

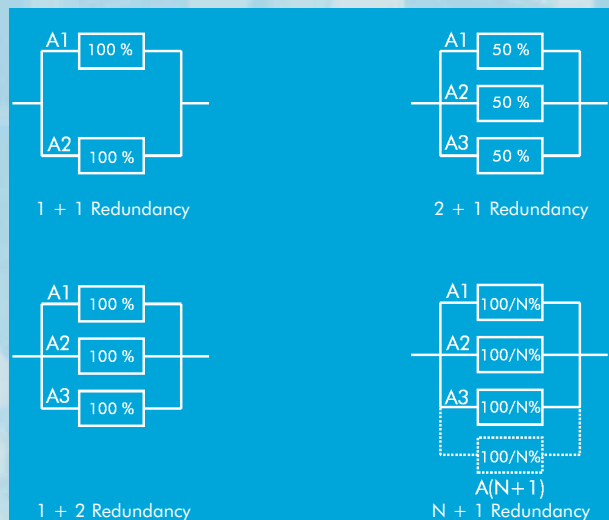
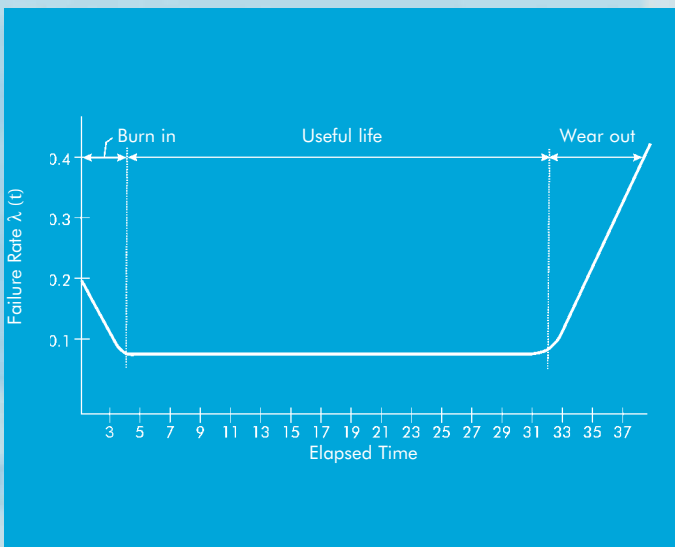
Kvalita elektrické energie - průvodce



Odolnost

Odolnost, Spolehlivost a Záloha

4.1



HUNGARIAN COPPER
PROMOTION CENTRE

EUROPEAN
COPPER
INSTITUTE

Odolnost

Odolnost

Odolnost, Spolehlivost a Záloha

Gary Marshall, WSP Communications Ltd & David Chapman, Copper Development Association
Překlad: Josef Gavlas, Miloslav Kužela, Pavel Santarius, FEI Technická univerzita Ostrava
Květen 2002

Hungarian Cooper Promotion Centre (HCPC)

HCPC je nezisková organizace financovaná producenty mědi a výrobci zpracovávajícími měď. Jejím cílem je podporovat používání mědi a měděných slitin a napomáhat jejich správné a účinné aplikaci. Služby HCPC, mezi něž patří i poskytování informací a technického poradenství, jsou dostupné zájemcům o využití mědi ve všech oborech. Sdružení rovněž slouží jako prostředník mezi výzkumnými organizacemi a průmyslovými uživateli a udržuje těsné styky s obdobnými středisky mědi ve světě.

Fakulta elektrotechniky a informatiky VŠB Technická univerzita Ostrava (FEI - TUO)

Fakulta elektrotechniky a informatiky zahájila svou činnost na VŠB Technické univerzitě v Ostravě od 1. ledna 1991. Fakulta zajišťuje všechny formy vysokoškolského studia (tj. bakalářské, magisterské a doktorské) ve studijním programu Elektrotechnika a informatika s ucelenou strukturou elektrotechnických oborů a inženýrské informatiky. Nedílnou součástí činnosti pedagogů na fakultě je i vědecko-výzkumná činnost, kde jedním z nosných programů je kvalita elektrické energie s hlavním zaměřením na problematiku monitorování parametrů kvality a na problematiku harmonických v elektrických sítích.

European Copper Institute (ECI)

European Copper Institute je organizací založenou podporujícími členy ICA (International Copper Association) a IWCC (International Wrought Copper Council). ECI zastupuje největší světové producenty mědi a přední evropské výrobce při propagaci mědi v Evropě. ECI, který byl založen v roce 1996, se opírá o síť deseti národních organizací (Copper Development Associations - 'CDAs') v Beneluxu, Francii, Německu, Řecku, Maďarsku, Itálii, Polsku, Skandinávii, Španělsku a Spojeném království. Navazuje na činnost sdružení Copper Products Development Association založeného v roce 1959 a INCRA (International Copper Research Association) založeného v roce 1961.

Upozornění

Obsah tohoto materiálu nemusí nutně vyjadřovat názor Evropského společenství a není pro něj ani závazný. European Copper Institute a Hungarian Cooper Promotion Centre odmítají odpovědnost za jakékoliv přímé, nepřímé či vedlejší škody, které mohou být způsobeny nesprávným využitím informací v této publikaci.

Copyright© European Copper Institute a Copper Development Association.

Česká verze byla připravena ve spolupráci HCPC a Fakulty elektrotechniky a informatiky VŠB - Technické Univerzity Ostrava.

Reprodukce je možná za předpokladu, že materiál bude otištěn v nezkrácené podobě a s uvedením zdroje.



