

Česká společnost pro jakost, Novotného lávka 5, 110 00 Praha 1



Současný stav RAMS/LCC ve ŠKODA ELECTRIC a.s.

**Materiály ze 74. semináře Odborné skupiny pro spolehlivost
konaného dne 5. 2. 2019 v Plzni**

Obsah

Aktualizace systému RAMS/LCC ve ŠKODA ELECTRIC a.s.	3
<i>Miroslav Šmírák, dipl. tech., Škoda Electric a.s.</i>	
Bezporuchovost a vyhodnocení dat z provozu	15
<i>PhDr. Ing. Ota Kéhar, Ph.D., Škoda Electric a.s.</i>	
RAMS/LCC v dodavatelsko-odběratelských vztazích	34
<i>Ing. Jan Kraus, Škoda Electric a.s.</i>	

Aktualizace systému RAMS a LCC ve ŠKODA ELECTRIC a.s.

Miroslav Šmirák, dipl. tech., ŠKODA ELECTRIC a.s.

e-mail: miroslav.smirak@skoda.cz

1 Úvod

Dovolte mi, abych se na začátku mého příspěvku vrátil trochu do minulosti – ne tak dávne, pouze k mému příspěvku na 56. semináři odborné skupiny ČSJ v září 2014, nazvanému „*Management spolehlivosti ve ŠKODA ELECTRIC a.s. - 10 let poté*“. V něm jsem uváděl určité milníky na desetileté cestě ŠKODA ELECTRIC a.s. v oblasti RAMS a LCC. Jedním z nich bylo i nastavení a plná implementace systému managementu RAMS koncem roku 2011. Mimo jiné jsem uváděl, že (cituji): „*Praxe ukazuje, že i vydaná dokumentace bude muset být revidovaná tak, aby byla srozumitelnější a hlavně jasnější z hlediska rozdělení rolí a odpovědností pro standardní provádění postupů a činností v oblasti RAMS a LCC. Největším úkolem v této oblasti je dopracování řídicích dokumentů pro správu a využívání datové základny a vytvoření řídicí dokumentace pro oblast udržitelnosti a LCC*“.

Současná situace v oblasti RAMS a obecně ve společnosti ŠKODA ELECTRIC a.s. svádí k tomu, abych zde hovořil o dalším milníku. Opravdu – rok 2018 pro nás představuje začátek poměrně významné změny, a to proto, že na jeho začátku bylo rozhodnuto o zásadní revizi řídicí dokumentace pro oblast RAMS, a to z několika úzce souvisejících důvodů.

2 Důvody aktualizace řídicí dokumentace

2.1 Nedostatky v organizačním uspořádání a rozdělení pravomocí a odpovědností

Praxe skutečně ukázala, že naše řídicí dokumentace byla (zatím ještě zčásti je) příliš obecná. Osoby, které mají v rámci své pracovní náplně plnit úkoly a vykonávat činnosti v oblasti RAMS, se v dokumentech „nenacházely“, nebyla zajištěna návaznost činností a proto byla velká část úkolů řešena operativně úsekem Kvalita. Podobně nebylo jasné organizační a personální zabezpečení oblasti bezpečnosti. To samozřejmě přinášelo problémy jak v počátečních fázích projektů, tak v průběhu jejich realizace a během provozu.

Z těchto důvodů se ukázalo jako nezbytně nutné přesněji a adresněji rozdělit pravomoci a odpovědnosti za činnosti RAMS mezi útvary společnosti a jednotlivé osoby, a to jak za nastavení a správu systému managementu RAMS, tak za činnosti ve fázi přípravy a realizace konkrétního projektu.

Proto byl naším týmem připraven v roce 2015 podklad pro jednání vedení společnosti o změně organizačního zajištění RAMS a o novém rozdělení pravomocí a odpovědností. Návrhy byly přijaty, změny byly zavedeny do organizačního uspořádání ŠKODA ELECTRIC a.s. během let 2015 a 2016 a potvrzeny rozhodnutím generálního ředitele č. R-GR-21/2016 „*Organizační uspořádání a rozdělení odpovědností v rámci společnosti ŠKODA ELECTRIC a.s.*“

2.2 Nedostatečná standardizace činností a dokumentů

Dalším důvodem aktualizace je skutečnost, že nebyly vytvořeny standardizované dokumenty RAMS, včetně plánovacích dokumentů a výstupů z analýz a standardizované postupy pro zpracování provozních dat a jejich přípravu pro analytickou činnost, včetně posuzování důsledků poruchy nebo potenciálních důsledků poruchy na bezpečnost. O sběru a zpracování dat pro analýzy RAMS bude v dalším příspěvku hovořit kolega Kéhar.

2.3 Rostoucí požadavky zákazníků a nutnost alokace požadavků v dodavatelském řetězci

Požadavky zákazníků, včetně odběratelů a provozovatelů trolejbusů a elektrických autobusů, se rok od roku zvyšují a jsou stále sofistikovanější. Už není vyžadováno jen uvedení hodnot parametrů RAMS do smlouvy, ale je vyžadováno i jejich prokázání pomocí výsledků analýz. Proto je nezbytně nutné těmto požadavkům věnovat maximální pozornost a v případě potřeby je alokovat na naše dodavatele.

Z toho důvodu je této oblasti věnována celá jedna část nové směrnice SM-Q-33 „*Systém RAMS/LCC*“ a byla také vydána zcela nová systémová směrnice „*Specifikace a alokace požadavků na výrobek*“, prováděcí pokyn k této směrnici „*Tvorba a správa Matice požadavků na nakupované položky*“ a pro dodavatele dokument „*Pokyny a vysvětlivky k požadavkům na RAM/LCC nakupovaných položek*“ s dotazníkem. Na tuto oblast je zaměřena přednáška kolegy Krause.

2.4 Nedostatky v systémovém řízení bezpečnosti

Při zpracování dokumentace a při systémovém zajištění oblasti bezpečnosti mluvíme samozřejmě o funkční bezpečnosti v návaznosti na mezinárodní technické normy a předpisy, ale do této oblasti zahrnujeme také:

- obecnou technickou bezpečnost, jako je například ochrana před nebezpečným napětím, stupně ochrany krytem, bezpečnost při údržbě - například z hlediska hmotností produktů a jejich částí, povrchových teplot apod.,
- požární bezpečnost, zpravidla podle souboru norem EN 45545-x,
- materiálové složení produktů, odpovídající novým předpisům EU a požadavkům zákazníků, včetně zákazu použití nebo omezení použití některých látek, směsí a materiálů, stanovení systému recyklace produktu a jeho částí apod.,
- elektromagnetickou kompatibilitu (EMC).

Činnosti v této oblasti jsou zahrnovány do Plánu bezpečnosti. Výsledkem plnění úkolů Plánu bezpečnosti jsou vypracované příslušné podklady a dokumenty pro zákazníka, resp. pro výrobce vozidla jako součást „*důkazu bezpečnosti*“.

Výhledově se budeme muset zabývat i požadavky souboru norem ISO 26262 *Road vehicles – Functional safety*, které přizpůsobují soubor norem EN 61508 pro automobilové elektrické a elektronické systémy a definují požadavky na funkční bezpečnost automobilových elektronických a elektrických systémů souvisejících s bezpečností po celou dobu jejich životnosti.

2.5 Změny norem v oblasti RAMS drážních aplikací (železničních?)

Významným důvodem pro aktualizaci systému RAMS a řídicí dokumentace ŠKODA ELECTRIC a.s. je vydání nové řady norem EN 50126, tedy EN 50126-1:2017 a EN 50126-2:2017, resp. ČSN EN 50126-1:2018 a 50126-2:2018.

Aktualizaci systému a revizi řídicí dokumentace jsme odkládali do vydání české verze norem, hlavně proto, abychom do naší interní dokumentace správně přenesli požadavky těchto norem, mimo jiné i z důvodů jazykových, resp. terminologických. Jenže v nových vydáních norem, resp. v návrzích textu české verze, je s jednoznačnou terminologií problém. V naší systémové řídicí dokumentaci se v převážné většině odkazujeme na slovník IEC 60050-192 a používáme pojmy v něm uvedené. Teď ale stojíme před problémem jaké pojmy, resp., jaký zdroj výkladu pojmů používat, protože normy (ČSN) EN 50126-1 a (ČSN) EN 50126-2 používají často jiné pojmy než jsou uvedeny ve IEC 60050-192. Zde je pár příkladů:

1. Pojmy související s posuzováním a přijetím rizika:

Návrh české verze ČSN EN 50126-1 používá v souvislosti s rizikem 3 pojmy:

- "tolerovatelné riziko", například

v bodě 3.61 hodnocení rizika („*postup založený na analýze rizika s cílem určit, zda bylo dosaženo tolerovatelného rizika*“.),

v kapitole 6.2 („*...aby se mohlo rozhodnout, zda je riziko tolerovatelné*“.),

v kapitole 6.3 Posuzování rizik („*Tolerovatelné bezpečnostní riziko železničního systému závisí na kritériích přijetí rizika*...“)

- "nepřijatelné riziko", například

v bodě 3.64 bezpečnost („*absence nepřijatelného rizika*“),

v kapitole 5.9 Strategie snižování rizika („*Cílem strategie je snížit riziko na přijatelnou úroveň vždy, když je riziko analyzováno jako nepřijatelné*“),

- "přípustné riziko", například

v bodě 7.5.2, bod e) („*přípustné úrovně rizika pro důsledky vyplývající z identifikovaných nebezpečí*...“),

v příloze C: („*Kategorie rizika „nepřípustné“ / „přípustné“, přičemž pojem „přípustný“ se používá i v souvislosti s „přípustnou“ (tolerable!) intenzitou funkčních poruch TFFR*“.).

V anglických textech jsou použity pojmy

- "acceptable" (například v 8.3.3 „*The aim is to estimate the risk and ensure the risk is acceptable*.“)

- "tolerable" v souvislosti s THR a TFFR a také v příloze A, tab. A.1: „*Acceptance criteria - The individual risk (fatalities per person and time) caused by the system is lower than the tolerable risk derived from MEM*.“).

Jde-li významově o stejnou kategorii rizika, měly by být v českých verzích použity pojmy jednotné. Jde-li o různé kategorie rizika, měly by být v základních pojmech vysvětleny rozdíly.

Jako perličku uvedu i různé názvy části 2 v STN a ČSN:

ČSN EN 50126-2:2018 Část 2: Systémový přístup k bezpečnosti.

STN EN 50126-2:2018 Část 2: Bezpečnostný přístup pre systémy.

2. Pojem „Pohotovost“

- V EN 50126-1, 3.6 *pohotovost <produktu>* - schopnost produktu být ve stavu, kdy vykonává za daných podmínek a za daného okamžiku nebo časového intervalu požadovanou funkci, za předpokladu, že jsou poskytnuty požadované externí zdroje. Jako zdroj výkladu je uvedena norma IEC 60050-821: FDIS2016, 821-05-82, což je Mezinárodní elektrotechnický slovník - Kapitola 821: Drážní signalizační a zabezpečovací zařízení.

V anotaci této normy se uvádí: „...obsahuje základní pojmy z oboru drážní signalizační zařízení a zabezpečovací zařízení, návěsti a návěstidla, detekce vlaků a výhybek, zabezpečení přejezdů, zabezpečení vlaků a pojmy z oboru automatický vlakový provoz.“

Používá pojem „produkt“, viz 3:45 „produkt <v drážních zařízeních> - soubor prvků propojených za účelem vytvoření systému, subsystému nebo zařízení způsobem, který plní stanovené požadavky“. ZDROJ: IEC 60050-821:FDIS2016, 821-12-40, modifikováno pro specifické použití.

- V ČSN IEC 60050-192, 192-01-23 „pohotovost <objektu> - schopnost objektu být ve stavu, kdy funguje tak, jak je požadováno.“

Tato definice používá pojem „objekt“, viz 192-01-01 „objekt - uvažovaný předmět (objekt může být samostatný díl, součást, přístroj, funkční jednotka, zařízení, podsystém nebo systém; objekt se může skládat z hardwaru, softwaru, lidí nebo jejich kombinace; objekt se často skládá z prvků, z nichž každý může být samostatně považován za objekt.“

3. Pojem „Systém“

- V EN 50126-1, 3.78 „systém - množina vzájemně propojených prvků, které jsou v definovaném kontextu celky a jsou odděleny od svého prostředí“. Jako zdroj výkladu pojmu je uvedena norma IEC 60050-351:2013, což je Mezinárodní elektrotechnický slovník - Část 351: Technologie řízení. V anotaci této normy je mj. uvedeno: „...Uvádí všeobecnou terminologii používanou pro průmyslové aplikace automatizovaného řízení včetně obecných termínů týkajících se konkrétních aplikací a příslušných technologií. Toto nové vydání reviduje předchozí vydání a doplňuje je o další termíny z oblasti elektroniky a laserové a ultrazvukové technologie. Kromě všeobecných termínů z oblastí řízení obsahuje termíny související s funkcemi v technologii řízení včetně hierarchie řízení, s uspořádáním řídicích systémů, s vlastnostmi a charakteristikami přenosových prvků a řídicích systémů a s typy řízení. Dále obsahuje termíny a definice pro proměnné veličiny a signály v řídicích systémech, pro funkční jednotky řídicích a spínacích systémů a pro procesní počítačové systémy. Uvádí rovněž termíny z oblasti specifických funkčních jednotek pro řízení.“

Přitom definice „subsystému“ je v EN 50126-1 převzata z IEC 60050-192, viz bod 192-01-04 („subsystém <ve spolehlivosti> - část systému, která je sama o sobě systémem.“).

- V ČSN IEC 60050-192: 192-01-03 „systém <ve spolehlivosti> - množina vzájemně souvisejících objektů, které společně plní požadavek.“

4. Pojmy „Drážní“, „Železniční“

V EN 50126-1:2017 je používán jednotný pojem „Railway“: „Railway Applications“ je v názvu normy, kapitola 5 se jmenuje „Railway RAMS“, v dalším textu jsou pojmy „railway applications“, „railway duty holder“, „railway system“ atd. V české verzi jsou používané pojmy dva, přičemž každý z nich znamená trochu něco jiného:

- v názvu normy je „Drážní zařízení“,
- kapitola 5 se jmenuje „RAMS železnic“, ale dále v textu jsou použity pojmy „drážní zařízení“, „RAMS železnic“, „železniční systém“.

Má-li se norma vztahovat pouze na železniční aplikace („zařízení“), měla by to v ní být jasně uvedeno. Pokud se vztahuje na „drážní systémy“, jde o širší portfolio objektů (viz zákon č. 266/1994 Sb. o dráhách, který definuje pojem „dráha“ a „druhy drah“: železniční, tramvajové, trolejbusové a lanové, a zároveň stanovuje požadavky na „drážní vozidla“) a tento pojem by se tedy měl používat i v textu normy. Původní ČSN EN 50126:2001 pojmy „železnice“, „železniční“ vůbec nepoužívala.

2.6 Změna normy ISO/TS 22163:2017 (dříve IRIS)

Dalším z důvodů aktualizace je změna této normy a nutnost zahrnout požadavky kapitoly 8.8 této normy do systému managementu RAMS. Jedním z hlavních požadavků je, že (volně přeloženo z [5]):

„Organizace musí stanovit, zavést a udržovat dokumentované procesy k řízení RAM/LCC činností. Tyto procesy musí zahrnovat:

- výpočty cílů RAM/LCC během fáze tendru a fáze návrhu, které musí být brány v úvahu po celý životní cyklus výrobku,
- zavedení požadavků na RAM/LCC do návrhu a vývoje v celém dodavatelském řetězci,
- shromažďování dat (např. data o provozu a data o poruchách během činností po dodání, během údržby a smluvních výměn a oprav.
- analýzy a porovnání pomocí dat z provozu podobných produktů (FRACAS),
- zpětná vazba z RAM/LCC dat do týmů ke zlepšení koncepce návrhu, jako je např. návrh údržby,
- sdílení výsledků RAM/LCC s externími poskytovateli týkající se jejich dodavatelů,
- sledování cílů RAM/LCC. Nejsou-li cíle plněny, musí organizace upřednostnit provozní data, provádět opatření k nápravě a zkoumat provozní data dokud cíle nejsou plněny.“

Další požadavky se týkají dokumentovaných informací, analýz příčin poruch, kompetencí personálu, respektování norem IEC 62278 (nebo ekvivalentní), IEC 61508 apod.

2.7 Změny dalších souvisejících norem

Požadavky nových vydání dalších souvisejících norem souvisejících s RAMS je rovněž nutné zahrnout do aktualizace systému a do řídicí dokumentace RAMS a LCC. Jsou to např.:

- a) ČSN EN 50155:2018 (ed. 4) *Drážní zařízení – Elektronická zařízení drážních vozidel*, ve které byly oproti původní normě z r. 2007 upraveny a zlepšeny mj. požadavky na bezporuchovost, udržovatelnost a očekávanou dobu života elektronických zařízení.
- b) Soubor norem ČSN EN 61508-x *Funkční bezpečnost elektrických / elektronických / programovatelných elektronických systémů souvisejících s bezpečností*.
- c) ČSN EN 61709 ed.3:2017 (01 0649) *Elektrické součástky – Bezporuchovost – Referenční podmínky pro intenzity poruch a modely namáhání pro přepočty*.
- d) ČSN EN 50657:2018 *Drážní zařízení - Zařízení drážních vozidel - Palubní software drážních vozidel*. Tato norma souvisí se souborem norem EN 50126, upravuje normu EN 50128:2011 pro použití v oblasti drážních (!) vozidel a stanovuje soubor požadavků, které musí být splněny během vývoje, nasazení a údržby jakéhokoliv softwaru určeného pro drážní vozidla.

