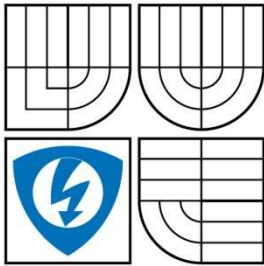


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC TECHNOLOGY

# INOVACE TECHNICKÉHO SYSTÉMU S PATENTOVOU REŠERŠÍ

SYSTEM ENGINEERING INNOVATION WITH PATENT SEARCH

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. PAVEL MRKVAN

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. BOHUSLAV BUŠOV, CSc.

BRNO 2009

Místo tohoto listu se vloží zadání.

Místo tohoto listu se vloží licenční smlouva

Místo tohoto listu se vloží licenční smlouva

## ABSTRAKT

Předkládaná diplomová práce se zabývá problematikou inovace technického systému pomocí metodiky TRIZ. Tato metodika využívá algoritmický přístup k řešení problému a rozděluje inovační proces na dvě části, analytickou a syntetickou část. Analytická část je složena z kroků, které pomáhají nalézt problém a jeho podstatu. Následující syntetická část pak nabízí postupy k jejich řešení. Základním zaměřením práce je využití kroků a postupů, obsažených v analytické a syntetické části metodiky TRIZ k inovování konkrétního technického systému.

## KLÍČOVÁ SLOVA

TRIZ, metodika, inovace, technický systém, analýza, syntéza, hodnota.

## ABSTRACT

The diploma thesis deals with engineering system innovation using TRIZ methodology. This methodology uses algorithmic approach to problem solving and divides innovation into two parts, the analytic and synthetic part. The analytical part consists of steps to help find the problem and its essence. The synthetic part of the offering procedures to deal with them. The general aim is the utilization of steps and procedures contained in the analysis and synthesis part of the TRIZ methodology to a specific engineering system innovation.

## KEYWORDS

TRIZ, methodology, innovation, engineering systém, analysis, synthesis, value.

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE DÍLA

MRKVAN, P. *Inovace technického systému s patentovou rešerší*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 56 s.  
Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Bohuslav Bušov, CSc.

## PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI DÍLA

Prohlašuji, že jsem tuto vysokoškolskou kvalifikační práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce, s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 29. 5. 2009

.....

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Bohuslavu Bušovi, CSc. za metodické a cíleně orientované vedení při plnění úkolů realizovaných v návaznosti na diplomovou práci.

# Obsah

<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>2 KROKY A POSTUPY V METODICE TRIZ</b> .....	<b>10</b>
2.1 PŘÍPRAVNÁ A INFORMAČNÍ ETAPA.....	10
2.2 ANALYTICKÁ METODA FNA .....	10
2.2.1 Analýza komponent objektu .....	10
2.2.2 Analýza technického systému .....	11
2.2.3 Analýza funkcí a parametrů funkcí .....	12
2.2.4 Svinování .....	15
2.2.5 Rozvíjení funkcí objektu .....	16
2.3 SYNTETICKÁ METODA ARIZ .....	17
2.3.1 Rozpory.....	17
2.3.2 Ideální řešení, zdroje a efekty .....	17
2.3.3 Řešení technického rozporu.....	18
2.3.4 Řešení fyzikálního rozporu.....	19
2.3.5 Model konfliktu a vhodný model řešení .....	20
2.4 SOFTWAREVÁ PODPORA TRIZ - INVENTION MACHINE GOLDFIRE .....	23
2.4.1 Modul Tools - Device Analysis (Analýza výrobku).....	24
<b>3 DOKONČENÍ ELEKTRONICKÉ PODPORY VÝUKY TRIZ</b> .....	<b>26</b>
3.1 TUTOR .....	26
3.2 PROGRAM CHM EDITOR .....	27
<b>4 INOVACE ODSTŘEDIVÉHO ČERPADLA ANALÝZA (FNA)</b> .....	<b>29</b>
4.1 ZÁKLADNÍ MODEL ODSTŘEDIVÉHO ČERPADLA POČÁTEČNÍ SITUACE .....	29
4.2 MODEL KOMPONENT SYSTÉMU ČERPADLA .....	30
4.3 MODEL FUNKCÍ ČERPADLA .....	31
4.4 SVINOVÁNÍ PRVKŮ ČERPADLA.....	32
4.4.1 Svinutí spojky a hřídele motoru .....	33
4.4.2 Svinutí ucpávky .....	34
4.4.3 Svinutí maziva ložiska oběžného kola.....	36
<b>5 INOVACE ODSTŘEDIVÉHO ČERPADLA SYNTÉZA (ARIZ)</b> .....	<b>37</b>
5.1 SOUPIS ZADÁNÍ.....	37
5.2 ŘEŠENÍ PROBLÉMU TĚSNOSTI TECHNICKÉHO SYSTÉMU ČERPADLA.....	37
5.2.1 Fyzikální rozpor.....	37
5.2.2 Překonání fyzikálního rozporu .....	38
5.3 ŘEŠENÍ PROBLÉMŮ SPOJENÝCH S MAZIVEM.....	39
5.3.1 Technický rozpor .....	39
5.3.2 Heuristiky .....	39
5.3.3 Model konfliktu .....	39
5.3.4 Model řešení .....	40
5.3.5 Nalezené řešení pro problém s mazivem .....	41
5.4 ŘEŠENÍ PROBLÉMU VELKÝCH ROZMĚRŮ SYSTÉMU ČERPADLA.....	44
5.4.1 Nalezené řešení pro problém velkých rozměrů systému čerpadla .....	45
5.5 CELKOVÉ ZHODNOCENÍ INOVACE ODSTŘEDIVÉHO ČERPADLA .....	47
5.5.1 Seznam realizovaných změn .....	47

5.6	PŘÍNOS METODIKY TRIZ A JEJÍ SOFTWAREVÉ PODPORY PRO VZDĚLÁNÍ A PRAXI INŽENÝRA.....	49
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>51</b>
	<b>LITERATURA .....</b>	<b>52</b>

# 1 Úvod

Tvorba a řešení inovačních zadání (TRIZ) je metodika, která obsahuje analytické a řešitelské kroky používané k inovování technických systémů a procesů. Tuto metodiku založil v roce 1946 ruský inženýr a vědec Genrikh Altshuller, který studiem tisíce patentů a následným sledováním a zaznamenáváním určitých vzorů zjistil, že vývoj technických systémů není náhodný proces, ale naopak je řízen jistými objektivními pravidly, jenž mohou být následně vědomě použita při vývoji dalšího systému.

Metodika TRIZ využívá algoritmický přístup k řešení problému, který je složen ze dvou hlavních vzájemně se doplňujících metod<sup>1</sup>. Těmito metodami je možné popsat nejasný problém, formulovat inovační úlohu, navrhnout možná požadovaná řešení a následně tato řešení porovnat s již existujícími technickými řešeními (patenty). Díky své systematickosti, univerzálnosti a efektivnosti v nalézání požadovaných řešení je TRIZ používán ve více jak 500. společnostech<sup>2</sup> po celém světě.

---

<sup>1</sup> FNA – Funkčně Nákladová Analýza a ARIZ – Algoritmus řešení invenčních zadání

<sup>2</sup> Např. Boeing, GM, Intel, BAE Systems, BMW, Ford, Samsung, Motorola, Rockwell International, Exxon, atd..

## 2 Kroky a postupy v metodice TRIZ

Hlavním cílem metodiky TRIZ je nalézt taková řešení technického problému, která pomohou zdokonalit (inovovat) stávající objekt a zvýšit tak jeho hodnotu. Hodnota inovovaného objektu musí být vždy vyšší než hodnota objektu před inovací, protože pokud tomu tak není, je celé inovační úsilí zbytečné. Celkovou hodnotu posuzujeme podle vzorce:

$$H = \frac{\Sigma F}{(\Sigma N + \Sigma P)} \quad (1)$$

kde:

H – hodnota; F – funkce; N – náklady; P – problémy.

Ze vzorce je patrné, že hodnota bude růst se zvyšující se hodnotou funkce objektu nebo se snižujícími se náklady a problémy.

### 2.1 Přípravná a informační etapa

Přípravná a informační etapa předchází vlastní analytické a syntetické etapě. V těchto etapách se vybírají vhodné objekty k inovaci, lidé, kteří budou na projektu pracovat, cíle inovace a potřebné informace o objektu inovace.

### 2.2 Analytická metoda FNA

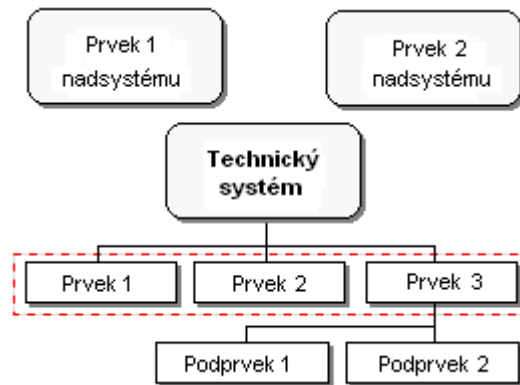
Funkčně nákladová analýza (FNA) zjišťuje odpovědi na otázky "CO" a "PROČ" má být ve sledovaném objektu inovováno. Na základě odpovědí na tyto otázky by pak měla být zformulována správná inovační zadání, která jsou základem pro následující metodu ARIZ.

#### 2.2.1 Analýza komponent objektu

Při analýze komponent si objekt (proces) představujeme jako *technický systém*, což je sestava prvků, která musí:

1. Mít alespoň jeden prvek umělí.
2. Plnit funkci uspokojující potřebu člověka.
3. Mít alespoň jednu systémovou vlastnost, tedy vlastnost nad rámec prostého součtu jednotlivých vlastností. [1]

Tyto prvky poté převedeme do modelu komponent, který je znázorněn na **Obr. 2-1 Model komponent**. Model komponent lze sestavit pro každý technický systém. Model je silně hierarchický a je z něj patrné, že technický systém je součástí nadsystému (okolí) a jeho jednotlivé prvky a části prvků jsou podsystémem. Jeho funkcí je vyjasnit složení objektu a usnadnit tak další postup analýzy.



**Obr. 2-1** Model komponent technického systému

Pro sestavení modelu komponent je nutné získat znalosti o dané problematice, například od expertů na danou problematiku, z publikací, z patentů, z technické dokumentace atd. Při samotném sestavování modelu, je vhodné respektovat následující pravidla:

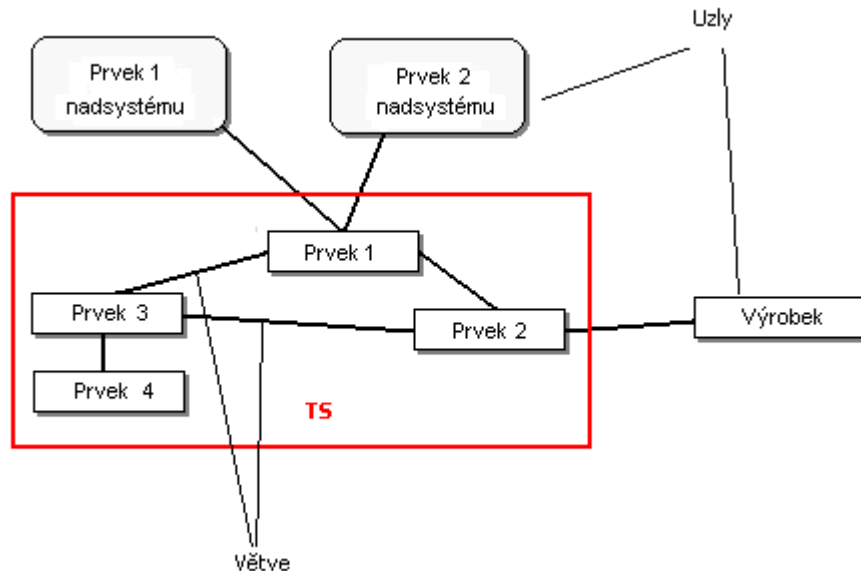
1. Analyzovat technický systém, v konkrétních podmínkách a v konkrétním čase.
2. Model komponent sestavovat jen pro dvě hierarchické úrovně a to pro nadsystém a podsystém analyzovaného systému
3. Do modelu komponent zahrnout pouze ty prvky nadsystému, se kterými objekt interaguje.
4. Při zkoumání důležitého podsystému zahrneme do modelu komponent i prvky další (třetí) úrovně. [1], [2]

Na konci každé analýzy komponent bychom měli vypsát zjištěné nežádoucí efekty. Zdrojem informací pro tento soupis jsou znalosti expertů, výsledky experimentů atd.

## 2.2.2 Analýza technického systému

Technický systém se skládá z prvků a komponent, které na sebe vzájemně působí. Některé prvky z technického systému zároveň působí na prvky v nadsystému a obráceně. Analýza struktury technického systému tedy zkoumá a studuje jednotlivá působení a vazby mezi prvky a zároveň zkoumá působení technického systému na výrobek (výrobek není součástí technického systému).

Při analýze struktury technického systému se snažíme nalézt užitečná a nežádoucí působení mezi jednotlivými prvky v systému a nadsystému. S tímto nám pomáhá model struktury (neorientovaný graf), ve kterém jsou vyznačena jednotlivá působení mezi prvky.



**Obr. 2-2** Model struktury technického systému

Na konci této analýzy doplňujeme soupis nežádoucích efektů a na jejich základě formulujeme požadovaná zadání.

### 2.2.3 Analýza funkcí a parametrů funkcí

Analýzou funkcí zjišťujeme:

- Účel vzniku a existence objektu i jeho vnitřních prvků.
- Míru plnění funkcí v podstatných parametrech.
- Druhy funkcí.

