

Střední doba mezi poruchami: vysvětlení a standardy

Wendy Torell
Victor Avelar

White Paper č. 78

APC[®]
Legendary Reliability[®]

Resumé

Termín střední doba mezi poruchami označuje míru spolehlivosti. V řadě průmyslových odvětví je výklad tohoto termínu příliš volný a někdy i zavádějící. Původní význam tohoto termínu doznal v průběhu let změn a jeho použití může být matoucí nebo úmyslně nesprávné. Střední doba mezi poruchami (MTBF, Mean Time Between Failure) je většinou založena na předpokladech a definici poruchy. Základem správné interpretace je přesné zhodnocení jednotlivých detailů. Tento dokument vysvětluje základní otázky a chyby při interpretaci veličiny MTBF a také metody, kterými lze tuto veličinu odhadnout.

Úvod

Střední doba mezi poruchami (MTBF, Mean Time Between Failure) se používá více než 60 let jako základní veličina pro různá rozhodnutí. Časem vzniklo více než 20 metod a postupů, které slouží k předpovídání cyklu životnosti. Není proto divu, že veličina MTBF je stále předmětem nekonečných diskusí. Jednou z oblastí, kde je použití této veličiny evidentní, je návrh prostředků kritického významu pro prostředí informačních technologií a telekomunikací. V prostředí, kde minuty, po které je systém nefunkční, negativně ovlivňují celou obchodní hodnotu řešení na trhu, je důležité, aby infrastruktura fyzických zařízení podporujících síťové prostředí byla spolehlivá. Cílové spolehlivosti obchodního řešení nelze dosáhnout bez důkladného pochopení významu veličiny MTBF. V tomto dokumentu jsou všechny aspekty veličiny MTBF popsány na příkladech, které zjednodušují složitost problematiky a osvětlují nesprávné interpretace.

Co je porucha? Co jsou předpoklady?

Tyto otázky je nutné si položit při výkladu libovolné hodnoty MTBF. Bez odpovědí na tyto otázky nemá další diskuse žádný smysl. Veličina MTBF je často uváděna bez definice poruchy. Takový způsob je nejen zavádějící, ale veličinu zcela znehodnocuje. Obdobně by bylo možné propagovat nízkou spotřebu u automobilu údajem „kilometrů na jednu nádrž“, aniž by byla uvedena kapacita nádrže v litrech. Proti této nejednoznačnosti lze argumentovat tím, že existují dvě základní definice poruchy:

- 1) Ukončení schopnosti produktu jako celku vykonávat požadovanou funkci.¹
- 2) Ukončení schopnosti libovolné součásti vykonávat požadovanou funkci, aniž by musel selhat celý produkt.²

Následující dva příklady demonstrují, jak určité selhání produktu může a nemusí být klasifikováno jako porucha v závislosti na vybrané definici.

Příklad 1:

Pokud dojde k selhání redundantního disku v poli RAID, bude diskové pole RAID nadále fungovat a poskytovat kritická data. Selhání disku však způsobí, že součást diskového pole nebude vykonávat požadovanou funkci, tj. poskytování úložného místa. Podle definice 1 se tedy jedná o poruchu, ale podle definice 2 se o poruchu jedná.

Příklad 2:

V případě, že dojde k selhání invertoru UPS a zdroj UPS se přepne do režimu statického přemostění, selhání nezabrání zařízení UPS vykonávat požadovanou funkci, což je dodávka proudu pro kritická zařízení. Selhání invertoru však způsobí, že zdroj UPS nebude moci provádět požadovanou funkci dodávky alternativního proudu za specifických podmínek. Obdobně jako v předchozím příkladu se jedná o poruchu pouze podle druhé definice.

