

Rozvoj RCM v elektroenergetice

Jan Gala

Katedra elektroenergetiky, FEI, VŠB – Technická univerzita Ostrava
17. listopadu 15, 708 33, Ostrava-Poruba
Jan.Gala.st@vsb.cz

Abstrakt. V současné době se stále ještě převážná většina elektroenergetických společností při údržbě svých zařízení řídí tzv. řádem periodické údržby. V tomto řádu je přesně stanoveno, v jakých intervalech a v jakém rozsahu se u zařízení mají provádět jednotlivé stupně údržby. Tyto intervaly byly stanoveny především na základě dlouhodobých zkušeností s provozem zařízení. Cílem údržby je uchovávat zařízení v takovém stavu, aby jeho pohotovost byla co nejvyšší a aby zbytečně nedocházelo k poruchám, během nichž zařízení není schopno plnit svou funkci. Uvedený systém údržby ovšem přistupuje ke každému zařízení stejně. Není respektována tzv. důležitost zařízení. Důležitosti pak rozumíme významnost zařízení z hlediska dopadu jeho poruchy na provoz celé soustavy. Spolehlivostně orientovaná údržba – RCM tuto skutečnost respektuje a poskytuje tedy mnohem efektivnější způsob organizace údržby, než doposud používané strategie.

Klíčová slova: RCM, spolehlivost, údržba

1 Úvod RCM [1]

Spolehlivostně orientovaná údržba (Reliability Centered Maintenance – RCM) je pojem, který se v oblasti elektroenergetiky objevuje až v 90. letech minulého století. Cílem RCM je změnit (zmenšit) údržbové prostoje zařízení tak, aby byla zaručena daná spolehlivost. Jde tedy o princip údržby nikoli podle času, ale podle skutečného stavu zařízení. Pohledy získané prostřednictvím metody RCM jsou pak využívány k upravování nebo předefinování existujících programů údržby. Áležitým využíváním může RCM existující programy údržby zefektivnit a zoptimalizovat. RCM je založena na předpokladu, že spolehlivost je konstrukční charakteristikou realizovanou a zachovávanou během doby provozu.

2 Teorie a cíle RCM

Cílem spolehlivostně orientované údržby je vytvořit takovou strategii údržby, aby se minimalizovaly celkové provozní náklady při zachování nezbytné míry spolehlivosti, bezpečnosti a ohleduplnosti k životnímu prostředí provozovaných zařízení. Musíme však nejprve vykonat celou řadu kroků, které jsou stručně shrnuty v následujících bodech:

- Určení všech udržovaných zařízení a uplatní se v samotném procesu RCM.
- Stanovení funkce těchto zařízení.
- Určení výsledného modelu stárnutí zařízení.
- Stanovení důležitosti zařízení.
- Identifikace poruch zařízení a jejich následků.
- Sestavení rovnice celkových provozních nákladů na zařízení a nalezení nejvhodnější formy údržby.

Základem pro aplikaci RCM je u těchto prvků určit model stárnutí a tzv. důležitost prvku. To je většinou vyjádřeno náklady na údržbu prvku, náklady na opravu prvku a náklady při výpadku prvku [3].

Rovnice celkových provozních nákladů [1]:

$$N_C = N_U + N_O + N_V + N_D \quad [\text{Kč.rok}^{-1}] \quad (1)$$

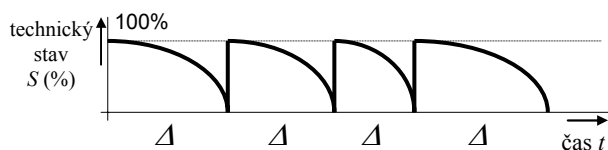
N_C	celkové náklady [Kč.rok ⁻¹]
N_U	náklady na údržbu [Kč.rok ⁻¹]
N_O	náklady na opravu [Kč.rok ⁻¹]
N_V	náklady na výpadek [Kč.rok ⁻¹]
N_D	další náklady [Kč.rok ⁻¹] (náklady na vlastní spotřebu elektrické energie, náklady na ztráty v zařízení, podnikové režie apod.)

