

ČESKÁ SPOLEČNOST PRO JAKOST

Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

67. SEMINÁŘ
ODBORNÉ SKUPINY PRO SPOLEHLIVOST

pořádaný výborem Odborné skupiny pro spolehlivost
k problematice

SOFTWAREVÁ PODPORA
PRO SPOLEHLIVOST



Materiály z 67. semináře
odborné skupiny pro spolehlivost

Brno, červen 2017

Odborní garanti semináře:
pplk. prof. Ing. David Vališ, Ph.D., Ph.D.
Ing. Michal Vintr, Ph.D.

OBSAH:

INFORMACE O SPOLEHLIVOSTI NA INTERNETU 3

Prof. Ing. Zdeněk VINTR, CSc., dr.h.c.

Fakulta vojenských technologií, Univerzita obrany v Brně

SOFTWAREVÉ PRODUKTY PRO SPOLEHLIVOST 12

pplk. prof. Ing. David Vališ, Ph.D., Ph.D.

Fakulta vojenských technologií, Univerzita obrany v Brně

SOFTWAREVÁ PREDIKCE BEZPORUCHOVOSTI 25

Ing. Michal VINTR, Ph.D.

Nezávislý expert na spolehlivost a bezpečnost produktů

SOFTWAREVÉ MODELOVÁNÍ BEZPORUCHOVOSTI SYSTÉMŮ 33

Ing. Lenka VINTROVÁ; Jan NEČAS

IFE-CR, a.s.

Sborník přednášek: **Softwarová podpora pro spolehlivost.**

Vydání 1., Česká společnost pro jakost

Brož

ISBN: 978-80-7231-410-2

Kolektiv autorů

41 stran

Informace o spolehlivosti na internetu

prof. Ing. Zdeněk Vintr, CSc., dr.h.c.

Fakulta vojenských technologií Univerzity obrany

zdenek.vintr@unob.cz

1 Úvod

Pokud potřebujeme rychle nalézt nějaké odborné informace, první volbou pro nás zpravidla bývá Internet, který je téměř vždy po ruce a má odpověď prakticky na jakoukoliv otázku. Jediným problémem tak většinou je jen to, jak v té záplavě informací rozlišit ty informace, kterým lze věřit, od těch, které si naši důvěru nezasluhují. Proto je dobré vědět, kde důvěryhodné informace hledat a kterým informačním zdrojům se raději vyhnout. Pokud pátráme po technických informacích, třeba po těch z oblasti spolehlivosti, je situace o něco jednodušší, protože nepravdivých, zavádějících či tendenčních informací zde přece jenom není tolik, jak v některých jiných oblastech. Také kdo a s jakým cílem by například měl zájem úmyslně prezentovat nepravdivé informace o metodice Analýzy způsobů, důsledků a kritičnosti poruch? To však rozhodně neznamená, že všemu co o spolehlivosti na Internetu najdeme, můžeme bezvýhradně věřit. Informací, které nemají zcela ideální kvalitu, tam, díky chybám a neznalostem jejich autorů, najdeme pořád dost.

Cílem tohoto článku je proto prezentace těch míst na Internetu, kde lze užitečné a důvěryhodné informace o spolehlivosti nalézt. Následující přehled je výběrem toho nejlepšího co podle názoru autora lze z daného oboru na síti objevit a je třeba říci, že to reprezentuje souhrnný výsledek mnoha let brouzdání po síti právě při hledání informačních zdrojů o spolehlivosti. Článek s obdobným zaměřením byl již dvakrát na setkání Odborné skupiny pro spolehlivost ČSJ prezentován. Poprvé v roce 2003 [1] a podruhé v roce 2007 [2], ale léta běží a vše se kolem nás vyvíjí a Internet obzvlášť překotně. Proto se autor příspěvku znovu k problematice informací o spolehlivosti na Internetu vrátil a původní příspěvek aktualizoval, doplnil a nyní ho zájemcům překládá k využití.

Jednotlivé informační zdroje jsou v článku sdruženy do tematických skupin a uváděny jen s velice stručným komentářem, případně i bez něj, protože se očekává, že zájemce o příslušné informace se může s každým zdrojem přímo podrobně seznámit právě cestou Internetu.

2 Specializované webové stránky

Dále je uveden výběr webových stránek, které se prioritně věnují problematice spolehlivosti a kde jsou dostupné kvalitní informace z této oblasti.

RMQSI Knowledge Center,

<https://www.rmqsi.org/>

Informační zdroj pro oblast bezporuchovosti, udržitelnosti a jakosti. Nabízí softwarové nástroje, publikace, školení a expertní služby. Původně zaměřením především na obranné technologie, dnes na široký okruh komerčních technologií. Mimo komerčně nabízených produktů zde lze získat i množství volně šířených informací, včetně vybraných výukových kurzů, softwarových produktů a publikací. Jeden z nejznámějších produktů centra je rozsáhlý

soubor databází informací o bezporuchovosti mechanických (NPRD-2016) a elektronických prvků (EPRD-2014).

ReliabilityWeb

<http://www.reliabilityweb.com>

Webové stránky zaměřené na problematiku spolehlivosti. Obsahuje velké množství informací, užitečných odkazů, odborných článků, prezentací, diskusní fórum atd. Možnost přihlášení k odběru elektronického magazínu o spolehlivosti.

SRC – System Reliability Center

<http://src.alionscience.com>

Centrum bylo zřízeno korporací „Alion Science and Technology“ ke komerční podpoře Ministerstva obrany USA, civilních vládních agentur a podniků především z oblasti obranného průmyslu. Centrum zabezpečuje expertní služby, informační podporu a vzdělávání odborníků v oblasti spolehlivosti. Na svém serveru nabízí propracovaný systém informací o publikacích, normách, softwarové podpoře a vzdělávání v oblasti spolehlivosti. Velké množství dobře seříděných odkazů a diskusní fórum. Zajímavá je nabídka vlastních produktů. Možnost bezplatného stažení kvalitních odborných textů.

Maintenance World

<http://www.maintenanceworld.com>

Webové stránky zaměřené na problematiku udržovatelnosti a údržby. Kvalitní obsah s množstvím odborných článků a výukových videí, které jsou volně ke stažení.

Barringer & Associates

<http://www.barringer1.com/>

Webové stránky poradenské firmy nabízející k bezplatnému stažení řadu kvalitních textů a softwarových produktů z oblasti spolehlivosti.

Weibull.com

<http://www.weibull.com>

Web provozovaný společností Reliasoft (producent software pro spolehlivost), který přináší komplexní podporu v oblasti spolehlivosti pro každého zájemce. K volnému využití jsou zde elektronické učebnice špičkové úrovně, přehledně tříděné odkazy, freeware pro oblast spolehlivosti, mimořádně kvalitní diskusní fórum a mnoho dalších užitečných věcí. Patrně to nejlepší co lze v oblasti spolehlivosti na webu najít.

Reliability Analytics

<http://reliabilityanalytics.com/>

Web malé poradenské společnosti, který kromě nabídky komerčních služeb nabízí také množství volně přístupných webových aplikací pro nejrůznější typy výpočtů z oblasti spolehlivosti (predikce bezporuchovosti a pohotovosti, vyhodnocení zkoušek, výpočty pro základní typy rozdělení, výpočet spotřeby náhradních dílů ...).

3 Časopisy

Dále je uveden přehled vybraných časopisů z oblasti spolehlivosti. Na příslušných adresách lze najít nejen informace o každém časopisu, ale často také obsah jednotlivých čísel, abstrakty či plné znění článků a řadu dalších zajímavých informací a odkazů.

3.1 Vědecké recenzované časopisy

Na všech webových stránkách dále uvedených časopisů je u každého článku volně přístupný abstrakt a články je možné za poplatek stáhnout. Je zde také možnost vyhledávání v názvech i plných textech článků dle klíčových slov.

Reliability Engineering & System Safety

http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/405908/description#description

IEEE Transactions on Reliability

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=24>

Microelectronics Reliability

http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/274/description#description

IEEE Transactions on Device and Material Reliability

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=7298>

Quality and Reliability Engineering International

<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/jhome/3680>

Software Testing, Verification and Reliability

<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/jhome/13635>

Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability

<http://journals.sagepub.com/home/pio>

Maintenance and Reliability

<http://www.ein.org.pl/>

3.2 Elektronické časopisy

Reliability HotWire

Velice pěkný časopis přinášející novinky z oboru a ukázky praktického řešení různých problémů z oblasti spolehlivosti. Vydavatel je společnost ReliaSoft. Přihlášení k odběru:

<http://www.weibull.com/hotwire/index.htm>

Reliability Edge

<http://www.reliabilitynews.com>

Čtvrtletník přinášející ukázky praktických řešení a informace o novinkách z oboru. Vydavatel je společnost ReliaSoft.

UpTime Magazine

<https://reliabilityweb.com/uptime>

Dvuměsíčník určený především profesionálům z oblasti údržby. Publikuje především případové studie a ukázky řešení praktických problémů.

Warranty Week

<http://www.warrantyweek.com/>

Informaci z oblasti poskytování záruk. Informace o poruchovosti výrobků v záruční době. Souhrnné přehledy, srovnání výrobců, údaje o počtech reklamací.

Reliability: Theory & Applications

<http://gnedenko-forum.org/Journal/>

Časopis publikující vědecké články z oblasti spolehlivosti.

ESRA Newsletter

<http://www.esrahomepage.eu/home.aspx?lan=230&tab=2767&itm=2832&pag=1679>

Časopis Evropské společnosti pro spolehlivost a bezpečnost. Informace o činnosti organizace, pozvánky na různé akce, odborné články, abstrakty zajímavých disertačních prací atd.

Řízení & údržba průmyslového podniku

<http://www.udrzbapodniku.cz/>

Časopis je národní mutací časopisu Plant Engineering vydávaného v USA. Mimo jiné se zaměřuje i na problematiku údržby a provozní spolehlivosti výrobních zařízení.

4 Vydavatelství

Ve světě je vydáváno množství kvalitní literatury z oblasti spolehlivosti. Dále je uveden výčet nejvýznamnějších vydavatelství, v jejichž nabídkách se tituly z dané oblasti často objevují. Úspěšně lze odbornou literaturu také vyhledávat v internetových obchodech (např. <http://amazonia.com>).

Elsevier Science - <http://www.elsevier.nl>

John Wiley & Sons - <http://www.wiley.com>

Marcel Dekker - <http://www.dekker.com>

McGraw-Hill - <http://www.mcgraw-hill.co.uk>

Prentice Hall - <http://vig.prenhall.com>

Knihy není třeba vždy jen kupovat. Například učebnice *Spolehlivost letadlové techniky*, která mimo jiné přináší ucelený přehled základů spolehlivosti, je volně ke stažení na adrese:

<http://lu.fme.vutbr.cz/files/SpolehlivostLetadloveTechniky.pdf>

Zajímavá kniha J. Menčíka *Concise Reliability for Engineers* je volně dostupná na adres:

<https://www.intechopen.com/books/concise-reliability-for-engineers>

Velmi pěkně zpracovaný přehled rozdělení pravděpodobnosti používaných ve spolehlivosti nabízí volně ke stažení Univerzity of Maryland ve formě publikace *Probability Distributions Used in Reliability Engineering* na adrese:

<http://crr.umd.edu/node/156>

Podobných publikací, které se zabývají problematikou spolehlivosti, lze na internetu nalézt a legálně stáhnout velké množství.

5 Normy

Standardizační dokumenty dnes představují mimořádně důležitý zdroj informací o technikách zabezpečování spolehlivosti a na síti lze snadno zjistit, jaké normy existují a v řadě případů je možné tyto normy i bezplatně získat.

ASSIST – Acquisition Streamlining and Standardization Information System

<https://assist.dla.mil/online/start/>

Souhrnné přehledy amerických vojenských norem – u většiny z nich možnost bezplatného stažení ve formátu pdf. Obsahuje tisíce standardizačních dokumentů včetně hodnotného souboru norem pro bezporuchovost, udržovatelnost, bezpečnost a logistiku. Bez registrace lze do systému vstoupit přes tlačítko „Quick Search“.

DSTAN – UK Defence Standardization

<https://sts.defencegateway.mod.uk/>

Souhrnné přehledy britských obranných standardů. Část dokumentů lze bezplatně stáhnout ve formátu pdf. K dispozici je rozsáhlý soubor kvalitních norem z oblasti spolehlivosti. Pro přístup ke standardům je nutná registrace (velmi jednoduchá).

IEC International Electrotechnical Commission

<http://www.iec.ch>

Technická komise TC 56 „Dependability“ této standardizační organizace se zabývá tvorbou mezinárodních norem v oblasti spolehlivosti. Je zde možné nalézt přehled všech platných norem IEC i informace o připravovaných normách. Zajímavým informačním zdrojem také je volně přístupný Mezinárodní elektrotechnický slovník IEC, který, mimo jiné, zahrnuje i kompletní přehled terminologie uvedené v normě IEC 60050-192 International Electrotechnical Vocabulary – Part 192: Dependability. Tento slovník je dostupný na adrese:

<http://www.electropedia.org/>

IHS Global

<http://global.ihs.com>

Souhrnný přehled technických norem všech významných standardizačních organizací. Možnost nákupu „on line“ u více jak 135 000 položek.

NATO Standardization Document Database

<http://nso.nato.int/nso/nsdd/ListPromulg.html>

Databáze standardizačních dokumentů NATO. Možnost bezplatného stažení vybraných dokumentů včetně spojeneckých publikací z oblasti spolehlivosti.

Český normalizační institut

<http://www.unmz.cz/urad/technicka-normalizace>

Na serveru lze, mimo jiné, také vyhledat normy ČSN z oblasti spolehlivosti. Možnost nákupu norem v elektronické podobě. Odkazy na další standardizační instituce.

Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti.

<http://www.oos.army.cz/odbor-obranne-standardizace>

Obsahuje souhrnné přehledy všech standardizačních dokumentů NATO a Českých obranných standardů. Většinu obranných standardů lze bezplatně stáhnout ve formátu pdf, včetně souboru standardů z oblasti jakosti a spolehlivosti.

Na internetu lze samozřejmě nalézt řadu jiných standardů, které se zabývají spolehlivostí a které jsou dostupné k volnému stažení. Cíleným vyhledáváním dle klíčových slov lze při troše trpělivosti nalézt prakticky cokoli. Jako příklad si uveďme dva standardy, věnované analýze stromu poruchových stavů, které lze na internetu získat.

Fault Tree Handbook vypracovaný péčí Nuclear Regulatory Commission (USA) lze nalézt na adrese <https://www.nrc.gov/docs/ML1007/ML100780465.pdf>

Fault Tree Handbook with Aerospace Applications připravený v rámci NASA lze stáhnout na adrese:

https://elibrary.gsfc.nasa.gov/_assets/doclibBidder/tech_docs/25.%20NASA_Fault_Tree_Handbook_with_Aerospace_Applications%20-%20Copy.pdf

6 Profesní organizace

Profesní organizace tradičně sehrávají důležitou roli při vědeckém a technickém rozvoji v každé oblasti, spolehlivost nevyjímaje. Dnes je také běžné, že tyto organizace ke své činnosti široce využívají právě Internet.

Česká společnost pro jakost, Odborná skupina pro spolehlivost

<http://www.csq.cz/spolehlivost/>

Činnost odborné skupiny by neměla uniknout pozornosti žádného vážného zájemce o spolehlivost. Skupina organizuje pravidelná setkání zaměřená na vybranou problematiku z oblasti spolehlivosti (již 67 seminářů). Přednášejí zkušení odborníci z akademického prostředí i praxe. Účast na setkáních je bezplatná a každý účastník obdrží sylab s přednáškami. Sylaby ze všech konaných seminářů je možno na stránkách Odborné skupiny volně stáhnout.