¹ IEC-50

² IEC-50

Pokud by existovaly pouze dvě definice, byla by definice poruchy poměrně jednoduchá. Bohužel v okamžiku, kdy je v sázce dobrá pověst celého produktu, výklad pojmů začíná být stejně komplikovaný, jako sám termín MTBF. Ve skutečnosti se nepoužívají jen dvě definice poruchy. Nejrůznější verze ani nelze spočítat. Různé definice poruchy závisí také na typu produktu a výrobci. Výrobci, kteří kladou důraz na kvalitu, sledují všechny režimy selhání a získaná data používají k řízení procesů. Výsledkem je řada výhod, zejména snížení poruchovosti produktů. Pro přesnou definici poruchy je proto třeba klást další otázky.

Je chybné použití produktu zákazníkem považováno za poruchu? Návrháři nemuseli vzít v úvahu lidský faktor a uživatelé mívají tendenci produkt používat chybným způsobem. Má se pokles zatížení způsobený servisním technikem dodavatele označovat za poruchu? Je možné, že samotný návrh produktu zvyšuje pravděpodobnost selhání postupu, který je sám o sobě rizikový? Pokud by selhala dioda LED (Light Emitting Diode) v počítači, jedná se o poruchu, přestože nemá vliv na funkci počítače? Je dožití spotřební položky, jako je například baterie, považováno za poruchu, pokud k němu dojde předčasně? Je poruchou poškození při přepravě? Takové poškození může indikovat chybný návrh obalu. Je zřejmé, že definice poruchy musí být jasná a srozumitelná. Teprve poté lze přikročit k interpretaci veličiny MTBF. Otázky podobné těm, které jsou uvedeny výše, tvoří nezbytný základ. Teprve na něm lze založit rozhodnutí týkající se spolehlivosti.

Říká se, že inženýři se nikdy nemylí – pouze pracují se špatnými předpoklady. Stejně pravidlo lze uplatnit na ty, kteří odhadují hodnoty MTBF. Předpoklady jsou nutné pro zjednodušení procesu odhadu veličiny MTBF. Je téměř nemožné shromáždit data potřebná pro výpočet přesné hodnoty. Všechny předpoklady však musí být realistické. V jednotlivých částech tohoto dokumentu jsou popsány standardní předpoklady, které se používají při odhadech hodnoty MTBF.

Definice spolehlivosti, dostupnosti, MTBF a MTTR

Velichina MTBF ovlivňuje spolehlivost i dostupnost. Před vysvětlením metod MTBF je důležité se seznámit se základními informacemi a dobře porozumět významu uvedených termínů. Spolehlivost a dostupnost se často považují za rovnocenné pojmy anebo je jejich výklad nesprávný. Vysoká dostupnost je většinou doprovázena vysokou spolehlivostí, ale oba termíny nelze zaměňovat.

Spolehlivost je schopnost systému nebo součástí vykonávat požadované funkce za daných podmínek po určené časové období [IEEE 90].

Jinými slovy se jedná o pravděpodobnost, že systém nebo komponenta budou bezporuchově vykonávat přidělenou funkci po určený časový interval. Výstižným příkladem, který demonstruje tuto definici, je let letadlem. Letadlo startuje s jasným cílem: bezpečně dokončit plánovaný let (bez katastrofických scénářů).

Dostupnost na druhé straně představuje úroveň, do které je systém nebo součást funkční a k dispozici v případě, že je vyžádáno její použití [IEEE 90].

Dostupnost lze považovat za pravděpodobnost, že se systém nebo součást nachází ve stavu, kdy umožňuje provádět požadované funkce za určených podmínek a v daném časovém okamžiku. Dostupnost je určena spolehlivostí systému spolu s časem obnovení v případě poruchy. Pokud má systém dlouhé a nepřerušované provozní doby (například datové středisko s provozem 10 let), poruchám se nelze vyhnout. Dostupnost je pak často velmi důležitou veličinou, protože indikuje, jak rychle po výskytu poruchy dojde k obnovení provozu. V případě datového střediska je zásadním parametrem návrh spolehlivého systému. Při poruše je však nejdůležitějším předpokladem co nejrychlejší zprovoznění informačního prostředí a obchodních procesů a maximální zkrácení doby výpadku.