3 Typy údržby [2]

3.1 Korektivní údržba (provoz do poruchy)

Zařízení provozujeme tak dlouho, až dojde k poruše. Poté následuje buď jeho oprava nebo výměna za funkční kus. Pojem „technický stav“ je zde brán zcela obecně konkrétně se pak vyjadřuje u jednotlivých prvků.

$$\Delta t_1, \Delta t_2, \dots \neq \text{konst.}, S_1 = S_2 = \dots = 0 \quad (2)$$

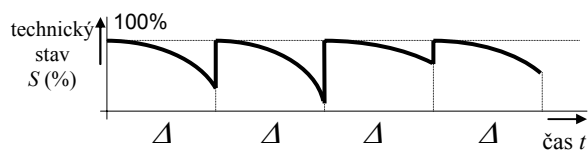


Obr. 1. Korektivní údržba (provoz do poruchy).

3.2 Periodická údržba

Na základě zkušeností z provozu, informací výrobce, případně optimalizačního výpočtu se stanoví termíny pravidelných prohlídek, údržby, oprav a generálních oprav zařízení bez ohledu na jeho skutečný stav.

$$\Delta t_1 = \Delta t_2 = \dots = \text{konst.}, S_1, S_2, \dots \neq \text{konst.} \quad (3)$$

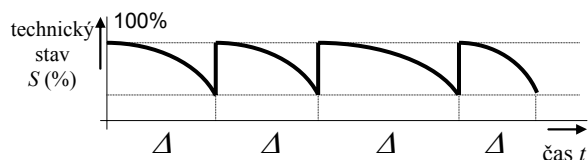


Obr. 2. Periodická údržba

3.3 Údržba podle stavu

Pomocí monitorovacích systémů a různých diagnostických metod se zjišťuje stav zařízení. Na jeho základě se usoudí, jak dlouho bude zařízení pravděpodobně schopné normálního provozu do vzniku funkční poruchy. Uplatnění nalezne u důležitých zařízení: například transformátory VVN, VN apod.

$$\Delta t_1, \Delta t_2, \dots \neq \text{konst.}, S_1 = S_2 = \dots = \text{konst.} \quad (4)$$

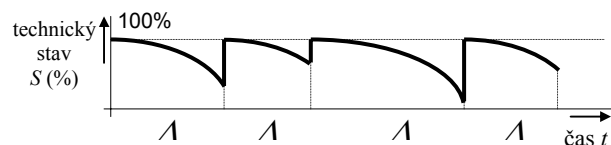


Obr. 3. Údržba podle stavu

3.4 Spolehlivostně orientovaná údržba

Pomocí matematických modelů se pro daný prvek (nebo skupinu prvků) stanoví optimální systém údržby tak, aby náklady na údržbu byly minimální, ale aby nebyla snížena spolehlivost daného systému.

$$\Delta t_1, \Delta t_2, \dots \neq \text{konst.}, S_1, S_2, \dots \neq \text{konst.} \quad (5)$$



