

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra ekonomiky



Diplomová práce

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

Bc. Martin Faltus

© 2021 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Martin Faltus

Veřejná správa a regionální rozvoj – k.s. Litoměřice

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

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

Metodika

Studium odborné literatury, internetových zdrojů a podnikových norem.

Komparace a analýza teoretických i praktických přístupů.

Rozhovory s odborníky v oboru.

Aplikace nastudovaných teoretických poznatků na praktických příkladech.

Doporučený rozsah práce

60-80 stran

Klíčová slova

elektromotor, diagnostika, havárie, náklad, úspora, zásoba, revize, nápravná opatření, investice

Doporučené zdroje informací

BARTOŇ, Jan. Obsluha a údržba elektromotorů: technické příručky práce. 1. Vydání. Praha: ROH, 1961. 228 s.

ČUBA František, HURTA Josef. Snížení nákladů o třicet procent. 1. Vydání. Slušovice: Mondon spol., s. r. o. 2004. 78 s., ISBN 80-903108-5-0

HAMELIN Bernard. Údržba a její nové pojetí. 1. Vydání. Praha: Nakladatelství technické literatury. 1983. 136 s.

KLIMENT František. Jak kalkuluje průmyslový podnik. 3. Vydání. Praha: Nakladatelství Orbis. 1947. 55 s.

MAZUR A. Glen. Odstraňování problémů motorů a pohonů: od základních zkoušek po pokročilou diagnostiku. 1. Vydání. Illionis: American Technical Publishers. 2011. 108 s.

OGEROVÁ Brigitte, FIBÍROVÁ Jana. Řízení nákladů. 1. Vydání. Praha: Nakladatelství HZ Editio, s. r. o. 1998. 155 s., ISBN 80-86009-24-6.

POPESKO Boris, PAPADAKI Šárka. Moderní metody řízení nákladů – jak dosáhnout efektivního vynakládání nákladů a jejich snížení. 2. Vydání. Praha: Grada. 2016. 263 s., ISBN 978-80-247-5773-5.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Zdeňka Gebeltová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekonomiky

Elektronicky schváleno dne 2. 3. 2021

prof. Ing. Miroslav Svatoš, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 3. 3. 2021

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 04. 03. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Minimalizace finančních ztrát způsobených haváriemi elektromotorů v podniku chemického průmyslu“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 22.3.2021

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucí mé diplomové 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 diplomové práce je kvantifikovat finanční ztráty způsobené haváriemi elektromotorů s ohledem na zlepšení hospodářského výsledku firmy a analyzovat vybrané činnosti v oblasti údržby elektromotorů.

Analytická část byla zpracována pomocí analýzy a komparace dat účetní jednotky a dat z interní dokumentace. Účinnost zavedených opatření byla vyhodnocena na základě analýzy nákladů a přínosů. U neúčinných opatření byly provedeny změny.

Sledovaný podnik v letech 2017-2020 vykázal zisk ve výši 192,8 mil. Kč. Současně v této době probíhalo sledování havárií elektromotorů a zavádění opatření, která vedla k zajištění maximálního zkrácení doby odstavení provozů. Za sledovanou dobu bylo ušetřeno více než 6 mil. Kč eliminací zbytečných prostojů, identifikací příčiny závad a jinými opatřeními, což je navýšení zisku podniku o 3,1 %.

Jedním z aspektů, které přispívají ke zvýšení spolehlivosti elektromotorů, je jejich čištění. Roční úspora nákladů při změně firmy čistící elektromotory činí 56 736 Kč. Uspořené náklady budou využity k zefektivnění čištění a to především ke kontrolám zařízení za chodu, které povedou k odhalení nedostatečně vyčištěných či poškozených elektromotorů.

Pokud by totálně zhavaroval elektromotor spalínového ventilátoru Provozu č. 07, znamenala by ztráta z nevýroby 155 mil. Kč, což je 80 % celkového zisku z let 2017-2020. Jedná se o klíčový provoz, který zásobuje párou všechny provozy, město a další tři menší podniky. Z uvedeného příkladu totální havárie je zřejmé, že pořízení skladových zásob klíčových elektromotorů je nezbytné pro úspěšný chod podniku.

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 this diploma thesis is to quantify the financial losses caused by accidents of electric motors considering the fact of improvement the company's financial result and also to analyse selected activities in the field of maintenance of electric motors.

The analytical part was carried out by analysis and comparison of the data obtained from account department and data from internal documentation. The efficiency of applied precautions was assessed on the basis of a cost-benefit analysis. There have been made changes in case of inefficient precautions.

The monitored company reported a profit of CZK 192.8 mil. Between 2017 and 2020. During this period, electric motor accidents were monitored while implementing precautions to reduce time of production shutdown. Elimination of unnecessary downtime, identification of defects caused savings of 6 mil. CZK, which lead into increasing of company profit by 3,1 %.

One of the aspects which help to increase the reliability of electric motors is their cleaning. The annual amount of savings when change the cleaning company for electric motors was 56 736 CZK. The saved costs will be used to make cleaning more efficient, especially for on-the-spot inspections of equipment, which will lead to the detection of insufficiently cleaned or damaged electric motors.

In the case of complete failure or damage of electric motor of the flue gas fan of Production part No. 07, estimated possible loss will be 155 mil. CZK, which is 80 % of the total profit from 2017-2020. It is the key Production part that supplies steam towards all other operations, i.e. the city and three other smaller companies. Therefore it is crystal clear that purchasing of appropriate stocks of key electric motors is necessary for the successful operation of the whole company.

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

Obsah

1	Úvod	10
2	Cíl práce a metodika	11
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	13
3	Teoretická východiska	17
3.1	Elektromotor v průmyslu a v zemědělství	17
3.1.1	Asynchronní indukční elektromotor	17
3.1.2	Pohon společné mechanické hřídele	19
3.1.3	Určení výkonu elektromotoru.....	19
3.2	Údržba elektromotorů	20
3.3	Běžné problémy elektromotorů a pohonů	25
3.3.1	Procesy degradace.....	25
3.3.2	Definice bezporuchovosti: vypočtené riziko	25
3.3.3	Problémy elektromotorů	26
3.4	Uvedení elektromotoru do chodu.....	28
3.4.1	Umístění elektromotoru	28
3.4.2	Přívod a zapojení elektromotoru.....	29
3.5	Valivá ložiska jako zdroj vibrací.....	30
3.5.1	Diagnostika valivých ložisek	31
3.5.2	Mazání valivých ložisek	32
3.5.3	Mechanický původ vibrací.....	32
3.6	Skladové zásoby.....	34
3.6.1	Outsourcing skladových zásob	35
3.6.2	Charakteristika zásob a právní úprava	35
3.6.3	Účtování zásob.....	36
3.6.4	Zásoby u podnikatelů.....	37
3.7	Náklady	37
3.8	Kalkulace nákladů.....	38
3.9	Zvyšování výkonnosti a snižování nákladů	39
3.10	Chemický průmysl	41
4	Analytická část	42
4.1	Základní informace o podniku	42
4.2	Identifikace elektromotorů a základní činnosti údržby	42
4.2.1	Outsourcing elektroúdržby	44
4.2.2	Čištění elektromotorů	45
4.2.3	Mazání ložisek elektromotorů	48
4.2.4	Diagnostika elektromotorů	50
4.2.5	Preventivní revize elektromotorů.....	51
4.2.6	Preventivní kontrola strojů obsluhou.....	52
4.2.7	Roční kontrola strojů	52
4.2.8	Úsporná opatření při provozu elektromotorů.....	55
4.3	Skladové zásoby elektromotorů	55

4.4	Havárie elektromotorů	60
4.4.1	Kompetence při nahrazování elektromotorů.....	60
4.4.2	Opakující se havárie elektromotorů	62
4.4.3	Fiktivní opravy elektromotorů	63
4.5	Zdánlivé havárie elektromotorů	65
4.5.1	Provoz elektromotoru pouze na dvě fáze.....	66
4.5.2	Vadné ložisko čerpadla	66
4.6	Covid-19 a pokles poruchovosti.....	67
4.7	Ztráty při odstavení provozů	68
4.7.1	Výpočet návratnosti investice do skladových zásob.....	69
5	Výsledky a doporučení	73
6	Závěr	75
7	Seznam použitých zdrojů:	76
7.1	Literární publikace:	76
7.2	Internetové zdroje:	77

Seznam obrázků

Obrázek č. 1:	Atypické provedení pohonu elevátoru	44
Obrázek č. 2:	Elektromotor před a po čištění	47
Obrázek č. 3:	nesprávně provedené čištění elektromotoru	48
Obrázek č. 4:	Koroze elektromotorů.....	53
Obrázek č. 5:	Vytržená kabelová vývodka	54
Obrázek č. 6:	Koroze nýtků výkonových štítků	54
Obrázek č. 7:	Skladové zásoby elektromotorů	56
Obrázek č. 8:	Koroze chladících tyčí elektromotoru	62
Obrázek č. 9:	Koroze rotoru elektromotoru.....	62
Obrázek č. 10:	Provoz elektromotoru na dvě fáze.....	66

Seznam tabulek

Tabulka č. 1:	Část tabulky seznamu elektromotorů.....	43
Tabulka č. 2:	Mazací plán.....	49
Tabulka č. 3:	Seznam skladových zásob	57
Tabulka č. 4:	Seznam opakujících se havárií.....	63
Tabulka č. 5:	Souhrn finančních úspor z let 2017-2020	72

Seznam grafů

Graf č. 1:	Stav čelního ložiska mlýnu A.....	50
Graf č. 2:	Poruchovost elektromotorů v letech 2017-2020.....	67

1 Úvod

Od počátku své práce na pozici technika, jsem se zajímal o zefektivnění údržby elektromotorů a to formou preventivní, prediktivní či přímo korektivní údržby. Ve své práci denně řeším havárie, které se více či méně opakují. S přibývajícím zkušenostmi se kromě vyřešení samotné náhrady elektromotoru dokážu více zaměřit na identifikaci příčiny havárie, která vede k vyšším nákladům na opravu, může vést k dalšímu poškození navazujících zařízení a zhoršení hospodářského výsledku firmy.

Nedílnou součástí mé práce je komunikace s dalšími odděleními a to především s oddělením strojní údržby, kde její zaměstnanci dokážou odhalit závadu ložisek elektromotoru při opravách navazujících zařízení. Při těchto činnostech lze v mnohých případech zabránit škodám na zařízení a zabránit ztrátám z nevýroby. V návaznosti na svou bakalářskou práci dále prohlubuji optimalizaci činností dané problematiky, která dokáže významným způsobem snížit ztráty z nevýroby a díky tomu zlepšit hospodářský výsledek.

V podniku chemického průmyslu, který bude i nadále sledován se navýšil počet elektromotorů na 2 134 kusů různých druhů. Chemická prašnost je v oblasti výroby hnojiv velkým problémem, který prozatím není možno řešit ani v nových výrobnách. Nejenže je tento prach velice agresivní, pokud jde o jeho působení na korodující materiály, ale zároveň působí problémy s chlazením elektromotorů. Přestože ventilátor, kterým je elektromotor osazený, vytváří proud vzduchu, zabraňující usazování těchto jemných částí k usazování dochází vlivem vysoké přilnavosti prachu. Špatné chlazení způsobuje celkové zahřívání elektromotoru a vyšší teplota elektromotoru způsobuje degradaci vinutí statoru i maziva v ložiskách.

Většina havárií v našem podniku znamená omezení či úplné odstavení výrobní jednotky. A v některých případech také odstavení celého podniku z důvodu návaznosti výrobních procesů.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Hlavním cílem diplomové práce je kvantifikovat finanční ztráty způsobené haváriemi elektromotorů s ohledem na zlepšení hospodářského výsledku firmy a analyzovat vybrané činnosti z oblasti údržby elektromotorů.

Dílčí cíle

1. Analyzovat výrobní postupy v dotčeném kalkulačním středisku zabývajícím se výrobou dusíkatých hnojiv.
2. Analyzovat poruchovost elektromotorů na jednotlivých pozicích v celém podniku.
3. 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 a techniky
- vytvoření seznamu elektromotorů v celém podniku
- sběr dat oprav elektromotorů
- vyhodnocení opakujících se poruch
- sumarizace ztrát při odstavení výrobních jednotek
- konzultace s technologií a pracovníky výrobní jednotky
- vytipování elektromotorů odstávajících výrobní jednotky s důrazem na pozice odstávající výrobní jednotky, na jejichž výrobě jsou závislé jiné výrobní jednotky
- vytipování elektromotorů, které je třeba intenzivněji čistit
- konzultace s interním diagnostikem
- konzultace s mechanikou strojního oddělení
- úprava cyklů preventivních revizí elektromotorů
- konzultace s pracovníky skladu
- průzkum skladových zásob a jejich využitelnosti

- konzultace s pracovníky směnové údržby
- vytvoření postupu vyskladňování zásob
- další 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 (1961), Hudeczek Mečislav (2011), Mazur A. Glen (2011), Ogerová Brigitte, Fibírová Jana (1998). Popesko Boris, Papadaki Šárka (2016)
- data z interní dokumentace (Seznam elektromotorů, Mazací plán, Evidence poruch aj.)
- data z účetní jednotky podniku chemického průmyslu z let 2017-2020

Zisk sledovaného podniku:

Zisk v letech 2017-2020192,8 mil. Kč

Náklady a hodinové sazby prací

Hodinová sazba - ostatní práce	262 Kč
Cena balení maziva	7 320 Kč
Množství mazaných elektromotorů	205 ks
Průměrné množství maziva na jeden elektromotor	20g
Cena nového elektromotoru 55 kW	64 400 Kč
Cena opravy elektromotoru 55 kW.....	33 890 Kč
Cena nového 6kV elektromotoru 240 kW	985 700 Kč
Cena opravy frekvenčního měniče 22 kW.....	52 550 Kč
Cena nového elektromotoru 1,1 kW (speciální)	10 544 Kč
Cena nového elektromotoru 0,25 kW	4 974 Kč
Cena opravy motor-generátoru 500 kW	306 850 Kč
Cena nového motor-generátoru 500 kW.....	4,5 mil. Kč

[Zdroj: Účetní jednotka podniku, data platná k 8. 1. 2021: vlastní zpracování]

Hodinové ztráty z nevýroby

Hodinovou ztrátou z nevýroby je myšlen náklad, který vznikne odstavením daného provozu včetně ušlého zisku za 1 hodinu.

Hodinová ztráta z nevýroby Provozu č. 07.....	115 400 Kč/h
Hodinová ztráta z nevýroby Provozu č. 09.....	29 320 Kč/h
Hodinová ztráta z nevýroby Provozu č. 14.....	15 120 Kč/h
Hodinová ztráta z nevýroby Provozu č. 16.....	40 770 Kč/h
Hodinová ztráta z nevýroby Provozu č. 17.....	43 250 Kč/h
Hodinová ztráta z nevýroby Provozu č. 24.....	35 120 Kč/h
Hodinová ztráta z nevýroby Provozu č. 28.....	53 125 Kč/h
Hodinová ztráta z nevýroby Provozu č. 13.....	185 355 Kč/h

[Zdroj: Účetní jednotka podniku, data platná k 8. 1. 2021: vlastní zpracování]

Doby oprav elektromotorů při pohotovostní opravě

Doba opravy elektromotoru do 7,5 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: Interní data podniku, 2021, vlastní zpracování]

2.2.3 Použité metody a vzorce

Analytickou část autor zpracoval pomocí 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.

Jako neefektivní řešení bylo shledáno čištění a mazání elektromotorů externí firmou, sídlící 47 km od podniku. Prováděné činnosti byly nákladné a to zejména z důvodu proplácení nákladů na cestu čtyř pracovníků. Dalším neefektivním řešením bylo nahrazování zhavarovaných elektromotorů dispečerem.

Použité vzorce:

Cena mazacího tuku využitého za 1 rok (P_{MT}):

[1]

$$P_{MT} = \frac{P_B}{\frac{Q_{MT}}{Q_M \times Q_{1M}}} \times T_C$$

kde:

P_B cena balení maziva [kg]

Q_{MT} celkové množství maziva v balení [kg]

Q_{1M} průměrné množství maziva na jeden elektromotor [g]

Q_M počet mazaných elektromotorů [ks]

T_C počet cyklů

[Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování]

Celková cena mazání všech elektromotorů (C_{MM}):

[2]

$$C_{MM} = Q_O \times T_H \times S_E \times T_C + P_{MT}$$

kde:

P_{MT} **cena mazacího tuku využitého za 1 rok** [Kč]

Q_O počet osob

S_E sazba elektrikář [Kč/h]

T_C počet cyklů

T_H počet hodin [h]

[Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování]

Roční náklady na dopravu pracovníků předchozí firmy (C_{DP1}):

[3]

$$C_{DP1} = Q_O \times T_H \times S_E \times T_C \times Q_P$$

kde:

Q_O počet osob

S_E sazba elektrikář [Kč/h]

T_C počet cyklů

T_H počet hodin [h]

Q_P počet provozů [h]

[Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování]

Celkové náklady na čištění elektromotorů ($C_{\check{C}M}$): [4]

$$C_{\check{C}M} = Q_o \times T_H \times S_E \times T_C \times Q_P$$

kde:

Q_o počet osob

S_E sazba elektrikář [Kč/h]

T_C počet cyklů

T_H počet hodin [h]

Q_P počet provozů [h]

[Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování]

Úspora při změně firmy čistící elektromotory ($C_{\Delta\check{C}M}$): [5]

$$C_{\Delta\check{C}M} = C_{\check{C}MPF} - C_{\check{C}MNF}$$

kde:

$C_{\check{C}MPF}$ náklady na čištění elektromotorů předchozí firmou [Kč]

$C_{\check{C}MNF}$ náklady na čištění elektromotorů novou firmou [Kč]

[Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování]

Výpočet ztráty z nevýroby jednotlivého provozu (Z_{NVR}): [6]

$$Z_{NVR} = Z_{NVRJP} \times T_{OPM}$$

kde:

T_{OPM} doba opravy elektromotoru [h]

Z_{NVRJP} ztráta z nevýroby jednotlivých provozů [Kč]

[Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování]

Náklady na kontrolu elektromotorů (C_{KM}): [7]

$$C_{KM} = Q_o \times T_H \times S_E \times Q_P$$

kde:

Q_o počet osob

S_E sazba elektrikář [Kč/h]

T_H počet hodin [h]

Q_P počet provozů [h]

[Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování]

Výpočet ztrát z nevýroby opakované poruchy ($Z_{NVR\text{OP}}$): [8]

$$Z_{NVR\text{OP}} = Z_{NVR\text{JP}} \times T_{\text{OP}} \times Q_P$$

kde:

Q_Pmnožství poruch [ks]

T_{OPM} doba opravy elektromotoru [h]

$Z_{NVR\text{JP}}$ ztráta z nevýroby jednotlivých provozů [$K\check{c}/h$]

[Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování]

Celkové ztráty z nevýroby (Z_{CNVR}): [9]

$$Z_{\text{CNVR}} = Z_{NVR\text{JP}} + Z_{NVR\text{JP}} + Z_{NVR\text{JP}}$$

kde:

$Z_{NVR\text{JP}}$ celková ztráta z nevýroby jednotlivých provozů [$K\check{c}$]

[Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování]

Úspora nákladů a její vliv na výši zisku:

Hodnota snížení nákladů [součet nevzniklé ztráty z nevýroby ($-\Delta N$)]: [10]

$$-\Delta N = +\Delta Z$$

kde:

$+\Delta Z$ změna zisku [$K\check{c}$]

Při konstantních výnosech V platí, že ΔN (změna nákladů) vyvolá týž ΔZ (změnu zisku). V případě, že vznikne havárie, bude podnik zatížen náklady na její likvidaci a výkony podniku se sníží o nerealizované tržby. Velikost ztráty z nevýroby se tak rovná velikosti navýšení zisku o stejnou hodnotu.

[Zdroj: vlastní zpracování, 2021]

3 Teoretická východiska

3.1 Elektromotor v průmyslu a v zemědělství

Jednou z podmínek rozvoje výrobních sil je rozsáhlá elektrifikace všech odvětví národního hospodářství, jež vede k neomezeným možnostem růstu produktivity práce.

Je-li porovnávána svalová výkonnost člověka a výkonnost elektrického stroje, výsledek je překvapující. Za jeden pracovní den je jeden člověk schopen silou svých svalů vyrobit asi 1 kWh energie. Ve vysoce elektrifikovaných odvětvích průmyslu je instalovaný výkon elektromotorů průměrně 3 až 4 kW na jednoho dělníka. To znamená, že dělník obsluhuje mechanismy, jejichž práce se za směnu rovná práci 24 až 32 dělníků. U některých dělníků, kteří pracují na několika strojích, je spotřeba energie ještě větší.

Zvýšení míry elektrifikace a stálé zdokonalování strojů vedou k nebyvalému zvyšování produktivity práce. Proto není správné při řešení hospodárnosti elektrického pohonu vycházet jen z čistě energetických úvah, tj. posuzovat pohon z hlediska spotřeby energie na jednotku výroby. Rozhodujícím činitelem při posuzování elektrického pohonu je vliv na výkonnost pracovního stroje a cena výroby. Rozhodující je, že se při správně navrženém elektrickém pohonu zvyšuje výroba, což znamená snížení výrobních nákladů.

Rozsáhlé použití hospodárného elektrického pohonu podstatně mění výrobní podmínky. Zvyšuje produktivitu, zlepšuje kvalitu výrobku a ulehčuje práci dělníka. V tom je nesporný význam elektrického pohonu nejen pro průmysl a zemědělství, ale pro všechna odvětví našeho národního hospodářství. [Bartoň, 1961, s. 10]

3.1.1 Asynchronní indukční elektromotor

Elektromotory se používají k výrobě většího množství práce. Spotřebovávají víc než 65 % veškeré vyrobené elektřiny. Výkon elektromotorů se pohybuje od několika miliwattů do tisíců kilowattů. Protože elektrické motory vykonávají zásadní práci a spotřebovávají velké množství elektřiny, musí se kontrolovat co nejefektivnějším způsobem. Pochopení činnosti elektromotorů, jejich použití ve specifických aplikacích a toho, jak je co nejlépe ovládat, zajistí, že budou odvádět požadovanou práci. Porozumění tomu, jaký zkušební přístroj se má použít při instalaci, údržbě a odstraňování závad zajistí, že motory budou dlouhou dobu bezpečně pracovat při minimálních dobách jejich odstavení. [Mazur, 2011, s. 1]

Hlavní částí trojfázového indukčního elektromotoru, který je dnes nejrozšířenějším elektrickým strojem, 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.

