



Středoškolská TECHNIKA 2019

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

PRINCIP A NETRADIČNÍ VYUŽITÍ PRINCIPU WANKELOVA MOTORU

Anna Karbanová

**Střední průmyslová škola strojnická a Střední odborná škola profesora Švejcara, Plzeň,
Klatovská 109**



**STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA STROJNICKÁ A
STŘEDNÍ ODBORNÁ ŠKOLA PROFESORA ŠVEJCARA**
Plzeň, Klatovská 109

**PRINCIP A NETRADIČNÍ VYUŽITÍ PRINCIPU
WANKELOVA MOTORU**
MATURITNÍ PRÁCE

Anna Karbanová

23 – 41 – M/01 Strojírenství, 4STA

Vedoucí práce: Ing. Josef Gruber

Plzeň 2019

Prohlašuji, že jsem maturitní práci vypracovala samostatně pod vedením pana učitele Ing. Josefa Grubera, s konzultacemi Ing. Tomáše Partla a s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni, 29. března 2019

.....
vlastnoruční podpis

PODĚKOVÁNÍ

CHTĚLA BYCH PODĚKOVAT ING. JOSEFU GRUBEROVI ZA VEDENÍ MÉ DLOUHODOBÉ MATURITNÍ PRÁCE, ING. TOMÁŠI PARTLOVI, ZA JEHO CENNÉ RADY, FIRMĚ VALUE 4INDUSTRY ZA JEJICH TECHNICKOU KONZULTACI A PANU JAKUBU KARBANOVI ZA TECHNICKÝ PŘEKLAD PATENTU. DÁLE BYCH CHTĚLA PODĚKOVAT SVÉ RODINĚ, KTERÁ MĚ PODPOROVALA.

OBSAH

ÚVOD.....	2
1. FELIX WANKEL A SPOJENÍ S NSU MOTORENWERKE AG	3
2. ZAŘAZENÍ WANKELOVA MOTORU MEZI SPALOVACÍ MOTORY	5
3. PRINCIP WANKELOVA MOTORU, JEHO VLASTNOSTI, VÝHODY A NEVÝHODY	6
3.1 PRINCIP WANKELOVA MOTORU	6
3.2 VLASTNOSTI WANKELOVA MOTORU V POROVNÁNÍ S PÍSTOVÝM MOTOREM	7
3.2.1 Vlastnosti Wankelova motoru podle vzhledu a konstrukce.....	7
3.2.2 Vlastnosti Wankelova motoru v porovnání s hlavními kritérii klasického motoru...	8
3.3 VÝHODY A NEVÝHODY WANKELOVA MOTORU	9
3.3.1 Nevýhody Wankelova motoru.....	9
3.3.2 Výhody Wankelova motoru.....	10
4. VÝPOČTY A KINEMATICKÝ ROZBOR KROUŽIVÉHO POHYBU	11
4.1. KINEMATICKÝ ROZBOR RYCHLOSTI VRCHOLU PÍSTU.....	11
4.2. ZÁKLADNÍ VÝPOČET – POSOUZENÍ VHODNOSTI POMĚRU OTÁČEK	12
4.3. VÝPOČET HŘÍDELE A ZÁKLADNÍ GEOMETRIE PÍSTU	13
4.3.1 Výpočet hřídele	13
4.3.2 Výpočet základní geometrie pístu	13
5. WANKELŮV MOTOR JAKO BEZPEČNOSTNÍ ZAŘÍZENÍ V AUTOMOBILU	15
6. MODELOVÁNÍ PŘEPÍNAČE PÁSU V INVENTORU.....	16
RESUMÉ	18
SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	19
SEZNAM OBRÁZKŮ	20
PŘÍLOHY.....	I

ÚVOD

Spalovací motory jako pohonné jednotky se již řadu let velmi hojně využívají v mnoha oborech, např. v automobilovém či leteckém průmyslu, a i když se zdá, že už jsou mnohem lepší pohonné jednotky, které nepotřebují tuhá nebo kapalná paliva nebo mají lepší spotřebu paliva, či lepší vlastnosti výfukových plynů pro životní prostředí, z celosvětového trhu nikdy nevymizí, protože jsou například pro letectví velice důležité. Tím vším si byl pan Felix Wankel jist skoro sto let zpět, a proto se snažil vynalézt nový druh pohonné jednotky, která odstraní již známé nevýhody klasických pístových motorů (hlučnost, velká hmotnost, nerovnoměrný chod klikového mechanismu).

Wankelův motor se jako pohonná jednotka zatím příliš nerozšířil, neboť se projevíly provozní problémy dále v práci uvedené. Jeho využití je však stále možné v automobilovém průmyslu, princip může sloužit jako důležitý bezpečnostní prvek (předpínač bezpečnostního pásu aktivovaný při nárazu). Předložená práce se zabývá právě touto aplikací.

1. FELIX WANKEL A SPOJENÍ S NSU MOTORENWERKE AG

Felix Wankel, vlastním jménem Felix Heinrich Wankel (Obr. 1.), se narodil 13. 8.1902 a zemřel 9. 10. 1988. Jako konstruktér bez vyššího odborného vzdělání se zabýval problémy utěsnění strojních součástí, které se pohybují v prostředí o velkých teplotách a tlacích. I přes jeho nedostatečné vzdělání se stal v tomto oboru prvotřídním specialistou.

Již v roce 1919, v jeho pouhých 17 letech se údajně chlubil svým přátelům, že jeho auto pohání vlastní motor, který se zčásti podobá turbínovému motoru a zčásti připomíná spalovací motor. V roce 1924 Felix Wankel založil svoji vlastní dílnu, která se zaměřovala právě na rotační motor. Po určité době se ze soukromé dílny stal skutečný závod, který nesl název Wankel Versuchswerstätten (Wankelovy výzkumné dílny). Dokladem toho, že se o rotační motory opravdu zajímal, jsou patenty z let 1929 a 1934.



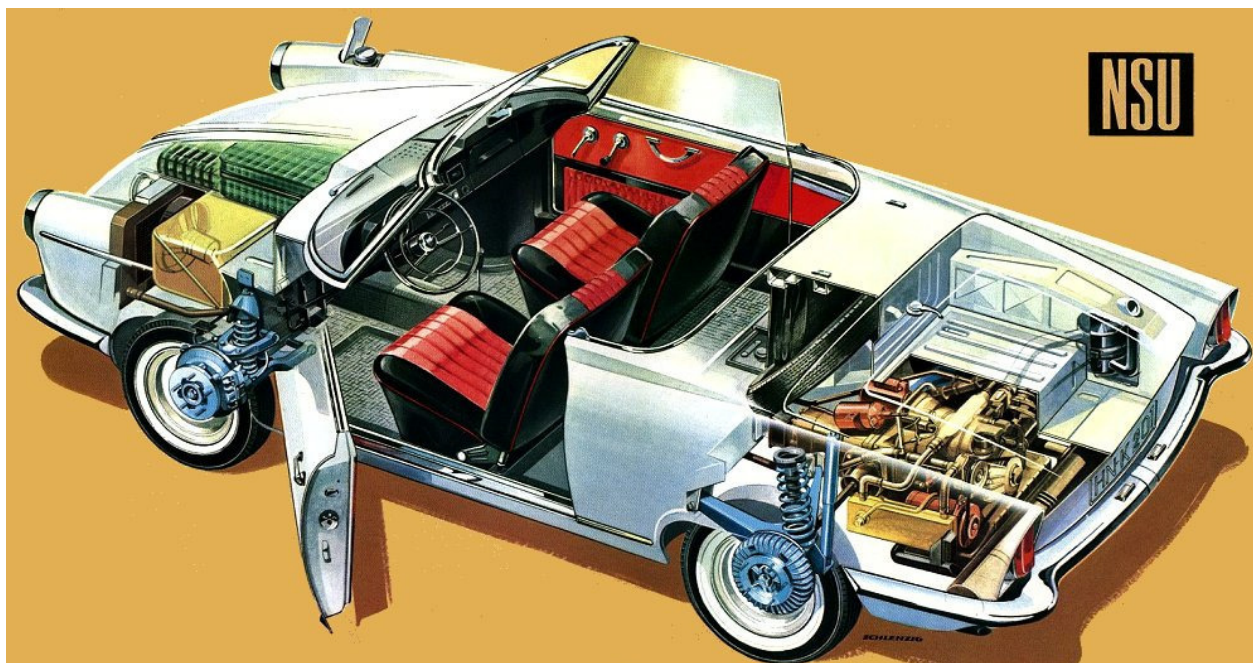
Obr. 1. Felix Wankel

V roce 1951 došlo ke kontaktu vedoucího vývojového oddělení firmy NSU Motorenwerke AG (německý výrobce automobilů a motocyklů založený v roce 1873 – Neckarsulm Strickmaschinen Union Motorenwerke AG – dále jen NSU), Dr. Ing. Waltera Fröeda a Felixe Wankela, ze kterého se vyvinula intenzivní spolupráce a přenesení vývoje a výzkumu rotačního motoru k firmě NSU. Wankelův motor, tak jak ho známe v dnešní podobě, je výsledkem usilovného výzkumu a vývoje firmy NSU a jiných továren, které si zakoupily jeho licenci. První Wankelův motor postavený ve spolupráci s NSU v roce 1957 nesl název DKM-54 (Drehkolbenmotor – v překladu motor s otáčivým pohybem) a měl dva rotory – vnější a vnitřní. Tento motor byl po odzkoušení dost složitý, a tak Wankel a NSU navrhli jednodušší jednorotorový motor KKM-250 a KKM-400 o pracovním objemu komory 0,4 dm³.

