TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Diplomová práce

Inovace zařízení na měření závislosti síly na dráze posuvných částí brzd

Bc. Pavel Černý 2012

Zadání

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program: N2301 – Strojní inženýrství

Katedra částí a mechanizmů strojů

Obor: 3909T010 - Inovační inženýrství

Zaměření: Inovace výrobků

Inovace zařízení na měření závislosti síly na dráze posuvných částí brzd

Innovation in measuring device power dependence on the runway sliding brake parts

Jméno autora: Bc. Pavel Černý

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.

Konzultant diplomové práce: Petr Novák, vedoucí Foundation Brakes, TRW

Michal Haufer, vývojový inženýr Foundation Brakes, TRW

Petr Herkommer, vedoucí vývoje Foundation Brakes, TRW

Počet stran: 76

Počet příloh: 8

Počet obrázků: 41

Počet tabulek: 9

Počet výkresů: 24

V Liberci 25.5.2012

Diplomová práce

TÉMA: **INOVACE ZAŘÍZENÍ NA MĚŘENÍ ZÁVISLOSTI SÍLY NA DRÁZE POSUVNÝCH ČÁSTÍ BRZD**

ANOTACE: Diplomová práce řeší inovaci zkušebního zařízení na měření závislosti síly na dráze posuvných částí brzd ve firmě TRW Automotive Czech s.r.o Jablonec nad Nisou. Inovace je zaměřena na vytvoření univerzálního adaptéru k uchycení brzd a možnosti uchycení pístků při měření. Dílčí inovace je výběr snímačů a aktuátoru. Po identifikování důležitých požadavků zákazníka a průzkumu trhu je vytvořeno 5 variant řešení. Následně je vybrána jedna varianta, která je do detailu rozpracována a optimalizována. Na konci práce jsou vytvořeny pevnostní výpočty a popsán přínos inovace.

THEME: **INNOVATION IN MEASURING DEVICE POWER DEPENDENCE ON THE RUNWAY SLIDING BRAKE PARTS**

ANNOTATION: This thesis solves the innovation of test equipment for measuring the force depending on the track of sliding brake parts in the company TRW Automotive Czech sro Jablonec. Innovation is focused on creating a universal adapter to attach the brake pistons and fitting options during the measurement. Partial innovation is the selection of sensors and actuators. After identifying critical customer requirements and market research is the creation of 5 options. Subsequently, selected an option which is developed in detail and optimized. At the end of the work created stress calculations are described and the benefits of innovation.

Klíčová slova: zařízení na měření závislosti síly na dráze, univerzální adaptér, uchycení pístků, inovační inženýrství, kotoučová brzda

Zpracovatel: TU v Liberci, Fakulta strojní, KST
Dokončeno: 2012
Archivní označení zprávy:

Počet stran: 76
Počet příloh: 8
Počet obrázků: 41
Počet tabulek: 9
Počet výkresů: 24

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo) a § 35 (o nevýdělečném užití díla k vnitřní potřebě školy).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové práce, či poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Datum 25.5.2012

Podpis

Místopřísežné prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím uvedené literatury, pod vedením vedoucího diplomové práce.

V Liberci 25.5.2012 ……

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce panu prof. Ing. Ladislav Ševčíkovi, CSc. z katedry částí a mechanizmů strojů na TUL za poskytnutý čas, cenné rady a ochotu. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Alešu Lufinkovi, Ph.D. za pomoc při řešení specifických problémů kolem snímačů fyzikálních veličin.

Další poděkování patří vedoucímu vývoje ve firmě TRW panu Petru Novákovi a pracovníkům firmy za poskytnutí firemních dat a konzultací k dané problematice.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat svým rodičům za finanční a psychickou podporu při studiu na TUL a při tvorbě této diplomové práce.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vznik tohoto materiálu byl podpořen v rámci projektu OP VK (CZ 1.07/2.2.00/07.0291) „In-TECH 2“ spolufinancovaného Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.

Realizace projektu : 2009 – 2012.
Partneři projektu: Technická univerzita v Liberci - Škoda Auto a.s. - Denso MCZ s.r.o.
Manažer projektu Doc. Dr. Ing. Ivan Mašín.

Obsah:

Seznam použitých zkratek a symbolů ... 9
1. Úvod ... 10
1.1 Záměr práce ... 11
1.2 Představení firmy TRW Automotive s.r.o ... 12
1.3 Úvod do problematiky kotoučových brzd ... 13
1.4 Princip fungování kotoučové brzdy ... 13
1.5 Konstrukce kotoučové brzdy ... 15
2. Současný stav zkušebního zařízení ... 16
2.1 Popis zkušebního zařízení ... 16
2.2 Princip měření na zkušebním zařízení ... 19
2.2.1 Princip měření pístku dutinou ven z těla třmenu ... 20
2.2.2 Princip měření pístku dutinou dovnitř těla třmenu ... 22
2.2.3 Princip měření brzdových destiček ... 22
2.3 Nevýhody současného stavu zkušebního zařízení ... 24
3. Plánovací fáze inovačního projektu ... 26
3.1 Harmonogram inovace zkušebního zařízení ... 26
3.2 Inovační záměr ... 26
3.3 Inovační prohlášení ... 27
4. Identifikace zákaznických potřeb ... 28
5. Hledání známých řešení ... 30
5.1 Zařízení na zkoušení brzdové soustavy ... 30
5.2 Průzkum možností uchopení pístků ... 32
5.2.1 Uchopení pomocí elektromagnetu ... 32
5.2.2 Uchopení pomocí vakuových přísavek ... 33
6. Návrhy vlastních variant řešení ... 35
6.1 Současný stav ... 36
6.1.1 Adaptér pro uchycení brzdy ... 36
6.1.2 Přípravek k posuvu brzdových destiček ... 38
6.2 Vlastní varianta číslo 1 ... 39
6.3 Vlastní varianta číslo 2 ... 42
6.4 Vlastní varianta číslo 3 ... 44
6.5 Vlastní varianta číslo 4 ... 46

6.6 Vlastní varianta číslo 5 ... 49
7. Výběr vhodné varianty ... 51
8. Metody detailního konstruování ... 53
8.1 DFA – Design for Assembly ... 53
8.2 DFM – Design for Manufacturing ... 54
8.3 DFD – Design for Disassembly ... 55
8.4 DFE – Design for Environment ... 56
9. Přezkoumání konstrukčního návrhu – metoda FMEA ... 56
10. Konstrukční zpracování inovovaného zkušebního zařízení ... 57
10.1 Popis zkušebního zařízení ... 57
10.1.1 Přípravek k posuvu brzdových destiček (pístu) ... 58
10.1.2 Univerzální adaptér ... 60
10.2 Výpočty částí zkušebního zařízení ... 62
10.2.1 Návrh šroubového spoje ... 62
10.2.2 Kontrolní výpočet šroubu M8 ... 64
10.2.3 Výpočet svaru univerzálního adaptéru ... 65
10.2.4 Kontrolní výpočet svaru univerzálního adaptéru ... 65
10.2.5 Deformační analýza univerzálního adaptéru ... 67
10.2.6 Deformační analýza přípravku k posuvu destiček (pístku) ... 69
11. Výkresová dokumentace ... 71
12. Popis přínosu inovace na zařízení a ekonomické zhodnocení ... 71
13 Závěr ... 73
Použitá literatura: ... 75
Seznam příloh: ... 76

Seznam použitých zkratek a symbolů

F [N] – síla

p [MPa] - tlak

mm - milimetr

m [kg] – hmotnost

σ [MPa] – napětí

t [°C] – teplota

P [kW] – výkon

° - úhel

∑ - suma

γ [°]– úhel stoupání závitu šroubu

φ_z [°] – třecí úhel

d [mm] – průměr

R_e [MPa] – mez kluzu v tahu

M_u - utahovací moment šroubu

p_v - tlak v závitu šroubu

bar – stará jednotka tlaku

3D – trojdimenzionální

2D – dvojdimenzionální

% - procenta

V – volt

Kč – Koruna česká

v [km/hod] – rychlost

FMEA - Failure Mode and Effect Analysis

DFX – Design for X

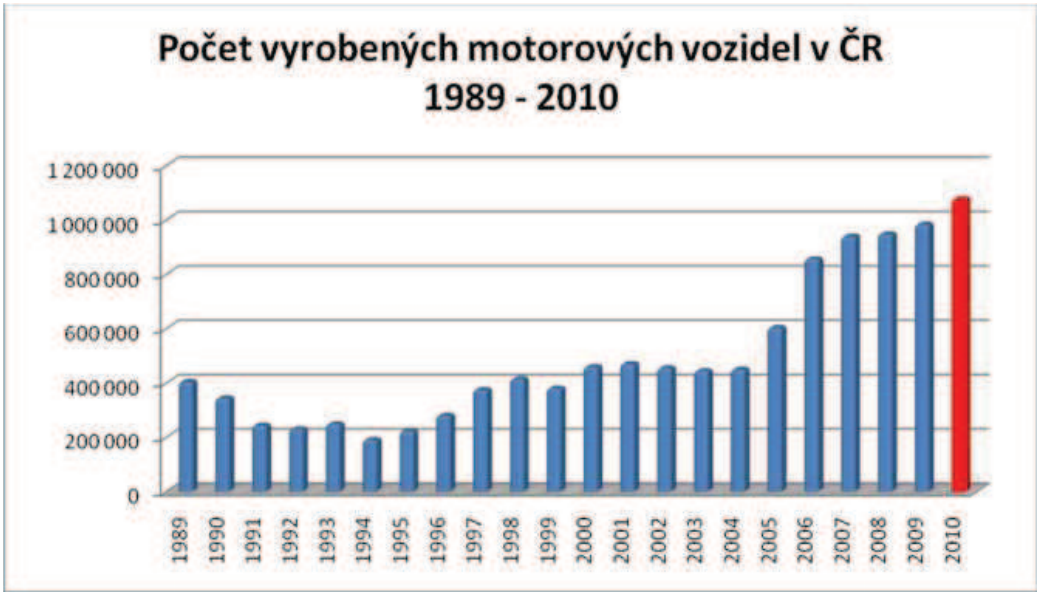
TUL - Technická univerzita v Liberci

TRW – název firmy Thompson Ramo Wooldridge Inc.

1. Úvod

Stále ve větší míře se dostává automobilový průmysl do popředí zájmu a investic ve světovém hospodářství. Každým rokem roste výroba motorových vozidel ve světě, jen za rok 2010 jich bylo vyrobeno téměř 78 miliónů. Po celém světě je v provozu přibližně 600 miliónů vozidel. Automobilový průmysl je odvětví průmyslu, které se úzce dotýká mnoha oborů, mezi něž patří strojírenství, chemický, elektrotechnický, těžební a hutnický průmysl a mnoho dalších. Díky konkurenčnímu boji se jednotlivé automobilky předhánějí mezi sebou, snaží se být o krok napřed, porovnávají své modely s konkurencí. Tato situace vyžaduje neustálé zlepšování na všech úrovních podniku. Zvyšování kvality, důraz na ekologickou výrobu vozidel, recyklovatelnost, zlepšování produktivity jsou jistě ukazatelé k dlouhodobé konkurenceschopnosti. Nejen v automobilovém průmyslu platí, že hlavním cílem by mělo být uspokojování přání a požadavků zákazníků. Po celém světě je v automobilovém průmyslu zaměstnáno více než 8,5 miliónu lidí.

V České republice patří automobilový průmysl mezi nejdůležitější průmyslová odvětví. Tvoří přibližně 35 % českého hospodářství a zaměstnává nad 120 tisíc lidí. Automobilky v ČR i zahraničí využívají celou řadu externích dodavatelů, kteří jsou rozmístěni po celém světě. Úzce spolupracují také s technickými univerzitami a vývojovými centry. Je tedy potřeba průběžně využívat inovační potenciál jak svých zaměstnanců, tak především mladých inženýrů z těchto institucí. [1], [2]



Obr. 1 – Graf počtu vyrobených automobilů v ČR [1]

1.1 Záměr práce

Cílem diplomové práce je inovace stávajícího zkušebního zařízení pro měření různých charakteristik závislosti sil na dráze posuvných částí kotoučových brzd pro automobily. Měření se týká zjištění závislosti síly na dráze při zasouvání a vysouvání pístku do těla třmenu a s tím související měření vlastností těsnícího kroužku, jenž těsní píst v těle třmenu. Jako další měření se provádí měření přesuvných sil na brzdových destičkách, které jsou posuvně uchyceny v držáku třmenu a zjištění sil v čepech, kterými je uchycen držák k tělu třmenu.

Mezi hlavní cíle zlepšení stávajícího stavu lze zařadit navržení nové konstrukce univerzálního adaptéru pro uchycení třmenu brzdy při měření, který by splňoval požadavky zákazníka. Další inovací na měřícím zařízení jsou možnosti uchycení pístu, který se vysouvá a zasouvá do těla třmenu brzdy. Uchycení pístu je omezeno řadou určitých problémů, které je potřeba při řešení brát v úvahu. Diplomová práce dále řeší průzkum možností a následný výběr vhodných snímačů a aktuátorů pro potřeby měření na zkušebním zařízení dle požadavků zákazníka. Nová konstrukce zkušebního zařízení by neměla zhoršovat přesnosti stávajícího stavu. Přesnost snímače dráhy je 0,1% a lineární pohon umožňuje setiny kroku (až 0,05 mm) při osové síle do 2 kN. Současný adaptér má maximální posunutí z původní polohy při velikosti této síly v řádech desetin milimetrů (0,6 mm) a napětí má velikost 1875 MPa. Přípravek k posuvu brzdových destiček má posunutí při měření v desetinách milimetrů (max. 0,9 mm) s napětí dosahuje hodnoty 315,2 MPa.

Diplomová práce je koncipována jako projekt, který se skládá z několika po sobě jdoucích logických kroků. Na samém začátku je nutné seznámení se s konstrukcí a funkcí kotoučových brzd v automobilovém průmyslu pro správné pochopení samotné podstaty a důvodu měření. V další fázi se popíše současný stav zkušebního zařízení, seznámí se s principem měření brzd a určí se nedostatky zařízení. Následuje naplánování procesu inovace pomocí metod inovačního inženýrství, identifikace důležitých požadavků, potřeb zákazníka a následné hledání již existujících řešení. Jako další logický postup je návrh vlastních 5 variant inovovaných řešení. Z variant se následně objektivně vybere nejlepší a nejvhodnější návrh vhodnou rozhodovací metodou. Pomocí metod detailního konstruování a ověřování konstrukčního návrhu se provede ověření výsledné varianty. Následuje prověření vítězné varianty z hlediska tuhosti a pevnosti konstrukce pomocí příslušného softwaru. V samém závěru se popíše přínos aplikovaných inovací na měřící zařízení. Cílem této práce není inovace softwarového a výpočetního mechanizmu při měření a zároveň práce neobsahuje

samotnou inovaci automobilové brzdy. Práce se dále nezabývá vyhodnocením výsledků při měření.

1.2 Představení firmy TRW Automotive s.r.o

Firma TRW patří mezi přední světové dodavatele autopříslušenství a zároveň je dodavatelem technologií aktivní a pasivní bezpečnosti pro výrobce motorových vozidel po celém světě. Firma vyrábí celou řadu výrobků a náhradních dílů pro podvozkové systémy jako například brzdové komponenty, díly řízení a zavěšení kol. Brzdové produkty pokrývají 95 % komplexního programu automobilového zajištění dodávek. Mezi tyto produkty lze zahrnout třecí segmenty, jako jsou čelisti, destičky, brzdové bubny, nové brzdové třmeny, disky kotoučových brzd apod. A dále s tím související hydraulické komponenty – brzdové soustavy, brzdové válečky, čističe brzd, nářadí, kompletní sady brzdového systému a mnohé další. TRW rozšířila svůj výrobní program o systémy řízení a zavěšení kol, mezi které se řadí hřebenové tyče řízení, ovládací součástky včetně příčných ramen nápravy, hlavy řídících tyčí, kulové klouby, stabilizátory a manžety. Firma TRW zajišťuje přidanou hodnotu pomocí školících programů a komplexní technické a marketingové podpory.

Od roku 1999 působí TRW v České republice, kdy koncern TRW koupil firmu Lucas Varity (bývalé Lucas Autobrzdy s.r.o.). Dochází k přejmenování na TRW Automotive Czech. Závod TRW Automotive Czech s.r.o Jablonec nad Nisou se zabývá výrobou, prodejem a vývojem brzd a brzdových komponentů pro světové automobilky (ŠKODA/Volkswagen/AUDI/Seat, OPEL, FORD, BMW, Renault a mnohé další). [3]

Obr. 2 – Ukázka výrobků firmy TRW Automotive Czech s.r.o [3]

1.3 Úvod do problematiky kotoučových brzd

Zkušební zařízení na měření různých charakteristik závislosti síly na dráze se používá pro různé aplikace jako je měření charakteristiky vratných pružin, zasunutí a vysunutí pístu u brzd pro auta, přesuvné síly na brzdných destičkách, dynamické zkoušky těsnosti pomocí tlakového hydraulického oleje a podobně.

Diplomová práce je zaměřena na zlepšení zkušebního zařízení pro měření charakteristik závislosti sil na dráze posuvných částí kotoučových brzd pro automobily. Měření se týká zjištění závislosti síly na dráze při zasouvání a vysouvání pístu do třmenu, a následné měření vlastností těsnícího kroužku, který těsní píst v těle třmenu. Dále se měří přesuvné síly destiček v jejich uložení, které jsou uchyceny v posuvném držáku třmenu a s tím související zjištění sil v čepech, kterými je uchycen držák třmenu k brzdě. Měření brzd na zkušebním zařízení by se mělo svými podmínkami co nejvíc přiblížit skutečnému chování brzd při reálném provozu auta.

Na zkušebním zařízení se provádějí rozdílné soubory měření a zkoušek pro různé typy a velikosti kotoučových brzd pro automobily. Zpravidla se měří 4 kusy z celé výrobní série brzd.

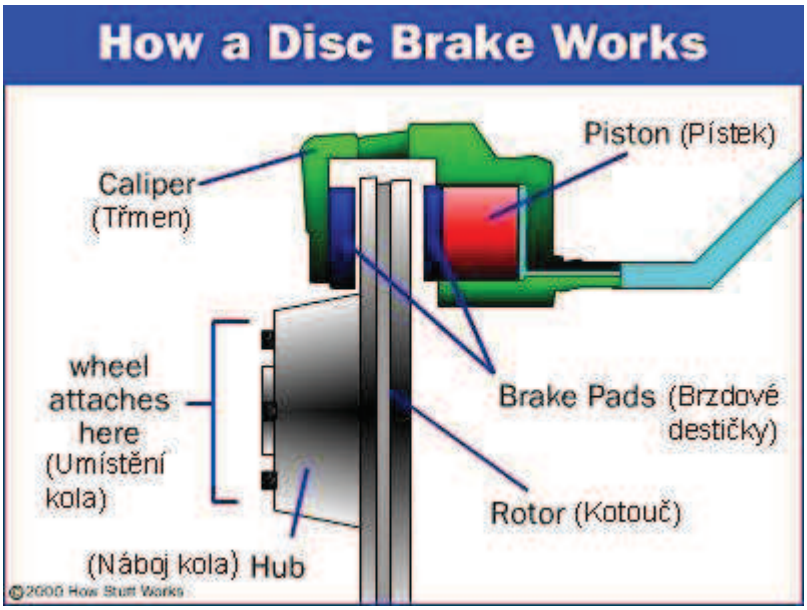
1.4 Princip fungování kotoučové brzdy

Pro správné pochopení problému měření brzd je nutné popsat jednotlivé části kotoučových brzd pro automobilový průmysl a vysvětlit princip jejich fungování. Brzda obecně slouží k zastavení a zpomalení pohybujícího se předmětu. Brzda jako technické zařízení ve fyzikální podstatě přeměňuje kinetickou energii předmětu při brzdění v jiný druh energie (povětšinou teplo). Největší význam mají brzdy hlavně u dopravních prostředků, ale oblast jejich použití je samozřejmě velice široká a jsou hojně používány i u strojních zařízení. Existuje celá řada typů brzd, rozdělených podle konstrukce brzdné části, podle ovládání, podle přenosu brzdné síly, podle použití a mnoha dalších kritérií.

Stále ve větší míře se začínají používat kotoučové brzdy v automobilovém průmyslu, u motocyklů a kolejových vozidel. Patří mezi široce používanou a moderní brzdu. Tyto brzdy patří mezi mechanické brzdy a jsou zařazeny v podkategorii vnitřních mechanických brzd. V

kotoučové brzdě působí mechanicky přítlakem brzdné destičky na pohyblivou část automobilu, to znamená na otáčející se kola (na kotouč).

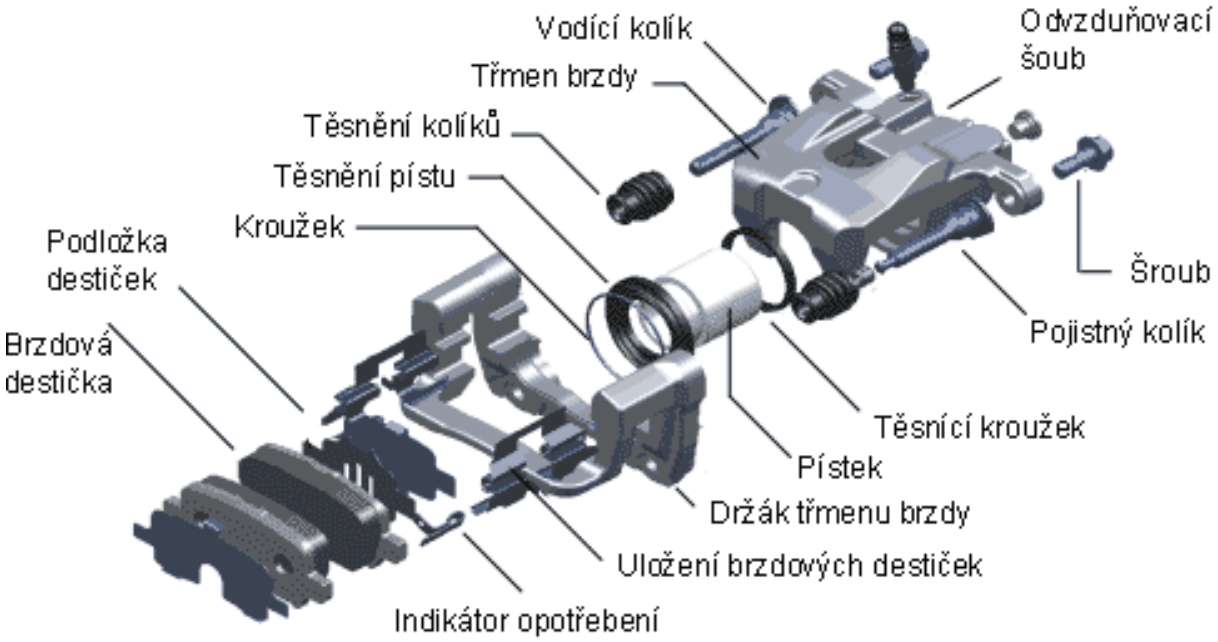
Ve zjednodušeném principu je pracovní část (kotouč) brzdy, brzděna přítlakem brzdových destiček. Přenos brzdné síly je zpravidla u silničních vozidel zprostředkován hydraulikou. Při sešlápnutí brzdového pedálu vznikne tlak (až 18 MPa) na brzdnou kapalinu v systému brzdy. Kapalina začne tlačit na píst ve třmenu, který tlačí brzdové destičky kolmo na kotouč. Vznikne třecí síla mezi destičkami a kotoučem, která působí proti otáčení a zpomaluje rotační pohyb kol. Po uvolnění tlaku (odšlápnutí pedálu brzdy) v brzdové kapalině na píst se rotačním pohybem kotouče vrátí brzdové destičky do výchozí polohy. Při dlouhodobém brzdění mohou teploty dosahovat až 900°C. Princip je zobrazen na obrázku číslo 3.



Obr. 3 – Jak pracuje kotoučová brzda [6]

Mezi hlavní výhody používání kotoučových brzd patří beze sporu jejich lepší ochlazování oproti bubnovým brzdám, jejich lehčí váha a výrazně lepší účinnost. Mezi nevýhody těchto brzd by se dala zařadit jejich dražší výroba a vyšší náchylnost k poruchám při znečistění. [4], [5]

1.5 Konstrukce kotoučové brzdy



Obr. 4 – Popis částí kotoučové brzdy [7]

Kotoučová brzda má jako jednu z hlavních svých součástí kotouč, který je připevněn na brzděný rotor se kterým se otáčí. Tyto kotouče jsou zpravidla kovové a bývají v častých případech s vnitřním chlazením, protože se při brzdění mění kinetická energie na tepelnou energii. Brzdové kotouče se používáním opotřebovávají.

Další nedílnou součástí kotoučové brzdy je brzdový třmen, do kterého je namontován pístek. Pístek je umístěn ve válci třmenu a je ovládán tlakem brzdové kapaliny. Existují 2 základní druhy umístění pístků ve třmenu. První skupina pístků je ve válci třmenu umístěna dutinou ven z těla třmenu, druhá skupina pístků je opačně situována, to znamená, že dutina pístku směřuje do válce. Ve válci je pístek utěsněn pomocí těsnícího kroužku, který bývá z elastomeru. Zároveň má kroužek funkci při vracení pístu do výchozí polohy. Kruhové těsnění má vnitřní průměr menší, než je průměr pístku a tím je dosaženo předpětí. Při brzdění se těsnící kroužek zdeformuje. Po uvolnění pedálu klesne tlak kapaliny a těsnění se vrátí do původní polohy spolu s pístem. Používají se samostavitelné písty, které se samy nastavují při opotřebení brzdových destiček, tak aby vznikla mezi brzdovými destičkami a kotoučem

minimální vůle i v klidovém stavu. Brzdový třmen má takzvané uši a za ně je pomocí pohyblivých vodících kolíků se šroubem ke třmenu připevněn držák třmenu.

Držák třmenu je pevně připojen na konstrukci vozidla. V této součásti brzdy jsou vložena kluzná uložení (vedení), ve kterých se pohybují brzdové destičky. Brzdové destičky jsou přitlačovány pístem k brzdovému kotouči a mají velký koeficient smykového tření. [5]

2. Současný stav zkušebního zařízení

2.1 Popis zkušebního zařízení

Zkušební zařízení na měření závislosti síly na dráze pro posuvné části brzd pro automobily se skládá z několika částí, které jsou uloženy na kovové desce stolu. Stůl je obdélníkového tvaru, složen z profilových trubek. Ke stolu je v bocích připevněna deska stolu. Deska je uložena v otočném kloubu, což umožňuje její natáčení o 360° v příčném směru. Deska má otvor pro protažení nutné kabeláže motoru a snímačů nad desku stolu. Dále má deska skrz vyfrézovaný přesný otvor pro uchycení adaptéru, který drží brzdy při měření. V tomto otvoru je k desce přišroubována vyměnitelná vložka, o kterou se opírá adaptér. Pod stolem u otvoru je umístěn přítlačný píst, který slouží k přitlačení adaptérů k vložce a jejich zaaretování v požadované poloze.

Hlavní částí zkušebního zařízení pro měření závislosti síly na dráze je pohon. Ten je zprostředkován elektrickým lineárním válcovým krokovým motorem. Jedná se o starší typ motoru firmy HEIDENHAIN o výkonu 2kW. Vzhledem ke stáří stroje nebyla možnost zjistit další parametry stroje.

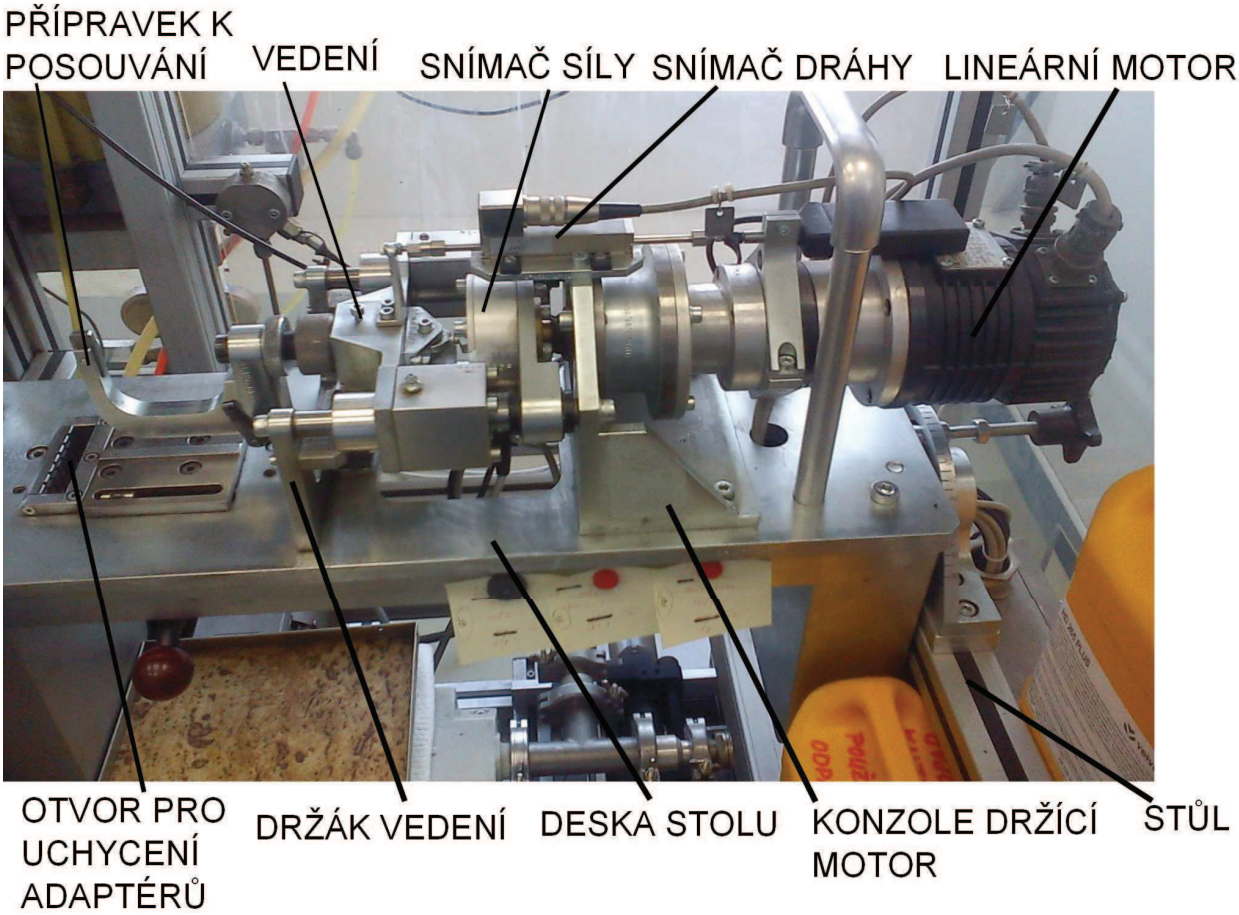
Lineární motory vykonávají posuvný pohyb. Je to klasický synchronní (i asynchronní) stroj tvořen feromagnetickým svazkem složeným z elektrotechnických plechů a trojfázového vinutí uloženého v jeho drážkách. Tomuto plochému dílu se říká rotor (jiní výrobci tuto část označují jako stator). Proti dílu je konstrukčně uspořádána sekundární část tvořená

permanentními magnety, které jsou nalepené na ocelové podložce. Tyto magnety jsou rozvinuty do délky podél celé pojezdové dráhy stroje a lze ji sestavovat do libovolných délek. Zpravidla je tato část výrobci označována jako stator. O dílu, který se má pohybovat rozhoduje konstrukční uspořádání lineárního motoru. Mezi hlavní výhody použití lineárních motorů je libovolně stavitelná magnetická dráha, vysoká přesnost polohy, velké rychlosti a zrychlení a v neposlední řadě opakovatelnost a velké posuvné síly. [8], [9]

Motor je připevněn čtyřmi šrouby s vnitřním šestihranem ke konzole motoru. Konzola má průchozí otvor, kterým prochází osová tyč motoru a je k desce stolu přišroubována čtveřicí šroubů. Osa motoru je umístěna od základny desky stolu ve výšce 100 mm.

Další součástí zkušebního zařízení je podpěrné vedení. Vedení se skládá ze dvou dílů, které jsou vzájemně spojeny. Na prvním dílu je pomocí čtveřice šroubů připevněn přírubový kruhový snímač síly. Snímá tahovou i tlakovou sílu v ose.