3 Změna struktury a aktualizace dokumentace pro oblast RAMS a LCC

3.1 Původní struktura

Původní soubor řídicích dokumentů obsahoval:

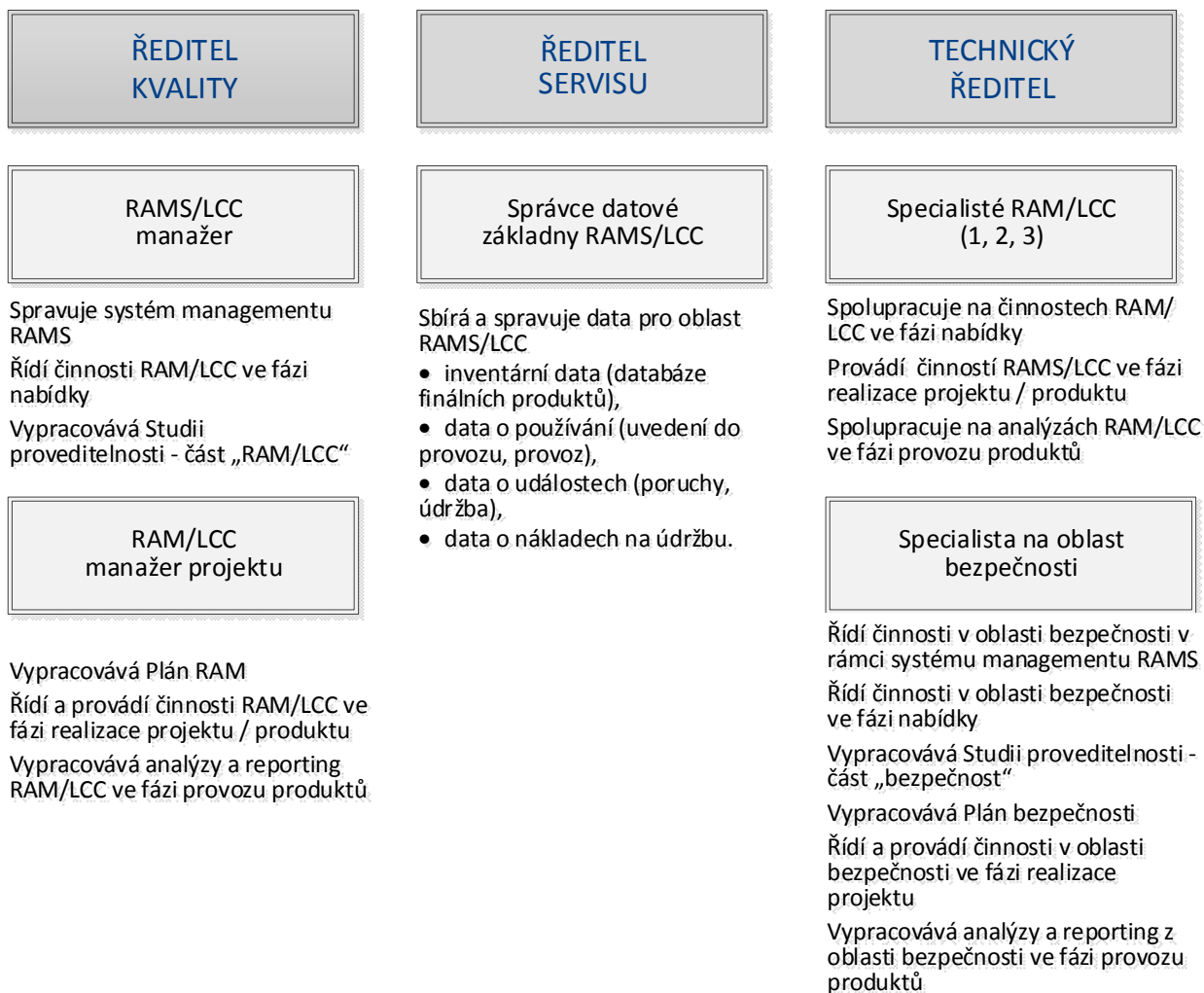
- * Směrnici SM-ŘJ-17 Management RAMS, popisující systém managementu RAMS a proces řízení nákladů životního cyklu produktu (LCC), ovšem bez konkrétních odpovědností a konkrétních činností.
- * Směrnici SM-ŘJ-19 Standardní program RAMS, popisující mj. návod na vypracování Programu RAMS, a prakticky kopírující strukturu norma 50126 a v ní uvedené úkoly RAMS v jednotlivých etapách životního cyklu produktu (systému), opět bez konkrétních odpovědností.
- * Podrobné pracovní pokyny ke každé etapě životního cyklu s výčtem všech úkolů a výstupů v podle normy, bez konkrétních odpovědností.

Nevýhody a nedostatky této dokumentace jsem uvedl v předchozí části.

3.2 Nová struktura

Při stanovení rozsahu a postupu aktualizace řídicí dokumentace pro oblast RAMS jsme vycházeli

- a) z hlavních principů norem [2] a [3], týkající se požadavků na produkt (na systém), a to:
 - identifikace požadavků,
 - realizace,
 - prokázání splnění,
- b) ze schváleno organizačního zajištění RAMS/LCC ve společnosti (viz obrázek).



Při aktualizaci jsme se zaměřili na to, jak co nejkonkrétněji popsat činnosti RAMS a LCC, aby bylo každému útvaru a každé osobě jasné, co má dělat v každé etapě projektu – tedy od fáze nabídky, přes fázi návrhu a realizace produktu až po fázi jeho provozu. Proto jsme navrhli strukturu řídicí dokumentace, která zdánlivě neodpovídá přesně etapám životního cyklu podle ČSN EN 50126-1:2018, přesto dokumenty obsahují všechny úkoly RAM, bezpečnosti a LCC, aplikovatelné na produkty ŠKODA ELECTRIC a.s.

Aby byla zajištěna vzájemná provázanost řídicích dokumentů, připravovali jsme jejich návrhy současně a projednávali je v užším týmu RAMS.

3.3 Základní řídicí dokument RAMS

Základní řídicím dokumentem pro celý systém RAMS je směrnice SM-Q-33 *Systém RAMS/LCC* [10]. Ta obsahuje:

Oddíl A - Úvodní část, zahrnující

- obecná ustanovení, pojmy a zkratky apod.,
- rozdělení pravomocí a odpovědností v systému managementu RAMS mezi organizační složky společnosti,

- ustanovení o politice a cílech RAMS.

Oddíl B - Management RAMS, zahrnující

- popis systému managementu RAMS ve společnosti,
- pravidla pro použití postupů podle této směrnice na produkty, na které se nevztahuje soubor norem ČSN EN 50126,
- životní cyklus RAMS (V diagram).

Oddíl C - Činnosti ve fázi poptávky a nabídky, zahrnující

- specifikaci činností, úkolů a odpovědností ve fázi nabídky, ve které je velký důraz kladen na pochopení a přezkoumání požadavků zákazníka na RAMS a LCC produktu, a která končí vypracováním Studie proveditelnosti RAMS a jejím předáním zpracovateli technické části nabídky.

Oddíl D - Činnosti ve fázi realizace produktu, zahrnující

- specifikaci činností a úkolů RAMS a LCC vykonávaných standardně bez ohledu na požadavky zákazníka (což je velmi důležité pro interní potřebu společnosti),
- pravidla a odpovědnosti při tvorbě a aktualizaci dokumentu „*Úkoly RAMS projektu*“ jako základního plánovacího dokumentu pro oblast RAMS a LCC projektu, který obsahuje listy:
 - Management a cíle (projektu)
 - Zkratky
 - Nabídka
 - Plán RAM
 - Plán bezpečnosti
 - Matice (činností a odpovědností v managementu RAMS).

Oddíl E - Činnosti ve fázi provozu

- dokončení validace produktu,
- sběr a zpracování dat o provozu produktů podle ČSN EN 60300-3-2,
- analýzy bezporuchovosti a bezpečnosti produktů a jejich částí v provozu, včetně
 - zjišťování kořenových příčin poruch,
 - identifikace slabých míst návrhu z hlediska bezporuchovosti a zpětná vazba do návrhu produktu,
 - aktualizace způsobů poruch,
 - posouzení důsledků nebo možných důsledků poruchy pro bezpečnost a vyhodnocení, jsou-li bezpečnostní opatření dostatečná a při události správně zafungovala.
- aktualizace analýz vypracovaných ve fázi návrhu a realizace produktu.

3.4 Navazující dokumenty

Z následujícího diagramu je patrná návaznost dalších řídicích dokumentů na základní směrnici a celková nová struktura dokumentace.

Směrnice SM-Q-33 Systém RAMS

(podle EN 50126-1:2018)

Základní řídicí dokument pro proces RAMS/LCC, obsahující:

* Požadavky na systém řízení oblasti RAMS/LCC podle EN 50126-1, týkající se produktů ŠKODA ELECTRIC a.s.

* Činnosti a odpovědnosti útvárů a osob v etapách životního cyklu produktu, resp. ve fázích projektu:

- v etapě poptávky / nabídky,
- v etapě návrhu a realizace produktu,
- v etapě provozu produktu.

* Pravidla pro tvorbu a správu Plánu RAM jako základního plánovacího dokumentu pro oblast spolehlivosti a LCC.

* Pravidla pro tvorbu a správu Plánu bezpečnosti jako základního plánovacího dokumentu pro oblast bezpečnosti.

* Základní a společná ustanovení pro navazující směrnice pro oblast RAMS/LCC.

Podpůrné dokumenty – RAMS/LCC

PP-Q-25 Přehled technických norem z oblasti spolehlivosti a bezpečnosti

Vydán jako metodická pomůcka s odkazem na řízený dokument ČSJ

SM-Q-34 FRACAS

- * Struktura sběru dat
- * Postupy a odpovědnosti při
 - sběru dat
 - zpracování dat
 - zjišťování příčin
 - stanovení opatření
- * Vazba na specifické směrnice společnosti

SM-S-02 Datová základna RAMS/LCC

- * Obecná ustanovení
- * Odpovědnosti a činnosti útvárů a osob při získávání a zpracování dat podle IEC 60300-3-2:
 - Inventárních dat
 - Dat o používání
 - Dat o událostech

PP-T-XX Tvorba funkčních rozpadů

- * Postup, metodika a odpovědnosti při tvorbě funkčních rozpadů finálních produktů ŠELC,
- * Návaznosti na analýzy bezporuchovosti, udržovatelnosti, LCC, FMEA, rizika.

Plán RAM (projektu)

- * Odpovědnosti za vypracování Plánu RAM
- * Plánování RAM s vazbou na PNV v procesu Řízení návrhu
- * Specifikace rozsahu činností a odpovědností v oblasti RAM/LCC v projektu
- * Sledování stavu plnění úkolů a aktualizace Plánu

Řídicí dokumenty – spolehlivost a LCC

SM-Q-36 Analýza bezporuchovosti

- * Postupy a odpovědnosti při vypracování prediktivních analýz a analýz dat z provozu
- * Vazba na datovou základnu
- * Specifikace vstupů pro analýzu
- * Využití výstupů z analýz

SM-T-14 Analýza udržovatelnosti

- * Postupy a odpovědnosti při vypracování analýzy
- * Specifikace vstupů pro analýzu
- * Využití výstupů z analýzy
- * Postupy a odpovědnosti při vypracování dokumentů k údržbě

SM-Q-34 Analýza LCC

- * Specifikace rozsahu analýzy
- * Postupy a odpovědnosti při vypracování předběžné a podrobné analýzy
- * Specifikace vstupů pro analýzu
- * Využití výstupů z analýz

Plán bezpečnosti

- * Odpovědnosti za vypracování Plánu
- * Plánování s vazbou na PNV v procesu Řízení návrhu
- * Specifikace rozsahu činností v oblasti bezpečnosti
- * Sledování stavu plnění úkolů a aktualizace Plánu

Řídicí dokumenty - bezpečnost (funkční, technická, požární, EMC)

SM-Q-35 FMEA

- * Postupy a odpovědnosti při vypracování
 - DFMEA / FMECA
 - PFMEA
- * Využití výstupů z analýz

SM-T-12 Analýza rizika

- * Postupy a odpovědnosti při vypracování analýz rizika
- * Součinnost se zákazníky
- * Výstupy z analýz

SM-T-XX Bezpečnost produktu

- * Funkční bezpečnost
- * Technická bezpečnost
- * Požární bezpečnost
- * Materiálová bezpečnost
- * EMC

4 Procesní návaznosti

Aby byla zajištěna provázanost realizačních procesů s procesy a s úkoly RAMS, bude v další etapě (předpokládáme, že během prvního pololetí 2019), přezkoumán soulad procesních směrnic se směrnicemi pro oblast RAMS a LCC, a to:

- a) v procesu „*Získávání zakázky*“, zejména při specifikaci a přezkoumání požadavků zákazníka na RAMS a LCC,
- b) v procesu „*Řízení projektu*“, jednak z důvodu zařazení RAM manažera projektu a specialisty na bezpečnost do projektového týmu, a zejména s ohledem na činnosti při uvádění produktu do provozu a jeho validaci,
- c) v procesu „*Řízení návrhu produktu a procesu*“, zejména z důvodu zahrnutí úkolů *Plánu RAM, Plánu bezpečnosti* a analytických činností v etapách návrhu produktu a jeho provozu do *Plánu návrhu a vývoje*, včetně zpětné vazby a opatření ke zlepšení produktu na základě zjištění z provozu v procesu *Řízení změn*,
- d) v procesu „*Nakupování a rozvoj externích poskytovatelů*“, zejména při alokaci požadavků na RAMS nakupovaných produktů, na získávání podkladů od externích poskytovatelů a na spolupráci při hodnocení výsledků RAMS v provozu,
- e) v procesu „*Uvedení produktu do provozu*“, zejména při činnostech souvisejících s validací produktu,
- f) v procesech „*Garanční servis*“ a „*Pogaranční servis*“, zejména s ohledem na získávání správných, úplných a věrohodných dat o událostech podle provozu a údržbě produktů podle [6].

5 Školení a výcvik personálu

Protože v období 2018 až 2019 dochází ve ŠKODA ELECTRIC a.s. k významným změnám jak v nastavení systému managementu RAMS a v rozdělení pravomocí a odpovědností, tak v řídicí dokumentaci RAMS, je na rok 2019 plánován systém školení zaměstnanců, kteří mají vykonávat jakékoliv činnosti souvisejících s RAMS. Cílem je, aby činnosti v oblasti RAMS v realizačních procesech fungovaly standardně, za použití stanovených metod, což je nezbytně nutné hlavně při souběhu více projektů. Proto musí být činnosti rozděleny mezi podstatně větší počet zaměstnanců, než je tomu dosud.

Prvním krokem bude určení pracovních pozic, u kterých je součástí základních kvalifikačních předpokladů znalost problematiky RAMS a LCC včetně používaných metod a nástrojů. Následně pak budou jednotlivé profesní skupiny zaměstnanců cíleně školené podle vypracovaného programu školení, a to jak při nástupu do funkcí, tak periodicky nebo podle potřeby.

6 Závěr

Co by měla přinést aktualizovaná dokumentace RAMS a LCC a s ní spojené činnosti?

- každý organizační útvar a každá osoba zapojená do oblasti RAMS a LCC v konkrétním projektu dostane jasné informace, jaké konkrétní činnosti a v které fázi projektu má vykonávat, resp. je za ně odpovědný,
- budou jasně definované postupy pro jednotlivé analýzy v etapě návrhu a realizace produktu a ve fázi jeho provozu; analýzy budou prováděny pomocí standardních nástrojů s jednotnou formou výstupů,
- zaměstnanci budou proškoleni z konkrétních postupů, dokumentů, metod a činností, které budou v průběhu projektu provádět,
- zákazníkům bude možné předkládat hodnoty parametrů RAMS opřené o výsledky analýz,
- bude zlepšena zpětná vazba do návrhu produktu a směrem k dodavatelům na základě zjištění a analýz dat z provozu,
- bude možné standardně provádět porovnání predikovaných hodnot ukazatelů RAMS a LCC s hodnotami dosahovanými v provozu,
- zpracovateli technické části nabídky bude podána souhrnná informace o oblasti RAMS a LCC projektu v jednotné formě „Studie proveditelnosti RAMS“.

Je jasné, že ne všechny problémy v oblasti budou vyřešeny aktualizací systému a systémové dokumentace, zejména bude nadále problém s kapacitním vytížením pracovníků odborných útvarů při souběhu více projektů s požadavky na RAMS a LCC, a to jak v jejich přípravě, tak v realizaci. Důležité je, že stále pokračujeme v cestě zlepšování systému managementu RAMS. Je to cesta někdy trnitá a strastiplná, někdy s oklikami a vyžadující mnoho trpělivosti. Ale je nezbytná, protože vede ke zlepšování parametrů RAMS našich produktů, což je podmínka nutná pro jejich uplatnění na trhu v silné konkurenci.

Použité zdroje

- [1] ČSN IEC 60050-192:2016 Mezinárodní elektrotechnický slovník. Část 192: Spolehlivost. Praha: ÚNMZ, 2016.
- [2] ČSN EN 50126-1 ed. 2:2018 Drážní zařízení - Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a bezpečnosti (RAMS) - Část 1: Generický proces RAMS. Praha: ÚNMZ, 2018¹.
- [3] ČSN EN 50126-2 ed. 2:2018 Drážní zařízení - Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a bezpečnosti (RAMS) - Část 2: Systémový přístup k bezpečnosti. Praha: ÚNMZ, 2018².
- [4] ČSN EN 60300-1 ed. 2:2015 Management spolehlivosti - Část 1: Návod pro management a použití. Praha: ÚNMZ, 2015.

