

Analýza FMECA termického odihľovacieho zariadenia EXTRUDE HONE TEM P350

Matej Barlok

PREDSTAVENIE

Volám sa Matej Barlok, a som absolventom Strojníckej fakulty Žilinskej univerzity v Žiline, kde som vyštudoval študijný odbor Údržba strojov a zariadení. Ako promovány inžinier údržby som sa zamestnal v spoločnosti Danfoss Power Solutions, a.s. v Považskej Bystrici, kde pôsobím na oddelení Vývoja výrobných technológií ako technik údržby.

Mojou hlavnou úlohou je koordinácia a plánovanie aktivít údržby v rámci našej divízie v spolupráci s externou spoločnosťou údržby. Zároveň ako člen lokálneho tímu EUP (Equipment Uptime Program) sa podieľam na aktivitách a workshopoch, ktorých hlavným účelom je zlepšovanie procesov údržby, zvyšovanie konkurencieschopnosti závodu v celom segmente Danfossu, a v neposlednom rade zabezpečovanie bezproblémového chodu technického vybavenia spoločnosti.

V rámci môjho príspevku by som v stručnosti rád opísal moju diplomovú prácu, ktorá bola zameraná na analýzu príčin, následkov a kritickosti porúch termického odihľovacieho zariadenia EXTRUDE HONE TEM P350. Diplomová práca bola zároveň ocenená na Národnom fóre údržby 2019 "Cenou SSÚ Za diplomovú prácu".

1 ÚVOD

Diplomová práca vznikla na podnet spoločnosti Danfoss Power Solutions, a.s. v Považskej Bystrici, kde bolo cieľom zadávateľa spracovanie analýzy FMECA termického odihľovacieho zariadenia EXTRUDE HONE TEM P350, ktoré je zároveň vyhradeným technickým zariadením plynovým.

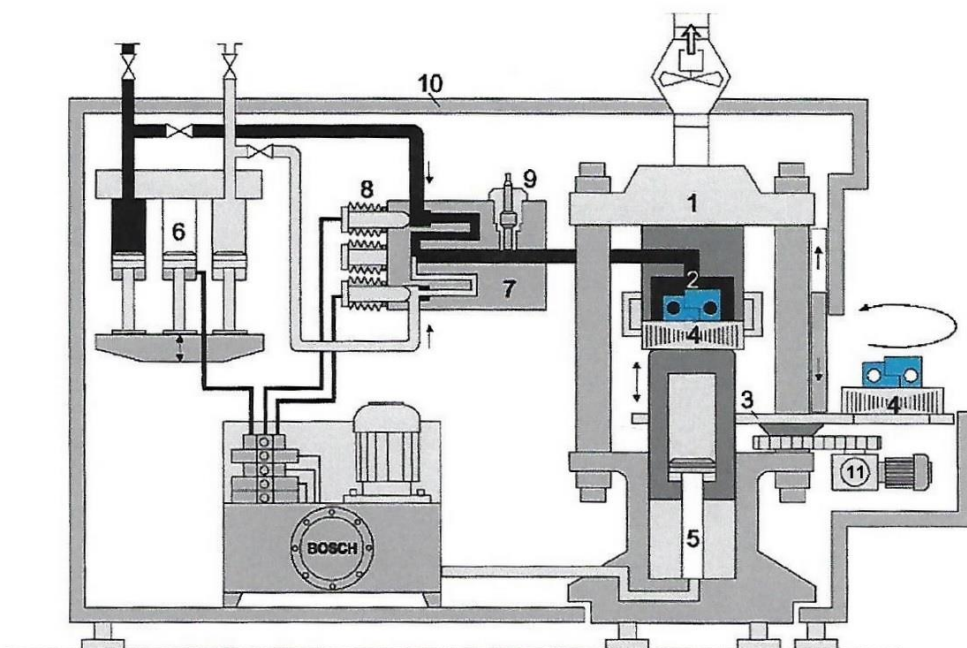
Vzhľadom ku komplexnosti zariadenia boli podrobne analyzované tri hlavné systémy zariadenia na základe požiadavky zadávateľa:

- **hydraulická jednotka,**
- **zmiešavací blok,**
- **odsávacie zariadenie.**

2 EXTRUDE HONETEM P-350

EXTRUDE HONE TEM P-350 (Obr. 1) je nekonvenčným zariadením pre vysoko efektívne a spoľahlivé odstraňovanie povrchových a podpovrchových nedokonalostí obrobkov jedinou operáciou.

Zariadenie využíva proces termického odihľovania, pri ktorej je obrobok krátkodobo vystavený teplote nad 3 350°C, počas ktorého dochádza k zoxidovaniu všetkých nedokonalostí obrobku – triesky, ostriny, lemy a pod. Materiál obrobku počas termického procesu nie je vystavený mechanickému zaťaženiu, v prípade uhlíkových ocelí dochádza k miernemu zakaleniu materiálu obrobku v oblasti zaoblených hrán maximálne do hĺbky 0,01 mm.