Snímač síly je převodník, který převádí na něj působící sílu na měřitelný elektrický výstup. Použitý snímač síly je dle typu konstrukce - tenzometrický. Snímač je složen ze samostatných tenzometrů, které jsou nalepeny na nosník či deformační část snímače. Tato část musí mít vlastní frekvenci kmitání dostatečně vysokou, aby element stačil změny veličiny zaznamenat. Tenzometr je pasivní elektronická součástka, jenž nepřímo měří mechanické napětí na povrchu součásti prostřednictvím deformace součásti. Využívá se skutečnosti, kdy se mění odpor vodiče při jeho deformaci. Tenzometr je připevněn na objekt, jehož deformaci chceme měřit a tenzometr se deformuje spolu s objektem. Měří se změna odporu tenzometru, která je úměrná deformaci. Nejrozšířenější a nejpoužívanější tenzometry ve snímačích síly jsou fóliové tenzometry. Vodičem je kovová fólie litograficky nanesena na nosné izolační podložce. Použitý snímač síly je od firmy ERICHSEN o průměru 90 mm a jeho nosná síla je 2kN. [10], [11]



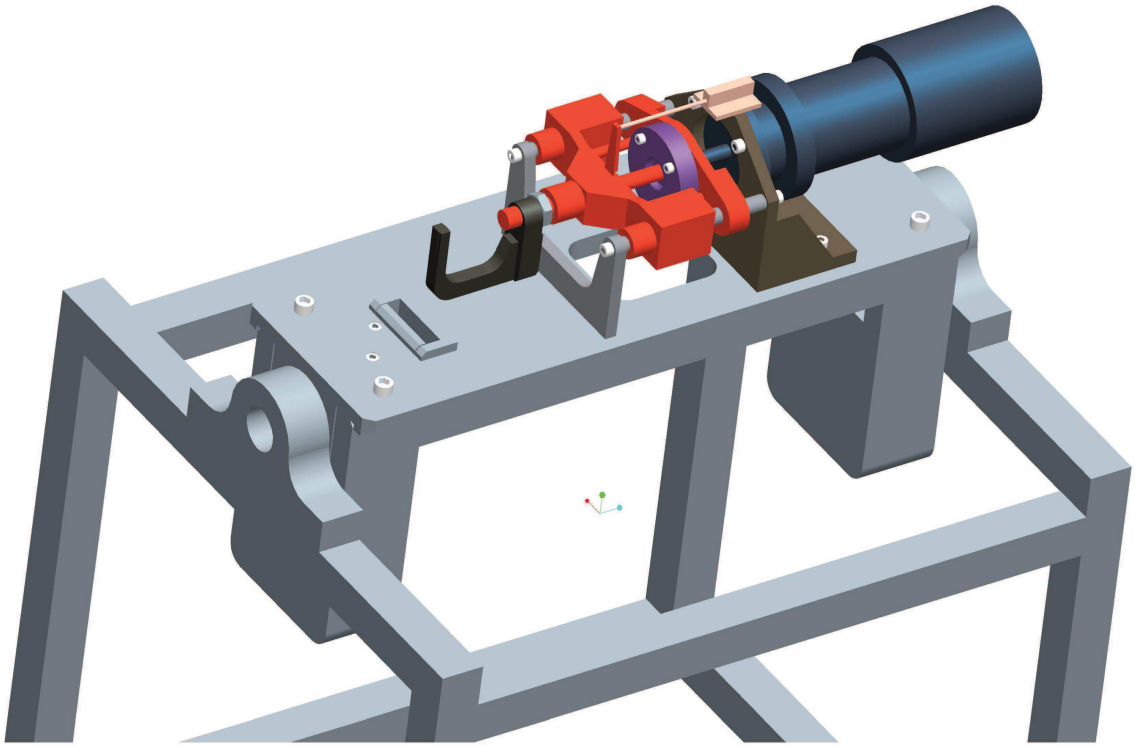
Obr. 5 – Popis stroje

K druhému dílu vedení je připevněn odporový snímač dráhy. Ten se skládá z těla a posuvné tyčky vystupující z těla. Její konec je připevněn na díl vedení, zatímco tělo snímače je přichyceno na pevné základně, kterou představuje konzola držící motor.

Princip odporových snímačů spočívá v tom, že je posuv převáděn na pohyb jezdce po odporové dráze (princip potenciometru). Elektrický odpor mezi jezdcem (kontakt) a pevnými konci odporové dráhy (konce potenciometru) se mění působením přímočarého pohybu na polohu kontaktu. Odporové snímače dosahují přesnosti 0,1 až 0,02 %, jsou velmi jednoduché a levné. Další výhoda je možnost širokého výběru typů, délek, rozměrů apod. Snímač v současném řešení je od firmy HEIDENHAIN a měří s přesností 0,1 %. [11], [12]

Obě části vedení se posouvají po hřídelkách, které jsou na jedné straně připevněny k držáku vedení a na druhé straně přišroubovány ke konzoly držící motor. Podle informací z firmy je vedení kluzné.

Z druhého dílu vedení je vyvedena tyčka se závitem. Na závit se umístí buď přípravek k posouvání destiček nebo pístku a lze s přípravkem pohybovat po celé délce závitu. K zajištění polohy přípravku na závitu slouží utahovací matice. Elektronické části jako je snímač dráhy a snímač síly jsou připojeny na měřící a záznamové zařízení, kde dochází k převodu sledované fyzikální veličiny na elektrickou veličinu vhodnou k zobrazení. Motor je zapojen na řídící jednotku a na elektrické napájení.



Obr. 6 - Zjednodušený 3D model zkušebního zařízení

2.2 Princip měření na zkušebním zařízení

Jak je napsáno v kapitole 1.3 na zkušebním zařízení se provádí různé soubory měření pro každou brzdu. Diplomová práce se omezí na měření a zjištění závislosti síly na dráze posuvných částí brzd pro automobily. Podmínky při měření by měly být co nejvíce podobné podmínkám ostrého provozu brzd v motorových vozidlech při běžném použití. Pro měření se používají brzdy přímo z výrobní linky, jsou tedy kompletně smontované, plně funkční a připravené k expedici. Při měření brzd je už ve válci třmenu brzdová kapalina, která se při

měření samozřejmě zachová, aby se co nejvíce simulovalo reálné prostředí. Kapalina ovšem není pod tlakem.

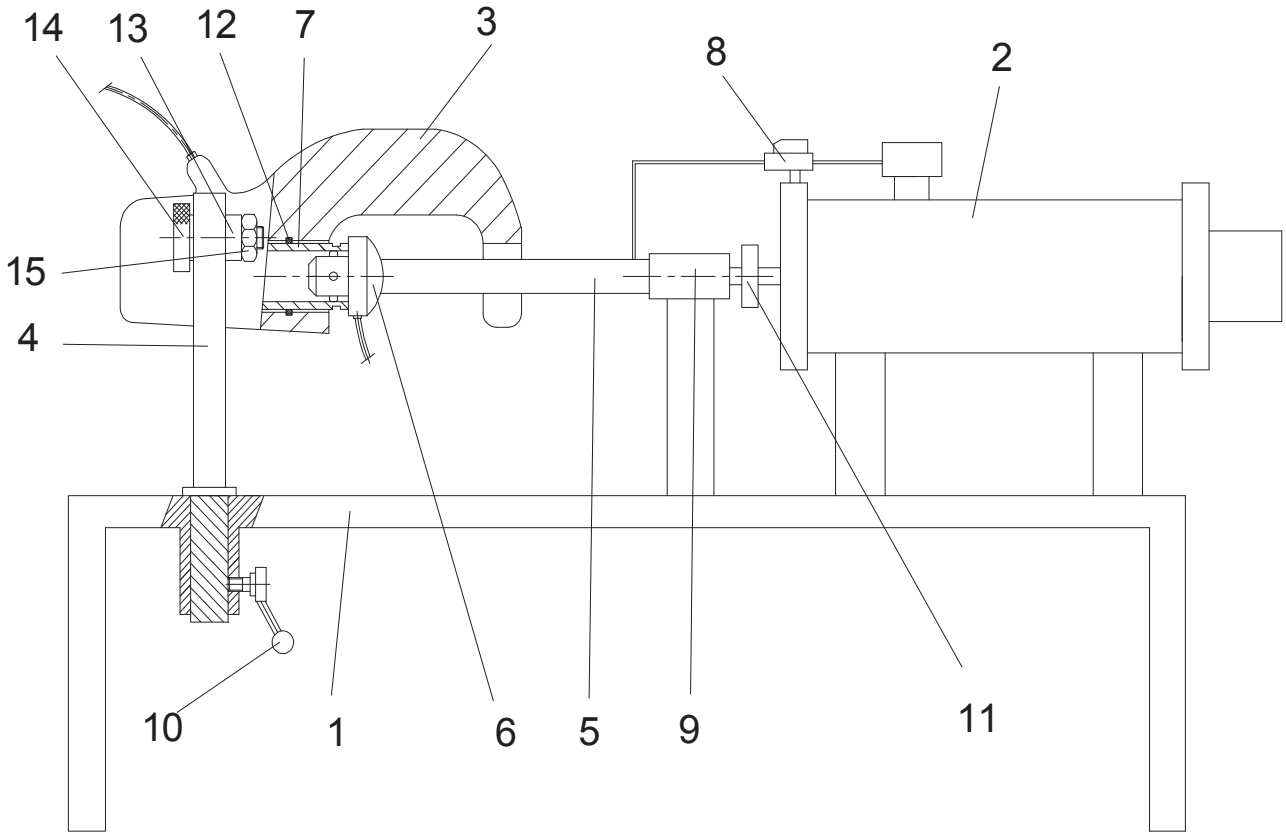
2.2.1 Princip měření pístku dutinou ven z těla třmenu

Mezi posuvné části brzd patří zjištění vlastností těsnícího kroužku v těle třmenu. Tento kroužek těsní mezeru mezi pístem a válcem třmenu, aby se nedostala tlaková brzdná kapalina ven. Zároveň napomáhá k vracení pístu do výchozí polohy po odšlápnutí pedálu. Těsnící kroužek má vnitřní průměr menší než je průměr pístku, při brzdění se kroužek deformuje, po uvolnění tlaku brzdné kapaliny se těsnící kroužek vrací do původní polohy a stáhne se sebou i pístek. Měření se uskutečňuje pomocí simulace dráhy pístku na zkušebním zařízení.

Postup měření má následující kroky. Pomocí přípravku na pístky se zasouvá a vysouvá pístek do těla třmenu a měří se síla v závislosti na dráze. Pracovník obsluhující měřící zařízení našroubuje přípravek k posouvání pístku na závit vyvedený z druhého dílu vedení.

Princip měření a přípravek je zobrazen na obrázku číslo 7. Přípravek má tvar válce s průměrem 42 mm, délkou 20 mm a má zkosení ke snadnému umisťování přípravku do pístku. Přípravek je umístěn na závitu vyvedeného z druhého vedení. Na válci jsou umístěny 4 kolíky ovládané pneumatikou, které se roztáhnou, a tím dojde k uchycení přípravku k vnitřnímu průměru pístku.

Lineární motor je připraven ve výchozí poloze. Poté obsluha upevní třmen brzdy (bez držáku) do adapteru, za uši třmenu. Upevnění provede pomocí rýhovaného šroubu a matice. Uši třmenu jsou umístěny vpravo od adaptéru, který ho drží. Každá brzda má svůj speciálně vyrobený adaptér pro měření. Adaptér se spolu s brzdou zasune do otvoru ve stolu, opře se o vložku ve stolu a následně se pomocí pákového mechanizmu přitlačí kruhovým pístkem k vložce. Dojde k zafixování polohy (zachování požadovaných rozměrů) adapteru resp. celého třmenu vůči základně stolu. Je třeba dodržet, aby osa pístku byla ve stejné rovině, jako je osa motoru. Osa motoru je od základny ve vzdálenosti 100 mm. Pístek by se jinak mohl vzpříčit v těle třmenu. Následně je potřeba přípravek na posouvání pístku umístit do vnitřního průměru pístu, a nastavit tento přípravek, aby se celý přípravek vsunul do pístku. Vzdálenost se nastaví jednoduchým pohybem tohoto přípravku po závitu. K zajištění přípravku ve správné poloze slouží utahovací matice. Tlakovým vzduchem se kolíky roztáhnou a přípravek je pevně spojen s vnitřním průměrem pístu.



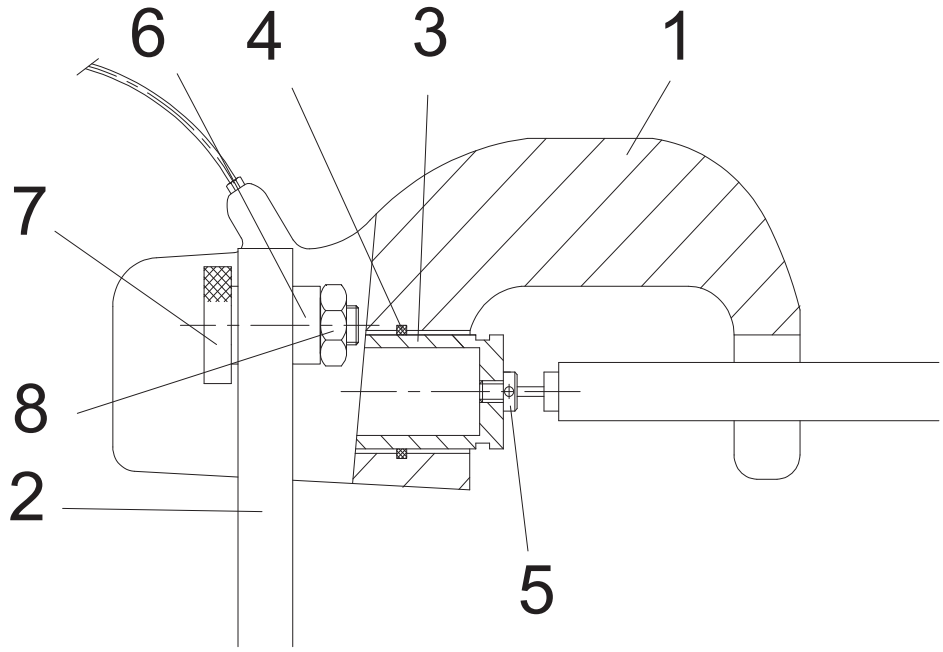
Obr. 7 – Schéma zařízení na měření posuvných částí brzd – měření pístku

1 – deska stolu	6 – přípravek k posouvání pístku	11 – snímač síly
2 – lineární krokový motor	7 – pístek	12 – těsnící kroužek
3 – třmen brzdy	8 – snímač dráhy	13 – uši třmenu
4 – adaptér držící uši třmenu	9 – vedení	14 – rýhovaný šroub
5 – tyč se závitem	10 – přítlačný pístek	15 – matice

Následuje samotné měření závislosti síly na dráze. Dochází k vysouvání a zasouvání pístku do třmenu při nastavení přesnosti měření 1%. Lineární motor posouvá pístkem v požadovaných krocích, které jsou řádově v setinách milimetrů (až 0,05 mm) a v požadované délce dráhy. Tato dráha je různá pro každou brzdu, zpravidla nepřesahuje 4 mm. Při měření je k pohybu pístu zapotřebí síla do velikosti 600 N. Vyhodnocení probíhá pomocí měřícího a záznamového zařízení. Vzniká hysterezní křivka, která zobrazuje na ose y velikost dráhy a na ose x velikost síly.

2.2.2 Princip měření pístku dutinou dovnitř těla třmenu

Předchozí měření se provádí pro pístky, které mají dutinu směřující ven z těla třmenu. Pístky s dutinou dovnitř se měří obdobným způsobem, jen s tím rozdílem, že je potřeba v čele pístku vytvořit závit, do kterého se namontuje šroub, který drží pístek. Detail současného řešení je na obrázku číslo 8.



Obr. 8 – Schéma zařízení na měření posuvných částí brzd – detail měření pístku

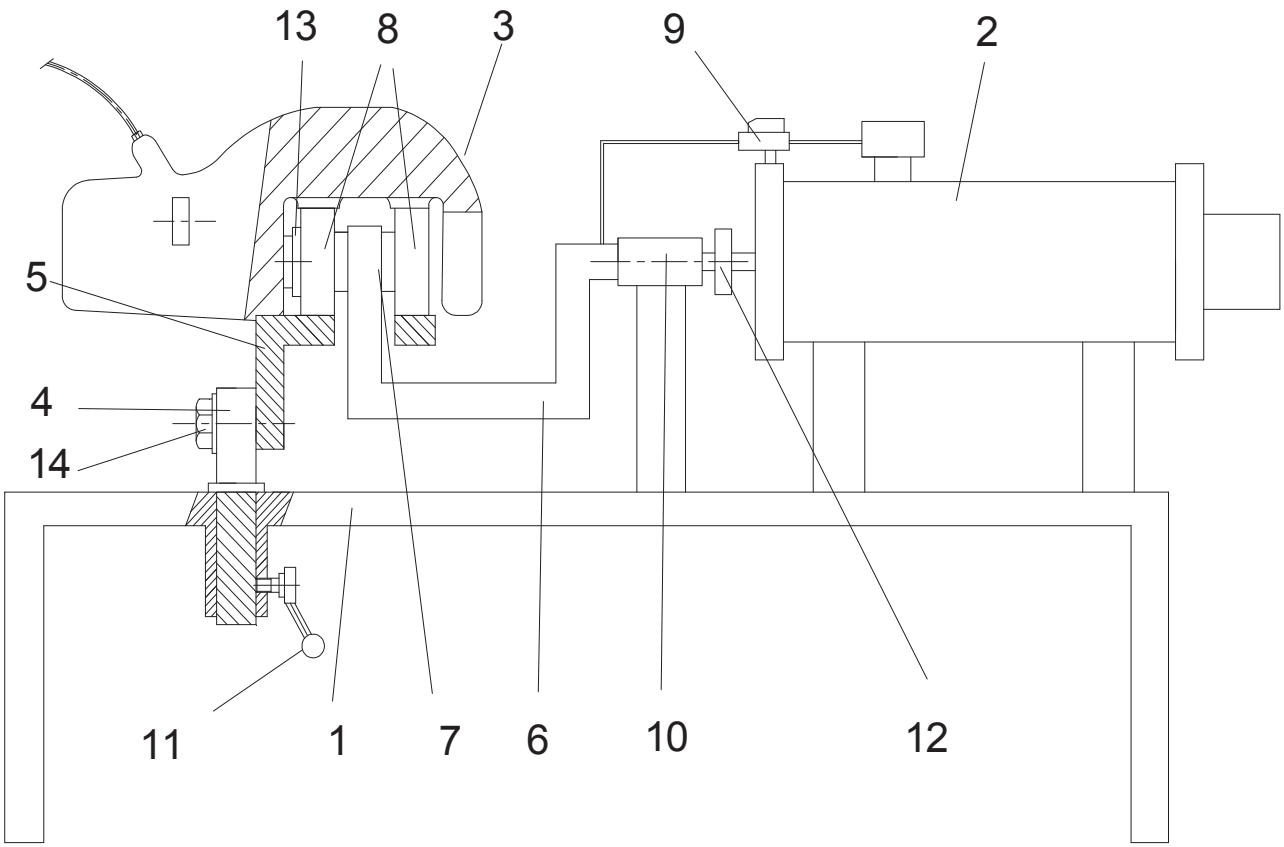
1 – třmen brzdy
2 – adaptér držící uši třmenu
3 – pístek
4 – těsnící kroužek
5 – šroub
6 – uši třmenu
7 – rýhovaný šroub
8 – matice

2.2.3 Princip měření brzdových destiček

Další část, která se měří na brzdách je zjištění závislosti sil na dráze při posuvu brzdových destiček v jejich uložení. Měří se kompletně celé brzdy přímo sestavené z montážní linky a zjišťují se přesuvné síly v uložení destiček a síly v čepech, které spojují držák třmenu s tělem třmenu. Při měření brzdových destiček jsou zapotřebí síla až do hodnoty 2000 N.

Postup měření je téměř identický s předchozím měřením. Obsluha umístí na závit, který je vyveden z druhého dílu vedení, přípravek k posouvání brzdových destiček třmenu. Přípravek má tvar zesíleného U a lze ho po celé délce závitu posouvat. K zafixování ve správné poloze slouží utahovací matice. Konec přípravku je vybaven drážkou, do které se zasazují vyměnitelné vymezovací destičky, které slouží k vymezení vůle mezi brzdovými destičkami. Vymezovací destičky jsou vyrobeny v několika tloušťkách, protože každá brzda má rozdílnou mezeru mezi oběma brzdovými destičkami. Nejmenší rozměr mezery je 8,4 mm.

Jako další krok při měření pracovník upevní sestavenou brzdu k adaptéru. Brzda je k adaptéru uchycena přes držák třmenu. Držák třmenu má závity, je tedy k adaptéru pevně uchycen pomocí šroubů s příslušným průměrem. Opět je zde podmínka, aby osa pístku byla ve stejné úrovni, jako je osa motoru. Pokračuje samotné měření. Přípravek pohybuje destičkami, snímá se síla v závislosti na dráze.

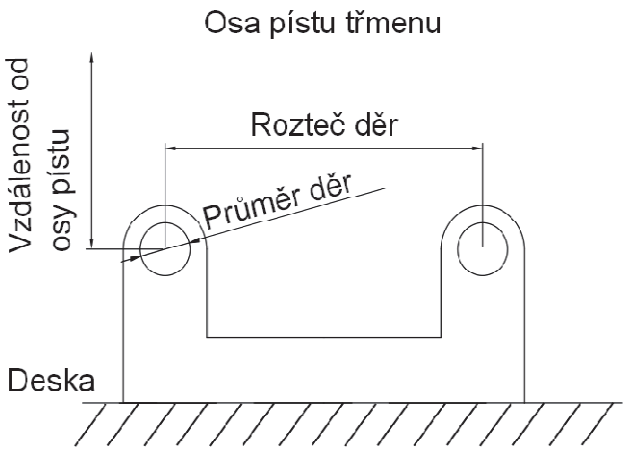


Obr. 9 – Schéma zařízení na měření posuvných částí brzd – měření destiček

1 – deska stolu
2 – lineární krokový motor
3 – třmen brzdy
4 – adaptér držící držák třmenu
5 – držák třmenu
6 – přípravek k posuvu
7 – přípravek k posuvu destiček
8 – brzdové destičky
9 – snímač dráhy
10 – vedení
11 – přítlačný pístek
12 – snímač síly
13 – pístek
14 – šroub

2.3 Nevýhody současného stavu zkušebního zařízení

Jako hlavní nedostatek celého zkušebního zařízení je neuniverzálnost adaptérů pro uchycení brzdy při měření. V současném stavu má každá brzda svůj vlastní adaptér, ve kterém drží při měření. Adaptéry mají tvar U (obr. 10) a mají rozdílné rozměry dle dané brzdy. U adaptérů se mění rozteč děr, velikost děr dle průměru děr brzdy a vzdálenost os děr vzhledem k ose pístu. Vzdálenost od osy pístu je stanovena kladná hodnota pro díry držáku a pro některé vzdálenosti uší třmenu. Záporná je určena pro uši třmenu, které jsou nad osou pístu. Jak je naznačeno v kapitole 2.2 při měření se brzda upevňuje za uši třmenu nebo za držák třmenu. Z toho důvodu je nutné vyrobit adaptéry pro uchycení třmenu za uši a také pro uchycení třmenu za jeho držák. Vyrábí se tedy pro každou brzdu dva rozdílné adaptéry k uchycení.



Obr. 10 – Rozměry adaptéru pro uchycení brzdy

Existují řádově stovky druhů brzd, proto je finančně náročné, zdlouhavé a pracné stále vyrábět nové adaptéry pro každou brzdu. Všechny hodnoty rozměrů brzd jsou přehledně zapsány do tabulky. Zde je ke každé brzdě přiřazena v řádku příslušná hodnota roztečí děr držáků třmenů a uší třmenů, průměry děr uší třmenů, děr držáků třmenů a vzdálenosti děr vzhledem k ose pístu. Výňatek z tabulky je zobrazen v tabulce číslo 1.

	B	E	F	J	K	L	M
1	**Disková brzda**	**Držák**			**Třmen**		
2 3	**Typ brzdy**	**Rozteč**	**Závit**	**Závity od osy pístu**	**Rozteč**	**Průměr**	**Uši - osa pístu**
24	Brzda 1	146	M14x1,5	62,9	205	8,3	-8,3
25	Brzda 2	146	M14x1,5	75,9	205	8,3	-8,3
26	Brzda 3	82	M12x1,25	46,7	118	8,3	-14,4
27	Brzda 4	82	M12x1,25	46,7	118	8,3	-14,4
28	Brzda 5	82	M12x1,25	46,7	118	8,3	-14,4
29	Brzda 6	82	M12x1,25	46,7	118	8,3	-14,4
30	Brzda 7	82	M12x1,25	60,5	118	8,3	-14,4
31	Brzda 8	82	M12x1,25	46,7	134	8,3	-21,4
32	Brzda 9	82	M12x1,25	46,7	134	8,3	-22
33	Brzda 10	82	M12x1,25	46,7	118	8,3	-14,4

Tab. 1 – Ukázka z tabulky rozměrů brzd pro výrobu adaptérů

Další možnost ke zlepšení je v uchopování pístku, který je dutinou umístěn dovnitř těla třmenu. Při současném měření je nutné v čele pístku vyvrtat otvor, vytvořit závit a následně umístit šroub, pomocí kterého se bude pístek při měření vysouvat a zasouvat. Tímto způsobem jsou pístky nenávratně zničeny a nelze je opravit a znova použít.

Dílčí nevýhoda současného stavu je umístění snímače síly před kluzné vedení, které zkresluje do jisté míry výsledky měření při cyklickém působení síly.

3. Plánovací fáze inovačního projektu

V této fázi se naplánuje výběr výrobků určených k inovaci a vytvoří se harmonogram inovačního projektu, aby se dosáhlo splnění termínu vyhotovení. Jedná se o systematický přístup k jednotlivým krokům plánovací fáze tak, aby se vzájemně sdílely informace o inovaci, zajistila se vysoká produktivita a kvalita tvorby návrhu, dodržovala se kvalitní, pravidelná komunikace mezi zákazníkem a řešitelem a v neposlední řadě došlo k vyjasnění, shrnutí a určení směru inovace. [13]

3.1 Harmonogram inovace zkušebního zařízení

Harmonogram inovace je vytvořen v programu MS Office verze 2003. Harmonogram slouží k znázornění časového rozsahu inovačního projektu. V programu MS Office bylo zvoleno plánování a zobrazení v podobě Ganttova diagramu. K jednotlivým fázím tvorby inovačního řešení jsou naplánovány počty hodin a přiděleny zdroje inovačního projektu tak, aby bylo možné splnit úkol ve stanoveném čase. Splnění úkolu je v tomto případě datum odevzdání diplomové práce, tento bod je tedy zvolen jako stěžejní a všechny úkoly se od něj odvíjí. Harmonogram je k nahlédnutí v příloze č.1 [13]

3.2 Inovační záměr

Inovační záměr by měl správně a přesně zformulovat inovační příležitosti. Tyto příležitosti byly zjištěny během konzultací s pověřenou a zainteresovanou osobou ve firmě. Konzultace zároveň probíhaly přímo u zkušebního zařízení na měření brzd v laboratořích firmy. [13]

Inovační záměr – Vytvořte inovaci zkušebního zařízení pro měření různých charakteristik závislosti síly na dráze posuvných částí brzd. Zařízení by mělo obsahovat inovovaný adaptér pro uchycení brzd při měření s požadovanou univerzálností použití a s dostatečnou tuhostí konstrukce. Konstrukce by měla splňovat jednoduchost a variabilitu použití. Nové zařízení zahrnuje takové provedení přípravku, které umožňuje univerzálně a flexibilně držet a manipulovat různě orientovanými pístky v těle třmenu s dostatečnou uchopovací silou a stabilitou při měření. Jako dílčí zlepšení lze zařadit výběr a možnosti umístění snímačů (síly,

polohy) přímo do místa měření a výběr vhodného lineárního motoru s ohledem na současný stav.

3.3 Inovační prohlášení

Inovační prohlášení seskupuje všechny důležité informace o směru vývoje návrhu do přehledného popisu. Tento dokument obsahuje především jednovětý přínos inovace na zařízení, obchodní cíle, cílový trh, předpoklady a omezení návrhu a v neposlední řadě všechny účastníky inovačního procesu. [13]

Popis zkušebního zařízení	Dostatečně univerzální a tuhý adaptér pro uchycení třmenu brzdy. Variabilní přípravek k uchycení pístu a pro jeho manipulaci.
Klíčové obchodní cíle	Využití inovovaného zařízení ve firmě TRW
Primární trh	Mateřská firma
Sekundární trh	Firmy s podobnou výrobkovou platformou
Předpoklady a omezení	univerzální adaptér, dostatečně tuhý, možnost použití na stávající řešení, variabilní přípravek k manipulaci s pístkem, lehce obsluhovatelný, mnohostranné použití
Účastníci inovačního procesu	Petr Novák Bc. Pavel Černý

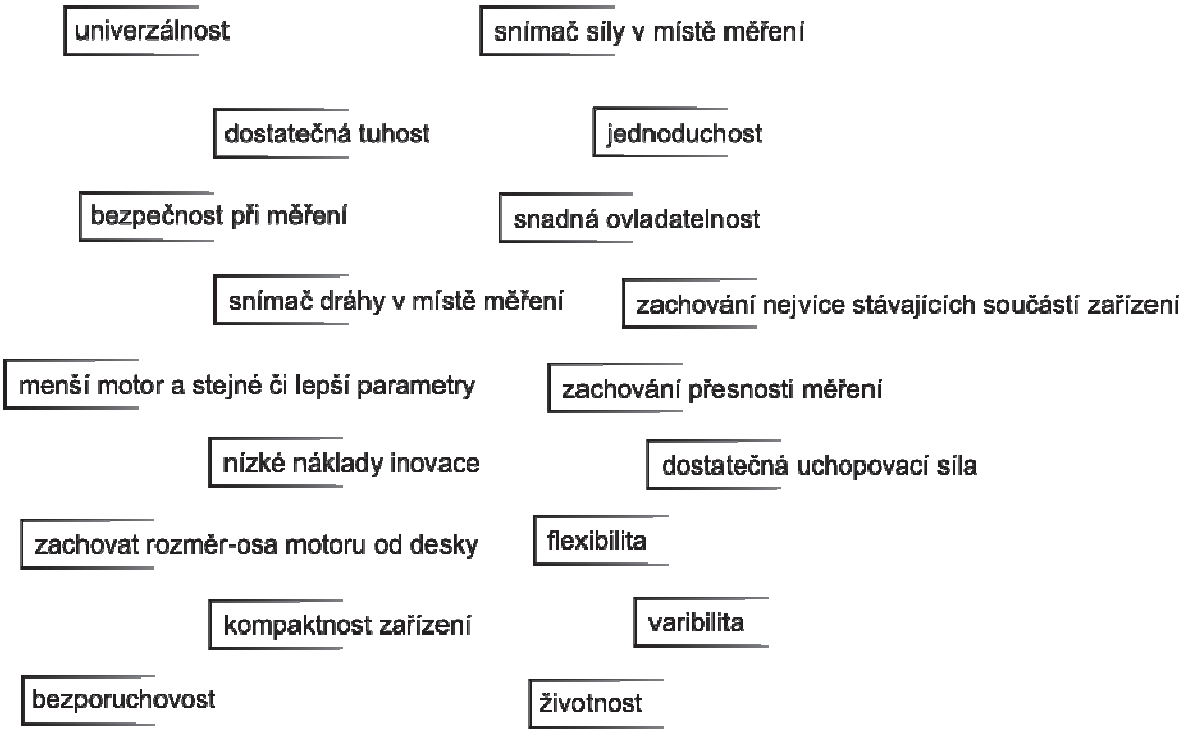
Tab. 2 – Inovační prohlášení [13]

4. Identifikace zákaznických potřeb

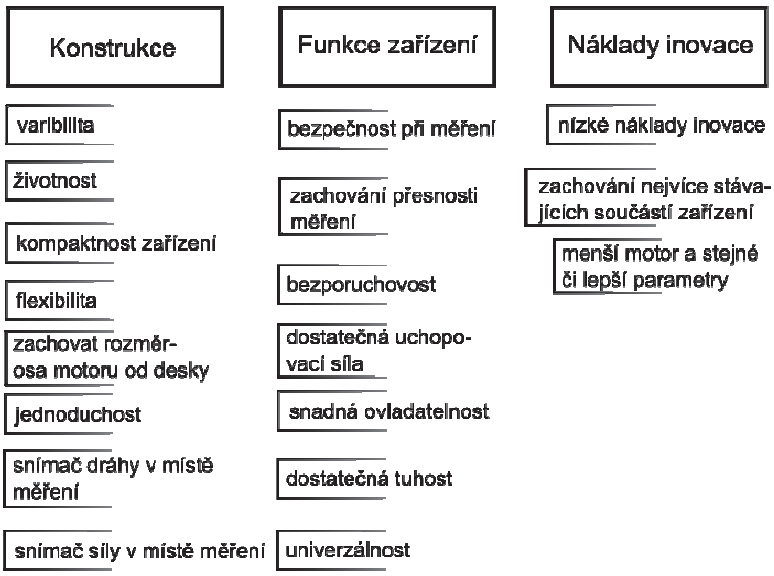
Identifikace zákaznických potřeb je založena na faktu, že je potřeba při tvorbě inovace vytvořit určitý vztah (informační kanál) mezi zákazníkem a inovačním týmem. Je potřeba dbát na to, aby členové týmu pracující na inovaci, byli v bezprostředním kontaktu se zákazníky. Tým zároveň musí mít zkušenosti s používáním výrobku, mít představu o konceptu výrobku a jeho chování. Pouze tehdy je zaručeno správné technické a inovační řešení bez nechtěných kompromisů. Identifikace zákaznických potřeb má tyto cíle:

- identifikovat skryté, jasné a zásadní potřeby zákazníka a tyto informace zaznamenat
- vytvoření vazby mezi potřebami a charakteristikou výrobku

Jako první krok je sběr dat od zákazníků, při kterém lze použít řadu metod, jako jsou interview, moderovaná diskuse či pozorování zákazníků při užívání výrobků. Data (potřeby) byly získány na základě interview s konzultantem a zadavatelem diplomové práce panem Petrem Novákem z firmy TRW. Tyto jednotlivé potřeby byly správně interpretovány a logicky uspořádány do skupin podle úrovně významnosti. Pro tento účel je využita metoda afinního diagramu. [13]



Tab. 3 – Potřeby zákazníka



Tab. 4 – Afinní diagram

Dalším krokem po vytvoření afinního diagramu je ohodnocení jednotlivých potřeb podle jejich relativní významnosti. Tento způsob nám přehledně a jasně ukáže, na které potřeby je nutné se více zaměřit, vše je zaznamenáno do tabulky číslo 5. Ohodnocení lze provést pomocí přiřazení významnosti jednotlivým potřebám čísly 1 až 5. Významnost číslo 1 má pro zákazníka velmi malou důležitost, naopak potřeba s číslem 5 je velmi důležitá pro inovaci. [13]

Pořadové číslo potřeby	Potřeba	Relativní význam
1.	Variabilita	4
2.	Životnost	3
3.	Kompaktnost zařízení	4
4.	Flexibilita	4
5.	Zachovat rozměr-osa motoru od desky	2
6.	Jednoduchost	3
7.	Snímač dráhy v místě měření	2
8.	Snímač síly v místě měření	3
9.	Bezpečnost při měření	2
10.	Zachování přesnosti měření	4
11.	Bezporuchovost	2
12.	Dostatečná uchopovací síla	4
13.	Snadná ovladatelnost	4
14.	Dostatečná tuhost	5
15.	Univerzálnost	5
16.	Nízké náklady inovace	4
17.	Zachování nejvíce stávajících součástí zařízení	3
18.	Menší motor a stejné či lepší parametry	4

Tab. 5 – Relativní význam potřeb [13]

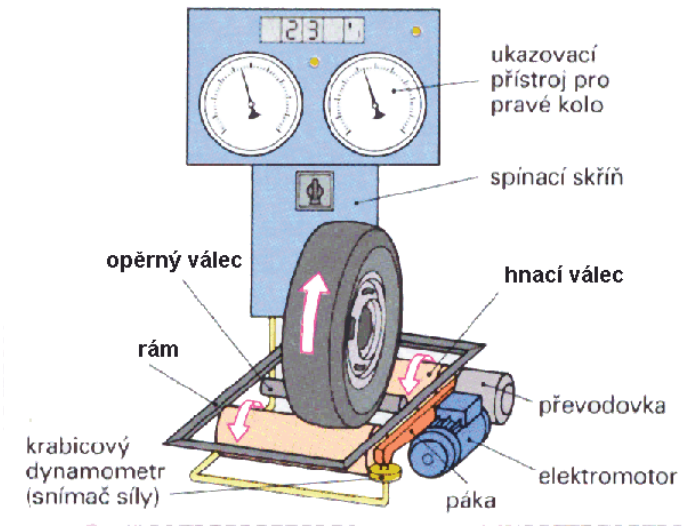
5. Hledání známých řešení

Vlastnímu kreativnímu řešení problému předchází průzkum trhu a konkurence. Je nutné tímto průzkumem zjistit, jestli se v minulosti již podobné problémy neřešily. Samotný průzkum pomocí internetu či konzultace s odborníky je časově i finančně méně náročný a lze ho brát jako určitou inspiraci při tvorbě vlastních návrhů řešení, proto je zde tento způsob uveden a použit.

