



ČESKÁ SPOLEČNOST PRO JAKOST

Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

Úvod do spolehlivosti



**Materiály z 54. setkání
odborné skupiny pro spolehlivost**

Praha, únor 2014



Obsah

Vztah mezi kvalitou a spolehlivostí	4
prof. Ing. Václav Legát, DrSc., ČZU Praha	
Současné pojetí inženýrství spolehlivosti	13
prof. Ing. Zdeněk Vintr, CSc., Univerzita obrany Brno	
Stručný přehled norem z oboru spolehlivosti	18
RNDr. Jaroslav Matějček, CSc., předkladatel norem, OSVČ	



VZTAH MEZI KVALITOU A SPOLEHLIVOSTÍ

RELATIONSHIP BETWEEN QUALITY AND DEPENDABILITY

Václav LEGÁT

Česká zemědělská univerzita v Praze, technická fakulta, katedra jakosti a spolehlivosti strojů

Anotace

V příspěvku se autor zamýšlí nad vztahem mezi kvalitou a spolehlivostí. Autor vychází z řady norem ČSN ISO 9000 k problematice managementu kvality a z řady norem ČSN EN 60300 k problematice managementu spolehlivosti. Protože v našich podnicích chybí systémová místa pro inženýry spolehlivosti, je doporučeno, aby manažeři kvality spolu s konstruktéry se více zapojili do managementu spolehlivosti, a tak přispěli k dalšímu zlepšování kvality a spolehlivosti výrobků.

Klíčová slova

kvalita, spolehlivost, normované požadavky na spolehlivost, systém managementu spolehlivosti, manažer kvality

Annotation

In the paper author is thinking on relationship between quality and dependability. Author goes out from standards ČSN ISO 9000 on quality management and from standards ČSN EN 60300 on dependability management. Because in our plants there are missing systemic work places for dependability engineers, it is recommended to more widely involve quality managers and designers into dependability management with aim to improve product quality and dependability.

Keywords

quality, dependability, standardized requirements on dependability, dependability management system, quality manager

1. Úvod

V dnešní době jsou kompetence a pozice manažera kvality v organizaci již velmi dobře definovány a drtivá většina organizací má obsazena místa manažerů kvality. Hlavní **úkol manažera** kvality spočívá v organizování, řízení a kontrole procesů, které zabezpečují, že organizace vyrábí výrobky a/nebo poskytuje služby na požadované a specifikované úrovni znaků kvality, a to vždy v rámci nějakého (nejčastěji normovaného) systému managementu kvality. Stejně tak obsah pojmu kvalita je definován v mezinárodních normách převzatých do souboru ČSN ISO 9000, jak bude dále uvedeno. Jedním z významných znaků (charakteristik) kvality je spolehlivost produktu, ať již výrobku nebo služby.

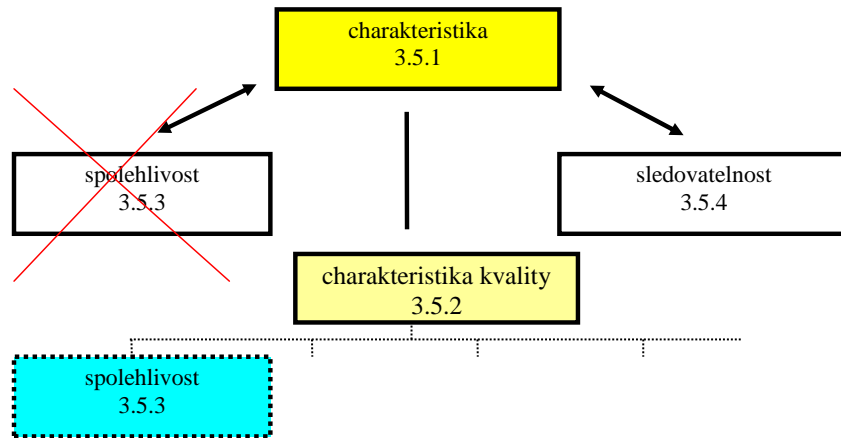
Cílem tohoto příspěvku je vypracování studie o vztahu kvality a spolehlivosti a dále shromáždit argumenty pro uplatnění péče manažera kvality i o management spolehlivosti a jeho začlenění do integrovaného managementu organizace.

2. Postavení spolehlivosti v normách managementu kvality

Jestliže **kvalita** (jakost) je definována jakožto *stupeň splnění požadavků souborem inherentních charakteristik* (znaků) [1, 2], potom **spolehlivost** je definována jako *souhrnný termín používaný pro popis pohotovosti a činitelů, které ji ovlivňují: bezporuchovosti, udržitelnosti a zajištění údržby* [3]. V aktualizovaném návrhu normy IEC 60050-191 je spolehlivost definována jako *schopnost fungovat tak, jak je požadováno, a tehdy, když je to požadováno*.

Charakteristika (znak) jako rozlišující vlastnost má podle normy ČSN ISO 9000:2000 [1] asociativně přiřazenou **spolehlivost** stejně tak jako **sledovatelnost** a genericky má přiřazené **charakteristiky kvality** (inherentní charakteristiky produktu, procesu nebo systému týkající se požadavku). Z obr. 1 není vůbec jasné, proč autoři normy **ISO 9000:2005** [2] zařadili spolehlivost jako **asociativní** a nikoliv **generický** vztah mezi charakteristikou a spolehlivostí, přičemž **spolehlivost** (jako podřazený pojem) přejímá všechny znaky charakteristiky (jako nadřazeného pojmu) a současně obsahuje popisy těch

charakteristik, které je odlišují od nadřazeného pojmu. **Spolehlivost** je jednoznačně inherentní charakteristika produktu a tudíž má generický vztah k charakteristice a partitivní vztah k charakteristice kvality, je tedy **charakteristikou kvality** a už také proto, populárně řečeno, že *spolehlivost je projev kvality v čase*. V žádném případě ji nelze zařadit na úroveň **sledovatelnosti**, ale mezi významné charakteristiky kvality.



Obr. 1 Pojmy vztahující se k charakteristikám (3.5) – podle [1, 2]

Bohužel ani aktualizovaná norma **ČSN ISO 9001:2008 Systémy managementu kvality – požadavky** [5], která je většinou základním řídicím systémovým dokumentem manažera kvality, neobsahuje vůbec explicitně vyjádřený termín spolehlivost.

Explicitně vyjádřený termín **spolehlivost** a některé další vztažené znaky spolehlivosti lze nalézt v již nahrazené a dnes již „neplatné“ normě **ČSN ISO 9004:2000 Systémy managementu kvality – Směrnice pro zlepšování výkonnosti** [6] v pasážích věnovaných zlepšování výkonnosti.

Z velmi stručné analýzy postavení spolehlivosti v normách z oblasti kvality lze vyvodit tyto **díličí závěry**:

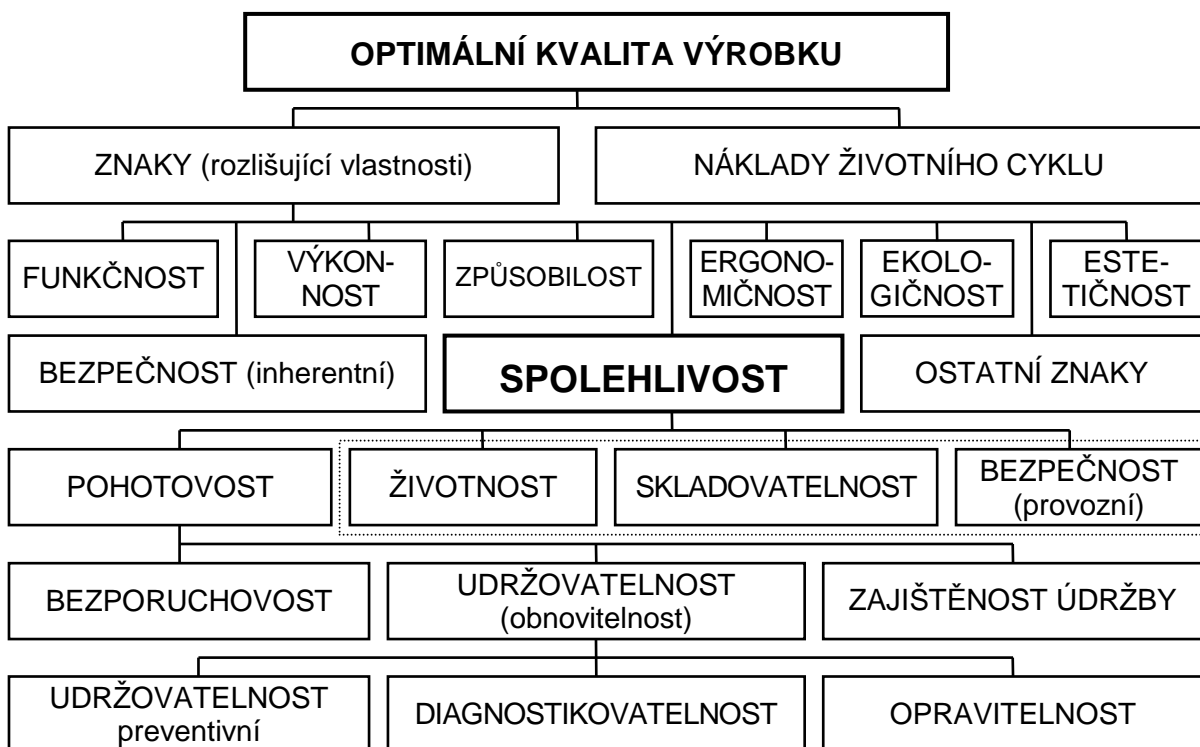
1. Norma ČSN ISO 9000:2005 Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník [2] obsahuje definici spolehlivosti a přiřazuje ji asociativním vztahem k termínu charakteristika (znak), což autor nepovažuje za správné. Spolehlivost je partitivně vztažena k charakteristice kvality a ta pak generickým vztahem k charakteristice obecně. Jednoduše řečeno, **spolehlivost je důležitou charakteristikou (znakem) kvality**.

2. Norma ČSN ISO 9001:2001 [4] ani ISO 9001:2008 Systémy managementu kvality – Požadavky [5] bohužel neobsahuje žádný explicitně vyjádřený termín spolehlivost, tj. **nepopisuje ani nepřipomíná žádné požadavky na procesy managementu spolehlivosti**.