HUNGARIAN COPPER
PROMOTION CENTRE

Hungarian Copper Promotion Centre
Képiró u. 9
H - 1053 Budapest
Maďarsko

Tel: 00 36 1 266 4810
Fax: 00 36 1 266 4804
Email: hcpc.bp@euroweb.hu
Website: www.hcpcinfo.org



VŠB - TU Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
17. listopadu 15
CZ 708 33 Ostrava-Poruba

Tel: +420 597324279
Fax: +420 596919597
Email: pavel.santarius@vsb.cz
Website: homen.vsb.cz/~san50/



European Copper Institute
168 Avenue de Tervuren
B-1150 Brussels
Belgium

Tel: 00 32 2 777 70 70
Fax: 00 32 2 777 70 79
Email: eci@eurocopper.org
Website: www.eurocopper.org

Odolnost, spolehlivost a zálohování - tři pravidla elektroprojektování

Úvod

Pohotovost - poměr času, po který je systém skutečně použitelný, aby opravdu správně fungoval - je jedním z hlavních parametrů stanovení kvality elektrického napájení. Absolutní hodnoty požadované nebo očekávané pohotovosti je velmi vysoká - typický uživatel v západoevropské domácnosti očekává životnost 99,98%, zatímco uživatel v průmyslu může požadovat lepší než 99,996%. Taková vysoká úroveň pohotovosti není obvyklá nebo náhodná: Je to výsledkem skvělého projektu a údržby se zaměřením na detail.

Zatímco projektant podniká opatření aby se vyhnul snížení pohotovosti, každý kontakt, ochranné zařízení, kabel atd. ji snižuje v celé elektroinstalaci tak výrazně, že je největší ve společném napájecím bodě (PCC) a nejnižší na svorkách zařízení.

Typická hodnota pohotovosti v PCC je okolo 99,98%, převážně proto, že napájecí síť je obvykle předimenzována, tzn. existuje hodně použitelných větví mezi bodem spotřeby a výroby, každá z větví je neustále monitorována a udržována tak, aby byla zabezpečena nejvyšší (ekonomicky návratná) pohotovost. Pokud se vyskytne porucha, je velmi pravděpodobné, že je k dispozici alternativní větev, takže nedojde k přerušení, nebo v nejhorším případě ke krátkému přerušení dodávky elektřiny zátěží. V tomto ohledu projektování zaostává, stále se využívá sériového spojení individuálních transformátorů bez záložního. Jinak řečeno, síť může přečkat poruchu jedné či více částí nebo spojení - je odolná - zatímco instalace má spoustu individuálních samostatných bodů, jejichž porucha způsobí přerušení dodávky.

Od poloviny minulého století je kladen velký důraz na spolehlivost jednotlivých součástek a subsystémů. Zájmem je omezit četnost poruch, což zvýší dobu životnosti.

V posledním desetiletí se zájem změnil; projektanti a systémoví analytici jsou nyní mnohem více zaměřeni na pohotovost jejich systémů. Vyšší pohotovost vyžaduje mnohem více, než vysokou spolehlivost. V závislosti na situaci a důležitosti zařízení potřebných pro provoz, může vyžadovat také kratší čas mezi údržbami, stupeň okamžité zálohy, "horké" zálohy kritických částí systému, dobrou strategii diagnostiky a potřebnou zásobu záložních součástek. Jakákoliv situace vyžadující velmi dobrou údržbu potřebuje pečlivé a včasné naplánování a dobré řízení údržby. Ve skutečnosti je mnohem důležitější management a projektování než montáž.

Vysoká spolehlivost, když ne sama o sobě, je stále základní podmínkou; udržení vysoké pohotovosti nespolehlivého zařízení je nemožné, protože to vyžaduje velké úsilí a velkou zásobu náhradních dílů a náhradních zařízení. Odolný návrh vyžaduje inteligentní dispozici přirozeně spolehlivého zařízení v redundantním uspořádání, spojeného s dobře definovaným a pečlivě provedeným procesem údržby.

Základní podmínky vysoké spolehlivosti jednotlivých prvků jsou diskutovány v následující kapitole.

Základní informace

Spolehlivost

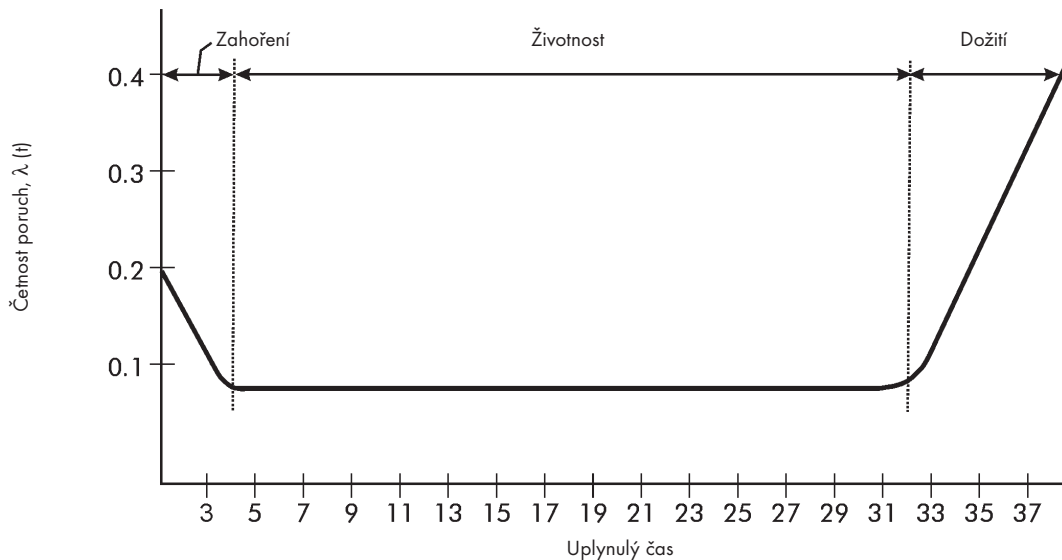
Spolehlivost je měřena pomocí Střední doby do poruchy (Mean Time To Failure; MTTF). MTTF je uváděna v hodinách a je průměrným časem do poruchy pro každý jednotlivý článek početného souboru standardně vyráběných částí. Spolehlivost je složité a časově náročně měřitelná; je to statistické číslo získané z kombinace historických zkušeností se stejnými součástkami a relativně krátkými testy velkého počtu součástek. Zdokonalené výrobky, velká historická řada dat a důvěra v MTTF se stále zvyšuje. Nejedná se ovšem o jistotu!

