

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra ekonomiky**



**Bakalářská práce**

**Minimalizace finančních ztrát způsobených haváriemi  
elektromotorů v podniku chemického průmyslu**

**Martin Faltus**

© 2019 ČZU v Praze

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Martin Faltus

Veřejná správa a regionální rozvoj

Název práce

**Minimalizace finančních ztrát způsobených haváriemi elektromotorů v podniku chemického průmyslu.**

Název anglicky

**The minimizing financial losses caused by electric motor accidents in a chemical industry.**

---

### Cíle práce

Cílem bakalářské práce je kvantifikace finančních ztrát způsobených haváriemi elektromotorů s ohledem na zlepšení hospodářského výsledku firmy, čemuž bude předcházet analýza současné nákladové kalkulace i výrobních postupů v dotčeném kalkulačním středisku podniku.

### Metodika

Studium odborné literatury, internetových materiálů, podnikových norem.

Komparace a analýza teoretických a praktických přístupů.

Rozhovory s odborníky z oboru.

Aplikace nastudovaných teoretických poznatků na praktickém příkladu.

## Doporučený rozsah práce

40-60 stran

## Klíčová slova

elektromotor, diagnostika, havárie, náklad, úspora, zisk

---

## Doporučené zdroje informací

BARTOŇ, Jan. (1971). Obsluha a údržba elektromotorů: technické příručky práce. 2. Vydání. Praha: ROH, 1971. 220s., ISBN 22-044-71.

HUDECZEK, Mečislav. (2011). Zvyšování spolehlivosti asynchronních elektromotorů včetně poháněných strojů: technická diagnostika. 1. Vydání. Albrechtice: Hudeczek Service, 2011. 299s., ISBN 978-80-905032-0-5.

KAFKA, Václav (1999). Snižování nákladů v metalurgii. 1. Vydání. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1999. 76s. ISBN 80-7078-627-2.

POPEŠKO, Boris. (2009). Moderní metody řízení nákladů: jak dosáhnout efektivního vynakládání nákladů a jejich snížení. 1. Vydání. Praha. Grada, 2009, 240s. ISBN 978-80-247-2974-9.

RAMAJZL Jan. (1969). Optimální rozmístění zásob a dispozice skladu. 1. Vydání. Praha: Ústav skladového hospodářství, 1969, 90s. ISBN 57-057-69.

---

## Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – PEF

## Vedoucí práce

Ing. Zdeňka Gebeltová, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra ekonomiky

Elektronicky schváleno dne 18. 2. 2019

**prof. Ing. Miroslav Svatoš, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 20. 2. 2019

**Ing. Martin Pelikán, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 10. 03. 2019

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Minimalizace finančních ztrát způsobených haváriemi elektromotorů v podniku chemického průmyslu“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 1.3.2019

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Ing. Zdeňce Gebeltové PhD., za její ochotu a pomoc při zpracování práce, odborné konzultace a podnětné připomínky. Dále bych rád poděkoval všem, kteří mi při psaní práce pomohli, poskytli cenné informace a rady. V neposlední řadě rodině, která mne za dobu mého studia podporovala a tolerovala absenci na rodinných událostech.

# Minimalizace finančních ztrát způsobených haváriemi elektromotorů v podniku chemického průmyslu

## Souhrn

Hlavním cílem bakalářské práce je kvantifikace finančních ztrát způsobených haváriemi elektromotorů s ohledem na zlepšení hospodářského výsledku firmy. Autor se ve své práci zabývá především činnostmi spojenými s haváriemi elektromotorů a prevencí, která je velmi důležitá a ne vždy se jí věnuje dostatečná pozornost. Analytická část se zabývá konkrétním řešením dané problematiky ve sledovaném podniku a přibližuje nám průběh činností v praxi.

Některá řešení vycházela z historicky nastavených postupů a byla jen upravena vzhledem k modernizaci provozů a změn ve výrobní technologii. Jiná vznikla zcela nově s ohledem na potřeby nových moderních výrobních jednotek, kladení většího důrazu na snížení prostojů a ztrát při haváriích, a tím zlepšení hospodářského výsledku.

Opatření, která byla navržena, jsou například: vytipování elektromotorů odstavujících výrobní jednotku, vytvoření seznamu skladových zásob a jejich navýšení vzhledem k přibývajícím atypičnostem elektromotorů. Každé opatření probíhá po konzultaci s pracovníky provozu, technologií a strojní údržbou. Zpětně je analyzován přínos dané investice.

Za předpokladu dostatečného přínosu se opatření aplikují nejen na pilotní výrobní jednotce, ale jsou rozšiřována napříč podnikem.

Investice do navýšení skladových zásob činila 5 233 777 Kč (kapitola č. 4.4.4, tabulka č. 11). Za první rok byla odborně odhadnuta návratnost investice do nákupu nových elektromotorů ve ztrátách z nevýroby na 2 125 000 Kč (kapitola č. 4.5.1, vzorec č. 8). Uvažujeme, že ztráta z nevýroby, která nevznikla, se rovná návratnosti investice. Vyšší četnost havárií elektromotorů se očekává po 5 letech provozu.

**Klíčová slova:** elektromotor, diagnostika, havárie, náklad, úspora, zisk, skladová zásoba, revize, nápravná opatření, investice, hospodářský výsledek

# **The minimizing financial losses caused by electric motor accidents in a chemical industry.**

## **Summary**

The main aim of the bachelor thesis is to quantify the financial losses caused by electric motor accidents with a view to improving the economic result of the company. The author deals mostly with activities related to electric motor accidents and prevention, which is very important and there is not always paid enough attention to it. The analytical part deals with the concrete solution of the given problem in monitored enterprise and it brings us closer to the course of activities in a practice.

Some solutions are based on historically adjusted procedures and have only been modified due to the modernization of operations and changes in production technology. Different solutions were developed in a very new way, considering needs of modern production units, placing more emphasis on reducing downtime and losses in accidents, thereby improving the economic result.

Suggested actions are for example: selection of electric motors shutting down the production unit, creation of a stock list and stock's increase because electric motors are more and more untypical. Every action is taken after consultation with traffic operators as well as technology and machine maintenance staff. The investment contribution is then post-analysed.

Assuming sufficient benefit, measures are applied not only to the pilot production unit but they are also spread across the organization.

Investments put into increasing the inventory are amounted to CZK 5,233,777 (Chapter 4.4.4, Table 11). For the first year, the return of investment in the purchase of new electro motors in losses from non-production to CZK 2,125,000 was estimated (Chapter 4.5.1, Formula No. 8). We believe that the loss of non-produced assets is equal to the return of investment. Higher frequency of electric motor accidents is expected after 5 years of the operation.

**Keywords:** electric motor, diagnostics, accident, cargo, saving, profit, stock, revision, countermeasure, investment, economic result

## Obsah

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Úvod</b> .....                                  | <b>10</b> |
| <b>2</b> | <b>Cíl práce a metodika</b> .....                  | <b>11</b> |
| 2.1      | Cíl práce .....                                    | 11        |
| 2.2      | Metodika .....                                     | 11        |
| 2.2.1    | Postup .....                                       | 11        |
| 2.2.2    | Data .....   | 12        |
| 2.2.3    | Použité metody a vzorce .....                      | 12        |
| 2.2.4    | Náklady a sazby .....                              | 15        |
| <b>3</b> | <b>Teoretická východiska</b> .....                 | <b>16</b> |
| 3.1      | Asynchronní elektromotor .....                     | 16        |
| 3.1.1    | Rozdělení elektrických točivých strojů.....        | 16        |
| 3.1.2    | Popis asynchronního elektromotoru .....            | 16        |
| 3.1.3    | Princip působení .....                             | 17        |
| 3.2      | Inspekce elektromotorů .....                       | 17        |
| 3.2.1    | Metody inspekce .....                              | 17        |
| 3.2.2    | Investiční náklady .....                           | 18        |
| 3.2.3    | Začlenění vibrační diagnostiky .....               | 19        |
| 3.2.4    | Údržba podle časového plánu .....                  | 21        |
| 3.3      | Revize elektromotoru .....                         | 22        |
| 3.3.1    | Nejčastější poruchy elektromotorů .....            | 23        |
| 3.3.2    | Opravy .....                                       | 24        |
| 3.4      | Zkouška výkonových parametrů .....                 | 25        |
| 3.4.1    | Zjišťované závady .....                            | 26        |
| 3.5      | Skladování .....                                   | 26        |
| 3.5.1    | Kontrola skladovaných elektromotorů .....          | 27        |
| 3.5.2    | Temperování .....                                  | 27        |
| 3.5.3    | Optimalizace skladu .....                          | 27        |
| 3.5.4    | Pojem a klasifikace zásob .....                    | 28        |
| 3.5.5    | Náklady na skladování .....                        | 29        |
| 3.5.6    | Důvod řízení zásob .....                           | 30        |
| 3.5.7    | Pořízení zásob nákupem .....                       | 30        |
| 3.5.8    | Množstevní slevy .....                             | 30        |
| 3.5.9    | Zpracování zásob .....                             | 31        |
| 3.6      | Snižování nákladů v podniku .....                  | 31        |
| 3.6.1    | Etapy snižování nákladů u výrobního procesu .....  | 32        |
| 3.7      | Ukazatele rentability (výnosnosti) .....           | 33        |
| 3.8      | Hospodářský výsledek .....                         | 33        |
| <b>4</b> | <b>Analytická část</b> .....                       | <b>35</b> |
| 4.1      | Základní informace o podniku .....                 | 35        |
| 4.2      | Seznam elektromotorů .....                         | 35        |
| 4.2.1    | Pozice odstávující výrobní jednotku .....          | 36        |
| 4.2.2    | Čištění elektromotorů .....                        | 36        |
| 4.2.3    | Diagnostika elektromotorů .....                    | 38        |
| 4.2.4    | Preventivní revize .....                           | 39        |
| 4.2.5    | Mazání elektromotorů .....                         | 41        |
| 4.3      | Poruchy elektromotorů .....                        | 42        |
| 4.3.1    | Odpovědnosti v případě havárie elektromotoru ..... | 44        |
| 4.3.2    | Sumář opakujících se poruch .....                  | 45        |
| 4.3.3    | Nákladový účín .....                               | 46        |
| 4.3.4    | Komplexní produktivní údržba .....                 | 47        |
| 4.4      | Skladové zásoby .....                              | 47        |
| 4.4.1    | Unifikace přírubových elektromotorů .....          | 49        |
| 4.4.2    | Změny skladových karet .....                       | 49        |



|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 4.4.3    | Postup vyhledávání elektromotorů ve skladových zásobách..... | 50        |
| 4.4.4    | Navyšování skladových zásob .....                            | 53        |
| 4.4.5    | Daně ze skladových zásob .....                               | 54        |
| 4.5      | Ztráty při odstavení Provozu 01 .....                        | 54        |
| 4.5.1    | Návratnost Investice do navýšení skladových zásob .....      | 55        |
| <b>5</b> | <b>Výsledky a diskuze .....</b>                              | <b>56</b> |
| <b>6</b> | <b>Závěr .....</b>   | <b>59</b> |
| <b>7</b> | <b>Seznam použitých zdrojů: .....</b>                        | <b>61</b> |
| 7.1      | Literární publikace: .....                                   | 61        |
| 7.2      | Internetové zdroje: .....                                    | 62        |

### **Seznam obrázků**

|               |   |    |
|---------------|---|----|
| Obrázek č. 1: | Nejvíce znečištěná část výrobní jednotky .....              | 37 |
| Obrázek č. 2: | Elektromotor před/po čištění .....                          | 37 |
| Obrázek č. 3: | Nástroje používané při čištění elektromotorů .....          | 38 |
| Obrázek č. 4: | Havárie elektromotoru.....                                  | 44 |
| Obrázek č. 5: | Část skladových zásob elektromotorů .....                   | 48 |
| Obrázek č. 6: | Elektromotor s upravenou hřídelí a speciální přírubou ..... | 49 |
| Obrázek č. 7: | Nákres patkového elektromotoru .....                        | 52 |
| Obrázek č. 8: | Nákres přírubového elektromotoru .....                      | 52 |
| Obrázek č. 9: | Štítek elektromotoru Siemens .....                          | 53 |

### **Seznam tabulek**

|                |  |    |
|----------------|--|----|
| Tabulka č. 1:  | Část seznamu elektromotorů.....                      | 36 |
| Tabulka č. 2:  | Rozklad ceny revize elektromotoru 100kW .....        | 41 |
| Tabulka č. 3:  | Mazací plán.....                                     | 42 |
| Tabulka č. 4:  | Část tabulky oprav a revizí elektromotorů.....       | 42 |
| Tabulka č. 5:  | Rozklad ceny celkové opravy elektromotoru 75 kW..... | 43 |
| Tabulka č. 6:  | Sumář opakujících se poruch Provozu 02.....          | 45 |
| Tabulka č. 7:  | Porovnání cen nových elektromotorů a oprav .....     | 47 |
| Tabulka č. 8:  | Část seznamu skladových zásob .....                  | 48 |
| Tabulka č. 9:  | Přepočet rychlosti elektromotorů.....                | 51 |
| Tabulka č. 10: | Část seznamu osových výšek.....                      | 53 |
| Tabulka č. 11: | Přehled navýšení skladových zásob.....               | 54 |

### **Seznam grafů**

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Graf č. 1: | Vibrace ložiska L2 pohonu ventilátoru K4090..... | 38 |
| Graf č. 2: | Stav ložiska L2 pohonu ventilátoru K4090 .....   | 39 |

# 1 Úvod

Od září roku 2016 autor pracuje ve výrobním podniku chemického průmyslu. Již od prvního dne se setkává s haváriemi elektromotorů, řeší jejich nahrazování a nákladový účín oprav. V rámci své pozice zodpovídá za optimální množství skladových zásob. Cílem volby autorova tématu, kde by se chtěl zabývat danou problematikou více do hloubky, je přispění ke zlepšení hospodářského výsledku a zjednodušení vybraných činností.

Ve sledovaném podniku chemického průmyslu, který nebude v práci z důvodu zachování anonymity jmenován, je v provozu necelých dva tisíce elektromotorů. Z větší části se jedná o pohony pasů a ventilátorů. Elektromotory jsou nejvíce namáhány vlivem přetěžování, vibrací a vysoké prašnosti uvnitř jednotlivých výrobních jednotek. Chemické prostředí ve výrobních jednotkách obsahuje velmi agresivní látky, které způsobují předčasnou korozi, proto musí být elektromotory opatřeny speciálními nátěry zpomalujícími korozi. Vrstva prachu na některých pozicích zcela zakrývá elektromotor.

Chemická prašnost je v oblasti výroby hnojiv velkým problémem, který prozatím není možno řešit ani v nových výrobnách. Nehledě na to, že je tento prach velice agresivní vůči korodujícím materiálům, tak nám působí i mnohé problémy s chlazením elektromotorů. I přestože ventilátor, kterým je elektromotor osazený, vytváří proud vzduchu zabraňující usazování těchto jemných částí, k usazování dochází, zřejmě vlivem vysoké přilnavosti prachu. Špatné chlazení způsobuje celkové zahřívání elektromotoru a vyšší teplota elektromotoru způsobuje degradaci vinutí i maziva v ložiscích.

Téměř každá havárie znamená odstavení výrobní jednotky a velkou finanční ztrátu. Z tohoto důvodu se vynakládají nemalé finanční prostředky na prevenci a snižování počtu poruch. V rámci prevence nyní probíhá na některých strojích čištění, diagnostika a revize.

V podniku jsou velké nedostatky ve skladovaných zásobách, zejména v postupech vyskladňování, jejich označování a rozsahu, kterým pokrývají jednotlivé pozice ve výrobních jednotkách.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Hlavním cílem bakalářské práce je kvantifikace finančních ztrát způsobených haváriemi elektromotorů s ohledem na zlepšení hospodářského výsledku firmy, čemuž bude předcházet analýza současné nákladové kalkulace i výrobních postupů v dotčeném kalkulačním středisku.

#### **Dílčí cíle**

- analyzovat poruchovost elektromotorů na jednotlivých pozicích
- analyzovat rentabilitu oprav
- navrhnout rozsah preventivních oprav elektromotorů
- vytvořit postup výběru správné náhrady elektromotoru
- doporučit navýšení skladových zásob
- odhadnout návratnost finančních prostředků vynaložených na navýšení skladových zásob při standardní poruše i při totální havárii

### **2.2 Metodika**

#### **2.2.1 Postup**

- formulace cílů a metodiky práce
- volba a studium odborné literatury
- shromáždění informací o problematice
- konzultace s odbornými firmami
- fyzická kontrola a nafocení elektromotorů
- vytvoření seznamu elektromotorů
- sběr dat oprav elektromotorů
- vytvoření automatické tabulky v Excelu – opakované poruchy
- vyhodnocení a realizace opatření opakujících se poruch
- analýza rentability oprav - porovnání cen oprav a nových elektromotorů
- konzultace s oddělením controllingu
- sumarizace ztrát při odstavení výrobní jednotky
- konzultace s účetním oddělením
- specifikace nákladů na skladované položky
- konzultace s technologií a pracovníky výrobní jednotky

- vytipování elektromotorů odstavujících výrobní jednotku
- vytipování elektromotorů, které je třeba čistit
- konzultace s interním diagnostikem
- vytipování elektromotorů, které je třeba diagnostikovat
- konzultace s mechaniky strojního oddělení
- nastavení cyklů preventivních revizí elektromotorů
- konzultace s pracovníky skladu
- průzkum skladových zásob a jejich využitelnosti
- úprava skladových karet
- konzultace s pracovníky směnové údržby
- vytvoření postupu vyskladňování zásob
- optimalizace množství skladových zásob
- analýza návratnosti finančních prostředků za náklady spojené s navýšením skladových zásob při standardní poruše i při totální havárii

### **2.2.2 Data**

- literární zdroje – studium podkladů především od autorů: Bartoň Jan, Domeová Ludmila, Beránková Martina, Kyslingerová Eva, Popesko Boris a Ramajzl Jan
- interní dokumentace – technicko-organizační pokyny
- data z interní dokumentace
- data z účetní jednotky

### **2.2.3 Použité metody a vzorce**

Analytickou část autor zpracoval pomocí metod sběru dat, analýzy a komparace dat účetní jednotky a dat z interní dokumentace. Těžištěm získaných informací byly vlastní zkušenosti, zkušenosti kolegů a odborných firem. Při tvorbě práce se některé poznatky a opatření předem konzultovaly s interními pracovníky a externími firmami. Na základě analýzy byl vyhodnocen přínos zavedených postupů a opatření. Vyhodnocení proběhlo pomocí výpočtů ušetřených ztrát z nevýroby a porovnáváním cen nových elektromotorů a jejich oprav.