„Počátkem roku 1963 byl vyvinut první prototyp sportovního automobilu NSU-Spider s Wankelovým motorem označeným KKM-502 a již v září roku 1963 byl na mezinárodní autosalónu ve Frankfurtu tento vůz předveden veřejnosti. Za rok od té doby, tj. v září roku

1964 byla zahájena v Neckarslumu jeho výroba v počtu asi 150 kusů a v roce 1965 se vyrobilo kolem 1000 těchto vozů.“ (Doc. Ing. Ladislav Kovařík, 1970)

Automobil NSU-Spider (Obr. 2) je dvousedadlový kabriolet o maximální rychlosti 150 km.hod⁻¹ s motorem umístěným v zadní části auta.



Obr. 2. Automobil NSU-Spider s motorem KKM-502

2. ZAŘAZENÍ WANKELOVA MOTORU MEZI SPALOVACÍ MOTORY

Spalovací motory můžeme rozdělit na:

1. Klasické pístové motory
 - a. podle způsobu spalování paliva (zážehové, vznětové),
 - b. podle pracovního oběhu (dvoudobý, čtyřdobý),
 - c. podle použitého paliva (tuhá, kapalná, plynná paliva),
 - d. podle počtu a uspořádání válců (jednoválcové, víceválcové).
2. Spalovací motory s kruhovým pohybem pístu
 - a. motory s kývavým pohybem pístu,
 - b. motory s prostým rotačním pohybem pístu (s kluznými lištami, s rotačním těsnícím ústrojím, s kapalinovým těsnícím prstencem),
 - c. motor s krouživým pohybem pístu.

Dle předchozího základního rozdělení spalovacích motorů můžeme určit zařazení Wankelova motoru, a to tak, že Wankelův motor patří do 2c. skupiny, tedy do spalovacích motorů s kruhovým pohybem pístu a do motorů s krouživým pohybem pístu.

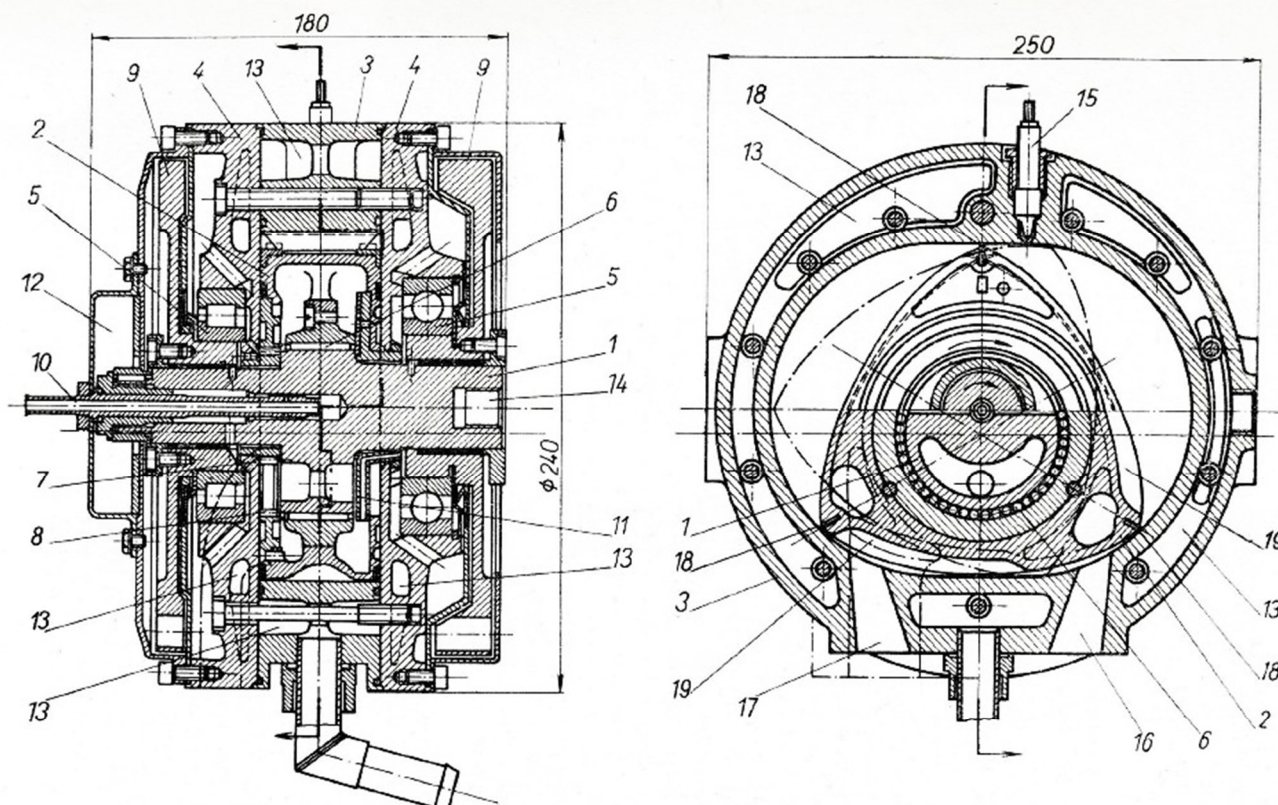
3. PRINCIP WANKELOVA MOTORU, JEHO VLASTNOSTI, VÝHODY A NEVÝHODY

3.1 PRINCIP WANKELOVA MOTORU

Podle Obr. 3., kde je příčný a podélný řez motoru KKM – 250 (Kreiskolbenmotor – motor s krouživým pístem o pracovním objemu komory 250 cm³), uvedu princip Wankelova motoru.

Vnitřní profil skříně 3 je tvořen křivkou zvanou zkrácená epitrochoida. Uvnitř skříně, jejíž čela jsou uzavřena víky 4, koná krouživý pohyb píst 2, jehož boky mají profil tvořený třemi stejnými oblouky. Ve styku těchto oblouků, které budu nazývat vrcholy pístu, jsou do drážek vsazeny radiální těsnící lišty 18. Při pohybu pístu klouzají tyto lišty neustále po vnitřní ploše skříně, takže mezi boky pístu a vnitřkem skříně jsou vytvářeny tři izolované komory, měnící periodicky svůj objem. Krouživý pohyb pístu zajišťuje velké ozubené kolo 8 umístěné souose v pístu a pevně s ním spojené, a malé ozubené kolo 7 připevněné k víku skříně. Píst je valivě uložen na výstředníku hřídele 1. Osa výstředníku je vzdálena od os hřídele o rozdíl velikosti roztečného poloměru ozubení velkého a malého kola. Směs vzduchu s benzínem a mazacím olejem je do motoru nasávána kanálem 17 a po stlačení zapálena svíčkou 15. Po expanzi a vykonání práce odcházejí výfukové plyny kanálem 16 do výfukového potrubí. Vnitřek pístu je chlazen olejem, skříň a víka motoru vodou. Vyvážení rotující hmotnosti výstředníku a pístu je provedeno vývažky na setrvačnicích 9, uložených na obou koncích hřídele 1.

Poměr počtu zubů velkého kola 8 k počtu zubů malého kola 7 je 3:2, avšak poměr počtu otáček hřídele 1 a pístu 2 je 3:1. Jinými slovy, za jednu otáčku pístu se hřídel otočí třikrát. (Doc. Ing. Ladislav Kovařík, 1970)



Obr. 24. Příčný a podélný řez motorem NSU-Wankel KKM-250

1 — hřídel s výstředníkem, 2 — píst, 3 — skříň, 4 — víka skříňe, 5 — ložiska hřídele, 6 — ložisko pístu, 7 — malé ozubené kolo, 8 — velké ozubené kolo, 9 — setrvačnický s vývažky, 10 — trubka přívodu oleje, 11 — sběrná příruba oleje, 12 — prostor pro přerušovač, 13 — kanály pro chladicí kapalinu, 14 — konec hřídele, 15 — zapalovací svíčka, 16 — výfukový kanál, 17 — sací kanál, 18 — radiální těsnicí lišty pístu, 19 — vybrání v pístu

Obr. 3. Příčný a podélný řez motorem KKM – 250

3.2 VLASTNOSTI WANKELOVA MOTORU V POROVNÁNÍ S PÍSTOVÝM MOTOREM

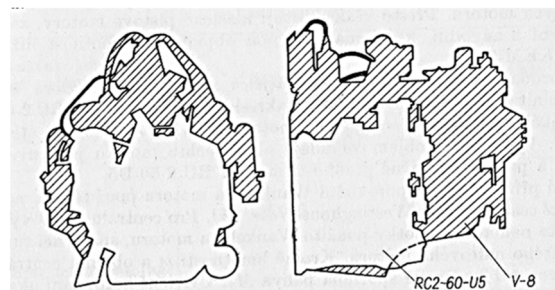
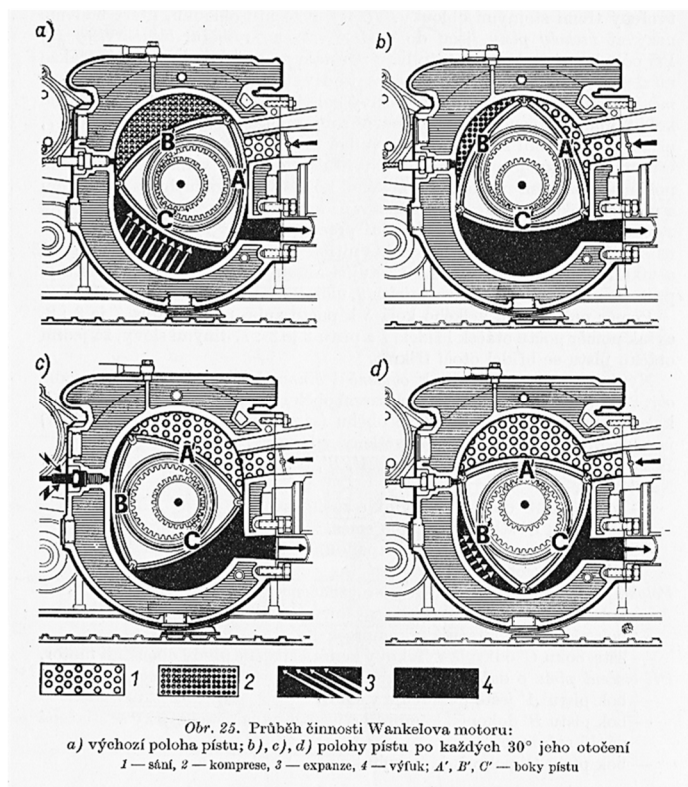
Vlastnosti Wankelova motoru můžeme rozdělit do několik skupin, a to na:

- vlastnosti podle vzhledu a konstrukce,
- vlastnosti v porovnání s hlavními kritérii klasického motoru.