Porucha se může vyskytnout jako havarijní porucha, tzn. je úplná a nepřepokládaná, jako např. přepálení vlákna žárovky, nebo jako degradační, tzn. postupná či částečná porucha, např. posun parametrů elektronických zařízení mimo jmenovité hodnoty. V případě dodávky elektřiny, úplná ztráta dodávky

elektriny by byla havarijní poruchou, zatímco odchylka napětí nebo frekvence by byla považována za částečnou poruchu. Primární porucha je taková, která není způsobena poruchou jiné části systému a sekundární poruchou je následek poruchy jiné části systému. Jako příklad normální poruchy žárovky by byla primární porucha, ale porucha způsobena náhlým přepětím, by byla sekundární poruchou, protože je výsledkem poruchy někde jinde v systému. Data týkající se spolehlivosti dají informaci pouze o primárních poruchách.

Některé poruchy mohou být viditelné, jako například prasklá žárovka, ale v jiných případech může být mnohem složitější určit, kde se porucha vyskytla. Například, složitý elektronický obvod, který musí odpovídat detailní specifikaci, má poruchy, pokud kterýkoliv jeho parametr není shodný s jmenovitými hodnotami, ačkoliv to nemusí být pro uživatele postřehnutelné. U elektronického vazebního obvodu může být požadována odolnost na rušivé napětí; poruchy této odolnosti se neprojeví při normálních podmínkách, bez rušivého napětí, ale příznak poruchy se objeví při více extrémních podmínkách. V takových případech se poruchy a chyby mohou jevit jako náhodné a obvykle se složitě lokalizovanou příčinou s ovlivněním rychlé opravy.

Obrázek 1 ukazuje četnost poruch $\lambda(t)$ zakreslenou v závislosti na čase. Je často nazýván jako “vanová křivka”, která je typická pro mnoho elektronických součástek. Má tři odlišné oblasti:



Obrázek 1 - Závislost četnosti poruch na čase

Počáteční provoz neboli zahoření

To je perioda (v obrázku 1 do 4 jednotek času), kdy $\lambda(t)$ je klesající, kdy mají poruchu nekvalitní nebo nestandardní komponenty. Je známá jako období počátečního provozu, časná porucha, ranná poruchovost nebo zahořovací fáze. Důvody pro první tři podmínky by měly být zřejmé. Zahoření je proces, který je někdy používán ve finální fázi výroby součástek z důvodu vyřazení časných poruch. Jde o součástky provozované za normálních podmínek (nebo řízených podmínek poněkud více tvrdších než normálních k urychlení procesu) po dostatečně dlouhou dobu před první poruchou.

Užitečná životnost neboli období normálního provozu

Jedná se o období s téměř konstantní, relativně nízkou $\lambda(t)$ (Na Obrázku 1 od 5. časové jednotky do 31), známé jako životnost neboli období normálního provozu. V průběhu tohoto času je četnost poruch nezávislá na čase po které bude součástka v provozu. Jinými slovy pravděpodobnost poruchy součástky je stejná v průběhu této periody.

Dožití neboli stáří

Je to perioda, kdy se četnost poruch zvyšuje velmi strmě (na obrázku 1 za časovou jednotkou 31), známá jako období dožívání, neboli stáří.

Vanová křivka popisuje chování, které může být očekáváno u mnoha součástek, nebo také u složitých systémů jako jsou UPS. Vezmeme-li obvyklý příklad žárovky, poruchy v době zahoření, mohou být vinou žhavicího vlákna, které bylo špatně připojené k jeho držákům, které bylo místně natažen příliš do slabého průměru nebo který je do držáků zařezán. Další důvod první poruchy může být neutěsněná skleněná baňka, což způsobí oxidaci vlákna. V průběhu životnosti se vlákno postupně vypařuje a stává se tenčím, dokud nedojde k jeho prasknutí, obvykle z důvodu tepelného napětí způsobeného proudovým rázem při jejím zapnutí. Pokud by byly všechny žárovky naprosto stejné a pracovaly by ve stejných podmínkách, selhaly by ve stejný čas. Avšak doposud žádný výrobní proces nevyrábí identické součástky, některé mají závažné závady vedoucí k poruchám v počátečním období a tak se četnost poruch snižuje a jsou odstraněny nejslabší součástky. Podobně je možno očekávat četnost poruch v průběhu období dožívání. V případě žárovky, složení vlákna, tloušťka, délka a tvar budou nepatrně kolísat žárovku od žárovky, tedy to povede k rozptylu v čase, kdy se nakonec přeruší. Jak se zvyšuje stáří žárovky, pravděpodobnost jejich poruchy roste a vytvoří vzrůst četnosti na pravé straně vanové křivky.