¹ V kapitole 2.5 se odkazují na návrh české verze této normy, ve stavu k 30. 11. 2018.

² V kapitole 2.5 se odkazují na návrh české verze této normy, ve stavu k 10. 12. 2018.

- [5] ISO/TS 22163:2017 Railway applications - Quality management system - Business management system requirements for rail organizations: ISO 9001:2015 and particular requirements for application in the rail sector.
- [6] ČSN EN 60300-3-2 Management spolehlivosti - Část 3-2: Pokyn k použití - Sběr dat o spolehlivosti z provozu. Praha: ÚNMZ, 2005.
- [7] ŠMIŘÁK, M. Management spolehlivosti ve ŠKODA ELECTRIC a.s. - 10 let poté. In *Management spolehlivosti ve ŠKODA ELECTRIC a.s.*, Sborník přednášek 56. s. Česká společnost pro jakost. ISBN 978-80-02-02565-8.
- [8] VINTR M. Požadavky standardů na RAMS. In *RAMS drážních aplikací – současné přístupy, novinky a zkušenosti*, Sborník přednášek 71. s. Česká společnost pro jakost. ISBN 978-80-7231-410-2.
- [9] VINTR Z. Současné přístupy k zabezpečování RAMS. In *RAMS drážních aplikací – současné přístupy, novinky a zkušenosti*, Sborník přednášek 71. s. Česká společnost pro jakost. ISBN 978-80-7231-410-2.
- [10] SM-Q-33 Systém RAMS/LCC. Směrnice ŠKODA ELECTRIC a.s., leden 2019.

Bezporuchovost a vyhodnocení dat z provozu

PhDr. Ing. Ota Kéhar, Ph.D., ŠKODA ELECTRIC a.s.

e-mail: ota.kehar@skoda.cz

1 Úvod

Sběr a následná analýza dat z provozu o poruchách a používání produktu hraje velmi důležitou roli v analýze spolehlivosti. Jedná se velmi často o dlouhodobou a mnohdy velmi náročnou činnost. Tato data jsou nezbytným nástrojem pro určení a ověření toho, jak se daný produkt chová v provozu z hlediska spolehlivosti. Cílem příspěvku není seznámit čtenáře obecně se způsoby vyhodnocení dat o spolehlivosti z provozu. Spolehlivost je možné charakterizovat jako obecnou vlastnost produktu plnit po stanovenou dobu požadované funkce při zachování provozních parametrů daných technickými podmínkami. Je charakterizována dílčími vlastnostmi, jako jsou: bezporuchovost, životnost, udržitelnost, a další. Zde se zaměříme pouze na jednu vlastnost, tou je bezporuchovost.

Ukážeme si, jak se s touto oblastí vypořádáváme ve ŠKODA ELECTRIC, a.s. První část příspěvku obsahuje základní informace, které souvisejí se sběrem a vyhodnocením dat. Na toto téma bylo jistě sepsáno spousta materiálů, jsou zde uvedeny pouze pro úplnost a přehlednost. Druhá a třetí část se prolínají, zaměřují se na způsob sběru dat ve firmě a jeho specifika, resp. na popis některých nástrojů, které ve firmě na analýzu dat z provozu používáme.

2 Sběr dat z provozu

Datová základna spolehlivosti a bezpečnosti je základním předpokladem funkčního systému RAMS podle ČSN EN 50 126-1 ed. 2:2018. Tvoří ji sběr dat, jejich ukládání, třídění a zpracování během uvádění do provozu a během provozu produktu u zákazníka, tedy v etapě životního cyklu 11 Provoz, údržba a sledování výkonnosti.

Sběr dat o spolehlivosti v provozu musí být nedílnou součástí efektivního programu spolehlivosti. Dle doporučení normy ČSN EN 60300-1 ed. 2:2015 je nutné mít stanovené procesy pro sběr dat a jejich analýzu. Díky tomu můžeme určit (přesněji odhadnout) ukazatele bezporuchovosti produktu a prokázat splnění požadavků zákazníka. V tomto případě je nutností, abychom měli se zákazníkem vzájemně odsouhlasenou metodiku hodnocení dat z provozu. Sběr dat v provozu je nutno provádět dlouhodobě a systematicky ve spolupráci všech zúčastněných stran. Z hlediska času se zaměřujeme zejména na sběr dat v jediném časovém okně (intervalu) životního cyklu produktu, zpravidla se jedná o záruční (garanční) dobu. Ta ovšem velmi často bývá pouze zlomkem celkové délky provozu produktu. Pro výrobce produktu by byla velmi cenná i data z pozáručního provozu, abychom si vytvářeli vlastní spolehlivostní databázi a zlepšovali predikce parametrů RAM, které poskytujeme v rámci tendrů. Z hlediska úplnosti sběru dat používáme úplný sběr, sbíráme totiž data o každém produktu, který se používá v provozu.

Už v záručním provozu bývá získávání informací z provozu produktu dosti nesnadná záležitost. V pozáručním provozu se velmi často stává, že jde o situaci téměř nemožnou. Tato úskalí se však musíme snažit překonávat, protože bez kvalitní datové základny se nelze obejít, proto využíváme veškerých možností, jak potřebná data získávat. Snazší situace je v případě, kdy přímo náš zaměstnanec provádí servisní zásahy na našich produktech. Nicméně i tato varianta přináší řadu úskalí, velmi často je preferována rychlost zásahu k obnově pohotovosti přímo v místě provozu, nikoli k získání úplných a podrobných dat.

3 Základní pojmy

Bezporuchovost je schopnost produktu fungovat bez poruchy požadované funkce po stanovenou dobu a za stanovených podmínek, dle mezinárodního elektrotechnického slovníku, část 192 spolehlivost (ČSN IEC 60050-192:2016) se jedná o heslo s označením 192-01-24.

Porucha (192-03-01) je částečná nebo úplná ztráta, případně změna vlastností produktu, která podstatným způsobem snižuje schopnost nebo způsobuje nemožnost produktu plnit požadovanou funkci.

Střední doba provozu mezi poruchami, MTBF (192-05-13) je očekávaná hodnota doby provozu mezi poruchami.

Střední doba provozu do poruchy, MTTF (192-05-11) je očekávaná hodnota doby provozu do poruchy.

Očekávaná hodnota <náhodné veličiny> (192-13-03)

Odhadnutá veličina <spolehlivostní veličiny> (192-13-04)

Období konstantní intenzity poruch (192-02-30) je časový interval v době života neopravitelného objektu, během kterého se jeho intenzita poruch považuje za konstantní.

4 Jaká data mohou být sbírána

Z hlediska typu dat lze sbírat různá kvantitativní (zpravidla je hodnota v podobě čísla, např. počet hodin, vzdálenost, počet poruch, apod.) a kvalitativní (méně určitá, nemohou být vyjádřena jako číslo) data. Rozlišujeme čtyři skupiny dat:

Inventární data – jedná se o záznamy, které identifikují původní stav produktu. Tato data jsou velmi důležitá, protože obsahují informace, které mohou zásadním způsobem ovlivnit výsledky analýz. Mohou napomoci identifikovat trendy, které se vyskytnou pouze u specifických podskupin jinak stejných produktů. Tuto část pokrýváme funkčním rozpadem produktu, resp. záznamy v Baan ERP v customizované části Servis s názvem Identifikační karta výrobku IKV (Šmiřák, 2012).

Data o používání – tato data zahrnují informace o tom, kdy byl produkt uvedený do provozu, jak je provozován a kdy byl vyřazen z provozu nebo garance. Používání může být nepřetržitě v čase na pevné úrovni, nebo na proměnné úrovni, či nepravidelně se vyskytující v čase na pevné, nebo

na proměnné úrovni. V našem případě se zpravidla jedná o používání nepřetržité v čase na pevné úrovni. Tyto informace získáváme většinou od zákazníka ve formě excelovské tabulky.

Data o prostředí – tato data zahrnují informace o podmínkách prostředí produktu, zejména v podobě faktorů, které jsou relevantní pro jeho spolehlivost. Prostředí přispívá k poškození, ke kterému během života produktu dochází. Při analýzách je nutné přihlídnout k době trvání a intenzitě namáhání způsobených vlivy prostředí.

Data o událostech – tato data zahrnují informace o libovolných záležitostech, které nastaly u produktu během jeho života, zejména jde o nejdůležitější událost – poruchu, ale patří sem i různé opravy, vylepšení apod. U poruchových událostí je nutné ověřit samotnou poruchu. Je možné, že se žádná porucha nepotvrdí, pak to vede na kategorii „závada nezjištěna“ nebo „nejedná se o poruchu“. V případě, že je porucha ověřena, může začít podrobná analýza poruchového stavu, aby se dal izolovat skutečný způsob poruchy a mechanismus, který poruchu způsobil. Záznamy o poruchách a údržbě máme v customizované části systému Baan EPR, modul Servis s názvem Hlášenka servisního zásahu HSZ (Šmirák, 2012).

5 Zdroje dat

Existuje velké množství zdrojů dat o spolehlivosti. V řadě případů se liší jejich dostupnost, případně využitelnost. Obvykle se preferují přímé informace, které jsou sebrané výrobcem produktu. Nepřímo získávaná data mohou přinášet různou jakost takových dat.

Data musí v každém případě splňovat základní podmínky:

- úplnost – každá provozní porucha produktu musí být zaznamenána. O každé události musí být dostatečné množství údajů, v řadě případů se ukazuje, že servisní technik vyplní jen nejnnutnější údaje, které získá při servisním zásahu, velmi často ještě se zpožděním;
- správnost – pro následné provádění analýz je nezbytné, aby data z provozu byla jednotná a podle stejných pravidel, ať už je na jednom typu produktu zadává libovolný servisní technik;
- věrohodnost – pokud data sbírají a zaznamenávají zaměstnanci naší společnosti, pokládáme je za věrohodná. V případě, že je poskytují jiné subjekty, nezbyvá nám nic jiného, než datům důvěřovat, protože možnosti jejich ověřování jsou velmi omezené.

6 Analýza bezporuchovosti z provozu ve ŠKODA ELECTRIC a.s.

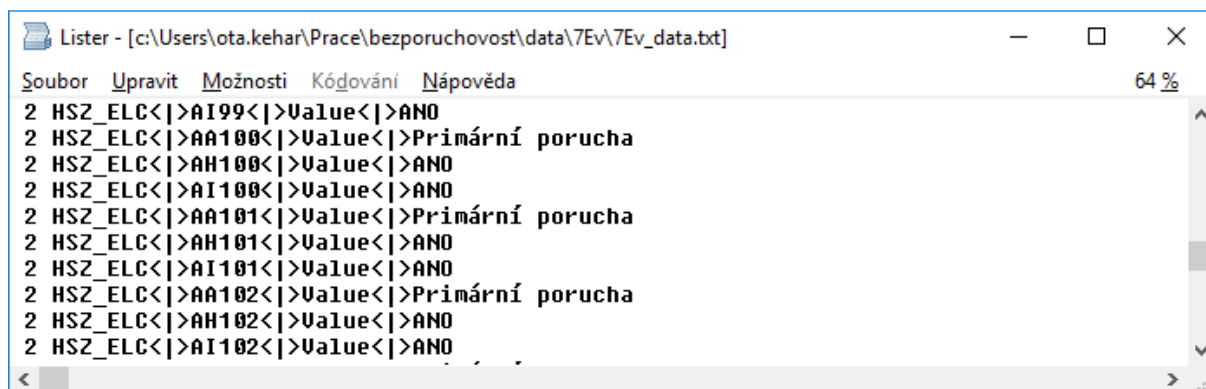
Obrázky v této kapitole obsahují ilustrační fiktivní hodnoty, které slouží jen pro názornou ukázkou popisovaných částí.

Ve firmě analyzujeme v současnou chvíli najednou 12 různých projektů a další projekty postupně přibývají. Každý projekt obsahuje zhruba dva až šest různých typů finálních produktů, které jsou provozovány na desítkách, v některých případech až stovkách vozů či souprav. Funkční rozpad každého projektu čítá v průměru 300 uzlů.

Z rozsahu výše uvedeného množství informací je zřejmé, že k provádění pravidelných analýz dat z provozu je nutné používat sofistikovaný nástroj, který by řadu věcí automatizoval, potažmo eliminoval z větší části lidský faktor a rutinní činnosti. Z počátku jsme vytvořili pro každý projekt jeden excelovský soubor, který zahrnoval několik listů, které obsahovali inventární data, data o používání a data o událostech. Data o prostředí velmi často nahrazujeme skutečností, že se naše produkty provozují na omezeném území, zpravidla město či stát, kde je předpoklad podobných klimatických parametrů. Proto můžeme klimatické podmínky považovat v rámci jednoho projektu za srovnatelné. U některých, zejména tepelně namáhaných, komponent lze v hodnotách bezporuchovosti sledovat sezónní výkyvy, které jsou následně předmětem dalších analýz, zpravidla již na úrovni projektantů.

Postupem času se ukázalo, že je tento stav dlouhodobě neudržitelný. Individuální excelovské soubory se velmi komplikovaně udržují, přidání libovolné nové funkcionality znamenalo složitě upravovat všechny soubory, případně upravit soubor jeden a ručně kopírovat tisíce různě rozmístěných buněk do nových souborů. Do této doby jsme si u analýz vystačili pouze s běžnými excelovskými funkcemi.

Později jsme dospěli k rozhodnutí, že excelovský soubor musí být pouze jeden, takzvaný master, ten bude umět veškerou funkcionalitu a data jednotlivých projektů se do toho excelovského sešitu budou vhodným způsobem „nahrávat“, resp. kopírovat na zvolená místa. Toto již nebylo možné řešit pouhými excelovskými funkcemi. Proto bylo nutné vytvořit nadstavbu pomocí VBA kódu. Data z každého projektu jsou uložena v jednom obyčejném textovém souboru, u kterého jsme si zvolili pro každý záznam (řádek) vlastní strukturu: název listu – unikátní oddělovač (<|>), který se zpravidla v datech neobjevuje – relativní odkaz buňky – typ hodnoty (Value či Date) – hodnota buňky (zpravidla řetězec, číslo nebo datum).



```
Lister - [c:\Users\ota.kehar\Prace\bezporuchovost\data\7Ev\7Ev_data.txt]
Soubor Upravit Možnosti Kódování nápověda 64 %
2 HSZ_ELC<|>A199<|>Value<|>ANO
2 HSZ_ELC<|>AA100<|>Value<|>Primární porucha
2 HSZ_ELC<|>AH100<|>Value<|>ANO
2 HSZ_ELC<|>AI100<|>Value<|>ANO
2 HSZ_ELC<|>AA101<|>Value<|>Primární porucha
2 HSZ_ELC<|>AH101<|>Value<|>ANO
2 HSZ_ELC<|>AI101<|>Value<|>ANO
2 HSZ_ELC<|>AA102<|>Value<|>Primární porucha
2 HSZ_ELC<|>AH102<|>Value<|>ANO
2 HSZ_ELC<|>AI102<|>Value<|>ANO
```

Obr. 1: Ilustrační ukázka textového souboru s částí dat u jednoho projektu

Výhoda textového otevřeného formátu je jeho jednoduchost, v případě potřeby snadné editování, nepřilíš velká velikost (necelých 300 kiB na projekt, přičemž projekt s 8letým provozem obsahující přes 200 vozů má „jen“ 1,2 MiB) a pohodlné porovnání souborů mezi sebou (ať již mezi projekty, což nebývá tak běžné, tak u jednoho projektu v různých časech) pro zjištění změn. Listy a jejich oblasti, které se mají importovat nebo exportovat z/do textového souboru, se pro uživatelskou jednoduchost definují na speciálním listu (obr. 2), aby běžný uživatel excelovského

souboru nemusel vůbec zasahovat do VBA kódu, kdyby bylo nutné přidat oblast, která se má také ukládat do textového souboru.

List „8 ImExPort“ (obr. 2) obsahuje tlačítka na Import a Export dat do listů z textových souborů. Buňka G3 obsahuje předdefinovaný seznam všech hodnocených projektů. Po vybrání projektu se naplní názvem složky a souborů v buňkách B3 až E3. Jaké části (definované listem a oblastí) se budou importovat (sloupec D obsahuje ANO)/ exportovat (sloupec E obsahuje E) lze definovat v části od řádku 8. Stav importu/exportu je zobrazen ve sloupci F. Poznámka, tedy sloupec G, slouží pro snazší orientaci v tabulce. Tučně zobrazené oblasti jsou navíc průběžně kontrolovány na změnu hodnot v dané oblasti; pokud dojde ke změně, zobrazí se v buňce G5 informace („Data modifikována a neexportována“) o tom, že došlo ke změně hodnot a je vhodné je exportovat do souboru.