3. Dnes již nahrazená a neplatná norma ČSN ISO 9004:2000 Systémy managementu kvality – **Směrnice pro zlepšování výkonnosti** [6] v článcích věnovaných zlepšování výkonnosti **obsahuje na více místech explicitně vyjádřený termín spolehlivost včetně termínů se spolehlivostí souvisejících**. Z této normy (v případě jejího uplatnění) je také zřejmá **povinnost managementu zabývat se spolehlivostí** ve všech hlavních oblastech systému managementu kvality, tj. v dokumentaci, v povinnostech managementu, v managementu zdrojů, v realizaci produktu a ve měření, analýze a zlepšování. Při uplatnění této normy se tedy **spolehlivost promítne** do požadavků a **specifikací produktu**, výrazně do **činnosti konstruktérů** v procesech návrhu a vývoje, do procesů realizace produktu (výroby a instalace) ve formě **spolehlivosti a způsobilosti procesů** a výrobních zařízení včetně **zajištění jejich údržby** a v neposlední řadě do procesů verifikace a **validace ukazatelů spolehlivosti** formou zkoušek spolehlivosti.

4. Z hlediska managementu spolehlivosti je velkou ztrátou, že nová přepracovaná norma **ČSN ISO 9004:2009 Management pro udržitelný úspěch organizace – Přístup managementu kvality** [7] opět neobsahuje ani jedno explicitně vyjádřené slovo spolehlivost.

Podíváme-li se na konkrétnější obsah charakteristik kvality a spolehlivosti, můžeme zaznamenat širší vztahy mezi kvalitou a spolehlivostí strojírenského výrobku – viz obr. 2.



Obr. 2 Schéma obecných charakteristik kvality a spolehlivosti výrobku (tečkované jsou označeny charakteristiky, které vytvářejí širší pojetí spolehlivosti)

Lze shrnout, že normy z oblasti managementu a inženýrství kvality se pouze v malém až zanedbatelném rozsahu explicitně věnují spolehlivosti výrobku nebo služby.

3. Současné postavení spolehlivosti výrobků v praxi

S ohledem na prokázanou skutečnost, že spolehlivost je jednou z významných charakteristik kvality, položme si otázku: **jak jsou uplatňovány požadavky na spolehlivost ve specifikacích a plánech kvality** v praxi? Kromě několika málo organizací se v podnicích nepracuje s kvantitativními požadavky na spolehlivost. Je to způsobeno především tím, že jenom **málo zákazníků specifikuje kvantitativní požadavky na spolehlivost**, a tím není vytvářen plošný tlak na výrobce a poskytovatele služeb zabývat se systémově managementem spolehlivosti. V organizacích **chybí pracovní místa inženýrů spolehlivosti**, ať již v etapě návrhu, výroby a instalace nebo v etapě provozu, údržby, sběru dat a zkoušení.

Druhým důvodem je skutečnost, že **prokazování a ověřování kvantitativních charakteristik spolehlivosti** je proces **zdlouhavý**, dosahované číselné výsledky se vyznačují všemi problémy spojenými s **variabilitou**, odhady a stochastickou interpretací včetně zanedbatelných **nákladů** na sběr dat, jejich zpracování a správnou prezentaci. Například úsporná výbojková žárovka má uváděný život (špatně životnost, neboť to je vlastnost) 10000 hodin; co si pod tím má představit zákazník? Je to střední život, kterého se v případě exponenciálního rozdělení hustoty dožije pouze 37 % žárovek, v případě normálního rozdělení hustoty 50 % žárovek, nebo výrobce měl snad na mysli tzv. **gamaprocentní život**, např. na úrovni pravděpodobnosti 95 %, což by znamenalo, že 95 % žárovek se dožije uvedených 10000 hodin a více. V případě, že se stane život 10000 hodin předmětem záručních pravidel, může tedy zákazník reklamovat každou žárovku, která se nedožije 10000 hodin? Navíc např. jak zákazník prokáže, že jeho žárovka svítila jenom 9000 hodin. Ze všech uvedených problémů vyplývá, že je **nedostatek odborníků** vyškolených v oblasti spolehlivosti.

K dalším **slabinám** současné úrovně managementu spolehlivosti patří:

- nedostatečná nebo žádná kvantifikace požadovaných hodnot ukazatelů spolehlivosti,
- nedostatečné nebo žádné zdroje pro rozvoj managementu spolehlivosti,
- chybí laboratoře pro měření spolehlivosti,
- velmi omezeně se provádějí určovací a ověřovací laboratorní a provozní zkoušky,
- nejsou ustanovena pracovní místa inženýrů pro spolehlivost a chybí i dostatek specializovaných inženýrů na spolehlivost,
- nízký počet osvětových akcí v ČR (konferencí, seminářů a workshopů) věnovaných teorii a uplatňování spolehlivosti v praxi,
- je zpravidla vytvářen pouze tlak na bezpečnost užití produktu zákony 59/98 Sb. o odpovědnosti za škody způsobené vadou výrobku a 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky.

Na druhé straně lze najít a přidat i trochu **optimismu**; např. v oblasti elektroniky, automobilů apod., kde intuitivní a kvalitativní průzkumy spolehlivosti ukazují, že **spolehlivost roste** navzdory rostoucí složitosti a počtu prvků v této technice. Na této skutečnosti mají podíl nejenom konstruktéři a technologové, ale i někteří **manažeři kvality**, kteří v současné době **protlačují** do procesů vybrané **nástroje spolehlivosti**, jako jsou metody FMEA, FMECA, Paretova analýza příčin neshod/poruch apod.

Můžeme uvádět i pozitivní **příklady postupného uplatňování managementu spolehlivosti** nejenom v leteckém průmyslu, ale i ve výrobě kolejových vozidel a jejich komponent, kde na základě tlaků zákazníků a jejich specifikací kvantitativních charakteristik spolehlivosti je výrobce nucen velmi intenzivně se zabývat spolehlivostí a její analýzou. V konkrétním případě je to opět **manažer kvality**, který sehrál a sehrává **iniciační a koordinační úlohu** v managementu a inženýrství spolehlivosti, nejdříve organizováním **masivního vzdělávání** a následující **implementací nástrojů a metod spolehlivosti** do procesů návrhu, výroby a provozu, přičemž on sám prošel celým vzdělávacím procesem pro získání další důležité kompetence, a to **manažera spolehlivosti**.

Výbor odborné skupiny pro spolehlivost (VOSS) při České společnosti pro jakost (ČSJS) sdružuje přední odborníky spolehlivosti z univerzit (České vysoké učení technické v Praze, Technická univerzita v Liberci, nedávno ještě Univerzita Pardubice, Univerzita obrany v Brně, Česká zemědělská univerzita v Praze) z praxe ČR a organizuje čtyřikrát do roka bezplatné semináře z oblasti spolehlivosti jak pro členy OSS, tak i pro širší odbornou veřejnost.

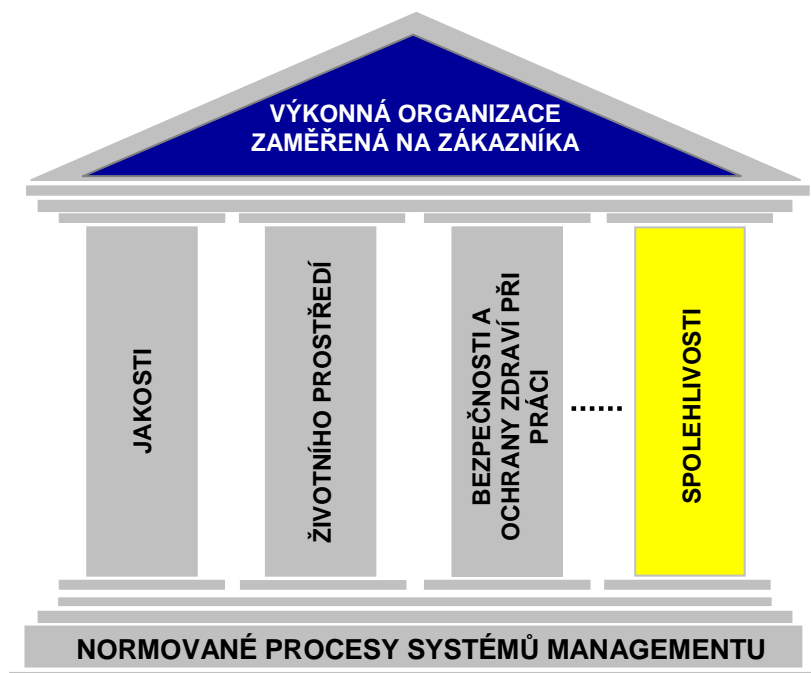
Masovějšímu rozmachu vzdělávacích aktivit VOSS brání skutečnost, že ve většině výrobních organizací **nejsou ustaveny pozice inženýrů spolehlivosti**, a tudíž VOSS nemá šanci oslovovat velkou skupinu zájemců z oblasti spolehlivosti tak, jak je to možné v oblasti managementu kvality. Nicméně lze pozorovat, že požadavky zejména zahraničních zákazníků na spolehlivost dodávaných výrobků vedou ke zvyšování zájmu a vzniku poptávky některých výrobních organizací v ČR po poskytování vzdělávacích a poradenských služeb v oblasti spolehlivosti. Lze rovněž pozitivně konstatovat, že do vzdělávacích programů ČSJS **Manažera kvality** je zařazena pasáž o **spolehlivosti** v rozsahu čtyř vyučovacích hodin.

4. Aplikace normy ČSN ISO 9001:2001 a 2008 do managementu spolehlivosti

V oblasti norem **managementu spolehlivosti** ČSN EN 60300-1:2004 a ČSN EN 60300-2:2005 lze identifikovat významný proces harmonizace s normou ČSN ISO 9001:2001 a 2008, což dává předpoklady k ulehčení procesu jejich zavádění a uplatňování v praxi.

Současné požadavky zákazníků zejména výrobních organizací z oblasti strojírenské, elektrotechnické a elektronické výroby jsou již orientovány i do oblasti spolehlivosti včetně údržby a její zajištění objednávaných a nakupovaných produktů. Stávající procesy integrovaného managementu (systém managementu kvality + systémy environmentálního managementu + systémy managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci) v organizacích je nezbytné doplnit o další systém, a to **systém managementu spolehlivosti** – viz obr. 3.