Při řešení zavedení zkoušky elektromotorů na dynamometru před uskladněním se od této myšlenky upustilo, vzhledem k mizivému procentu problémů s vyskladněnými elektromotory. Druhou „slepou uličku“ představují revize elektromotorů do 18,5 kW, kde s ohledem na vysokou poruchovost docházelo k opakovaným poruchám, které byly vyřešeny

výměnou za nový elektromotor s případnými speciálními úpravami. Další problém představuje nákup elektromotorů od neznámých výrobců. U těchto elektromotorů je snížena možnost získání datasheetů a rozměrových výkresů, bývají atypické a špatně dostupné.

**Použité vzorce:**

**[Vzorec č. 1: Celkové náklady na diagnostiku]**

$$P = PM\check{R} + PD + SD \times TO + SZ \times TZ + PP$$

**Kde:**

- P..... cena [Kč]
- PD ..... cena dopravy [Kč]
- PM $\check{R}$  ..... příprava na měření [Kč]
- PP..... cena protokolu [Kč]
- SD ..... sazba diagnostik [Kč/h]
- SZ..... sazba zařízení [Kč/h]
- TO ..... počet hodin osoby [h]
- TZ ..... počet hodin zařízení [h]

**[Vzorec č. 2: Celkové náklady na mazání elektromotorů]**

$$PM = \frac{PB}{\frac{CM}{Q \times M}} \times TC$$

$$P = PO \times TH \times SE \times TC + PM$$

**Kde:**

- CM..... celkové množství maziva v balení [kg]
- M..... průměrné množství maziva na jeden elektromotor [g]
- P..... cena [Kč]
- PB ..... cena balení maziva [Kč]
- PM ..... cena maziva [Kč]
- PO ..... počet osob
- Q ..... počet mazaných elektromotorů [ks]
- SE ..... sazba elektrikář [Kč/h]
- TC..... počet cyklů
- TH..... počet hodin [h]

**[Vzorec č. 3: Celkové náklady na čištění elektromotorů]**

$$P = PO \times TH \times SE \times TC$$

**Kde:**

**PO** ..... počet osob

**SE** ..... sazba elektrikář [Kč/h]

**TC** ..... počet cyklů

**TH** ..... počet hodin [h]

**[Vzorec č. 4: Vyčíslení ztráty z nevýroby]**

$$CZ = ZZN \times TOP$$

**Kde:**

**CZ** ..... celková ztráta [Kč]

**TOP** ..... doba opravy [h]

**ZZN** ..... ztráta z nevýroby [Kč]

**[Vzorec č. 5: Finanční vyjádření časové úspory]**

$$CZ = ZZN \times TÚ$$

**Kde:**

**CZ** ..... celková ztráta [Kč]

**TÚ** ..... časová úspora [h]

**ZZN** ..... ztráta z nevýroby [Kč]

**[Vzorec č. 6: Vyčíslení ztráty z nevýroby opakované poruchy]**

$$CZ = ZZN \times TOP \times QP$$

**Kde:**

**CZ** ..... celková ztráta [Kč]

**QP** ..... množství poruch [ks]

**TOP** ..... doba opravy [h]

**ZZN** ..... ztráta z nevýroby [Kč]

**[Vzorec č. 7: Vyčíslení ztráty z opakované poruchy – ventilátor K0619]**

$$CZ = PNM \times QP$$

**CZ** ..... celková ztráta [Kč]

**PNM** ..... cena nového elektromotoru [Kč]

**QP** ..... množství poruch [ks]

[Vzorec č. 8: Suma vyčíslení ztráty z nevýroby - návratnost investice]

$$\Sigma CZ = CZ + CZ + CZ$$

**Kde:**

CZ..... celková ztráta [Kč]

[Zdroj: Účetní jednotka podniku, vlastní zpracování]

#### 2.2.4 Náklady a sazby

|  |           |
|--|-----------|
| Hodinová sazba - diagnostik.....                         | 260 Kč    |
| Hodinová sazba - zařízení..                              | 206 Kč    |
| Doprava..  | 1000 Kč   |
| Tvorba protokolu .....                                   | 750 Kč    |
| Příprava na měření .....                                 | 260 Kč    |
| Hodinová sazba - ostatní práce .....                     | 249 Kč    |
| Cena balení maziva .....                                 | 7 150 Kč  |
| Množství mazaných elektromotorů .....                    | 200 ks    |
| Průměrné množství maziva na jeden elektromotor .....     | 20g       |
| <br>   |           |
| Cena nového elektromotoru 55 kW .....                    | 58 687 Kč |
| Cena celkové opravy elektromotoru 55 kW .....            | 33 890 Kč |
| Cena nového elektromotoru 5,5 kW .....                   | 8 850 Kč  |
| Cena celkové opravy elektromotoru 5,5 kW .....           | 5 408 Kč  |
| Cena nového elektromotoru 5,5 kW (zesílené ložisko)..... | 9 682 Kč  |
| Cena nového elektromotoru 0,75 kW (váha).....            | 16 010 Kč |
| <br>   |           |
| Ztráta z nevýroby Provozu 01 .....                       | 53 125 Kč |
| Ztráta z nevýroby Provozu 02.....                        | 35 120 Kč |
| <br>   |           |
| Doba opravy elektromotoru do 5,5 kW .....                | 8 hodin   |
| Doba opravy elektromotoru do 55 kW .                     | 24 hodin  |
| Doba opravy elektromotoru do 160 kW .....                | 48 hodin  |
| Doba opravy elektromotoru nad 160 kW .....               | 72 hodin  |

[Zdroj: Účetní jednotka podniku, vlastní zpracování]

## **3 Teoretická východiska**

### **3.1 Asynchronní elektromotor**

Asynchronní elektromotor je nejrozšířenějším elektrickým strojem. Název asynchronní znamená, že se při zatížení neotáčí synchronní rychlostí, ale s určitým zpomalením, které činí podle velikosti motoru 1 – 6 %, ve zvláštních případech i více. Asynchronní elektromotory se stavějí od výkonu zlomku wattů asi do 6000 kW při asynchronním rozběhu, 30 MW i více pro pohon ventilátorů aerodynamických tunelů s kmitočtovým rozběhem.

Protože rotorové vinutí asynchronního elektromotoru není se sítí spojeno přímo, přenáší se energie do rotoru elektromagnetickou indukcí, odtud též název indukční motor. [Bartoň, 1971, s. 22]

#### **3.1.1 Rozdělení elektrických točivých strojů**

Elektrické točivé stroje jsou zařízení schopné vyrábět elektrickou energii nebo ji naopak měnit na energii mechanickou. Mimo jiné jsou konstrukčně přizpůsobeny tak, aby se mohly všestranně používat v různých zařízeních.

Elektromotory se vyrábějí v mnoha konstrukčních tvarech i provedeních ložiskových štítů, aby mohly být upevněny jako hnací stroj. Vyráběné varianty patkových i přírubových motorů dle ČSN 35 0002 je možné použít pro pohon v nejrůznějších zařízeních.

Generátory mění mechanickou energii (turbíny, elektrocentrály apod.) v energii elektrickou. I zde se používá provedení patkové a přírubové. [Knotek, 1990, s. 13]

#### **3.1.2 Popis asynchronního elektromotoru**

Hlavní částí trojfázového asynchronního elektromotoru jsou: stator, rotor a ložiskové štíty. V litinové nebo hliníkové kostře jsou zalisovány plechy statoru. Na jejich vnitřním obvodu jsou drážky, ve kterých je uloženo vinutí. Konce tohoto vinutí jsou vyvedeny na svorkovnici. Vinutí rotoru tvoří tyče spojené nakrátko (kotva klecová – nakrátko) nebo jsou na jeho obvodu drážky, ve kterých jsou uloženy cívky (kotva vinutá - kroužková). V tomto případě ještě k hlavním částem elektromotoru přibudou kroužky, ke kterým jsou konce cívek připojeny, a sběrací ústrojí, k němuž se připojuje spouštěč pro spouštění elektromotoru nebo řízení otáček. Po rozběhu se spojí kroužky nakrátko, a tím se odstraní přechodný odpor kartáčů a odpor přívodů ke spouštěči. Současně se zvednou kartáče, aby se zbytečně neodíraly a nezahřívaly. [Bartoň, 1971, s. 22]



### 3.1.3 Princip působení

Indukční elektromotory jsou střídavé, téměř vždy trojfázové. Malé motory jsou i jednofázové.

Funkce elektromotoru je založena na točivém magnetickém poli v jeho vzduchové mezeře. Toto pole je buzeno trojfázovým vinutím, rozloženým v drážkách statoru. Jednotlivé fáze vinutí jsou proti sobě fázově posunuty o 120° elektrických. Vinutí se napájí ze souměrné soustavy trojfázových napětí, takže jim protéká souměrná soustava proudů, navzájem časově posunutých o 120°. Ta vytváří magnetické pole stálého prostorového tvaru, otáčející se synchronní rychlostí otáčení. Poměr „s“ je skluz, udávající poměrnou změnu rychlosti otáčení rotoru vůči synchronní rychlosti otáčení magnetického pole. [Roubíček, 2004, s. 15-16]

## 3.2 Inspekce elektromotorů

Inspekce neboli kontrolní prohlídky části elektromotoru a jeho příslušenství se musí dělat tak často, jak to podmínky výrobních jednotek a prostředí vyžadují, tzn. nejméně jednou za dva týdny u kroužkového a stejnosměrného elektromotoru a při jednosměrném provozu, u elektromotoru nakrátko při jednosměrném provozu jednou za měsíc. Komutátor se doporučuje zběžně prohlížet každý den.

Při prohlídce kroužkového elektromotoru se kontroluje zejména správnost dosedání kartáčů, stav kluzných ploch kartáčů a sběracích kroužků nebo komutátoru. Chod ložisek se kontroluje přes tyčku a podle jejich oteplení. Kontroluje se také správnost funkce příslušenství.

O každé kontrolní prohlídce elektromotoru se doporučuje udělat záznam o prohlídce. Ten má obsahovat datum, jméno prohlížejícího, zjištěné závady a provedené úpravy.

Je-li elektromotor na napětí vyšším než 300V proti zemi, vyžaduje-li to zájem veřejné bezpečnosti nebo má-li být podán důkaz o řádném stavu, musí se elektromotor a jeho příslušenství včetně vedení prohlédnout nebo i přezkoušet aspoň jednou za rok. O výsledku prohlídky se musí vyhotovit záznam. [Bartoň, 1971, s. 150-151]

### 3.2.1 Metody inspekce

Pojem údržba zahrnuje všechna opatření k zjištění a posouzení skutečného stavu strojů a zařízení, jakož i k zachování a opětovnému vytvoření jejich požadovaného stavu. Preventivní údržba přitom zahrnuje tu část těchto opatření, která se provádějí plánovaně, tj. v době předem určené.

Účel preventivních opatření v údržbě spočívá především v tom, aby se předešlo poruchám a výpadkům vznikajícím opotřebením, stárnutím, korozí a znečištěním a zabránilo se tak následným škodám.

Za opak je třeba považovat korektivní (neplánovanou) údržbu, která slouží k opětovnému vytvoření požadovaného stavu strojů při dílčích nebo celkových výpadcích. [Schenck, 1989, s. 95]

### **Časový postup inspekce**

Při inspekci (revizi, prohlídce) se zjišťuje skutečný stav strojů a rozsah, druh a příčiny jejich poškození.

Inspekci je možno provádět bez přístrojového vybavení na základě subjektivních pocitů (sluchem, zrakem a dotykem) nebo pomocí přístrojů na bázi měření.

Subjektivní vjemy mohou být v určitých oblastech docela důležité a potřebné, nemohou však posloužit jako východisko pro systematickou údržbu strojů. K tomuto účelu jsou nezbytné objektivní a reprodukovatelné výsledky měření, které získáme pomocí měřících přístrojů.

### **Měření skutečného stavu strojů (tj. inspekce) může probíhat:**

- nepravidelně (tj. v proměnlivých časových intervalech)
- pravidelně (tj. v pevných časových intervalech)
- průběžně (kontinuálně)

### **Intervaly měření lze přitom určit:**

- na základě zkušeností a údajů získaných u obdobných strojů
- pomocí statistických vyhodnocení dlouhodobých zkoušek u výrobce
- evidencí a statistickým vyhodnocením dat o výpadcích a údržbě získaných během provozu

[Schenck, 1989, s. 95-97]

### **3.2.2 Investiční náklady**

Každá z popsaných metod inspekce vyžaduje jednorázové investice tohoto druhu:

- pořízení vhodných měřících přístrojů a systémů
- stanovení, označení a příprava měřících míst

Vedle investičních nákladů vznikají při všech metodách inspekce i náklady režijní, hlavně se jedná o tyto náklady:

- personální
- náklady na údržbu měřících přístrojů a zařízení

Tyto náklady jsou značně závislé na daných okolnostech realizace.

### **Přínosy**

Popsané investice vedou k úsporám nákladů tím, že se zabrání:

- škodám na strojích
- následným vyvolaným škodám
- výpadkům výroby

[Schenck, 1989, s. 106-109]

### **3.2.3 Začlenění vibrační diagnostiky**

Stroje, zařízení a každý technický objekt prochází ve svém technickém životě třemi základními etapami: konstrukcí, výrobou a provozováním. Součástí provozování jsou také opravy. Rozhodnutí o přechodu z jedné do druhé etapy musí být podloženo objektivními metodami zkoušek a prostředků hodnocení nového výrobku anebo již provozovaného stroje. Objektivní hodnocení stavu stroje zabezpečuje vibrační diagnostika. [Hudeczek, 2011, s. 27]

### **Provozní diagnostika**

Poslední etapou technického života stroje je jeho provozování. Bezpečný a spolehlivý chod stroje je výsledkem práce konstruktérů, výrobců, montérů a též pracovníků výrobní jednotky. Doba provozního chodu stroje je stanovena výrobcem a zaručena při plnění podmínek technické dokumentace a intervalů kontrol a oprav, respektive návodů k udržování (dříve návod k obsluze a údržbě).

Kromě těchto zaručovaných kvalit se při porovnávání strojů vyskytují dva diametrálně rozlišné stavy:

- Stroje, u kterých bezporuchový chod je značně kratší od normativního.
- Stroje, u kterých opravy provedené podle doporučení výrobce jsou neopodstatněné, protože většina strojů je v dobrém technickém stavu a samotná oprava zhoršuje stav stroje.

Příčiny tohoto náhodného velkého rozptylu bezporuchového stroje jsou tři:

- popsané již dříve náhodné, různorodé vlastnosti získané ve výrobě

- různorodost pracovního zatížení
- různorodost vzájemného působení stroj – okolí (montáž přívodů, základy, atd.) u jednotlivých kusů strojů

Objektivní příčiny, vyplývající především z hlediska bezpečnostního a ekonomického, donucují provozovatele strojů k minimalizaci neplánovaných oprav a havárií z jedné strany a z druhé strany k odstranění zbytečných oprav strojů, které jsou v dobrém technickém stavu (mimo překročení normativní doby chodu). Jestliže dynamické procesy ve stroji zobrazují jeho technický – provozní stav, potom jediným prostředkem k vyřešení výše uvedených problémů bez vypnutí stroje je vibrační diagnostika. Pro tyto účely to bude provozní vibrační diagnostika. V závislosti na konkrétních potřebách a možnostech může tento druh diagnostiky stanovit pouze druh způsobilosti objektu pro další posuzování, jinak dvoustavovou diagnózu: schopen/neschopen. Další možností této diagnostiky je určení druhu a příčiny poškození a určení doby následné změny stavu – prognóza.

Jednou ze zásad racionálního provozování strojů je jejich oprava, která je založena na výměně a následné opravě elementů. Na základě informací získaných z diagnostického měření stroje můžeme naplánovat termín a rozsah opravy současně s přípravou materiálů a jednotlivých náhradních dílů. Navíc, diagnostické zkoušky provedené po opravě mohou určit kvalitu provedené opravy a vyvarovat se uvedení stroje do chodu po špatně provedené opravě.

Provozní vibrační diagnostika strojů, která pracuje v nepřetržitém režimu, může mít různé druhy pozorování daného objektu. Pro objekty první důležitosti po stránce bezpečnosti a taktéž výrobní, jsou instalována diagnostická zařízení se stálým dozorem s mnohobodovým měřením vibrací. Pro stroje s menším opotřebováním nebo ve složitých provozních podmínkách, jako například důlní dobývací stroje, stačí měření vibrací prováděné v určitých periodách, např. po několika týdnech. Tento způsob pozorování je možno nazvat diagnostickou inspekcí. [Hudeczek, 2011, s. 29-30]

### **Diagnostika valivých ložisek**

Provoz všech točivých strojů je provázen mechanickým kmitáním. Na základě analýzy mechanického kmitání lze získat cenné informace o provozním stavu strojního zařízení.

Hodnocení provozního stavu strojů na základě mechanického kmitání má dlouhou a bohatou tradici. Technici a údržbáři znají tradiční „poslechovou“ metodu. Šroubovák přiložený ostřím k tělesu ložiska a rukojetí k uchu (přesněji ke spánkové kosti v blízkosti

ucha) zprostředkuje přenos signálu, odpovídajícího kmitání ložiska, do mozku „naslouchajícího“ odborníka.