List	Oblast	Importovat	Exportovat	Stav	Poznámka
1 Přehled souprav	B4:J1003	ANO	ANO	OK	Uvedení do provozu a konec garance jednotlivých vozů
2 HSZ_ELC	B9:E10000	ANO	ANO	OK	Hlášenky servisních zásahů, část 1
2 HSZ_ELC	G9:O10000	ANO	ANO	OK	Hlášenky servisních zásahů, část 2
2 HSZ_ELC	Q9:T10000	ANO	ANO	OK	Hlášenky servisních zásahů, část 3
2 HSZ_ELC	AA9:AJ10000	ANO	ANO	OK	Hlášenky servisních zásahů, část 4
2 HSZ_ELC	AL9:AN10000	ANO	NE	-	Smazání kontroly a rozdílu, neexportuje se
3 Konfigurace	F2:F2	ANO	ANO	OK	Název projektu
3 Konfigurace	G4:G4	ANO	ANO	OK	Začátek sledovaného období
3 Konfigurace	I4:I4	ANO	ANO	OK	Konec sledovaného období
3 Konfigurace	F9:F18	ANO	ANO	OK	Výběr se Seznamu středních km proběhů
3 Konfigurace	G23:L72	ANO	ANO	OK	Seznam středních km proběhů
3 Konfigurace	S9:S18	ANO	ANO	OK	Započítat do MTBF (ANO/NE)
3 Konfigurace	S2:S5	ANO	ANO	OK	Nastavení (hladina významnosti, zaokrouhlení, ...)
3 Konfigurace	Q4:Q4	ANO	ANO	OK	Počet poruch pro fiktivní poruchu
3 Konfigurace	P5:P5	ANO	ANO	OK	Platné číslice
3 Konfigurace	R5:R5	ANO	ANO	OK	Desítky, stovky, tisíce
3 Konfigurace	U8:U8	ANO	ANO	OK	Začátek letopočtu
3 Konfigurace	X2:X2	ANO	ANO	OK	Typ zprávy (roční, půlroční)

Obr. 2: První část listu „8 ImExPort“

Některé informace, zejména data týkající se souprav nebo funkční rozpadů, není nutné modifikovat u řady projektů příliš často, jedná se spíše o „statické“ hodnoty. Naproti tomu záznamy o poruchách je nutné aktualizovat často, přičemž zdrojová data o poruchách jsou uložena v informačním systému Baan ERP a získávají se obvykle exportem do textového souboru. Proto je pomocí VBA kódu připravena kontrola/ aktualizace/ doplnění nových záznamů o poruchách pro daný projekt. Toto velmi usnadňuje pravidelné doplňování nových záznamů k analýze, přičemž k této činnosti dochází průběžně u různých projektů pravidelně každý měsíc.

Produkt / Reference	HSZ celkem	HSZ update	HSZ nové	Stav update / import	Posun uzlů	Uzel na úrovni 1/2
7Ev_ML3942_K/4	33			- / OK	1	6 Trakční motor
7Ev_ML3942K/4	2			-	1	6 Trakční motor
elvýzbr. EJ 7Ev-2vozová,2syst.	84			-	0	
elvýzbr. EJ 7Ev-3vozová, ss	121			-	0	
elvýzbr. EJ 7Ev-3vozová,2syst.	129			-	0	
7Ev_ML3942_K/6	1			-	1	6 Trakční motor
7Ev	3			-	1	6 Trakční motor

Obr. 3: Druhá část listu „8 ImExport“

Další část listu „8 ImExport“ (obr. 3) obsahuje definici produktu při kontrole, aktualizaci a importu dat z hlášenek servisního zásahu na list „2 HSZ_ELC“. Buňka I3 obsahuje cestu k textovému souboru, který obsahuje export dat z Baan ERP. Pomocí přepínačů v buňce K3 a L3 se volí, co se bude dělat. Tlačítko „Kontrola HSZ“ v tomto nastavení přepínačů pouze zkontroluje textový soubor hsz_data.txt, zda obsahuje nové HSZ, případně zda se liší údaje na již importovaných HSZ v listu „2 HSZ_ELC“ a textovým souborem. Sloupce N a O umožňují různý posun uzlů při práci s daty. Tlačítko „XLS pro hodnocení“ vytvoří excelovský soubor, ve kterém se skryjí všechny listy kromě listu „2 HSZ_ELC“. Tlačítko „CSV pro BaaN“ vygeneruje soubory, které jsou vhodné pro zpětný import dat do Baan ERP.

K jednoduššímu hodnocení započitatelnosti jednotlivých záznamů (poruch) se na požádání (kliknutím na tlačítko „XLS pro hodnocení“) vygeneruje dočasný excelovský soubor, který je určen pro tým pracovníků z úseků Kvality, Servisu a Techniky. Ti projdou každý záznam o poruše a rozhodnou o jeho započítání či vyřazení z hodnocení. Abychom udržovali všechny systémy aktuální, informace o započitatelnosti jednotlivých záznamů se pomocí skriptu (tlačítkem „CSV pro Baan“), tzn. s maximální eliminací lidského faktoru, dostanou importem zpět do systému Baan ERP.

6.1 Způsob a postup vyhodnocení dat

Pokud se sběrem a následným zpracováním získají „správná“ data, můžeme provést jejich vyhodnocení. To lze provést dvojím způsobem, ať se jedná o kvantitativní nebo kvalitativní zpracování. V našem případě používáme nejsnazší kvantitativní vyhodnocení dat, jehož cílem je analytický postup odhadu „provozní“ hodnoty ukazatele bezporuchovosti v podobě střední hodnoty, zpravidla se jedná o bodový nebo intervalový odhad popsany v ČSN IEC 60605-4:2002.

Tato norma předpokládá, že intenzita poruch produktů je konstantní s ohledem na čas. Průběžně pracujeme na implementaci testu konstantního parametru proudu (pro opravované produkty), resp. testu konstantní intenzity poruch (pro neopravované produkty) dle ČSN EN 60605-6:2009.

6.2 Data o používání

Pro výpočet bodového nebo intervalového odhadu střední doby provozu mezi poruchami (MTBF pro opravované produkty) nebo střední doby provozu do poruchy (MTTF pro neopravované produkty) je nezbytná znalost kumulované doby zkoušky T^* , která představuje součet dob provozu u všech sledovaných produktů ve sledovaném období.

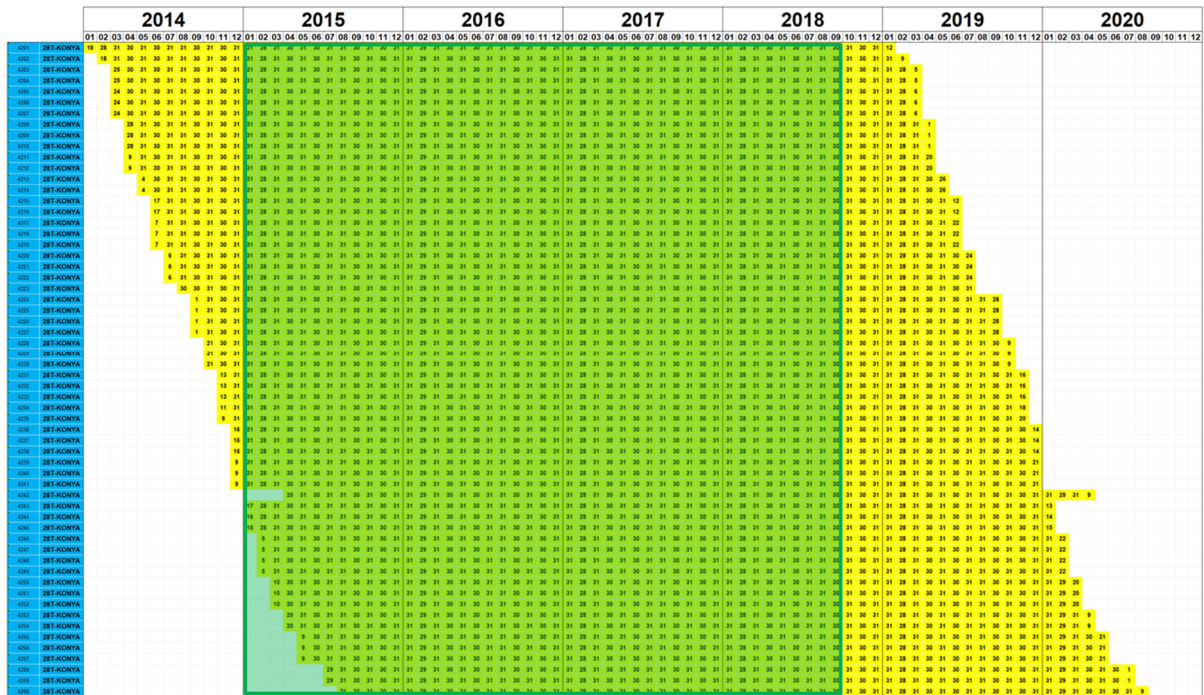
$$T^* = n \sum_{j=1}^k T_j$$

kde T_j je celková doba provozu j-tého finálního výrobku (zpravidla vozu) od uvedení do provozu do konce sledovaného období nebo garančního provozu, k je počet sledovaných objektů, n je počet kusů produktů ve finálním výrobku.

Obr. 4: List „1 Přehled souprav“

V listu „1 Přehled souprav“ (obr. 4) se nachází databáze finálních výrobků, tyto informace získáváme od zákazníka, jedná se zpravidla o následující informace: typ nebo řada finálního výrobku (sloupce E a F), evidenční číslo finálního výrobku (sloupec D), datum převzetí či uvedení do provozu (sloupec G), datum ukončení garančního provozu (sloupec H). Rovnou jsou spočítána data pro sledované období, tzn. doba garančního provozu ve dnech, v hodinách a ujetá vzdálenost v garanci.

Vyhodnocení dat z provozu se děje za vhodně zvolené sledované období, zpravidla jej nastavujeme od uvedení prvního vozu s naším produktem do provozu po konečné datum, které se určí s ohledem na úplnost záznamů o servisních výjezdech a možnosti vyhodnocení



Obr. 6: Grafické znázornění dat z listu „1 Přehled souprav“

Na obr. 6 představují žluté řádky garanční dobu vozu od uvedení do provozu. Zelený obdélník znázorňuje sledované období, které je v tomto případě od 1. 1. 2015 do 30. 9. 2018. Výsledek je kumulovaná doba zkoušky 80 325 dnů, při střední denním provozu 12 hod vychází 963 900 hodin.

6.3 Data o událostech

Nezbytná je i znalost počtu započitatelných poruch r , které vznikly na všech sledovaných produktech ve sledovaném a zároveň garančním období.

Číslo hlášenky	Produkt	Výrobní číslo	Evidenční číslo vozu	Radu	Popis reklamace od zákazníka	Popis příčiny	Vznik	Kód uzlu
9	655H02563	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 26	640 008	640	nahlášený únik kapaliny	26.2.2016	1E3
10	655H02585	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 07	640 002	640	Hlášen nedostatečný průtok chladicí kapaliny	7.7.2015	1E3
11	655H02555	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 04	440 008	440	Únik chladicí kapaliny přes ventil v kontejneru 4MKL	1.10.2015	1E
12	655H02518	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 07	640 001	640	únik kapaliny na kontejneru 4MKL-1	21.10.2019	1E3
13	655H01470	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 07	640 002	640	výměna IGBT bloku A5	10.6.2013	2212
14	655H01663	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 14	650 003	650	KONTEJNER TRANČNÍHO MĚNĚČE, 4MKL-1	25.9.2013	1212
15	655H02027	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 20	650 005	650	KONTEJNER TRANČNÍHO MĚNĚČE, 4MKL-1	25.9.2014	1212
16	655H02040	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 20	650 005	650	650.005-nefunkční IGBT blok A3 v 4MKL-1	5.8.2014	1212
17	655H02042	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 20	650 005	650	650.005-nefunkční IGBT blok A3 v 4MKL-1	10.8.2014	1212
18	655H02051	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 21	650 006	650	650.006	6.8.2014	1212
19	655H02058	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 22	640 004	640	Porucha pulsního usměrňovače U11 v 640.004.	9.9.2014	1212
20	655H02184	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 20	650 005	650	chyba driveru A6	26.9.2014	1212
21	655H02192	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 23	640 005	640	chyba kontejneru 4MKL-1	20.11.2014	1212
22	655H02193	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 22	640 004	640	chyba kontejneru 4MKL-1	20.11.2014	1212
23	655H02199	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 23	640 005	640	chyba kontejneru 4MKL-1	24.1.2014	1212
24	655H02205	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 22	640 004	640	640.004-nefunkční IGBT blok A3 v 4MKL-1 na HV1	9.9.2014	1212
25	655H02544	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 20	650 005	650	Výpadky komunikace	4.2.2016	1212
26	655H02592	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 23	640 005	640	Hlášen nefunkční driver na 4MKL-1	27.5.2015	1212
27	655H01979	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 18	640 003	640	výpadky komunikace	18.3.2014	1212
28	655H02554	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 18	640 003	640	Překročená doba nabíjení filtru.	26.10.2015	1211
29	655H02580	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 21	650 006	650	Nefunkční usměrňovač na voze HV3	23.7.2015	1211
30	655H02582	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 21	650 006	650	Hlášen nefunkční usměrňovač na voze HV1	20.7.2015	1211
31	655H01974	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 07	640 002	640	výměna IGBT bloku A6	10.6.2013	221
32	655H01632	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 14	650 003	650	nefunkční blok IGBT v kontejneru 4MKL-1	22.9.2013	121
33	655H02177	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 20	650 005	650	rozeprtí bezpečnostní smyčky kontejneru pulsního usměrňovače při otáčení SW driverů u bloků ve 4MKL-1	17.6.2014	121
34	655H02179	elvybřzr. EJ 7Ev-3vozov8.2yost.	7EV - SADA 20	650 005	650	rozeprtí bezpečnostní smyčky kontejneru pulsního usměrňovače při otáčení SW driverů u bloků ve 4MKL-1	25.6.2014	121

Obr. 7: Část listu „2 HSZ_ELC“, záznamy o poruše.

Na obr. 7 jsou šedé řádky nezapočítané záznamy; zeleně podbarvené řádky jsou započítané poruchy. Zobrazeny jsou sloupce Číslo hlášenky (sloupec B), Evidenční číslo vozu (sloupec E), Řada (Sloupec F, automaticky se zjišťuje z evidenčního čísla vozu z listu „1 Přehled souprav“), Vznik poruchy (sloupec I) a Kód uzlu (sloupec J), někdy používáme pro zpracování dat i textový popis jednotlivých uzlů.

Číslo hlášenky	Produkt	Výrobní číslo	Evidenční číslo vozu	Řada	Porucha v garančním provozu	Porucha ve zkušebním období	Příčina (důvod započítání/nezapočítání)	Označení typové vady	Reklamací TSN?	Servis	Kvalita	Technika	VÝSLEDEK 1 (optim)	VÝSLEDEK 1 (pesim)
655H02583	elvjbr. El 7Ev-3vozová.2zst.	7EV - SADA 26	640 008	640	ANO	ANO	Neurčeno						NE	NE
655H02585	elvjbr. El 7Ev-3vozová.2zst.	7EV - SADA 07	640 002	640	ANO	ANO	Primární porucha						ANO	ANO
655H02585	elvjbr. El 7Ev-2vozová.2zst.	7EV - SADA 04	440 008	440	ANO	ANO	Primární porucha						ANO	ANO
655H01818	elvjbr. El 7Ev-3vozová.2zst.	7EV - SADA 07	640 002	640	NE	ANO	Neurčeno						NE	NE
655H01470	elvjbr. El 7Ev-3vozová.2zst.	7EV - SADA 07	640 002	640	ANO	ANO	Primární porucha						ANO	ANO
655H01668	elvjbr. El 7Ev-3vozová.2zst.	7EV - SADA 14	650 003	650	ANO	ANO	Primární porucha						ANO	ANO
655H02027	elvjbr. El 7Ev-2vozová.2zst.	7EV - SADA 20	650 005	650	ANO	ANO	Primární porucha						ANO	ANO
655H02040	elvjbr. El 7Ev-2vozová.2zst.	7EV - SADA 20	650 005	650	ANO	ANO	Neurčeno						NE	NE
655H02042	elvjbr. El 7Ev-2vozová.2zst.	7EV - SADA 20	650 005	650	ANO	ANO	Primární porucha						ANO	ANO
655H02051	elvjbr. El 7Ev-3vozová.2zst.	7EV - SADA 23	640 005	640	ANO	ANO	Neurčeno						NE	NE
655H02058	elvjbr. El 7Ev-3vozová.2zst.	7EV - SADA 22	640 004	640	ANO	ANO	Primární porucha						ANO	ANO
655H02184	elvjbr. El 7Ev-2vozová.2zst.	7EV - SADA 20	650 005	650	ANO	ANO	Neurčeno						NE	NE
655H02192	elvjbr. El 7Ev-3vozová.2zst.	7EV - SADA 23	640 005	640	ANO	ANO	Neurčeno						NE	NE
655H02193	elvjbr. El 7Ev-3vozová.2zst.	7EV - SADA 22	640 004	640	ANO	ANO	Neurčeno						NE	NE
655H02199	elvjbr. El 7Ev-3vozová.2zst.	7EV - SADA 23	640 005	640	NE	ANO	Neurčeno						NE	NE
655H02205	elvjbr. El 7Ev-3vozová.2zst.	7EV - SADA 22	640 004	640	ANO	ANO	Primární porucha			NE			ANO	ANO
655H02544	elvjbr. El 7Ev-3vozová.2zst.	7EV - SADA 20	650 005	650	ANO	ANO	Neurčeno			NE			NE	NE
655H02582	elvjbr. El 7Ev-3vozová.2zst.	7EV - SADA 23	640 005	640	ANO	ANO	Neurčeno			NE			NE	NE
655H02582	elvjbr. El 7Ev-3vozová.2zst.	7EV - SADA 18	640 003	640	ANO	ANO	Neurčeno			NE			NE	NE
655H02584	elvjbr. El 7Ev-3vozová.2zst.	7EV - SADA 18	640 003	640	ANO	ANO	Primární porucha			NE			NE	NE
655H02580	elvjbr. El 7Ev-2vozová.2zst.	7EV - SADA 21	650 006	650	ANO	ANO	Primární porucha						ANO	ANO
655H02582	elvjbr. El 7Ev-2vozová.2zst.	7EV - SADA 21	650 006	650	ANO	ANO	Primární porucha						ANO	ANO
655H01874	elvjbr. El 7Ev-3vozová.2zst.	7EV - SADA 07	640 002	640	ANO	ANO	Primární porucha						ANO	ANO
655H01832	elvjbr. El 7Ev-2vozová.2zst.	7EV - SADA 14	650 003	650	ANO	ANO	Primární porucha						ANO	ANO
655H02177	elvjbr. El 7Ev-3vozová.2zst.	7EV - SADA 20	650 005	650	NE	ANO	Neurčeno						NE	NE
655H02179	elvjbr. El 7Ev-2vozová.2zst.	7EV - SADA 20	650 005	650	ANO	ANO	Primární porucha						ANO	ANO

Obr. 8: Část listu „2 HSZ_ELC“, záznamy o poruše.