Základní veličinou pro měření spolehlivosti systému je střední doba mezi poruchami (MTBF, Mean Time Between Failure). Obvykle je udávána v hodinách. Čím vyšší je hodnota MTBF, tím vyšší je spolehlivost produktu. Tato závislost je určena vzorcem 1.

$$\text{Spolehlivost} = e^{-\left(\frac{\text{Čas}}{\text{MTBF}}\right)}$$

Vzorec 1

Veličina MTBF je často chybně interpretována jako předpokládaný počet provozních hodin před selháním systému nebo jako „servisní životnost“. Nežádoucí bývá hodnota MTBF udávána v řádu milionů hodin. Je však naprosto nerealistické se domnívat, že systém skutečně může být v nepřetržitém provozu více než 100 let bez jediné poruchy. Důvod, proč jsou tyto hodnoty často tak vysoké, spočívá v tom, že jsou založeny na pravděpodobnosti poruch produktu při „běžných podmínkách“ nebo „při standardním provozu“ a předpokládá se, že pravděpodobnost poruchy se s časem nemění a je stejná bez ohledu na dobu provozu. V této fázi životnosti produktu se dosahuje nejnižší (a konstantní) pravděpodobnosti poruchy. Ve skutečnosti však provoz produktu omezuje doba jeho životnosti, která je podstatně kratší než hodnoty MTBF. Mezi servisní životností produktu a pravděpodobností poruchy nebo hodnotou MTBF by proto neměly být vyvozovány žádné přímé souvislosti. Je docela možné vyrobít produkt s extrémně vysokou spolehlivostí (MTBF), který však bude mít krátkou očekávanou životnost. Jako příklad uvedme samotného člověka:

Ve vzorku populace je 500 000 lidí ve věku 25 let.

Pro tento vzorek jsou po dobu jednoho roku shromažďována data o úmrtích (poruchách).

Provozní životnost vzorku je 500 000 x 1 rok = 500 000 člověkolet.

V průběhu roku 625 lidí zemře (má poruchu).

Pravděpodobnost poruchy je 625 poruch / 500 000 člověkolet = 0,125 % / rok.

Hodnota MTBF je převrácenou hodnotou pravděpodobnosti poruchy, tj. 1 / 0,00125 = 800 let.

Tedy přestože 25letý člověk má vysokou hodnotu MTBF, předpokládaná doba života (servisní životnost) je podstatně kratší a nemá s touto hodnotou přímou souvislost.

Ve skutečnosti člověk nevykazuje konstantní pravděpodobnost „poruchy“. Při stárnutí dochází k většímu počtu selhání (ukončení životnosti). Proto jediným spolehlivým způsobem, jak spočítat veličinu MTBF rovnající se servisní životnosti, by bylo počkat, až celý vzorek populace 25letých lidí dosáhne konce životnosti. Pak by bylo možné spočítat průměrnou dobu životnosti. Pravděpodobně budete souhlasit, že toto číslo bude mít hodnotu 75-80 let.

Jaká je tedy hodnota veličiny MTBF pro 25leté lidské jedince – 80 nebo 800? Platné jsou obě hodnoty! Jak ale může mít stejný vzorek populace dvě tak diametrálně odlišné hodnoty MTBF? Vše je odvozeno od předpokladů!

Pokud veličina MTBF s hodnotou 80 přesněji odpovídá životnosti produktu (v tomto příkladu době života lidí), jedná se o lepší metodu? Očividně je intuitivnější. Existuje však mnoho faktorů, které omezují praktické použití této metody pro komerční produkty, jakými jsou například zařízení UPS. Největším omezením je čas. Veličinu lze vyhodnotit až po selhání celé vzorové populace, což pro mnoho produktů vyžaduje časový interval 10 až 15 let. Navíc i v případě, že by bylo rozumné čekat před výpočtem MTBF po celou dobu životnosti, objevil by se problém se sledováním produktů. Jak se například výrobce dozví, zda jsou produkty stále v provozu či zda byly bez oznámení vyřazeny?

Avšak i když by nakonec byly všechny uvedené předpoklady splněny, technologie se vyvíjí tak rychle, že v době, kdy by tato hodnota byla k dispozici, by již neměla žádný praktický užitek. Kdo by stál o hodnotu MTBF pro produkt, který byl předchůdcem několika generací technologických inovací?