Česká společnost pro údržbu

<http://www.udrzba-cspu.cz>

Společnost sdružuje zájemce o problematiku údržby. Na stránkách lze nalézt informace o aktivitách společnosti a nabídku odborných seminářů a kurzů.

ESRA – European Safety & Reliability Association

<http://www.esrahomepage.eu/>

Významná evropská profesní organizace. Na webu informace o činnosti, akcích, publikacích, technických komisích atd. Řada volně přístupných výukových video prezentací.

ESReDA -European Safety, Reliability and Data Association

<http://www.esreda.org>

Evropská profesní organizace založena na podporu výzkumu, aplikací a vzdělávání v oblasti spolehlivosti a bezpečnosti. Informace o činnosti a pořádaných akcích.

IEEE Reliability Society

<http://rs.ieee.org/>

Patrně nejvýznamnější mezinárodní profesní organizace v oblasti spolehlivosti. Zdroj informací o různých akcích, literatuře, normách atd.

American Society for Quality, Reliability Division

<http://asqrd.org/>

Sekce spolehlivosti působící v rámci americké společnosti pro jakost. Informace o činnosti, konferencích, publikacích atd. Velké množství užitečných odkazů.

IAPSAM – International Association for Probabilistic Safety Assessment & Management

<http://www.iapsam.org>

Mezinárodní organizace, jejímž prioritním cílem je pořádání mezinárodních konferencí PSAM zaměřených na problematiku hodnocení a řízení rizik a zabezpečování spolehlivosti složitých systémů.

Society of Reliability Engineers

<http://www.sre.org>

Americká profesní organizace s pobočkami na celém světě. Na webu informace o činnosti, odborné články, odkazy. Roční členský poplatek je jen 10 USD.

Society for Maintenance & Reliability Professionals

<http://www.smrp.org>

Mezinárodní profesní organizace se sídlem v USA. Na webu informace o činnosti a různých akcích, užitečné odkazy, odborné stati.

Safety and Reliability Society

<http://www.sars.org.uk>

Mezinárodní profesní organizace se sídlem ve Velké Británii. Na webu informace o činnosti a akcích. Užitečné odkazy.

7 Vzdělávání

U nás i v zahraničí existuje řada škol, kde je vyučována problematika spolehlivosti na vysoké úrovni. Na webových stránkách těchto institucí zpravidla naleznete základní informace o možnostech studia a vědecké a odborné činnosti daných pracovišť. V některých případech však weby vzdělávacích institucí obsahují i mnohem širší okruh informací. Dále jsou uvedeny dvě university, které na svých stránkách prezentují široký okruh hodnotných informací z oblasti spolehlivosti. Tyto stránky skutečně stojí za návštěvu.

University of Maryland – Center for Risk and Reliability (USA)

<http://crr.umd.edu/>

Poskytuje bakalářské, magisterské a doktorské vzdělání v oborech:

- System Reliability,
- Microelectronics Reliability,
- Software Reliability,
- Risk Analysis.

Na serveru informace o studijních programech, podmínkách studia a vědecké práci. Významný zdroj nejrůznějších informací z oblasti spolehlivosti. Řada užitečných odkazů.

Norwegian University of Science and Technology - Reliability and Safety Studies

<http://www.ntnu.edu/ross>

Nabízí studium v navazujícím magisterském studiu RAMS (Reliability, Availability, Maintainability and Safety). Na serveru lze nalézt množství zajímavých informací – přehled odborné literatury, norem, software, zdrojů informací o bezporuchovosti, odborných časopisů atd. Web obsahuje rozsáhlý soubor velmi dobře seřazených odkazů. Mimo jiné, je zde volně ke stažení rozsáhlý soubor prezentací pokrývajících výuku inženýrství spolehlivosti a analýzy rizik.

Rozsáhlý soubor odkazů na další vzdělávací instituce, které se zaměřují na oblast spolehlivosti, lze nalézt například na stránkách obou výše uvedených univerzit.

8 Komerční společnosti

Poradenstvím a expertními službami v oblasti spolehlivosti se zabývá, zejména v zahraničí, velké množství společností. Na jejich stránkách lze především nalézt nabídku komerčně nabízených služeb, publikací, software, seminářů, výukových kurzů a dalších produktů. Každá z těchto společností na svém webu samozřejmě prezentuje i další informace a nabízí bezplatné ukázky svých produktů. Rozsah a kvalita nabízených informací je však v naprosté většině nesrovnatelná s tím co nabízejí jiné zdroje prezentované v tomto článku.

Z uvedeného důvodu zde žádná z takových společností není uváděna a případný zájemce o tyto společnosti může využít kvalitně zpracované velké soubory odkazů uvedené na stránkách univerzit zmíněných v předchozí kapitole.

Velice významným zdrojem kvalitních informací z oblasti spolehlivosti jsou také webové stránky jednotlivých producentů software pro použití ve spolehlivosti. Kromě informací o komerčně nabízených produktech je zde ve většině případů možno stáhnout funkční demoverze či časově omezené plné verze jejich produktů. Často je zde také k dispozici nabídka kvalitní odborné literatury (manuály, články atd.).

Odkazy na webové stránky nevýznamnějších výrobců software naleznete v článku prof. Ing. Davida VALIŠE, Ph.D., Ph.D., který je součástí tohoto sylabu a přináší podrobný přehled z této oblasti.

9 Závěr

Přehled informačních zdrojů z oblasti spolehlivosti, který je zde prezentován nelze v žádném případě považovat úplný a vyčerpávající. Takový dokonalý přehled ani vzhledem k charakteru Internetu nelze připravit (obrovský rozsah dynamicky se měnících informací). V každém případě je zde však uvedeno vše co by vážnému zájemci o problematiku spolehlivosti nemělo zůstat utajeno.

Funkčnost všech uvedených odkazů byla při přípravě článku ověřena (polovina května 2017), to však nevylučuje možnost toho, že časem svoji funkčnost ztratí – změna je život.

Uvítám jakékoliv informace o zajímavých místech na síti, které nějakým způsobem souvisí s problematikou spolehlivosti.

Poděkování

Vznik tohoto příspěvku byl podpořen Ministerstvem obrany ČR, Dílčí záměr rozvoje organizace „MOBAUT“ K202 a Specifický výzkum K202, Univerzita obrany v Brně.

Použitá literatura

- [1] VINTR, Z. Co lze najít na Internetu o spolehlivosti. In: *Softwarová podpora v oblasti spolehlivosti - Materiály z 11. setkání Odborné skupiny pro spolehlivost ČSJ*. Praha: ČSJ 2003, s. 2 - 17.
- [2] VINTR, Z. Zdroje informací o spolehlivosti na Internetu. In: *Počítačová podpora ve spolehlivosti – Materiály z 27. setkání Odborné skupiny pro spolehlivost ČSJ*. Praha: ČSJ, 2007, s. 3 – 11.

Softwarové produkty pro spolehlivost

pplk. prof. Ing. David Vališ, Ph.D., Ph.D.

Fakulta vojenských technologií, Univerzita obrany, Brno

david.valis@unob.cz

1 Software pro podporu spolehlivosti

V tomto příspěvku, který rozšiřuje publikaci [1], je uveden obecný přehled nejvýznamnějších světových producentů software, který je vhodný, doporučovaný a/nebo výhradně vytvořený pro použití v rámci posuzování spolehlivosti. U většiny prezentovaných společností je také uveden základní výčet nabízených produktů včetně stručné charakteristiky. Zde je na místě podotknout, že téměř každý z uvedených producentů poskytuje významné slevy pro případ použití software k nekomerčním účelům (např. univerzitní, školící a výukové instituce). V některých případech lze dokonce vyjednat bezplatné poskytnutí produktu.

Podrobnější informace může každý zájemce nalézt přímo na webových stránkách, které jsou u každého producenta uvedeny. Téměř bez výjimky všichni producenti na svých webových stránkách nabízí možnost stažení funkčních demoverzí či časově omezených plných verzí. V mnoha případech je zde také k dispozici nabídka kvalitní odborné literatury (manuály, články atd.).

1.1 Item Software, USA

<http://www.itemsoft.com>

Produkty:

ITEM Toolkit: Integrovaný systém pro predikci a analýzu spolehlivosti složitých technických systémů. Zahrnuje následující nástroje:

a) **Prediction toolkit:** Soubor nástrojů pro předpověď bezporuchovosti zahrnující následující moduly:

- **MIL-217:** Predikce bezporuchovosti elektronických prvků založená na aplikaci americké vojenské normě MIL-HDBK-217 (Reliability Prediction of Electronic Equipment).
- **IEC 62380:** Reliability data handbook – Universal model for reliability prediction of electronics components, Printed Circuit Boards (PCBs) and equipment
- **BELLCORE/Telcordia:** Predikce bezporuchovosti elektronických prvků založená na aplikaci normy firmy Bellcore TR-332 Issue 6 a SR Issue 1 (Bellcore Reliability Prediction Procedure).
- **NSWC:** Predikce bezporuchovosti mechanických prvků založená na aplikaci americké normy NSWC 98/LE1 (Handbook of Reliability Prediction Procedures for Mechanical Equipment). Normu vypracoval Naval Surface Warfare Center - výzkumné zařízení Amerického vojenského námořnictva.
- **CHINA 299B:** Predikce bezporuchovosti založená na aplikaci čínské vojenské normy CHINA 299B.

- **FIDES Guide 2009:** predikce bezporuchovosti elektrických, elektronických a elektro-mechanických systémů.
 - **HRD 5:** Založeno na britské „Handbook of Reliability Data“
 - **Siemens SN29500:** predikce bezporuchovosti založené na SN 29500 + IEC 61709.
- b) **Analytic Tools:** Soubor nástrojů pro analýzu bezporuchovosti a udržitelnosti systému zahrnující následující moduly:
- **FMECA:** FMECA založená na postupech americké vojenské normy MIL-STD-1629A, dále BS 5760 Part 5 (British Standard), ISO 9000, ISO 14 971 a IEC 61 508.
 - **RBD:** Analýza blokového diagramu bezporuchovosti.
 - **Fault Tree:** Analýza stromu poruchových stavů.
 - **Event Tree:** Analýza stromu událostí.
 - **Markov:** Markovova analýza.
 - **MainTain:** Udržitelnost podle americké vojenské normy MIL-HDBK-472, Procedure V, Metod A.
 - **SpareCost:** Kalkulace náhradních dílů.
 - **ITEM-QA:** FMEA pro automobilový průmysl vycházející z norem řady ISO 9000.
 - **DBB:** Komponenta pro vzájemné vhodné propojení prací s ETA a FTA.

IQRAS: Item Quantitative Risk Assessment je velmi komplexní softwarový nástroj založený na podpoře rozšířeného operačního systému Windows. Je sestaven pro provádění pravděpodobnostních hodnocení rizika (PRA – Probabilistic Risk Assessment). Hlavní moduly tvoří FTA a Event Sequence Diagrams.

1.2 Windchill Quality Solutions (dříve Relex Software), USA

<http://www.crimsonquality.com/products/>

Produkty:

Všechny produkty jsou sdruženy pod tzv. **Windchill platform (formerly RELEX)**, která obsahuje níže uvedené produkty. Ke každému produktu lze nalézt velké množství doplňujících a upřesňujících informací.

- **Windchill Prediction (formerly Relex Reliability Prediction Engine):** Predikce bezporuchovosti využívající řadu metod a postupů. Např. standardizované postupy popsané v normách MIL-HDBK-217 a Bellcore 332, metodu počítání z dílů a řadu dalších. Obsahuje dále analýzu a předpověď bezporuchovosti umožňující import dat z různých vývojových a projekčních systémů. Systém využívá přístup do rozsáhlé databáze obsahující údaje o bezporuchovosti různých prvků.
- **Windchill RBD (formerly Relex RBD a Relex OpSim):** Tvorba a vyhodnocování blokových diagramů bezporuchovosti založená na použití metody Monte Carlo. Simulace a optimalizace složitých systémů. Využívá blokových diagramů bezporuchovosti a umožňuje modelovat i širokou škálu ukazatelů udržitelnosti. Vhodný k analýzám nákladů a optimalizaci údržby.

- **Windchill Weibull (formerly Relex Weibull):** Nástroj pro analýzu dat o spolehlivosti. Obsahuje všechny běžně užívané metody a postupy hodnocení dat včetně sledování vývojových trendů. Zahrnuje nástroje pro racionální plánování zkoušek.
- **Windchill FMEA (formerly Relex FMEA/FMECA):** Analýzy podle různých standardizovaných i uživatelsky definovaných postupů. Obsahuje rozsáhlou databázi informací o druzích poruch elektronických i mechanických prvků (EPRD-95 a FMD-97) a je v souladu se standardy MIL-STD-1629A, SAE ARP 5580, SAE J1739, IEC 60 812 a BS 5760.
- **Windchill FTA (formerly Relex Fault Tree/Event Tree):** Tvorba a vyhodnocení stromů poruchových stavů a stromů událostí.
- **Windchill Maintainability (formerly Relex Maintainability Prediction):** Vyhodnocení (predikce) všech běžně používaných ukazatelů udržovatelnosti. Zahrnuje řadu standardizovaných postupů (MIL-HDBK-472, Procedures 2, 5A and 5B, MIL-STD-1388 2B LSAR, etc.).
- **Windchill LCC (formerly Relex LCC):** Výkonný nástroj pro výpočet nákladů životního cyklu výrobků (od návrhu, výroby, provozu, záruky, oprav až po vypořádání). Umožňuje realizaci různých optimalizačních úloh a analýz citlivosti.
- **Windchill Markov (formerly Relex Markov):** Nástroj pro analýzu technických aplikací v těch případech kdy se musíme nutně zabývat jednotlivými stavy systému. Proces založený na teorii Markovových procesů. Umožňuje výpočet ukazatelů bezporuchovosti, udržovatelnosti a pohotovosti u složitých vícestavových systémů.
- **Windchill FRACAS (formerly Relex FRACAS (Failure Reporting, Analysis, and Corrective Action Systems) Management System):** Sledování a vyhodnocování spolehlivosti systémů v provozu. Umožňuje průběžné vyhodnocování základních ukazatelů bezporuchovosti, udržovatelnosti a pohotovosti, provádění různých typů analýzy dat a sledování vývojových trendů.
- **Windchill ALT (formerly Relex ALT):** Využívá statistické metody pro analýzu dat ze zrychlených životnostních zkoušek, je schopen identifikovat charakteristiky poruch a předpovídat bezporuchovost produktu.

Windchill Human Factor Risk Analysis (formerly Relex Human Factors Risk Analysis): Na základě zkušeností z NASA (kde se projevy lidských chyb rovnají enormním lidským a především hmotným ztrátám) je zde adaptována metodologie pro hodnocení lidských chyb a hodnocení souvisejících rizik. Software je založen na přístupu Relex Human Factors Risk Analysis is based on a HF-PFMEA (Human Factors Process Failure Mode and Effects Analysis). Metodologie využívá poznatků z analýz a hodnocení lidské spolehlivosti a bezpečnosti při analyzování lidských procesů a úkolů, přičemž zaručuje snížení frekvence a zmírnění závažností důsledků lidských chyb.

