přijetí poptávky je nutné posoudit, zda jsou požadavky na spolehlivost zařízení opodstatněné, adekvátní pro daný typ zařízení a zda jsou vůbec reálné. V tomto případě je velmi přínosné, pokud existuje možnost konfrontace požadovaných hodnot s hodnotami z provozu. Pokud jsou požadavky reálné a podložené daty z provozu, mohou se snížit rizika. Pokud jsou požadavky vyšší, ale stále reálné, lze ze zkušenosti posoudit riziko a zahrnout jej do ceny. Odhalení nereálného požadavku vede zpravidla k dalším jednáním.

2.2 Využití dat při projektování nových zařízení

Největším přínosem mohou být data pro samotné projektanty a konstruktéry, kterým slouží jako zpětná vazba jejich práce a mohou tak ovlivnit spolehlivost dalších vyvíjených zařízení.

- Požadovaná spolehlivost v porovnání se spolehlivostí již vyvinutých zařízení umožňuje porovnat a případně upravit koncepci.
- Spolehlivost jednotlivých dílů umožňuje porovnat různé dodavatele z hlediska cena vs. spolehlivostní parametry.
- Při podrobné odborné analýze dokáže projektant či konstruktér vysledovat souvislosti poruch (např. umístění na příliš teplém místě a následné zvýšení intenzity poruch).
- Data lze využít také pro zodpovědné vytvoření optimálního plánu údržby, který musí projektant vytvořit pro každé zařízení a definovat v něm jak rozsáhlé a časté budou pravidelné prohlídky zařízení a co bude potřeba preventivně vyměnit.
- Další výhodou je sdílení zkušeností. Nový zaměstnanec získává přístupem k těmto datům ihned přístup ke zkušenostem s jednotlivými koncepcemi, dodavateli, termíny údržby atd.

2.3 Hodnocení dodavatelů

Pro nákupčí a lidi zodpovědné za výběr nakupovaných dílů slouží data jako podklad pro další jednání s dodavateli (např. garance požadovaných parametrů) nebo jako další parametr k rozhodování o konečném dodavateli nakupovaného dílu.

2.4 Zpětná vazba pro hodnocení programu spolehlivosti

Data slouží jako ukazatel o trendu kvality vyráběných zařízení. Data mohou posloužit jako ukazatel o kvalitě a spolehlivosti.

2.5 Kontrola plnění smluvených hodnot ukazatelů

Pokud jsou ve smlouvě ukotveny pokuty za nedodržení spolehlivostních ukazatelů, slouží data jako vlastní kontrola v případě, kdy zákazník požaduje penále. Navíc lze častým vyhodnocováním a kontrolou těchto ukazatelů některým problémům předejít a udržet si tak u zákazníka dobré jméno.

3. Způsob sběru dat

Data o poruchách do společnosti Š-ELC proudí v zásadě ze dvou zdrojů. Tím nejvýznamnějším jsou záznamy o poruchách, které vyplňují přímo servisní technici po provedení opravy. Tyto tzv. servisní hlášenky jsou poté ukládány do databáze a dále zpracovávány. Tato data servisní technici vyplňují přímo v elektronické podobě.

Dalším zdrojem dat o poruchách jsou data od zákazníka. Poskytování těchto dat bývá většinou ošetřeno smluvně a to v návaznosti na vyhodnocení plnění spolehlivostních ukazatelů. Bývají většinou rovněž v elektronické formě, ale jejich formát téměř vždy nesouhlasí s formátem užívaným v Š-ELC. Zpracování takových dat pak bývá náročnější a nelze jej plně automatizovat. V některých případech nejsou data dokonce ani v elektronické formě (např. sešit se záznamy poruch ze servisního depa). Takové záznamy je téměř nemožné rozumně zpracovat ve větším rozsahu a dají se využít spíše pro kontrolu.

4. Zpracování a analýza dat

Většina dat ve společnosti Š-ELC se z databáze exportuje a zpracovává v MS Excel. Způsob jejich zpracování se liší podle požadovaného výstupu úlohy. Některé analýzy jsou zpracovávány opakovaně. Tyto úlohy pak bývají řešeny pomocí standardizovaných formulářů a maker. Další analýzy bývají prováděny individuálně. V současné době se neuvažuje o investici do softwaru, který by tyto činnosti kompletně automatizoval. V této kapitole budou prezentovány některé analýzy dat – jejich způsob a účel.