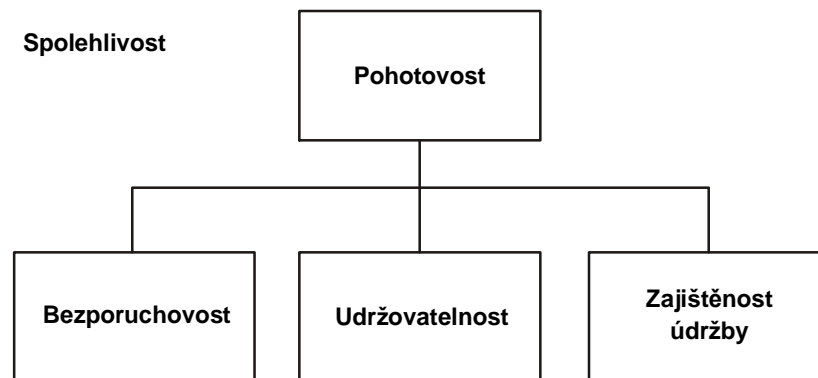
Systémy procesů managementu spolehlivosti se zabývají především normy ČSN EN 60300-1:2004 Management spolehlivosti – Část 1: Systémy managementu spolehlivosti [8], ČSN EN 60300-2:2005 Management spolehlivosti – Část 2: Směrnice pro management spolehlivosti [9] a soubor norem, které základní systémy doplňují, rozpracovávají a vytvářejí sadu nástrojů managementu spolehlivosti.



Obr. 3 Pilíře integrovaného systému managementu

Spolehlivost je v prostředí současného globálního obchodu klíčovým faktorem rozhodování. Spolehlivost ovlivňuje náklady a procesy produktu. Je to **vnitřní vlastnost návrhu produktu** ovlivňující jeho výkonnost. Spolehlivého produktu se dosáhne uplatňováním spolehlivostních disciplín v časných etapách koncepce a návrhu životního cyklu produktu, který potom bude poskytovat nákladově efektivní činnosti. Jako u jiných technických a inženýrských oborů je nutné spolehlivost řídit tak, aby byly zákazníkům dodávány produkty s vysokou hodnotou. V nejširším smyslu **spolehlivost odráží důvěru uživatele v použitelnost produktu** dosažením spokojenosti uživatele se způsobilostí produktu, pohotovostí produktu poskytovat službu na požádání a **minimalizací nákladů spojených s pořízením a vlastnictvím produktu po celou dobu jeho životního cyklu**.

Vztahy mezi termíny z oboru spolehlivosti jsou uvedeny na obr. 4. U zákazníků hledajících nákladově efektivní provoz zaujímá v mnoha produktech bezporuchovost, udržovatelnost a pohotovost významné místo mezi **dominantními charakteristikami výkonnosti**. **Bezporuchovost a udržovatelnost** jsou charakteristiky výkonnosti (technické parametry), které **jsou vlastní návrhu produktu**. **Zajištěnost údržby** je vzhledem k produktu **externí** a ovlivňuje jeho spolehlivost. **Zajištěnost údržby** reflektuje **schopnost údržbářské organizace** poskytnout nutné zdroje pro zachování takové úrovně zajištěnosti údržby, aby se dosáhlo **cílů pohotovosti systému**.



Obr. 4 Vztahy mezi termíny z oblasti spolehlivosti

Normovaný systém managementu spolehlivosti je součástí celkového systému managementu organizace. Toto systémové pojetí managementu spolehlivosti je **plně kompatibilní** s normovaným systémem managementu kvality podle norem ISO řady 9000. **Poskytuje** základní organizační strukturu pro **strategický směr politiky spolehlivosti**, řízení spolehlivostních funkcí (funkčních míst) a koordinaci všech spolehlivostních procesů. Pro přizpůsobení úsilí k dosažení žádoucích cílů spolehlivosti je zapotřebí včas věnovat pozornost **plánům spolehlivosti** a rozvržení příslušných zdrojů. Pro zajištění spolehlivosti produktu je zásadně důležité, aby byla bezporuchovost a udržovatelnost při návrhu **zabudována do produktu** a aby byla ověřena jejich přijatelnost v různých etapách realizace produktu. K udržení spolehlivosti při používání produktu je zapotřebí vynaložit **přiměřené úsilí na údržbu**, pokud dostupná technologie neumožňuje dosáhnout bezporuchových životních cyklů.

Důležité pro realizaci normovaného systému managementu spolehlivosti je **rozklad procesů do jednotlivých etap životního cyklu produktu**. Jde o etapy **koncepcce a stanovení požadavků, návrhu a vývoje, výroby, instalace, provozu a údržby a vypořádání**. Detailnímu popisu a aplikaci normovaného systému managementu spolehlivosti bude věnován některý příští seminář VOSS.

5. Manažer kvality by měl přispívat ke kvantifikaci spolehlivosti

Lze říci, že manažeři kvality za posledních patnáct let bezesporu přispěli ke zlepšení kvality, a tím i spolehlivosti produktů (výrobků a služeb). Jestliže dnes manažeři kvality zvládají metody statistické kontroly procesů a způsobilosti výrobního zařízení, metody FMEA a FMECA, nelze to již tvrdit o zvládnutí elementárních nástrojů kvantifikace spolehlivosti. Podle názoru autora by měli **manažeři kvality zvládat vedle zásad managementu spolehlivosti i několik níže uvedených elementárních kvantitativních ukazatelů spolehlivosti**, s jejichž naplňováním by se měli zabývat či je uplatňovat v praxi.

Pro manažery kvality je nutno předeslat, že rozlišujeme **inherentní spolehlivost** (ta je do produktu „vprojektovaná“, „vkonstruovaná“, je produktu vlastní a měří se v přesně definovaných a stabilních, zpravidla laboratorních podmínkách provozu a údržby) a **provozní spolehlivost** (téhož produktu se měří v reálných podmínkách provozu a údržby, které se vyznačují mnohem vyšší variabilitou).

Je třeba poznamenat, že **ukazatele provozní spolehlivosti** lze využívat i jako **indikátory výkonnosti a účinnosti údržby** (např. střední doba provozu mezi poruchami, střední doba do obnovy apod.).

Při výpočtu ukazatelů spolehlivosti je nutné rozlišovat **neopravované** (porucha je řešena prostou výměnou produktu, např. žárovky, pojistky, valivá ložiska apod.) a **opravované** (porucha je řešena údržbou produktu, např. stroje, zařízení, aparáty, vozidla apod.) objekty.

5.1 Ukazatele spolehlivosti neopravovaných produktů (objektů)

V této stati uvedme bez odvozování a zdůvodňování šest základních empirických ukazatelů:

1. Odhad střední doby provozu do poruchy (středního života objektu) **MTTF**

$$M\hat{TTF} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i, \quad (1)$$

kde n je počet sledovaných objektů do poruchy, t_i je doba života (provozu) i -tého objektu do poruchy.

2. Odhad hustoty doby provozu do poruchy **$f(t)$**

$$\hat{f}(t) = \frac{n_S(t) - n_S(t + \Delta t)}{n \Delta t}, \quad (2)$$

kde $n_S(t)$ je počet objektů, které jsou v časovém okamžiku t ještě v provozu ($n_S(0) = n$), $n_S(t) - n_S(t + \Delta t)$ je počet objektů, které měly v časovém intervalu $(t, t + \Delta t)$ poruchu.

3. Odhad pravděpodobnosti poruchy **$F(t)$**

$$\hat{F}(t) = \frac{n - n_S(t)}{n}, \quad (3)$$

kde $n_S(t)$ je počet objektů, které jsou v časovém okamžiku t ještě v provozu ($n_S(0) = n$)

4. Odhad pravděpodobnosti bezporuchového provozu **$R(t)$**

$$\hat{R}(t) = \frac{n_S(t)}{n} = 1 - \hat{F}(t), \quad (4)$$

kde $n_S(t)$ je počet objektů, které jsou v časovém okamžiku t ještě v provozu ($n_S(0) = n$)

5. Odhad intenzity poruch **$\lambda(t)$**

$$\hat{\lambda}(t) = \frac{n_S(t) - n_S(t + \Delta t)}{n_S(t) \Delta t}, \quad (5)$$

kde $n_S(t)$ je počet objektů, které jsou v časovém okamžiku t ještě v provozu ($n_S(0) = n$), $n_S(t) - n_S(t + \Delta t)$ je počet objektů, které měly v časovém intervalu $(t, t + \Delta t)$ poruchu.

6. Gama procentní život **t_γ**

$$\hat{R}(t_\gamma) = \gamma, \quad (6)$$

kde γ je kvantil náhodné veličiny – doby provozu do poruchy s pravděpodobností bezporuchového provozu $\hat{R}(t_\gamma)$.

Průběh jednotlivých funkčních závislostí pro normální useknuté rozdělení dob do poruchy je na obr. 5 a pro exponenciální rozdělení dob do poruchy je na obr. 6.