Samotné zkušební zařízení na měření závislosti síly na dráze ve firmě TRW je velmi specifické. Obsahuje jak sériově vyráběné součásti (motor, snímače), tak účelově vytvořené díly (vedení, deska stolu apod.). Jednotlivé díly jsou sestaveny pro konkrétní požadavky při měření. Zařízení je velmi individuální, proto na trhu není přímá konkurence. Firmy, které potřebují či používají podobné zkušební zařízení, toto zařízení ovšem nezveřejňují či jinak nepublikují.

5.1 Zařízení na zkoušení brzdové soustavy

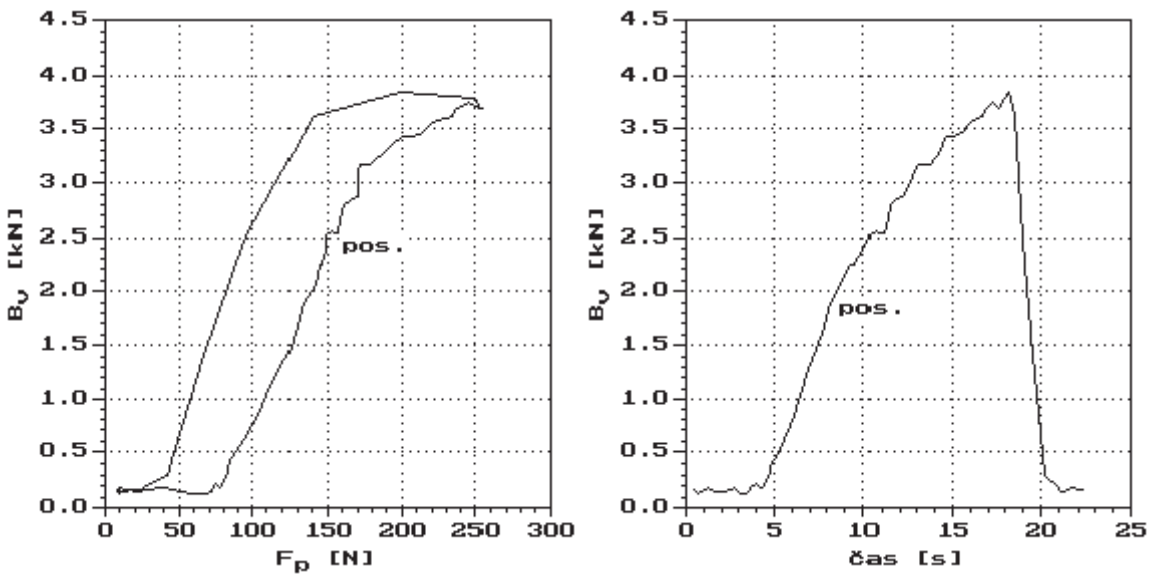
Lze dohledat pouze princip měření závislosti síly v čase pomocí zařízení na zkoušení brzdové soustavy vozidel. Tyto válcové zkušebny brzd jsou nejpoužívanější zařízení ve stanicích technické kontroly (STK) pro diagnostiku brzdové soustavy. Existuje zpravidla několik skupin zkušeben: plošinové zkušebny, válcové zkušebny pro nízké rychlosti, pro dynamické zkoušky a pro vysoké rychlosti. Schéma zkušebny je na obrázku číslo 11.



Obr. 11 – Schéma válcové zkušebny brzdové soustavy [14]

Toto zařízení se skládá ze dvou párů válců, na kterých se zkouší zároveň obě kola na každé nápravě. Měří se obvodová (brzdná) síla kola na každém kole zvlášť.

Provádí se hned několik typů zkoušek, které se hodí pro určitý typ vyhodnocení brzdové soustavy. Jsou zde uvedeny pouze dvě – pomaloběžné a dynamické zkoušky. Při pomaloběžných zkouškách se zkouší brzdy při malých rychlostech (maximálně 5 km/hod) a měří se závislost brzdné síly na ovládací síle. Vzniká takzvaná charakteristika brzdy, která má tvar hysterezní křivky, protože se měří ve fázi brzdění i odbrzďování. Z této závislosti lze určit brzdný účinek vozidla či případné závady brzdové soustavy. Pro moderní brzdy, díky malým ovládacím silám, je vytvářena závislost brzdné síly na čase. Oba grafy jsou znázorněny na obrázku níže.



Obr. 12 – Graf závislosti ovládací síly na brzdné síle (čase) [14]

Dynamická zkouška brzd je další způsob měření brzd, kdy se podmínky při této zkoušce věrohodně přibližují reálným podmínkám provozu vozidla. Při zkoušce se volí určitá rychlost (až 200 km/hod) a brzdný systém vozidla spotřebovává svou kinetickou energii nahromaděnou ve svých jednotlivých dílech na dílech zkušebny. Při brzdění se zaznamenává rychlost a ujetá dráha každého kola v závislosti na čase. Vyhodnocuje se celková brzdná dráha, průběh brzdných sil a v neposlední řadě brzdné zrychlení. Graf je opět závislost ovládací síly na čase. Tato diagnostika je velmi rychlá a ověří stav brzdy v celé škále provozních rychlostí auta. Válcové zkušebny brzd (brzdové stanice) vyrábějí či dodávají například firmy Profo HK, Motex Praha, Miteral či firma Bosch a mnohé další. [14]

5.2 Průzkum možností uchopení pístků

Jak už bylo naznačeno zkušební zařízení na měření závislosti síly na dráze ve firmě TRW je velmi specifické a účelově sestavené. Průzkum trhu byl proveden pro zjištění možností uchycení pístků při měření. Pístky ve třmenu brzdy jsou orientovány buď svojí dutinou z těla třmenu či dutinou do těla třmenu, což vyplývá z různých konstrukcí brzd od různých výrobců. V některých případech se stává, že je pístek téměř zasunut celou svou délkou zcela do těla třmenu. Pístky jsou zároveň různých průměrů od ø 34 - ø 60 mm a mají různě tvarované čelo. Síla k manipulaci pístku při měření má velikost až do 600 N. Uchopení pístku by nemělo pístek zničit či jinak poškodit a s pístkem by se nemělo před samotným měřením vůbec manipulovat či měnit jeho výchozí polohu.

5.2.1 Uchopení pomocí elektromagnetu

Jako první možnost je zde uveden přídržný elektromagnet. Na trhu existuje celá řada výrobců a velikostních typů. Elektromagnety vyžadují k upnutí feromagnetické předměty, což pístky používané v kotoučových brzdách v převážné většině jsou. Tyto elektromagnety pracují na takovém principu, že na přídržné ploše vzniká magnetické pole mezi severním a jižním pólem. Magnetický obvod je na přídržné ploše otevřený a po přiložení feromagnetického materiálu (kotvy) se obvod uzavře a zvýší se hodnota magnetického toku. Lze elektromagnet doplnit o permanentní magnety. Válcové přídržné elektromagnety s napájením 24 V lze použít v manipulátorech, blokovacích zařízeních, uchopovacích systémech. Po připojení na napájecí napětí se vyvozuje magnetickým tokem přídržní síla, po odpojení tohoto napájení magnetický tok zaniká. Elektromagnety se vyrábějí v celé řadě typových velikostí, vyznačují se velkou přídržnou silou (až 30 000 N), která je ovlivněna drsností povrchů, vzduchovou mezerou a nežádoucími materiálovými příměsemi. Lze elektromagnety nechat vyrobit i na zakázku (např. změnit uchycení magnetu). Ceny těchto magnetů se pohybují řádově v tisících korun za kus. [15]

Obr. 13 – Přídržný elektromagnet [15]

5.2.2 Uchopení pomocí vakuových přísavek

Další možnost uchopení pístku je pomocí speciálních vakuových přísavek na kov. Na trhu je celá řada vakuových přísavek speciálně na kov, rozdílných tvarů, materiálů, rozměrů a dodatečných speciálních vlastností a principů. Přísavky jsou nabízeny řadou výrobců, mají velmi široké uplatnění a jsou dodávány s bohatou sadou potřebného příslušenství. Lze mezi ně zařadit vlnovcové přísavky (kruhové, oválné), ploché přísavky (kruhové, oválné), magnetové přísavky a mnohé další. Všechny typy se výrazně rozlišují svojí uchopovací silou, rozměry a způsobem použití.

Vlnovcové přísavky se používají pro silně klenuté plechy, choulostivé materiály. Přídržná síla dosahuje až 558 N při hodnotě vakua -0,6 bar. Průměry přísavek jsou 22 – 125 mm. [16]

Obr. 14 – Vlnovcové přísavky kruhové a oválné - firma Marek Industrial a.s. [16]

Ploché přísavky mají velmi podobné použití jako vlnovcové. Přídržná síla bývá při správném použití a vhodné uchopovací ploše až 660 N. Použití plechy, trubky a profily. [16]

Obr. 15 – Ploché přísavky kruhové a oválné [16]

Magnetové přísavky se používají k manipulaci s ocelovými plechy s vrtáním a výřezy. Standardní průměry přísavek jsou od 20 do 80 mm. Přídržná síla největších přísavek se pohybuje kolem 250 N. U těchto přísavek slouží magnet pouze k přichycení přísavky k materiálu, manipulující síla je zprostředkována pomocí vakua. [16]

Obr. 16 – Magnetová přísavka SGM – firma Marek Industrial a.s. [16]

Přídržná síla u všech předchozích variant je závislá na velikosti přidržující plochy, úpravě povrchu plochy, drsnosti a profilu plochy.

6. Návrhy vlastních variant řešení

Tato kapitola diplomové práce obsahuje schémata (koncepty) vlastních inovačních řešení. Schémata variant popisují přibližný popis technologie, princip funkce a tvarů inovovaného zařízení, tak aby uspokojily požadavky a potřeby zákazníka. Varianty obsahují také stručný psaný popis funkce inovovaného zařízení. Kreativní tvorba řešení problému vychází ze schopností, znalostí a zkušeností jednotlivých členů řešitelského týmu. Pro efektivní tvorbu řešení problému je výhodné, aby řešitelský tým hledal co nejvíce řešení, dbal na kvantitu nápadů a žádný návrh hned nezahrnoval, ani ty absurdní. Tým si musí být jistý, že dostatečně prozkoumal a prověřil celou oblast problému a vyhledal všechny alternativy a řešení. Při řešení je nutné kombinovat práci v týmu i individuální přístup. [13]

Při tvorbě vlastních inovačních návrhů je vycházeno ze současného stavu zkušebního zařízení a zároveň z požadavků a potřeb zákazníka, které byly popsány v afinním diagramu. Cílem inovace je vytvořit univerzální a dostatečně tuhý adaptér pro uchycení třmenu brzdy při měření. Další zlepšení je v možnosti manipulace různě velkých a různě orientovaných pístků pro simulaci dráhy při měření, to znamená vysouvání a zasouvání do těla třmenu. Uchycení by mělo být flexibilní a tuhé s dostatečnou uchopovací silou. Nemělo by pístek poškodit či jinak znehodnotit. Jako dílčí inovace lze navrhnout možnosti menšího krokového lineárního motoru s podobnými či lepšími parametry oproti stávajícímu řešení. Další požadavek zákazníka je v umístění snímače síly a dráhy co nejblíže místu měření, aby se co nejvíce eliminovaly nežádoucí vlivy při měření.

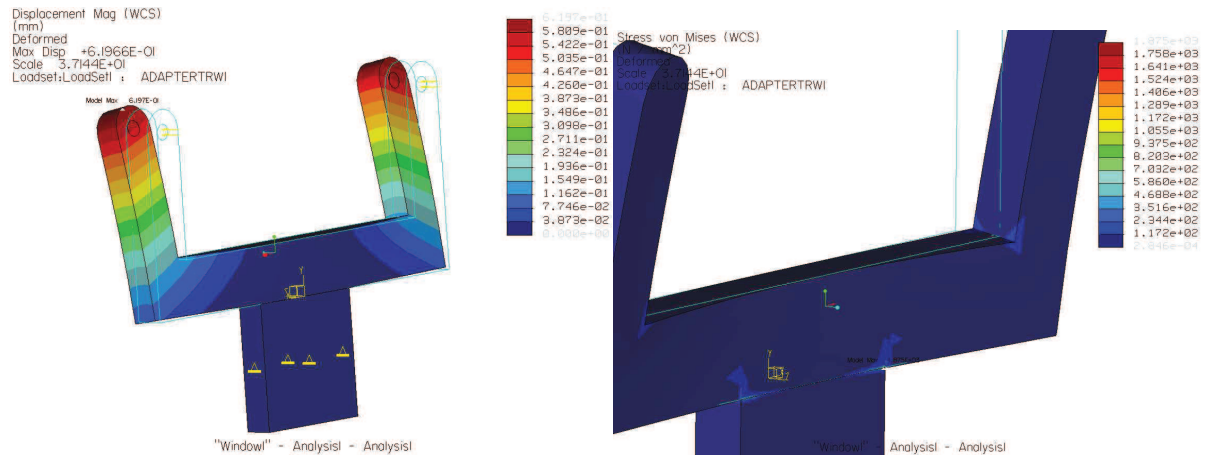
Inovace je zaměřena na zlepšení dílčích částí systému, jsou tedy zachovány některé části zařízení. U všech variant je zachována deska stolu a stůl samotný. U některých variant je zároveň zachován lineární motor i snímač dráhy. Snímač síly a snímač dráhy je u většiny variant přesunut co nejblíže místu měření. Ve variantách je vybrán rozměrově menší snímač síly a také přidány další možnosti snímání dráhy. Při tvorbě vlastních inovačních návrhů byly mimo jiné použity principy již známých řešení. Jedná se konkrétně o možnosti uchycení pístku, kdy se při měření těsnícího kroužku simuluje pohyb pístku, to znamená zasouvání a vysouvání do těla třmenu. Schémata variant jsou vytvořeny pomocí softwaru AutoCAD, který slouží k navrhování ve 2D i 3D. Nakonec se vybere vhodná varianta řešení pomocí rozhodovací tabulky a pomocí konzultace se zákazníkem. Varianta bude rozpracována a podrobena konstrukčním analýzám.

6.1 Současný stav

Při řešení vlastních variant návrhů je vycházeno z původního stavu zkušebního zařízení. Z tohoto důvodu je nutné ověřit stávající konstrukci zkušebního zařízení tak, aby se předešlo problémům, které stávající stav má a těmto problémům se při návrhu snažit vyvarovat. Ověření proběhlo na vybraných částech zkušebního zařízení, které jsou nejvíce zatížené a jsou předmětem inovace, konkrétně se jedná o stávající adaptér pro uchycení brzdy a přípravek k posuvu destiček (tvar U). Modely jsou vytvořeny v programu Pro/ENGINEER WildFire V4 na základě vlastního doměření částí zařízení ve firmě.

6.1.1 Adaptér pro uchycení brzdy

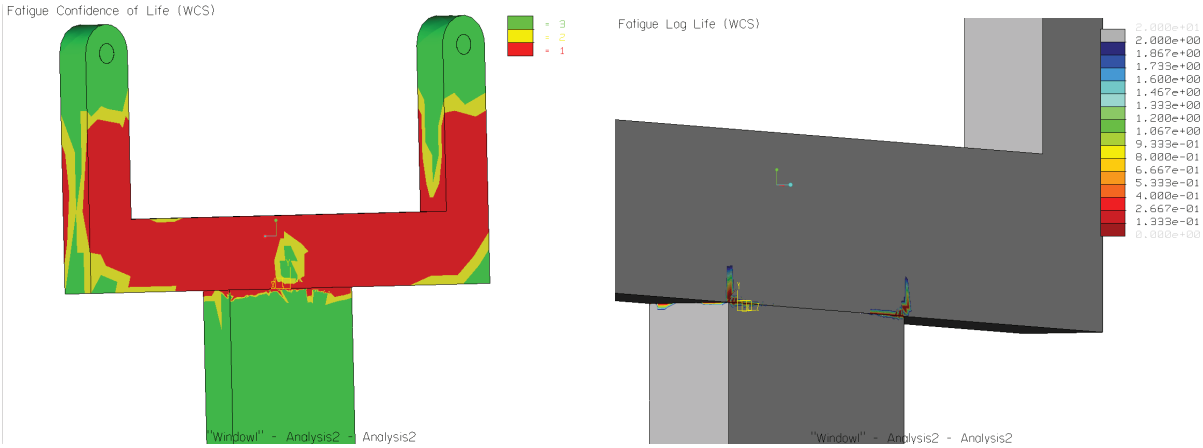
Jako hlavní zlepšení je v této práci uveden univerzální adaptér pro uchycení brzd. Je tedy nutné zjistit, jak se chová stávající adaptér při současných podmínkách měření. Jak je naznačeno v kapitole 2 adaptéry drží brzdu buď za jeho uši či za držák třmenu. Mění se rozteče děr, vzdálenost děr od osy pístu. Různým polohám uchycení brzdy odpovídají různá zatížení adaptéru při vlastním měření. Simulací stávajícího stavu je zjistit největší (maximální) posunutí a napětí v adaptéru pro konkrétní brzdu. Z tohoto důvodu je vybrána brzda s maximální možnou roztečí děr a výškou děr od základny, kde se předpokládá největší posunutí adaptéru na koncích pacek, které drží brzdu. Analýza proběhla v programu Pro/ENGINEER v modulu Mechanica metodou konečných prvků, popsáno dále. Adaptér je pevně uchycen a zatížen silou 2kN jako by tomu bylo ve skutečnosti, jak ukazuje obrázek číslo 17.



Obr. 17 – Adaptér - současný stav -vlevo posunutí, vpravo napětí

Jak je z obrázku vidět výsledné posunutí má hodnotu 0,6197 mm a dle předpokladu je toto posunutí největší na konci pacek, které drží třmen. Napětí má hodnotu 1875 MPa a je největší mezi tělem a uchycením těla.

Předchozí analýza je provedena pro staticky zatížený adaptér. Je ovšem nutné ještě provést únavové zkoušky, protože ve skutečnosti je adaptér namáhán dynamicky měnící se silou. Simulační program Mechanica umožňuje provést analýzu únavy na součástech. Program vychází ze statické analýzy, lze tedy rovnou provést únavovou analýzu součásti. Počáteční podmínky jsou zachovány (zatížení, uchycení, materiál), ovšem při únavové zkoušce je třeba definovat amplitudu a počet cyklů. V tomto případě je volena konstantní amplituda s hodnotami -8 a 8 a počet cyklů 100 000.



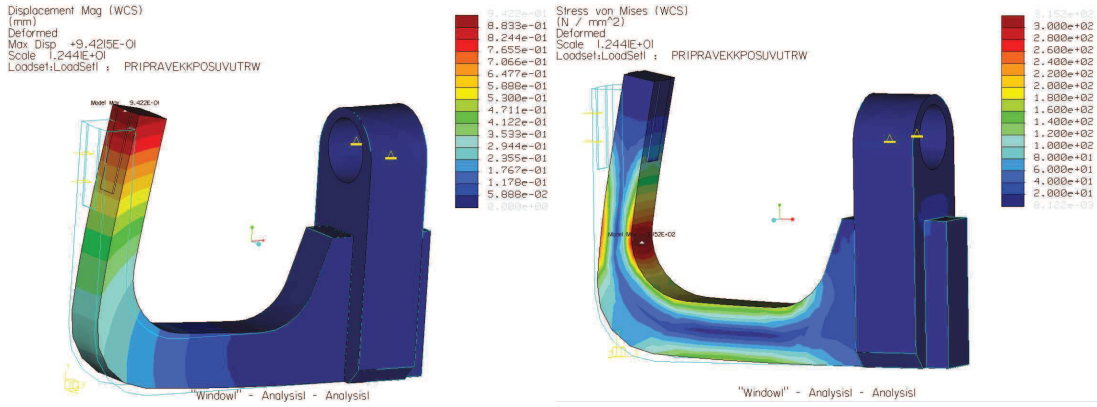
Obr. 18 – Adaptér - současný stav - vlevo důvěryhodná životnost, vpravo životnost

Obrázek 18 vlevo vyjadřuje poměr mezi vypočtenou životností a cílovou (navrženou) životností (pevnostní redukční faktor selhání volen 1). Největší selhání je v oblasti (červená barva) pod packami a v oblasti uchycení adaptéru k desce stolu. Naopak zelená barva zobrazuje počet cyklů se zaručenou životností. Na obrázku 18 vpravo je zobrazena oblast pravděpodobné životnosti součásti, při zadaných 100 000 cyklech, kde dojde nejdřív k poruše materiálu. Tato oblast je v místě spojení těla adaptéru a jeho části, která se zasunuje do otvoru stolu.

Pro návrh vlastních adaptérů budou tyto hodnoty zohledněny, vlastní řešení adaptérů by neměly tyto hranice překročit nebo by měly být lepší.

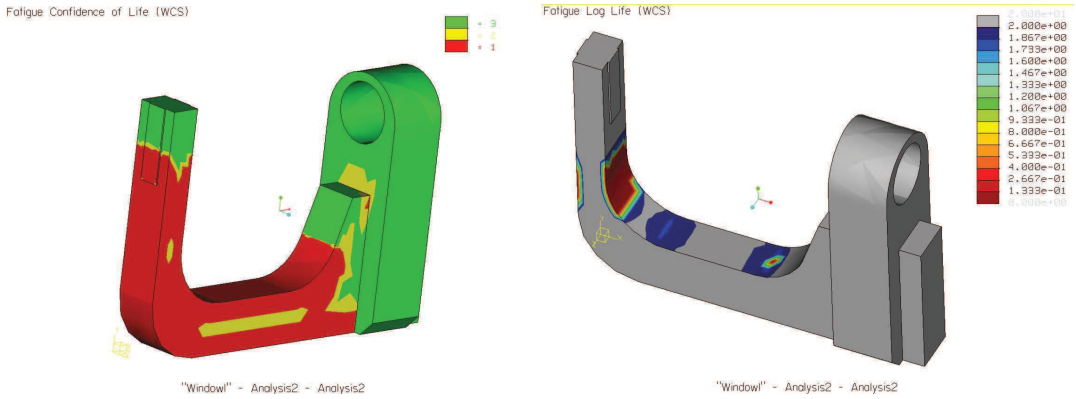
6.1.2 Přípravek k posuvu brzdových destiček

Další součást, na které je provedena analýza deformací, je přípravek k posuvu brzdových destiček. Přípravek má tvar U a je zobrazen na obrázku 19. Na jednom konci je pomocí závitu uchycen k posuvné tyčce, na druhý konec se přichycují vyměnitelné vymezovací destičky a přenášejí sílu z obou stran. Tyto destičky vymezují různou vůli mezi brzdovými destičkami různých brzd. Přípravek je zatížen maximální silou, kterou v současné době přenáší. Uchycen je za závitový otvor. Je použit zjednodušený 3D model, který pro tuto analýzu je dostačující. Analýza je, jako v předchozím případě, zaměřena na zjištění maximálního posunutí při měření.



Obr. 19 – Přípravek k posuvu – současný stav – vlevo posunutí, vpravo napětí v součásti

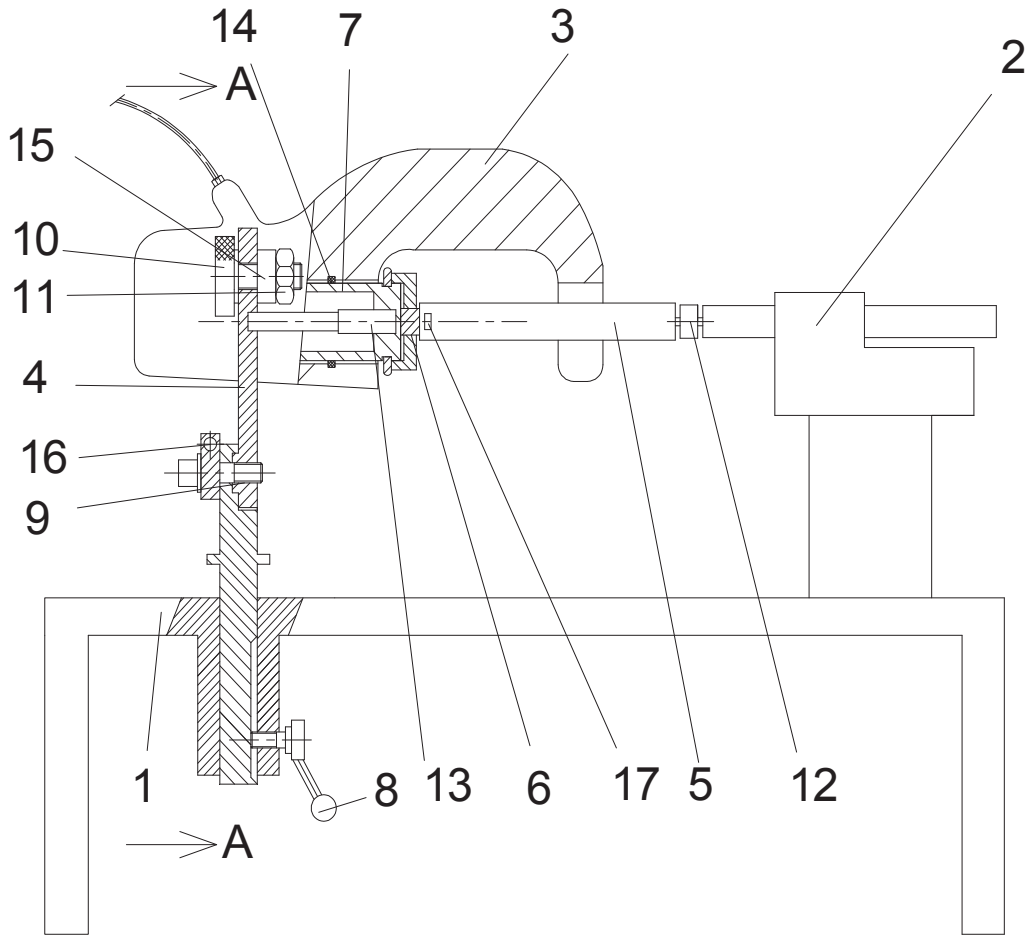
Na obrázku číslo 19 je zobrazeno výsledné posunutí 0,9422 mm při maximální síle 2kN. Maximální napětí má velikost 315,2 MPa. Při vlastním návrhu je potřeba, aby tyto hranice nebyly překročeny, případně hodnoty byly menší.



Obr. 20 – Přípravek k posuvu -současný stav - vlevo důvěryhodná životnost, vpravo životnost

Obrázky číslo 20 zobrazují výsledky únavové analýzy. Vstupní podmínky jsou stejné jako v předchozím měření. Náchylná oblast k poruše při 100 000 cyklech je v rádiusech přípravku.

6.2 Vlastní varianta číslo 1



Obr. 21 – Schéma zařízení na měření posuvných částí brzd – měření pístku - návrh 1

1 – deska stolu	7 – pístek	13 – indukční snímač polohy
2 – lineární DC aktuátor	8 – přítlačný pístek	14 – těsnící kroužek
3 – třmen brzdy	9 – šrouby	15 – uši třmenu
4 – adaptér držící uši třmenu	10 – ryhovaný šroub	16 – šroub k nastavení rozteče
5 – tyč se závitem	11 - matice	17 – tyčka vyvedena z boku
6 – uchopovací čelisti	12 – snímač síly (tah/tlak)	

V návrhu řešení číslo jedna je použit jiný typ lineárního pohonu. Od zákazníka je požadavek na menší typ motoru, který nebude zabírat tolik místa a bude mít podobné či lepší parametry než předchozí model. Je vybrán lineární stejnosměrný aktuátor s maximální silou

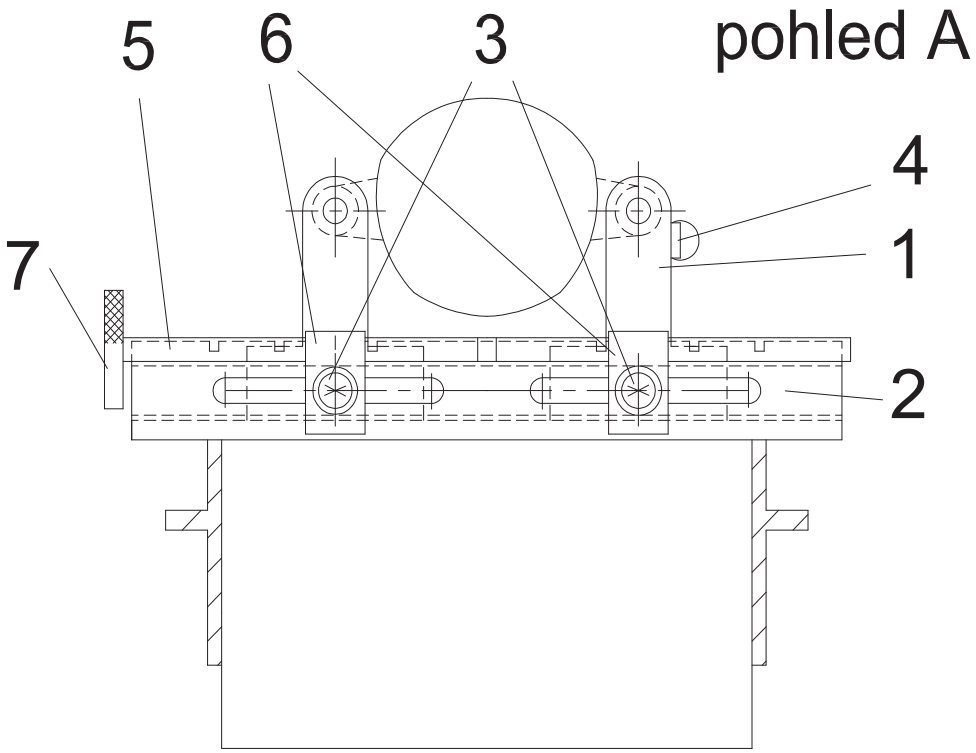
2500 N, se zdvihem až 300 mm a s rozměry 90,5 x 62,5 x 159 mm. Z motoru vede tyč, která má na konci závit, na ten se našroubuje snímač síly. Z druhé strany snímače síly je vyveden závit, na který se umísťuje tyč, na jejímž konci je přípravek k posouvání pístku. Snímač síly je typu tah/tlak, je upevněn pomocí závitů na tyč a jeho nosná síla je 2000 N a má průměr 25 mm s cenou kolem 15 680/kus.

Přípravek k manipulaci s pístkem je kruhový a má 4 výsuvné čelisti ovládané šroubem. Uchycení pístku je přes jeho drážku, do které zapadnou čelisti přípravku a sevřou pístek. Pístek umístěn ve třmenu dutinou ven je držen přípravkem tím způsobem, že se přípravek vloží do dutiny pístu a čelisti se roztáhnou na vnitřní průměr pístu. Čelisti mají zdrsnění povrchu pro zvětšení tření při pohybu pístkem.

