ENERGETICKÁ A EKONOMICKÁ EFEKTIVNOST- ZÁKLADNÍ FAKTORY OBNOVY VÝROBNÍCH A SPOTŘEBNÍCH ZAŘÍZENÍ

Vydala: Česká energetická agentura
Vinohradská 8
120 00 Praha 2
tel: 02 / 2421 7774, fax: 02 / 2421 7701
e-mail: cea@ceacr.cz
www.ceacr.cz

Vypracoval: Projekta spol. s r.o.

Tato publikace je určena pro poradenskou činnost a byla zpracována v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů

Kolektiv zpracovatelů :

Ing. Miroslav Mareš
Doc.Ing. Roman Povýšil, CSc

OBSAH :

1.ÚVOD DO PROBLEMATIKY 4

1.1.Provozuschopnost zařízení 5

2. VÝPOČETNÍ METODY UŽÍVANÉ V PROCESU OBNOVY ZAŘÍZENÍ 15

2.1.Podstata optimalizace obnovy 22

2.2.Kritérium optimalizace obnovy 22

2.3 Obecná účelová funkce obnovy 24

2.4 Stanovení ztrát z nedodržení optimálního režimu obnovy 26

3.APLIKACE OBECNÝCH ZÁSAD OBNOVY NA ENERGETICKÁ ZAŘÍZENÍ 28

3.1.Hlavní složky účelové funkce obnovy 28

3.2.Obnova energetických zařízení a systémů 30

3.3.Aplikace obecných zásad obnovy na oblast údržby energetických zařízení 30

3.4.Relevantní údaje optimalizace obnovy energetických zařízení 33

3.5.Stanovení technického života 39

4.ZABEZPEČENÍ PROVOZUSCHOPNOSTI ZAŘÍZENÍ 42

3.1. Postavení údržby ve výrobním procesu 42

4.2. Organizace řízení údržby 46

4.3 Systémy udržovacích procesů v praxi 50

4.5. Moderní přístupy k zdokonalení údržby 60

4.6. Hodnocení účinnosti oprav 66

4. ZÁVĚR 72

LITERATURA 73

1.ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Praktické zkušenosti nabyté z řady realizovaných řešení obnovy energetických a technologických Zařízení v průmyslu a terciárním sektoru ukazují, že k řešení takovýchto složitých systémových úloh, navíc investičně náročných, se přistupuje nesystémově a často se implementují řešení technicky ekonomicky mimooptimální.

Tento stav je v převážné většině zapříčiněn aplikací zjednodušujících přístupů spočívajících v monovariantním přístupu a nekorektním ekonomickém hodnocení předmětného rozhodovacího problému. Často jsou totiž opomíjeny korektní metody rozhodování založené na výsledcích vypracované feasibility study resp. teorie spolehlivosti a teorie obnovy.

Samostatným problémem je pak údržbová činnost v energetických systémech zabezpečujících dodávku energie v požadovaném množství a v požadovaném čase a kvalitě výrobním a obslužným systémům průmyslových podniků resp. budovám za účelem zabezpečení požadovaného vnitřního klimatu. Tato činnost je často přehlížena, provádí se nahodile a často se udržují zařízení, která by z ekonomických hledisek měla být dávno vyřazena. Příčiny lze často spatřovat v neutěšené ekonomické situaci vlastníků zařízení , mnohdy však i v nekompetentnosti zodpovědných řídících pracovníků.

Považujeme proto za účelné poskytnout odborné energetické veřejnosti úvod do této problematiky v podobě této publikace.Cílem autorů tohoto produktu ČEA je na základě shrnutí základních metod rozhodování vhodných pro implementaci při řešení předmětné problematiky orientovat rozhodovatele k energeticky a ekonomicky efektivním řešením v procesu údržby a obnovy zařízení v průmyslových a objektových energetických systémech.

Progresivní management by měl totiž podrobně řešit kromě jiného i obecné chápaní efektivní reprodukce výrobní základny a tedy i otázku provozuschopnosti výrobní základny zabezpečující dodávky energie v potřebném množství a kvalitě jako základní atribut zajištění možnosti produkce výrobků a poskytovaných služeb realizovatelných na trhu.

Management musí tedy efektivně řešit problematiku údržby, modernizace, rekonstrukce energetických zařízení a její obnovy.

Samozřejmě, že i přes objektivně rostoucí význam této činnosti nejen ve velkých, ale i v drobných a středních podnicích, existuje jistá hranice ekonomického rozsahu obnovy a zabezpečování provozuschopnosti výrobních zařízení.

Udržování provozuschopnosti kapacit, které nejsou dostatečně a co nejefektivněji využívány, si v tržním hospodářství podniky nemohou dovolit. To je základní problém každého podniku, který ve svém důsledku určuje úměrnost produkce a obnovy a údržby výrobní základny a výrazně tak ovlivňuje efektivnost výroby. Tato obecná pravda platí bezezbytku i po energetické systémy.

S tím úzce souvisí problematika hospodaření se základními prostředky představující dva samostatné problémy:

- využívání výrobních zařízení,
- zabezpečení provozuschopnosti výrobních zařízení.

V procesu zajišťování provozuschopnosti se metodicky rozlišují dvě oblasti činností / 1 /:

- ***Ekonomická oblast***, která je charakterizována pojmem ekonomika provozuschopnosti výrobních zařízení.
- ***Hmotnětechnická oblast*** – představovaná pojmem péče o výrobní zařízení.

1.1.Provozuschopnost zařízení

Provozuschopnost výrobních zařízení je zabezpečována celou škálou technických, organizačních i řídících procesů, z nichž nejdůležitější svým rozsahem i významem je údržba.

Provozuschopnost zařízení úzce souvisí s pojmem ***spolehlivost*** zařízení, neboť je jednou z jejích dílčích vlastností.

Spolehlivost je chápána jako obecná vlastnost objektu či zařízení, spočívající ve schopnosti plnit požadované funkce při zachování hodnot stanovených provozních ukazatelů v daných mezích a čase podle stanovených technických podmínek.

Spolehlivost je komplexní vlastnost, která je charakterizována pomocí dílčích spolehlivostních vlastností . Tyto dílčí spolehlivostní vlastnosti jsou popisovány pomocí spolehlivostních ukazatelů.

Stanovením těchto dílčích spolehlivostních ukazatelů se zabývá teorie spolehlivosti.

Dílčími spolehlivostními vlastnostmi jsou:

- ***Bezporuchovost***
- ***Životnost***
- ***Udržovatelnost***

- ***Opravitelnost***
- ***Bezpečnost***
- ***Skladovatelnost***
- ***Pohotovost***

Pro lepší pochopení předmětné problematiky nyní stručně objasníme význam jednotlivých dílčích vlastností spolehlivosti zařízení či zkoumaného objektu.

Bezporuchovost

Je spolehlivostní vlastnost charakterizující schopnost zařízení plnit nepřetržitě předepsané funkce po stanovenou dobu a za stanovených podmínek. O bezporuchovosti zařízení mluvíme tehdy, nachází-li se v provozuschopném stavu, tj. ve stavu ve kterém je schopno plnit resp. plní stanovené funkce a dodržuje hodnoty stanovených parametrů ve stanovených mezích.Základním ukazatelem je *pravděpodobnost bezporuchového stavu R(t)*. Funkce R(t) se nazývá spolehlivostní funkcí a vyjadřuje pravděpodobnost výskytu bezporuchového stavu v čase t.

Obdobně lze definovat *pravděpodobnost poruchy* jako pravděpodobnost, že v časovém intervalu 0 až t vznikne porucha zařízení F(t). Funkce F(t) se nazývá distribuční funkcí rozdělení poruch. Obě funkce vyjadřují pravděpodobnost dvou vzájemně se vylučujících stavů a jsou spolu vázány vztahem

$$\mathbf{R(t) + F(t) = 1}$$

Dalšími významnými ukazateli dílčí spolehlivostní vlastnosti bezporuchovosti jsou:

A/ *hustota pravděpodobnosti poruchy*

$$\mathbf{f(t) = dF(t) / dt = - dR(t) / dt}$$

B/ *střední doba bezporuchového provozu*

$$\mathbf{M = \int t\, f(t)\, dt}$$

C/ *intenzita poruch*

$$\mathbf{\lambda = f(t) / R(t)}$$

Životnost

Vyjadřuje schopnost objektu plnit požadované funkce do dosažení mezního stavu při stanoveném systému předepsané údržby a oprav. Mezním stavem se rozumí takový stav zařízení ve kterém musí být další využívání přerušeno z důvodu neodstranitelného

- porušení bezpečnostních požadavků
- překročení předepsaných mezních parametrů
- snížení efektivnosti provozu pod přípustnou mez

Za mezní stav energetických zařízení je velmi často považována nutnost provedení generální opravy zařízení.

Ukazatelé životnosti jsou dvojího druhu v závislosti na tom zda se vztahují k celkovému nebo dílčímu období vymezenému pojmem životnost.

Celková životnost je specifikována ukazatelem *technický život* , který je dán součtem všech dob provozu od začátku uvedení do provozu nebo po obnovení po generální opravě do okamžiku vzniku mezního stavu.Horní hranicí životnosti zařízení je mezní stav po jehož dosažení je zařízení vyřazeno.

Udržovatelnost

Tato dílčí vlastnost kvantifikuje způsobilost zařízení předcházet předepsanou údržbou vzniku poruch.

Údržba je obnovovací proces , jehož smyslem je systematické odstraňování důsledků fyzického (v jistém případě i ekonomického) opotřebení jednotlivých prvků i celého systému zařízení, k němuž dochází v důsledku jeho využívání (ale i např. stárnutí) ve výrobním procesu.

Smyslem údržby je systematicky udržovat výrobní zařízení v technicky dobrém a provozuschopném stavu při vynakládání optimálních nákladů.

Periodické akce údržby obsahují zásahy, které se pravidelně opakují po stanoveném časovém nebo funkčním intervalu provozu objektu a zahrnují souboru údržbových činností spočívajících v kontrole a prohlídkách, běžných opravách, středních a generálních opravách.

Z hlediska spolehlivosti je udržovatelnost kvantifikována pomocí ukazatele *doby preventivní údržby.*

Opravitelnost

Jedná se o vlastnost objektu spočívající ve způsobilosti k zjišťování příčin vzniku jeho poruch a odstraňování jejich následků opravou.

Oprava je souhrn činností konaných po poruše za účelem navrácení objektu do provozuschopného stavu. Oprava obecně zahrnuje tyto dílčí činnosti

- detekce poruchy
- lokalizace poruchy
- odstranění poruchy opravou
- kontrola správné funkce zařízení po ukončení opravy

Z uvedeného je zřejmé, že pojem oprava se vztahuje jednoznačně k poruše zařízení. V praxi se však pojem opravy užívá v širším pojetí a to zejména ve vztahu k pojmu údržba. Hovoří se např. o běžných a středních opravách resp. o generálních opravách a přitom se jedná o údržbovou činnost.

Jak již bylo řečeno oprava je vyvolána výskytem poruchy, která reprezentuje jev spočívající v ukončení provozuschopného stavu.

Porucha nastává z mnoha příčin. Proto teorie spolehlivosti rozlišuje poruchy z *vnějších příčin* , kterými jsou např. poruchy přetížením zařízení, provozní poruchy, opravárenské poruchy. Další skupina poruch nastává z *vnitřních příčin* . Do této skupiny jsou zařazovány poruchy konstrukční a výrobní. Dále se používá pojem *porucha dožitím*, která vzniká v důsledku stárnutí, opotřebení, únavy či jiného mechanizmu.

Z hlediska časového průběhu a stupně porušení provozuschopnosti zařízení se rozlišují poruchy havarijní a degradační.

Z ukazatelů opravitelnosti jako dílčí vlastnosti spolehlivosti se nejčastěji používají ukazatelé

- *intenzita oprav resp. obnovení provozuschopnosti*
- *střední doba opravy.*

Bezpečnost

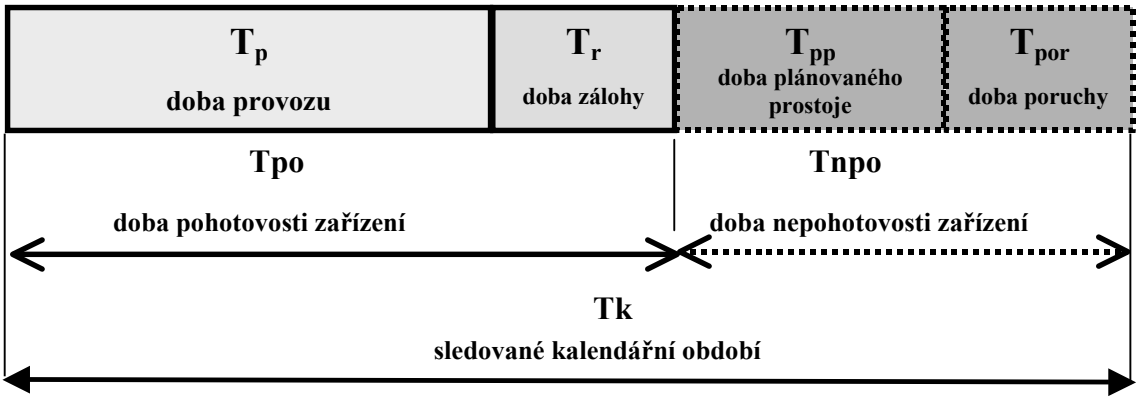
Tato vlastnost zařízení spočívá v neohrožování lidského zdraví a životního prostředí při plnění předepsaných funkcí po stanovenou dobu a za stanovených podmínek. Bezpečnost zařízení je podmíněna splněním požadavku, aby až do ukončení životnosti byla pravděpodobnost výskytu tzv. kritické poruchy přijatelně malá.Velikost přijatelné velikosti pravděpodobnosti kritické poruchy v jejímž důsledku je možné ohrožení života či vážného poškození životního prostředí se stanovuje z hlediska ochrany společenských zájmů a uvádí se v příslušných předpisech.

Pohotovost

Pro energetická zařízení je velmi důležitou vlastností *pohotovost*, která reprezentuje komplexní vlastnost objektu zahrnující bezporuchovost a opravitelnost v podmínkách provozu. Zkoumaný celek (např.hlavní či pomocná zařízení kotelny) se v průběhu sledovaného kalendářního období T_k může nacházet v jednom ze čtyř stavů, jimiž jsou

- provoz
- záloha
- porucha
- plánovaný prostoj

Na následujícím obrázku jsou schematicky zachyceny časové údaje o předmětných stavech.



Pohotovost řízeného objektu lze vyjádřit pomocí tzv. s*oučinitele pohotovosti.*Tento součinitel pohotovosti se vypočte pomocí vztahu

$$Kp = Tp / (Tp + Tpor)$$

A vyjadřuje pravděpodobnost , že zařízení bude provozuschopné v libovolném zvoleném okamžiku.

Přístupy k procesu obnovy a údržby v energetických systémech jsou významně ovlivněny zvláštnostmi, které se v různém rozsahu a s různou intenzitou v jednotlivých systémech vyskytují. Proto je na místě si tyto zvláštnosti připomenout. V širším pojetí se jedná zejména o tyto zvláštnosti:

- velmi těsné vzájemné vazby

- kontinuita rozvoje (působení předchozích stavů na následující stavy a naopak)
- nepřetržitost provozu vyžadující zajištění účelné kombinace provozování a prostojů prvků tvořících příslušný energetický systém
- v důsledku neskladovatelnosti resp. omezené skladovatelnosti energie, nerovnoměrné spotřeby energie, rychlosti přechodových stavů, musí výroba probíhat podle okamžité spotřeby, což vyžaduje nutnost opatření v podobě záložních zdrojů schopných rychlé odezvy na nastalé stavy
- možnost ovlivnění chodu předmětného energetického systému vlivem poruch některých prvků, což vyžaduje značné nároky na preventivní údržbu a rychlost a kvalitu oprav

Vzhledem k tomu, že převážná většina vyskytujících se průmyslových energetických systémů představuje velmi složitý technický výrobní systém tvořený velkým množstvím prvků, jejichž možné stavy jako pohotovost, částečná porucha, porucha apod. mají vliv na výsledný stav systému, jsou rozlišovány v teorii spolehlivosti tyto stavy:

A/ ***bezvadný stav***

B/ ***bezporuchový stav***

C/ ***poruchový stav***

D/ ***mezní stav***

E/ ***provoz***

F/ ***prostoj***

Samozřejmě, že v praxi se rozlišují a vyskytují další stavy jako například částečný provoz, údržba, částečná porucha apod.

Výše uvedené stavy hodnotí systém ze dvou hledisek a to z hlediska schopnosti plnit funkce v zadaném rozsahu a z hlediska plnění požadovaných funkcí v daném časovém okamžiku či intervalu.

První hledisko charakterizují stavy schopnosti plnit stanovené funkce v daném časovém okamžiku či intervalu a jedná se tedy ***o provozuschopný stav, poruchový (neprovozuschopný) stav a mezní stav***. Úroveň provozuschopnosti je vymezena přehledem funkcí, které je objekt schopen plnit.

Druhé hledisko pak vyjadřuje úroveň fungování a jedná se tedy o provoz a prostoj .

Z hlediska provozu řízeného energetického zařízení lze rozlišovat těchto pět základních provozních režimů:

- *normální provozní režim*
- *ztížený provozní režim*
- *poruchový provozní režim*
- *poporuchový provozní režim*
- *zálohový provozní režim*

Normální provozní režim odpovídá stavu plného provozu , kdy zařízení je plně schopno plnit požadované funkce a přitom dodržovat zásady hospodárnosti a ekologické šetrnosti.

Ztížený provozní režim zahrnuje stav při kterém se neplní některé požadavky na technické parametry a dodávky energie mohou, ale nemusí být omezovány. K přerušení dodávek však nedochází.