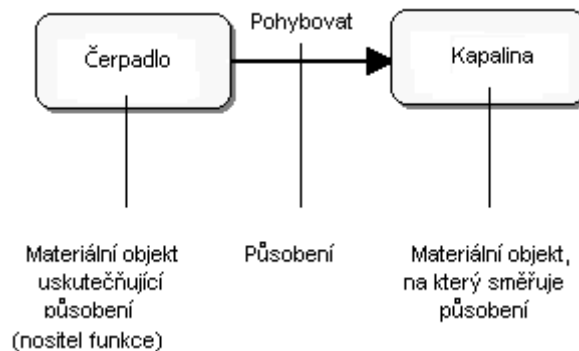
Funkci si můžeme definovat, jako vlastnost materiálního objektu působit změny parametrů anebo zachovávat parametry na jiném materiálním objektu. Pokud chceme správně zformulovat funkci, musíme dodržovat následující pravidla:

- Nositelem i objektem působení funkce jsou materiální objekty.
- Působení vystihujeme slovesem, nejlépe v infinitivu.
- Nepoužívat “schůzovní” slovesa (zajistit, zlepšit, zabránit, atp.).
- Příznakem výskytu funkce (a tím i existence nějakého materiálního nositele) je změna nebo zachování byť jen jednoho parametru na objektu. [2]

Po zjištění všech funkcí v technickém systému můžeme sestavit model funkcí, což je vlastně model struktury doplněný o názvy a směrnost funkcí. Funkce v tomto modelu rozlišujeme podle:

1. Významnosti
2. Užitečnosti
3. Podle stupně plnění v parametrech

Příklad správně zformulované funkce čerpadla:



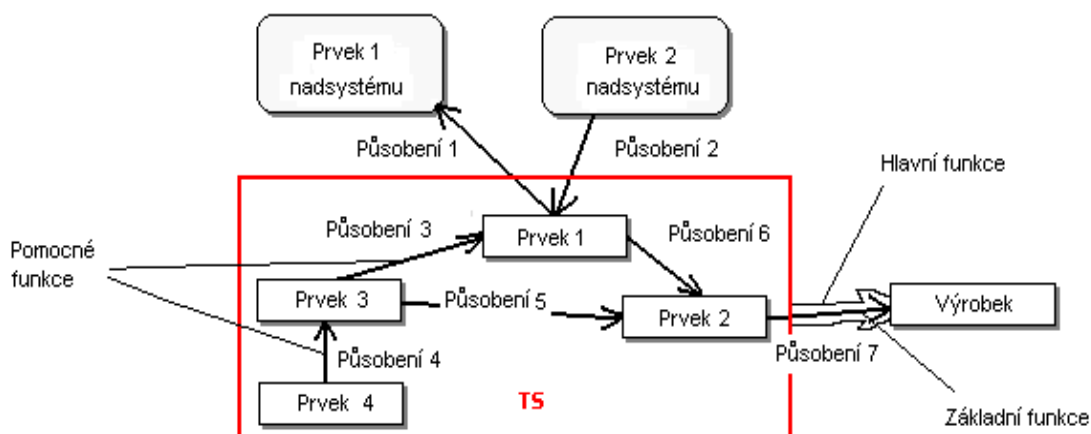
**Obr. 2-3** Struktura funkce čerpadla

### 1) Rozlišení podle významnosti funkcí

Významnost jednotlivých funkcí v modelu (viz **Obr. 2-4**) závisí na významnosti nositelů těchto funkcí. Funkce podle významnosti dělíme takto:

1. *Hlavní (H)* - vystihuje hlavní účel existence nositele funkce. Můžeme jí určit jak pro celý systém, tak pro každý prvek zvlášť.
2. *Základní (Z)* - zakládá uskutečnění hlavní funkce.
3. *Pomocná (P', P'', P''')* - pomáhá plnit základní funkci. Platí pro ni, že čím dále jsou prvky od výrobku, tím je jejich funkce méně významná. [2]

V mnoha modelech funkcí se setkáme s tím, že několik prvků má stejně formulovanou svou hlavní funkci. V těchto případech je doporučeno tyto prvky sloučit do jednoho funkčního uzlu a následně upravit (zjednodušit) model komponent a funkcí.



**Obr. 2-4** Model funkcí technického systému

## 2) Rozlišení podle užitečnosti funkcí

Ne všechny funkce v technickém systému vytvářejí požadované efekty a připívají k hlavní funkci technického systému. A proto rozlišujeme funkce na:

- Užitečné* – vytvářejí požadovaný efekt, tedy působí pozitivně na plnění hlavní funkce prvků či celého technického systému.
- Škodlivé* – vytvářejí nežádoucí efekt, tedy působí negativně (proti) hlavním funkcím prvků či celého technického systému.

## 3) Rozlišení podle stupně plnění v parametru

Každá funkce má jeden či více parametrů. Těmto parametrům je možné přiřadit hodnotu, a na základě ní určit, efektivnost či stupeň plnění dané funkce.

Vždy se snažíme dosáhnout toho, aby se faktická hodnota parametru rovnala požadované. Zda tomu tak je zjistíme vzájemným porovnáním těchto parametrů a určením stupně plnění dané funkce. Stupeň plnění funkce rozlišujeme na:

- Normální – není zde žádný problém, který je třeba řešit.
- Nedostatečné – je zde problém, který je potřeba řešit (nedostatek energie či materiálu)
- Nadbytečné – je zde problém, který je potřeba řešit (plýtvání energiemi či materiálem)

Na základě analýzy funkcí a jejich parametrů můžeme sepsat další zadání týkajících se likvace příčin škodlivých působení funkcí, likvidace následků působení škodlivých funkcí,

oslabení funkcí se zbytečným stupněm plnění, posílení funkcí s nedostatečným stupněm plnění, atd.

## 2.2.4 Svinování

Hlavním účelem svinování je přiblížit zlepšovaný objekt (technický systém) ideálnímu. Pod pojmem ideální objekt si můžeme představit objekt, který neexistuje, ale přesto plní své funkce. Chceme-li určit hodnotu ideálnosti našeho objektu, řídíme se podle vzorce (1), kterým určujeme hodnotu objektu, proto  $H = I$ . Ideálnost tedy zvýšíme tak, že snížíme počet prvků v objektu a přitom zachováme jeho užitečné funkce.

Samotný proces svinování struktury technického systému je proces, při kterém přenášíme funkci z jednoho prvku na druhý, tím snižujeme počet prvků, a to v konečném důsledku znamená snížení nákladů a problémovosti prvků (zvýšení ideálnosti technického systému). Při svinování proto hledáme odpovědi na toto zadání: Jak působit na objekt bez původního nositele funkce?

Při samotném svinování struktury technického systému je potřeba se řídit následujícími podmínkami.

Prvek lze odstranit z technického systému, jestliže:

- a) neexistuje objekt funkce odstraňovaného prvku (subjektu);
- b) objekt sám vůči sobě plní funkci odstraňovaného prvku;
- c) zbývající prvky technického systému nebo nadsystému plní funkci odstraňovaného prvku;
- d) nový prvek bude plnit funkci odstraňovaného prvku. [2]

Následně je doporučeno respektovat tato pravidla:

1. Začínat proceduru “svinování” od prvků:
  - produkujících těžko odstranitelné problémy (nežádoucí efekty),
  - málo funkčně významných, tj. od nositelů funkcí nejnižšího řádu,
  - nejméně hodnotných (dle zjištěného podílu funkce/náklady).
2. Nejprve uplatňovat podmínku radikálního svinování - a), teprve když podle této podmínky stanovená zadání nelze řešit, používat pravidla - b), c), d).
3. Pravidlo a) nepoužívat, pokud objektem funkce je výrobek, to jest, když odstraňovaný prvek (subjekt, nositel funkce) plní základní funkci. Nerespektování pravidla vede ke změně principu plnění hlavní funkce technického systému!

4. Když odstraňovaný prvek-subjekt uskutečňuje několik funkcí a na různé objekty, pak na každý objekt lze uplatnit stejnou anebo také jinou podmínku svinování (a, b, c, d). [2]

Po dokončení kroku svinování doplníme soupis našich inovačních zadání o nové, snížíme soupis nežádoucích efektů a doplníme soupis návrhů na zdokonalení objektu.

### 2.2.5 Rozvíjení funkcí objektu

Rozvíjení funkcí objektu znamená přidávání doplňkových funkcí (F2) do technického systému za účelem snížení doplňkových nákladů (N2) vznikajících spotřebiteli při jeho užívání.

Při rozvíjení vycházíme z tohoto vzorce:

$$H = I = \frac{\sum F1 + \sum F2}{\sum N1 + \sum N2} \quad (2)$$

Kde:

F1 – Hlavní funkce technického systému, F2 – Doplňková funkce plněná technickým systémem, N1 – Výrobní náklady, N2 – Doplňkové náklady spotřebitele.

Ze vzorce (2) je patrné, že ideálnost objektu bude růst pouze tehdy, pokud součet funkcí v čitateli bude růst rychleji než součet nákladů ve jmenovateli. Pokud tedy chceme dosáhnout co nejvyšší konkurenceschopnosti, musíme zvýšit počet doplňkových funkcí a snížit výrobní náklady (prodejní cena).

Předtím, než začneme zavádět doplňkové funkce (F2) musíme prozkoumat všechny náklady uživatele<sup>3</sup> (N2). Poté lze zformulovat doplňkové funkce, které by technický systém mohl vykonávat sám<sup>4</sup>. Při zavádění doplňkových funkcí (F2) se ovšem nesmí výrazně zvyšovat náklady (N1).

### Typy doplňkových funkcí technického systému

Typy doplňkových funkcí se rozlišují podle typů nákladů vznikajících spotřebiteli při jejich užívání.

---

<sup>3</sup> Náklady pro uživatele jsou: vynaložený čas, úsilí vynaložené při manipulaci s výrobkem, aj.

<sup>4</sup> Technický systém převezme náklady, které vznikají spotřebiteli na sebe.

Existují 4 druhy nákladů, z nichž mohou být zformulovány doplňkové funkce:

1. Náklady na doplňkové obrábění výrobku.
2. Náklady na užívání/provozování technického systému.
3. Náklady na zajištění bezpečnost technického systému.
4. Náklady na soulad technického systému s požadavky nadsystému.

Na základě těchto nákladů jsou formulovány doplňkové funkce, které jsou při zavádění do technického systému plněny s různým stupněm úplnosti (např. částečné plnění funkce technického systému aj.)

V závěru tohoto kroku rozšíříme soupis zadání na zavedení doplňkových funkcí s různým stupněm plnění a soupis návrhů na zdokonalení technického systému.

## 2.3 Syntetická metoda ARIZ

Metoda ARIZ pomáhá nalézt odpovědi na otázku: "JAK" řešit nejobtížnější zadání stanovená metodou FNA. Abychom tato řešení získali, je potřeba zadání přeformulovat do podoby typových invenčních úloh, které je možné dále řešit pomocí příslušných řešitelských nástrojů. Typové úlohy je nutné pro každou řešitelskou metodu zformulovat jinak.

### 2.3.1 Rozpory

V tomto případě se typové úlohy zformulují do podoby rozporů. Díky takto formulované úloze jsme schopni lépe vystihnout podstatu problému.

Existují tři druhy rozporů:

- *Administrativní rozpor* - je rozpor mezi potřebou dosáhnout cíle a neznalostí řešitelského postupu.
- *Technický rozpor* - je rozpor mezi potřebným výsledkem a známým způsobem jeho dosažení, který ovšem generuje vedlejší nežádoucí efekty.
- *Fyzikální rozpor* - je rozpor mezi požadavky (fyzikální, existenciální) kladenými na stav jedné části technického systému. [1]

### 2.3.2 Ideální řešení, zdroje a efekty

Při každém řešení problému se snažíme přiblížit ideálnímu řešení. To je takové řešení, při kterém se v technickém systému nic nezmění a nežádoucí efekt zmizí sám. Samotné

ideální řešení je ovšem nedosažitelné a jeho hlavním přínosem je ukázat správný směr, při hledání reálných řešení.

Naproti tomu reálná řešení jsou založena na materiálních *zdrojích*, tedy na disponibilních materiálních látkách a energiích existujících v systému a nadsystému, které lze využít pro dosažení řešení.

Zdroje lze rozdělit podle:

- a) Původu – systémové a nadsystémové.
- b) Druhu – energetické a látkové.
- c) Přípravenosti k použití – k okamžitému použití a zdroje, které je nutné upravit.

Při reálném řešení se snažíme najít nejsilnější zdroj v systému, který by mohl být využit k posílení požadovaného efektu a zároveň k oslabení nežádoucího efektu. Čím více dokážeme čerpat a přetvářet vnitřní zdroje látek a polí technického systému, tím více se blížíme našemu ideálnímu řešení.

Další ideální řešení můžeme hledat za pomoci jevů a efektů známých a popsaných v přírodních vědách. Kde si efekt můžeme představit jako: „následek podmíněného působení příčin“ [2]. Při hledání potřebného efektu je dobré sestavit jeho portrét a to tak, že zformulujeme potřebnou funkci, zbilancujeme druh a množství zdrojů v technickém systému nebo nadsystému a poté zformulujeme inovační úlohu do podoby poptávky po efektu.

### **2.3.3 Řešení technického rozporu**

Řešení technického rozporu je dosaženo tehdy, pokud je technický systém přetvořen tak, že požadovaný efekt zůstává zachován a nežádoucí efekt je eliminován nebo úplně odstraněn. Tohoto řešení (přetvoření) je možné dosáhnout pomocí takzvaných heuristických principů.

Heuristických principů je dohromady 40, jsou to vlastně silná řešení, vybraná na základě studia tisíce patentů. Heuristiky jsou tedy doporučení, která nás mohou inspirovat k nalezení vhodného řešení technického rozporu. Studium všech principů je, ale velmi časově náročné, protože ne každý princip je vhodný k našemu řešení. Proto byla sestrojena tabulka pro překonávání technických rozporů, která ulehčuje nalezení toho správného principu.

Tabulka je složená z 39 sloupců a 39 řádků. V řádcích se nalézají parametry, které je potřeba změnit (požadovaný efekt) a ve sloupcích jsou parametry, které se zhoršují

(nežádoucí efekt) při provedení změny. V průsečíku zhoršujícího se a zlepšujícího se parametru jsou čísla doporučených heuristik pro daný technický rozpor (viz Obr. 2-5). Může se, ale stát, že žádná z doporučených heuristik nám nevyhovuje. V tomto případě je vhodné prostudovat si všech 40 heuristik a mezi nimi nalézt takovou, která se nejvíce hodí k řešení našeho rozporu. Pokud by ani toto nevedlo k nalezení řešení, je možné úlohu přeformulovat na fyzikální rozpor a pokusit se nalézt řešení pomocí separačních postupů.

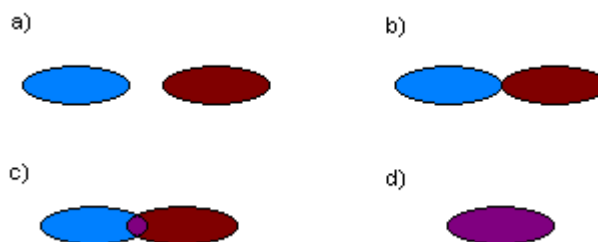
CO JE NUTNO ZMĚNIT	CO SE NEPŘÍPUSTNĚ ZHORŠUJE ?					
	1	2	3	4	5	6
1 HMOTNOST POHYBLIVÉHO OBJEKTU	-	-	15,8 29,34	-	29,17 38,34	-
2 HMOTNOST NEPOHYBLIVÉHO OBJEKTU	-	-	-	10,1 29,35	-	35,30 13,2
3 DÉLKA POHYBLIVÉHO OBJEKTU	8,15 29,34	-	-	-	15,17 4	-
4 DÉLKA NEPOHYBLIVÉHO OBJEKTU	-	35,28 40,29	-	-	-	17,7 10,40
5 PLOCHA POHYBLIVÉHO OBJEKTU	2,17 29,4	-	14,15 18,4	-	-	-
6 PLOCHA NEPOHYBLIVÉHO OBJEKTU	-	30,2 14,18	-	26,7 9,39	-	-
7 OBJEM POHYBLIVÉHO OBJEKTU	2,26 29,40	-	1,7 35,4	-	1,7 4,17	-
8 OBJEM NEPOHYBLIVÉHO OBJEKTU	-	35,10 19,14	19,14	35,8 2,14	-	-

Obr. 2-5 Část tabulky pro překonávání technických rozporů

### 2.3.4 Řešení fyzikálního rozporu

Fyzikální rozpor vychází z technického rozporu (je to příčina technického rozporu). Používá se v případech, kdy heuristické principy nepomáhají řešit technický rozpor. Při řešení fyzikálního rozporu postupujeme takto:

1. Zformulujeme technický rozpor, tedy co se má zlepšit (požadovaný efekt), jakým způsobem toho dosáhneme a co navržený způsob zhorší (nežádoucí efekt).
2. Lokalizujeme *operační zóny a časy* požadovaného efektu a nežádoucího efektu (viz Obr. X). A bilancujeme *zdroje látek a polí* v technickém systému a nadsystému.