Vznik točivého momentu u trojfázového indukčního elektromotoru je možné vysvětlit takto: ve vinutí statoru napájeném souměrnou soustavou trojfázového proudu vznikne točivé magnetické pole. Protože rotorové vinutí není spojeno se sítí přímo, přenáší se energie do rotoru elektromagnetickou indukcí (odtud název stroje indukční). Tažná síla vzniká mezi točivým polem statoru a proudem indukovaným ve vinutí rotoru. Aby se ve vinutí rotoru indukovala elektromotorická síla a protékal proud, musí být relativní pohyb rotoru proti točivému poli statoru. Proto jsou otáčky zatíženého indukčního motoru vždy o něco nižší než synchronní otáčky točivého pole statoru. Pokles otáček při zatížení je malý a kolísá podle jeho velikosti, proto se také indukční motory nazývají asynchronní.

Předností trojfázového indukčního motoru s kotvou nakrátko je především jeho jednoduchá konstrukce, snadná obsluha a minimální údržba. Další jeho dobrou vlastností jsou téměř konstantní otáčky a moment, který stoupá se zatížením. Při značném přetížení vzroste jeho proud a motor se zastaví. [Bartoň, 1961, s. 37-38]

Asynchronní elektromotor s kotvou na krátko má ale jeden závažný nedostatek, pokud je elektromotor napájen ze sítě s konstantní frekvencí, pracuje přibližně se stálými otáčkami. Elektromotor moderního elektrického pohonu však musí dodávat energii pro nejrůznější technologické procesy zpravidla při stále se měnící úhlové rychlosti své hřídele.

Proto se více než 50 let zabývali technici problémem řízení úhlové rychlosti asynchronního motoru při zachování všech jeho výhodných vlastností. Princip řešení byl zřejmý: elektromotor je nutné napájet zvláštním zdrojem, dodávajícím napětí s proměnnou frekvencí. Proto se v technické literatuře ustálil termín frekvenční regulace nebo také frekvenční řízení. [Bulgakov, 1989, s. 17]

Princip funkce elektromotoru

Rotor asynchronního stroje není elektricky spojen se státorem. Výkon se do rotoru přenáší elektromagnetickou indukcí a s tím souvisí také to, proč je často používán název

indukční stroj. Princip asynchronního stroje je tedy založen na vzájemném elektromagnetickém působení točivého magnetického pole statoru a proudů vyvolaných ve vinutí rotoru tímto polem. Vzduchová mezera mezi státorem a rotorem je pak co nejmenší, aby magnetická vazba byla co nejlepší.

U asynchronního stroje tedy existuje stejná vazba jako mezi vinutím vstupním a výstupním jako u transformátorů. Rozdíl je však v tom, že výstupní vinutí asynchronního stroje se otáčí. Aby se však v rotorovém vinutí indukovala elektromotorická síla a protékal jím proud, musí existovat relativní pohyb rotoru vzhledem k točivému poli statoru. Proto jsou otáčky zatíženého motoru vždy o něco nižší než synchronní otáčky točivého pole, tedy asynchronní. [Chmelík, 2002, s. 11]

Působení asynchronního elektromotoru se zakládá na účincích točivého magnetického pole, které objevil v roce 1888 Nikola Tesla. [Fetter, 1966, s. 9]

3.1.2 Pohon společné mechanické hřídele

Pohánějí-li dva elektromotory jeden společný např. transmisní hřídel, rozdělí se celkový moment potřebný ke zvládnutí zátěžného momentu a ztrát pohonného ústrojí na oba elektromotory. Rozdělení zatížení na oba stroje je závislé na průběhu charakteristik jejich rychlostí. Proto se zpravidla volí elektromotory stejné. Avšak i v tom případě nemusí být tvar charakteristik otáček obou strojů naprosto shodný. Sklon křivek může být například v blízkosti jmenovitých otáček odlišný, což znamená, že tvrdost charakteristiky je v obou případech různá. V tom případě se rozdělí celkové zatížení na oba stroje tak, že elektromotor s měkčí charakteristikou bude vždy odlehčený a stroj s tvrdší charakteristikou více zatížený přes to, že jejich jmenovité výkony jsou stejné. [Přibyslavský, 1963, s. 96]

3.1.3 Určení výkonu elektromotoru

Základním předpokladem dobré funkce pracovního mechanismu a hospodárného provozu pohonu je vhodná volba druhu poháněného elektromotoru, jeho konstrukčního uspořádání a správné výkonové dimenzování.

Elektromotor, který je pro danou aplikaci výkonově předdimenzován, má ve srovnání s optimálně dimenzovaným elektromotorem větší rozměry a hmotnost, což se pochopitelně projeví i v jeho ceně. Protože bude v provozu jen částečně zatěžován, projeví se to i ve zhoršené účinnosti, tj. ve větších energetických ztrátách za provozu. U asynchronních elektromotorů to vede navíc ke zhoršenému účinníku. V některých

aplikacích může výkonově předdimenzovaný elektromotor dynamicky nadměrně namáhat pracovní mechanismus a způsobit jeho předčasné opotřebení nebo zničení.

Naopak elektromotor výkonově poddimenzovaný má za následek snížení výrobní kapacity pracovního mechanismu a nedodržení parametrů výrobků. V důsledku častého nebo trvalého přetěžování elektromotoru se zkracuje jeho životnost.

Z uvedeného vyplývá, že je třeba při dimenzování elektromotoru přizpůsobit jej výkonově druhu a způsobu zatěžování tak, aby elektromotor pracoval, pokud možno se jmenovitým výkonem, při nejlepší účinnosti, popř. s optimálním účínkem. [Caha, 1990, s. 104]

Vliv teploty okolí

Hnací elektromotory pracují v nejrůznějších prostředích. Teplota okolí bývá někdy vyšší než 40 °C. Prostředí prašné, někdy vlhké nebo se stříkající vodou. Elektromotory musí pracovat i v prostředí s výpary kyselin a s agresivními plyny vůbec, popř. ve výbušném prostředí. Přitom se obvykle několik nepříznivých vlivů vyskytuje v prostředí současně.

Z hlediska určení typového výkonu elektromotoru je třeba brát v úvahu vyšší teplotu okolí i nadmořskou výšku, pokud je vyšší než 1000 m. Ostatní vlivy prostředí vedou k požadavkům na dokonalejší izolaci vinutí a k vhodnému provedení elektromotorů, které je pro příslušná prostředí stanoveno normou. [Caha, 1990, s. 133]

3.2 Údržba elektromotorů

Diagnostický systém se liší podle toho, ve které fázi technického života bude objekt diagnostikován. Rozhodující fáze jsou výroba, provoz, servis a údržba objektu. Údržba je realizována následujícími způsoby.

Údržba po poruše (korektivní údržba)

Je nejméně vhodná. Dojde při ní k výpadku technologického procesu a možnosti porušení dalších objektů, bezpečnosti provozu. Stroje se provozují bez jakýchkoliv výraznějších nákladů na údržbu a prohlídky až do té doby, kdy dojde k poruše.

Údržba dle časového plánu (preventivní údržba)

Je ekonomicky nevýhodná. Po uplynutí určité doby provozu v souladu s výrobním plánem se stroje odstaví, prohlédnou, rozeberou a vymění se jejich části nebo celé

agregáty. Tato metoda je nákladná a není optimální, protože se často vyměňují části, které by mohly být ještě nějakou dobu v provozu nebo naopak měly být vyměněny dříve a negativně ovlivňovaly chod stroje. Zbytečnou demontáží dochází ke zhoršení stavu.

Údržba dle skutečného stavu (prediktivní údržba)

Ekonomicky nejvýhodnější je varianta údržbou dle skutečného stavu. V tomto případě lze naplánovat ideální údržbu právě pomocí technické diagnostiky. Při této koncepci se stroje odstavují pouze tehdy, jestliže to jejich stav skutečně vyžaduje a součásti se vyměňují, až když dosáhly příslušného stupně opotřebení. Tato koncepce vyžaduje průběžné informace o skutečném stavu stroje. Provozní parametry se musí průběžně měřit a vyhodnocovat. Při tom se neposuzuje jen současný stav stroje, ale na základě trendů měřených hodnot se odvozují i prognózy. Tímto způsobem se dají předem určit termíny údržby, které je pak možné zahrnout do operativního plánování výroby. Tato údržba představuje nejpokrokovější metodu s největší úsporou nákladů. Například: návratnost investice 10krát, snížení nákladů na údržbu: 25 až 30 %, snížení počtu poruch: 70 až 75 %, snížení počtu prostojů: 35 až 45 %, zvýšení výroby: 20 až 25 %.

Výhody prediktivní údržby

Největší výhodou je, že poskytuje zvýšenou provozní životnost a dostupnost komponentů, umožňuje preventivní nápravná opatření, odrazí se ve snížení prostojů zařízení nebo procesu, snižuje náklady na náhradní díly a práci, poskytuje lepší kvalitu výrobku a zvyšuje pracovní morálku zaměstnanců, zlepšuje bezpečnost pracovníků a životní prostředí a zvyšuje úspory energie.

Nevýhody prediktivní údržby

Naopak mezi nevýhody patří především zvýšení investic do přístrojů, zvýšení investic do vzdělávání zaměstnanců a paradoxně zde vedení vidí snadný potencionál úspor.

Údržba proaktivní

Proaktivní údržba v sobě nese prvky systémového vědeckého přístupu, čemuž musí odpovídat používané metodické, metrologické i softwarové nástroje. Proaktivní údržba klade důraz na příčiny, nikoliv na projevy opotřebení a představuje především novou organizační a technickou konstrukci vystavenou na prediktivní údržbě, preventivní údržbě a údržbě po poruše. Proaktivní údržba klade větší důraz na rozbor příčin poruch

a na činnosti, které jim mají v budoucnu zabránit, zde je posílena především úloha týmu, jehož práce se účastní širší spektrum pracovníků zodpovědných za činnost objektu.

Rozvoj péče o stroje a zařízení je soustavný, nikdy nekončící a dynamický proces, jenž začíná určením pozice, kde se stávající systém údržby nachází a pokračuje nastavením jeho dalšího rozvoje. Úspěšný program údržby v sobě zahrnuje optimální podíl jednotlivých metod údržby. To vše vede k identifikaci mechanických závad a k omezení negativních důsledků výroby na strojích. [Tomeh, 2015, s. 35–36]

Totálně produktivní údržba TPM

Pro zefektivnění údržby je důležité vybudování správy dat o haváriích. Systém správy dat o haváriích by měl obsahovat určité informace, které operátoři směn musí zadat do databáze. Tyto informace obsahují: datum a čas, stupeň selhání (hlavní, střední, menší), model zařízení, vadná součást (hřídel, spojka, ložisko atd.), povaha poruchy (vibrace, abnormální hluk, přehřátí, koroze, opotřebení atd.), přijatá opatření, účinek na produkci včetně časového údaje a počet pracovníků potřebných pro opravu.

Systém by měl být schopen generovat reporty s každou z těchto informací a to ráno následujícího dne k diskusi na ranních schůzkách. Na týdenních schůzkách údržby by se měly znovu analyzovat hlavní a přechodné poruchy, které byly dočasně opraveny a zohledňují opatření zabraňující jejich opakování. [Suzuki, 1994, s. 107, vlastní překlad]

Bezpečnost

Odstraňování problémů u elektrických zařízení vyžaduje použití zkušebních přístrojů pro měření na napájených elektrických obvodech a součástkách. Práce na napájených elektrických obvodech nebo v jejich blízkosti může mít za následek úraz elektrickým proudem, popálení nebo zranění. Aby se snížila pravděpodobnost úrazu elektrickým proudem, musí se dodržovat příslušná bezpečnostní opatření a musí se používat osobní ochranné pracovní prostředky (OOPP). Aby pracovník mohl definovat problém, musí rozumět obsluze zkušebního přístroje. Při použití přenosného osciloskopu je nutné porozumět údajům na číselném displeji a tvaru naměřené vlny. [Mazur, 2011, s. 25]

Bezpečnostní předpisy a standardy jsou v každé zemi různé a každý musí znát a dodržovat místní předpisy. Avšak společná myšlenka opatrnosti a chápání je univerzální a v souvislosti s bezpečností lze dát na některá obecná doporučení. Při instalaci nebo úpravě lze vypnout elektrické obvody, napájené spotřebiče a obvody. Odpojení je proces

odstranění zdroje elektrické energie a instalace zábrany před novým připojením zdroje. Označení je proces umístění výstražné značky na zdroj elektrické energie, která oznamuje, že přístroj se nesmí uvést do provozu.

Zdroj elektrické energie musí být uzamčen a označen vždy, když má být zařízení odpojeno a mají se na něm provádět požadované práce. Zdroj se však musí zapnout v případě zkoušení a odstraňování závad. Jako pomůcka v prevenci úrazu elektrickým proudem se musí používat osobní ochranné prostředky a musí se dodržovat požadované bezpečnostní postupy a pravidla. Na elektrickém zařízení nebo v jeho blízkosti smí pracovat pouze kvalifikovaný pracovník. Dodržování příslušných bezpečnostních předpisů také zahrnuje pochopení toho, jaký zkušební přístroj se má pro dané měření použít, jejich součástí je rovněž přečtení postupů doporučených výrobcem a jejich dodržování a zároveň i kontrola toho, že zkušební přístroj je vhodný pro daný rozsah měření. Pokud není k dispozici originální návod k přístroji, tak většina výrobců poskytuje svoje návody na internetu nebo na požádání pošle jeho kopii. [Mazur, 2011, s. 25]

Osobní ochranné pomůcky

Osobní ochranné pracovní prostředky (OOPP) je oblečení anebo vybavení, které nosí obsluha pro snížení možnosti zranění v pracovním prostředí. OOPP zahrnují ochranné oblečení, ochranu hlavy, očí, uší, rukou a nohou, zad a kolen či gumové izolační podložky. [Mazur, 2011, s. 26]

Kvalifikované osoby

Kvalifikovaná osoba je osoba, která je vyškolená a má speciální znalosti o konstrukci a provozu elektrického zařízení a je vyškolená pro rozeznání a zabránění elektrického nebezpečí, které se může objevit v souvislosti se zařízením nebo prováděnou prací. Na elektrickém zařízení nebo v jeho blízkosti smí pracovat pouze kvalifikovaný pracovník. [Mazur, 2011, s. 26]

Zásady odstraňování problémů

Odstraňování problémů je systematické vylučování různých sekcí systému za účelem zjištění nefungujícího zařízení nebo jeho části. Odstraňování problémů může zahrnovat zkoušení mechanických systémů, hydraulických systémů, pneumatických systémů, elektronických komunikačních systémů, elektrických nebo jiných systémů. Odstraňování problémů často vyžaduje kontrolu a zkoušení několika různých systémů,

protože většina systémů je propojených vzájemně a pracuje společně. Při odstraňování problémů u elektrických motorů, motorových pohonů a elektrických systémů jsou zkoušky, které je nutno provést, stanoveny na základě takových požadovaných informací, aby bylo možno stanovit provozní podmínky anebo problémy. Potřebné měřicí přístroje se vyberou na základě prováděných zkoušek a příslušné dokumentace. [Mazur, 2011, s. 39]

Měřicí přístroje při odstraňování závad

Při zkoušení elektrických systémů a částí se používají elektrické měřicí přístroje. Některé elektrické měřicí přístroje jsou navrženy pro jeden speciální účel, zatímco jiné jsou určeny pro řadu úkolů. Každý elektrický přístroj má svoje výhody i nevýhody, které rozhodují o jeho použitelnosti v dané situaci. Výhody a nevýhody zahrnují takové faktory jako je cena, počet typů jednotlivých měření, která přístroj může provádět, snadnost obsluhy a používání, schopnost zaznamenat naměřené hodnoty, kategorie a přesnost měření. U většiny odstraňovaných problémů platí, že čím složitější problém je, tím vyšší požadavky jsou na měřicí přístroj. Většina běžných měřicích přístrojů jsou digitální altimetry, přístroje pro měření jakosti energie, přenosné osciloskopy, přístroje pro měření izolace a bezdotykové měřicí přístroje jako digitální teploměry nebo teplotní snímače. [Mazur, 2011, s. 39]

Elektrická měření elektromotorů

Pokud se provádí elektrické měření, aby se zjistilo, jak systém pracuje nebo aby se zjistil problém, musí se stanovit konkrétní zkoušky a místo měření. Měření nebo odstraňování problémů u elektrických přístrojů nebo systémů začíná základními měřeními a pokračuje, pokud je to nutné, složitějšími zkouškami. [Mazur, 2011, s. 51]

Základní měření

Základní měření začíná měřením na logických a snadno přístupných místech. Nejčastější je měření napětí a proudu. Při provádění základních měření pečlivě pozorujte přístroj a okolní prostředí. Voda, vlhkost, prach, špína a přítomnost zvířat může způsobit přepálení pojistek, vybavení jističů a vyhoření komponent nebo izolace, nedostatečné proudění vzduchu přes komponenty, zkratky, chybný provoz, vyšší provozní teploty nebo zvýšený odběr energie. [Mazur, 2011, s. 51]

3.3 Běžné problémy elektromotorů a pohonů

Elektrické motory a motorové pohony se používají pro vytváření práce v obytných, průmyslových, zábavních, vládních a jiných aplikacích, které vyžadují řízený rotační výstup. Problémy v takových aplikacích typicky zahrnují běžné záležitosti, které vznikají ve většině elektrických systémů a také méně běžné problémy spojené s požadavky na aplikaci, na ovládání a okolní prostředí. Běžné problémy, které mohou nastat ve většině motorových aplikací, jsou tyto: přepálené pojistky a vypnuté jističe, zařízení poškozené vlhkostí, nečistotami, korozí, bleskem, nesprávnou obsluhou a jinými podmínkami, pro které není zařízení navrženo. Dále se může poškození projevit z důvodu stárnutí, dlouhého používání, poddimenzování, nesouososti a nesprávného napájení jako je výpadek fáze, přechodová napětí, harmonické a výchylky napětí. [Mazur, 2011, s. 66]

3.3.1 Procesy degradace

Procesy degradace materiálů, resp. technických prostředků se řadí do dvou kategorií, podle nichž rozeznáváme jevy předvídatelné (degradační poruchy) a jevy nepředvídatelné (katastrofické poruchy). Jevy předvídatelné vznikají vlivem opotřebení a stárnutí, jsou pomalé a zjiřitelné obvykle nedestruktivními metodami nebo extrapolací opakovatelných jevů. Například opotřebení pneumatiky je viditelné. Zřídka mění funkční podmínky a neprojevují se na výkonových parametrech, za to však při proměrování nebo pozorování jevů spojených s opotřebením, resp. stárnutím. Jestliže se v potřebnou dobu neučiní žádná opatření, vedou tyto změny k poruše. Úlohou preventivní údržby je předcházet takovým koncům, s výjimkou nemožnosti zásahu „vyšší moci“.

Nepředvídatelné změny (katastrofické poruchy) mohou být odhadnuty, avšak jsou nepředvídatelné, pokud jde o okamžik, kdy k nim dojde, jako např. prasknutí pneumatiky. Takovou příhodu lze očekávat, avšak nelze předvídat její datum.

V tomto případě jsou poruchy ve své podstatě dílem náhody. A při nejlepší vůli jim nelze předcházet jinak než přijetím přípravných opatření k jejich odstranění. Díky sledování spolehlivosti či bezporuchovosti se nyní začínají poznávat základní zákony a mechanismy těchto změn a začínají se přesně vyhodnocovat pravděpodobnosti poruch. [Hamelin, 1983, s. 26]

3.3.2 Definice bezporuchovosti: vypočtené riziko

Bezporuchovost je ukazatelem spolehlivosti, je pravděpodobností, že zařízení může pracovat bez závady po stanovenou dobu a v daných podmínkách. Jestliže se například

může tvrdit, že stroj má 2% riziko, že dojde k poruše v průběhu následujícího roku za předpokladu, bude-li pracovat v určitých podmínkách, lze říci, že je spolehlivý a jeho bezporuchovost je 0,98. Na základě extrapolace se uvádí, že zařízení je spolehlivé, je-li jeho pravděpodobnost bezporuchového provozu vysoká.

Spolehlivost, která počítá s mírou rizika, dává vedoucím pracovníkům údržby možnost seriózních technických zdůvodnění v jejich preventivní či korektivní činnosti. [Hamelin, 1983, s. 27]

Ložiskový proud

V elektromotoru nelze zabránit napětí na hřídeli, které se vytvoří ze statorového vinutí v hřídeli rotoru z důvodu malých nesymetrií magnetického pole ve vzduchové mezeře. Tyto asymetrie jsou pro návrh motoru inherentní. Většina elektromotorů je navržena tak, aby maximální napětí na hřídeli nebylo větší než $1 V_{rms}$. Pokud napětí na hřídeli překročí izolační schopnost tuku v ložisku, může dojít k přeskoku na vnější ložisko, což může způsobit vytváření důlků a rýhování na kroužcích ložisek. První příznaky tohoto problému jsou zpravidla nezvyklý hluk a přehřívání, protože ložiska začnou ztrácet svůj původní tvar a části kovu se smíchávají s tukem, takže se zvyšuje tření v ložisku. To může ložisko poškodit během několika měsíců provozu a způsobit nutnost nákladné opravy a výpadek elektromotoru. [Mazur, 2011, s. 70]

3.3.3 Problémy elektromotorů

Pokud jsou elektromotory správně nainstalovány, navrženy a připojeny k napájení, jsou jedním z nejspolehlivějších elektrických zařízení. Není nic neobvyklého, když elektrický motor pracuje deset let nebo déle prakticky bez údržby. Protože však motory mohou mít a mívají poruchu, koncoví uživatelé zaznamenali nejčastější příčiny poruch za posledních 100 let a poskytují informace o běžných poruchách motorů. [Mazur, 2011, s. 66]

Sušení elektromotorů

Má-li se spouštět nový nebo dlouho nepoužívaný elektromotor, je nutné se nejprve přesvědčit, zda se jeho izolační stav nezhoršil dopravou nebo delším uložením. A zda tím nehrozí nebezpečí, že se vinutí spálí. Velikost izolačního odporu závisí na několika činitelích, například na velikosti elektromotoru, na napětí, na druhu izolace a impregnace, na teplotě apod., takže tento vztah nelze vyjádřit jednoduchým vzorcem. Přesnou velikost

izolačního odporu musí určit odborník, který zjistí induktorem izolační odpor vinutí statoru proti kostře, popřípadě u statoru i izolační odpor fáze proti fázi. Například u asynchronních motorů střední velikosti na 380V se obvykle dovoluje nejmenší izolační odpor měřený za tepla 0,4 MΩ. Protože se izolační odpor mění s teplotou, je třeba sledovat, jeho závislost na teplotě (například při chodu na prázdno a při pozvolném zatěžování) a podle potřeby zařídit vysušení elektromotoru.

Čištění elektromotorů

Při jakékoliv práci na elektromotoru je nutno předem vypnout jeho spínač a pro jistotu ještě vyjmout pojistkové vložky v přívodu elektromotoru.