Poruchový provozní režim nastává přechodem zařízení z normálního resp. ztíženého stavu do neprovozuschopného stavu a trvá pouze po dobu detekce poruchy a její příčiny. Tento režim vede k odstavení zařízení z provozu a případně nutnosti využití zálohy pro zajištění požadovaných dodávek energie.

Poporuchový provozní režim reprezentuje stav ve kterém zařízení není v provozním režimu a je vymezen časovým obdobím mezi lokalizací poruchy ,jejím odstraněním a odzkoušením zařízení po provedené opravě. Z hlediska energetického systému je tento režim zahrnován do stavu provozu, neboť pouze ve vyjímečných případech dochází k přerušení dodávek energie jako důsledek malé odolnosti tohoto systému.

Zálohový provozní režim energetického zařízení opět představuje provozní stav, neboť zařízení je provozuschopné, avšak není v daném období zatěžované a plní funkci zatížené nebo odstavené zálohy (např. kotelní jednotka v teplé záloze, chod paralelně připojeného transformátoru naprázdno apod.).

Velmi důležitou součástí úlohy optimalizace obnovy a údržby energetických zařízení je použití výpočetních postupů pro stanovení základních spolehlivostních ukazatelů, které jsou nezbytnou informací pro realizaci vhodného způsobu údržby resp. obnovy daného zařízení.

Energetická zařízení jsou složitá výrobní a distribuční zařízení, která se skládají z mnoha prvků a k jejich popisu se požívají tzv. *spolehlivostní bloková schémata*. Prvky, které tvoří tento systém se mohou vyskytovat v různých stavech od provozuschopného stavu až po poruchu. Nejčastěji se však uvažují prvky dvoustavové tj. buď jsou v provozuschopném stavu, nebo v poruchovém stavu. Často se předpokládá pro zjednodušení, že přechod mezi těmito stavy nastává okamžitě a že poruchy jsou vzájemně nezávislé.

Bloková schémata znázorňující analyzovaný systém se skládají v převážné většině z kombinace paralelního a sériového zapojení prvků a výsledné stavy jsou dány kombinací stavů všech prvků. Vyskytující se stavy lze rozdělit do dvou skupin, přičemž jedna skupina reprezentuje provozuschopnost systému a druhá neprovozuschopnost, tedy poruchu systému.

Systém tvořený prvky zapojenými v sérii je v provozuschopném stavu jedině tehdy , jsou – li v provozu všechny prvky systému.

Systém s paralelním zapojením prvků je v poruchovém stavu jedině tehdy, když jsou v poruchovém stavu všechny prvky tvořící tento systém.

Výpočty spolehlivosti energetických zařízení resp. energetických systémů jsou v praxi realizovány na základě aplikace dvou základních přístupů:

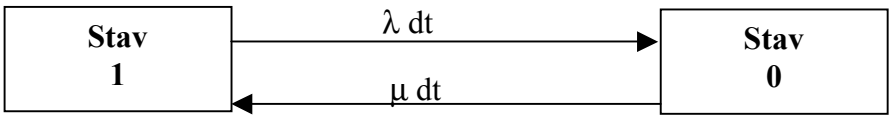
1. výpočet založený na využití ukazatelů pravděpodobnosti bezporuchového stavu a poruchy
2. výpočet založený na aplikaci *Markovových procesů*

V prvém případě se pracuje s ukazateli pohotovosti a poruchovosti řízených energetických zařízení , přičemž výsledkem výpočtů je pravděpodobnost výskytu bezporuchového stavu, kterému je možné např. v případě teplárny přiřadit hodnoty pohotového výkonu kotelních jednotek a pohotového elektrického výkonu apod. Výpočetní postup je založen na principu konvoluce , tj. postupného přičítání náhodné proměnné.

Druhý přístup lze považovat za přesnější, neboť je založen na aplikaci Markovových procesů, které charakterizují probíhající stochastický proces diskrétními stavy objektu a spojitým časem. Získané

výsledky mají vyšší vypovídací schopnost, neboť kromě výše uvedených ukazatelů je možné stanovit i frekvenci výskytu určitého stavu zařízení a střední dobu trvání tohoto stavu.

Markovovy procesy (stacionární) lze graficky znázornit pro jednoduchost na dvoustavovém objektu pomocí orientovaného grafu, jehož uzly představují stavy systému a hrany možné přechody mezi těmito stavy. Takovýto graf se nazývá *grafem přechodu* , kde hrany grafu jsou ohodnoceny příslušnými pravděpodobnostmi přechodu pomocí ukazatele intenzity poruchy λ resp. intenzity opravy μ a časového okamžiku *dt* během něhož k tomuto přechodu dojde.



Graf přechodu dvoustavového systému

Kde

Stav 1 je stav, kdy systém je v bezporuchovém stavu

Stav 0 stav, kdy systém je v poruše

λ intenzita poruch

μ intenzita oprav

Vlastností Markovových procesů je, že tyto procesy konvergují pro dostatečně velkou hodnotu času t k ustálenému stavu (stacionárním pravděpodobnostem výskytu). Právě této vlastnosti se využívá při řešení daného problému, neboť tuto vlastnost můžeme vyjádřit jako p(t) = konst. a tudíž derivace je rovna nule. Potom můžeme popsat chování zkoumaného systému pomocí těchto ukazatelů:

$$\mathbf{p_1 = \mu / \lambda + \mu = 1 / \lambda T}$$

$$\mathbf{p_0 = \lambda / \lambda + \mu = 1 / \mu T}$$

kde T je střední doba cyklu, která je složena ze střední doby bezporuchového provozu a střední doby opravy. Platí

$$\mathbf{T = 1 / \lambda + 1 / \mu}$$

Dále platí

$$T = 1 / f = 1 / p_1\lambda = 1 / p_0\,\mu$$

Z výše uvedeného , vyplývá že reciproká hodnota střední doby cyklu je frekvence cyklu, která je dána součinem pravděpodobnosti výskytu ustáleného stavu a intenzity přechodu z tohoto stavu do jiných stavů.
Veličiny T a f mají zásadní význam při stanovení charakteristik spolehlivosti energetických zařízení a energetických systémů.
U energetických zařízení a systémů se pohotovost často vyjadřuje pomocí ukazatele pohotového výkonu.
Spolehlivost jako základní ukazatel pro optimalizaci údržby a obnovy energetických zařízení se nejčastěji vyjadřuje pomocí ukazatele bilanční spolehlivosti, která vyjadřuje schopnost energetického systému resp. energetického výrobního či distribučního zařízení uspokojovat časově proměnné požadavky spotřebitele energie v daném časovém okamžiku.
Nejčastěji se používají tyto ukazatele :

- ***výkonová zabezpečenost v maximu zatížení***, tj. pravděpodobnost, že pohotový výkon zařízení resp. systému bude dostatečný ke krytí maximálního výkonového požadavku spotřebitelů tzv. zatížení
- ***výkonová zabezpečenost krytí diagramu zatížení***, tj. pravděpodobnost , že pohotový výkon zařízení či systému bude dostatečný ke krytí požadavků odběratelů ve sledovaném období
- ***zabezpečenost dodávky energie*** tj. pravděpodobnost, že požadovaná dodávka energie spotřebiteli bude v průběhu sledovaného období v plném rozsahu dodána

Výpočetní modely jsou založeny na syntéze výpočetních postupů pro stanovení spolehlivosti výrobních jednotek a výpočetních postupů pro stanovení pravděpodobnosti výskytu zatížení daného zařízení resp. systému.

2. VÝPOČETNÍ METODY UŽÍVANÉ V PROCESU OBNOVY ZAŘÍZENÍ

Teorie obnovy

Teorie obnovy se zabývá problémy obnovy a výměny opotřebovaných strojů a zařízení. Modely obnovy lze rozdělit na dva základní druhy:

1. Modely, které zkoumají obnovu opotřebovaného zařízení v důsledku jeho dalšího nehospodárného provozu. Jde většinou o složitá zařízení, jejichž výkonnost stárnutím zvolna klesá, avšak náklady spojené s provozem zařízení rostou (náklady na údržbu, opravy, energii, ztráty z většího podílu zmetků atp.). Většinou lze určit takové stáří zařízení, kdy je výhodnější staré zařízení nahradit novým, než dále nést vzrůstající náklady na provoz zařízení. Do této skupiny patří kromě energetických zařízení např. stroje, dopravní prostředky atd.
2. Modely, které se zabývají obnovou selhávajících zařízení, případně jejich částí. Jde o zařízení, jehož životnost lze charakterizovat určitým rozdělením pravděpodobnosti. Užitečnost tohoto zařízení se nijak podstatně nemění, rovněž provozní náklady zařízení se stářím zařízení nijak podstatně nezvyšují, avšak selhání těchto zařízení může způsobit značné náklady.

Obnova zařízení, které se opotřebovává

Budeme předpokládat, že určité zařízení, jehož pořizovací cena je A, vyžaduje v důsledku opotřebení náklady na údržbu ve výši C_1 , C_2 , C_3 ……. Uskutečňované na začátku 1., 2., 3., atd. období. Dále předpokládáme, že tato období jsou stejná (rok, měsíc). Jestliže zařízení systematicky zaměňujeme po uplynutí **n** období, pak celkové náklady pro provedení **r** záměn budou (předpokládáme, že hodnoty A a C se mění s časem) dány vztahem

$$N = \sum_{i=1}^{r} \left[A_i + \sum_{j=1}^{a} c_{ij} \right] \quad \text{(Kč)}$$

kde veličiny A_i a c_{ij} se vztahují k i-té záměně.

Průměrné náklady (např. za rok) činí:

$$N_{\Phi} = \frac{N}{n \,.\, r} \quad \text{(Kč)}$$

Obnova selhávajících jednotek

Druhá skupina modelů obnovy se soustřeďuje na předměty, které se po určité době provozu zničí, přičemž časový interval mezi instalováním a zničením představuje náhodnou veličinu charakterizovanou určitým rozdělením pravděpodobnosti.

Někdy je použito více prvků téhož druhu a existuje řada možných způsobů provádění oprav a údržby. Opravu je možno provádět po selhání zařízení. To je však spojeno se značnými ztrátami, způsobeným vyřazením zařízení z provozu. Při tom můžeme nahradit pouze porouchaný prvek a ostatní ponechat, nebo můžeme prohlédnout i ostatní prvky a některé z nich podle potřeby nahradit, nebo můžeme nahradit všechny prvky.

Obnovu je možno provádět také plánovitě v době, kdy zařízení není v provozu. V pravidelných lhůtách se zařízení prohlíží, vyměňují se ty prvky, které jsou opotřebovány anebo se v pravidelných lhůtách vyměňují všechny prvky bez ohledu na jejich opotřebení.

Každý z uvedených způsobů vyvolá určité náklady (na nově zabudované prvky, demontáž zařízení, montáž nových prvků a montáž zařízení, náklady vyvolané vyřazením z provozu, selháním prvků atd.). Při různých způsobech obnovy budou jednotlivé složky nákladů různé. Jde tedy o nalezení takového způsobu obnovy, při němž jsou celkové náklady spojené s procesem obnovy zařízení minimální.

Dynamické programování

Řešení problémů obnovy analytickými metodami bývá často výhodné nahradit metodami dynamického programování, jehož základem je Bellmanův princip optimality. Tento princip je charakterizován touto definicí: „Optimální strategie má tu vlastnost, že ať je výchozí stav a výchozí rozhodnutí jakékoliv, posloupnost následujících rozhodnutí musí tvořit optimální strategii vzhledm k předchozímu stavu.“

Např. v /5/ je proces optimální strategie obnovy v k – tém roce definován touto soustavou rekurentních vztahů:

$$F_k(t) = \max \begin{cases} Z(t) + f_{k-1}(t+1) & \text{ponechání zařízení} \\ S(t) - CP_k + Z(0) + f_{k-1}(1) & \text{vyřadit zařízení} \end{cases}$$

kde

Z(t) je roční zisk z provozu zařízení v roce t

S(t) zůstatková cena zařízení

CP_k pořizovací cena nového zařízení

Z tohoto zápisu vyplývá, že volbou většího z výnosů je určena optimální strategie obnovy v daném roce posuzovaného období.

Metoda CRAFT

Metodu CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique – Technika stanovené vzájemné polohy zařízení výpočtem) je možno obecně použít k určení optimální vzájemné polohy různých prvků při uspořádání celku. Cílem řešení je nalézt co nejlepší rozmístění prvků v půdoryse, nejlepší způsob uspořádání celku. Aby realizace nalezeného řešení byla ekonomicky výhodná, musí efekt dosažený lepším rozmístěním prvků převyšovat náklady na přemístění prvků.

Ve výrobním procesu je možno metodu CRAFT použít pro nalezení takového vzájemného rozmístění pracovišť, skupin pracovišť, dílen provozů apod. s danými plochami v daných půdorysech jedné nebo více budov, které umožní snížit celkové náklady na manipulaci s materiálem. Metodu CRAFT je možné použít i k zajištění účelnosti centralizace nebo decentralizace určitých činností, pro určení optimálního rozmístění kanceláří atd.

Matematicky lze problém optimalizace vzájemné polohy při uspořádání celku formulovat takto:

Označíme-li:

n - počet útvarů (oddělení),

v_{ij} - počet jednotek zatížení (výrobků, součástí),

u_{ij} - náklady na pohyb jednotky zatížení na jednotku vzdálenosti mezi útvary i a j,

l_{ij} - vzdálenost mezi středy útvarů i a j,

pak náklad na pohyb celého produktu mezi útvary i a j na jednotku vzdálenosti je dán vztahem:

$$\mathbf{c_{ij} = u_{ij} \cdot v_{ij}}$$

Se změnou rozmístění útvarů se mění vzdálenost mezi nimi. Náklady kteréhokoliv řešení rozmístění jsou potom vyjádřeny vztahem:

$$\mathbf{A_{(L)} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} c_{ij} \cdot l_{ij}}$$

kde l_{ij} jsou vzdálenosti mezi útvary i a j.

V dalším postupu jde o minimalizaci této funkce. Postupuje se tak, že se vychází z libovolně zvoleného výchozího rozmístění útvarů /pracovišť) a v krocích se provádí takové vzájemné výměny útvarů (pracovišť), které jsou z hlediska nákladů na manipulaci s materiálem nejvýhodnější. To se dělá tak dlouho, dokud není nalezeno řešení, které již žádnými výměnami nelze zlepšit. Metoda CRAFT přitom akceptuje různé dané podmínky – např. některá pracoviště mají pevně danou polohu, některá pracoviště musí být v sousedství apod. Rozpočet se provádí na počítači. Vstupní údaje tvoří toky materiálů mezi útvary (pracovišti), náklady na manipulaci jednotky materiálů je na jednotkovou vzdálenost a jakékoliv výchozí rozmístění útvarů.

Síťová analýza

Zahrnuje metody modelování souborů navazujících činností nutných k dosažení definovaného cíle, kterým je např. soubor činností nutných k realizaci opravy resp. obnovy energetických zařízení.

Základem těchto metod je využití orientovaného grafu vhodných vlastností tj. optimalizace na grafech. Metody síťové analýzy mají tyto cíle:

A/ konstrukci modelů návazných činností založených na teorii grafů

B/ kvantifikaci ukazatelů činností charakterizujících jejich časový průběh a nároky na prostředky

C/ nalezení optimálního uspořádání činností

Číselné charakteristiky množiny činností mohou mít různou potřebu jako např. dobu trvání, počet pracovníků potřebných na zajištění jednotlivých činností, dílčí náklady a celkové náklady nezbytné k dosažení definovaného cíle.

Hodnotová analýza

Hodnotová analýza představuje systémově a funkčně orientovaný soubor dílčích metod, umožňujícím tvůrčím způsobem zdokonalovat daný objekt. Její hlavní přínos spočívá v tom, že usilujeme o maximalizaci poměru mezi užitnou hodnotou (stupněm plnění funkce) a náklady na její zajištění, že se zaměřuje na zdokonalování zejména produktu (výstupu) systému a teprve potom racionalizuje proces výroby zdokonaleného produktu, že se zaměřuje na týmové řešení problémů.

Cílem hodnotové analýzy je maximalizace poměru mezi užitnou hodnotou a náklady na její zajištění, který je kvantifikován pomocí ukazatele poměrné efektivní hodnoty.

Hodnotová analýze se nejčastěji využívá k výrobkovým inovacím. Může však být úspěšně využita i v oblasti aplikovaného výzkumu, vývoje a technické přípravy výroby, při projektování investic, v zásobovací činnosti, při řízení jakosti, v oblasti organizace a řízení atd.

Podstata hodnotové analýzy spočívá v tom, že objekt zdokonalování se při ní chápe jako soubor funkcí, jež charakterizují jeho užitnou hodnotu a které je třeba zajistit novým, efektivnějším způsobem. Funkcí se rozumí účinek všech vlastností objektu, jimiž daný objekt slouží k uspokojování společenských potřeb. Objekt tedy není analyzován ve své reálné podobě, ale zprostředkovaně jako soubor funkcí. Cílem hodnotové analýzy je nalezení dokonalejšího zajištění souboru funkcí daného objektu hospodárnějším způsobem.