Uvedená metoda se v průběhu mnoha desetiletí ukázala tak účinnou, že výrobci přístrojového vybavení přistoupili k vývoji a výrobě odpovídajících přístrojů, k jejichž hlavním přednostem patří objektivnost. Jinými slovy činnost těchto přístrojů nezávisí na kvalifikaci a zkušenostech jejich uživatelů.

Určení stavu poškození valivých ložisek zaujímá zvláštní postavení v oboru bezdemontážní diagnostiky strojních zařízení vzhledem k tomu, že valivá ložiska se nejčastěji používají v konstrukci strojů, určují jejich přesnost a životnost.

Z dlouhodobého sledování plyne, že skutečná trvanlivost valivých ložisek za jinak stejných podmínek vykazuje značný rozptyl. Trvanlivost valivého ložiska je určena únavovým poškozením funkčních ploch. Životnost valivého ložiska je doba, po kterou je ložisko schopno plnit požadovanou funkci.

Skutečná trvanlivost je určena kromě jiného:

- kvalitou výroby
- provozním zatížením
- způsobem montáže ložisek
- způsobem mazání a kvalitou maziva
- přídatným dynamickým provozním zatížením

Firma SKF na základě širokého rozboru uvádí, že trvanlivost valivých ložisek pouze z 25 % určuje výrobce. Proto přední světoví výrobci ložisek věnují značnou pozornost vývoji prostředků a pomůcek pro montáž a demontáž valivých ložisek, vydávají literaturu a věnují značnou pozornost proškolení pracovníků výrobních jednotek o montáži a správném mazání.

Současná přístrojová technika umožňuje provádět montáž a seřízení součástí a skupin strojů tak, aby přídatné dynamické provozní zatížení nejen valivých ložisek bylo minimální při optimální přesnosti výroby (např. provozní vyvažování rotorů, seřizování sousostí hřídelí). [Beneš, 1991, s. 5-6]

### **3.2.4 Údržba podle časového plánu**

Dnes je pravidlem, že se preventivní údržba provádí podle předem určeného časového plánu. Po uplynutí určité doby provozu, stanovené na podkladě zkušeností a v souladu s výrobním plánem, se stroje odstaví, prohlédnou, rozeberou a vymění se jejich části nebo celé agregáty.

Tato metoda je nákladná a nikterak optimální, protože se často vyměňují části, které by byly ještě upotřebitelné, jindy se zase poškozené dílce vyměňují příliš pozdě.

Jako typický příklad zde mohou posloužit valivá ložiska. Pokud se vyměňují příliš brzy, vznikají zbytečně vysoké náklady. Když se vymění příliš pozdě, mohou nastat deformace hřídelí, havárie spojek a poškození vinutí elektromotorů jako následky zadřeného ložiska, tyto následné škody znamenají zpravidla značné náklady.

Proti výhodě možnosti plánovitého odstavování strojů zde tedy při údržbě podle časového plánu máme celou řadu nevýhod nákladového charakteru i různá nebezpečí. Tyto nevýhody se dají snížit na únosnou míru dvěma doplňujícími opatřeními.

- diagnostikou strojů
- provozním sledováním strojů

[Schenck, 1989, s. 16]

### **3.3 Revize elektromotoru**

Revize elektromotoru a jeho příslušenství se dělá alespoň jednou za tři roky při jednosměnném provozu. Elektromotory pracující nepřetržitě nebo ve velmi těžkých provozních podmínkách se revidují častěji, jednou i dvakrát do roka.

Při revizi se elektromotor rozebere, vyjme se rotor, pečlivě se vyčistí a důkladně se prohlédnou všechny části elektromotoru, zejména vinutí, sběrací kroužky, komutátor, sběrací ústrojí, ložiska, kontakty a svorky. Vždy se vymění ložiska a mazací tuk. Zjištěné závady se odstraní. Po opětovné montáži se elektromotor vyzkouší aspoň na mechanický chod za provozu.

Je-li zapotřebí, obnoví se povrchové nátěry. Prachu zbavená čela statorového i rotorového vinutí se podle potřeby natrou dobrým izolačním lakem. Vinutí musí být před nátěrem suché. Při revizi se rozebere, důkladně prohlédne a opraví také funkční příslušenství elektromotoru (spouštěč, spínač).

Je-li podle podmínek ve výrobních jednotkách a prostředí zapotřebí, dělá se jednou nebo dvakrát v období mezi revizemi ještě běžná revize bez rozebrání nebo s částečným rozebíráním elektromotoru. Při této běžné revizi se kontrolují kromě sběracích kroužků, komutátorů a kartáčů hlavně ložiska a vymění se mazací tuk.

Při každé revizi se měří izolační vinutí motoru. O každé revizi se vyhotoví záznam, a ten musí obsahovat: datum, jméno revidujícího, rozsah revize, výsledek revize, popis

provedených oprav, podpis osoby odpovědné za revizi a provedení opravy. [Bartoň, 1971, s. 151]

### 3.3.1 Nejčastější poruchy elektromotorů

Dobře opravený elektrický stroj s novým vinutím má značnou trvanlivost, kterou může ovlivňovat prostředí, v němž pracuje. Je-li správně ošetřován, slouží obvykle asi 10 let, často i déle.

Poruchy na strojích vznikají z různých příčin a lze je rozdělit na elektrické a mechanické. Elektrické poruchy mohou být zaviněny např. vadnými jističi, pojistkami nebo špatným spínáním jističů, vypínačů a jiných spouštěcích zařízení. Např. trojfázový elektromotor se samočinným spínáním u domácí vodárny se může spálit, přeruší-li se přívod k jedné fázi (např. při bouřce).

Elektromotor se na dvě fáze neroztočí a nevypne-li jistič včas, může se vinutí zničit. Avšak přeruší-li se přívod k jedné fázi za provozu, bude se elektromotor točit i nadále. Jiné poruchy nastávají rychlým zestárnutím izolací, ať už přehříváním stroje nebo jeho navlhnutím. V takovém případě se proráží izolace buď mezi fázemi, nebo proti kostře. Jinou poruchou je poškození izolace vodičů, čímž vznikají závitové zkraty. Všechny tyto poruchy vyřazují elektrický stroj z provozu tak, že je nutné jej převinout.

Mechanické poruchy jsou způsobeny poškozením ložisek nebo prasknutím ložiskového štítu. Někdy se prohne hřídel, a to nejčastěji nesprávnou montáží řemenice nebo spojky. Jindy se hřídel (hlavně u elektromotorů reverzačních) ukrotí.

Elektromotor se může chvět z těchto příčin: nevyvážený rotor, ventilátor, spojka apod. nebo je elektromotor nesouose spojen s poháněným strojem. [Knotek, 1990, s. 355-356]

Základními znehodnocujícími vlivy, jež působící na jakékoliv elektrické zařízení, které musí být zohledněny ve všech výše uvedených fázích, jsou:

- teplota
- elektrické napětí
- mechanické namáhání
- termomechanické namáhání
- vlivy klimatu

Při zkoumání působení jednotlivých vlivů nelze uplatnit princip superpozice, což značně komplikuje objasňování degradačních procesů. Každá část elektrického stroje má jiné vlastnosti a je jinak citlivá na jednotlivé znehodnocující vlivy působící na stroj. Tyto vlivy

mohou působit v různých kombinacích a časových následnostech (krátce řečeno každý prvek elektrického stroje systému má jinou úroveň spolehlivosti). Povaha všech dějů je náhodná, a proto je každá část stroje v každém okamžiku definována určitým stavem vlastností a určitou pravděpodobností přechodu těchto vlastností do jiného stavu. Nový budoucí stav je vlivem působení degračních činitelů horší.

Mechanismem degračního procesu mohou být:

- chemický nebo fyzikální proces, při němž se mění vnitřní struktura materiálu, a tím rozhodující vlastnosti prvků stroje
- fyzikální změny vnitřní struktury na základě fyzikálních procesů
- proces fyzikálních a chemických změn povrchové struktury, který se projevuje postupnou změnou vnějších vlastností

Znehodnocení prvku elektrického stroje může být:

- nevratné (koroze, uhelnatění izolace apod.)
- vratné (navlhnutí izolace)

[Chmelík, 2013]

### **3.3.2 Opravy**

Jakákoliv oprava provedená na elektromotoru v záruční době zprošťuje výrobce závazků plynoucích ze záruky.

Provedl-li někdo jiný než výrobce opravu nebo změnu na elektromotoru (např. přepojení, převinutí nebo náhradu vinutí, zvětšení vzduchové mezery apod.), musí vedle původního výkonnostního štítku upevnit štítek s novými údaji. Na něm musí být také uveden rok změny a označení podniku, který změnu provedl. Dojde-li ještě k další změně na elektromotoru, nahradí se štítek předchozí změny nově provedené, takže na elektromotoru bude vždy jen jeden štítek změn.

K označení provedených opravných prací mohou se na opravném štítku použít tyto značky: J=přepojení, N=nové (změněné vinutí), O=opravené vinutí, P=převinutí (nově nezměněné vinutí), R=rotor, S=stator.

### **Objednávání náhradních dílů**

Náhradní části elektromotoru a jeho příslušenství je nejlépe objednávat přímo u výrobce. V objednávce je nutné vždy udat typové označení a výrobní číslo elektromotoru



uvedené ve výkonnostním štítku, výstižný název součásti a počet kusů. [Bartoň, 1971, s. 151-152]

### 3.4 Zkouška výkonových parametrů

Zkouška výkonu elektromotoru je předepsána podle platných norem a u elektromotorů se provádí při zkoušení prototypu a v průběhu výroby se zkouší pouze určitý vyrobený kus. Běžně dodávaný elektromotor do provozu nemusí projít zkouškou na dynamometru. Totéž platí u elektromotorů, na kterých byla provedena generální oprava. Popisovaný problém se vztahuje na elektromotory do 200 kW. Z provozní praxe je známo, že po uvedení do chodu nový nebo opravený stroj a zařízení okamžitě havaruje v rozsahu od 15 – 20 % nasazených strojů. Z provozní praxe autora příspěvku jsou známy případy, kdy nový nebo opravený elektromotor nasazený do provozu cca po 60 minutách zhavaroval. Ve většině případů došlo ke zkratu ve vinutí nebo k jednopólovému zemnímu spojení. Jiný druh poruchy, který se projevoval po několika hodinách provozu, je mechanické poškození elektromotoru. Docházelo k poškození ložiska nebo k ukroucení hřídele. Výše uvedené poruchy způsobovaly velké výpadky ve výrobě, což zhoršovalo ekonomiku provozu a snižovalo bezpečnost provozovaných zařízení.

Na základě těchto negativních jevů byl zakoupen dynamometr DS 250 MEZ Vsetín. Po oživení dynamometru a provedení funkčních zkoušek byl vydán příkaz vedení organizace, na základě kterého každý elektromotor, který byl zakoupen od výrobce nebo byl po generální opravě, musel být před nasazením do provozu přezkoušen na dynamometru.

Zkouška na dynamometru má tyto kroky:

- proměření izolačního stavu za studena
- proměření odporu jednotlivých cívek za studena
- proměření proudu v jednotlivých fázích při chodu naprázdno
- zatížení elektromotoru na jmenovitý moment
- proměření elektromotoru ve všech třech fázích při zatížení jmenovitým momentem a srovnání naměřených hodnot zda jsou všechny stejné
- zatížení elektromotoru na hodnotu 125 % jmenovitého momentu až do docílení provozní teploty elektromotoru. Oteplení elektromotoru je hlídáno tepelnými čidly speciálně umístěnými na elektromotoru anebo ovládání dynamometru je připojené přes tepelné ochrany, které jsou umístěny ve vinutí výrobcem. V obou případech při docílení provozní teploty dojde k vypnutí dynamometru.

- proměření izolačního stavu za tepla
- proměření odporu jednotlivých cívek vinutí za tepla
- vyhotovení protokolu naměřených hodnot s jednoznačným doporučením: elektromotor je – není schopný spolehlivého a bezpečného provozu
- zkouška je prováděna při kontinuálním hlídání izolačního stavu zkoušeného elektromotoru
- dynamometr a zkoušený elektromotor je automaticky vypnut při poklesu izolačního stavu na hodnotu  $300\Omega/1V$

### 3.4.1 Zjišťované závady

Na základě analýzy výsledků proměřených elektromotorů byly stanoveny okruhy závad, které je možno zjistit pomocí zkoušky výkonů:

- zkratky v magnetickém obvodu
- přerušené tyče rotorového vinutí asynchronního elektromotoru
- nedokonale provedená izolace mezi závitky a mezi kostrou zařízení
- nedokonalá impregnace vinutí nebo nedokonale vysušený impregnační lak

[Hudeczek, 2011, s. 127]

### 3.5 Skladování

Skladování je ve své podstatě neefektivní záležitost – uskladněné zásoby nejenže neprodukují žádnou hodnotu, ale naopak navyšují firmě náklady a vážou zbytečně peníze. Jakkoli se moderní metody řízení snaží omezit skladování na minimum, zůstávají sklady dosti významnou součástí podnikové logistiky a jsou provozovány v naprosté většině výrobních a obchodních firem.

Optimalizaci skladu můžeme zjednodušeně postavit na třech zásadách:

- rychlost dohledání
- minimalizace manipulace
- minimalizace administrativy

[Janda, 2015]

Skladovací prostor musí být čistý, bezprašný a suchý. Je třeba vyloučit náhlé změny teploty, neboť by mohly způsobit orosení motoru. Teplota v prostoru nemá klesnout pod  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Všechny části elektromotorů a přístrojů s vinutím musí být při skladování chráněny

před znehodnocením a poškozením izolace vlhkem, chemickým vlivem prostředí a cizím zásahem.

Bedny s elektromotory a jejich příslušenstvím v uzavřeném skladu mají být otevřeny. Dřevitá vlna, která může snadno zvlhnout, musí být z beden odstraněna.

### **3.5.1 Kontrola skladovaných elektromotorů.**

Trvá-li uskladnění elektromotorů déle než tři měsíce je nutné elektromotory pravidelně prohlížet a kontrolovat izolační odpor vinutí. Doporučuje se dělat kontrolu každé dva měsíce.

Při každé pravidelné prohlídce uskladněných elektromotorů se zároveň kontroluje stav ochranných konzervačních nátěrů, lícovaných ploch apod. Konzervační nátěr je nutno vždy opravit, a to poprvé hned při ukončení dopravy a složení do skladu, protože při této manipulaci je poškození nejspíše možné.

Navlhlé vinutí je nutné vysušit, plíseň odstranit a nátěr opravit kvalitním povrchovým izolačním lakem. Při větším poškození v průběhu skladování (zaplavení aj.) se doporučuje elektromotor vrátit výrobci k opravě.

Podrobná ustanovení o skladování motorů jsou v ČSN 35 0005. [Bartoň, 1971, s. 150-152]

### **3.5.2 Temperování**

Pokud je elektromotor nebo statický měnič mimo provoz (při skladování, po dobu odstavení apod.), musí se zabránit kondenzaci vody. Docílí se toho temperováním vnitřních prostor elektromotoru nebo měniče, případně vložením látky pohlcující vlhkost (typu silikagelů). Ve druhém případě se chrání pouze vnitřek zařízení.

Temperování je nejspolehlivějším a dobře kontrolovatelným způsobem. Spočívá v udržování temperovaného předmětu asi 3 - 10 °C nad teplotou okolí. K tomu slouží buď trvale vestavěné, nebo po dobu odstavení do nitra zařízení instalované elektrické vytápěcí těleso. [Roubíček, 2004, s. 153]

### **3.5.3 Optimalizace skladu**

Jedním z předpokladů pro zvýšení efektivnosti skladování je i vyřešení problému optimálního vnitřního uspořádání skladu včetně volby optimálního dopravního prostředku. Je samozřejmé, že uspořádání skladu i volba manipulačního prostředku bude nutně souviset i se skladovaným materiálem, jeho vahou, rozměry, požadavky na skladování a v neposlední řadě i jeho obrátkovostí. V dalším případě je uvedena exaktní metoda, která má umožnit nejen

hodnocení výhodnosti jednotlivých skladů nebo skladovacích prostředků, ale i umožnit vlastní návrh optimálního nebo sub optimálního uspořádání, případně určení manipulačního prostředku.

Je samozřejmé, že vzhledem k šíři celé problematiky není možné určit jedinou univerzálně použitelnou metodu, kterou by bylo možné použít pro řešení všech možných problémů. Proto je vlastní metoda určena pro řešení problematiky skladů, ve kterých se skladuje materiál, se kterým se manipuluje v ucelených manipulačních jednotkách, ať již jde o palety, bedny, sudy, nebo jiné jednotky. To sice neznamená, že v jiných než uvedených případech nebude možné její použití, je však nutné postupovat při jednotlivých aplikacích s ohledem na všechny použité předpoklady. Přitom použití vlastní metody nemusí být omezeno pouze na řešení nových skladů, nýbrž je možné jej využít i při provádění rekonstrukcí, řešení výhodnějšího vnitřního uspořádání skladu, zavádění nové technologie skladování, volbě druhu a počtu manipulačních prostředků, volbě rozmístění jednotlivých druhů materiálů atd. [Ramajzl, 1969, s. 5-6]

### **3.5.4 Pojem a klasifikace zásob**

Z hlediska problémů řešených teorií zásob je účelné členit hmotné zásoby na tyto čtyři části:

- obratovou
- pojistnou
- technologickou
- spekulativní

V praxi se obratová a pojistná složka vyskytuje skoro u každé zásoby, zatímco s oběma zbývajících se setkáváme spíše ojediněle.

#### **Zásoba obratová**

Obratová zásoba bývá definována jako zásoba, kterou se uspokojuje očekávaná potřeba (krytí poptávky, spotřeba) v průběhu jednoho dodávkového cyklu. Dodávkový cyklus je definován jako doba, která uplyne mezi dvěma po sobě následujícími dodávkami, popř. dvojím po sobě jdoucím doplněním zásob.