Obr. 2-6 Operační zóny a časy mohou být: a) oddělené b) v dotyku

3. Zformulujeme fyzikální rozpory. Předtím, ale určíme ideální konečný výsledek, který nám ukáže směr při hledání reálných řešení.

„Při samotném formulování fyzikálního rozporu na makroúrovni, musí zdroje zajistit stav 1 v operační zóně a v operačním čase, aby byl odstraněn nežádoucí efekt, a musí zajistit stav 2 v operační zóně a v operačním čase, aby byl zachován požadovaný efekt“ [2].

Fyzikální rozpor formulujeme pro jeden prvek a jednu jeho veličinu, která má rozdílné hodnoty (např. plastové pouzdro má být tvrdé a zároveň měkké).

Abychom se vyhnuli nesprávné formulaci fyzikálního rozporu je potřeba upřesnit fyzikální rozpor na mikroúrovni hmoty. Tedy: „Zdroje musí vytvářet mikročástice s vlastností 1 v operační zóně a v operačním čase, aby byl odstraněn nežádoucí efekt, a musí vytvářet mikročástice s vlastností 2 v operační zóně, a v operačním čase, aby byl zachován požadovaný efekt“ [2].

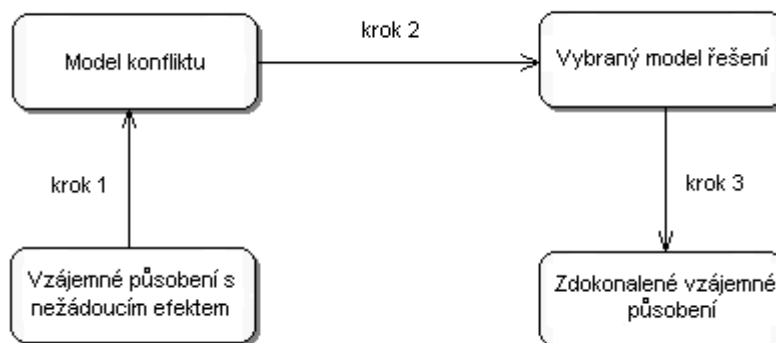
4. Překonat fyzikální rozpor můžeme za pomoci následujících separačních postupů:
  - a) Separace v čase – použijeme objekt, který má v různých časech rozporné vlastnosti.
  - b) Separace v prostoru – použijeme minimálně dva objekty s rozpornými vlastnostmi nebo pouze jeden objekt, který bude mít v různých svých částech rozporné vlastnosti.
  - c) Separace ve fázových stavech - použijeme objekt, který bude mít v závislosti na různých podmínkách rozporné vlastnosti.
  - d) Systémový přechod do podsystému či nadsystému - použijeme objekt, který bude mít na systémové úrovni jednu hodnotu parametru  $X$  a na pod nebo nadsystémové úrovni bude mít hodnotu parametru  $\bar{X}$ .

Metody a) a b) používáme v případech, kdy se operační zóny nebo časy nepřekrývají, v ostatních případech používáme zbylé postupy c) a d).

### 2.3.5 Model konfliktu a vhodný model řešení

Pro model konfliktu jsou formulovány takové úlohy, ve kterých je potřeba řešit vzájemný konflikt mezi prvky systému. Konflikt mezi prvky zde chápeme jako nedostatečné, neefektivní, nadbytečné či jinak škodlivé působení, které je nutné odstranit, nejlépe za pomoci vhodného modelu řešení.

Při řešení postupujeme podle těchto kroků:



**Obr. 2-7** Postup řešení pomocí modelové analýzy

#### *Krok 1* – formulace modelu konfliktu

V prvním kroku rozeznáváme nežádoucí konfliktní působení, stanovujeme *látky*, mezi nimiž vzniká konfliktní působení, označujeme *složku* působení, která produkuje nežádoucí efekt mezi látkami, a na závěr určujeme potřebnou *změnu* oné složky působení.

#### *Krok 2* – řešení modelu konfliktu vyhledáním vhodného modelu řešení

K nalezení řešení modelu konfliktu slouží takzvaná tabulka modelových transformací (viz **Obr. 2-8**). Kde v prvním řádku nalezneme modely konfliktů (A až F) a v prvním sloupci nalezneme doporučené modely řešení (1 až 11). Pokud je na průsečíku řádku a sloupce fajfka znamená to, že daný model konfliktu lze řešit s velkou pravděpodobností doporučeným modelem řešení.

Doporučené modely řešení lze popsat takto:

1. Doplnit model konfliktu na úplný vepol  
Neúplný model „konfliktu“ nelze řešit jinak než doplněním látky anebo pole.
2. Zaměnit jednu z látek  
Doporučuje se jednu z látek v konfliktu zaměnit jinou látkou.
3. Přejít ke komplexnímu modelu  
Doporučuje se do jedné z látek v konfliktu zavést doplněk.
4. Přejít k řetězovému modelu  
Doporučuje se jeden z prvků v konfliktu rozvinut do samostatného modelu.
5. Odvést, odpoutat  
Doporučuje se odvedení nadbytku působení k nové látce.

6. Zaměnit pole za pole efektivnější  
Doporučuje se zaměnit pole polem efektivnějším (účinnějším, vhodnějším).
7. Přejít k dvojitému vepolu  
Doporučuje se doplnit pole paralelním polem.
8. Uvedení do souladu (sladění) v čase  
Doporučuje se uvést působení do souladu (sladit) v čase, roste efektivnost.
9. Uvedení do souladu (sladění) v prostoru  
Doporučuje se působení uvést do souladu (sladit) v prostoru, roste efektivnost.
10. Uvedení do souladu (sladění) s parametrem  
Doporučuje se působení uvést do souladu s nějakým (řídícím) parametrem.
11. Segmentovat (drobit)  
Doporučovaná segmentace vede k dynamičnosti (adaptabilitě/ nastavitelnosti / přizpůsobitelnosti vůči změnám podmínek) v čase i prostoru. [2]

	Modely řešení (MR)	Modely konfliktů (MK)					
		L	L <sub>1</sub> .....L <sub>2</sub>	L <sub>1</sub> $\overset{P}{\leftrightarrow}$ L <sub>2</sub>	L <sub>1</sub> $\overset{P}{\rightleftarrows}$ L <sub>2</sub>	L <sub>1</sub> $\overset{P}{\leftrightarrow}$ L <sub>2</sub>	L <sub>1</sub> $\overset{P}{\rightleftarrows}$ L <sub>2</sub>
		A	B	C	D	E	F
1		✓					
2				✓	✓	✓	✓
3			✓	✓	✓	✓	✓
4			✓	✓	✓	✓	✓
5					✓	✓	

**Obr. 2-8** Ukázka tabulky modelových transformací

*Krok 3* – uvedení modelu řešení do reality a realizování technického řešení

V tomto kroku přecházíme od abstraktního modelu řešení k reálnému řešení. Zde použijeme tyto jednoduché algoritmy:

Algoritmy pro zavádění látek a polí

- a) Nežádoucí efekt (konflikt) v dosavadním působení.  
Co je nutno změnit/zlepšit?
- b) Působení zaváděné látky / pole?  
Jak musí zaváděná látka / pole působit, aby mohlo zlepšení nastat? Lze

zformulováno několik variant působení, jak na odstranění příčiny, tak na potlačení následků konfliktu. Proto je (opět) užitečné sestavit příčinně-následkový řetězec událostí, ve kterém se konflikt nachází.

- c) Vlastnost zaváděné látky / pole?  
Jakou vlastnost musí mít látka / pole, aby mohlo působení vzniknout?
- d) Konkrétní látka / pole?  
Jaká látka (pole) disponuje potřebnou vlastností? Přitom přednostně zkoumat využitelnost zdrojů dostupných v TS anebo v nadsystému.

Algoritmy pro úlohy, které musejí být uvedeny do souladu

- a) Podstatné parametry v reálném konfliktu.  
Označit (určit co) parametry, které jsou podstatné v řešeném konfliktu.
- b) Skutečné hodnoty a rozložení parametrů.  
Zjistit skutečnou hodnotu parametru a její rozložení v čase a v prostoru.
- c) Potřebné hodnoty a rozložení.  
Určit požadovanou hodnotu parametru a její rozložení v čase a prostoru.
- d) Srovnání.  
Srovnat skutečné a požadované hodnoty a rozložení parametrů v čase a v prostoru.
- e) Řešení.  
Na základě nesouladu (co, o kolik, kdy a kde) zformulovat úlohy na uvedení do souladu (toho co je s tím co má být) a blížít se tak k reálnému řešení. [2]

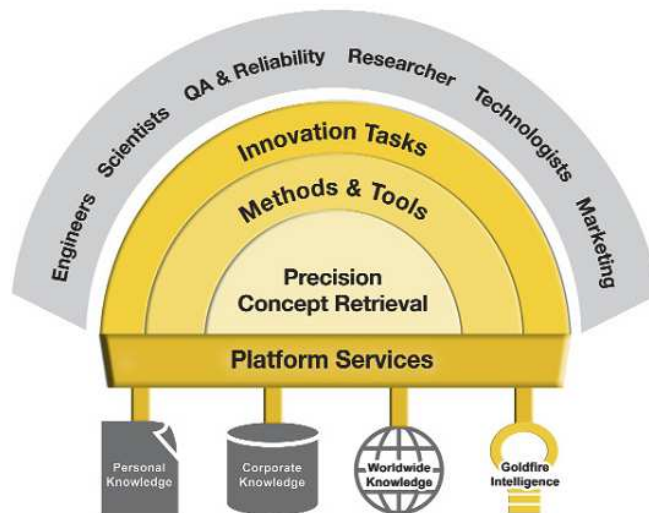
## 2.4 Softwarová podpora TRIZ - Invention Machine Goldfire

Invention Machine (IM) je unikátní software, který dokáže transformovat ideje a nápady do reálných řešení. K nalézání nových postupů a řešení, může inovátor skrz IM využít přístupu do mnoha znalostních a jiných databází po celém světě. IM dále poskytuje vlastní metody a nástroje, kterými vede řešitele tvůrčím způsobem k požadovanému cíli (viz **Obr. 2-9**).

Program Invention Machine je rozdělen podle témat do několika modulů, ze kterých si uživatel vybírá právě ten modul, který je pro řešení jeho úlohy nejvhodnější.

Moduly obsažené v programu Invention Machine:

- Develop a New Product
- Improve a System
- Analyze a Market
- Leverage Intellectual Property
- Risk Management
- Tools



Obr. 2-9 Struktura řešení úloh v programu IM [11]

Pro praktickou část inovace odstředivého čerpadla byl nejvíce využíván modul Tools přesněji jeho část Device Analysis, která bude popsána v následující kapitole.

#### 2.4.1 Modul Tools - Device Analysis (Analýza výrobku)

Device Analysis pomáhá uživateli analyzovat výrobek/systém, nalézat požadovaná řešení a tím zvyšovat celkovou hodnotu inovovaného systému. V části Device Analysis je využíván následující postup pro nalezení požadovaného řešení:

*Chcete:*

Modelovat a analyzovat funkce produktu?

*Protože:*

- chcete rozumět funkcím jednotlivých komponent a modelem zachytit jejich vztahy ve výrobku (produktu).
- chcete automaticky uplatňovat zásady hodnotového inženýrství.
- chcete uplatňovat zásady analýzy látek a polí.
- chcete zjednodušit, nebo svinout design vašeho produktu.

*Můžete očekávat tyto výsledky:*

- model funkcí výrobku
- sadu nástrojů diagnostikujících váš produkt
- seznam identifikovaných nedostatků v analyzovaném produktu
- koncepty řešení nedostatků z analyzovaného produktu
- matici vzájemných vazeb mezi komponenty v produktu
- četné alternativy návrhu (designu)

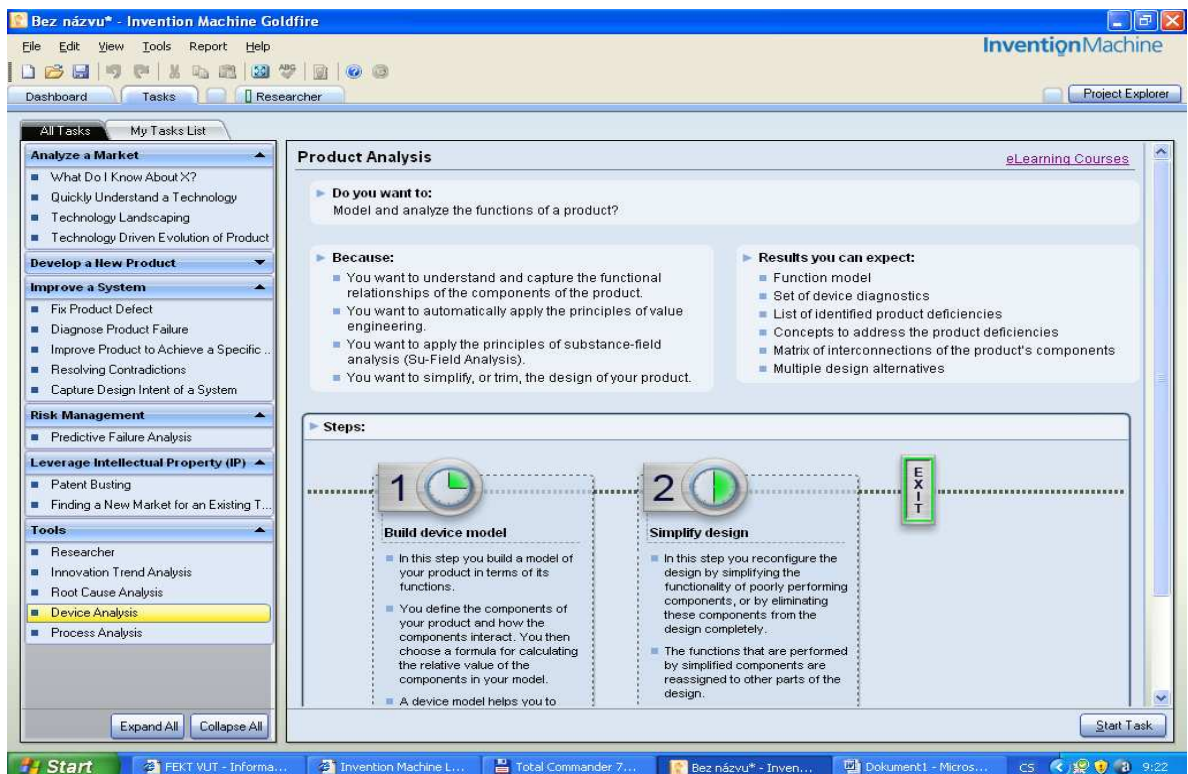
## Kroky:

### Sestavte model výrobku

- V tomto kroku sestavujete model vašeho produktu, model, který zachycuje funkce produktu.
- Definujete součásti (komponenty) vašeho produktu a jak se komponenty navzájem ovlivňují. Potom vyberete kalkulační vzorec pro výpočet relativní hodnoty vztahující se ke každé části (komponentě) ve vašem modelu.
- Model produktu vám pomůže analyzovat výchozí návrh (design) vašeho produktu, a to generováním (formulováním) výroků (problémů), které by mohly být řešeny v Solution Manageru.