Jako hlavní zlepšení je v tomto návrhu použit univerzální adaptér pro uchycení třmenů. Adaptér je složen z pacek, kterými lze nastavit rozteč mezi otvory uší třmenů. Rozteč pacek se zde nastavuje přesně pomocí závitového šroubu s opačnými závity na každém konci. Šroub spojuje oba kameny, které jsou přichyceny k packám. Stavěcí (závitový) šroub je ve středu pomocí kruhového pouzdra přichycen k adaptéru a k otáčení stavěcího šroubu slouží rýhovaná matice. Tím je zaručeno, že při nastavování se packy budou pohybovat stejně a třmen brzdy bude přesně uprostřed adaptéru. Packy se pohybují v drážce, která zabraňuje nechtěnému posunutí pacek při dotažení šroubů. Packy se dotahují k třmenu brzdy pomocí šroubu a matice. Rozdílné průměry otvorů uší se v tomto návrhu nastavují vyměnitelnými vložkami příslušných průměrů zasazenými do otvorů pacek. V adaptéru je otvor podle největšího průměru otvoru na uších třmenu. Do něj se následně vloží vyměnitelné vložky, které mají vnitřní průměr stejný jako rozměr díry uší třmenu. Samotný adaptér lze výškově nastavit jednoduchým vysunutím či zasunutím jeho těla do otvoru v základní desce. Měnící se vzdálenost třmenu od motoru se nastavuje změnou zdvihu motoru. Detail adaptéru je na obrázku číslo 22.

Typ snímače dráhy je zde použit indukční snímač polohy, který je přímo umístěn z boku na univerzální adaptér v ose měření. Toto umístění zabraňuje sčítání nežádoucích chyb ostatních částí systému při měření. Snímač polohy se deformuje spolu s deformací adaptéru. Jedná se o bezdotykové snímání, měření tedy není ovlivněno třením jako v odporových snímačích. Snímač síly snímá vzdálenost na tyčce vyvedené z boku a měří s přesností 1%.

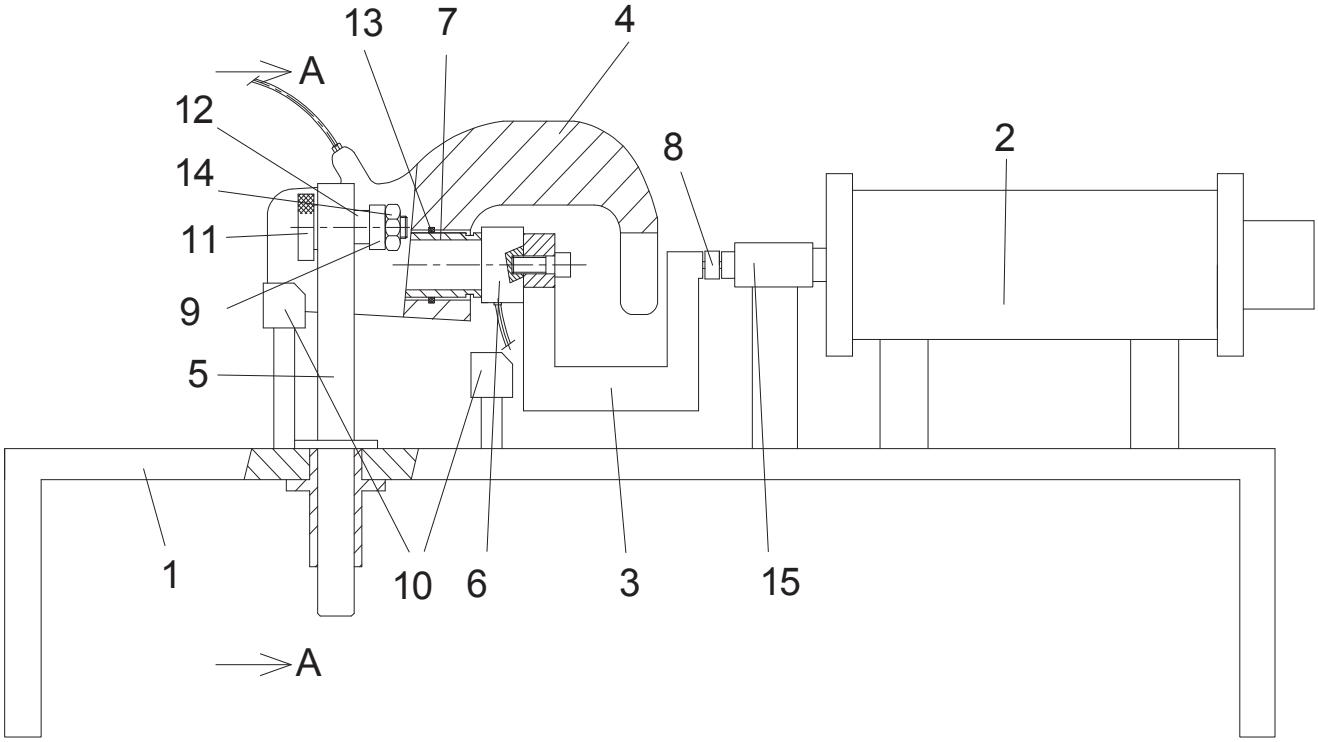
Pro měření brzdových destiček se používá stejný univerzální adaptér. Pouze se použijí výškově menší packy pro uchycení držáku třmenu. Je zde i zachován stejný přípravek k posuvu brzdových destiček ze stávajícího řešení.



Obr. 22 – Detail univerzálního adaptéru – pohled A

1 – packy (horizontální směr)
2 – tělo adaptéru
3 – šrouby
4 – snímač dráhy
5 – šroub k nastavení rozteče
6 – kameny
7 – rýhovaná matice

6.3 Vlastní varianta číslo 2



Obr. 23 - Schéma zařízení na měření posuvných částí brzd – měření pístku - návrh 2

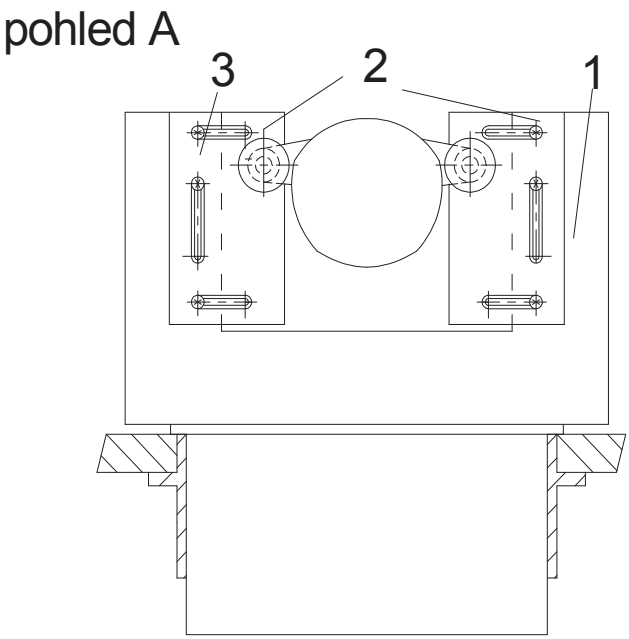
1 – deska stolu
2 – lineární krokový motor
3 – přípravek k posuvu
4 – třmen brzdy
5 – adaptér držící uši třmenu
6 – uchopovací elektromagnet
7 – pístek
8 – snímač síly
9 – uši třmenu
10 – triangulační snímače dráhy
11 – rýhovaný šroub
12 – podložky k nastavení polohy v ose
13 – těsnící kroužek
14 – matice
15 – vedení

Návrh číslo 2 obsahuje stejný typ pohonu jako současné řešení a je zachováno vedení. Použitý snímač síly je stejný jako v předchozí variantě. Pro uchycení pístku slouží uchopovací elektromagnet, který má přídržnou sílu 1050 N. Aktivní průměr magnetu je 28,2 mm. Přídržný elektromagnet je připevněn pomocí šroubu k přípravku k posuvu. Tento přípravek je společný jak pro posouvání brzdových destiček, tak i pístku.

Snímače dráhy jsou v této variantě použity 2. Jeden snímá pohyb přípravku k posouvání destiček (pístu), druhý slouží k měření případné deformace univerzálního držáku. Tato hodnota se poté odečte z výsledného měření. Jsou použity triangulační snímače polohy s přesností 0,2%. Použití 2 snímačů polohy zvyšuje finanční náročnost, jsou větší nároky na prostor a výpočetní techniku a nutná větší obezřetnost při měření.

Další vylepšení je v podobě nastavitelného adaptéru. Ten je napevno umístěn v otvoru desky stolu, nelze s ním vůči stolu pohybovat. Adaptér má pohyblivé desky upevněné pomocí šroubů. Desky lze nastavit v horizontálním a vertikálním směru dle rozměrů měřené brzdy. Jsou zde podložky k nastavení polohy třmenu v ose motoru, které se vkládají mez uši třmenu a adaptér.

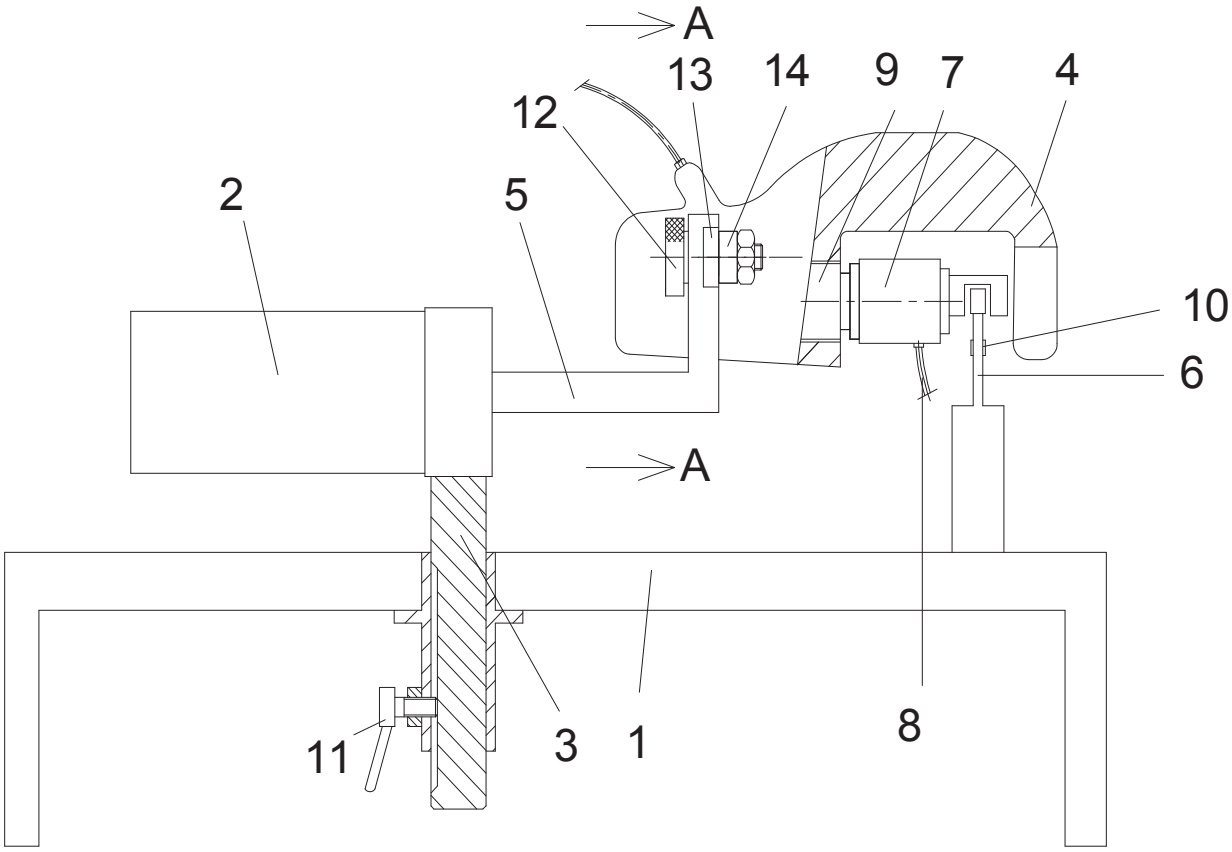
Měření brzdových destiček probíhá stejně jako měření pístku. K měření je použit stejný univerzální adaptér. Použije se stejný přípravek k posuvu jako při měření pístku. Pouze se odstraní uchopovací elektromagnet. Přípravek k posuvu pohybuje samotnými destičkami.



Obr. 24 - Detail univerzálního adaptéru – pohled A

1 – adaptér držící třmen 2 – nastavitelná deska v horizontálním a vertikálním směru 3 – šrouby

6.4 Vlastní varianta číslo 3



Obr. 25 – Schéma zařízení na měření posuvných částí brzd – měření pístku - návrh 3

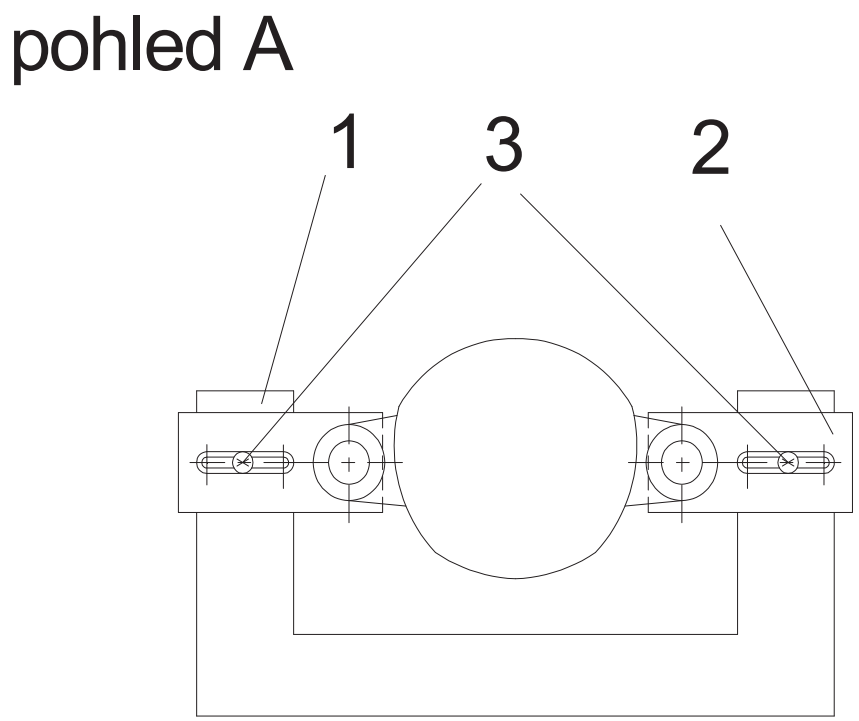
1 – deska stolu	6 – tyčka	11 – přítlačný pístek
2 – hydraulický válec	7 – magnetická přísavka	12 – rýhovaný šroub
3 – konzola motoru	8 – přívod podtlaku	13 – posuvná deska adaptéru
4 – třmen brzdy	9 – pístek	14 – uši třmenu
5 – adaptér držící třmen	10 – nalepené tenzometry	

Varianta číslo 3 nahrazuje původní motor, hydraulickým válcem. Jedná se o dvojčinný válec, který umožňuje řízené zvedání a spouštění a zpětný rychlý zdvih. Hydraulické válce se vyznačují velkou pracovní silou (144 kN) při malých, kompaktních rozměrech. Kroky motoru obstarává vhodné zapojení k agregátu (zdroj tlaku) a způsob ovládání průtoku oleje. Motor je uchycen na konzoly, která je vůči desce výškově nastavitelná. Od ostatních variant se tato liší tím, že posuvný pohyb vykonává třmen a napevno je umístěn snímač síly. Ten je tvořen tyčí,

na které jsou nalepeny 2 tenzometry, což má velmi levné výrobní náklady. Toto řešení má nevýhodu, že po určitém čase stárne lepidlo (vlhkost, prach) a může měřit nesmysly. Ovšem je lehce a levně opravitelné. Tato tyč musí být z dostatečně pružného materiálu, aby tenzometry zaznamenaly pracovní deformaci (ohyb) tyčky, která bývá ± 0,15 %. Z motoru je vyveden adaptér, který pohybuje se třmenem a drží ho.

Adaptér je tvořen hlavní deskou, ve které se v drážce pohybují nastavitelné desky v horizontálním směru. Deska je upevněna k hlavní desce pomocí dvou šroubů, jak je zobrazeno na obrázku číslo 26. K vysouvání a zasouvání pístku slouží magnetická přísavka. K přísavce je připevněna přídavná konzola ve tvaru U, která slouží jako dorazy tenzometrů. Snímání dráhy je zde zajištěno pomocí integrovaného snímače dráhy v hydraulickém válci.

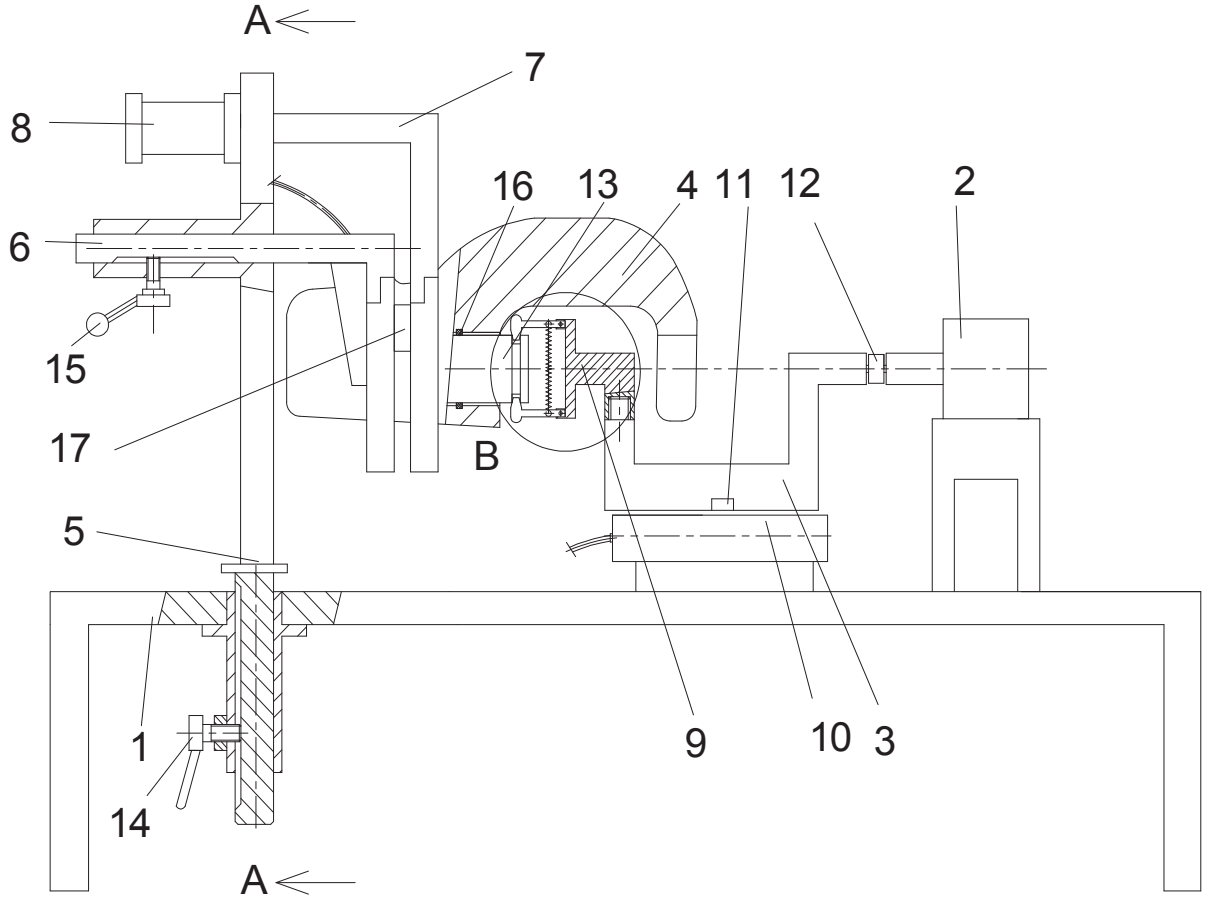
Měření brzdových destiček se děje obdobným způsobem, pouze je třmen navíc uchycen pevně pomocí svého držáku k desce stolu. Lze použít univerzální adaptér z varianty číslo 1 pro držení třmenu za jeho držák.



Obr. 26 – Detail adaptéru na motoru – pohled A

1 – adaptér držící třmen 2 – nastavitelná deska v horizontálním směru 3 – šrouby

6.5 Vlastní varianta číslo 4



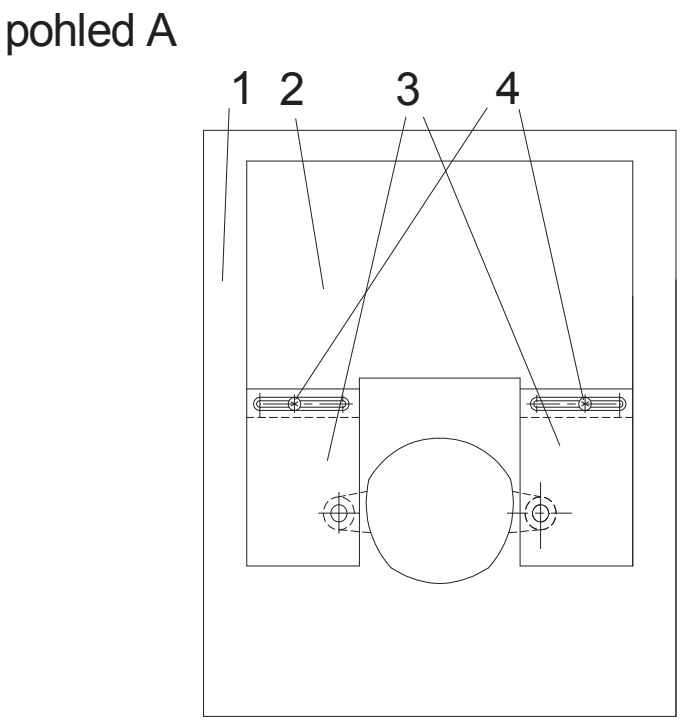
Obr. 27 - Schéma zařízení na měření posuvných částí brzd – měření pístku - návrh 4

1 – deska stolu	7 – přídržná deska k sevření	13 – pístek
2 – hybridní krokový aktuátor	8 – pneumatický válec	14 – přítlačný pístek
3 – přípravek k posuvu	9 – uchopovací čelisti	15 – utahovací šroub
4 – třmen brzdy	10 – snímač dráhy	16 - těsnící kroužek
5 – adaptér držící třmen	11 – volný magnet	17 – uši třmenu
6 – deska sloužící k dorazu	12 – snímač síly	

Ve variantě číslo 4 je třmen uchycen za uši univerzálním adaptérem, který je výsuvný z desky stolu. Princip adaptéru je, že pomocí síly, kterou vyvodí pneumatický válec, dojde k sevření uší třmenu mezi desky adaptéru. Desky na adaptéru jsou nastavitelné podle roztečí

uší – obrázek číslo 28. Není nutné tedy mít další šrouby do otvorů uší. Dále je na adaptéru deska, která slouží k nastavení dorazu – nastavení vzdálenosti třmenu od motoru. Snímač síly je použit stejný jako v řešení číslo 1.

Pohon je v tomto řešení zprostředkován pomocí hybridního krokového lineárního aktuátoru. Motory toho typu využívají výhod reluktančního motoru a použití permanentních magnetů. První jmenované zajišťují malý krokový úhel (0,9°) a jemné rozlišení, permanentní magnety přináší vyšší točivý moment a větší sílu, která dosahuje až 2600 N. Výrobce umožňuje mnoho úprav parametrů motoru na přání zákazníka. Snímač dráhy je magneto-indukční s volným magnetem a je umístěn pod přípravkem k posouvání pístu (destiček). Snímač pracuje s volným magnetem, který je vložený do přípravku a je snímán vodičem v těle snímače polohy umístěným pod magnetem s přesností 0,02%.

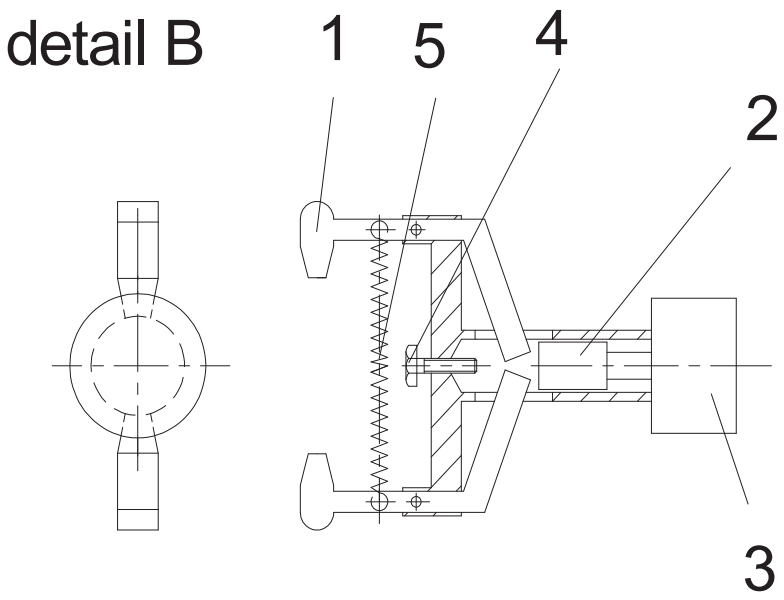


Obr. 28 – Detail adaptéru – pohled A

1 – adaptér držící třmen | 2- přídržná deska | 3- desky nastavitelné dle rozteče uší třmenu | 4 – šrouby

Pro manipulaci s pístkem slouží uchopovací čelisti, které jsou znázorněny na obrázku 29. Jsou tvořeny uchopovacími kleštinami spojené tažnou pružinou. Pružina slouží k nastavení kleštin do pracovní polohy v případě uchycení pístu dutinou dovnitř. Pneumatický válec slouží k vytvoření tlaku na kleštiny, pro jejich rozevření a uchycení pístku dutinou ven. Lze tedy píst uchytit za jeho drážku, nebo pokud je dutinou ven, za jeho vnitřní průměr.

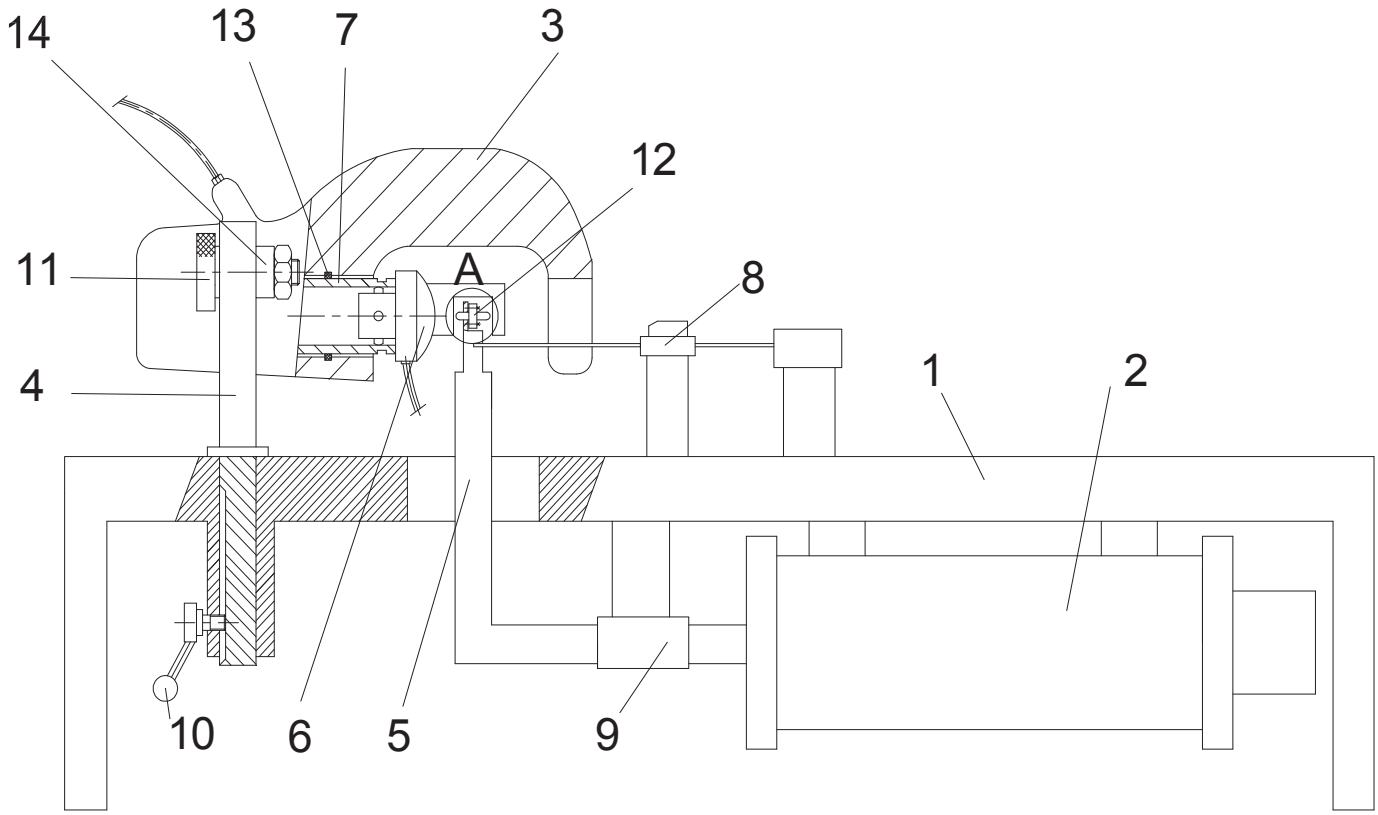
Měření brzdových destiček probíhá stejným způsobem jako v současném stavu. Zároveň je třmen přichycen za svůj držák ke stolu. Lze použít univerzální adaptér z varianty číslo 1.



Obr. 29 – Detail uchopovacích čelistí

1 – kleštiny 2- pístek 3- pneumatický válec 4 – šroub k nastavení kleštin 5- tažná pružina

6.6 Vlastní varianta číslo 5



Obr. 30 - Schéma zařízení na měření posuvných částí brzd – měření pístku - návrh 5

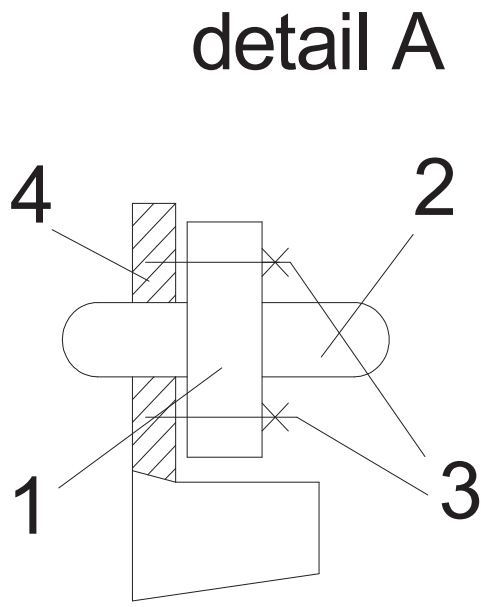
1 – deska stolu	6 – přípravek k posuvu pístku (zmagnetizovaný)	11 – ryhovaný šroub 12 – snímač síly (tah/tlak)
2 – lineární motor	7 – pístek	13 – těsnící kroužek
3 – třmen brzdy	8 – odporový snímač dráhy	14 – uši třmenu
4 – adaptér držící uši třmenu	9 – vedení	
5 – tyč tvar L	10 – přítlačný pístek	

Varianta řešení číslo 5 má situovaný lineární krokový motor, ze současného řešení, pod stůl. Je zároveň zachováno i vedení. Uvolňuje se tím prostor nad stolem a namísto přípravku k posuvu ve tvaru U je tyčka ve tvaru L. Adaptéry lze použít z předchozích řešení (např. varianta číslo 1). Přípravek k posuvu pístu je podobný ze stávajícího řešení, ale je na něj

napojen elektromagnet, který ho zmagnetizuje. Lze ho tedy použít i pro posuv pístů umístěných dutinou dovnitř třmenu. Přípravek k posuvu se přiloží na plochu pístku a aktivní část magnetu pístek uchytí. Na přípravku k posuvu je konzola, která slouží jako dorazy pro snímač síly.

Odporový snímač dráhy je napojen na přípravek k posuvu v místě měření co nejblíže ose pístku a je vyveden do boku. Snímač síly je přírubový se závitovým otvorem, kterým se protáhne tyčka. Tyčka má zaoblené konce pro vymezení kolmosti na měřené místo. Tělo snímače je připevněno k posuvné tyčce pomocí šroubů. Tento snímač musí být vytvořen na zakázku, rozměry sériově prodávaných snímačů neodpovídají zadaným podmínkám. Zakázková výroba se pohybuje řádově v desítkách tisíc korun.

Měření brzdových destiček probíhá na stejném principu jako měření pístku. Snímač síly v tomto případě pohybuje samotnými destičkami.



Obr. 31 – Detail uchycení snímače síly

1 – snímač síly s otvorem 2- tyčka skrz snímač 3 – šrouby k uchycení 4 - přípravek

7. Výběr vhodné varianty

V této části se hodnotí jednotlivé navržené varianty (koncepty) řešení vygenerované v předešlé kapitole. Výběr vhodného konceptu je proces, při němž se zhodnocují a porovnávají jednotlivé dílčí koncepty. Následně se vybere nejvhodnější a optimální koncept, který se dále rozpracuje, zlepší a případně se otestuje.

Jako vhodná metoda pro výběr vítězného konceptu byla zvolena rozhodovací tabulka. V této tabulce se jednotlivé varianty řešení oceňují vůči kritériím, které mají různé váhy. Následně se sečtou vážené hodnoty u jednotlivých variant a ta s největším součtem vítězí. Vážené hodnoty u každé varianty se dostanou vynásobením přiřazených vah a bodů u každého kritéria. Výběr je ovlivněn na základě pocitů (intuitivní výběr) a v neposlední řadě externě posouzen s konzultantem z firmy a s konzultantem ze školy.