Základem úspěšného využívání hodnotové analýzy je správně volený postup – metodika, jako praktický návod pro zdokonalování zvoleného objektu. Aplikace hodnotové analýzy začíná **výběrem předmětu**, který má být zdokonalen. Určuje se tzv. inovační dominanta – činitel, který je určujícím způsobem pro komplexní zdokonalování ostatních činitelů. Při výběru předmětu hodnotové analýzy se dává přednost těm činitelům, které způsobují vysoké vlastní náklady nebo nedostatečně plní požadavky na užitnou hodnotu. V této etapě se vytváří také řešitelský kolektiv a vypracovává harmonogram prací. V další etapě se provádí **sběr informací**. Získávají se všechny potřebné informace o vybraném předmětu, ověřuje se jejich správnost a úplnost a provádí se jejich zpracování. Dále se uskutečňuje tzv. **funkční analýza**. Zjišťuje se přehled všech funkcí, které analyzovaný předmět plní a které by měl plnit. Funkce se třídí na hlavní a vedlejší a stanoví se pořadí důležitosti jednotlivých funkcí. Dále se zjišťují náklady na jednotlivé funkce současného stavu a stupně splnění funkcí současného stavu. Srovnává se význam funkcí s náklady na jejich zajištění s cílem určit kritické funkce z nákladového hlediska. Na základě uvedených údajů se vypočítává ukazatel poměrné efektivní hodnoty současného stavu. Další etapa představuje tvorbu námětů na nové zajištění funkcí. Výsledkem je **výběr optimální varianty** – návrhu s nejvyšší poměrnou efektivní hodnotou. Optimální varianta se dále zpřesňuje a vypracovává se projektová dokumentace. Aplikace hodnotové analýzy končí etapou projednání a schválení projektu. Po schválení projektu začíná **realizace** navrženého a schváleného řešení.

Rozhodovací analýza

Tato metoda řeší složité jednorázové rozhodovací problémy a zahrnuje zpravidla tyto etapy /1/:

- Vymezení problémů a stanovení cílů.

  Rozhodovací analýza začíná vymezením problému. Z vymezení problému musí vyplývat cíle řešení. Úkoly této etapy tvoří základ rozhodovací analýzy. V každé další etapě se posuzují jednotlivé otázky z hlediska cíle řešení. Cíl řešení se zpravidla postupně zpřesňuje při dalším postupu, zejména při rozboru informací.

- Rozbor informací a podkladů.

  Z existujících informací je třeba umět vybrat ty, které jsou pro řešení daného problému potřebné. Nedostatek stejně jako nadbytek informací ztěžuje rozhodování. Rozsah potřebných informací je dán cílem a standardními programy rozhodovací analýzy. V dalších etapách rozhodovací analýzy se může ukázat, že získané informace bude třeba doplnit.

- Stanovení alternativ.

  Při použití matematických metod vzniká často velké množství alternativ kombinováním jednotlivých proměnných a výběr optimálního řešení bývá někdy velmi náročný. Pro rozhodovací analýzu se vytvářejí reálné a cílům řešení odpovídající alternativy. Na této etapě rozhodovací analýzy se má podílet více pracovníků, z nichž každý vypracuje nezávisle svůj návrh řešení. Tam, kde jde o získání nových, originálních řešení, je vhodné uplatnit osvědčené metody tvůrčího myšlení. Výchozí stav se může někdy uvažovat jako jedna z alternativ, pokud neodporuje cílům řešení.

- Stanovení kritérií.

  Kritéria jsou měřítkem pro posuzování vhodnosti jednotlivých alternativ z hlediska požadovaných cílů. Tato etapa rozhodovací analýzy se považuje za rozhodující, neboť kritéria jsou základem kvantitativního hodnocení alternativ. Je třeba, aby kritéria byla úplná a vyvážená. Opomenutí důležitého hlediska nebo překrývání by mohlo vést k nesprávným závěrům.

- Měření užitečnosti alternativ.

  Údaje získané v předchozích etapách rozhodovací analýzy se sestavují do vhodného přehledu a vytváří se tak model zkoumaného jevu. Údaje lze sestavit ve vztahu k jednotlivým alternativám a kritériím formou tzv. rozhodovací matice. Jednotlivým kritériím lze přiřadit váhy podle jejich důležitosti.

- Měření rizika alternativ.

  Každá alternativa uvažuje změnu, která má zdokonalit dosavadní vztah. Avšak každá změna může být spojena i s určitými negativními projevy. Možné pravděpodobné negativní vlivy (rizika) jednotlivých alternativ je třeba zjistit dříve, než se rozhodneme pro určité řešení. Závažnost nepříznivých vlivů lze vyjádřit pomocí váhy. Vynásobením váhy a pravděpodobnosti nepříznivých důsledků se získá stupeň ohrožení alternativy z hlediska příslušného vlivu. Součet dílčích stupňů ohrožení vyjadřuje míru rizika.

- Volba optimální alternativy.

  Optimální je to řešení (alternativa), které má největší užitečnost a nejmenší riziko (nejlepší poměr užitečnosti a rizika). Existuje postup, který umožňuje kvantifikovat výsledný efekt jako rozdíl mezi užitečností a rizikem alternativ. Alternativa s maximálním pozitivním rozdílem se považuje za optimální.

2.1.Podstata optimalizace obnovy

Cílem optimalizace obnovy energetických zařízení a jejich prvků je stanovit optimální okamžik pro vykonání technických údržeb a oprav se zřetelem k technickému stavu . Podstata problému je v nalezení kritéria obnovy, ve stanovení a řešení účelové funkce obnovy a určení ztrát z nedodržení plánu údržbové činnosti. Přínosem optimalizace je snížení nákladů na provoz a obnovu energetických zařízení.

2.2.Kritérium optimalizace obnovy

Potřeba vykonat obnovu prvku, jak již bylo uvedeno, je obecně dána změnami jeho technického stavu - diagnostického signálu. Optimalizace obnovy lze definovat tak, že jde o nalezení takového diagnostického signálu (doby provozu, diagnostického nebo strukturního parametru), při němž je obnova nejvýhodnější.

Nejobecnějším kritériem pro stanovení optimálního okamžiku obnovy, tj. pro stanovení optimální hodnoty (normativu) diagnostického signálu, je ekonomické kritérium: zkoumá se , kdy jsou nejnižší náklady na jednotku doby provozu (na jednotku strojem vykonávané užitečné činnosti). V některých případech není ekonomické kritérium nejdůležitější, např.

- u zdravotnických zařízení je důležité kritérium vysoké bezporuchovosti a spolehlivosti,
- u vojenské techniky kritérium vysoké pohotovosti atd.

U průmyslových energetických zařízení, je ekonomické kritérium jednoznačně rozhodující.

Okamžik obnovy ovlivňují v obecném případě dvě základní nákladové položky:

a) *hodnota obnovy* - náklady na obnovu tj. náklady na vykonávání údržbového zásahu, určené tou částí pořizovací hodnoty prvku (úkonu, operace), která byla spotřebována během jeho technického života, resp. investiční náklady spojené s pořízením nového zařízení
b) *vybrané druhy nákladů* na provoz, vyvolané změnami technického stavu prvku během jeho provozu (náklady na opravy, náklady na údržbu, náklady na náhradní díly a materiál apod.).

Jakoukoliv nákladovou položku, souvisící s provozem prvku, lze uvádět v jedné ze tří forem, které lze charakterizovat takto:

a) *Kumulativní náklady* jsou zpravidla při experimentech i při provozu prvků nejsnáze zjistitelné - jde o nejčastěji sledovanou veličinu v podnikovém účetnictví; i když se uvažuje jejich nespojitý průběh, lze postupným sčítáním získat řadu hodnot a po matematickém zpracování určit trend těchto kumulativních nákladů.

b) *Průměrné jednotkové náklady* stanovené na základě podílu kumulativních nákladů a doby provozu podávají při jakémkoliv hodnocení či rozhodování informaci, jaká je v daném okamžiku průměrná hodnota nákladů připadajících na jednotku doby provozu (např. Kč . h^{-1} jako funkce času činnosti stroje, Kč . GJ^{-1} jako funkce vyrobené tepelné energie atd.).

c) *Okamžité jednotkové náklady* jsou odrazem okamžitého stavu prvku a jsou tedy ve své podstatě obecným ekonomickým diagnostickým signálem; v řadě případů se mohou při experimentech zjišťovat i jako jediná nákladově sledovaná veličina.

   Rekapitulace základních podkladů, nezbytných pro optimalizaci obnovy prvku, tj. pro stanovení optimálního okamžiku obnovy je tato:

   a) kritériem obnovy mohou být kritéria nákladového typu resp. ziskového typu zahrnující výnosy a náklady spojené s provozem a obnovou posuzovaného zařízení,

   b) výpočetními metodami se stanoví hodnota obnovy prvku nebo stroje z prvotní účetní evidence,

   c) z experimentálního sledování je nutno zjistit závislost provozních nákladových položek kritéria obnovy na střední době provozu, diagnostických parametrech a ukazatelích spolehlivosti.

2.3 Obecná účelová funkce obnovy

Logicky lze definovat kritérium optimalizace obnovy pro všechny prvky systému jako takovou *hodnotu diagnostického signálu*, při níž je poměr *sumy nákladů na obnovu a provoz k sumě všech dob provozu* všech prvků *minimální.* Jestliže tyto průměrné jednotkové náklady s dostatečnou přesností ztotožníme s hodnotami výběrového souboru *n* prvků, pak platí

$$\mathbf{u(S)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} N_{oi} + \sum_{i=1}^{n} N_i(S)}{\sum_{i=1}^{n} t_i(S)}$$

kde $u(S)$ je střední hodnota jednotkových nákladů na obnovu a provoz při dosažení technického stavu S,

S - ukazatel technického stavu (diagnostický signál),

n - rozsah výběrového souboru prvků,

N_{oi} - hodnota obnovy i-tého prvku,

$N_i(S)$ - náklady na provoz prvku od počátku provozu do dosažení technického stavu do okamžiku vyřazení prvku z provozu před dosažením stavu S,

$t_i(S)$ - doba provozu i-tého prvku od počátku provozu do dosažení technického stavu S nebo do jiného okamžiku vyřazení prvku z provozu před dosažením stavu S.

Jestliže se všechny položky ze vztahu (9) pro individuální prvky nahradí průměrnými hodnotami, pak platí

$$u(S) = \frac{nN_o + nN(S)}{n\bar{t}(S)} = \frac{N_o + N(S)}{\bar{t}(S)}$$

kde N_o je střední hodnota obnovy,

$N(S)$ - střední kumulativní náklady na provoz,

$\bar{t}(S)$ - střední doba provozu.

Lze dokázat, že minimální hodnota průměrných jednotkových nákladů na provoz a obnovu $u(S_o)$ se rovná střední hodnotě okamžitých jednotkových nákladů v (S_o), příslušících normativu $\bar{t}(S_o)$, neboli

$$\boldsymbol{v(S_o)} = \frac{N_o + N(S_o)}{\bar{t}(S_o)} = u(S_o)$$

kde *v(So)* jsou okamžité jednotkové náklady na provoz,

$N(S_o)$ - kumulativní náklady na provoz,

$\bar{t}(S_o)$ - střední doba provozu,

$u(S_o)$ - minimální průměrné jednotkové náklady na provoz a obnovu.

Protože okamžité jednotkové náklady jsou ekonomickým ekvivalentem diagnostického signálu S, je hodnota

$$\boldsymbol{v(S_o) = u(S_o)}$$

obecným „ normativem“ pro obnovu zařízení a jejich prvků v provozu. Princip stanovení optimální délky střední doby provozu je uveden na obrázku. Z něho je patrné, že vodorovně šrafovaná plocha je úměrná hodnotě obnovy N_o a svisle šrafovaná plocha normativu kumulativních nákladů na provoz $N(S_o)$.

Z výše uvedeného lze učinit závěry pro zformulování postupových kroků pomocí nichž lze stanovit tzv. normativ pro obnovu zařízení :

1. Podle zásad pro statistické zpracování výsledků měření se zvolí *výběrový soubor* uvažovaných prvků, pro nějž se buď před experimentem, nebo v jeho rámci stanoví *střední hodnota nákladů obnovy* N_o.
2. *Prvky se sledují v provozu* a pro různé hodnoty diagnostických signálů se zaznamenávají:

a) *nákladové podklady* pro stanovení okamžitých jednotkových nákladů na provoz $v_i(S)$,

b) příslušné *doby provozu* prvků $t_i(S)$,

c) *počty provozuschopných prvků* při stavu S, tj. m(S).

3. Pro hodnoty S se stanoví hodnoty $\bar{t}(S)$.
4. *Normativ střední doby provozu* se stanoví grafickou nebo numerickou cestou .
5. Hledanou hodnotu *normativu diagnostického signálu* S_o lze pak již snadno nalézt pomocí známé funkce $\bar{t}(S)$ a hodnoty $\bar{t}(S_o)$.

V souvislosti s praktickým využitím normativů je třeba vyslovit důležitou zásadu, vyplývající z celkového pojetí řešeného problému: *normativy pro obnovu nemají charakter pevné meze,* která musí být u prvku vždy dodržena. Jsou pouze hodnotou, jejíž dodržení u izolovaně uvažovaného prvku má optimální ekonomické důsledky. To současně znamená, že *nedodržení normativu* pro obnovu *je nejen možné, ale často i účelné,* pokud jsou vzniklé ztráty u izolovaného prvku převáženy úsporami vzniklých nedodržením normativu jinde (u jiného prvku).

2.4 Stanovení ztrát z nedodržení optimálního režimu obnovy

Uvažujme prvek, u něhož z jakýchkoliv důvodů nemůže být střední doba provozu, buď vůbec dosažena, nebo musí být překročena. Ztráty, které vzniknou, lze stanovit několika způsoby:

a) pomocí údajů o průměrných jednotkových nákladech,
b) pomocí údajů o okamžitých jednotkových nákladech.

1. Je-li k dispozici součtová funkce průměrných jednotkových nákladů, je na ní možno znázornit, že vyřazení prvku v jiném okamžiku než v $\overline{t}(S_o)$ znamená vždy zvýšení hodnoty průměrných jednotkových nákladů, kterých prvek dosáhl. *Celková ztráta,* která vyřazením prvku v okamžiku $\overline{t}(S_1)$ vznikne, *lze vyjádřit vztahem*

$$N_{ze1} = [u(S_1) - u(S_o)]\ \overline{t}(S_1)$$

kde N_{ze1} je velikost ztrát při vyřazení prvku v okamžiku S_1.

Jestliže se prvek vyřadí naopak v okamžiku $\overline{t}(S_2)$, budou mít vzniklé ztráty velikost

$$N_{ze2} = [u(S_2) - u(S_o)]\ \overline{t}(S_2)$$

kde N_{ze2} jsou ztráty při vyřazení prvku v okamžiku S_2.

2. Ke stejnému cíli - stanovení ztrát z nedodržení normativu $\overline{t}(S_o)$ - lze dojít i za pomoci funkce v(S) okamžitých jednotkových nákladů .

Při předčasném vyřazení prvku v době $\overline{t(S_1)}$ *vznikají ztráty následkem nevyužití hodnoty obnovy* N_o (nevyužití technického života) *a při pozdějším vyřazení v době* $\overline{t(S_2)}$ *vznikají ztráty vlivem zvýšení provozních nákladů* nad hodnotu $u(S_o)$.

Znalost ztrát z nedodržení normativu S_o *má velký význam při optimalizaci oprav* průmyslových energetických soustav; *seskupování oprav* většího počtu prvků do rámce jedné společně vykonané opravy vyvolává vznik uvedených ztrát jako nezbytný průvodní jev. Tyto ztráty by měly být pochopitelně převýšeny úsporami, má-li být oprava považována za účelnou.

3.APLIKACE OBECNÝCH ZÁSAD OBNOVY NA ENERGETICKÁ ZAŘÍZENÍ

Při určování okamžiku obnovy zařízení průmyslových a municipálních energetických systémů je možno vycházet z uvedené obecné teorie obnovy prvků. Aplikace však musí vycházet ze zvláštností energetických systémů .

3.1.Hlavní složky účelové funkce obnovy

Na stanovení okamžiku obnovy – stanovení normativu pro obnovu se podílejí tyto položky:

a) Hodnota obnovy zařízení daná obecným vztahem

$$\mathbf{No = Np + kNr / (k+1)}$$

kde,
Np je redukovaná pořizovací hodnota nového zařízení (pořizovací náklady, náklady na demontáž a montáž a na prostoje, zmenšené o zůstatkovou hodnotu – zpravidla cenu šrotu),
Nr – náklady na renovaci nebo opravu zařízení
k – počet renovací nebo oprav zařízení u neopravovatelných prvků je k=0 a hodnota obnovy

$$\mathbf{No = Np}.$$

U opravovatelných prvků – jestliže lze zabezpečit renovacemi celou dobu provozu stroje T, hodnota obnovy je dána předchozím vztahem pro k mající konečnou hodnotu.

b)Náklady následkem rizika poruchy prvku energetického zařízení

$$\mathbf{Nh(S) = Nh \,.\, F(S)}$$

kde,
Nh(S) jsou náklady a rizika poruchy zařízení jako funkce diagnostického signálu S,
Nh – přírůstek nákladů na obnovu následkem poruchy (tento přírůstek je dán rozdílem Nh – No,
kde Nh jsou náklady na obnovu strojního prvku po vzniku poruchy.

V nákladech Nh jsou tedy kromě hodnoty obnovy zahrnuty i náklady na zvýšené prostoje a náklady na odstranění závislých poruch, což tvoří vlastně přírůstek nákladů na jeho obnovu,
F(S) – pravděpodobnost poruchy prvku při diagnostickém signálu S.

c) Náklady vyvolané působením narůstajícího defektu na ekonomiku provozu celého stroje vznikají např. následkem
- růstu měrné spotřeby paliva výsledkem zanášení teplosměnných ploch , snižování hodnoty vakua, zvyšování ztrát vlivem netěsností, zhoršení tepelných izolací atd.

Tyto náklady lze vyjádřit obecnou funkcí Ne(S), kterou je nutno případ od případu konkretizovat zpravidla v analytickém vyjádření, přičemž tato funkce je dána přírůstkem nákladů vyvolaný působením narůstajícího defektu zařízení či prvku na ekonomiku provozu celého systému resp. zařízení při stavu S.

d) Náklady na diagnostiku zahrnují náklady spojené s náklady na prostoje, mzdové náklady, odpisy používaného diagnostického zařízení, režijní náklady diagnostického pracoviště a náklady na spotřebovaný materiál, vyjadřují se jako součin jednotkových nákladů na diagnostiku a střední doby provozu neboli

$$\mathbf{Nd(S) = u_d \,.\, t(S)}$$

kde,
Nd(S) jsou náklady na diagnostiku prvku během doby provozu odpovídající stavu S,
u_d – průměrné jednotkové náklady na diagnostiku prvku
t(S) – střední doba provozu prvku při stavu S.