Obr. 4. Spolehlivostně orientovaná údržba

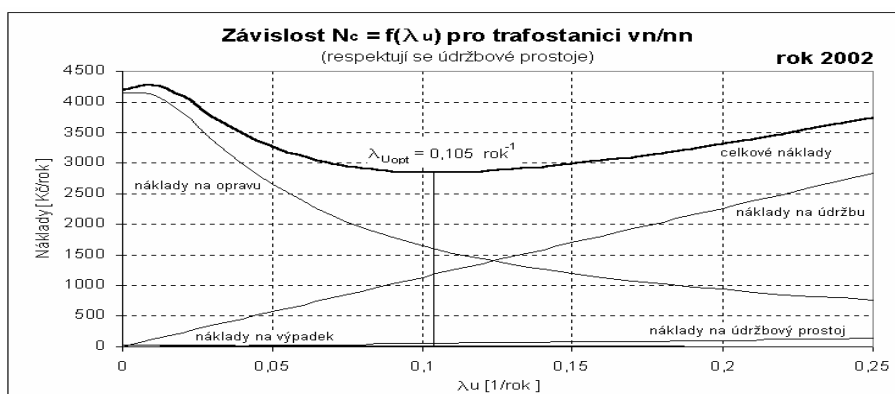
4 Aplikace na zařízení SME a.s.

Stanovení kritérií pro výběr prvků, které jsou vhodné pro zavedení systému RCM, je jedním z nejdůležitějších problémů. Lze v podstatě konstatovat, že kritéria je možno rozdělit na kritéria, která odráží důležitost prvků pro danou rozvodnou společnost dále kritéria vyjadřující tzv. „úplnost“ a dostatečný počet vstupních podkladů pro zavedení systému RCM a rovněž musí brát v úvahu návratnost, tedy fakt, že u některých prvků se asi nebude měnit stávající systém údržby [3]. Proto také stanovit pořadí prvků pro pilotní program bylo stanoveno po konzultaci s pracovníky SME, a.s. následovně:

- Z hlediska kritérií tj. posouzení významu prvku pro rozvodnou společnost byly určeny dva prvky : **transformátory 110 kV/vn** a **vedení 110 kV**. (U této skupiny se většinou jedná o optimalizaci údržby podle stavu – stanovení pořadí údržby jednotlivých prvků)
- Z hlediska kritérií tj. dostatečného počtu událostí, které zajistí, že hodnoty vybrané z jednotlivých databází jsou statisticky významné, byly vybrány **distribuční trafostanice vn/nn**. (U této skupiny se jedná o optimalizaci údržbového cyklu periodické údržby) [1].

5 Výsledky aplikace systému RCM na DTS na základě hodnot z let 2001 a 2002 [1]

Z grafu nákladové rovnice vyplývá, že náklady na výpadek jsou nejnižšími položkami nákladové funkce. Proto zvýšení těchto nákladů zahrnutím výpadků při údržbě, nemůže podstatně ovlivnit optimální údržbový cyklus. Až bude možno vyčíslit náklady na nedodanou energii, budou náklady na výpadek podstatně vyšší, což může mít již vliv na optimální údržbový cyklus.



Obr. 5. Graf nákladové rovnice.

Z uvedeného grafu nákladové rovnice vyplývá, že optimální intenzita údržby trafostanice vn/nn při respektování údržbových prostoje, zatížené zhruba na 50% je $0,105 \text{ rok}^{-1}$ což představuje údržbu zhruba jednou za 9,5 roku. Tomu odpovídají nižší celkové roční provozní náklady na údržbu trafostanice vn/nn oproti současnému stavu provádění periodické údržby, která se provádí jednou za 4 roky. Rozdíl v nákladech na údržbu trafostanice vn/nn pak pro rok 2002 činí 22,4%. Při celkovém počtu trafostanic se tedy jedná o úsporu jdoucí řádově do milionů korun za rok. Jiná situace nastane, když v důsledku liberalizace trhu s elektrickou energií si zákazník bude moci nárokovat v případě výpadku napájení zaplacení pokuty za nesplnění standardů dodávky. Tato hodnota ovlivní výsledky této analýzy. Zřejmě bude nutno pak distribuční trafostanice rozdělit do několika skupin podle důležitosti odběratelů, kteří jsou z těchto trafostanic napájeni. Analýzu bude pak nutno provést pro každou skupinu trafostanic zvlášť. Je ovšem nutné také zdůraznit, že při výpočtech celkových provozních nákladů není uvažován vliv plánovaných odstávek za účelem údržby, které mohou také v některých případech ovlivnit výslednou optimální intenzitu údržby. Protože dosud není metodika na ocenění nedodané energie, není možno tuto hodnotu seriózně do výpočtů zahrnout. Do výpočtu je zahrnut prozatím pouze rozdíl mezi nákupní a prodejní cenou společnosti.