Rozhodovací tabulka je vytvořena pro výběr nejvhodnějšího adaptéru pro uchycení třmenu. Na základě potřeb zákazníka a po konzultaci ve škole jsou nejvíce ohodnocena kritéria – univerzálnost, tuhost konstrukce, jednoduchost montáže. Zároveň tato kritéria mají přiřazeny největší váhy, jsou tedy důležitá. V tabulce je zahrnuto i stávající řešení a slouží k porovnání přínosu inovace na daný problém. V tabulce je naopak vynechána varianta číslo 5, ve které lze použít vítězný návrh univerzálního adaptéru, případně i jiný. [13]

Kriterium	Váha (%)	Varianty									
		Stávající řešení		Varianta1		Varianta 2		Varianta 3		Varianta 4	
		Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota
Univerzálnost	17	1	0,17	5	0,85	4	0,68	3	0,51	3	0,51
Tuhost konstrukce	15	4	0,6	3	0,45	4	0,6	4	0,6	2	0,3
Počet dílů sestavy	6	4	0,24	3	0,18	2	0,12	4	0,24	2	0,12
Výrobní náklady	9	1	0,09	5	0,45	4	0,36	2	0,18	2	0,18
Snadná ovladatelnost	5	3	0,15	3	0,15	4	0,20	2	0,1	4	0,2
Hmotnost	2	3	0,06	2	0,04	2	0,04	1	0,02	2	0,04
Rozměry	3	4	0,12	3	0,09	3	0,09	2	0,06	3	0,09
Složitost	5	3	0,15	2	0,1	2	0,1	3	0,15	2	0,1
Jednoduchost montáže	14	4	0,56	3	0,42	3	0,42	4	0,56	4	0,56
Variabilita	11	1	0,11	4	0,44	4	0,44	3	0,38	3	0,33
Životnost	6	3	0,18	3	0,18	2	0,12	4	0,24	4	0,24
Snadná vyrobitelnost	7	1	0,07	4	0,28	3	0,21	2	0,14	2	0,14
Součet bodů		2,5		3,63		3,38		3,18		2,81	
Pořadí		5.		1.		2.		3.		4.	
Další postup		-		ANO		NE		NE		NE	

Tab. 6 – Rozhodovací tabulka – výběr konceptu adaptéru [13]

Jako nejvhodnější univerzální adaptér k dalšímu postupu je podle tabulky adaptér ve variantě číslo 1. Adaptér je tvořen základnou s drážkou, ve které se pohybuje pár pacek. Packy jsou zvlášť pro uchycení třmenu za uši (delší) a zvlášť pro uchycení třmenu za jeho držák (kratší). Z ekonomického hlediska se jeví varianta jako nejvýhodnější, vyrobí se pouze tyto dva páry pacek. Varianta zároveň splňuje požadovanou univerzálnost, snadnou obsluhu, tuhost a variabilitu použití.

Dále je rozhodovací tabulka vytvořena pro výběr optimálního uchycení pístů. Do tabulky jsou přidána další kritéria, týkající se uchycení pístů. Váhy a hodnoty kritérií jsou přiřazeny na základě potřeb zákazníka a po dohodě s konzultanty.

Kriterium	Váha (%)	Varianty											
		Stávající řešení		Varianta1		Varianta 2		Varianta 3		Varianta 4		Varianta 5	
		Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Hodnota	Vážená hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota
Uchopovací síla	16	3	0,48	3	0,48	5	0,8	2	0,32	3	0,48	4	0,64
Univerzálnost	13	2	0,26	4	0,52	5	0,65	5	0,65	4	0,52	4	0,52
Tuhost	9	2	0,18	3	0,27	4	0,36	3	0,27	4	0,36	4	0,36
Počet dílů sestavy	4	4	0,16	3	0,12	4	0,16	2	0,08	4	0,16	3	0,12
Cena	10	2	0,2	3	0,3	4	0,4	3	0,3	4	0,4	2	0,2
Snadná ovladatelnost	2	3	0,06	3	0,06	4	0,08	2	0,04	2	0,04	3	0,06
Hmotnost	3	3	0,09	3	0,09	2	0,06	3	0,09	3	0,09	2	0,06
Rozměry	5	4	0,2	3	0,15	4	0,2	3	0,15	3	0,15	4	0,2
Složitost	5	3	0,15	2	0,1	3	0,15	2	0,1	3	0,15	3	0,15
Jednoduchost sestavení na původní stav	11	2	0,22	2	0,22	3	0,33	2	0,22	2	0,22	5	0,55
Variabilita	9	2	0,18	3	0,27	4	0,36	4	0,36	3	0,27	4	0,36
Životnost	7	3	0,21	3	0,21	2	0,14	3	0,21	3	0,21	3	0,21
Snadná vyrobitelnost	6	1	0,06	2	0,12	4	0,24	4	0,24	2	0,12	2	0,12
Součet bodů		2,45		2,91		3,93		3,03		3,17		3,55	
Pořadí		6.		5.		1.		4.		3.		2.	
Další postup		-		NE		ANO		NE		NE		NE	

Tab. 7 - Rozhodovací tabulka – výběr konceptu adaptéru [13]

Jak už vyplývá z tabulky, je vítězem varianta číslo 2. V této variantě je použit k pohybu pístu elektromagnet. Elektromagnety s požadovanou silou a rozměry se prodávají do 2500 Kč. Na trhu je řada výrobců elektromagnetů, které tyto magnety vyrábějí sériově. Varianta 2 uchopení pístů je nejjednodušší řešení a z ekonomického hlediska výhodná, zároveň splňuje požadovanou přídržnou sílu, variabilitu a univerzálnost.

Vítězný návrh bude dále detailněji rozpracován a vytvořena výkresová dokumentace. Pro optimalizaci a další rozpracování jsou využity metody DFX, analýza deformací a FMEA.

8. Metody detailního konstruování

Tyto metody jsou známy také pod zkratkou DFX (Design for X), kde X značí jednotlivé metody v oblastech jejich působení. Metody jsou využívány konstrukčními pracovníky a týmy k dosažení specifických cílů při vývoji a konstrukci výrobků. Smyslem metod je snížení pracnosti a námahy v různých fázích cyklu výrobku, pomocí efektivního modelu popisujícího reálný produkční popis. Strojní celky se pomocí těchto metod zohledňují vzhledem k jednoduchosti, rychlosti a snadné výrobě, montáži, demontáži, udržovatelnosti, spolehlivosti, upgradovatelnosti atd.

Budoucí náklady a cenu výrobku tedy ovlivňujeme už v samotném konstrukčním řešení (návrhu) a i zde platí zásada čím menší náklady, tím větší úspěch v konkurenčním prostředí. Výrobky by měly být snadno vyrobitelné, s nízkými nákupními náklady, se standardizovanými díly, s minimem spojů, snadno uchopitelné apod. [13]

Vítězná varianta univerzálního adaptéru byla přezkoumána vybranými metodami detailního konstruování, aby se docílilo její optimalizace řešení a snížení nákladů.

8.1 DFA – Design for Assembly

Jedná se o metodu navrhování součástí s ohledem na jejich montáž, tedy na snadně smontovatelný výrobek. Zásady této metody jsou navrhovat tvarově složité díly, umožnit lepší přístup ke konstrukci dílů a spojů a vytváření modulů. Kde to je možné nepoužívat šroubové spoje. Ve světě existuje celá řada metod k hodnocení náročnosti montáže, zde je použita metoda firmy LUCAS.

Tato metoda klasifikuje a rozděluje díly do dvou skupin:

- Kategorie A – podstatné díly v sestavě z hlediska funkce sestavy
- Kategorie B – díly nepodstatné, ale nezbytné ke kompletaci výrobku

Metodou se zjišťuje efektivnost návrhu sestavy, doporučuje se 60%, dále se zjišťuje obtížnost montáže poměrem pomocných a přípravných operací potřebných ke složení kompletu. Složitost přípravy dílu k montáži se hodnotí koeficientem, který se pohybuje od 1.0 (díl se neupravuje před montáží) do 2.0 (součást se musí modifikovat). Poměr pomocných operací je vyjádřen jako podíl součtu jednotlivých koeficientů složitostí přípravy a součtu dílů

kategorie A. Složitost spojovacích operací je vyjádřena množstvím manipulativních operací, jako je uchycení, vkládání, držení apod. Tyto operace jsou hodnoceny body od 1 (proces pouhého vložení) do 4 (utažení matice). Poměr spojovacích operací je vyjádřen podílem součtu jednotlivých složitostí spojovacích operací k součtu dílů z kategorie A. [13]

Název dílu	Funkční analýza	Montážní analýza	Spojovací operace
Závitový šroub	A	1,5	4,0
Kroužek	A	1,8	3,0
Stavěcí šroub M2	B	1,5	4,0
Kámen	A	1,7	2,5
Kámen	A	1,7	2,5
Tělo adaptéru	A	1,6	2,5
Packa	A	1,6	1,0
Packa - držák	A	1,6	1,0
Šroub M10	B	1,5	4,0
Šroub M10	B	1,5	4,0
Rýhovaná matice	B	1,3	4,0
Rozměrové destičky	A	1,6	1,7
Součet dílů: 12	Součet A: 8	Součet montáží: 18,9	Součet spoj. op.: 34,2
Efektivnost návrhu		Součet A/Součet dílů	66,66%
Poměr pomocných operací		Součet montáží/součet A	2,3625
Poměr spojovacích operací		Součet spoj.op./součet A	4,275

Tab. 8 – Vyhodnocení náročnosti montáže [13]

Jak je vidět z tabulky vítězná varianta splňuje efektivnost návrhu sestavy (minimálně 60%).

8.2 DFM – Design for Manufacturing

Metodou konstruování s ohledem na výrobu lze dosáhnout co nejnižších výrobních nákladů s použitím výrobků a komponentů s malými výrobními náklady. DFM metoda má tyto principy, se kterými bylo uvažováno při návrhu univerzálního adapterů:

- Jednoduchost výrobku – použití malého počtu jednoduchých dílů, vyhnutí se nejasným, komplikovaným, složitým tvarům
- Standardní komponenty – použití snadno objednatelných, s širokým použitím využitelných dílů, sériově vyráběných mnoha výrobci
- Standardizovaný návrh konstrukce výrobku – použití stejných komponent pro různé typové řady výrobků
- Volné tolerování – použití netolerovaných rozměrů, ovšem i tyto netolerované rozměry musí být v určité toleranci dle normy. Pravidlo – čím vyšší přesnost rozměrů předepsána na výkrese, tím vyšší cena a naopak. [13]

Mezi další principy DFM jistě patří:

- Eliminace obecných poznámek na výkrese
- Kótování od konkrétních hran a základen
- Použití standardizovaných nástrojů při výrobě
- Při obrábění použít co nejmenší počet upnutí výrobku

A mnohé další [13]

8.3 DFD – Design for Disassembly

Metoda s ohledem na snadné rozebrání (demontovatelnost) výrobku. Použitím této metody se mohou díly, po skončení životního cyklu výrobku, z různých materiálů separovat, demontovat, či případně dále použít. Navržená konstrukce univerzálního adaptéru z hlediska DFD umožňuje snadné oddělení dílů bez jejich deformace či znehodnocení, snadnou opravu doplněním opotřebených materiálů, snadnou montáž opravených dílů, díly lze recyklovat a lehce třídit do skupin.

Návrh univerzálního adaptéru se řídí principy DFD, které jsou:

- Použití rozebíratelných, oddělitelných a repasovatelných materiálů
- Použití rozebíratelných spojů - adaptér neobsahuje lepené, pájené apod. spoje. [13]

8.4 DFE – Design for Environment

Tato metoda řeší problémy spojené s dopadem výrobku na životní prostředí. V současné době je stále více tento problém středem pozornosti při řešení inovačních řešení. DFE metoda je spojena s návrhem výrobku s ohledem na ekologickou výrobu a balení, odvoz a recyklaci dílů. Při návrhu adaptéru se uvažuje s použitím znovu využitelných dílů, s minimalizací toxicity, s minimálním počtem druhů různých materiálů. Díly jsou snadno demontovatelné a oddělitelné, bez nátěrů či lepidel a v neposlední řadě připomeňme i minimalizaci nákladů na přípravu opravy. Principy demontáží zahrnují snadný přístup k součástem a spojům, použití rozebíratelných spojů a standardního nářadí při rozebírání výrobku. [13]

9. Přezkoumání konstrukčního návrhu – metoda FMEA

FMEA (Failure Mode And Effect Analysis) je jednou z mnoha metod pro přezkoumání konstrukčního návrhu (design review). Obecně lze říci, že metody design review systematicky zajišťují konečnou jakost výrobku podle požadavků a potřeb zákazníka. Pilíře design review se využívají v každé fázi inovačního procesu a dělá se v každé fázi vše pro vyřešení vzniklých problémů, aby se nedostaly do fáze další. Metoda FMEA má za cíl identifikovat a vyhodnotit možné poruchy výrobku, jejich důsledky a následně určit opatření, kterými lze pravděpodobnost výskytu poruchy minimalizovat. Tato metoda se zapisuje do přehledného formuláře. FMEA se používá již ve fázi návrhu při konstrukčním řešení nového výrobku, kdy investice do případné změny jsou nejsnazší a nejlevnější. Objektivně se vyhodnocuje prvotní návrh spolu s funkčními požadavky, s požadavky výroby, montáže, servisu apod. Zpracovaný formulář pro zkušební zařízení je umístěn v příloze č. 2. [13]

10. Konstrukční zpracování inovovaného zkušebního zařízení

Tato kapitola diplomové práce řeší konstrukční zpracování zlepšeného zkušebního zařízení. V kapitole číslo 7 byl vybrán univerzální adaptér pro uchycení brzd při měření a dále byla vybrána možnost uchycení pístku v podobě elektromagnetu. Tyto zlepšení budou součástí inovovaného zkušebního zařízení. Dále byly použity z předchozích vlastních variant řešení, které jsou v kapitole 6, dílčí součásti pro výsledný celek zkušebního zařízení.

Model zkušebního zařízení je vytvořen v parametrickém CAD/CAM/CAE konstrukčním systému Pro/ENGINEER Wildfire 4 stejně jako 3D model stávajícího zařízení. Program je určen pro vývoj výrobků od projektu až po výrobu od firmy PTC. Program dokáže navrhnout formu, vlastnosti a funkce výrobků se vzájemnou asociativitou mezi jednotlivými modely. Verze 4 umožňuje pevnostní analýzy pomocí modulu Mechanica, pomocí kterých jsou ověřeny nejvíce namáhané části systému.

10.1 Popis zkušebního zařízení

Inovované zkušební zařízení na měření závislosti síly na dráze brzd pro automobily je na obrázku 33. Jedním z požadavků zákazníka bylo zachování určitých částí systému, je tedy zachován stůl zařízení a deska stolu, stejně jako otvor pro adaptér a otvor pro protažení nutné kabeláže k snímačům a motoru. Dále byl zachován přítlačný pístek pod deskou stolu, který slouží k zaaretování adaptéru v požadované poloze. Jak už bylo napsáno výše, součástí zlepšeného zkušebního zařízení je univerzální adaptér pro uchycení brzd. Z tohoto důvodu bylo nutné posunout osu motoru do výšky 120 mm od základny desky stolu. Dle požadavků zákazníka je vybrán rozměrově menší lineární pohon.

Po průzkumu trhu je zvolen hybridní krokový lineární aktuátor, který je ve vlastní variantě číslo 4. Motor má označení NEMA 34, maximální posuvná síla je 2700 N, stoupání šroubu 0,012700 mm/1,8°. Motor má čtvercový profil s rozměry 86,3 mm a délkou 78,56 mm. Výrobce poskytuje provedení motoru zajištěného proti otáčení šroubu hvězdicovým adaptérem.

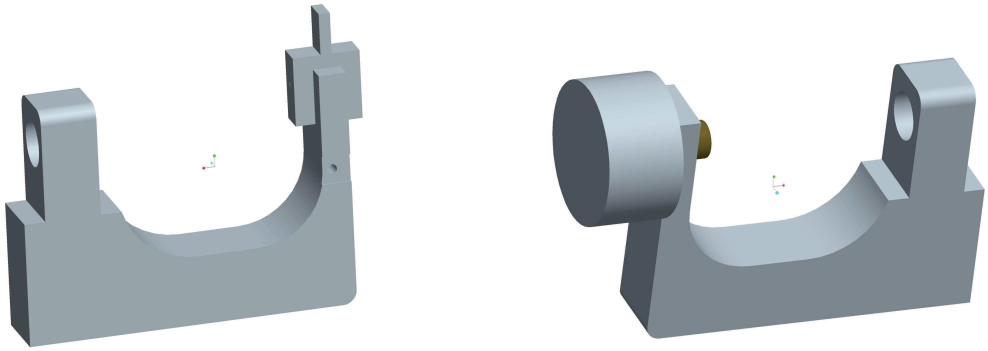
Motor je uchycen čtyřmi šrouby M8 ke konzole motoru, která je z důvodu umístění přídavného zařízení k motoru proti otáčení, posunuta vzhledem k původnímu stavu o 39 mm

směrem doprava. Uchycení konzole k desce stolu je uskutečněno pomocí čtveřice šroubů M8. Z motoru je vyvedena hřídelka, na jejímž konci je závit M12 v délce 16,7 mm. Na tento závit je našroubována redukce tak, aby mohl být umístěn snímač síly. Redukce je tvořena válcem s vnitřním závitem M12 a dalším válcem s dírou M5 pro uchycení snímače síly.

Snímač síly je typu tah/tlak, s metrickým rozsahem 2kN o ø 25 mm a tloušťkou 12,4 mm od firmy OMEGA. Tento snímač síly je ve vlastní variantě číslo 1, 2, 4 a má označení výrobce LCM202-2KN. Z druhé strany snímače je opět vyvedena redukce, na kterou se umístí přípravek k posuvu destiček (pístku). Redukce je tvořena válcem s vnitřním průměrem M5 pro závit snímače síly a osazením o průměru 18 mm a délky 2 mm. Za osazením je vnější závit M16 v délce 20 mm, na který je nasazen přípravek k posuvu brzdových destiček (pístku).

10.1.1 Přípravek k posuvu brzdových destiček (pístu)

Tvar přípravku k posuvu vychází z původního řešení. Je zesílen a upraven, aby se dal použít jak pro pohyb brzdových destiček, tak pro uchycení pístku a jeho následného posouvání. Princip je z varianty číslo 2. Pro posouvání brzdových destiček se nakonec přípravku umístí vyměnitelné vymezovací destičky. Tyto destičky mají rozdílné rozměry dle různé mezery mezi jednotlivými brzdovými destičkami každé brzdy. Vymezovací destičky jsou zajištěny k přípravku kolíkem s průměrem 2 mm.



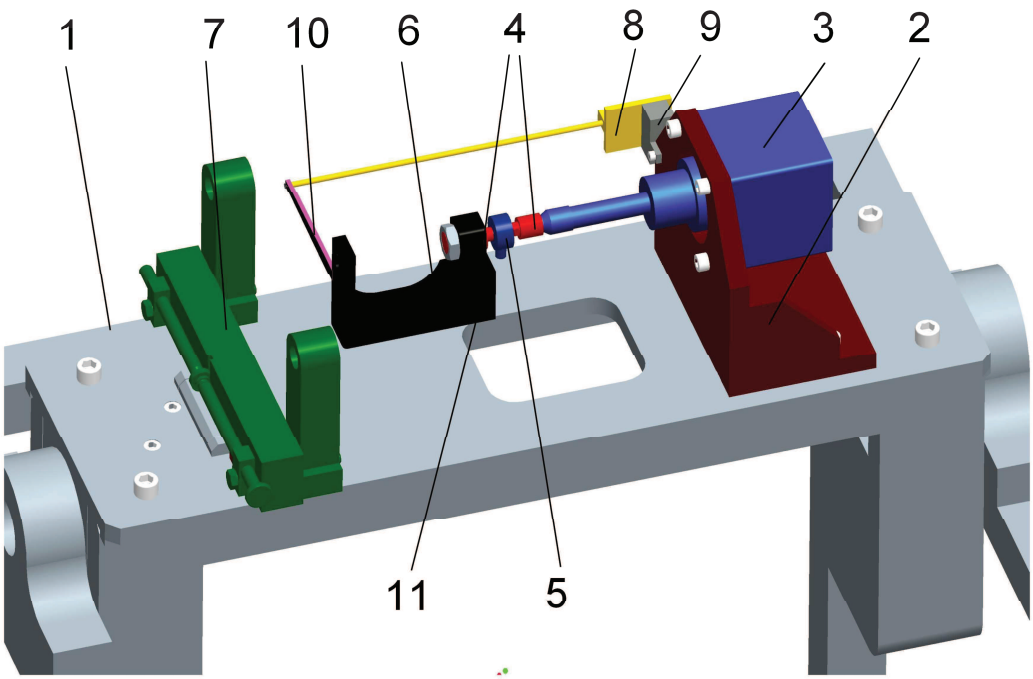
Obr. 32 – Přípravek k posuvu – vlevo pro brzdové destičky, vpravo pro pístek

Pro uchopení pístků a jejich následný posuv se využívá v tomto řešení přídržný elektromagnet. Přídržný elektromagnet je k přípravku připevněn šroubem M8. Ve vítězném návrhu je elektromagnet firmy SELOS, jeho přídržná síla je 750 N s aktivním průměrem 20.4 mm a nese označení E1AS. Obě varianty jsou na obrázku 32. Pro případné zvětšení přídržné

síly při měření pístků dutinou ven, se vloží do pístku feromagnetický váleček. Tento váleček se pomocí přídržného elektromagnetu zmagnetizuje a zvětší se uchopovací plocha.

Snímač dráhy je ve vítězném řešení zachován z původního stavu, je ale přesunut co nejblíže místu měření. Tělo snímače dráhy je ukotveno na konzoly motoru pomocí šroubů M4. Na konec přípravku k posuvu destiček (pístku) je našroubována z boku tyčka, která slouží k uchycení posuvné tyčky snímače dráhy. Tyčka je ve vzdálenosti od vrchního okraje přípravku 30 mm a je přichycena k přípravku pomocí šroubu M4. Zároveň je umístěna v drážce, která je vyfrézována v těle přípravku k posuvu.

K uchycení brzd se používá univerzální adaptér, který se umisťuje do zachovaného otvoru ve stole. K zajištění požadované polohy slouží přítlačný pístek pod stolem, který přitlačí tělo adaptéru k vložce stolu.

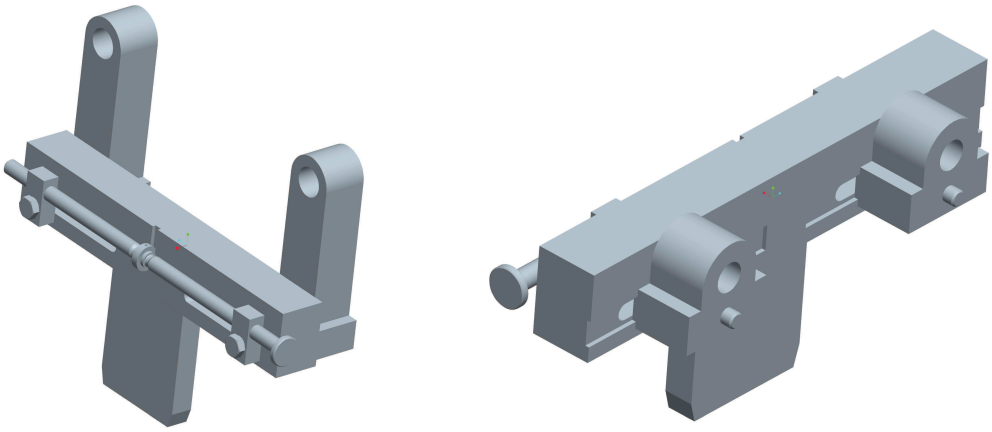


Obr. 33 – Inovované zkušební zařízení – zjednodušený 3D model

1 – deska stolu
2 – konzola motoru
3 – hybridní lineární krokový motor
4 – závitové redukce
5 – snímač síly
6 – přípravek k posuvu
7 – univerzální adaptér
8 – snímač dráhy
9 – podpěra snímače dráhy
10 – tyčka snímače dráhy z boku
11 – matice M16

10.1.2 Univerzální adaptér

Hlavní inovací na zkušebním zařízení je univerzální adaptér pro uchycení brzd při měření. Tento adaptér je popsán ve vlastní variantě číslo 1. Univerzální adaptér má tělo s drážkou, ve které se pohybují vyměnitelné páry pacek. Jeden pár pacek se používá pro uchycení třmenu za jeho uši, druhý pár je použit pro uchycení třmenu přes jeho držák. Oboje varianty jsou na obrázku 34. Rozměry roztečí pacek jsou dle rozměrů roztečí jednotlivých děr brzd. Packy mají tloušťku 30 mm, osa díry pacek je ve výšce 117,70 mm pro velké packy, u menších pacek je to 34,1 mm od spodní části těla. Tělo je ve tvaru obdélníku s rozměry 255 x 45 x 32 mm.

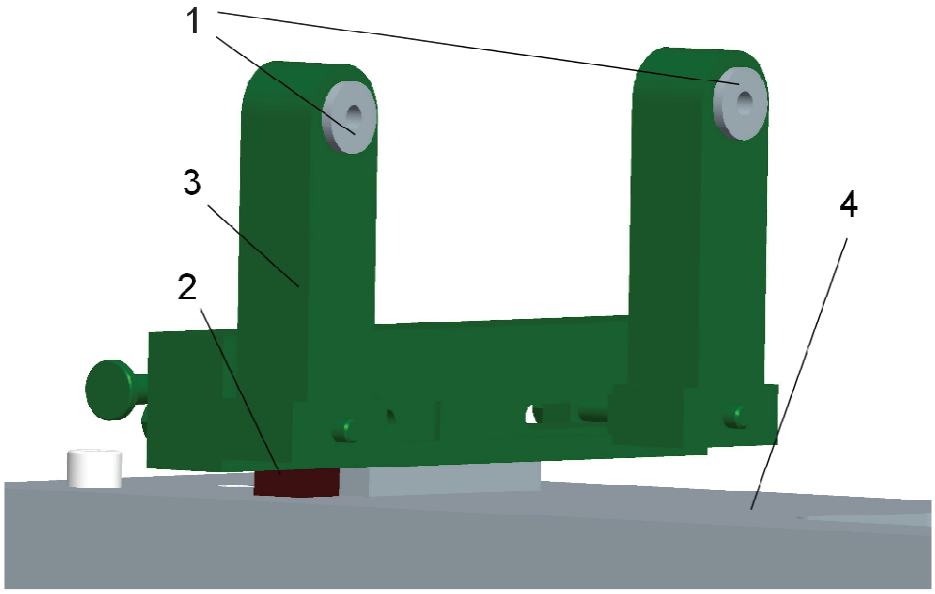


Obr. 34- Univerzální adaptér – vlevo pro uchycení za uši, vpravo za držák brzdy

Packy jsou k tělu adaptéru upevněny šrouby M8 s délkou 80 mm. Šrouby procházejí skrz tělo adaptéru ve vyfrézované drážce. Tyto šrouby na druhé straně těla adaptéru drží takzvané kameny, které slouží k přesnému nastavení polohy pacek, při změně roztečí děr. Kameny jsou vzájemně propojeny závitovým šroubem, který má levý závit M10 na jedné straně a pravý závit M10 na straně druhé. Závitový šroub má ve svém středu kruhové pouzdro, které je pohyblivě zasazeno ve vyfrézované drážce v těle třmenu. Kroužek je pomocí stavěcího šroubu M2 x 4 napevno přichycen k závitovému šroubu. Pomocí rýhované matice se čtyřhranem, nasazené na konec závitového šroubu, lze ručně nastavovat přesně rozměr roztečí. Při výměně pacek se pouze uvolní šrouby M8, které drží packy, a nasadí se nové packy. Závitový šroub zaručuje zachování rozměrů, není nutné tedy po výměně pacek dále nic seřizovat.

Různé průměry děr jednotlivých brzd jsou řešeny pomocí vyměnitelných vložek. Na adaptéru je vyvrtána díra, do které se vkládají vyměnitelné vložky, které mají svůj vnitřní průměr podle průměru otvorů uší dané měřené brzdy - obrázek 35. Rozměr díry na adaptéru a vnější průměr vložky je vyroben s mírným přesahem. U kratších pacek je v adaptéru naopak vytvořena závitová díra, do které se šroubují vyměnitelné vložky. Tyto vložky mají vnitřní průměr dle průměru díry na držáku dané brzdy.

Univerzální adaptér je výškově nastavitelný vzhledem k desce stolu, pouhým vysunutím a zasunutím do otvoru v desce. Nastavení přesného rozměru výšky díry od desky stolu pro každou brzdu je prostřednictvím rozměrových destiček. Na každé destičce je vyryt typ brzdy, pro kterou je destička určena a umisťují se mezi desku stolu a spodní část těla adaptéru. Poté se pomocí přítlačného pístku pod stolem zafixuje nastavená poloha univerzálního adaptéru. Vzdálenosti brzdy v ose se nastavují pomocí změny zdvihu motoru.



Obr. 35 –Vyměnitelné vložky a rozměrová destička

1 – vyměnitelné vložky
2 – rozměrová destička
3 - adaptér
4 – deska stolu

10.2 Výpočty částí zkušebního zařízení

V této části se provedou výpočty a deformační analýzy nejvíce namáhaných částí zkušebního zařízení. Jedná se především o univerzální adaptér a přípravek k posuvu destiček (pístku). Ověření výpočtů jsou provedeny v programu MechSoft pro Pro/ENGINEER V4. Deformační analýzy jsou provedeny v programu Pro/ENGINEER s modulem Mechanica.

10.2.1 Návrh šroubového spoje

Je potřeba navrhnout šroubový spoj, který drží packy univerzálního adaptéru k jeho tělu. Na začátku práce je nutné zjistit velikost a průběh sil ve šroubovém spoji, poté provést pevnostní výpočty. Výpočet je proveden pro jeden šroub M8, zatěžující síla má velikost 1000 N. Hodnoty šroubu odečteny ze strojnických tabulek, konstanty z programu Mechsoft.

Vstupní podmínky:

Zatěžující síla: F = 1000N

Šroub: M8 x 1,25 (p = 1,25)

Koeficient těsnosti spoje: ψ - voleno 0,5

Konstanta poddajnosti: $c_n = 0{,}066$

Střední průměr šroubu: $d_2 = 7{,}188\,\text{mm}$

Minimální průměr šroubu: $d_{\min} = 6{,}466\,\text{mm}$

Počet šroubů: z = 1

Mez kluzu v tahu: $R_e = 200\,\text{Mpa}$

Koeficient bezpečnosti $k_s = 1{,}5$

Výpočet šroubového spoje:

Pracovní síla ve spoji:

$$F_{\max} = \frac{1+\psi}{z}.F = \frac{1+0{,}5}{1}.1000 = 1500\,\text{N}$$

Předepínací síla:

$$F_O = F_{\max} - c_n.\frac{F}{z} = 1500 - 0{,}066.\frac{1000}{1} = 1433{,}34\,\text{N}$$

Utahovací moment:

$$M_u = F_O.\left(\frac{d_s}{2}.\tan(\gamma+\varphi_z^{'}) + 0{,}7.d.f_2\right) = 1433{,}34.\left(\frac{0{,}007188}{2}.\tan(3{,}168+13{,}0039) + 0{,}7.0{,}008.0{,}25\right) = 3{,}5\ \text{Nm}$$

kde $\gamma = \arctan\frac{p}{\pi.d_2} = \arctan\frac{1{,}25}{\pi.7{,}188} = 3{,}168°$

$$\varphi_z^{'} = \arctan\frac{f_z}{\cos 30°} = \arctan\frac{0{,}2}{\cos 30°} = 13{,}0039°$$

Pevnostní kontrola při montáži a za provozu

Moment při montáži:

$$M_{zu} = \frac{F_O}{2}.d_2.\tan\left(\gamma+\varphi_z^{'}\right) = \frac{1433{,}34}{2}.0{,}007188.\tan\left(3{,}168+13{,}0039°\right) = 1{,}49\ \text{Nm}$$

Tahové napětí:

$$\sigma_t = \frac{F_O}{S_{\min}} = \frac{4.F_O}{\pi.d_{\min}^2} = \frac{4.1433{,}34}{\pi.0{,}006466^2} = 43{,}6503\ \text{MPa}$$

Napětí v krutu:

$$\tau_k = \frac{M_{zu}}{S_{\min}} = \frac{16.M_{zu}}{\pi.d_{\min}^3} = \frac{16.1{,}49}{\pi.0{,}006466^3} = 28{,}0704\ \text{MPa}$$

Redukované napětí šroubu:

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_t^2 + 3.\tau_k^2} = \sqrt{43{,}6503^2 + 3.28{,}0704^2} = 65{,}3390\ \text{MPa}$$

$$\sigma_e \le \frac{R_e}{k_s} \Rightarrow \textit{vyhovuje}$$

Napětí při provozu:

$$\sigma_{e1} = \frac{F_{s\max}}{S_{\min}} = \frac{4.1500}{\pi.d_{\min}^2} = 45{,}68\ \text{MPa}$$

Tlak v závitu:

$$p_v = \frac{4.F_{\max}}{\pi.\left(d^2 - (d - 1{,}082531.p)^2\right).\frac{0{,}8.d}{p}} = \frac{4.1500}{\pi.\left(8^2 - (8 - 1{,}082531.1{,}25)^2\right).\frac{0{,}8.8}{1{,}25}} = 18{,}82\ \text{MPa}$$

[18], [19]

10.2.2 Kontrolní výpočet šroubu M8

Je proveden kontrolní výpočet šroubů M8 x 80, které drží packy univerzálního adaptéru k jeho tělu. Výpočet je proveden pro jeden šroub v programu Mechsoft.