Obr. 1 Štruktúra zariadenia

*1 – rám stroja; 2 – odihľovacia komora; 3 – indexový otočný stôl; 4 – uzatvárací tanier;
5 – uzatvárací hydraulický systém; 6 – plynový odmeriavací systém; 7 – zmiešavací blok;
8 – plynové valce; 9 – zapalovacia sviečka; 10 – zvukotesná kabína; 11 – pohon otočného stola*

2.1 Opis zariadenia

Valcovitá odihľovacia komora zvonovitého tvaru je zabudovaná v ráme zariadenia. Indexový otočný stôl, inštalovaný na prednom paneli zariadenia, je vybavený piatimi uzatváracími taniermi, ktoré slúžia ako nosné prvky obrobkov, resp. prípravkov. Samotné polohovanie stola je zabezpečené systémovo riadeným elektromotorom s krokovou prevodovkou.

Počas termického odihľovania sa uzatvárací tanier pomocou hydraulického uzatváracieho piestu pritlačí na odihľovaciu komoru, plynutesne uzavrie a poistí.

Požadované množstvo plynu, na dosiahnutie optimálneho účinku odihľovania, je odmeriavané pomocou hydraulicky ovládaného plynového odmeriavacieho systému tvoreného dvojicou odmeriavacích valcov. Následne sú plyny dávkované do odihľovacej komory. V zmiešavacom bloku (Obr. 2), ktorý je inštalovaný vo vstupnej časti odihľovacej komory, sa plyny rovnomerne zmiešavajú, a po uzatvorení hydraulicky ovládaných plynových ventilov sa horľavá zmes plynov zapáli pomocou zapalovacej sviečky. Možno použiť nasledovné horľavé plyny:

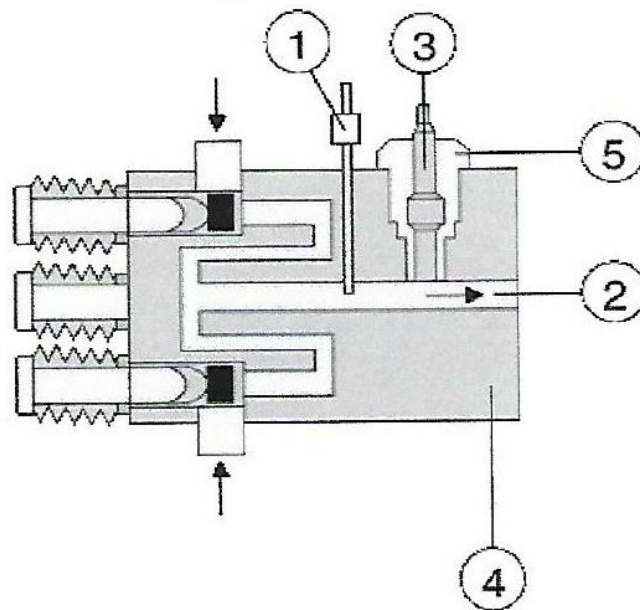
- zemný plyn,
- metán,
- vodík.

2.2 Proces termického odihľovania (TEM Proces)

Termický odihľovací proces je nekonvenčný spôsobom odstraňovania povrchových a podpovrchových nečistôt po predchádzajúcich výrobných operáciách.

Pri TEM procese sa nadbytočný materiál spaľuje chemickou reakciou medzi materiálom obrobku a kyslíkom. Túto reakciu spúšťa teplo, ktoré ju vo významnej miere podporuje. Samotné odihľovanie prebieha na tých miestach obrobku, kde sa v priebehu procesu vygeneruje obzvlášť vysoká teplota.

Teplo vzniká spaľovaním zmesi horľavého plynu a kyslíka, pričom teplota môže krátkodobo vzrásť až na hodnotu 3 500°C, počas ktorej dochádza k zahriatiu nečistôt materiálu na ich zápalnú teplotu, čím dochádza k reakcii s kyslíkom.



Obr. 2 Princíp zapálenia horľavej zmesi plynov

*1 – termočlánok; 2 – plniaci kanál do odihľovacej komory; 3 – zapalovacia sviečka;
4 – teleso zmiešavacieho bloku; 5 – poistná uzatváracia skrutka*

Dôležité je množstvo uvoľnenej energie, preto je nutné zmes plynov pred zapálením stlačiť na požadovaný tlak, ktorý sa líši v závislosti od počtu odihľovaných kusov, materiálu obrobku, požadovanej intenzity účinku termického odihľovania a veľkosti odihľovacej komory. Výhoda horľavého plynu, ako nositeľa energie, je dvojaká:

- ľahké dávkovanie,
- rovnomerné rozloženie plynu v odihľovacej komore.



*Obr. 3 Výsledok termického odihľovacieho procesu
ľavý obrobok – pred odihľovaním; pravý obrobok – po odihľovaní*

3 SÚČASNÝ STAV ÚDRŽBY ZARIADENIA

Politika údržby spoločnosti Danfoss Power Solutions, a.s. v Považskej Bystrici je založená na úplnom outsourcingu údržby. Spoločnosť TDK-Slovakia, s.r.o. má plné právomoci a zodpovednosti za údržbu zariadení na všetkých pracoviskách spoločnosti.

Napriek tejto skutočnosti sú na zariadení nastavené viaceré systémy údržby, ktorých hlavnou úlohou je zabezpečovanie požadovanej prevádzkyschopnosti, výrobnéj produktivity a dostupnosti zariadenia:

- **autonómna údržba** – zameraná predovšetkým na vizuálnu kontrolu a čistenie vytypovaných oblastí zariadenia,
- **údržba po poruche** – riešenie okamžitých problémov a porúch zariadenia,
- **preventívna údržba** – vyplývajúca na základe odporúčaní výrobcu zariadenia a znalostí obsluhy a pracovníkov údržby,
- **prediktívna údržba** – zahŕňajúca kontinuálny monitoring vibrácií ventilátora a úniku zemného plynu,
- **inšpekčné prehliadky zariadenia** – každoročne vykonávaná špecializovaným servisným technikom zo spoločnosti TEM Service, s.r.o.