### Zjednodušte design (původní návrh)

- V tomto kroku překonfigurujete původní návrh (design), a to buď zjednodušením funkčnosti "špatně" vykonávané nejhoršími komponenty nebo úplným eliminováním těchto komponent z původního návrhu (designu).
- Funkce zjednodušované nebo zcela eliminované komponenty je nutno nejprve myšlenkově a potom konstrukčně "předelegovat" na zbývající části designu (původního návrhu produktu).



Obr. 2-10 Ukázka grafického rozhraní programu Invention Machine (postup při nalézání řešení využívaný v části Device Analysis)

## 3 Dokončení elektronické podpory výuky TRIZ

Dalším cílem této práce bylo převedení anglického textu v elektronickém průvodci (Tutor) programem Invention Machine do českého jazyka tak, aby tento průvodce mohl být využit při výuce i pro studenty s nižší jazykovou vybaveností.

### 3.1 Tutor

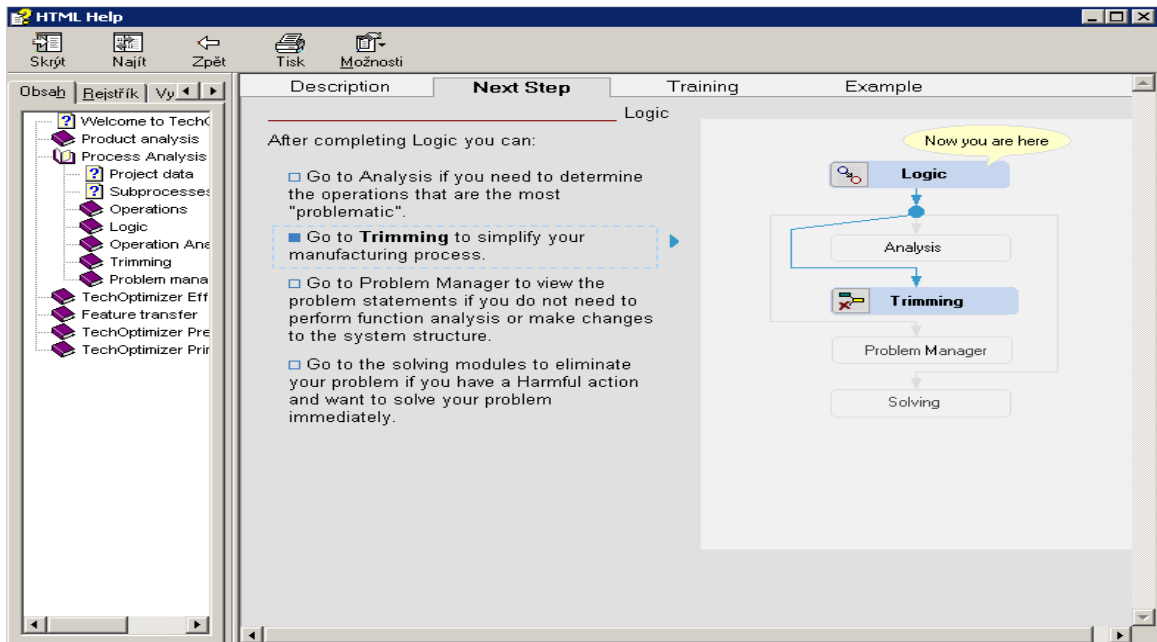
Jak už je výše zmíněno, Tutor je anglický elektronický průvodce, který pomáhá uživateli (řešiteli) lépe pochopit funkce a možnosti metodiky TRIZ v programu Invention Machine.

Překlad Tutora byl řešen už jinými studenty v minulých letech, bohužel ani jednomu z nich se nepodařilo nahradit anglický text v průvodci textem českým. Byly vytvořeny „pouze“ textové soubory s překlady některých částí průvodce, což bylo pro účely výuky nedostatečné.

Tutor je vytvořen ve formátu CHM (Compiled HTML), což je formát souboru vyvinutí společností Microsoft jako nápověda pro operační systémy Microsoft Windows (viz Obr. 3-1). „CHM soubor v sobě zapouzdřuje data různých formátů a zachovává přitom adresářovou strukturu dat. To umožňuje zakomponovat do takového souboru HTML stránky, které mohou mít odkazy na jiné soubory, a ty jsou právě často zabaleny ve stejném CHM souboru. Celá struktura HTML stránek může být proto obsažena v jediném souboru a v tom spočívá hlavní výhoda tohoto formátu“[12]

Problémem formátu CHM je to, že je zkompilován a nelze ho editovat. Jedním z řešení byla dekompilace formátu CHM pomocí speciálních kompilátorů zpět na HTML. Bohužel po této dekompilaci vznikla nepřehledná struktura s mnoha adresáři, která byla pro větší editaci textu nepoužitelná.

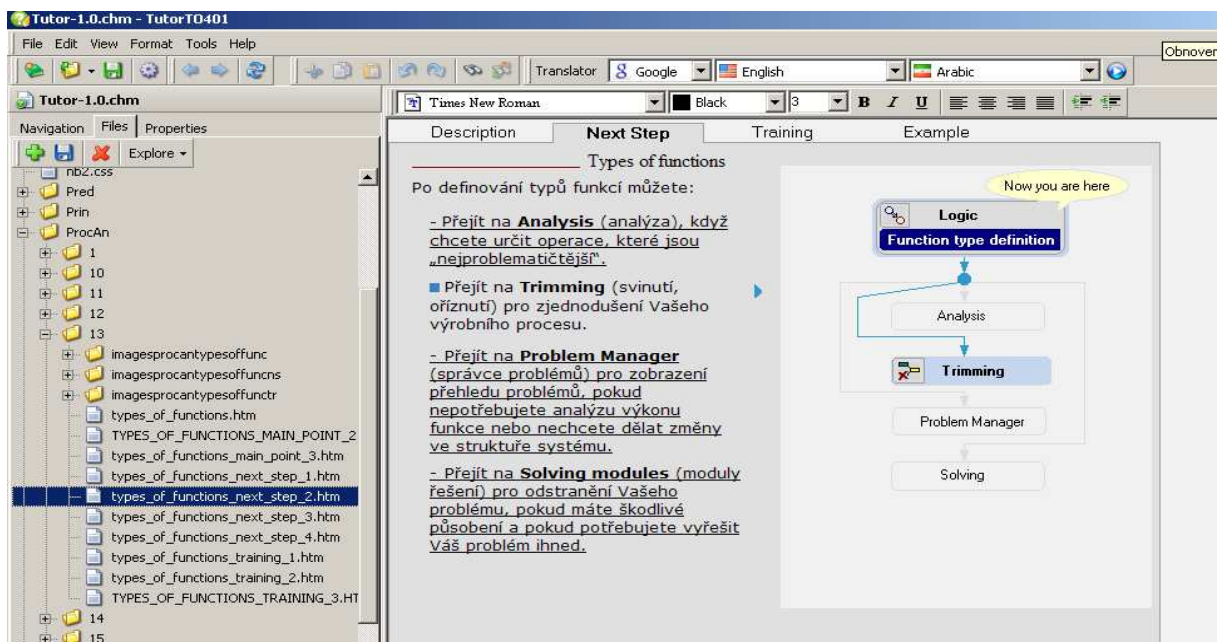
Druhým řešením, bylo nalezení programu, který je schopen přímé editace CHM souboru a tímto programem přepsat anglický text v Tutoru českým. Po vyhledávání na internetu byl jako nejvhodnější pro tento účel zvolen program CHM Editor (viz Obr. 3-2).



Obr. 3-1 Grafické prostředí Tutora

## 3.2 Program CHM Editor

CHM Editor jako jeden z mála programů umožňuje přímou editaci textu obsaženého v dokumentu CHM, dále je schopen překládat jednoduché texty pomocí implementovaného internetového překladače a vytvářet vlastní CHM dokumenty.



Obr. 3-2 Grafické prostředí v programu CHM Editor

Díky vlastnostem programu CHM Editor bylo možné text v elektronickém průvodci Tutor převést do českého jazyka<sup>5</sup>. K tomuto byla využita pouze přímá editace textu, protože překlad pomocí internetových překladačů byl z důvodů složitosti celého textu vyloučen. Obrázky obsažené v průvodci byly ponechány v nezměněné podobě i s anglickým textem, protože jejich editace je i přes všechny výhody nabízené programem je velmi složitá.

---

<sup>5</sup> Originál a konečný překlad Tutora určený pro výuku je obsažen v příloze B

## 4 Inovace odstředivého čerpadla analýza (FNA)

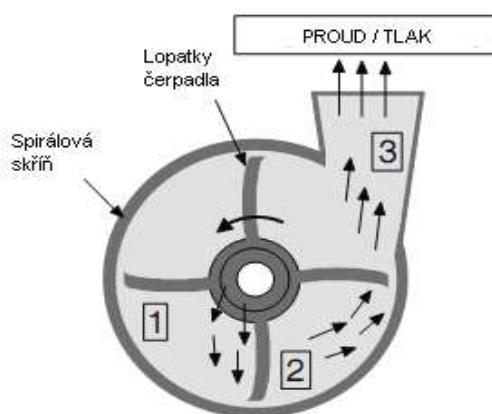
V této kapitole bude popsán možný postup při inovování klasického odstředivého čerpadla do podoby bezucpávkového čerpadla s integrovaným diskovým motorem, pomocí metodiky TRIZ.

Odstředivé čerpadlo s integrovaným diskovým motorem – je nyní ve stádiu prototypu na ústavu výkonové elektrotechniky a elektroniky VUT v Brně. Jeho hlavními autory jsou: doc. Ing. Josef Lapčík, CSc. a Ing. Rostislav Huzlík. K jeho vývoji nebyla využita metodika TRIZ, ale jeho autoři se řídili vlastními zkušenostmi a postupy. V následující části proto bude popsán postup vývoje tohoto bezucpávkového čerpadla pomocí metodiky TRIZ a zároveň zde budou naznačena další možná řešení nabízená TRIZem.

Cíle inovace v tomto případě byly: dosažení absolutně těsného čerpadla (bezucpávkového), které bude schopné čerpat kryogenní a jiná média, aniž by tato média byla během čerpání samotným čerpadlem jakkoli kontaminována a dále snížení celkových rozměrů při zachování současné funkčnosti čerpadla.

### 4.1 Základní model odstředivého čerpadla počáteční situace

Jako základní model odstředivého čerpadla, ze kterého se při inovaci vycházelo, byl vybrán model s mechanickou spojkou a ucpávkou (viz Obr. 4-1). Je to jedna z nejzákladnějších variant odstředivého čerpadla se širokým využitím, která je v mnoha variacích běžně dostupná na trhu.

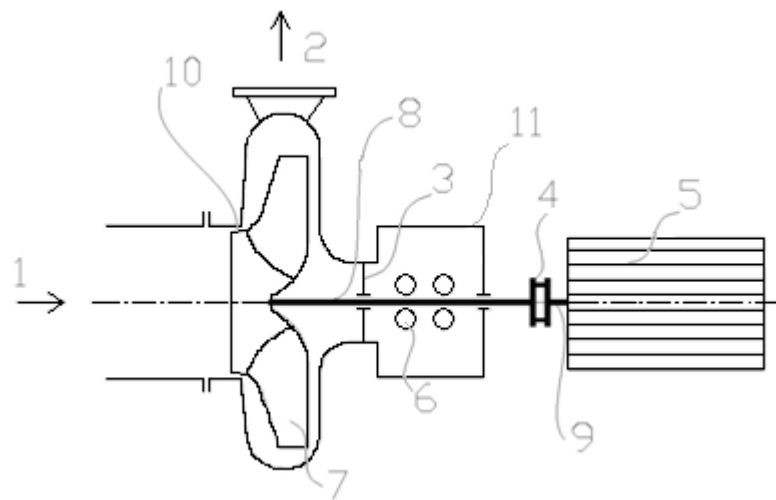


Obr. 4-1 Princip čerpání u odstředivého čerpadla

### *Princip odstředivého čerpadla*

Elektrický motor otáčí hřídel motoru, která je spojena mechanickou spojkou s hřídelí čerpadla. Hřídel čerpadla dále otáčí lopatkovým oběžným kolem, které pohybuje médiem. Médium je následně nasáváno do středu lopatkového kola a odstředivou silou přemísťováno na jeho okraj a usměrňováno spirálovou skříní dál do oběhu. Kinetická energie média (rychlost) se zde mění na statickou (tlak).

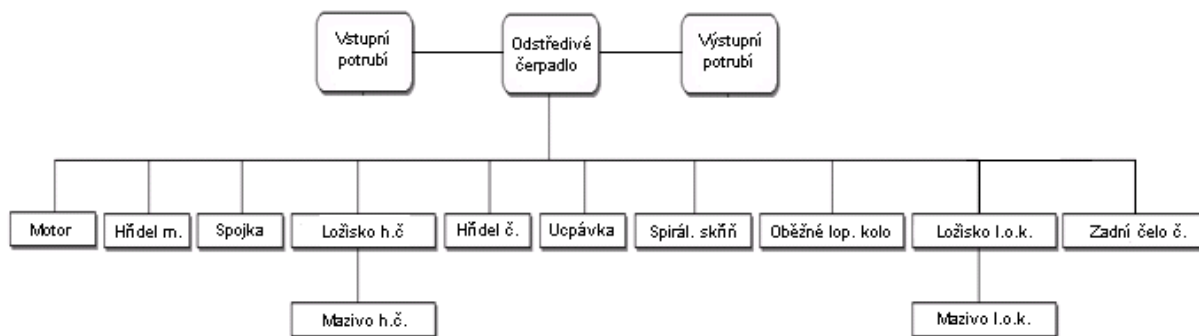
## **4.2 Model komponent odstředivého čerpadla**



**Obr. 4-2** Model odstředivého čerpadla [3]

Na základě studia byl sestaven tento seznam a následující model komponent:

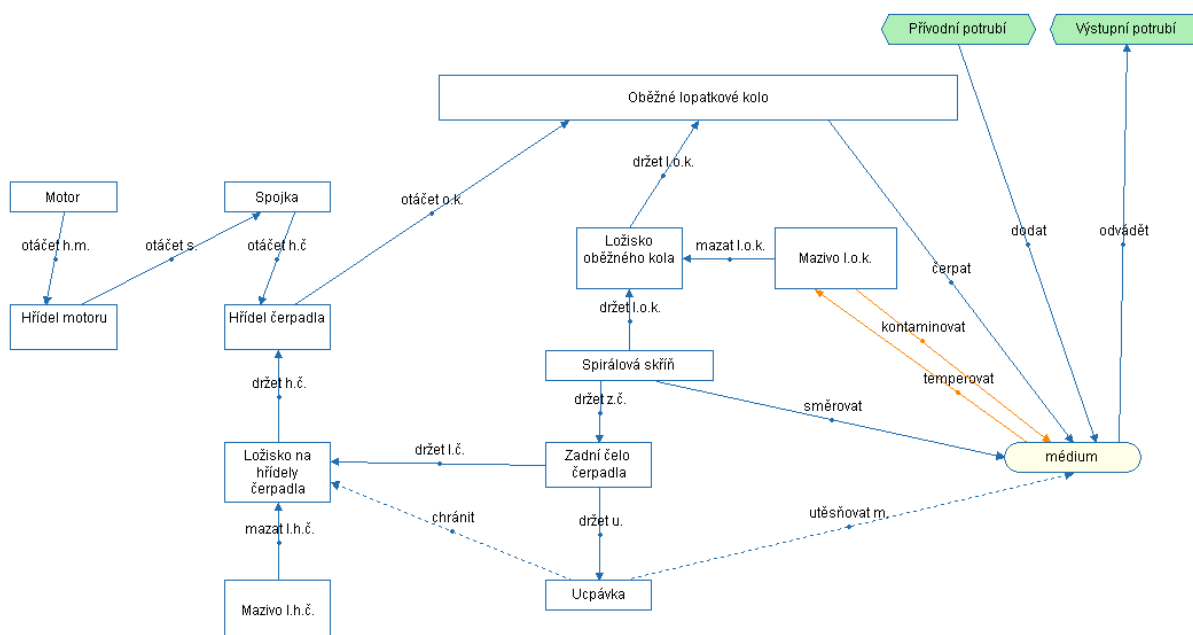
1. Vstup média
2. Výstup média
3. Ucpávka
4. Mechanické spojka
5. Elektromotor (dále už jen motor)
6. Ložiska na hřídeli
7. Lopatkové oběžné kolo (čerpadlo)
8. Hřídel čerpadla
9. Hřídel motoru
10. Ložiska na oběžném kole
11. Zadní čelo čerpadla



Obr. 4-3 Model komponent klasického odstředivého čerpadla

### 4.3 Model funkcí odstředivého čerpadla

Za pomoci výše zmíněného programu Invention Machine byl sestrojen tento model funkcí klasického odstředivého čerpadla. Parametry funkcí zde byly určovány kvalitativně, protože u jednotlivých působení nejsou známy jejich přesné hodnoty.