Obr. 8 obsahuje další část tabulky se záznamy o poruše, jsou vidět sloupce Příčina (sloupec AA) a Výsledek započítatelnosti (sloupce AH a AI), sloupce Výsledek 1 (optim) a Výsledek 1 (pesim).

Po servisním výjezdu je v Baan ERP servisním technikem založen záznam (Hlášenka servisního zásahu), který obsahuje řadu údajů. Pro vyhodnocení bezporuchovosti potřebujeme zpravidla tyto údaje: číslo hlášenky (spíše pro jednoznačnost záznamu), evidenční číslo finálního výrobku (pro stanovení intervalu garančního provozu), typ finálního výrobku (výběr správného vozu), vznik poruchy (určení, zda jde o událost, která nastala v garančním provozu), číslo uzlu nebo text uzlu z funkčního rozpadu (identifikace části, na které byla porucha), příčina poruchy (důvod započítání/nezapočítání záznamu), započítatelnost (logická hodnota ANO/NE, většinou ještě rozlišujeme optimistické započítání poruchy, pesimistické započítání poruchy). Kromě těchto údajů obsahuje HSZ celou řadu dalších údajů, které jsou nutné pro správné posouzení započítatelnosti poruchy. Zde neuvádím, protože nejsou používány pro strojové vyhodnocení dat.

Dle ČSN IEC 60605-4:2002 se bodový odhad m (MTTF) u zkoušek ukončených časem získá pomocí rovnice (2) dané normy, tzn.

$$m = \frac{T^*}{r}$$

Při výpočtu intervalových odhadů MTTF uvažujeme, že objekty, které měly poruchu, byly nahrazovány, takže meze dvoustranného konfidenčního intervalu se pro danou hladinu významnosti α vypočítají podle rovnic (8) a (9) výše uvedené normy, tzn.

Na obr. 9 obsahuje sloupec A úroveň funkčního rozpadu; sloupec B samotný rozpad, ve sloupci C je ID položky. Od sloupce X se definuje počet kusů ve vyšším uzlu. Např. hodnota 0 v buňce X9 znamená, že řada 440 neobsahuje kontejner 4MKL-1, zatímco řada 640 má 2 ks (buňka AH9) a řada 650 jen 1 ks (buňka AR9). Ve sloupci Počet ks na vozidle (sloupce AC, AM, AW) jsou přepočítané počty položek na jeden vůz. Sloupce Počet poruch z HSZ optim/pesim (sloupce AD, AE, AN, AO, AX, AY) obsahuje počet zaznamenaných a započítatelných poruch pro daný uzel. Sloupce Součet poruch optim/pesim (sloupce AF, AG, AP, AQ, AZ, BA) obsahují součet poruch na vyšší nadřazený uzel.

6.5 Data o prostředí

Zpravidla tyto informace nejsou součástí excelovského souboru, každý produkt je identifikován svým zařazením v projektu a tím i jeho místem provozu. Tímto lze zahrnout namáhání produktů z hlediska klimatických vlivů do následných analýz, které provádějí v úseku Technika.

6.6 Výstupy z analýzy dat z provozu

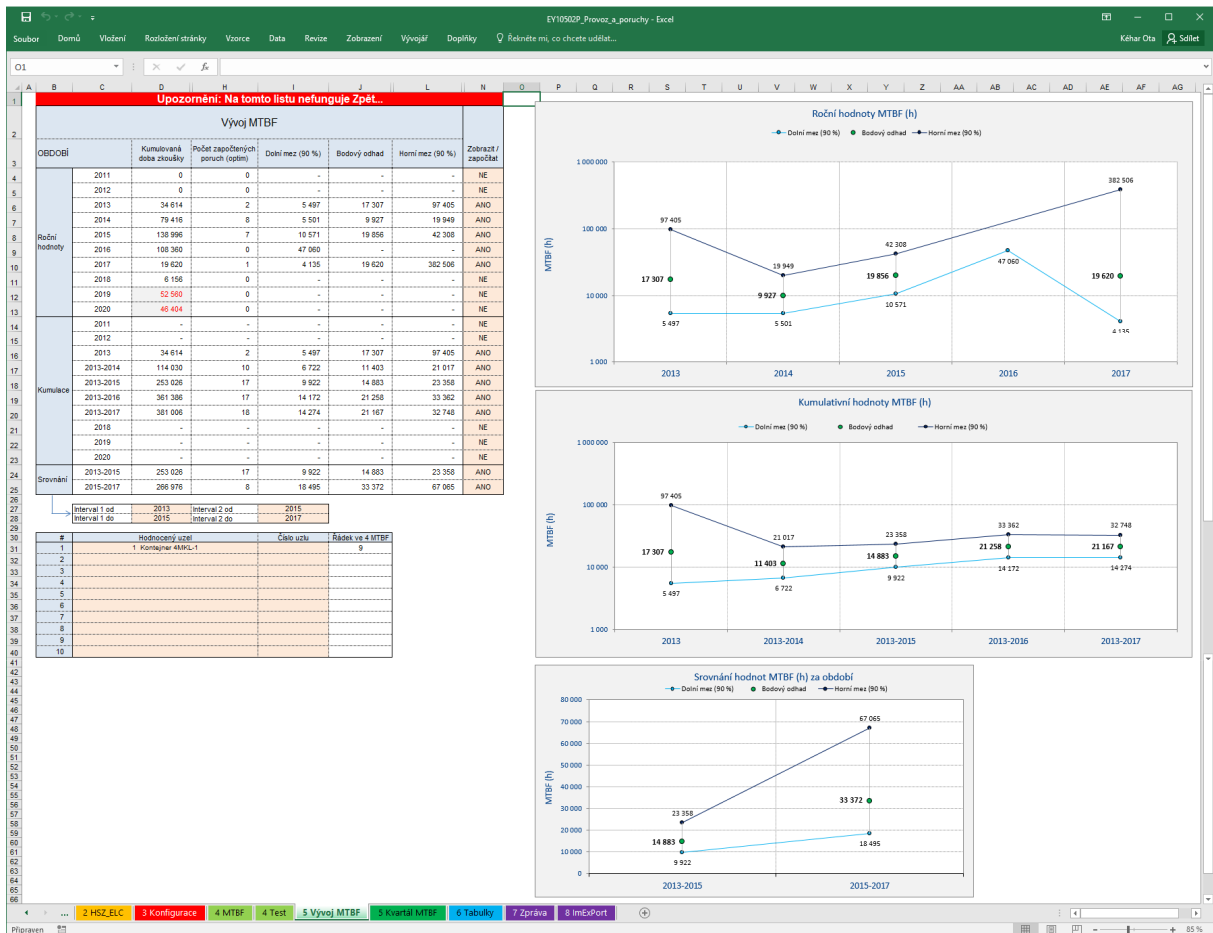
Analýza dat z provozu poskytuje několik výstupů. Mezi ně můžeme zařadit dobu garančního provozu (kumulovaná doba zkoušky, na obr. 10 ve sloupci K) na úrovni produktů, ale i každého dílčího uzlu z funkčního rozpadu. Sloupec J obsahuje celkový počet dílů v provozu. Sloupce L a M obsahují počet započítaných poruch ve zvoleném sledovaném období.

Sloupce N až V obsahují postupně bodový odhad parametru MTBF, intervalový odhad MTBF ve formě mezí konfidenčního intervalu pro zvolenou hladinu významnosti (na listu „3 Konfigurace“). Vzhledem k tomu, že předpokládáme konstantní intenzitu poruch, můžeme z bodového odhadu MTBF snadno dopočítat i intenzitu poruch (sloupce T a U), případně FIT (sloupec V).

Úroveň	Rozpad na uzly	ID položky	Zbraně	DATA O POUŽÍVÁNÍ		DATA O UDÁLOSTECH		DATA O BEZPORUCHOVOSTI								
				Celkový počet ks v provozu n	Kumulovaná doba zkoušky T* [h]	Počet započítaných poruch r	Bodový odhad m		Meze konfidenčního intervalu, α = 0,1							
							(optim)	(pesim)	Dolní m _{L1} (rovnice 4, r = 0) [h]	Horní m _{U2} (rovnice 5) [h]	Dolní m _{L2} (rovnice 8) [h]	Horní m _{U2} (rovnice 8) [h]	Intenzita poruch λ [h ⁻¹]	FIT		
0	0	Obecný uzel pro neař. hlašenky	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	Kontejner 4MKL-1	-	24	381 006	18	20	21 167	19 050	14 274	32 748	13 110	28 745	4,72E-05	5,25E-05	47 243
10	2	11 Vstupní a výstupní obvody	-	24	381 006	0	0	165 469	165 469	165 469	165 469	165 469	165 469	3,28E-04	3,81E-04	327 750
11	3	111 Konektory připojovací	-	24	381 006	0	0	165 469	165 469	165 469	165 469	165 469	165 469	3,28E-04	3,81E-04	327 750
12	4	1111 (KSK -) Konektory VN	-	192	3 048 048	0	0	1 323 750	1 323 750	1 323 750	1 323 750	1 323 750	1 323 750	3,28E-04	3,81E-04	327 750
13	4	1112 (KK - a X) Konektory NN a MN	-	192	3 048 048	0	0	1 323 750	1 323 750	1 323 750	1 323 750	1 323 750	1 323 750	3,28E-04	3,81E-04	327 750
14	2	12 IGBT bloky a bloky osazen	-	24	381 006	12	13	31 751	29 308	19 596	55 025	18 424	49 548	3,15E-05	3,41E-05	31 496
15	3	121 (A1-A4) Blok 1TT-2P07565W	EY03443P	96	1 524 024	12	13	127 002	117 233	78 386	220 101	73 736	198 193	7,87E-06	8,53E-06	7 874
16	4	1211 (V1-V4) Modul IGBT	65003309	384	6 096 096	3	3	2 032 032	2 032 032	786 222	7 455 252	786 222	7 455 252	4,92E-07	4,92E-07	492
17	4	1212 (A111, A112) IGBT-budič	EP600562	384	6 096 096	5	6	609 610	508 008	289 930	1 547 115	257 384	1 166 487	1,64E-06	1,97E-06	1 640
18	4	1213 (A115-A118) OIB	EP600306	384	6 096 096	0	0	2 647 501	2 647 501	2 647 501	2 647 501	2 647 501	2 647 501	3,28E-04	3,81E-04	327 750
19	4	1214 (A119) Zdroj pro IGBT-budič	EP600626	96	1 524 024	0	0	661 875	661 875	661 875	661 875	661 875	661 875	3,28E-04	3,81E-04	327 750
20	4	1215 (R111) Čidlo teploty	65001538	96	1 524 024	0	0	661 875	661 875	661 875	661 875	661 875	661 875	3,28E-04	3,81E-04	327 750
21	4	1216 (R1, R2) Odpor svadový	65003394	192	3 048 048	0	0	1 323 750	1 323 750	1 323 750	1 323 750	1 323 750	1 323 750	3,28E-04	3,81E-04	327 750
22	4	1217 Propojovací pás a kabeláž	65000626	96	1 524 024	0	0	661 875	661 875	661 875	661 875	661 875	661 875	3,28E-04	3,81E-04	327 750
23	4	1218 Konektory	-	192	3 048 048	0	0	1 323 750	1 323 750	1 323 750	1 323 750	1 323 750	1 323 750	3,28E-04	3,81E-04	327 750
24	4	1219 Chladič	-	96	1 524 024	0	0	661 875	661 875	661 875	661 875	661 875	661 875	3,28E-04	3,81E-04	327 750
25	2	13 Kondenzátory	-	24	381 006	0	0	165 469	165 469	165 469	165 469	165 469	165 469	3,28E-04	3,81E-04	327 750
26	3	131 (C11, C12 (A1-A4)) Kondenzátor	65003341	96	1 524 024	0	0	661 875	661 875	661 875	661 875	661 875	661 875	3,28E-04	3,81E-04	327 750
27	3	132 (C09 (A, B, C)) Kondenzátor	65003612	72	1 143 018	0	0	496 406	496 406	496 406	496 406	496 406	496 406	3,28E-04	3,81E-04	327 750
28	3	133 (C41) Kondenzátor	65004437	24	381 006	0	0	165 469	165 469	165 469	165 469	165 469	165 469	3,28E-04	3,81E-04	327 750

Obr. 10: List „4 MTBF“ obsahující data o bezporuchovosti produktů a jeho dílčích částí.

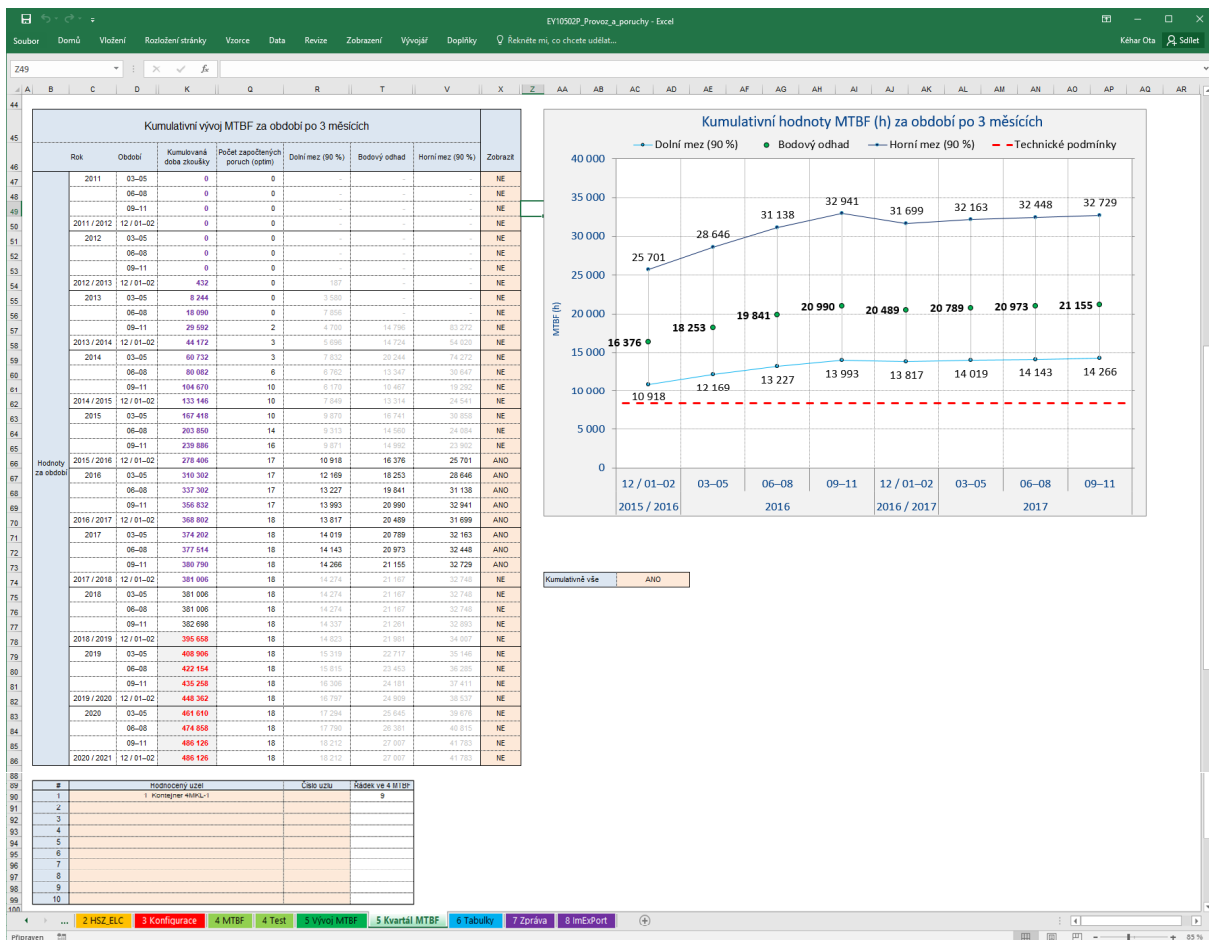
Kromě tabulkových výstupu jsou k dispozici i grafy hodnot MTBF v čase za rok (ať se jedná na obr. 11 vpravo nahoře o izolované roční hodnoty nebo uprostřed o kumulované roční hodnoty nebo vpravo dole porovnání dvou časových období).



Obr. 11: List „5 Vývoj MTBF“, grafy vývoje bezporuchovosti v čase.

Pro podrobnější analýzu, např. zjišťování sezonních výkyvů slouží graf na obr. 12, který zachycuje kumulativní vývoj parametru MTBF za období po 3 měsících. Zejména u grafu, která neobsahuje kumulativní, ale izolovaně tříměsíční období je vhodné zkontrolovat ve sloupci D, zda je splněno informativní doporučení normy ČSN IEC 60605-4:2002 na trojnásobek T^* s ohledem na hodnotu MTBF.