Z výše uvedených rovnic získáme položky, které tvoří střední kumulativní náklady na provoz zařízení

$$\mathbf{N(S) = Nh(S) + Ne(S) + Nd(S)}$$

K této rovnici je třeba poznamenat, že provoz konkrétního prvku nemusí vždy vyvolat vznik všech nákladových položek.

Hledanou hodnotu normativu diagnostického signálu So pro obnovu prvku získáme dosazením hodnoty obnovy (No) a středních kumulativních nákladů na provoz (N(S)) do obecné účelové funkce obnovy ($v(S_o)$)) a jejím řešením podle uvedených zásad.

3.2.Obnova energetických zařízení a systémů

Tento pojem obnovy obsahuje problematiku stanovení okamžiku obnovy tohoto zařízení. Výsledkem optimalizačního řešení obnovy zařízení je doporučení realizovat obnovu některým z těchto tří základních způsobů:

a) prvek se obnovuje po dosažení fyzického mezního stavu (po poruše),
b) prvek se obnovuje po dosažení normativu doby provozu (doba provozu t se při optimalizačním řešení jeví jako nejvýhodnější diagnostický signál),
c) prvek se obnovuje po dosažení normativu diagnostického signálu So, přičemž tímto signálem není doba provozu (jde tedy o diagnostický parametr).

U energetických zařízení se vzhledem k velkému počtu tvořících prvků nezavádí zpravidla jediný způsob stanovení okamžiku obnovy neboť v těchto zařízeních existují prvky obnovované podle kteréhokoli ze tří způsobů reálného řešení.

3.3.Aplikace obecných zásad obnovy na oblast údržby energetických zařízení

Technická údržba byla již definována jako činnost mající udržet výrobek v bezporuchovém stavu, snižovat celkový počet poruch nebo i účelně oddalovat termín jejich vzniku.
Sortiment potřebných údržbářských zásahů (operací, úkonů) je dán konstrukčním provedením zařízení. Intervaly, po nichž se mají údržbářské zásahy vykonávat, závisí jak na konstrukčním provedení, tak na provozních podmínkách zařízení. Obecně mají údržbářské intervaly charakter náhodné proměnné veličiny a pro stanovení jejich optimální velikosti je nutno realizovat optimalizační řešení, které v souladu s uvedeným obecným postupem má dvě základní etapy:

a) výběr vhodných ukazatelů – signálů a pro jednotlivé izolované dílčí údržbářské zásahy stanovení normativů těchto ukazatelů, tj. jejich optimální hodnoty, při nichž je nejvýhodnější dílčí zásah vykonat,

b) účelné seskupování dílčích údržbářských zásahů do rámce společných komplexních úkonů, vykonávaných ve stejném okamžiku tak, aby se snížil počet přerušení provozu zařízení, snížily náklady spojené s touto činností.

Kritérium optimalizačního řešení, při němž se má stanovit optimální okamžik pro vykonání údržbářského zásahu (tj. optimální hodnota zvoleného ukazatele – diagnostického signálu), jsou i v tomto konkrétním případě průměrné jednotkové náklady na provoz a obnovu. Hodnota zvoleného ukazatele odpovídá minimální hodnotě součtové funkce průměrných jednotkových nákladů, na níž se podílejí dvě základní položky:

a) náklady na vlastní vykonání údržbářského zásahu (mzdové, materiálové a režijní), jinak řečeno hodnota obnovy příslušného úkonu; jde o jednorázově vynaloženou položku, která ve formě průměrných jednotkových nákladů má klesající průběh, tzn. podporuje prodlužování údržbářských intervalů,
b) celkové náklady na provoz stroje, přímo ovlivňované velikostí údržbářského intervalu příslušného údržbářského úkonu (velikost intervalu závisí na sledovaném diagnostickém signálu).

Změna velikosti údržbářského intervalu pro obecný údržbářský úkon může mít vliv na tyto jevy:

a) s růstem velikosti intervalu, tj. s připuštěním větší změny sledovaného diagnostického signálu, se u stroje může zvýšit riziko poruchy (např. stroje špatně a zřídka čištěné neumožňují kvalitní kontrolu technického stavu, roste riziko havárie, totéž platí o zařízeních špatně mazaných a kontrolovaných, neseřizovaných apod.)
b) může se zkrátit technický život),
c) může se zhoršit ekonomika provozu celého stroje (například u zařízení špatně seřizovaného apod.)

Tyto možné faktory, souvisící se stanovením údržbářského intervalu spolu s náklady na diagnostiku (jestliže se uplatní pro sledování ukazatele technického stavu) v nákladovém vyjádření vytvářejí uvedené náklady na provoz.

Hledané optimální hodnoty údržbářských intervalů se získají dosazením uvedených konkrétních nákladových položek do obecné účelové funkce obnovy a jejím řešením podle uvedených zásad.

Ze všech předešlých úvah vyplývá, že u složité energetické soustavy neexistuje žádné výrazné období provozu, v němž by soustava pracovala zcela bez poruch, ani žádné specifické období, v němž by k poruchám docházelo hromadně. To je třeba obzvlášť uvažovat při řešení problému, od

kterého okamžiku se má zařízení zařadit do provozu a kdy se má vyřadit. Jde o problematiku technického života zařízení, často nazývaného jako optimální doba provozu .

U energetických zařízení je zřejmé, že pouze fyzikální (technická) nemožnost plnit požadované funkce se nemůže pokládat za dosažení mezního stavu, tj. za vyčerpání technického života. Znamenalo by to totiž, že první porucha prvního poškozeného prvku energetického zařízení by určovala technický život, což je zjevně neekonomické a nereálné. To znamená , že poruchy prvků energetického zařízení či soustavy i jejich postupně vykonávané obnovy (údržby, opravy, výměny) je třeba pokládat za normální provozní jev.

Platnost této úvahy, by ovšem znamenala, že pouze z technického hlediska by se zařízení mohlo teoreticky používat neomezenou dobu. Má-li se tedy mezní stav zařízení vůbec definovat, musí se brát v úvahu, že není určen pouze technickou nemožností dalšího provozu (jak tomu bylo u fyzického života prvku), ale že se při jeho stanovení musí vycházet z ekonomiky provozu zařízení na bázi zvoleného rozhodovacího kritéria. Má-li mezní stav charakter určité doporučené hodnoty pro určité podmínky lze konstatovat, že technický život zařízení je doba provozu do dosažení mezní hodnoty kritéria ekonomické efektivnosti. Optimalizační kritérium životnosti bezprostředně rozhoduje o obnově zařízení, tj. o problému, kdy používané zařízení vyřadit z provozu a nahradit jej novým téhož typu nebo jiného typu.

Jak již bylo konstatováno, nejčastěji používaným kritériem rozhodování o obnově zařízení je kritérium minimalizace nákladů. Na velikosti i průběhu těchto nákladů jako funkce doby provozu se podílejí tyto nákladové položky:

- pořizovací a zůstatková hodnota zařízení,
- náklady spojené s provozem zařízení (náklady na obsluhu, energii, provozní hmoty, provozní ztráty, náklady na údržbu, diagnostiku a opravy),
- náklady (ztráty) vyplývají z ekonomického znehodnocení (morálního opotřebení – zastarání) zařízení.

Jednotlivé nákladové položky v jednotkovém vyjádření jako funkce doby provozu mohou v izolovaném pojetí působit buď ve směru prodlužování technického života (jsou-li klesající funkcí doby provozu), nebo ve směru zkracování technického života (jsou-li rostoucí funkcí doby provozu). Položky jednotkových nákladů, které se s dobou provozu nemění, nemají přímý vliv na technický život, pouze uvažuje –li se prostá obnova . Při obnově jiným zařízením mohou být významným rozhodujícím faktorem, takže obecně lze říci, že vyšší hodnota konstantních jednotkových nákladů zkracuje technický život zařízení.

3.4.Relevantní údaje optimalizace obnovy energetických zařízení

Budeme-li vycházet z předpokladu, že optimalizačním kritériem řešení technického života zařízení budou průměrné náklady na provoz a obnovu pak z hlediska vytyčeného cíle jsou jedinou sledovanou veličinou, neboť pro energetická zařízení jako celek většinou není k dispozici žádná obdoba diagnostického signálu, umožňující vyjádřit dosažení mezního stavu.

Jak již bylo uvedeno, s pořízením a provozem zařízení jsou spojeny tyto základní nákladové položky:

- náklady obnovy,
- náklady na energii a provozní hmoty,
- náklady na obsluhu stroje,
- náklady na technickou údržbu,
- náklady na technickou diagnostiku,
- náklady na opravu zařízení.

Všechny tyto nákladové položky lze v jednotkovém vyjádření sledovat v závislosti na době provozu, která patří mezi důležitou sledovanou veličinu.

Vyřadit zařízení z provozu je účelné tehdy, jestliže suma všech uvedených položek, vztažená na jednotku doby provozu, je minimální. Zvláštní postavení navíc pak mohou mít náklady vyplývající z ekonomického znehodnocení a ztráty vyvolané nedodávkou energie. V další části textu se proto stručně zmíníme o jednotlivých nákladových složkách.

Náklady obnovy zařízení

Náklady obnovy jsou rovny diferenci pořizovací a zůstatkové ceny zařízení. Jejich průběh ve formě průměrných jednotkových nákladů jako funkce doby provozu je dán vztahem

$$\mathbf{n_o = No/t = (Np - Nzu)/t}$$

Kde n_o jsou průměrné jednotkové náklady na obnovu jako funkce doby provozu t,

No – hodnota obnovy zařízení,

Nc – pořizovací cena zařízení,

Nzu – zůstatková cena e při jeho vyřazení , T – doba provozu zařízení.

Je zřejmé, že jednotkové náklady n_o působí vždy ve směru prodlužování technického života stroje.

Náklady na vlastní provoz zařízení

Zkušenosti z provozu energetických zařízení umožňují tvrdit, že většinu nákladových položek vyvolávaných vlastním provozem stroje lze v jednotkovém vyjádření považovat v určitých provozních intervalech za konstantu. V závislosti na kolísání úrovně technického stavu, působeném postupně vznikajícími defekty prvků sledovaného zařízení resp. soustavy a jejich obnovami, může sice docházet i k určitým výkyvům příslušných nákladů, přesto však průměrné jednotkové náklady na obsluhu , na energii a provozní hmoty, jednotkové náklady na údržbu a diagnostiku pouze oscilují kolem určité stálé hodnoty. Z toho vyplývá, že kumulativní náklady na vlastní provoz zařízení lze analyticky vyjádřit pomocí lineární funkce

$$\mathbf{Np = B.t}$$

kde Np jsou kumulativní náklady na vlastní provoz , rostoucí lineárně v závislosti na jeho době provozu t,

B – průměrné jednotkové náklady na obsluhu, energii, provozní hmoty, údržbu a diagnostiku stroje

Z uvedeného tvrzení je zřejmé, že průměrné jednotkové náklady na vlastní provoz stroje je možno vyjádřit jako

$$\mathbf{n_p = Np/t = Bt/t = B = konstanta}$$

Kde n_p jsou průměrné jednotkové náklady na vlastní provoz zařízení (z podstaty problému je zřejmá jejich nezávislost na době provozu, tedy konstantní hodnota).

Z konstrukce optimalizačního kritéria lze vyslovit závěr, že při uvažování o náhradě daného stroje stejným typem tento druh nákladů neovlivní okamžik obnovy. Jinak je tomu ovšem při náhradě stávajícího zařízení novým typem. V takovém případě může mít tato nákladová komponenta značný vliv na optimalizovanou veličinu – optimální dobu provozu stroje – a nelze je tedy v obecném řešení zanedbat a vypustit z účelové (kriteriální) funkce.

Náklady na opravy

Jednou z nejvýznamnějších položek provozních nákladů jsou z hlediska vlivu na technický život zařízení náklady na opravy. Vyžadují zvláštní pozornost jak vzhledem ke své velikosti (dosahované hodnoty v součtu za celý technický život mohou být i vyšší, než je pořizovací cena), tak

i vzhledem k charakteru narůstání. Z tohoto pohledu lze náklady na opravy vyjadřovat nespojitou a spojitou funkcí v závislosti na době provozu.

Jak již bylo uvedeno, k poruchám jednotlivých prvků energetického zařízení dochází v náhodných obdobích provozu. Z toho vyplývá, že náklady na opravy narůstají v těchto obdobích skokem – nejde o spojitou funkci doby provozu. Jejich sumu (kumulativní hodnotu) pro období provozu t_n, tj. sumu vynaloženou na odstranění všech dosud vzniklých poruch včetně n-té poruchy, lze vyjádřit vztahem

$$Nr = \sum_{i=1}^{n} Nri$$

kde,

Nr jsou kumulativní náklady na opravy během doby provozu t_n (kumulativní náklady na n oprav zařízení),

Nri – náklady na i – tou opravu (na odstranění i –té poruchy),

n – počet oprav stroje během doby provozu tn,

i – pořadové číslo opravy (poruchy) stroje.

Jednotkové náklady v tomto vyjádření mají spojitý průběh jen v období bezporuchového provozu (v mezioprávárenském intervalu), takže jejich velikost jako funkci doby provozu t lze definovat vždy jen pro příslušný interval a stanoví se dle vztahu

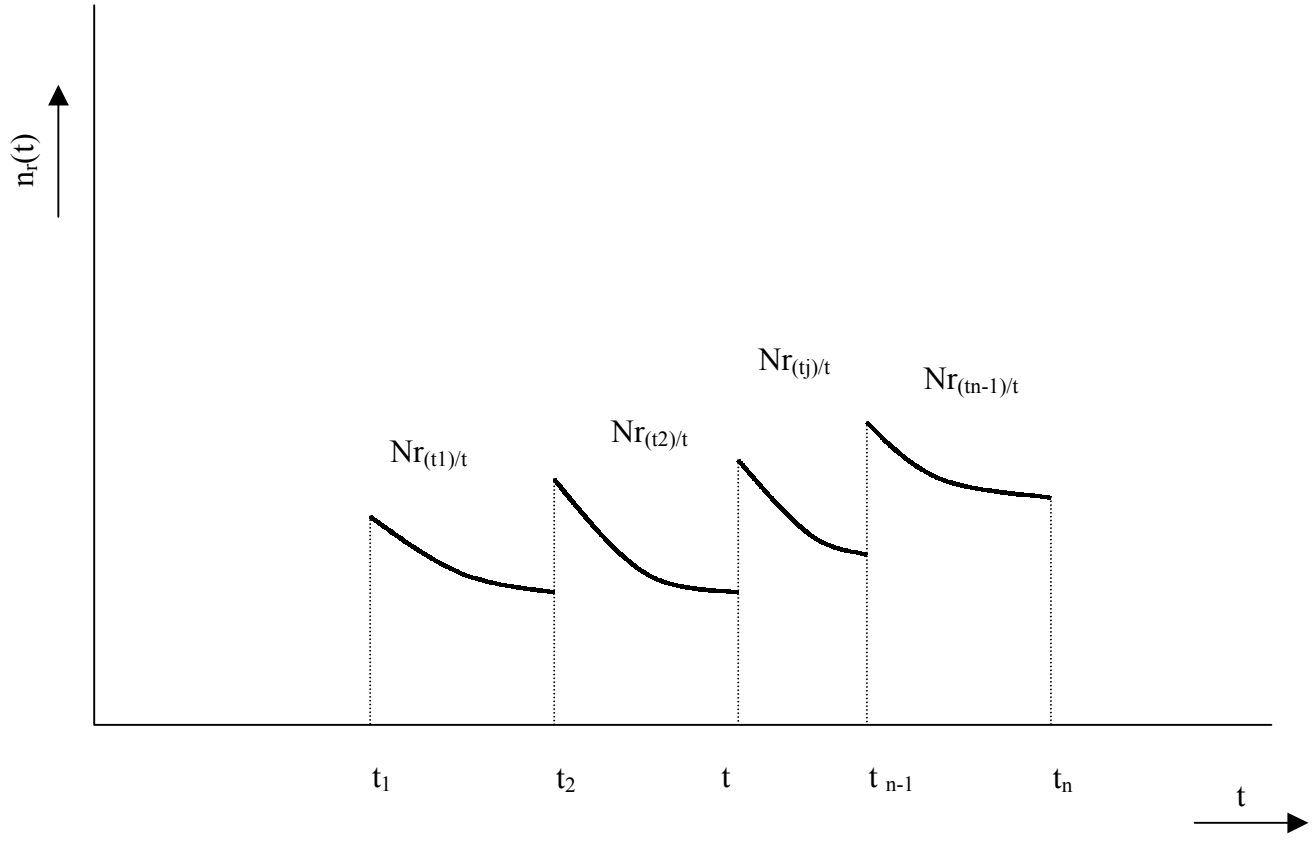
$$n_r = Nr(t_{n-1})/t$$

kde

n_r jsou průměrné jednotkové náklady na opravy stroje definované pro interval $tn-1 \leq t < tn$.

Graficky jsou tyto náklady znázorněny na následujícím obrázku.