Je poněkud obtížnější pochopit, proč by měly být poruchy v průběhu období normálního provozu, když ranná poruchovost byla odstraněna a nemělo by zde být žádné významné opotřebení. Detailní analýzy početných způsobů kdy žárovky selhaly jsou extrémně složité, z důvodu různosti mechanických, tepelných a chemických procesů které mohou nastat. Zprůměrnění velkého rozsahu možností, každá s vlastní časovou závislostí, určí pravděpodobnost poruchy, která je nezávislá na čase. Proces se nazývá "bez paměti", protože pravděpodobnost poruchy je požadovaná za nezávislou na historii. Tyto poruchy jsou také někdy nazývány jako havarijní poruchy, protože jsou neočekávané. Ve skutečnosti jsou v mnoha případech procesy dožívání umístěny vždy ve velmi nízké úrovni, takže proces není skutečně "bez paměti".

Výroba komponent a kompletování často zahrnuje období zahořování a tedy poruchy ve zkušební době mohou součástky vyřadit z prodejního řetězce. V mnoha případech elektronické součástky nedosáhnou období dožívání v průběhu svého provozu - mohou být úspěšně používány mnohem déle než je životnost systému ve kterém jsou používány. Běžná údržba může vést k zjištění, že součástky které mohou dožít - akumulátory, například - jsou vyměněny před jejich dožitím. Z tohoto důvodu je obvykle obvyklé mít za to, že součástky pracují pouze v oblasti jejich životnosti a že mají konstantní četnost poruch.

Střední doba do poruchy (MTTF)

Střední doba do poruchy je termín který je používán k neopravitelným částem, jako žárovka a je měřením průměrného času do poruchy velkého počtu stejných částí pracujících ve stejných podmínkách. Podmínky při testu jsou důležité, např. zvýšení pracovní teploty nebo napětí většiny součástek redukuje MTTF.

Ve skutečnosti, MTTF je často počítáno z údajů převzatých z období, ve kterém všechny součástky neselžou. V tomto případě

$$\text{MTTF} = \frac{\text{Celkový čas provozu všech součástek}}{\text{Období bez poruchy v tomto čase}}$$

Střední doba mezi poruchami (MTBF -Mean time between failures)

V případě součástek nebo částí systému které mohou být opraveny, četnost poruch je často vyjádřena termínem Střední doba mezi poruchami (MTBF) spíše než za pomoci střední doby do poruchy (MTTF). To vyjadřuje průměrnou dobu po kterou část zařízení funguje bez nutnosti opravy (ačkoliv může vyžadovat plánovanou běžnou údržbu).

Protože MTTF a MTBF jsou statistické veličiny, musí být zaznamenán velký počet poruch z důvodu stanovení spolehlivého výsledku. Testování jednoho kusu zařízení po dlouhou dobu je nepraktické, takže je obvyklé testovat velký počet vzorků souběžně po krátkou dobu, a stanovit tak celkový počet poruch

v celkové době provozu pro všechny vzorky. Tato metoda předpokládá, že poruchy v době zahoření a dožívání se neuvažují.

Pohotovost a střední doba do obnovy (MTTR - mean time to repair)

Uživatelé systémů se nyní více zaměřují na pohotovost než ne spolehlivost. Pohotovost systému nebo součástky je poměr času, po který funguje bez poruch a pohotovosti pro užívání. Je to poměr pracovního času k celkovému, který je součtem časem provozu a době opravy. Průměrná doba, která je potřebná pro opravy se nazývá střední doba do obnovy (MTTR).

$$\text{Pohotovost} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

MTTR časy jsou specifikovány výrobcí za ideálních podmínek, za předpokladu, například že místo poruchy je viditelné, že je dostupná potřebná úroveň znalosti k jejímu určení, že jsou dostupné všechny potřebné náhradní díly a prostředky nutné k opravě a že již opravený systém je možné testovat a znovu prověřit. Ve skutečnosti se poruchy projeví v nejméně vhodném čase. Velikost MTTR dvacet minut je málo platnou výhodou, jestliže opravář musí cestovat do místa poruchy aby identifikoval problém a poté obstaral náhradní díly ze skladu, nebo ještě hůře přímo od jejich prodejce. Následuje oprava, nato musí být systém testován a znovu prověřen před zahájením opětovného běžného provozu. Každý z těchto kroků může trvat mnohem déle než samotná oprava. Některým prostojům se můžeme vyhnout - kritické náhradní díly mohou být skladovány na místě, interní pracovníci mohou být kvalifikováni tak aby měli potřebnou technickou odbornost - ale tyto kroky musí být provedeny dostatečně v předstihu a nejsou beznákladové. Pokud vezmeme jednoduchý příklad opravy televize, tak oprava obvodové desky může zabrat řekněme 30 minut, výrobce udá hodnotu MTTR 0,5 hodiny. Uživatel však vidí situaci jinak. Porucha se vyskytne v době, kdy je oprava zavřena. Televize do ní musí být dovezena, následně porucha identifikována a určeny potřebné náhradní díly. Poté je stanoven a schválen postup opravy a jsou obstarány potřebné náhradní díly, a nyní začíná těch 30 minut - sestavení a otestování. Další den je televize vrácena uživateli, který má pak zkušenost s MTTR snad okolo týdne. Pokud bylo MTBF dost dlouhé, může být uživatel zcela spokojen, ale pokud MTBF je krátké, může uživatel požadovat náhradní televizi.