Na obr. 12 se dále vlevo nachází tabulka s hodnotami, výraz ANO ve sloupci X značí, že tato hodnota je zobrazena v grafu, který se nachází vpravo. Pod levou tabulkou se nachází formulář, kde se vybírá uzel, jehož parametr MTBF se zkoumá. Na grafu vpravo je červenou přerušovanou čarou znázorněna hodnota parametru MTBF požadovaná zákazníkem. Snadno lze zkontrolovat, zda plníme požadavky zákazníka či nikoli.



Obr. 12: List „5 Kvartál MTBF“, kumulativní hodnoty MTBF za období po 3 měsících.

Provádět hodnocení dat v provozu bez vypracování zprávy by postrádalo smysl. Proto s půlroční pravidelností připravujeme pro každý projekt zprávu s analýzou bezporuchovosti výzbroje produktu ke zvolenému datu (obr. 13 a 14). Pro usnadnění rutinních činností máme pro každý projekt připravenou šablonu, která je pak pomocí VBA kódu v excelovském souboru a pomocí dávkového souboru automaticky zmodifikována aktuálními daty, tabulkami a grafy. Samotná šablona obsahuje krátký VBA kód, který po otevření souboru ořízne některé obrázky a nastaví správný poměr stran obrázků. Postačuje do zprávy jen dopsat závěr, slovní hodnocení získaných dat a zprávu uložit jako řízený dokument do systému.

Druh dokumentu:	RAM dokument
Název dokumentu:	Analýza bezporuchovosti výzbroje EJ 7Ev
Projekt:	EJ 7Ev

Číslo dokumentu	EY09553P	Revize	a
	Příjmení a jméno	Datum	Podpis
Vypracoval	Radek Řehák	28.3.2018	
Překoušel	Ota Kéhar	29.3.2018	
Schválil	Ota Kéhar	29.3.2018	

Veškerá práva k tomuto dokumentu přísluší ŠKODA ELECTRIC a.s.!

OBSAH

1	NORMY	4
2	SOUVISEJÍCÍ DOKUMENTY	4
3	POJMY A ZKRATKY	4
3.1	Pojmy a definice	4
3.2	Použité zkratky	5
4	ZADÁNÍ	5
5	SLOŽENÍ TÝMU	6
6	PŘEDPOKLADY A OMEZENÍ	6
7	SMLUVNÍ HODNOTY BEZPORUCHOVOSTI	6
8	ZDROJE DAT	7
8.1	Inventární data	7
8.2	Data o používání	7
8.3	Data o událostech	7
8.4	Vstupní provozní údaje	7
8.5	Sledované období	7
9	VYHODNOCENÍ BEZPORUCHOVOSTI	7
9.1	Metoda hodnocení bezporuchovosti	7
9.2	Postup hodnocení	8
9.3	Kumulovaná doba zkoušky	8
10	VÝSLEDKY HODNOCENÍ 7EV	9
10.1	Výsledky hodnocení – 4MKL-1	9
10.2	Výsledky hodnocení – 5MKL-1	10
10.3	Výsledky hodnocení – 6MKL-1	11
10.4	Výsledky hodnocení – 7MKL-1	12
10.5	Výsledky hodnocení – ML 3942 K/4	13
10.6	Porovnání predikovaných a vypočtených hodnot bezporuchovosti	14
11	SHRNUTÍ A ZÁVĚR	14

1 NORMY

- [1] ČSN IEC 60050-192:2016 Mezinárodní elektrotechnický slovník, Část 192: Spolehlivost.
 [2] ČSN EN 50126:1999 Drážní zařízení - Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a bezpečnosti (RAMS).
 [3] ČSN IEC 60605-4:2002 Zkoušení bezporuchovosti zařízení – Část 4: Statistické postupy pro exponenciální rozdělení – Bodové odhady, konfidenční intervaly, předpovědní intervaly a toleranční intervaly.
 [4] ČSN EN 61703:2002 Matematické výrazy pro ukazatele bezporuchovosti, udržovatelnosti a zajištěnosti údržby.
 [5] ČSN IEC 60300-3-2 Management spolehlivosti – Část 3-2: Pokyn k použití – Sběr dat o spolehlivosti v provozu.

2 SOUVISEJÍCÍ DOKUMENTY

EY03399P Měníčová výzbroj pro jednotky typu 7Ev. Technické podmínky
 EdP2249 Trakční motor ML 3942 K/4. Technické podmínky
 EY09874P Provoz a poruchy 7Ev. RAM dokument

3 POJMY A ZKRATKY

V tomto dokumentu jsou používány pojmy z oblasti spolehlivosti a bezpečnosti podle [1] až [4].

3.1 POJMY A DEFINICE

Bezporuchovost (192-01-24) – schopnost (objektu) fungovat v daných podmínkách během daného časového intervalu bez poruchy tak, jak je požadováno.

Kumulovaná doba zkoušky¹ – celkový počet jednotek objekt-doba, např. objekt-hodina, dosažený při ukončení zkoušky.

Porucha (192-03-01) – ztráta schopnosti fungovat tak, jak je požadováno.

Primární (nezávislá) porucha (192-03-06) – porucha nezpůsobená přímo ani nepřímo poruchou nebo poruchovým stavem jiného objektu.

Sekundární (závislá) porucha (192-03-07) – porucha způsobená buď přímo nebo nepřímo poruchou nebo poruchovým stavem jiného objektu.

Systematická porucha (192-03-10) – porucha, která se důsledně vyskytuje za určitých podmínek manipulace, skladování nebo použití. Příčina systematické poruchy vzniká ve specifikaci, návrhu, výrobě, instalaci, provozu nebo údržbě.

Příčina poruchy (192-03-11) – soubor okolností, který vede k poruše.

¹ viz T* podle ČSN IEC 60605-4, kapitola 3

- 6MKL-1 MTBF = 10 600 h;
 - 7MKL-1 MTBF = 14 187 h.
- EdP2249 Trakční motor ML 3942 K/4. Technické podmínky, kapitola 23:
 • ML 3942 K/4 MTBF = 240 000 h (MDBF = 5 000 000 km).

8 ZDROJE DAT⁵

K výpočtu bezporuchovosti byla použita inventární data, data o používání a data o událostech.

8.1 INVENTÁRNÍ DATA

• Data o dodaných elektrických výzbrojích Š-ELC pro soupravu 7Ev;
 • data o počtu kusů jednotlivých objektů použitých ve výzbroji souprav podle funkčního rozpadu výzbroje Š-ELC.

8.2 DATA O POUŽÍVÁNÍ

• Data o uvedení do provozu o ukončení záručního provozu souprav 7Ev, poskytnutá Š-TRN;
 • data o denní době provozu souprav v záručním provozu, poskytnutá Š-TRN.

8.3 DATA O UDÁLOSTECH

• Data o provozních poruchách a o údržbě po poruše během záručního provozu souprav, zaznamenaná v HSZ Š-ELC.

8.4 VSTUPNÍ PROVOZNÍ ÚDAJE

• Odhad střední ujeté vzdálenosti souprav 378,0 km/den;
 • odhad střední denní doby provozu souprav 18,0 h.

8.5 SLEDOVANÉ OBDOBÍ

• pouze záruční provoz souprav

• Pro soupravu 7Ev 01.01.2011 až 31.12.2017

9 VYHODNOCENÍ BEZPORUCHOVOSTI

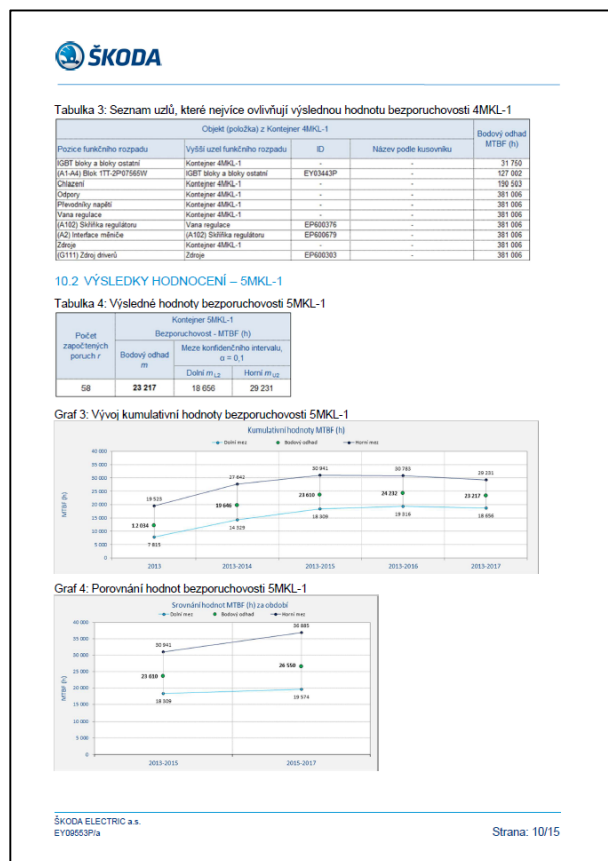
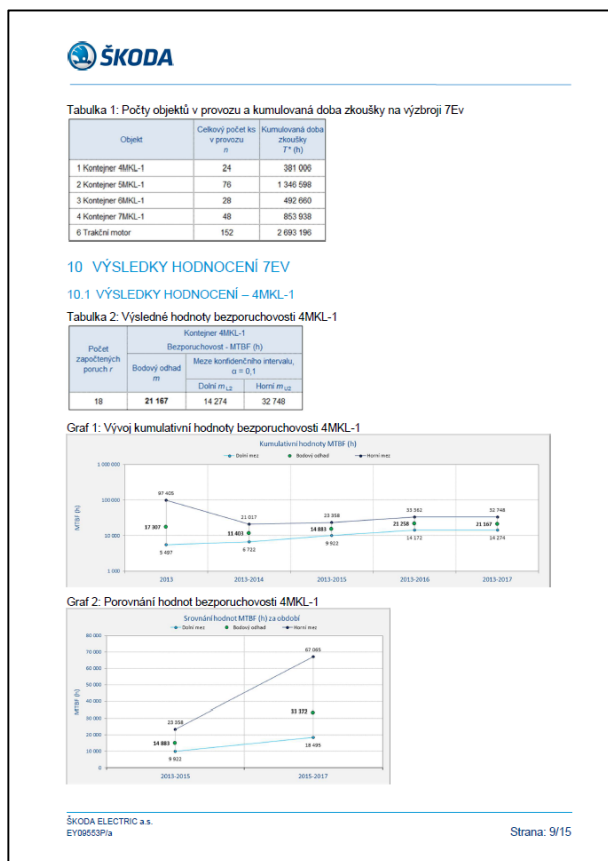
9.1 METODA HODNOCENÍ BEZPORUCHOVOSTI

Hodnocení bezporuchovosti bylo provedeno podle [3], kapitola 5.1 Zkoušky ukončené časem:

- výpočet bodového odhadu MTBF s použitím vzorce (2),
- výpočet mezi dvoustranného konfidenčního intervalu MTBF, pro počet poruch objektu $r > 0$
 - dolní mez konfidenčního intervalu MTBF podle vzorce (8),
 - horní mez konfidenčního intervalu MTBF podle vzorce (9).

⁵ ČSN IEC 60300-3-2

Obr. 13: Ukázka některých stran ze zprávy Analýza bezporuchovosti z provozu.



Tabulka 9: Seznam uzlů, které nejvíce ovlivňují výslednou hodnotu bezporuchovosti 7MKL-1

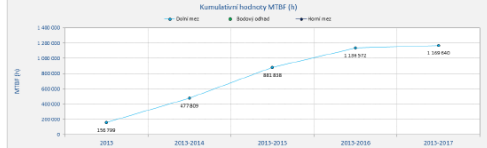
Objekt (položka) z Konejner 7MKL-1				Bodový odhad MTBF (h)
Poloha funkčního rozpadu	Výšší uzel funkčního rozpadu	ID	Název podle kasovníku	
Výkonové bloky a bloky osazení	Konejner 7MKL-1	-	-	170 767
(U7B) Blok střídače	Výkonové bloky a bloky osazení	EY03462P	-	170 767
(U71) Skup modul	(U7B) Blok střídače	66401777	-	428 969
(A100) Inverze	(U7B) Blok střídače	EP9060519	-	853 938
(D21) Zámek 224/24	(U7B) Blok střídače	EP900363	-	853 938
Ložisko a pojistky	Konejner 7MKL-1	-	-	853 938
P220 záložní rozvaděč ISA	Ložiska a pojistky	66803601	-	853 938

10.5 VÝSLEDKY HODNOCENÍ – ML 3942 K/4

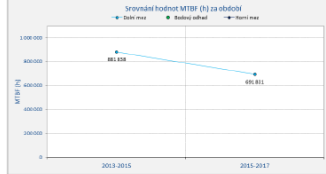
Tabulka 10: Výsledné hodnoty bezporuchovosti ML 3942 K/4

Počet započtených poruch r	Trakční motor			
	Ukazatel bezporuchovosti	Bodový odhad m	Meze konfidenčního intervalu, $\alpha = 0,1$	
			Dolní $m_{0,1}$	Horní $m_{0,1}$
0	MTBF (h)	x	1 189 640	x
	MDBF (km)	x	24 562 440	x

Graf 9: Vývoj kumulativní hodnoty bezporuchovosti ML 3942 K/4



Graf 10: Porovnání hodnot bezporuchovosti ML 3942 K/4



Tabulka 11: Seznam uzlů, které nejvíce ovlivňují výslednou hodnotu bezporuchovost ML 3942 K/4

Objekt (položka) z Trakční motor				Bodový odhad MTBF (h)
Poloha funkčního rozpadu	Výšší uzel funkčního rozpadu	ID	Název podle kasovníku	
-	-	-	-	-

10.6 POROVNÁNÍ PREDIKOVANÝCH A VYPOČTENÝCH HODNOT BEZPORUCHOVOSTI

Tabulka 12: Porovnání predikovaných a vypočtených hodnot bezporuchovosti

Objekt	Predikované hodnoty MTBF (h) / MDBF (km)	Bodový odhad m	Vypočtené hodnoty MTBF (h) / MDBF (km)	
			Meze konfidenčního intervalu, $\alpha = 0,1$	
			Dolní $m_{0,1}$	Horní $m_{0,1}$
1 Konejner 4MKL-1	8 333	21 167	14 274	32 748
2 Konejner 6MKL-1	5 088	23 217	18 656	29 231
3 Konejner 8MKL-1	10 000	61 582	34 130	123 758
4 Konejner 7MKL-1	14 187	142 323	72 108	328 901
6 Trakční motor	240 000 / 5 000 000	x	1 189 640 / 24 562 443	x

11 SHRNUTÍ A ZÁVĚR

Analýza bezporuchovosti ukazuje, že s 90% pravděpodobností nejsou reálné hodnoty MTBF finálních výrobků Š-ELC nižší než smlouvené hodnoty MTBF v technických podmínkách jednotlivých finálních výrobců Š-ELC. Předpokládáme, že v technických podmínkách jsou uvedeny hodnoty bodových odhadů MTBF.

Podrobné výsledky hodnocení bezporuchovosti výzbroje tramvají 7Ev včetně bezporuchovosti položek na všech úrovních funkčního rozpadu jsou uvedeny v dokumentu EY09874P Provoz a poruchy 7Ev.

Poslední soupravy 7Ev dne 6.12.2017 byly vyřazeny z garančního provozu. Ukončením garančního provozu souprav 7Ev je také ukončeno pravidelné vyhodnocování bezporuchovost z provozu.

Obr. 14: Ukázka některých stran s grafy a se závěrem ze zprávy Analýza bezporuchovosti z provozu.

Vstupní parametry			Oblast tisku			Výstupní parametry		Stav
List	Oblast	Hodnota / odkaz	List	Oblast	Skrýt prázdné	Název souboru		
5 Vývoj MTBF	N23	NE					-	
5 Vývoj MTBF	N24	ANO					-	
5 Vývoj MTBF	N25	ANO					-	
5 Vývoj MTBF	D27	2013					-	
5 Vývoj MTBF	D28	2015					-	
5 Vývoj MTBF	I27	2015					-	
5 Vývoj MTBF	I28	2017					-	
6 Tabulky	V28	X	6 Tabulky	Z53:AD75	AA55:AA74	image3.png	-	
6 Tabulky	D2	@4 MTBFIEZ8	6 Tabulky	I16:N22	NF	image4.png	-	
6 Tabulky	D2	@4 MTBFIEZ8	6 Tabulky	C3:I16	D7:D15	image7.png	-	
6 Tabulky	D2	@4 MTBFIEZ9	6 Tabulky	I16:N22	NE	image8.png	-	
6 Tabulky	D2	@4 MTBFIEZ9	6 Tabulky	C3:I16	D7:D15	image11.png	-	
6 Tabulky	D2	@4 MTBFIEZ10	6 Tabulky	I16:N22	NE	image12.png	-	
6 Tabulky	D2	@4 MTBFIEZ10	6 Tabulky	C3:I16	D7:D15	image15.png	-	
6 Tabulky	D2	@4 MTBFIEZ11	6 Tabulky	I16:N22	NE	image16.png	-	
6 Tabulky	D2	@4 MTBFIEZ11	6 Tabulky	C3:I16	D7:D15	image19.png	-	
6 Tabulky	D2	@4 MTBFIEZ12	6 Tabulky	N22:T29	NE	image20.png	-	
6 Tabulky	D2	@4 MTBFIEZ12	6 Tabulky	C3:I16	D7:D15	image23.png	-	
6 Tabulky	V28	X	6 Tabulky	T29:Z53	U33:U52	image24.png	-	
5 Vývoj MTBF	C31	@4 MTBFIEZ8	5 Vývoj MTBF	Graf 3	NE	image5.png	-	
5 Vývoj MTBF	C31	@4 MTBFIEZ8	5 Vývoj MTBF	Graf 4	NE	image6.png	-	
5 Vývoj MTBF	C31	@4 MTBFIEZ9	5 Vývoj MTBF	Graf 3	NE	image9.png	-	
5 Vývoj MTBF	C31	@4 MTBFIEZ9	5 Vývoj MTBF	Graf 4	NE	image10.png	-	
5 Vývoj MTBF	C31	@4 MTBFIEZ10	5 Vývoj MTBF	Graf 3	NE	image13.png	-	
5 Vývoj MTBF	C31	@4 MTBFIEZ10	5 Vývoj MTBF	Graf 4	NE	image14.png	-	
5 Vývoj MTBF	C31	@4 MTBFIEZ11	5 Vývoj MTBF	Graf 3	NE	image17.png	-	
5 Vývoj MTBF	C31	@4 MTBFIEZ11	5 Vývoj MTBF	Graf 4	NE	image18.png	-	
5 Vývoj MTBF	C31	@4 MTBFIEZ12	5 Vývoj MTBF	Graf 3	NE	image21.png	-	
5 Vývoj MTBF	C31	@4 MTBFIEZ12	5 Vývoj MTBF	Graf 4	NE	image22.png	-	

Obr. 15: List „7 Zpráva“, nastavení listů a oblastí, které budou použity pro vygenerování zprávy.