Jednotkové náklady na opravy jako nespojitá funkce doby provozu

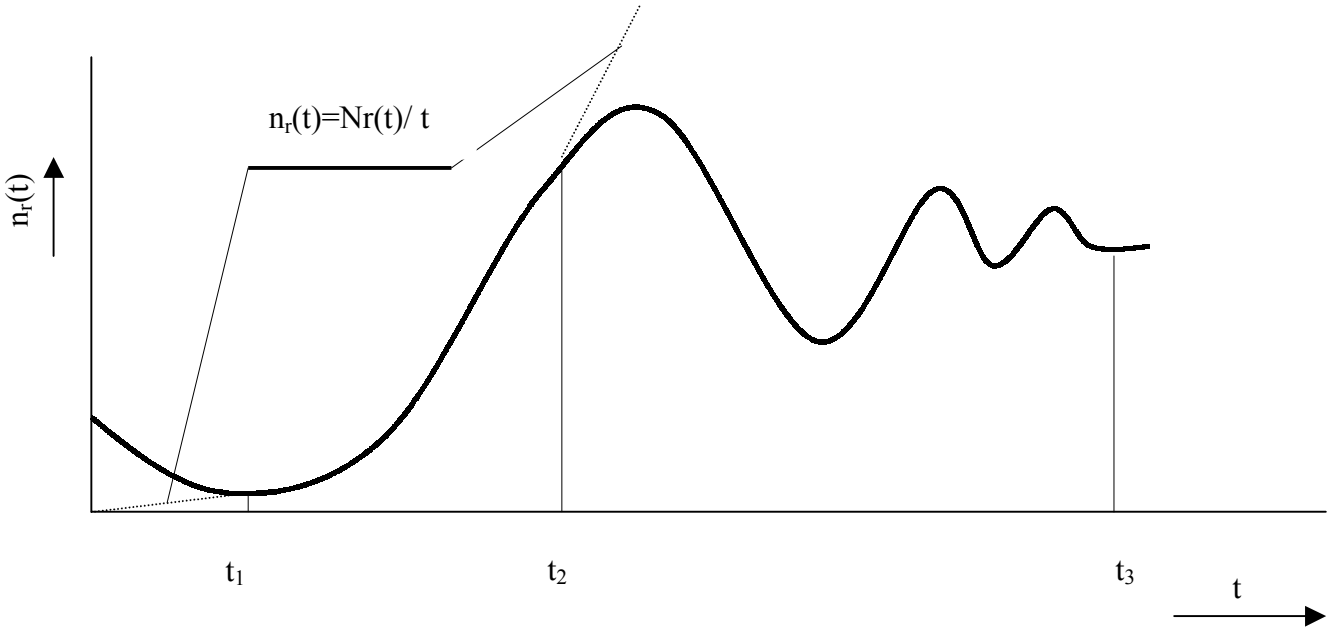


Stanovit, jakým způsobem tyto náklady ovlivňují životnost, jak působí na hodnotu optimální doby provozu, je obtížný problém, neboť uvedené jednotkové náklady v nespojitém vyjádření neumožňují posoudit trend jejich vývoje. K vyřazení dojde pokud by platilo, že v některém období ti, v němž se vykonává i-tá oprava, by příslušná hodnota nákladů Nri byla větší než hodnota obnovy No.

Proto je účelné proložení zmíněných bodů získat trend narůstání průměrných jednotkových nákladů na opravy ve spojité formě. Zpravidla v reálné době provozu zařízení narůstají tyto náklady progresivně a působí vždy ve směru zkracování technického života , stejně tak by působily i náklady rostoucí lineárně nebo degresívně. Pouze konstantní jednotkové náklady na opravy by jenom ovlivňovaly technický život při uvažování obnovy jiným typem stroje.

Jestliže se sleduje charakteristický průběh trendu jednotkových nákladů na opravy během delší doby provozu , lze určit několik typických období:

Charakteristický průběh trendu jednotkových nákladů na opravy zařízení



1. první období provozu t_1 zařízení se vyznačuje postupným zánikem časných náhodných poruch, snižováním nároků na opravy, a tedy i poklesem průměrných jednotkových nákladů na opravy, toto období představuje v podstatě záběh zařízení,
2. druhé období provozu $< t_2 - t_1 >$ se vyznačuje postupným dožíváním jednotlivých prvků zařízení s narůstajícími defekty, tedy i růstem intenzity poruch. V nákladovém vyjádření to znamená, že jednotkové náklady rostou progresivně až do prvních celkových oprav.
3. Třetí období provozu $< t_3 - t_2 >$ zařízení se vyznačuje kolísajícím poklesem jednotkových nákladů na opravy, což je způsobeno doznívajícím vlivem předcházejících obnov jednotlivých h prvků – prolínáním náhodných meziopravárenských intervalů z předcházejícího období
4. Čtvrté období provozu $< t > t_3 >$ je charakterizováno konstantní intenzitou poruch, ustálením požadavků na opravy, uplatňováním principu výměny při opravách (kdy se postupně zaměňují poškozené prvky za nové), což vede ve svých důsledcích i k ustálení průměrných jednotkových nákladů na opravy uvažovaného zařízení na konstantní hodnotu,
5. Doba provozu zařízení t_2 představuje nejčastěji reálné období používání , zejména vzhledem k jeho ekonomickému znehodnocení a intenzitě využívání. Čím bude nižší využití a vyšší ekonomické znehodnocení, tím bude pravděpodobnější vyřazení během doby t_2 a opačně. To vede ke dvěma závěrům:

– u některých zařízení (při jejich vysokém využití a malém ekonomickém znehodnocení) může dojít k ustálenému stavu jednotkových nákladů na opravy (po období t_3) ještě v období před jejich vyřazením z provozu. Účelová funkce obnovy nemá v tomto případě minimum – kritériem obnovy je především ekonomické znehodnocení stroje,

- u jiných zařízení po určitý reálný čas jejich provozu t_2 (odpovídají plánované době provozu vzhledem k ekonomickému znehodnocení) jednotkové náklady na opravy progresivně narůstají, takže účelová funkce obnovy má v tomto čase minimum. Hodnota $n_r(t)$ působí tedy ve směru zkracování technického života, k vyřazení stroje dojde do vyčerpání období t_2.

Trend narůstání kumulativních nákladů na opravy během reálného období provozu zařízení bývá nejčastěji analyticky vyjádřen tímto vztahem

$$\mathbf{Nr(t) = at^b}$$

kde,

Nr(t) jsou kumulativní náklady na opravy v závislosti na době provozu t,

a,b - konstanty vyjadřující progresivitu narůstání kumulativních nákladů na opravy.

Funkční vztah pro jednotkové náklady na opravy má tento tvar

$$\mathbf{nr(t) = at^{b-1}}$$

kde

nr(t) jsou průměrné jednotkové náklady na opravy zařízení.

Ekonomické znehodnocení zařízení

Ovlivnit technický život energetických zařízení a působit ve směru zkracování nebo prodlužování optimální doby provozu stroje může kromě již uvedených činitelů i tzv. *ekonomické znehodnocení*, velmi často nazývané jako morální opotřebení. Ekonomické znehodnocování *je vyvoláno zákonitým růstem společenské produktivity práce* (nebo celkovým poklesem spotřeby společenské práce) vlivem technického pokroku při reprodukci techniky.

Na rozdíl od fyzického opotřebení, které znehodnocuje zařízení úměrně době jeho činnosti – provozu, *stupeň ekonomického znehodnocení závisí pouze na stáří* – době používání stroje, vyjádřené kalendářním časem. Ekonomicky mohou být tedy znehodnoceny i takové stroje, které nebyly do provozu vůbec nasazeny.

Prostředkem pro odstraňování ekonomického znehodnocování může být *modernizace,* což je takové technické zdokonalení, kterým se stávající zařízení přiblíží technické úrovni nových zařízení – získá jejich provozní ukazatele.

Modernizace energetických zařízení se obvykle realizuje ve spojení s opravou, kdy se technickým opatřením dosáhne zvýšení energetické účinnosti, ekologické přijatelnosti, výkonu apod. Modernizace samozřejmě nemusí být účelná ve všech případech – někdy je ekonomicky výhodnější vyřadit starší stroj úplně z provozu. Všeobecně lze říci, že v současném období kdy firmy trpí akutním nedostatkem volných finančních zdrojů a obnova energetických zařízení je investičně náročná, je modernizace jednou z forem *technického rozvoje* při zajištění *hospodárnosti* provozu. Hospodářský efekt z použití modernizace se projevuje zejména ve zvyšování energetické efektivnosti, snižování potřeb investičních prostředků, snižování provozních nákladů a v neposlední řadě ve zvýšení spolehlivosti zařízení.

3.5.Stanovení technického života

Častá snaha dodržet u všech zařízení nasazených do provozu průměrnou optimální dobu provozu, stanovenou z hlediska společenského, by znamenalo, že se zcela přehlíží existující variabilita (proměnlivost) jakosti zařízení samých i variabilita provozních podmínek, v nichž zařízení pracují. Variabilita podmínek působí tak, že jednotlivé druhy nákladů, mající vliv na optimální dobu provozu, narůstají rozdílně, takže optimální doba provozu tj. technický život jednotlivých zařízení bude rovněž rozdílná. Nejde tedy o úkol dodržet u všech zařízení stejnou hodnotu technického života, ale dodržet ji jako průměrnou hodnotu, s možností odchylek .

Jak již bylo uvedeno, v rámci podniku může jít obecně o dvě varianty obnovy energetických zařízení:

- o obnovu určitého energetického zařízení novým téhož typu,
- o obnovu zařízení zela novým zařízením

Technický život (optimální dobu provozu) stanovíme tak, že sečteme jednotlivé nákladové položky tvořící kritérium obnovy takže např. pro měrné náklady bude platit vztah:

$$n(t) = No/t + B + at^{b-1}$$

kde

n(t) jsou průměrné jednotkové náklady na pořízení, vlastní provoz a opravy zařízení v době provozu t,

No – hodnota obnovy (redukovaná pořizovací cena) zařízení,

B – konstantní průměrné jednotkové náklady na vlastní provoz zařízení,

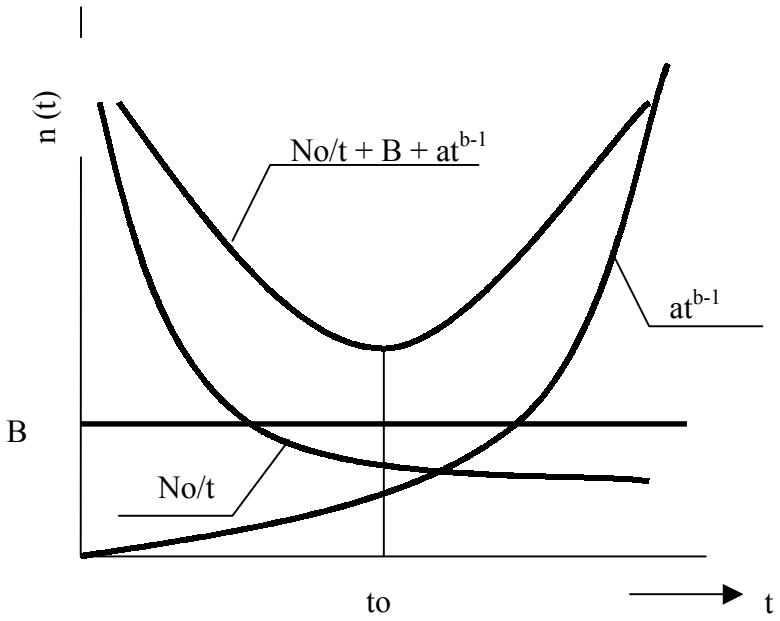
a,b, - parametry vyjadřující progresivitu nárůstu nákladů na opravy.

Jedná se o analytickou funkci nákladů spojených s obnovou zařízení, kde nezávisle proměnnou je doba provozu t. Extrém této funkce získáme položíme-li první derivaci funkce n(t) podle t nule. Optimální doba provozu sledovaného energetického zařízení se potom stanoví dle vztahu:

$$T_0 = \sqrt[b]{N_0 / a(b-1)}$$

Graficky je tento problém znázorněn na následujícím obrázku.

Princip stanovení optimální doby provozu stroje



Z uvedené aplikace obecných zásad na optimalizaci obnovy energetických zařízení vyplývá praktický závěr, že uživatel zařízení by měl mít k dispozici hodnoty normativů průměrných nebo okamžitých jednotkových nákladů a z provozních záznamů o nákladech na pořízení, vlastní provoz a opravy předmětného zařízení porovnávat dosažené hodnoty nákladů s uvedenými ukazateli a při jejich dosažení vyřadit zařízení z provozu a hledat ekonomicky efektivní náhradu.

4.ZABEZPEČENÍ PROVOZUSCHOPNOSTI ZAŘÍZENÍ

4.1. Postavení údržby ve výrobním procesu

Provozuschopnost výrobních zařízení je zabezpečována celou škálou technických, organizačních i řídících procesů, z nichž nejdůležitější svým rozsahem i významem je údržba.

Údržbu lze charakterizovat jako obnovovací proces , jehož smyslem je systematické odstraňování důsledků fyzického opotřebení jednotlivých prvků i celého systému zařízení, k němuž dochází v důsledku jeho využívání (ale i např. stárnutí) ve výrobním procesu.

Smyslem údržby je systematicky udržovat výrobní zařízení v technicky dobrém a provozuschopném stavu při vynakládání optimálních nákladů. Vnitřně se údržba člení na udržování a opravy.

Vlastní údržbářská činnost se obvykle člení na tyto prvky:

1. Instruktáž obsluhujícího personálu
2. Denní ošetřování výrobního zařízení
3. Udržování výrobního zařízení – běžná údržba
4. Inspekce a prohlídky
5. Diagnostika technického stavu
6. Opravy výrobního zařízení
7. Modernizace a rekonstrukce.

Z celého souboru uvedených prvků jsou důležité především ty, které zajišťují běžnou, každodenní údržbu a průběžnou kontrolu stavu výrobních zařízení, s možností předvídat budoucí vývoj opotřebení. Řádně prováděná údržba vede k úsporám finančních a energetických zdrojů, zároveň významně přispívá k ochraně životního prostředí a v neposlední řadě zabraňuje nepromyšlené investiční výstavbě. Na druhé straně nepravidelně a povrchně prováděná běžná údržba vede k rychlému znehodnocování výrobních zařízení, k častým poruchám a ke zvyšování nákladů na opravy a ztráty z nevýroby.

Rozvoj efektivního managementu údržbářského procesu vyžaduje potřebu neustálého upřesňování těchto okruhů problémů:

- Míra centralizace a decentralizace řídících prací, tvorba jednotlivých zásad řízení reprodukční politiky, tvorba metodiky řízení, aj. Podpora rozvoje servisně-opravářských firem a postupné zmenšování rozsahu tzv. interních (vnitropodnikových) opravářských kapacit představuje zásadní změnu strategie údržbářských činností.
- Rozvoj systému údržby je vhodné vázat na tvorbu vnitropodnikových norem spotřeby materiálu, náhradních dílů a energie, výkonů a norem obsazení, kapacitních norem aj. Zároveň je nezbytné rozvíjet nástroje hmotné stimulace a odměňování ve vazbě na vnitřní rentabilitu.
- Vazba financování údržby a reprodukce výrobních prostředků na kriteriální ukazatele – jako účinnost zařízení, podíl progresivních modernizací, vyřazování zastaralých zařízení, aj.
- Účelné formy plánování na úrovni podniku, závodu i jednotlivých útvarů, včetně útvaru hospodaření s výrobním zařízení je třeba i nadále považovat za důležitou složku řízení s významným dopadem na podnikovou ekonomiku.Je zřejmé, že její hlavní postavení je především mezi oblastí výrobního plánování a kapacitami, čili disponibilními zdroji. Údržba řeší a vyrovnává vzájemné vztahy zejména z pohledu provozuschopnosti stávajícího výrobního zařízení. V úzké vazbě je však i s investiční politiku, neboť spolurozhoduje o komplexní reprodukční politice v oblasti výrobního zařízení.

Plánovací činnost údržby se dá rozdělit do tří oblastí:
- vlastní opravárenská a výrobní činnost,
- údržbářská činnost
- rozvoje vlastního údržbářského útvaru

Z pohledu plánovacího období lze i v péči o výrobní zařízení používat:
- plány dlouhodobé
- plány střednědobé
- plány operativní.

Při zajišťování procesu opravárenských činností a vlastní údržby je nutno přihlížet, aby na jedné straně byly zajištěny v únosných nákladech potřebné kapacity pro údržbu a na druhé straně byly minimalizovány prostoje energetických zařízení a s tím spojené prostoje výrobních strojů.

Opravárenská činnost obecně klade na oblast přípravy, informací a řízení vyšší nároky, než je tomu u základní výroby a to proto, že jde převážně o činnosti časově i věcně značně proměnlivé.

Ze systémového hlediska platí obecně tento sled nezbytných činností, které vlastní výkon funkce údržby zajišťují :

a) *diagnostika* – rozpoznávání vlastní poruchy, případně jejich příčin a zajištění zdrojů na realizaci vlastního odstranění závad,
b) *technická příprava* – příprava technických podmínek pro realizaci oprav včetně přípravy příslušné informační základny,
c) *plánování údržby a oprav* – tvorba plánů činností spojených se zajišťováním potřeb a nároků na zabezpečení údržby a oprav
d) *hmotné zabezpečení* – zajištění materiálu, výrobních pomůcek,
e) *zajištění pomocných činností*,
f) *renovace náhradních dílů*,
g) *realizace oprav* – všechny činnosti, zajišťující vlastní odstranění poruch, havárií a opotřebení,
h) *kontrola* – vstupní a výstupní kontrola .

Úspěšné zvládnutí plánování procesu údržby a navíc ve vazbě na vznikající poruchy a operativní potřeby výroby je možné jen při fungujícím operativním řízení provozní údržby.

Z hlediska operativního řízení údržby je zajišťování opravárenských výkonů ovlivňováno těmito faktory:

- maximální využití výrobní kapacity zařízení
- kvalifikace pracovníků
- využití pracovního času údržbářů
- plnění plánovaných výkonů údržby
- využití opravárenského zařízení
- zkrácení průběžných dob oprav.