4.1 Poruchovost dílů

Poruchovost dílů, je jedním z nejdůležitějších a nejčastěji vyhodnocovaných parametrů. Slouží jako základní vstup do dalších analýz (např. LCC³). Tento parametr se také využívá například při úvaze o koncepci zařízení v souvislosti se splněním požadovaných ukazatelů spolehlivosti, k posouzení požadavků na spolehlivost nebo např. k hledání slabých míst zařízení. Slouží také jako podklad k vytvoření plánu údržby.

Poruchovost lze vyhodnocovat jako střední hodnotu (intenzita poruch λ , MTBF⁴) za zvolené období nebo jako kumulovanou intenzitu – tedy jak se parametr mění postupem času. Rovněž je možné vyšetřovat díly či libovolně definované celky (např. řídicí karta, vyměnitelný blok, trakční kontejner nebo celý trolejbus). Jedná se o statistickou veličinu, tedy s rostoucím počtem vyšetřovaných zařízení se zvyšuje také vypovídací schopnost výsledku.

Příklad 1 – Vyhodnocení MTBF elektronických zařízení

V tomto případě byla data analyzována za účelem porovnání MTBF jednotlivých elektronických komponent na vozidle a posouzení splnitelnosti požadovaných parametrů na nové elektronické zařízení. Způsob zpracování dat je zřejmý z obr. 2

³ LCC (Life Cycle Cost) - analýza nákladů životního cyklu.

⁴ MTBF (Mean Time Between Failure) - střední doba do poruchy.

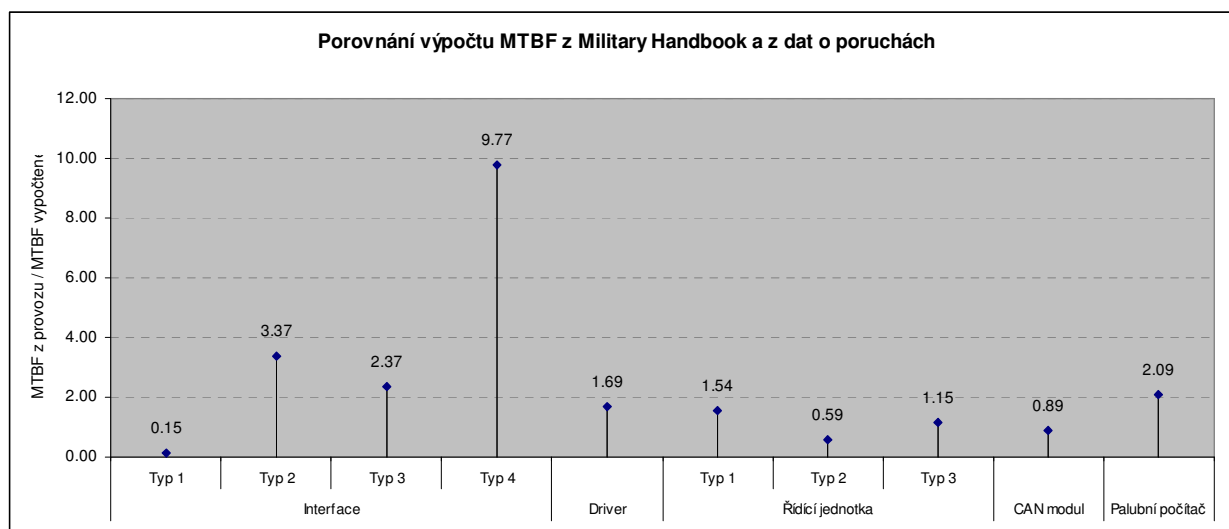
	Projekční položka	Projekční položka	Provoz [hod]	Počet poruch	λ [1/hod]	MTBF [hod]
Systém 1	Zařízení 1	Modul 1	805 701	9	1.117E-05	89 522
	-	Modul 2	805 701	7	8.688E-06	115 100
Sytém 2	Zařízení 1	Modul 1	805 701	0		2 417 103
	-	Modul 2	805 701	8	9.929E-06	100 713
	Zařízení 2	Modul 1	805 701	1	1.241E-06	805 701
	-	Modul 2	805 701	1	1.241E-06	805 701
	Zařízení 3	Modul 1	805 701	0		2 417 103
	-	Modul 2	805 701	0		2 417 103
	Zařízení 4	Modul 1	805 701	2	2.482E-06	402 851
Sytém 3	Zařízení 1	Modul 1	805 701	0		2 417 103
	-	Modul 2	805 701	0		2 417 103
	-	Modul 3	805 701	0		2 417 103
Sytém 4	Zařízení 1	-	805 701	7	8.688E-06	115 100
	Zařízení 2	-	805 701	7	8.688E-06	115 100