V šabloně je nutné správně identifikovat obrázky (soubor docx nebo docm je zip soubor, který obsahuje xml a další soubory, např. obrázky), jejich názvy souborů se zapíší na příslušný řádek ve sloupci H (obr. 15). Pokud část Oblast tisku neobsahuje žádné hodnoty, slouží vstupní parametry pouze pro nastavení některých částí excelovského souboru. Jestliže se ve sloupci D objeví před hodnotou znak „@“, nejedná se o hodnotu, ale odkaz na příslušnou buňku v zadaném listu. Tato hodnota se pak vloží do buňky, která je specifikována sloupcích B a C. Po nastavení formuláře stačí stisknout „GENERUJ“ a podklady pro vytvoření zprávy se začnou generovat. Poté stačí spustit dávkový soubor, to se provede kliknutím na buňku F5, který zařídí vše potřebné a výsledkem je zpráva.

7 Závěr

V příspěvku byly stručně představeny postupy, které ve firmě využíváme pro analýzu dat z provozu. Nástroje, které pro toto využíváme, jsou stále předmětem vývoje a vylepšení, aby se rutinní činnosti zautomatizovaly a naopak se eliminoval lidský zásah, který může přinášet řadu chyb. Máme i řadu nápadů, které se postupně snažíme implementovat, jako např.

- automatickou tvorbu přehledné tabulky napříč projekty a hlavními produkty, která by se pravidelně reportovala vrcholovému vedení společnosti;

- vytvoření spolehlivostní databáze hodnot bezporuchovosti, která nám umožní zpřesňovat predikce bezporuchovosti nových produktů;
- implementování testu konstantního parametru proudu / konstantní intenzity poruch, který by nám potvrdil, že naše předpoklady jsou správné.

Současně používaný excelovský analytický nástroj má i svá omezení. Jeden projekt můžeme analyzovat pouze s těmi omezeními: 10leté období provozu; 10 různých variant (modifikací); 1000 vozů; 1000 uzlů u funkčního rozpadu a 10 000 záznamů o poruše. Pro většinu projektů nám tato omezení nepřinášejí žádné komplikace, nicméně ukazuje se, že pro pohodlné vyhodnocování trolejbusových projektů začínáme na některá omezení našeho nástroje narážet. Ve většině případů se nejedná o omezení samotného tabulkového procesoru, ale o koncepci, s jakou byl nástroj tvořen.

8 Přehled norem

ČSN IEC 60050-192:2016 Mezinárodní elektrotechnický slovník, Část 192: Spolehlivost.

ČSN EN 50126-1 ed. 2:2018 Drážní zařízení - Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržitelnosti a bezpečnosti (RAMS) - Část 1: Generický proces RAMS. (konečný návrh českého překladu normy z 30. 11. 2018)

ČSN EN 60300-1 ed. 2:2015 Management spolehlivosti - Část 1: Návod pro management a použití.

ČSN EN 60300-3-2:2005 Management spolehlivosti - Část 3-2: Pokyn k použití - Sběr dat o spolehlivosti v provozu.

ČSN IEC 60605-4:2002 Zkoušení bezporuchovosti zařízení - Část 4: Statistické postupy pro exponenciální rozdělení - Bodové odhady, konfidenční intervaly, předpovědní intervaly a toleranční intervaly.

9 Přehled literatury

ŠMIRÁK, M. Přínosy a úskalí sběru provozních dat RAMS ve ŠKODA ELECTRIC a.s. in *Případové studie realizace projektů spolehlivosti*. Sborník přednášek. 42 s. Česká společnost pro jakost, 2012. ISBN 978-80-02-02363-0.

VINTR, M. Sběr dat o spolehlivosti v provozu in *Informace o spolehlivosti produktů v provozu a jejich využití*. Sborník přednášek. 32 s. Česká společnost pro jakost, 2013. ISBN 978-80-02-02469-9.

RAMS/LCC v dodavatelsko-odběratelských vztazích

Ing. Jan Kraus, ŠKODA ELECTRIC a.s.

e-mail: jan.kraus@skoda.cz

7 Úvod

Bez nadsázky lze tvrdit, že v drážním průmyslu dnes neexistuje jediný projekt a výrobek, u něhož by byly opomíjeny bezpečnost, spolehlivost a ekonomičnost. Řízení spolehlivosti, bezpečnosti a nákladů životního cyklu se postupně zařadilo mezi standartní činnosti vykonávané pracovníky společnosti ŠKODA ELECTRIC a.s. při návrhu, vývoji, výrobě a provozu výrobků pro drážní aplikace. Význam těchto oblastí dokonce neustále vzrůstá a tato skutečnost se kromě legislativy na mezinárodní i národní úrovni odráží také v dodavatelsko-odběratelských vztazích všech zainteresovaných subjektů.

8 Řízení spolehlivosti, bezpečnosti a nákladů životního cyklu

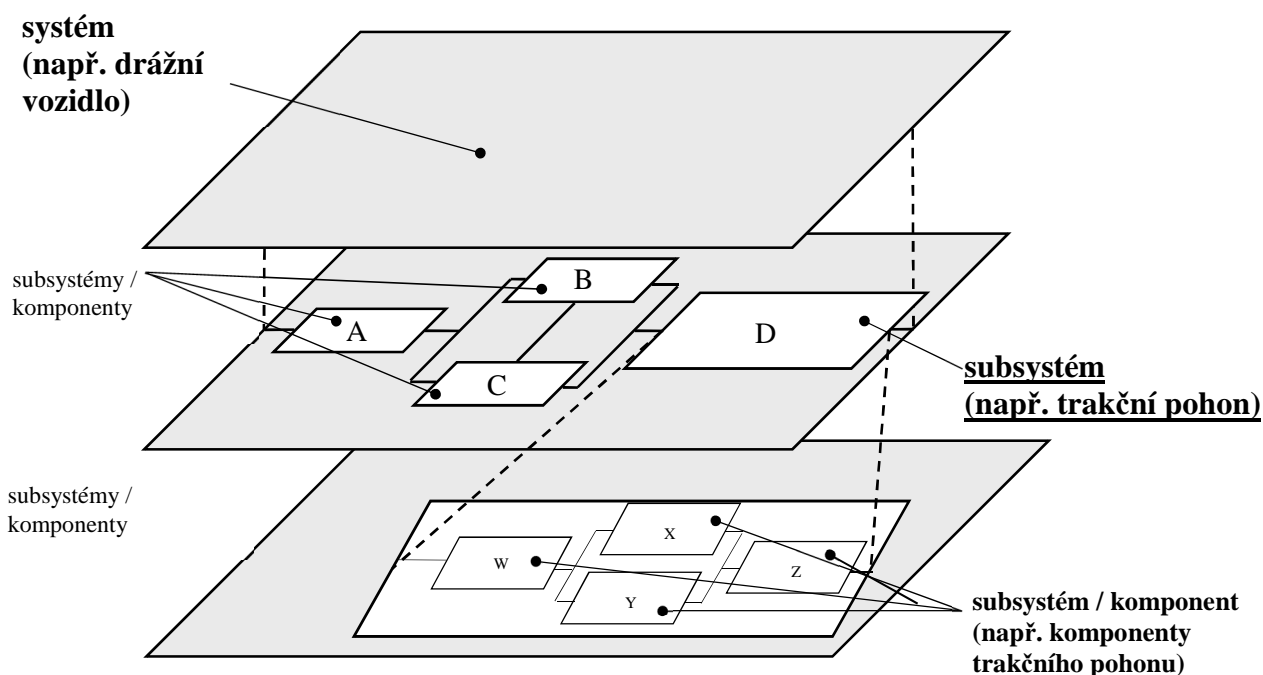
Mezi základní vlastnosti, které jsou vyžadovány u výrobků nejen drážního průmyslu bezesporu patří spolehlivost a bezpečnost. S těmito vlastnostmi jsou neoddělitelně spjaty také ekonomické parametry výrobku. Aby bylo možno dosáhnout a udržet požadované vlastnosti výrobku během celého životního cyklu nebo jeho části, je nezbytné bezporuchovost, pohotovost, udržovatelnost, bezpečnost (souhrnně označovány zkratkou RAMS) a náklady životního cyklu (ve zkratce LCC) vědomě řídit. To se neobejde spolupráce mezi dodavatelem drážního systému, dodavatelem jednotlivých subsystémů a komponent, provozovatelem drážního systému a případně dalšími subjekty (např. orgány státní správy, subjekty zajišťující údržbu apod.). Oblast RAMS/LCC se tak přirozeně stává součástí dodavatelsko-odběratelských vztahů.

Vzhledem k charakteru svých výrobků je společnost ŠKODA ELECTRIC a.s. prakticky ve všech obchodních případech v pozici dodavatele subsystémů, případně systému a zároveň v pozici odběratele komponent, případně subsystémů. Z této skutečnosti plyne nutnost zabývat se RAMS/LCC od samého počátku životního cyklu výrobku, dokonce ještě před vznikem obchodního vztahu s odběratelem subsystému (systému) a dodavatelem komponent (subsystémů) a současně pracovat jak s požadavky odběratele na RAMS/LCC, tak s požadavky kladenými na dodavatele komponent.

8.1 Požadavky na RAMS/LCC drážního subsystému

Na obrázku 1 je schematicky naznačena systémová hierarchie výrobku s vyznačením uvažovaného systému, subsystémů a komponent. Provozovatel drážního systému a další zainteresované subjekty definují požadavky RAMS/LCC na systém, dodavatel (výrobce) systému následně definuje požadavky na jednotlivé subsystémy a dodavatelé subsystémů definují požadavky na komponenty s cílem splnit požadavky na příslušných úrovních struktury od komponent až po celý systém. ŠKODA ELECTRIC a.s. jako dodavatel subsystémů pro drážní

aplikace se tak setkává s požadavky na subsystém, k jejichž naplnění musí řídit RAMS/LCC ve všech relevantních etapách životního cyklu a fázích obchodního případu.



Obrázek 1 – Systémová hierarchie výrobku (převzato z [1] a upraveno)

2.1.1 Identifikace a posouzení požadavků

Prvním krokem při práci s požadavky na RAMS/LCC dle [2] je jejich identifikace v zadávací dokumentaci a následné posouzení srozumitelnosti a splnitelnosti každého jednotlivého požadavku. Identifikace požadavků je prováděna ihned po obdržení zadávací dokumentace. Praxe ukazuje, že požadavky na RAMS/LCC mohou být obsaženy v jakékoliv části dokumentů výběrového řízení nebo poptávky. Proto je nezbytné pečlivě prostudovat všechny dokumenty včetně jejich příloh, což obvykle představuje několik set stran většinou cizojazyčného textu (běžně 200 až 500 stran). Kromě často používaných jazyků (angličtina, němčina, ruština) se lze setkat i jazyky exotičtějšími (např. čínština, korejština, turečtina). V takovém případě je nutné zajistit překlad zadávací dokumentace nebo alespoň vybraných dokumentů. Pořízení překladů představuje dodatečné náklady, ale hlavně je náročné časově a výsledek ne vždy odpovídá potřebám úspěšné identifikace a posouzení požadavků.

Pro práci s požadavky bývá vytvořen zvláštní dokument, do něž jsou identifikované požadavky přeneseny a to nejlépe v původním znění, včetně případných chyb, odkazu na zdroj požadavku a příznaku označujícího do jaké oblasti požadavek patří (bezporuchovost, pohotovost, udržovatelnost, bezpečnost, náklady životního cyklu). Dokument s identifikovanými požadavky poté dostanou k dispozici vybraní posuzovatelé z jednotlivých odborných útvarů s úkolem každý požadavek posoudit z hlediska jeho srozumitelnosti a splnitelnosti. Za účelem částečné automatizace zpracování výsledků posouzení požadavků mají posuzovatelé možnost vybírat jednu z předdefinovaných odpovědí s možností doplnění slovního komentáře. Na obrázku 2 je ukázka malé části dokumentu s požadavky a vyjádřeními posuzovatelů. Po vyjádření všech posuzovatelů

jsou odpovědi vyhodnocovány. Nejdříve jsou vybrány požadavky označené jako nesrozumitelné. Takové požadavky jsou následně projednávány a vyjasňovány s dodavatelem systému (tj. s odběratelem subsystému). Ze srozumitelných požadavků je věnována zvýšená pozornost těm,

které byly vyhodnoceny jako nesplnitelné, případně splnitelné jen při zavedení mimořádných opatření při návrhu, výrobě, provozu nebo údržbě nebo splnitelné jen částečně.

Na základě výsledků jednání o nesrozumitelných a nesplnitelných nebo částečně splnitelných požadavcích je opakován proces posouzení těchto požadavků, aby byly všechny požadavky vyjasněny ještě před přijetím závazku (uzavřením smlouvy nebo potvrzením objednávky). Nezbytnou součástí řízení RAMS/LCC je také včasné stanovení způsobu prokázání splnění požadavků.

2.1.2 Obvyklé požadavky na RAMS/LCC drážního subsystému

Požadavky na RAMS/LCC se u jednotlivých obchodních případů liší rozsahem i náročností. Přesto lze v každé složce RAMS/LCC, tj. v bezporuchovosti, pohotovosti, udržitelnosti a nákladech životního cyklu mluvit o obvyklých požadavcích. Následující přehled poskytuje základní představu o rozsahu a charakteru požadavků.

Bezporuchovost (R)

Terminologie z oblasti spolehlivosti používaná v zadávací dokumentaci často neodpovídá pojmům a definicím uváděným v názvoslovných normách. Po vyjasnění pojmů bývá zřejmé, že požadovaná úroveň bezporuchovost je vyjádřena

- střední dobou provozu mezi poruchami,
- střední ujetou vzdáleností mezi poruchami,
- střední intenzitou poruch,
- četností poruch.

Pohotovost (A)

Pro subsystémy drážních aplikací se v zadávací dokumentaci většinou neobjevuje explicitně vyjádřený požadavek na pohotovost. Často je ale požadováno dosažení stanovené střední doby provozu mezi poruchami (MTBF) a současně existuje i požadavek kvantifikující střední dobu do obnovy (MTTR). Jelikož lze inherentní pohotovost vyjádřit jako poměr MTBF ku součtu MTBF a MTTR, je požadavky na MTBF a MTTR nepřímo stanoveny a požadovaná hodnota pohotovosti.

Udržitelnost (M)

Lze tvrdit, že požadavky z oblasti udržitelnosti a zajištění údržby jsou v zadávací dokumentaci obsaženy vždy. Požadavky se zpravidla týkají

- vlastností dodávaného subsystému a jeho částí,
- dodávky náhradních dílů pro údržbu po poruše a preventivní údržbu,
- dokumentace pro diagnostiku poruch a provádění údržby, včetně SW podpory,
- školení personálu provádějícího údržbu.

Kvalitativní požadavky na udržitelnost jsou různorodé. Nejčastěji jsou požadovány

- přístupnost jednotlivých komponent,
- snadná demontovatelnost subsystému a jeho komponent,
- vyloučení použití speciálních nástrojů,
- jasné a trvanlivé popisy všech komponent,
- zaměnitelnost stejných komponent,
- modularita,
- vyloučení seřizování a nastavování po opravě,

- omezení vlivu lidského faktoru,
- použití úchytných bodů a madel atd.

Obvyklými kvantitativními požadavky na udržovatelnost jsou

- střední doba do obnovy,
- maximální doba nepoužitelného stavu,
- minimální interval mezi preventivními údržbami.

Bezpečnost (S)

Význam bezpečnosti drážního systému a všech jeho subsystémů je zásadní a přímo se promítá do požadavků RAMS/LCC. Obdobně jako u udržovatelnosti, také pro bezpečnost platí, že požadavky jsou v zadání obsaženy vždy. Lze rozlišit požadavky na

- technickou bezpečnost,
- funkční bezpečnost,
- požární bezpečnost,
- elektromagnetickou kompatibilitu.

Náklady životního cyklu (LCC)

Přestože se běžně používá termín náklady životního cyklu, požadavky se obvykle týkají jen části nákladů na vlastnictví. Obvykle je požadováno stanovení

- nákladů na preventivní údržbu,
- nákladů na údržbu po poruše,
- nákladů na provoz.