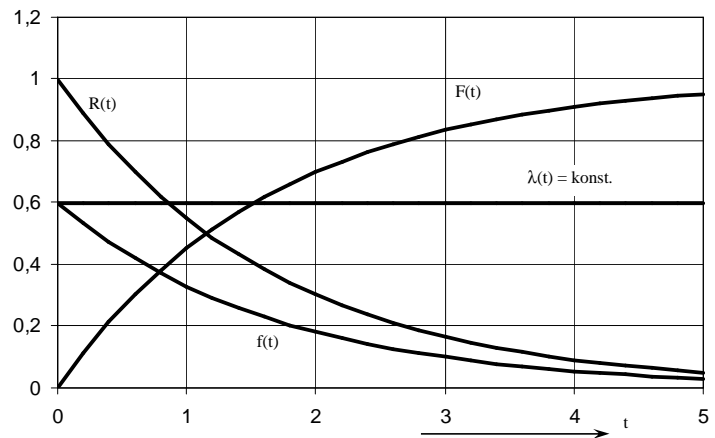
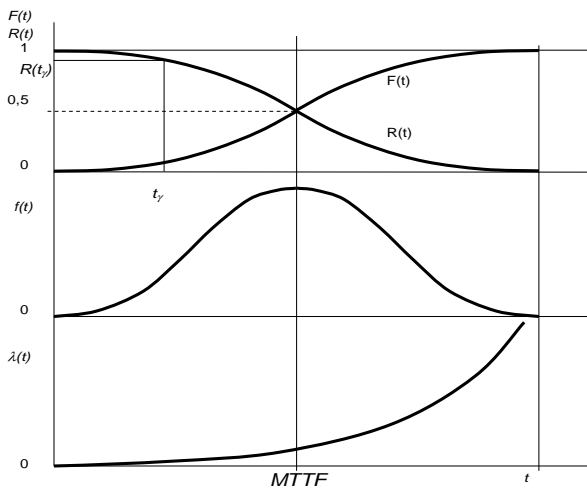
5.2 Ukazatele spolehlivosti opravovaných produktů (objektů)

V této stati uvedeme bez odvozování a zdůvodňování čtyři základní empirické ukazatele:

1. Odhad střední doby provozu mezi poruchami **MTBF**

$$M\hat{TBF} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m t_j \quad (7)$$

kde m je počet poruch opravovaného objektu, t_j je j -tá doba provozu mezi dvěma po sobě následujícími poruchami $(j-1; j)$.



Obr. 5 Průběhy $F(t)$, $R(t)$, $f(t)$ a $\lambda(t)$ pro useknuté normální rozdělení

Obr. 6 Průběhy $F(t)$, $R(t)$, $f(t)$ a $\lambda(t)$ pro exponenciální rozdělení

2. Odhad střední doby opravy $MTTR$

$$\hat{MTTR} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^k t_j \quad (8)$$

kde m je počet poruch (oprav) opravovaného objektu, t_j doba opravy j -té poruchy.

3. Odhad parametru proudu poruch $\Lambda(t)$

$$\hat{\Lambda}(t) = \frac{n_F(t, t + \Delta t)}{n \Delta t}, \quad (9)$$

kde $n_F(t, t + \Delta t)$ je počet poruch pozorovaných během časového intervalu $(t, t + \Delta t)$, n je počet opravovaných objektů.

4. Součinitel ustálené (asymptotické) pohotovosti A

$$A = \frac{MUT}{MUT + MDT}, \quad (10)$$

kde MUT je střední doba použitelného stavu, MDT je střední doba nepoužitelného stavu (obsahuje střední dobu do obnovy + střední dobu preventivní údržby).

Jde o nejobecnější ukazatel spolehlivosti opravovaných objektů. Součinitel ustálené pohotovosti lze konfigurovat jinou specifikací vstupních dat. Je velmi důležité, aby ve smlouvách při nákupu strojů a zařízení byla věnována mimořádná pozornost specifikaci těchto vstupních dat pro výpočet součinitele ustálené pohotovosti. Níže je uveden další vztah pro výpočet ustálené pohotovosti.

$$A_1 = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}, \quad (11)$$

kde $MTBF$ je střední doba provozu mezi poruchami, $MTTR$ je střední doba obnovy (obsahuje střední dobu údržby po poruše + dobu nezjištěného poruchového stavu a administrativního zpoždění).

6. Závěr

Přes **všechno** úsilí Odborné skupiny pro spolehlivost ČSJ se nedaří plošně protlačit do praxe podniků systém managementu spolehlivosti (SMS) (DMS – Dependability Management System). Důvodů, jak již bylo uvedeno, je jistě celá řada. K základním důvodům patří malý zájem zákazníků o kvantifikaci spolehlivosti produktů, resp. **neznalost způsobů specifikace požadavků na spolehlivost** na straně jedné a **absence pracovních míst inženýrů** – manažerů spolehlivosti ve výrobních organizacích na straně druhé.

S **ohledem** na současnou situaci je autor toho názoru, že **nositelem postupného uplatňování SMS v podnicích by měl být manažer kvality** s doplněným základním výcvikem v oblasti inženýrství a managementu spolehlivosti. Očekává se, že manažer kvality v následujícím kroku získá inženýra spolehlivosti (vycvičeného v otázkách spolehlivosti do větší hloubky) z řad návrhářů (konstruktérů) ve své organizaci pro praktické realizace programů spolehlivosti. Zkušenosti s prvními průkopníky spolehlivosti tento názor podporují a naznačují jeho reálnost.

Podklady pro uplatňování systému managementu spolehlivosti existují jednak v systémové **normě ČSN EN 60300-1:2004, která je plně harmonizovaná s normou ISO 9001:2000** a prakticky i s normou **ISO 9001:2008** (s ohledem pouze na „kosmetické“ úpravy této normy) [5] a dále v celé další řadě norem, které do veliké hloubky přibližují techniky a nástroje spolehlivosti – viz (http://www.csq.cz/fileadmin/user_upload/Spolkova_cinnost/Odborne_skupiny/Spolehlivost/informace/Normy_Spolehlivost_2013_12.pdf). Podle názoru autora nic nebrání postupnému zavádění systému managementu spolehlivosti do integrovaného systému řízení zejména výrobních organizací. **SMS umožňuje výrazně zvyšovat potenciál kvality produktů**, neboť spolehlivost je jedna z důležitých charakteristik kvality. Je to výzva pro organizace a jejich manažery kvality, poradce a certifikační orgány, neboť systémová a plně harmonizovaná norma ČSN EN 60300-1:2004 je již delší dobu k dispozici a umožňuje **certifikaci** systému managementu spolehlivosti.

Literatura:

- [1] ČSN EN ISO 9000:2001 Systémy managementu kvality – Základy, zásady a slovník
- [2] ČSN EN ISO 9000:2006 Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník
- [3] ČSN IEC 50(191):1993 Mezinárodní elektrotechnický slovník – Kapitola 191: Spolehlivost a akost' služieb
- [4] ČSN EN ISO 9001:2001 Systémy managementu kvality – Požadavky
- [5] ČSN EN ISO 9001:2008 Systémy managementu kvality – Požadavky
- [6] ČSN EN ISO 9004:2001 Systémy managementu kvality – Směrnice pro zlepšování výkonnosti
- [7] ČSN EN ISO 9004:2010 Řízení udržitelného úspěchu organizace – Přístup managementu kvality
- [8] ČSN EN 60300-1:2004 Management spolehlivosti – Část 1: Systémy managementu spolehlivosti
- [9] ČSN EN 60300-2:2004 Management spolehlivosti – Část 2: Směrnice pro management spolehlivosti

Adresa autora:

prof. Ing. Václav Legát, DrSc.
Česká zemědělská univerzita v Praze
Technická fakulta
165 21 Praha 6 – Suchbátka
e-mail: legat@tf.czu.cz

SOUČASNÉ POJETÍ INŽENÝRSTVÍ SPOLEHLIVOSTI PRESENT CONCEPTION OF DEPENDABILITY ENGINEERING

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

Univerzita obrany
Fakulta vojenských technologií
Kounicova 65, 662 10 Brno
e-mail: zdenek.vintr@unob.cz

Úvod - místo a úloha inženýrství spolehlivosti

Moderní pojetí problematiky zabezpečování spolehlivosti požaduje, aby spolehlivosti byla věnována systematická pozornost ve všech etapách života výrobku [1]. Činnosti týkající se spolehlivosti, které se mají provádět v každé etapě životního cyklu výrobku, je přitom nutno volit v kontextu s celkovým životním cyklem výrobku, protože rozhodnutí učiněná v kterémkoliv okamžiku mají dopad na spolehlivost a náklady nejen v daném čase, ale i v následujících etapách života.

Proto je také vhodné všechny úkoly, které jsou při zajišťování spolehlivosti výrobku realizovány, uspořádat do programu spolehlivosti, jehož účelem je zajistit, aby se vynaložilo přiměřené a účelné úsilí na zajištění spolehlivosti výrobku jako základního znaku jakosti a to ve všech etapách jeho životního cyklu [1], [2].

Rozsah a obsah programu spolehlivosti se má řídit podle individuálních potřeb každého projektu, podle případných specifických omezení a vždy má respektovat skutečný význam spolehlivosti daného výrobku. Prvky programu je vhodné integrovat s jinými prvky programu vývoje, výroby a provozu.

Jednotlivé úkoly programu spolehlivosti přitom reprezentují zcela konkrétní aktivity, které jsou realizovány s cílem zajistit požadovanou úroveň spolehlivosti výrobku. Naprostá většina těchto aktivit má charakter vysoce kvalifikovaných inženýrských činností, které aplikují technické a vědecké poznatky a využívají přírodní zákonitosti a lidské a materiální zdroje právě k zajištění spolehlivosti výrobku. Pro souhrnné označení inženýrských aktivit spadající do této oblasti se zažilo označení inženýrství spolehlivosti (viz např. [3]).

Jak už z názvu vyplývá, realizují tyto aktivity zpravidla vysoce kvalifikovaní pracovníci – inženýři, kteří pomocí představitosti, odhadu a logického uvažování a s využitím poznatků z matematiky a dalších přírodních věd, znalostí z techniky a praktických zkušeností z vývoje, návrhu, výroby, zkoušení a provozu různých typů výrobků řeší problémy spojené se zabezpečováním jejich spolehlivosti.

Podstatnou charakteristikou inženýrství spolehlivosti je skutečnost, že žádanou úroveň spolehlivosti výrobku nelze dosáhnout žádnou jednorázovou aktivitou, ale metody a postupy používané v této oblasti je třeba aplikovat promyšleně a přiměřeně v průběhu celého životního cyklu výrobku [2].

Zaměření inženýrství spolehlivosti

Dále je uvedena stručná charakteristika činností, které mohou být v jednotlivých etapách životního cyklu výrobku v souvislosti se zabezpečováním jeho spolehlivosti realizovány.

Etapa koncepce a stanovení požadavků.

V této etapě se formulují cílové požadavky na výrobek. Činnosti týkající se spolehlivosti se mají v této etapě soustředit na stanovení racionálních požadavků na výrobek, na budoucí zajištěnost jeho údržby a na sestavení programu spolehlivosti jako základu pro řízení spolehlivosti v následujících etapách.

Rozhodnutí učiněná během této etapy mají největší dopad na výrobek a na jeho náklady životního cyklu.