Pro řadu dílčích rozborů pracnosti, sledování nejvhodnějších pracovních postupů v údržbě či sledování nákladovosti údržbářských prací atd. je účelné vedle pravidelných plánů provádět jednorázová šetření, při nichž se klade důraz na údaje, které se v běžném šetření neevidují. Kvalita

opravářského postupu je vždy závislá na mnoha faktorech, na které by měl každý zpracovatel postupu znát odpověď.

Vhodné je využívat soubor otázek, uváděných v rámci tzv. *orientační analýzy* / 1 / jako např.:

CO	má být opravováno, jakého charakteru je opravované zařízení, zda jde o ucelený soubor zařízení, nebo dílčí stroje, jaké jsou rozměry zařízení, hmotnost atd., jaká existuje technická, výkresová dokumentace,
KDY	bude oprava prováděna, v jakém ročním období, rozložení opravy do pracovních směn aj.
KDE	bude oprava prováděna, bude zařízení opravováno na místě či převezeno na opravářské pracoviště, půjde o rekonstrukci nebo o opravu za provozu, jde o opravu ve vnitrozemí, či v zahraničí, jaké ztěžující podmínky lze očekávat,
KOLIK	kusů zařízení bude opravováno, bude se oprava opakovat ano či ne,
KDO	bude opravu provádět, tj. pod vedením kterého pracovníka, která opravářská četa, která jsou kooperující pracoviště aj.
JAK	bude oprava zajištěna, jaké jsou vytvořeny či jaké se předpokládají technicko organizační podmínky, jaké bude odborné složení opravářské čety,
ZAČ	má být oprava provedena, jaký je mzdový limit na provedení opravy, kolik činí cena opravy, hrubé rozložení nákladových položek, vazba na ekonomické ukazatele,
Z ČEHO	se skládá opravované zařízení, jaké je technologické členění etap, co bude provedeno vlastními silami, co vyžaduje externí pomoc, které náhradní součásti je nutno zajistit, vyrobit,
ČÍM	bude oprava prováděna, jaké bude vybavení malou či větší mechanizací, jaké budou k dispozici manipulační a dopravní prostředky aj.
S KÝM	bude zapotřebí spolupracovat, kteří subdodavatelé a organizace se zúčastní na opravě zařízení, apod.

Na základě orientačního dotazníku by měl odpovědný pracovník (technolog) zpracovat operativní plán podle základních pravidel, tedy:

- určí všechny potřebné kontrolní stupně před započetím opravy, v průběhu opravy a na konci opravy,
- určí od kdy a jakým způsobem se zařízení dopraví na pracoviště opravy,
- provede specifikaci všech prací, které je nutno provést před započetím vlastní opravy,
- stanoví předem počet a pořadí operací v opravářském postupu,
- určí všechny potřebné kooperace prací,
- stanoví co, jak a jakým způsobem bude zajišťováno, aby nebyly porušeny předpisy o bezpečnosti práce,
- určí dostupné pokrokové technologické metody, které bude možno při opravě zařízení použít,
- určí potřebné opravářské komunální a speciální nářadí pro kvalitní provedení opravy i kontrolu provedení opravy,
- určí odborné složení opravářské čety včetně kvalifikace jednotlivých pracovníků v četě,
- určí ostatní potřebné prvky – normy spotřeby práce, materiálu aj. podle opravovaného zařízení,
- určí, které moderní prvky řízení lze využít – řízení pomocí počítače, které matematicko statistické modely, např. metody síťové analýzy, teorie front, teorie obnovy apod., budou využity.

4.2. Organizace řízení údržby

Organizační uspořádání současné opravárenské základny je velmi dynamickou záležitostí. Politika privatizace a vznik nových podnikatelských firem – často menšího rozsahu, determinuje změny vlastní organizace údržbářských činností. Při tom plně platí, že na promyšlené a účelné organizační struktuře závisí v nemalé míře i efektivnost zabezpečování současné opravárenské činnosti.

Na organizační formy opravárenství mají vliv především tyto podmínky:

- počet samostatných výrobních podniků a jejich velikost
- území rozložených jednotek

- počet instalovaných zařízení a jejich struktura
- technická složitost zařízení a z toho vyplývající náročnost na technickou, technologickou a ekonomickou přípravu opravárenských výkonů
- složitost a náročnost operativního řízení oprav

Přestože praxe velmi často volá po uplatňování jakéhosi typového organizačního řešení, bylo by neúčelné takové schéma prosazovat. Neexistuje obecný systém, který by měl použití v malých, středních či velkých podnicích, u podniků s vyspělým managerským vedením či s vedením naprosto nerozvinutým, podniků s již vybudovanou technickou opravárenskou základnou, či podniků s nesrovnatelně nižším vybavením.

Z tohoto pohledu lze hovořit o dvou základních organizačních formách zabezpečení údržbářských a servisních služeb (s možností jejich optimální kombinace):

- *ve vlastní režii* – výrobní podnik si vytváří odpovídající opravárenskou základnu a u rozhodujících zařízení sám zabezpečuje provozuschopnost tohoto zařízení
- *dodavatelský způsob* – typické pro menší podniky nebo pro speciální zařízení mezi něž energetická zařízení často patří, kdy výrobní podnik zadává externě své požadavky dodavatelským organizacím.

Současná obecná tendence vede k přesouvání jisté části zabezpečování provozuschopnosti výrobního zařízení přímo na výrobce tohoto zařízení. Komplex tzv. servisních služeb, které výrobci zajišťují, tvoří významný prvek zvýšení spolehlivosti výroby (např. kotelní jednotky, kogenerační zařízení apod.)

Struktura servisních služeb se v současné době rozpadá do tří vzájemně se doplňujících okruhů / 1 /:

a) Služby metodicko-informačního charakteru
   jsou zaměřeny na spoluvytváření vhodných podmínek pro provoz i údržbu dodávaných zařízení. Lze je vnitřně členit na
   - technicko poradenské činnosti
   - technicko-dodavatelské činnosti
   - instruktáže a zácviky pracovníků odběratelských podniků v oblasti obsluhy zařízení a údržby zařízení.

b) Technická pomoc

jde o samostatnou zvláštní pomoc, která je charakteristická zvláště pro moderní prostředky výrobního i obslužného charakteru (např. prostředky výpočetní techniky, měření a regulace aj.). Podle charakteru zařízení se jedná například o:

- seřizování zařízení za účelem zabezpečení garantované účinnosti, dodržování emisních limitů apod. ,
- dodávání typových pracovních postupů, dodávky příslušných programů, apod.

c) Inspekční opravářské a diagnostické služby

- tvoří nejsilnější složku servisních služeb. Lze je členit na složky:
- inspekční a dozorovací výkony ,
- dodavatelské opravy na běžné provozní opravy (na místě instalovaných zařízení) a na velké opravy (ve speciálních dílnách)
- dodávky náhradních dílů, zaměřené na:
    - náhradní díly nové
    - náhradní díly renovované
- služby technické a tribotechnické diagnostiky.

Zabezpečovací provozuschopnost a spolehlivost výrobních zařízení je činnost značně rozsáhlá a nemůže pouze spočívat na útvaru „péče o výrobní zařízení“.

Z hlediska ***odpovědnosti*** v rámci výrobního podniku lze rozlišit tři hlavní nositele odpovědnosti:

a) *uživatele*

Zodpovědnost uživatele se týká následujících oblastí:

- zodpovědnost za inventární stav výrobních zařízení, za jejich úplnost co do množství i druhů
- správné používání v souladu s provozními a bezpečnostními předpisy
- předepsaný způsob každodenního ošetřování a udržování, dohled
- ekonomické využívání a vytížení zařízení
- technický stav v těch případech, kdy pracovníci údržby jsou organizačně začleněni do útvaru uživatele

b) *útvar péče o výrobní zařízení* (úsek technického servisu, služeb apod.)

Mezi hlavní oblasti odpovědnosti patří:

- převzetí výrobních zařízení, jejich uskladnění a včasné uvedení do provozu
- zajištění evidence a řádné archivace příslušné dokumentace
- soustavný dozor nad technickým stavem
- preventivní a hospodárný výkon údržby a oprav
- včasná obnova a likvidace starých, nevyužitých a opotřebených strojů a zařízení
- vedení podkladů pro financování oprav.

c) technický úsek

Má zodpovědnost za:

- stav výrobních zařízení z hlediska jejich technologické úrovně, za jejich produkční úroveň a za progresivní zavádění nových údržbářských a servisních metod
- technickou úroveň nakupovaných strojů a zařízení.

Vlastní organizace péče o výrobní zařízení může mít v rámci výrobní organizace různou podobu. Nejčastěji se vyskytují tyto tři organizační formy řízení:

- ***Centralizovaná***

  útvar péče o výrobní zařízení - jako jediné místo v celém podniku přejímá plnou odpovědnost za činnost a využití všech opravárenských a servisních kapacit podniku. Jednotné metodické i prováděcí řízení určuje dlouhodobější rozvoj výrobní základny, rozděluje zdroje pro obnovu strojního parku, účelně organizuje a řídí opravárenskou činnost a vytváří podmínky pro centralizaci a specializaci opravárenských provozů a závodů.

- ***Decentralizovaná***

  řízení je charakteristické především bezprostředním, efektivním řízením opravárenské činnosti v jednotlivých výrobních útvarech. To se týká zejména operativního řízení oprav. Rozpočtování nákladů opravárenské činnosti a všech činností, které musí vycházet ze znalostí konkrétních podmínek a průběžně se měnícím podmínkám.

- ***Kombinovaná***

  odpovědnost za péči o výrobní zařízení je rozdělena mezi centralizovaný opravárenský útvar a výrobní složky.

Stejně důležitým problémem, jakým je míra centralizace řízení, je i způsob začlenění této činnosti v rámci podnikového managemetu. Nejčastěji se vyskytují tyto alternativy zařazení:

- ve výrobní útvaru
- v technickém útvaru
- přímé řízení podnikovým managementem.

V současné hospodářské praxi se začíná uplatňovat modifikovaná organizačně ekonomická forma péče o výrobní zařízení tzv. ***leasing*.**

Leasing je progresivní forma pro začátek podnikání při nedostatku investičního kapitálu. Nájemce se vyhne sjednávání bankovního úvěru, protože nájemné se platí postupně jako součást provozních nákladů. Nájemné, které je celkově vyšší než cena při jednorázovém nákupu, je předmětem dohody smluvních stran a zpravidla zahrnuje:

- ❖ hodnotu odpisů z pronajatého předmětu
- ❖ úrokové náklady pronajímatele z vlastního kapitálu
- ❖ režijní náklady pronajímatele
- ❖ ziskovou marži pronajímatele.

Z hlediska provozuschopnosti zařízení je důležitá skutečnost, že pronajímatel zpravidla zabezpečuje bezplatný servis, opravy nebo i výměnu porouchaného zařízení.

4.3 Systémy udržovacích procesů v praxi

V této části zaměříme pozornost především na existující systémy, které se nejčastěji využívají, respektive patří k nejmodernějším řídícím systémům údržby.

V průmyslové praxi se lze poměrně často setkat se systémem DIPP tj. systémem diferencované, interaktivní, proporcionální péče, který spolu se systémem oprav a systémem preventivních údržbových činností se zahrnuje do kategorie údržby podle časového plánu, v němž silně převažuje hledisko preventivnosti a diferencovaného přístupu k opravám.

Protože jde o jakýsi vzorový a nejrozšířenější systém,který je vhodný i pro energetické systémy a energetická zařízení uvedeme jeho podrobnější charakteristiku převzatou z / 1 /.

Systém má podrobně zpracovanou normativní základnu a dovoluje využití počítačové techniky v evidenci i řízení údržby. Podstatu a postup prací v systému DIPP lze znázornit algoritmem, uvedeným na obrázku.

Určování údržbových procesů probíhá na základě uplatňování známých intenzifikačních faktorů:

- Diferenciace
- Interaktivnost
- Proporcionalita
- Komplexnost
- Preventivnost
- Plánovitost.

Propočet časové náročnosti údržby vychází především z účelného zařazení strojů a zařízení do jedné ze skupin důležitosti:

I. skupina – úzkoprofilové stroje a zařízení

II. skupina – běžné stroje a zařízení

III. skupina – pomocné stroje a zařízení.

Další důležité kroky představují určení konstrukční charakteristiky a provozní charakteristiky jednotlivých zařízení. U těchto dvou charakteristik uvedeme některé podrobnosti.

Konstrukční charakteristika

Postup zpracování konstrukční charakteristiky vychází především z popisů a údajů uvedených v technických podmínkách zařízení a pasportech. Určují se dvě kritéria:

A. Stupeň složitosti strojů

Stanovení prvého kritéria údržbářské pracnosti – stupně složitosti výrobního zařízení lze nejvýstižněji charakterizovat počtem hlavních funkčních celků, tj. montážních skupin (systémů či ústrojí), ze kterých se hodnocený stroj skládá a které se v praxi nazývají uzly.

Kritérium vyjadřující stupeň složitosti jednotlivých strojů je tedy počet funkčních montážních skupin či uzlů. Jsou to takové části výrobních zařízení, které tvoří funkčně samostatnou, demontovatelnou a opravitelnou, resp. Zaměnitelnou montážní skupinu, zajišťující určitou základní funkci stroje (např. nosná ústrojí, hnací, převodová, rozváděcí, pracovní, manipulační, ovládací, kontrolní, řídící atd.).

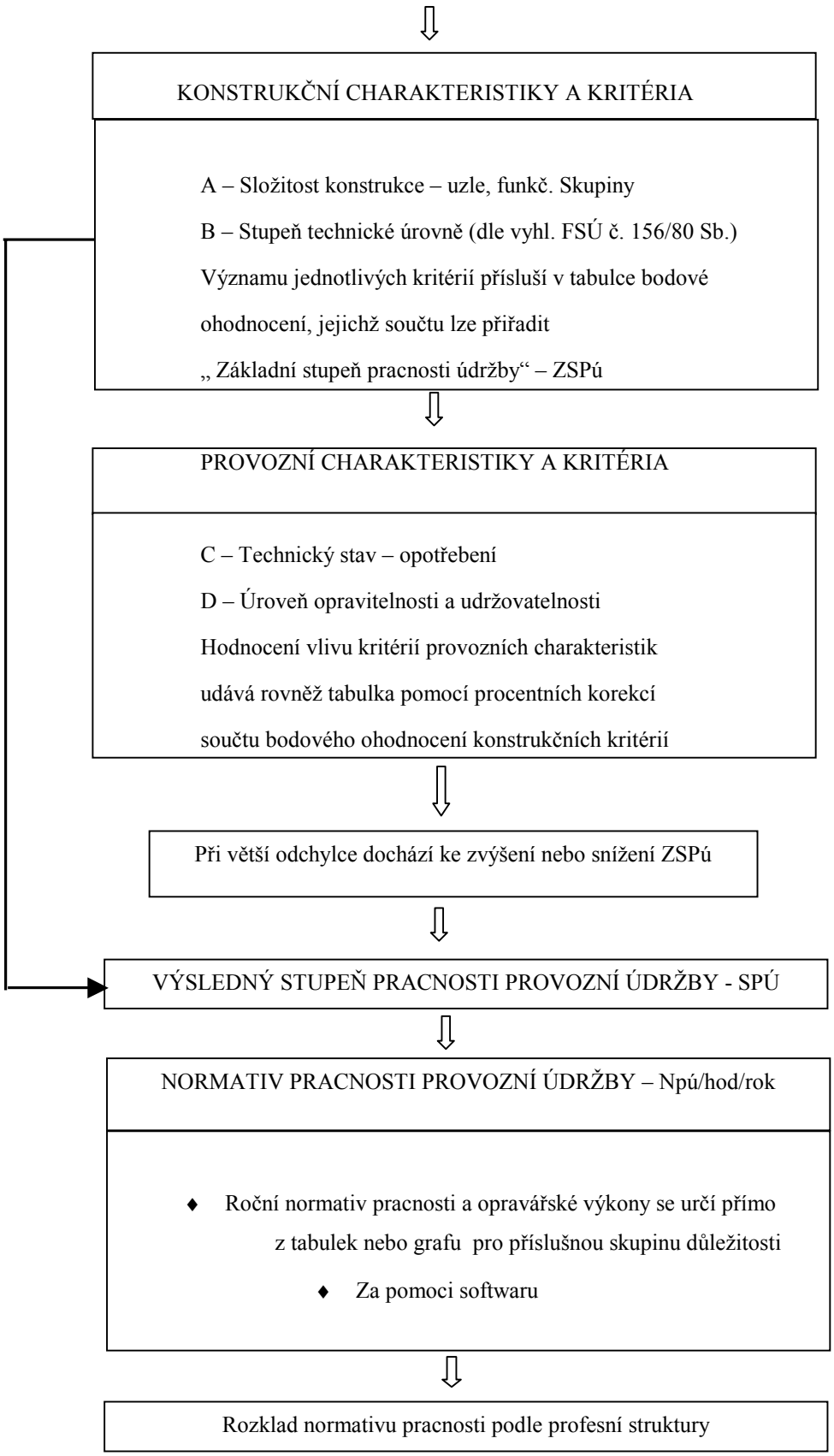
B. Stupeň technické úrovně

Druhé kritérium- stupeň technické úrovně, charakterizující stupeň mechanizace a automatizace člení stroje a zařízení do 7 skupin :

1. Stroje a zařízení s výlučně ruční obsluhou
2. Stroje a zařízení mechanizované
3. Stroje a zařízení částečně automatizované s řízením pracovního cyklu pomocí mechanismů
4. Stroje a zařízení částečně automatizované s řízením pracovních cyklů pomocí řídících mechanizmů programově
5. Stroje a zařízení plně automatizované s řízením pracovního cyklu pomocí řídících mechanismů
6. Stroje a zařízení plně automatizované s řízením pracovního cyklu pomocí řídících programů
7. Stroje a zařízení plně automatizované s řízením pracovního cyklu pomocí řízení programového cyklu se samočinnou optimalizací řídících procesů – programů.