3.2.1 VLASTNOSTI WANKELOVA MOTORU PODLE VZHLEDU A KONSTRUKCE

Pracovní prostor Wankelova motoru je plochý a podlouhlý, tím se zvětšuje jeho povrch. Díky trojbokému pístu s radiálním těsněním se pracovní prostor rozděluje na tři pohyblivé spalovací komory, ve kterých probíhá činnost motoru – sání, komprese, expanze, výfuk (obr. 4).

Další rozdíl je vidět i z vnějšku motoru, a to ten, že Wankelův motor je o poznání menší a lehčí, než klasický pístový spalovací motor (obr. 5). Také se skládá z mnohem méně součástí.



Obr. 5. Porovnání Wankelova motoru RC2-60-U5 s klasickým pístovým motorem FORD V8

Obr. 4. Pracovní oběh o 1 otočce pístu

3.2.2 VLASTNOSTI WANKELOVA MOTORU V POROVNÁNÍ S HLAVNÍMI KRITÉRII KLASICKÉHO MOTORU

Kritérium 1 – délka pracovního oběhu:

- Za 1 otáčku hřídele se vykoná jeden pracovní oběh, což znamená, že z tohoto hlediska se Wankelův motor ekvivalentně rovná klasickému dvouválcovému čtyřdobému motoru. U klasického pístového motoru trvá jedna pracovní fáze 180° otáčení kliky neboli jednu polovinu otáčky klikového hřídele. U Wankelova motoru probíhají současně tři čtyřdobé oběhy za jednu otáčku pístu, což se rovná třem otáčkám excentrického hřídele, tj. 1 080° jeho otočení.

„Z toho potom plyne, že každá fáze pracovního oběhu odpovídá $\frac{1080^\circ}{4} = 270^\circ$ otočení excentrického hřídele. Při stejných otáčkách klikového hřídele klasického motoru a hřídele

Wankelova motoru probíhá tedy každá fáze pracovního oběhu ve Wankelově motoru $\frac{270^\circ}{180^\circ}$, tj. 1,5krát déle než v klasickém motoru.“ (Doc. Ing. Ladislav Kovařík, 1970)

- Tato okolnost může mít za následek příznivý vliv hoření při vysokém počtu otáček oproti klasickému pístovému motoru. Naopak na druhé straně se expandující horké plyny zdržují déle v motoru, tím se sdílí více tepla do okolních stěn a Wankelův motor musí být lépe chlazen.

Kritérium 2 – spalovací prostor:

- U klasického spalovacího motoru je spalovací prostor omýván horkými a studenými plyny a v případě potřeby se může vypláchnout i čerstvou náplní, když se překryjí ventily nebo kanály. Oproti tomu ve Wankelově motoru spalování probíhá ve stejné spalovací komoře, tedy tam, kde je umístěna svíčka. Tento spalovací prostor ve skříni se vyplachovat nedá, protože kanály jsou při překrytí izolovány rotujícím pístem.
- Svíčky klasického motoru zasahují přímo do spalovacího prostoru. U Wankelova motoru to tak nelze, protože by svíčka překážela rotujícímu pístu, a tak jsou spalovací prostor a svíčka spojeny kanálkem ve skříni. Kvůli tomuto kanálku je potřeba silnější jiskra svíčky a svíčka je tak mnohem více tepelně namáhána, navíc se nedá chladit čerstvou náplní, jako je to u klasického motoru.

3.3 VÝHODY A NEVÝHODY WANKELOVA MOTORU

3.3.1 NEVÝHODY WANKELOVA MOTORU

Mezi hlavní nevýhody Wankelova motoru při použití jako pohonné jednotky můžu uvést:

- obtížnost utěsnění komor,
- jednostranné tepelné zatížení skříně,
- protáhlý tvar spalovacího prostoru,
- vyšší spotřebu oleje,
- vyšší obsah uhlovodíku ve výfukových plynech (kvůli vyšší spotřebě oleje).

V rámci pohonné jednotky pro Mazdu RX-8 můžu uvést i krátkou životnost motoru (kolem 100 000 km) a tím i drahé výlohy na opravu. Pro zajímavost autorizovaný servis Mazda motory neopravoval, ale rovnou vyměňoval.

Nevýhody Wankelova motoru zde uvedené nejsou překážkou pro použití popisované v této práci, protože u předpínače bezpečnostního pásu není motor v trvalém provozu.

3.3.2 VÝHODY WANKELOVA MOTORU

Za hlavní výhody Wankelova motoru můžeme považovat:

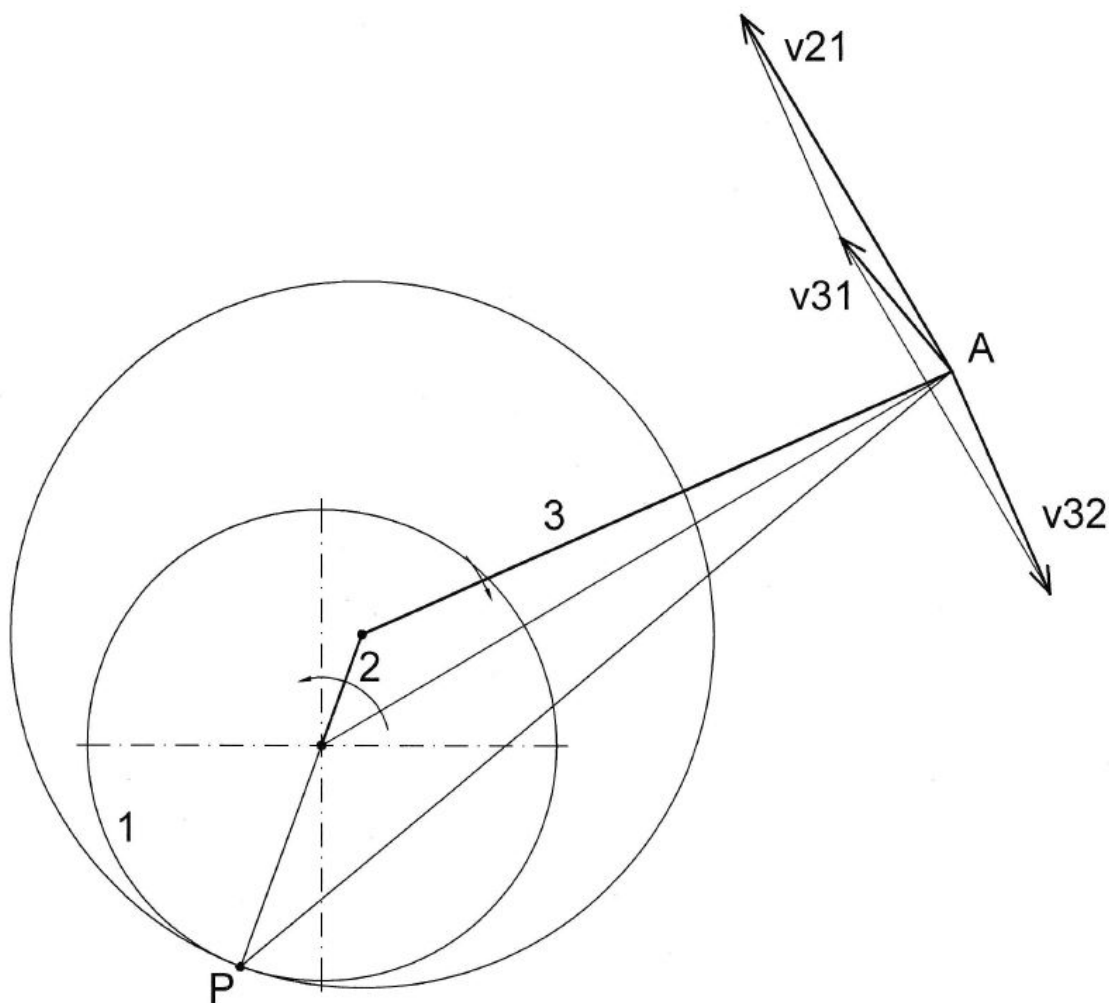
- klidnější a rovnoměrnější chod,
- možnost chodu při velmi vysokých otáčkách,
- lepší hmotnost a rozměry motoru,
- menší počet součástí.