1.3 ReliaSoft, USA

<http://www.reliasoft.com/>

Produkty:

- **Weibull++:** Komplexní nástroj pro analýzu dat o bezporuchovosti a životnosti. Zahrnuje aplikaci všech běžně používaných rozdělení (nejen Weibullovo).
- **ALTA:** Software pro plánování a vyhodnocování zrychlených zkoušek bezporuchovosti. Jediný komerčně dostupný produkt tohoto typu. V současnosti je v nabídce ve dvou

verzích. ALTA 11 Standard – vstupní úroveň i nástroje pro základní kvantitativní analýzy zrychlených zkoušek životnosti.

- **RGA 11 (Reliability Growth Analysis Software Package):** Software pro vyhodnocování vývoje bezporuchovosti. Umožňuje aplikaci všech běžně užívaných modelů růstu bezporuchovosti. Je členěna na RGA 6 Standard– základní vstupní úroveň analýz růstu bezporuchovosti. RGA 6 PRO – obsahuje všechny doposud známé a používané možnosti pro analýzy růstu bezporuchovosti spolu s implementací pokročilých metod analýzy spolehlivosti.
- **BlockSim:** Produkt pro modelování bezporuchovosti, udržovatelnosti a pohotovosti založený na blokových diagramech bezporuchovosti. Produkt umožňuje provádění různých optimalizačních úloh, analýzu citlivosti, výpočty LCC, kalkulace náhradních dílu atd. Tento model lze kombinací provázat s rozsáhlou databází intenzity poruch nejenom elektronických součástek PRISM (slučuje a nahrazuje úspěšné databáze NPRD a EPRD).
- **RENO:** Jedná se o user-friendly, velmi centrováný na uživatelskou intuici, komplexní a jednoduchý software pro sestavování logických (deterministických) i pravděpodobnostních (stochastických) scénářů pro analýzy rizika, bezpečnosti, bezporuchovosti. Je vhodný i pro tzv. rozhodovací proces, plánování údržby, a v neposlední řadě i k optimalizaci skladového hospodářství a slabých míst (black jack).
- **LAMBDA Predict:** Jedná se o databázi spojující MIL-STD-217, Bellcore, NSWC-98, China 299B a RDF 2000 pro prediktivní analýzy bezporuchovosti. Obsahuje enormní knihovnu komponent se svými údaji o bezporuchovosti. Cena: 1 796,- €.
- **Xfmea:** Software pro provádění FMECA/FMEA. Umožňuje provedení analýzy v souladu s řadou standardizovaných postupů i uživatelsky definovaným způsobem (AIAG FMEA – 3, J 1739, ARP 5580, MIL-STD-1629A, aj.).
- **RCM++:** software pro analýzu, management dat a sestavování hlášení pro RCM. Tento produkt je plně integrován s FMEA/FMECA v plné verzi. Je v souladu s průmyslovými standardy (MSG-3, SAE JA 1012).
- **RBI:** software usnadňující provádění „Risk Based Inspections – Prohlídky založené na posuzování rizika“. Vhodný zejména pro petrochemické provozy, elektrárny a jiné provozy s výrazným potenciálem existence rizika. Obsahuje moduly pro RCM a FMEA/FMECA. Jedná se o kvalitativní posouzení.
- **MPC-3:** Nástroj pro tvorbu plánů údržby vycházející z americké letecké normy MSG-3 (Údržba zaměřená na bezporuchovost) vytvořeno v součinnosti se společnostmi Honeywell Aircraft Engines and Systems.
- **XFRACAS:** Jedná se o produkt, který je určen pro potřeby akvizice, management a analýzy bezporuchovosti produktu. Dále slouží ke shromažďování dat o jakosti a bezpečnosti z vícero zdrojů, přičemž umožňuje zpracovat i doporučené vhodné aktivity.
- **eAPI:** (enterprise Asset Performance Intelligence) – jedná se o nástroj, který vhodným řešením pro posuzování a provádění managementu aktiv. Tento nástroj, udává producent, je výkonný pro transformaci surových dat do smysluplné informace, která může podporovat strategické rozhodování v organizaci.

Pro všechny výše uvedené produkty je v případě zakoupení určité verze samozřejmostí kurz v potřebném rozsahu spolu se semináři, které se konají po celém světě a účast na nich lze

zajistit on-line. Aktualizace software jsou již ošetřeny webovou aplikací stejně jako činnost některých modelů.

1.4 A.L.D. Software, Izrael

<http://www.ald.co.il>

Produkty:

- a) **RAM Commander:** Komplexní softwarový balík obsahující základní analytické nástroje uspořádané do následujících bloků:
- **Reliability and Availability:** Predikce bezporuchovosti a pohotovosti pro modely s elektronickými, elektromechanickými i mechanickými prvky. Možnost aplikace všech běžných standardizovaných postupů.
 - **Reliability Block Diagram (RBD):** Modelování a výpočet bezporuchovosti systémů s využitím metody Monte Carlo.
 - **Maintainability:** Predikce udržovatelnosti (Založeno na MIL-HDBK-472, Procedure V., Method A) zařízení různých typů: leteckých, pozemních aplikací, lodních a námořních aplikací, spolu jak s elektronickými tak mechanickými možnostmi provedení.
 - **Spare Parts analysis and optimization:** Výpočty spojené se zásobováním náhradními díly – určení potřebného počtu náhradních dílů, optimalizace zásob náhradních dílů. Je založen na dvou kritériích nákladů: Pravděpodobnost totálního dostatek náhradních dílů a jejich pohotovost.
 - **Derating:** Nástroj pro analýzu vlivu zatížení prvků (teplota, napětí, výkon ...) na jejich bezporuchovost. Nástroj umožňuje identifikaci přetěžovaných prvků v systému.
 - **Libraries and Data Import:** RAM commander umožňuje uživateli přístup do různých zdrojů informací o bezporuchovosti.
 - **FMECA:** Nástroj pro analýzu FMECA, který splňuje požadavky americké vojenské normy MIL-STD-1629A.
 - **Testability Analysis:** Submodul FMECA určený pro analýzu testovatelnosti systémů.
 - **Process & Design FMEA:** Modul určený k provádění konstrukční a procesní analýzy FMEA.
 - **FTA:** jedná se o jeden z unikátních modulů produktu RAM commander. Je plně integrován se všemi výše uvedenými komponentami.
 - **ETA:** nejrozšířenější metoda využívaná pro analýzy rizika složitých systémů.
 - **Safety Module:** RAM commander obsahuje modul pro komplexní implementaci nástroje analýzy bezpečnosti založenou na normě SAE APR 4761 vytvořená v součinnosti se společností AIRBUS.
- b) **D-LCC:** Komplexní softwarový balík pro analýzu nákladů životního cyklu. Umožňuje provádět různé analýzy nákladů, optimalizační výpočty a analýzy citlivosti. Sestává z následujících modulů:
- **Life Cycle Costing:** Umožňuje provádět analýzy LCC.
 - **Total Cost of Ownership:** Umožňuje porovnání a hodnocení alternativních návrhových přístupů, porovnání možných strategií, identifikaci cenově dostupných strategií, hospodaření s projektovým rozpočtem, dlouhodobé finanční plánování.

- **Cost Analysis:** Umožňuje aplikaci předem definovaných modelů LCC stejně jako umožňuje sestavit a aplikovat modely nové.
- **Convenience and Ease of Use:** Zde se jedná o jakousi knihovnu obsahující soubor určitých alternativ při vynakládání prostředků, dále obsahuje seznam jakýchsi období pro určité fáze životního cyklu,.

Společnost dodává také jednotlivé moduly samostatně. Součástí nabídky je i databáze PRISM.

1.5 BQR Reliability Engineering, Izrael

<http://www.bqr.com/>

Produkty:

a) **CARE:** Software pro modelování spolehlivosti elektronických i mechanických systémů. Umožňuje provádění komplexních analýz spolehlivosti, modelování funkcí a potencionálních poruch a realizaci optimalizačních úloh. Produkt je založen na předpokladu, že systému bude pracovat v definovaném prostředí a může se porouchat náhodně v každém okamžiku pouze a jedině na základě inherentně „vložených“ rozdílení prouhy. Základ tvoří následující bloky:

- **MTBF:** Predikce bezporuchovosti mechanických i elektronických systémů, alokace požadavků na bezporuchovost. Báze Mil-HDBK-217, 217Plus, Bellcore, HRD-5, IEC 62380, SN-29500, NSWC-98 (Mechanical Parts), FIDES.
- **Spice:** Subsystem MTBF. Automatický výpočet bezporuchovosti elektronických prvků s ohledem na jejich zatížení.
- **SDTA:** Subsystem MTBF. Analýza zatížení prvků – umožňuje identifikaci přetěžovaných prvků i prvků nedostatečně využívaných.
- **FMEA / FMECA:** Komplexní nástroj k provádění analýzy FMEA/FMECA.
- **TA:** Subsystem FMEA/FMECA. Analýza testovatelnosti.
- **FTA:** Analýza bezporuchovosti s využitím stromu poruchových stavů. Umožňuje analýzu i strukturálně složitých systémů s výskytem poruch se společnou příčinou.
- **MTTR:** Predikce udržovatelnosti. Umožňuje provedení alokace požadavků na udržovatelnost.
- **RBD:** Modelování a predikce spolehlivosti systémů s využitím diagramů bezporuchovosti. Umožňuje i modelování markovovských procesů.
- **MRS:** Simulace bezporuchovosti mechanických systémů. Využívá metody konečných prvků. Umožňuje modelování různých mechanismů poruchy – lom, koroze, opotřebení atd. Obsahuje modul pro optimalizaci plánů údržby.
- **mini – LSA:** Kalkulace náhradních dílů.

b) **apmOptimizer™:** Software pro analýzu a optimalizaci údržby. Slouží k zefektivnění údržby a k redukci zdrojového odpadu. Skládá se z následujících bloků:

- **LCC** – Nástroj pro analýzu nákladů životního cyklu.
- **LORA** – Software pro analýzu a optimalizaci systému nápravné údržby.

- **Scheduled maintenance** – Software pro analýzu a optimalizaci stávající údržby podle pevně stanovených intervalů.
 - **PdM** – Software pro analýzu, optimalizaci a predikci systému preventivní údržby.
 - **S2A** – Software pro optimalizaci zásobování náhradními díly z hlediska pohotovosti.
 - **RCM** – Software pro tvorbu plánů údržby zaměřené na bezporuchovost.
 - **MSG3** – Údržba zaměřená na bezporuchovost založená na aplikaci americké letecké normy MSG3.
 - **LSA** - Software pro analýzu logistického zajištění.
- c) **CAfdE**: Software pro sběr a analýzu dat o spolehlivosti v provozu. Úzce provázán s výše uvedenými produkty.
- d) **SAMO (Strategic Zaset Maintenance Optimization)**: Jedná se o expertní systém pro optimalizaci údržby, která je řešena výrobcí, poskytovateli servisu (služeb) a organizacemi pro zajištění renovací a oprav. Slouží k kvalifikovanému provedení analýz, zlepšení a optimalizaci všech relevantních aspektů strategií údržby.
- e) **fiXtressTM**: Jedná se o komplexní „Design for Reliability – DfR“ produkt, který umožňuje porovnávat výsledky simulací integrovaných obvodů s limity potřebnými pro jejich bezpečný provoz a optimalizaci procesu výroby. Na základě těchto postupů je možné identifikovat problematické komponenty. Obsahuje části jako, i) metody standardní predikce, ii) analýza tepelným namáháním, iii) analýza snížení namáhání, iv) zrychlené životnostní zkoušky.

Cenová politika je individuální – pro každého uživatele se sestavují bloky podle konkrétních potřeb.

1.6 IsofraphDirect, USA

<https://www.isograph.com/>

Produkty:

- **FaultTree+**: Nástroj pro tvorbu a analýzu stromu poruchových stavů a stromů událostí.
- **AvSim+**: Nástroj pro modelování a simulaci bezporuchovosti a pohotovosti využívající stromy poruchových stavů a blokové diagramy bezporuchovosti. Simulace jsou založeny na metodě Monte Carlo.
- **Reliability Workbench**: Software pro predikci bezporuchovosti využívající řady analytických metod. Např.: metoda FMEA/FMECA, metoda analýzy blokového diagramu bezporuchovosti – RBD, metoda analýzy stromu poruchových stavů – FTA, metoda analýzy stromu událostí – ETA, Markovova analýza – MA, Weibullova analýza, Stanovení bezporuchovosti – Reliability allocation, Růst bezporuchovosti – Reliability growth, Posuzování bezpečnosti systému – Systém Safety Assessment, Funkční bezpečnost a systémy s instrumentovanou bezpečností podle IEC 61508 a ISO 26262. Umožňuje aplikaci všech běžných standardizovaných metod odhadu bezporuchovosti za využití norem a zdrojů (např. MIL-STD-217, Bellcore, IEC TR 62380, RDF 2000 NSWC-98/LE1 Handbook for mechanical parts, etc.).

- **Availability Workbench:** Produkt určený pro propojení bezporuchovosti a udržovatelnosti za účelem stanovení pohotovosti. Obsahuje prvky pro posuzování RCM, simulace pohotovosti, LCC, Weibullovu analýzu.
- **RCMCost:** Nástroj pro optimalizaci plánů údržby využívající zásad údržby zaměřené na bezporuchovost. Metody analýzy jsou založeny s ohledem na náklady, bezpečnost a životní prostředí. Obsahuje jakési vizualizované prostředí, kde je možné identifikovat důležité údržbové akce (např. za využití FMECA). Výpočetní modul je schopen kalkulovat důsledky stárnutí, náklady na zaplacení hodin práce údržbového personálu, nákladů na náhradní díly, aj. Vše s ohledem na operace preventivní údržby a inspekčních intervalů.
- **Hazop+:** Software pro předběžnou analýzu rizik a provozuschopnosti.
- **LCCWare:** Analýza nákladů životního cyklu umožňující zahrnutí všech složek nákladů od etapy výzkumu a vývoje, přes návrh, výrobu, provoz a údržbu až po vyřazení.
- **Markov:** Software pro analýzu víceúrovňových systémů s použitím Markovových technik.
- **WeibullPro:** Nástroj k analýze dat o poruchách a opravách.
- **RiskVu:** Nástroj pro hodnocení bezpečnosti založený na použití pravděpodobnostních nástrojů (PSA-Probabilistic Safety Assessment).
- **FRACAS+:** Nástroj určený pro sběr, zaznamenávání a analýzy systému poruch. Poruchy jsou tímto způsobem posouzeny, přičemž jsou korektivní zásahy identifikovány a verifikovány.
- **NAP:** Jedná se o Network Availability Prediction program, který umožňuje uživateli provádět předpovědi pohotovosti a bezporuchovosti komunikačních sítí. Tento produkt využívá rozšířenou verzi metodologie RBD, která přiřazuje specifické charakteristiky prvků sítě a jejich připojení. Následně je dopočítávána pohotovost sítě. Tento nástroj je také schopen provádět určité klasifikování kritičnosti a vyhledávání potenciálních slabých míst v síti.
- **Osoliv Parts Libraries:** Jedná se o produkt, který pracuje v součinnosti s produktem IsoGraph. Jde o rozsáhlou databázi tisíců moderních elektronických a neelektronických součástek spolu s komplexním zdrojem dat o poruchách.
- **AttackTree+:** Produkt sloužící k modelování bezpečnosti systému za využití metod FTA a ETA. Jedná se o modelování možných důsledků při teroristické aktivitě, bezpečnost vlasti, nájezdné útoky na počítačové systémy a podvodné pokusy na počítačových systémech.
- **Project management:** Zde je prezentován výkonný nástroj, který může být využit pro řízení projektu. Jednotlivé komponenty jsou propojeny s verzemi a produkty IsoGraph.