Často má oprava formu výměny za nové nebo již dříve opravené součásti nebo subsystémy. Pokud je subsystém opraven, je třeba si uvědomit, že pouze několik součástek je nových, zatím co zbytek součástek je již starších. MTTF musí být menší než u nových součástek.

Úplně správně by MTTR měla také zahrnovat dobu nečinnosti pro běžné preventivní údržby, jako údržba generátoru, výměna baterií nebo čištění ventilátorových filtrů UPS, atd. Naštěstí, nečinnost která počítá s preventivní údržbou, může být plánovaná tak, že nedojde k přerušení, ale často nemůže být vyloučena.

Maximalizování míry času pohotovosti systému je dosažitelné kompromisem mezi spolehlivostí součástek a dobou opravy. Například, zásuvné součástky mají obvykle mnohem menší spolehlivost než napevno zapojené součástky, z důvodu relativně vysoké intenzity poruch kontaktů. Na druhé straně, čas opravy zásuvných součástek bude mnohem kratší než u těch napevno zapojitelných, protože mohou být jednoduše vyměněné i s relativně malou zručností obsluhy. Optimální rovnováha závisí na absolutní hodnotě MTBF a skutečné MTTR, s uvažováním celého vybavení a pohotovosti v místě.

Pohotovost systému je jednoduše MTBF dělená MTBF plus skutečná MTTR - obsahující další právě diskutované položky. Strohé vyjádření pohotovosti často vypadá velmi působivě ale musí být použito velmi pozorně. Očividně excelentní pohotovost 0,9999 přeložena do *nepohotovosti* okolo jedné hodiny za rok - je naprosto neakceptovatelná úroveň pro mnoho provozů. Dosažení lepší pohotovosti v praxi než je tato - jednoduše zvýšením spolehlivosti - je docela obtížné; hodnoty MTBF, jsou statistické, nemůže být počítáno s žádným částečným příkladem a MTTR hodnoty jsou obvykle optimistické, a jsou založeny na předpokladech přijatých pro pracující systém v bezproblémovém okolí. Mimoto, složitost moderních systémů, jako jsou průmyslové počítačové sítě a průmyslové řídicí systémy, vede k nutnosti bezporuchové práce velkého množství podsystémů tak aby nebyla narušena funkčnost celého systému. Dosažení vyšší pohotovosti vyžaduje rozdílné návrhy přístupů, jeden který je zaměřen na snášenlivost a přečkání nevyhnutelných

poruch spíše než jejich omezování - jinými slovy, odolná konstrukce.

Odolnost

Systém je odolný tehdy, když může zaručit při poruchách velkého množství subsystémů a součástí jeho normální funkčnost. Toho může být dosaženo nainstalováním dalšího zařízení - zálohování - společně s pečlivým návrhem - eliminováním banálních poruch - a dobře plánovanou údržbou.

Dosažení vyváženosti je naprosto nezbytné. Přidání záložního zařízení je jednoduché ale finančně náročné a tak musí být provedeno po patřičné úvaze nad náklady a zisky. Zavedením řádné údržby je relativně levné, ale zajištění, aby byl systém patřičně kontrolován není nikdy jednoduché! Pečlivá rovnováha technických, manažerských, nebo procesních řešení povede k nejlepším poměrům nákladů a zisků.

Nutné základy odolného zařízení:

- Zálohování
- Eliminace jednoduchých elementárních poruch
- Dobrá údržba

Zálohování

Zálohování je užitečná metoda ke zvýšení pohotovosti a optimalizaci rovnováhy mezi efektivní činností a náladami. Náhradní obvody, zařízení nebo součástky jsou instalovány tak že v případě jedné nebo několika málo poruch je funkčnost systému zachována. Úroveň a typ zálohování vychází z předpokladu určení udržitelné úrovně funkčnosti a počtu a typu povolených poruch.

Studená záloha

Studená záloha znamená, že alternativní prostředky zaručující funkčnost jsou připraveny, ale nejsou funkční do doby než jsou potřeba. Je zapnuta při poruše primárního zařízení k zajištění funkčnosti. IT oddělení může mít několik náhradních monitorů a využije je k nahrazení těch, které se porouchají a jsou v opravě - to je příklad studené zálohy.

Nevýhoda studené zálohy je, že je zde nevyhnutelná doba mezi poruchou a okamžikem uvedení zálohy do provozu. Takováto řešení jsou mimořádně uspokojivá pro kritické systémy v moderních komerčních a průmyslových místech.