4. VÝPOČTY A KINEMATICKÝ ROZBOR KROUŽIVÉHO POHYBU

4.1. KINEMATICKÝ ROZBOR RYCHLOSTI VRCHOLU PÍSTU

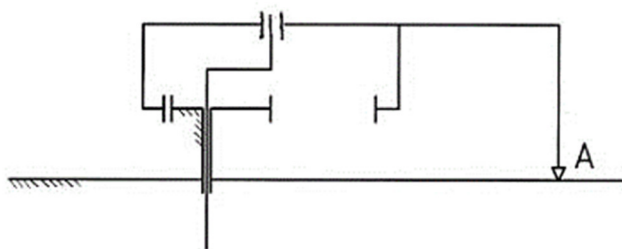
Na Obr. 6. můžete vidět kinematický rozbor rychlostí vrcholu pístu. Kružnice 1 představuje pevný rám, neboli pevné ozubené kolo, rameno 2 představuje unášeč (v mém případě excentricitu mezi ozubenými koly), rameno 3 představuje píst a bod A představuje vrchol pístu. Rychlost v_{21} znamená rychlost unášeče vůči rámu (pevnému ozubenému kolu), rychlost v_{31} znamená rychlost pístu vůči rámu a rychlost v_{32} znamená pístu vůči unášeči. Výslednou rychlost v_{31} vrcholu pístu A zjistíme pomocí vektorové rovnice:

$$\vec{v}_{31} = \vec{v}_{21} + \vec{v}_{32}$$

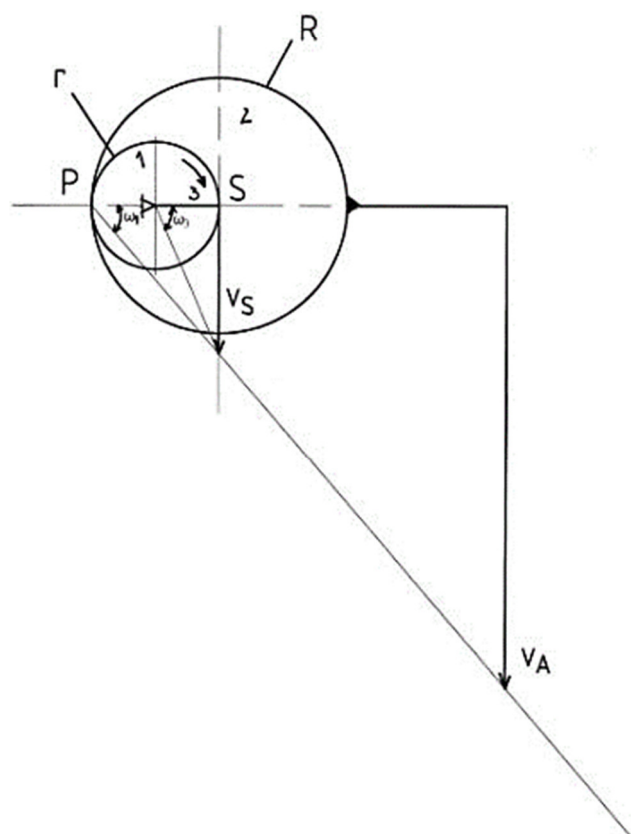


Obr.6. Kinematický rozbor rychlosti vrcholu pístu

4.2. ZÁKLADNÍ VÝPOČET – POSOUZENÍ VHODNOSTI POMĚRU OTÁČEK



Pro dokázání, že je poměr otáček $i = \frac{1}{3}$ budu vycházet z poměru počtu zubů $\frac{z_2}{z_1} = \frac{3}{2}$. a obr. 7.



$$v_S : r_2 \cdot \omega_2 = r_3 \cdot \omega_3$$

$$\frac{\omega_2}{\omega_3} = \frac{r_3}{r_2} = \frac{R-r}{R} = \frac{z_2 - z_1}{z_2}$$

$$\frac{\frac{3}{2} \cdot z_1 - z_1}{\frac{3}{2} \cdot z_1} = \frac{z_1 \cdot \left(\frac{3}{2} - 1\right)}{\frac{3}{2} \cdot z_1}$$

$$\frac{\left(\frac{3}{2} - 1\right)}{\frac{3}{2}} = \frac{\frac{3-2}{2}}{\frac{3}{2}} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$$

Po tomto výpočtu je jasné, že poměr otáček pístu ku hřídeli je opravdu 1:3. Tento převod při daných rozměrech vytvoří zkrácenou epitrochoidu, což je obrys pracovního prostoru skříně.

Obr. 7. Schéma planetového pohybu

4.3. VÝPOČET HŘÍDELE A ZÁKLADNÍ GEOMETRIE PÍSTU

4.3.1 VÝPOČET HŘÍDELE

Pro výpočet hřídele budu používat pevnostní rovnici pro namáhání na krut. Abych úspěšně mohla vypočítat průměr hřídele, musím si určit materiál hřídele, který bude 11 600 s $\tau_{DK} = 65$ MPa, a napínací sílu F , která je 30 kN.

$$\tau_K = \frac{Mk}{Wk} \leq \tau_{DK}$$

$$\tau_{DK} \geq \frac{M_K}{W_K}$$

$$\tau_{DK} \geq \frac{F \cdot \frac{d}{2}}{\frac{\pi \cdot d^3}{16}}$$

$$\tau_{DK} \geq \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{8}}$$

$$d = \sqrt{\frac{8F}{\pi \cdot \tau_{DK}}}$$

$$d = \sqrt{\frac{8 \cdot 3\,000}{\pi \cdot 65}}$$

$$d = 10,84 \text{ mm} \rightarrow \text{volím } \varnothing d = 12 \text{ mm}$$

Výpočet hřídele je uveden pouze na ukázkou, v práci je prezentován rapid prototyp z materiálu PLA vyrobený pomocí 3D tiskárny PRUSA i3 MK3.

4.3.2 VÝPOČET ZÁKLADNÍ GEOMETRIE PÍSTU

Pro výpočet základních rozměrů jsem použila vzorce z knihy Doc. Ing. Ladislava Kovaříka, CSc. *Motory Wankelovy a jim příbuzné*. K určení všech neznámých rozměrů mi pomůže výkres pístu na obr. 8.

Pro úspěšný výpočet musím znát λ a e . $\lambda = 6-8$, já si zvolila $\lambda = 8$ a $e = 6$.

$$\lambda = \frac{a}{e}$$

$$a = 6 \cdot 8$$

$$a = 48 \text{ mm}$$

$$\xi_{A1} = e \cdot (\lambda - 2) = a - 2e$$

$$\xi_{A1} = 48 - 2 \cdot 6$$

$$\xi_{A1} = 48 - 12$$

$$\xi_{A1} = 36 \text{ mm}$$

$$\eta_{A1} = 0 \text{ mm}$$

$$\xi_C = \frac{1}{2} \cdot e\lambda$$

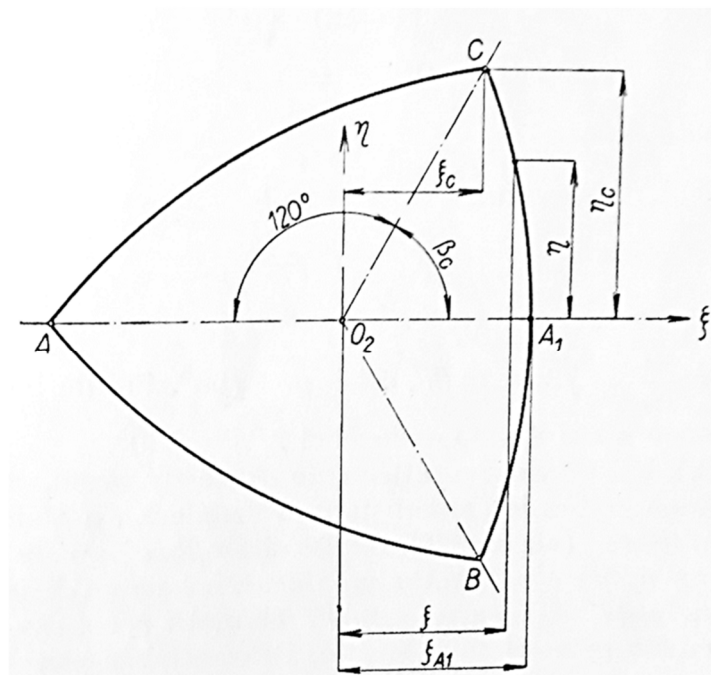
$$\xi_C = \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 8$$