Etapa koncepce a stanovení požadavků.

V této etapě se formulují cílové požadavky na výrobek. Činnosti týkající se spolehlivosti se mají v této etapě soustředit na stanovení racionálních požadavků na výrobek, na budoucí zajištěnost jeho údržby a na sestavení programu spolehlivosti jako základu pro řízení spolehlivosti v následujících etapách. Rozhodnutí učiněná během této etapy mají největší dopad na výrobek a na jeho náklady životního cyklu.

Etapa návrhu a vývoje.

V této etapě se vytváří a dokumentuje hardware, případně software výrobku v podobě podrobné výrobní dokumentace a vytváří se také další dokumentace, jako jsou například instrukce pro údržbu. Hlavním cílem činnosti týkající se spolehlivosti v této etapě je zajistit zejména, aby:

- v průběhu návrhu byly plně respektovány stanovené cílové požadavky na spolehlivost;
- se realizovaly analýzy a predikce spolehlivosti a jejich výsledky se použily k dosažení požadované spolehlivosti;
- požadavky na spolehlivost přidělené libovolné části výrobku zabezpečovaly dosažení požadované výsledné úrovně spolehlivosti výrobku;
- byly definovány podmínky, postupy validace, ověřování a zkoušení a jejich kritéria a aby tyto činnosti byly prováděny v souladu s požadavky na spolehlivost.

Etapa výroby.

V této etapě se výrobek vyrábí a sestavuje, software výrobku se kopíruje. Hlavním problémem zde je jeho zhotovení v souladu s výrobní dokumentací. Prvořadá je otázka kontroly kvality výrobního procesu (uplatnění norem ISO 9000). Činnosti týkající se spolehlivosti mají v této etapě za cíl zajistit, aby parametry spolehlivosti výrobku dosažené během návrhu a vývoje nebyly znehodnoceny v průběhu výrobního procesu. V programu spolehlivosti musí být stanoveny postupy, kterými je nutné se při výrobě řídit, aby bylo dosaženo požadované úrovně spolehlivosti. Základní činnosti týkající se spolehlivosti jsou zde zaměřeny především na:

- periodické zkoušení bezporuchovosti a udržovatelnosti;
- výrobní zkoušky;
- třídění namáháním pro zlepšení bezporuchovosti.

Etapa instalace.

V této etapě se výrobek instaluje. Činnost je zde zaměřena na to aby se parametry spolehlivosti během instalace prokázaly a neznehodnotily. Musí být stanoveny postupy a instrukce pro provádění přijímací kontroly a pro zkoušení systému a jeho komponent, kterými se ověřuje shoda s výchozí specifikací a návrhem. Základní činnosti prováděné k zajištění spolehlivosti zde jsou:

- zkoušení při uvádění do provozu;
- provádění přijímacích zkoušek;
- zkoušení růstu bezporuchovosti;
- prokazování bezporuchovosti a udržovatelnosti;
- sběr a analýza dat;
- řízení počátečních poruch.

Etapa provozu a údržby.

V této etapě životního cyklu je výrobek používán a zajišťuje se a provádí jeho údržba (základní činnosti preventivní údržby a údržba po poruše). Pro zajištění požadované úrovně spolehlivosti v této etapě bývá nezbytné poskytnout:

- odpovídající provozní instrukce a instrukce pro údržbu;
- výcvik;
- komplexní logistickou podporu.

I v této etapě je prospěšné, pokud jsou proto podmínky, organizovat sběr dat o spolehlivosti a provádět jejich analýzu.

Etapa vypořádání (likvidace).

V této etapě se výrobek vyjme z používání, demontuje se, zničí se nebo se, pokud to je nutné, uloží v chráněném prostředí. V této etapě lze provést zkoušky a analýzy opotřebení, ověření zbytkové životnosti a pod. Tyto údaje pak mohou sloužit výrobcí pro další zlepšení úrovně spolehlivosti systému.

Metody a postupy inženýrství spolehlivosti

S tím, jak narůstá složitost moderních technických systémů a sofistikovanost technologií, které jsou při jejich vývoji, návrhu a výrobě využívány, zvyšují se i požadavky na metody a postupy používané při zabezpečování spolehlivosti těchto systémů.

Počátky systematického rozvoje metod a postupů umožňujících cílevědomé ovlivňování úrovně spolehlivosti výrobků spadají do období po II. světové válce. Požadavky na rozvoj v této oblasti souvisely především s vývojem a návrhem velmi složitých technických systémů, jejichž selhání mohlo způsobit škody velkého rozsahu. Šlo zejména o rozvoj jaderné energetiky, dopravního letectví, kosmických technologií a nových zbraňových systémů (balistické rakety, letadlové lodě a ponorky s jaderným pohonem apod.).

Právě v této době byly, mimo jiné, vinuty jedny z nejrozšířenějších metod analýzy spolehlivosti a to Analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch – FMECA (již v roce 1949 byl vydán americký vojenský standard obsahující pokyny k aplikaci této metody [5]) a Analýza stromu poruchových stavů (vinutá americkou společností Bell Laboratories v roce 1962 pro potřeby hodnocení bezporuchovosti odpařovacího zařízení pro mezikontinentální balistické rakety Minuteman).

Postupně tak byla vyvinuta celá řada metod pro potřeby zabezpečování spolehlivosti a ty z nich, které se pro praxi ukázaly jako efektivní se i dočkaly i globálního rozšíření a v mnoha případech i mezinárodní standardizace. Právě standardizované metody dnes představují základní soubor metod a postupů pro inženýrství spolehlivosti.

V oblasti analýz spolehlivosti dnes patří k nejrozšířenějším především následující techniky [3]:

- Předpověď intenzity poruch [6], [10],
- Analýza stromu poruchových stavů [7],
- Analýza stromu událostí [14],
- Analýza blokového diagramu bezporuchovosti [8],
- Markovova analýza [9],
- Analýza Petriho sítí [13],
- Analýza způsobu a důsledků poruch, [11]
- Analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch [11]
- Analýza bezporuchovosti člověka [12],
- Analýza namáhání – pevnost (interferenční teorie),
- Pravdivostní tabulka [8],
- Booleovské metody [8],

Velmi detailně je dnes také rozpracována oblast prokazování spolehlivosti, kde je k dispozici rozsáhlý soubor norem připravený Mezinárodní elektrotechnickou komisí IEC. Lze zde nalézt nejen podrobnou specifikaci nejrůznějších typů zkoušek, ale také potřebné postupy pro zpracování dat ze zkoušek. Velmi podrobně jsou také rozpracovány postupy pro provádění a vyhodnocování specifických typů zkoušek, jako jsou zrychlené zkoušky či zkoušky růstu bezporuchovosti. Obdobně jsou k dispozici také postupy a metody hodnocení spolehlivosti v provozu. V dostupných standardech a odborné literatuře jsou dnes k dispozici kvalitní návody k realizaci inženýrských činností, které bezprostředně nespádají do výše uvedených oblastí, tj. do analýz a hodnocení spolehlivosti, ale se zabezpečováním spolehlivosti úzce souvisí. K těmto činnostem například patří tvorba a management plánů spolehlivosti, specifikace a alokace požadavků na spolehlivost nebo analýza nákladů životního cyklu.

Rozvoj inženýrství spolehlivosti

Přesto, že dnes inženýrství spolehlivosti disponuje velmi kvalitním souborem metod a postupů (ve většině případů standardizovaných), které umožňují systematicky a cílevědomě realizovat všechny nezbytné aktivity směřující k zabezpečování výrobku ve všech etapách jeho životního cyklu, vývoj se v této oblasti nezastavil. Bouřlivý rozvoj moderních technologií vyžaduje zdokonalování již používaných či vývoj nových metod a postupů.

Velká pozornost je například v současnosti věnována softwarovým hlediskům spolehlivosti a problémům spojeným se zabezpečováním spolehlivosti distribuovaných systémů či otázkám identifikace poruch se společnou příčinnou nebo kaskádových poruch.

K rozvoji inženýrství spolehlivosti nedochází jen při praktickém řešení konkrétních technických problémů v praxi, ale metody a postupy uplatňované v oblasti inženýrství spolehlivosti jsou rozvíjeny i na teoretickém základě v různých vědeckých a akademických institucích. Postupem doby se tak zformoval vědní obor navazující na inženýrství spolehlivosti, který s využitím vlastních poznatků a poznatků z jiných vědních oborů systematicky buduje teoretické základy pro praktické aplikace. Vzhledem k předmětu zájmu, kterým je v daném případě spolehlivost technických systémů, se inženýrství spolehlivosti přirozeně prolíná s inženýrstvím bezpečnosti, které se zaměřuje na bezpečnost technických systémů.

Platformu pro výměnu poznatků, názorů a zkušeností v této oblasti vytváří především různé profesní organizace, odborné konference a odborné publikace. Prakticky v každé vyspělé zemi dnes působí nějaká profesní organizace, která sdružuje odborníky se zájmem o inženýrství spolehlivosti a takové organizace existují i na mezinárodní úrovni. K těm nevýznamnějším například patří:

- European Safety and Reliability Association (ESRA),
- European Safety, Reliability & Data Association (ESReDA),
- IEEE – Reliability Society,
- Society of Reliability Engineers.

V České republice takovou profesní organizaci představuje Odborná skupina pro spolehlivost při České společnosti pro jakost.

Pokud jde o odborné konference a symposia, jsou každoročně po celém světě organizovány desítky setkání, která jsou tematicky zaměřena na problémy z oblasti inženýrství spolehlivosti. K těm nejvýznamnějším patří:

- European Safety and Reliability Conference – ESREL (každoročně pořádána organizací ESRA),
- Reliability and Maintainability Annual Symposium - RAMS (každoročně pořádána v USA),
- Probabilistic Safety Assessment & Management conference – PSAM (pořádána každé dva roky),
- International Conference on Reliability, Maintainability and Safety – ICMRS (pořádána každé 2 – 3 roky v Číně).

Významný zdroj informací z oblasti inženýrství spolehlivosti představují odborné časopisy, které zabývají touto problematikou. Dále je uveden přehled periodik z této oblasti, které jsou evidovány v prestižní databázi ISI Web of Knowledge jako tak zvané „impaktované“ časopisy:

- Reliability Engineering & System Safety,

- IEEE Transactions on Reliability,
- Microelectronics Reliability,
- IEEE Transactions on Device and Material Reliability,
- Quality and Reliability Engineering International,
- Software Testing, Verification and Reliability,
- Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability.