Obr. 4-4 Model funkcí odstředivého čerpadla

Hlavní funkce **čerpát** je v modelu realizována oběžným lopatkovým kolem, které působí na médium. Tato funkce se nesmí během celého inovačního procesu změnit, a její parametry by měli po celou dobu inovace zůstat na stejné úrovni.

Většina užitečných funkcí v modelu je plněna dostatečně, pouze funkce **chránit** a **utěšňovat** u komponenty ucpávka jsou plněny ve svých parametrech nedostatečně. Na

základě tohoto zjištění můžeme formulovat první inovační zadání. Například: Jak zvýšit těsnost ucpávky?

Kromě užitečných funkcí vidíme v modelu i funkce nežádoucí (**Nežádoucí Efekty**) **kontaminovat** a **temperovat**, kterých je potřeba se zbavit. Tento problém vede k dalším inovačním zadáním.

#### 4.4 Svinování prvků odstředivého čerpadla

Dalším krokem bude zjednodušení a zmenšení současného technického systému (čerpadla) pomocí svinování. Z modelu funkcí vyplynulo, že je nutné zlepšit funkce **chránit**, **utěšňovat** a odstranit funkce **kontaminovat** a **temperovat**. Tyto nedostatečně plněné nebo škodlivé funkce se vždy vztahují k nějakému komponentu či komponentám. Proto se pokusíme s podporou programu Invention Machine svinout tyto problémové komponenty a komponenty s nejnižší hodnotou pro náš systém.

Pro vyhodnocení hodnoty jednotlivých komponent byla použita vlastní kritéria<sup>6</sup>, která byla vybrána s ohledem na cíle inovace:

$$H = \frac{2F}{2P+K1} \quad (3)$$

Kde:

H – hodnota,

F – funkce,

P – problémy,

K1 – celkové rozměry.

Po doplnění hodnot nákladů, upravení hodnot funkcí a dosazení do vzorce (3) vznikla tabulka (viz **Tab. 4-1**), ze které vychází, že komponenty s hodnotou nižší jak 0,9 by měly být vybrány ke svinutí.

---

<sup>6</sup> Kritéria (vzorce), podle kterých jsou hodnoceny jednotlivé komponenty, nejsou pevně daná. Řešitelé si mohou tato kritéria vybrat z předem nastavených nebo si je nastavit a změnit tak, aby co nejlépe vyhovovala jejich situaci a jejich cílům.

**Tab. 4-1** Tabulka parametrů a jejich hodnocení

Component parameters and rating:

Components	Function Rank (F)	Problem Rank (P)	size	Rating
Spirálová skříň	7,00	0,00	8,00	1,40
Ložisko na hřídeli čerpadla	1,43	0,00	2,00	1,14
Ucpávka	8,10	8,57	2,00	0,82
Hřídel motoru	0,95	0,00	3,00	0,51
Spojka	1,43	0,00	5,00	0,46
Motor	0,71	0,00	6,00	0,19
Hřídel čerpadla	2,86	0,00	3,00	1,52
Oběžné lopatkové kolo	10,00	0,00	6,00	2,67
Ložisko oběžného kola	2,86	0,00	3,00	1,52
Mazivo l.o.k.	1,43	10,00	1,00	0,13
Mazivo l.h.č.	0,95	0,00	1,00	1,52
Zadní čelo čerpadla	3,81	0,00	5,00	1,22

Ovšem ne všechny komponenty s takto nízkou hodnotou (0,9) lze svinout. Vždy je potřeba vybrat takové komponenty, jejichž svinutí neovlivní celkovou funkci zkoumaného technického systému. Z tohoto důvodu byly vybrány pouze tyto komponenty:

- Spojka
- Hřídel motoru
- Ucpávka
- Mazivo ložiska lopatkového oběžného kola

#### 4.4.1 Svinutí spojky a hřídele motoru

Mechanická spojka spojuje hřídel motoru s hřídelí čerpadla a díky ní je možné přenášet točivý moment z motoru na oběžné kolo. Spojka se používá, protože výrobci motorů a čerpadel jsou v mnoha případech různí a je nutné jejich výrobky nějakým způsobem spojit. V tomto případě je, ale naším cílem snížit celkové rozměry čerpadla, proto předpokládáme, že budeme vyrábět motor i čerpadlo zároveň, tím pádem už nebude potřeba spojky. Spojku proto z našeho TS odstraníme a její funkci přeneseme na jinou komponentu.

Nejprve musíme definovat podmínky, za jakých je možné svinout spojku a hřídel motoru. Položíme si proto tuto otázku:

Za jakých podmínek nebude potřeba spojky v technickém systému čerpadla?

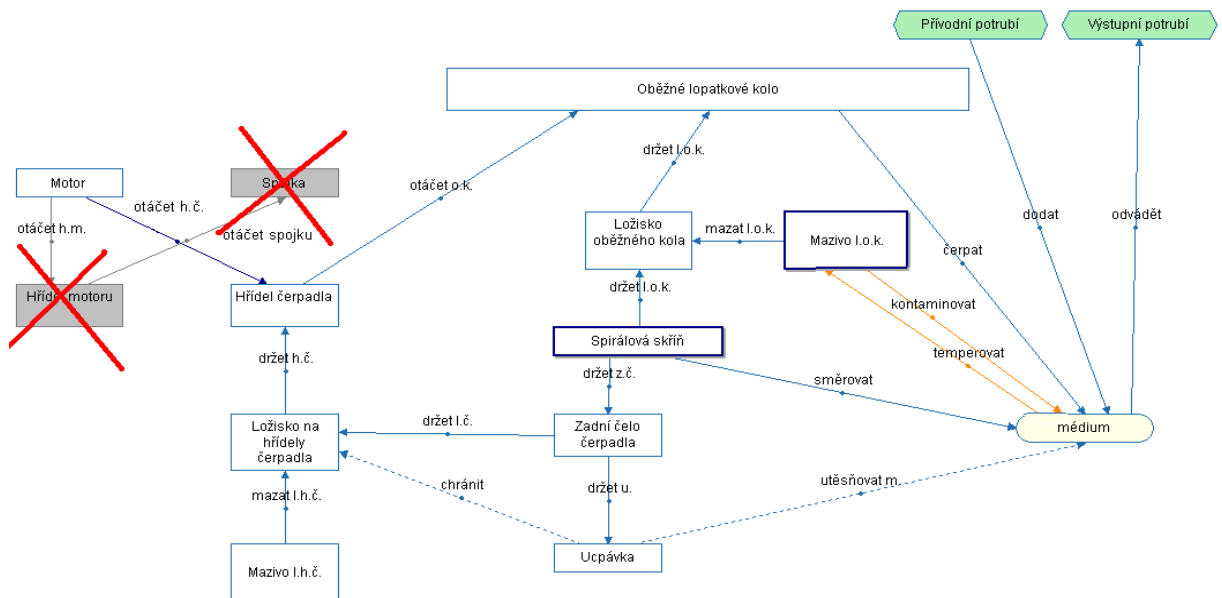
- a) Neexistuje hřídel čerpadla a motoru (jak zajistit přenos točivého momentu na oběžné kolo?).
- b) Hřídel čerpadla a motoru sama sebe spojuje (jakým způsobem toho dosáhnout?).
- c) Hřídel čerpadla a motoru spojí jiný prvek v technickém systému (jaký?).
- d) Hřídel čerpadla a motoru spojí nový prvek

e) Spojení hřídelí (spojky) nebude potřeba (za jakých podmínek?).

Z těchto možností byla vybrána jako nejlépe proveditelná varianta b), ve které hřídele čerpadla a motoru převezmou funkci mechanické spojky a budou spojovat sami na sebe. Tohoto bude možné dosáhnout pokud:

1. Obě hřídele napevno svaříme.  
nebo
2. Nahradíme hřídele čerpadla a motoru jednou kratší celistvou hřídelí.

Z těchto variant byla vybrána varianta 2., protože odstraňovala dva komponenty (spojka, hřídel motoru) z technického systému. Díky tomu došlo k celkovému zmenšení a zjednodušení technického systému čerpadla.



Obr. 4-5 Model funkcí po svinutí spojky a hřídele motoru

#### 4.4.2 Svinutí ucpávky

Ucpávka v čerpadle plní dvě funkce. První funkce je **utěšňovat** médium, tak aby neunikalo mimo okruh čerpání a zároveň zabránit znečištění čerpaného média. Druhá funkce ucpávky je **chránit** komponenty za ucpávkou od negativních působení média. Protože jedním z hlavních cílů, je dosažení bezucpávkového absolutně těsného čerpadla bylo nutné odstranit ucpávku z technického systému.

Jako v předchozí kapitole byly prozkoumány možnosti, za kterých je možné odstranit ucpávku. V tomto případě byla položena otázka:

Za jakých podmínek nebude potřeba montovat ucpávku?



#### 4.4.3 Svinutí maziva ložiska oběžného kola

Mazivo má za účel snižovat tření mezi kuličkou či válečkem a vnitřní a vnější stěnou ložiska. Jelikož produkuje mnoho nežádoucích efektů, bylo nutné ho svinout.

Otázka pro svinutí maziva:

Za jakých podmínek není potřeba maziva v ložisku?

- a) Neexistuje ložisko
- b) Ložisko samo sebe maže.
- c) Ložisko maže jiný prvek ze systému.
- d) Ložisko maže nový prvek ze systému.
- e) Ložisko není potřeba mazat.

Po prozkoumání všech možností svinutí pro maziva byla vybrána jako nejperspektivnější tato:

- e) Ložisko není potřeba mazat. (Za jakých okolností není potřeba mazat ložisko?)

## 5 Inovace odstředivého čerpadla syntéza (ARIZ)

### 5.1 Soupis zadání

Z celkových cílů a předchozí analýzy byla vybrána tato zadání:

- Jak zvýšit těsnost čerpadla (zadního čela)?
- Za jakých okolností není potřeba mazat ložisko?
- Jak snížit rozměry čerpadla při zachování současné funkčnosti?

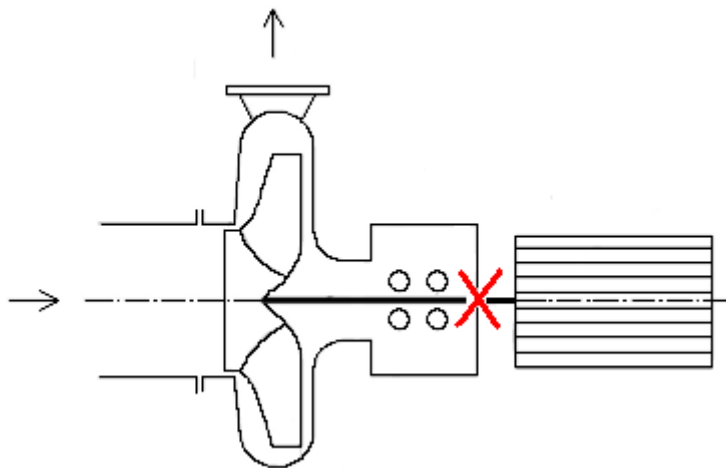
### 5.2 Řešení problému těsnosti zadního čela odstředivého čerpadla

Po svinutí ucpávky byla funkce **utěšňovat** předelegována na zadní čelo čerpadla. Bohužel zadní čelo v této podobě nesplňuje požadavek na absolutně těsné čerpadlo, protože jím prochází hřídel, přes kterou je přenášen točivý moment z motoru na oběžné kolo čerpadla. Pro nalezení řešení tohoto problému bude potřeba vyřešit následující zadání:

Jak zvýšit těsnost zadního čela čerpadla?

#### 5.2.1 Fyzikální rozpor

Zadní čelo čerpadla musí být uzavřené, aby utěšňovalo médium, ale zároveň musí být v zadním čele otvor pro hřídel spojující motor s oběžným kolem čerpadla. Tedy zadní čelo musí být otevřené a zároveň uzavřené.



Obr. 5-1 Model čerpadla se znázorněným fyzikálním rozpor

### 5.2.2 Překonání fyzikálního rozporu

V technickém systému klasického odstředivého čerpadla je motor umístěn mimo kryt čerpadla (viz Obr. 5-2). V tomto případě musí hřídel spojená s motorem procházet zadním čelem čerpadla, aby mohla otáčet oběžným lopatkovým kolem, přitom, ale dochází k úniku média z okruhu právě průchodem v zadním čele čerpadla, což je nepřijatelné.