$$\xi_C = 24 \text{ mm}$$

$$\eta_C = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot e\lambda$$

$$\eta_C = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 6 \cdot 8$$

$$\eta_C = 41,57 \text{ mm}$$



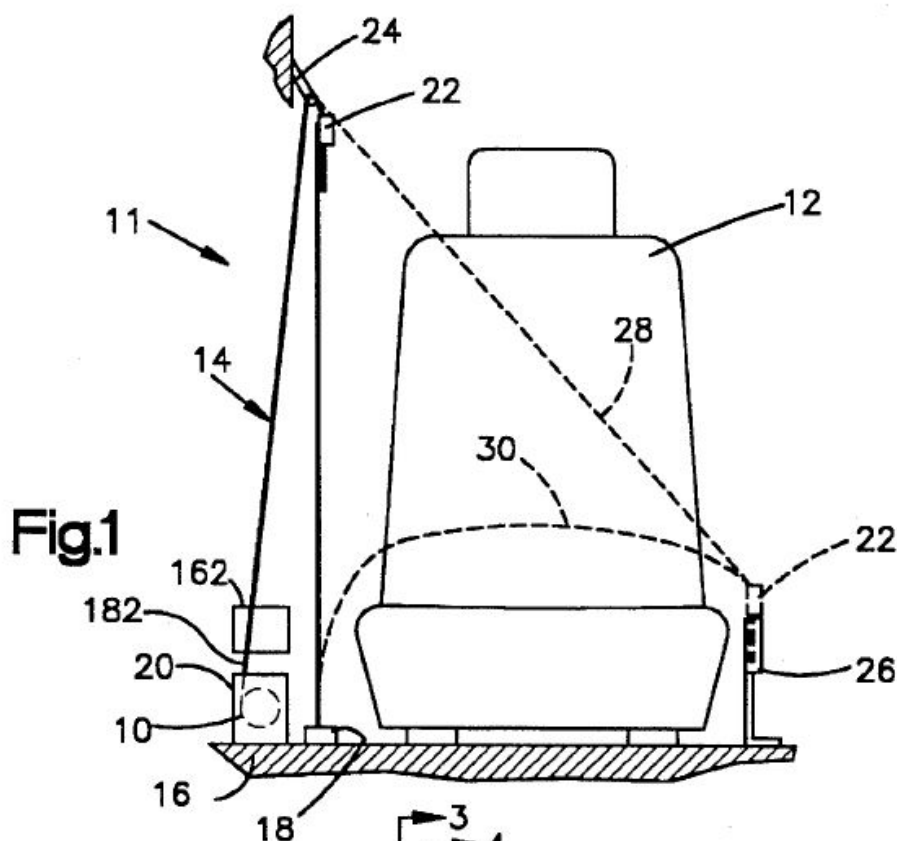
Obr. 8 – Výkres pístu

5. WANKELŮV MOTOR JAKO BEZPEČNOSTNÍ ZAŘÍZENÍ V AUTOMOBILU

Princip Wankelova motoru se uchytil i v oblasti bezpečnostních zařízení, přesněji v odvětví bezpečnostních pásů, kde zaujímá pozici předpínače bezpečnostního pásu v některých automobilech. Pro představu takový předpínač pásu můžeme najít v automobilu Volkswagen Rabbit (v Evropě známé jako VW Beetle).

Charakteristika předpínače pásu: „Předložený vynález se týká zádržného systému pro cestujícího ve vozidle a zejména pro napnutí bezpečnostního pásu v případě zpomalení vozidla nad předem stanovenou prahovou hodnotu. Předpínač 10 je zabudován do tříbodového kontinuálně smyčkového bezpečnostního pásového systému 11 pro použití při zadržování cestujícího ve vozidle.“ (Washington, Mich. Patent č. 5,485,970, 1996) Obr. 9.

Pro aktivaci předpínače pásu slouží pyrotechnické zařízení, které směruje kapalinu pod tlakem do protisměru pohyblivého rotoru. Tím se roztočí excentrický hřídel a buben pásu, na který se pás o délce 100 - 150 mm navine. Celá tato akce trvá mezi 10 – 18 ms.



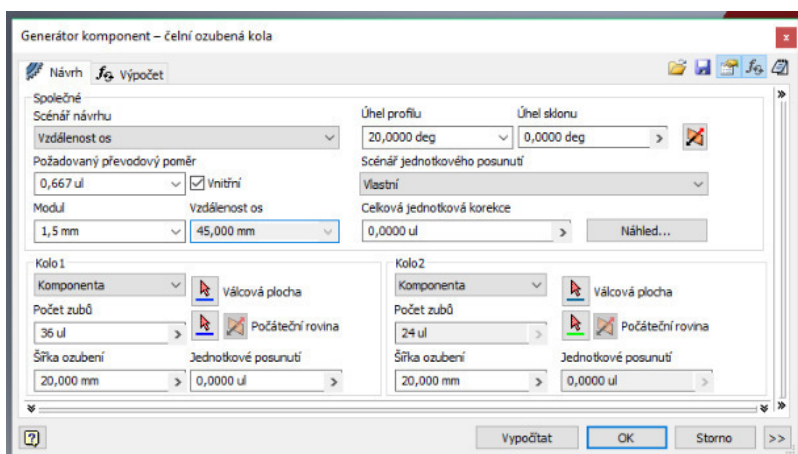
Obr. 9. Předpínač bezpečnostního pásu

Jako další netradiční využití Wankelova motoru můžu uvést čerpadlo, pohon sekačky na trávu, sněžných skútrů nebo řetězových pil.

6. MODELOVÁNÍ PŘEPÍNAČE PÁSU V INVENTORU

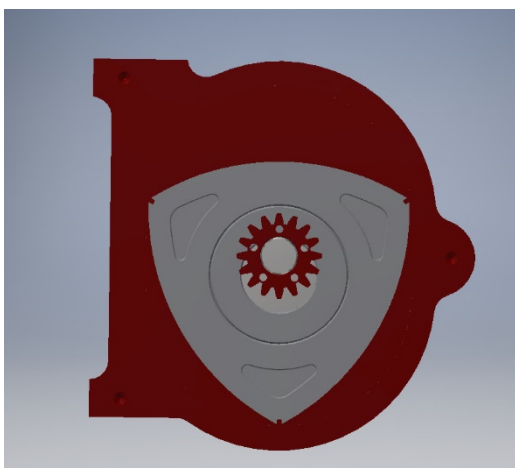
K modelování předpínače pásu na principu Wankelova motoru jsem používala program Autodesk Inventor Professional 2019 od společnosti Autodesk. V tomto programu jsem využila nejen funkci pro tvoření soukolí, ale i funkci dynamické simulace.

Modelování probíhalo následovně: v prvním kroku jsem si vymodelovala skříň. V dalším jsem si založila sestavu a další díly jsem modelovala už v sestavě. Následně jsem si vytvořila soukolí, kdy jsem si určila počet zubů, modul, převodový poměr a šířku ozubení. Viz Obr. 10.



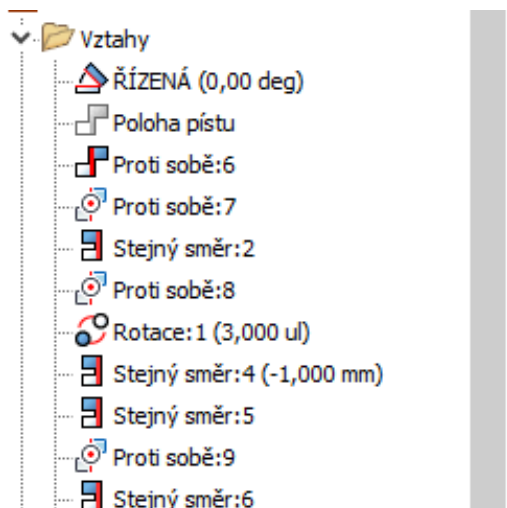
Obr. 10. Generátor komponent – čelní soukolí

Po vytvoření soukolí mě čekalo vytvořit píst, který je v podstatě součástí jednoho z ozubených kol a excentrickou hřídel, která mi bude pasovat s pístem i s druhým ozubeným kolem. Model po vytvoření hřídele a pístu vypadal takto: viz Obr. 11.

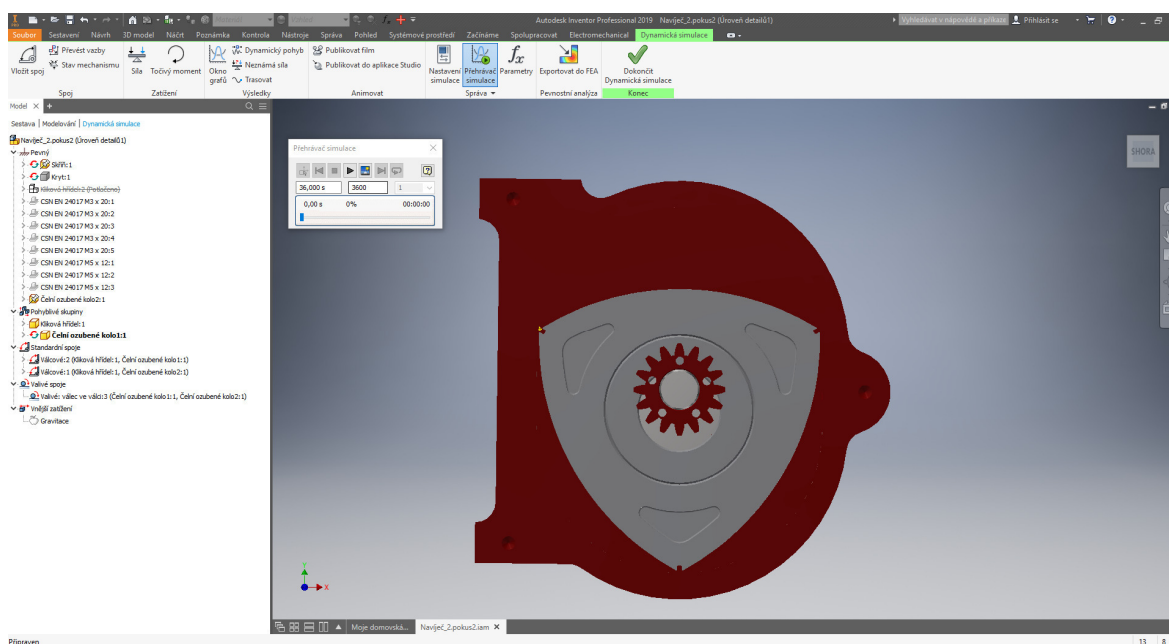


Obr. 11. Model s rotorem a hřídelí

Po nastavení všech správných vazeb (Obr. 12.), kdy pro rozpohybování modelu byla velice důležitá vazba úhlová, kterou jsem si nazvala ŘÍZENÁ, jsem model rozpohybovala a přešla k dynamické simulaci (Obr. 13.).