Demoverze dostupné na stránce producenta.

1.7 Raytheon - Technical Services Company

<http://www.raytheon.com/businesses/rts/>

Produkty:

- **AIMSS (Advanced Integrated Maintenance Support System):** Software pro tvorbu elektronických interaktivních manuálů údržby.

- **ASENT (Advanced Speciality Engineering Networked Toolkit):** Integrovaný soubor softwarových nástrojů k provádění analýz bezporuchovosti a udržitelnosti užívající standardní analytické metody.
- **EAGLE (Enhanced Automated Graphical Logistics Environment):** Software pro podporu integrovaného logistického zajištění založený na standardizovaných postupech popsaných v americké vojenské normě MIL-STD-1388-2B.
- **GAME (Generalized Automated Maintenance Environment):** Modulární software pro podporu řízení údržby složitých strukturovaných systémů.

Všechny výše uvedené bloky tvoří provázaný systém respektující zejména požadavky Ozbrojených sil USA. Ceny se sjednávají individuálně.

1.8 Rockwell Collins (formerly ARINC) – USA

<http://www.rockwellcollins.com/>

Produkt:

- **RAPTOR:** Umožňuje poměrně rychlé a jednoduché modelování bezporuchovosti, udržitelnosti a pohotovosti složitých technických systémů (výrobní továrna, komunikační síť, vojenské letadlo, aj.). K modelování jsou využity blokové diagramy bezporuchovosti.

Některé starší limitované i plně funkční verze programu lze bezplatně získat na adrese: <http://www.barringer1.com/raptor.htm>.

1.9 SoHaR, Kanada

<http://www.sohar.com/>

Produkt:

- **MEADEP (Measurement - Based Dependability Analysis Tool):** Komplexní systém pro predikce bezporuchovosti a pohotovosti složitých systémů. Pro tvorbu modelů využívá blokových diagramů bezporuchovosti a Markovových procesů.
- **D-LCC:** Software pro analýzu nákladů životního cyklu. Dělený na LCC, Total Cost of Ownership, Cost Analysis.
- **SCAT (Sneak Circuit Analysis):** Analýza bludných obvodů. Slouží k identifikaci toku nechtěných proudů v obvodu, které mohou způsobit vypínání různých částí, relé, apod.
- **FavoScope:** Quality Management Systém – systém pro provádění auditu v rámci procesů kvality a souvisejících postupů.

Na stránkách jsou zdarma k dispozici demo verze ke stažení.

1.10 Quanterion Solution Incorporated, USA

<https://www.quanterion.com/>

Produkty:

- **Quanterion Automated Databook (NPRD-2016, FMD-2016, EPRD-2014):** Komplexní nástroj pro predikci bezporuchovosti složitých systémů. Disponuje řadou vyspělých funkcí. Představuje standard v této kategorii produktů.
- **EPRD-2014:** Elektronická databáze údajů o bezporuchovosti elektronických prvků.

- **NPRD-2016:** Elektronická databáze údajů o bezporuchovosti neelektronických prvků.
- **FMD-2016:** Elektronická databáze údajů o rozdělení druhů poruch.
- **217PlusTM: 2015 Spreadsheet Calculator** – poslední verze pro predikci bezporuchovosti elektronických komponent.
- **Warranty Calculator:** deset různých přístupů pro výpočet záručních nákladů.
- **Derating Calculator (NAVSEA SD-18 a ECSS-Q-ST-30-11C):** nástroj pro výpočet snižování výkonu.
- **TLCC and Root Cause Failure Analysis Decision Making:** Nástroj pro celkový výpočet nákladů a kořenových příčin poruch.
- **RASTER:** Nástroj pro výpočet programu bezporuchovosti organizace.

Další moduly v kombinacích a free verze ke stažení.

1.11 Clockwork Solution, Izrael/USA

<http://www.clockwork-solutions.com>

Produkt:

- **SPAR:** Komplexní softwarový produkt pro predikci a řízení nákladů životního cyklu složitých systémů. Umožňuje vytvoření reálného modelu pro analýzu a kvantifikaci důsledků konstrukčních změn, dostupnosti náhradních dílů, plánů preventivní údržby a dalších faktorů na pohotovost systému a náklady jeho životního cyklu. Uplatnění v oblastech obrany, energetiky, zpracování, dopravy, aj.
- **ATLAST:** Jedná se o komplexní softwarový produkt pro pokročilé metody analýz životního cyklu se všemi souvisejícími aspekty. Velké uplatnění a orientace do oblasti zbraňových systémů a obrany.
- **PS-PLUS:** Produkt pro přesné a průběžné modelování bezporuchovosti elektráren, které využívají vysokoteplotních spalovacích komor anebo plynových turbín. Dokáže identifikovat komponenty, které mají velký vliv na výkon elektrárny. Sleduje a optimalizuje provádění údržbových zásahů, průběžné monitorování včetně hodnocení rizika v závislosti na časových obdobích provádění inspekčních prohlídek. Soustřeďuje se na předpovědi obstarávání náhradních dílů.
- **ENRiCO:** Software pro modelování a měření spolehlivosti elektrických distribučních sítí. Umožňuje jak designérům, tak uživatelům a operátorům rychle a efektivně zhodnotit bezporuchovost elektrických systémů a jejich dopad na výkon zdrojové elektrárny a spolehlivosti distribuční soustavy.
- **SPAR PHM (Proportional Hazard Model):** Software, který umožňuje kvantifikovat závislosti mezi stavem a podmínkami činnosti jednotlivých komponent, jejich schopnosti pro nasazení do činnosti, a možné ovlivnění logistickými parametry v případě vzniku poruchy.
- **Super SPAR:** Velmi komplexní program sestavený na základě dlouholetých zkušeností pro dosažení pokročilých prediktivních modelů a optimalizace různých technologií. Velké uplatnění nalezl v obranném průmyslu.

1.12 Další producenti software pro spolehlivost

BMT Reliability Consultants Limited. <http://www.bmtrel.com/>

Reliass, Velká Británie. <http://www.reliass.com/>

Pister Group, Kanada. <http://www.pister.com>

Quality Systems Engineering, USA. <http://www.qseprocess.com/>

Rektron AB, Švédsko. <http://www.rektron.se>

Relcon AB, Švédsko. <http://www.riskspectrum.com>

T-Cube Systems, USA. <http://www.t-cubed.com>

Center for System Reliability (Lokheed Martin), USA. <http://reliability.sandia.gov>

Minitab, UK: <http://www.minitab.com/en-us/>

Matlab – MathWorks – USA: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>

R-Studio: <https://www.rstudio.com/>

1.13 Další možné softwarové single-produkty

MöbiusTM: (Model-Based Environment for Validation of System Reliability, Availability, Security, and Performance) jedná se o softwarový nástroj, který slouží k modelování chování složitých technických systémů. Původně byl určen ke studiu a modelování bezporuchovosti, pohotovosti a výkonu počítačů a počítačových sítí. V současnosti se využívá k modelování systémů s diskrétními jevy.

<http://www.mobius.uiuc.edu/>

EIREDA 2000: (European Industry Reliability Data Bank) jedná se o počítačovou, otevřenou databázi, která je určena k uspokojení požadavků zisku dat o riziku, bezpečnosti a analýzách pohotovosti v průmyslu. Mimo to poskytuje odhady parametrů bezporuchovosti mechanických, elektrických a nástrojových komponent. Odhady jsou většinou založeny na zkušenosti sledování těchto prvků po dobu minimálně 20 let.

2 Závěr

Přehled softwarových výrobců pro oblast spolehlivosti, který je zde prezentován, nelze v žádném případě považovat za úplný a vyčerpávající. Takový dokonalý přehled nelze připravit už s ohledem k charakteru Internetu (obrovský rozsah dynamicky se měnících informací). V každém případě je zde však uvedeno vše co by případnému vážnému zájemci o problematiku software pro oblast spolehlivosti nemělo zůstat utajeno.

Funkčnost všech uvedených odkazů byla při přípravě článku ověřena, to však nevylučuje možnost toho, že časem svoji funkčnost ztratí – změna je život.

Jelikož jsem tento článek připravoval z víceroch podkladů, jejichž autory byly různé osoby, rád bych závěrem doplnil, že uvítáme jakékoliv informace o zajímavých místech na síti, které nějakým způsobem souvisí s problematikou spolehlivosti, software a jejich aplikací nebo souvisejících produktů.

Poděkování

Vznik tohoto příspěvku byl podpořen Ministerstvem obrany ČR, Dílčí záměr rozvoje organizace „MOBAUT“ K202 a Specifický výzkum K202, Univerzita obrany v Brně.

3 Použité zdroje

- [1] VALIŠ, D. *Počítačová podpora ve spolehlivosti*. Praha: Česká společnost pro jakost, 2007.
- [2] *Item Software* [online]. USA: 2017 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://www.itemsoft.com>
- [3] *Crimson Quality LLC* [online]. USA: 2017 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://www.crimsonquality.com/products/>
- [4] *Relia Soft* [online]. USA: 2017 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://www.reliasoft.com/>
- [5] *A.L.D.* [online]. Izrael: 2017 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://www.ald.co.il>
- [6] *BQR Reliable Engineering* [online]. Izrael: 2017 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://www.bqr.com/>
- [7] *Isograph* [online]. USA: 2017 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <https://www.isograph.com/>
- [8] *Raytheon* [online]. USA: 2017 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://www.raytheon.com/businesses/rts/>
- [9] *Rockwell Collins* [online]. USA: 2017 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://www.rockwellcollins.com/>
- [10] *Sohar* [online]. Kanada: 2017 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://www.sohar.com/>
- [11] *Quanterion Solutions Incorporated* [online]. USA: 2017 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <https://www.quanterion.com/>
- [12] *Clockwork Solutions* [online]. USA: 2017 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://www.clockwork-solutions.com>
- [13] *BMT Reliability Consultants Limited* [online]. UK: 2017 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://www.bmrcl.com/>
- [14] *Reliass* [online]. UK/USA: 2017 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://www.reliass.com/>
- [15] *Pister Group* [online]. Kanada: 2017 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://www.pister.com>
- [16] *Quality Systems Engineering* [online]. USA: 2017 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://www.qseprocess.com/>
- [17] *Rektron AB* [online]. Švédsko: 2017 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://www.rektron.se/>
- [18] *Relcon AB* [online]. Švédsko: 2017 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://www.riskspectrum.com/en/risk/>
- [19] *T-Cube Systems* [online]. USA: 2017 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://www.t-cubed.com/>

- [20] *Center for System Reliability* [online]. USA: 2017 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://www.sandia.gov/CSR/>
- [21] *Minitab* [online]. UK/USA: 2017 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://www.minitab.com/en-us/>
- [22] *Matlab - MathWorks* [online]. UK/USA: 2017 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>
- [23] *Möbius* [online]. USA: 2017 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <https://www.mobius.illinois.edu/>

Softwarová predikce bezporuchovosti

Ing. Michal VINTR, Ph.D.

Nezávislý expert na spolehlivost a bezpečnost produktů

mvintr@mvintr.cz – www.mvintr.cz

1 Úvod

Příspěvek volně navazuje na příspěvek „Predikce bezporuchovosti – databáze a metodiky“ [1]) publikovaný v roce 2016 v rámci 63. semináře Odborné skupiny pro spolehlivost, ve kterém jsou uvedeny základní principy predikce bezporuchovosti prvků a představeny nejrozšířenější a nejpoužívanější databáze bezporuchovosti a metodiky používané pro predikci bezporuchovosti.

Cílem příspěvku je podrobněji prezentovat vybrané softwarové produkty pro podporu predikce bezporuchovosti. Příspěvek je zaměřen na jednoúčelové komerční softwary, se kterými se autor setkal nebo setkává z pozice uživatele a to zejména při řešení nejrůznějších projektů výzkumného a komerčního charakteru a při výukové činnosti.

2 Predikce bezporuchovosti

Predikci bezporuchovosti (reliability prediction) lze chápat jako proces získání hodnoty ukazatele bezporuchovosti před tím, než je ukazatel skutečně pozorovatelný (tj. typicky v počátečních etapách životního cyklu). Zjednodušeně lze na predikci bezporuchovosti nahlížet jako na předpověď ukazatele bezporuchovosti v počátečních etapách životního cyklu produktu [1].

Predikci bezporuchovosti prvků lze provádět s využitím nejrůznějších informačních zdrojů. Dále jsou uvedeny zdroje informací o bezporuchovosti prvků seřazené podle úrovně jejich věrohodnosti [1]:

- informace o bezporuchovosti prvku garantované výrobcem;
- průkazné výsledky zkoušek (sledování) spolehlivosti stejného (srovnatelného) prvku;
- informace o bezporuchovosti získané s využitím přístupu „Physics-of-Failure“;
- standardizované výpočty bezporuchovosti prvků (metodiky predikce bezporuchovosti);
- specializované databáze informací o bezporuchovosti prvků (databáze bezporuchovosti);
- obecné databáze informací o bezporuchovosti prvků;
- expertní odhady.

Dále prezentované softwarové produkty pro podporu predikce bezporuchovosti umožňují provádění predikce bezporuchovosti dle jedné konkrétní metodiky predikce nebo databáze bezporuchovosti, případně dle více metodik nebo databází.

Databáze bezporuchovosti poskytují pro konkrétní typy prvků (např. šroub s šestihlannou hlavou) číselné hodnoty ukazatelů bezporuchovosti. Mezinárodně uznávané a nejčastěji používané databáze bezporuchovosti v oblasti strojírenství, elektrotechniky a elektroniky jsou NPRD, EPRD a SPIDRTM.

Metodiky predikce bezporuchovosti obsahují pro jednotlivé skupiny prvků (např. rezistory) výpočtové postupy, které umožňují volbou nejrůznějších koeficientů zohlednit konkrétní reálnou situaci a vypočítat hodnotu ukazatele bezporuchovosti. Mezinárodně uznávané a nejčastěji používané metodiky predikce bezporuchovosti v oblasti strojírenství, elektrotechniky a elektroniky jsou MIL-HDBK-217, PRISM[©], 217Plus[™], FIDES, RDF 2000, Telcordia SR-332, Siemens SN29500 a NSWC.

Podrobnější informace o jednotlivých databázích a metodikách lze nalézt v již zmiňovaném dřívějším příspěvku autora [1].

3 Softwary pro predikci bezporuchovosti

Jedním z hlavních cílů softwarů pro predikci bezporuchovosti je umožnění provádění predikce bezporuchovosti efektivnější formou než „tužkou na papíře“. V některých případech je použití specifického softwaru jedinou možností jak provést predikci bezporuchovosti dle dané databáze nebo metodiky.

Na trhu je dostupné široké spektrum softwarů od zdarma dostupných, přes jednoúčelové komerční (určené pouze pro predikci bezporuchovosti), až po komplexní komerční (určené pro celé spektrum činností v oblasti spolehlivosti). Podrobnější informace lze nalézt v již zmiňovaném dřívějším příspěvku autora [1] z roku 2016. Za rok od vzniku uvedeného příspěvku jsou informace o softwarech stále platné (ověřeno v květnu 2017).

Příspěvek je dále zaměřen na představení vybraných jednoúčelových komerčních softwarů.

4 Představení a ukázky softwarů

V dalších podkapitolách jsou stručně představeny následující jednoúčelové komerční softwary:

- Quanterion Automated Databook
- SPIDR[™]
- 217Plus[™] (verze 2006)
- 217Plus[™]:2015 Calculator

Výběr je omezen na softwary, se kterými má autor praktické zkušenosti. Ve výčtu chybí snad jen jediný významný jednoúčelový software – PRISM[©] – se kterým autor nemá relevantní zkušenosti.