Elektromotor je nutné pravidelně prohlížet a nanosený prach, piliny apod. je třeba vymést nebo opatrně vyfoukat čistým, suchým, stlačeným vzduchem. Přitom je potřeba dávat pozor, aby se nečistoty v motoru foukáním nehromadily a aby se izolace při čištění nepoškodila. Zatékající olej se musí utřít, aby nevníkal do vinutí. [Bartoň, 1961, s. 118]

Pravidelné prohlídky

Běžná prohlídka spočívá v udržování čistoty stroje a příslušných zařízení. Má-li se zajistit spolehlivý provoz stroje, je nutné kontrolovat jeho mazání. To znamená doplňovat a vyměňovat olej podle olejoznaků, u valivých ložisek vyměňovat mazací tuk. Tuk se vyměňuje po uplynutí asi 4 800 h, nejpozději však za 2 roky. Záleží na tom, v jakém prostředí a za jakých podmínek stroj pracuje.

Stroj se kontroluje zpravidla jednou za ½ roku až 1 rok, někdy i dříve, vyžaduje-li to předpis výrobce stroje nebo zařízení. V těchto lhůtách má být stroj prohlédnut odborníkem, který stav stroje překontroluje, vyfouká stlačeným vzduchem nečistoty a prach z vinutí, očistí veškeré součásti a proměří elektrické obvody i jejich izolační odpor. Pracuje-li stroj ve vlhkém prostředí, dávají se součásti i vinutí sušit. Často se znovu impregnují. Zároveň se benzínem nebo benzenem vymyje z ložisek starý tuk. Nemá se k tomu používat petrolej ani nafta, aby se nový ložiskový tuk něčím nezředil. Proto se musí ložiska řádně vyfouknout stlačeným vzduchem, aby byla suchá, než je možné je znovu namazat. Těmto prohlídkám se říká revize a jsou děleny na běžné a zevrubné.

Při běžné revizi musí být demontovány kryty, popř. ložiskové štíty, otevřeny ložiska, stroj důkladně prohlédnut, je třeba změřit vůle ve valivých ložiskách nebo v ložiskách kluzných. Přesáhly-li odchylky tolerance podle platných norem, je nutno provést náležitou opravu. U kroužkových strojů je nutné opravit držáky kartáčů a kartáče

doplnit a zabrousit. Je-li to nutné, přesoustruží se sběrací kroužky na rotoru. U strojů s komutátorem se kromě sběracího ústrojí s kartáči ošetřuje komutátor a spouštěcí zařízení nebo přepínače.

Zevrubná revize se provádí tak, že se celý stroj úplně rozebere. Překontrolují se ložiska a hřídel, zda odchylky nejsou větší než tolerance podle norem. Zjistí se stav izolace mezi fázemi a proti kostře a proměří elektrické obvody. Pokud je zjištěno, že jsou izolace zuhelnatělé a vinutí je značně zestárlé a v takovém stavu, že není vyloučena neočekávaná závada na stroji, je takový stroj navržen ke generální opravě, k převinutí. Při revizi je často na některých součástkách zjištěno značné opotřebení. Proto je vhodné si takové součástky předem zajistit.

Dobře opravený elektromotor s novým vinutím má značnou trvanlivost, kterou může ovlivňovat prostředí, v němž pracuje. Je-li správně ošetřován, slouží obvykle 10 let, ale často i déle. [Knotek, 1990, s. 354-355]

3.4 Uvedení elektromotoru do chodu

Před usazením je nutno elektromotor pečlivě prohlédnout, zejména tehdy, byl-li předtím delší dobu skladován. Zjištěné vady nutno odborným způsobem odstranit. Rotorem elektromotoru s valivými ložisky se musí dát bez násilí pootočit, jinak je nutná výměna ztvrdlého mazacího tuku v ložiskách, není-li jiná závada.

3.4.1 Umístění elektromotoru

Elektromotor musí být umístěn tak, aby komutátor, ložiska a u kroužkového elektromotoru sběrací kroužky byly přístupné. Rovněž příslušenství elektromotoru (zařízení spínací, jistící a řídicí) musí být pro obsluhujícího snadno přístupné. Elektromotor se musí usadit do takové pozice pro jakou je konstrukčně vyroben.

Patkový elektromotor musí stát na pevném základu, patky elektromotoru mají stát vždy na rovné kovové podložce; nemají se usazovat přímo na betonový nebo zděný základ. Dosedací plochy pod elektromotorem, musí být přesně vyrovnány vodováhou do jedné roviny, aby se elektromotor při upevňování nezkroutil.

Přírubový elektromotor se usazuje přesně na opracovanou, lícovanou plochu hnaného stroje, aby byla zajištěna souosost hřídelí obou strojů.

Šrouby, kterými je motor držen na podložce, musí být dotahovány rovnoměrně.

Chlazení elektromotoru

Elektromotor musí být umístěn tak, aby nic nerušilo přívod chladícího vzduchu a aby nenasával ohřátý vzduch, například vycházející z jiného stroje. Prostor, v němž je elektromotor umístěn, musí být dostatečně velký, čistý a větraný.

Elektromotory s cizím chlazením musí být elektricky blokovány tak, aby elektromotor nemohl pracovat nechlazený.

3.4.2 Přívod a zapojení elektromotoru

Vedení a přívod k elektromotoru včetně jeho spojení s přístroji spínacími, ochrannými, jistíci a řídicími mohou instalovat pouze oprávnění odborníci.

Zapojení asynchronních elektromotorů: zejména trojfázové elektromotory s přepínáním pólů a elektromotory na několik napětí včetně jejich příslušenství se musí zapojit podle schématu dodaným výrobcem. Způsob zapojení elektromotorů s více než třemi svorkami musí být vyznačen na trvanlivém schématu vlepeném do krytu svorkovnice. Před konečným připojením se musí předběžně vyzkoušet směr točení. Svorky elektromotoru a přístrojů musí být řádně dotaženy, aby se za provozu nezahřívaly, a spolehlivě zajištěny, aby se samovolně neuvolnily.

Jištění elektromotoru

Asynchronní elektromotory se před poškozením izolace příliš silným proudem jistí jističem s elektromagnetickými a tepelnými spouštěmi. Pojistky k jištění přívodu a k jištění elektromotoru proti zkratu se zařazují mezi spínač a elektromotor. Pojistky se volí podle jmenovitého proudu uvedeného na výkonostním štítku se zřetelem k druhu zátěže (lehký, střední, těžký). [Bartoň, 1961, s. 121-125]

Avšak neprojeví-li se porucha výrazným nárůstem proudu nebo oteplením stroje, jistící prvky na ni nereagují. Tak tomu je např. v situaci přehřeje-li se nedostatečně mazané ložisko, nebo zavadí-li rotor o stator. Jistič může v takových případech nejvýš odpojit elektromotor, když škoda již vznikla. Ložiska se dají do jisté míry chránit tím, že se opatří čidly, která kontrolují teplotu. Takové přístroje nejsou zahrnovány pod pojem jištění elektromotorů, jelikož mohou být použity u všech strojů, buď aby upozornily na poruchu, nebo aby odpojily zařízení od elektrické energie. Škodám, které se výrazně projeví teprve po svém vzniku, žádný jistící přístroj nezabrání.

Důležitou příčinou poruchy elektromotoru je přetížení. Elektromotor často potřebuje vyvinout větší točivý moment, který musí krýt zvětšeným odběrem proudu

ze sítě, např. zvětší-li se pasivní odpory poháněného stroje, je-li čerpadlo nuceno překonávat větší výtláčnou výšku, zabere-li elektrický nástroj větší silou, naloží-li se více materiálu na dopravní vozík apod. Zvětší-li se trvalé zatížení elektromotoru, zkracuje se doba života izolace vinutí. Na elektromotory s přirozeným chlazením působí zvláště nepříznivě pokles rychlosti otáček, často již poměrně malý, který je podmíněn provozními poměry a napětím v síti. [Franken, 1962, s. 19-21]

Ochrana před nebezpečím dotyku

Ochrany před nebezpečným dotykem, před vniknutím cizích těles a vody se má dosáhnout vhodnou volbou provedení elektromotoru, jeho vhodným umístěním nebo samostatným ochranným zařízením (např. drátěnou sítí nebo zábradlím kolem elektromotoru, stříškou, výjimečně také dobře větranou budkou).

Je třeba dbát na to, aby nikdo nemohl být zraněn hnacím řemenem nebo jinými pohyblivými částmi vně elektromotoru.

Dotýkat se živých částí pod napětím (komutátoru, sběracího ústrojí, kartáčů apod.) bez ochranných pomůcek je zakázané, i když je elektromotor v klidu. [Bartoň, 1961, s. 125]

Namáhání při zkratové poruše

Zkratová porucha znamená zpravidla vznik obrovských brzdících momentů motoru a při pružném spojení elektromotoru se zátěží může namáhání pružného členu nabýt nebezpečných hodnot. [Čadil, 1976, s. 29]

3.5 Valivá ložiska jako zdroj vibrací

Valivá ložiska patří mezi nejpoužívanější strojní součásti. Z hlediska plánování a řízení údržby se proto ložiska stávají jedním z nejdůležitějších problémů zajištění provozní spolehlivosti strojů a zařízení. [Helebrant, 2004, s. 60]

Valivá ložiska jsou konstrukčním prvkem, který umožňuje vzájemný pohyb součástí ve strojích, přičemž současně přenáší působící síly. Skládají se obvykle ze dvou kroužků, valivých těles a klece. Valivá tělesa se odvalují v oběžných drahách kroužků a klec je rozděluje rovnoměrně po obvodu. V některých případech se valivá tělesa mohou odvalovat přímo na hřídeli nebo v tělese. Ložiska mohou být dodávána i bez klece. Valivé ložisko je samo o sobě zdrojem vibrací a taktéž přenáší vibrace způsobené jinými procesy

probíhajícími ve stroji. Pro provádění bezdemontážní technické diagnostiky je ložisko nejdůležitějším elementem ve stroji.

Vibrace valivého ložiska je součet všech vynucených a pružných kmitů ložiskových součástí následkem jejich pohybu. Tyto pohyby vznikají v důsledku vnějších podnětů a protipůsobícího působení sil následkem jejich pružných vlastností. Hlavním podnětem je rotující pohyb hřídele. [Hudeczek, 2011, s. 52-59]

3.5.1 Diagnostika valivých ložisek

Je možno říci ve stručnosti „cílem není vlastní měření, ale analýza vibrací, která je prostředkem k určení příčiny problému“. Poruchy strojních zařízení mají zřídka náhlý a zcela neočekávaný průběh, takže typický průběh úrovně vibrací u rotujícího stroje dané frekvencí má po dobu technického života objektu tvar tzv. „vanové křivky“. [Helebrant, 2004, s. 29]

Pravidelné zjišťování stavu valivých ložisek umožňuje plánovat jejich výměnu v nejhodnější době. Nejjednodušší způsob pro detekování celkového poškození strojů je pravidelně měřit celkovou úroveň kmitání (mohutnost kmitání) na ložiskovém domku. [Beneš, 1991, s. 16]

Když se nadměrné přetížení povrchu projeví prasklinami nebo vyštípnutím, jsou generovány impulsní síly, jak se každý valivý prvek valí přes diskontinuitu v povrchu. Frekvence těchto impulsů má jednoduchý vztah ke geometrii ložiska a k otáčkové frekvenci hřídele. [Helebrant, 2004, s. 69]

Dojde-li k poškození na oběžné dráze nebo na valivém tělese ložiska, vznikají při odvalování mechanické rázy, které způsobují krátkodobé oscilace, tj. velmi silně tlumené kmity.

U poškozeného ložiska vznikají nejsilnější impulzy v zatížené oblasti a odtud jsou přenášeny na skříň ložiska. Při radiálním zatížení se rozšiřuje tzv. „emisním oknem ložiska“ přes sektor 45° na obě strany směru zatížení. U axiálních ložisek leží zatížení přirozeně na celém obvodu 360° kotouče skříň. Ostré hrany a mezery mezi jednotlivými částmi materiálu způsobují podstatný útlum síly signálu rázových impulsů. Snímač rázových impulsů je nutné proto umístit tak, aby byl umístěn přímo v oblasti „emisního okna“, a to přímo v nejzatíženější oblasti ložiska. Mezi snímačem a ložiskem by měl být přímý a nepřerušovaný styk. [Beneš, 1991, s. 16]

3.5.2 Mazání valivých ložisek

Správné mazání ložisek je stejně důležité jako správná volba ložisek, neboť může podstatně ovlivnit jejich životnost. O druhu a způsobu mazání rozhoduje už konstruktér při návrhu uložení, a proto je důležité, aby měl o mazání ložisek ucelenou představu.

Mazivo vytváří na funkčních plochách ložiska mazivový film, který brání kovovému styku valivých tělísek s oběžnými drahami kroužků. Dále maže všechna místa, kde se nachází kluzné tření, má chladicí účinek chrání ložisko před korozí a v mnoha případech rovněž těsní ložiskový prostor.

Během montáže se naplní valivé ložisko a současně polovina až tři čtvrtiny volného ložiskového prostoru čistým mazacím tukem. Ložiskový prostor se nemá zcela vyplnit tukem, neboť vlivem zvětšeného odporu se za provozu zvyšuje teplota ložiska a mazací tuk se může znehodnotit. [Patočka, 1963, s, 85-86]

3.5.3 Mechanický původ vibrací

Z pohledu hodnocení vzniku vibrací je nutné stroj kvalifikovat jako autogenerační systém. Přivedená energie je do vstupu stroje přeměněna na základní pohyb, který je technologicky nezbytný. Obecně to může být rotující pohyb (např. elektrické motory, hydrogenerátory, čerpadla, ventilátory, drtiče, kombajny atd.), přímočarý pohyb (pístové motory, lisy apod.), včetně kombinace obou základních pohybů. Oba základní pohyby včetně jejich kombinace se vyskytují v jednotlivých částech hnací a hnané jednotky stroje. Tyto základní pohyby hnacích agregátů a taktéž pracovních orgánů v nich budí celou stupnici doprovodných pohybů, které jsou zbytečné z hlediska provozování stroje. Doprovodné dynamické procesy jsou: vibrace, hluk, pulsace média, akustické emise. Nutno říci, že vznik vibrací, hluku a pulsace média není vždy informací o vadné funkci stroje nebo jeho špatném technickém stavu. Nedá se např. ideálně vyvážit pístový kompresor, proto je nutné vzít v úvahu určitou úroveň vibrací jako jmenovitou, která vznikla z konstrukční realizace posláním stroje. Stejně efekty dává médium, které je stlačováno pístovým kompresorem – jmenovité pulsace média atd. Ve většině případů chodu strojů nebudou podstatné generované vibrační procesy, nýbrž odchylky od těchto efektů od úrovně a charakteru generování a standardu dobrého stroje. Základní zdroje vibračních procesů, které působí při chodu strojů, které působí při chodu strojů, jsou uvedeny dále. [Hudeczek, 2011, s. 43]

Mechanické uvolnění

Obecně se projevují jako dlouhý sled neobvykle vysokých amplitud vyšších harmonických složek, otáčkové frekvence subharmonických složek a interharmonických složek. Velikost těchto amplitud by měla být vyšší než 20 % hodnoty základní otáčkové frekvence. Přesná lokalizace a specifikace vznikající závady u mechanického uvolnění je možná za pomoci nasazení metody zviditelnění provozních tvarů kmitů. [Helebrant, 2004, s. 58]

Nevyváženost

Nevyváženost je společná vlastnost veškerých rotujících elementů, tj. rotorů rotačních strojů a taktéž zalomených hřídelí pístových strojů.

V prvním případě je nevyváženost postranním efektem nestejnorodosti materiálu, nedokonalé výroby a taktéž důsledkem provozního opotřebení.

V druhém případě nevyváženost klikové hřídele je charakteristikou zdroje, kterou konstruktér provedl záměrně. Tato charakteristika se nemění při provozování stroje. Obecně každá nevyváženost hmoty při rotujícím pohybu je zdrojem odstředivých sil nebo momentů setrvačnosti, které se prostřednictvím ložiska přenášejí na těleso zdroje a jsou zdrojem vibrací celé soustavy. Změření amplitudy a fáze těchto vibrací umožňuje určit druh nevyváženosti.

Ohnutá hřídel

Hřídel ohnutá následkem zadření rotoru o stator a následné tepelné deformace se projevuje stejně jako statická nebo kvazistatická nevyváženost v závislosti na umístění středu prohnutí. V důsledku otáčení prohnuté hřídele se objevují axiální reakce na ložiska, která mají opačné směry. Změření fázového posunu vibrací ložisek a zjištění, že fázový posun je 180° , dává jistotu, že hřídel je ohnutá.

Nesouosost hřídelí

Hnací soustava stroje a její pracovní orgán jsou obvykle konstrukčně rozdílné a spojené pomocí spojek. Spojení těchto dvou soustav je převážně nesouosé a obecně je možno definovat dva druhy nesouososti: paralelní a úhlové, které vznikly jako důsledek výrobních a montážních chyb. Nesouosost hřídelí je zdrojem vibrací s dvojnásobnou otáčkovou frekvencí.

Spojky

Spojky spojující výše analyzované hřídele hnacího a hnaného agregátu mají velký vliv na dynamický stav celého soustrojí. K nejvíce používaným spojkám patří: pevné, pružné a zubové. Poslední dva druhy spojek kromě přenášení výkonu mají za úkol vyrovnávat výrobní a montážní vady agregátů, včetně vibrací a rázů. Pevná spojka je složena ze dvou přírub, které jsou spojeny spojovacími šrouby. Správně nastavená souosost je zárukou, že nevzniknou přídavné vibrace. Pružná spojka je složena z elementů pryžových, pružinových atd. Tato spojka lépe tlumí vibrace. Při nesouososti agregátů jsou pozorovány vibrace, jak je výše uvedeno, ale jejich amplituda je tím menší, čím je spojka pružnější nebo ustavení hnacího a hnaného agregátu je provedeno na maximální mez přesnosti a tu je možné docílit pomocí moderní technologie ustavování. Zubové spojky dovolují větší radiální a úhlové posunutí hřídelí. Avšak ve většině případů je samotná nerovnoměrně zatížená spojka zdrojem vibrací s otáčkovou frekvencí f_0 a spojkovou frekvencí f_z .

Vůle v uložení agregátu

Nesouosost hřídelí hnacího a hnaného agregátu budí pohyb v prostoru obou členů soustavy s největšími amplitudami v horizontální rovině. Tento druh vibrací je příčinou uvolnění kotvících šroubů k základům. Takovéto uvolnění kotvících šroubů v závislosti na horizontálním nebo radiálním resp. vertikálním směru je zdrojem vibrací s rázy, které vedou k utržení šroubu a havárii celého agregátu. Zjištění vůle je možné změřením rozdílů amplitud a fází vibrací kotvícího šroubu a patky stroje. Rozdíly je možné zjistit také změřením fáze mezi dvěma patkami stroje. [Hudeczek, 2011, s. 43-49]

3.6 Skladové zásoby

Asi vůbec nejznámějším nástrojem je průběžná ABC (či také Paretova) analýza skladových zásob. Ta třídí zásoby podle doby jejich pobytu ve skladu. ABC se jí říká proto, že kategorii A tvoří rychloobrátkové zásoby, kategorii B zásoby, které ve skladu zůstanou několik měsíců, a kategorii C tvoří tzv. ležáky, jež ve skladu stráví obvykle déle než rok. Strategie snižování skladových zásob je taková, že v kategorii C by ideálně nemělo být nic.

U řady výrobních podniků se však přesto nelze bez ležáků obejít. Idea, že zmizí ze skladu úplně vše a firma bude fungovat čistě „just in time“, je spíše teoretický koncept. Mezi ležáky totiž občas patří i kriticky významné náhradní díly s velmi dlouhou objednáací

dobou, vzácné suroviny, u nichž dokonce může s časem jejich hodnota růst (typicky vzácné kovy), nebo které mají extrémně dlouhé objednací lhůty (např. některá barviva v kosmetickém průmyslu).

Přesto ABC analýza často firmě se snížením stavu zásob razantně pomůže. Například v retailu může napovědět, které zboží zařadit do slevové akce, a ve výrobě často odhalí díly a suroviny, jež firma už dávno na nic nepotřebuje.

3.6.1 Outsourcing skladových zásob

Zajímavým způsobem, jak snížit zásoby, je také outsourcing. Ten může pomoci hned několika způsoby. Předně lze vyčlenit proces vyžadující velký objem zásob externímu subdodavateli. Například v oděvnictví si tak lze nechat veškeré oděvy šít externím dodavatelem na základě vlastních návrhů. Podnik se tak zbaví potřeby držet veškeré látky a rozpracovanou výrobu skladem.

Další možností, která našla uplatnění například v automobilovém průmyslu, je část výroby outsourcovat přímo ve výrobním areálu. Jednoduše tím, že třeba lakovací linku bude provozovat jiná firma, jež si zároveň bude sama držet veškeré barvy skladem.

Outsourcovat například v podobě franšízy, lze i samotný prodejní řetězec. Toho se ostatně využívá i ve výše zmiňovaném oděvnictví stejně jako třeba v případě kaváren a restaurací. Pobočky nesoucí značku sice mají veškeré zboží skladem, ale jejich zásoby už nejsou zásobami franšízované firmy.

K tomu, aby bylo možné outsourcing efektivně využívat, je potřeba profesionálního informačního systému schopného průběžně a spolehlivě elektronicky měnit data s jinými, dodavatelskými informačními systémy. [Helios.EU, 2018]

3.6.2 Charakteristika zásob a právní úprava

Zásoby jsou součástí oběžného majetku podniku a pořizují se k zajištění provozu podniku, k zajištění výroby nebo za účelem prodeje. Zásoby se dají rozdělit na zásoby nakoupené, kam se může zařadit materiál, zboží či zvířata. A na zásoby vytvořené vlastní činností, která tvoří výrobky, polotovary, nedokončenou výrobu a zvířata.

Stejně tak jako tomu je i u jiného druhu majetku (hmotného, nehmotného či finančního), tak také oblast zásob a jejich účtování je zakotvena v legislativě České republiky.

Jedná se zejména o tyto právní předpisy: České účetní standardy č. 015 – Zásoby, zákon č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů, zákon č. 563/1991 Sb., o účetnictví, a vyhláška č. 500/2002. Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o účetnictví.

Pro účtování zásob je v účtové osnově vyhrazena i samostatná účtová třída 1. [Kandlerová, 2014]

3.6.3 Účtování zásob

Existují dva způsoby účtování zásob – způsob A a způsob B. Účetní jednotka se sama rozhodne, podle jakého způsobu bude účtovat. V určitých případech může použít i oba, avšak musí brát v úvahu, že při účtování podle míst uskladnění (odpovědných osob) může být uplatněn pouze jeden ze způsobů.

Dále má u způsobu B účetní jednotka povinnost zajistit průkazné vedení evidence o zásobách tak, aby mohla v průběhu účetního období prokázat stav zásob včetně ocenění těchto zásob podle zákona o účetnictví (vedení skladové evidence).