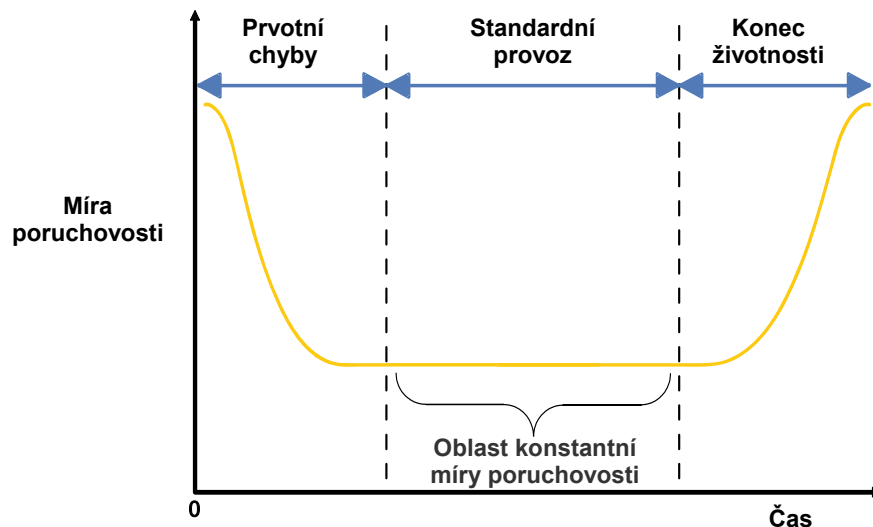
Střední doba opravy (nebo obnovy) označovaná jako MTTR (Mean Time to Repair), představuje očekávaný časový interval, během kterého dojde k obnovení systému po poruše. Hodnota může obsahovat čas pro diagnostiku problému, dobu, za kterou se servisní technik dopraví na místo, a čas potřebný pro fyzickou opravu systému. Stejně jako v případě veličiny MTBF je i hodnota MTTR udávána v hodinách. Hodnota MTTR ovlivňuje dostupnost a nikoli spolehlivost (viz vzorec 2). Čím delší je prodleva MTTR, tím horší je kvalita systému. Jednoduše řečeno, pokud trvá zotavení systému po poruše delší dobu, má systém také horší dostupnost. Uvedený vzorec demonstruje, jak veličiny MTBF a MTTR ovlivňují celkovou dostupnost systému. Zvýšení hodnoty MTBF má za následek zvýšení hodnoty dostupnosti. Zvýšení hodnoty MTTR způsobí snížení dostupnosti.

$$\text{Dostupnost} = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \quad \text{Vzorec 2}$$

Pokud mají vzorce 1 a 2 platit, je nutné při analýze veličiny MTBF provést základní předpoklady. Oproti mechanickým systémům nemá většina elektronických systémů pohyblivé součásti. Jako důsledek se všeobecně uznává, že elektronické systémy nebo komponenty mají konstantní míru poruchovosti po celou dobu provozní životnosti. Uvedený předpoklad konstantní míry poruchovosti je znázorněn na obrázku 1. Znázorněná křivka se označuje jako křivka četnosti výpadků elektronických systémů. „Období standardního

provozu, nebo „konstrukční doba životnosti“ na této křivce představuje fázi, ve které je produkt nasazen do provozu. Jedná se o časový interval, kdy kvalita produktu odpovídá konstantní míře poruchovosti v čase. Mezi příčiny poruch v této fázi patří nedetekovatelné chyby, bezpečnostní atributy na nízké úrovni návrhu, náhodná zátěž vyšší než předpokládaná hodnota, lidský faktor a přírodní katastrofy. Prudkému nárůstu křivky v období konce životnosti lze předejít důkladným zahořením komponent u výrobce, správnou údržbou a proaktivní výměnou součástí, které jsou u konce životnosti. Uvedená diskuse poskytuje základní informace týkající se konceptů a významových rozdílů spolehlivosti a dostupnosti, jejichž pochopení je nezbytné pro správnou interpretaci veličiny MTBF. V další části jsou uvedeny různé metody pro předpovídání veličiny MTBF.

