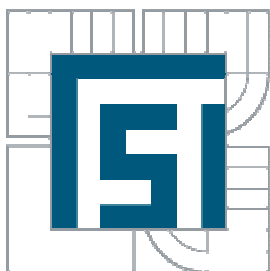


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

VŠESMĚROVÉ ROBOTY – NÁVRH KONSTRUKCE

OMNIDIRECTIONAL ROBOT – CONSTRUCTION DESIGN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MICHAL KUBÍČEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. RADOMIL MATOUŠEK, Ph.D.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automatizace a informatiky

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Michal Kubíček

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Applikovaná informatika a řízení (3902R001)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem c.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Všesměrové roboty – návrh konstrukce

v anglickém jazyce:

Omnidirectional robot – construction design

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V oblasti mobilní robotiky existuje mnoho trendu konstrukcí z hlediska použití či výzkumu. Velmi zajímavou třídou robotu jsou tzv. všesměrové roboty (holonomní). Daná BP řešeršním způsobem představí současné varianty v této oblasti. Dále BP ve zvoleném prostředí 3D modeláře (SolidWorks, Inventor, ...) zrealizuje základní konstrukční návrh dvou podvozku se zřetelem na užití pohonu Maxon MCD EPOS a 2x12V olovených akumulátoru (viz konzultace).

Cíle bakalářské práce:

- Rešerše tematiky všesměrových mobilních robotů a představení jejich verzí.
- Konstrukční 3D návrh odpruženého podvozku tříkolového robotu.
- Konstrukční 3D návrh robotu balancujícího na míči zvoleného průměru.

Seznam odborné literatury:

1. McKerrow, P.: Introduction to Robotics. Massachusetts. Addison-Wesley, Reading, 1991
2. Novák, P.: Mobilní roboty – pohony, senzory, řízení. BEN, 2005

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Radomil Matoušek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne

L.S.

Ing. Jan Roupec, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá 3D návrhem podvozku holonomního všesměrového robota. Cílem práce je návrh konstrukce dvou všesměrových mobilních robotů. První je tříkolový robot s odpruženým podvozkem. Druhý je speciální robot balancující na míči, díky kterému se pohybuje. U podvozků je brána na zřetel nutnost užití motoru Maxon MCD EPOS. Byla volena co nejjednodušší konstrukce pro zjednodušení případné výroby. Jako modelovací prostředí je zvolen program SolidWorks.

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the 3D design chassis holonomic omnidirectional robot. The aim of the work is to design two omnidirectional mobile robots. The first one is the three-wheel omnidirectional robot with spring-loaded platform. The second one is the special balancing robot, where the motion wheel is the ball and the robot ride over them. The platform was designed for using with Maxon MCD EPOS motors. The simplest structure of mobile robot was chosen due to simplification of manufacture process. The robot platform design was realized by means of SolidWorks software.

KLÍČOVÁ SLOVA

robot, všesměrový, konstrukce, ballbot, SolidWorks

KEYWORDS

robot, omnidirectional, design, ballbot, SolidWorks

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE MÉ PRÁCE:

KUBÍČEK, M. Všesměrové roboty – návrh konstrukce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 40 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radomil Matoušek, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že je tato bakalářská práce mnou vypracována samostatně a všechny zdroje, prameny a literaturu, které jsem při vypracování použil nebo z nich čerpal, v práci řádně cituji s uvedením úplného odkazu na příslušný zdroj.

.....
V Brně dne

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Radomilu Matouškovi, Ph.D. za vedení práce a jeho podnětné rady a pomoc při realizaci této práce. V neposlední řadě děkuji babičkám, otci, mamce a strýci za duchovní a finanční podporu ve studiích.

Obsah:

ZADÁNÍ ZÁVĚREČNÉ PRÁCE	3
ABSTRAKT	5
PODĚKOVÁNÍ	9
Úvod	13
1 Typy podvozků mobilních kolových robotů	15
1.1 Neholonomní(nonholonomic) roboty	15
1.1.1 Jednokolové podvozky	15
1.1.2 Dvoukolové podvozky.....	16
1.1.3 Tříkolové podvozky.....	17
1.1.4 Čtyřkolové podvozky	18
1.1.5 Šestikolové podvozky	20
1.1.6 Více než šestikolové podvozky	21
1.2 Holonomní(holonomic) roboty	22
1.2.1 Jednokolové podvozky	22
1.2.2 Tříkolové podvozky.....	23
1.2.3 Čtyřkolové podvozky	23
1.2.4 Speciální kola	24
2 Návrh odpruženého podvozku tříkolového robota	25
2.1 Maxon MCD Epos 60W	25
2.2 Převodovka	26
2.3 Pohonná jednotka	26
2.3.1 Pružná spojka.....	27
2.3.1 Použité všesměrové kolo	27
2.4 Tlumení nárazů	28
2.5 Navržený robot	29
3 Návrh podvozku robota balancujícího na míči zvoleného průměru	31
Závěr	33
Literatura	35
Seznam příloh	37
Příloha č.1	39

Úvod

S mobilními roboty se dnes můžeme běžně setkat v mnoha oblastech činností. Využívají se tam, kam se z nějakého důvodu nemůže dostat člověk. Využití nachází například pro výzkumné mise na planety sluneční soustavy nebo při zneškodňování nastražených výbušnin. Roboty jsou navrhovány pro předem určenou činnost z toho plyne rozdílnost řešení podvozků a celého pohybového ústrojí. Například robot letící na Mars bude navrhnut se stabilním šestikolovým podvozkem. Pro pyrotechnického robota je zase výhodnější pásový podvozek. Zajímavým typem jsou všesměrové roboty. Ty se mohou pohybovat libovolným směrem bez předchozího natočení do směru jízdy. Tohoto fenoménu lze s výhodou využít například ve skladech a při manipulaci s materiálem. Práce je právě jim z velké části věnována. Práce obsahuje přejaté obrázky, které jsou v rámci fair publishing reprodukovány ve snížené kvalitě.

Tato bakalářská práce obsahuje řešerši o různých typech neholonomních i holonomních podvozků robotů. Majoritní a praktická část práce byl 3D konstrukční návrh dvou typů všesměrových podvozků: odpruženého tříkolového a podvozku robota balancujícího na míči zvoleného průměru.

První kapitola představuje různé typy holonomních a neholonomních podvozků, poukazuje na jejich výhody a nevýhody použití. Zajímavým příkladem může být robot Ballbot, který je usazen na kouli díky níž se pohybuje.