Obr.12. Vazby



Obr. 13. Prostředí dynamické simulace

V dynamické simulaci jsem si orotovala píst o 360° a pomocí funkce trasování se mi zobrazila dráha orotovaného pístu. Tu jsem pak přes *exportování grafu do náčrtu* vyexportovala do součásti *Skříň* a trasu vysunula, aby mi vznikl pracovní prostor skříně.

RESUMÉ

Cílem mé maturitní práce bylo poukázat na netradiční využití principu Wankelova motoru jako bezpečnostního prvku. Tento motor jsem si vybrala proto, že na něj mnoho lidí kvůli jeho známým nevýhodám zanevřelo, a já chtěla zjistit proč. Při vlastní sebeedukaci jsem našla právě Wankelův motor použitý mimo jiné jako bezpečnostní prvek, a to mě velice zaujalo. Z tohoto pohledu je jeho hlavní využití v automobilovém průmyslu u bezpečnostních pásů jako jednoho z prvků ochrany lidského života. Dá se tedy konstatovat, že Wankelův motor má i přes své nevýhody oproti klasickým spalovacím motorům každodenní neopomenutelné využití u milionů lidí po celém světě i takřka 100 let po jeho vynalezení.

Celý model včetně výkresové dokumentace jsem modelovala v programu Inventor Professional 2019 a pracovala i s dynamickými simulacemi, které se ve výuce informační a komunikační technologie neprobírají. Jsem přesvědčena o tom, že tato zkušenost mi přinese spoustu benefitů v mém dalším životě nejen při studiu na vysoké škole, ale i v zaměstnání.

SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮLiteratura:

Doc. Ing. Ladislav Kovařík, C. (1970). *Motory Wankelovy a jim příbuzné*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury.

Charles E. Steffens, J. (1996). *Washington, Mich. Patent č. 5,485,970*.

Ing. Josef Gruber. *MECHANIKA III, Kinematika*

Webové stránky:

Wankelův rotační motor nepoháněl pouze Mazdy. Kde všude se objevil? *Dostupné z:*
<https://www.auto.cz/wankeluv-rotacni-motor-nepohanel-pouze-mazdy-kde-vsude-se-objevil-110591>

Felix Wankel vyvinul nový druh spalovacího motoru s rotujícím pístem; *Dostupné z:*
<https://ct24.ceskatelevize.cz/archiv/1371539-felix-wankel-vyvinul-novy-druh-spalovaciho-motoru-s-rotujicim-pistem>

Felix Wankel; *Dostupné z:*
https://translate.google.com/translate?hl=cs&sl=en&u=https://en.wikipedia.org/wiki/Felix_Wankel&prev=search

Wankel slaví dvě výročí. Připomeňte si to nejzajímavější; *Dostupné z:*
<https://www.auto.cz/wankel-slavi-dve-vyroci-pripomente-si-to-nejzajimavejsi-z-jeho-historie-109141>

NSU Motorenwerke AG – *dostupné z wikipedie:*
<https://cs.wikipedia.org/wiki/NSU>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Felix Wankel (<https://1url.cz/NMjdE>)

Obr. 2. Automobil NSU-Spider s motorem KKM-502 (<https://1url.cz/WMjdB>)

Obr. 3. Příčný a podélný řez motorem KKM – 250 („*Motory Wankelovy a jim příbuzné*“
Doc. Ing. Ladislav Kovařík, CSc. - obr. 24, str. 32)

Obr. 4. Pracovní oběh o 1 otočce pístu („*Motory Wankelovy a jim příbuzné*“ Doc. Ing.
Ladislav Kovařík, CSc. - obr. 25, str. 34)

Obr. 5. Porovnání Wankelova motoru RC2-60-U5 s klasickým pístovým motorem FORD
V8 („*Motory Wankelovy a jim příbuzné*“ Doc. Ing. Ladislav Kovařík, CSc. - obr. 74, str.
99)

Obr. 6. Kinematický rozbor rychlosti vrcholu pístu (konzultace s Ing. Gruberem)

Obr. 7. Schéma planetového pohybu (výkres v programu AutoCAD 2018)

Obr. 8. Výkres pístu („*Motory Wankelovy a jim příbuzné*“ Doc. Ing. Ladislav Kovařík,
CSc. - obr. 91, str. 135)

Obr. 9. Předpínač bezpečnostního pásu (*Patent č. 5,485,970, 1996, Washington, Michigan*
– Fig.)

Obr. 10. Generátor komponent – čelní soukolí (program Inventor Professional 2019)

Obr. 11. Model s rotorem a hřídelí (program Inventor Professional 2019)

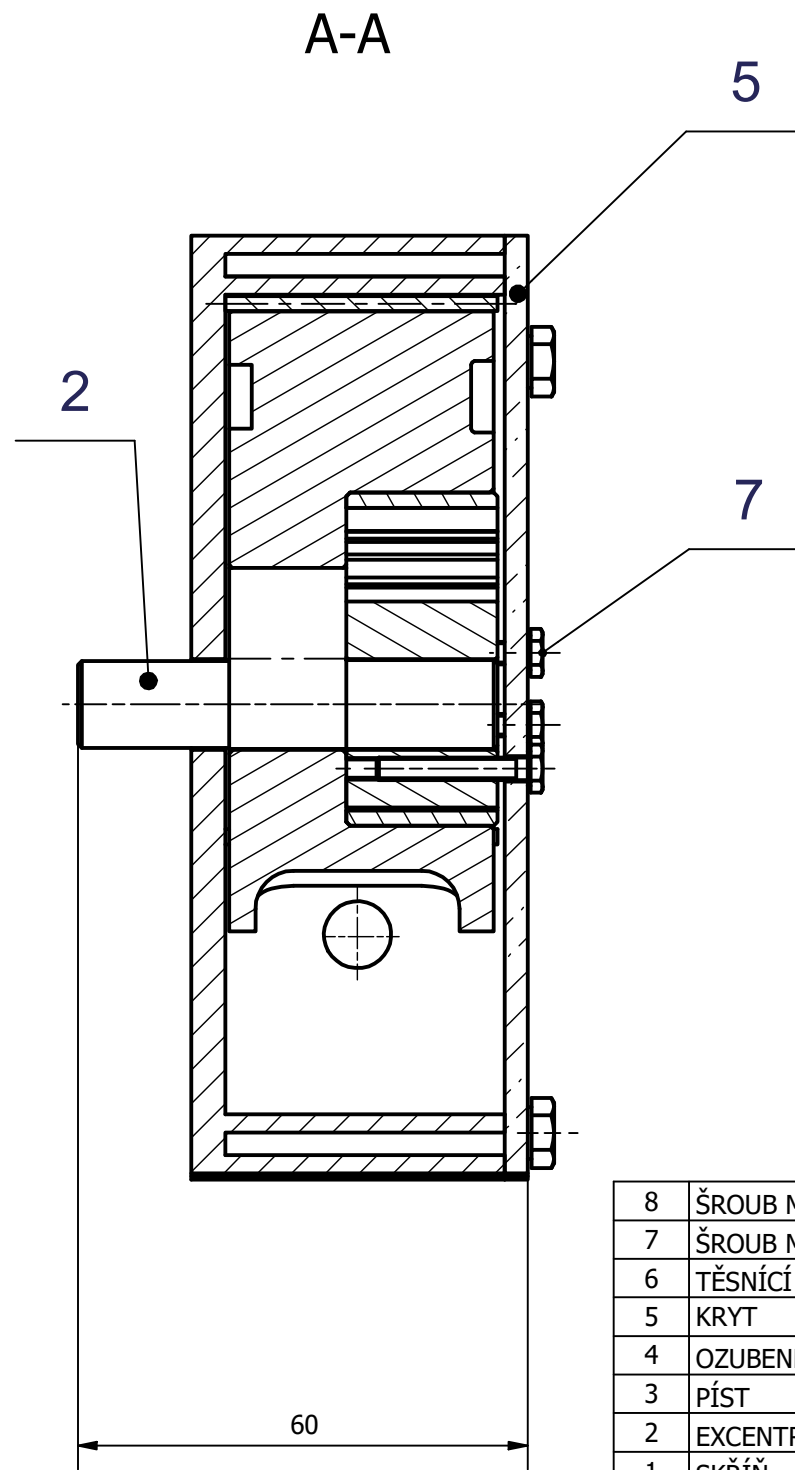
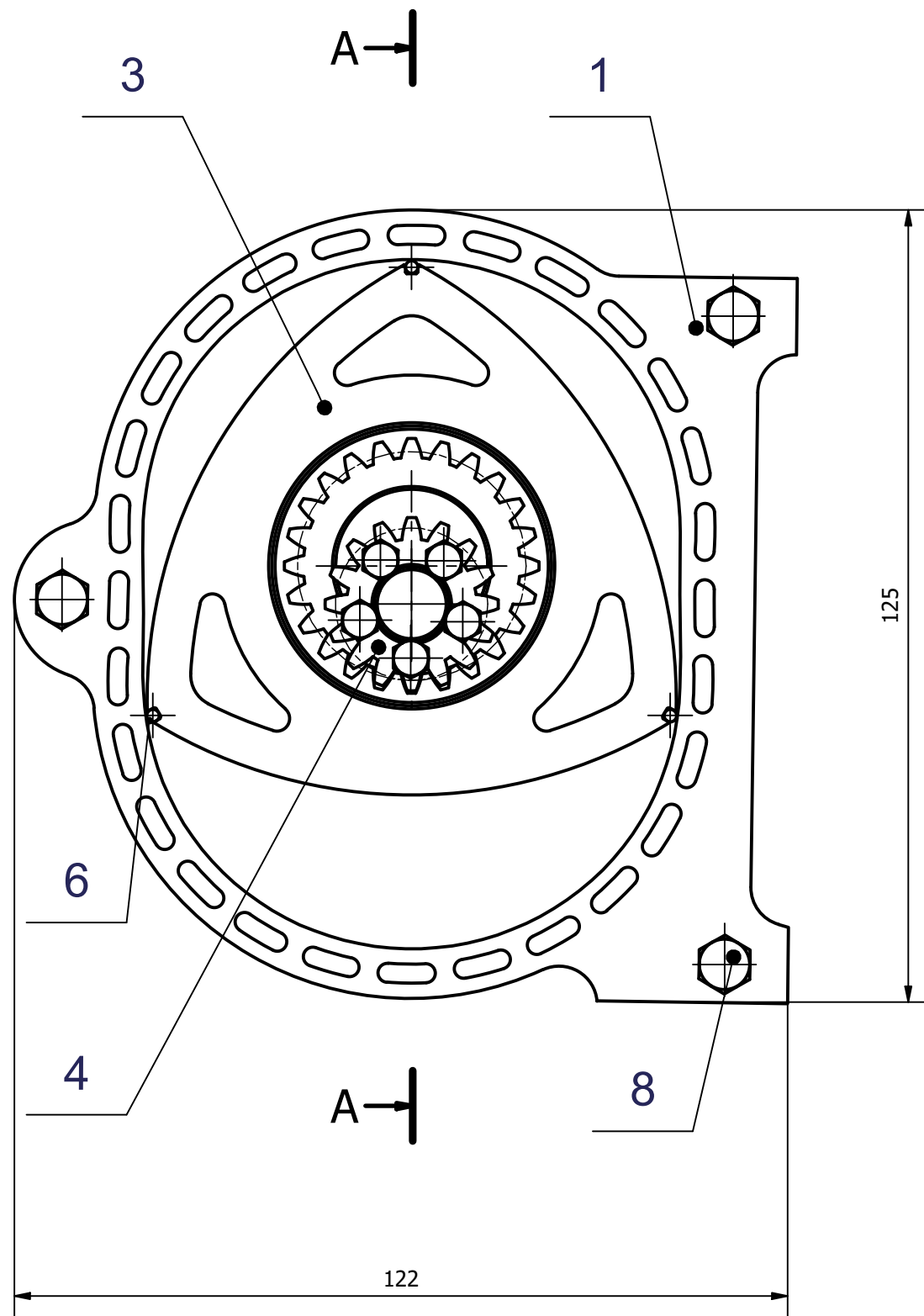
Obr. 12. Vazby (program Inventor Professional 2019)