Ukázky predikce bezporuchovosti v jednotlivých softwarech byly prezentovány na semináři.

4.1 Quanterion Automated Databook

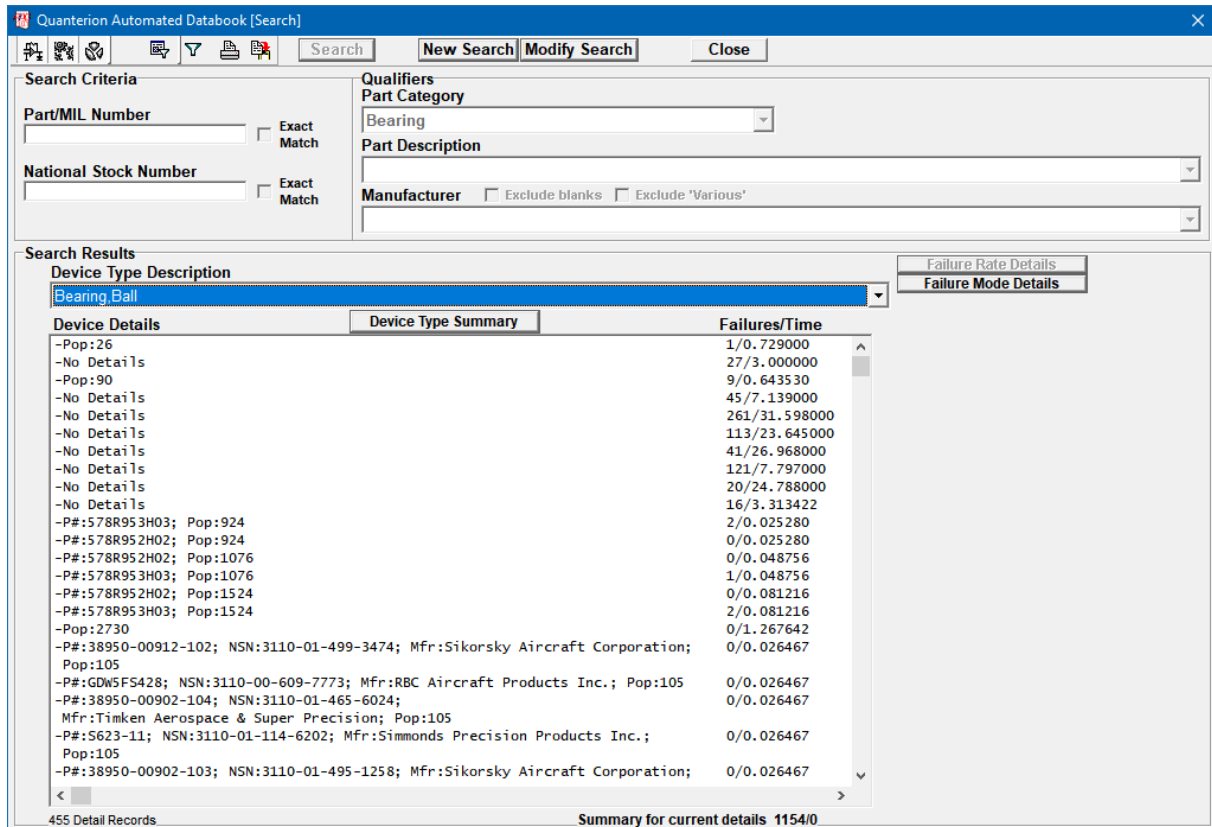
Quanterion Automated Databook je software pro provádění predikce bezporuchovosti jednotlivých prvků dle databází NPRD-2016, EPRD-2014 a FMD-2016, který vytvořila americká společnost Quanterion Solutions Incorporated. Předchůdcem byl software RIAC Automated Databook, vytvořený již neexistující americkou společností Reliability Information Analysis Center (RIAC). Poslední verze software je z roku 2015. Software lze zakoupit na stránkách producenta: <https://www.quanterion.com/>.

Přímým konkurentem je software „SPIDR[™]“ (viz kapitola 4.2).

Na semináři byla prezentována verze software z roku 2014 pokrývající databáze NPRD-2011, NPRD-2014 a FMD-2013. Rozhraní pro vyhledávání je zobrazeno na Obr. 1. Rozhraní s příkladem výsledků predikce bezporuchovosti je zobrazeno na Obr. 2.

Mezi hlavní výhody patří rozšířenost a známost obsažených databází, jednoduché uživatelské rozhraní, aktuálnost software, jeho kompatibilita a neustále probíhající vývoj.

Mezi hlavní nevýhody patří nemožnost predikce pro celé systémy (zadání struktury systému), pracnost predikce (nezbytnost vyhledávat údaje po jednom) a nepřiliš moderní uživatelské rozhraní.



Obr. 1: Quanterion Automated Databook – Rozhraní pro vyhledávání

Summary Information						
Source Information						
Quality	Env	Source	Failure Rate	Number Failed	Hrs/Miles/Cyccs	Close
			2.230326			
			< 0.001187M			
Commercial			5.568389			
	A	NPRD-053	1.371742	1	0.729000	
	AUT	NPRD-090	9.000000	27	3.000000	
	GF	NPRD-011	13.985362	9	0.643530	
Military			1.280847			
	A		5.292395			
		25199-000	7.899424	306	38.737000	
		NPRD-106	3.545758	295	83.198000	
	AI	NPRD-002	4.828845	16	3.313422	
	AIF	18212-000	16.102852	5	0.310504	
	AIT	15242-000	< 0.788866	0	1.267642	
	ARW		7.108283			
		221006-000	< 0.944572	0	1.058680	
		221007-000	< 0.929852	0	1.075440	
		221008-000	< 0.929264	0	1.076120	
		221009-000	< 0.980392	0	1.020000	
		221010-000	< 0.922986	0	1.083440	
		221011-000	< 0.888194	0	1.125880	
		221012-000	< 0.944251	0	1.059040	
		221013-000	< 1.017542	0	0.982760	
		221014-000	< 1.185452	0	0.843560	
		221015-000	< 1.205738	11	0.840000	

Summary Record 1 of 79

Obr. 2: Quanterion Automated Databook – Rozhraní s výsledky predikce

4.2 SPIDR™

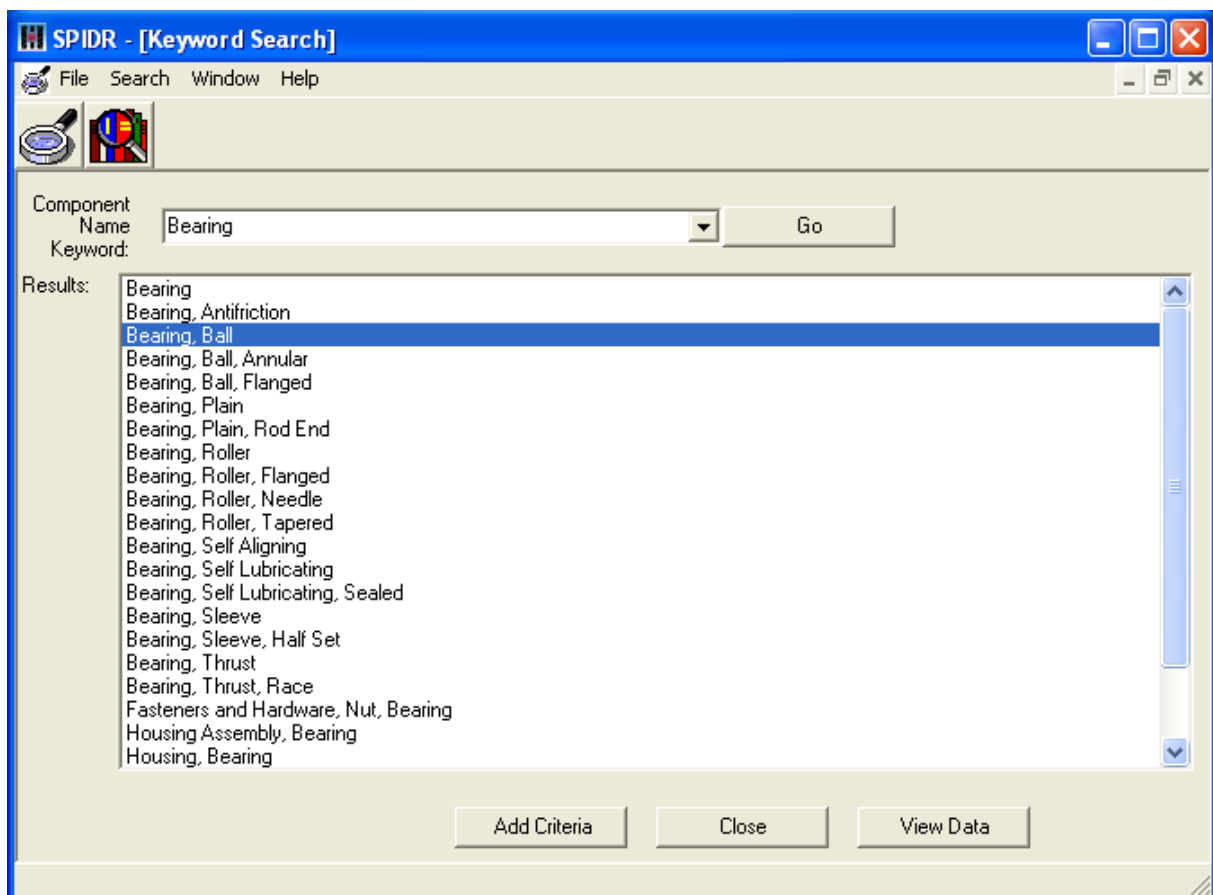
SPIDR™ je software pro provádění predikce bezporuchovosti jednotlivých prvků dle stejnojmenné databáze SPIDR™, který vytvořila americká společnost System Reliability Center (SRC) (dříve RAC). První a současně poslední verze je z roku 2006. Software lze zakoupit na stránkách producenta: <http://src.alionscience.com/>.

Přímým konkurentem je software „Quanterion Automated Databook“ (viz kapitola 4.1).

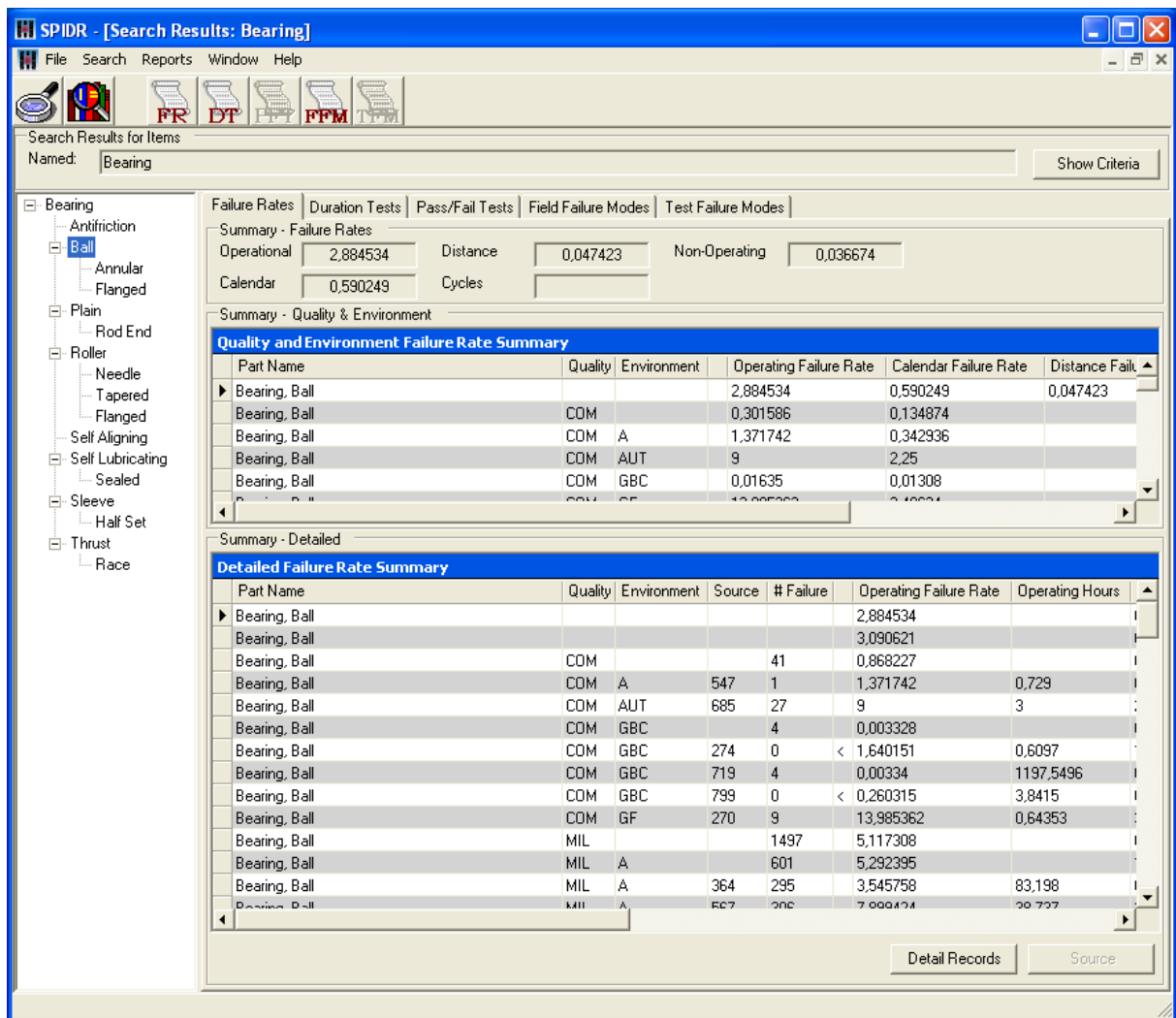
Na semináři byla prezentována verze software z roku 2006. Rozhraní pro vyhledávání je zobrazeno na Obr. 3. Rozhraní s příkladem výsledků predikce bezporuchovosti je zobrazeno na Obr. 4.

Mezi hlavní výhody patří relativně moderní uživatelské rozhraní (oproti konkurenci), možnost pokročilého vyhledávání, snadné procházení výsledků a široké možnosti vytváření reportů.

Mezi hlavní nevýhody patří neaktuálnost jak databáze, tak software, nekompatibilita s moderními operačními systémy, pravděpodobně ukončený vývoj a nemožnost predikce pro celé systémy (zadání struktury systému).