3.1.1 Údržba po poruche

Rieši predovšetkým problémy a poruchy zariadenia, ktoré nie je vopred možno detekciou odhaliť, resp. neexistuje vhodný spôsob detekcie nedokonalostí. Najčastejšími prípadmi takýchto porúch bývajú:

- **elektronické vybavenie a systémy** – prívod a rozvod energie, signalizácia zariadenia, snímače, tlačidlá a pod.
- **úniky v rozvodných systémoch** – pneumatické a hydraulické elementy (hadice, rozvádzače, piesty, valce, kocky, tesnenia a pod.),
- **neočakávané prerušenie odíhľovacieho procesu** – nesprávna pozícia obrobkov, prekročenie plniaceho času komory, kolízia manipulačného robota a pod.

3.1.2 Preventívna a prediktívna údržba

Každé výrobné zariadenie má definovaný svoj **Plán preventívnej a prediktívnej údržby**, ktorý vychádza z odporúčaní výrobcu stroja a skúseností pracovníkov údržby. V pláne je definovaný:

- **rozsah aktivít,**
- **frekvencia vykonávania aktivít,**
- **predpokladaná doba odstávky zariadenia.**

Plán preventívnej a prediktívnej údržby je živým dokumentom, ktorý býva prehodnocovaný, na základe analýzy poruchovosti zariadenia, minimálne raz ročne.

3.1.3 Autonómna údržba

Autonómna údržba aktívne zapája obsluhu zariadenia do údržbového procesu, pričom je povinná svoje zariadenia udržiavať v prevádzkyschopnom stave, a o prípadných nedostatkoch okamžite upovedomiť pracovníkov údržby. Medzi hlavné aktivity autonómnej údržby možno zaradiť:

- **čistenie** vytypovaných prvkov zariadenia,
- **vizuálna kontrola** poškodení, funkčnosti a technického stavu zariadenia a jeho prvkov.

Požadované aktivity autonómnej údržby sú uvedené v **Liste autonómnej údržby**, ktorý je takisto definovaný pre každé zariadenia.

3.1.4 Inšpekčné prehliadky zariadenia

Účelom inšpekčnej prehliadky zariadenia je verifikácie spôsobilosti zariadenia na vykonávanie požadovanej výrobnjej operácie, a stanovenie nedostatkov a poškodení zariadenia za účelom predchádzania prípadných porúch a neočakávaných odstávok zariadenia. Takéto prehliadky môžu byť vykonané iba autorizovaným servisným technikom a revíznymi špecialistami.

4 ANALÝZA PORÚCH ZARIADENIA

Analýza porúch zariadenia bola vykonaná na základe poskytnutých údajov z pracovných zákaziek vykonaných na danom zariadení za obdobie rokov 2015 – 2017.

Štandardne možno pracovné zákazky na údržbu rozdeliť do troch špecifických skupín:

- **operatíva** – zahŕňajúce poruchy zariadení,
- **plánované** – aktivity vopred plánované s výrobným oddelením (opravy, výmeny náhradných dielov, modifikácie strojov a pod.),
- **preventíva** – aktivity definované v pláne preventívnej a prediktívnej údržby (vrátane inšpekčných prehliadok stroja).

V rámci analýzy porúch boli podrobnejšie analyzované iba zákazky typu "operatíva". Každá zákazka má svoje charakteristické znaky, ktoré uvedenú poruchu, resp. problém, detailne popisujú a kategorizujú:

- **kód poruchy** – definuje oblasť zariadenia a jeho konkrétny prvok, ktorý bol v poruche (napr. **DAV 501 – porucha tlakového regulátora O₂**).
- **popis poruchy** – stručná charakteristika zisteného problému,
- **popis riešenia** – opis činností vykonaných v procese odstránenia problému,
- **podrobnosti zákazky** – odpracované hodnoty, materiál a pod.

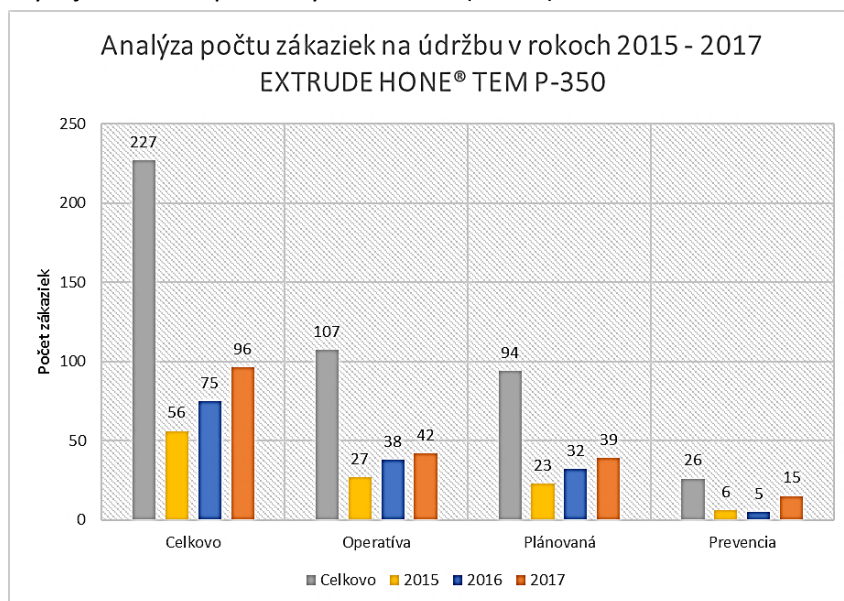
4.1 Analýza dát

Výstupom spracovania dát získaných z pracovných zákaziek údržby boli uvedené analýzy:

- **analýzy počtu pracovných zákaziek,**
- **Paretova analýza 80/20** - s prihliadnutím na kritickosť porúch.