Druhá kapitola obsahuje návrh originálního odpruženého podvozku tříkolového všesměrového robota. Tříkolový podvozek bývá častá koncepce všesměrových podvozků. Výhodou návrhu je odpružení, které by zmírňovalo rázy do motoru a elektronických obvodů.

Třetí kapitola je věnována návrhu podvozku robota balancujícího na míči zvoleného průměru. Jedná se o robota typu Ballbot, který je navržen tak, aby bylo možné měnit průměr koule, na kterou je usazen.

1 Typy podvozků mobilních kolových robotů

Slovo robot vymyslel Karel Čapek a poprvé uvedl ve své knize R.U.R. v roce 1920. Od této doby uplynulo spousta času a svět robotiky se obrovsky rozvinul a to přineslo mnoho modifikací podvozků (jak můžeme vidět na obr. 1) s různými možnostmi využití. Práce se zabývá holonomními a neholonomními podvozky.



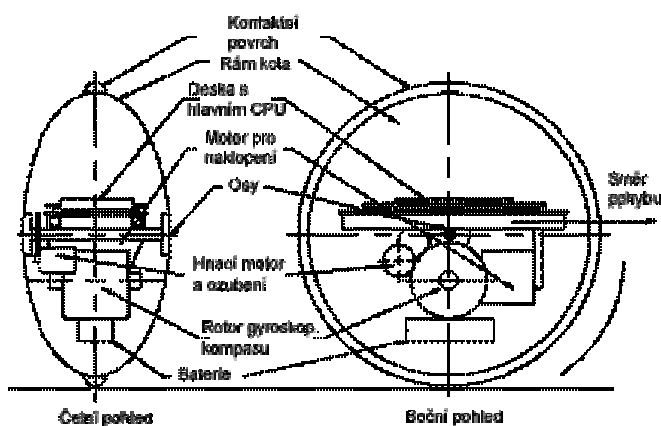
Obr. 1 Rozdělení konstrukčních skupin podvozků mobilních robotů.

1.1 Neholonomní (nonholonomic) roboty

Neholonomní roboty jsou takové, jejichž počet říditelných stupňů volnosti je menší než jejich celkový počet [2]. To znamená, že aby se dostali do požadovaného směru jízdy, potřebují provést předchozí pohyb a to natočení kola nebo celé nápravy.

1.1.1 Jednokolové podvozky

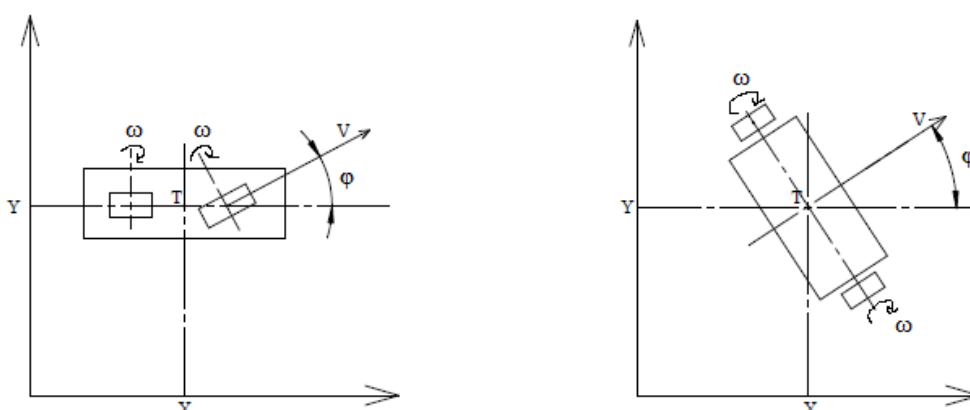
U jednokolových podvozků je řízení pomocí gyroskopického vyvažování, které řídí úhel náklonu kola vzhledem k podložce jenž mění poloměr oblouku jaký robot vyjede. Jedná se zatím o prototypy k laboratorním výzkumným účelům. Jednokolové roboty mají problém se stabilitou v malých rychlostech, který ovšem s narůstající rychlostí odpadá. Příkladem jednokolových robotů jsou „Gyrover I“ a „Gyrover II“. Výhodami jsou snadnost překonávání překážek a minimální valivý odpor. [3]



Obr. 2 Schéma stavby robota „Gyrover I“ [3].

1.1.2 Dvoukolové podvozky

Nastává u nich stejný problém se statickou a dynamickou stabilitou jako u jednokolových podvozků, který je opět řešen gyroskopem. U dvoukolových robotů můžeme kola řadit buď sériově vlevo nebo paralelně vpravo. [3]



Obr. 3 Schéma řazení kol u dvoukolových podvozků vlevo sériově a vpravo paralelně.

U sériového řazení se pro zatočení využívá naklonění nebo otočení předního kola. Vzniká zde stejný problém jako u jednokolových robotů, kteří mají problém se stabilitou v nízkých rychlostech. [3]

U podvozku s paralelním řazením kol využíváme diferenčního řízení, které se využívá i u některých typů čtyřkolových podvozků. Tento typ podvozku má dobré manévrovací schopnosti, může se například otočit na místě. Na rozdíl od jiných typů kolových podvozků, lze jednoduše zajistit vodorovnou polohu desky s přístroji nebo plochy pro transport věcí nebo osob v nakloněné rovině při jízdě po spádnicí. Naopak při jízdě po vrstevnici na rozdíl od sériového záření vodorovnou plochu udržet nedokážeme. Příkladem tohoto typu podvozku může být NXTway-GS, který vznikl ve spolupráci LEGO Mindstorms NXT s Hitechnic gyro sensor. [3][4]

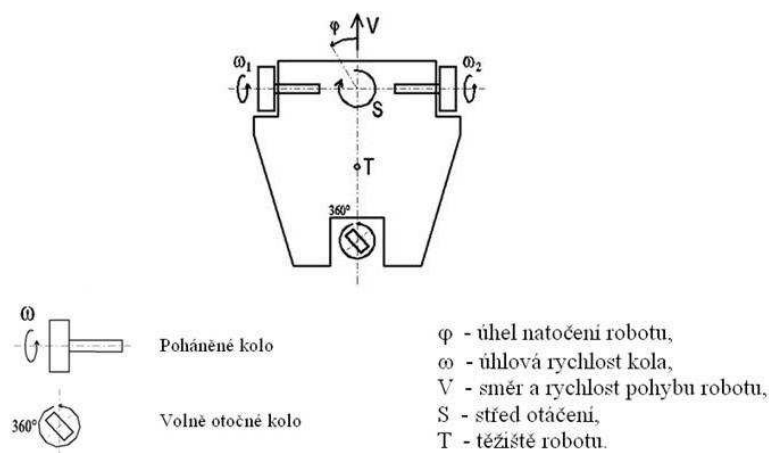


Obr. 4 Robot NXTway-GS [4].