Způsob A

Tento způsob umožňuje kontrolovat shodu stavu zásob na účtech finančního účetnictví a ve skladové evidenci během účetního období. Také se dá zjišťovat stav zásob či průběžně provádět finanční analýzu. Záznamy o pořízení a výdajích zásob se nejprve shromažďují na účtech třídy 1 a až poté se vyskládňují do spotřeby.

Zjednodušeně lze tento postup vyjádřit takto: Nákup (hotově, na fakturu) → Pořízení (111, 131) → Příjem na sklad (112, 132) → Výdej do spotřeby k prodeji (501, 504).

Způsob B

Použití tohoto způsobu je podmíněno důsledným vedením skladové evidence. V průběhu roku se účtuje pořízení a výdaje zásob rovnou do spotřeby (nákladů) a na konci účetního období se provede inventura. Zjištěný zůstatek se poté zaúčtuje na účty zásob. Údaje o stavu zásob v průběhu roku u tohoto způsobu účtování nejsou k dispozici.

Na konci roku při uzavírání účetních knih se počáteční stav zásob k 1. 1. zaúčtuje do spotřeby (nákladů) a konečný stav dle inventarizace k 31. 12. je zaúčtován jako nový zůstatek zásob, a to souvztažně s účty 501 a 504. Tento postup lze jednoduše vyjádřit takto: Nákup → Výdej do spotřeby (501, 504) [Kandlerová, 2014]

3.6.4 Zásoby u podnikatelů

Zásoby představují u podnikatelů jednu z běžných součástí obchodního majetku, u některých činností jsou zásoby rozhodujícím majetkem (zejména při obchodní činnosti). Majetek uložený v zásobách je teprve připraven na své uplatnění (tj. spotřebu, prodej apod.), představuje určitý potenciál budoucích příjmů (výnosů). V zásobách má podnikatel mnohdy vázán značný kapitál, proto je žádoucí, aby byl tento majetek co nejrychleji zapojen do oběhu a realizován (zásoby patří mezi tzv. oběžná aktiva). Pokud oběh zásob vázne, může to mít pro podnikatele nepříznivé hospodářské důsledky, dochází ke zhoršení peněžního toku apod. V čase od pořízení zásob do jejich využití by měl podnikatel o zásoby pečovat a průběžně sledovat stav jednotlivých druhů zásob a vést jejich evidenci.

Významnou roli hraje také použitý způsob oceňování zásob, což u účetních jednotek může ovlivnit hodnotu aktiv a promítá se i do aktuálního výsledku hospodaření. Nesprávné či nepřesné zachycení zásob v účetnictví nebo v daňové evidenci může mít za následek i značné daňové dopady, zejména u daně z příjmů. Podnikatelům, kteří vedou účetnictví, hrozí také sankce (pokuta) podle § 37 zákona č. 563/1991 Sb., o účetnictví, ve znění pozdějších předpisů. Při uplatnění zásob v daňových výdajích (nákladech) podle § 24 zákona č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů, ve znění pozdějších předpisů, musí poplatník často prokazovat správci daně využití zásob pro svou podnikatelskou činnost. Obdobně to platí i při uplatnění nároku na odpočet DPH plátcem daně podle příslušných ustanovení zákona č. 235/2004 Sb., o dani z přidané hodnoty, ve znění pozdějších předpisů. [Daně a právo v praxi, 2007]

3.7 Náklady

Náklad je velmi důležitým pojmem, a proto je nutné ho důkladně vysvětlit. Náklad znamená, že je něco obětováno pro dosažení budoucího prospěchu, že jsou zakoupeny nějaké zdroje (např. materiál, stroj).

Náklad je abstraktní pojem a není možné se ho dotknout, protože je něčím, co je pořízeno pro budoucí prospěch. Obvykle je nákladem myšlena cena, za kterou byl zdroj pořízen (nákupní cena). Náklad je tedy měřen množstvím peněz, které byly obětovány, zaplacený nebo také ještě nezaplacený za získání budoucího prospěchu (stroje, který bude pracovat a přinese tak budoucí prospěch). [Staněk, 2003, s. 30]

Náklady má každá organizace, která vyvíjí nějakou činnost, která pracuje. A jejich měření pro ekonomická rozhodnutí není vůbec tak jednoduché, jak by se mohlo zdát. Jiné

náklady měří ekonom, jiné účetní, jiné daňový poradce, jiné manažer, to celé komplikuje časová hodnota peněz, některé náklady ani v účetnictví není možné nalézt.

Typickým příkladem je outsourcing – tedy rozhodnutí o tom, má-li daný produkt nebo službu dělat firma sama nebo je výhodnější jej nakoupit od externí organizace. Jedním z důležitých podkladů pro ekonomická rozhodnutí je právě porovnání nákladů. [Staněk, 2003, s. 33]

3.8 Kalkulace nákladů

Není řádně organizovaného podniku, který by se odešel bez vhodně a účelně vybudované kalkulace. Kalkulace, kterými jsou zjišťovány náklady na určitý výrobek nebo výkon dávají velmi cenné číselné podklady. A to jak pro kontrolu hospodárnosti provozu, tak i pro srovnávání nákladů a výnosů a tím i výsledků jednotlivých zakázek, pro ocenění jednotlivých zakázek, pro ocenění vnitropodnikových výkonů, pro přípravu tvorby cen a jejich přezkum, pro ocenění inventury rozpracovaných a hotových výrobků a pro zjišťování jiných, pro hospodaření podniků, důležitých informací.

Výše uvedený výčet úkolů, které může plnit soustavně prováděná podniková kalkulace, zdůvodňuje dostatečnou měrou význam a důležitost kalkulace v podnikové organizaci. V plánovaném hospodářství, které představuje nový princip řádu, nabývá kalkulace ještě více na své důležitosti, neboť je jednou ze základních prostředků jak pro přípravu, tak i kontrolu podnikového plánu. Při plánování nejen množství výroby i její jakost, tj. ceny, výrobní náklady, režii, výrobní časy, využití strojů a investic, podnikovou zaměstnanost, rozsah výrobních ztrát a různé jiné provozní činitele, je nutné využití kalkulace, která v podnikové organizaci tvoří spolu s ostatními složkami druhy podnikového účetnictví tj. finančním a provozním účetnictvím, statistikou a rozpočetnictvím, nezbytný instrument podnikového hospodaření.

V rámci celostátního hospodářského plánu má kalkulace význam nejen úzce podnikohospodářský, ale stává se současně i důležitým činitelem hospodářské politiky nadpodnikové, a to jak v oblasti cenové celých hospodářských odvětví, tak i v oblasti plánovaného hospodaření výroby, distribuce, v oboru činností investičních a při provádění kontroly hospodářského plánu.

K tomu, aby podniková a nadpodniková kalkulace mohla se zdarem plni velké a závazné poslání, které je jí v novém hospodaření dáno, musí být důkladně vědecky

propracovaná, v praxi vhodně použita a soustavně a účelně organizovaná. [Kliment, 1947, s. 3]

3.9 Zvyšování výkonnosti a snižování nákladů

V klasickém pojetí finanční výkonnosti se nejčastěji za efektivní považuje ten podnik, který dokáže generovat vyšší hodnotu zisku. Tradiční ukazatele ziskovosti poté poměřují generovaný hospodářský výsledek (zisk) k objemu investovaného kapitálu. Tímto jednoduchým způsobem se pak vyčíslí tradiční ukazatele rentability jako rentabilita aktiv (ROA), rentabilita kapitálu (ROE) či rentabilita tržeb (ROS). V rámci finančního řízení podniku jsou tyto ukazatele dále rozvíjeny do řady sofistikovanějších ukazatelů.

Omezením klasických ukazatelů rentability je skutečnost, že jejich hodnota je vždy závislá na hodnotě hospodářského výsledku firmy jako výstupu finančního účetnictví, který se vyčíslí jako rozdíl mezi výnosy a náklady. Při rostoucí míře konkurence v určitých odvětvích nastává situace, kdy má podnik velice omezené možnosti nastavit cenu produktu svých identifikovaných nákladů a velice často přijímá cenu danou trhem. V takové situaci je snížení nákladů zpravidla jedinou cestou, jak zvýšit míru zisku firmy, potažmo ukazatele rentability. [Popesko, 2016, s. 17]

Optimalizace nákladů

Snižování či hospodárné vynakládání nákladů je jedním z nejskloňovanějších termínů, které zaznívají z úst vrcholových manažerů. V období hospodářské konjunktury se nákladová optimalizace zmiňuje v souvislosti s konkurenčním bojem a hledáním cesty k úspěšnému podniku, schopného zvyšovat objemy svých výkonů. V období hospodářského poklesu je naopak nákladová optimalizace podmínkou přežití podniku. Náklady a jejich efektivní vynakládání jsou podstatné bez ohledu na stav hospodářského cyklu.

Běžnou reakcí na pokles ziskovosti firmy a klesání poptávky je snižování objemu výkonů, s cílem ponížít náklady a přizpůsobit jejich objem předpokládaným tržbám. Samozřejmě snižování nákladů tímto způsobem je možné, ale představuje v první řadě snížení objemu výkonů a tím také snížení tržeb. Snižování objemu výkonů ale s nákladovým řízením nemá mnoho společného. Omezování výkonů je vždy zejména reakcí na to, že klesá poptávka ze strany odběratelů.

V této fázi není brána existence fixních nákladů v potaz (tedy nákladů, které se ve vztahu k objemu výkonů nemění a na jejichž výši nebude mít snížení výkonu žádný

vliv). Snižování objemu výkonů v případě vysokého podílu fixních nákladů může mít naopak na ziskovost podniku velmi negativní vliv.

Velmi důležité je, si pro jakékoliv úvahy o nákladové optimalizaci uvědomit, že ne všechny podnikové výkony tvoří proporcionálně stejný zisk. Mezi výkony se dají nalézt takové, které jsou vysoce ziskové, i takové, jež jsou ve svém důsledku ztrátové. Pokud tedy společnost přistupuje k nákladovým úsporám výše uvedeným způsobem, měla by své úsilí zaměřit na ty podnikové výkony, které jsou méně rentabilní než ostatní. V tomto případě bude skutečně dopad takovéto optimalizace odlišný než dopad plošného snižování nákladů. [Popesko, 2016, s. 19]

Kalkulace nákladů a cenová politika z hlediska velikosti objednávek

Variabilní a fixní náklady existují nejen z hlediska zaměstnanosti, ale například také z hlediska velikosti objednávek. Objednávky od zákazníků a též objednávky z výroby (tj. objednávky mezi jednotlivými výrobními odděleními) vyvolávají fixní náklady, které se započítávají ve stejné výši u malých i velkých objednávek. Fixní náklady objednávky se skládají z nákladů na administrativu a odbyt vypsání objednávky, na předběžné kalkulace, vystavení odesílacích dokladů, účtování), z výrobních nákladů (seřizování strojů, kontrola) a eventuálně z nákladů na pořízení materiálu. Fixní náklady objednávky na jednu výrobní jednotku jsou tím menší, čím větší jsou objednávky. Z toho vyplývá, že menší objednávky jsou méně ziskové než ty větší, jestliže se vyrábějí za stejné ceny za jednotku.

Fixní náklady na zakázky mohou být u jednotlivých výrobků různé a závisejí na tom, zda je v podniku nadměrná nebo nedostatečná zaměstnanost. Při nedostatečné zaměstnanosti se k těmto fixním nákladům počítají jen ty náklady, které připadají dodatečným převzetím jedné objednávky. Jestliže se tím osazenstvo a stroje nevytíží, nesmějí se náklady na řídicí personál, resp. náklady na odpisy a úroky za stroje připadající na výrobní čas, připočítávat k fixním nákladům zakázky. Při nedostatečné zaměstnanosti jsou z tohoto důvodu ziskové i relativně malé zakázky. [Swoboda, 1990, s. 62]

Prodejní cena určena náklady

Na základě konkrétní ankety bylo zjištěno, že u 60 % dotázaných podniků jsou náklady nejdůležitějším faktorem tvorby cen, 90 % podniků uvádí náklady mezi třemi nejdůležitějšími faktory.

U každého prodávaného výkonu je možno zjistiť vzťah jeho ceny a nákladů, prítom je však nutno rozlíšiť prodejní cenu stanovenou plnými náklady výkonu a prodejní cenu stanovenou variabilními náklady výkonu. [Ogerová, 1998, s. 16-23]

3.10 Chemický průmysl

V případě pozice českého chemického průmyslu se následující definice s menšími obměnami používá už dlouhé desítky let. Z obecného hlediska jde o jednu z nejvýznamnějších sfér hospodářství, a to zejména díky produkci vstupů pro ostatní oblasti průmyslu i zemědělství. Zahrnuje jak tzv. základní chemii, tak zpracování ropy neboli petrochemii, farmaceutiku, gumárenský i plastikářský průmysl.

Výrobní kapacity se tradičně koncentrují do oblastí zdrojů, zejména tedy kolem řeky Labe od Hradce Králové po Ústí nad Labem. Další velká oblast se nachází při toku Moravy od Přerova po Břeclav. Pro zpracování ropy je pak důležitá severočeská lokalita Litvínova a Kralupy nad Vltavou. Největší podíl na celkových tržbách má prítom výroba základních chemických látek jako třeba kyseliny sírové či amoniaku a pak také léčiv.

Pro novodobý vývoj odvětví byla zásadní ekonomická transformace Československa po roce 1989, kterou kromě samotných privatizačních těžkostí provázelo ještě jedno specifikum ovlivňující povědomí o „chemii“ zřejmě dodnes. Nově se formující společnost přirozeně příliš nefandila průmyslu, který byl výkladní skříní socialismu a v očích nastupující generace zákonitě nesl břímě minulosti, od níž se chtěla distancovat.

K větší oblíbenosti celého odvětví, příliš nepomohla ani sílící vlna ekologického aktivismu a environmentalismu. [Továrna, 2016]

Ovlivnění výnosů množstvím hnojiva

Při současné intenzitě pěstování obilnin, vyjádřené výnosy v průměru 6,09 t/ha [eAgri, 2020], ovlivňují hnojiva tvorbu výnosů z 30 %. Při vyšší intenzitě pěstování rostlin ovlivňují hnojiva výnos ještě víc. Náklady na hnojiva se podílejí 10-21,3 % na celkových nákladech na jeden hektar půdy. Pokud bude podnik usilovat o výnosy vyšší, musí počítat i s vyššími dávkami hnojiv. [Čuba, 2004, s. 24]

Ovšem proti navyšování množství hnojiv bojuje Evropská komise a v květnu 2020 naopak přišla se strategií pojmenovanou „od zemědělce ke spotřebiteli“, která má jako jeden ze svých cílů do roku 2030 snížit celkové množství používaných hnojiv o 20 % (procentuální snížení konkrétních zemí se liší v závislosti na množství používaných hnojiv). [Zpravodajství EP, 2020]

4 Analytická část

4.1 Základní informace o podniku

Sledovaný podnik se zabývá výrobou dusíkatých hnojiv. Zaměřuje se především na prodej vícesložkových hnojiv v tuhé i kapalné formě.

V rámci kraje se jedná o velkého zaměstnavatele, který zaměstnává přibližně 500 stálých zaměstnanců a bezpočet zaměstnanců externích firem. Přežití některých menších firem je na podniku přímo závislých. V dnešní době dochází k outsourcingu vybraných služeb, a to především strojní údržby, proto se snižuje stálých zaměstnanců ale zároveň i rostou možnosti výdělků pro externí firmy.

Jedním z postojů podniku je šetrný vztah k životnímu prostředí a je držitelem certifikátu RESPONSIBLE CARE a ISO 14001, což je v dnešní době velmi důležitý přístup zejména k obyvatelům okolních měst a vesnic, kterých se případné znečišťování přímo dotýká. Současně podnik dlouhodobě investuje do zařízení snižujících emise svých provozů nad rámec emisních norem, které jsou nařizeny legislativně státem.

Sledovaný podnik provozuje i velký uhelný kotel, který mimo jiné zásobuje párou i nedaleké město, ve kterém žije zhruba devět tisíc obyvatel a tři další menší podniky. Z tohoto důvodu jsou vynakládány velké finanční prostředky na prediktivní a preventivní údržbu zařízení, včetně navyšování skladových zásob klíčových náhradních dílů.

V rámci diplomové práce bylo na problematiku nahlíženo z několika úhlů tak, aby mohlo dojít k co největšímu možnému zefektivnění již zavedených procesů údržby a také zavedení nových, zde zatím nevyužívaných. Pro testování bylo nadřizenými schváleno využití pozic, které přímo neovlivňují chod výrobní jednotky.

Následující kapitoly se věnují základním činnostem údržby elektromotorů, problémům, které nastaly při výrobě v letech 2017-2020, skladovým zásobám, vlastním haváriím elektromotorů včetně těch zdánlivých. Dále jsou v práci řešena opatření, která jsou rozšířena napříč celým podnikem.

4.2 Identifikace elektromotorů a základní činnosti údržby

Pro úplnou kompletnost seznamu elektromotorů musela být změněna dosavadní strategie lokalizace elektromotorů. Ukázalo se, že některé pozice nejsou přístupné svou polohou nebo jsou zamčené v běžně nedostupných místnostech. Nová strategie byla vytvořena ve spolupráci s provozem a technologi, kteří z řídicího systému vypsal

elektromotory všech pozic. Zajímavé bylo zjištění, že ne všechny elektromotory jsou zavedeny do řídicího systému. Rozšiřování seznamu elektromotorů a pořizování fotodokumentace bylo provedeno napříč všemi výrobními jednotkami.

Fotodokumentace elektromotorů a výkonových štítků byla již využita například při doplnění chybějících výkonových štítků na pozici v prostředí s nebezpečím výbuchu. Elektromotory bez výkonového štítku nemohou být z legislativních důvodů v prostředí s nebezpečím výbuchu provozovány. Štítky jsou neustále využívány při identifikaci náhrad, kdy je možné zajistit náhradu i v nepřítomnosti technika. S čímž dále souvisí rovněž i zrychlené vyhledání náhrad zhavarovaného elektromotoru a snížení doby odstavení provozu.

Tabulka č. 1: Část tabulky seznamu elektromotorů

Provoz:	Objekt:	Patro:	Motor skladem:	Foto:		Věrohodnost údajů:	Režim údržby:	Název zařízení:	Nutno držet skladem:	Technolog. Číslo:		Výkon:	Počet pólů:	Provedení:	Osová výška:
				Motor:	Štítek:					Typ	Označení				
Provoz č. 01	282	1p.		x	x	1	3	Oběhové čerpadlo 2ks		P		0,42	2	-	
Provoz č. 01	282	2p.	x	x	x	1	3	Pasový filtr		F	116	0,55	4	B5	80
Provoz č. 01	282	2p.	x	x	x	1	3	Pasový dopravník za filtrem		B	117	1,1	4	B5	90
Provoz č. 01	282	2p.		x		0	3	kočka - pohon - mimo provoz		H				-	
Provoz č. 01	282	2p.		x		0	3	kočka - pojezd - mimo provoz		H				-	
Provoz č. 01	282	2p.		x		0	3	kočka - pojezd - mimo provoz		H				-	
Provoz č. 01	282	př.		x	x	1	3	Čerpadlo přečerpávací		P	115	4	2	B35	112
Provoz č. 01	282	př.	x	x	x	1	3	Vývěva		J	125	30	4	B3	200
Provoz č. 01	282	př.		x		2	3	Čerpadlo přečerpávací		P	141	0,55	2	B35	
Provoz č. 01	282	př.		x	x	1	3	Kompresor		K	150	4	4	Bspec.	112
Provoz č. 01	282	př.	x	x	x	1	3	Čerpadlo kyseliny		P	158	0,37	2	B5	71
Provoz č. 01	282	př.		x	x	1	3	Kompresor náhradní		K	1201	7,5	4	Bspec.	132
Provoz č. 01	282	př.v.	x	x	x	1	3	Čerpadlo hadicové		P	102	1,1	6	B5	90
Provoz č. 01	282	př.v.	x	x	x	1	3	Čerpadlo míchaní vany		P	103	22	4	V1	180
Provoz č. 01	282	př.v.	x	x	x	1	3	Čerpadlo expediční do Lav II.		P	107	7,5	2	B3	132
Provoz č. 02	1304	1p.v.	x	x	x	1	3	Čerpadlo pro dupliko (ohřev)		P	1102	11	2	V1	160
Provoz č. 02	1304	př.	x	x		1	3	Čerpadlo výrobní	x	P	201	15	2	V1	160
Provoz č. 02	1304	př.	x	x	x	1	3	Cirkulační čerpadlo	x	P	501	3	2	V1	100
Provoz č. 02	1304	sut.v.	x	x	x	1	3	Čerpadlo expediční	x	P	902	7,5	2	V1	132
Provoz č. 03	5401	př.v.		x	x	1	3	Míchadlo č.1		M	3207	0,7	6	-	
Provoz č. 03	5401	př.v.		x	x	1	3	Míchadlo č.2		M	3208	0,7	6	-	
Provoz č. 03	5401	př.v.		x	x	1	3	Míchadlo č.3		M	3209	0,7	6	-	
Provoz č. 03	5401	př.v.		x	x	1	3	Míchadlo č.4		M	3210	0,7	6	-	

Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování

V tabulce č. 1 jsou uvedeny informace k přesné identifikaci elektromotorů na pozicích, včetně fotodokumentace elektromotoru a výkonového štítku. Dostupnost náhradních elektromotorů je automaticky porovnávána se seznamem skladových zásob elektromotorů. Červeně jsou označeny nepotvrzené informace a šedivě pozice dlouhodobě

odstavené včetně informace o klíčové pozici, u které je nezbytně nutné držet skladovou zásobu. Věrohodnost údajů je dána přítomností či absencí výkonového štítku.

Speciální atypické řešení pohonu elevátoru

Z-elevátor na expedici Provozu č. 28 slouží k přepravě materiálu do vyšších pater, jedná se o tzv. výtah. Při projektování investiční akce, byl vyžadován rozjezd přeplněného zařízení z úplného zastavení, například při výpadku elektrického proudu za plného provozu. V této situaci docházelo k tomu, že se za specifických podmínek zařízení nedokázalo rozpohybovat. Nejjednodušším a nejrychlejším řešením byla instalace druhého elektromotoru na opačnou stranu hřídele. Ovšem toto řešení není ideální z důvodu nutnosti instalace druhého frekvenčního měniče a elektromotoru, který může znamenat další potenciální zdroj poruchy, avšak tlak ze strany vedení na snížení nákladů na tuto akci znemožnil instalaci výkonnějšího elektromotoru a frekvenčního měniče. Obavy z možné poruchy se ukázaly jako zcela opodstatněné, když v listopadu 2020 jeden frekvenční měnič havaroval, oprava stála 52 550 Kč. Problematické bylo také nahrazování ze skladové zásoby, jelikož se jedná o specificky nastavené zařízení (oba frekvenční měniče spolu musí fungovat ve vzájemné harmonii). Obrázek č. 1 zobrazuje atypické řešení dvou pohonů na jedné společné hřídeli, jedná se o zatím jediné takto řešené zařízení v podniku.