Obr. 3: SPIDR™ – Rozhraní pro vyhledávání



Obr. 4: SPIDR™ – Rozhraní s výsledky predikce

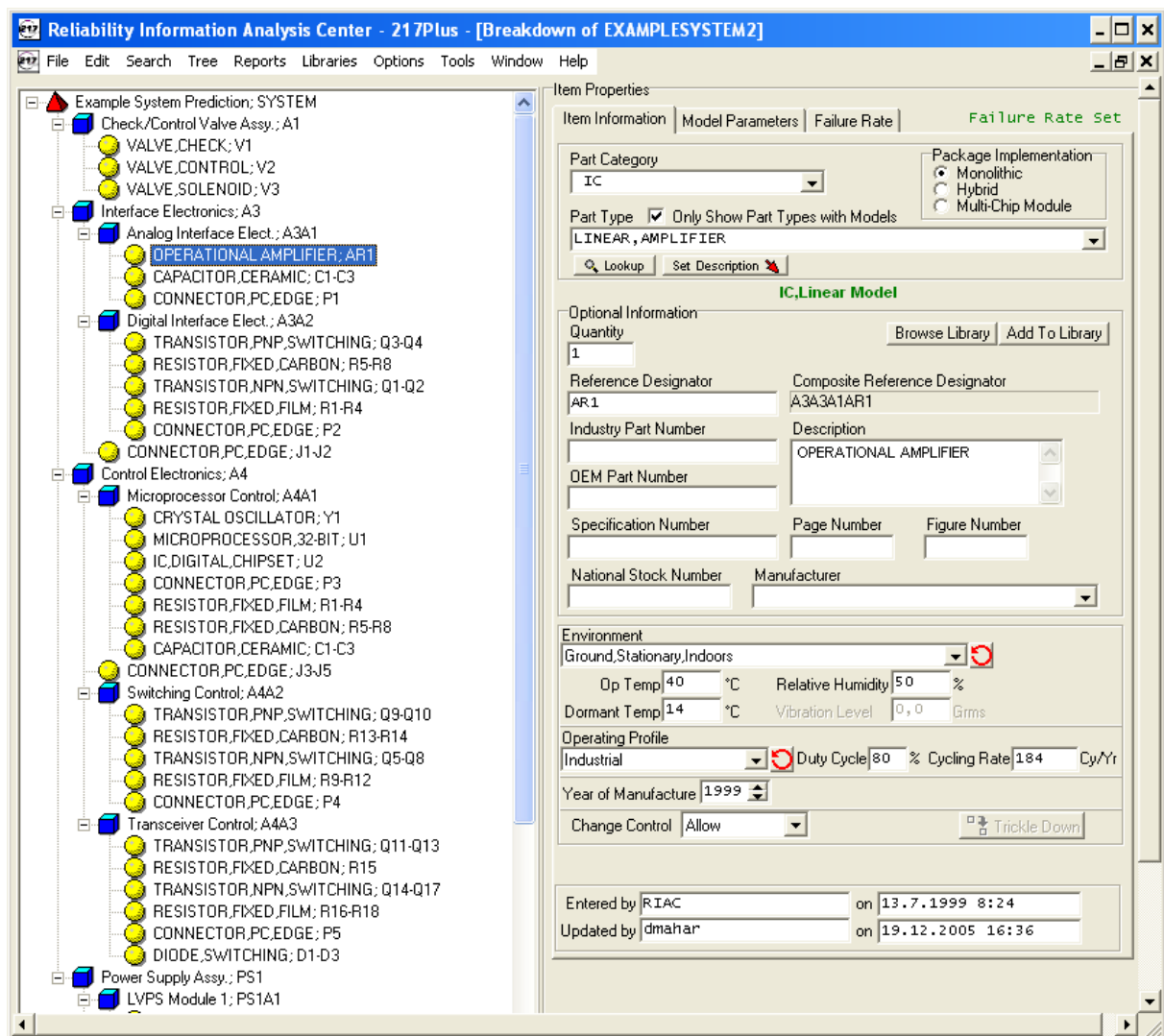
4.3 217Plus™ (verze 2006)

217Plus™ je samostatný software určený pro provádění predikce bezporuchovosti prvků a systémů dle původní metodiky 217Plus™ vydané v roce 2006. Software vytvořila již neexistující americká společnost Reliability Information Analysis Center (RIAC). Novější následovník (s výrazně odlišným uživatelským prostředím) je popsán v kapitole 4.4. Software roku 2006 již není běžně dostupný.

Na semináři byla prezentována verze software z roku 2006. Rozhraní pro predikci bezporuchovosti prvků a systému je zobrazeno na Obr. 5.

Mezi hlavní výhody patří relativně moderní uživatelské rozhraní podobné rozhraním komplexních softwarů pro spolehlivost, přehlednost při používání, možnost zadání struktury systému, možnost predikce pro celý systém.

Mezi hlavní nevýhody patří neaktuálnost software, nekompatibilita s moderními operačními systémy a pravděpodobně ukončený vývoj softwarového rozhraní (vývoj metodiky pokračuje, viz kapitola 4.4).



Obr. 5: 217Plus™ – Rozhraní pro predikci bezporuchovosti prvků a systému

4.4 217Plus™:2015 Calculator

217Plus™:2015 Calculator je software (ve formě souboru MS Excel) určený pro provádění predikce bezporuchovosti prvků a systémů dle metodiky 217Plus™:2015. Software vytvořila americká společnost Quanterion Solutions Incorporated. Předchůdce (z roku 2006) je popsán kapitole 4.3. První a zatím poslední verze ve formátu MS Excel je z roku 2015. Software lze zakoupit na stránkách producenta: <https://www.quanterion.com/>.

Na semináři byla prezentována verze software z roku 2015. Jedná se o naprogramovaný soubor MS Excel obsahující mnoho listů s návody, vstupními hodnotami a výsledky. Jednotlivé listy jsou vzájemně provázány. Ukázka listu pro zadání informací o prvcích je zobrazena na Obr. 6. Ukázka listu s výsledky predikce je zobrazena na Obr. 7.

Mezi hlavní výhody patří aktuálnost jak metodiky, tak software, forma, kompatibilita a neustále probíhající vývoj.

Mezi hlavní nevýhody patří složitost používání, jistá míra nepřehlednosti uživatelského rozhraní v Excelu a omezení počtu subsystémů při zadávání struktury systému.

Part Category/ Part Type	Part Number, Description or Reference Designators	Part Number, Description or Reference Designators	Qty	T _{ao}	T _{ae}	RH %	Y	DC	CR	Stress Ratio	Vib (Grms)
Diode, Current Regulator			5								
Capacitor, General			10								
Capacitor, Plastic			2								

Obr. 6: 217Plus™:2015 Calculator – List pro zadání informací o prvcích

SYSTEM SUMMARY				
Company or Organization Name:				
System Name or Model Number:				
217Plus Analysis Complete Date:		Reliability Analyst:		
Report / Document Number:		Include Software?	No	
217Plus:2015 Results (Failure Rates per 10⁶ Calendar Hours, MTBF in Calendar Hours)				
HW Failure Rate Total:	0,016791	SW Failure Rate Total:	0,000000	
System Failure Rate:	0,016791	System MTBF (Hrs):	59 555 286	
Mission Duration (Calendar Hours):	10000,00	Reliability (R):	0,999832	
Equivalent Operating Hour-based System Results (Failure Rate per 10⁶ Operating Hours, MTBF in Operating Hours)				
System Failure Rate:	0,055970	System MTBF (Hrs):	17 866 586	
Analysis Parameters				
Environment Profile	12- Ground	Process/Source	Symbol	Value
Operating Temperature (°C)	35	Design	π_D	0,094085
Non-Operating Temperature (°C)	17	Manufacturing	π_M	0,142422
Vibration (G _{RMS})	0	Parts Quality	π_P	0,243130
Relative Humidity (%)	40	System Management	π_S	0,036012
		Cannot Duplicate	π_N	0,237019
Operating Profile	04- Consumer	Induced	π_I	0,141194
Duty Cycle	30,0%	Wearout	π_W	0,106283
Cycle Rate (Cycles/year)	368	Growth	π_G	1,000000
Default Year of Manufacture	2014	Environmental	π_E	1,024606
Process Grade Factor Model	Inherent	Infant Mortality	π_{IM}	0,972205
Process Grade Factor Source	Default-Values	Process Grade Factor	PGF	0,620439

Obr. 7: 217Plus™:2015 Calculator – List s výsledky predikce

5 Závěr

V příspěvku byly prezentovány vybrané jednoúčelové softwarové produkty pro podporu predikce bezporuchovosti. Konkrétně se jednalo o Quanterion Automated Databook, SPIDR™, 217Plus™ (verze 2006) a 217Plus™:2015 Calculator, se kterými má autor příspěvku zkušenosti jako uživatel. U každého softwaru byly, mimo jiné, uvedeny jeho výhody a nevýhody z hlediska uživatele.

Ukázky predikce bezporuchovosti v jednotlivých softwarech byly posluchačům prezentovány na semináři.

6 Použité zdroje

- [1] VINTR, M. Predikce bezporuchovosti – databáze a metodiky. In *Prediktivní analýzy spolehlivosti a možnosti jejich využití II*. Praha: Česká společnost pro jakost, 2016, s. 10–30. ISBN 978-80-7231-469-0.
- [2] ČSN IEC 60050-192. *Mezinárodní elektrotechnický slovník - Část 192: Spolehlivost*. Praha: ÚNMZ, 2016.
- [3] EPRD-2014. *Electronic Parts Reliability Data 2014*. Utica: Quanterion Solutions Incorporated, 2014.
- [4] FMD-2016. *Failure Mode/Mechanism Distributions 2016*. Utica: Quanterion Solutions Incorporated, 2015.
- [5] *Handbook of 217Plus™ Reliability Prediction Models*. Utica: Reliability Information Analysis Center (RIAC), 2006.
- [6] NPRD-2016. *Nonelectronic Parts Reliability Data 2016*. Utica: Quanterion Solutions Incorporated, 2015.
- [7] <https://www.quanterion.com/>
- [8] <http://src.alionscience.com/>

Prohlášení autora

Autor příspěvku považuje za důležité sdělit čtenářům, že za příspěvek a prezentaci uvedených softwarů mu nebyly poskytnuty žádné výhody (finanční i nefinanční) od producentů nebo distributorů těchto softwarů. Ve vztahu k uvedeným softwarům autor je nebo vždy byl koncovým uživatelem.

Softwarové modelování bezporuchovosti systémů

**Ing. Lenka Vintrová
Jan Nečas**

IFE-CR, a.s., Evropská 839, 664 42 Modřice

Lenka.Vintrova@knorr-bremse.com

Jan.Necas@knorr-bremse.com

1 Úvod

V tomto příspěvku bude představen software Reliability Workbench od společnosti Isograph (<https://www.isograph.com/>), který používá společnost IFE CR, a.s., která je divizí Knorr-Bremse GmbH. Konkrétně bude představen modul “FaultTree+”, který je používán oddělením RAMS/LCC pro analýzu stromu poruchových stavů (FTA).

Společnost IFE se zabývá vývojem a výrobou automatických nástupních systémů pro kolejová vozidla. Což zahrnuje dveře a jejich pohon s řídicí jednotkou, případně i schod nebo schody a jeho/jejich pohon a zařízení k nouzovému otevření dveří. Více o společnosti IFE se můžete dozvědět na stránkách: <http://www.ife.cz/>.

2 FTA

Z důvodu zaměření příspěvku na software a omezeného prostoru v tomto sborníku, se v příspěvku nebudeme zabývat teorií a základy analýzy stromu poruchových stavů (FTA).

Podrobné informace o FTA lze nalézt v odborných knihách (např. [1]), v relevantních standardech (např. [3] a [4]) nebo ve sborníku z dřívějšího semináře Odborné skupiny pro spolehlivost [2].

3 Použití FTA ve společnosti IFE

Obecně platí, že struktura stromu poruchových stavů pro daný systém je nejednoznačná a může záviset na tom, kdo analýzu provádí (analytikovi). Na druhou stranu by měla být většina analýz podobná, protože se týká téměř stejných skupin komponentů podobných systémů. Proto je v IFE zavedena standardizace jednotlivých FTA.

Při zpracování nové FTA se vychází ze standardizované části FTA, která se přetvoří na analýzu pro konkrétní dveřní systém. Standardizované části FTA jsou vytvořeny pro takové vrcholové události, které jsou často požadovány zákazníky (např.: dveře se otevrou za jízdy; dveře se otevrou, když vlak stojí, ale dveře nejsou povoleny k otevření; nouzové otevírání dveří selže; ...).

Standardizované FTA umožňují rychlejší syntézu nových FTA, aniž by každý autor musel vytvářet nové definice pro každý nový projekt. Čitelnost FTA je tak pro autory, zákazníky a další zainteresované osoby vyšší. Výhodou je také snížení počtu dotazů od zákazníků k těmto analýzám.

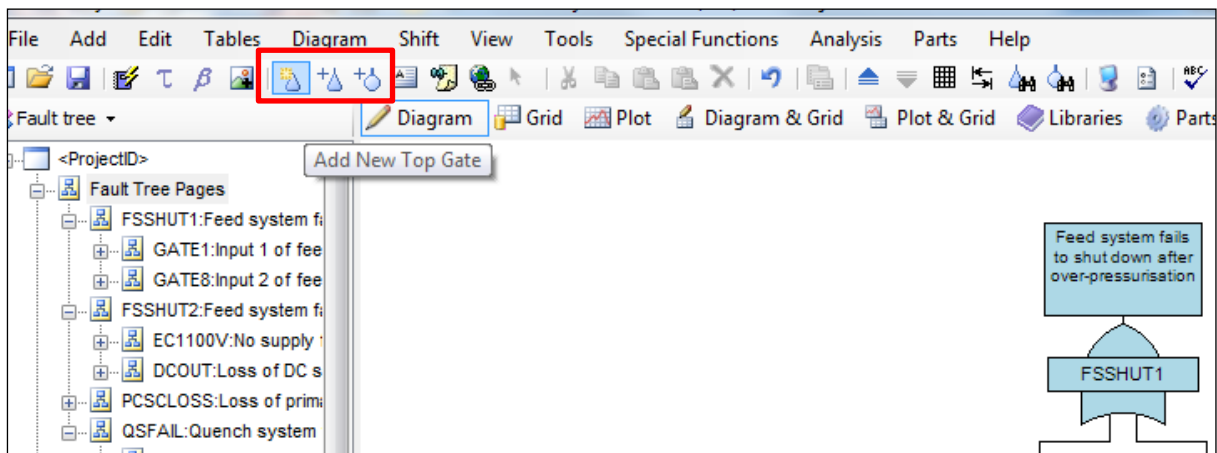
Standardizované FTA jsou zpracovány v software Reliability Workbench v modulu FaultTree+, ve kterém se také přepracovávají na nové FTA pro konkrétní projekty.

4 Práce v software Reliability Workbench FaultTree+

Vzhledem k omezenému rozsahu příspěvku se budeme zabývat jen základními nastaveními a základním vytvářením stromů poruchových stavů v modulu FaultTree+ software Reliability Workbench (RWB).

4.1 Spuštění software a vytváření událostí a hradel

Po otevření RWB je vidět základní obrazovka. Nejdříve je potřeba vytvořit vrcholovou událost – kliknutím v menu “Add → New Top Gate” nebo na ikonu (viz Obr. 1).

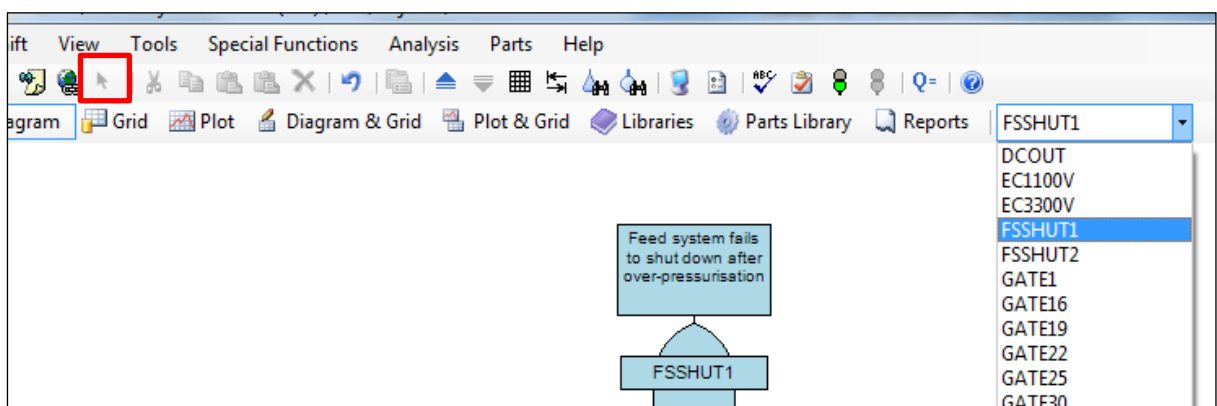


Obr. 1: Vytvoření vrcholové události

Nyní lze začít vytvářet strom poruchových stavů. Klikáním na ikony (viz červený obdélník na Obr. 1) nebo z menu „Add“ lze přidávat další události nebo základní události.