Obr. 5: Ukázka zpracování poruchovosti dílů

Byla zkoumána všechna elektronická zařízení na jednom typu výrobku, provozovaném ve stejném prostředí a sledovaném po stejnou dobu. Ve sloupci provoz je uveden celkový součet času provozu za všechna zařízení. Výsledkem je MTBF. U některých zařízení se porucha neprojevila a tak bylo MTBF stanoveno jako trojnásobek celkové doby provozu.

Příklad 2 – Porovnání výpočtu MTBF podle Military Handbook s daty z provozu

Další analýza byla provedena opět u elektronických zařízení a to za účelem zjištění jak výpočty MTBF z dílů podle Military Handbook MIL-HDBK-217F odpovídají realitě. Výsledek je vidět v následujícím grafu na obr. 3.



Obr. 6: Porovnání výpočtu MTBF z dat z provozu a dle Military Handbook

V některých skupinách (např. interface) je vyšetřováno několik typů, které jsou svým designem rozdílné a nelze je porovnávat mezi sebou. Účelem a výstupem této analýzy bylo pouze porovnání hodnot MTBF získaných z dat o poruchách a vypočtených dle Military Handbook.

4.2 Test konstantního proudu poruch

Test konstantního proudu poruch definuje norma ČSN IEC 60605-6 *Zkoušení bezporuchovosti zařízení – Část 6: Testy platnosti a odhad konstantní intenzity poruch a konstantního parametru proudu poruch*. Účelem tohoto testu je zjistit vývoj dob mezi poruchami v čase, zda je konstantní anebo vykazuje nějaký časový trend. Výrobky Š-ELC jsou v garanční době opravovány a udržovány servisem Š-ELC anebo smluvním partnerem. Po poruše je zařízení v co nejkratší době diagnostikováno a opraveno. Podle názvosloví normy se tedy jedná o více opravovaných objektů.

Příklad – Vyhodnocení konstantního proudu poruch

Analýza byla prováděna na sérii stejných zařízení, která jsou provozována ve stejných podmínkách. Vybranou skupinu zařízení provozuje jeden zákazník, denně pracují přibližně stejnou dobu a při stejném zatížení. Zařízení jsou stále v garanci a proto se o jejich opravy stará servis Š-ELC.