Obrázek č. 1: Atypické provedení pohonu elevátoru



Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování

4.2.1 Outsourcing elektroúdržby

Outsourcing elektroúdržby je v podniku často zmiňován. V roce 2018 došlo k outsourcingu strojní údržby. V rámci diplomové práce bylo zjištěno, že outsourcing

strojn $\acute{\text{y}}$ $\acute{\text{u}}$ držby nebyl spr $\acute{\text{a}}$ v $\acute{\text{r}}$ n $\acute{\text{y}}$ m ekonomick $\acute{\text{y}}$ m krokem. $\acute{\text{U}}$ spora n $\acute{\text{a}}$ klad $\acute{\text{u}}$ vznikl $\acute{\text{a}}$ propušt $\acute{\text{e}}$ n $\acute{\text{y}}$ m zam $\acute{\text{e}}$ stnanc $\acute{\text{u}}$ je anulov $\acute{\text{a}}$ na delšími odst $\acute{\text{a}}$ vkami provoz $\acute{\text{u}}$ p $\acute{\text{r}}$ i řešen $\acute{\text{y}}$ hav $\acute{\text{a}}$ ri $\acute{\text{a}}$ a zejména seřizen $\acute{\text{y}}$ m stroje.

Příkladem je oprava drtiče Provozu č. 28, kde došlo k prodloužení doby opravy v $\acute{\text{y}}$ m $\acute{\text{e}}$ ny elektromotoru o p $\acute{\text{u}}$ l hodiny. Na z $\acute{\text{a}}$ klad $\acute{\text{e}}$ prodloužení doby odst $\acute{\text{a}}$ vky provozu o p $\acute{\text{u}}$ l hodiny vznikly ztr $\acute{\text{a}}$ ty z nev $\acute{\text{y}}$ roby ve v $\acute{\text{y}}$ ši 17 560 K $\acute{\text{c}}$ (vzorec č. 6).

Provoz č. 28: Elektromotor pozice X3343 – 55 kW (07/2018)

V $\acute{\text{y}}$ počet ztr $\acute{\text{a}}$ ty z nev $\acute{\text{y}}$ roby (Z_{NVR28}):

$$Z_{NVR28} = Z_{NVRJP} \times T_{OPM} = 35\,120 \text{ K}\acute{\text{c}}/\text{h} \times 0,5 \text{ h} = 17\,560 \text{ K}\acute{\text{c}}$$

[Zdroj: viz metodika vzorec č. 6; intern $\acute{\text{y}}$ dokumentace podniku, 2021, vlastn $\acute{\text{y}}$ zpracov $\acute{\text{a}}$ n $\acute{\text{y}}$]

Outsourcing prob $\acute{\text{h}}$ á ve v $\acute{\text{e}}$ tšin $\acute{\text{e}}$ p $\acute{\text{r}}$ ípad $\acute{\text{u}}$ z d $\acute{\text{u}}$ vodu $\acute{\text{u}}$ spory finan $\acute{\text{c}}$ n $\acute{\text{y}}$ ch n $\acute{\text{a}}$ klad $\acute{\text{u}}$. V lepším p $\acute{\text{r}}$ ípad $\acute{\text{e}}$ znamen $\acute{\text{a}}$ outsourcing p $\acute{\text{r}}$ echod kmenov $\acute{\text{y}}$ ch zam $\acute{\text{e}}$ stnanc $\acute{\text{u}}$ pod extern $\acute{\text{y}}$ firmu. V horším p $\acute{\text{r}}$ ípad $\acute{\text{e}}$ zm $\acute{\text{e}}$ na m $\acute{\text{u}}$ že znamenat odchod zkušen $\acute{\text{y}}$ ch pracovn $\acute{\text{í}}$ k $\acute{\text{u}}$ z d $\acute{\text{u}}$ vodu sn $\acute{\text{í}}$ žení mzdy a zrušen $\acute{\text{y}}$ benefit $\acute{\text{u}}$. V rámci zrušen $\acute{\text{y}}$ strojn $\acute{\text{y}}$ $\acute{\text{u}}$ držby v roce 2018 odešlo 8 zkušen $\acute{\text{y}}$ ch pracovn $\acute{\text{í}}$ k $\acute{\text{u}}$ z celkov $\acute{\text{e}}$ ho p $\acute{\text{o}}$ ctu 35 lid $\acute{\text{í}}$.

4.2.2 $\acute{\text{C}}$ ist $\acute{\text{e}}$ n $\acute{\text{y}}$ elektromotor $\acute{\text{u}}$

$\acute{\text{C}}$ ist $\acute{\text{e}}$ n $\acute{\text{y}}$ elektromotor $\acute{\text{u}}$ je ned $\acute{\text{í}}$ lnou sou $\acute{\text{c}}$ ást $\acute{\text{y}}$ prediktivn $\acute{\text{y}}$ $\acute{\text{u}}$ držby. $\acute{\text{C}}$ ist $\acute{\text{e}}$ n $\acute{\text{y}}$ elektromotor $\acute{\text{u}}$ prov $\acute{\text{a}}$ del $\acute{\text{a}}$ firma sídl $\acute{\text{í}}$ c $\acute{\text{y}}$ ve vzd $\acute{\text{a}}$ lenosti 47 km. Pro další zhodnocen $\acute{\text{y}}$ efektivnosti $\acute{\text{c}}$ ist $\acute{\text{e}}$ n $\acute{\text{y}}$, mus $\acute{\text{y}}$ b $\acute{\text{y}}$ t proveden v $\acute{\text{y}}$ počet n $\acute{\text{a}}$ kladovosti.

Ro $\acute{\text{c}}$ n $\acute{\text{y}}$ n $\acute{\text{a}}$ klady na dopravu pracovn $\acute{\text{í}}$ k $\acute{\text{u}}$ p $\acute{\text{r}}$ edchoz $\acute{\text{í}}$ firmy (C_{DP1}):

$$C_{DP1} = Q_o \times T_H \times S_E \times T_C \times Q_P = 4 \text{ lidi} \times 2 \text{ h} \times 249 \text{ K}\acute{\text{c}} \times 12 \text{ cykl $\acute{\text{u}}$ } \times 3 \text{ provozy} \\ = 71\,712 \text{ K}\acute{\text{c}}$$

[Zdroj: viz metodika vzorec č. 3, intern $\acute{\text{y}}$ dokumentace podniku, 2021, vlastn $\acute{\text{y}}$ zpracov $\acute{\text{a}}$ n $\acute{\text{y}}$]

Ro $\acute{\text{c}}$ n $\acute{\text{y}}$ n $\acute{\text{a}}$ klady na $\acute{\text{c}}$ ist $\acute{\text{e}}$ n $\acute{\text{y}}$ elektromotor $\acute{\text{u}}$ p $\acute{\text{u}}$ vodn $\acute{\text{y}}$ firmou ($C_{\check{C}MPF}$):

$$C_{\check{C}MPF} = Q_o \times T_H \times S_E \times T_C \times Q_P + C_{DP1} \\ = 4 \text{ lidi} \times 8 \text{ h} \times 249 \text{ K}\acute{\text{c}} \times 12 \text{ cykl $\acute{\text{u}}$ } \times 3 \text{ provozy} + 71\,712 \text{ K}\acute{\text{c}} \\ = 358\,560 \text{ K}\acute{\text{c}}$$

Roční náklady na čištění elektromotorů novou firmou ($C_{\check{C}MNF}$):

$$C_{\check{C}MNF} = Q_o \times T_H \times S_E \times T_C \times Q_P = 4 \text{ lidi} \times 8 \text{ h} \times 262 \text{ Kč} \times 12 \text{ cyklů} \times 3 \text{ provozy} \\ = 301\,824 \text{ Kč.}$$

[Zdroj: viz metodika vzorec č. 4, interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování]

Úspora při změně firmy čistící elektromotory ($C_{\Delta\check{C}M}$):

$$C_{\Delta\check{C}M} = C_{\check{C}MPF} - C_{\check{C}MNF} = 358\,560 \text{ Kč} - 301\,824 \text{ Kč} = 56\,736 \text{ Kč}$$

[Zdroj: viz metodika vzorec č. 5, Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování]

Roční náklady na dopravu čtyř pracovníků původní externí firmy byly 71 712 Kč (vzorec č. 3). Na základě zhodnocení nákladů na dopravu a níže uvedených závad bylo rozhodnuto, že čištění elektromotorů převezme firma sídlící v areálu podniku. Této firmě nebude nutné proplácet náklady na cestu a bude více pružná při náhlé změně v odstavení provozů. Vzhledem k tomu, že se jedná o firmu, která provádí práce pouze pro sledovaný podnik, je vysoká pravděpodobnost, že bude práci odvádět ve vyšší kvalitě. Ovšem nová firma má vyšší hodinovou sazbu práce, ročně rozdíl činí 14 976 Kč. Roční úspora nákladů při změně firmy je tedy 56 736 Kč (vzorec č. 5).

Uspořené náklady budou využity k zefektivnění prováděné činnosti, především ke kontrolám elektromotorů za chodu, které povedou k odhalení nedostatečně vyčištěných anebo jinak poškozených elektromotorů. Momentálně nejsou kontroly prováděny, a tak často dochází ke zcela zbytečnému zkrácení životnosti elektromotorů. Firma byla změněna v prosinci 2019 a již byly objeveny elektromotory, které nebyly dlouhodobě vyčištěny z důvodu absence kontroly elektromotorů za provozu. V těchto konkrétních případech by v brzké době mohlo dojít k havárii z důvodu ucpaného krytu ventilátoru a následného nárůstu teploty vinutí statoru. Příkladem je dlouhodobě nevyčištěný vertikální elektromotoru o výkonu 132 kW z pozice X3102 Provozu č. 28, v tomto případě by havárie znamenala odstavení provozu na dobu minimálně 6 hodin potřebných k výměně elektromotoru. Odstavení by znamenalo ztrátu z nevýroby ve výši 318 750 Kč (vzorec č. 6). Včasným zásahem bylo zabráněno výraznému oteplení elektromotoru a tím zkrácení životnosti izolace vinutí, které by bylo způsobené dlouhodobým provozováním se zaneseným krytem ventilátoru.

Provoz č. 28: Elektromotor mlýnu síranu X3102 – 132 kW (hypoteticky)

Výpočet ztráty z nevýroby (Z_{NVR28}):

$$Z_{NVR28} = Z_{NVRJP} \times T_{OPM} = 53125 \text{ Kč/h} \times 6 \text{ h} = 318\,750 \text{ Kč.}$$

[Zdroj: viz metodika vzorec č. 6, Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování]

Čištění elektromotorů bude také rozšířeno o expedice Provozů č. 28, 16 a 17, na kterých čištění nikdy nebylo prováděno vzhledem k nízké míře havárií. Ovšem elektromotory jsou obaleny velkým množstvím hnojiva a v dalších letech by hrozilo zvýšení míry rizika havárie. Náklady na čištění Provozů 28, 16 a 17 činí 50 304 Kč (vzorec č. 4).

Celkové náklady na čištění elektromotorů Provozů č. 16, 17 a 28 ($C_{\check{C}M}$):

$$C_{\check{C}M} = Q_o \times T_H \times S_E \times T_C \times Q_P = 2 \text{ lidi} \times 8 \text{ h} \times 262 \text{ Kč} \times 4 \text{ cykly} \times 3 \text{ provozu} \\ = 50\,304 \text{ Kč.}$$

[Zdroj: viz metodika vzorec č. 4, Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování]

Obrázek č. 2: Elektromotor před a po čištění



Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování

Poškození elektromotorů vlivem špatného očištění

U elektromotoru pozice K3624 Provozu č. 28 došlo v březnu 2020 k ucpání průchodů proudícího vzduchu vlivem silného nánosu chemického prachu a navýšení teploty elektromotoru na více než 100 °C. Navýšení teploty vedlo k poškození izolace vinutí statoru a odhalil jej řídicí systém, který vyslal na velín signál o problému. Na elektromotoru, již byla patrná změna v zabarvení. Vzhledem k tomu, že se jedná o specifický elektromotor ventilátoru, který je nutný k provozu výrobní jednotky, proběhla jeho výměna preventivně z důvodu zajištění spolehlivosti zařízení. Zatím nedošlo přímo k havárii, ale byl významně poškozen. Poškození bylo zapříčiněno špatně provedeným čištěním a absencí následné kontroly za provozu. Pokud by byl elektromotor správně

očištěn, k zásahu do zařízení by nemuselo dojít následující 3 roky vzhledem k tomu, že se jedná o zařízení provozované od roku 2017. Počátek revizí a problémů s elektromotory se předpokládá až po 5 letech provozu.

Dalším problémem se stává čištění elektromotorů krátkodobými brigádníky cizí národnosti, kteří vykrývají rozdíly v počtu lidí při různých druzích výrob. A jsou zde právě z tohoto důvodu často vyměňováni a svou práci provádí pouze na základě příkazů bez zapojení jakékoliv vlastní iniciativy. Brigádníci nedomýšlejí následky nesprávně provedené práce a tím zařízení spíše poškozují. Na obrázku č. 3 je vyfocen elektromotor vyčištěný brigádníkem a je na něm patrné ucpání průchodů proudícího vzduchu.

Obrázek č. 3: nesprávně provedené čištění elektromotoru



Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování

4.2.3 Mazání ložisek elektromotorů

Mazání ložisek elektromotorů bylo stejně jako čištění zefektivněno výměnou firmy v prosinci roku 2019. Nová firma dokáže pružněji reagovat na potřeby mazání ložisek elektromotorů. Ložisko elektromotoru je nutné mazat za provozu, a to z důvodu rozložení maziva v ložisku. To může být u některých pozic problematické, vzhledem k nízké frekvenci provozování. Nová firma je v tomto ohledu flexibilní a dokáže třeba jen jediný elektromotor namazat v rámci jiné prováděné práce.

U problematických elektromotorů, které reagují na mazání změnou hodnoty stavu ložiska, jsou postupně nasazovány automatické maznice. Tyto maznice dávkuje mazivo pravidelně v automatickém režimu. V podniku používané automatické maznice mají jednu velkou nevýhodu, nedokážou rozpoznat chod elektromotoru. Dávkuje, i když je elektromotor v klidovém stavu. Nicméně při nastaveném dávkování 1g maziva denně

to není až takový problém. Hlavní výhodou je, že pravidelné mazání oddálí poruchu ložiska a případnou havárii elektromotoru.

Tabulka č. 2: Mazací plán

Provoz:	Objekt:	Patro:	Název zařízení:	Technolog. číslo:		Výkon:	Poslední datum mazání:	Poslední mazání, když bylo v provozu:	Nutno ihned namazat za provozu:	Poznámka: s - odstaveno ✓ - v provozu ● - namazáno
				Typ:	Označení:					
Provoz č. 01	282	př.	Vývěva	J	125	30		-	!!!	
Provoz č. 05	5603	př.	Dmychadlo Vápenného mléka 11a	K	1601	19	28.11.2019	-	!!!	
Provoz č. 05	5603	př.	Dmychadlo Vápenného mléka 11c	K	1602	30	28.11.2019	-	!!!	
Provoz č. 05	5603	př.	Dmychadlo provzdušnění sediment.	K	2902	19	28.11.2019	17.7.2020		
Provoz č. 05	5603	př.	Dmychadlo provzdušnění sediment.	K	2903	19	28.11.2019	20.10.2020		
Provoz č. 05	5603	př.	Čerpadlo posilovací vody			19	28.11.2019	20.10.2020		
Provoz č. 05	5604	sut.v.	Čerpadlo Vápenného mléka č.1	P	2501	11	28.11.2019	17.7.2020		
Provoz č. 05	5604	sut.v.	Čerpadlo Vápenného mléka č.2	P	2502	11	28.11.2019	28.8.2019	!!!	
Provoz č. 06	364	př.v.	Čerpadlo roztoku DA	P	1103	19	28.11.2019	28.8.2019	!!!	
Provoz č. 06	364	př.v.	Čerpadlo roztoku DA	P	1104	19	28.11.2019	17.7.2020		
Provoz č. 06	366	př.v.	Vrátek na vagony Provoz č. 06	H	1306	7,5	28.11.2019	28.8.2019	!!!	
Provoz č. 06	366	sut.v.	Cirkulační čerpadlo	P	1302	19	28.11.2019	17.7.2020		
Provoz č. 06	377	př.v.	Vrátek Vollert pohon č.2	H	1101		28.11.2019	-	!!!	
Provoz č. 06	377	př.v.	Čerpadlo expediční 201A	P	1501 A	19	28.11.2019	-	!!!	
Provoz č. 06	377	př.v.	Čerpadlo expediční 201B	P	1501 B	19	28.11.2019	17.7.2020		
Provoz č. 06	377	př.v.	Čerpadlo expediční 201C	P	1501 C	19	28.11.2019	-	!!!	

Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování

V tabulce č. 2 je uvedena část mazacího plánu. Pro přesnou identifikaci pozice slouží označení provozu, patra a technologického čísla. Dávkované množství maziva je závislé na velikosti elektromotoru. Červeně jsou značeny pozice, které jsou dlouhodobě odstavené a vyžadují namazání ložiska za chodu, v tomto případě se zvyšuje dávka maziva o 20 %.

Cena mazacího tuku využitého za 1 rok (P_{MT}):

$$P_{MT} = \frac{P_B}{\frac{Q_M \times Q_{1M}}{Q_{MT}}} \times T_C = \frac{7320}{\frac{205 \times 20}{16\,000}} \times 4 = 7\,503 \text{ Kč}$$

[Zdroj: viz metodika vzorec č. 1, Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování]

Celková cena mazání ložisek všech elektromotorů (C_{MM}):

$$C_{MM} = Q_o \times T_H \times S_E \times T_C + P_{MT}$$

$$= 2 \text{ lidi} \times 16 \text{ hodin} \times 262 \text{ Kč} \times 4 \text{ cykly} + 7\,503 \text{ Kč} = 41\,039 \text{ Kč}$$

[Zdroj: viz metodika vzorec č. 2, Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování]

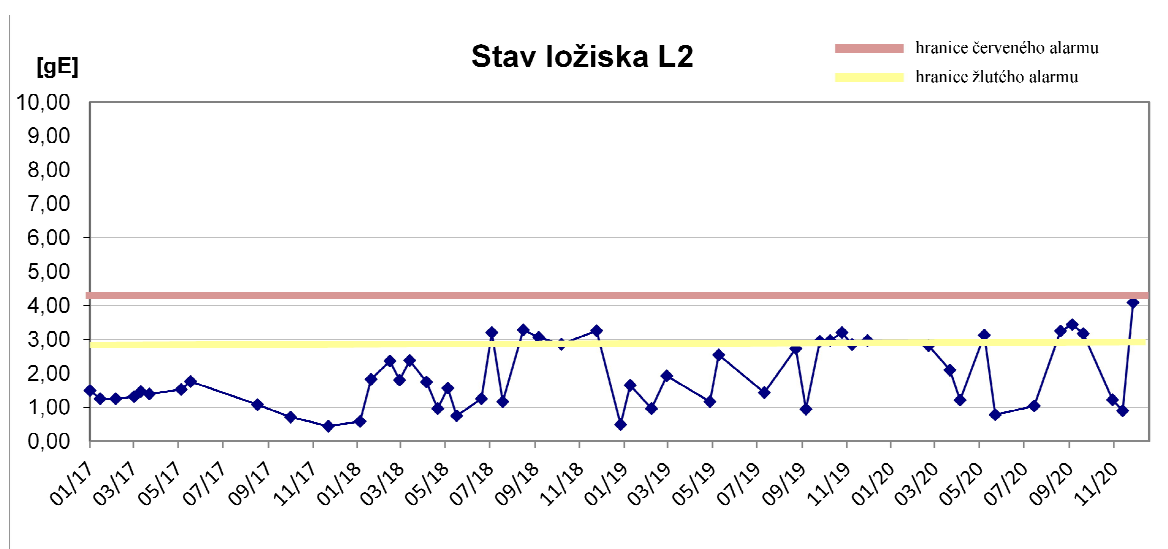
Roční náklady na mazání ložisek elektromotorů jsou 41 039 Kč (vzorec č. 2). Mimořádné mazání jednotlivých pozic zde není uvedeno, například mimořádné namazání

dvou kusů elektromotorů, kterým se náhle zhoršily stavy ložisek, je prováděno v rámci jiných činností.

4.2.4 Diagnostika elektromotorů

Výstupem diagnostiky je seznam elektromotorů, na kterých se projevuje počínající vada ložiska a je nutné provedení revize při nejbližší možnosti. Diagnostika je prováděna ve 14denních nebo měsíčních cyklech, a to hlavně na klíčových pozicích, které odstavují provoz a jejichž výměna není jednoduchá.

Graf č. 1: Stav čelního ložiska mlýnu A



Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování

Od roku 2014 do roku 2018 probíhalo mazání elektromotorů v měsíčních cyklech. Zkrácené cykly a vysoké množství maziva měly za následek plnění vnitřku elektromotoru mazivem, což vedlo ke zvýšenému tepelnému namáhání vinutí a jeho degradaci. V grafu č. 1 je vidět, že v lednu roku 2018 došlo ke zhoršení a celkové kolísavosti stavu ložisek pozice X3104 Provozu č. 18. Zhoršení nastalo právě vlivem změny v cyklech mazání. Pro tuto pozici byly objednány automatické maznice, které dávkuje v pravidelných cyklech malé množství maziva. Jejich instalace proběhne v dubnu 2021.

Nesouosost elektromotoru pasu č. 3

Jedním z výstupů pravidelné diagnostiky bylo zjištění nesouososti elektromotoru vůči převodovce u klíčového pohonu pasu na zauhlování. Nesouosost se projevovala zvýšenými vibracemi, které by mohly vést ke zničení ložisek, případně k dalšímu poškození zařízení.

Chybné ustavení elektromotoru

Nedílnou součástí revize elektromotorů je i následné ustavení elektromotoru vůči poháněnému zařízení. Revize čerpadla o výkonu 45 kW proběhla úspěšně (06/2020), bohužel došlo při zpětné montáži k chybnému ustavení a následné nesouososti. Vzhledem k tomu, že se nejedná o klíčovou pozici, která je zálohována, nebyla na tomto zařízení prováděna diagnostika. Chybná montáž vedla k poškození elektromotoru i poháněného čerpadla (02/2021).

4.2.5 Preventivní revize elektromotorů

V rámci preventivní údržby technici vytipují klíčové pozice, na kterých je v nastavených cyklech provedena revize. Většina preventivních revizí je ovšem provedena na zařízení, které zásah vůbec nepotřebuje. Je to dáno tím, že každé zařízení je jinak namáháno a je zde příliš mnoho proměnných, které ovlivňují životnost zařízení. S každým zásahem do zařízení, jeho demontáží a zpětnou montáží existuje jistá šance, že se do procesu zanesou chyby a později dojde k havárii. V těchto případech, je preventivní revize kontraproduktivní. Z důvodu snižování nákladů na údržbu se počty preventivních revizí výrazně omezují a přechází se k prediktivní údržbě. Při prediktivní údržbě jsou klíčové elektromotory nad 37 kW sledovány diagnostikem, který v pravidelných 14denních cyklech zjišťuje stavy ložisek a doporučuje elektromotory k revizi.