Obratová zásoba vzniká v reprodukčním procesu víceméně nezávisle na lidské vůli, a to působením dvou činitelů:

- místním nesouladem mezi výrobou a potřebou
- nesouladem v intenzitě výroby a potřeby

### **Zásoba pojistná**

Na rozdíl od obratové zásoby, která vzniká víceméně nezávisle na lidské vůli, vytvářejí pojistnou zásobu hospodařící subjekty záměrně. Důvodem je skutečnost, že v hospodářské praxi zpravidla nelze stanovit předem s naprostou jistotou ani průběh budoucí potřeby, ani průběh dodávek, obojí lze pouze pravděpodobnostně odhadovat. Pojistná zásoba má čelit oběma těmto nejistotám a zabezpečovat uspokojování potřeby i při náhodných odchylkách skutečné potřeby od očekávané a náhodných odchylkách skutečných dodávek od smluvně zajištěných. Jestliže je možné předem stanovit výši budoucí potřeby s naprostou jistotou a existuje jistota, že objednané zboží bude ve sjednaném období dodáno, není třeba pojistnou zásobu vytvářet vůbec. Podobné případy jsou však v hospodářské praxi ojedinělé.

Budeme-li tedy vycházet z tohoto pojetí funkce pojistné zásoby, můžeme pojistnou zásobu definovat jako část celkové zásoby, která má zabezpečovat uspokojování potřeb při náhodných odchylkách skutečné potřeby od očekávané a při náhodných odchylkách skutečných dodávek od smluvně zajištěných. [Quido, 1979, s. 25-29]

#### **3.5.5 Náklady na skladování**

Tyto náklady souvisí s udržováním obratové i pojistné zásoby. Jejich společným znakem je, že rostou zároveň s růstem zásoby; jde především o tyto nákladové druhy:

- úroky ze zásob
- odvod jmění ve výši odpovídající neúvěrované hodnotě zásob
- ztráty ze skladování (zničením, ztrátou na užitné hodnotě)
- náklady na ošetřování zásob (pokud přicházejí v úvahu)
- za určitých podmínek i náklady na udržování skladových budov a zařízení a odpisy z nich

Tyto nákladové druhy se do nákladů na skladování zahrnují jen tehdy, lze-li s ohledem na dané stavební řešení prostor a zařízení pro skladování aspoň po určitých modulech zvětšovat nebo zmenšovat při snižování nebo zvyšování zásob, jedině za těchto podmínek se totiž tyto náklady nebo jejich část připadající na skladující subjekt mohou měnit v závislosti na velikosti zásoby. Jinak mají z hlediska skladujícího subjektu fixní povahu a nepatří do nákladů na skladování. Zkušenosti získané při analýzách v podnicích ukázaly, že vyčíslení konkrétní výše těchto nákladů nečiní potíže. [Quido, 1979, s. 35]

### 3.5.6 Důvod řízení zásob

Není jednoznačné, zda a v jakých případech je výhodnější větší nebo menší zásoba. Při řízení systémů zásob je třeba vzít v úvahu následující základní aspekty:

- V zásobách je vázáno nezanedbatelné množství prostředků, tj. pokud jsou zásoby nadbytečně vysoké, zbytečně se blokují prostředky (finance), které by mohly být použity jinde. Navíc je třeba počítat s náklady na skladování.
- časté objednávky (dodávky) sice snižují náklady na skladování i prostředky vázané v zásobách, ale zvyšují náklady na dopravu a další položky spojené se zásobovacími procesy
- nedostatečná zásoba může vést k nepoměrně vyšším ztrátám, než jsou skladovací náklady např. při nutnosti zastavit výrobu nebo při ztrátě zákazníka

[Domeová a Beránková, 2004, s. 5]

### 3.5.7 Pořízení zásob nákupem

Nakoupené zásoby jsou oceněny pořizovací cenou, to jest cenou vynaloženou na pořízení (cena pořízení) i náklady související s pořízením jako např. dopravné, skladné, výlohy spojené s proclením atd. V případě vnitropodnikových služeb spojených s pořízením zásob se do pořizovací ceny zahrnuje kromě ceny pořízení jen přepravné a vlastní náklady na úpravu (zpracování) materiálu. Do nákladů souvisejících s pořízením se zahrnuje kromě výše uvedených položek i např. poštovné, pojistné při přepravě nebo skladné v meziskladech. Mezi náklady souvisejícími s pořízením je uvedeno i clo. Musí být vždy, podobně jako přepravné a další náklady spojené s pořízením, zahrnuto do pořizovací ceny, i když bylo zjištěno po ukončení období vytváření zásob. Toto ustanovení neplatí, na rozdíl od pořizování investičního majetku, pro finanční náklady (např. úroky), které se při pořízení zásob obvykle do pořizovací ceny nezahrnují. [Louša, 1994, s. 10]

### 3.5.8 Množstevní slevy

V případě množstevních slev odběratel obvykle bere v úvahu pouze úsporu v důsledku nižší pořizovací ceny. Je však třeba vyčíslit také vyšší skladovací náklady způsobené vyšší průměrnou zásobou a někdy i rozdíl v nákladech na pořízení dodávky např. nájem nákladního automobilu pro dopravu většího množství. [Domeová a Beránková, 2004, s. 22]

### **3.5.9 Zpracování zásob**

Zásoby (jak materiál, tak zboží) je často potřebné před jejich použitím či prodejem upravit. Touto úpravou dochází k jejich zhodnocení o vynaložené náklady. Podobně je tomu i při renovaci náhradních dílů. Renovace je vlastně oprava určité součástky, obnova původních vlastností určité zásoby.

Účtování o renovaci probíhá ve třech etapách. V první je účtováno o změně hospodářského výsledku důsledkem vrácení užitné hodnoty při opravě získaného poškozeného dílu na sklad. Tuto hodnotu si stanoví účetní jednotka sama a měla by být taková, že po přičtení předpokládané ceny opravy, nepřekročí cenu nového materiálu. Pokud by cena za opravu byla vyšší, než cena nového dílu, obvykle nebude prováděna oprava, ale pořízen nový díl. V druhé etapě dochází k předání této zásoby do opravy a ve třetí fázi přejímáme na sklad opravenou věc a účtujeme o ceně za provedenou službu. Při tom mohou být zjištěny odchylky skutečné ceny od pevné ceny, v které máme tyto zásoby oceněny na skladě, pokud zásoby oceňujeme předem stanovenou cenou. Tato cena by měla být stanovena dle předpokládané ceny kalkulované jako součet odhadnuté ceny porouchaného dílu a náklady na jeho opravu. Vedlejší náklady účtujeme přímo do spotřeby, protože nejde o pořízení nové zásoby.

Při účtování o úpravě skladovaných zásob je postup stejný, chybí pouze vrácení předmětu ze spotřeby na sklad.

Účetní jednotka, která zpracovává či opravuje zásoby jiných účetních jednotek, sleduje tyto v podrozvahové evidenci. Podrozvahová evidence se vede o veškerém majetku, který má účetní jednotka svěřena do opatrování jinými účetními jednotkami. Může jít i o konsignační sklad, půjčené předměty, omylem převzatý majetek jiných osob atd. [Louša, 1994, s. 22]

### **3.6 Snižování nákladů v podniku**

Snižování nákladů může mít za následek také snížení hodnoty a kvality výkonu (výrobku nebo služby) vnímaných zákazníkem. Ke snižování nákladů musí organizace přistupovat s rozmyslem. Ne vždy může snížení nákladů přinést onen kýžený efekt zvýšení ekonomické účinnosti vynaložených nákladů. Zákazníci jsou v dnešní době extrémně citliví na vnímanou hodnotu produktu. Další a další rány v podobě snižování nákladů mohou nakonec poškodit kvalitu produktu, odradit zákazníky a dávat špatný signál akcionářům a dalším zainteresovaným skupinám. V některých odvětvích může zlevnění výkonu, které jsme mohli provést díky nižším nákladům, paradoxně vést ke snížení poptávky, a to

v případě, že se věcná podstata výkonu nijak nezměnila, protože daný produkt přestane být vnímán jako ten nejlepší dostupný. [Popesko, 2009, s. 20]

Snížování nákladů určitě nespočívá v jednoduchém „osekávání“ nákladů na základě letmého pohledu do účetnictví. Velmi často je lepší cestou k cíli pokusit se o dosažení vyššího užítku či vyšší hodnoty výstupů se stávajícími nákladovými strukturami a docílit tak skutečně hospodárného vynakládání nákladů. To znamená umět lépe využít existující potenciál podniku, s kterým je svázána určitá úroveň nákladů (optimalizace poměru náklady – užitek = myšlení ve výnosech), než se pokoušet o odbourání nákladů, čímž může dojít také ke snížení doposud dosahovaného užítku, jak jsme si ukázali. Pokud tedy „osekáme“ náklad bez znalosti jeho vazeb s výkony, pravděpodobně se nevyhneme snížení kvality nebo rozsahu výkonů. Nákladové racionalizaci musí předcházet analýza vazeb mezi náklady a výkony. Co přinese např. minimalizace nákladů v logistice, když tím utrpí míra poskytované služby nebo včasnost. Lepší organizaci prováděných aktivit a činností můžeme dosáhnout nákladové optimalizace a zvýšit efekt z vynaložených nákladů. [Popesko, 2009, s. 21]

### **3.6.1 Etapy snižování nákladů u výrobního procesu**

Hledání nejvhodnějších cest k nákladovému „zeštíhlení“ se řeší nejlépe při komplexním pohledu na problematiku celé výrobní jednotky. S tímto cílem se provede během jistého časového období:

- komplexní analýza situace v hospodářské jednotce
- vybere se soubor problémů, které by se měly řešit
- sestaví se pořadí jejich řešení podle stupně naléhavosti nebo podle předpokládaného přínosu
- sestaví se časový a věcný plán řešení vytipovaných problémů daný zejména kapacitními možnostmi pracovníků, kteří se tím zbývají

Dalšími etapami řešení konkrétního problému již podle standardního postupu je:

- postupné variantní nalezení cest k nákladovému „zeštíhlení“
- výběr vhodné varianty a návrh technických, technologických, organizačních, ekonomických a jiných změn (úprav)
- zavedení navržených změn do provozního užívání
- běžné osvojení navržených změn osazenstvem
- ekonomická kontrola přínosu osvojených změn



- toto komplexní pojetí posouzení je charakteristické jak pro renomované poradenské firmy, tak racionální útvary, případně částečně i pro výzkumné ústavy. Uvedené firmy mají pro svou práci vyvinuty speciální metody a disponují soubory dat ve svých databankách pro příslušná srovnání.

Jejich práce není z pochopitelných důvodů levná. To bývá kupříkladu jeden z důvodů, proč si zejména ekonomicky slabší firmy tuto službu často nemohou dovolit.

Dále se vyskytuje obava, že poradenská firma (za peníze objednavatele) dostává k souboru informací (know-how), které tvoří mnohdy i jistý podíl obchodního tajemství firmy. [Kafka, 1999, s. 11]

### **3.7 Ukazatele rentability (výnosnosti)**

Ukazatele rentability poměřují konečný efekt dosažený podnikatelskou činností k určitému vstupu., a to buď k celkovým aktivům (majetku), kapitálu (vlastní jmění) nebo k tržbám.

Tento blok ukazatelů by měl vždy obsahovat minimálně pět následujících poměrových ukazatelů:

- Rentabilita vloženého kapitálu. Ukazatel slouží k měření efektivnosti dlouhodobě investovaného kapitálu.
- Rentabilita úhrnných vložených prostředků. Základní měřítko rentability. Měří, jaký efekt připadá na jednotku majetku zapojeného do podnikatelské činnosti.
- Rentabilita vlastního jmění. Měří výnosnost vlastního kapitálu.
- Rentabilita tržeb.
- Ekonomická přidaná hodnota.

Rentabilita úhrnných vložených prostředků bývá obvykle považována za klíčový ukazatel rentability. Je tomu tak proto, že poměřuje dosažený efekt k celkově zapojenému majetku do podnikatelské činnosti. [Kislingerová, 1999, s. 55-58]

### **3.8 Hospodářský výsledek**

Rozdíl provozních výnosů a provozních nákladů je provozní hospodářský výsledek. Ten tvoří základ hospodářského výsledku v průmyslových podnicích a platí, že zásadně by měl být kladný. V případě, že již zde vzniká záporná hodnota, je vždy důvod k hlubší analýze příčin tohoto stavu.

Druhou složkou hospodářského výsledku je část finanční. Finanční výnosy a finanční náklady tvoří jeho základ. Tento výsledek je obvykle v průmyslových podnicích záporný, neboť rozhodující položkou jsou zde nákladové úroky.

Třetí složkou z hlediska tvorby hospodářského výsledku tvoří mimořádný hospodářský výsledek, který je rozdílem mimořádných výnosů a nákladů.

Stupně hospodářského výsledku za účetní období:

- provozní hospodářský výsledek
- hospodářský výsledek z finančních operací
- hospodářský výsledek za běžnou činnost
- mimořádný hospodářský výsledek
- hospodářský výsledek za účetní období
- hospodářský výsledek před zdaněním

Součet dílčích hospodářských výsledků pak vytváří hospodářský výsledek za účetní období. Tento výsledek podléhá zdanění, které se řídí zákonem o dani z příjmu. [Kislingerová, 1999, s. 46-47]

## 4 Analytická část

### 4.1 Základní informace o podniku

Historie sledovaného podniku chemického průmyslu sahá až do roku 1904, kdy byla postavena výrobní jednotka superfosfátu a kyseliny sírové. Po druhé světové válce se vystavěl první blok kyseliny dusičné a výrobní jednotka ledku amonného s vápencem a tím byl vybudován na svou dobu rozsáhlý chemický areál. Od té doby se vystavělo několik dalších výroben. Nejnovější je sledovaný Provoz 01. Podnik zaměstnává přes 600 stálých pracovníků a většinu opravárenských a investičních činností provádí externí firmy.

V současné době je podnik největším výrobcem hnojiv v České republice a svým výrobním programem výrazně přispěl k rozvoji českého zemědělství. Hlavním zaměřením výrobního podniku je výroba a prodej dusíkatých a vícesložkových hnojiv v tuhé i kapalné formě. Podnik klade velký důraz na kvalitu svých výrobků.

Celý proces výroby a prodeje je certifikován podle normy ČSN ISO 9001:2009. Další prioritou je šetrný vztah k životnímu prostředí, který je ohodnocen certifikátem RESPONSIBLE CARE a ISO 14001. [Zdroj: Oficiální internetová stránka podniku]

### 4.2 Seznam elektromotorů

Seznam elektromotorů je zpracován pro potřeby mechanika a směnové údržby z důvodu rychlého vyhledání náhrady i při nečitelnosti výkonového štítku, který se nachází na elektromotoru. Nečitelnost štítku je způsobena mechanickým poškozením nebo vlivem agresivního chemického prostředí, které způsobuje rychlejší korozi.

V seznamu jsou zpracovány různé informace, které nejsou uvedeny na výkonovém štítku elektromotoru, ale jsou ke správné identifikaci potřeba. U některých pozic je to i typ a výrobní číslo převodovky, vzhledem ke specifičnosti soustrojí. Ideální variantou bylo i nafocení jednotlivých elektromotorů a výkonových štítků, což umožní vyhledání náhrady, aniž by mechanik musel fyzicky na pozici.

Časová úspora je v tomto případě 30 minut. Ve výsledku je peněžní úspora 26 562 Kč při jedné havárii o ranní směnu.