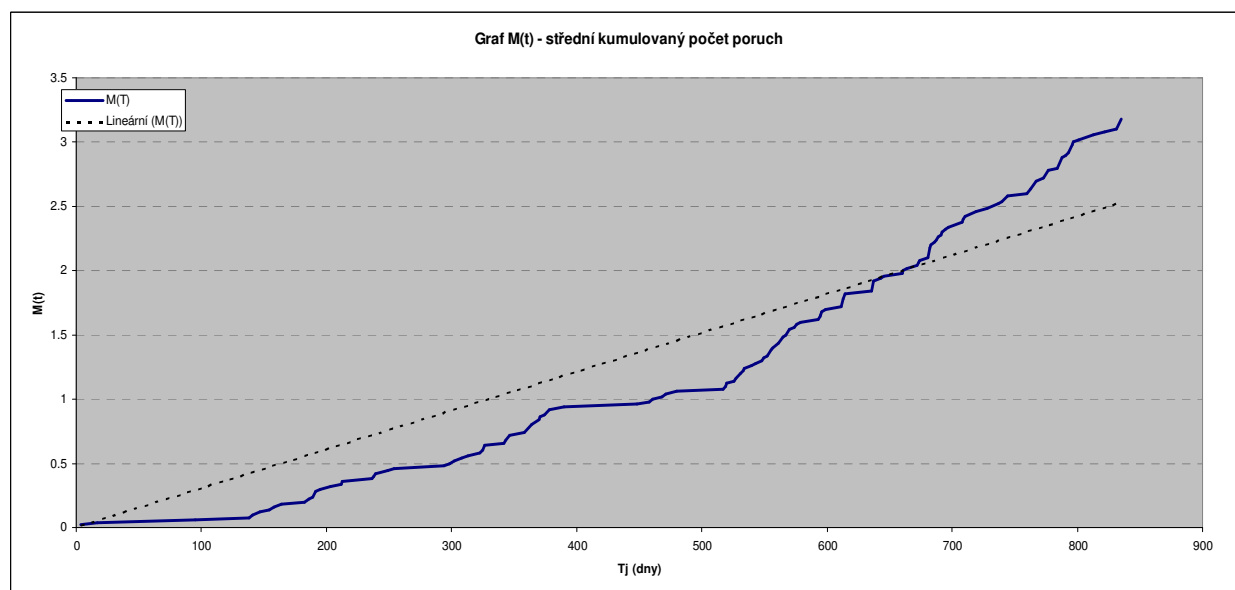
První použitou metodou je *Statistický test konstantního parametru proudu poruch*. Tato metoda vyjadřuje časový trend numericky. Podle výsledku výpočtu uvedeného v normě lze určit zda je proud poruch konstantní anebo rozhodnout o tom, zda se doba mezi poruchami zkracuje či prodlužuje. Část tabulky pro výpočet je na obr. 4..

Další použitou analýzou je grafická metoda. Jejím výstupem je časový průběh středního kumulovaného počtu poruch. Výstup analýzy je na obr. 5.

Ověření konstantního proudu poruch - statistický test														
Výr. číslo	Doba provozu vozu T [dny]	Počet poruch r	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Suma Tj [dny]	r ² Ti	r ² Ti ²
1	983	7	835	831	567	448	326	238	212			3 457	6 881	6 764 023
2	983	5	796	737	613	570	141					2 857	4 915	4 831 445
3	983	4	728	709	519	254						2 210	3 932	3 865 156
4	983	3	835	708	708							2 251	2 949	2 898 867
5	983	3	682	682	682							2 046	2 949	2 898 867
6	983	2	613	249								862	1 966	1 932 578
7	974	3	719	674	517							1 910	2 922	2 846 028
.
.
.
47	913	1	343									343	913	833 569
48	885	3	614	614	17							1 245	2 655	2 349 675
49	885	2	302	294								596	1 770	1 566 450
50	874	2	461	458								919	1 748	1 527 752

U 3.068081 > 2.24 => proud poruch není konstantní

Obr. 7: Ukázka výpočtu statistického testu pro ověření konst. parametru proudu poruch



Obr. 8: Střední kumulovaný počet poruch

Z obou uvedených analýz je vidět, že proud poruch není konstantní. S časem se doba mezi jednotlivými poruchami zkracuje - parametr proudu poruch roste. Výsledek této analýzy slouží jako indikátor toho, že spolehlivost zařízení postupně klesá. Dalšími analýzami je možné odhalit příčiny tohoto poklesu a případně provést nějaká opatření.