Zarážkové práce

Provozy jsou v pravidelných ročních cyklech odstavovány a při této příležitosti kontrolovány svorkovnice elektromotorů. Při kontrolách jsou často odhalovány skryté závady, které se většinou projeví až havárií elektromotoru. Jedná se především o povolené spoje ve svorkovnici. Povolené spoje se vlivem průchodu elektrického proudu zahřívají a degradují izolaci kabelů.

Omezení činnosti prediktivní a preventivní údržby

Preventivní a prediktivní údržba je důležitou součástí údržby elektromotorů a zajišťuje spolehlivost celého zařízení. Životnost ložiska je dva až čtyři roky, při správném mazání se dá tato doba prodloužit až na deset let.

S každoročním snižováním nákladů na údržbu dochází i k omezení činnosti prediktivní a preventivní údržby. Omezení preventivní a prediktivní údržby se projeví

až po několika letech. V tomto případě platí pravidlo, že čím více je preventivní a prediktivní údržba provedena, tím menší bude počet havárií a naopak.

4.2.6 Preventivní kontrola strojů obsluhou

Jednou z možností zajištění vyšší spolehlivosti zařízení je převedení části zodpovědnosti za údržbu elektromotorů přímo na pracovníky provozů. Jednalo by se zejména o audiovizuální kontrolu elektromotoru, a to především několik jednoduchých kroků, jež jsou u všech elektromotorů stejné.

Kontrola:

- celistvosti krytu chlazení elektromotoru
- vývodek kabelu a zemnicího kabelu
- hlučnosti (netypického zvuku)
- čistoty elektromotoru (v případě potřeby očistit)
- teploty dotykem (na elektromotoru by se měla dát udržet ruka)
- funkčnosti chlazení (kolem musí proudit vzduch po celém obvodu elektromotoru)

Přenesení odpovědnosti na pracovníky provozu vede ke změně pohledu na dané zařízení a v konečném důsledku ke zlepšení spolehlivosti elektromotoru. Na dané kroky by navazoval check list, který pracovník podepíše.

4.2.7 Roční kontrola strojů

Napříč podnikem se nachází 237 elektromotorů z celkového počtu 2 134, které nejsou přístupné svou polohou nebo jsou v prostorech, kam se chodí jen ve výjimečných případech. Tyto elektromotory nyní nejsou kontrolovány. Při zavedení ročních kontrol všech elektromotorů v podniku by bylo zajištěno, že alespoň jednou za rok bude každý elektromotor zkontrolován. Při vizuální kontrole lze odhalit například zanesení chladících částí elektromotoru, utržené doplňkové zemnění, nebo vytrženou kabelovou vývodku, jež může způsobit pracovní úraz elektrickým proudem. Také zreznutí ochranné mřížky může vést při neopatrném pohybu v okolí elektromotoru k vážnému pracovnímu úrazu. Proto je kontrola strojů velmi důležitým nástrojem ke zvýšení spolehlivosti strojů a snížení možnosti vzniku pracovního úrazu. Náklady na roční kontrolu strojů ve všech provozech byly odhadnuty na 58 688 Kč (vzorec č. 7). Další náklady mohou vzniknout při drobných opravách zařízení.

Náklady roční na kontrolu elektromotorů (C_{KM}):

$$C_{KM} = Q_o \times T_H \times S_E \times Q_P = 2 \text{ lidi} \times 4 \text{ h} \times 262 \text{ Kč} \times 28 \text{ provozů} = 58\,688 \text{ Kč}$$

[Zdroj: viz metodika vzorec č. 7, Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování]

Drobné opravy elektromotorů

Vizuální kontroly elektromotorů v mnohých případech odhalují zkorodované části, utržená zemnění, utržené vývodky nebo ulámané vrtule. Všechna tato drobná poškození mohou způsobit předčasnou havárii nebo pracovní úraz, proto je nutné těmto závadám zamezit a včasné zařízení opravit. Drobné opravy jsou zadávány externí firmě, jež provádí kontrolu. Z tohoto důvodu je pro kontrolující firmu motivující zařízení řádně kontrolovat, neboť si tím generují další práce, které přináší vyšší zisk. Preventivním opatřením proti fiktivním opravám je zasílání fotodokumentace poškozených elektromotorů technikovi ještě před započítáním opravy. Technik sledovaného podniku, který je zodpovědný za elektromotory, namátkově poškozené elektromotory kontroluje.

Obrázek č. 4: Koroze elektromotorů

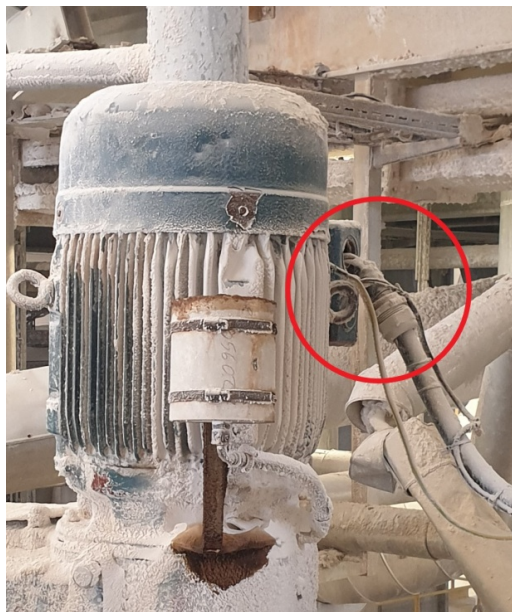


Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování

Utržené vývodky kabelů

Odlámané nebo utržené vývodky kabelů z elektromotorů jsou poměrně častým problémem, na který se v poslední době směřuje pozornost. Při tomto poškození hrozí nejen havárie elektromotoru z důvodu možnosti vniknutí hnojiva nebo vlhkosti do vinutí elektromotoru, ale i pracovní úraz elektrickým proudem při omývání okolního zařízení vodou.

Obrázek č. 5: Vytržená kabelová vývodka



Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování

Koroze nýtků u výkonového štítku

U elektromotorů nejmenovaného výrobce začalo docházet k úplné korozi nýtků, které drží výkonostní štítek. Koroze je způsobena extrémně korozivním prostředím, ve kterém jsou některé elektromotory instalovány. Následná absence štítků znemožňuje přesnou identifikaci elektromotoru, která je důležitá pro rychlou výměnu v případě havárie. U elektromotorů osazených v prostředí nebezpečí výbuchu absence štítku znamená obrovský problém. Elektromotor bez štítku se stává neopravitelným (opravárenské firmy nevydají protokol o provedené opravě do prostředí s nebezpečím výbuchu, pokud není výkonový štítek). Kromě toho, by z legislativních důvodů, neměl být provozován. Výkonový štítek obsahuje mimo jiné i informace o prostředí, do kterého je konstruován.

Obrázek č. 6: Koroze nýtků výkonových štítků



Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování

Termovizní kontrola elektromotorů

Důležitou součástí prediktivní údržby je kontrola elektromotorů termovizní kamerou. Samotná kontrola může odhalit poškození ložisek nebo špatné chlazení elektromotorů. Termovizní kamera se využívá především pro identifikaci zdroje tepla. Ve většině případů dochází k přehřívání ložisek na čelním štítu elektromotoru, tato ložiska jsou často namáhána zvýšenými vibracemi způsobenými nesouosostí nebo přenosem z poháněného zařízení.

4.2.8 Úsporná opatření při provozu elektromotorů

Zlepšení hospodářského výsledku je možné zajistit různými způsoby, jedním z nich je snížení spotřeby elektrické energie. Ve sledovaném podniku probíhaly propočty možných úspor se zařízením, jež funguje na principu snížení napětí po určité době provozu. Úspora může být, podle výrobce, v ideálním případě až 18 %, což je relativně zajímavé vzhledem k tomu, že se elektromotory podílí na spotřebě elektrické energie významným způsobem. Bohužel zařízení, které bylo nabízeno, má svá úskalí. Zařízení totiž nespoří elektrickou energii, pokud je provozováno s elektromotory zatíženými na více než 50 %, přičemž není možno elektromotory řídit frekvenčními měniči. Vzhledem k vysoké pořizovací ceně a nízkému spektru využití bylo od myšlenky využití zařízení v podniku upuštěno. Jedním z důvodů bylo také to, že se jedná o další přidané zařízení, které snižuje spolehlivost zařízení jako celku.

4.3 Skladové zásoby elektromotorů

Vzhledem k počtu havárií a nedostupnosti některých elektromotorů je nutné držet skladové zásoby elektromotorů náhradních. Historicky se nechávaly skladem běžné elektromotory a havárie atypických elektromotorů se řešily pohotovostní opravou. Vzhledem k nárůstu množství atypických elektromotorů a důrazu na co nejlepší hospodářský výsledek bylo nutné strategii změnit. Z tohoto důvodu došlo v roce 2017 k navýšení skladových zásob o 85 kusů atypických elektromotorů na dnešní celkové množství 267 kusů. Pro zjednodušené vyskladňování je sestaven seznam skladových zásob elektromotorů, který je volně přístupný na intranetu podniku pro potřeby oddělení elektro.

Problémem, který je nutno zmínit, je nákup elektromotorů od neznámých výrobců. U těchto elektromotorů je ztížená možnost získání datasheetů a rozměrových výkresů, bývají atypické a špatně dostupné. Většinou jsou tyto elektromotory dodávány jako součást zařízení tzv. balené jednotky. Před rokem 2017 proběhly nákupy elektromotorů

od italského výrobce, který již v základní sestavě dodává ložiska vyšší kvality. Od roku 2017 se ovšem od těchto nákupů ustoupilo a to hlavně proto, že tyto elektromotory vykazují vyšší hodnoty stavu ložisek i po revizích z důvodu nižší kvality provedení kostry elektromotoru.

Postupné doplňování skladových zásob funguje na principu nákupu elektromotoru po havárii, při které není elektromotor skladem. Jedná se o postupné doplňování zásob, které nevyžaduje velké finanční prostředky a žádná zdůvodnění. Tímto způsobem jsou doplňovány elektromotory z pozic, které neodstavují výrobu, nebo se bez nich po omezenou dobu výroba obejde. Na obrázku č. 7 je zachycena část skladu elektromotorů. Sklad je temperován na 20 °C, protože je velice důležité zabránit kondenzaci vody ve vinutí statoru elektromotoru.

Obrázek č. 7: Skladové zásoby elektromotorů



Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování

Tabulka č. 3: Seznam skladových zásob

Číslo skladové karty:	Počet ks skladem:	Foto motor:	Foto štítek:	Název skladové karty:	Výkon:	Počet pólů:	Typ motoru:	Výrobce:
D0100/950/500	1	x	x	ELBUB 10kW-obv.rych.2 HOF160M04 500x900	10	-	HOF160M04	ČKD Praha
D0000/000/01	0	x	x	Elha EB 800-60 II -zdvih 60mm (LV)	0,3	-		
D0000/000/02	2	x	x	Elha 125/60C125-zdvih 60mm (jeřáby SF)	0,35	-	125/60C125	
D0000/000/02	2	x	x	Elha 125/60C125-zdvih 60mm (jeřáby SF)	0,35	-	125/60C125	
D0001/001/01	1	x	x	Elha EB 2000-60 II -zdvih 60mm (UGL)	0,5	-		EMG
D0002/290/01	1	x	x	EM 0,18kW-2p-ov63-B5	0,18	2		
D0002/140/04	1	x	x	EM 0,18kW-4p-ov63-Vspec.-brzda	0,18	4		Nord
D0002/140/06	1	x	x	EM 0,18kW-4p-ov63-B5	0,18	4		Sew-eurodrive
D0002/096/01	1	x	x	EM 0,18kW-6p-ov71-Bspec. (K8-M017)	0,18	6		
D0002/140/05	1	x	x	EM 0,25kW-4p-ov71-Bspec.	0,25	4		Nord
D0002/140/07	1	x	x	EM 0,25kW-4p-ov71-Bspec.	0,25	4		Siemens
D0003/140/01	1	x	x	EM 0,37kW-4p-ov71-B5-brzda	0,37	4	1LA7073-4AB12-Z	Siemens
D0003/140/05	1	x	x	EM 0,37kW-4p-ov71-B5 prodl. hřídel	0,37	4		Sew-eurodrive
D0003/140/08	1	x	x	EM 0,37kW-4p-ov71-B5	0,37	4		Sew-eurodrive
D0003/140/02	1	x	x	EM 0,37kW-4p-ov71-Bspec. vyfréz. past.	0,37	4		Nord
D0003/140/03	1	x	x	EM 0,37kW-4p-ov71-Bspec.	0,37	4		Nord
D0003/140/06	1	x	x	EM 0,37kW-4p-ov71-Bspec. (elektropřev.)	0,37	4		Sew-eurodrive
D0003/140/07	1	x	x	EM 0,37kW-4p-ov71-Bspec. (elektropřev.)	0,37	4		Sew-eurodrive
D0003/140/04	1	x	x	EM 0,37kW-4p-ov71-Vspec.-brzda	0,37	4		Nord
D0003/140/09	1			EM 0,37kW-4p-ov71-Bspec. Exx	0,37	4	SK71L/4 2G TF	Nord
D0003/096/01	1	x	x	EM 0,37kW-6p-ov80-B3	0,37	6		
D0004/290/01	1	x	x	EM 0,45kW-2p-ov63-Bspec.	0,45	2		Siemens

Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování

Tabulka č. 3 obsahuje část seznamu skladových zásob elektromotorů. Pro jednoduchost jsou v názvu skladových karet uvedeny základní informace o elektromotoru, které jsou potřebné k zajištění správné náhrady. Znovu jsou zde uvedeny informace z výkonových štítků a fotodokumentace elektromotorů.

Kontrola stávajícího množství skladových zásob

Pro potřeby kontroly aktuálního stavu skladových zásob byla vytvořena metodika určující rozdíl v evidovaném stavu skladových zásob elektromotoru a to na základě dat z podnikového informačního systému SAP. V případě, že se objeví mezi skutečným počtem skladových zásob a daty z informačního systému rozdíl, proběhne prověření možné příčiny. Ve většině případů se jedná o drobné rozdíly vzniklé likvidací totálně zkorodovaných elektromotorů s opomenutou objednávkou nových.

Snížení skladových zásob, unifikace

V rámci snižování skladových zásob a její unifikace byla snaha o snížení počtu atypických elektromotorů. Snížení množství není možné, protože firmy primárně vyrábějí převodovky a elektromotory jsou pro ně pouze doplňkem. Z důvodu zachování spolehlivosti zařízení firma atypickým provedením příruby zajišťuje, že převodovka nebude osazena elektromotorem jiného výrobce, jenž by mohl danou převodovku poškodit například jiným momentem při rozběhu.

Vzhledem k těmto skutečnostem již není možné pohlížet na elektromotor jako na jeden celý díl. Ale je nutné na něj pohlížet jako na soubor náhradních dílů. Po rozšíření skladových zásob, které proběhlo v roce 2017, již lze ze skladových zásob složit téměř jakýkoliv druh elektromotoru. Ve většině případů lze využít ze skladových zásob pouze stator, ostatní díly je možno využít ze zhavarovaného elektromotoru. Několikrát byla náhrada řešena formou složení z třech kusů skladových zásob (stator, rotor a příruba). A to například při poruše elektromotoru z pozice B3386 Provozu č. 28. Eliminovaná ztráta z nevýroby v tomto případě znamenala 425 000 Kč (vzorec č. 6).

Provoz č. 28: Elektromotor pohonu pasu B3386 – 3 kW (07/2019)

Výpočet ztráty z nevýroby (Z_{NVR28}):

$$Z_{NVR28} = Z_{NVRJP} \times T_{OPM} = 53\,125 \text{ Kč/h} \times 8 \text{ h} = 425\,000 \text{ Kč}$$

[Zdroj: viz metodika vzorec č. 6, Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování]

Důsledky snížení skladových zásob

Snižování skladových zásob není vždy pro firmu výhodou vzhledem k vysokým částkám za ztráty z nevýroby. Tyto ztráty jsou ve výsledku mnohonásobně vyšší, než by stálo držení klíčového náhradního dílu. Příkladem je elektromotor ze šicího stroje na malém Provozu č. 14, kde byl vedením zamítnut nákup skladové zásoby. Hodinová ztráta z nevýroby činí 15 120 Kč, havárie tohoto elektromotoru by znamenala snížení výroby o 25 %. Nový speciální elektromotor stojí 10 544 Kč, ale je běžně nedostupný, ve většině případů neopravitelný a dodání trvá 4 týdny. Ve vzorci č. 6 je spočítána ztráta z nevýroby na 2 540 160 Kč, což je vysoká částka v porovnání s pořízením elektromotoru na sklad.

Provoz č. 14: Elektromotor šicího stroje – 0,25 kW (hypoteticky)

Výpočet ztráty z nevýroby při snížení výkonu o 25 % (Z_{NVR14}):

$$Z_{NVR14} = \frac{1}{4} Z_{NVRJP} \times T_{OPM} = \frac{1}{4} 15\,120 \text{ K}\check{\text{c}}/\text{h} \times 672 \text{ h} = 2\,540\,160 \text{ K}\check{\text{c}}$$

[Zdroj: viz metodika vzorec č. 6, Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování]

Ztráty z nevýroby jsou ve většině případů násobně vyšší než nákup nových skladových zásob elektromotorů. V případě, že se na elektromotoru stane havárie, kvůli níž bude elektromotor neopravitelný, výroba nového elektromotoru může trvat několik týdnů. Například doba dodání elektromotoru 315 kW pro pozici K4090 Provozu č. 28 je 9 týdnů. Hypotetická ztráta z nevýroby by činila 80,33 mil. Kč (vzorec č. 6).

Provoz č. 28: Ventilátor K4090 – 315 kW (hypoteticky)

Výpočet ztráty z nevýroby (Z_{NVR28}):

$$Z_{NVR28} = Z_{NVRJP} \times T_{OPM} = 53\,125 \text{ K}\check{\text{c}}/\text{h} \times 1512 \text{ h} = 80,33 \text{ mil. K}\check{\text{c}}$$

[Zdroj: viz metodika vzorec č. 6, Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování]

Výpočet ztráty z nevýroby je za předpokladu, že elektromotor nebude skladem u výrobce. Výrobce takto velké elektromotory skladem ve většině případů nedrží.

Dopady snižování nákladů na skladové zásoby

V roce 2018 se stala havárie 6 kV motor-generátoru o výkonu 500 kW. Z důvodu závažnosti havárie, muselo dojít k úplné generální opravě zařízení za cenu 306 850 Kč. Při rozsáhlejších opravách, bývá před započítáním opravy standardem poptat elektromotor nový a to z důvodu porovnání nákladového účinku opravy. Nový motor-generátor byl vzhledem k nutnosti zakázkové výroby nabídnut za 4,5 mil. Kč. V tomto případě byla zvolena generální oprava zařízení. Vzhledem ke specifčnosti zařízení není možné motor-generátor testovat ve zkušebně odborné firmy. U takto zásadní opravy a vzhledem k důležitosti stroje je pravidlem provedení zkoušky motor-generátoru na pozici při plném zatížení, což bylo vzhledem k nutnosti snížit náklady v daném roce na minimum odsunuto již druhý rok, čímž skončila záruka na provedenou práci.

Každý rok je prováděno měření stavu motor-generátoru, které ovšem nemusí odhalit skrytý problém, jenž se projeví až při delším provozu zařízení pod plným zatížením. V tuto chvíli není zajištěna spolehlivost klíčového náhradního dílu.

Zápůjčka elektromotoru sesterské firmě

Z okolních firem má sledovaný podnik nejširší spektrum skladových zásob elektromotorů, a proto se na jeho zásoby relativně často spoléhá menší sesterský podnik, jenž má zásobu minimální. Například v roce 2020 byl zapůjčen revidovaný elektromotor o výkonu 55 kW v hodnotě 33 890 Kč, navrácen byl elektromotor zcela nový v hodnotě 64 400 Kč (Účetní jednotka podniku, 2021). Sledovaný podnik získal místo revidovaného elektromotoru zcela nový a sesterský podnik zabránil dlouhodobé ztrátě z nevýroby.

4.4 Havárie elektromotorů

Havárie elektromotorů jsou ve sledovaném podniku způsobené především přetížením elektromotorů a následnému průrazu izolace vinutí. Mezi další příčiny patří například mezizávitový zkrat nebo zkrat na kostru, případně únava materiálu. Tyto havárie nijak neohrožují bezpečnost v podniku a jsou součástí běžného provozu.

V historii byly zaznamenány případy větších havárií, kdy došlo k blokaci a prudkému zastavení poháněného zařízení. Síly, které při této blokaci působí, jsou obrovské a v tomto konkrétním případě došlo k vytržení elektromotoru z podstavce a následnému pohybu směrem vzhůru stropem o dvě patra výš. Tyto havárie mnohatunových elektromotorů jsou již velice nebezpečné a ohrožují životy zaměstnanců.

4.4.1 Kompetence při nahrazování elektromotorů

Nejúčinnějším řešením při nahrazování zhavarovaných elektromotorů mimo ranní směnu je přenesení zodpovědnosti na směnové elektrikáře. Během ranní směny se nahrazování elektromotorů věnuje technik zodpovědný za elektromotory v celém podniku. Elektrikáři mají k dispozici podklady pro rychlé a správné nahrazení elektromotoru. Dříve tyto kompetence měli dispečeri, kteří ovšem pracovali z kanceláře a nebyli schopni správně reagovat na atypická řešení.

Při identifikaci náhrady se elektrikáři řídí zjednodušeně těmito parametry:

- výkon elektromotoru
- počet pólů
- osová výška
- rozměry patek/příruby elektromotoru

Ve spolupráci se strojní údržbou překontrolují rozměry patek, případně velikost příruby a hřídele. Pro jednoduchou orientaci byly přejmenovány názvy karet ve skladu a byl zde také zaveden systém přesných skladových míst. Všechna tato opatření vedla ke snížení doby výdeje ze skladu z hodiny na patnáct minut.

Zkorodovaný elektromotor 315kW

V Provozu č. 31 je provozováno několik velkých čerpadel s motory o výkonu 315 kW při napěťové hladině 6 kV. Tyto elektromotory jsou přírubové, vertikálně uložené a bývají bezproblémové. Ovšem v dubnu 2020 došlo k poškození ložiska hřídele poháněného čerpadla a k nárůstu teploty až na 300 °C. Z důvodu obavy o poškození rotoru vlivem přenosu vysoké teploty byl elektromotor zaslán do revize. Po rozebrání bylo zjištěno, že rotor nebyl vysokou teplotou poškozený, ale za dlouholetý provoz ve zvýšené vlhkosti došlo k totální korozi chladících trubek uvnitř statoru.