1.1.3 Tříkolové podvozky

Tříkolový roboty mohou být vytvořeny s různými typy řízení a to diferenční, synchronní a Ackermannovo řízení. Tento typ podvozku je staticky i dynamicky stabilní, proto na rozdíl od předchozích jednokolových a dvoukolových robotů není potřeba gyroskopické stabilizace. [3]

Diferenční řízení tříkolového podvozku pracuje se dvěma na sobě nezávisle poháněnými koly a jedním volně otočným nepoháněným kolem, které slouží ke stabilizaci robota. Zatočení robota je prováděno pomocí rozdílné rychlosti otáčení poháněných kol. Výhoda tohoto řízení spočívá v možnosti robota otočit se na místě, kterou může využívat ve stísněných prostorech. [2]



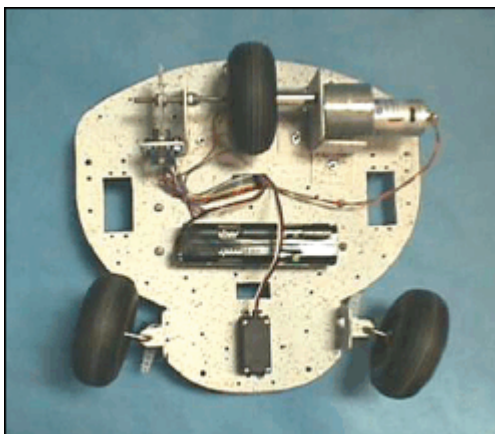
Obr. 5 Schéma tříkolového robota řízeného diferenčním způsobem [3].

U synchronního řízení mají vždy kola stejnou rychlost otáčení a stejné natočení, z toho plyne, že všechna kola jsou poháněna i otočná. Synchronní řízení nám zajišťuje okamžitou možnost změny směru jízdy v rozsahu 360° a rovněž stejně jako diferenční řízení umožňuje otočení na místě. Nevýhodou je neschopnost překonávání větších terénních nerovností a překážek. Jedním z mála příkladů tohoto robota, může být K2A který byl sestaven v jižní Kalifornii na škole Clemson University. [3][5]



Obr. 6 Robot K2A řízený synchronně [5].

Tříkolový robot řízený Ackermannovým způsobem má jedno kolo poháněné a dvě kola otočná. Z důvodu vykroužení různě dlouhých drah otáčivých kol při zatočení, je natočení kol mírně rozdílné. Příkladem je robot Arobot. [1]

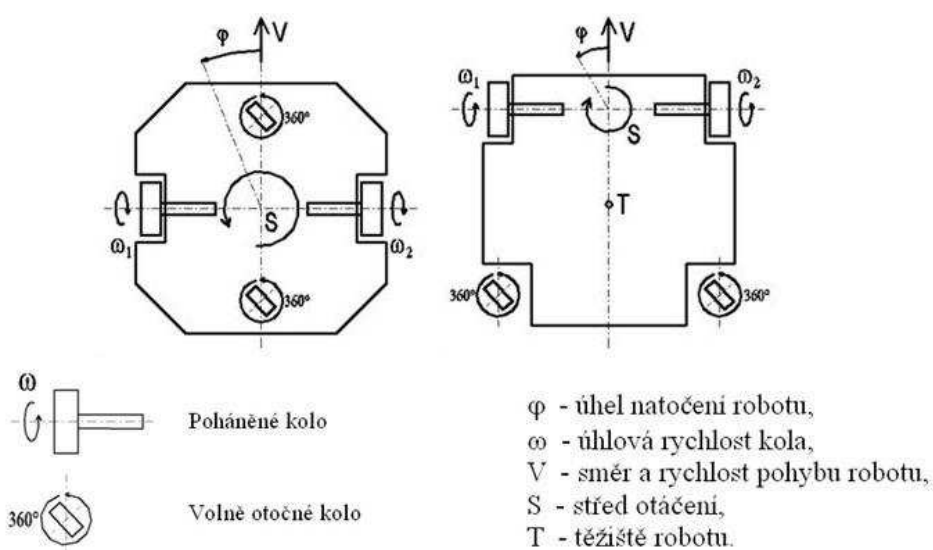


Obr. 7 Podvozek robotu Arobot [1].

1.1.4 Čtyřkolové podvozky

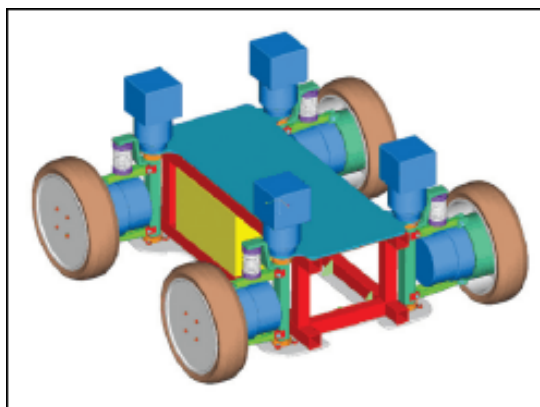
Čtyřkolové roboty mohou být stejně jako tříkolové vytvořeny s různými typy řízení a to diferenční, synchronní a Ackermannovo řízení. Rovněž jsou jak staticky, tak i dynamicky stabilní, proto ani zde není potřeba gyroskopické stabilizace. Čtyřkolová konstrukce robotů má vysokou stabilitu, a proto je i nejčastějším technickým řešením mobilních robotů. [3]

Diferenční řízení tříkolového podvozku pracuje stejně jak u tříkolového typu se dvěma na sobě nezávisle poháněnými koly. Má ovšem dvě volně otočná nepoháněná kola, které slouží ke stabilizaci robota. Mohou být dvě řešení uložení volně otočných kol. Za prvé jsou uloženy v jedné ose, která je rovnoběžná s osou kol poháněných. Při druhé variantě je jejich osa uložena kolmo na osu kol otáčení. Zatočení robota je prováděno pomocí rozdílné rychlosti otáčení poháněných kol. Výhoda tohoto řízení spočívá v možnosti robota otočit se na místě, kterou může využívat ve stísněných prostorách. [1]