Další strom poruchových stavů se vytvoří přidáním další vrcholové události. Mezi stromy se lze přepínat (viz Obr. 2, okno na levé straně).

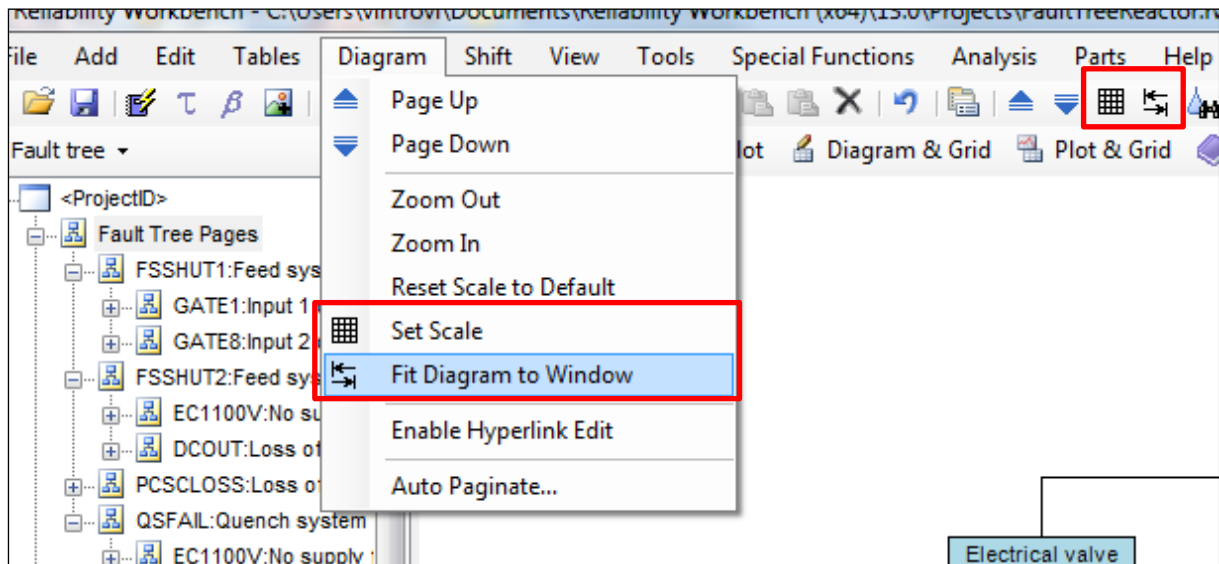
Pro manipulaci s událostmi po jejich vytvoření je třeba aktivovat „Clear Add Mode“ kliknutím na šipku. (viz Obr. 2, červený čtverec).



Obr. 2: Přepínání mezi vrcholovými událostmi a „Clear Add Mode“

4.2 Přibližování a měřítko stromu poruchových stavů

Aby byl dobře vidět strom poruchových stavů nebo jeho část, lze strom poruchových stavů přibližovat nebo jej zobrazit celý. Celý strom poruchových stavů se zobrazí po kliknutí na „Fit Diagram to Window“ ikonu s černými šipkami (viz Obr. 3). Měřítko zobrazení lze nastavit kliknutím na ikonu s černou mřížkou „Set Scale“ (viz Obr. 3) a vepsáním měřítka v rozmezí 0,01 až 10 nebo použitím „Zoom In/Zoom Out“ v menu „Diagram“.



Obr. 3: Přibližování a měřítko stromu poruchových stavů

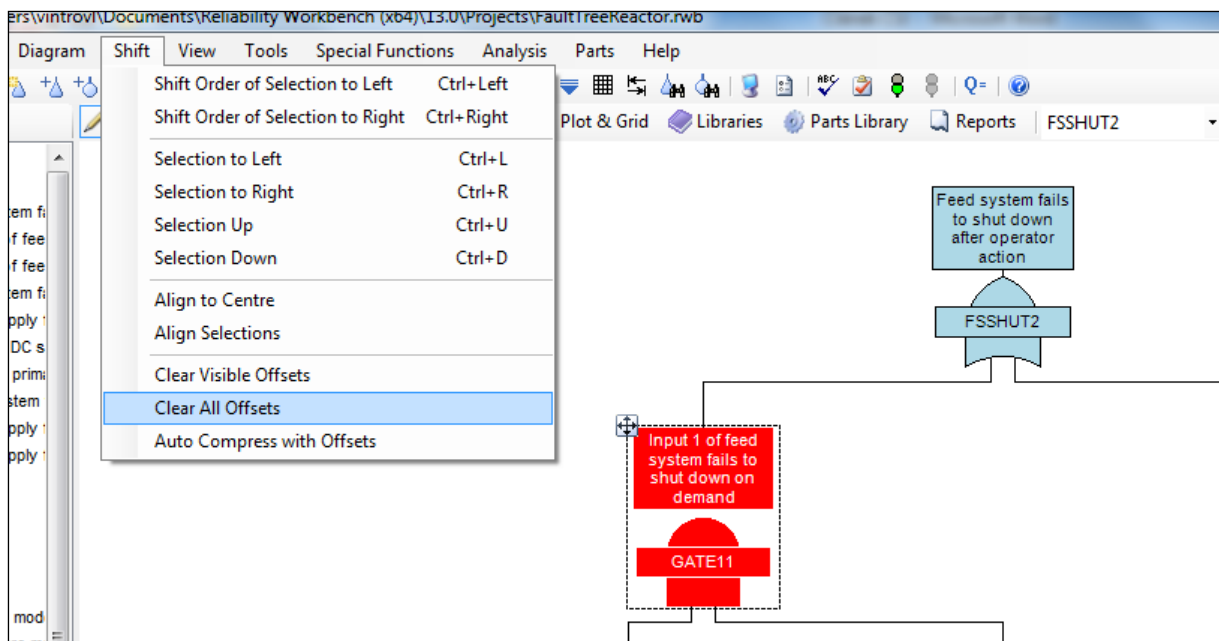
4.3 Posouvání a hledání

Posouvat událostmi ve stromu poruchových stavů lze několika způsoby:

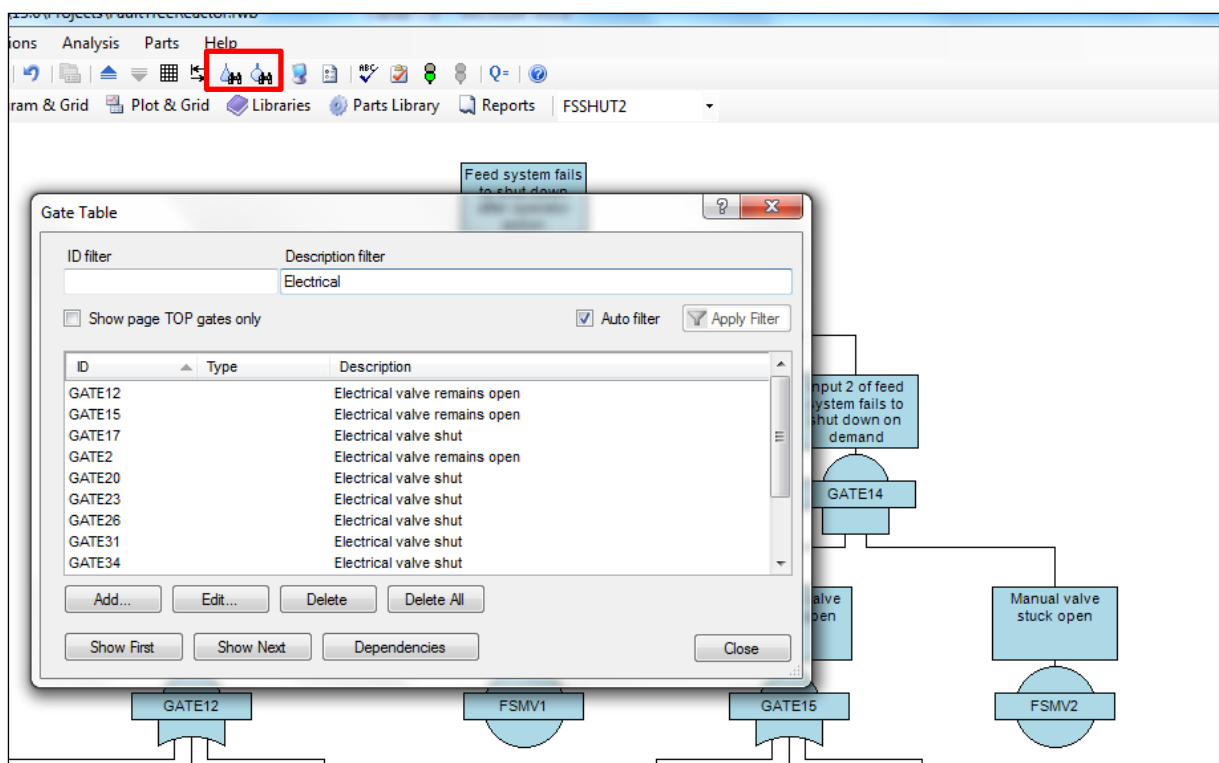
- Klávesami CTRL + šipky doprava a doleva posouvá událost daným směrem mezi událostmi patřícími pod stejnou nadřazenou událost.
- Kliknutím na událost a poté na křížek v levém horním rohu (držením a táhnutím) (viz Obr. 4).
- Kliknutím na „Clear All Offsets“ v nabídce „Shift“ lze vyrovnat všechny události ve stromu poruchových stavů a odstranit tak přebytečné mezery (viz Obr. 4).

Vyhledávat události lze kliknutím na ikonu „Search Gate Table“ nebo „Search Event Table“. Je tedy třeba rozlišovat, zda se hledá mezilehlá událost nebo základní událost. Až je událost nalezena v seznamu, kliknutím na „Show First“ se událost červeně zvýrazní ve stromu poruchových stavů (viz Obr. 5).

Při vyhledávání v rozsáhlých stromech poruchových stavů je třeba nejprve zobrazit celý strom poruchových stavů pomocí „Fit to Window“. Pokud není zobrazen celý strom poruchových stavů, zvýrazněná událost není vidět. Software automaticky nepřepne zobrazení na tuto událost.



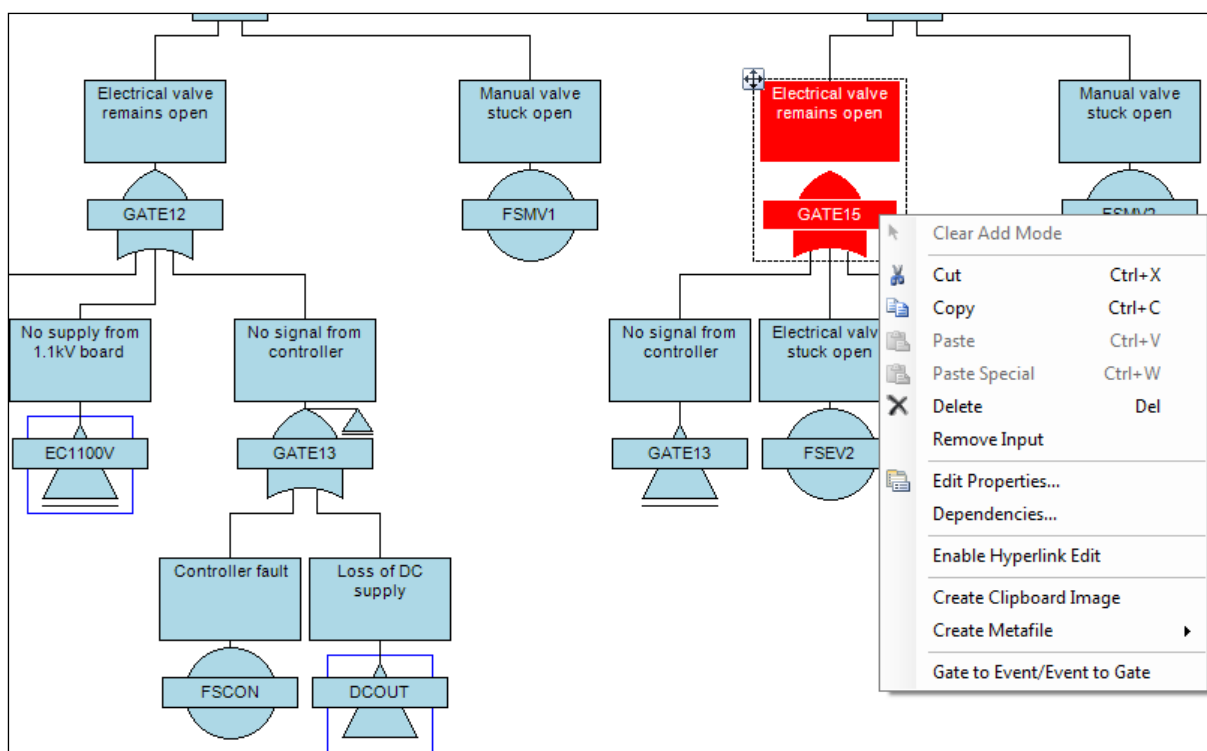
Obr. 4: Posouvání událostí ve stromu poruchových stavů



Obr. 5: Hledání událostí ve stromu poruchových stavů

4.4 Kopírování, vkládání, mazání a přesouvání událostí

V softwaru RWB lze ke kopírování událostí použít obvyklý přístup – vybrat událost, zmáčknout pravé tlačítko na myši a vybrat možnost „Copy“ nebo zmáčknout klávesovou zkratku CTRL+C, poté označit událost, pod kterou přijde kopírovaná událost vložit a vybrat „Paste“ nebo zmáčknout klávesovou zkratku CTRL+V. Takto se vytvoří „transfer gate“ tzn. událost s hradlem transfer. RWB považuje tyto události za jednu. Původní mezilehlá událost je označena malým trojúhelníkem a zkopírovaná mezilehlá událost je označena velkým trojúhelníkem a dále se nevětví (viz Obr. 6, „GATE13“). Všechna nastavení původní mezilehlé události jsou automaticky aplikována i na druhou mezilehlou událost. Základní události nejsou označeny trojúhelníky, ale také je na ně aplikován stejný princip nastavení.