4.1.1 Analýza počtu pracovných zákaziek

Analýza opisuje vývoj zadávania pracovných zákaziek (Obr. 4).



Obr. 4 Analýza počtu pracovných zákaziek

Z analýzy možno badať postupné medziročné zvyšovanie pracovných zákaziek na údržbu zariadenia. Jednak sa zvýšila poruchovosť zariadenia, čo je dôsledkom technického veku zariadenia a jeho znižujúcej sa spoľahlivosti, na druhej strane prechod na 20-zmenný režim prevádzky zariadenia zapríčinil zvýšenie využiteľnosti zariadenia, a tým pádom aj poruchovosti.

Na základe zvýšenia objemu práce vykonávaného na zariadení bolo nutné zvýšiť aj podiel prevencie a predikcie, pričom ich vhodným nastavením možno v budúcnosti veľmi efektívne znižovať trend rastu poruchovosti zariadenia.

4.1.2 Paretova analýza 80/20

Výstupom Paretovej analýzy bolo stanovenie najkritickejších systémových celkov zariadenia (Tab. 1), pričom posudzované boli iba zákazky typu „operatíva“. Na základe skúsenosti pracovníkov údržby boli stanovené kritéria kritickosti pre jednotlivé systémové celky zariadenia, kde je zohľadnené obmedzenie výrobného procesu, bezpečnosti prevádzky zariadenia a ohrozenie obsluhy zariadenia.

Tab. 1 Tabuľka kumulatívnej početnosti

Kód poruchy	Počet zákaziek	Váha kritickosti	Váha početnosti	Kumulatívna početnosť
EXT	31	5	155	37,08%
DAV	13	5	65	52,63%
HYD	16	4	64	67,94%
ELE	13	4	52	80,38%
PNE	8	3	24	86,12%
ODS	6	3	18	89,95%
PRI	8	2	16	91,63%
PLY	3	5	15	95,93%
CHL	7	1	7	99,52%
IPR	1	1	1	99,76%
VSE	1	1	1	100%
Celkovo	107		421	

Najkritickejšími systémovými celkami zariadenia boli stanovené:

- **mechanika zariadenia** - odhľovacia komora, zmiešavací blok,
- **dávkovací systém,**
- **hydraulický systém,**
- **elektronika zariadenia.**

5 FMECA ANALÝZA

Analýza príčin, následkov a kritickosti porúch predstavuje veľmi účelný nástroj na posudzovanie poruchových stavov zariadenia. Nakoľko analýza FMECA je živým dokumentom, ktorý sa neustále zdokonaľuje a vyvíja, je možné v ňom zachytiť znalosť o ľubovoľnom poruchovom stave zariadenie, jeho príčine i výslednému následku. Práve uvedený vzťah (viď nižšie) je kľúčovým prvkom analýzy.

PRÍČINA → PORUCHOVÝ STAV → NÁSLEDOK

Analýza FMECA bola vykonaná na troch systémových celkoch zariadenia na základe požiadavky zadávateľa práca, tým boli:

- **zmiešavací blok,**
- **hydraulická jednotka,**
- **odsávacie zariadenie.**

Ako vhodný softvérový nástroj bol zvolený softvér APIS IQ-RM PRO.

5.1 Tvorba FMECA analýzy

Proces tvorby FMECA analýzy je značne komplikovaný, najmä z pohľadu vstupujúcich údajov a dát. Pri riešení analýzy FMECA je nutné tímové riadenie, kde sú zúčastnené nielen osoby z údržbových oddelení, ale takisto výrobných, a nemožno zabudnúť ani na obsluhujúci personál zariadenia. Analýza FMECA má definovaných 5 základných princípov, ktoré sa dodržiavajú pri jej tvorbe:

1. **Štruktúra zariadenia** – prehľad systémových prvkov a jeho parametrov, vzťahov medzi prvkami a ich umiestnením vzhľadom k zariadeniu.
2. **Funkčné vlastnosti prvkov zariadení** – definovanie funkčných vlastností prvkov z najnižšej úrovne po najvyššiu s účelom zabezpečenia funkčnosti zariadenia.
3. **Poruchové stavy prvkov zariadení** – zoznam možných poruchových stavov zariadenia a jeho prvkov, a vzťahov medzi poruchami.
4. **Stanovenie kritickosti poruchových stavov** – výpočet rizikové čísla poruchového stavu (RPN).
5. **Tvorba FMECA výkazov a návrh opatrení** – formuláre FMECA a tvorba funkčných a poruchových sietí systémových prvkov zariadení, vrátane návrhu vhodných preventívnych opatrení zabraňujúcim vzniku poruchových stavov.