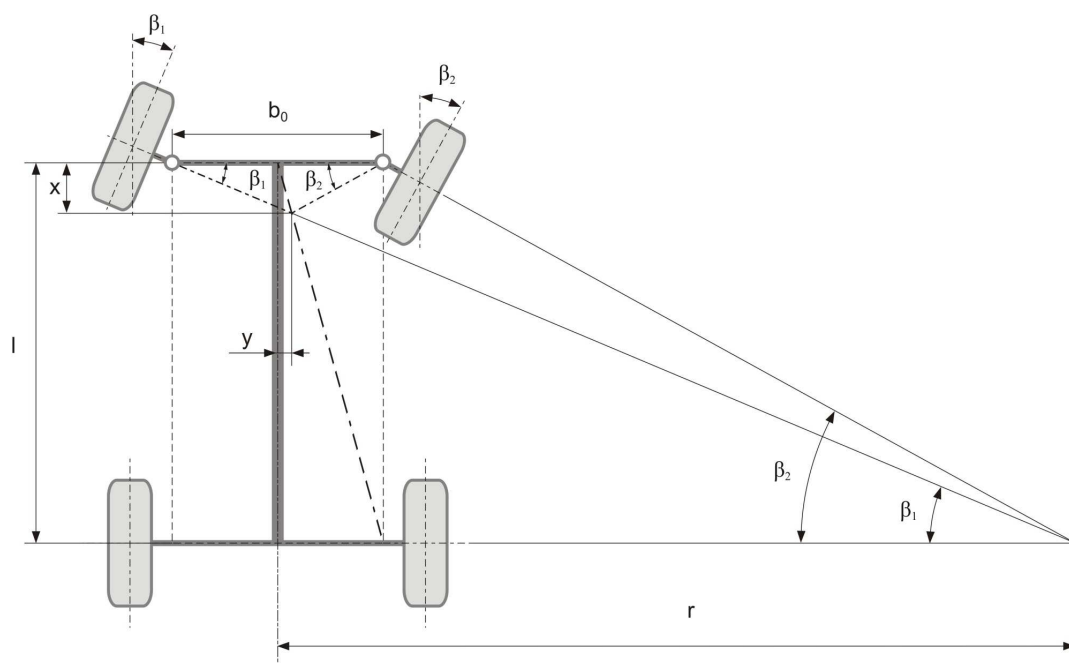
Obr. 8 Schéma čtyřkolového robota řízeného diferenčním způsobem [3].

U synchronního řízení mají vždy kola stejnou rychlost otáčení a stejné natočení, z toho plyne, že všechny kola jsou poháněna i otočná. Synchronní řízení nám zajišťuje okamžitou možnost změny směru jízdy v rozsahu 360° a rovněž stejně jako diferenční řízení umožňuje otočení na místě. Nevýhodou je neschopnost překonávání větších terénních nerovností a překážek. [1]



Obr. 9 Schéma modelu čtyřkolového podvozku se všemi poháněnými koly [1].

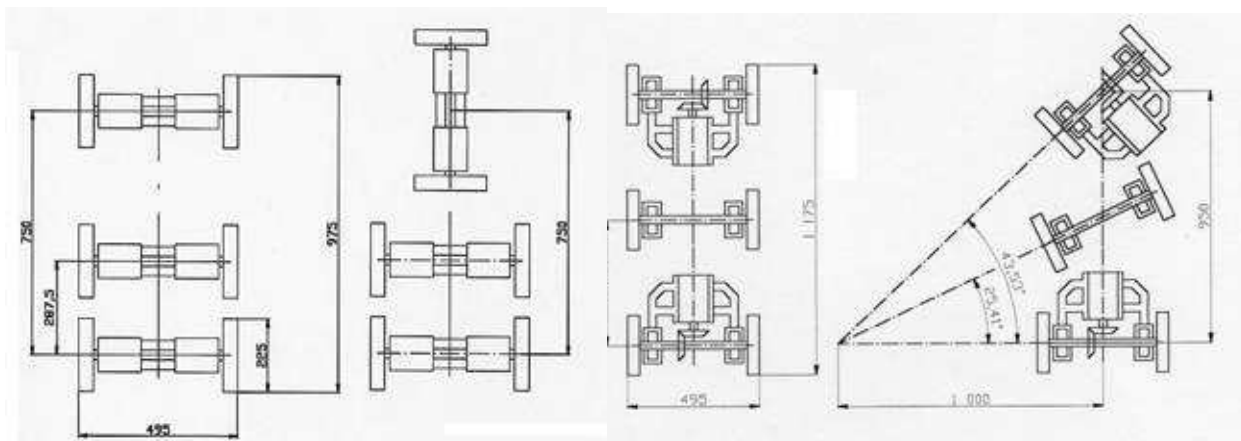
Čtyřkolový robot řízený Ackermannovým způsobem má dvě kola poháněná a dvě kola otočná. Poháněná kola musí mít buď mechanický nebo elektronický diferenciál. Z důvodu vykroužení různě dlouhých drah otáčivých kol při zatočení, je natočení kol mírně rozdílné, aby nedocházelo ke smýkání kol (vnější kolo má menší úhel natočení, než vnitřní). Tento způsob řízení je využíván například i u běžných automobilů. Nevýhodou Ackermannova řízení je nemožnost otočení se na místě, z čehož plyne, že potřebuje větší manipulační prostor. [3][6]



Obr. 10 Schéma Ackermannova řízení [6].