Šroubový spoj

Scénáře:

Typ pevnostního výpočtu: Kontrolní výpočet - ISO

Zatížení:

Koeficient těsnosti spoje y = 0.5

Max. axiální síla Fa = 1000 N

Činitel zavedení síly n = 0.5

Max. tečná síla Ft = 0 N

Souč. tření ve spoji f = 0.4

Šroub:

Počet šroubů z = 1

Průměr závitu d = 8 mm

Stoupání závitu p = 1.25 mm

Střední průměr šroubu ds = 7.188 mm

Min. průměr šroubu dmin = 6.466 mm

Materiál šroubu 4A (ISO p.c. 3.6) Re=200; pd=40

Mez kluzu v tahu Re = 200 MPa

Koeficient bezpečnosti ks = 1.5

Dovolený tlak v závitu pd = 40 MPa

Modul pružnosti E1 = 205000 MPa

Souč. tření v závitu f1 = 0.2

Souč. tření v dosedací ploše f2 = 0.25

Materiál:

Celková šířka L = 74 mm

Modul pružnosti E2 = 205000 MPa

Výsledky výpočtu:

Předepínací síla Fo = 1433.34 N

Max. pracovní síla Fmax = 1500 N

Utahovací moment Mu = 3.52 Nm

Vypočtené napětí v tahu = 43.6505 MPa

Vypočtené napětí v krutu = 66.3741 MPa

Redukované napětí = 122.9713 MPa

Napětí od max. síly = 45.68 MPa

Vypočtený tlak v závitu pv = 18.82 MPa

Pevnostní kontrola – Vyhovuje

10.2.3 Výpočet svaru univerzálního adaptéru

Dále je výpočet proveden pro tupý svar, který je pod tělem adaptéru. K tělu je pomocí tupého oboustranného svaru připevněna deska, která slouží k uchycení adaptéru k desce stolu.

Vstupní podmínky:

Tloušťka plechu: s = 15 mm

Délka svaru: L = 70 mm

Zatěžující síla: F = 2000N

Rameno síly: e = 118 mm

Dovolené napětí: $\sigma_{Do} = \frac{R_e}{k_s} = \frac{225}{1{,}5} = 150\,\text{MPa}$

Ohybové napětí ve svaru:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{6.M_o}{s.L^2} = \frac{6.F.e}{s.L^2} = \frac{6.2000.118}{15.70^2} = 19{,}26\,\text{MPa}$$

Smykové napětí ve svaru:

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{F}{s.L} = \frac{2000}{15.70} = 1{,}9\,\text{MPa}$$

Srovnávací napětí:

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma_o^2 + 3.\tau_s^2} = \sqrt{19{,}26^2 + 3.1{,}9^2} = 19{,}83\,\text{MPa}$$

$$\sigma_s \le \frac{R_e}{k_s} \Rightarrow vyhovuje \text{ [18], [19]}$$

10.2.4 Kontrolní výpočet svaru univerzálního adaptéru

Kontrola svaru pomocí programu Mechsoft pro ověření výsledků.

Typ a provedení svarového spoje

Připojení desky oboustraným tupým svarem

Výpočet staticky zatíženého svaru :

Zatížení svarového spoje :

Ohybová síla Fy = 2000 N

Rameno síly e = 118 mm

Rozměry svarového spoje :

Tloušťka plechu s = 15 mm

Délka svaru L = 70 mm

Materiál a vlastnosti spoje :

Konstrukční ocel S235JRG1

Mez kluzu Re = 225 MPa

Mez pevnosti v tahu Rm = 350 MPa

Součinitel bezpečnosti ns = 1.5

Převodní součinitele svarového spoje pro:

- tupý svar zatížený tahem - tlakem Alfa1 = 0.85
- tupý svar zatížený smykem Alfa2 = 0.7

Výsledky výpočtu :

Dovolené napětí SigmaD = 150 MPa

Minimální tloušťka plechu smin = 2.33 mm

Minimální délka svaru Lmin = 27.26 mm

Normálové napětí ve svaru Sigma = 19.27 MPa

Smykové napětí ve svaru Tau = 1.9 MPa

Výsledné redukované napětí SigmaR = 19.55 MPa

Srovnávací napětí SigmaS = 23.15 MPa

Maximální ohybová síla Fymax = 12959 N

Pevnostní kontrola spoje - Vyhovuje

Výpočet cyklicky zatíženého svaru :

Horní zatížení cyklu :

Ohybová síla Fyh = 2000 N

Spodní zatížení cyklu :

Ohybová síla Fyn = -2000 N

Stanovení meze únavy :

Základní mez únavy materiálu Sigmac' = 175 MPa

Součinitel jakosti povrchu ka = 0.54

Součinitel velikosti svaru kb = 0.866

Požadovaná spolehlivost spoje 95 %

Součinitel spolehlivosti kc = 0.868

Koeficient vrubové koncentrace napětí K = 2.3

Modifikovaný vrubový součinitel ke = 0.435

Parametry výpočtu :

Dynamický součinitel rázů Eta = 1

Životnost spoje v tisících cyklů N = 1000

Požadovaná míra bezpečnosti nf = 1.5

Použitá výpočtová metoda - Modifikovaná Godmanova metoda

Výsledky výpočtu :

Korigovaná mez únavy při stálé pevnosti Sigmac = 30.9 MPa

Časovaná mez únavy Sigmaf = MPa

Střední únavová pevnost spoje SigmaM = 0 MPa

Amplituda únavové pevnosti spoje SigmaA = 30.9 MPa

Střední napětí cyklu Sigmam = 0 MPa

Amplituda napětí cyklu Sigmaa = 19.546 MPa

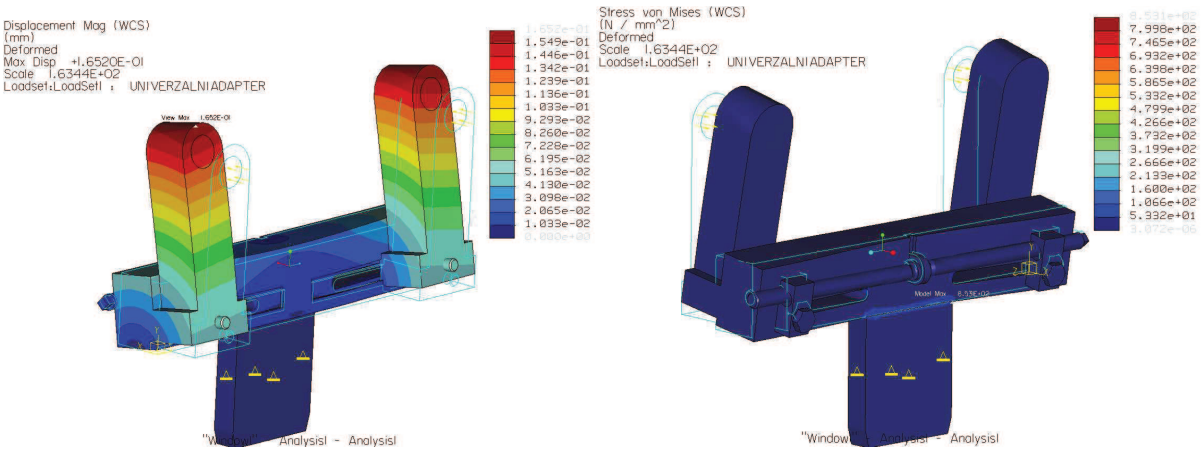
Vypočtená bezpečnost svarového spoje nc = 1.58

Pevnostní kontrola – Vyhovuje

10.2.5 Deformační analýza univerzálního adaptéru

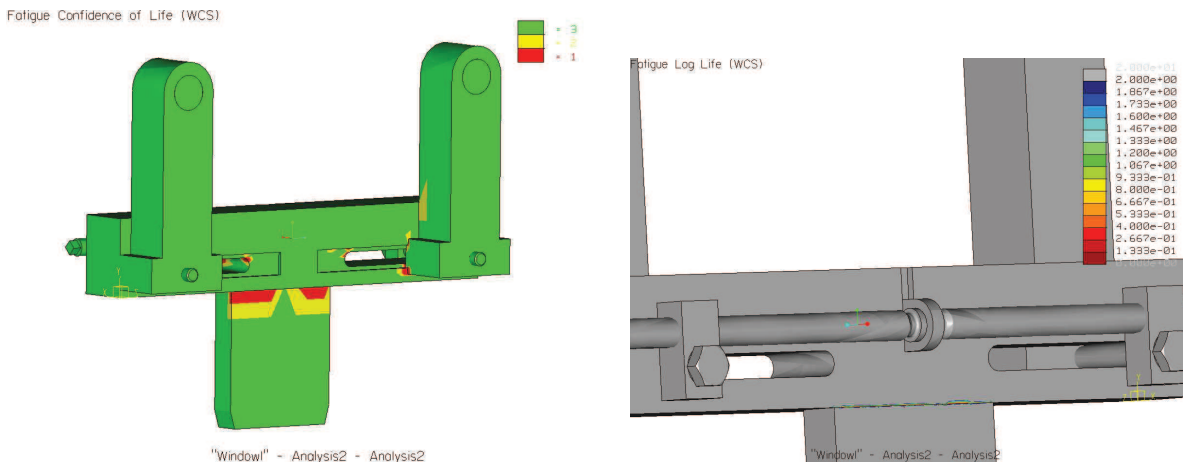
Analýza univerzálního adaptéru je provedena metodou konečných prvků MKP. Tato metoda vznikla z potřeby řešit komplexní úlohy statické mechaniky. Je to numerická metoda a používá se k ověření již navržených konstrukcí. Lze s ní simulovat průběh napětí, deformací, proudění tepla, tekutin apod. u vytvořených modelů. Princip spočívá v tom, že řešení parciálních diferenciálních rovnic se převádí na řešení obyčejných diferenciálních rovnic. Spojité kontinuum se nahradí určitým (konečným) počtem prvků. [17]

Univerzální adaptér je zatížen a uchycen, jako tomu je ve skutečnosti na fyzickém stroji. Simulace je provedena pro adaptér v poloze, ve které se předpokládá největší posunutí. To znamená největší vzdálenost os děr pacek a jejich rozměr od základny desky.



Obr. 36 – Univerzální adaptér – vítězný návrh - vlevo posunutí, vpravo napětí

Podle předpokladu a z obrázku číslo 36 je zřejmé, že největší posunutí je na konci pacek s hodnotou 0,1652 mm. Největší hodnota napětí, které je mezi uchycením a tělem adaptéru, má hodnotu 853,1 MPa. Hodnoty jsou tedy menší než v současném stavu, konstrukce nezhoršuje přesnost měření.

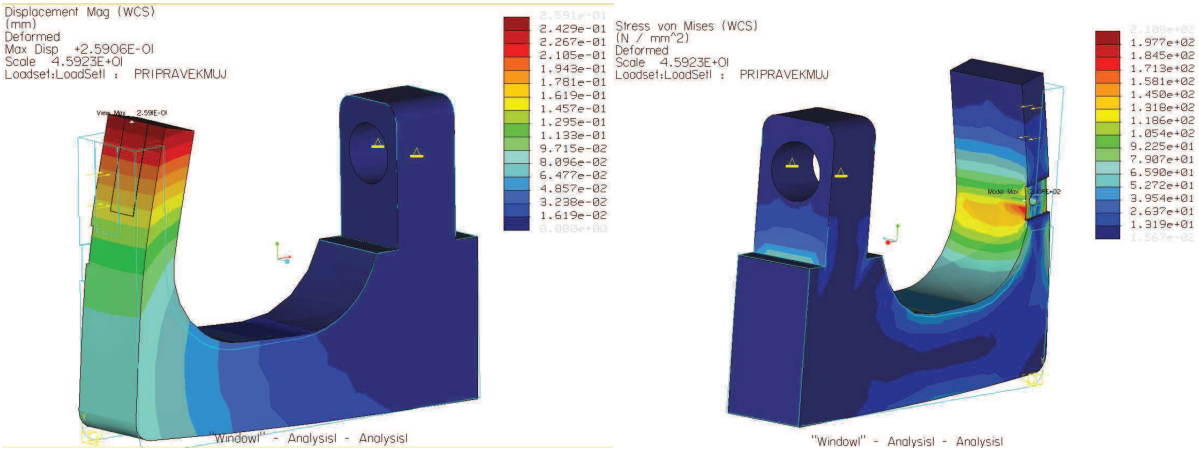


Obr. 37 – Univerzální adaptér–vítězný návrh - vlevo důvěryhodná životnost, vpravo životnost

Únavová zkouška je provedena také pro vlastní návrh řešení. Podmínky simulace jsou nastaveny stejně jako v kapitole 6 při simulaci stávajícího stavu. Jak je z obrázků 37 zřejmé nejvíc náchylná oblast k poruše při zadaných cyklech je mezi tělem a uchycením adaptéru.

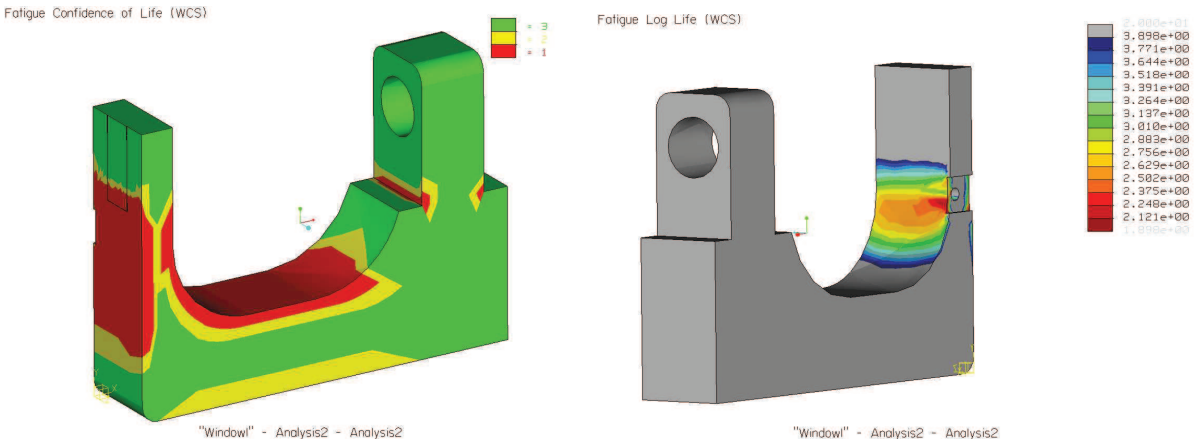
10.2.6 Deformační analýza přípravku k posuvu destiček (pístku)

Stejná metoda jako v předchozím případě je použita pro zjištění napětí a posunutí přípravku k posuvu destiček (pístku).



Obr. 38 – Přípravek k posuvu - vítězný návrh – vlevo posunutí, vpravo napětí

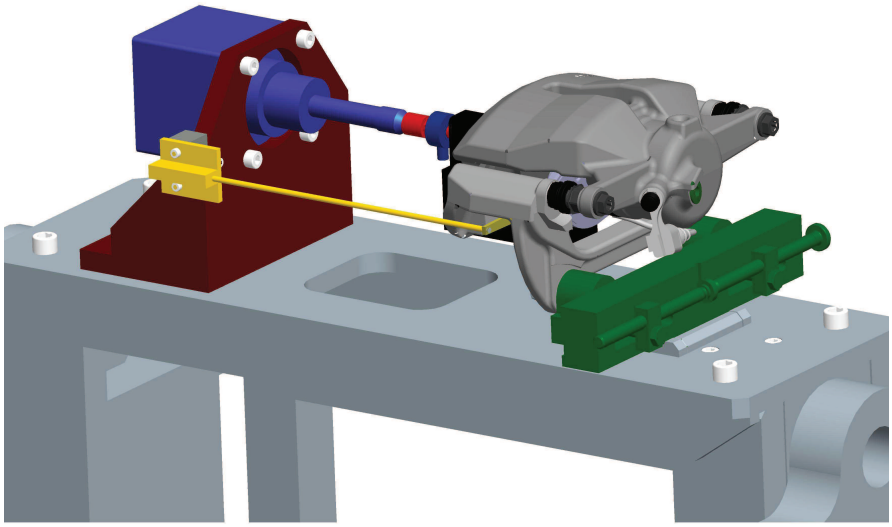
Podle deformační analýzy je maximální hodnota posunutí na konci přípravku s hodnotou 0,2591 mm. Maximální napětí má hodnotu 210,8 MPa. Výsledky nepřekračují hranice hodnot, naměřených ve stávajícím stavu.



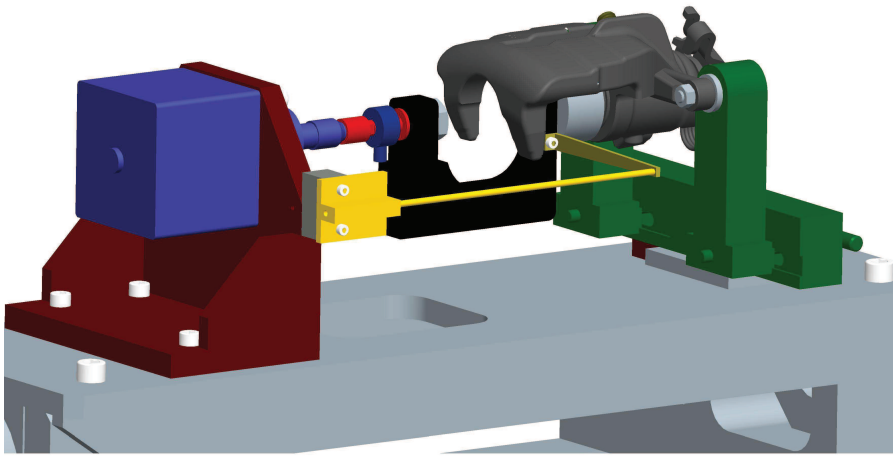
Obr. 39 - Přípravek k posuvu – vítězný návrh -vlevo důvěryhodná životnost, vpravo životnost

Oblast náchylná k selhání při zadaných podmínkách simulace je v rádiusech přípravku, jako je tomu v současném stavu.

Následující obrázky ukazují 3D model stroje spolu s vybranými brzdami z firmy TRW. Brzdy jsou rozdílné z hlediska svých rozměrů a různě orientovanými pístky. Brzdy se za své uši přichytí k adaptéru pomocí šroubu, matice a podložky. Držák třmenu brzdy se uchytí k adaptéru pouze šroubem s podložkou.



Obr . 40 - Zkušební zařízení s brzdou 1



Obr. 41 – Zkušební zařízení s brzdou 2

11. Výkresová dokumentace

Z 3D modelů jednotlivých součástí zkušebního zařízení je následně vytvořena výrobní dokumentace. 3D modely jsou vytvořeny v programu Pro/ENGINEER, který umožňuje vytvořit z těchto modelů i výkresy. Výkresy i modely mají vzájemnou asociativitu, takže jakékoliv změny v modelu se projeví i na výkrese. Vlastní návrhy řešení jsou rozkresleny do detailu a okótovány, firemní modely jako brzdy, deska stolu a stůl samotný neobsahují žádné kóty, poznámky, detaily apod. Výkresová dokumentace obsahuje výkresy nových jednotlivých navržených částí a jejich sestavy, viz příloha č.8.

12. Popis přínosu inovace na zařízení a ekonomické zhodnocení

Hlavním přínosem inovovaného zkušebního zařízení je univerzálnost a zjednodušení konstrukce celého zařízení oproti původnímu stavu. Nová konstrukce obsahuje univerzální adaptér pro různě veliké typy brzd. Adaptérem lze uchytit různě odlišné brzdy pro různé potřeby jejich měření. Zároveň je konstrukce adaptéru navržena tak, že nezhoršuje přesnost měření, což je doloženo deformačními analýzami. Adaptér je tedy dostatečně tuhý, podle požadavku zákazníka, a zároveň univerzální pro potřeby měření. Jako další přínos inovace na zkušebním zařízení je zlepšené uchycení pístku při jejich měření. Nová konstrukce umožňuje uchopit pístek, který je dutinou dovnitř těla třmenu, bez jeho poškození či jiné úpravy pístku. Používá se přídržný elektromagnet, který lze zároveň použít pro pístky, které mají dutinu směřující z těla třmenu. Inovace zároveň zachovává přesnost při měření.

Celková finanční stránka inovovaného zařízení je převážně ovlivněna cenami nakupovaných dílů, jako je pohon, řídicí jednotka pohonu, snímač síly, karta pro připojení snímače a software. Pro přehlednost nákladů jednotlivých položek inovovaného zkušebního zařízení, je vytvořena tabulka. Zde je uveden název dílu (součásti), polotovar, počet kusů v celém zařízení, materiál, celková hmotnost každého dílu a v neposlední řadě cena materiálu v Kč. Následně je proveden součet jednotlivých hmotností navržených dílů pro určení celkové hmotnosti inovace. V tabulce je brána průměrná cena jednotlivých typů materiálů na trhu. Cena nových navržených dílů je vztažena ke kilogramu. V kalkulaci není zahrnuta práce potřebná pro výrobu jednotlivých dílů. Jak ukazuje tabulka cena inovace je 47 032,9 Kč a hmotnost vlastního zařízení (bez zahrnutých zachovaných částí) je 21,4 Kg.

Název součásti	Polotovar	Počet kusů [-]	Materiál	Celková hmotnost [kg]	Cena materiálu [Kč]
Šroub M8x20	-	9	11 500	9 x 0,03 = 0,27	3 x 9 = 27
Šroub M4x10	-	4	11 500	4 x 0,02 = 0,08	1 x 4 = 4
Matice M16	-	1	11 500	0,02	2,5
Šroub M2x6	-	2	11 500	2 x 0,02 =0,04	1 x 2 = 2
Šroub M8x80	-	2	11 500	2 x 0,035 = 0,07	3 x 2 = 6
Válcový kolík 2x24	-	1	11 500	0,01	1,25
Rýhovaná matice M10	-	1	11 500	0,025	120
Hybridní krokový motor	-	1	-	2,3	14 900
Řídící jednotka R256 motoru+software	-	1	-	0,4	6 200
Snímač síly	-	1	-	0,2	15 700
Převodník signálu pro snímač síly + software	-	1	-	0,3	6 880
Přídržný elektromagnet	-	1	-	0,3	1 352
Podpěra snímače	Tyč plochá	1	11 500	0,23	85 x 0,23 = 19,6
Rozměrové destičky	Tyč čtvercová	1	11 500	0,05	70 x 0,05 = 3,5
Tělo adaptéru	Tyč plochá (za studena)	1	12 020	2,9	203 x 2,9 = 606,5
Vyměnitelné vložky	Tyč kruhová	2	11 500	2 x 0,1 = 0,2	70 x 0,2=14
Redukce M5-M16	Tyč kruhová	1	11 500	0,093	70 x 0,093 = 6,55
Kroužek	Tyč kruhová	1	11 500	0,0136	70 x 0,0136 = 1
Vymezující desky	Tyč plochá	1	11 500	0,08	85 x 0,08 = 6,8
Packy - držák	Tyč plochá (za studena)	2	11 500	2 x 0,6 = 1,2	203 x 1,2 = 243,6
Packy	Tyč plochá (za studena)	2	11 500	2 x 1,63 = 3,26	203 x 3,26 = 661,8
Uchycení adaptéru	Tyč plochá (za studena)	1	12 020	0,73	203 x 0,73 = 148,2
Tyčka snímače	Plech tlustý	1	11 500	0,028	12,5 x 0,028 = 0,35
Kameny	Tyč plochá (za studena)	2	11 500	2 x 0,064 =0,128	203 x 0,128 = 26
Redukce M12-M5	Tyč kruhová	1	11 500	0,06	70 x 0,06 = 4,2
Vložka - držák	Tyč kruhová	2	11 500	2 x 0,13 =0,26	70 x 0,26 = 18,5
Závitový šroub	Tyč kruhová (za studena)	1	11 500	0,016	77 x 0,016 = 1,25
Díl přední	Plech tlustý	1	11 523	3,38	12,5 x 3,38 = 42,25
Díl spodní	Plech tlustý	1	11 523	2,03	12,5 x 2,03 = 25, 4
Žebro	Plech tlustý	2	11 523	2 x 0,36 = 0,72	12,5 x 0,72 = 9
Přípravek	Plech tlustý	1	11 500	2	12,5 x 2 = 25
Součet		∑ = 50		∑ = 21,4	∑ = 47 032,9

Tab. 9 – Cenová kalkulace inovovaného zařízení

13 Závěr

Diplomová práce se věnuje inovaci zkušebního zařízení na měření různých charakteristik závislosti síly na dráze posuvných částí brzd pro automobily ve firmě TRW Automotive Czech s.r.o Jablonec nad Nisou. Výsledkem diplomové práce je vlastní zlepšená konstrukce zkušebního zařízení s ohledem na přání a požadavky zákazníka. Nové zkušební zařízení obsahuje univerzální adaptér pro uchycení různých typů kotoučových brzd. Dále umožňuje uchycení různě velkých a orientovaných pístků s jejich následným posuvem v těle třmenu.

Po seznámení se a prozkoumání současného stavu zkušebního zařízení přímo v laboratořích firmy TRW se identifikovaly nedostatky tohoto zařízení. Následně se pomocí konzultace s pověřenou osobou ve firmě určily a upřesnily zákaznické potřeby a požadavky. Jsou provedeny deformační analýzy částí současného stavu, které jsou předmětem inovace. Jedná se především o stávající adaptér pro uchycení brzd a přípravek k posuvu brzdových destiček. Výsledky simulací současného stavu sloužily jako podklad pro návrhy nových vlastních konstrukcí, tak aby se vyvarovalo chyb ze současného stavu. Následně je vygenerováno 5 vlastních variant řešení, ve kterých jsou zohledněny potřeby zákazníka a výsledky provedené simulace. Průzkum trhu byl proveden pro určení možností uchycení pístků v těle třmenu při měření. Tyto možnosti z průzkumu trhu byly také do vlastních variant zařazeny.

Ke každé vlastní variantě je pro přehlednost vytvořeno schéma a stručně popsány jejich jednotlivé části. Výběr vítězné varianty byl proveden pomocí rozhodovací tabulky, který byl dále ovlivněn intuitivním výběrem a konzultacemi s pracovníky firmy.

Vítězná varianta obsahuje univerzální adaptér z návrhu číslo 1, nový typ motoru z návrhu číslo 4 a přídržný elektromagnet, který je v návrhu číslo 2. Umístění snímače dráhy je využito z návrhu číslo 5. Snímač síly je použit z návrhů číslo 1, 2 a 4. Varianta je následně detailněji zpracována a optimalizována pomocí metod DFX a přezkoumána z hlediska funkčnosti metodou FMEA. K závěru je vítězná varianta ekonomicky zhodnocena, jsou vytvořeny 3D modely a jejich výkresová dokumentace. Varianta obsahuje standardizované díly a je konstruována co nejjednodušeji.

Konstrukce navržených částí systému nezhoršuje přesnost měření, což je doloženo pevnostními analýzami, a je zároveň univerzální pro potřeby měření. Analýzy byly provedeny pro univerzální adaptér a přípravek k posuvu brzdových destiček (pístku), kapitola 10.2.

Vlastní návrh univerzálního adaptéru má při síle 2kN největší posunutí na konci pacek - 0,1652 mm. Napětí v adaptéru dosahuje velikosti 853,1 MPa. Adaptér je pro měření dostatečně univerzální a zároveň konstrukce nezhoršuje přesnost měření. Přípravek k posuvu brzdových destiček (pístku) má maximální posunutí 0,2591 mm a napětí 210,8 MPa. Výsledky nově navržených částí systému jsou výrazně menší než má stávající stav. Zároveň je v zařízení použit stejný snímač dráhy s přesností měření 0,1 %. Snímač je přesunut co nejblíže místu měření, čímž se eliminuje sčítání chyb při měření oproti současnému stavu. Nové zařízení je univerzální a konstrukčně jednodušší (vypuštěno vedení, jeden přípravek pro posuv brzdových destiček i pístku). Pro potřeby měření je použit rozměrově menší snímač síly s metrickým rozsahem 2kN. Pohon je zprostředkován hybridním lineárním krokovým motorem. Podle požadavku zákazníka je vybrán rozměrově menší motor s parametry požadovanými při měření. Maximální posuvná síla motoru je 2700 N a stoupání šroubu má hodnotu 0,012700 mm/1,8°. Uchycení pístků je pomocí přídržného elektromagnetu se silou 750 N. Řešení je variabilní, levné a nepoškozuje či neznehodnocuje pístek při měření jako je tomu v současném stavu.

Diplomová práce je zaměřena na zlepšení mechanických součástí zkušebního zařízení. Neřešené problémy v této práci jsou vytvoření softwaru pro řízení zkoušek a úpravy signálů. Doporučuji rozsáhlé téma tohoto problému řešit v dalších diplomových pracích.

Použitá literatura:

[1] http://www.czechinvest.org
[2] http://cs.wikipedia.org/wiki/Automobilov%C3%BD_pr%C5%AFmysl
[3] http://www.trw.cz
[4] http://cs.wikipedia.org/wiki/Brzda
[5] http://cs.wikipedia.org/wiki/Kotou%C4%8Dov%C3%A1_brzda
[6] http://static.ddmcdn.com/gif/disc-brake3.jpg
[7] http://www.akebonobrakes.com
[8] http://cs.wikipedia.org/wiki/Line%C3%A1rn%C3%AD_elektromotor
[9] http://pavel.lasakovi.com
[10] http://www.omegaeng.cz
[11] http://www.kst.tul.cz
[12] http://352lab.vsb.cz/
[13] Mašín, I., Ševčík, L.: *Metody inovačního inženýrství*. IPI 2006
[14] http://ottp.fme.vutbr.cz
[15] http://www.magnety.sk/cz
[16] http://www.marek.eu/cz/
[17] http://cs.wikipedia.org/wiki/Metoda_kone%C4%8Dn%C3%BDch_prvk%C5%AF
[18] Pešík, L.: Č*ásti strojů. 1. díl*. Liberec, TU 2005. ISBN 80-7083-938-4.
Pešík, L.: *Části strojů 2. díl*. Liberec, TU 2005. ISBN 80-7083-939-2
[19] Lienveber J.-Vávra P.: *Strojnické Tabulky*, Albra, Úvaly 2005, ISBN 80–736-01-6

Bušov, B., Jirman, P., Dostál, V.: *Tvorba a řešení inovačních zadání.* Skripta. INDUS Brno 1996.