5.1.1 Výpočet RPN

RPN (Risk Priority Number) je hodnota miery kritickosti poruchového stavu zariadenia, ktorá zohľadňuje tri základné parametre poruchového stavu:

- **Z (závažnosť)** – ohodnotenie následkov poruchového stavu.
- **V (výskyt)** – ohodnotenie pravdepodobnosti výskytu poruchového stavu.
- **D (detekcia)** – ohodnotenie pravdepodobnosti odhalenia výskytu poruchového stavu.

$$RPN = Z \times V \times D$$

Každý parameter môže nadobúdať hodnoty od 1 po 10, tým pádom kritickosť poruchy môže dosahovať hodnoty od 1 (najlepšie) do 1 000 (najhoršie). Súčasťou spracovania analýzy je nutné definovanie kritérií jednotlivých parametrov, ktoré by mali byť vhodne navrhnuté, a pravidelne prehodnocované.

Účelom analýzy FMECA je stanoviť najkritickejšie poruchy, a vhodným opatreniami, preventívnymi a prediktívnymi, ich hodnotu miery kritickosti znížiť.

5.2 FMECA analýza hydraulickej jednotky

Samotné zariadenie bolo rozčlenené na 11 systémových celkov, ktoré sú ďalej delené na ich jednotlivé prvky. V jednoduchosti uvediem iba popis tvorby analýzy pre hydraulickú jednotku zariadenia (Obr. 5), ktorá obsahuje 23 samostatných prvkov. Samotná hydraulická jednotka je ešte delená na dva samostatné podsystémy:

- **hydraulické komponenty** – akumulátor, čerpadlá, nádrž, atď.
- **chladiaca jednotka** – čerpadlá, nádrž, filtre, atď.

Následne definované funkčné vlastnosti prvkov hydraulickej jednotky, a ich poruchových stavov, nám umožňujú vytvárať dva typy systémových sietí hydraulickej jednotky:

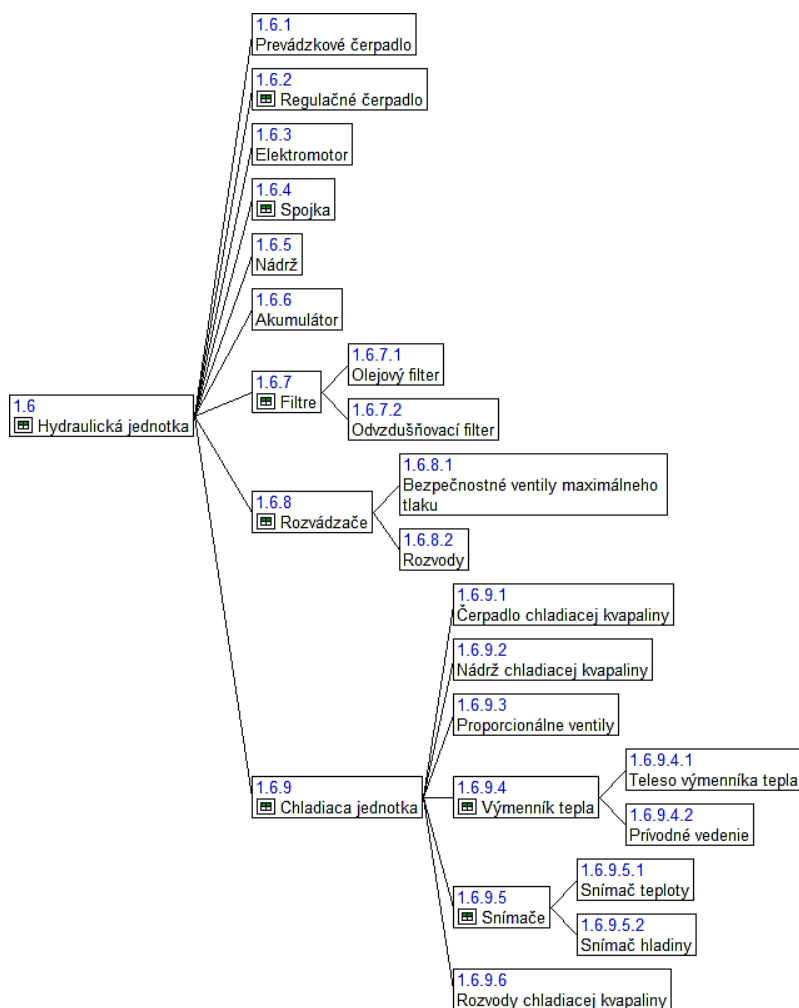
- **funkčné siete** (Obr. 9) – opisujúce funkčné vzťahy medzi prvkami,
- **poruchové siete** (Obr. 10) – opisujúce vzťah (príčina – poruchový stav – následok) medzi prvkami.

5.2.1 Návrh opatrení

Ďalším bodom analýzy FMECA je vytváranie formulárov FMECA, a návrh opatrení za účelom zníženia hodnoty miery kritickosti poruchových stavov. V softvéri IQ RM-PRO možno pracovať s dvomi základnými druhmi opatrení:

- **preventívne opatrenia** (Obr. 6) – ovplyvňujúce parameter "V" (výmenné cykly komponentov, kontrola a nastavenie parametrov zariadenia, úprava údržbových intervalov),
- **prediktívne opatrenia** (Obr. 7) – ovplyvňujúce parameter "D" (kontrola funkčnosti, únikov a poškodení prvkov zariadenia, diagnostické merania a inštalácia monitorovacích systémov),
- **kombinácia opatrení** (Obr. 8) – najúčelnejšie zníženie hodnoty miery kritickosti poruchového stavu.