8.2 Požadavky na RAMS/LCC komponent drážního subsystému

Identifikace, porozumění a posouzení požadavků na spolehlivost, bezpečnost a náklady životního cyklu drážního subsystému je základním předpokladem k tomu, aby bylo možno specifikovat a požadavky na jednotlivé komponenty subsystému. Neméně důležité je specifikovat požadavky na komponenty včas, tj. již v rané fázi návrhu drážního subsystému. V ideálním případě by součástí specifikace mělo být též stanovení způsobu prokázání splnění požadavků.

2.2.1 Specifikace a alokace požadavků RAMS/LCC ve ŠKODA ELECTRIC a.s.

Význam specifikace a alokace požadavků byl ve společnosti ŠKODA ELECTRIC a.s. zohledněn při aktualizaci systému RAMS a tvorbě nového souboru řídicích dokumentů pro oblast RAMS/LCC. Ve směrnici [3] jsou stanovena závazná pravidla včetně odpovědností pro specifikaci a alokaci požadavků v oblastech

- bezpečnost výrobku,
- svařování a pájení,
- kvalita a prokazování shody
- RAM/LCC.

Pro zjednodušení a sjednocení specifikace požadavků byl vytvořen *Katalog požadavků na kvalitu, bezpečnost a RAM/LCC nakupovaných položek*, obsahující pro každou z výše uvedených oblastí množinu požadavků, ze které jsou pro jednotlivé komponenty vybírány relevantní požadavky. Jako ukázka je na obrázku 3 část listu z katalogu s požadavky na bezpečnost.

Kód	Oblast	Požadavek	Požadováno k FAI	Termín dodání zákazníkovi	Specifikace požadavku
B1	Bezpečnost produktu	EU prohlášení o shodě	ANO	Nejpozději s 1. dodávaným produktem	Dodaje objednatel kopii ES / EU prohlášení o shodě, je-li dodávaný produkt "stanoveným produktem" a vztahuje se na něj legislativa EU a národní legislativa. V ČR je to zákon č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky, zákon č. 90/2016 Sb. o posuzování shody stanovených produktů při jejich dodávání na trh a příslušná nařízení vlády, transponující směrnice Evropského parlamentu a Rady, týkající se např. dodávání elektrických zařízení určených pro používání v určitých mezích napětí na trh, elektromagnetické kompatibility, strojních zařízení apod. Stanovený produkt musí být označen značkou shody CE.
B2	Bezpečnost produktu	Funkční bezpečnost	X	Nejpozději s 1. dodávaným produktem	Dodaje objednatel dokumentaci podle požadované úrovně bezpečnosti (SL) z analýzy bezpečnosti, při-li produkt některou bezpečnostně relevantní funkci. Rozsah dokumentace stanoví objednatel ve zvláštním dokumentu.
B3	Bezpečnost produktu	Technická bezpečnost	ANO	Nejpozději s 1. dodávaným produktem	Je-li produkt elektrickým zařízením nebo instalací, zajistěte ochranu proti úrazu elektrickým proudem podle ČSN EN 50163 a stupeň ochrany krytem (krytí - IP kódt dle ČSN EN 60629. Dodaje objednatel nejpozději s prvním dodaným kusem protokol o zkoušce dle ČSN EN 60629, je-li to uvedeno v objednávce. Vztahují-li se na produkt požadavky směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/35/EU o harmonizaci právních předpisů členských států týkajících se dodávání elektrických zařízení určených pro používání v určitých mezích napětí na trh, dodaje objednatel kopii EU prohlášení o shodě (viz také bod B1). Stanovený produkt musí být označen značkou shody CE.
B4	Bezpečnost produktu	Požární bezpečnost	X	Nejpozději s 1. dodávaným produktem	Dodaje objednatel podklady potřebné k analýze požární bezpečnosti finálního produktu, zpravidla podle ČSN EN 45545-2: Dražní aplikace – Protipožární ochrana rázových vozidel – Část 2: Požadavky na požární vlastnosti materiálů a součástí, případně podle jiné technické normy uvedené v Nákupní objednávce. Rozsah podkladů a termín dodání je uveden v Nákupní objednávce nebo ve zvláštním dokumentu objednatel.
B5	Bezpečnost produktu	EMC	ANO	Nejpozději s 1. dodávaným produktem	Dodaje objednatel protokoly s výsledky typových zkoušek elektromagnetické kompatibility (EMC) elektronických zařízení a měničů podle ČSN EN 50121-3-2. Je-li to uvedeno v Nákupní objednávce objednatel, musí zkoušky provést a protokoly vyřadit akreditovaná zkušebna. Vztahují-li se na produkt požadavky směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/30/EU o harmonizaci právních předpisů členských států týkajících se elektromagnetické kompatibility, dodaje objednatel kopii ES / EU prohlášení o shodě (viz také bod S1). Stanovený produkt musí být označen značkou shody CE.
B6	Bezpečnost produktu	FMECA	X	Nejpozději s 1. dodávaným produktem	Dodaje objednatel analýzu způsobů, důsledků a kritičnosti poruch (FMECA) dotávaného produktu podle ČSN EN 60812 Techniky analýzy bezporuchovosti systémů – Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA).
B6a	Bezpečnost produktu	FMECA	X	Nejpozději s 1. dodávaným produktem	Dodaje objednatel přehled možných způsobů poruch produktu (viz 3.5 a kapitola 5.2.3 v ČSN EN 60812), důsledků poruch na funkci produktu (viz 3.4 a kapitola 5.2.5 v ČSN EN 60812) a hodnoty bezporuchovosti (MTBF, intenzity poruch apod.) příslušející jednotlivým způsobům poruch, případně procentní rozdělení hodnoty bezporuchovosti celého produktu na jednotlivé způsoby poruch.
B7	Bezpečnost produktu	Bezpečnostní listy k chemickým látkám a směsím (CHLS)	ANO	Nejpozději s 1. dodávaným produktem	Obsahuje-li nabízený produkt chemické látky nebo směsi (CHLS), nebo jsou-li CHLS přeepsané pro účel produktu, dodaje objednatel kopie Bezpečnostních listů CHLS podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH).

Obrázek 3 – Katalog požadavků (skupina požadavků na bezpečnost)

Pokud je nutné pro komponenty specifikovat požadavek, který v katalogu požadavků není obsažen, je možné katalog aktualizovat a požadavek do něj doplnit. Protože je aktuální platná revize katalogu požadavků rozesílána dodavatelům komponent, je vhodné, aby k aktualizaci katalogu docházelo v přiměřených časových intervalech a předešlo se tak případným nedorozuměním.

Specifikace požadavků na komponenty je prováděna ještě před rozesláním poptávek potenciálním dodavatelům. Za tím účelem je sestavována tzv. *Maticе požadavků na položky*³. Pravidla pro sestavení a práci s maticí jsou uvedeny v dokumentu [5]. Po založení nového dokumentu s maticí požadavků jsou nejdříve do řádků matice přeneseny základní údaje z projekčního a konstrukčního kusovníku, tj. unikátní identifikace a název položky. Poté jsou k položkám doplněny údaje obchodního charakteru (informace o dodavateli, případně výrobci položky, příznaky indikující, zda bude položka zahrnuta do předobjednání a zda bude u položky vyžadováno provedení přejímky prvního výrobku) a příznak indikující, zda položka obsahuje svarové spoje. Takto připravená matice je postoupena určeným posuzovatelům, jejichž úkolem je specifikovat požadavky na bezpečnost, kvalitu, svařování a pájení, spolehlivost a náklady životního cyklu. Specifikace je prováděna přiřazením příznaku k příslušnému požadavku z katalogu. Specifikované požadavky jsou následně přeneseny do poptávky nebo nákupní objednávky, kde se objeví v podobě věty „*Dodejte objednateli dokumenty a záznamy v rozsahu a v termínech podle přiloženého dokumentu EY08654P, body B1, B4, B8, B9, K2, K3, K5, K7, K10, R1.*“. Společně s poptávkou nebo nákupní objednávkou je dodavateli odeslán Katalog požadavků na kvalitu, bezpečnost a RAM/LCC nakupovaných položek.

Maticе požadavků je kromě specifikace a alokace požadavků na komponenty používána také jako přehled stavu projednávání specifikovaných požadavků s dodavateli a přehled dodávání požadovaných údajů a dokumentů. Stav je u každého specifikovaného požadavku indikován barevně a u každé skupiny požadavků mají posuzovatelé možnost psát poznámky. Na obrázku 4 je vidět část matice ve fázi projednávání požadavků s dodavateli.

Součástí specifikace požadavků na RAM/LCC je též alokace požadavků na bezporuchovost komponent. Při alokaci bezporuchovosti jsou nejčastěji využívány metody založené na znalosti, jejichž základní přehled je uveden v [6]. Z důvodu co největšího zpřehlednění a usnadnění zpracování podkladů ke spolehlivosti a nákladům životního cyklu byl ve ŠKODA ELECTRIC a.s. vypracován dokument pro dodavatele [7] s jasnými instrukcemi ohledně rozsahu a formy požadovaných informací a dokumentů k RAM/LCC. Součástí dokumentu je dotazník nazvaný *Požadavky na RAM/LCC nakupovaných výrobků*. Vyplnění a předání dotazníku včetně případných je vyžadováno pro každou nakupovanou položku, u které byl specifikován požadavek *R1* z [4]. Struktura a obsah dotazníku jsou zřejmé z obrázku 5. Vyplněné dotazníky jsou využívány zejména jako zdroj vstupních údajů pro analýzy bezporuchovosti, analýzy udržitelnosti a analýzy nákladů životního cyklu a také při vypracování dokumentace k dodávanému drážnímu subsystému.

³ Pojem „položka“ je synonymem pojmu „komponent“ a z historických důvodů se v každodenní praxi společnosti ŠKODA ELECTRIC a.s. používá pro označení dílů tvořících finální výrobek.

DATA POLOŽKY		Požadavky podle "Katalogu požadavků"													RAM/LCC													
ID položky	Název položky	Kvalita výrobku													KOMENTÁŘ (speciální RAM/LCC)													
		Bezpečnost výrobku						Kvalita výrobku																				
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	KOMENTÁŘ (OE v projektu)	R1
65002351	Odporník PTC800666	NE	X		X				X	X			X	X	X	X	X	X									X 21.4. Kdo dodává?	
65000995-2	Odporník OV3-7-2	NE	X						X				X	X	X	X	X	X								vše potvrdili 7.6. - mg v šelc, nutno pouze potvrdit obsah typ. zk.	X	MTBF > 60 000 h, užít život > 20 let Údržba?
65009872	Spouštěč motorový MS132-2.56	NE	X		X				X	X																nic nechceme	X	
65006255	Odpojovač baterie FR80	ANO	X		X				X				X	X	X	X	X									nabídka bez potvrzených požadavků	X	MTBF = 220 000 h
65006256	Překa - sestava	ANO			X				X																	nabídka bez potvrzených požadavků	X	isoučást odpojovače baterie FR80
65005324	Stykač C195 S/24E/V2	NE	X		X				X	X			X	X	X	X										nabídka bez potvrzených požadavků	X	k 21.4. stále nic
E860786	Stykač C193 A/24 E/V1	NE	X		X				X	X			X	X	X	X										nabídka bez potvrzených požadavků	X	k 21.4. stále nic
65005325	Stykač C395 A/G/24E/V2	NE	X		X				X	X			X	X	X	X										nabídka bez potvrzených požadavků	X	k 21.4. stále nic
65009958	Bat. Rail.power Bloc 24V 220Ah	ANO	X		X				X	X			X	X	X	X	X	X								K3 - po zasílání vodoru bude schopen vystavit	X	MTBF = 520 000 h, užít život = 12 let (800 cyklů při vybití z 80% C10 při 20°C)
65009938	Ventilátor 4114 NHHR-293	ANO	X		X				X	X			X	X	X	X										nic nechceme	X	zpracuj po dodání podkladů?
65001844-2	tlumička JTLFC70.110	NE	X		X				X	X			X	X	X	X	X	X								vše potvrdili 7.6. - mg v šelc (p. Vjezdaj), nutno pouze	X	MTBF > 3 000 000 h, užít život > 25 let Údržba?

Obrázek 4 – Matice požadavků na položky



Požadavky na RAM/LCC nakupovaných výrobků

Podklad pro dodavatele ŠKODA ELECTRIC a.s.

Výklad pojmů, použitých zkratk a podrobnější pokyny k vyplnění tohoto dotazníku jsou uvedeny v dokumentu EY08607P „Pokyny a vysvětlivky k požadavkům na RAM/LCC nakupovaných položek“

Název výrobku podle Nákupní objednávky:	
ID výrobku podle Nákupní objednávky:	
Dodavatel:	

BEZPORUCHOVOST VÝROBKU (viz bod 2 EY08607P)

uvedte hodnotu bezporuchovosti výrobku, případně s komentáři nebo přiložte soubor s požadovanými údaji:

ŽIVOTNOST VÝROBKU (viz bod 3 EY08607P)

uvedte hodnotu životnosti výrobku, případně s komentáři:

UDRŽOVATELNOST VÝROBKU (viz bod 4 EY08607P)

Vyžaduje výrobek preventivní údržbu během životního cyklu?

ANO NE

Pokud ANO, přiložte podklady uvedené v bodě 4.1 dokumentu EY08607P

Je výrobek po poruše opravitelný?

ANO NE

Je výrobek po poruše opravitelný

u zákazníka?

jen u výrobce

Je-li výrobek opravitelný jen u výrobce, přiložte podklady uvedené v bodě 4.2.a) dokumentu EY08607P

Je-li výrobek opravitelný u zákazníka, přiložte podklady uvedené v bodě 4.2.b) dokumentu EY08607P

SEZNAM PŘÍLOH

Další doplňující informace

Vypracoval:

Jméno:

Funkce:

Datum:

--	--	--

Po vyplnění pošlete včetně příloh společně s nabídkou nebo s potvrzenou Nákupní objednávkou zpět objednateli.

ŠKODA ELECTRIC a.s., Tylova 1/57, 301028 Plzeň, www.skoda.cz

Obrázek 5 – Dotazník RAM/LCC

2.2.2 Ověřování plnění požadavků RAMS/LCC

Nedílnou součástí řízení spolehlivosti, bezpečnosti a nákladů životního cyklu je vyhodnocování úrovně RAMS/LCC dosahované v provozu drážního systému, jeho subsystémů a komponent. Na základě vyhodnocování je prováděno také ověřování plnění požadavků RAMS/LCC na vybraných úrovních hierarchie výrobků tvořících drážní systém. Vyhodnocování a ověřování je možné provádět pouze v případě, je-li zajištěn sběr dat o provozu a dat o poruchách a je-li mezi odběratelem a dodavatelem včas a řádně definována metodika sběru, sdílení a zpracování těchto dat. Vzhledem k zaměření a omezenému rozsahu tohoto příspěvku je tato problematika mající přímý dopad do dodavatelsko-odběratelských vztahů pouze zmíněna, i když by si vzhledem ke svému významu zasloužila zevrubnější popis, případně samostatný příspěvek.

9 Závěr

Dílním cílem příspěvku bylo nastínit, jakým způsobem se promítají spolehlivost, bezpečnost a náklady životního cyklu výrobků drážního průmyslu do dodavatelsko-odběratelských vztahů a s jakými druhy požadavků RAMS/LCC se lze běžně setkat. Hlavním cílem bylo prezentovat, jak je s požadavky na bezpečnost a spolehlivost pracováno ve společnosti ŠKODA ELECTRIC a.s. a to jak z pozice dodavatele drážních subsystémů, tak z pozice odběratele komponent. Příspěvek představil současný stav, který se neustále dynamicky vyvíjí. Trvalou snahou je pracovat v oblasti RAMS/LCC tak, aby byly naplňovány požadavky odběratelů a zároveň se průběžně zlepšovala úroveň spolupráce s dodavatelem komponent. Věříme, že takový přístup je v zájmu všech článků dodavatelského řetězce a ve finále i provozovatelů a uživatelů drážních systémů.

Použité zdroje

- [1] ČSN EN 50126-1:2017 Drážní zařízení – Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a bezpečnosti (RAMS) – Část 1: Generický proces RAMS (*konečný návrh české verze evropské normy EN 50126-1:2017 ze dne 25. listopadu 2018*).
- [2] SM-Q-33 Systém RAMS/LCC. Směrnice ŠKODA ELECTRIC a.s.
- [3] SM-Q-32 Specifikace a alokace požadavků na výrobek. Směrnice ŠKODA ELECTRIC a.s.
- [4] EY08654P Katalog požadavků na kvalitu, bezpečnost a RAM/LCC nakupovaných položek. Dokument ŠKODA ELECTRIC a.s.
- [5] PP-Q-23 Tvorba a správa Matice požadavků na nakupované položky. Pracovní pokyn ŠKODA ELECTRIC a.s.
- [6] Vintr Z., Vintr T. Alokace požadavků na spolehlivost. In *Specifikace, alokace a optimalizace požadavků na spolehlivost*. Brno: Česká společnost pro jakost, 2012, s. 27–34. ISBN 978-80-02-02394-4.
- [7] EY08607P Pokyny a vysvětlivky k požadavkům na RAM/LCC nakupovaných položek. Dokument ŠKODA ELECTRIC a.s.

220 – Česká společnost pro jakost

ISBN 978-80-02-02852-9

Současný stav RAMS/LCC ve ŠKODA ELECTRIC a.s.,

Sborník přednášek, kolektiv autorů, 1. vydání, rok vydání 2019, vazba brožovaná