Zelný, J.: *Stavba strojů – strojní součásti*, Computer Press, Praha, 2000, ISBN 80-7226-311-0´

Seznam příloh:

Příloha č.1 – Harmonogram inovace

Příloha č.2 – Metoda FMEA

Příloha č.3 – Katalogový list pohonu – firma Servo-Drive.com

Příloha č.4 – Katalogový list Mikrokrokující programovatelné jednotky R256 – firma Servo-Drive.com

Příloha č.5 – Katalogový list snímače síly – firma omegaeng.cz

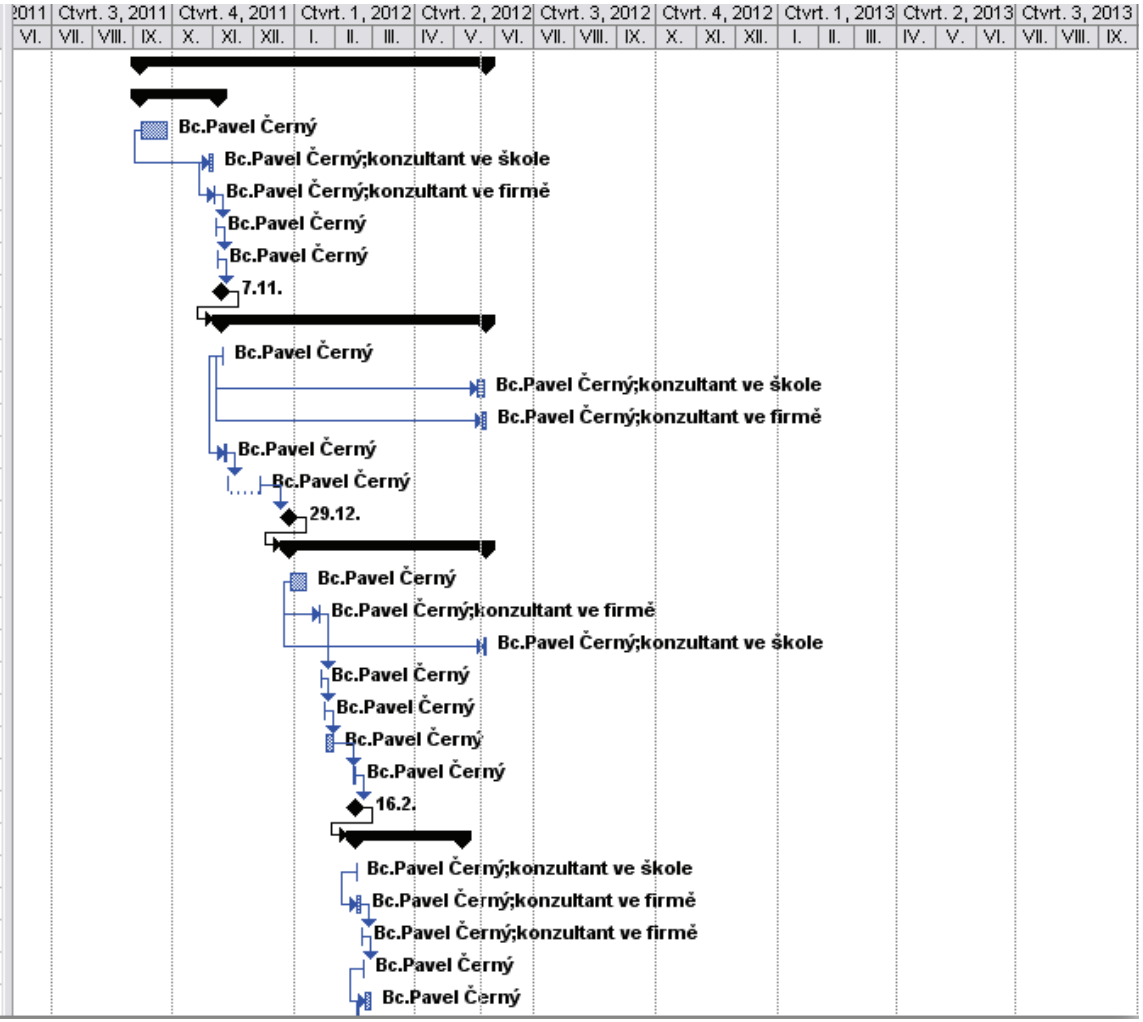
Příloha č.6 – Katalogový list převodníku snímače síly iDRX– firma omegaeng.cz

Příloha č.7 – Katalogový list přídržného magnetu – firma SELOS

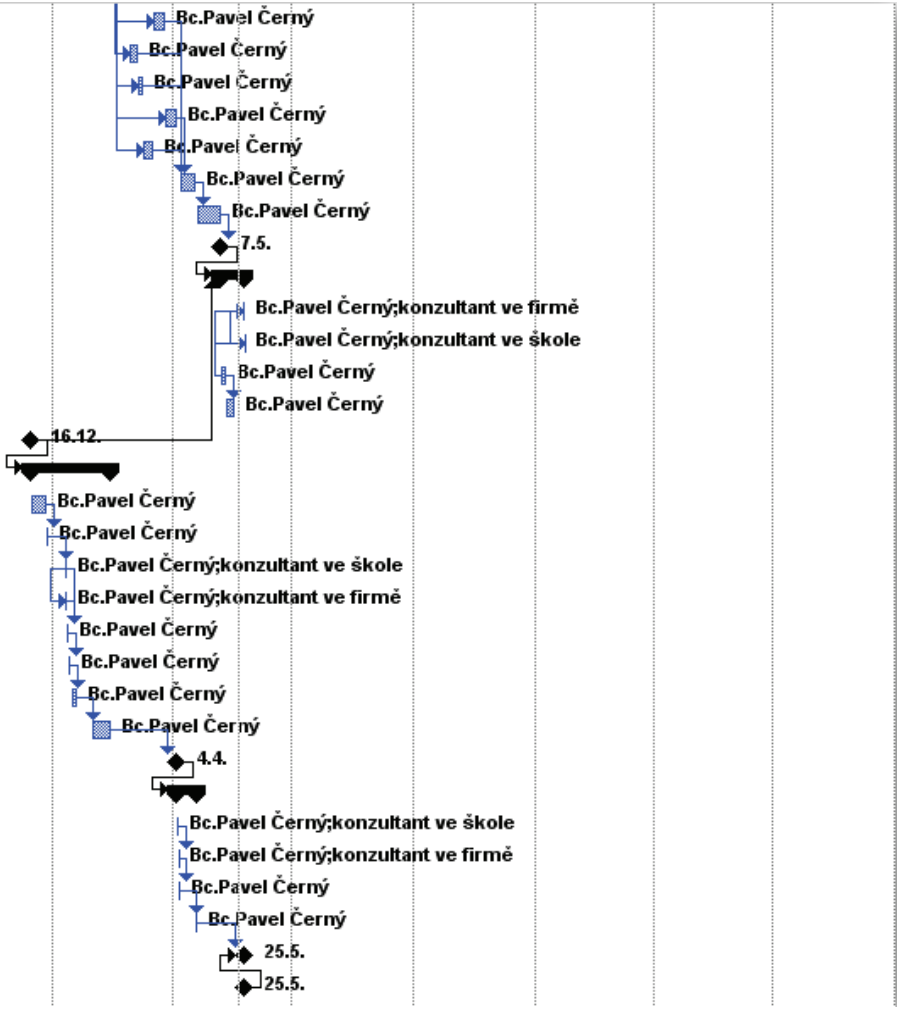
Příloha č.8 – Výrobní dokumentace

PŘÍLOHA Č.1 – Harmonogram inovace

	Kód WBS	Název úkolu	Doba trvání
1	**1**	**– Diplomová práce**	**189 dny**
2	**1.1**	**– 1.Zahajovací fáze DP**	**44 dny**
3	1.1.1	hledání tématu DP	15 dny
4	1.1.2	konzultace	2 dny
5	1.1.3	návštěva firmy	1,5 dny
6	1.1.4	cíl diplomové práce	1 den
7	1.1.5	tvorba zadaní DP	2 dny
8	1.2	Odevzdání zadání	0 dny
9	**1.3**	**– 2. Úvodní fáze DP**	**144 dny**
10	1.3.1	seznámení se s tématem	2 dny
11	1.3.2	konzultace	4 dny
12	1.3.3	návštěva firmy	3,5 dny
13	1.3.4	získávání informací	2 dny
14	1.3.5	uspořádaní materiálů	1 den
15	1.4	Konec úvodní fáze	0 dny
16	**1.5**	**– 3.Počáteční práce na DP**	**106 dny**
17	1.5.1	tvorba nákresů současné variant	8 dny
18	1.5.2	návštěva firmy	1 den
19	1.5.3	konzultace	1 den
20	1.5.4	sbírání podkladů pro 3D model str	1 den
21	1.5.5	získávání dodatečných dat	2 dny
22	1.5.6	tvorba 3D modelu stroje	4 dny
23	1.5.7	kontrola dat a modelů	2 dny
24	1.6	Konec zahajovacích prací	0 dny
25	**1.7**	**– 4.Kreativní práce na DP**	**57,5 dny**
26	1.7.1	konzultace	1 den
27	1.7.2	návštěva firmy	1,5 dny
28	1.7.3	získávání potřeb a požadavků zá	1 den
29	1.7.4	hledání známých řešení	2 dny
30	1.7.5	získávání informací	3 dny



31	1.7.6	návrh vlastní varianty číslo 1	6 dny
32	1.7.7	návrh vlastní varianty číslo 2	4 dny
33	1.7.8	návrh vlastní varianty číslo 3	4 dny
34	1.7.9	návrh vlastní varianty číslo 4	7 dny
35	1.7.10	návrh vlastní varianty číslo 5	5 dny
36	1.7.11	úpravy variant	8 dny
37	1.7.12	tvorba schémat v AutoCadu	12 dny
38	1.8	Konec kreativní fáze	0 dny
39	**1.9**	**- 5.Výběr vhodné varianty**	**14,5 dny**
40	1.9.1	návštěva firmy	2 dny
41	1.9.2	konzultace	1 den
42	1.9.3	sběr informací	4 dny
43	1.9.4	výběr optimální varianty	4 dny
44	1.10	Úpravy a uspořádání varianty	0 dny
45	**1.11**	**- 6.Rozpracování varianty**	**42 dny**
46	1.11.1	tvorba 3D modelu	7 dny
47	1.11.2	detailní konstruování DFX	2 dny
48	1.11.3	konzultace	1 den
49	1.11.4	návstěva firmy	0,5 dny
50	1.11.5	úpravy 3D modelu	2 dny
51	1.11.6	pevnostní analýza	1 den
52	1.11.7	FMEA	3 dny
53	1.11.8	tvorba dokumentace	10 dny
54	1.12	Dokončení analýz,konec výběru	0 dny
55	**1.13**	**- 7.Závěrečná fáze**	**11 dny**
56	1.13.1	konzultace	0,5 dny
57	1.13.2	návštěva firmy	0,5 dny
58	1.13.3	dokončovácí práce	1 den
59	1.13.4	závěr DP	1 den
60	1.14	Konec závěrečné fáze	0 dny
61	2	Odevzdání DP	0 dny



PŘÍLOHA Č.2 – Metoda FMEA

FMEA PRACOVNÍ FORMULÁŘ Failure Mode & Effects Analysis	
Systém: Zkušební zařízení na měření brzd	Zákazník: TRW
Prvek: Univerzální adaptér	FMEA číslo: 0001
Vedoucí týmu: P.Černý	Datum analýzy: 20.3.2012
Členové týmu: P.Černý	Datum revize: 15.4.2012

											Výsledky opatření				
Popis procesu	Potenciální možná vada	Potenciální efekt chyby	Výskyt	Potenciální příčiny	Závažnost	Současné kontroly	Detekce	RPN	Doporučená opatření	Odpovědnost & stanovený termín	Splněná opatření	Výskyt	Závažnost	Detekce	RPN
montáž závitového šroubu	vzpříčení závitového šroubu	nefunkční adaptér	6	nedostatečné utažení	4	ruční posunutí	3	72	žádné opatření	P.Černý					
	chybí držák záv. šroubu	kameny se nepohybují rovnoměrně	3	nepozornost při montáži	6	100% kontrola	2	36	žádné opatření	P.Černý					
	velká vůle mezi drážkou a držákem	nesprávná poloha kamenů	5	nepřesné obrábění	6	žádná opatření	7	210	100% kontrola obrábění	P.Černý	přesné obrábění	2	6	4	48
	ohnutí závitového šroubu	nefunkční adaptér	3	nedostatečná pevnost	7	lepší materiál, úprava rozměrů	3	63	žádná opatření	P.Černý					
montáž kamenů	vzpříčení kamenů	nefunkční systém	5	špatná montáž, velká vůle	6	ruční zásah	3	90	žádná opatření	P.Černý					
	šroub M10 chybí	nefunkční adaptér	4	nepozornost při montáži	8	100% kontrola montáže	2	64	žádná opatření	P.Černý					

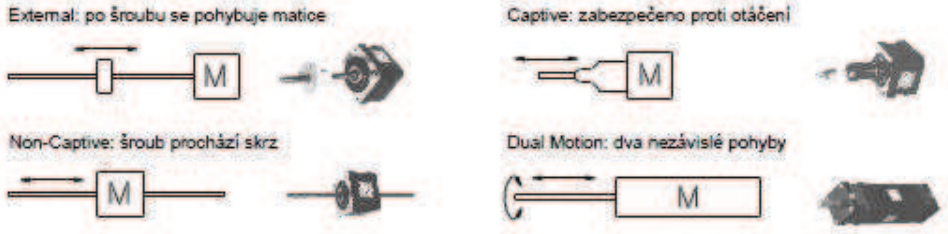
	šroub M10 nedotažen	vypadnutí pacek, kamenů	9	nedostatečný utahovací moment	7	žádná opatření	5	315	kontrola utahovacího momentu	P.Černý	správné dotažení	2	7	5	70
	kameny v nesprávné poloze	nerovnoměrnost posuvu pacek	7	nepozornost při montáži	7	žádná opatření	6	294	100% kontrola montáže	P.Černý	správná montáž	2	7	6	84
	velká vůle mezi kameny a zav.šroubem	nepřesné polohování	6	nepřesné obrábění	7	žádná opatření	8	336	kontrola přesnosti obrábění	P.Černý	dostatečná přesnost	3	7	4	84
	deformace kamenů	nelze polohovat	4	nedostatečná pevnost	6	lepší materiál, úprava rozměrů	3	72	žádná opatření	P.Černý					
montáž pacek	ohnutí pacek	adaptér neplní funkci	5	nedostatečná pevnost	8	kontrolní výpočty	2	80	žádná opatření	P.Černý					
	velká vůle mezi packama a vedením	ohýbání pacek	6	nepřesné obrábění	8	žádná opatření	3	144	kontrola obrábění	P.Černý	přesné obrábění	3	8	3	72
	malá vůle mezi packama a vedením	packy se nepohybují	4	špatné opracování	7	mazání vedení, úprava rozměrů	3	84	žádná opatření	P.Černý					
tělo adaptéru	ohnutí adaptéru	adaptér neplní funkci, nepřesné měření	5	nedostatečná tuhost	9	žádná opatření	3	135	lepší materiál, úprava rozměrů, kontrolní výpočty	P.Černý	úprava rozměrů	3	9	3	81
	rozdílné rozměry těla	adaptér nelze umístit	2	nepřesnost výroby	8	kontrola rozměrů	2	32	žádná opatření	P.Černý					

PŘÍLOHA Č.3 – Katalogový list pohonu - firma Servo-drive.com

Hybridní aktuátory s krokovými motory

Hybridní aktuátory převádějí rotační pohyb krokového motoru na pohyb lineárního šroubu, za pomoci speciální patentované matice. Uvnitř aktuátoru je hybridní krokový motor, který využívá jak výhod reluktančního motoru, tak motoru s permanentními magnety. Konstrukce vycházející z reluktančního motoru zajišťuje malý krokový úhel (až 0,9°) a jemné rozlišení. Použití permanentních magnetů zase přináší vyšší točivý moment a silnější motor. Složení těchto dvou technologií spolu s pohybovou maticí do jednoho pouzdra vytváří cenově výhodný kompaktní lineární pohon – hybridní krokový aktuátor.

Aktuátor je možné vybrat přímo na míru dané aplikaci. Hybridní aktuátory se vyrábějí v 6 různých velikostech (NEMA 8 až 34), ve třech základních provedeních (obr.1 External, Captive, Non-Captive) a s mnoha různými stoupáními pohybového šroubu (jemné stoupání=velká síla a pomalý pohyb nebo velké stoupání=malá síla, ale rychlý pohyb.

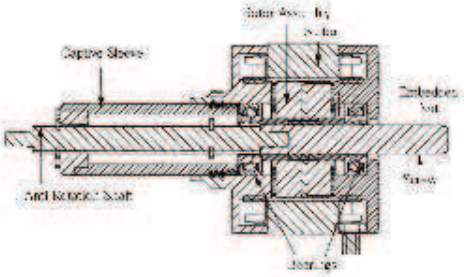


Obr.1 : Tři základní provedení hybridního aktuátoru včetně speciálního „dual motion" provedení.

Hybridní aktuátory představují cenově výhodné řešení pro všechny aplikace, které vyžadují rozměrově malé a přesné řízení lineárního pohybu. Aktuátory vytvářejí velké síly v malém zástavném prostoru.

Uvnitř aktuátoru je standardní krokový motor, který je možné jednoduše řídit jako klasický řízením pro krokové motory.

Jádrem hybridního aktuátoru je přesný lichoběžníkový pohybový šroub a matice dimenzovaná na odpovídající zatížení. Volitelně je matice předepnutá pro eliminaci vůle. Integrace pohybového šroubu do motoru vytváří kompaktní, precizní a cenově výhodnou pohonnou jednotku zjednodušující konstrukci výsledného stroje.



Obr.2 : Řez hybridním krokovým aktuátorem

Aktuátory nacházejí uplatnění v lékařství, měřicí technice, manipulační technice, řízení ventilů, pohony X-Y stolů a v dalších aplikacích.

Standardní provedení

- Standardní hybridní krokový motor (1,8°/krok)
- Teplotní třída B = 130°C
- Axiální kuličkové ložisko
- Volitelné stoupání pohybového šroubu
- 3 provedení: „non captive", „captive", „external"
- 6 velikostí NEMA 8, 11, 14, 17, 23 a 34
- Patentovaná speciální matice pohybového šroubu
- Bez-údržbové provedení

Napětí 2.3 VDC, 5 VDC nebo 12 VDC

Volitelné provedení

- 0,9° Krokový úhel (Nema17)
- Teplotní třída H = 155°C
- Předepnutá matka
- Speciální šroub a různé zdvihy šroubu
- Koncový spínač
- Inkrementální enkodér
- Krytí pro určité prostředí
- Speciální provedení

Design pro velké série

Přehled krokových lineárních aktuátorů

	Rozměr		Maximální posuvná síla	Stoupání šroubu			Při 1000 krocích/s*		bez zátěže
	Příruba	Šroub		na jeden krok	za otáčku	Kód	Síla	Rychlost	**vmax
	mm	mm Ø	N	mm / 1,8°	mm / otáčku		N	mm / sec	mm / sec
NEMA 8			95	0,001524	0,30	U	80	1,5	4
			80	0,002500	0,50	AA	70	2,5	6
			75	0,003048	0,61	N	65	3,0	7
			55	0,005000	1,00	AB	45	5,0	12
		3,5	30	0,006096	1,22	K	20	6,1	15
			50	0,010000	2,00	AC	40	10,0	24
			20	0,012192	2,44	J	15	12,2	29
			15	0,020000	4,00	AD	10	20,0	44
	20x20		10	0,040000	8,00	AE	5	40,0	60
NEMA 11			90	0,003175	0,64	7	70	3,2	6
			70	0,006350	1,27	9	50	6,4	10
		4,76	50	0,012700	2,54	3	30	12,7	23
			30	0,025400	5,08	1	15	25,4	41
	28x28		15	0,050800	10,16	2	10	50,8	81
NEMA 14			520	0,003048	0,61	N	300	3,0	5
			400	0,006096	1,22	K	180	6,1	11
		5,54	240	0,012192	2,44	J	100	12,2	22
			120	0,024384	4,88	Q	50	24,4	39
			50	0,048768	9,75	R	30	48,8	78
			300	0,003969	0,79	P	140	4,0	6
		6,35	250	0,007938	1,59	A	120	7,9	13
			120	0,015875	3,18	B	50	15,9	25
	35x35		60	0,031750	6,35	C	30	31,8	44
NEMA 17			720	0,003048	0,61	N	450	3,0	4
			550	0,006096	1,22	K	280	6,1	9
		5,54	300	0,012192	2,44	J	180	12,2	22
			140	0,024384	4,88	Q	100	24,4	44
			70	0,048768	9,75	R	30	48,8	88
			660	0,003969	0,79	P	280	4,0	6
		6,35	350	0,007938	1,59	A	220	7,9	11
			250	0,015875	3,18	B	130	15,9	22
	42x42		100	0,031750	6,35	C	50	31,8	51
				mm / 0,9°					
		5,54	430	0,001524	0,61	U	360	1,5	2
	42x42	6,35	350	0,001984	0,79	V	270	2,0	3
				mm / 1,8°			Při 500 krocích/s*		
NEMA 23			1350	0,007938	1,59	A	1200	4,0	11
			1000	0,010584	2,12	S	800	5,3	15
		9,53	900	0,012700	2,54	3	700	6,4	18
			600	0,021166	4,23	T	500	10,6	30
			400	0,025400	5,08	1	300	12,7	36
	56x56		300	0,050800	10,16	2	200	25,4	71
NEMA 34			2700	0,012700	2,54	3	1800	6,4	11
			2600	0,015875	3,18	B	1500	7,9	14
		15,88	1800	0,031750	6,35	C	1200	15,9	29
			1000	0,063500	12,70	Y	600	31,8	57
	86x86		400	0,127000	25,40	Z	300	63,5	114

* Hodnoty platí pro provoz v režimu „Chopper Drive" – bipolární režim, 100% nepřerušovaný provoz.
Podrobnější průběh sílv v závislosti na momentu je možné nalézt v zatěžovacích křivkách pro daný aktuátor.

www.servo-drive.com info@servo-drive.com

Řada 87000 - Krokový aktuátor - NEMA 34

Captive	87H4(X)-V		
Non-captive	87F4(X)-V		
External Lin	E87H4(X)-V		
Zapojení	Bipolární		
Pracovní napětí	2,85 VDC	5 VDC	12 VDC
Proud Fází	5,47 A	3,12 A	1,3 A
Odpor Fáze	0,52 Ohm	1,6 Ohm	9,23 Ohm
Indukčnost fáze	2,86 mH	8,8 mH	51 mH
Spotřeba výkonu	31,2 W		
Setrvačnost rotoru	1760 gcm^2		
Nárůst teploty	75^0C nárůst		
Hmotnost	2,3 Kg		
Izolační odpor	20 MOhm		

Objednací Kód	Lineární posuv
-	mm/krok
3	0,0127
B	0,0158
C	0,0317
Y	0,0635
Z	0,127

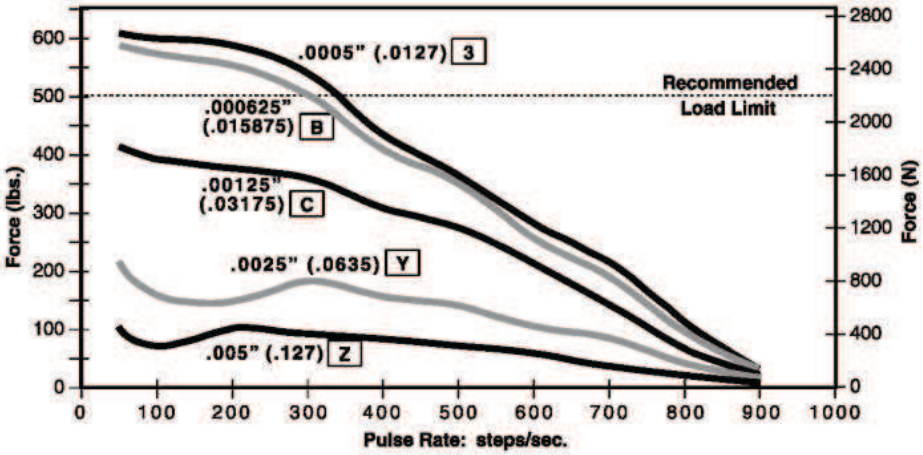
Verze Captive

Non-Captive

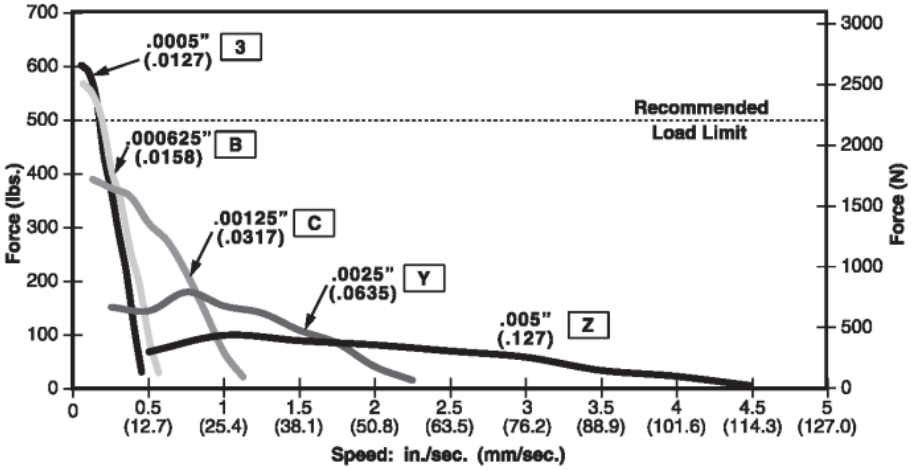
External Linear

Síla v závislosti na rychlosti - křivka pro krokový aktuátor

FORCE vs. PULSE RATE Bipolar • Chopper • 100% Duty Cycle Ø .625 (15.88) Leadscrew



FORCE vs. LINEAR VELOCITY Bipolar • Chopper • 100% Duty Cycle Ø .625 (15.88) Leadscrew

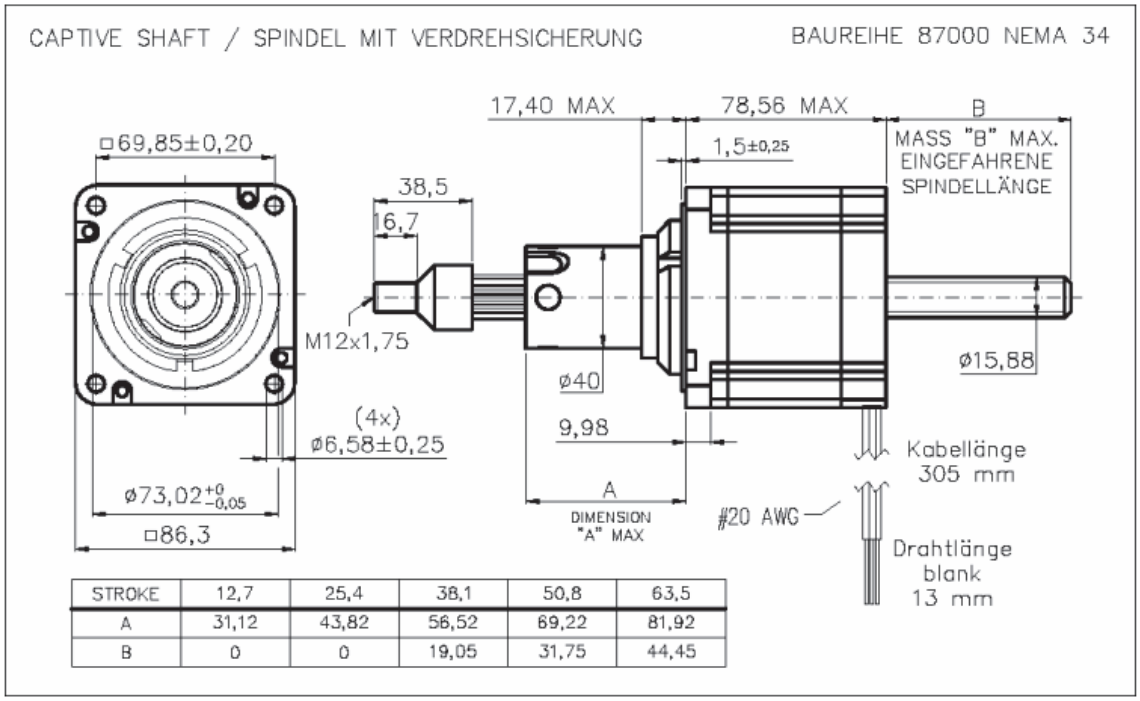


NOTE: All chopper drive curves were created with a 5 volt motor and a 40 volt power supply.

Ramping can increase the performance of a motor either by increasing the top speed or getting a heavier load accelerated up to speed faster. Also, deceleration can be used to stop the motor without overshoot.

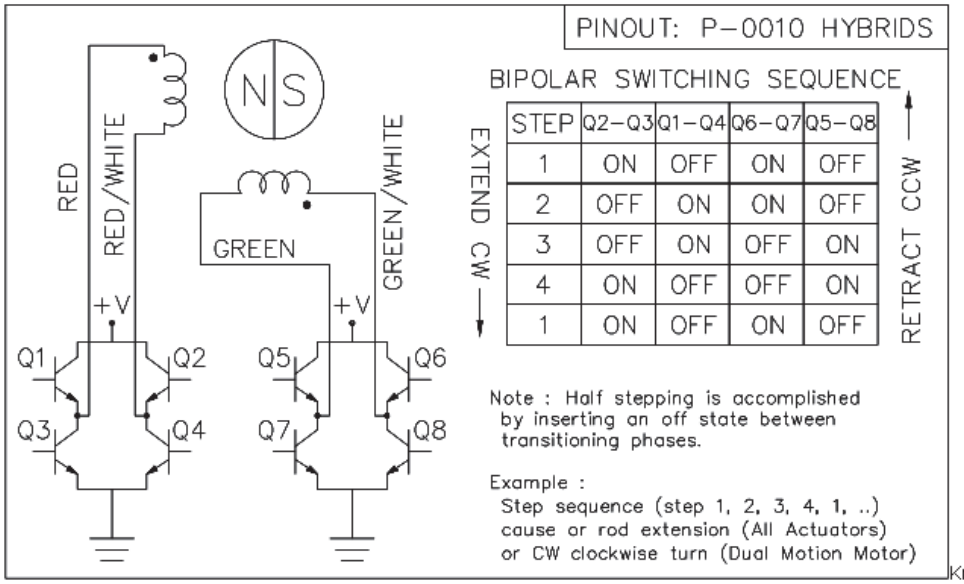
With L/R drives peak force and speeds are reduced, using a unipolar drive will yield a further 30% force reduction.

Řada 87000 - Nema 34 krokový aktuátor - Rozměrový výkres:



STROKE	12,7	25,4	38,1	50,8	63,5
A	31,12	43,82	56,52	69,22	81,92
B	0	0	19,05	31,75	44,45

Hybridní krokové motory - standardní zapojení



STEP	Q2-Q3	Q1-Q4	Q6-Q7	Q5-Q8
1	ON	OFF	ON	OFF
2	OFF	ON	ON	OFF
3	OFF	ON	OFF	ON
4	ON	OFF	OFF	ON
1	ON	OFF	ON	OFF

servDrive

Objednací klíč: 43 F 4 A - 05 - xxx - xxx

Rozměr přiruby
- 20 mm = NEMA 8
- 28 mm = NEMA 11
- 35 mm = NEMA 14
- 43 mm = NEMA 17
- 57 mm = NEMA 23
- 87 mm = NEMA 34

Krokový úhel
- F = 1,8° (Non-Captive)
- H = 1,8° (Captive + External)
- J = 0,9° (Non- Captive)
- K = 0,9° (Captive + External)

Počet žil kabelu
- 4 = bipolární řízení
- 6 = unipolární řízení

Zdvih [mm]
až 3metry *(nad 0,5m vyžaduje konzultaci)

Speciální varianta
- 000 = Standardní provedení

Napájecí napětí
- 02 = 2,1 V
- 03 = 3,25 V
- 05 = 5 V
- 12 = 12 V

Kód stoupání šroubu
Viz příslušná tabulka pro každý aktuátor

Specifikace:

Rádi Vám pomůžeme s výběrem vhodného pohonu pro Vaši aplikaci. K optimálnímu výběru jsou potřeba následující parametry :

- Síla jakou by měl pohon vyvinout
- Jakou rychlostí by se měl pohybovat (je potřeba vyvíjet síla při této rychlosti)
- Rozlišení na krok – O kolik mikrometrů by se měl posunout při jednom kroku krokového motoru
- Délka zdvihu – Délka pracovní dráhy aktuátoru
- Zvláštní požadavky dané aplikace

Volitelné provedení:

0,9° krokový úhel

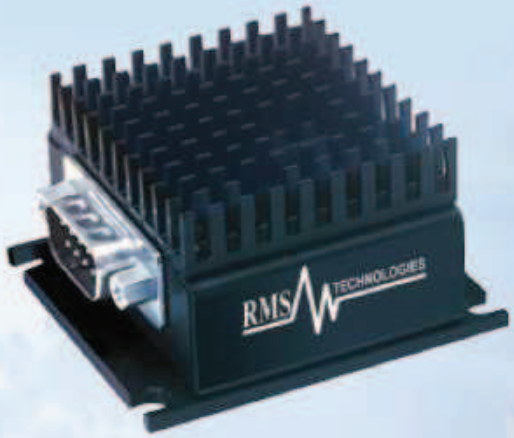
Provedení vhodné pro vyšší provozní teploty

Se snímačem polohy

PŘÍLOHA Č.4 - Katalogový list mikrokrokující programovatelná jednotka R256 pohonu- firma Servo-drive.com

R256

SINGLE AXIS CONTROLLER/DRIVER



MAIN FEATURES:

- **Voltage:** +12 to 40VDC
- **Current:** 0.2 to 2.0 Amps Peak, programmable in terms of percentage of max possible current
- **Hold current:** 0.2 to 1.0 Amps, programmable up to 50% of max possible run current
- **Step resolution:** 2x, 4x, 8x, 16x, 32x, 64x, 128x, 256x (NO FULL STEP)
- **Speed:** (max step frequency: 16.8MHz)
- **Inputs:** 2 I/O's, 1 input for homing to an opto sensor, 1 input for a switch closure to ground (Total of 2 I/O's and 2 inputs)
- RS485 communication
- Stand alone operation, can store programs on EEPROM and run upon power up
- **NEW:** Able to use inputs 1 & 2 as limit switches

DETAILED FEATURES:

- **Operating temperature:** -20 to 50°C

INCLUDED ACCESSORIES:

- 090-00022 cable for DB-9 cable comes with each unit (with a red 4-pin connector for the RS232-485 converter card)

- 090-00018 cable for motor comes with each unit (the other side is 4 flying lead wires)

OPTIONAL ACCESSORIES:

(Available for an additional cost)

- **Designer's kit:** RS232-to-485 with push button, opto sensor, CD-ROM, cables (2)

- **Designer's kit** with USB485 converter card (USB485, push button, switch, CD, cables)

CONNECTION SPECIFICATIONS:

Pin #	Color	Function	Input
1	Red	+V (Main power in)	
2	Black	I/O	1
3	Brown	RS485B (-)	
4	Black/White	RS485A (+)	
5	Orange	Switch Closure to GND (IN)	4
6	Green	GND (-V of main power in)	
7	White	Opto Sensor Phototransistor (IN)	3
8	Blue	I/O	2
9	Yellow	Opto Sensor LED (Power Out)	

PROGRAMMING:

- Programming the R256 is simple and intuitive in HyperTerminal. Programs always begin with a forward slash "/", and address number, then one alpha character and then the value:

/1A5000R
This stands for Absolute position 5000, and will rotate 5000 steps

/1A5000A0R
This will rotate to position 5000, then back to position 0

/1gA5000A0G5R
This will rotate to position 5000, then back to 0, looping 5 times (commands between the 'g' and 'G' will be repeated, or in a loop)

/1s0gA5000A0G5R
By typing 's0', this means to store the following commands in the EEPROM and run this program upon power up.

KEY SELLING FEATURES:

- Can run a program stand alone (no PC connection needed)
- Simple programming
- Two designer's kits available for the RS232 or USB user

KITS:			CARD ONLY (no-kit)	
083-00004 Designer's Kit for RS232		RS485 converter, push button, opto sensor, cables	**017-00004** RS232-485 converter card	
083-00026 Designer's Kit for USB		USB485 converter, push button, opto sensor, cables	USB485 converter card	

COMMON TECH SUPPORT QUESTIONS:

- **MOTORS ARE HOT**

Check holding current or running current. It could be too high.

- **POWER SUPPLY IS DRAWING EXCESSIVE CURRENT**

Ensure polarity is not switched on the main power supply, or on the converter card if using the RS232 to RS485 converter.