Servisní firmou byly navrženy dva způsoby opravy a to provizorním zavařením konců chladících trubek s tím, že elektromotor nebude dostatečně chlazen, tato oprava byla nabídnuta za 170 tisíc Kč. Ovšem jednalo se o riskantní opravu, která by mohla způsobit problémy v budoucnu. Druhou variantou bylo převinutí statoru elektromotoru a výměna trubic za nové, tato oprava by byla plnohodnotná ale stála by 460 tisíc Kč. Oproti tomu nový elektromotor byl nabídnut za 1,4 mil. Kč.

Po zhodnocení situace se přistoupilo k odvozu nevyužívaného mechanicky poškozeného elektromotoru, který byl rozebrán a využit na náhradní díly. Mechanické poškození v tomto případě znamenalo převrácení elektromotoru při manipulaci před několika lety. Od té doby byl na pozici nevyužívaný, měl odlomenou přírubu a chyběla kabelová hlava. Ovšem stator včetně chladícího potrubí byl v pořádku. Při využití statoru z tohoto elektromotoru stála oprava včetně přepravy 95 252 Kč a byla plně vyhovující. Na obrázcích č. 8 a 9 je zřejmá vysoká míra koroze rotoru a chladících trubek statoru.

Obrázek č. 8: Koroze chladících tyčí elektromotoru



Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování

Obrázek č. 9: Koroze rotoru elektromotoru



Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování

4.4.2 Opakující se havárie elektromotorů

Z důvodu minimalizace finančních ztrát je nutné se zabývat zejména příčinami havárií. Pokud je zařízení pouze opraveno, ale ponecháme příčinu havárie, je vysoká pravděpodobnost, že zařízení znovu havaruje. Z tohoto důvodu jsou všechny havárie sledovány, u opakovaných se pozornost zaměřuje na prvotní příčinu a zavádí se nápravná opatření. Doposud se podařilo vyřešit opakované havárie u všech pozic, ať už změnou v nastavení doby spuštění zařízení, nebo například zesílením ložisek.

Jsou zaznamenány případy, kdy opakované havárie byly způsobeny špatným provozováním zařízení. Například vibrační elektromotor sloužící k úplnému vyprázdnění násypky. Vibrační elektromotor je nutné spouštět pouze po určitou dobu, kdy je násypka alespoň z poloviny plná. V opačném případě hrozí zvýšené chvění, rozkmit zařízení

a tím jeho poškození. Mezi nejčastější problémy patří popraskané svary násypků a poničená ložiska vibračního elektromotoru.

Tabulka č. 4: Seznam opakujících se havárií

Datum poruchy:	Provoz:	Název zařízení:	Technolog. číslo:		Výkon:	Počet pólů:	Osová výška:	Provedení:	Počet poruch:	Výměnný způsob:	Nemáme skladem je třeba koupit:
			Typ	Označení							
15.1.2019	Provoz č. 17	Sahara koupelna			0,18	4		B3	1		
15.1.2019	Provoz č. 28	Ventilátor filtru SA	S	3630	11	2	160	V1	6		
22.1.2019	Provoz č. 07	Čerpadlo kondenzátu TG6	P	2	5,5	2	112	B3	1		
28.1.2019	Provoz č. 13	Čerpadlo B - kys. Kondenzát	B	3311B	18,5	2	160	B3	1		
1.2.2019	Provoz č. 28	Klapka nad reaktorem	R	3149	0,37	4	71	Bspec.	1	x	
7.2.2019	Provoz č. 28	Vibrátor	X	3162	0,62	4			1		
17.3.2019	Provoz č. 17	Zavážecí pás (sklad pravý)	X	90451	3	4	100	B5	3		
4.4.2019	Provoz č. 26	Čerpadlo výdej pro Provoz č. 28	P	1230	18,5	2	160	B3	1		
1.5.2019	Provoz č. 16	Šnekový dopravník had. filtru	G	1871A	2,2	4	100	Bspec.	1		
11.5.2019	Provoz č. 16	Vibrátor nad 1830	B	1822A	1,2	6	-	-	1		
19.6.2019	Provoz č. 07	Uzávěr	M	77	0,18	6	71	Bspec.	1		
20.6.2019	Provoz č. 31	Čerpadlo č. 6	P	2006	55	4	250	V1	1		
21.6.2019	Provoz č. 16	Třidič	S	1850A	4,5				1		
22.6.2019	Provoz č. 24	Pojezd kočky jeřábu A			2,2	4	100	Bspec.	1	x	
20.6.2019	Provoz č. 17	Čerpadlo roztoku RLVK	P	1524	1,5	4	90	B3	1		
24.6.2019	Provoz č. 28	Chladicí věž E 3430 - pravá věž	K	3430B	5,5	6	132	V1	1		

Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování

Tabulka č. 4 obsahuje opakované havárie elektromotorů, u kterých je nutné zavedení nápravného opatření. Konkrétně u pozice S3630 Provozu č. 28 docházelo k úplnému zanesení chladicí mřížky elektromotoru hnojivem. U této pozice nebyla možnost vyčištění elektromotoru. Nápravným opatřením bylo vytvoření otvoru, kterým by se dal elektromotor jednoduše vyčistit bez nutnosti celkové demontáže zařízení.

4.4.3 Fiktivní opravy elektromotorů

Havárie elektromotorů mohou mít spoustu příčin a ne vždy je možné přesnou příčinu identifikovat. Toho jsou si některé firmy vědomy. Bohužel se podnik setkává s tím, že některé firmy poukazují na fiktivní závady a při fakturaci vykazují práce na těchto fiktivních závadách. Přitom provedení dané práce nebylo potřeba, anebo práce nebyla vůbec provedena. Příkladem je odeslání dvou elektromotorů Provozu č. 16 (06/2018) na běžnou výměnu ložisek. Vrácen byl pouze jeden elektromotor s tím, že u druhého se zahřívá rotor, který bude třeba za 60 000 Kč vyměnit za nový. Tato závada, ovšem nebyla akceptována a bylo rozhodnuto, že elektromotor bude zaslán zpět do podniku a v protokolu bude daný problém zaznamenán. Vadný elektromotor byl poté odeslán

do konkurenční firmy jako skladová zásoba, kterou je třeba otestovat. Rotor elektromotoru se opravdu zahříval, ale bylo to způsobeno nevhodně zvoleným guferem v čelním štítu elektromotoru. Správné gufero bylo zakoupeno za 128 Kč. Fiktivní či nepotřebná oprava, kterou daná firma chtěla provést nebo provedla, nebyla jediná a stávalo se pravidlem, že byly provedeny práce, které nebyly požadovány.

Při další revizi elektromotoru, kde byla pouze vadná ložiska, firma provedla převinutí statoru elektromotoru, které navýšilo náklady na opravu o 40 000 Kč bez vědomí mechanika. Při konfrontaci firma uvedla, že při měření zjistila zkrat na vinutí a předložila protokol o měření. V červnu 2018 bylo zaznamenáno, že firma po revizi elektromotorů záměrně neutáhla spoje vinutí ze statoru ve svorkovnici kabelové hlavy. Spoje jsou špatně přístupné, proto se běžně nekontrolují. Také došlo k obrácení těsnění u kabelové hlavy, proto bylo nutné svorkovnici rozebrat a přitom se na nedotažené spoje přišlo. Nedotažené spoje by způsobovaly přehřívání kabelů vedoucích do statorového vinutí a odhadem za rok by došlo k poškození elektromotoru. Na tento popud byla provedena kontrola všech elektromotorů, které byly během odstavení provozů v revizi. Povolené šrouby byly u 80 % elektromotorů dovezených právě z této firmy. Při kontrole soupisu pracovníků, kteří danou revizi prováděli, se zjistilo, že to nebyla chyba jednotlivce ale systematické jednání firmy. Celá záležitost bude probrána na poradě vedení, kde se navrhne další postup.

Vysoká cena elektromotoru

Nově instalovaný elektromotor se ve většině případů dodává jako pohon zařízení a řeší jej strojní údržba v rámci zařízení jako celku. V danou chvíli ovšem nastává situace, kdy si dodavatel nadsadí cenu elektromotoru někdy i o více než 50 % z důvodů vysoké ceny poháněného stroje. Vyšší cena se zde „ztratí“. Například bylo dodáváno nové čerpadlo s elektromotorem o výkonu 240 kW, nabídka elektromotoru činila 1,3 mil. Kč. Ovšem při ověřování, zda je možno navržený elektromotor použít, byla nabídka zaslána i na elektro oddělení, kde po ověření ceny totožného elektromotoru byla cena stanovena na 985 700 Kč. Jedná se zde o rozdíl více než 300 000 Kč. Standardně by byl elektromotor nakoupen jako komplet s čerpadlem, ovšem vzhledem k vysoké ceně bude elektromotor zakoupen jako samostatná část a firma ušetří výše zmíněných 300 000 Kč (Interní dokumentace podniku, 2021).

4.5 Zdánlivé havárie elektromotorů

V mnohých případech dochází ke zdánlivým haváriím elektromotorů, ať už klasických nebo vibračních. Příkladem je vibrační elektromotor na expedici Provozu č. 16, kde docházelo po jeho preventivní výměně a znovu zprovoznění k rázovým vibracím. Vibrace měly za následek rozpad těla vibračního elektromotoru. Příčina zde nebyla zjevná a vše poukazovalo na nekvalitně provedenou opravu daného vibračního elektromotoru, proto byl vyměněn za jiný, který po dvou minutách provozu dopadl zcela stejným způsobem. Strojní údržba v tomto případě tvrdila, že jsou nekvalitně provedené opravy vibračních elektromotorů. Odborná firma provádějící opravu si byla jistá, že je oprava zcela v pořádku a problém je na straně strojní. Z tohoto důvodu bylo zamítnuto další spuštění v řadě již třetího vibračního elektromotoru. A to do doby, než dojde k celkové kontrole zařízení. Při této důkladné prohlídce bylo zjištěno, že jsou vymačkané podložky v uložení vibračního elektromotoru, čímž došlo při dotahování šroubů k dotažení na konec závitu a nebylo možné plně dotáhnout elektromotor k zařízení. Ztráta z nevýroby opakované poruchy činila 263 880 Kč (vzorec č. 8).

Provoz č. 09: Vibrační elektromotor třídiče X3210 – 6 kW (06/2018)

Výpočet ztráty z nevýroby opakované poruchy (Z_{NVR09}):

$$Z_{NVR09} = Z_{NVRJP} \times T_{OP} \times Q_P = 29\,320 \text{ Kč/h} \times 3 \text{ h} \times 3 \text{ poruchy} = 263\,880 \text{ Kč}$$

[Zdroj: viz metodika vzorec č. 8, Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování]

Dalším příkladem zdánlivé havárie elektromotoru (01/2021) bylo navíjení kabelu na jeřábu, kdy elektromotor pouze „vrčel“, ale netočil se. Směnový elektrikář identifikoval závadu jako poruchu elektromotoru, a proto byl pohotovostně vyměněn. Závadu to bohužel nevyřešilo, proto byl zavolán mechanik, který zjistil, že do elektromotoru jdou pouze 2 fáze, místo standardních 3. Výpadek jedné fáze způsoboval snahu elektromotoru se roztočit (vrčení), ale k roztočení nedošlo. Elektrikář přítomnost napětí naměřil i ve třetí fázi, jednalo se ovšem pouze o napětí indukované. Cena zbytečné výměny elektromotoru činila 4 974 Kč.

U velkých vodních čerpadel se často setkáváme s přicpaným sítím na sání čerpadla, to se projevuje atypickým chováním elektromotoru, který si odebírá skokově rozdílný proud. Často je tento stav zaměňován s problémem elektromotoru. Jev, který vzniká

při ucpaném sání, se nazývá kavitace a znamená tzv. řezání vody a skokový nárůst a propad rychlosti otáčení čerpadla potažmo elektromotoru.

4.5.1 Provoz elektromotoru pouze na dvě fáze

Provoz elektromotoru na dvě fáze je nežádoucí a vzniká přerušením jedné fáze přívodního kabelu (běžně se elektromotory provozují na 3 fáze). Při zastavení elektromotoru nedojde ve většině případů k jeho opětovnému rozjetí, ale projevuje se pouze „bzučení“. V listopadu roku 2019 byl zaznamenán případ havárie elektromotoru, po jehož výměně došlo po pár dnech provozu k opětovné havárii. Při rozebrání elektromotoru bylo patrné, že ve statorovém vinutí byla část vinutí zcela zničena, což ukazovalo na provozování elektromotoru při funkčních pouze dvou fázích. Příčina výpadku fáze byla opravena. Haváriím se dá snadno předejít, pakliže pracovníci elektroúdržby po výměně elektromotoru zkontrolují odběr elektromotoru ve všech třech fázích.

Obrázek č. 10: Provoz elektromotoru na dvě fáze



Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování

4.5.2 Vadné ložisko čerpadla

V dubnu roku 2020 proběhla revize čerpadla P2405C Provozu č. 29 z důvodu vysoké teploty na ložisku čerpadla. Po kompletní revizi čerpadla se znovu objevila zvýšená teplota, proto měla strojní údržba podezření na přenos tepla z elektromotoru. Elektromotor měl být technikem strojní údržby odeslán do revize. Před odesláním elektromotoru proběhla termovizní kontrola a ta objevila zvýšenou teplotu pouze na ložisku čerpadla, z čehož vyplývá, že oprava nebyla provedena správně a při zpětné montáži došlo s velkou pravděpodobností k pochybení vedoucímu k poničení ložiska čerpadla. Pro zajištění spolehlivosti čerpadla byla provedena ještě navíc diagnostika ložisek, která nevykazovala sebemenší poškození. Z tohoto důvodu byla revize elektromotoru zastavena a pozornost se nasměřovala na čerpadlo.

Při následné demontáži čerpadla byla firma upozorněna, že již při minulé opravě čerpadla elektromotor ponechala demontovaný na dešti s odkrytou kabelovou hlavou. Takové skladování byt' po dobu opravy je nepřijatelné z důvodu možné kondenzace vody ve vinutí a havárii, která by následovala po spuštění. A proto je nutné zajistit zakrytí kabelové hlavy a uschování elektromotoru do suchého, teplého, bezprašného prostředí.

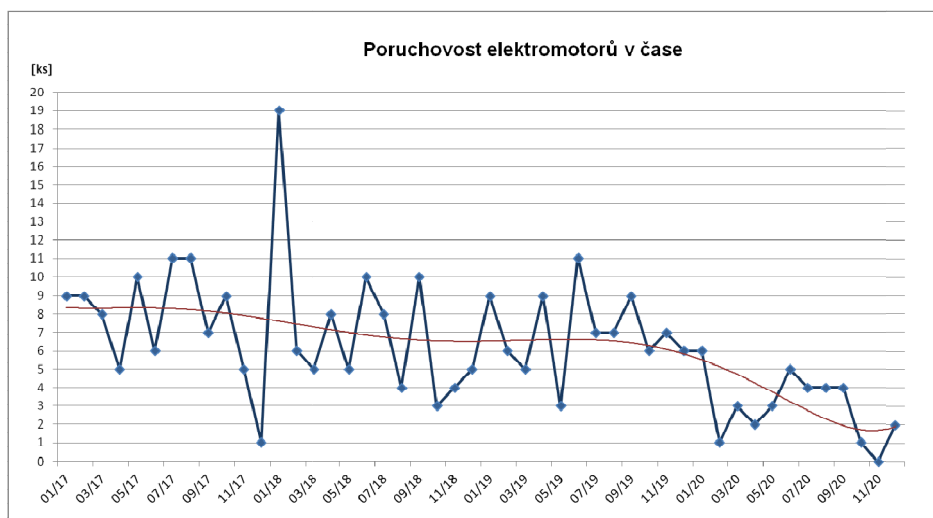
Následná kontrola úschovy elektromotoru ukázala, že elektromotor znovu nebyl uschován a zasněžený ležel na paletě vedle demontované pozice čerpadla. Elektromotor byl přemístěn a správně uchováván až po opětovném upozornění strojního mechanika.

4.6 Covid-19 a pokles poruchovosti

Onemocnění covid-19 se kupodivu projevil pozitivně i na poklesu poruchovosti elektromotorů, což bylo velmi překvapivé. Snížená poruchovost byla zaznamenávána v grafu č. 2 již v březnu roku 2020, kdy byly omezeny činnosti a pohyb osob v areálu firmy při stoprocentním zachování objemu výroby.

Tento pokles poukazuje na fakt, že havárie elektromotorů nejsou pouze o opotřebení či jiném vlivu nezávislém na lidské činnosti. V mnohých případech dochází k poničení zařízení nevhodnou manipulací, například v případě čerpadel břechky je nutno po delším odstavení čerpadlo nejdříve „propářit“ a tím rozpustit zatvrdlou směs hnojiva. Ovšem obsluhy čerpadla spouští bez „propáření“ s tím, že to elektromotor zvládne. Elektromotory jsou tímto způsobem spouštění významně namáhány a dochází k degradaci izolace vinutí. A pozdější havárii, jejíž příčina není plně prokazatelná.

Graf č. 2: Poruchovost elektromotorů v letech 2017-2020



Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování

4.7 Ztráty při odstavení provozů

Každé odstavení provozu znamená finanční ztrátu, ať už přímou ztrátu z nevýroby nebo následnou ztrátu, kterou může vyvolat odstavení zařízení. Elektromotory jsou konstruovány tak, aby ideálně fungovaly při konstantním zatížení při nepřetržitém režimu. Každé zastavení znamená opětovný start, při kterém je elektromotor po určité době přetížený a tím dochází k namáhání izolace vinutí a hrozí jeho průraz a následná havárie.

Dalším vlivem způsobujícím problém při odstavení zařízení je počasí, při vlhkém a chladném počasí může nastat změna parametrů vinutí elektromotoru. V některých případech tato změna parametrů znamená problematickou identifikaci elektromotoru frekvenčním měničem a již byl zaznamenán případ, kdy při odstavení elektromotoru v zimním počasí došlo k jeho zvlhnutí. Při spouštění elektromotoru docházelo k jeho prudkým zpomalením a opětovnému rozjetí v nepravidelných intervalech, při identifikaci závady bylo zjištěno, že samotný elektromotor funguje správně. Proto bylo údržbou zkontrolováno poháněné zařízení, které nevykazovalo žádné poškození. Z tohoto důvodu byl vyměněn elektromotor, poté frekvenční měnič ale závada stále přetrvávala. Po dlouhém pátrání byl nakonec změněn parametr řízení elektromotoru a došlo k jeho bezproblémovému najetí a provozu. Při dalším řešení závady technikem výrobce frekvenčního měniče nastalo navrácení parametru řízení, které již nezpůsobovalo daný problém. Přesná identifikace závady nebyla zjištěna, ale nejpravděpodobněji měla na poruchu vliv změna parametrů elektromotoru vlivem chladného počasí. Výměna elektromotoru a frekvenčního měniče způsobila ztrátu z nevýroby v hodnotě 129 750 Kč (vzorec č. 6).

Provoz č. 17: Zdánlivá porucha elektromotoru ventilátoru K1546 – 18,5 kW (12/2020)

Výpočet ztráty z nevýroby (Z_{NVR17}):

$$Z_{NVR17} = Z_{NVRJP} \times T_{OPM} = 43\,250 \text{ Kč/h} \times 3 \text{ h} = 129\,750 \text{ Kč}$$

[Zdroj: viz metodika vzorec č. 6, Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování]

U některých provozů může havárie způsobit nejen ztráty na tomto provozu ale i na provozech závislých na jeho výrobě. Například výroba kyseliny dusičné zásobuje kyselinou dvě velké výrobní. A celkové ztráty se mohou vyšplhat až na desítky milionů korun.

Dalším takovým provozem je energetika, kde jsou na vyrobené páře závislé všechny ostatní provozy, další tři výrobní firmy sídlící v areálu a páru zde také vykupuje nedaleké město, které z ní v dílčích výměňkových stanicích vyrábí horkou vodu na topení a teplou pitnou vodu pro domácnosti. Při nedodávce páry do města je smluvně daná pokuta, ale primárně jde o lidské hledisko. V zimním období není možné obyvatelům města odstavit zdroj tepla, proto se v tomto případě nakupují klíčové náhradní díly bez ohledu na návratnost. Hypotetická ztráta z nevýroby při havárii malého elektromotoru, který je skladem, by znamenala pro podnik ztrátu z nevýroby v hodnotě 556 065 Kč (vzorec č. 6).

Provoz č. 13: Havárie elektromotoru do 7,5 kW (hypoteticky)

Výpočet ztráty z nevýroby (Z_{NVR13}):

$$Z_{NVR13} = Z_{NVRJP} \times T_{OPM} = 185\,355 \text{ Kč/h} \times 3 \text{ h} = 556\,065 \text{ Kč}$$

[Zdroj: viz metodika vzorec č. 6, Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování]

Na Provozu č. 13 je závislých několik dalších provozů, které ovšem mají svou zásobu suroviny odhadem na 5 hodin. Proto je nutné mít skladem veškeré klíčové elektromotory odstávující provoz.

4.7.1 Výpočet návratnosti investice do skladových zásob

V roce 2017 vedení přistoupilo na nákup 85 kusů elektromotorů v celkové hodnotě 5,23 mil. Kč (Účetní jednotka podniku, 2021). Cílem navýšení skladových zásob bylo snížení doby odstavení provozů a zajištění plné samostatnosti při přímém řešení havárií. V historii byl podnik závislý na skladových zásobách externích firem, které byly ovšem jen základní a nenacházely se v nich atypické elektromotory. Za situace, kdy elektromotor nebyl skladem, musel být pohotovostně opraven, což bylo ve většině případů zdlouhavé a znamenalo velkou ztrátu z nevýroby, která v drtivé většině případů převyšovala několikanásobně cenu elektromotoru nového.

Při každém navýšení skladových zásob je v první řadě důležitá návratnost investice. Přesná kalkulace zde není možná, ale je možné vytvořit kvalitní odborný odhad. Hodinovou ztrátou z nevýroby je myšlen náklad, který vznikne odstavením daného provozu včetně ušlého zisku za 1 hodinu.

V následujících vzorcích jsou vypočteny hypotetické ztráty z nevýroby, které by reálně vznikly v případě, že by neproběhl nákup elektromotorů z roku 2017.