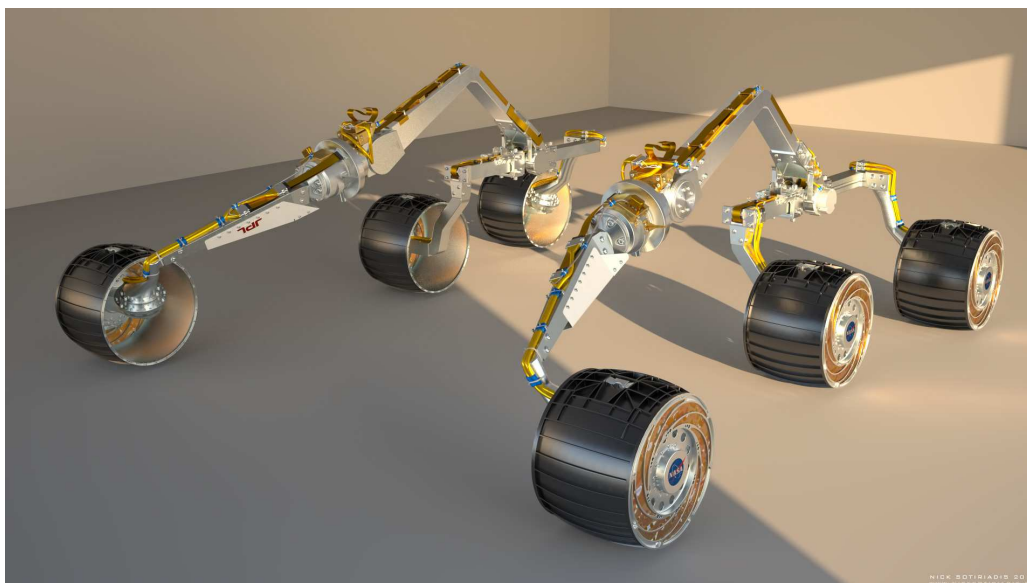
1.1.5 Šestikolové podvozky

Šestikolové podvozky mají mnoho forem a typů. Jsou využívány hlavně k pohybu ve venkovním prostředí a nezpevněném terénu pro jejich vysokou stabilitu. V současné době se využívají i v jaderném, chemickém a těžkém průmyslu. Řízení může být prováděno pomocí natáčení celých náprav, v tom případě se robot pohybuje v obloucích, jakoby smykem. Můžou se natáčet jak jenom přední, tak i první dvě nápravy, jak můžeme vidět na obrázku. [3]



Obr. 11 Schéma šestikolového robota řízeného pomocí natáčení celých náprav [3].

Využívá se též předělaný systém Ackermannova řízení u podvozků, které mají samostatně otočná přední kola. Nejpokročilejší vývoj šestikolových podvozků předvedla americká vesmírná společnost NASA, která využívá šestikolové podvozky pro výzkumné účely na jiných planetách. Jejich vesmírná vozidla typu „Sojourner“ či „Rover“ pracují s podvozkem „rocker-bogie“. Tento typ podvozku má samostatně poháněná všechna kola. Přední a zadní pár kol jsou samostatně otáčivá. Typ podvozku „rocker-bogie“ nemá žádné odpružení, proto je navržen pro malé rychlosti, kdy nedochází k velkým dynamickým rázům. [7][8]



Obr. 12 Podvozek typu rocker-bogie [8].

Jiným příkladem by mohl být robot LAMA, který vyvinula francouzská společnost Laboratory for Analysis and Architecture of Systems (LAAS). Kola robotu připomínají kužel, všechny tři nápravy jsou propojeny kloubově, což dává robotu schopnost překonávání vysokých překážek. [1]



Obr. 13 robot LAMA [9].

1.1.5 Více než šestikolové podvozky

Nejedna se v praxi o využívaný typ podvozku. Výhodou by mohl představovat pro pohyb ve velmi členitém terénu, kdy robot s osmikolovým podvozkem dokáže překonávat překážky větší než je průměr jeho kola. Příkladem takového robota je robot „Octopus“. Další využití představují pro přepravu velmi těžkých břemen, kde můžeme využít i dobrých manévrovacích schopností robota. [3]



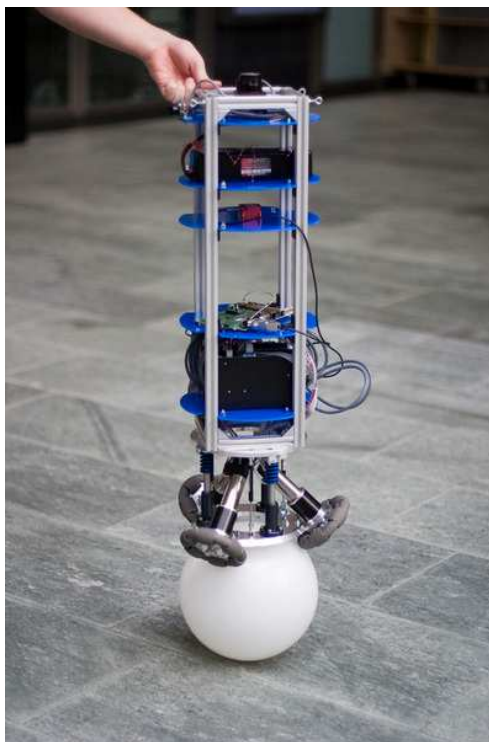
Obr. 14 robot Octopus [10].

1.2 Holonomní (holonomic) roboty

Holonomní roboty jsou takové, jejichž počet říditelných stupňů volnosti je stejný jako jejich celkový počet. V praxi to znamená, že robot může vyrazit do jakéhokoliv směru bez předchozí činnosti, jako je například natočení nějakého kola. Holonomní roboty jsou hlavně využívány pro vědecké a laboratorní účely, ale lze je rovněž prakticky využít například ve skladech pro manipulaci. Většinou jsou konstruovány se všesměrovými koly. [2]

1.2.1 Jednokolové podvozky

Zástupcem tohoto typu je takzvaný „Ballbot“, první svého druhu vznikl v roce 2006 na Carnegie Mellon University. Robot stojí na jedné velké kouli, na kterou je usazen celý robot. Koule je roztáčena pomocí třech motorů spojených se všesměrovými koly, které přenášejí svůj pohyb na kouli. Dynamickou a statickou stabilitu zajišťuje gyroskop. [11]



Obr. 15 robot typu „Ballbot“ [12].

1.2.2 Tříkolové podvozky

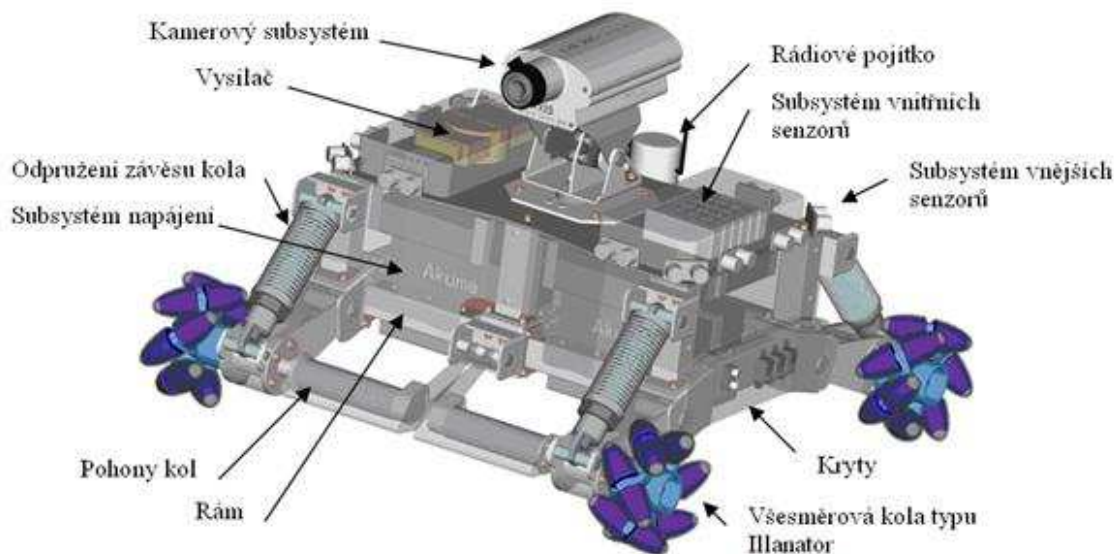
Jejich řešení je jednoduché, na rám jsou usazeny jednotlivé motory pohánějící všesměrová kola, která vůči sobě svírají úhel 120° . Příkladem může být robot OMR III z roku 2004, který vznikl na VUT v Brně fakultě strojního inženýrství. [13]



Obr. 16 robot OMR III [13].