- **MOTOR ROTATES, BUT IRRATICALLY, NOT SMOOTHLY**

If one of the two drivers are blown, then only half of the driver works. If this is the case, turning on and off the pulses to move and stop the motor might cause the motor to rotate CW and CCW at random times, when it should only rotate in one direction. Also, only half the torque is available.

Acceleration or speed is too fast for the motor. Lower the speed until it steps smoothly

You could be hitting a resonant spot, microstep the unit to see smoother results

- **I CANNOT TYPE ANYTHING IN HYPERTERMINAL**

Check to make sure that you have the correct COM Port selected. Are you using Windows 95? Windows 95 has had problems with its HyperTerminal. Use an operating system of Windows 98 or higher.

Are you working on a Laptop? Sometimes there is a shift in Ground on Laptop Serial Ports. Pin 5 on the Serial Port is Ground. Confirm that this is connected to a true ground.

Did you check the Properties in HyperTerminal? Go to File / Properties / Settings / ASCII Setup, and check the box 'Echo Typed Characters Locally'.

Is the LED flashing on the back of the unit (heatsink side)? A flashing light indicates it is waiting for Commands. The other steady LED indicates that Power is being supplied to it. If neither of these is on, then check your Power Supply.

Check the Converter Card. Use a voltmeter to measure if Power is coming into the card correctly and if power is being supplied to the Controller properly.

- **I AM ABLE TO TYPE IN HYPERTERMINAL BUT NOTHING HAPPENS**

Check the LED's. If neither is on, check the Power Supply. If one is steady, and the other is flashing, then Power is OK. Is the unit set to the correct Address? Check the Red Dial on the back of the unit. The white arrow should be pointing to the corresponding Address. Confirm that the arrow is not between 2 Addresses.

Check the Converter Card. Use a voltmeter to measure if Power is coming into the card correctly and if power is being supplied to the Controller.

Assuming the Properties of HyperTerminal are set as described in the Manual (Getting Started), does HyperTerminal respond with a string of characters?

/0' indicates that the command is terminated

/0@ indicates that the command was received correctly

/0C indicates that the command is out of range

/0b indicates bad command

Check the COM Port settings on 'My Computer'. Right-click on My Computer and go to Properties / Hardware / Device Manager / Ports. Be sure you have the correct COM# set in your HyperTerminal settings.

- **MOTOR STALLS IN THE MIDDLE OF A COMMAND**

This means there is not enough current being supplied to the Motor. Use the m and l (lower case L) commands to change the current, or run the motor at a Lower Speed (V command).

PŘÍLOHA Č.5 - Katalogový list snímače síly - firma omegaeng.cz

MINIATURE UNIVERSAL LOAD CELLS

STUD MOUNT STYLE, 25 mm (1") TO 35 mm (1.38") DIAMETER

STANDARD AND METRIC MODELS

LC202/LCM202 Series

Tension/Compression
Calibrated in Tension
0-50 lb to 0-10,000 lb
0-22 kg to 0-4537 kg
0-100 to 0-50,000 N

All Models
$560

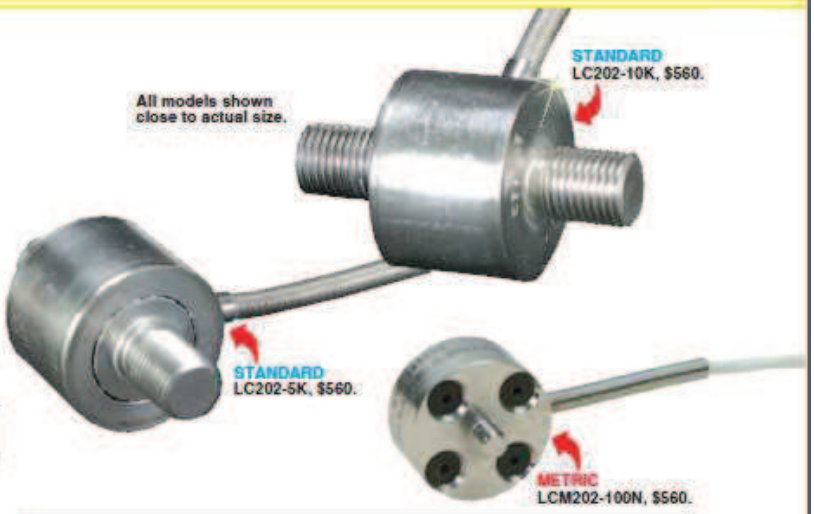
MADE IN USA | NIST | RoHS
Standard

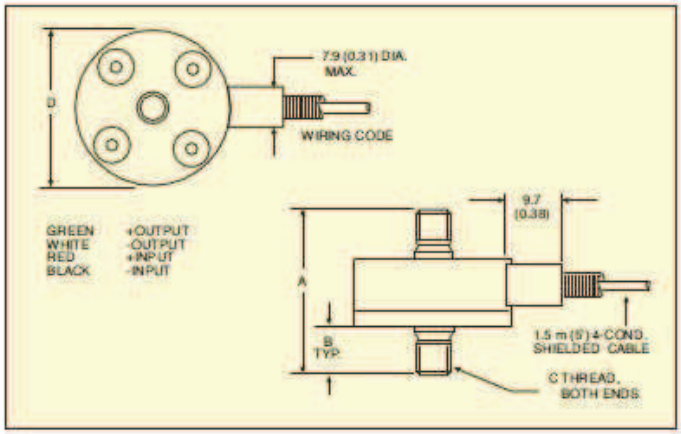
- Miniature Package for Test Stands and Difficult Locations
- Heavy-Duty Construction
- Dual Mounting Studs for Easy Installation
- 5-Point Calibration

OMEGA's LC202/LCM202 Series compact load cells have ranges of 50 to 10,000 lb and accuracy of 0.25%. The all stainless steel construction and rugged design ensure long life in industrial and commercial applications.

SPECIFICATIONS

Excitation: 10 Vdc, 15 Vdc max
Output: 2 mV/V nominal
Accuracy: ±0.25% FSO linearity, hysteresis, repeatability combined
5-Point Calibration: 0%, 50%, 100%, 50%, 0%
Zero Balance: ±2% FSO
Operating Temp Range: -54 to 121°C (-65 to 250°F)
Compensated Temp Range: 16 to 71°C (60 to 160°F)
Thermal Effects:
Zero: 0.009% FSO/°C
Span: 0.009% FSO/°C
Safe Overload: 150% of capacity
Ultimate Overload: 300% of capacity
Input Resistance: 360 Ω minimum
Output Resistance: 350 ±10 Ω
Construction: Stainless steel
Electrical: 1.5 m (5') 4-conductor cable
Protection Class: IP65





STANDARD Dimensions: mm (in)

CAPACITY (lb)	A	B	C THREAD	D
50 to 500	25 (1.00)	6.3 (0.25)	10-32 UNF-2A	25 (1.00)
1000	33 (1.31)	9.7 (0.38)	¼-28 UNF-2A	25 (1.00)
2000 to 3000	44 (1.75)	13 (0.50)	⅜-24 UNF-2A	25 (1.00)
4000 to 5000	57 (2.23)	16 (0.63)	½-20 UNF-2A	32 (1.25)
7500 to 10,000	73 (2.89)	22 (0.88)	¾-16 UNF-2A	35 (1.38)

METRIC Dimensions: mm (in)

CAPACITY (N)	A	B	C THREAD	D
100-2000	25 (1.00)	6.3 (0.25)	M5 x 0.8 - 6g	25 (1.00)
5000	33 (1.31)	9.7 (0.38)	M6 x 1.00 - 6g	25 (1.00)
10,000	44 (1.75)	13 (0.50)	M10 x 1.5 - 6g	25 (1.00)
20,000	57 (2.23)	16 (0.63)	M12 x 1.75 - 6g	32 (1.25)
50,000	73 (2.89)	22 (0.88)	M20 x 1.5 - 6g	35 (1.38)

STANDARD MODELS ☐ ***MOST POPULAR MODELS HIGHLIGHTED!***

To Order (Specify Model Number)

CAPACITY lb	CAPACITY N	MODEL NO.	PRICE	COMPATIBLE METERS*
50	222	LC202-50	$560	DPiS, DP41-S, DP25B-S
100	445	LC202-100	560	DPiS, DP41-S, DP25B-S
300	1334	LC202-300	560	DPiS, DP41-S, DP25B-S
500	2224	LC202-500	560	DPiS, DP41-S, DP25B-S
1000	4448	LC202-1K	560	DPiS, DP41-S, DP25B-S
2000	8896	LC202-2K	560	DPiS, DP41-S, DP25B-S
3000	13,344	LC202-3K	560	DPiS, DP41-S, DP25B-S
5000	22,240	LC202-5K	560	DPiS, DP41-S, DP25B-S
7500	33,360	LC202-7.5K	560	DPiS, DP41-S, DP25B-S
10,000	44,480	LC202-10K	560	DPiS, DP41-S, DP25B-S

Comes complete with 5-point NIST-traceable calibration.
** See section D for compatible meters. DPiS meter suitable for one direction measurement only.*
***Ordering Examples: LC202-100**, 100 lb capacity miniature universal load cell, **$560**.*
***LC202-1K**, 1000 lb capacity miniature universal load cell, **$560**.*

STANDARD LC202-10K, $560, shown close to actual size.

METRIC MODELS

CAPACITY N	CAPACITY lb	MODEL NO.	PRICE	COMPATIBLE METERS*
100	22	LCM202-100N	$560	DPiS, DP41-S, DP25B-S
200	45	LCM202-200N	560	DPiS, DP41-S, DP25B-S
300	67	LCM202-300N	560	DPiS, DP41-S, DP25B-S
500	112	LCM202-500N	560	DPiS, DP41-S, DP25B-S
1000	225	LCM202-1KN	560	DPiS, DP41-S, DP25B-S
1500	337	LCM202-1.5KN	560	DPiS, DP41-S, DP25B-S
2000	450	LCM202-2KN	560	DPiS, DP41-S, DP25B-S
5000	1124	LCM202-5KN	560	DPiS, DP41-S, DP25B-S
10,000	2248	LCM202-10KN	560	DPiS, DP41-S, DP25B-S
20,000	4496	LCM202-20KN	560	DPiS, DP41-S, DP25B-S
50,000	11,241	LCM202-50KN	560	DPiS, DP41-S, DP25B-S

Comes complete with 5-point NIST-traceable calibration.
** See section D for compatible meters.*
***Ordering Examples: LCM202-100N**, 100 N capacity miniature universal load cell, **$560**.*
***LCM202-1KN**, 1000 N capacity miniature universal load cell, **$560**.*

METRIC LCM202-20KN, $560, shown close to actual size.

METRIC LCM202-1.5KN, $560, shown close to actual size.

STRAIN GAGE/BRIDGE TRANSDUCER-SIGNAL CONDITIONERS

iDRX-ST Starts at $300

For Complete Details visit omega.com/drn-drx

MADE IN USA · 5 YEAR WARRANTY · CE

- Unipolar/Bipolar 30 mV to 100 mV
- 13-Bit Resolution
- 10 Vdc Excitation
- 0.2% FS Accuracy
- 1800 Vdc Isolation

The iDRN-ST and iDRX-ST signal conditioners provide highly accurate, stable, isolated measurement for strain gage transducers such as load cells, torque transducers, non-amplified pressure transducers, and other bridge based transducers. Both models can accept signals from 30 to 100 mV full scale and provide 10 Vdc reference voltage which may be used for transducer excitation.

omega.com®

Your One-Stop Source for Process Measurement and Control!

One Omega Drive | Stamford, CT 06907 | 1-888-TC-OMEGA (1-888-826-6342) | info@omega.com

www.omega.com

UNITED STATES
www.omega.com
1-800-TC-OMEGA
Stamford, CT.

CANADA
www.omega.ca
Laval(Quebec)
1-800-TC-OMEGA

GERMANY
www.omega.de
Deckenpfronn, Germany
0800-8266342

UNITED KINGDOM
www.omega.co.uk
Manchester, England
0800-488-488

FRANCE
www.omega.fr
Guyancourt, France
088-466-342

CZECH REPUBLIC
www.omegaeng.cz
Karviná, Czech Republic
596-311-899

BENELUX
www.omega.nl
Amstelveen, NL
0800-099-33-44

More than 100,000 Products Available!

- **Temperature**
  Calibrators, Connectors, General Test and Measurement Instruments, Glass Bulb Thermometers, Handheld Instruments for Temperature Measurement, Ice Point References, Indicating Labels, Crayons, Cements and Lacquers, Infrared Temperature Measurement Instruments, Recorders Relative Humidity Measurement Instruments, RTD Probes, Elements and Assemblies, Temperature & Process Meters, Timers and Counters, Temperature and Process Controllers and Power Switching Devices, Thermistor Elements, Probes and Assemblies, Thermocouples Thermowells and Head and Well Assemblies, Transmitters, Wire
- **Flow and Level**
  Air Velocity Indicators, Doppler Flowmeters, Level Measurement, Magnetic Flowmeters, Mass Flowmeters, Pitot Tubes, Pumps, Rotameters, Turbine and Paddle Wheel Flowmeters, Ultrasonic Flowmeters, Valves, Variable Area Flowmeters, Vortex Shedding Flowmeters
- **pH and Conductivity**
  Conductivity Instrumentation, Dissolved Oxygen Instrumentation, Environmental Instrumentation, pH Electrodes and Instruments, Water and Soil Analysis Instrumentation
- **Data Acquisition**
  Auto-Dialers and Alarm Monitoring Systems, Communication Products and Converters, Data Acquisition and Analysis Software, Data Loggers Plug-in Cards, Signal Conditioners, USB, RS232, RS485 and Parallel Port Data Acquisition Systems, Wireless Transmitters and Receivers
- **Pressure, Strain and Force**
  Displacement Transducers, Dynamic Measurement Force Sensors, Instrumentation for Pressure and Strain Measurements, Load Cells, Pressure Gauges, Pressure Reference Section, Pressure Switches, Pressure Transducers, Proximity Transducers, Regulators, Strain Gages, Torque Transducers, Valves
- **Heaters**
  Band Heaters, Cartridge Heaters, Circulation Heaters, Comfort Heaters, Controllers, Meters and Switching Devices, Flexible Heaters, General Test and Measurement Instruments, Heater Hook-up Wire, Heating Cable Systems, Immersion Heaters, Process Air and Duct, Heaters, Radiant Heaters, Strip Heaters, Tubular Heaters

• click here to go to the omega.com home page •

PŘÍLOHA Č.6 - Katalogový list převodníku snímače síly iDRX - firma omegaeng.cz

SIGNAL CONDITIONERS

Analog & Digital Output Signal Conditioners/Transmitters

iDRN/iDRX Series

5 YEAR WARRANTY CE

- Analog or Digital Output
- Models Available for: Thermocouple, RTD, Process Voltage & Current, Strain, Frequency/Pulse, AC Voltage and Current
- Up to 1800 Vdc Isolation
- iDRN Series Provide 0 to 10 Vdc, 4 to 20 mA or 0 to 20 mA Output
- iDRX Series Provide RS-485 Output (ASCII Serial Protocol and MODBUS Serial Protocol)
- Free Setup and Configuration Software
- Factory Setup and Configuration Available at No Charge (for iDRN Analog Output Models)

The new iD Series signal conditioners combine the accuracy of laboratory instrumentation with the performance required by demanding industrial applications. The iD Series signal conditioners are ideal for those applications in Data Acquisition, Test & Measurement, Process Control, and Industrial Automation where accuracy, performance, and reliability are critically important.

The iD Series signal conditioners mount on a 35mm DIN rail, and operate on any voltage between 10 to 32 DC power. (A matching 24 Vdc 850 mA switching power supply is also available.) The devices feature three-way isolation of up to 1800 Vdc between the signal inputs, outputs, and power supply.

The iD series feature seven (7) models designed for each of the most widely measured signal inputs: Process (DC) Voltage and Current; Strain Gage; Thermocouples; RTD's; AC Voltage; AC Current; Frequency/Pulse.

The iD series devices are designed to work directly with a variety of sensors and transducers; no other components are necessary. For sensors such as RTD's, strain gages, and some process transducers, precise stable excitation is provided directly from the iD module.

The iD series are available with two different types of signal outputs: Analog or Digital. The iDRN series provides a totally scalable analog output in DC voltage or current. The iDRX series provide a digital RS-485 output. Both iD Series signal conditioners are intelligent microprocessor based instruments that can be scaled and programmed by computer via serial communications, or over an Ethernet network.

iDRN Series Analog Output

The iDRN series feature a 0 to 10 Vdc, or 0 to 20 mA (including 4 to 20 mA) analog output signal that is typically scaled to be directly proportional to the input signal. It is an ideal component in a system with PLC's or PC's with analog data acquisition boards.

The iDRN series are an excellent choice for applications that demand an extra measure of accuracy and performance that is not possible with conventional "analog" signal conditioners or transmitters. Unlike conventional analog devices that are scaled by adjusting zero and span "pots", the programmable, micro-processor based iDRN instruments are scaled precisely on a PC with free and simple Windows software. The iDRN modules connect directly to a PC's RS-232 Serial Communications port for programming and scaling.

Once the module is configured, the parameters are saved in non-volatile memory. The device can be disconnected from the PC, or the RS-232 output from the module can be used for continuous data acquisition in addition to the analog output.

Alternatively, the iDRN signal conditioner can be connected to a PC's Ethernet port or an Ethernet network using the EIT module as a Serial/Ethernet bridge.

SIGNAL CONDITIONERS

Free Setup and Configuration

If an iDRN signal conditioner is not going to be connected to a computer, it can be ordered preconfigured by the factory at no extra charge. The user can select the input types, ranges and output scale, and OMEGA will program the instruments to those specific requirements in our calibration lab prior to shipment. For custom factory setup and scaling of the iDRN model, please specify the "-FS" option.

iDRX Series Digital Output

The iDRX Series Signal Conditioners provide highly accurate digital outputs. Each module provides an RS-485 Serial output that can be transmitted directly to computers and other devices with serial communications capability, or converted to Ethernet.

On an RS-485 bus, up to 32 modules can be connected over a distance of 1200 m (4000') on a single pair of wires. With optional RS-485 repeaters, up to 254 modules may be connected to a single RS-485 port. The iDRX Series digital conditioners may be connected to an RS-485 bus using either screw terminator or RJ-12 connector.

ASCII and MODBUS

The user can select between an easy-to-use, straightforward ASCII protocol, or the popular MODBUS protocol found in many existing industrial installations. With the simple ASCII commands, writing programs using the iDRX does not require special drivers or libraries. In addition, many off-the-shelf software packages can be used with the iDRX devices without any programming. OMEGA also provides a number of useful programs and demos for the iDRX at no charge.

OPC Server And Active X Controls

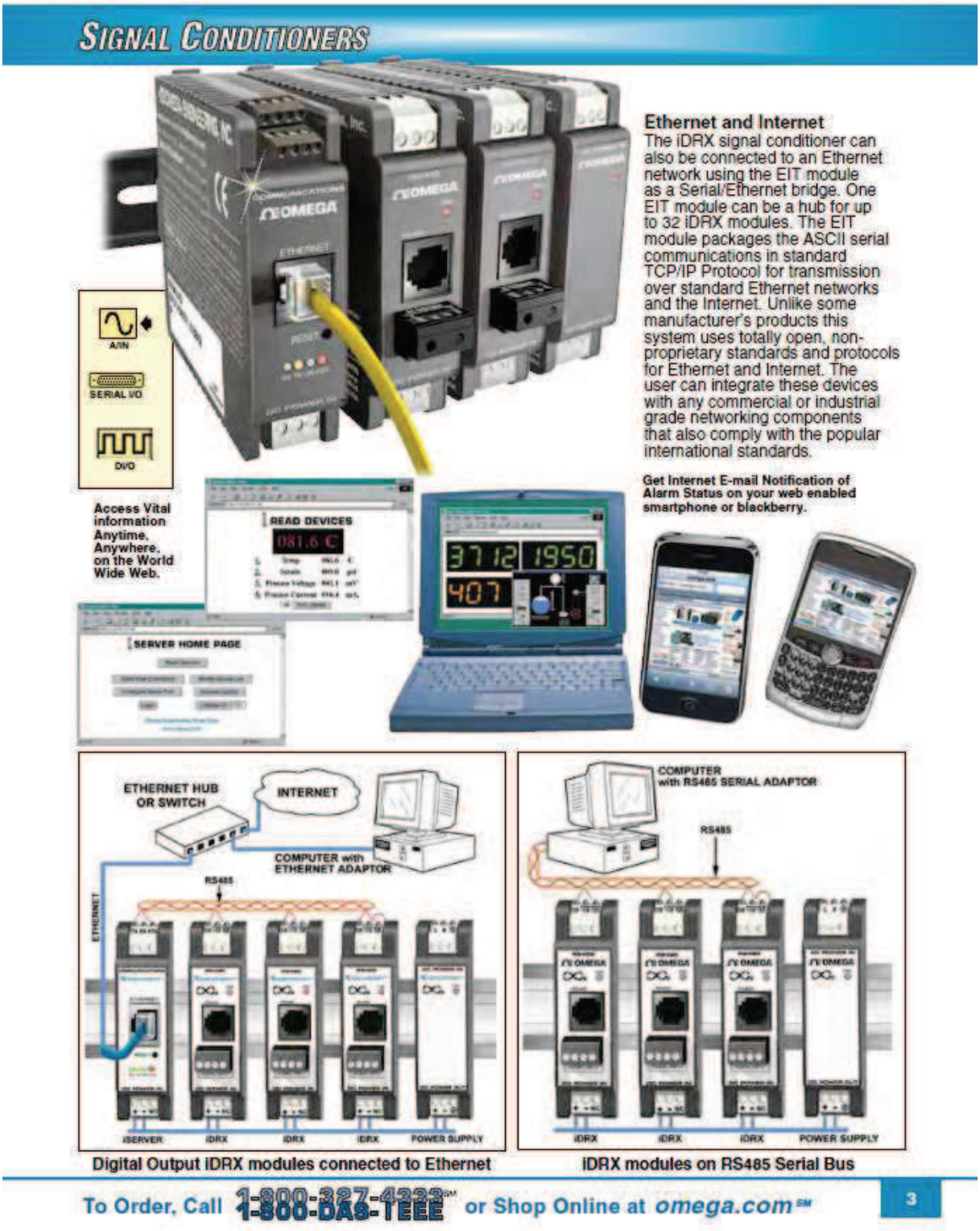
OMEGA offers an optional OPC Server (OLE for Process Control) and ActiveX Controls for the iDRX Series. These programs make it easy to integrate the iDRX devices with information systems using "ActiveX Containers" such as Microsoft Visual Basic and Microsoft Excel as well as with popular OLE and OPC compliant data acquisition, process control, and industrial automation software from OMEGA®, Iconics, Wonderware, Intellution, Rockwell Automation, and GE Fanuc Cimplicity among others.

iDRX and iDRN Series Common Specifications

Input Power Supply: 10 to 32 Vdc
iDRX Output: 2-wire (half duplex) RS-485 (OMEGA® Serial Protocol and Modbus Serial Protocol)
iDRN Output: 0 to 10V @ 10 mA max; 0 to 20 mA or 4 to 20 mA, 10V compliance
Isolation: 1800 Vdc peak
Typical Step Response to 99%: 1 second
Operating Ambient: -5 to 55°C (23 to 131°F)
Storage Temperature Range: -40 to 85°C (-40 to 185°F)
Mounting: 35 mm DIN rail
Dimensions: 90 H x 25 W x 107 mm D (3.54 x 0.99 x 4.21")

Input	Thermocouple	RTD	ac Voltage	ac Current	Process	Strain/Bridge	Frequency Pulse
Model No.	iDRN/iDRX-TC	iDRN/iDRX-RTD	iDRN/iDRX-ACV	iDRN/iDRX-ACC	iDRN/iDRX-PR	iDRN/iDRX-ST	iDRN/iDRX-FP
Input Type	Thermocouple temperature sensor	RTD Temperature sensor Pt100, 500, 1000Ω	ac Voltage	ac Current	dc Millivolt, Volt and Current	Millivolt	NAMUR Contact closure low level open collector
Input Range	J, K, T, E R, S, B, N, J DIN thermocouple full range	α = 385, 392 Full range of RTD 2, 3 or 4-wire	Full Scale Range 400 mV to 400V	Full Scale Range 10 mA to 5 A	Full Scale Range: ±400 mV to ±10V 0 to 20 mA	0 to 30 mV 0 to 100 mV ±100 mV	Full Scale Range 20k to 200 M pulses 0 to 50 kHz
Accuracy	±1°C	±0.5°C	0.2%	0.2%	0.1% FS	0.2% FS	0.1% FS
Resolution	0.1°C	0.1°C	10 to 14 Bit	10 to 14 Bit	12 to 15 Bit	13 to 15 Bit	15 to 19 Bit
Output	iDRX Series: 2-wire (half duplex) RS-485/iDRN Series: 0 to 10V @ 10 mA max; 0 to 20 mA or 4 to 20 mA						
Excitation	N/A	N/A	N/A	N/A	14 Vdc @ 25 mA	10V @ 30 mA	5, 8.2 and 12.5 Vdc @ 25 mA

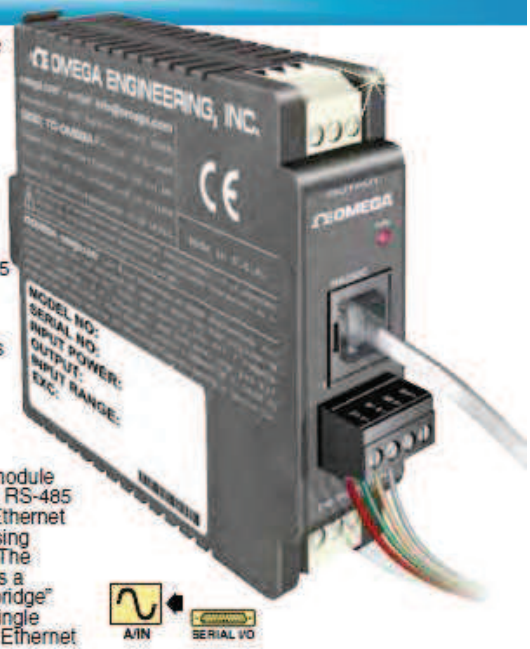
To Order, Call 1-800-327-4333 or Shop Online at omega.com


SIGNAL CONDITIONERS
Ethernet and Internet
The iDRX signal conditioner can also be connected to an Ethernet network using the EIT module as a Serial/Ethernet bridge. One EIT module can be a hub for up to 32 iDRX modules. The EIT module packages the ASCII serial communications in standard TCP/IP Protocol for transmission over standard Ethernet networks and the Internet. Unlike some manufacturer's products this system uses totally open, non-proprietary standards and protocols for Ethernet and Internet. The user can integrate these devices with any commercial or industrial grade networking components that also comply with the popular international standards.
A/IN
SERIAL I/O
DI/O
Access Vital information Anytime, Anywhere, on the World Wide Web.
READ DEVICES
SERVER HOME PAGE
Get Internet E-mail Notification of Alarm Status on your web enabled smartphone or blackberry.
ETHERNET HUB OR SWITCH
INTERNET
COMPUTER with ETHERNET ADAPTOR
RS485
ETHERNET
iSERVER
iDRX
POWER SUPPLY
COMPUTER with RS485 SERIAL ADAPTOR
Digital Output iDRX modules connected to Ethernet
iDRX modules on RS485 Serial Bus
To Order, Call 1-800-327-4333 or Shop Online at omega.com
3

SIGNAL CONDITIONERS

Strain Gage/Bridge Transducer-Signal Conditioners

iDRX-ST



- Unipolar/Bipolar 30 mV to 100 mV
- 13-Bit Resolution
- 10 Vdc Excitation
- 0.2% FS Accuracy
- 1800 Vdc Isolation
- 250 Vac/1 Min Input Overvoltage Protection
- Free Setup and Configuration Software
- Factory Setup and Configuration Available at No Charge (for iDRN Analog Output Models)

The iDRN-ST and iDRX-ST signal conditioners provide highly accurate, stable, isolated measurement for strain gage transducers such as load cells, torque transducers, non-amplified pressure transducers, and other bridge based transducers. Both models can accept signals from 30 to 100 mV full scale and provide 10 Vdc reference voltage which may be used for transducer excitation.

2 Models (Analog or Digital Outputs)
The iDRN-ST provides an analog output that is proportional to the input signal and the iDRX-ST uses RS-485 Serial Communications.

Analog Output Model
The output of iDRN-ST can be user set for 0 to10V, 4 to 20 mA or 0 to 20 mA. Input scaling and configuration of other operating parameters is accomplished by connecting to a standard RS-232 port of a personal computer and using the free Windows-based setup software. Once configured the settings may be stored in non-volatile memory and the unit disconnected from the PC.

Factory Setup and Configuration at No Extra Charge (iDRN Analog Output and RS-232 signal conditioners)

Please Specify:
Input value high and low
Output value high and low
Excitation: 10 or 14 Vdc
Ratiometric or non-ratiometric
Example: 0V = 4 mA, 100 mV = 20 mA,excitation 10V, ratiometric

Digital Output Model
The iDRX-ST is a digital signal conditioner which communicates over RS-485 communication link using either a simple ASCII Protocol or MODBUS Protocol. Up to 32 modules may be connected to a single RS-485 port stretching up to 1200 m (4000') without repeaters.

Ethernet Connection
The Optional EIT iServer module can connect up to 32 iDRX RS-485 Signal Conditioners to an Ethernet network and the Internet using standard TCP/IP protocol. The iServer can also be used as a simple Serial to Ethernet "bridge" or converter to connect a single iDRN RS-232 device to an Ethernet network and the Internet.

Specifications

Accuracy at 25°C: ±0.2% FS
Resolution: 13 to 15 bit
Excitation: 10V @ 30 mA
Power Consumption: 2 W without excitation (84 mA @ 24 Vdc), 3 W with excitation (125 mA @ 24 Vdc)
Input Ranges: 0 to 30 to 0 to 100 mV full scale
iDRX Output: 2-wire (half duplex) RS-485 (OMEGA* serial protocol and MODBUS Serial Protocol)
iDRN Output: 0 to 10V @ 10 mA max; 0 to 20 mA or 4 to 20 mA, 10V compliance
Strain Default Settings iDRN: Input range 0 to 30 mV; output 4 to 20 mA excitation 10V ratiometric (custom settings available at no charge)

To Order *Visit omega.com/dm-drx for Pricing and Details*

Model No.	Description
iDRX-ST	Digital signal conditioner for strain gages and bridge transducers with RS-485 output
iDRN-ST	Signal conditioner for strain gages and bridge transducers with analog output
-FS	Factory setup and scaling

Comes with complete operator's manual.
***Ordering Example:** iDRX-ST, digital signal conditioner for strain gages and bridge transducers with RS-485 output, **CAT-285**, bi-directional RS-232-RS-485 converter for iDRX series.*
For iDRN/iDRX accessories and power supplies, please visit omega.com

PŘÍLOHA Č.7 - Katalogový list přídržného magnetu - firma SELOS

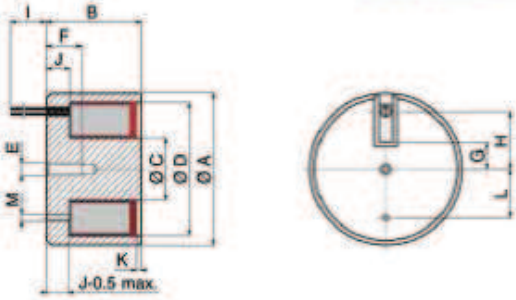
SELOS

Prídržné elektromagnety / *Holding selenoids*

Prídržné elektromagnety s napájaním 24 VDC, používajú sa v manipulátoroch, blokovacích systémoch a pod. Elektromagnet po pripojení na napájacie napätie vytvára magnetickým tokom prídržnú silu. Po odpojení napájacieho napätia magnetický tok zaniká. Elektromagnety majú veľkú prídržnú silu a zoštavením viacerých elektromagnetov je možné zložiť zariadenie s veľkou silou.

Holding solenoids with power supply 24 VDC. These types of solenoids are used in manipulators, locking systems, etc. Connecting the electromagnet to power supply, it generates strong magnetic field and this forms the holding force of the solenoid. Disconnecting the power supply, the magnetic field is terminated and the solenoid is released. The electromagnets have high holding force and can be combined to a multiple systems.

Cena od 43,00 EUR
Price from



Rozmery / Dimensions (mm)	Typ / Type							
	0111	0211	0311	0411	0511	0811	0811	1011
A	18	25	32	40	50	63	80	100
B	11	20	22	26.6	27	30	38	43
C	8	11.1	14.3	17.9	20.4	28.2	34	42.6
D	16.1	22.3	28.6	35.8	44.7	56.3	72.8	91.3
E	M3	M4	M4	M5	M5	M8	M8	M10
F	5	6	6	8	8	12	12	15
G	3	3	3	4	4	6	6	8
H	6	9	12	15.5	19	25	33	42
I	200	200	200	200	200	200	200	300
J	2	2.5	3.5	4.5	5	5.5	7.5	9
K	1	1	1	2	2	3	3	3
L	6	7.5	9	13	17	20	25	37.5
M	M3	M3	M3	M3	M3	M4	M4	M5
Menovitý príkon / Power (W)	1.4	3.2	3.6	5.2	6.5	9	15	20.5
Max. prídržná sila / Max. holding force (N)	45	140	240	475	750	1050	2400	3600
Hrúbka kotvy / Yoke thickness (mm)	2	3	4	4.5	6	7	9	11
Hmotnosť / Weight (kg)	0.017	0.06	0.11	0.2	0.3	0.56	1.2	2.1

Menovité napájacie napätie 24 VDC ± 10%
Relatívny zaťažovateľ 100%
Tepelná trieda izolácie E
Krytie prístroja IP 65

Nominal power supply 24 VDC ± 10%
Duty cycle 100%
Heat insulation class E
Protection of the solenoid IP65