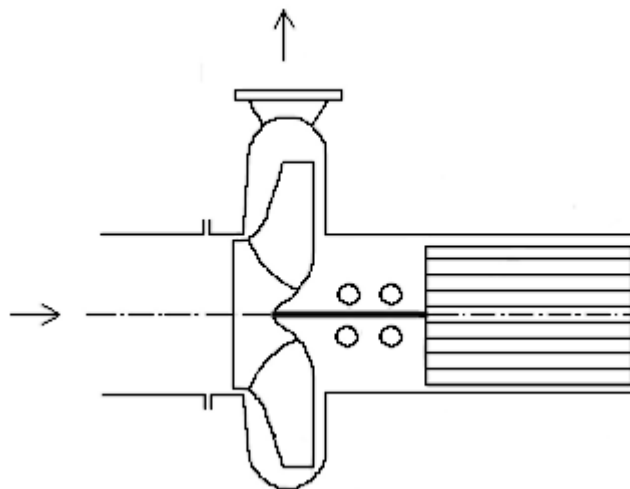
Separace v čase a prostoru v tomto případě nebylo možné využít, protože časy a místa výskytu požadovaného efektu a nežádoucího efektu se překrývaly. Proto bylo využito další možnosti a to systémového přechodu do nad nebo do podsystemu.

#### Systémový přechod do podsystemu

Přechod do podsystemu znamená, že motor (systém) přesuneme - integrujeme do vnitřku čerpadla (podsystem). Tím zajistíme jak otáčení, tak absolutní těsnost čerpadla a zároveň tím mírně snížíme celkové rozměry technického systému čerpadla (viz Obr. 5-2).

Toto řešení, ale produkuje další problém. Součástí motoru jsou kuličková ložiska, která po uložení motoru do zadního čela čerpadla přijdou bezprostředně do kontaktu s médiem. A to může způsobit nežádoucí kontaminaci média mazivem z těchto ložisek.

Problém s mazivem už v technickém systému čerpadla existuje (viz kapitola 4.3) proto se jeho řešení popsané v následující kapitole 5.3 bude vztahovat i na tento případ.



Obr. 5-2 Model čerpadla po vyřešení fyzikálního rozporu

## 5.3 Řešení problémů spojených s mazivem

V této kapitole je řešeno níže uvedené zadání vzniklé při svinování maziva. Zadání zní:

Jak zajistit mazání (snižování tření) bez maziva?

### 5.3.1 Technický rozpor

Jestliže odstraníme mazivo, nebude mít médium co temperovat a zároveň mazivo neznečistí médium, ale bez maziva se ložisko zadře, což je nepřípustné.

### 5.3.2 Heuristiky

Doporučení č. 28 – Princip záměny vazby

Změnit druh vazby v objektu například nahradit mechanický systém akustickým, elektrickým, magnetickým, elektromagnetickým atd.

Doporučení č. 29 – Využití pneu – nebo hydro konstrukcí

Místo pevných částí objektu použít kapaliny nebo plyny. Například vzduchové polštáře atd.

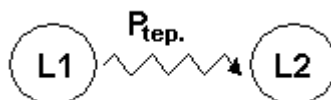
Tyto heuristiky ukazují, jakým směrem bychom se měli vydat, ale v tomto případě není výsledek zcela jasný. Proto přejdeme na model konfliktů, který nám může pomoci při hledání požadovaného řešení.

### 5.3.3 Model konfliktu

Nežádoucím efektem je v tomto případě temperování maziva. Při vysokých nebo naopak velmi nízkých (kryogenních) teplotách média je mazivo tepelně namáháno a zkracuje se tak životnost celého ložiska. Látky, mezi nimiž k tomuto nežádoucímu efektu dochází, jsou:

- L1 Médium
- L2 Mazivo ložiska

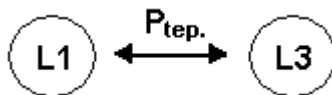
Nežádoucí působení je v tomto případě teplota.



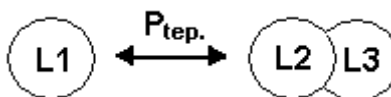
### 5.3.4 Model řešení

Z tabulky modelových transformací (viz Obr. 2-8) je vybrán sloupec D, který znázorňuje vepol se škodlivou vazbou. Možná řešení pro tento problém jsou:

1. Zaměnit jednu z látek v tomto případě mazivo za látku jinou.



2. Přejít ke komplexnímu modelu. Zavést do maziva další látku, která zamezí nežádoucímu působení



### Vyhodnocení návrhů

Za pomoci následujícího algoritmu jsou stanoveny látky (pole) vhodné pro navržené modely řešení. Pro návrh č. 1 bude algoritmus vypadat takto:

- a) Nežádoucí efekt  
Temperování maziva (zadření ložiska).
- b) Působení zaváděné látky (pole)  
Zavedená látka (pole) odolá extrémnímu tepelnému namáhání.
- c) Vlastnosti zaváděné látky (pole)  
Pro zajištění odolnosti proti tepelnému namáhání je nutno, aby zaváděná látka (pole) měla nízkou teplotní roztažnost, vysoký bod varu nebo nízký bod tuhnutí (podle aplikace čerpadla) Dále zaváděná látka musí dostatečně mazat nebo zabraňovat tření uvnitř ložiska.
- d) Konkrétní látky
  - Pevná látka (grafit).
  - Kapalná látka (odolávající temperování).
  - Stlačený plyn.
  - Elektrické, magnetické a elektromagnetické pole.

Algoritmus pro návrh č. 2:

- a) Nežádoucí efekt  
Temperování maziva (zadření ložiska).
- b) Působení zaváděné látky (pole)  
Zavedená látka (pole) zvyšuje odolnost maziva proti extrémnímu tepelnému namáhání.
- c) Vlastnosti zaváděné látky (pole)  
Pro zajištění odolnosti proti tepelnému namáhání je nutno, aby zaváděná látka (pole) snižovala teplotní roztažnost, zvyšovala bod varu nebo snižovala bod tuhnutí maziva. Dále zaváděná látka nesmí zvyšovat tření v ložisku.
- d) Konkrétní látky
  - Chemická látka zlepšující tepelnou odolnost maziva.
  - Tepelné záření.

Výsledky obou návrhů můžeme použít pro odstranění nežádoucího efektu temperování maziva, pokud, ale zavedeme-li druhý nežádoucí efekt kontaminaci média, budeme muset vyloučit návrh č. 2, protože zde zůstává mazivem kapalina, která by mohla kontaminovat čerpané médium. Abychom mohli použít výsledky návrhu č. 2, musel by být následně vyřešen problém s kontaminací. To ovšem není nutné, protože některé výsledné zaváděné látky a pole z návrhu č. 1 mohou vyřešit jak problém temperování, tak problém kontaminace.

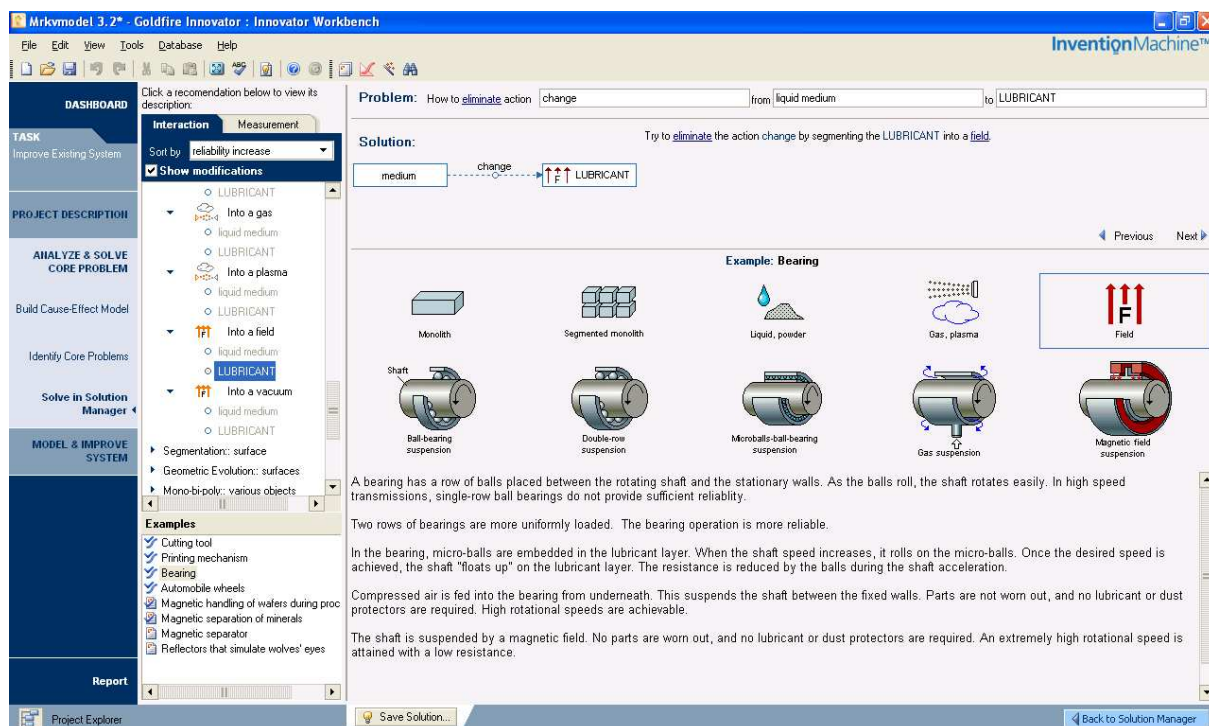
Jako nejvhodnější se jeví využití elektrického, magnetického nebo elektromagnetického pole místo stávajícího maziva. A to proto, že tato pole jako jediná splňují všechna požadovaná kritéria.

Dalším krokem bude zavedení jednoho z polí místo maziva do ložiska. Ale předtím než začneme řešit otázku: „Jak zavést jedno z polí do ložiska na místo maziva?“ si musíme položit otázku jinou a to: „Neexistuje už ložisko vhodné pro naše účely, které využívá jedno z navržených polí?“.

### **5.3.5 Nalezené řešení pro problém s mazivem**

K nalezení odpovědi na otázku týkající se existence ložiska využívajícího jedno z polí bylo využito internetových vyhledávačů a vyhledávání pomocí programu Goldfire Invention Machine.

Po zadání klíčových slov do Solution Manageru v programu Invention Machine bylo nalezeno řešení v podobě aktivního magnetického ložiska (viz Obr. 5-2).



Obr. 5-3 Ukázka řešení pomocí Solution Manageru - přechod od klasického ložiska k magnetickému

### *Vlastnosti a princip magnetického ložiska*

Magnetická ložiska nepotřebují mazání. Mohou pracovat ve vzduchoprázdnu, při vysokých nebo nízkých (kryogenních) teplotách nebo v agresivních kapalinách. V zásadě lze magnetická ložiska využít v jakémkoli stroji, v němž nesmí dojít ke kontaminaci mazivy nebo částicemi otěru, anebo jestliže používání maziv je neslučitelné s výrobním procesem. Takové požadavky jsou charakteristické například pro linky na výrobu polovodičů, potravinářský a nápojový průmysl. Magnetická ložiska dělíme na radiální a axiální.

#### *Radiální magnetické ložisko*

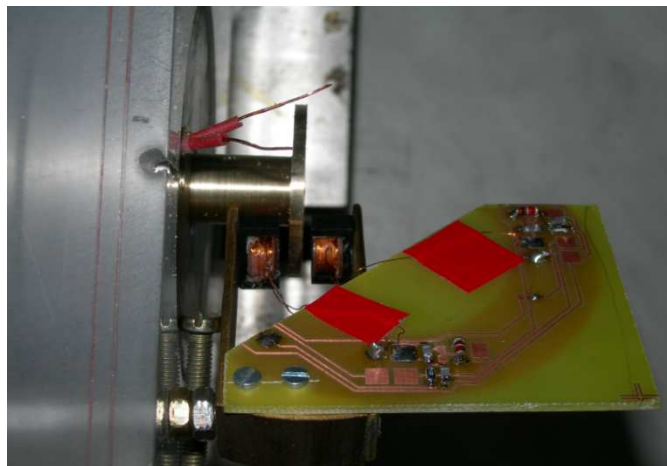
„Radiální magnetické ložisko se podobá elektromotoru, avšak místo točivého momentu generuje přitažlivou sílu, která zvedá hřídel. Typický radiální stator se skládá ze čtyř oddělených ovládacích jednotek. Každá jednotka je tvořena dvěma póly, na nichž je navinuta cívka. Při průchodu elektrického proudu cívkou vzniká přitažlivá síla, která působí na ferromagnetický rotor (sestavený z plechů nebo masivní). Vzduchová mezera mezi státorem a rotorem činí zpravidla 0,5 až 2 mm. Velikost a únosnost ložiska je pak dána počtem pólů a jejich rozměry, materiálem statoru a rotoru, počtem závitů drátu, velikostí vzduchové mezery maximálním proudem a vnějším průměrem hřídele“ [5].



**Obr. 5-4** Příklad radiálního magnetického ložiska s feromagnetickým rotorem [5]

#### *Axiální magnetické ložisko*

„U magnetického axiálního ložiska je masivní ocelový kotouč připojen k hřídeli a po obou stranách je opatřen prstencovým statorem. Stator může mít jedno nebo dvě vinutí, které generuje magnetický tok“[5].



**Obr. 5-5** Příklad axiálního magnetického ložiska s řídicí jednotkou

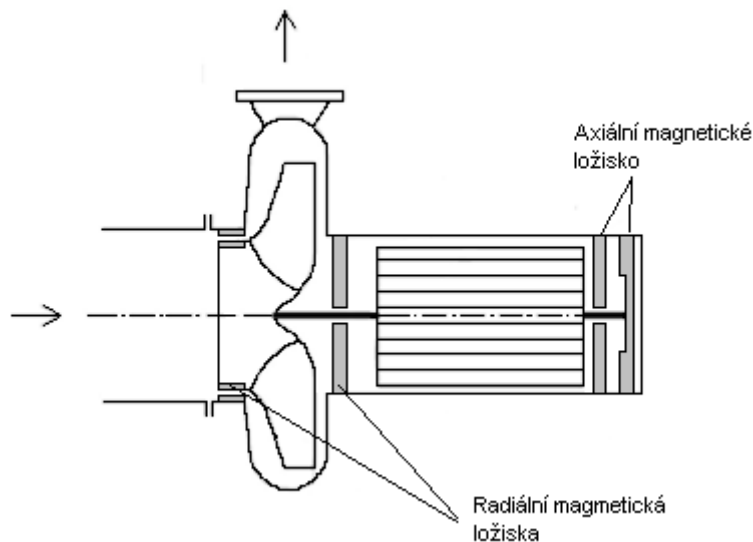
#### *Řídicí systém ložiska*

Aby magnetická ložiska pracovala tak jak mají je potřeba řídit jejich magnetický tok v závislosti na pohybu hřídele. Řídicí systém ložiska se skládá z:

- Řídicí jednotky.
- Snímačů umístěných.
- Ovládací jednotky ložiska.

## Shrnutí

K řešení problému s mazivem byla využita radiální magnetická ložiska místo stávajících kuličkových a dále bylo do technického systému zavedeno axiální magnetické ložisko, aby bylo možné předejít problémům souvisejících s nedostatečným držením hřídele v axiální ose.



**Obr. 5-6** Model čerpadla po zavedení magnetických ložisek.

### *Výhody a nevýhody navrženého řešení*

**Výhody:** magnetické ložisko se nemaže, není zdrojem kontaminace nečistot ani částic otěru, je možné ho použít při vysokých i nízkých teplotách, umožňuje ovládání polohy hřídele, má vysokou obvodovou rychlost, nízkou spotřebu energie, velmi nízké vibrace, vysokou spolehlivost a přesnost.