1.2.3 Čtyřkolové podvozky

Čtyřkolové řešení holonomních robotů je nejrozšířenější pro jednoduché koncepční řešení. Příkladem může být návrh odpruženého robota navrženého na VŠB-TU v Ostravě. [3]



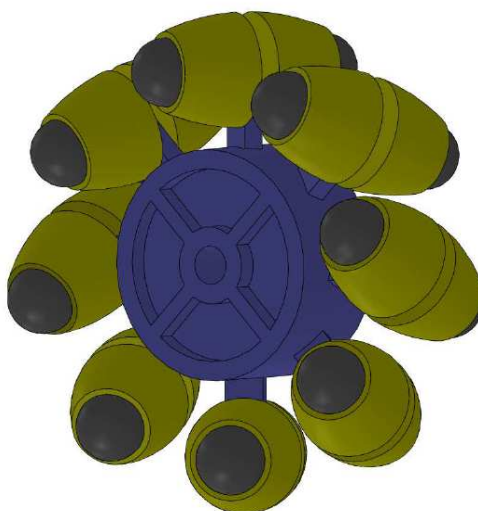
Obr. 17 návrh odpruženého čtyřkolového robota zhotovený na VŠB-TU v Ostravě [3].

1.2.4 Speciální kola

U mobilních autonomních robotů se používají v praxi dva typy speciálních kol: všesměrová a Weinsteinova kola. Přičemž máme tři zástupce všesměrových kol Univerzální, Stanfordské a Illanator. Všeměřovým kolem rozumíme kolo, které má po svém obvodu jednotlivé valivé elementy v podobě válečků nebo soudečků, které se mohou volně otáčet. Pohon je přiváděn pouze na náboj kola. U Stanfordského kola je použit jako element váleček, pro lepší vlastnosti se využívá dvou řad vedle sebe. Univerzální kolo využívá válečků. Mezery mezi válečky jsou tak velké, že způsobují chvění robota, a proto se upustilo od používání těchto kol. U kol Illanator jednotlivé elementy válečků mohou být, jak celistvé, tak dělené. Svírají s nábojem kola úhel 45° . Mají na vnějším poloměru téměř dokonalou kružnici a jsou nejvhodnější na použití do venkovního prostředí. [3]



Obr. 18 model Stanfordského kola.



Obr. 19 model kola Illanator.

2 Návrh odpruženého podvozku tříkolového robota

V dnešní době není tříkolový robot s všesměrovými koly nic převratného, těchto typů robota se po laboratořích vysokých škol prohání celá řada. Ovšem, všechny jsou konstruovány pouze pro laboratorní podmínky, tudíž na ně nejsou kladeny žádné nároky na překonávání překážek, takže odpadá i nutnost tlumení nárazů. Tato koncepční řešení jsou velice jednoduchá a levná.

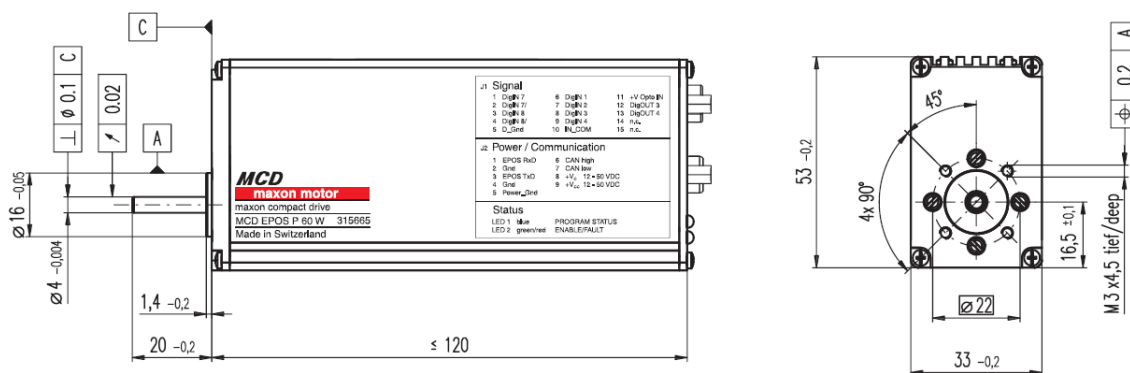
Úkolem bylo navrhnout odpružený podvozek pro daného robota, při zachování konstrukční jednoduchosti, kde nebude třeba při konstrukci využívání sofistikovaných obráběcích strojů například CNC strojů. Také muselo být bráno na zřetel co nejjednodušší pořízení součástek a polotovarů. Podvozek robota by měl být proto v budoucnu z návrhu jednoduše vyrobitelný v rámci dalších školních projektů. Při výběru byl brán ohled na nabídku hliníkových profilů brněnské firmy Alms spol. s.r.o.

Pro návrh musely být též využity již zakoupené kompaktní inteligentní motory MCD EPOS 60W od firmy Maxon s planetovou převodovkou GP 32HP s převodovým poměrem 23:1. [15]

Pro 3D modelaci návrhu byl zvolen program SolidWorks verze 2011.