Poděkování

Tento příspěvek byl sestaven s podporou Ministerstva obrany České republiky, díky Projektu pro rozvoj organizace UO/FVT-K202.

Literatura:

- [1] ČSN EN 60300-1 *Management spolehlivosti – Část 1: Systémy managementu spolehlivosti.*
- [2] ČSN EN 60300-2 *Management spolehlivosti – Část 2: Směrnice pro management spolehlivosti.*
- [3] ČSN IEC 60300-3-1 *Management spolehlivosti – Část 3-1: Pokyn k použití – Techniky analýzy spolehlivosti – Metodický pokyn.*
- [4] ČSN EN 300-3-15 *Management spolehlivosti - Část 3-15: Pokyny k použití – Inženýrství spolehlivosti systémů.*
- [5] MIL-P-1629 *Procedures for performing a failure mode effect and critical analysis.* Washington: Department of Defense (US), 1949.
- [6] IEC/TR 62380. *Reliability Data Handbook – A Universal Model for Reliability Prediction of Electronics Components, PCBs and Equipment.* Geneva: International Electrotechnical Commission, 2004.
- [7] ČSN EN 61025 *Analýza stromu poruchových stavů (FTA).*
- [8] ČSN EN 61078 *Metody analýzy spolehlivosti. Metoda blokového diagramu bezporuchovosti a booleovské metody.*
- [9] ČSN EN 61165 *Použití Markovových metod.*
- [10] ČSN EN 61709 *Elektronické součástky – Bezporuchovost – Referenční podmínky pro intenzity poruch a modely namáhání pro přepočty.*
- [11] ČSN EN 60812 *Techniky analýzy bezporuchovosti systémů – Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA).*
- [12] ČSN EN 62508 *Návod pro lidská hlediska spolehlivosti,*
- [13] ČSN EN 62551 *Techniky analýzy spolehlivosti – Techniky Petriho sítí.*
- [14] ČSN EN 62502 *Techniky analýzy spolehlivosti – Analýza stromu událostí (ETA)*

Stručný přehled norem z oblasti spolehlivosti

RNDr. Jaroslav Matějček, Praha

Spolehlivost je velmi důležitá vlastnost všech technických výrobků. Je to schopnost fungovat nejen tak, jak je požadováno, ale též tehdy, když je to požadováno. Je to tedy jakost (kvalita) v čase. Nestačí mít nějaký výrobek s vynikajícími technickými parametry, pokud není schopen fungovat, když má, bude často v opravě nebo bude mít závažné nebo nebezpečné poruchy, je v praxi nepoužitelný a jak pro výrobce, tak pro uživatele takového výrobku může mít jeho používání velmi neblahé následky, ať již ekonomické v podobě nákladů na opravy či stažení výrobků k prohlídkám a opravám či vlivem vzniku škody na majetku či životním prostředí, nebo zdravotní následky v podobě újmy na zdraví či dokonce ztrát na životě. Všechny tyto a mnohé další problémy se spolehlivostí pomáhají řešit technické normy, které obsahují informace na současné vědeckotechnické úrovni.

Je třeba zdůraznit, že všechny technické normy jsou i v mezinárodním měřítku doporučené. Jakmile je však na ně v některé smlouvě, technické specifikaci nebo předpise uveden odkaz, stávají se pro tento případ závaznými.

Metody použité v těchto normách, přestože byly většinou vypracovány Mezinárodní elektrotechnickou komisí IEC a tudíž byly původně určeny pro elektrotechnické výrobky, jsou obecně platné, takže byly zařazeny do obecné třídy 01 06XX Oblast spolehlivosti v technice. Jedná se přibližně o 60 norem z tohoto oboru a až na několik výjimek byly všechny zavedeny do ČSN překladem. Úplný přehled norem z tohoto oboru včetně jejich stručné anotace obsahu je uveden na webových stránkách ČSJ.

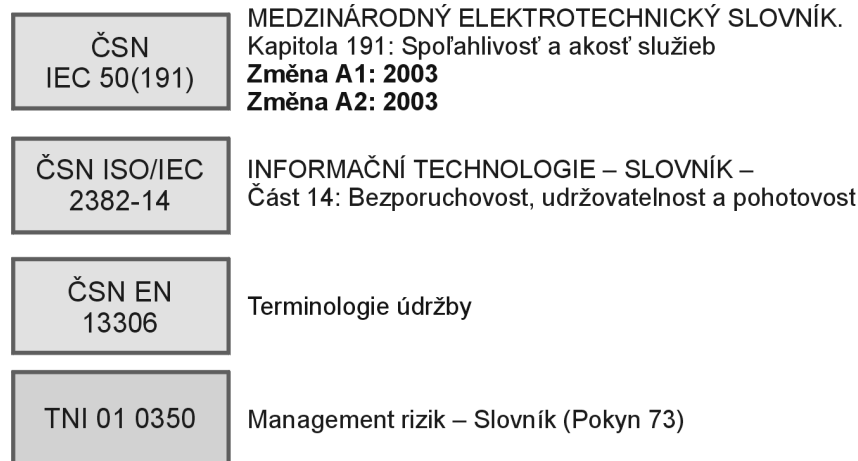
System norem, který je předmětem této přednášky, včetně jejich základních vzájemných vztahů, je schematicky znázorněn na obrázku 1.



Obrázek 1 – Základní struktura norem z oblasti spolehlivosti

Toto dělení není absolutní, bylo vypracováno pro účely této přednášky a některé z norem je možné zařadit do několika skupin.

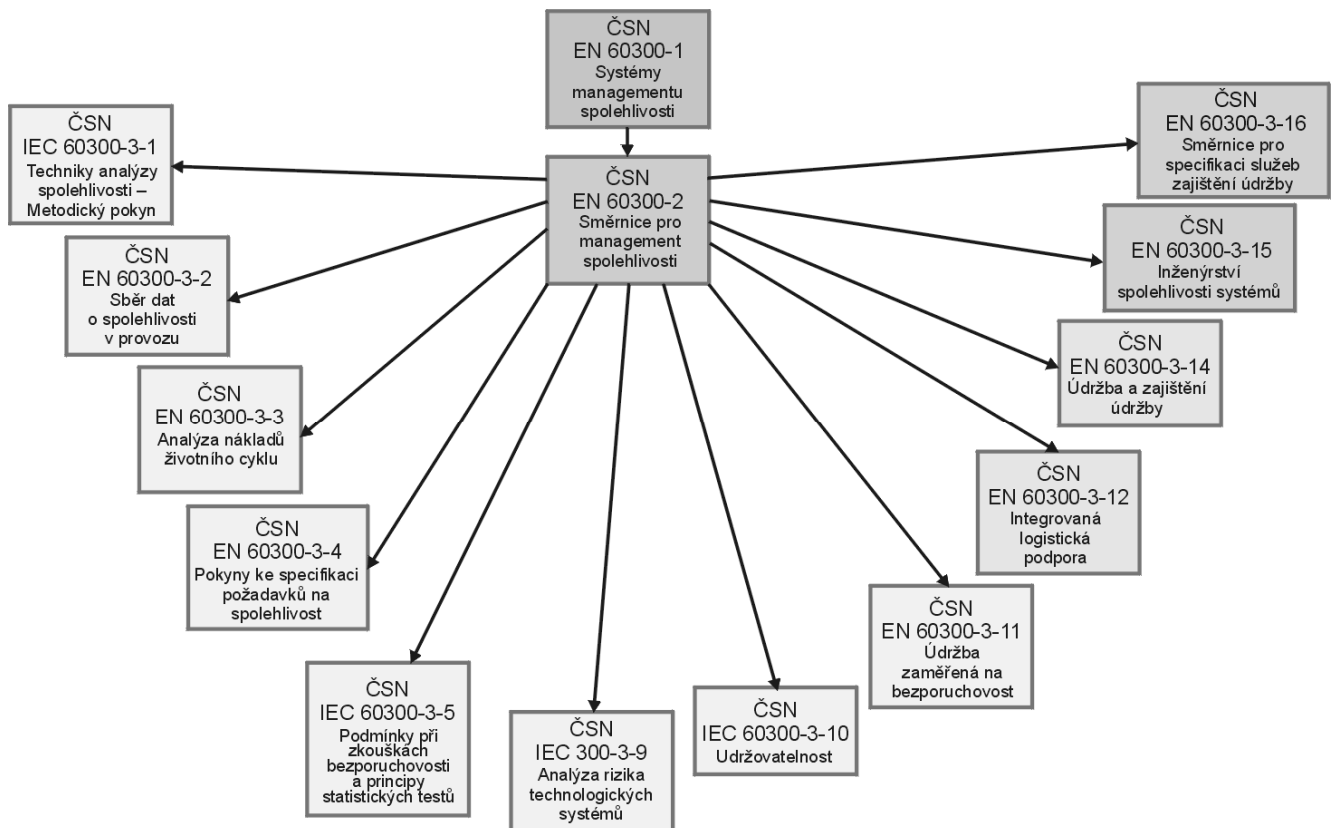
Z obrázku 1 je zřejmé, že nadřazenou normou, na níž se odkazují všechny ostatní normy, je názvoslovná norma ČSN IEC 50(191) obsahující základní názvosloví z oboru spolehlivosti, není to však jediná názvoslovná norma. Přehled názvoslovných norem je na obrázku 2.



Obrázek 2 – Návoslovné normy z oboru spolehlivosti

Základní návoslovná norma z oboru spolehlivosti je ČSN IEC 50(191). V současné době probíhá v IEC TC 56 revize normy IEC 60050-191, která je v etapě přípravy dokumentu FDIS a bude vydána pravděpodobně tento rok. Norma ČSN IEC 50(191) má obecnou platnost a používá se ve všech oblastech spolehlivosti. Obdobná návoslovná norma spolehlivosti z oboru informační technologie je ČSN ISO/IEC 2382-14. Návosloví pro oblast údržby, která je nedílnou součástí spolehlivosti, je v normě ČSN EN 13306 Terminologie údržby. V roce 2010 byla vydána technická normalizační informace TNI 01 0350 (překlad pokynu ISO Guide 73) obsahující slovník ze souvisejícího oboru managementu rizik.