**Nevýhody:** magnetické ložisko dokáže držet hřídel pouze v jedné ose axiální nebo radiální. Při použití pouze jednoho typu ložisek bude docházet k nežádoucím efektům (posunutí hřídele). V systému čerpadla proto musí být použita obě dvě ložiska (radiální, axiální) zároveň. Tím se ale zvyšuje cena, složitost a rozměry technického systému čerpadla.

## 5.4 Řešení problému velkých rozměrů systému čerpadla

Svinutím spojky a umístěním motoru do zadního čela čerpadla byly sníženy celkové rozměry systému čerpadla, ale zavedením magnetických ložisek, především axiálního magnetického ložiska, se naopak celkové rozměry zvýšily. Aby bylo dosaženo požadované kompaktnosti, bude nutné vyřešit zadání:

Jak snížit rozměry čerpadla při zachování současné funkčnosti?

Aby bylo možné výše zmíněné zadání vyřešit, vyberme v první řadě komponenty s největšími rozměry, které zbyly v technickém systému čerpadla po všech předchozích etapách z **Chyba! Chybný odkaz na záložku.**

**Tab. 5-1** Tabulka velikostí jednotlivých komponent

Components	size
Spirálová skříň	8,00
Magnetické ložisko hřídele čerpadla	2,00
Hřídel motoru	3,00
Motor	6,00
Oběžné lopatkové kolo	6,00
Magnetické ložisko oběžného kola	3,00
Zadní čelo čerpadla	10,00
Axiální magnetické ložisko	3,00

Vybrané komponenty s největšími rozměry:

- Zadní čelo čerpadla
- Spirálová skříň

Větší rozměry z těchto komponent má zadní čelo čerpadla, protože do něj byl uložen motor, který pohání oběžné lopatkové kolo. Aby bylo možné snížit rozměry zadního čela, bude potřeba zmenšit rozměry největšího prvku, který obsahuje tedy motoru. Zadání zformulované pro tento problém zní:

Jak snížit rozměry motoru při zachování stejného výkonu?

Nebo spíše:

Neexistuje motor vhodný pro naše účely, který má malé rozměry a dostatečný výkon?

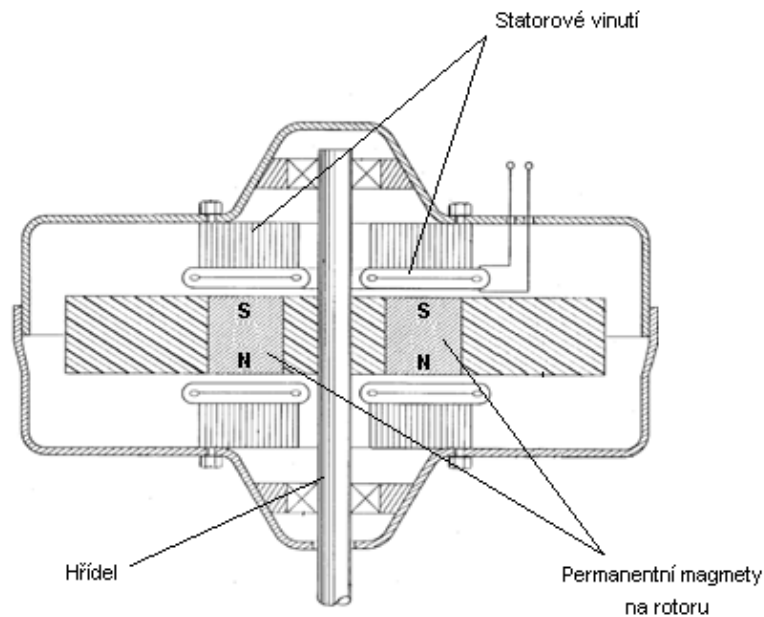
#### **5.4.1 Nalezené řešení pro problém velkých rozměrů systému čerpadla**

K nalezení řešení předchozího zadání bylo opět použito vyhledávání pomocí internetového vyhledávače a modulu Patent Collections obsaženého v programu Goldfire Invention Machine. Po zadání klíčových slov do vyhledávačů bylo nalezeno požadované řešení v americkém patentu č. 4578610 v podobě synchronního diskového motoru (viz **Obr. 5-7**).

#### **Diskový motor**

Diskový motor pracuje na stejném principu, jako ostatní elektrické motory. Od ostatních motorů se liší pouze celkovou konstrukcí. Skládá se ze statoru, který má podobu disku a jehož vinutí se podobá standardnímu statoru třífázového asynchronního nebo synchronního

stroje. Rotor bývá konstrukčně uspořádán buď s magnety na povrchu, nebo s magnety vestavěnými uvnitř rotoru. Jako magnetických materiálů se používá vzácných zemin.



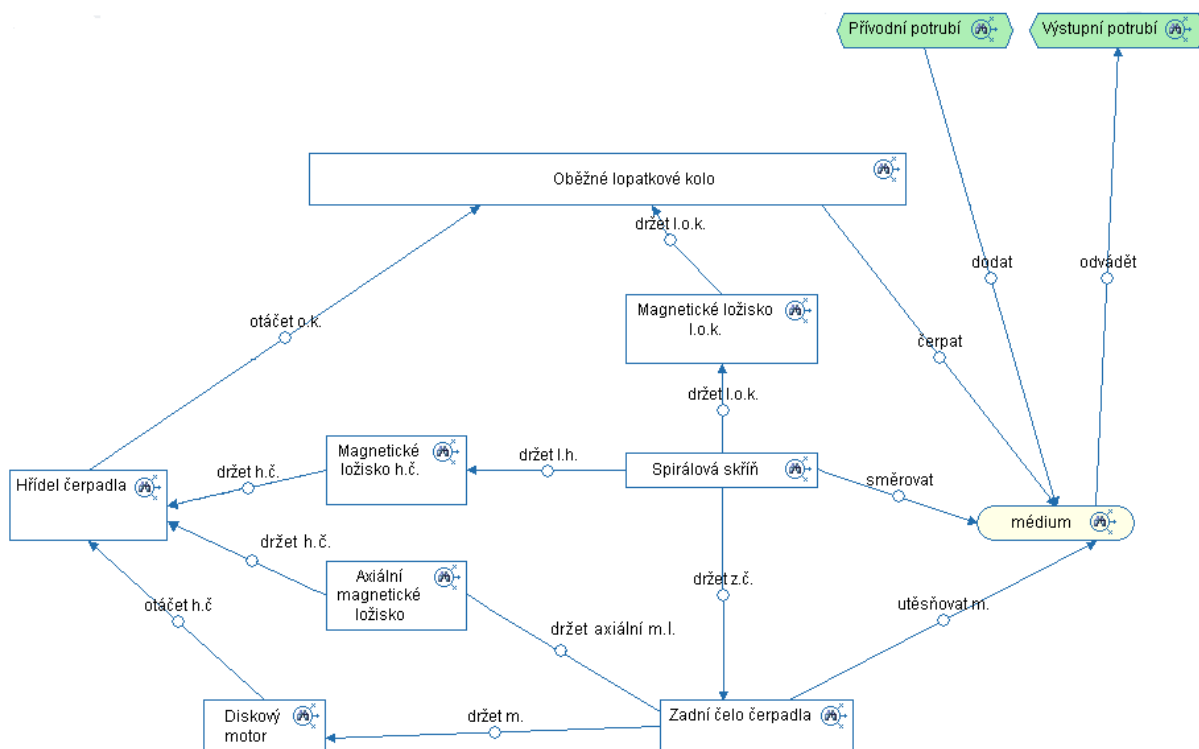
**Obr. 5-7** Možná konstrukce diskového motoru (patent US-4578610)[6]

Výhody oproti motorům s klasickým upořádáním:

Synchronní diskové motory mají: vysokou momentovou přetížitelnost, velmi dobré dynamické vlastnosti, plynulou regulaci od nulových do maximálních otáček s velkou rovnoměrností otáčení, velmi dobrou účinnost a účinník ve všech režimech činnosti, vysokou přesnost regulace, menší rozměry a hmotnost. [7]

### **Shrnutí**

Nahrazením klasického elektromotoru synchronním diskovým motorem bylo dosaženo požadovaného snížení rozměrů při zachování současného výkonu. Tímto posledním inovačním krokem jsme se dostali na úroveň, ve které se nachází dnešní prototyp bezucpávkového odstředivého čerpadla. Následné snižování rozměrů proto už nabylo nutné. Pokud by ovšem byly vzneseny další požadavky na snížení celkových rozměrů, zaměřili bychom se na snížení rozměrů spirálové skříně čerpadla respektive na snížení rozměrů oběžného lopatkového kola. Následné zadání pro tento problém by pak mohlo znít: Jak snížit rozměry oběžného lopatkového bez snížení výkonu čerpání?



**Obr. 5-8** Konečná podoba modelu funkcí odstředivého čerpadla

## 5.5 Celkové zhodnocení inovace odstředivého čerpadla

Předchozími kroky metodiky TRIZ (FNA a ARIZ) byl popsán možný postup inovace klasického odstředivého čerpadla do dnešní podoby prototypu zkonstruovaného autory doc. Ing. Josefem Lapčíkem, CSc. a Ing. Rostislavem Huzlíkem. Při inovaci bylo dosaženo následujících výsledků.

### 5.5.1 Seznam realizovaných změn

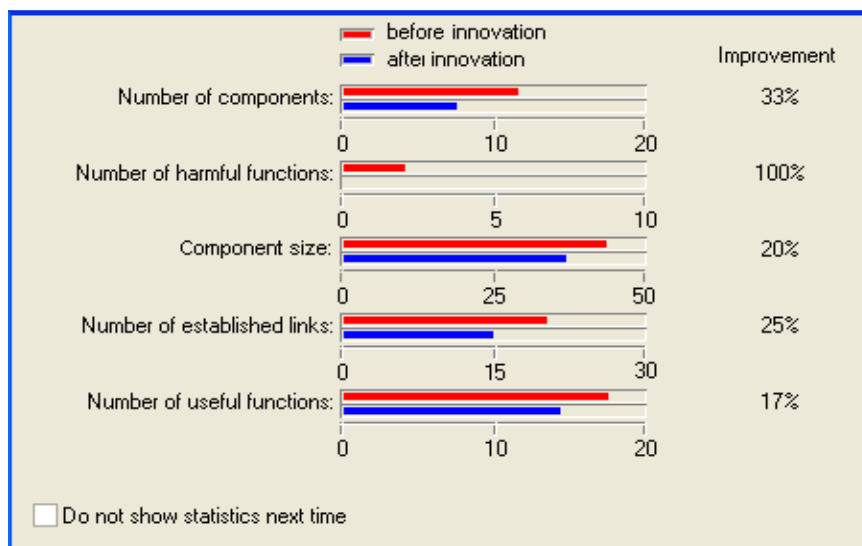
*Odstraněné komponenty:* spojka, hřídel motoru, ucpávka, mazivo ložiska lopatkového oběžného kola, mazivo na hřídeli čerpadla.

*Nahrazené komponenty:* ložisko lopatkového oběžného kola, ložisko na hřídeli čerpadla, motor.

*Náhradní komponenty:* radiální magnetické ložisko lopatkového oběžného kola, radiální magnetické ložisko na hřídeli čerpadla, diskový motor.

*Nové komponenty:* axiální magnetické ložisko.

Díky uvedeným změnám bylo celkové množství komponent z původních dvanácti sníženo na současných osm, byly odstraněny všechny nežádoucí efekty a rozměry celkové čerpadla se snížily o 20% (viz **Obr. 5-9** a **Obr. 5-10**).

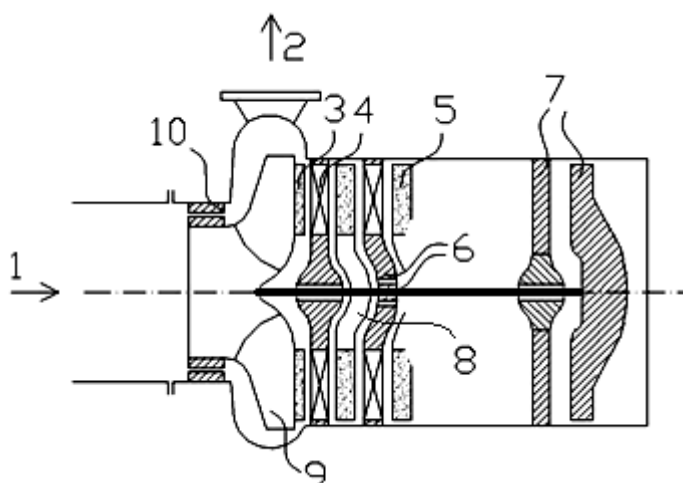


**Obr. 5-9** Výsledky z programu Goldfire Invention Machine po dokončení inovace klasického odstředivého čerpadla

Inovací klasického odstředivého čerpadla pomocí metodiky TRIZ a její softwarové podpory bylo dosaženo těchto cílů:

- Inovované čerpadlo je absolutně těsné.
- Inovované čerpadlo je schopné čerpat kryogenní média.
- Inovované čerpadlo nekontaminuje čerpané médium.
- Inovované čerpadlo má nižší celkové rozměry a stejný výkon jako čerpadlo před inovací.

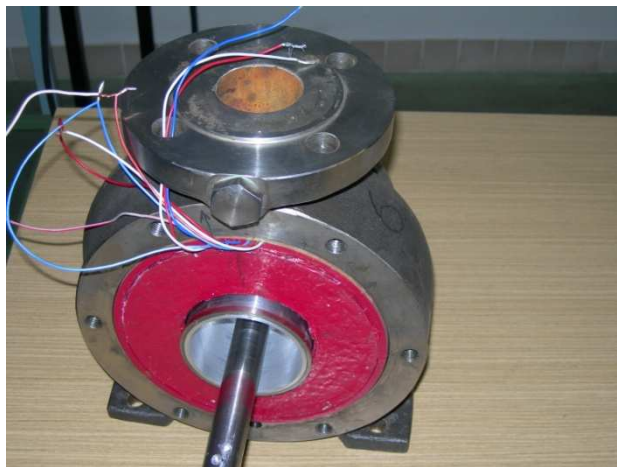
Protože byly splněny všechny cíle určené na začátku inovace, můžeme považovat celý inovační proces odstředivého čerpadla za úspěšně ukončený.



**Obr. 5-10** Konečná podoba modelu (prototypu) bezucpávkového odstředivého čerpadla 1 – sací potrubí; 2 – výtlak; 3, 5 – permanentní magnety; 4 – diskový motor; 6 – radiální magnetické ložisko; 7 - axiální magnetické ložisko; 8 – rotor; 9 – oběžné lopatkové kolo; 10 - radiální magnetické ložisko [3]

## Shrnutí

Navržené řešení bezucpávkového čerpadla na **Obr. 5-10** a **5-11** je alternativou ke klasickým čerpadlům s ucpávkou nebo magnetickou spojkou oproti nim má však následující výhody: „Zcela odpadají ucpávky a spojka. Čerpadla jsou absolutně těsná a vhodná pro práci v ekologických technologiích a výbušných prostředích. Sériovým řazením prvků diskového motoru je možno dosahovat požadovaných výkonů při zvolených otáčkách. Motor je bezúdržbový, nepotřebuje chlazení, provoz čerpadla je velmi tichý, téměř nehlučný, protože rotor čerpadla je veden pouze v magnetickém poli a tlumen kapalinovými vrstvami. Umístění a velikost magnetických ložisek vždy závisí na parametrech čerpadla“ [3].