Parameter závažnosti poruchového stavu je v procese analýzy FMECA nemenný. Jeho zmena je možná v prípade zmeny konceptu zariadenia (rekonštrukcia, renovácia, modernizácia), kedy je nutné opätovne prehodnotiť vplyv závažnosti poruchového stavu.



Obr. 5 Štruktúra hydraulickej jednotky

Následky (Effects)	Z	C (C)	Poruchový stav (Failure mode)	Príčiny (Cause)	Preventívne opatrenie (Preventive action)	V	Opatrenie detekcie (Detection action)	D	RPN	O/T
[EXTRUDE HONE TEM P-350] 1.a.2 Ohrozenie vnútorných komponentov zariadenia. {1}	10		[Hydraulická jednotka] 1.6.a.2 Nebol generovaný požadovaný minimálny hydraulický tlak (< 10 bar) - chvenie hydraulikkej jednotky. {1}	[Akumulátor] 1.6.6.a.2 Nedostatočný tlak dusíka v akumulátore (< 200 bar). {1}	Stav opatrení - počátek: 16. 3. 2018					
					Žiadne. {1}	4	Žiadne. {1}	10	400	
					Stav opatrení: 17. 3. 2018					
[EXTRUDE HONE TEM P-350] >> 1.a.1 Zastavenie procesu tepelného odhľovania obrobkov. {1}	10				Doplňovanie dusíka v akumulátore - každé 3 mesiace. {1}	2	Žiadne. {1}	10	(200)	neupraveno

Obr. 6 Návrh preventívneho opatrenia (zníženie RPN 50%)

Následky (Effects)	Z	C (C)	Poruchový stav (Failure mode)	Príčiny (Cause)	Preventívne opatrenie (Preventive action)	V	Opatrenie detekcie (Detection action)	D	RPN	O/T
[EXTRUDE HONE TEM P-350] 1.a.2 Ohrozenie vnútorných komponentov zariadenia. {1}	10		[Hydraulická jednotka] 1.6.a.2 Nebol generovaný požadovaný minimálny hydraulický tlak (< 10 bar) - chvenie hydraulikkej jednotky. {1}	[Akumulátor] 1.6.6.a.2 Nedostatočný tlak dusíka v akumulátore (< 200 bar). {1}	Stav opatrení - počátek: 16. 3. 2018					
					Žiadne. {1}	4	Žiadne. {1}	10	400	
					Stav opatrení: 17. 3. 2018					
[EXTRUDE HONE TEM P-350] >> 1.a.1 Zastavenie procesu tepelného odhľovania obrobkov. {1}	10				Žiadne. {1}	4	Inštalácia snímača tlaku dusíka v akumulátore s kontinuálnym zobrazovaním údajov na ovládacom paneli. {1}	2	(80)	neupraveno

Obr. 7 Návrh prediktívneho opatrenia (zníženie RPN 80%)

Následky (Effects)	Z	C (C)	Poruchový stav (Failure mode)	Príčiny (Cause)	Preventívne opatrenie (Preventive action)	V	Opatrenie detekcie (Detection action)	D	RPN	O/T
[EXTRUDE HONE TEM P-350] 1.a.2 Ohrozenie vnútorných komponentov zariadenia. {1}	10		[Hydraulická jednotka] 1.6.a.2 Nebol generovaný požadovaný minimálny hydraulický tlak (< 10 bar) - chvenie hydraulikkej jednotky. {1}	[Akumulátor] 1.6.6.a.2 Nedostatočný tlak dusíka v akumulátore (< 200 bar). {1}	Stav opatrení - počátek: 16. 3. 2018					
					Žiadne. {1}	4	Žiadne. {1}	10	400	
					Stav opatrení: 17. 3. 2018					
[EXTRUDE HONE TEM P-350] >> 1.a.1 Zastavenie procesu tepelného odhľovania obrobkov. {1}	10				Žiadne. {1}	4	Inštalácia snímača tlaku dusíka v akumulátore s kontinuálnym zobrazovaním údajov na ovládacom paneli. {1}	2	(80)	neupraveno
					Stav opatrení: 17. 3. 2018					
					Doplňovanie dusíka v akumulátore - každé 3 mesiace. {1}	2	Žiadne. {1}	10	(200)	neupraveno
					Stav opatrení: 17. 3. 2018					
					Doplňovanie dusíka v akumulátore - každé 3 mesiace. {1}	2	Inštalácia snímača tlaku dusíka v akumulátore s kontinuálnym zobrazovaním údajov na ovládacom paneli. {1}	2	(40)	neupraveno

Obr. 8 Návrh preventívneho a prediktívneho opatrenia (zníženie RPN 90%)

Hlavnou úlohou návrhu opatrení bolo zníženie miery kritickosti všetkých poruchových stavov pod hodnotu 100. Najčastejším prípadom úpravy údržby zariadenia boli:

- **úprava intervalov kontroly** – skrátenie intervalov vzhľadom na technický vek zariadenia a opotrebenie jeho komponentov,
- **pravidelná výmena vytypovaných prvkov zariadenia** – častejšie intervaly zvyšujú náklady na údržbu, avšak zabezpečujú jeho plnú funkčnosť a znižujú mieru poruchovosti,
- **aktivity autonómnej údržby zariadenia** – obsluhujúci personál bol informovaný o doplnených aktivitách, ktoré prispievajú k včasnému odhaľovaniu nedostatkov zariadenia,
- **modifikácia zariadenia** – inštalácia snímačov a dodatočným kontroliek signalizácia funkčnosti zariadenia a jeho prvkov.