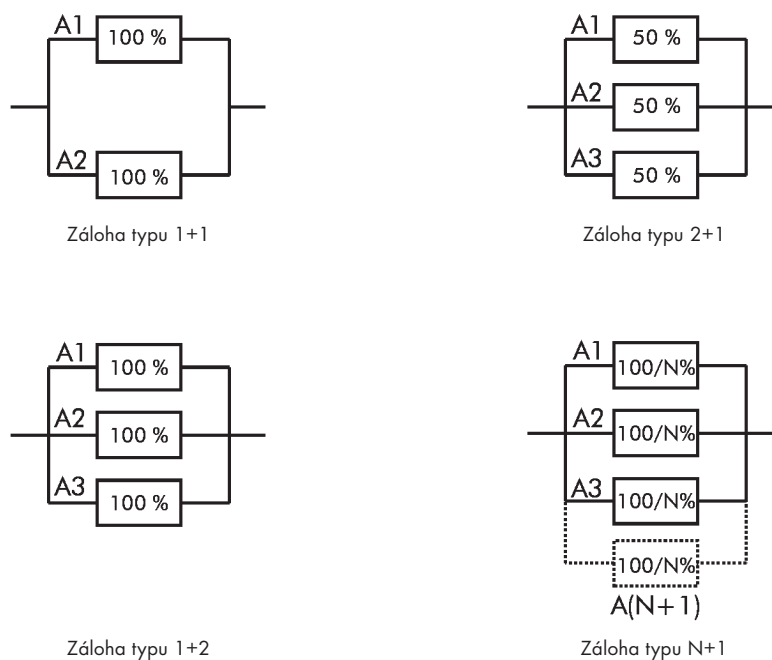
Aktivní neboli paralelní záloha

V aktivní neboli horké záloze všechny zálohové jednotky pracují simultánně aniž by byly zapínány když je potřeba (Obrázek 2). Nejzřejmější přiblížení je použití dvou součástí, které jsou obě schopny pracovat pro celou zátěž, jestliže se jedna porouchá, druhá práci převezme - tomu se říká 1+1 záloha. Alternativní cestou je rozdělit zátěž mezi několik jednotek, z nichž každá je schopná pracovat pouze při částečné zátěži a zajistit pouze jednu pomocnou zálohu - takové se říká N+1 záloha. Pro velmi kritické zátěže, může být více než jedna záloha dimenzovaná pro celou zátěž. Například, schéma zálohy 1+2 bude mít tři plně dimenzované jednotky a všechny budou pracovat ještě před poruchou systému.

Protože zde neexistuje přerušování, paralelní záloha je vhodná pro počítačové instalace. Používání zrcadlových disků v serverových počítačích je příkladem zálohy typu 1+1.

N+1 záloha

Levnější alternativou je použít větší počet méně dimenzovaných zálohových jednotek k záloze pouze jedné jednotky. Například, 800 kVA zátěž může být připojena k pěti 200 kVA UPS jednotek, vždy čtyři z nich najednou jsou dostatečné pro zátěž. To může být označeno jako zátěž typu 4+1, protože jsou potřeba čtyři jednotky k provozu a jedné k zálohování. Záloha typu N+1 může být finančně méně náročnější než záloha typu 1+1 a navíc je více flexibilní; Pokud velikost zátěže vzroste je jednoduché přidat další jednotku, takže např. ze zálohy typu 2+1 se stane 3+1. Na druhé straně, extrémností bychom



Obrázek 2 - Příklad horké zálohy

se měli vyvarovat; každá přídatná jednotka je dalším potenciálním článkem pro poruchu, takže existuje rovnováha mezi odolností přídatného systému a mezi dodatečnými náklady a zvýšením potenciálních poruch jednotky (ne systému).

RAID 5 diskový systém v serverovém počítači je příkladem zálohy typu N+1. Dodatečná oprava chyb dat je přidána k původním datům a následně logicky rozptýlená na několik disků. Pokud jeden disk selže, všechna data mohou být obnovena v reálném čase ze zbývajících disků a chybný disk může být opraven.

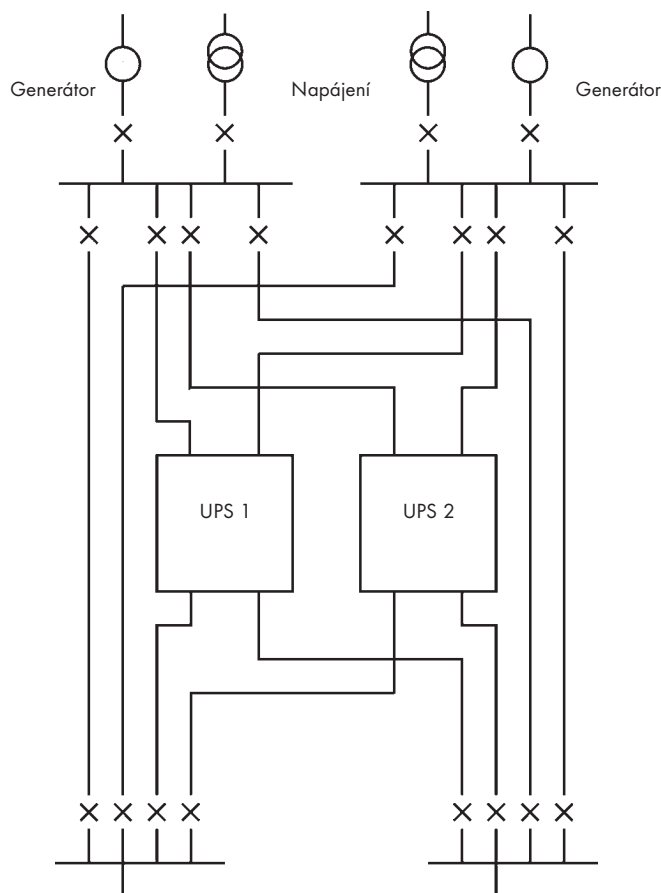
Je třeba poznamenat, že zajištění UPS v prvním případě je akceptování potřeby náhradního napájení a přidání zálohy k UPS je logické připojení k této koncepci.

Eliminace jednoduchých elementárních poruch

Přidání zálohy je velmi nákladné a provedení tohoto opatření musí být velmi dobře uváženo.

Musí být provedeno ocenění rizika, ve kterém se ocení nebezpečí konkrétní poruchy a je oceněn následek této poruchy na systém. Priorita by měla být dána těm poruchám, kde kombinace pravděpodobnosti výskytu a účinku na systém je největší - eventuálně se vezmou v úvahu i velmi řídké případy havarijní události spolu s častými případy které způsobí méně důležitá přerušení. Taková studie by měla identifikovat všechny jednoduché elementární poruchy - takové jednoduché elementární poruchy, které mohou způsobit přerušení funkčnosti celého systému. Studie by měla být důkladná a puntičkářská, která se nezaobírá jen hlavními částmi zařízení ale také ověřuje skříňky a signální vodiče, které je spojují. Pokud jsou řídicí systém nebo jeho vnitřní propojení příčinou poruchy, nákladné zařízení ve studené záloze nepomůže!