**Obr. 5-11** Prototyp bezucpávkového odstředivého čerpadla bez zadního čela a magnetických ložisek (více v příloze A)

## 5.6 Přínos metodiky TRIZ a její softwarové podpory pro vzdělání a praxi inženýra

Metodika TRIZ vede svými podněty řešitele tvůrčím způsobem k nalézání nových řešení pro problémy vyskytující se v technických i netechnických oblastech. Zavádí do řešení systematický přístup a nutí jejího uživatele přemýšlet o problému z jiných úhlů pohledu.

Aby mohla být tato metodika efektivně využita při řešení konkrétních problémů, musí si uživatel nejprve osvojit všechny její postupy a principy. Což může být hlavně v počátcích značně náročné.

Metodika TRIZ má také svojí softwarovou podporu v podobě programu Goldfire Invention Machine. Tento software pomáhá uživateli v první fázi přesně definovat a pochopit jeho problém a v následujících fázích mu nabízí množství informací, a praktických příkladů z mnoha vědních a technických oborů k jeho řešení. Nabízené informace a znalosti jsou jen jakási doporučení, která uživatele mohou inspirovat k nalezení požadovaného řešení. Vždy

proto bude záležet na kreativitě, a zkušenostech jednotlivých uživatelů, která z těchto doporučení a jakým způsobem využijí k řešení svých problému.

### **Shrnutí**

Přínos metodiky TRIZ a její softwarové podpory pro inženýra můžeme shrnout do následujících bodů.

Metodika TRIZ a její softwarová podpora:

- Zavádí systematické postupy do řešení problémů.
- Pomáhá nalézt problém a jeho podstatu.
- Nabízí náhled na problém z různých úhlů.
- Nabízí znalosti z širokého spektra oborů.
- Vzdělává a podněcuje kreativitu řešitele.
- Zkracuje inovační cyklus.

„TRIZ vede inženýra k přesné definici problému a podněcuje jeho fantazii návrhy konceptů z příbuzných i vzdálených oborů. Tím spojuje ideálním, dosud nevídaným způsobem dva typické prvky inženýrské práce, totiž systematický postup v analytické fázi s potřebnou kreativitou při úsilí o syntézu řešení problému“ [2].

## 6 Závěr

Tato diplomová práce se zabývá inovačními postupy nabízenými metodikou TRIZ a aplikuje některé postupy na konkrétním technickém úkolu. Při jejím zpracování se postupovalo podle zadání, které bylo splněno ve všech bodech.

Seznámení s metodikou TRIZ a její softwarovou podporou proběhlo v rámci kurzu projektové řízení inovací (MPRI). Na základě znalostí získaných z tohoto kurzu byla sepsána úvodní teoretická část, ve které jsou uvedeny analytické a syntetické postupy používané v této metodice.

Praktická část práce popisuje postup inovace konkrétního technického systému pomocí metodiky TRIZ a její softwarové podpory. Praktické využití jednotlivých postupů, je zde demonstrováno na příkladu radikální rekonstrukce klasického systému odstředivého čerpadla do inovované podoby bezucpávkového čerpadla s diskovým motorem.

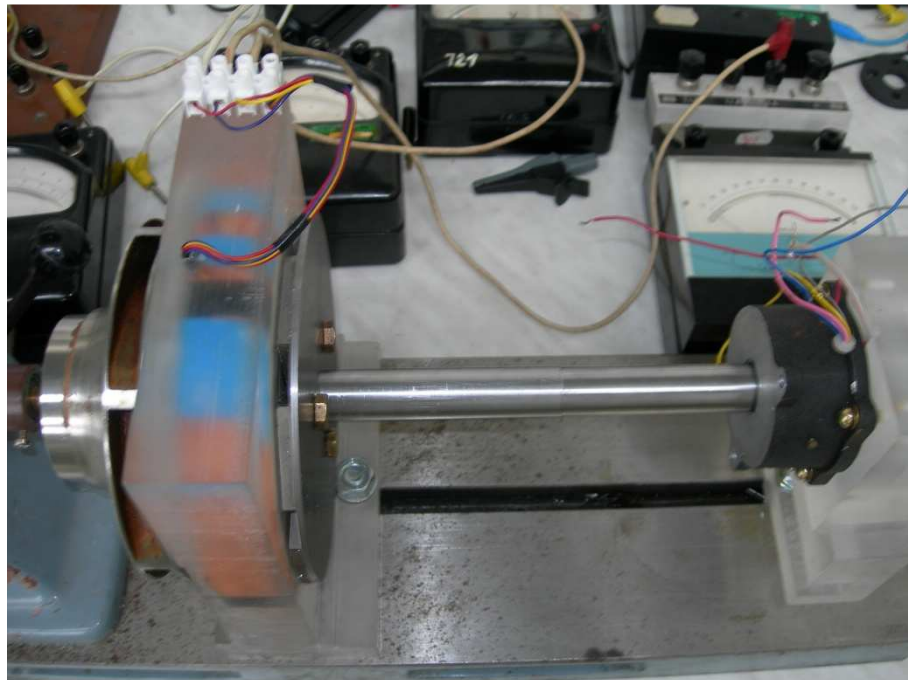
V rámci této diplomové práce byl také dokončen překlad podpory metodiky TRIZ pro potřeby výuky na vysokých školách v ČR a na Slovensku. V závěru práce je vyjádřen osobní názor na celkový přínos metodiky TRIZ pro inženýrskou praxi.

## Literatura

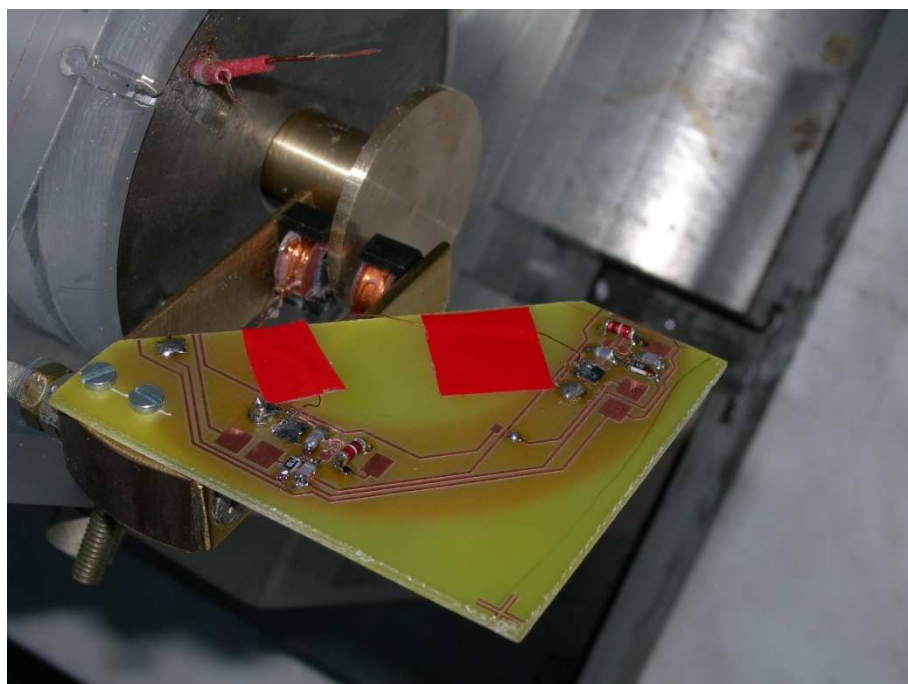
- [1] DEVOJNO, Igor. *Zdokonalování technických systémů cestou tvorby a řešení inovačních zadání (TRIZ)*. Překlad Bohuslav Bušov. [s.l.] : [s.n.], 1997. 212 s.
- [2] BUŠOV, B. *Přednášky a poznámky z předmětu projektové řízení inovací*, Brno: elektronický text
- [3] LAPČÍK, Josef, HUZLÍK, Rostislav. *Odstředivé čerpadlo s integrovaným diskovým motorem*. [s.l.] : [s.n.], 2006. 5 s.
- [4] BARRY, Katie, DOMB, Ellen, SLOCUM, Michael . *TRIZ - What Is TRIZ?* [online]. 2006-2009 [cit. 2009-05-27]. Dostupný z WWW: <[http://www.aitriz.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=18&Itemid=32](http://www.aitriz.org/index.php?option=com_content&task=view&id=18&Itemid=32)>.
- [5] Magnetická ložiska. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2005, č. 1 [cit. 2009-05-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/magneticka-loziska>>.
- [6] KLIMAN, Gerald . *Synchronous disk motor with amorphous metal stator and permanent magnet* [online]. 2009 [cit. 2009-05-27]. Dostupný z WWW: <[http://www.google.com/patents?id=G4I4AAAAEBAJ&pg=PA4&source=gb\\_s\\_selected\\_pages&cad=1\\_1](http://www.google.com/patents?id=G4I4AAAAEBAJ&pg=PA4&source=gb_s_selected_pages&cad=1_1)>.
- [7] KOSTELECKÝ, Jiří . *Synchronní výtahové motory : Současné evropské trendy* [online]. VUES Brno, 2006 [cit. 2009-05-27]. Dostupný z WWW: <<http://vytahy.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3575>>.
- [8] *The Altshuller Institute for TRIZ Studies* [online]. c2009 [cit. 2009-05-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.aitriz.org/index.php>>.
- [9] *Tvorba a řešení inovačních zadání* [online]. 2004 [cit. 2009-05-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.triz.cz/>>.
- [10] *Processing on the CHM format*. [s.l.] : [s.n.], 2005. Dostupný z WWW: <Processing on the CHM format>. s. 3.
- [11] *Invention Machine Goldfire* [online]. 2009 [cit. 2009-05-27]. Dostupný z WWW: <[http://www.invention-machine.com/uploadedFiles/InventionMachineGoldfire\\_Datasheet.pdf](http://www.invention-machine.com/uploadedFiles/InventionMachineGoldfire_Datasheet.pdf)>.
- [12] *The Altshuller Institute for TRIZ Studies* [online]. 2009 [cit. 2009-05-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.aitriz.org/index.ph>>.

## Přílohy

### A Obrázky prototypu odstředivého čerpadla



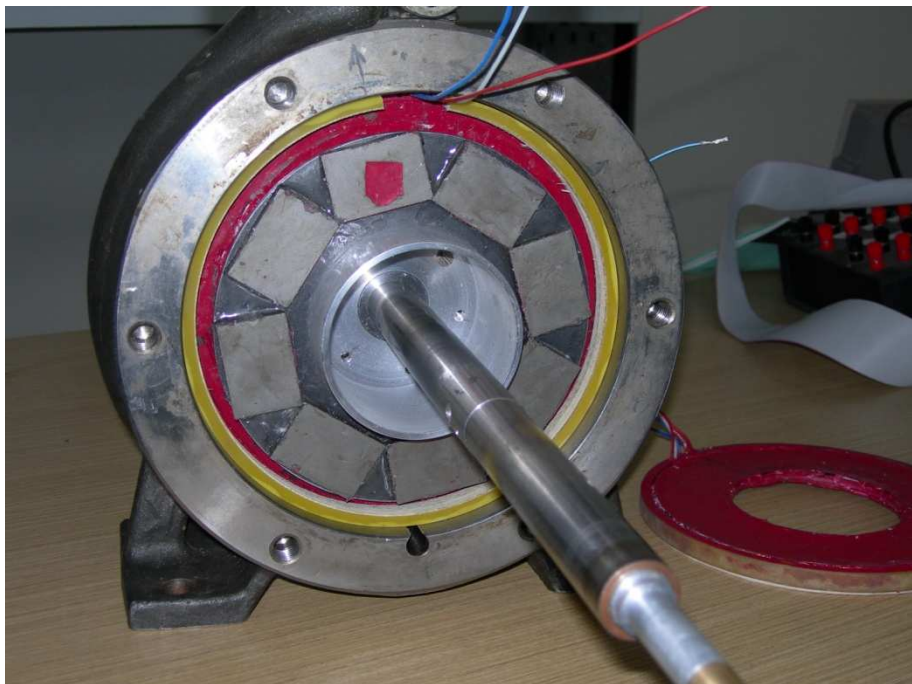
Obr. A. 1 Test diskového motoru



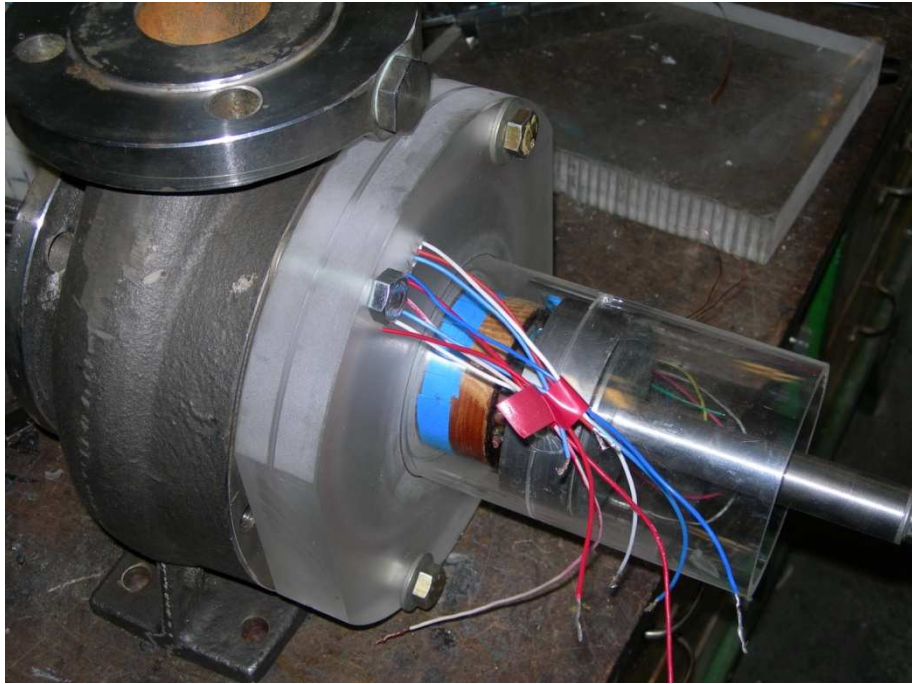
Obr. A. 2 Axiální magnetické ložisko



**Obr. A. 3** Diskový motor před vložením do spirálové skříňe



**Obr. A. 4** Spirálová skříň s diskovým motorem uvnitř



**Obr. A. 5** Prototyp bezucpávkového odstředivého čerpadla s namontovaným zadním čelem



**Obr. A. 6** Prototyp bezucpávkového odstředivého čerpadla ve složeném stavu

## B Obsah CD

Adresářová struktura na CD je následující:

1. Adresář Tutor – obsahuje originální výukový program Tutor.chm, přepracovanou verzi výukového programu Tutor4.0.chm a editační program CHM Editor.
2. Adresář Text – obsahuje text této práce ve formátu pdf, docx a doc.