**[Vzorec č. 5: Finanční vyjádření časové úspory]**

$$CZ = ZZN \times TÚ = 53\,125 \times 0,5 = 26\,562 \text{ Kč}$$

**Tabulka č. 1: Část seznamu elektromotorů**

| Provoz    | Objekt | Patro | Motor skladem |        |   | Foto |     | Věrohodnost údajů | Režim údržby                        | Název zařízení | Nutno držet skladem | Technol. číslo |     | Výkon | Počet pólů | Provedení | Brzda | Maznice | Osová výška |
|-----------|--------|-------|---------------|--------|---|------|-----|-------------------|-------------------------------------|----------------|---------------------|----------------|-----|-------|------------|-----------|-------|---------|-------------|
|           |        |       | Motor         | Štítek |   |      | Typ |                   |                                     |                |                     | Označení       |     |       |            |           |       |         |             |
| Provoz 01 | 500    | 1p.   | x             | x      | x | 1    | 3   |                   | Bubnový granulátor - levý           | x              | D                   | 3315           | 55  | 4     | B5         |           |       | 250     |             |
| Provoz 01 | 500    | 1p.   | x             | x      | x | 1    | 3   |                   | Bubnový granulátor - pravý          | x              | D                   | 3315           | 55  | 4     | B5         |           |       | 250     |             |
| Provoz 01 | 500    | 1p.   | x             | x      | x | 1    | 3   |                   | Ventilátor                          | x              | K                   | 3445           | 11  | 2     | B3         |           |       | 160     |             |
| Provoz 01 | 500    | 1p.   | x             | x      | x | 1    | 3   |                   | Příložný vibrátor T4302 - věž u UGL | x              | X                   | 4304           | 2   | 2     | -          |           |       | -       |             |
| Provoz 01 | 500    | 1p.   | x             | x      | x | 1    | 3   |                   | Čerpadlo čínidla do D3510           |                | P                   | 3570A          | 3   | 2     | B3         |           |       | 100     |             |
| Provoz 01 | 500    | 1p.   | x             | x      | x | 1    | 3   |                   | Čerpadlo čínidla do D3510           |                | P                   | 3570B          | 3   | 2     | B3         |           |       | 100     |             |
| Provoz 01 | 500    | 1p.   | x             | x      | x | 1    | 3   |                   | Čerpadlo pracích vod                |                | P                   | 3676A          | 15  | 2     | B3         |           |       | 160     |             |
| Provoz 01 | 500    | 1p.   | x             | x      | x | 1    | 3   |                   | Čerpadlo pracích vod                |                | P                   | 3676B          | 15  | 2     | B3         |           |       | 160     |             |
| Provoz 01 | 500    | 1p.   | x             | x      | x | 1    | 3   |                   | Čerpadlo břechky na ohřev           |                | P                   | 3930A          | 75  | 4     | B3         |           | x     | 280     |             |
| Provoz 01 | 500    | 1p.   | x             | x      | x | 1    | 3   |                   | Čerpadlo břechky na ohřev           |                | P                   | 3930B          | 75  | 4     | B3         |           | x     | 280     |             |
| Provoz 01 | 500    | 1p.p. | x             | x      | x | 1    | 3   |                   | Dvoušnekový granulátor              | x              | G                   | 3310           | 90  | 6     | B3         |           | x     | 315     |             |
| Provoz 01 | 500    | 1p.p. | x             | x      | x | 1    | 3   |                   | Pudrovací buben - levý              | x              | D                   | 3510           | 9,2 | 4     | Bspec.     |           |       | 132     |             |
| Provoz 01 | 500    | 1p.p. | x             | x      | x | 1    | 3   |                   | Pudrovací buben - pravý             | x              | D                   | 3510           | 9,2 | 4     | Bspec.     |           |       | 132     |             |
| Provoz 01 | 500    | 1p.p. |               | x      | x | 1    | 3   |                   | Ventilátor vzduchotechniky          |                | K                   | 500191         | 2,2 | 6     | B3         |           |       | 112     |             |
| Provoz 01 | 500    | 1p.p. |               | x      | x | 1    | 3   |                   | Ventilátor vzduchotechniky          |                | K                   | 500211         | 2,2 | 6     | B3         |           |       | 112     |             |
| Provoz 01 | 500    | 1p.p. |               | x      | x | 1    | 3   |                   | Ventilátor vzduchotechniky          |                | K                   | 500231         | 2,2 | 6     | B3         |           |       | 112     |             |

Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2019, vlastní zpracování

#### 4.2.1 Pozice odstavující výrobní jednotku

Ve spolupráci s technologií a pracovníky výrobní jednotky byly vytipovány elektromotory, jejichž porucha způsobí odstavení celé výrobní jednotky. Tento způsob byl zvolen z důvodu separace nedůležitých elektromotorů, které není potřeba držet skladem, tudíž není nutné vynakládat finanční prostředky na méně důležitá zařízení. Důležité pozice jsou vyznačeny v seznamu elektromotorů ve sloupci „Nutno držet skladem“. Separace nedůležitých elektromotorů se ukázala jako velice zajímavé řešení, bylo umožněno omezenými finančními prostředky obsadit veškeré pozice odstavující výrobní jednotku, což znamená úsporu velkého množství nákladů. Dále jsou tu pozice, které navíc způsobí další škody při delším odstavení. Například při zatvrdnutí hnojiva v sušící peci trvá minimálně 48 hodin, než se sbíječkami pec vyčistí (obdobná tvrdost jako beton) a podobně.

#### 4.2.2 Čištění elektromotorů

Elektromotory jsou nejvíce namáhány vlivem vysoké prašnosti uvnitř jednotlivých výrobních jednotek. Prašné prostředí obsahuje velmi agresivní látky způsobující předčasnou korozi, proto musí být elektromotory opatřeny speciálními nátěry, které ji zpomalí. Vrstva prachu na některých pozicích zcela zakrývá elektromotor a znemožňuje mu tak správné chlazení, čímž dochází k celkovému zahřívání. Vyšší teplota elektromotoru způsobuje degradaci vinutí i maziva, které se nachází v ložiscích.

**Obrázek č. 1: Nejvíce znečištěná část výrobní jednotky**



Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2019

Z důvodu prevence proti výše uvedené degradaci provádí Firma 04 v měsíčních intervalech nebo podle odstavení výrobní jednotky čištění usazenin na elektromotorech. Čištění prodlouží životnost elektromotoru o několik let. Při mimořádné události, kdy byla silná vrstva prachových částic hnojiva na elektromotoru 315 kW, došlo k výraznému zhoršení stavu ložisek v krátkém časovém úseku vlivem degradujícího maziva zapříčiněného vysokou teplotou elektromotoru. Elektromotor je nadále sledován a bude odeslán při nejbližší odstávce na revizi.

**[Vzorec č. 3: Celkové náklady na čištění elektromotorů]**

$$P = PO \times TH \times SE \times TC = 5 \times 7 \times 249 \times 12 = 104\,580 \text{ Kč}$$

**Obrázek č. 2: Elektromotor před/po čištění**



Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2019

Obrázek č. 3: Nástroje používané při čištění elektromotorů



Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2019

#### 4.2.3 Diagnostika elektromotorů

Diagnostiku elektromotorů provádí interní diagnostik na základě seznamu vytipovaných elektromotorů ve 14 denních cyklech. Především se jedná o elektromotory nad 37 kW. Na menších elektromotorech se měření ukázalo jako neefektivní z důvodu zkreslení hodnot vlivem nízkých výkonů. Měří se například vibrace u ložisek, stavy ložisek a jiné. Data z měření jsou dále zpracovávána diagnostikem a sledují se vývojové trendy.

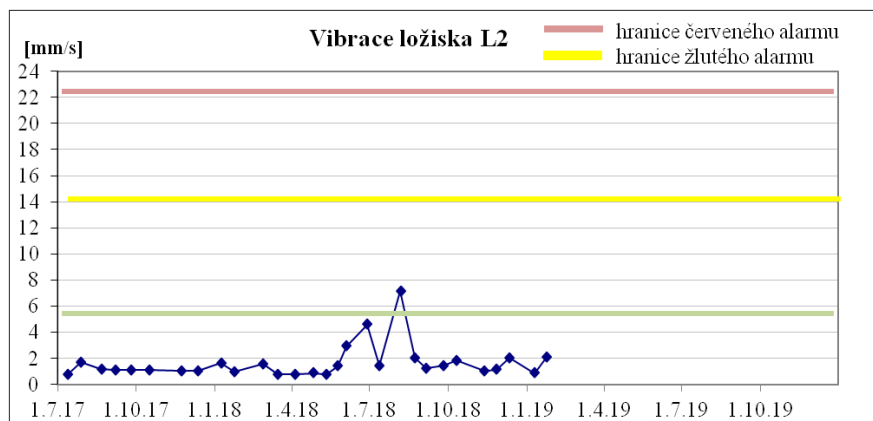
Výstupem diagnostiky jsou trendy vibrací, trendy stavů ložisek a seznam elektromotorů, které je třeba odeslat do revize na výměnu ložisek popř. vyvážení rotorových částí.

Při mimořádných událostech, kdy není zjevná příčina zvýšených vibrací, je využíván diagnostik z externí firmy.

#### [Vzorec č. 1: Celkové náklady na diagnostiku]

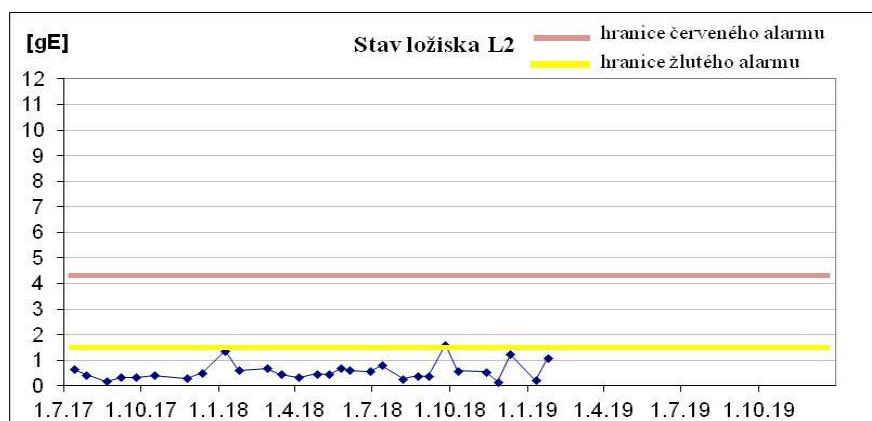
$$P = PM\check{R} + PD + SD \times TO + SZ \times TZ + PP$$
$$= 260 + 1000 + 260 \times 4 + 206 \times 4 + 750 + 260 = 4\,134 \text{ Kč}$$

Graf č. 1: Vibrace ložiska L2 pohonu ventilátoru K4090



Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2019

**Graf č. 2: Stav ložiska L2 pohonu ventilátoru K4090**



Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2019

#### 4.2.4 Preventivní revize

Bohužel nastávají situace, kdy je zkáza ložiska velice rychlá. Přestože je mírné navýšení stavu ložisek podchyceno diagnostikem, nastane havárie během několika hodin či dní. Za poslední dva roky, nastala tato situace pouze jednou na 6 kV elektromotoru o výkonu 240 kW. Pro elektromotor to byla totální havárie, rotor zavadil o stator a došlo k průrazu vinutí. Škoda se vyšplhala na 1 mil. Kč (čerpadlo mělo zálohu, tudíž nedošlo ke ztrátě z nevyroby). Proto se zavádí na vybraných strojích i preventivní revize, která není zcela efektivní, ale dokáže předcházet podobným haváriím.

Termíny preventivních revizí jsou zpravidla dva roky, nyní je testováno tento termín prodloužit na 4 roky z důvodu úspory velkého množství nákladů. Elektromotory u kterých je tento termín prodloužen, jsou podrobněji sledovány, aby nedošlo k jejich havárii. Termín dva roky byl zaveden historicky z důvodu deklarování záruky výrobcem ložisek. Tento termín je ovšem ze zkušenosti příliš krátký, jelikož zde jsou elektromotory, které běží bez revize i 10 let a z historického hlediska je zřejmé, že elektromotor pravidelně odesílaný do revize zhavaruje s větší pravděpodobností než elektromotor fungující bez pravidelné revize (odesílán zpravidla jen na základě výstupu z diagnostiky).

Při preventivní revizi jsou požadovány následující činnosti:

- demontáž elektromotoru
- vyčištění jednotlivých dílců elektromotoru
- kontrola komponentů ložiskových uzlů včetně tolerovaných rozměrů
- kontrola magnetického obvodu a celistvosti rotorové klece
- vyvážení rotoru a rotujících dílců
- kontrola jakosti izolačního systému vinutí NN, měřením (Rč, Riz, PI)

- kontrola teplotních snímačů vinutí a ložiskových uzlů
- vyčištění statorového vinutí, v případě potřeby tzv. mokrou cestou
- sušení statoru v impregnační peci, impregnace vinutí a izolačního systému zaplavením, za tepla v impregnantu s následným vytvrzením v impregnační peci
- zpětná montáž motoru včetně výměny ložisek (průběhu montáže ložisek mezioperační kontrola izolace ložiskového uzlu)
- povrchová úprava elektromotoru chemicky odolnou barvou v šedém odstínu RAL7001 na vhodně upravený povrch.
- závěrečné výstupní zkoušky dokladované protokolem
- povrchová úprava motoru nástřikem syntetickou barvou v šedém odstínu
- v průběhu opravy budou prováděny záznamy o skutečném stavu elektromotoru a komponentů, které budou vloženy do zprávy o skutečném stavu

[Zdroj: Interní dokumentace podniku, vlastní zpracování]

Vytipování elektromotorů probíhá za součinnosti mechanika s diagnostikem, strojním mechanikem a pracovníkem výrobní jednotky. Výrobní jednotky mechanik také prochází a vybírá elektromotory dle míry koroze a pravděpodobnosti blízké havárie. Preventivní revize se primárně plánují na odstávky výrobní jednotky. Není možno odstavit výrobní jednotku nebo posunout nájezd kvůli plánované revizi – pouze při mimořádné události, kde hrozí okamžitá havárie a poškození dalších součástí.

Bohužel se setkáváme i s případy, kdy si firma závadu uměle vytvoří a pak provádí práce, které jsou zcela zbytečné. Byly již odhaleny dvě uměle vytvořené závady. Revize byla ukončena se záznamem, že se záruka nevztahuje na danou věc a tento elektromotor byl odeslán do jiné externí firmy ke zjištění skutečného stavu bez upozornění, o jakou závadu se jedná. Elektromotor byl dvakrát navrácen jako zcela vyhovující. Tato firma je i nadále sledována a v případě dalších pochybení a vytváření umělých závad bude věc již řešena nápravnými opatřeními.

Podle zkušeností diagnostiků a externích firem je vhodné řešit preventivní opravy u elektromotorů nad 18,5 kW výkonu. U nižších výkonů je toto řešení neefektivní a je vhodnější řešit revizi elektromotoru výměnou za nový.



**Tabulka č. 2: Rozklad ceny revize elektromotoru 100kW**

| Popis                                       | Počet MJ | MJ  | Cena MJ bez DPH | Celk. cena bez DPH |
|---|----------|-----|-----------------|--------------------|
| Vstupní prohlídka                           | 2        | hod | 750 Kč          | 1500 Kč            |
| Demontáž elektromotoru na revizi a měření   | 5        | hod | 450 Kč          | 2250 Kč            |
| Měření kontrola průměrů a ost. rozměrů      | 1        | hod | 750 Kč          | 750 Kč             |
| Revizní práce, čištění, lak, sušení, atd    | 2,5      | hod | 390 Kč          | 975 Kč             |
| Vyvážení rotoru                             | 2,5      | hod | 750 Kč          | 1875 Kč            |
| Montáž elektromotoru po revizi              | 8        | hod | 390 Kč          | 3120 Kč            |
| Vstupní a mezioperační zkoušky,             | 1        | hod | 750 Kč          | 750 Kč             |
| Čištění dílů                                | 1,5      | hod | 390 Kč          | 585 Kč             |
| Výstupní zkoušení elektromotoru - protokoly | 2        | hod | 750 Kč          | 1500 Kč            |
| Ložiska SKF                                 | 2        | ks  |                 | 4789 Kč            |
| Spojovací materiál                          |          | hod | 275 Kč          | 275 Kč             |
| Vrchní lak, ředidla, zákl. lak, atd         |          |     | 750 Kč          | 750 Kč             |
| Doprava veškerá na zakázce                  |          |     | 1500 Kč         | 1500 Kč            |
| <b>Celkem cena bez DPH:</b>                 |          |     |                 | <b>20619 Kč</b>    |

Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2019, vlastní zpracování

#### 4.2.5 Mazání elektromotorů

Mazány jsou veškeré elektromotory, které nemají trvalou náplň. Prvotní seznam byl vytvořen fyzickým procházením pozic, postupně je tento seznam doplňován, dle nahrazování elektromotorů.

Historicky se používalo několik druhů maziv, což bylo neefektivní a hrozilo mísení maziv zapříčiněné chybou pracovníka provádějícího mazání. Proto byly postupně maziva nahrazeny jedním speciálním mazivem, které je vhodné jak pro vysoké teploty, tak pro vysoké otáčky a vydrží i mrazivé počasí.

Zde je zvažován nákup mazacího lisu, jehož součástí je diagnostický přístroj, který jednoduše při mazání zjistí, zda se ložisko při mazání chová standardně, je plně namazáno, anebo že je ložisko trvale poškozeno a je třeba jeho výměna.

[Vzorec č. 2: Celkové náklady na mazání elektromotorů]

$$PM = \frac{PB}{\frac{CM}{Q \times M}} \times TC = \frac{7\ 150}{\frac{16}{200 \times 20}} \times 4 = 7\ 150\ Kč$$

$$P = PO \times TH \times SE \times TC + PM = 2 \times 14 \times 249 \times 4 + 7\ 150 = 35\ 038\ Kč$$

**Tabulka č. 3: Mazací plán**

| Provoz    | Objekt | Patro | Název zařízení                           | Technol. číslo |          | Výkon: | Poslední datum mazání | Poslední mazání za provozu | Nutno ihned namazat za provozu |
|-----------|--------|-------|--|----------------|----------|--------|-----------------------|----------------------------|--------------------------------|
|           |        |       |  | Typ            | Označení |        |                       |                            |                                |
| Provoz 01 | 500    | 1p.   | Čerpadlo břechky na ohřev                | P              | 3930A    | 75     | 12.12.2018            | 24.5.2018                  |                                |
| Provoz 01 | 500    | 1p.   | Čerpadlo břechky na ohřev                | P              | 3930B    | 75     | 12.12.2018            | 24.5.2018                  |                                |
| Provoz 01 | 500    | 1p.p. | Dvoušnekový granulátor                   | G              | 3310     | 90     | 12.12.2018            | 22.8.2018                  |                                |
| Provoz 01 | 500    | 2p.   | Cirkulační čerpadlo břechky reaktoru č.2 | P              | 3232     | 37     | 12.12.2018            | 24.5.2018                  |                                |
| Provoz 01 | 500    | 2p.   | Ventilátor třídící linky                 | K              | 3624     | 55     | 12.12.2018            | 12.12.2018                 |                                |
| Provoz 01 | 500    | 2p.   | Ventilátor granulární linky              | K              | 3628     | 250    | 12.12.2018            | 12.12.2018                 |                                |
| Provoz 01 | 500    | 2p.   | Ventilátor granulární linky              | K              | 3629     | 250    | 12.12.2018            | 12.12.2018                 |                                |
| Provoz 01 | 500    | 2p.   | Cirkulační čerpadlo břechky reaktoru č.1 | P              | 3920     | 30     | 12.12.2018            | 24.5.2018                  |                                |
| Provoz 01 | 500    | 2p.   | Ventilátor k pračce odplynů              | K              | 3671B    |        | 24.5.2018             | -                          | !!!                            |
| Provoz 01 | 500    | 3p.   | Ventilátor k pračce odplynů              | K              | 3671A    | 37     | 12.12.2018            | 22.8.2018                  |                                |
| Provoz 01 | 500    | 4p.   | Ventilátor pračky sušícího bubnu         | K              | 4090     | 315    | 12.12.2018            | 12.12.2018                 |                                |
| Provoz 01 | 500    | 8p.   | kladivový mlýn                           | X              | 3102     | 132    | 12.12.2018            | 12.12.2018                 |                                |
| Provoz 01 | 500    | př.   | Ventilátor sušícího bubnu                | K              | 3600     | 200    | 12.12.2018            | 12.12.2018                 |                                |
| Provoz 01 | 500    | př.   | Čerpadlo k pračce odplynů                | P              | 4015A    | 30     | 12.12.2018            | 12.12.2018                 |                                |
| Provoz 01 | 500    | př.   | Čerpadlo k pračce odplynů                | P              | 4015B    | 30     | 12.12.2018            | 12.12.2018                 |                                |
| Provoz 01 | 500    | př.   | Čerpadlo k pračce odplynů                | P              | 4045A    | 55     | 12.12.2018            | 12.12.2018                 |                                |

Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2019, vlastní zpracování

### 4.3 Poruchy elektromotorů

Data pro tuto práci jsou sbírána od roku 2017. Dřívější data o haváriích nebylo možné dohledat v požadované míře.