Obr. 6: Kopírování, vkládání, mazání a přesouvání událostí

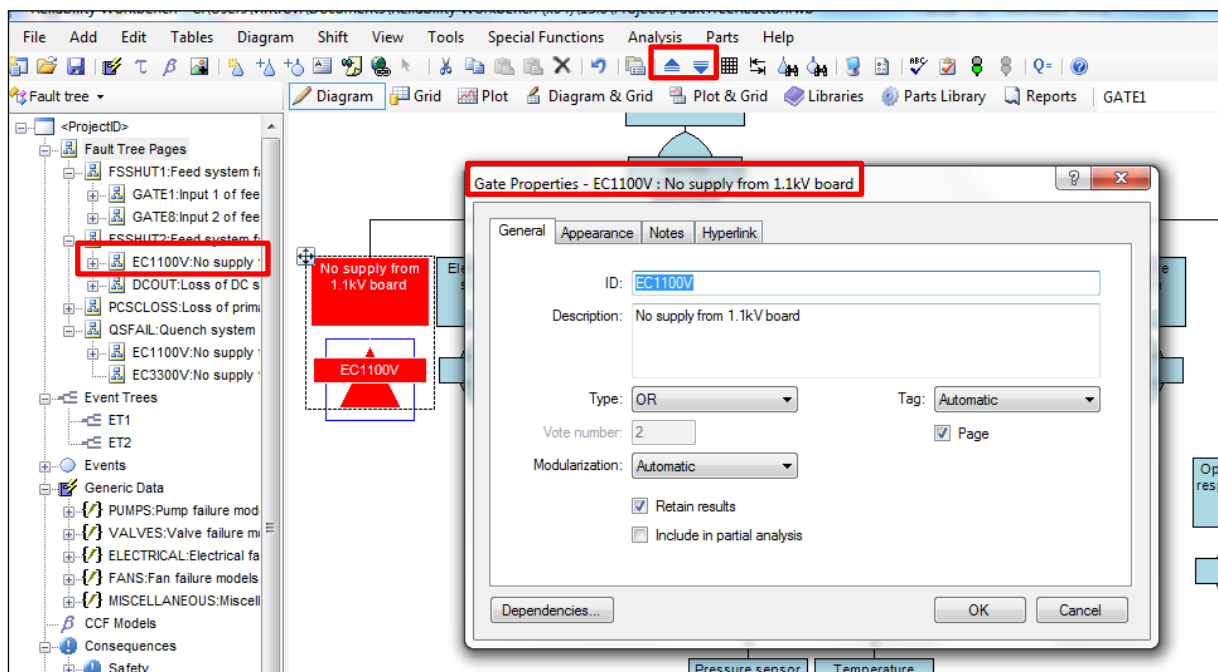
Události se odstraňují dvěma způsoby. Kliknutím na pravé tlačítko myši a vybráním „Delete“ nebo klávesou „Delete“. Takto se odstraní obě události (originální i zkopírovaná). Pokud je třeba odstranit pouze jednu z nich, lze to provést kliknutím na pravé tlačítko myši a zvolením „Remove Input“.

Kopírováním lze vytvořit i individuální událost, která nebude provázaná s původní událostí, pokud při vkládání zmáčkneme pravé tlačítko myši a vybereme možnost „Paste Special“. Takto je vytvořena událost se stejnými vlastnostmi jako původní, ale novým označením („ID“).

4.5 Vlastnosti mezilehlých událostí a jejich hradel

U mezilehlých událostí lze definovat jejich vlastnosti. Dvojklikem na mezilehlou událost se otevře okno s vlastnostmi (viz Obr. 7):

- ID – unikátní označení mezilehlé události.
- Description – popis mezilehlé události (např. ztráta napětí z desky).
- Type – typ hradla (AND, OR, NOT, XOR, TRANSFER, NULL, ...).
- Zaškrtnutím políčka „Page“ lze celý strom poruchových stavů pod touto událostí odeslat na jinou stranu. Tato větev je označena trojúhelníkem. Otevřít ji lze na levé straně obrazovky v sekci „Modul Selector“ nebo ikonami s modrou šipkou „Page Up“ a „Page Down“. (viz Obr. 7).
- V záložce „Appearance“ lze měnit barvu a písmo.
- V záložce „Notes“ lze vkládat poznámky.

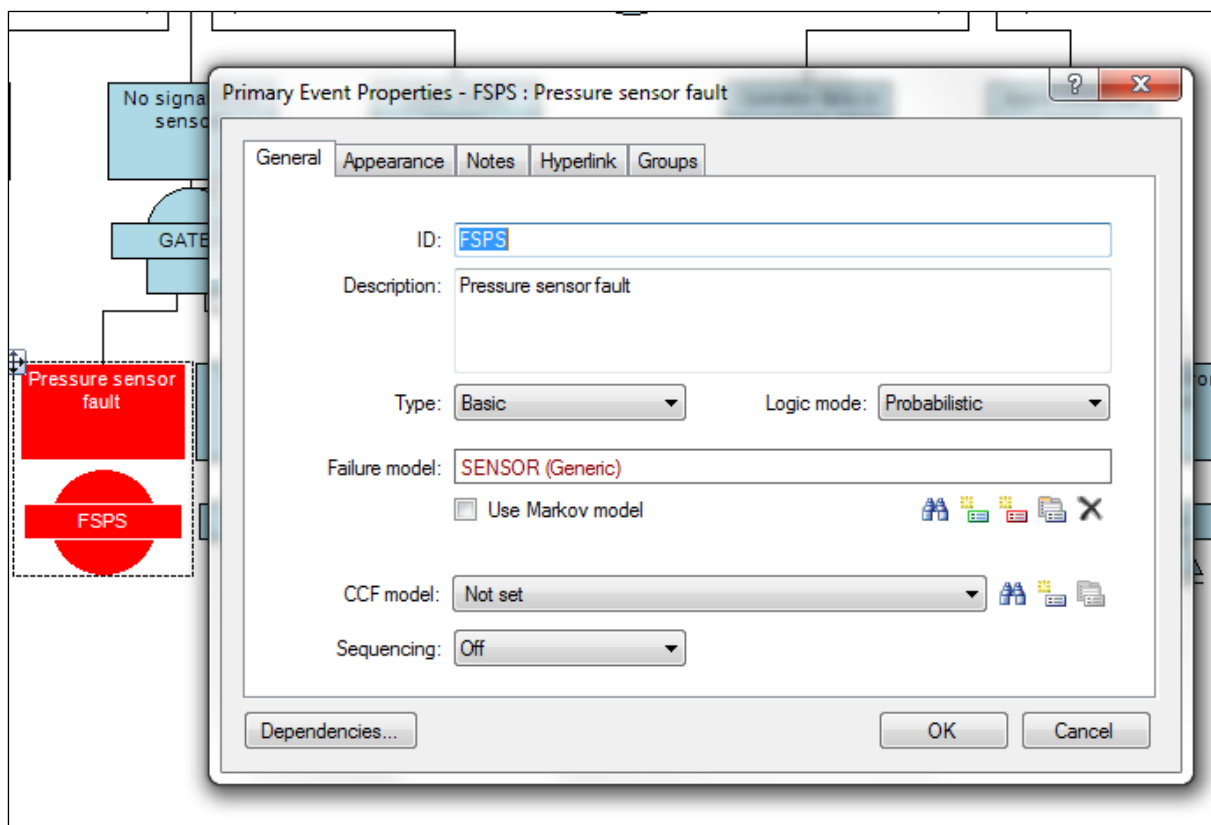


Obr. 7: Vlastnosti mezilehlé události

4.6 Vlastnosti základních událostí a modely poruch

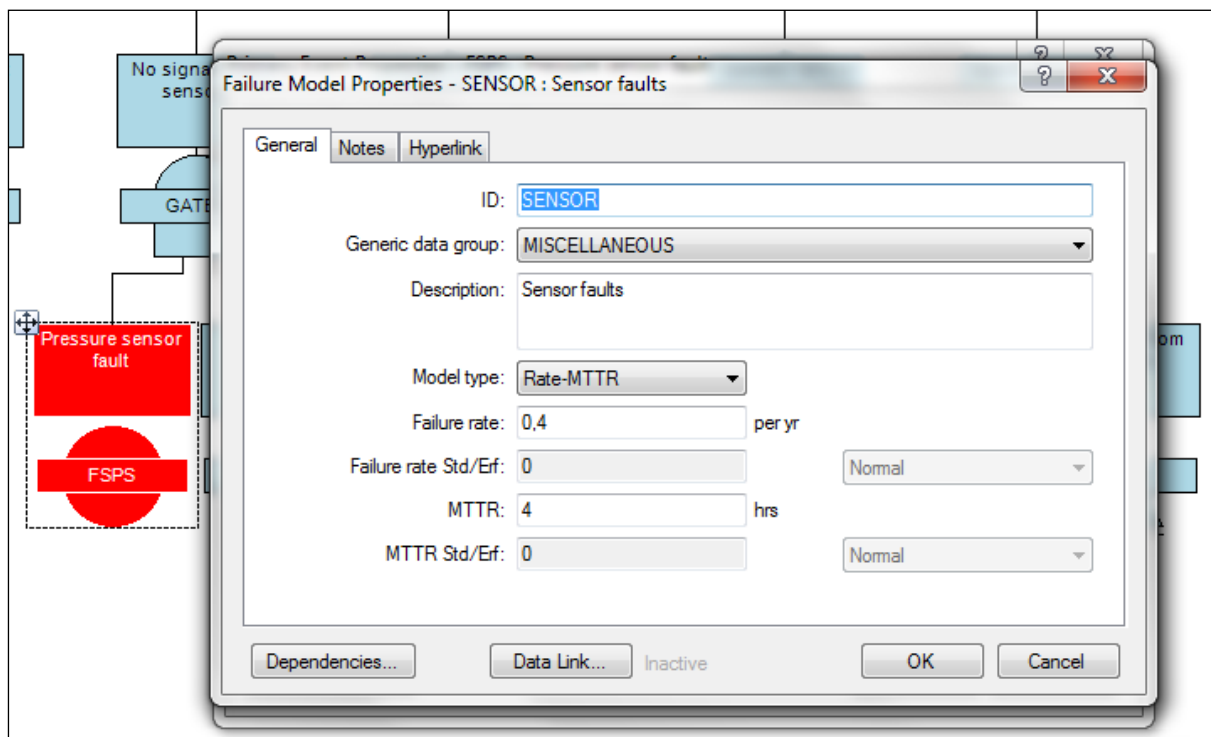
Dvojklikem na základní událost se otevře okno s jejími vlastnostmi (viz Obr. 8):

- ID – unikátní označení základní události.
- Description – popis základní události (např. selhání tlakového senzoru).
- Type – typ základní události lze nastavit na: Basic, Undeveloped, Conditional, House, Dormant.
- Failure model – v poli se uvádí jméno modelu poruchy použitého pro tuto základní událost. Detailnější popis viz dále.
- V záložce „Appearance“ lze měnit barvu a písmo.
- V záložce „Notes“ lze vkládat poznámky.



Obr. 8: Vlastnosti základní události

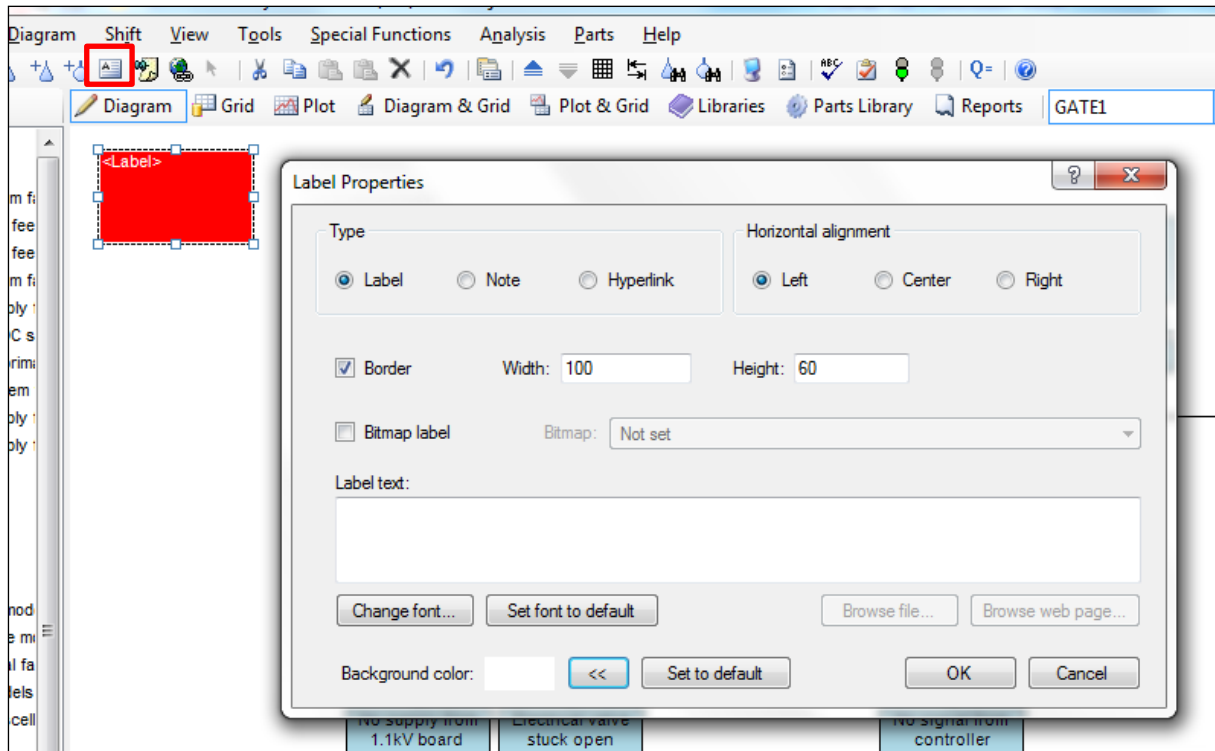
Failure model (viz Obr. 9) lze vytvořit nový nebo vybrat ze seznamu již vytvořených nebo importovaných.



Obr. 9: Vlastnosti „Failure model“

4.7 Textové pole

Do schématu stromu poruchových stavů lze vložit textové pole kliknutím na ikonu „Add Label“. Dvojklikem na poznámku se otevře okno s vlastnostmi, ve kterém lze vyplnit text pole nebo změnit jeho vlastnosti jako jsou: barva písma a pozadí, font a zarovnání písma a další (viz Obr. 10). Do textových polí lze vkládat i obrázky.



Obr. 10: Textové pole

4.8 Další možnosti Reliability Workbench FaultTree+

Software nabízí i další funkce a nastavení, které nebudou z důvodu omezeného rozsahu podrobněji popisovány. Například:

- Import způsobů poruch z FMECA.
- Nastavení vlastností projektu (název, datum, autor, schvalující).
- Nastavení výpočetní metody.
- Nastavení zobrazení výsledků ve stromě.
- Tisk stromů do pdf.
- Export kritických řezů do excelu.
- Knihovny stromů poruchových stavů.

5 Závěr

V příspěvku byl představen modul FaultTree+ software Reliability Workbench od společnosti Isograph. Stručně byl nastíněn způsob použití FTA ve společnosti IFE a na značném prostoru byly popsány detaily práce se softwarem RWB.

Vzhledem k důvěrnému charakteru informací, které jsou předmětem FTA ve společnosti IFE, byly na všech obrázcích použity obecné příklady stromů poruchových stavů a souvisejících informací.

6 Reference

- [1] HOLUB, R. – VINTR, Z. Spolehlivost letadlové techniky [Elektronická učebnice]. Brno: VUT v Brně, 2001.
- [2] VINTR, Z. Analýza stromu poruchových stavů – Fault Tree Analysis (FTA). In *Prediktivní analýzy spolehlivosti a možnosti jejich využití*. Praha: Česká společnost pro jakost, 2015, s. 34–47. ISBN 978-80-7231-965-7.
- [3] ČSN EN 61025 *Analýza stromu poruchových stavů (FTA)*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [4] NASA Office of Safety and Mission Assurance. *Fault Tree Handbook for Aerospace Applications*. Washington: NASA, 2002.
- [5] Interní dokumenty společnosti IFE.