Obr. 13. Prostředí dynamické simulace (program Inventor Professional 2019)

PŘÍLOHY

Příloha 1 – Výkresová dokumentace

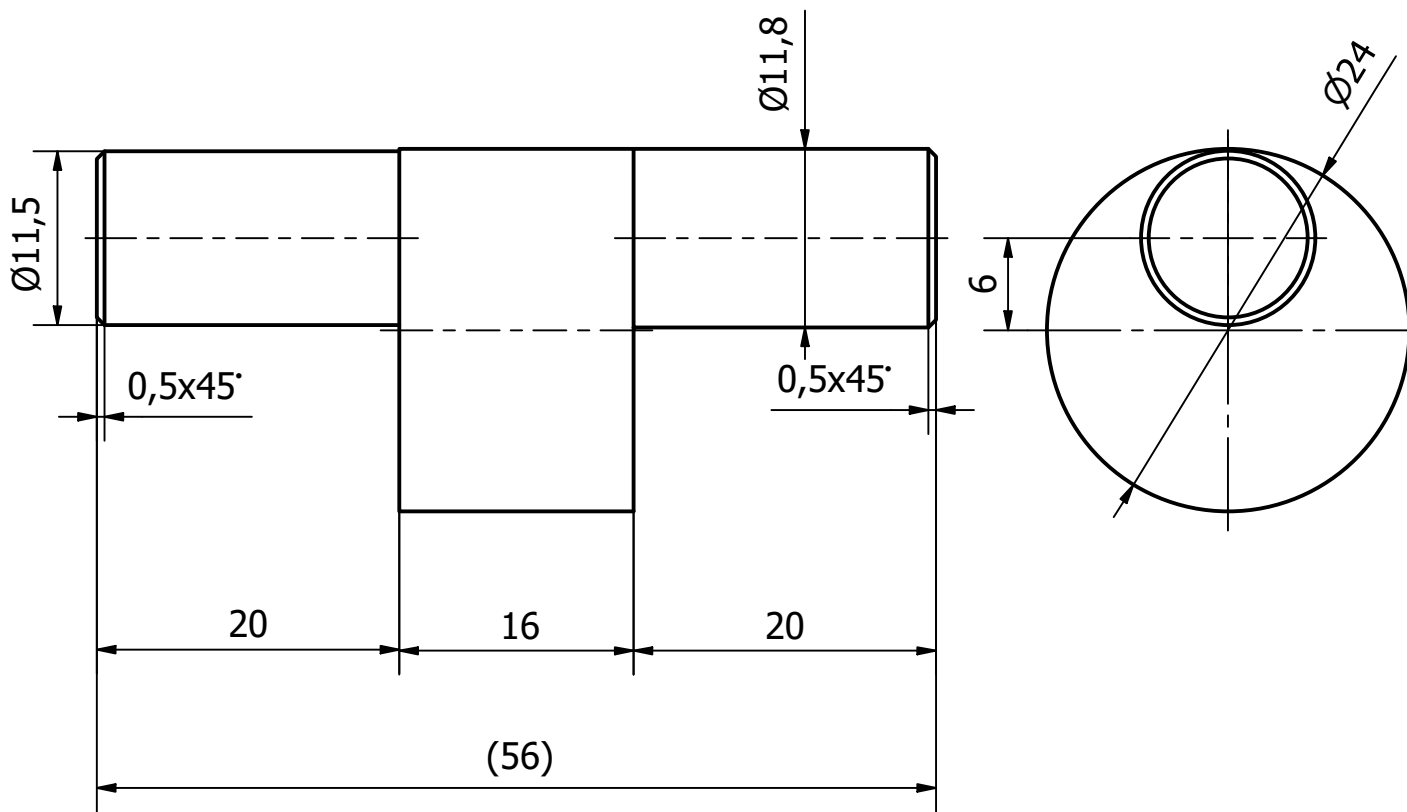
Příloha 2 – Překlad patentu



8	ŠROUB M5x12	ISO 4017		3	0,003
7	ŠROUB M3x20	ISO 4017		5	0,001
6	TĚSNÍCÍ RAD. LIŠTA	DMP-01-00-07	HLINÍK	3	0,001
5	KRYT	DMP-01-00-06	PLEXISKLO	1	0,030
4	OZUBENÉ KOLO	DMP-01-00-05	PLA	1	0,060
3	PÍST	DMP-01-01-00	PLA	1	0,115
2	EXCENTRICKÁ HŘÍDEL	DMP-01-01-02	PLA	1	0,012
1	SKŘÍŇ	DMP-01-00-01	PLA	1	0,191
POZ.	NÁZEV-ROZMĚR	NORMA-VÝKRES	MATERIÁL	KS	HMOT.

MAT.		T.O.			
POLOT.					
TOLEROVÁNÍ ČSN ISO 8015					
PŘESNOST ČSN ISO 2768-1		INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS
PROMÍT.	JMÉNO	PODPIS	DATUM	HMOT. (Kg)	MĚŘ.
	KRESLIL	KARBANOVÁ ANNA	28.3.2019	0,425	1:1
FORMÁT	TECHNOL.			SESTAVA	KUSOV.
A3	SCHVÁLIL				

STŘEDNÍ PRŮMYŠLOVÁ ŠKOLA STROJNICKÁ PLZEŇ	NÁZEV	MODEL PŘEDPÍNAČE BEZPEČNOSTNÍHO PÁSU
	ČÍSLO VÝKRESU	DMP-01-00-00



FUNKČNÍ PLOCHY RUČNĚ DOLÍCOVAT PŘI MONTÁŽI MODELU



MAT. PLA		T.O.					
POLOT.							
TOLEROVÁNÍ ČSN ISO 8015							
PŘESNOST ČSN ISO 2768-1		INDEX		ZMĚNA	DATUM	PODPIS	
PROMÍT.		JMÉNO	PODPIS	DATUM	HMOT. (Kg)	MĚŘ.	
		KARBAŇOVÁ ANNA		28.3.2019	0,012	2:1	
FORMÁT A4	TECHNOL.				SESTAVA	KUSOV.	
	SCHVÁLIL				DMP-01-00-00		
STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA STROJNICKÁ PLZEŇ			NÁZEV				
			MODEL VÝSTUPNÍHO HŘÍDELE				
			ČÍSLO VÝKRESU				
			DMP-01-00-02				