**Tabulka č. 4: Část tabulky oprav a revizí elektromotorů**

| Datum opravy | Provoz    | Název zařízení            | Technologické číslo |          | Výkon | Počet pólů | Osová výška | Provedení | Firma    | Částka (bez DPH) | Revize  |                   |   |
|--------------|-----------|---------------------------|---------------------|----------|-------|------------|-------------|-----------|----------|------------------|---------|-------------------|---|
|              |           |                           | Typ                 | Označení |       |            |             |           |          |                  | Havárie | Odstavení provozu |   |
| 28.07.2017   | Provoz 01 | Pohon váhy                | W                   | 3195     | 0,3   | 4          | 71          | B5        | Firma 01 | 5 000 Kč         |         | x                 | x |
| 22.05.2018   | Provoz 01 | Čerpadlo sycení páry      | P                   | 3755 B   | 2,2   | 2          | 90          | V1        | Firma 01 | 3 830 Kč         |         | x                 |   |
| 19.07.2018   | Provoz 01 | Vibrátor                  | X                   | 3182     | 0,8   | 2          |             |           | Firma 02 | 5 844 Kč         |         | x                 | x |
| 10.08.2018   | Provoz 01 | Drtič                     | X                   | 3343     | 55    | 4          | 250         | B3        | Firma 01 | 18 750 Kč        |         | x                 | x |
| 25.09.2018   | Provoz 01 | Čerpadlo čimidla do D3510 | P                   | 3570A    | 3     | 2          | 100         | B3        | Firma 02 | 5 201 Kč         |         | x                 |   |
| 03.01.2019   | Provoz 01 | Vibrátor na zásobníku SA  | X                   | 3172     | 0,6   | 4          |             |           | Firma 01 | -                |         | x                 |   |
| 15.01.2019   | Provoz 01 | Ventilátor filtru SA      | S                   | 3630     | 11    | 2          | 160         | V1        | Firma 02 | -                |         | x                 |   |
| 16.01.2019   | Provoz 01 | Ventilátor filtru SA      | S                   | 3630     | 11    | 2          | 160         | V1        | Firma 01 | -                |         | x                 |   |
| 01.02.2019   | Provoz 01 | Klapka nad reaktorem      | R                   | 3149     | 0,4   | 4          | 71          | Bspec.    | Firma 04 | -                |         | x                 |   |

Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2019, vlastní zpracování

Havarované elektromotory v podniku opravují 4 firmy. Rozdělování do firem je prováděno dle velikosti, prostředí, do kterého jsou konstruovány (výbušné/nevýbušné) apod. Rozsah opravy určuje opravárenská firma na základě analýzy rozsahu poškození

havarovaného elektromotoru. U některých jsou poškozena pouze ložiska a u některých je třeba elektromotor převinout.

Na výrobních jednotkách často dochází:

- k poškození elektromotorů vlivem chemické degradace (vnějších i vnitřních částí)
- k poškození elektromotorů z důvodu přetěžování, zatuhnutí média aj.
- mechanickému poškození elektromotorů vlivem vibrací a nestandardních stavů

V těchto případech je většinou nutná demontáž stroje a oprava (výměna ložisek, převinutí aj.) ve specializovaných firmách.

Níže je uveden rozklad ceny opravy elektromotoru o výkonu 75 kW. Na uvedeném elektromotoru došlo k průrazu izolace vinutí způsobené vniknutím vody do prostoru vinutí elektromotoru.

**Tabulka č. 5: Rozklad ceny celkové opravy elektromotoru 75 kW**

| Popis                                       | Počet MJ | MJ  | Cena MJ bez DPH | Celk. cena bez DPH |
|---|----------|-----|-----------------|--------------------|
| Vstupní prohlídka                           | 2        | hod | 750 Kč          | <b>1500 Kč</b>     |
| Demontáž elektromotoru na revizi a měření   | 6        | hod | 450 Kč          | <b>2700 Kč</b>     |
| Měření kontrola průměrů a ost. rozměrů      | 1        | hod | 750 Kč          | <b>750 Kč</b>      |
| Revizní práce, čištění, lak, sušení, atd    | 2,5      | hod | 350 Kč          | <b>875 Kč</b>      |
| Vyvážení rotoru                             | 1        | hod | 750 Kč          | <b>750 Kč</b>      |
| Montáž elektromotoru po revizi              | 8        | hod | 350 Kč          | <b>2800 Kč</b>     |
| Vstupní a mezioperační zkoušky,             | 1        | hod | 750 Kč          | <b>750 Kč</b>      |
| CU drát smaltovaný                          | 23,7     | kg  | 394 Kč          | <b>9338 Kč</b>     |
| Převinutí                                   | 50       | hod | 350 Kč          | <b>17500 Kč</b>    |
| Čištění dílů                                | 1,5      | hod | 350 Kč          | <b>525 Kč</b>      |
| Výstupní zkoušení elektromotoru - protokoly | 2        | hod | 750 Kč          | <b>1500 Kč</b>     |
| Ložiska SKF                                 | 2        | ks  |                 | <b>14789 Kč</b>    |
| Spojovací materiál                          |          |     | 350 Kč          | <b>350 Kč</b>      |
| Elektroizolační lak na vinutí               | 2,5      | kg  | 450 Kč          | <b>1125 Kč</b>     |
| Vrchní lak, ředidla, zákl. lak, atd         |          |     | 580 Kč          | <b>580 Kč</b>      |
| Doprava veškerá na zakázce                  |          |     | 1300 Kč         | <b>1300 Kč</b>     |
| <b>Celkem cena bez DPH:</b>                 |          |     |                 | <b>57132 Kč</b>    |

Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2019, vlastní zpracování

Na obrázcích níže došlo k poškození ložiska u volného konce hřídele 6kV elektromotoru, následnému dotyku rotoru se statorem a průrazu vinutí. Havárie byla pro elektromotor fatální a bylo nutné zakoupit elektromotor nový. Nový elektromotor byl zakoupen za 965 tisíc korun [Zdroj: Účetní jednotka podniku, ústní podání]

Vzhledem k tomu, že toto čerpadlo má „bypass“ nedošlo ke ztrátě z nevýroby.

**Obrázek č. 4: Havárie elektromotoru**



Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2019, vlastní zpracování

### **4.3.1 Odpovědnosti v případě havárie elektromotoru**

#### **Elektrikář**

- Zjistí příčinu poruchy, popřípadě informuje směnového mistra o nutnosti výměny, opravy elektromotoru nebo možnosti dalšího provozování zařízení.

#### **Mechanik elektroúdržby odpovědný za elektromotory**

- Rozhoduje o potřebě výměny či opravy elektromotoru.
- Zajistí náhradní elektromotor, přednostně s využitím skladových zásob.
- Zajistí opravu poškozeného elektromotoru.
- Udržuje aktuální stav seznamu elektromotorů na pozicích a náhradních elektromotorů ve skladu.

#### **Směnový mistr výrobní jednotky**

- Zajistí demontáž, dopravu a montáž elektromotoru prostřednictvím strojní údržby a elektroúdržby (vytvoří zakázku v SAPu).
- Informuje mechanika elektroúdržby nebo dispečera (dle směny).
- Rozhodne, kdy je možné provést preventivní revizi (nebo výměnu) elektromotoru podle vlivu na výrobu a podle míry rizika, které plyne z provozování elektromotoru v daném technickém stavu. O těchto rizicích (úplné zničení elektromotoru nebo souvisejícího zařízení, ohrožení ŽP, ohrožení bezpečnosti) je informován od mechanika elektroúdržby.

## Podnikový dispečer

- V době nepřítomnosti mechanika elektroúdržby zajistí náhradní elektromotor při neodkladné potřebě výměny, přitom přednostně využije skladových zásob. Vždy ověří, zda sklad disponuje potřebným elektromotorem. Teprve poté, když zjistí, že na skladě není vhodná náhrada, zajistí potřebný elektromotor u externí firmy, která smluvně drží pohotovost.
- Do dispečerského hlášení uvede záznam o dodání elektromotoru, včetně těchto údajů: dodavatel, název výrobní jednotky, technické místo, výkon a otáčky elektromotoru.

[Zdroj: Interní dokumentace podniku, vlastní zpracování]

### 4.3.2 Sumář opakujících se poruch

Ve spoustě případů se stává, že se opakují havárie na stejných pozicích. Z tohoto důvodu byla vytvořena tabulka, která automaticky vypisuje pozice, počty kolikrát se havárie opakují a za předpokladu, že je to více než určený počet poruch, tak vyznačí řádek s popisem, že je nutno udělat nápravná opatření.

**Tabulka č. 6: Sumář opakujících se poruch Provozu 02**

| Provoz    | Název zařízení                    | Technol. číslo |          | Výkon | Počet pólů | Osová výška | Provedení | Brzda | Počet poruch | Opakující se porucha |
|-----------|-----------------------------------|----------------|----------|-------|------------|-------------|-----------|-------|--------------|----------------------|
|           |                                   | Typ            | Označení |       |            |             |           |       |              |                      |
| Provoz 02 | Míchadlo M1201                    | M              | 1201     | 7,5   | 4          | 132         | B3        |       | 1            |                      |
| Provoz 02 | Cirkulace chemické odpadní nádrže | P              | 109      | 1,1   | 2          | -           | Bspec.    |       | 1            |                      |
| Provoz 02 | Ventilátor                        | K              | 619      | 5,5   | 2          | 132         | B3        |       | 14           | !!!                  |
| Provoz 02 | Čerpadlo jímkové                  | P              | 1101     | 15    | 2          | 160         | B5        |       | 5            | !!!                  |
| Provoz 02 | Vibrátor                          | X              | 0706.1   | 0,18  | 2          | -           | -         |       | 2            |                      |
| Provoz 02 | Čerpadlo kyseliny                 | P              | 46A      | 5,5   | 2          | 112         | B3        |       | 4            |                      |
| Provoz 02 | Pasová váha                       | B              | 720      | 0,75  | 4          | 80          | B5        |       | 5            | !!!                  |
| Provoz 02 | Chladicí buben - Elha             |                |          | 0,3   | -          | -           | -         |       | 1            |                      |
| Provoz 02 | Šikmý pas                         | B              | 1513     | 3     | 4          | 100         | B5        |       | 4            |                      |
| Provoz 02 | Vibrační dopravník násypky KV     | B              | 1512     | 0,75  | 2          | -           | -         |       | 2            |                      |
| Provoz 02 | Čerpadlo                          | P              | 413      | 7,5   | 4          | 132         | B3        |       | 1            |                      |
| Provoz 02 | Vibrátor                          | X              | 706.1    | 0,18  | 2          |             |           |       | 2            |                      |
| Provoz 02 | Ventilátor                        | K              | 728      | 7,5   | 2          | 132         | B3        |       | 1            |                      |
| Provoz 02 | Míchadlo nádrže 402               | M              | 402      | 2,2   | 4          | 100         |           |       | 2            |                      |
| Provoz 02 | Oplach plachetek kalolisu         | P              | 111      | 75    | 4          | 280         | B3        |       | 1            |                      |
| Provoz 02 | Externí chlazení                  | D              | 604.2    | 0,45  | 2          | 63          | B5        |       | 1            |                      |

Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2019, vlastní zpracování

## Nápravná opatření

Nápravná opatření jsou zaváděna za předpokladu, že se v relativně krátké době opakují havárie na jedné pozici.

Prvním příkladem je pohon váhy, na kterém se neustále opakovaly havárie vlivem navlhnutí elektromotoru (z důvodu specifčnosti jsme zde vyměňovali pouze revidované elektromotory). Jako nápravné opatření byl zakoupen nový náhradní elektromotor, který splňuje požadované odolnosti proti navlhnutí a od výměny již nezhavoval.

### [Vzorec č. 6: Vyčíslení ztráty z nevýroby]

$$CZ = ZZN \times TOP \times QP = 35\,120 \times 4 \times 5 = 702\,400 \text{ Kč}$$

Cena nového elektromotoru je 16 010 Kč. Oproti ztrátě z nevýroby se jedná o zanedbatelnou částku.

Druhým příkladem je pohon ventilátoru, kde bylo atypicky řešeno oběžné kolo ventilátoru přímo na hřídeli elektromotoru. Havárie se opakovaly v měsíčních cyklech a byly zapříčiněny nevyvážeností vzniklou nabalováním odparků ze sušícího bubnu na oběžné kolo ventilátoru. Plánovanou možností bylo kompletní předělání technologie odvádění odparků. Nákup nových běžných elektromotorů se ukázal jako neúčinný, ale po konzultaci s výrobcem elektromotoru byl zakoupen elektromotor se zesíleným ložiskem, což bylo nejlevnější vhodné řešení. Tento elektromotor také od výměny nezhavoval.

### [Vzorec č. 7: Vyčíslení ztráty z opakované poruchy – ventilátor K0619]

$$CZ = PNM \times QP = 8\,850 \times 14 = 123\,900 \text{ Kč}$$

Cena nového elektromotoru se zesíleným ložiskem je 9 682 Kč. Oproti nákladům na výměny standardních elektromotorů se jedná o zanedbatelnou částku. Zde nebylo potřeba odstavovat výrobní jednotku, proto není ztráta z nevýroby.

### 4.3.3 Nákladový účín

Velkou nezodpovězenou otázkou zůstává nákladový účín oprav elektromotorů. Nákladovým účínem oprav je myšlena úspora nákladů při opravě elektromotoru oproti nákupu nového, kde se u opravených elektromotorů menších výkonů musí zohlednit i vyšší pravděpodobnost opětovné havárie. Je známo, že elektromotor při každé své opravě ztrácí účinnost a je u něj vyšší pravděpodobnost opětovné havárie. Na několika pozicích probíhá pokus, kde je sledováno, jak dlouho na této pozici vydrží nový a opravovaný elektromotor. Nahrazování novými elektromotory se již osvědčilo u váhy Provozu 02.

**Tabulka č. 7: Porovnání cen nových elektromotorů a oprav**

| Výkon: | Cena nového elektromotoru: | Cena opravy elektromotoru: | Rozdíl:   |        |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------|--------|
| 5,5 kW | 58 687 Kč                  | 33 890 Kč                  | 24 797 Kč | 42,25% |
| 55 kW  | 8 850 Kč                   | 5 408 Kč                   | 3 442 Kč  | 38,89% |

Zdroj: Účetní jednotka podniku, 2019, vlastní zpracování

V tabulce je názorně ukázán rozdíl v úspoře mezi opravou a nákupem nového elektromotoru. Vzhledem k četnosti havárií elektromotorů do 18,5 kW, ale bylo zjištěno, že jsou ztráty z případné nevýroby a náklady spojené s výměnou mnohem vyšší než námi zjištěná úspora při opravě. Frekvence oprav elektromotorů nad 18,5 kW je mnohem nižší a není zde pravděpodobnost opětovné havárie opravených elektromotorů.

#### 4.3.4 Komplexní produktivní údržba

Komplexní produktivní údržba je přístup k efektivnosti a údržbě zařízení jejím cílem je dosažení dokonalé výroby a nízkých nákladů provozu. Tento způsob údržby je založen na proaktivním přístupu zaměstnanců, v tomto případě obsluh zařízení. Cílem je zamezení neplánovaných prostojů výrobních jednotek, zvýšená péče o stroje a zařízení a maximální efektivnost při plánovaných opravách. V praxi to znamená, že obsluha přistupuje aktivně v péči o svěřené zařízení, v našem případě o elektromotor. A v pravidelných intervalech provede jednoduchou kontrolu a údržbu zařízení, jako například očištění elektromotoru za chodu, vizuální kontrola, kontrola teploty povrchu elektromotoru a tak podobně. Bohužel v podmínkách sledovaného podniku tento způsob údržby prozatím nebyl zaveden vzhledem k nízkému počtu kvalifikovaných pracovníků. [Suzuki, 1994, vlastní překlad]

#### 4.4 Skladové zásoby

Vzhledem k počtu havárií a nedostupnosti některých elektromotorů je nutné držet skladové zásoby. Historicky se držely běžné elektromotory a havárie atypických se řešily pohotovostní opravou. Vzhledem k nárůstu atypických elektromotorů a důrazu na co nejlepší hospodářský výsledek bylo nutné změnit strategii. Z tohoto důvodu došlo k navýšení skladových zásob, byl sestaven podrobný seznam zásob a také sepsán postup identifikace náhrady za zhavarovaný elektromotor tak, aby se vyskladňování stalo efektivnějším.

Problémem, který je nutno zmínit je nákup elektromotorů od neznámých výrobců. U těchto elektromotorů je snižená možnost získání datasheetů a rozměrových výkresů, bývají atypické a špatně dostupné. Většinou jsou tyto elektromotory dodávány jako součást zařízení tzv. balené jednotky.



Při studiu odborné literatury byla zjištěna možnost zkoušky výkonových parametrů za pomoci dynamometru. Dnes již existují modernější přístroje než je zmiňovaný dynamometr DS 250 MEZ Vsetín. V podmínkách sledovaného podniku bylo od myšlenky upuštěno z důvodu malého výskytu vadných elektromotorů ve skladu. Za poslední dva roky se problém vyskytl v jednom případě, kde byl vadný materiál použitý při převinutí elektromotoru.