2.1 Maxon MCD Epos 60W

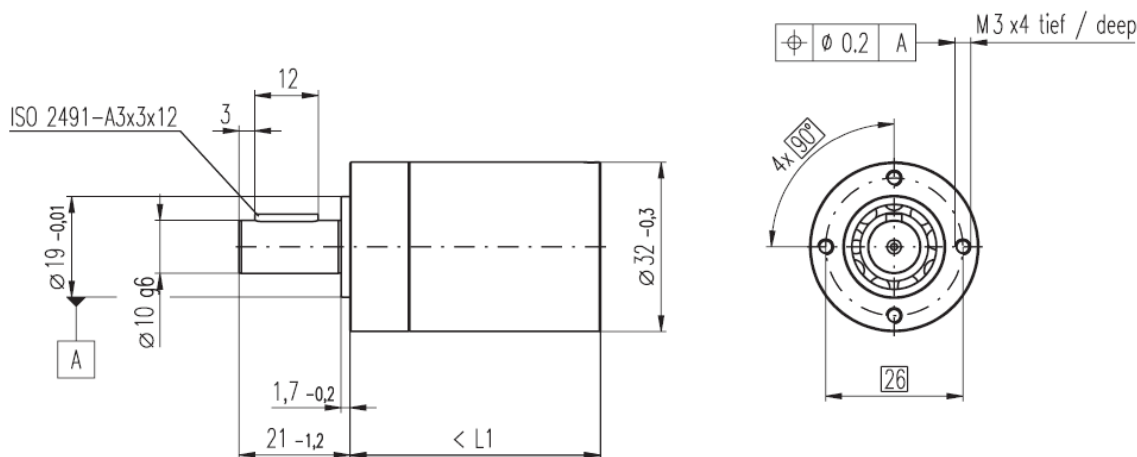
Jedná se o inteligentní motor se zabudovanou řídicí jednotkou EPOS, která je založena na standartu CANopen. Motor obsahuje stejnosměrný bezkartáčový elektronicky komutovaný motor o výkonu 60W, enkodér a jednotku EPOS. Motory mohou komunikovat s PC pomocí sběrnice CAN. Rozměry viz. obr. 20. [14]



Obr. 20 výkres motoru Maxon MCD Epos 60W [13].

2.2 Převodovka

K motoru MCD Epos 60W má být přidána planetová převodovka GP 32HP typu 326661 taktéž od firmy Maxon, s převodovým poměrem 23:1 (převod do pomala) k získání lepšího momentu při nízkých otáčkách. Rozměr L1 na obr. 21 je 47,4 mm. [15]



Obr. 21 výkres planetové převodovky GP 32HP [15].

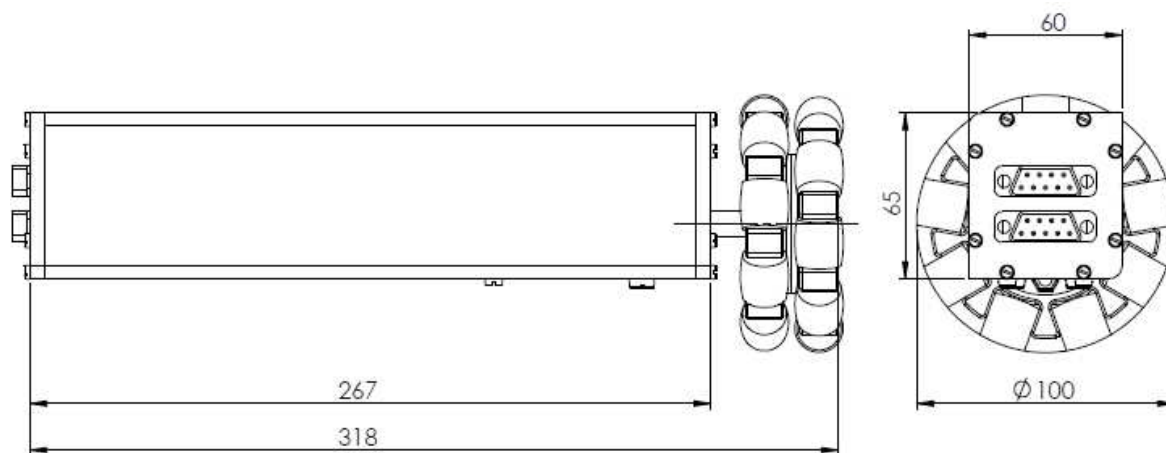
2.3 Pohonná jednotka

Návrh podvozku začal návrhem pohonné jednotky, která má obsahovat v ochranném uložení motor, převodovku, pružnou spojku, uložení ložisek a všesměrové kolo. Tato jednotka nemá sloužit pouze pro jeden typ podvozku, ale má být jednoduše přimontovatelná i k jiným typům podvozku robotů, tak aby se dala v budoucnu ještě lépe využít. Hlavní rozměrové parametry určuje velikost motoru s převodovkou. Při výběru byl brán ohled na nabídku hliníkových profilů brněnské firmy Alms spol. s.r.o.

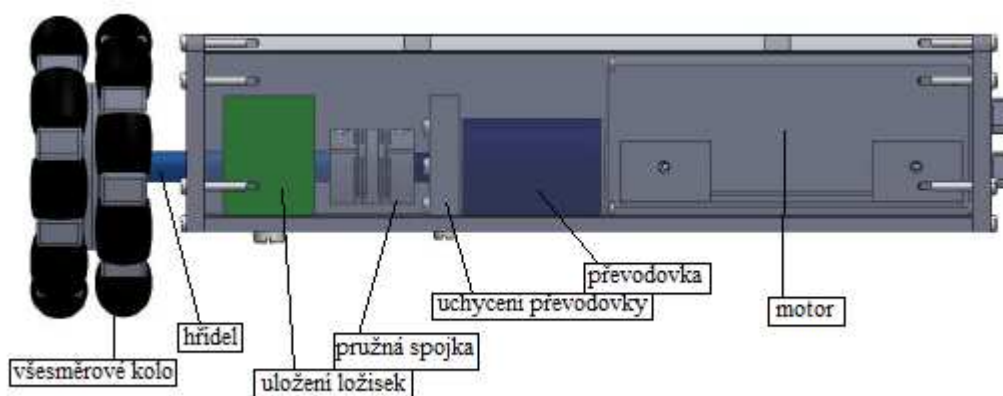
Rám pohonné jednotky tvoří dva profily tvaru L 60x60x5(mm). Tyto profily jsou přišroubovány k čelům pomocí 8 šroubů M3x20 ČSN 021131. [16]

Stabilitu hřídele, která přenáší krouticí moment z pružné spojky na všesměrové kolo je zajištěna pomocí dvou kuličkových ložisek 6000 ČSN 02 4630, která jsou vlepena do pouzdra o rozměrech 40x40x30. Toto pouzdro je přimontováno k rámu pomocí dvou šroubů M6x25 ČSN 021131. [16]

Z planetové převodovky se na hřídel pohánějící všesměrové kolo přenáší krouticí moment přes pružnou spojku, která má tlumit nárazy a vibrace, aby nedocházelo k poškození motoru.