6 ZHODNOTENIE

Hlavnou úlohou analýzy FMECA bolo definovanie najkritickejších poruchových stavov zariadenia, a návrh vhodných opatrení, ktoré by zabránili vzniku týchto poruchových stavov. Implementáciou úprav jednotlivých systémov údržby, možno reálne znížiť mieru poruchovosti zariadenia, avšak treba brať do úvahy skutočnosť, že s narastajúcim vekom zariadenia, sa bude zvyšovať aj jeho opotrebenie, a teda celková spoľahlivosť bude neustále klesať. V tomto prípade analýza FMECA rovnako slúži aj ako podklad pre definovanie požiadavky na výmenu zariadenia za jeho novšiu a výkonnejšiu alternatívu.

Analýza FMECA rovnako predstavuje veľmi efektívny nástroj na školenie pracovníkov údržby z pohľadu funkčnosti zariadenia a jeho komponentov, ako aj z hľadiska vzťahov medzi jednotlivými poruchovými stavmi zariadenia. Pokiaľ sa dodrží základný princíp analýzy FMECA, a analýza bude aj naďalej priebežne aktualizovaná, dokáže reálne urýchliť proces odstraňovania následkov poruchových stavov zariadenia, aj vytypovania vhodných náhradných dielov.

7 POĎAKOVANIE

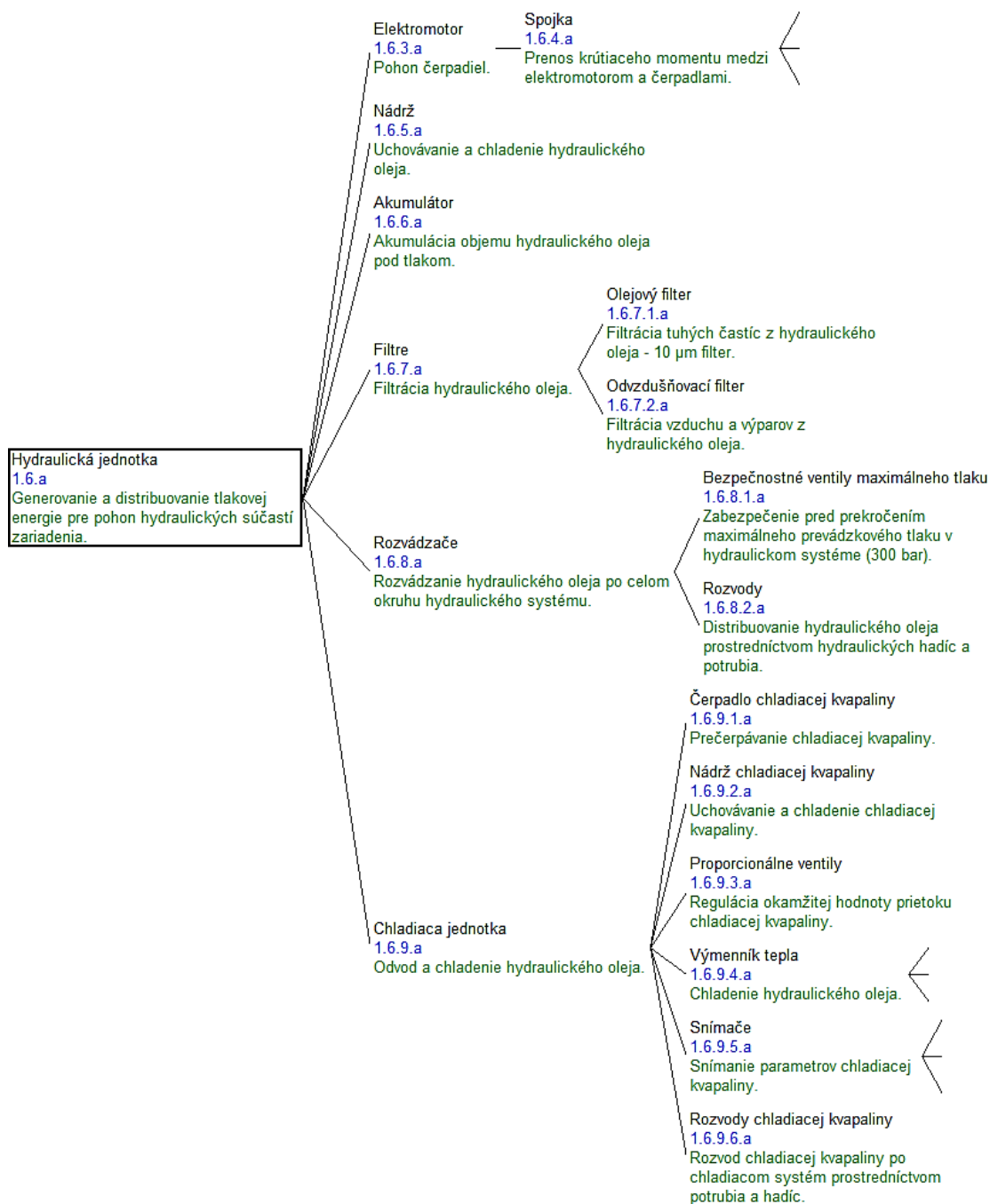
Chcel by som sa poďakovať bývalému Oddeleniu údržby na Katedre dopravnej a manipulačnej techniky Strojníckej fakulty Žilinskej univerzity v Žiline, a špeciálne Ing. Jane Gallikovej, PhD. za jej cenné pripomienky, rady a odborné vedenie počas spracovávania diplomovej práce. Taktiež by som sa chcel poďakovať môjmu súčasnému kolegovi a konzultantovi práce Ing. Františkovi Rumanovi, PhD. za jeho trpezlivosť, odbornú výpomoc a poskytnuté údaje, ďalej by som sa chcel poďakovať svojim kolegom z oddelenia údržby zo spoločnosti TDK-Slovakia, s.r.o. Ing. Jozefovi Čepákovi, Michalovi Kubišovi a Ľubomírovi Balušíkovi za ich odborné pripomienky a pomoc pri spracovávaní analýzy FMECA. A vďaka patrí aj celej spoločnosti Danfoss Power Solutions, a.s. v Považskej Bystrici za poskytnutie príležitosti spracovať diplomovú prácu pre ich interné potreby, a taktiež za príležitosť pracovať pre spoločnosť ako technik údržby.