(54) Předpínač bezpečnostního pásu

Zahraniční patentové doklady

(75) Vynálezce: **Charles E. Steffens, Jr.**
Washington,
Mich.2505626 8/1976
Německo.....242/374(73) Příjemce: **TRW Vehicle Safety Systems Inc.,**
Lyndhurst, Ohio

Jiné publikace

Pipe, „Principy motoru Wankel“, 1974, pp. 1-112
Indianapolis, Ind.(21) Appl. No.: **210,931**

Primární zkoušející – John P. Darling

(22) Vyplněno: **březen 21, 1994**

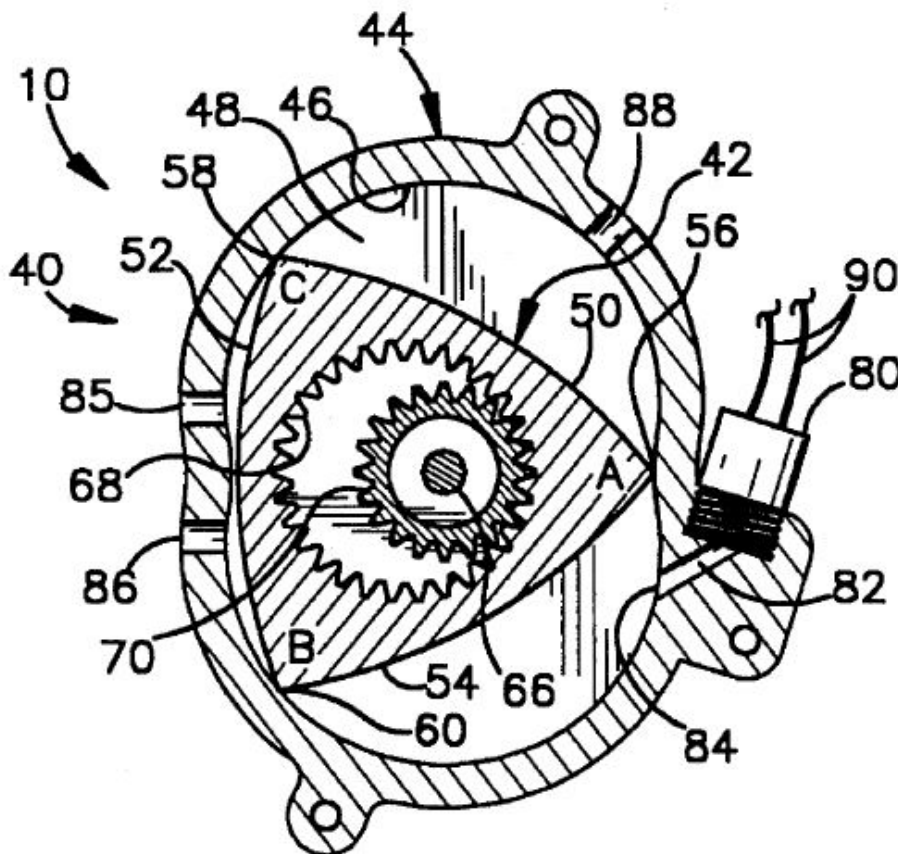
Advokát, agent nebo firma – Tarolli, Sundheim & Covell

(51) Int. Cl.6.....**60R 22/46**(57) **Abstrakt**(52) U.S. Cl.**242/374**(58) Oblast hledání.....242/374; 297/374,
297/480; 280/806(56) **Citované odkazy**

U.S. Patentované dokumenty

3,606,378	9/1971	Prostran .	
4,014,479	3/1977	Nilsson et al.....	242/374
4,151,967	5/1979	Lindblad.....	242/374
4,232,836	11/1980	Fohl.....	242/374
4,286,758	9/1981	Inukai et al. .	
4,444,010	2/1983	Andres .	
4,444,010	4/1984	Bendler .	
4,455,000	6/1984	Nilsson.....	242/374
44,508,288	4/1985	Nilsson.....	242/374
4,558,832	12/1985	Nilsson .	
4,840,325	6/1989	Higuchi et al. .	
4,871,131	10/1989	Bernier et al. .	
5,248,110	9/1993	Hiruta et al.....	242/374

Zařízení (10) pro napínání pásu (14) kolem cestujícího ve vozidle, aby byl omezen pohyb cestujícího, zahrnuje rotační trochoidní motor (40). Motor (40) obsahuje skříň (44) mající stěnu s vnitřním povrchem (46) vymezující pracovní prostor (48). Rotor (42) je v pracovním prostoru otočný a má pracovní plochy pro styk s médiem (50, 52, 54). Výstupní hřídel (66) je otočně uložen ve skříni (44). Zdroj média (80) je aktivovatelný pro dopravu média pod tlakem do pracovního prostoru (48), aby působilo na pracovní plochy (50, 52, 54) rotoru (42) pro vyvození rotace rotoru v prvním směru otáčení v pracovním prostoru, čímž se otáčí výstupní hřídel (66). Spona pásu (22) slouží k napnutí pásu (14). Výstupní hřídel (66) je větvi pásu propojen se sponou pásu (22), čímž se přenáší síla z rotujícího výstupního hřídele na sponu pásu a pás se napíná (14).

19 tvrzení, 6 nákrusů

Předpínač bezpečnostního pásu

Pozadí vynálezu

Předložený vynález se týká zadržení cestujícího ve vozidle a zvláště pak předpínače pro napnutí bezpečnostního pásu v případě kolize vozidla.

Popis dosavadního stavu techniky

Některé systémy zadržující cestující ve vozidle používají pás k omezení pohybu cestujícího ve vozidle. Je známo, že v takovém případě se používá předpínač. V případě náhlého zpomalení vozidla nad předem stanovenou prahovou hodnotou, ke které dochází při srážce vozidla, je přednostně používán pro napnutí pásu a pro uvolnění pásu. Je známo používání pyrotechnického zařízení v předpínači bezpečnostního pásu. Při aktivaci pyrotechnického zařízení směřuje médium pod tlakem proti pohyblivému členu, aby otáčel cívku na navíječi pásu ve směru zatažení pásu. Pás je navíjen na cívku pro zatažení pásu proti cestujícímu, aby se minimalizovalo uvolnění pásu.

Shrnutí vynálezu

Předložený vynález je zařízení napínající pás pro omezení pohybu cestujícího ve vozidle. Přístroj obsahuje rotační trochoidní motor, který se skládá ze skříně s vnitřními povrchy vymezujícími pracovní prostor, otočný rotor ve skříně s pracovními plochami, na které působí médium, výstupní hřídel je otočně uložen vzhledem k pouzdru a přenáší se na něj síla z rotoru. Zdroj média je aktivovatelný pro přivádění média pod tlakem do pracovního prostoru, kde působí na pracovní plochy rotoru a uvádí jej do rotace v hlavním směru, která se přenáší na výstupní hřídel. Spojovací člen pásu je spojen s pásem pro napnutí pásu. Výstupní hřídel je propojen s členem pro záběr pásu tak, že přenáší sílu z otáčející se výstupní hřídele na spojovací člen pásu pro napnutí pásu.

Stručný popis výkresů

Výše uvedené a další znaky předkládaného vynálezu budou zřejmé odborníkům v oboru, kterých se tento vynález týká, s přihlédnutím k následujícímu popisu vynálezu s odkazy na připojené výkresy, kde:

- Obr. 1** je schematické znázornění systému bezpečnostního pásu vozidla, obsahující navíječ bezpečnostního pásu a předpínač podle předkládaného vynálezu;
- Obr. 2** je znázorněný pohled na navíječ a předpínač podle obr. 1
- Obr. 3** je pohled v řezu přes předpínač podle obr. 2 podél čáry 3-3 z obr. 2;
- Obr. 4** je řez 4-4 z Obr. 2; **Obr. 5A, 5B, 5C, 5D a 5E** jsou série pohledů ilustrujících činnost rotačního trochoidního motoru předpínače;
- Obr. 6** znázorňuje blokovací mechanismus pro zablokování zpětného otáčení motoru podle obr. 5;
- Obr. 7** pohled podobný obr. 6 znázorňující blokovací mechanismus ve druhém stavu;

- Obr. 9** ilustruje druhý typ blokovacího mechanismu
- Obr. 10** je pohled shora na blokovací mechanismus
- Obr. 9** **Obr. 11** je schematický pohled ilustrující činnost blokovacího mechanismu z **obr. 9**;
- Obr. 12** znázorňuje třetí typ blokovacího mechanismu;
- Obr. 13** znázorňuje činnost blokovacího mechanismu podle **Obr. 12**;
- Obr. 14** znázorňuje sestavu přezky bezpečnostního pásu zahrnující předpínač podle předkládaného vynálezu;
- Obr. 15** je nárys sestavy z **obr. 14**;
- Obr. 16** znázorňuje sestavu zachycování tkaniva včetně předpínače podle předloženého vynálezu;
- Obr. 17** je řez 17-17 z **obr. 16**;
- Obr. 18** je pohled podobný **Obr. 17**, zobrazuje pojižďecí páku v uvedeném stavu;
- Obr. 19** je obrazový pohled ilustrující mechanické propojení mezi předpínačem podle tohoto vynálezu a retraktorem bezpečnostního pásu;
- Obr. 20** znázorňuje sestavu spojky pro použití s předpínačem podle tohoto vynálezu; a
- Obr. 21** je řez 21-21 z **obr. 20**.

Obr. 8 je pohled podobný **Obr. 6** ilustrující blokovací mechanismus ve třetím stavu.