Na obrázku 3 je uveden přehled norem pro management spolehlivosti.



Obrázek 3 – Normy pro management spolehlivosti

V nadřazené normě ČSN EN 60300-1 jsou popsány pojmy a principy systémů managementu spolehlivosti. Tato norma se zabývá problémy spolehlivosti v jednotlivých etapách životního cyklu produktů v

oblasti plánování, navrhování, měření, analýzy a zlepšování spolehlivosti. Je to základní norma celého souboru norem pro management spolehlivosti. Na tuto normu navazuje norma ČSN EN 60300-2, ve které je popsána návaznost jednotlivých etap životního cyklu objektu na příslušné prvky a úkoly programu spolehlivosti. Na tuto normu navazují normy ze souboru norem ČSN EN/IEC (60)300-3 se společným názvem „Management spolehlivosti – Část 3: Pokyn (dříve "návod") k použití“. Tyto normy obsahují jednotlivé nástroje managementu spolehlivosti, především techniky analýzy spolehlivosti, a pokyny k jejich použití. Tyto normy jsou postupně doplňovány a aktualizovány.

Na obrázku 4 jsou uvedeny další normy pro management spolehlivosti, které nejsou součástí souboru norem ČSN EN 60300-3.

ČSN IEC 61713	ZAJIŠTĚNÍ SPOLEHLIVOSTI SOFTWARE POMOCÍ PROCESŮ JEHO ŽIVOTNÍHO CYKLU – Návod k použití
ČSN IEC 61907	INŽENÝRSTVÍ SPOLEHLIVOSTI KOMUNIKAČNÍCH SÍTÍ
ČSN EN 62673	METODIKA POSUZOVÁNÍ A ZAJIŠTĚNÍ SPOLEHLIVOSTI KOMUNIKAČNÍCH SÍTÍ
ČSN EN 31000	MANAGEMENT RIZIK – Principy a směrnice
ČSN EN 31010	MANAGEMENT RIZIK – Techniky posuzování rizik

Obrázek 4 – Doplnkové normy pro management spolehlivosti

Norma ČSN EN 62673 je zcela nová, její konečný návrh byl předán ÚNMZ a bude vydána v nejbližší době převzetím originálu s překladem úvodu a kapitol 1, 2 a 3.

Pokyny pro velmi důležitou dílčí vlastnost spolehlivosti, kterou je bezesporu **udržovatelnost zařízení**, jsou uvedeny v normách ze souboru ČSN IEC 706 a v dalších normách (viz obrázek 5).

ČSN IEC 706-1 ČSN IEC 60300-3-10	Management spolehlivosti – Část 3-10: Návod k použití – Udržovatelnost
ČSN EN 60706-2	UDRŽOVATELNOST ZAŘÍZENÍ – Požadavky na udržovatelnost a studie udržovatelnosti v etapě návrhu a vývoje
ČSN EN 60706-3	UDRŽOVATELNOST ZAŘÍZENÍ – Ověřování a sběr, analýza a prezentace údajů
ČSN EN 60706-5	UDRŽOVATELNOST ZAŘÍZENÍ – Testovací metody a diagnostické zkoušení
ČSN EN 13269	ÚDRŽBA – Směrnice pro vypracování smluv o údržbě
ČSN EN 13460	ÚDRŽBA – Dokumentace pro údržbu
ČSN EN 15331	KRITÉRIA PRO NÁVRH, MANAGEMENT A ŘÍZENÍ SLUŽEB ÚDRŽBY BUDOV
ČSN EN 15341	ÚDRŽBA – Klíčové indikátory výkonnosti údržby
TNI CEN/TR 15628	ÚDRŽBA – Kvalifikace pracovníků údržby

Obrázek 5 – Pokyny pro udržovatelnost zařízení

Je třeba si povšimnout, že část 1 normy IEC 706 byla zrušena a byla nahrazena normou ČSN IEC 60300-3-10 Udržovatelnost. Do této skupiny norem jsou zařazeny i související normy zaměřené na údržbu vypracované v CEN TC 319 Údržba a zavedené do ČSN v posledních letech.

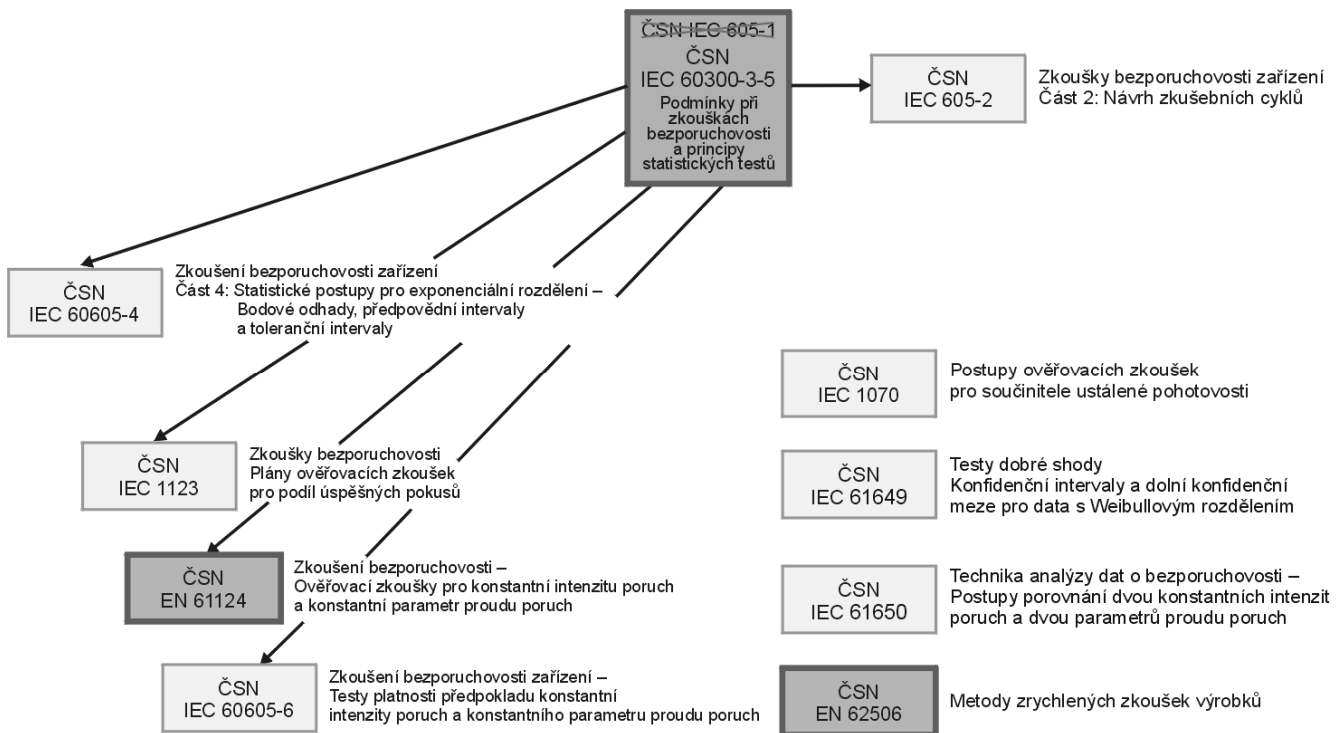
Další důležitou skupinu tvoří normy pro odhady ukazatelů a analýzu spolehlivosti (viz obrázek 6).

ČSN IEC 60319	Prezentace a specifikace dat o bezporuchovosti elektronických součástek	ČSN IEC 61882	Studie nebezpečí a provozuschopnosti (studie HAZOP)
ČSN EN 60812	Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA)	ČSN IEC 62198	Management rizika projektu – Směrnice pro použití
ČSN EN 61025	Analýza stromu poruchových stavů (FTA)	ČSN EN 62308	Bezporuchovost zařízení – Metody posuzování bezporuchovosti
ČSN EN 61078	Blokový diagram bezporuchovosti a booleovské metody	ČSN EN 62309	Spolehlivost produktů obsahujících opakovaně použité díly – Požadavky na funkčnost a zkoušky
ČSN EN 61160	Přezkoumání návrhu	ČSN EN 62347	Návod pro specifikace spolehlivosti systémů
ČSN EN 61165	Použití Markovových technik	ČSN EN 62402	Management zastarávání – Pokyn k použití
ČSN EN 61703	Matematické výrazy pro ukazatele bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a zajištění údržby	ČSN EN 62502	Techniky analýzy spolehlivosti – Analýza stromu událostí (ETA)
ČSN EN 61709	Referenční podmínky pro intenzity poruch a modely namáhání pro přepočty	ČSN EN 62508	Návod pro lidská hlediska spolehlivosti
ČSN IEC 61710	Mocninový model – Testy dobré shody a metody odhadu parametrů	ČSN EN 62551	Techniky analýzy spolehlivosti – Techniky Petriho sítí
		ČSN EN 62628	Návod pro softwarová hlediska spolehlivosti

Obrázek 6 – Normy pro odhady ukazatelů a analýzu spolehlivosti

Též tato skupina norem je postupně doplňována novými metodami analýzy a zpracování dat o spolehlivosti. Normy ČSN EN 62551 Techniky Petriho sítí a ČSN EN 62628 Návod pro softwarová hlediska spolehlivosti byly vydány v roce 2013.

Samostatnou skupinu tvoří normy pro ověřování a zjišťování hodnot ukazatelů spolehlivosti (viz obrázek 7).



Obrázek 7 – Normy pro ověřování a zjišťování hodnot ukazatelů spolehlivosti

Jedná se především o normy pro zkoušky bezporuchovosti zařízení popsané v normách řady ČSN IEC (60)605 a v normách ČSN IEC 1123, ČSN EN 61124, či ověřovací zkoušky pohotovosti uvedené v ČSN IEC 1070. Do této skupiny patří i normy, ve kterých jsou definovány podmínky prostředí a provozního zatížení při těchto zkouškách. Základní normou tohoto souboru je ČSN IEC 605-2, ve které je popsána metoda návrhu zkušebních cyklů. Pro typické podmínky některých druhů zařízení byly dříve vypracovány specifické podmínky prostředí, které byly popsány v normách řady ČSN IEC 605-3. Soubor norem IEC 60605-3, který byl zapracován do těchto norem ČSN, však již byl v IEC zrušen z důvodu zastaralosti a tudíž byly zrušeny i odpovídající normy ČSN IEC 605-3. Příslušné zkušební cykly se pro konkrétní případy navrhují podle obecné normy ČSN IEC 605-2.