Obrázek 3 ukazuje příklad odolného systému napájení. Tento návrh má dvoje nezávislé napájení z různých napájecích bodů zálohovaných dvěma nezávislými generátory. Energie z jednoho ze vstupů může být přeměrována na druhý nebo oba výstupy přímo nebo přes kteroukoli ze dvou jednotek UPS. Statické přepínače (STS - Static transfer switch) jsou používány k sepnutí a oddělení zařízení a spojovacích cest jak je požadováno. Tento příklad je symetrický a předpokládá že zátěže na každém z výstupu jsou téměř kritické (mezni); v jiných případech, jeden výstup může být používán k napájení vysoce kritických (důležitých) spotřebičů, zatímco druhý napájí normální spotřebiče. Při běžném provozu energie z jednoho napájení může být propojena na oba výstupy přes UPS. V případě poruchy napájení, zařízení by bylo propojeno



Obrázek 3 - Příklad odolného systému

k alternativnímu napájení s využitím UPS s krátkou dobou na přepojení. Pokud by alternativní napájení nebylo dostupné, potom je generátor ze studené zálohy puštěn a připojen do systému; po dobu prodlevy při startu generátoru je zdrojem energie UPS. Pokud oba systémy jak napájení tak generátory se porouchají nebo se právě opravují, potom UPS jednotky jsou okamžitě použity k napájení výstupních svorek. Nouzové odpojení zátěže by potom bylo využito k prodloužení životnosti napájení.

Tohle je extrémní případ. Bylo by to poněkud drahé ale možná potřebné v situacích kde výsledkem poruchy je pokles životnosti nebo vážné finanční ztráty. Je zde užitečné zmínit čeho může být dosaženo, ale ve většině případů by bylo vhodné tento systém založit na kritickém hodnocení, zahrnující rizika a náklady na ochranu.

Údržba odolného systému

Procedury údržby jsou klíčové k zachování odolnosti systému a tyto procedury musí být brány v úvahu při posuzování rizika. Pokud například jedna ze čtyř UPS má poruchu a zbývající tři pracují do zátěže, jak tuto situaci rozpoznat, aby mohla být provedena oprava? Jaké je nebezpečí druhé poruchy právě v čase kdy zbývající jednotky pracují na plný výkon? Může zátěž vzrůst po uvedení do provozu za předpokladu, že je k dispozici kapacita pouhých tří jednotek, aniž si to pracovníci technické údržby uvědomí? Detailní postupy musí být vyvinuty tak, aby zahrnuly tyto a mnoho dalších situací v průběhu analýzy spolehlivosti a to tak, aby mohl test probíhat rigorózně.

Fakt, že instalace byla navržena tak aby byla odolná může podpořit nedbalou úroveň údržby. Přes výše uvedené, není důležité pokud jednotlivé jednotky selžou - dané místo může být v provozu i bez nich. Toto stanovisko je návod pro případ havárie. Zaprvé, existuje více než dost důvodů, pro které může

dojít k selhání a není třeba tyto důvody znásobovat. Zadruhé, jestliže jednotka přestane fungovat z důvodu nedostatečné údržby, ve stejné situaci mohou být její náhradní díly a mohou selhat tehdy když budou muset čelit zvýšené zátěži.

Testování systému je také důležité. Pracovníci technické údržby si musí být jisti, že systém se vypořádá s poruchami a musí pravidelně provádět testování simulováním poruch jednotlivých částí zařízení. Toto je chytrý krok, nejlépe když se provede při uvádění zařízení do provozu. Za předpokladu, že síť je pružná, testování může být provedeno s vysokou pravděpodobností úspěchu. Přirozeně, testování by mělo být prováděno vždy, když následky poruch jsou na minimu, ale zároveň musí reprezentovat skutečné podmínky v síti.

Závěr

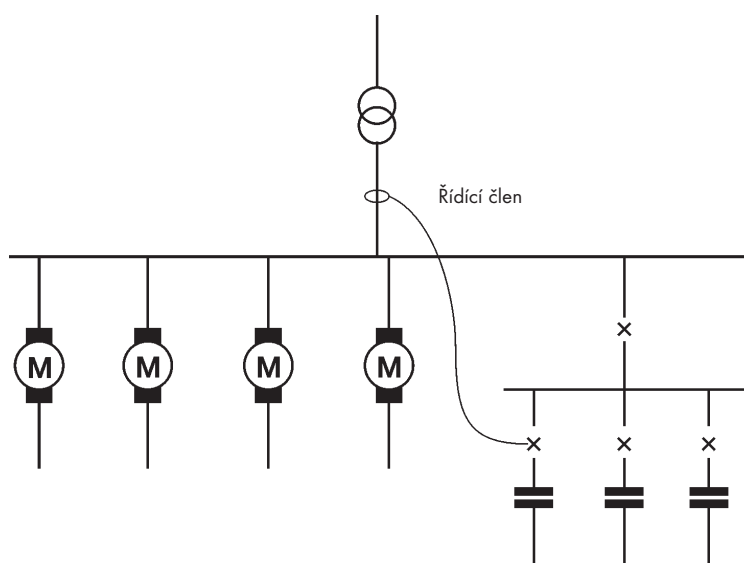
Pohotovost je primární starost projektantů a údržbářů. Vysoká pohotovost nemůže být prakticky dosažena pouze samotnou vysokou spolehlivostí - dobrá odolnost návrhu a řádné údržby jsou také důležité. Navrhování a realizování odolného systému je pouze prvním krokem dlouhé cesty.