Obrázek 1: Křivka četnosti výpadků znázorňující konstantní míru poruchovosti



Metody předpovídání a odhadu veličiny MTBF

Termíny „předpovídání“ a „odhadování“ jsou často používány jako synonyma - to však není správné. Metody, které *předpovídají* veličinu MTBF, počítají hodnotu na základě návrhu systému. Výpočet se obvykle provádí na počátku životního cyklu produktu. Předpovědicí metody jsou užitečné v případě, že jsou k dispozici pouze minimální provozní údaje nebo že tato data zcela chybí. Příkladem může být vývoj raketoplánu nebo návrh zcela nového produktu. Předpovědicí metody není vhodné používat v případě, že jsou k dispozici dostatečně podrobné provozní údaje. Místo nich je vhodné použít metody, které veličinu MTBF *odhadují*, protože reprezentují skutečně zjištěné hodnoty poruch. Metody pro *odhad* veličiny MTBF počítají hodnotu na základě sledování vzorku podobných systémů, který je obvykle analyzován po implementaci velkého počtu výrobků do provozu. Odhad MTBF je dosud nejrozšířenější metodou pro výpočet hodnoty MTBF zejména díky tomu, že je založen na skutečných produktech při reálném využití v provozu.

Všechny tyto metody pracují ve své podstatě se statistickými daty, tzn. poskytují pouze aproximaci skutečné hodnoty MTBF. Žádná metoda není stanovena jako průmyslový standard. Je proto velmi důležité, aby výrobce porozuměl a následně vybral nejlepší metodu pro danou aplikaci. Následující metody, které však nepředstavují vyčerpávající seznam, ukazují různé způsoby stanovování veličiny MTBF.

Metody pro předpovídání spolehlivosti

První metody pro předpovídání spolehlivosti definovali kolem roku 1940 německý vědec Von Braun a matematik Eric Pieruschka. Při pokusech o odstranění řady problémů se spolehlivostí raket V-1 asistoval matematik Pieruschka vědci Von Braunovi při modelování spolehlivosti raket a vytvořil první dokumentovaný model pro moderní předpovídání spolehlivosti. Následně v souvislosti s rozmachem atomového průmyslu prováděla společnost NASA další zdokonalování v oblasti analýzy spolehlivosti. V současnosti je pro předpovídání spolehlivosti MTBF k dispozici řada metod.

MIL-HDBK 217

Dokument Military Handbook 217 byl publikován vojenskými orgány USA v roce 1965. Cílem bylo vytvoření standardu pro předpovídání spolehlivosti vojenských elektronických zařízení a systémů a zvýšení spolehlivosti nově navrhovaných zařízení. V dokumentu je popsán společný základ pro porovnání spolehlivosti dvou nebo více podobných konstrukcí. Dokument Military Handbook 217 bývá také označován jako Mil Standard 217 nebo pouze 217. Standard 217 stanoví dva způsoby předpovídání spolehlivosti: předpověď podle počtu součástí a předpověď podle analýzy namáhání součástí.

Předpověď podle počtu součástí se obecně používá k předpovídání spolehlivosti produktu v prvních fázích vývojového cyklu produktu. Cílem je získat hrubý odhad spolehlivosti vztažený k cílové spolehlivosti nebo k její specifikaci. Míra poruchovosti je počítána doslova spočítáním podobných součástí produktu (například kondenzátorů) a jejich rozdělením do skupin podle jednotlivých druhů (například deskové kondenzátory). Počet součástí v jednotlivých skupinách je pak vynásoben obecnou pravděpodobností poruchy a faktorem kvality, který je uveden v dokumentu 217. Nakonec jsou pravděpodobnosti poruch všech skupin součástí sečteny a výsledkem je konečná pravděpodobnost poruchy. Podle definice se v metodě předpovídání podle počtu součástí předpokládá, že všechny součásti jsou zapojeny sériově. Pro součásti, které nejsou zapojeny sériově, je nutné vypočítat pravděpodobnost poruchy zvlášť.