Schematické znázornění algoritmu tvorby normativů péče o provozuschopnost zařízení

DIFERENCE STROJŮ A ZAŘÍZENÍ
Zařazení jednotlivých zařízení do skupin důležitosti: I. – úzkoprofilová II. – technologicky a údržbářsky běžné III. – pomocné a obslužné (IV.) - speciální


KONSTRUKČNÍ CHARAKTERISTIKY A KRITÉRIA
A – Složitost konstrukce – uzle, funkč. Skupiny
B – Stupeň technické úrovně (dle vyhl. FSÚ č. 156/80 Sb.)
Významu jednotlivých kritérií přísluší v tabulce bodové
ohodnocení, jejichž součtu lze přiřadit
„ Základní stupeň pracnosti údržby“ – ZSPú
PROVOZNÍ CHARAKTERISTIKY A KRITÉRIA
C – Technický stav – opotřebení
D – Úroveň opravitelnosti a udržovatelnosti
Hodnocení vlivu kritérií provozních charakteristik
udává rovněž tabulka pomocí procentních korekcí
součtu bodového ohodnocení konstrukčních kritérií
Při větší odchylce dochází ke zvýšení nebo snížení ZSPú
VÝSLEDNÝ STUPEŇ PRACNOSTI PROVOZNÍ ÚDRŽBY - SPÚ
NORMATIV PRACNOSTI PROVOZNÍ ÚDRŽBY – Npú/hod/rok
♦ Roční normativ pracnosti a opravářské výkony se určí přímo z tabulek nebo grafu pro příslušnou skupinu důležitosti
♦ Za pomoci softwaru
Rozklad normativu pracnosti podle profesní struktury

Provozní charakteristika

Tato charakteristika se stanovuje opět pomocí dvou kritérií:

A)Technický stav

Posuzuje se podle zjevných znaků opotřebení jednotlivých částí zařízení a jeho intenzity. Podle těchto hledisek byla sestavena a doporučena k použití následující stupnice:

Číselný znak	Technický stav zařízení	Charakteristika jednotlivých stupňů opotřebení
10	Nové	Zcela zachovalé, zpravidla do 1 roku po uvedení do provozu
09	Velmi dobře zachovalé	Jako nové – nad 1 rok po uvedení do provozu nebo do 1 roku po generální opravě
08	Dobře zachovalé	Pracuje bez závad, nedostatky odstraní drobná oprava (preventivní)
07	Zachovalé	Pracuje s výkonem a účinností v dovolených mezích. Nedostatky odstraní běžná oprava.
06	Částečně opotřebované	Snížený výkon i účinnost, vyskytují se poruchy. Nedostatky odstraní GO zpravidla do 2 let
05	Opotřebované	Značně snížený výkon, účinnost, spolehlivost, poruchy přesahují GO zpravidla do 1 roku
04	Značně opotřebované	Velmi značně snížený výkon nepřesná práce s velkou poruchovostí. Pro další uplatnění zařízení v základní výrobě je třeba provést neodkladně GO
03	Silně opotřebované	Pracuje s mimořádně velkou poruchovostí a nehospodárností. GO není hospodárná. Po opatření náhrady nutno vyřadit .
02	Velmi silně opotřebené	Je téměř neschopené provozu. Vhodné do šrotu
01	Zcela opotřebované	Je zcela neschopno provozu, vhodné vyřadit do šrotu

B. Úroveň opravitlnosti

Mezi provozní kritéria, která mohou dále zpřesňovat rozsah údržbářských činností a jejich náročnost patří:

- Srovnatelná pracnost s minulým obdobím
- Údržbářské kapacity a profesní složení údržbářů
- Vybavenost jednotlivých činností údržbářů technickou diagnostikou, manipulační, mechanizační, renovační technikou až po automatizaci veškerých technických agend
- Dostupnost náhradních dílů, konsignační sklady, možnosti vlastní výroby či renovace součástí, atp.
- Servisní služby – možnosti kooperace
- Dislokace a organizace údržby
- Konstrukce zařízení z hlediska opravitelnosti, vhodnosti pro renovaci, demontáže, vyměnitelnosti skupin atd.
- Komplexnost technické dokumentace konstrukčně – montážní, údržbářské, diagnostické atd.

Úrovní opravitelnosti se rozumí kvalifikované posouzení profesními pracovníky podle uvedených kritérií a procenta zvýšení nebo snížení základního bodového hodnocení tak, aby výsledný stupeň pracnosti a tím i roční plánovaná potřeba hodin údržbářských prací odpovídala možnostem údržbářského zajištění v konkrétních podmínkách.

Příklad souhrnného užití všech 4 kritérií, jejich bodové ohodnocení a určení stupně pracnosti provozní údržby je obsaženo v následující tabulce . U každého zařízení se vyjádří jednotlivé technické parametry – kritéria, jim se přiřadí odpovídající počet bodů. Součet bodů ze všechna kritéria zařadí stroj v příslušném řádku do určitého základního stupně pracnosti údržby .

Stanovení pracnosti nám dovoluje vypočítat orientační hodnoty ročních ***normativů pracnosti*** preventivní péče. Průběh narůstání závislosti mezi stupněm pracnosti provozní údržby a ročními normativy pracnosti lze pomocí regresní analýzy vyjádřit jednotlivými funkčními závislostmi a využít modelování pomocí počítače.

Kvalifikovaným posouzením lze rozčlenit normohodiny na zúčastněné profese pro každé zařízení i v jiném členění podle potřebných charakteristik.

Příklad hodnocení konstrukčně provozních charakteristik

Konstrukční kritéria				Provozní kritéria			
Složitost zařízení		Technická úroveň		Tech. stav opotřebení		Opravitelnost	
Počet. mont. skupin	Body	Stupeň mech. autom.	Body	Stupeň	Bodů %	Úroveň	Bodů %
1	1	1	1	10	- 20	Výtečná	
2	2						
3	6	2	10	09	- 10	1	- 20
4	10						
5	15	3	50	08	0	Velmi	
6	20					dobrá	
7	30	4	120	07	+ 10	2	- 10
8	40						
9	50	5	280	06	+ 15	Dobrá	
10	65					3	0
11	75	6	400	05	+ 20		
12	90						
13	100	7	600	04	GO+M	Nedosta-	
14	110					čující	
15	120			03	vyřadit	4	+ 10
16	130						
17	140			02			
18	150				likvidovat	Nevyhovu-	
19	160			01		jící	
20	170						
21	180					5	+ 20
22	190						
23	200						

Body		Celkem	Stupeň pracnosti ZSPÚ (SPÚ)
2	-	6	1
6	-	10	2
10	-	20	3
20	-	35	4
35	-	55	5
55	-	80	6
80	-	115	7
115	-	155	8
155	-	205	9
205	-	265	10
265	-	330	11
330	-	400	12
400	-	480	13
480	-	575	14
575	-	680	15

Cílem údržby, jak již bylo charakterizováno, je zajistit péči o výrobní zařízení na takové úrovni, která by dovolovala bezporuchový chod hlavní výroby a byla přitom co nejefektivnější. Složitost stávajících energetických systémů již dostoupila takového stupně, že manuální sledování opotřebení a zabezpečení potřebné provozuschopnosti nelze zabezpečit v ekonomicky přijatelném čase. Činnost vyžaduje efektivní využití času plánovaných prostojů zařízení, urychlení přípravného procesu a v maximální míře odstraňovat subjektivní přístup. Tyto požadavky lze zajistit m.j. zaváděním automatizovaného systému tvorby podkladů a řízení údržby pomocí počítačů.

Pokud se podnik rozhodne pro moderní výpočetní techniku, má několik možností:

- vytvořit si systém řízení s pomocí výpočetní techniky vlastními silami
- koupit typové aplikační programové vybavení od specializované firmy a dotvořit podle vlastních podmínek
- nechat si zavést systém řízení „ na klíč“.

Samozřejmě, že podnikový management by měl energetický systém bezprostředně zahrnout do podnikového systému údržby. Není však vzhledem k zvláštnostem těchto systémů chybou ,pokud je pro tyto systémy vytvořen samostatný řídící systém. Ten by však měl být subsystémem podnikového řídícího systému údržby.

Cílem zavedení systému údržby s pomocí výpočetní techniky by mělo být zvýšení efektivnosti všech činností údržby. Obecně platí, že by měl mít systém tyto vlastnosti:

- umožňovat kontrolu všech řídících funkcí údržby
- mít schopnost zjistit příčiny poruch a optimalizovat náklady na údržbu zařízení
- schopnost včasné indikace stavu a změn zařízení
- snižovat dobu odstávek zařízení
- optimalizovat využití zařízení
- zlepšit plánovaní a rozpis údržby využíváním aktuálních informací
- zlepšit kontrolu stavu zařízení díky možnosti okamžitého přístupu k přesným a aktuálním informacím
- snížit administrativu, což umožní vedoucím a mistrům věnovat více času na produktivní činnost
- evidovat údaje o činnosti strojů a zařízení a umožnit tím identifikovat a analyzovat opakované poruchy
- snížit množství neplánovaných oprav a tím zlepšit spolehlivost zařízení.

V našich podnicích jsou využívány některé specializované softwarové systémy řízení údržby. Ve strojírenských podnicích zasluhuje pozornost především systém:

SOPROZA – tj. automatizovaný systém optimálního zajištění provozuschpnosti výrobní základny.

Je složen ze šesti základních oblastí:

1. Evidence ZP a návazné zpracování
2. Technické plánování provozní údržby SaZ
3. Sledování a vyhodnocování průběhu údržbářských činností
4. Hospodaření s náhradními díly
5. Diagnostický expertní systém PROVEX
6. Predikční model poruchových stavů výrobních systémů.

Jedná se o interaktivní systém, který zajišťuje dynamickou návaznost mezi evidenčními, plánovacími, řídícími, korekčními, vyhodnocovacími, statistickými a prediktivními informacemi o optimálním průběhu údržbářských činností.

Evidence základních prostředků a návazná zpracování zajišťuje sledování dat o pořízení, průběhu životnosti až po likvidaci základních prostředků, vedení účetních pohybů, odpisů apod.

Technické plánování údržbářských činností vychází z evidence údajů a skládá se z následujících částí:

- Bilance ročního technického kapacitního plánu údržbářských činností
- Sestavení termínovaného plánu údržbářských činností
- Technické příprava údržby
- Operativní plánování.

Oblast sledování a vyhodnocení průběhu údržbářských činností podniku vytváří zpětnovazebný tok informací pro plánovací agendy údržby. Znamená to, že pořizuje podklady průběhu údržbářských činností, vyhodnocuje průběh údržbářské péče, konfrontuje jej s plánem a podává návrhy na přizpůsobení plánovacích postupů optimálním potřebám výrobního procesu. Skládá se z částí:

- Evidence náhradních dílů
- Plánování potřeby náhradních dílů
- Řízení spotřeby náhradních dílů
- Sledování a vyhodnocování spotřeby náhradních dílů
- Optimalizace stavu skladování zásob náhradních dílů.

Diagnostický expertní systém (PROVEX) byl vyvinut pro relativně rychlé vyhodnocování variací lingvistických výroků o sledovaném ději. Řeší např. oblast prognózování životnosti strojních zařízení, tabulky závislých veličin, tabulky nezávislých veličin aj.

Predikční model poruchových stavů výrobních systémů (PREDIK) je schopen odstranit množství neplánovaných prostojů strojních zařízení z důvodů poruch a havarijních stavů. Má modulární charakter a jeho činnost je řízena volbou v několika úrovních MENU.

Svým celkovým pojetím je systém SOPROZA určen pro uživatele neprogramátory, od kterých se vyžaduje pouze minimální znalost operačního systému MS DOS.

Jsou známy i zahraniční systémy, o nichž se dá souhrnně říci, že ne vždy řeší komplexní problematiku údržby zařízení a navíc jsou cenově značně nepřístupné.

Využívání počítačových systémů v řízení údržby má svou perspektivu, neboť vedou ke:

- Zrychlení a zkvalitnění plánovacích a řídících činností
- Odstranění nebo redukce manuální administrativní práce
- Odstranění nebo redukce neplánovaných prostojů až o 30 %
- Odstranění nadbytečných skladových zásob náhradních dílů a naopak doplnění nedostatkových dílů
- Zkvalitnění výrobního procesu maximální provozuschopností strojních základních prostředků.

4.5. Moderní přístupy k zdokonalení údržby

S postupem automatizace výrobních procesů a nasazování moderní techniky se objevují i v zabezpečovací spolehlivosti výrobních zařízení modernější údržbářské systémy, které vychází ze základních poznatků o preventivní údržbě a snaží se odstranit výpadky zařízení v co nejkratším čase.

Jsou rozpracovány již známé a používané metody technické diagnostiky, způsoby monitorování zařízení, metody predikace výpadků, aplikace umělé inteligence a expertní systémy.

Monitorovací systém

Velkoplošný monitoring je podmíněn rozvojem bezdemontážní diagnostiky, rozvojem snímačů mechanických veličin a aplikací poznatků výpočetní techniky. Pomocí diagnostické centrály

a skupiny přenosných sběračů dat je prováděno sledování stavu zařízení. Výsledky jsou zpracovány v diagnostické laboratoři, předány zákazníkům a archivovány na disketách. Celá tato činnost je zajišťována speciálním programovým vybavením.

Predikace výpadku

Údaje zjišťované sledování strojů jsou ukládány do banky dat. Pomocí těchto dat a matematických metod se provádí předpověď průběhu opotřebení zařízení. Cílem je určit okamžik, kdy zařízení musí být dáno do opravy. Průběh sledování parametrů je inrerpolován soustavou exponenciálních křivek. Při praktickém provozu však většinou nemáme k dispozici úplné statistické údaje. Výchozím bodem jsou alespoň čtyři po sobě jdoucí nealternující měření. S dalším měřením se pak výsledky zpřesňují.

Systém umožňuje předpověď o stavu zařízení několik měsíců dopředu. Ve zjednodušené formě je metoda použitelná i pro ruční výpočet.

Jako příklad možnosti ručního výpočtu uvedeme model provozní spolehlivosti soustavy kotelních jednotek zapojených do teplovodní soustav centralizovaného zásobování teplem. Tento model patří mezi jednodušší, neboť pracuje pouze s ukazateli pohotovosti a poruchovosti. Vychází z těchto předpokladů:

- Výskyt stavů pohotovosti a poruchovosti dvou a více výrobních jednotek je vzájemně nezávislý
- výrobní jednotka se nachází buď ve stavu pohotovosti nebo ve stavu poruchy to znamená, že se uvažují pouze dvoustavové jednotky
- vzniklé poruchy zařízení je možné vždy odstranit opravou

Princip tohoto výpočetního modelu ukážeme na příkladu jednoduché výtopenské soustavy ve které budou pracovat pouze dvě kotelní jednotky charakterizované ukazateli pohotovosti *p1,p2* a poruchy *q1 a q2*.Vzhledem k tomu, že jsou tyto jednotky uvažovány jako dvoustavové, výtopenská soustava bude mít tedy celkem 4 provozní stavy. Každý z těchto stavů je charakterizován určitou hodnotou součtu pohotového tepelného výkonu obou spolupracujících jednotek **Px**. Pravděpodobnost výskytu pohotového tepelného výkonu pak bude **p(Px)**.

Výpočet hodnot **Px** a **p(Px)** lze obecně provádět pomocí těchto vztahů

$$\mathbf{Ppx} = \sum_{r=1}^{m} \sum_{j=1}^{k} \mathbf{Pj}$$

kde

Pj je pohotový tepelný výkon j-té výrobní jednotky

r pořadové číslo kombinace kotelních jednotek s nenulovým výkonem, jejichž součtový výkon je roven hodnotě pohotového výkonu výtopenské soustavy Px

j pořadové číslo výrobních jednotek, které nejsou v poruše

Pro pravděpodobnost výskytu pohotového výkonu výtopenské soustavy Px platí vztah

$$P(Px) = \sum_{r=1}^{m} \left(\prod_{j=1}^{k} pj \prod_{t=1}^{s} qj \right)$$

kde

t je pořadové číslo výrobních jednotek, které jsou v poruše

Uvedené vztahy však pro větší soustavy vedou k obtížnému výpočtu, proto se využívají *rekuretní* vztahy, které umožňují provádět postupný výpočet hodnot Px a p(Px) zařazováním resp. vyřazováním vždy jedné výrobní jednotky k dosavadní soustavě jednotek resp. z dosavadní soustavy jednotek . Tento výpočetní postup se nazývá *konvoluce* (jedná se o postup založený na součtu vzájemně nezávislých náhodných veličin) resp. *dekonvoluce* (ze součtu náhodných veličin se odečítá jedna nebo více náhodných veličin).

Postup je velmi jednoduchý, neboť se vychází z nulového stavu, který je charakterizován tím, že ve výtopenské soustavě nepracuje žádná výrobní jednotka. Pro tento výchozí stav platí Px=0 a p(Px) = 1. V dalším kroku se zařadí první jednotka a stanoví se stavy pohotového výkonu a jejich pravděpodobnosti výskytu. V dalším kroku se zařadí druhá jednotka a znovu se provedou předchozí výpočty. Tak se pokračuje, dokud se nezařadí poslední výrobní jednotka.

Na základě výše popsaného výpočetního postupu je možné provést nejen výpočet pravděpodobnosti výskytu pohotových výkonů výtopenské soustavy Px, které mohou nastat , ale i kumulativní pravděpodobnosti výskytu pohotového výkonu Px a výkonů nižších resp. vyšších než Px.

Samozřejmě existují dokonalejší modely např. modely založené na aplikaci Markovových procesů, které umožňují stanovit další důležité ukazatele, kterými jsou *střední doba trvání cyklu* a *frekvenci výskytu individuálních a kumulativních stavů* příslušné energetické soustavy. Tato problematika však přesahuje rámec této publikace.