Skryté jednoduché elementární poruchy

Obrázek 4 ukazuje instalaci ve které je značná část zátěže tvořena motory s účínkem upravovaným spínanou kompenzací. Řídící obvody spínají správnou kapacitu tak, aby upravily účíník okamžité motorové zátěže a zajistí tak, že jalová energie nebo reaktanční proud jsou minimalizovány. Toto omezuje zátěž na transformátorech, rozvaděčích a kabelech stejně tak jako snižuje tarif určený dodavatelem.

Protože účíník zátěže je kompenzován, velikost proudu je snížena z normální nekompenzované hodnoty. Nyní má transformátor volnou kapacitu a je schopný snést další zátěž - ale pouze pokud je spínaná kompenzace funkční. Pokud bude další zátěž přidána a spínaná kompenzace bude mít poruchu, proud zátěže překročí schopnost transformátoru a následkem toho dojde k jeho vypnutí nebo definitivní havárii.

Spínaná kompenzace, její měřící a řídicí systém, dokonce i spínače kompenzačních obvodů jsou nyní dalšími kritickými částmi transformátoru a celého systému. Spolehlivost celého systému je snížena na nejmenší spolehlivost těchto částí.



Obrázek 4 - Korekce účíníku použitím řízeného kompenzátoru

Evropská střediska promoce mědi

Země Beneluxu

168 Avenue de Tervueren
B-1150 Brussels
Belgium

Tel: 00 32 2 777 7090
Fax: 00 32 2 777 7099
Email: mail@copperbenelux.org
Web: www.copperbenelux.org

Kontakt: Mr. B. Dóme - Ředitel

Francie

Centre d'Information du Cuivre et Latons
30 Avenue de Messine
F-75008 Paris

Tel: 00 33 1 42 25 25 67
Fax: 00 33 1 49 53 03 82
Email: centre@cuivre.org
Web: www.cuivre.org

Kontakt: Mr. P. Balzy - Ředitel

Německo

Am Bonneshof 5
D-40474 Duesseldorf
Germany

Tel: 00 49 211 4796 300
Fax: 00 49 211 4796 310
Email: info@kupferinstitut.de
Web: www.kupferinstitut.de

Kontakt: Dr. W. Seitz - Ředitel

Řecko

Hellinic Copper Development Institute
74 L Riankour Str
GR-115 23 Athens

Tel: 00 30 1 690 4406-7
Fax: 00 30 1 690 4463
Email: info@copper.gr

Kontakt: Mr. D. Simopoulos - Ředitel

Česká republika, Maďarsko, Slovensko

Hungarian Copper Promotion Centre
Képiró u. 9
H 1053 Budapest
Maďarsko

Tel: 00 36 1 266 4810
Fax: 00 36 1 266 4804
Email: hcpc.bp@euroweb.hu
Web: www.hcpcinfo.org

Kontakt: Mr. R. Pintér - Ředitel

Itálie

Instituto Italiano del Rame
Via Corradion D'Ascaino 1
I-20142 Milano

Tel: 00 39 02 89301330
Fax: 00 39 02 89301513
Email: ist-rame@wirednet.it
Web: www.iir.it

Kontakt: Mr. V. Loconsolo - Ředitel

Polsko

Polish Copper Promotion Centre Sa
Pl. 1 Maja 1-2
Pl 50 136 Wroclaw

Tel: 00 48 71 78 12 502, 78 12 383
Fax: 00 48 71 78 12 504
Email: copperpl@wroclaw.top.pl

Kontakt: Mr. P. Jurasz - Ředitel

Skandinávie

Scandinavian Copper Development Association
Kopparbergsvagen 28
S-72188 Vasteras Sweden

Tel: 00 46 21 19 86 20
Fax: 00 46 21 19 80 35
Email: scda.info@outkumpu.fi
Web: www.scda.com

Kontakt: Mrs. M. Sundberg - Ředitelka

Španělsko

Centro Espanol de Informacion del Cobre
Princesa 79
E-28008 Madrid

Tel: 00 34 91 544 8451
Fax: 00 34 91 544 8884
Email: cedic@pasanet.es

Kontakt: Mr. J. R. Morales - Ředitel

Velká Británie

Copper Development Association
Verulam Industrial Estate
224 London Road
St Albans
Hertfordshire AL1 1AQ

Tel: 00 44 1727 731200
Fax: 00 44 1727 731216
Email: copperdev@compuserve.com
Web: www.cda.org.uk & www.brass.org

Kontakt: Mrs. A. Vessey - Manažerka



Gary Marshall



David Chapman



**HUNGARIAN COPPER
PROMOTION CENTRE**

Hungarian Copper Promotion Centre
Képiró u. 9
H - 1053 Budapest
Maďarsko

Tel: 00 36 1 266 4810
Fax: 00 36 1 266 4804
Email: hpcp.bp@euroweb.hu
Website: www.hpcpinfo.org



VŠB - TU Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
17. listopadu 15
CZ 708 33 Ostrava-Poruba

Tel: +420 597324279
Fax: +420 596919597
Email: pavel.santarius@vsb.cz
Website: homen.vsb.cz/~san50/



European Copper Institute
168 Avenue de Tervueren
B-1150 Brussels
Belgium

Tel: 00 32 2 777 70 70
Fax: 00 32 2 777 70 79
Email: eci@eurocopper.org
Website: www.eurocopper.org