Předpověď podle analýzy namáhání součástí se většinou užívá mnohem později při vývoji produktu, kdy se návrh skutečných obvodů a hardwaru blíží k předání do výroby. Metoda je obdobou metody předpovědi podle počtu součástí v tom ohledu, že pravděpodobnosti výskytu poruch se sčítají. Při předpovědi podle namáhání součástí je míra poruchovosti určována pro každou součást zvlášť. Závisí na specifické úrovni namáhání, již je daná součástka vystavena (například vlhkost, teplota, vibrace, napětí atd.). Úroveň namáhání lze jednotlivým součástem přiřadit pouze v případě, že návrh produktu obsahuje podrobnou analýzu a popis parametrů prostředí. Výsledkem předpovědi podle namáhání součástí je většinou nižší pravděpodobnost poruchovosti, než udává metoda podle počtu součástí. Vzhledem k nutnosti podrobné analýzy je tato metoda, v porovnání s jinými, časově extrémně náročná.

V současnosti se standard 217 používá jen zřídka. V roce 1996 armáda USA oznámila, že standard MIL-HDBK-217 se již nebude nadále používat, protože „se ukázal jako nespolehlivý a může vést k chybným nebo zavádějícím předpovědím spolehlivosti“³. Standard 217 byl zavržen z řady důvodů. Většina z nich souvisí s faktem, že spolehlivost součástí se za řadu let výrazně zvýšila a dosáhla úrovně, kdy nehraje rozhodující roli při selhání produktů. Pravděpodobnosti poruch vypočtené na základě standardu 217 jsou konzervativnější (vyšší) než jsou parametry současných elektronických součástí. Důkladná analýza poruch u současných elektronických produktů dokázala, že mezi nejčastější příčiny poruch patří nesprávné použití (lidský faktor), řízení procesů nebo návrh produktu.

Telcordia

Model předpovídání spolehlivosti Telcordia vznikl v telekomunikačním oboru a za léta používání prošel řadou změn. Byl vyvinut v laboratořích Bellcore Communications Research pod názvem Bellcore jako prostředek pro předpověď spolehlivosti telekomunikačních zařízení. Přestože je základem modelu Bellcore standard 217, modely spolehlivosti (vzorce) byly v roce 1985 upraveny tak, aby odpovídaly provozním zkušenostem s telekomunikačními zařízeními. Poslední revize metody Bellcore je označována jako TR-332 Issue 6 a proběhla v prosinci roku 1997. Následně byl v roce 1997 model Bellcore koupen společností SAIC a přejmenován na Telcordia. Poslední verze modelu Telcordia Prediction Model se nazývá SR-332 Issue 1 a byla vytvořena v květnu 2001. Kromě algoritmů popsanych ve standardu 217 nabízí různé další způsoby výpočtů. V současnosti je metoda Telcordia používána jako nástroj pro návrh produktů v celém telekomunikačním průmyslu.

HRD5

Zkratka HRD5 označuje příručku Handbook for Reliability Data for Electronic Components, která se používá pro telekomunikační systémy. Standard HRD5 byl vyvinut společností British Telecom a používá se převážně ve Spojeném království. Je obdobou metody 217, ale nezahrnuje tak širokou oblast proměnných prostředí. Poskytuje model předpovídání spolehlivosti, který pokrývá celou škálu elektronických součástí včetně telekomunikačních zařízení.

RBD (Reliability Block Diagram, blokové schéma spolehlivosti)

Standard RBD (Reliability Block Diagram) tvoří reprezentativní schéma a výpočetní nástroj sloužící k modelování dostupnosti a spolehlivosti systémů. Struktura blokového schématu spolehlivosti definuje logické vztahy poruch v rámci systému. Nejedná se však nutně o skutečná logická nebo fyzická propojení. Každý blok představuje jednu součást, subsystém nebo jinou reprezentaci zdroje poruchy. Schéma může reprezentovat celý systém nebo libovolnou dílčí část či kombinaci systémů vyžadující analýzu poruchovosti, spolehlivosti a dostupnosti. Slouží také jako nástroj analýzy, který udává, jak která součást systému funguje a jak jednotlivé součásti ovlivňují funkci systému jako celku.