6 Další směřování RCM

6.1 Uvažování vyhlášky č.306 Energetického regulačního úřadu [1]

Uvažováním vyhlášky č.306 Energetického regulačního úřadu, kterou se stanoví kvalita dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice, by měla rovnice pro výpadek obsahovat jak náklady na neprodanou a nedodanou energii, tak i sankce za nedodržení garantovaných standardů. Její tvar by mohl vypadat následovně:

$$N_V = \lambda_{P0} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\lambda_{P0}}{\lambda_U}} \right) \cdot (T_V \cdot P_N \cdot N_{P2}) + \lambda_U \cdot (T_U \cdot P_N \cdot N_{UP2}) + z_{NN} \cdot T_{V(NN)} \cdot N_{NN} + z_{VN} \cdot T_{V(VN)} \cdot N_{VN} \quad (6)$$

$T_{V(NN)}$ počet výpadků nn delší než 18 h (způsobený daným prvkem)

$T_{V(VN)}$ počet výpadků vn delší než 12 h (způsobený daným prvkem)

z_{NN} počet postižených zákazníků nn

z_{VN} počet postižených zákazníků vn

N_{NN} náhrada výpadku odběrateli nn [Kč] (3000 Kč)

N_{VN} náhrada výpadku odběrateli vn [Kč] (3000 Kč)

T_V střední doba trvání výpadku [min]

P_N střední hodnota odebíraného výkonu [MW]

N_{P2} náklady v důsledku nedodávky el. energie při poruše [Kč.MW⁻¹.min⁻¹]

T_U střední doba trvání údržbového prostojie [min]

N_{UP2} náklady v důsledku nedodávky el. energie při údržbě [Kč.MW⁻¹.min⁻¹]

6.2 Sledování stavu ON-LINE

Dalším směrem kudy by mohla údržba vybraných prvků energetické soustavy směřovat je sledování stavu vybraných zařízení ON-LINE. Monitorování by probíhalo pomocí speciálně k tomuto zhotovenému softwaru, který by dokázal s minimálním časovým zpožděním vyhodnotit okamžitý stav sledovaného zařízení. Tento by pak umožnil stanovení naplánování údržby sledovaných zařízení podle důležitosti v elektroenergetické soustavě.

Reference

1. Hradílek Z., Rusek S., Goňo R.. Optimalizace systému údržby zařízení distribuční soustavy SME, a.s., *Dílčí zpráva HS 430 424/2003*. Ostrava, červen 2003
2. Raška T., Spolehlivostně orientovaná údržba v elektroenergetice. *Disertační práce*. Ostrava 2002.
3. Raška T., Rusek S., Aplikace RCM na zařízení distribuční soustavy. *Electric power engineering 2003, 5-th International scientific conference*. Visalaje CZE 2003. ISBN 80-248-0225-2.

Annotation.

At present of the electrical power engineering companies use for maintenance of their equipment a periodical maintenance system. In this system there is accurately established, in which intervals and what extent the individual maintenance levels are pursued. These intervals were mainly established on the basis of long-time experience with equipment operation. The objective of maintenance is to keep equipment in such conditions, which ensure the highest availability. But the above mentioned maintenance system approaches to every equipment of the given kind in the same way, regardless of where the equipment is placed in the system, what load it transfers, what customers are connected in the given place etc. So-called equipment importance is not respected there. The equipment importance means the equipment significance from the viewpoints of the failure on the operation of the whole system. Reliability centred maintenance RCM – respects this fact and so it provides much more effective way of the maintenance organisation than up to now used strategies.