4.3 Disponibilita (pohotovost)

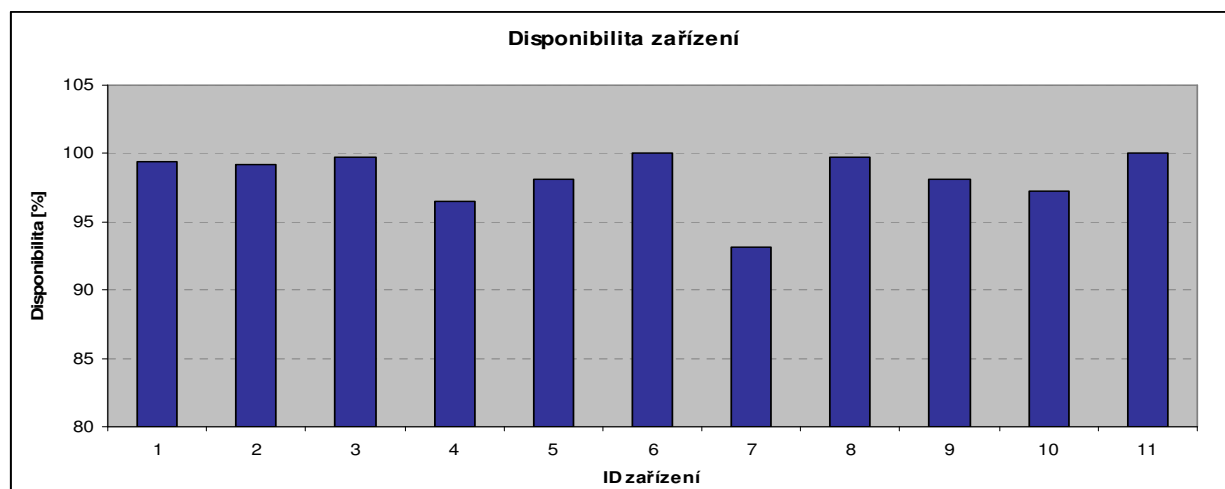
Dalším vyhodnocovaným parametrem je disponibilita. Disponibilita vozidla je definovaná jako poměr celkové doby vozidla v provozuschopném stavu ku celkové době v provozu (součet doby v provozuschopném stavu a doby v poruše). Podle terminologie spolehlivosti jde tedy o ustálenou (asymptotickou) pohotovost. Disponibilita vozidel je jedním z nejčastěji požadovaných a v některých případech také jediným parametrem spolehlivosti, který zákazník požaduje.

V případě trolejbusů je Š-ELC finální výrobce a zákazník je tedy přímo provozovatel vozidla. Zákazník pak vyhodnocuje disponibilitu celých vozidel a případné neplnění řeší se Š-ELC. Záleží tedy na Š-ELC do jaké míry a jakým způsobem přenesse požadavky na disponibilitu na své dodavatele.

V případě ostatních výrobků (pohony a trakční motory) je Š-ELC dodavatelem a zákazník je finální výrobce vozidla. Ten pak přenáší požadavky na disponibilitu na Š-ELC. V takovém případě je nutné definovat přesně podmínky, za kterých se uvažuje vozidlo v poruchovém stavu. V těchto podmínkách mohou být například uvedeny podmínky nebo přímo poruchy, při kterých se zařízení považuje za neschopné provozu, definovány časové úseky, za které bude disponibilita vyhodnocována nebo vyhrazeny časy, kdy je možné provést údržbu nebo servis na vozidle bez dopadu na disponibilitu.

Při neplnění disponibility většinou dochází k prodloužení doby garance a zákazník požaduje smluvené penále. Tento parametr může také sloužit firmě jako prvotní ukazatel, že něco není v pořádku a dát tak impuls k dalším podrobným analýzám.

Ukázka výstupu vyhodnocení disponibility na zařízení Š-ELC za rok 2000 je uvedena na obr. 6..



Obr. 9: Ukázka výstupu vyhodnocení disponibility

5. Závěr

Data o poruchách jsou velmi důležitým nástrojem. Pro výrobce data poskytují důvěryhodnou a kvantifikovatelnou zpětnou vazbu o kvalitě svých výrobků. Použití dat není pouze pro určení nákladů na poruchy a na kontrolou smluvených ukazatelů. Jejich efektivní využití vyžaduje další analýzy a zpracování např. za účelem odborného posouzení rizik při podepisování smluv, podloženého výběru dodavatelů, odhalení chyb při návrhu a jejich dalšímu vyvarování, poskytuje podklady pro cílený návrh zařízení s ohledem na požadovanou spolehlivost atd. Využití výstupů z analýz jde tedy napříč celou společností a umožňuje nejen zlepšovat technické vlastnosti výrobku, ale také posoudit požadavky a včas tak předejít problémům.

Ve společnosti ŠKODA ELECTRIC a.s. v současné době probíhá sběr i vyhodnocení dat o poruchách. Jejich využití je však zatím pouze omezené a stále se hledá optimální míra i způsob jakým bude vyhodnocování do budoucna probíhat.

Implementace systému RAMS ve výrobě kolejových vozidel

Sborník přednášek, vydán Českou společností pro jakost

Kolektiv autorů

Rok vydání 2011

1. vydání

35 stran

Vazba brožovaná

ISBN 978-80-02-02292-3