³ Cushing, M., Krolewski, J., Stadterman, T., a Hum, B., 1996, „*U.S. Army Reliability Standardization Improvement Policy and Its Impact*“, IEEE Transactions on Components, Packaging, and Manufacturing Technology, část A, svazek 19, č. 2, str. 277-278.

Markovův model

Markovovy modely umožňují analýzu komplexních systémů, jako jsou například elektrická schémata. Tyto modely jsou také označovány jako diagramy stavového prostoru nebo stavové grafy. Stavový prostor je definován jako množina všech stavů, ve kterých se může systém nacházet. Narozdíl od blokových diagramů poskytují přesnější reprezentaci systému. Stavové diagramy je vhodné použít pro popis závislostí poruch mezi součástmi a pro různé stavy, které nelze zachytit pomocí blokových diagramů, jako je například stav UPS dodávající proud z baterie. Kromě veličiny MTBF poskytují Markovovy modely různé další metriky systému, včetně dostupnosti, hodnoty MTTR, pravděpodobnosti, že daný systém bude v daném čase v určeném stavu, a mnoho dalších.

FMEA / FMECA

Metoda FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) představuje proces používaný pro analýzu režimů poruch produktu. Tyto údaje pak slouží k určení důsledků jednotlivých selhání na produkt a následně ke zlepšení návrhu produktu. Analýzu je možné ještě o krok zdokonalit a jednotlivým režimům poruch přiřadit úroveň závažnosti. V takovém případě mluvíme o analýze FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis). Metoda FMEA využívá přístup zdola nahoru. Pro zařízení UPS například analýza začíná součástkami na úrovni jednotlivých obvodů na základní desce a postupně je rozšiřována na celý systém. Kromě využití jako nástroje při návrhu produktu ji lze použít také k výpočtu spolehlivosti celého systému. Pravděpodobnostní data, která jsou zapotřebí pro výpočty, může být pro různé součásti zařízení obtížné získat. To platí zejména v případě, že součásti mohou pracovat v několika stavech nebo provozních režimech.

Strom poruchy

Analýza pomocí stromu poruchy je metoda, která byla vyvinuta v laboratořích Bell Telephone Laboratories za účelem vyhodnocení spolehlivosti systému Minuteman pro řízené odpalování raket. Metoda se začala později používat pro analýzu spolehlivosti. Stromy poruch mohou pomoci při detailním popisu cesty událostí, ať již standardních událostí, nebo poruch, které způsobují selhání na úrovni komponenty, nebo při analýze neočekávané události (přístup shora dolů). Spolehlivost se počítá převodem úplného stromu chyb na ekvivalentní sadu rovnic. Převod se provádí použitím algebry událostí, která bývá označována také jako booleovská algebra. Obdobně jako u metody FMEA je obtížné získat pravděpodobnostní data potřebná pro výpočty.

HALT

Metoda HALT (Highly Accelerated Life Testing) slouží ke zvýšení celkové spolehlivosti návrhu produktu. Standard HALT umožňuje určit, jak dlouho bude trvat dosažení zlomového bodu funkčnosti produktu v případě, že produkt vystavíme pečlivě měřenému a řízenému namáhání, jako jsou teplotní podmínky nebo vibrace. Matematický model slouží k odhadu skutečného časového intervalu, po kterém dojde v provozních podmínkách k poruše produktu. Přestože metoda HALT umožňuje předpovědět i veličinu MTBF, je jejím hlavním cílem zlepšení spolehlivosti návrhu produktu.