LITERATÚRA

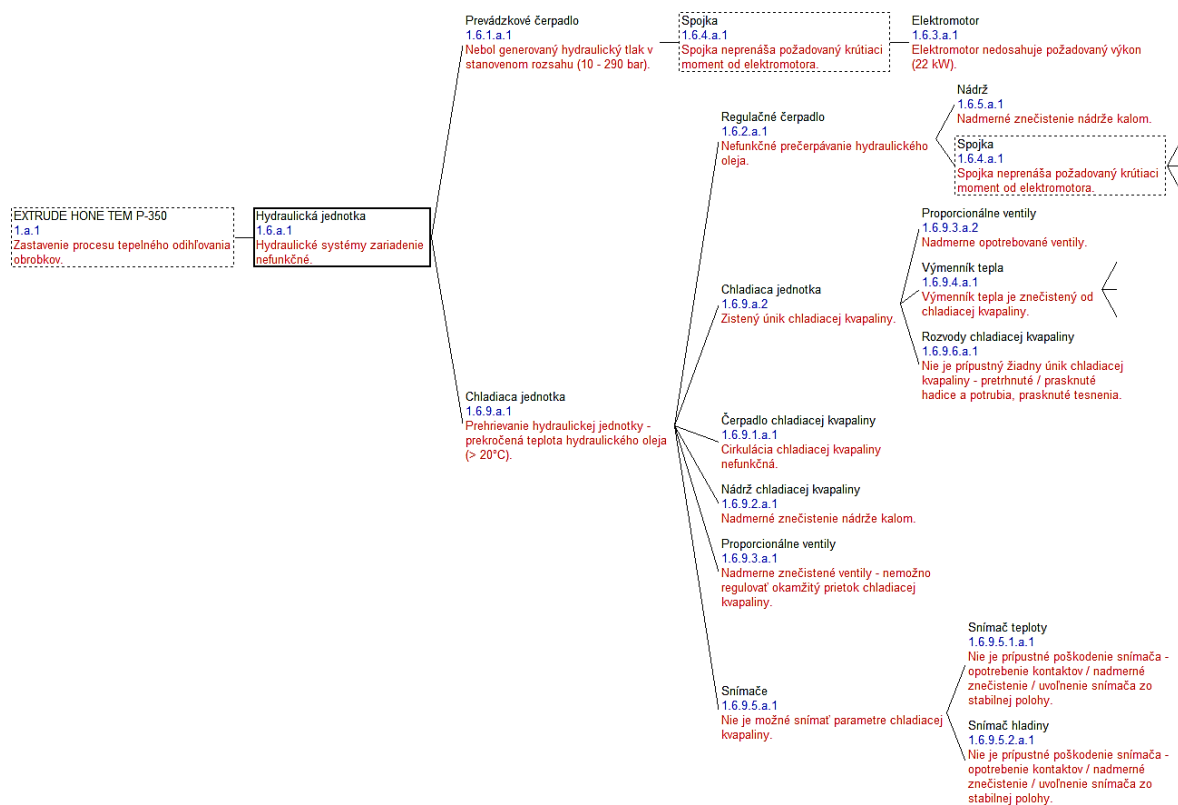
- [1] Interné podklady spoločnosti Danfoss Power Solutions, a.s.
- [2] Interné podklady spoločnosti TDK-Slovakia, s.r.o.
- [3] Grenčík J. et al.: Manažérstvo údržby – Synergia teórie a praxe, BEKI design, s.r.o. (2013), Košice
- [4] Rakyta M., Biňasová V., TPM – Total Productive Maintenance, EDIS-vydavateľské centrum ŽU (2016), Žilina, SK
- [5] Stuchlý V., Poprocký R., Údržba strojov a zariadení, EDIS-vydavateľské centrum ŽU (2014), Žilina,

Ing. Matej Barlok
Maintenance Technician
Manufacturing Technology Development
Hydrostatic Division
Danfoss Power Solutions a.s., Považská Bystrica

PRÍLOHA



Obr. 9 Funkčná sieť hydraulickej jednotky



Obr. 10 Poruchová sieť hydraulickéj jednotky