**Obrázek č. 5: Část skladových zásob elektromotorů**



Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2019

**Tabulka č. 8: Část seznamu skladových zásob**

| Nová skladová karta FINAL | Foto motor | Foto štítek | Název skladové karty                    | Výkon | Počet pólů | Provedení | Exx | Brzda | Osová výška | Počet kusů |
|---------------------------|------------|-------------|---|-------|------------|-----------|-----|-------|-------------|------------|
| D0100/950/500             | x          | x           | ELBUB 10kW-obv.rych.2 HOF160M04 500x900 | 10    | -          | -         |     |       | -           | 1          |
| D0000/000/01              | x          | x           | Elha EB 800-60 II -zdvih 60mm (LV)      | 0,3   | -          | -         |     |       | -           | 1          |
| D0000/000/02              | x          | x           | Elha 125/60C125-zdvih 60mm (jeřáby SF)  | 0,35  | -          | -         |     |       | -           | 2          |
| D0000/000/02              | x          | x           | Elha 125/60C125-zdvih 60mm (jeřáby SF)  | 0,35  | -          | -         |     |       | -           |            |
| D0001/001/01              | x          | x           | Elha EB 2000-60 II -zdvih 60mm (UGL)    | 0,5   | -          | -         |     |       | -           | 1          |
| D0002/290/01              | x          | x           | EM 0,18kW-2p-ov63-B5                    | 0,18  | 2          | B5        |     |       | 63          | 1          |
| D0002/140/04              | x          | x           | EM 0,18kW-4p-ov63-Vspec.-brzda          | 0,18  | 4          | Bspec.    |     |       | 63          | 1          |
| D0002/140/06              | x          | x           | EM 0,18kW-4p-ov63-B5                    | 0,18  | 4          | B5        |     |       | 71          | 1          |
| D0002/096/01              | x          | x           | EM 0,18kW-6p-ov71-Bspec. (K8-M017)      | 0,18  | 6          | Bspec.    |     |       | 71          | 1          |
| D0002/140/05              | x          | x           | EM 0,25kW-4p-ov71-Bspec.                | 0,25  | 4          | Bspec.    |     |       | 71          | 1          |
| D0002/140/07              | x          | x           | EM 0,25kW-4p-ov71-Bspec.                | 0,25  | 4          | Bspec.    |     |       | 71          | 1          |
| D0003/140/01              | x          | x           | EM 0,37kW-4p-ov71-B5-brzda              | 0,37  | 4          | B5        |     | x     | 71          | 1          |
| D0003/140/05              | x          | x           | EM 0,37kW-4p-ov71-B5 prodl. hřídel      | 0,37  | 4          | B5        |     |       | 71          | 1          |
| D0003/140/08              | x          | x           | EM 0,37kW-4p-ov71-B5                    | 0,37  | 4          | B5        |     |       | 71          | 1          |
| D0003/140/02              | x          | x           | EM 0,37kW-4p-ov71-Bspec. vyfréz. past.  | 0,37  | 4          | Bspec.    |     |       | 71          | 1          |
| D0003/140/03              | x          | x           | EM 0,37kW-4p-ov71-Bspec.                | 0,37  | 4          | Bspec.    |     |       | 71          | 1          |

Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2019, vlastní zpracování



#### 4.4.1 Unifikace přírubových elektromotorů

Vzhledem k velké atypičnosti současných pohonů pasů a neustálému navyšování skladových zásob je do budoucna plánováno, aby všechny objednávané převodovky a jiné strojní součásti, které jsou osazeny přírubovými případně patko-přírubovými elektromotory, ať už v horizontální či vertikální poloze, byly osazeny normovanou přírubou IEC-B5 popř. IEC-V1 (v souladu s mezinárodním standardem IEC 60072 a IEC 60034-7) nebo IEC-B5 popř. IEC-V1 adaptérem. Volný konec hřídele elektromotoru musí mít standardní normované rozměry bez vyfrézovaných pastorků popř. jiných atypických součástí, které by zamezily bezproblémové výměně za jiný elektromotor s přírubou IEC-B5 popř. IEC-V1 a normovanou hřídelí. V případě, že si konstrukční řešení bude žádat jinou přírubu nebo jinak upravený volný konec hřídele, tak je toto nutné probrat s příslušným mechanikem.

Důvodem je zvýšení zaměnitelnosti elektromotorů a tím snížení skladových zásob.

Především výrobce Nord a Sew-eurodrive používají speciální příruby a upravené konce hřídele. Odůvodňují to tím, že záměnou za elektromotor od jiného výrobce může docházet k poškození převodovek. Reálný důvod je ovšem takový, že díky atypičnosti elektromotorů jsou zákazníci nuceni pořizovat náhrady přímo u výrobců převodovek a nemají možnost provádět výběrová řízení a nakupovat stejně kvalitní elektromotory za nižší ceny. Ze zkušenosti je zřejmé, že k poškození převodovek při změně výrobce elektromotoru nedochází.

**Obrázek č. 6: Elektromotor s upravenou hřídelí a speciální přírubou**



Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2019

#### 4.4.2 Změny skladových karet

Většina výrobních podniků pracuje se systémem SAP, do kterého se zadávají veškeré informace o výrobě, nákladech, skladových zásobách a podobně. Výhodou tohoto systému je, že je do něj umožněn vzdálený přístup. Což využívají hlavně pracovníci skladu o pohotovostech mimo běžnou pracovní dobu.

Skladová zásoba v SAPu je označena číslem skladové karty a popisem. Z popisu by mělo být jasné, o jaký náhradní díl se jedná. Pod jednou skladovou kartou lze nalézt více položek najednou. Na následujícím příkladu je ukázáno, v čem historické popisy neodpovídaly, proč bylo nutné tyto popisy přejmenovat a některé položky rozdělit.

Původní skladová karta neobsahovala všechny potřebné údaje, které jsou nutné ke správné identifikaci elektromotoru.

**a) Původní skladová karta:** motor 55kW,1479 ot/min patkový

Původní skladová karta obsahuje:

- Identifikaci stroje: motor
- Výkon stroje: 55 kW
- Rychlost stroje: 1479 ot/min
- Provedení: patkové

Původní skladová karta neobsahuje:

- Osovou výšku: ov250

Nová skladová karta již obsahuje všechny údaje, které je potřeba získat ke správné identifikaci.

**b) Nová skladová karta:** EM 55kW-4p-ov250-B3

Nová karta již obsahuje:

- Identifikace stroje: EM
- Výkon stroje: 55 kW
- Počet pól-párů udávajících rychlost: 4p
- Osovou výšku: ov250
- Provedení: B3 tzn. patkové

#### **4.4.3 Postup vyhledávání elektromotorů ve skladových zásobách**

Z důvodu zvýšení efektivity při vyhledávání náhradních elektromotorů byl sestaven návod, který je zaměřen na elektromotory patkové a přírubové se standardní přírubou (pro nižší výkony do 37 kW není nutné řešit horizontální či vertikální instalaci).

Především u výrobců Nord a Sew-eurodrive se setkáváme s přírubami atypickými, ty ovšem nejsou v dokumentu specifikovány.

Upozornění: Za předpokladu, že není elektromotor nalezen na skladových lokacích elektromotorů je možnost najít elektromotory na skladových lokacích výrobních jednotek jako součást převodovky, v případě potřeby je povoleno demontovat elektromotor

z převodovky, ovšem je nutné tuto skutečnost nahlásit mechanikovi z důvodu zpětného doplnění elektromotoru.

**a) Informace potřebné k zajištění správné náhrady elektromotoru:**

Primárně je potřeba veškeré informace ověřit fyzicky ze štítku elektromotoru či dokumentace elektroúdržby, v případě neúspěchu je na intranetu umístěn „Seznam elektromotorů rev. x“. V dokumentu jsou červeně vybarvena pole, kde nebylo možno ověřit informaci, která je z historie.

- **Výkon [kW]** – Pokud počet kilowatt není zřejmý z výkonového štítku, není v dokumentu „Seznam elektromotorů rev. x“ a ani v dokumentaci elektroúdržby, tak postupujte dle odstavce c).
- **Počet pólů [p]** - pro naši potřebu si vystačíme s jednoduchým přiřazováním:

**Tabulka č. 9: Přepočítání rychlosti elektromotorů**

| Počet otáček [ot/min] | Počet pólů |
|-----------------------|------------|
| 765                   | 8          |
| 950                   | 6          |
| 1465                  | 4          |
| 2965                  | 2          |

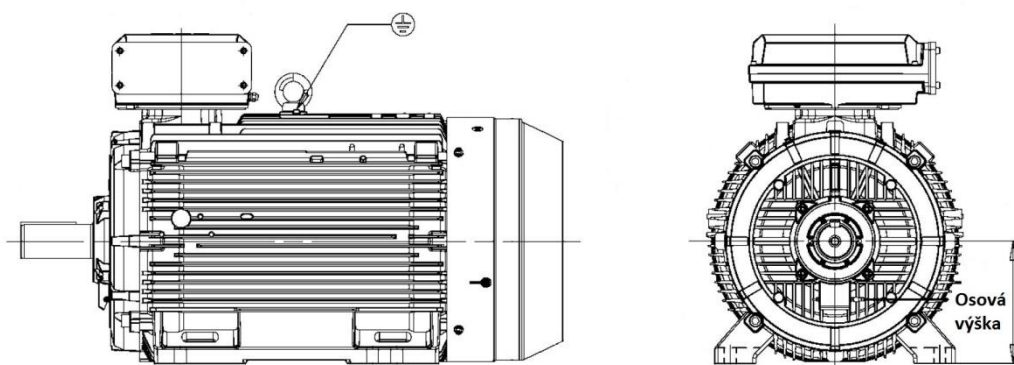
Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2019, vlastní zpracování

- **Osová výška [ov.]** – měření osových výšek se věnuje odstavce b).
- **Patkové či přírubové provedení** – v dokumentu „Seznam elektromotorů rev. x“ jsou patkové elektromotory označeny B3, přírubové B5, přírubové vertikální V1 a speciální příruby jsou označeny Bspec. nebo Vspec.
- **Ostatní informace a speciální úpravy** – Napětí, typ elektromotoru, elektromotor s brzdou, do nevybušného prostředí, s cizím chlazením, s prodlouženou hřídelí aj.

**b) Měření osových výšek patkového a přírubového elektromotoru:**

**Patkový elektromotor:** Měření je nutno provádět od spodní strany patky elektromotoru (od „podlahy“) po střed hřídele viz obrázky níže.

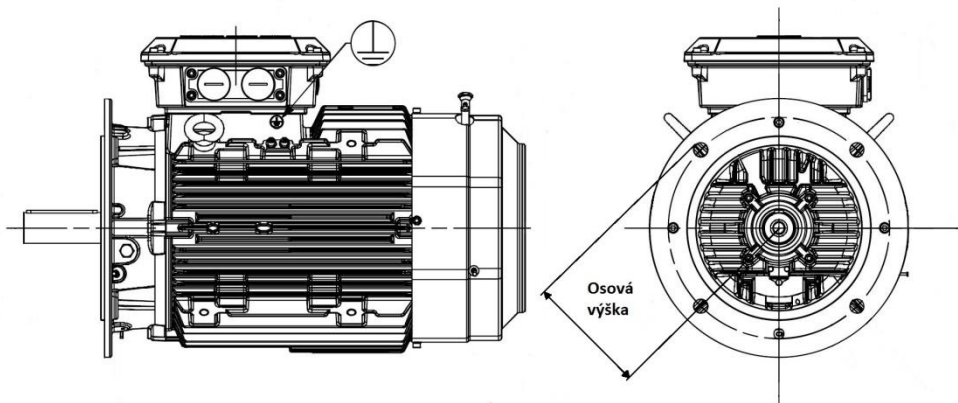
**Obrázek č. 7: Nákres patkového elektromotoru**



Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2019, vlastní zpracování

**Přírubový elektromotor:** Měření se provádí od středu hřídele po vnější stranu díry pro šroub uchycení motoru k převodovce, viz obrázek níže. Pro přesnější měření je to součet rozměru půlky hřídele a vzdálenosti od kraje hřídele po vnější stranu díry pro šroub.

**Obrázek č. 8: Nákres přírubového elektromotoru**



Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2019, vlastní zpracování

U speciálních přírub (ve většině případů u výrobců NORD a Sew-eurodrive) je měření individuální a v takovém případě je třeba změřit více roztečí.

#### **Seznam výkonů a osových výšek elektromotorů:**

Standardní elektromotory se vyrábějí v následujících výkonech a osových výškách. Při absenci štítku či jeho nečitelnosti je třeba změřit osovou výšku dle odstavce č. b), zjistit počet otáček (v dokumentaci strojařů, v dokumentu „Seznam elektromotorů rev. x“ apod.), přiřadit

počet pólů ke zjištěným otáčkám a vybrat nejvyšší výkon z tabulky uvedené níže vzhledem k počtu pólů a osově výšky.

**Tabulka č. 10: Část seznamu osových výšek**

| Výkon [kW] | Osová výška [mm] |     |
|------------|------------------|-----|
| 0,18       | 63               | 71  |
| 0,37       | 71               | 80  |
| 0,55       | 71               | 80  |
| 0,75       | 80               |     |
| 1,1        | 90               |     |
| 1,5        | 112              | 90  |
| 2,2        | 100              | 112 |
| 3          | 112              | 132 |
| 4          | 112              | 132 |
| 5,5        | 112              | 132 |
| 7,5        | 132              | 160 |
| 11         | 160              | 180 |

Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2019, vlastní zpracování

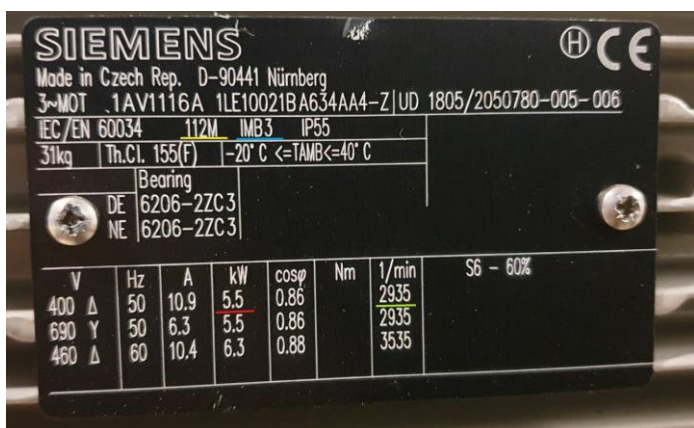
### c) Základní dešifrování štítků elektromotoru:

Bohužel štítků existuje velké množství druhů. Pro ukázkou postačí jeden nejběžnější.

Pozor – odečítat při 50 Hz

- výkon
- rychlost (přepočít na počet pólů)
- osová výška
- provedení

**Obrázek č. 9: Štítek elektromotoru Siemens**



Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2019, vlastní zpracování

#### 4.4.4 Navyšování skladových zásob

Již při přípravě projektu výstavby výrobní jednotky Provozu 01 byl kladen důraz na použití již používaných zařízení, která jsou standardně držena skladem. Níže uvedená

elektrozařízení jsou specifická a daná zejména strojními nebo mechanickými podmínkami, které nebylo možno spárovat se stávajícími skladovými zásobami.

Na základě vytipování elektromotorů odstavujících výrobní jednotku bylo nutné zajistit náhrady na všechny tyto pozice, viz část tabulky seznamu elektromotorů. Náhradní elektromotory byly optimalizovány, s ohledem na minimalizaci skladových zásob a zkrácení doby opravy v největší možné míře. V sumě se jedná o níže uvedené počty elektromotorů.

**Tabulka č. 11: Přehled navýšení skladových zásob**

| Výrobce:             | Optimalizace za [ks]: | Počet [ks]: | Cena:        |
|----------------------|-----------------------|-------------|--------------|
| Siemens              | 38                    | 24          | 2 297 906 Kč |
| Sew-eurodrive        | 12                    | 9           | 373 242 Kč   |
| ABB                  | 9                     | 7           | 1 196 332 Kč |
| Vibros               | 17                    | 2           | 29 200 Kč    |
| HAS (OLI)            | 5                     | 2           | 13 520 Kč    |
| Nord pastorky a ost. | -                     | -           | 12 391 Kč    |
| Nord                 | 83                    | 31          | 873 320 Kč   |
| Mogensen             | 6                     | 2           | 394 992 Kč   |
| EMG                  | 1                     | 1           | 42 874 Kč    |
| Cena celkem:         | 171                   | 78          | 5 233 777 Kč |

Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2019, vlastní zpracování

#### 4.4.5 Daně ze skladových zásob

Nakoupí-li se náhradní elektromotory, chovají se jako skladová zásoba, tudíž pořízení se účtuje do zásob – účet 112 a tento nákup se neprojeví v hospodářském výsledku, účtuje se pouze rozvahově. Když se náhradní elektromotor vyskladní ze skladu a namontuje, potom je účtován do nákladů a to ovlivní hospodářský výsledek a daň. Pokud se nevyužívá, tvoří se k těmto náhradním dílům tzv. opravné položky, které vyjadřují dočasné snížení hodnoty zásoby náhradních dílů (také náklady). [Zdroj: Účetní jednotka, ústní podání]

### 4.5 Ztráty při odstavení Provozu 01

Každé odstavení výrobní jednotky má za následek finanční ztrátu z nevýroby. Pro demonstraci kolik takové odstavení výrobní stojí, byl zvolen výrobek Dasa 25 (dusičnan amonný, síran amonný).