Metody pro odhad spolehlivosti

Metoda odhadu na základě podobných položek

Tato metoda představuje rychlý způsob odhadu spolehlivosti na základě historických dat o spolehlivosti podobné položky. Efektivnost metody nejvíce závisí na tom, jak se nové zařízení podobá stávajícímu zařízení, pro které jsou k dispozici provozní data. Podobnosti se mohou týkat výrobního procesu, provozního prostředí, funkcí nebo návrhu produktu. Metoda je zejména užitečná v případě postupně zdokonalovaných řad produktů, protože umožňuje využít provozních zkušeností z předchozích generací produktů. Před konečným odhadem je však nutné důkladně analyzovat a započítat rozdíly v novém návrhu.

Metoda měření provozních dat

Metoda měření provozních dat je založena na skutečných provozních zkušenostech s implementovanými produkty. Tato metoda je pravděpodobně nejvíce používána výrobcí, protože se jedná o nedílnou součást jejich programu pro řízení kvality. Tyto programy jsou často označovány jako Reliability Growth Management (správa zvyšování spolehlivosti). Sledováním poruchovosti produktů v provozním prostředí může výrobce rychle zjistit a řešit problémy a celkově snížit výskyt poruch. Vzhledem k tomu, že tato metoda je založena na skutečných provozních údajích, jsou započteny i režimy poruch, které někdy nejsou v předpovědácích metodách zahrnuty. Metoda sestává ze sledování vzorku populace nových produktů a shromažďování dat o jejich poruchách. Jakmile jsou data shromážděna, je vypočtena pravděpodobnost poruchy a hodnota MTBF. Pravděpodobnost poruchy je vyjádřena jako procentuální hodnota ze vzorku zařízení, u kterých se v kalendářním roce očekává „selhání“. Kromě použití pro řízení kvality slouží shromážděné údaje také k informování zákazníků a partnerů o spolehlivosti produktů a o procesech kvality. Vzhledem k tomu, že je tato metoda široce používána výrobcí, je možné ji použít jako společný základ pro porovnání hodnot MTBF. Taková porovnání umožňují uživatelům vyhodnotit rozdíly ve spolehlivosti jednotlivých produktů a na jejich základě zadat přesné specifikace nebo rozhodnout o nákupu. Stejně jako u kteréhokoli jiného porovnání je důležité, aby kritické proměnné byly pro všechny porovnávané systémy stejné. V opačném případě lze snadno provést chybné rozhodnutí, které může mít negativní finanční dopad.

Závěry

Termín MTBF se v oblasti informačních terminologií často používá v nesprávném kontextu. Uváděná čísla jsou vytržena z kontextu a jejich skutečný význam zůstává nepochopený. Přestože údaj MTBF vypovídá o spolehlivosti, nepředstavuje očekávanou servisní životnost produktu. Veličina MTBF má význam pouze v případě, že je přesně definována porucha a předpoklady jsou dobře popsány a realisticky zhodnoceny.

Odkazy

1. Pecht, M.G., Nash, F.R., „*Predicting the Reliability of Electronic Equipment*“, Proceedings of the IEEE, svazek 82, č. 7, červenec 1994
2. Leonard, C., „*MIL-HDBK-217: It's Time To Rethink It*“, Electronic Design, 24. říjen 1991
3. <http://www.markov-model.com>
4. MIL-HDBK-338B, Electronic Reliability Design Handbook, 1. říjen 1998
5. IEEE 90 – Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE Standard Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries. New York, NY: 1990

Informace o autorech:

Wendy Torell pracuje jako Availability Engineer společnosti APC se sídlem W. Kingston, RI. Je klientskou konzultantkou v oblasti uplatnění vědeckých metod dostupnosti a návrhových procesů pro optimalizaci dostupnosti v prostředí datových středisek. Je absolventkou bakalářského studia oboru strojního inženýrství na vysoké škole Union College v Schenectady (New York). Wendy Torell je držitelkou certifikátu ASQ Certified Reliability Engineer.

Victor Avelar pracuje jako Availability Engineer společnosti APC. Je odpovědný za poskytování konzultačních a analytických služeb pro elektronickou architekturu a návrh datových středisek pro klienty. Victor Avelar je absolventem bakalářského studia v oboru strojního inženýrství na vysoké škole Rensselaer Polytechnic Institute v roce 1995 a je členem organizací ASHRAE a American Society for Quality.