Expertní systémy

Pro potřebu hodnocení okamžitého stavu byl vyvinut systém, kdy expert hodnotí stav zařízení pomocí lingvistických funkcí vícehodnotovým výrokem. Expertní systém pracuje soustředěně a detekuje situaci na základě komplexního souboru dat. Znamená to, že jsou včas detekovány a vyhlašovány kritické situace, doporučovány zásahy údržby.

Expertní systémy mohou sloužit i k predikaci poruch.

Management může uvažovat o velmi široké škále aplikací expertních systémů na různých úrovních.

V režimu on-line lze expertní systém použít např. ve funkci:

- Inteligentního alarm systému – vyhlašování havarijních stavů na základě sledování souboru faktorů
- Počítačové podpory rozhodování při zásahu operátora
- Diagnostiky na základě provozních dat

V režimu off-line je možno expertní systém použít jako:

- Troubleshooting stavu zařízení – expertní systém
- Diagnóza či diagnostika založená na monitorování a konzultacích s údržbou
- Analýzy vývojového trendu stavu zařízení
- Nejasné diagnostické případy.

V současnosti lze hovořit o desítkách aplikací expertních systémů pro podporu činnosti údržby a diagnostiku poruchových stavů. Jako příklad uvedeme stručný popis troubleshooting expertního systému publikovaný např. v / 1 /:

Pro popis stavu vybraného procesního zařízení byl provozními odborníky vypracován seznam závažných veličin, které je potřeba sledovat a v závislosti na nich hodnotit stav zařízení. V případě sledovaného zařízení jde např. o veličiny – otáčky, příkon, teplota ložiska, tlak, hluk a vibrace. Závady se pak vyhodnocují v závislosti na hodnotách sledovaných proměnných veličin.

Příčinou poruchového stavu zařízení bývá závada na ložisku, řemenu, brzdě, čerpadle, ventilátoru nebo jde o nevyváženost.

Pro popis uvedených veličin byly použity v praxi užívané pojmy (tzv. lingvistické hodnoty):

Otáčky: velmi nízké – snížené - normální

Příkon: snížený – zvýšený - normální

Teplota: normální – zvýšená – vysoká

Tlak: velmi nízký – snížený – normální

Hluk: normální – zvýšený – vysoký

Vibrace: normální – zvýšené – vysoké

Závada: ložisko, řemen, čerpadlo, brzda, nevyváženost.

Pro popis konkrétního stavu zařízení je použito výrokové formule typu *jestliže* - *potom*. V následující tabulce je v symbolické formě uložen fragment tzv. báze znalostí:

otáčky	příkon	teplota	tlak	hluk	vibrace	Závada
v-nízké	snížený	normál	normál	vysoký	normál	řemen
v-nízké	vysoký	normál	normál	vysoký	normál	brzda
v-nízké	zvýšený	normál	normál	vysoký	normál	brzda
snížené	vysoký	vysoký	normál	zvýšený	normál	ložisko
snížené	snížený	normál	normál	vysoký	normál	řemen
snížené	zvýšený	zvýšená	-	vysoký	vysoké	nevyvážení
v-nízké	zvýšený	zvýšená	normál	zvýšený	zvýšená	brzda

První prohlášení báze znalostí lze interpretovat takto:

Jestliže jsou otáčky v-nízké a při tom příkon je snížený, teplota je normální, tlak je normální, hluk je vysoký a vibrace jsou normální, potom je vadný řemen.

Sestavené znalostní bázi je možno pokládat konkrétní dotazy. Např. na dotaz „ .. jestliže jsou otáčky velmi nízké a při tom příkon zvýšený a teplota zvýšená a tlak normální a hluk a vibrace normální, potom závada je ..?“ dá expertní systém odpověď:

je vadné ložisko – váha je 0,90 nebo

je vadná brzda – s váhou 0,50

Je zřejmé, že expertní systém nemusí odpovídat jednoznačně. Odpověď je závislá především na kvalitě báze znalostí. Praxe ukazuje, že i u tohoto systému vyžaduje naplnění báze spolupráci zkušeného znalostního inženýra.

Samoopravitelnost

Rozvoj implementace bezobslužných strojů a výrobních systémů přináší problémy se zajištěním jejich provozuschopnosti. Požadavek na bezobslužnost se zvyšuje z 24 na 48 hodin (provoz přes sobotu a neděli). Situace je závažná v tom, že banální porucha může vyřadit zařízení z provozu v třetí směně. Stroje musí být proto vybaveny diagnostickým monitorovacím a rozhodovacím systémem.Tento systém po identifikaci a lokalizaci rozhoduje o další činnosti stroje.

Vzhledem k tomu, že celé řada poruch nemusí vést k okamžitému vyřazení zařízení a dále , že celou řadu poruch lze opravit automaticky je možné nadefinovat tzv. množinu opravitelných poruch. Při vzniku poruchy se provádí identifikace, zda do této množiny přináleží a jestliže ano, provede se patřičný zásah.

Aplikace umělé inteligence

Expertní systémy i samoopravitelnost již obsahují určité prvky umělé inteligence. Aplikace se předpokládá jak na zařízeních, tak i v systémech.

Zajišťování provozuschopnosti se v této složitosti již vymyká lidské činnosti v ekonomickém REAL-TIME. Ztráty následkem výpadku mohou být značně vysoké, výpadky systému musí být proto minimalizovány. To vede k požadavku na rychlou identifikaci, lokalizaci a odstranění závad. Při déle trvajícím výpadku je nutno přenést výrobní systém na náhradní provoz, přičemž i tento je snaha optimalizovat.

Tato činnost se neobejde bez inteligentních programů. U těchto systémů je tedy nutné zajišťovat optimální náběh a odstavení výroby. Všechny tyto činnosti jsou vázány na rozsáhlou množinu technických a ekonomických vztahů.

4.6. Hodnocení účinnosti oprav

Metodika ekonomického hodnocení údržby a zejména generálních oprav má mnoho společného s obecnou teorií efektivnosti. Zásadní rozdíl je však v tom, že výsledky účinnosti údržby většinou nelze měřit údržbou samou, ale lze ji měřit v těch oblastech, kde se projevují její praktické důsledky. Tak např. zkrácení prostojů kogeneračních jednotek v opravě se projeví ve zvýšené výrobě elektrické energie, kvalitně prováděné opravy ve zvýšení účinnosti a v prodloužení doby využití zařízení atd.

Kriterium ekonomické efektivnosti údržby je chápáno v podnikové praxi různě jako např. zvýšení produktivity práce ve výrobě, snižování nákladů, zvýšená spolehlivost zařízení apod. Dle našeho názoru je ekonomickou efektivnost třeba hodnotit na bázi kritéria maximalizace zisku plynoucích z procesu obnovy zařízení resp. minimalizace nákladů spojených s obnovou zařízení a ztrát z nevýroby vlivem poruch zařízení.

Při vyhodnocování údržby v podnikové praxi se setkáváme jak s naturálními, tak s hodnotovými ukazateli.

Mezi *naturální* ukazatele účinnosti údržby patří např.:

- Vzrůst či pokles celkového objemu nebo pracnosti oprav
- Vzrůst či pokles nákladů na stejnorodé opravy
- Počet pracovníků v údržbě
- Stav náhradních dílů
- Průběžné doby provádění údržbářských zásahů aj.

Tyto ukazatele nejsou však pro hodnocení údržby směrodatné. Svědčí totiž pouze o vývoji fyzických objemů těchto ukazatelů. Vzrůst pracnosti nebo nákladů na srovnatelnou opravu nemusí ještě znamenat snížení účinnosti opravy, může vést naopak ke zvýšení kvality provedení, k rychlejšímu provedení oprav a to nakonec znamená pro podnik přínos.

Řada takových ukazatelů bývá bohužel rozhodujícím měřítkem pro hodnocení účinnosti údržby ve vazbě např. na hmotnou stimulaci.

Používané hodnotové ukazatele údržbářské činnosti, kterými se často vyjadřuje její efektivnost, mají také nedostatky. Vyplývají z jednostranně chápaného přínosu údržby, za který se často považuje pouze zhospodárňování vlastní údržbářské činnosti. Tak například je velmi rozšířen názor, že jedním z hlavních kritérií pro ekonomické hodnocení efektivnosti technických opatření v opravárenství jsou minimální náklady na údržbu a opravy.Taková snaha může mít při nesprávné interpretaci naopak za následek souhrnné ztráty.

Nepřiměřené úspory zejména v běžné údržbě snižují provozuschopnost zařízení, zkracují dobu používání zařízení a zvyšují náklady na větší opravy. Stejně lze hodnotit i snahu o úsporu materiálu či náhradních dílů, spotřebovaných při opravě. Tato úspora může mít sice značný význam, nesmí však být prosazována za každou cenu. Je na místě při spotřebě pomocného režijního materiálu, nikoli však při nezbytné výměně náhradních dílů. Je totiž nezbytné vyměnit ty součásti, které již nevydrží do příští plánované opravy, i když momentálně plní svou funkci neboť hrozí nebezpečí budoucí havárie.

Ukazatelem úspor může být i minimální pracnost údržby. Ve snižování pracnosti jsou samozřejmě rezervy, neboť produktivita práce v údržbě je dosud nízká. Snaha po snižování pracnosti však nesmí vést k vynechání určitých nezbytných prací.

Nejčastějším problémem v oblasti určování efektivnosti údržby a oprav jsou přesto problémy **optimální výše nákladů** na údržbu, což v podstatě znamená hledání takové varianty, při které – s ohledem na ztráty z prostojů – bude vliv údržby na úroveň výrobního procesu co největší. Jde tedy o hledání optimálního účinku údržby, který je ovlivněn vzájemnými vztahy mezi náklady na údržbu a ztrátami z prostojů zařízení. Kombinace, při které je součet nákladů na údržbu a ztrát z prostojů minimální, představuje maximum účinku údržby, což je pokládáno také za optimum jejího rozsahu.Tento problém byl již diskutován v předchozích kapitolách.

V praxi se můžeme často setkat s metodami tzv. dílčího hodnocení účinnosti údržby a oprav. Proto se na závěr této kapitoly o nich zmíníme.

Způsobů a metod hodnocení údržby zná teorie i praxe několik desítek a využívá k tomu celý aparát statistických a matematických metod. Vzhledem k omezenému rozsahu textu uvedeme pouze dva okruhy hodnocení:

- Hodnocení nákladů na opravy jednotlivých zařízení
- Metody sledování komplexního působení vybraných činitelů na souhrnnou účinnost oprav ve výrobním systému

Prvou oblast propočtů efektivnosti tvoří rozhodování o efektivnosti např. generálních oprav, nebo modernizačních prací a to ve srovnání s pořízením nového stroje.

Vhodnost či nevhodnost generální opravy lze při určitém zjednodušení vyjádřit např. vztahy:

$$N_t = \frac{I}{T}$$

$$N_{to} = \frac{I + I_{go}}{T + T_{go}}$$

kde N_t jsou roční náklady z činnosti stroje

A_{to} roční náklady z činnosti stroje po GO

I pořizovací cena stroje

I_{go} náklady na GO

T doba používání stroje prvotní

T_{go} přírůstek doby využití stroje po GO.

Je-li $N_t < N_{to}$, není provedení opravy výhodné. Je - li $N_t < N_{to}$, generální oprava je výhodná. Při propočtech však musíme přihlížet k vlivu ekonomického opotřebení strojů, výrobním nákladům při využití nového či starého stroje, kvalitě dosahované výroby atd.

Významnou úlohu v těchto kritériích sehrává diskontování a úročení vloženého či očekávaného kapitálu, které je nezbytné do výpočetních vztahů vždy zahrnout.

Z okruhu metod komplexní účinnosti, která zahrnuje oblast údržby jako celek, uvedeme dva způsoby.

Index účinnosti

Podle firmy Kodak se k hodnocení účinnosti údržby používá tzv. indexové metody, která zachycuje vztahy mezi náklady na údržbu a provozní spolehlivost udržovaných strojů. Požadavek spolehlivosti je zvlášť významný nejen u automatických výrobních linek ale i kontinuálních provozů jakými energetické systémy bezesporu jsou, kde každá porucha funkce představuje obvykle značné ztráty ve výrobě.

Index účinnosti (I_u) vychází z předpokladu, že vedoucí údržby je odpovědný především za

- Celkové náklady na údržbu
- Ztrátové časy zařízení (prostoje) zaviněné údržbou
- Zmetky zaviněné nekvalitní údržbou.

Známe-li uvedené hodnoty, můžeme zjistit index účinnosti údržby podle vzorce (tzv. Corderův vzorec) / 1 / :

$$I_u = \frac{1}{N_r + P + Z}$$

kde

N_r jsou měrné náklady na údržbu (náklady na údržbu: hodnota základních prostředků x 100)

P prostoje zaviněné údržbou v procentech z plánování fondu produkčních hodin stroje

Z procento zmetků zaviněných údržbou vlivem nedodržení kvalitativních parametrů dodávek energie z celkového objemu dobrých výrobků.

Index je chápán v časovém vývoji. Jestliže hodnota I_u stoupá je to zhruba důkaz o hospodárném vynakládání nákladů na údržbu a zvyšování její účinnosti. Při poklesu I_u je třeba odhalit příčiny špatného hospodaření.

Křivka ukazatelů údržby

Tuto metodu lze zařadit mezi grafické metody sledování účinnosti údržby. Základem pro vypracování křivky je výběr relativně malého počtu praktických a spolehlivých ukazatelů, u nichž lze stanovit podle určitých kritérií meze možného výskytu hodnot a hodnotu optimální. Toto optimum se stává cílem a současně měřítkem, k němuž lze prakticky porovnávat skutečné výsledky.

Typickým příkladem je použití následujících osmi ukazatelů:

a) Efektivita plánování – je vyjádřena procentem skutečných hodin v poměru k hodinám předpokládaným. Optimální má být dosažení 100 % předpokladu. Je-li skutečné plnění menší či vyšší, nejde o optimální plnění.
b) Zásoba údržbářských prací – vyjadřujeme množství termínovaných prací připravených k provádění, vyjádřené v týdnech předpokládané pracnosti. Příliš dlouhý nebo příliš krátký výhled ukazuje na nedostatečné plánování, nadbytek nebo nedostatek opravářské kapacity. Optimální zásoba normálně přijatelná je zásoba na dva týdny.
c) Přesčasové hodiny – jsou vyjádřeny procentem z celkových pracovních hodin údržby. Příliš mnoho přesčasů je nákladné, příliš málo může být ukazatelem nadbytku opravárenské kapacity. Praktická hodnota přesčasů je asi 5%.
d) Prostoje – jsou vyjádřeny procentem z hodin činnosti zařízení, které byly ztraceny z důvodu mechanických poruch a za které je odpovědna údržba. Význam tohoto ukazatele se mění podle způsobilosti jednotek zařízení v rámci operací závodu. Sledovaný příklad považuje za optimum 3 % ztrát. Čas prostojů blízký k nule je ukazatelem případného vyššího stavu pracovníků v údržbě.
e) Odchylky rozpočtu – vyjadřují procento poměru skutečných nákladů, které jsou pod nebo nad rozpočtovými náklady. Jestliže jsou rozpočty správné, může být optimem nulová odchylka.
f) Pracovní výkon – je vyjádřen procentem plnění norem. Tam, kde se užívá spolehlivých norem, je optimum výkonu 100% v normálním pracovním dnu. Vyšší optima, např. 125 a 130 % norem má být zvoleno tam, kde se používá pobídkových mezd.
g) Náklady na údržbu – vyjádřené jako podíl nákladů údržby na jednotku vyráběné produkce v % (např. na GJ).
h) Správní náklady údržby – jsou vyjádřeny procentem z celkových nákladů údržby. Tento ukazatel pomáhá při sledování nepřímých pracovních nákladů údržby, dozorování, technologii,

administrativy, skladového personálu apod.. Optimem těchto nákladů je asi 10 %. Zaznamenáním výsledků do grafu po vertikálních osách (y) a propojením vymezených bodů dostáváme výslednou křivku osmi faktorů, jejichž odklon od základny (osa x), která přestavuje hodnoty optimální, ukazuje na vzniklé odchylky.

Pozornost při hodnocení je pak zaměřena na analýzu vzniklých odchylek od optimálních hodnot. Snaha po zlepšení účinnosti údržby bude zaměřena na zlepšení těch složek, které jsou maximálně odchýleny. Dobrá práce je tedy vyjádřena co nejvyšším přiblížením křivky k základně grafu.

5.ZÁVĚR

Údržba a obnova energetických zařízení je velmi důležitou činností, která vyžaduje systémový přístup a dobrou znalost problematiky. Vzhledem komu, že v praxi není vždy této problematice věnována patřičná pozornost autoři ve spolupráci s ČEA , vypracovali tento produkt jako první krok k postupnému osvojování poznatků z této významné oblasti činnosti přispívající k hospodárnosti a energetické efektivnosti provozování energetických zařízení .

Za hlavní prostředky zvyšování spolehlivosti energetických zařízení a energetických soustav lze považovat:

- Realizaci optimální údržbové činnosti na bázi ekonomické optimalizace
- Zdokonalování organizace provozu, zejména systému obsluhy, kvality práce obsluhy, technické diagnostiky, přípravy a realizace údržby
- Vhodný výběr prostředků a parametrů automatizovaného řízení provozu
- Tvorby vhodné velikosti, struktury záloh

LITERATURA

/ 1 / J. Makovec a kol. : Organizace a plánování výroby, VŠE, 1998

/ 2 / A.Jirešová, R.Povýšil : Řízení a ekonomika energetických soustav I, ČVUT, 1988

/ 3 / M. Vlček : Spolehlivost energetických systémů, ČVUT, 1989

/ 4 / V. Líbal a kol. : Organizace a řízení výroby, VŠE, 1989

/ 5 / V. Legát a kol. : Provozuschopnost výrobních zařízení III, SNTL,1987