#### [Vzorec č. 4: Vyčíslení ztráty z nevýroby]

Elektromotory s nižším výkonem např. K3445 - 5,5 kW:

$$CZ = ZZN \times TOP = 53\,125 \times 8 = 425\,000 \text{ Kč}$$

Elektromotory se středním např. X3343 - 55 kW:

$$CZ = ZZN \times TOP = 53\,125 \times 24 = 1,275 \text{ mil. Kč}$$

Elektromotory s vyšším výkonem např. D3320 - 400 kW:

$$CZ = ZZN \times TOP = 53\,125 \times 120 = 6,375 \text{ mil. Kč}$$

V případě, že se na elektromotoru stane havárie, kvůli níž bude elektromotor neopravitelný, tak výroba nového elektromotoru může trvat několik týdnů. Např. doba dodání elektromotoru pro pozici K4090 je 9 týdnů.

Elektromotory s vyšším výkonem např. K4090 - 315 kW (totální havárie)

$$CZ = ZZN \times TOP = 53\,125 \times 1512 = 80,33 \text{ mil. Kč}$$

Tento výpočet je za předpokladu, že tento elektromotor nebude skladem u výrobce. Výrobce takto velké elektromotory skladem ve většině případů nedrží.

#### 4.5.1 Návratnost Investice do navýšení skladových zásob

Při každém navýšení skladových zásob je v první řadě důležitá návratnost investice. Přesná kalkulace zde není možná, ale je možnost udělat kvalitní odborný odhad. Uvažujeme, že ztráta z nevýroby, která nevznikla, se rovná návratnosti investice.

[Vzorec č. 4: Vyčíslení ztráty z nevýroby]

Elektromotor pozice W3195 - 0,25 kW:

$$CZ = ZZN \times TOP = 53\,125 \times 8 = 425\,000 \text{ Kč}$$

Elektromotor pozice X3343 – 55 kW:

$$CZ = ZZN \times TOP = 53\,125 \times 24 = 1,275 \text{ mil. Kč}$$

Vibrační elektromotor pozice X3182 – 1,1 kW:

$$CZ = ZZN \times TOP = 53\,125 \times 8 = 425\,000 \text{ Kč}$$

[Vzorec č. 8: Suma vyčíslení ztráty z nevýroby - návratnost investice]

$$\Sigma CZ = CZ + CZ + CZ = 0,425 + 1,275 + 0,425 = 2,125 \text{ mil. Kč}$$

Na příkladu je zřejmé, že v průběhu prvního roku by byly ztráty z nevýroby v hodnotě 2,125 mil. Kč. Při totální čili neopravitelné havárii by ztráty byly nesrovnatelně větší.

## 5 Výsledky a diskuze

Hlavním cílem bakalářské práce je kvantifikace finančních ztrát způsobených haváriemi elektromotorů s ohledem na zlepšení hospodářského výsledku firmy. Cíl byl naplňován hlavně na základě sběru dat, analýzy poruchovosti, vytipování elektromotorů odstávujících provoz a kvantifikaci ztrát při nedostupnosti elektromotoru, kde byla odborně odhadnuta ztráta z nevýroby při nedostupnosti elektromotoru a nutnosti havárii řešit pohotovostní opravou (kapitola 4.5). Z důvodu specifčnosti řešené problematiky nebyla nalezena práce, která by se problematikou zabývala, proto jsou výsledky této práce těžko srovnatelné.

Základní tabulka (kapitola 4.2, tabulka č. 1) byla doplněna o informaci, zda je elektromotor skladem, zda se jedná o pozici odstávující výrobní jednotku a o hypertextové odkazy na fotografie. Úspora při vytvoření hypertextových odkazů s fotkami elektromotorů a výkonových štítků je 30 minut tzn. 26 562 Kč při jedné havárii (kapitola č. 4.2, vzorec č. 5). Nevýhodou hypertextových odkazů je, že v mobilních telefonech (systém Android) nelze odkazy otevřít, adresa fotografie se přepíše a tak není možné v případě potřeby jednoduše nahlédnout do fotografií bez přístupu k počítači.

V rámci komplexní produktivní údržby je vhodným řešením, že čištění elektromotorů a ostatní základní kontroly provádí obsluha zařízení, vzhledem k nedostatku kvalifikovaných pracovníků to ovšem není možné. A proto se přistoupilo k čištění elektromotorů externí firmou. Vyčíslení celkových nákladů na čištění elektromotorů Provozu 01 je 104 580 Kč ročně při měsíčním cyklu (kapitola č. 4.2.2, vzorec č. 3). Elektromotor je specifický elektrický točivý stroj a proto není možné provádět kontroly a jiné činnosti bez příslušné kvalifikace.

Interní diagnostik provádí své činnosti paušálně, a proto není potřeba jeho činnost vyčíslvat. Za předpokladu, že se na elektromotoru objeví změny, jejichž příčinu interní diagnostik nedokáže snadno identifikovat, je přivolán diagnostik z externí firmy, který provede následnou důkladnou analýzu problému. Náklady na jeden zásah jsou v průměru 4 134 Kč za předpokladu 4 hodinové práce ve výrobní jednotce (kapitola 4.2.3, vzorec č. 1). Externí diagnostik je povolán z důvodu vytíženosti interního diagnostika, který provádí pouze běžnou činnost sledování trendů vibrací a stavu ložisek. Pro ukázkou je uveden trend sledování ložiska L2 u pohonu ventilátoru K4090.

Preventivní revize se ze zkušenosti mechanika a externích firem doporučují provádět na elektromotorech od 37 kW výše, nyní ve dvouletých cyklech, ale bude snaha tyto cykly prodloužit na 4 roky. U menších výkonů je revize neefektivní a je zvýšené riziko havárie



vlivem možného zanesení chyby při prováděné revizi. V několika případech se stalo, že elektromotor v několika týdnech po revizi zhavaroval.

V mazacím plánu došlo ke změnám v použitém mazivu, po konzultaci s výrobcem maziva byla doporučena změna maziva na nejkvalitnější mazivo Le monolec 4622, které je vhodné pro vysoké i nízké teploty a je také vhodné pro vysokootáčkové stroje. Náklady na mazání elektromotorů jsou 35 038 Kč ročně při čtvrtletním cyklu (kapitola č. 4.2.5, vzorec č. 2). V mazacím plánu byly provedeny úpravy, které nám zdokonalují proces mazání. Jedná se především o zvýraznění elektromotorů, které nebyly namazány za provozu déle než rok. Při mazání elektromotorů se setkáváme s problémem, že některé elektromotory nejsou příliš v provozu a tak není možnost je při nastavených cyklech namazat. Touto problematikou se bude nutno do budoucna zabývat.

V části poruchovosti elektromotorů byly uvedeny nejčastější důvody namáhání elektromotorů (kapitola č. 4.3). Dále byl demonstrován rozklad ceny opravy havarovaného 75 kW elektromotoru (kapitola č. 4.3, tabulka č. 5). Byly definovány odpovědnosti při havárii a byla vytvořena tabulka, která analyzuje opakující se poruchy na jednotlivých pozicích (kapitola č. 4.3.2, tabulka č. 6). Výstupem této tabulky jsou tipy na elektromotory, u kterých je potřeba provést nápravná opatření. Demonstrace nápravných opatření je uvedena na dvou příkladech. U jednoho příkladu je vyčíslení ztrát z nevýroby opožděné reakce na necelých 700 tisíc Kč (kapitola č. 4.3.2, vzorec č. 6), u druhého příkladu jsou ztráty přes 100 tisíc (kapitola 4.3.2, vzorec č. 7). Ne vždy se zvolí správné řešení včas, ale nápravné opatření vždy vede k finanční úspoře, neboť by havárie pokračovaly i nadále.

Při řešení problematiky nákladového účinku oprav byly pro demonstraci zvoleny elektromotory o výkonech 5,5kW a 55 kW. Na příkladech je zřejmé, že s ohledem na náklady spojené s výměnou elektromotoru se dá uvažovat o opravách pouze u elektromotorů nad 18,5 kW. U menších elektromotorů dochází k častějším haváriím a proto je i zde efektivnější elektromotor neopravovat ale nahradit ho novým (kapitola č. 4.3.3, tabulka č. 7). Je zde vyšší počáteční investice, ale odpadají další případné ztráty způsobené blízkou havárií.

U skladových zásob došlo také k vytvoření seznamu elektromotorů včetně fotografií výkonových štítků, přírub a těla elektromotoru (kapitola č. 4.4, tabulka č. 8). Fotografie umožňují snazší identifikaci elektromotoru. Vzhledem ke zvyšující se atypičnosti přírubových elektromotorů byla projednávána s výrobcem elektromotorů možnost unifikace přírubových elektromotorů (kapitola č. 4.4.1). Unifikace zatím nebyla dořešena z důvodu neumožnění výrobcem, toto bude i nadále řešeno. V rámci zjednodušování procesu vyskladňování byl

vytvořen postup pro správnou identifikaci elektromotoru (kapitola č. 4.4.3) a byly pozměněny názvy skladových karet, které neobsahovaly veškeré potřebné informace (kapitola 4.4.2).

Jednou z hlavních částí této bakalářské práce bylo navýšení skladových zásob o klíčové elektromotory z nové výrobní linky Provozu 01. V této výrobní jednotce, by již nemělo dojít k dlouhodobému odstavení výrobní jednotky vlivem nedostupnosti elektromotoru. Investice do navýšení skladových zásob byla 5 233 777 Kč (kapitola č. 4.4.4, tabulka č. 11). Za první rok byla vypočtena návratnost na ztrátách z nevýroby na 2 125 000 Kč (kapitola č. 4.5.1, vzorec č. 8). Uvažujeme, že ztráta z nevýroby, která nevznikla, se rovná návratnosti investice. Vyšší frekvence havárií elektromotorů se očekává až po 5 letech provozu. Mimo jiné zde byl uveden i příklad totální havárie elektromotoru o výkonu 315 kW, kde by neopravitelná havárie znamenala ztrátu z nevýroby odhadem 80 330 000 Kč (kapitola č. 4.5, vzorec č. 4).

Návratnost investice je vypočítávána pouze na základě odborného odhadu, vzhledem k tomu, že se delšímu prostoji výrobní jednotky Provozu 01 podařilo prozatím vždy zabránit, dají se přesně vyčíslit pouze náklady na opravu elektromotoru a ztráty z nevýroby, které reálně vznikly. Tyto náklady a ztráty jsou z pohledu této bakalářské práce nezajímavé, protože by vznikly v případě dostupnosti i nedostupnosti náhradního elektromotoru. Jedná se o náklady a ztráty doprovázející každou havárii odstávající provoz.

## 6 Závěr

Analytická část byla zaměřena na aplikaci různých postupů a nastavení v pilotní výrobní jednotce. Přestože se jedná o novou moderní výrobní jednotku, jsou zde principiálně stejné problémy jako u starších výrobních jednotek. Zejména agresivní prostředí a vysoká prašnost. Stejně zde působí aspekty, jako je chemická degradace, přetěžování soustrojí, zatuhnutí médií, vysoké vibrace a jiné.

Nejvíce se autor ve své práci zabýval skladovými zásobami, jejich navyšováním a návratností investice. Byly navrženy změny v procesu vyskladňování náhradních elektromotorů a vydán postup pro identifikaci správné náhrady (kapitola č. 4.4.3), včetně přejmenování popisů karet skladových zásob (kapitola č. 4.4.2). Pro tuto část byl zvolen jako pilotní projekt nový Provoz 01 z důvodu možnosti zjištění všech údajů a zjednodušení vytipování náhrad a kvůli separaci jevů spojených se stářím elektromotorů. Investice do navýšení skladových zásob byla 5 233 777 Kč (kapitola č. 4.4.4, tabulka č. 11). Za první rok byla vypočtena návratnost na ztrátách z nevýroby na 2 125 000 Kč (kapitola č. 4.5.1, vzorec č. 8). Uvažujeme, že ztráta z nevýroby, která nevznikla, se rovná návratnosti investice. S ohledem na to, že se jedná o zcela novou výrobní jednotku, se zvýšený počet havárií očekává po pěti a více letech provozu. Při totální havárii elektromotoru by byla návratnost nesrovnatelně rychlejší, například při totální havárii elektromotoru na pozici K4090 by ztráta z nevýroby činila 80,33 mil. Kč (kapitola č. 4.5, vzorec č. 4).

V rámci zjednodušení nahrazování elektromotorů a jejich evidenci byl vytvořen aktuální seznam elektromotorů a doplněny aspekty jako důležitost elektromotorů, patro, ve kterém se nachází popř. informace o tom, zda je elektromotor skladem (kapitola č. 4.2, tabulka č. 1). Doplněny byly také fotografie elektromotorů a jejich výkonových štítků, kde došlo k časové úspoře při identifikaci náhrady elektromotoru (kapitola č. 4.2, vzorec č. 5).

Pro analýzu poruchovosti elektromotorů byla pro změnu pilotně vybrána výrobní jednotka Provoz 02 z důvodu častých opakovaných problémů na jednotlivých pozicích a snadné demonstraci nápravných opatření (kapitola č. 4.3.2, tabulka č. 6). Realizace nápravných opatření u opakovaných poruch se ukázala jako velice účinná a podařilo se snížit počet havárií na těchto pozicích (kapitola č. 4.3.2).

Řešeny byly také preventivní revize, které jsou důležitým aspektem při snižování počtu havárií. Zjistilo se, že tento je způsob efektivní u velkých elektromotorů. U menších výkonů se více vyplatí neopravovat ale nahrazovat novými (kapitola č. 4.2.4). Problematika nákladového účinku oprav elektromotorů byla probírána z důvodu zvyšujících se opakovaných

havárií starších elektromotorů menších výkonů, kde se nejen snižuje účinnost, ale také se rapidně snižuje životnost (kapitola č. 4.3.3).

V mazacím plánu byla provedena změna v cyklech mazání a byl zredukován počet maziv a vydán nový seznam mazaných elektromotorů s údaji o umístění (kapitola č. 4.2.5). Obdobný způsob aktualizace proběhl i u čištěných elektromotorů, kde byl prodloužen cyklus, změněn počet pracovníků a byla provedena změna počtu čištěných elektromotorů (kapitola č. 4.2.2).

Byla popsána i diagnostika elektromotorů, která je prováděna na vybraných elektromotorech interně a při mimořádných událostech i externě (kapitola č. 4.2.3).

Data o haváriích elektromotorů byla shromažďována od roku 2017 v tabulce, ve které byly zapisovány veškeré podstatné informace o haváriích a revizích. Z této tabulky jsou pak data dále zpracovávána pro různé účely (kapitola č. 4.3, tabulka č. 4).

Výsledky této práce budou předloženy vedení společnosti, které rozhodne, zda se opatření, hlavně tedy navyšování skladových zásob, provede napříč celým podnikem.

## 7 Seznam použitých zdrojů:

### 7.1 Literární publikace:

1. BARTOŇ, Jan. (1971). *Obsluha a údržba elektromotorů: technické příručky práce*. 2. Vydání. Praha: ROH, 1971. 220s., ISBN 22-044-71.
2. BENEŠ, Štěpán. (1991). *Metody diagnostiky valivých ložisek*. 1. Vydání. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní, 1991. 55s., ISBN 80-7083-078-6.
3. DOMEOVÁ Ludmila a BERÁNKOVÁ Martina. (2004). *Modely řízení zásob I*. 1. Vydání. Praha: Reprografické studio PEF ČZU v Praze, 2004, 56s. ISBN 80-231-1140-1.
4. HUDECZEK, Mečislav. (2011). *Zvyšování spolehlivosti asynchronních elektromotorů včetně poháněných strojů: technická diagnostika*. 1. Vydání. Albrechtice: Hudeczek Service, 2011. 299s., ISBN 978-80-905032-0-5.
5. KAFKA, Václav (1999). *Snižování nákladů v metalurgii*. 1. Vydání. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1999. 76s. ISBN 80-7078-627-2.
6. KISLINGEROVÁ, Eva (1999). *Oceňování podniku*. 1. Vydání. Praha. C. H. Beck, 1999. 304s. ISBN 80-7179-227-6
7. KNOTEK, Jaroslav. (1990). *Navíjení a převíjení malých elektrických strojů točivých*. 1. Vydání. Praha: SNTL, 1990. 536s., ISBN 04-505-89.
8. LOUŠA František. (1994). *Účtování zásob*. 1. Vydání. Praha: Alba, 1994, 60s. ISBN N 107 944 a.
9. POPESKO, Boris. (2009). *Moderní metody řízení nákladů: jak dosáhnout efektivního vynakládání nákladů a jejich snížení*. 1. Vydání. Praha. Grada, 2009, 240s. ISBN 978-80-247-2974-9.
10. QUIDO Mann. (1979). *Optimalizace zásob v praxi*. 1. Vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1979, 176s. ISBN L31-E1-IV-41f/32147.
11. RAMAJZL Jan. (1969). *Optimální rozmístění zásob a dispozice skladu*. 1. Vydání. Praha: Ústav skladového hospodářství, 1969, 90s. ISBN 57-057-69.
12. ROUBÍČEK, Ota. (2004). *Elektrické motory a pohony: příručka techniky, volby a užití vybraných druhů*. 1. Vydání. Praha: BEN, 2004. 191s., ISBN 80-7300-092-X.
13. SCHENCK Carl. (1989). *Preventivní údržba strojů*. 1. Vydání. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1989, 352s. ISBN 06-113-89.
14. SUZUKI Tokutaro (1994), *TPM in Process Industries*, 1. Vydání. CRC Press, 1994, 416s. ISBN 1-56327-036-6

## 7.2 Internetové zdroje:

15. CHMELÍK, Karel. Problémy provozu a údržby elektromotorů. *Údržba podniku* [online]. Ostrava: VŠB-TU, 2013 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z:  
[udrzbapodniku.cz/hlavni-menu/artykuly/artikul/article/problemy-provozu-a-udrzby-elektromotoru/](http://udrzbapodniku.cz/hlavni-menu/artykuly/artikul/article/problemy-provozu-a-udrzby-elektromotoru/)
16. JANDA, Jaroslav. Optimalizace skladů v obchodních i výrobních firmách. *System online* [online]. České Budějovice: Janda, 2015 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z:  
<https://m.systemonline.cz/it-pro-logistiku/optimalizace-skladu-v-obchodnich-i-vyrobnich-firmach.htm>