Provoz č. 28: Elektromotor pozice W3195 - 0,25 kW (07/2017):

Výpočet ztráty z nevýroby ($Z_{NVR28.1}$):

$$Z_{NVR28,1} = Z_{NVRJP} \times T_{OPM} = 53\,125 \text{ K}\check{\text{c}}/\text{h} \times 8 \text{ h} = 425\,000 \text{ K}\check{\text{c}}$$

Provoz č. 09: Elektromotor pozice W2411 – 1,1 kW (08/2018):

Výpočet ztráty z nevýroby (Z_{NVR09}):

$$Z_{NVR09} = Z_{NVRJP} \times T_{OPM} = 29\,320 \text{ K}\check{\text{c}}/\text{h} \times 8 \text{ h} = 234\,560 \text{ K}\check{\text{c}}$$

Provoz č. 24: Elektrohydraulická brzda pozice W6011 (04/2018) – 0,35 kW:

Výpočet ztráty z nevýroby ($Z_{NVR24.1}$):

$$Z_{NVR24,1} = Z_{NVRJP} \times T_{OPM} = 35\,120 \text{ K}\check{\text{c}}/\text{h} \times 8 \text{ h} = 280\,960 \text{ K}\check{\text{c}}$$

Provoz č. 28: Vibrační elektromotor pozice X3182 – 1,1 kW (07/2018):

Výpočet ztráty z nevýroby ($Z_{NVR28.2}$):

$$Z_{NVR28,2} = Z_{NVRJP} \times T_{OPM} = 53\,125 \text{ K}\check{\text{c}}/\text{h} \times 8 \text{ h} = 425\,000 \text{ K}\check{\text{c}}$$

Provoz č. 07: Elektromotor pozice B82010 – 3 kW (07/2018):

Výpočet ztráty z nevýroby (Z_{NVR07}):

$$Z_{NVR07} = Z_{NVRJP} \times T_{OPM} = 115\,400 \text{ K}\check{\text{c}}/\text{h} \times 8 \text{ h} = 923\,200 \text{ K}\check{\text{c}}$$

Provoz č. 28: Elektromotor pozice X3343 – 55 kW (08/2018):

Výpočet ztráty z nevýroby ($Z_{NVR28.3}$):

$$Z_{NVR28,3} = Z_{NVRJP} \times T_{OPM} = 53\,125 \text{ K}\check{\text{c}}/\text{h} \times 24 \text{ h} = 1,275 \text{ mil. K}\check{\text{c}}$$

Provoz č. 16: Elektromotor pozice G1876 – 0,75 kW (09/2018):

Výpočet ztráty z nevýroby ($Z_{NVR16.1}$):

$$Z_{NVR16,1} = Z_{NVRJP} \times T_{OPM} = 40\,770 \text{ K}\check{\text{c}}/\text{h} \times 8 \text{ h} = 326\,160 \text{ K}\check{\text{c}}$$

Provoz č. 17: Elektromotor pozice M0402 – 2,2 kW (09/2018):

Výpočet ztráty z nevýroby (Z_{NVR17}):

$$Z_{NVR17} = Z_{NVRJP} \times T_{OPM} = 43\,250 \text{ K}\check{\text{c}}/\text{h} \times 8 \text{ h} = 346\,000 \text{ K}\check{\text{c}}$$

Provoz č. 16: Elektromotor pozice G1871A – 2,2 kW (05/2019):

Výpočet ztráty z nevýroby ($Z_{NVR16.2}$):

$$Z_{NVR16.2} = Z_{NVRJP} \times T_{OPM} = 40\,770 \text{ Kč/h} \times 8 \text{ h} = 326\,160 \text{ Kč}$$

Provoz č. 28: Elektromotor pozice B3386 – 3 kW (07/2019):

Výpočet ztráty z nevýroby ($Z_{NVR28.4}$):

$$Z_{NVR28.4} = Z_{NVRJP} \times T_{OPM} = 53\,125 \text{ Kč/h} \times 8 \text{ h} = 425\,000 \text{ Kč}$$

Provoz č. 24: Elektromotor pozice B4320 – 5,5 kW (09/2020):

Výpočet ztráty z nevýroby ($Z_{NVR24.2}$):

$$Z_{NVR24.2} = Z_{NVRJP} \times T_{OPM} = 35\,120 \text{ Kč/h} \times 8 \text{ h} = 280\,960 \text{ Kč}$$

[Zdroj: viz metodika vzorec č. 6, Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování]

Celkové ztráty z nevýroby (Z_{CNVR}):

$$\begin{aligned} Z_{CNVR} &= Z_{NVR28.1} + Z_{NVR09} + Z_{NVR24.1} + Z_{NVR28.2} + Z_{NVR07} + Z_{NVR28.3} + Z_{NVR16.1} \\ &\quad + Z_{NVR17} + Z_{NVR16.2} + Z_{NVR28.4} + Z_{NVR24.2} \\ &= 425\,000 \text{ Kč} + 234\,560 \text{ Kč} + 280\,960 \text{ Kč} + 425\,000 \text{ Kč} \\ &\quad + 923\,200 \text{ Kč} + 1\,275\,000 \text{ Kč} + 326\,160 \text{ Kč} + 346\,000 \text{ Kč} \\ &\quad + 326\,160 \text{ Kč} + 425\,000 \text{ Kč} + 280\,960 \text{ Kč} = 5\,268\,000 \text{ Kč} \end{aligned}$$

[Zdroj: viz metodika vzorec č. 9, Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování]

V letech 2017-2020 se podařilo nákupem skladových zásob ve výši 5,23 mil. Kč zabránit ztrátám z nevýroby v hodnotě 5,3 mil. Kč. Ztráty z nevýroby, které nevznikly, již po čtyřech letech zcela pokryly investici do skladových zásob z roku 2017. Ovšem je nutné podotknout, že některé skladové zásoby zůstávají bez využití a v případě totální havárie by návratnost investice mohla být výrazně rychlejší.

Pokud by totálně zhavaroval elektromotor spalínového ventilátoru Provozu č. 07, znamenala by ztráta z nevýroby 155 mil. Kč (vzorec č. 6), což je 80 % celkového zisku z let 2017-2020. Jedná se o klíčový provoz, který zásobuje párou všechny provozny, město a další tři menší podniky. Tento provoz je zálohován plynovými kotli, které ovšem nepokryjí plný výkon Provozu č. 07.

Provoz č. 07: Elektromotor spalinového ventilátoru K82006 - 800 kW (hypoteticky)

Výpočet ztráty z nevýroby (Z_{NVR07}):

$$Z_{NVR07} = Z_{NVRJP} \times T_{OPM} = 115\,400 \text{ Kč/h} \times 1\,344 \text{ h} = 155,01 \text{ mil. Kč}$$

[Zdroj: viz metodika vzorec č. 6, Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování]

Na uvedeném příkladu je zřejmé, že pořízení skladových zásob klíčových pozic je nezbytné pro úspěšný chod podniku.

Tabulka č. 5: Souhrn finančních úspor z let 2017-2020

Rok:	Provoz:	Pozice:	Popis řešení:	Úspora:	Kapitola:
2019	-	-	Změna firmy provádějící čištění elektromotorů	56 736 Kč	4.2.2
2018	Provoz č. 16	K1880	Odhalení fiktivní závady rotoru elektromotoru	60 000 Kč	4.4.3
2019	Provoz č. 23	-	Zastavení nákupu předraženého elektromotoru	300 000 Kč	4.4
2020	Provoz č. 31	P2101	Využití náhradních dílů z nevyužívané pozice při opravě elektromotoru	365 000 Kč	4.4
2020	Provoz č. 29	P2405C	Identifikace závady čerpadla - neodeslání elektromotoru do revize	35 000 Kč	4.5.2
2017	Provoz č. 28	W3195	Zabránění ztrátám z nevýroby	425 000 Kč	4.7.1
2018	Provoz č. 09	W2411	Zabránění ztrátám z nevýroby	234 560 Kč	4.7.1
2018	Provoz č. 24	W6011	Zabránění ztrátám z nevýroby	280 960 Kč	4.7.1
2018	Provoz č. 28	X3182	Zabránění ztrátám z nevýroby	425 000 Kč	4.7.1
2018	Provoz č. 07	B82010	Zabránění ztrátám z nevýroby	923 000 Kč	4.7.1
2018	Provoz č. 28	X3343	Zabránění ztrátám z nevýroby	1 275 000 Kč	4.7.1
2018	Provoz č. 16	G1876	Zabránění ztrátám z nevýroby	326 160 Kč	4.7.1
2018	Provoz č. 17	M0402	Zabránění ztrátám z nevýroby	346 000 Kč	4.7.1
2019	Provoz č. 16	G1871A	Zabránění ztrátám z nevýroby	326 160 Kč	4.7.1
2019	Provoz č. 28	B3386	Zabránění ztrátám z nevýroby	425 000 Kč	4.7.1
2020	Provoz č. 24	B4320	Zabránění ztrátám z nevýroby	280 960 Kč	4.7.1
Celkem uspořeno v období let 2017-2020:				6 084 536 Kč	-

Zdroj: Interní dokumentace podniku, 2021, vlastní zpracování

Sledovaný podnik v letech 2017-2020 vykázal zisk ve výši 192,8 mil. Kč (Účetní jednotka podniku, 2021). Současně v této době probíhalo sledování havárií elektromotorů a zavádění opatření, která vedla k zajištění maximálního zkrácení doby odstavení provozů a minimalizaci nákladů v oblasti zajišťování údržby elektromotorů. Za čtyři roky bylo ušetřeno více než 6 mil. Kč (tabulka č. 5), což znamená navýšení zisku podniku o 3,1 % (viz metodika, vzorec č. 10).

5 Výsledky a doporučení

Hlavním cílem diplomové práce byla kvantifikace finančních ztrát způsobených haváriemi elektromotorů s ohledem na zlepšení hospodářského výsledku firmy a analýza vybraných činností z oblasti údržby elektromotorů.

Cíl byl naplňován především na základě sběru dat, analýzy poruchovosti, vytipování elektromotorů odstávujících provoz se zaměřením na elektromotory odstávující nejen provoz ale i provozu na něm závislé. Z důvodu specifčnosti dané problematiky, nebyla nalezena práce, která by se danou problematikou přímo zabývala, proto jsou výsledky práce těžko srovnatelné.

Pro úplnou kompletnost seznamu elektromotorů musela být změněna dosavadní strategie lokalizace elektromotorů. Ukázalo, že některé pozice jsou nepřístupné svou polohou nebo zamčené v běžně nedostupných místnostech. Nová strategie byla vytvořena ve spolupráci s provozem a technologi, kteří z řídicího systému vypsalí elektromotory všech pozic. Zajímavé bylo zjištění, že ne všechny elektromotory jsou uvedeny v systému. Rozšiřování seznamu elektromotorů bylo provedeno napříč všemi výrobními jednotkami. Z důvodu rozšíření na všechny provozu bylo nutné zaměřením na elektromotory odstávující nejen danou výrobní jednotku, ale i jednotky na ní závislé, kde je nutné držet elektromotory skladem z důvodu velkých ztrát z nevýroby (kapitola 4.2).

Jedním z aspektů, přispívajícím ke zvýšení spolehlivosti elektromotorů, je jejich čištění, a to z důvodu vysoké chemické prašnosti, ve které se elektromotory nachází. Při nadměrném znečištění dochází k přehřívání elektromotoru a následné degradaci vinutí statoru, jenž významně zkracuje jeho životnost. V rámci čištění elektromotorů byla největším problémem vzdálenost firmy provádějící práce. Roční náklady na dopravu čtyř pracovníků externí firmy byly 71 712 Kč (kapitola 4.2.2, vzorec č. 3). Na základě zhodnocení nákladů na dopravu bylo rozhodnuto, že čištění elektromotorů převezme od prosince roku 2019 firma sídlící v areálu sledovaného podniku. Úspora nákladů při změně firmy činí 56 736 Kč (kapitola 4.2.2, vzorec č. 5). Uspořené náklady budou využity ke zefektivnění čištění, a to hlavně ke kontrolám elektromotorů za chodu, které povedou k odhalení nedostatečně vyčištěných nebo jinak poškozených elektromotorů.

Nástrojem zvyšování spolehlivosti zařízení je kontrola zařízení obsluhou. Bohužel v současné době toto řešení není uskutečnitelné z důvodu nízkého počtu kvalifikovaných zaměstnanců. Do budoucna se ovšem s tímto nástrojem počítá vzhledem k tlaku na zvyšování spolehlivosti zařízení (kapitola 4.2.6).

V rámci diplomové práce bylo zjištěno, že outsourcing strojní údržby z roku 2018 nebyl tím správným ekonomickým krokem. Úspora nákladů vzniklá propuštěním zaměstnanců je anulována delšími odstávkami provozů při řešení havárií a zejména seřizením stroje. Příkladem je oprava drtiče Provozu č. 28, kde došlo k prodloužení doby opravy výměny elektromotoru o 0,5 hodiny. Na základě prodloužení doby odstávky provozu o 0,5 hodiny vznikly ztráty z nevýroby ve výši 17 560 Kč (kapitola 4.2.1, vzorec č. 6). Pro podnik by bylo finančně výhodné navrácení původní formy zabezpečení strojní údržby tj. zcela zrušit outsourcing strojní údržby a upustit od myšlenky outsourcingu údržby elektro.

Havárie elektromotorů mohou mít spoustu příčin a ne vždy je možné přesnou příčinu identifikovat, a toho jsou si některé firmy vědomy. Bohužel se podnik setkává s tím, že některé firmy poukazují na fiktivní závady a při fakturaci vykazují práce na těchto fiktivních závadách. Proto jsou prováděny namátkové kontroly a firmy jsou testovány. Pro otestování důvěry daná firma dostane k opravě funkční elektromotor, u kterého má zjistit skutečný stav a provést případnou opravu (kapitola 4.4.3).

Nedílnou součástí tlaku na zlepšení hospodářského výsledku je i snižování nákladů a energie. Ve sledovaném podniku probíhaly propočty možné úspory se zařízením, které v jistém okamžiku snižuje napětí elektromotoru a tím zlepšuje jeho účinnost. Od tohoto řešení se následně upustilo vzhledem k nízkému rozsahu využití (kapitola 4.2.8).

V roce 2017 přistoupilo vedení podniku na nákup elektromotorů v celkové hodnotě 5,23 mil. Kč (Interní data podniku, 2021). Cílem navýšení skladových zásob bylo snížení doby odstavení provozů a zajištění plné samostatnosti při přímém řešení havárií. Za situace, kdy elektromotor nebyl skladem, musel být pohotovostně opraven, což bylo ve většině případů zdlouhavé a znamenalo by to velkou ztrátu z nevýroby, která v drtivé většině případů převyšovala několikanásobně cenu nového elektromotoru (kapitola 4.7.1).

V letech 2017-2020 sledovaný podnik vykázal zisk ve výši 192,8 mil. Kč (Účetní jednotka podniku, 2021). Současně v této době probíhalo sledování havárií elektromotorů a zavádění opatření, například změna firmy provádějící čisticí práce, identifikace příčiny havárií a jiná, která vedla k zajištění maximálního zkrácení doby odstavení provozů. Za čtyři roky bylo ušetřeno více než 6 mil. Kč (kapitola 4.7.1, tabulka č. 5), což znamená navýšení zisku podniku o 3,1 %.

6 Závěr

Analytická část byla zaměřena na rozšíření ověřených opatření a zefektivnění již zavedených činností do celého sledovaného podniku. Principiálně jsou ve všech výrobních jednotkách identické problémy a to zejména agresivní prашné prostředí způsobující korozi, chemická degradace, přetěžování soustrojí, zatuhnutí médií, vysoké vibrace a jiné.

Autor se ve své práci zabýval především předcházením vzniku havárie a to formou takzvané prediktivní údržby. V rámci diplomové práce byly navrženy změny v zavedených procesech napříč celým podnikem. Jedná se mimo jiné o stavy skladových zásob, čištění a mazání elektromotorů. Do budoucna budou plánovány roční kontroly strojů, jejichž náklady jsou odhadnuty na 58 688 Kč (kapitola 4.2.7, vzorec č. 7), ale povedou ke zvýšení spolehlivosti a bezpečnosti zařízení.

Jedním z aspektů, přispívajícím ke zvýšení spolehlivosti elektromotorů, je jejich čištění. V rámci zefektivnění procesu čištění byla vyměněna externí firma provádějící práce. Úspora nákladů po změně firmy činila 56 736 Kč (kapitola 4.2.2, vzorec č. 5). Uspořené náklady budou využity k zefektivnění čištění, a to hlavně ke kontrolám elektromotorů za chodu, které povedou k odhalení nedostatečně vyčištěných nebo jinak poškozených elektromotorů.

Investice do navýšení skladových zásob v roce 2017 byla 5,23 mil. Kč (Interní data podniku, 2021). Odhadovaná návratnost do konce roku 2020 (4 roky) činí 5,3 mil. Kč (kapitola 4.7.1, vzorec č. 9). Tyto skutečnosti byly představeny vedení společnosti, které povolilo další investice do skladových zásob elektromotorů a to při další výstavbě nového provozu v roce 2023.

V letech 2017–2020 sledovaný podnik vykázal zisk ve výši 192,8 mil. Kč (Účetní jednotka podniku, 2021). Současně v této době probíhalo sledování havárií elektromotorů a zavádění opatření, která vedla k zajištění maximálního zkrácení doby odstavení provozů. Za čtyři roky bylo ušetřeno více než 6 mil. Kč eliminací zbytečných prostojů, identifikacemi příčiny havárií a jinými opatřeními (kapitola 4.7.1, tabulka č. 5), což znamená navýšení zisku podniku o 3,1 %.

7 Seznam použitých zdrojů:

7.1 Literární publikace:

1. BARTOŇ, Jan. *Obsluha a údržba elektromotorů: technické příručky práce*. 1. Vydání. Praha: ROH, 1961. 228 s.
2. BENEŠ, Štěpán. *Metody diagnostiky valivých ložisek*. 1. Vydání. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní, 1991. 55s., ISBN 80-7083-078-6.
3. BULGAKOV Alexej Alexejevič. *Řízení asynchronních motorů měniči frekvence*. 1. Vydání. Praha: SNTL. 1989. 240 s., ISBN 80-03-00179-X.
4. CAHA Zdeněk, ČERNÝ Miroslav. *Elektrické pohony*. 1. Vydání. Praha: SNTL. 1990. 359 s., ISBN 80-03-00418-7
5. ČADIL František a kol. *Elektrické pohony*. 1. Vydání. Praha: SNTL. 1976. 558 s.
6. ČUBA František, HURTA Josef. *Snížení nákladů o třicet procent*. 1. Vydání. Slušovice: Mondon spol., s. r. o. 2004. 78 s., ISBN 80-903108-5-0
7. HAMELIN Bernard. *Údržba a její nové pojetí*. 1. Vydání. Praha: Nakladatelství technické literatury. 1983. 136 s.
8. HELEBRANT František, ZIEGLER Jiří. *Technická diagnostika a spolehlivost II. vibrodiagnostika*. 1. Vydání. Ostrava: Vysoká škola báňská. 2004. 178 s., ISBN 80-248-0650-9.
9. CHMELÍK Karel. *Asynchronní elektrické stroje*. 1. Vydání. Ostrava: Vysoká škola báňská. 2002. 135 s., ISBN 80-248-0025-X.
10. FETTER František. *Asynchronní motory*. 1. Vydání. Praha: SNTL. 1966. 84 s.
11. FRANKEN Herbert. *Jištění elektromotorů*. 1. Vydání. Praha: SNTL. 1966. 321 s.
12. HUDECZEK, Mečislav. *Zvyšování spolehlivosti asynchronních elektromotorů včetně poháněných strojů: technická diagnostika*. 1. Vydání. Albrechtice: Hudeczek Service, 2011. 299 s., ISBN 978-80-905032-0-5.
13. KLIMENT František. *Jak kalkuluje průmyslový podnik*. 3. Vydání. Praha: Nakladatelství Orbis. 1947. 55 s.
14. KNOTEK Jaroslav. *Navíjení a převíjení malých elektrických strojů točivých*. 1. Vydání. Praha: SNTL. 1990. 536 s., ISBN 80-03-00323-7.
15. MAZUR A. Glen. *Odstraňování problémů motorů a pohonů: od základních zkoušek po pokročilou diagnostiku*. 1. Vydání. Illionis: American Technical Publishers. 2011. 108 s.

16. OGEROVÁ Brigitte, FIBÍROVÁ Jana. *Řízení nákladů*. 1. Vydání. Praha: Nakladatelství HZ Editio, s. r. o. 1998. 155 s., ISBN 80-86009-24-6.
17. PATOČKA Václav, KOCHL Jaroslav. *Valivá ložiska ZKL*. 1. Vydání. Praha: SNTL. 1965. 252 s.
18. POPESKO Boris, PAPADAKI Šárka. *Moderní metody řízení nákladů jak dosáhnout efektivního vynakládání nákladů a jejich snížení*. 2. Vydání. Praha: Grada. 2016. 263 s., ISBN 978-80-247-5773-5.
19. PŘIBYSLAVSKÝ Jaroslav. *Elektrické pohony asynchronními motory*. 1. Vydání. Praha: SNTL. 1963. 176 s.
20. STANĚK Vladimír. *Zvyšování výkonnosti procesním řízením nákladů*. 1. Vydání. Praha: Grada. 2003. 236 s., ISBN 80-247-0456-0.
21. SUZUKI Tokutaro, *TPM in Process Industries*, 1. Vydání. CRC Press, 1994, 416s. ISBN 1-56327-036-6
22. SWOBODA Petr. *Kalkulace nákladů a cenová politika v tržní ekonomice*. 1. Vydání. Praha: Právnické a ekonomické nakladatelství Linde. 1992. 95 s., ISBN 80-901210-1-2.
23. TOMEH Elias. *Technická diagnostika – vibrační diagnostika strojů a zařízení*. 1. Vydání. Liberec: Technická univerzita v Liberci. 2015. 218 s., ISBN 978-80-7494-174-0.

7.2 Internetové zdroje:

24. DANĚ A PRÁVO V PRAXI. *Zásoby u podnikatelů z účetního a daňového pohledu*. DAUC. [online]. 2007. [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://www.dauc.cz/dokument/?modul=li&cislo=29000&well=danarionline>
25. EAGRI. *Žňové zpravodajství* [online]. 2020 [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/roslinna-vyroba/roslinne-komodity/obiloviny/prubeh-sklizne/sklizen-2020/znove-zpravodajstvi-k-10-srpnu-2020.html>
26. HELIOS.EU. *5 způsobů, jak zatočit se zásobami*. QUORT. [online]. 2018. [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://quort.cz/5-zpusobu-jak-zatocit-se-zasobami/>
27. KANDLEROVÁ Kateřina. *Účtování zásob v praxi*. Portál.pohoda.cz. [online]. 2014. [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://portal.pohoda.cz/dane-ucetnictvi-mzdy/ucetnictvi/uctovani-zasob-v-praxi/>

28. ZPRAVODAJSTVÍ EVROPSKÝ PARLAMENT. *Jak nastavit udržitelnou výrobu potravin: strategie EU*. *Europarl.europa.eu [online]*. 2020 [cit. 2021-02-28]. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20200519STO79425/potraviny-a-zemedelstvi-jak-to-delat-zdrave-a-udrzitelne>
29. TOVÁRNA. *Chemický průmysl v Česku* [online]. 2016 [cit. 2021-03-02]. Dostupné z: <https://www.vseoprumsly.cz/inspirace/trendy/chemicky-prumysl-v-cesku-tak-trochu-tajemny-kolos-ktery-potrebuje-vice-sexy-image.html>