Do této skupiny byla zařazena i norma ČSN IEC 60605-6 (Test platnosti předpokladu exponenciálního rozdělení, tj. konstantní intenzity poruch nebo konstantního parametru proudu poruch) obsahující popis metod statistického ověření předpokladu platnosti exponenciálního rozdělení, na jehož základě jsou stanoveny zkušební plány ověřovacích či určovacích zkoušek. Dále sem byly zařazeny normy ČSN IEC 1070 pro zkoušky s použitím součinitele ustálené pohotovosti, ČSN EN 61649 pro Weibullovo rozdělení a ČSN IEC 61650 pro porovnání dvou intenzit poruch nebo parametrů proudu poruch při exponenciálním rozdělení. Nově revidovaná norma ČSN EN 61124 vyšla v březnu 2013.

V této skupině je nová norma ČSN EN 62506, která bude vydána začátkem roku 2014. V této normě je uveden návod pro použití různých technik zrychlených zkoušek pro měření nebo zlepšení bezporuchovosti výrobků.

Samostatnou skupinu tvoří normy zaměřené na metody zlepšování ukazatelů spolehlivosti již vyvinutých a vyráběných výrobků (viz obrázek 8).

ČSN EN 61163-1	Třídění namáháním pro zlepšení bezporuchovosti – Část 1: Opravitelné objekty vyráběné v dávkách
ČSN IEC 61163-2	Třídění namáháním pro zlepšení bezporuchovosti – Část 2: Elektronické součástky
ČSN EN 61014	Programy růstu bezporuchovosti
ČSN EN 61164	Růst bezporuchovosti – Metody statistických testů a odhadů
ČSN EN 62429	Růst bezporuchovosti – Zkoušení namáháním pro zjišťování časných poruch v jedinečných složitých systémech

Obrázek 8 – Normy pro zlepšování ukazatelů spolehlivosti

Na obrázku 9 je uveden přehled norem ČSN v oboru spolehlivosti vydaných v roce 2013, nebo právě dokončovaných či připravovaných norem (budou vydány začátkem roku 2014).

ČSN EN 61124	Zkoušení bezporuchovosti – Ověřovací zkoušky pro konstantní intenzitu poruch a konstantní parametr proudu poruch
ČSN EN 61710	Mocninový model – Testy dobré shody a metody odhadu parametrů
ČSN EN 62551	Techniky analýzy spolehlivosti – Techniky Petriho sítí
ČSN EN 62506	Metody zrychlených zkoušek výrobků
ČSN EN 62628	Návod pro softwarová hlediska spolehlivosti
ČSN EN 62673	Metodika posuzování a zajištění spolehlivosti komunikačních sítí

Obrázek 9 – Nové normy z oboru spolehlivosti

Těmto normám se budu věnovat poněkud podrobněji.

ČSN EN 61124:2013 Zkoušení bezporuchovosti – Ověřovací zkoušky pro konstantní intenzitu poruch a konstantní parametr proudu poruch

V této normě jsou specifikovány **postupy zkoušení, zda je pozorovaná hodnota** intenzity poruch, parametru proudu poruch, střední doby do poruchy a střední doby provozu mezi poruchami **ve shodě s daným požadavkem**. Jsou popsány čtyři typy zkušebních plánů: plány **zkrácených postupných** zkoušek, plány **zkoušek ukončených časem/poruchou**, plány zkoušek **ukončených pevným kalendářním časem** bez nahrazování a **kombinované zkušební plány**.

Norma byla vydána v březnu 2013. Souběžně s touto normou až do 2015-06-27 platí její předchozí vydání z února 2007.

ČSN EN 62551:2013 Techniky analýzy spolehlivosti – Techniky Petriho sítí

Petriho síť umožňují popsat chování systému pomocí **modelování vztahu mezi lokálními stavy a lokálními událostmi**. Výpočty spolehlivosti s použitím Petriho sítí jsou určeny k modelování různých stavů systému a procesu, jak se systém vyvíjí z jednoho stavu do jiného, když dojde k nějakým událostem.

Norma byla vydána v srpnu 2013.

ČSN EN 62506:2014 Metody zrychlených zkoušek výrobků

V této normě je uveden návod pro použití různých technik **zrychlených zkoušek pro měření nebo zlepšení bezporuchovosti výrobků**. Cílem těchto technik je buď zjistit potenciální slabiny návrhu či poskytnout informace o spolehlivosti objektu, nebo dosáhnout nezbytného zlepšení bezporuchovosti, a to vše ve zhuštěném nebo zrychleném časovém období. Norma se může používat pro postupné zkoušky poměrem pravděpodobnosti, zkoušky s pevnou dobou trvání a zkoušky zlepšení/růstu bezporuchovosti, ve kterých se ukazatel bezporuchovosti může lišit od standardní pravděpodobnosti výskytu poruch. Tato norma se týká jak metod zrychlených zkoušek, tak výrobního třídění prováděného s cílem identifikovat slabiny vnesené do výrobku výrobní chybou, které by mohly snížit spolehlivost výrobku.

Norma bude vydána začátkem roku 2014.

ČSN EN 62628:2013 Návod pro softwarová hlediska spolehlivosti

Tato norma poskytuje **nejlepší současné průmyslové praktiky** a představuje platnou metodiku usnadňující **dosazení spolehlivosti softwaru**. Určuje vliv managementu na softwarová hlediska spolehlivosti a poskytuje příslušné technické procesy s cílem vkonstruovat spolehlivost softwaru do systému.

Norma byla vydána v květnu 2013.

ČSN EN 62673:2014 Metodika posuzování a zajištění spolehlivosti komunikačních sítí

V této normě je popsána obecná metodika posuzování a **zajištění spolehlivosti komunikačních sítí z hlediska životního cyklu sítě**. Jsou v ní uvedeny strategie posuzování spolehlivosti sítě a metodika analýzy topologie sítě, hodnocení spolehlivosti cest služby a optimalizace konfigurací sítě s cílem dosáhnout spolehlivostní výkonnosti sítě a spolehlivosti služby. Norma je též zaměřena na strategie zajištění spolehlivosti sítě a metodiku aplikace kontroly zdraví sítě, řízení výpadků sítě a management testovacích případů ke zdokonalení a udržení spolehlivostní výkonnosti sítě v provozu služby sítě. Je vhodná pro poskytovatele síťové služby, návrháře a vývojáře sítí a údržbáře a operátory sítí pro zajištění spolehlivostní výkonnosti sítí a posuzování spolehlivosti služby.

Tato norma je zaváděna převzetím originálu a obsahuje překlad úvodu a kapitol 1, 2 a 3. Bude vydána začátkem roku 2014.

Další normy se připravují v IEC TC 56 a jsou v různém stadiu rozpracování (viz obrázek 10)

- IEC 60050-191** Ed. 2 (revize) Mezinárodní elektrotechnický slovník –
Část 191: Spolehlivost (Připravuje se FDIS)
- IEC 60050-692** Ed. 1 (nová norma, nahradí IEC 60050-191:/Amd.1) Mezinárodní elektrotechnický slovník –
Část 692: Elektrizační soustavy – Spolehlivost a kvalita služby (Připravuje se CDV)
- IEC 60300-1** Ed.2 (revize) Management spolehlivosti –
Část 1: Návod pro management a použití (Připravuje se FDIS)
- IEC 61703** Ed.2 (revize) Matematické výrazy pro termíny bezporuchovosti,
pohotovosti, udržovatelnosti a zajištění údržby (Připravuje se 2CD)
- IEC 62198** Ed.2 (revize) Zvládnutí rizika v projektech – Směrnice pro použití (Norma už vyšla)
- IEC 62550** Ed.1 (nová norma) Management náhradních dílů (Připravuje se 1CD)
- IEC 62740** Ed.1 (nová norma) Analýza kořenových příčin poruch (Připravuje se CDV)
- IEC 62741** Ed.1(nová norma) Pokyn k prokazování požadavků na spolehlivost –
Případ spolehlivosti (Připravuje se 1CD)
- IEC 62853** Ed.1(nová norma) Spolehlivost otevřených systémů (Připravuje se 1CD)
- IEC/IEEE 61014** Ed.1(nová norma) Programy růstu bezporuchovosti (Připravuje se 2CD)
- EN 15628** Ed.2 (revize) Údržba – Kvalifikace pracovníků údržby (Koluje prEN)
- EN 15646** Ed.1(nová norma) Údržba – Údržba v rámci managementu fyzického majetku (Koluje prEN)

Obrázek 10 – Připravované normy

Od začátku r. 2009 je možné se zaregistrovat na adrese:

<http://csnonline.unmz.cz/> ,

kde lze za 1000 Kč na jeden rok objednat neomezený přístup ke všem normám v databázi ÚNMZ (úplný text, ne jen náhledy) a za odstupňovaný příplatek je možné jednotlivé stránky i celé normy též vytisknout.

Normy z oboru spolehlivosti mají (až na výjimky) třídicí znak 01 06XX kromě ČSN IEC 50(191), která má třídicí znak 01 0102.

Úplný přehled norem z oboru spolehlivosti včetně anotací obsahu ve stavu k 31. 12. 2013 lze nalézt na webových stránkách České společnosti pro jakost www.csq.cz v rubrice Spolková činnost/Odborné skupiny/Spolehlivost/Zdroje informací v souboru PŘEHLED TECHNICKÝCH NOREM Z OBLASTI SPOLEHLIVOSTI 2013, tj. na adrese:

http://www.csq.cz/fileadmin/user_upload/Spolkova_cinnost/Odborne_skupiny/Spolehlivost/informace/Normy_Spolehlivost_2013_12.pdf



Česká společnost pro jakost, Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1
Úvod do spolehlivosti, 25. 2. 2014

ISBN 978-80-02-02514-6

Úvod do spolehlivosti

Sborník přednášek,

Kolektiv autorů

1. vydání, rok vydání 2014

vazba brožovaná, počet stran 26