Obr. 22 rozměrový výkres pohonné jednotky



Obr. 23 schéma pohonné jednotky

2.3.1 Pružná spojka

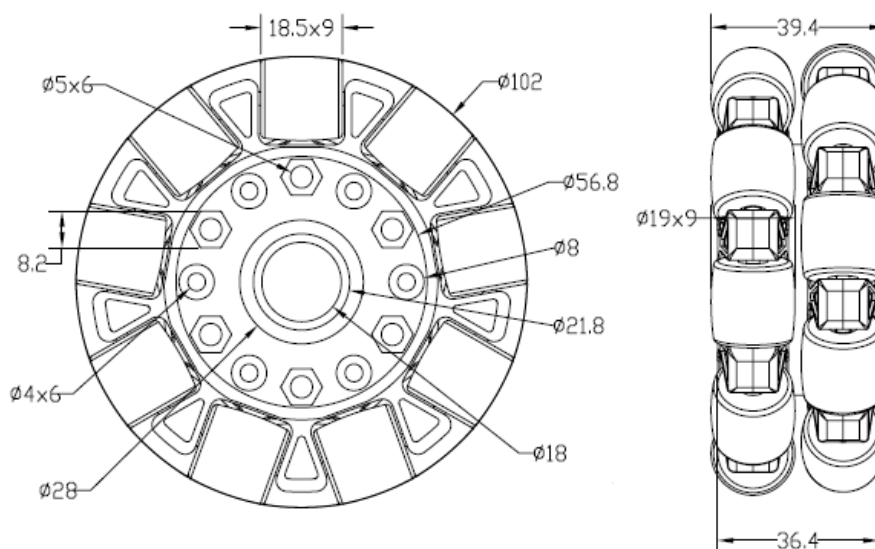
Byla vybrána spojka EVK - 025 od firmy Berger Lahr. Výrobce udává vysokou torzní tuhost a malý moment setrvačnosti. Její hlavní výhodou je snadná montáž. [17]

	EVK-	025	Typové označení : EVK-	025
	D (mm)	25	Jmenovitý moment (Nm)	7
	L (mm)	28	Max. otáčky (min ⁻¹)	8.000
	M (mm)	4	Torzní tuhost (10 ³ Nm/rad)	3,5
	N (mm)	8	Hmotnost (g)	30
	E (mm)	9	Moment setrvačnosti (10 ⁻² kg cm ²)	4,3
	G	M3x10	Připustné odchylky	
	počet šroubů	2	- axiální (mm)	0,3
	D1,D2 (mm) :	3,5	- laterální (mm)	0,2
	- předvrtáno	6-12	- angulární (°)	2,0
	- rozsah (H7)			

Obr. 24 technické a rozměrové údaje pružné spojky EVK - 025 [17].

2.3.2 Použité všesměrové kolo

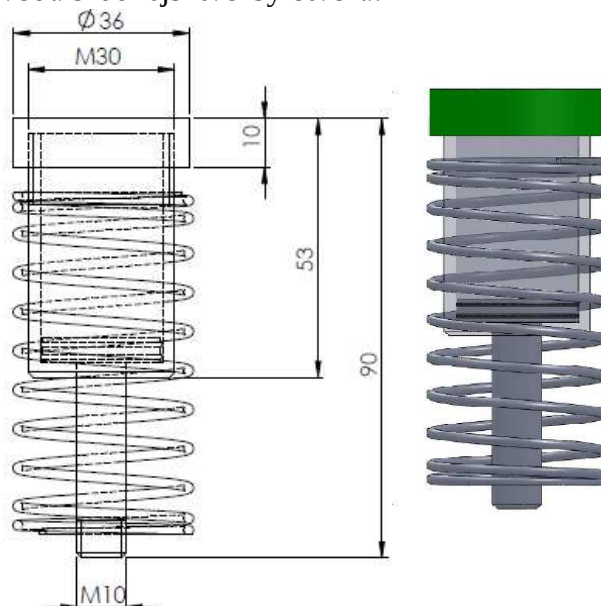
Kolo bylo vybráno od firmy NEXUS robot s typovým označením RB-Nex-08, kvůli jeho ideálním rozměrům a nosnosti 20kg, která nám při správném rozložení hmotnosti robota zajišťuje u tříkolového robota teoretickou nosnost 60kg. [18]



Obr. 25 výkres kola RB-Nex-08 [16].

2.4 Tlumení nárazů

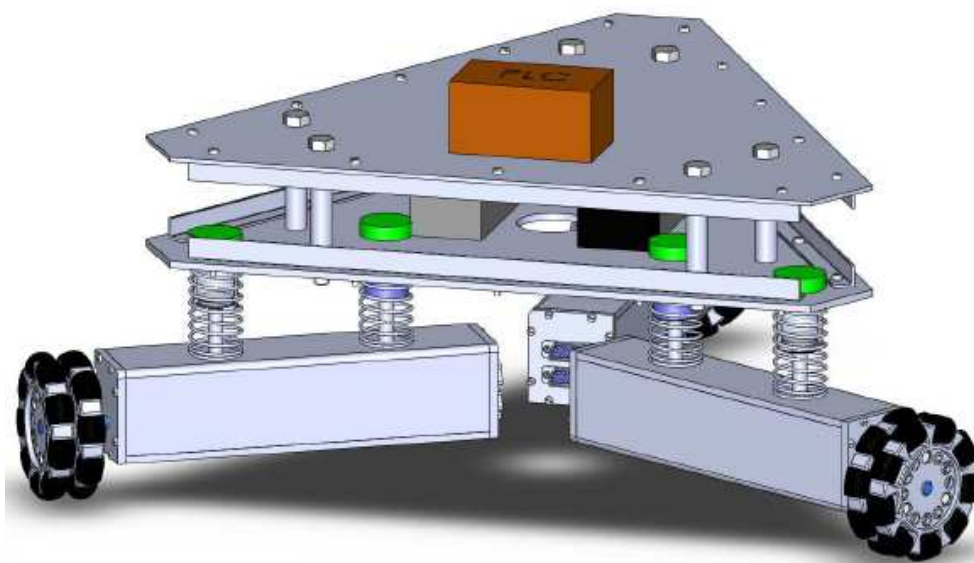
K tlumení nárazů a vibrací byl vybrán vzduchový tlumič s tlačnou pružinou. Toto řešení zajišťuje užitečné spojení tlumících charakteristik tlumiče a pružiny. Pružina zároveň zajišťuje zpětný pohyb. Na jednu pohonnou jednotku připadají dva tlumiče. Ty jsou k ní přidělány pomocí dvou závitů M10. K nosné desce jsou přichyceny závitě M30. Otvory pro odtok a přítok vzduchu je výhodnější umístit na čelech vzduchového válce než po jeho obvodu z důvodů snadnější tvorby otvorů.



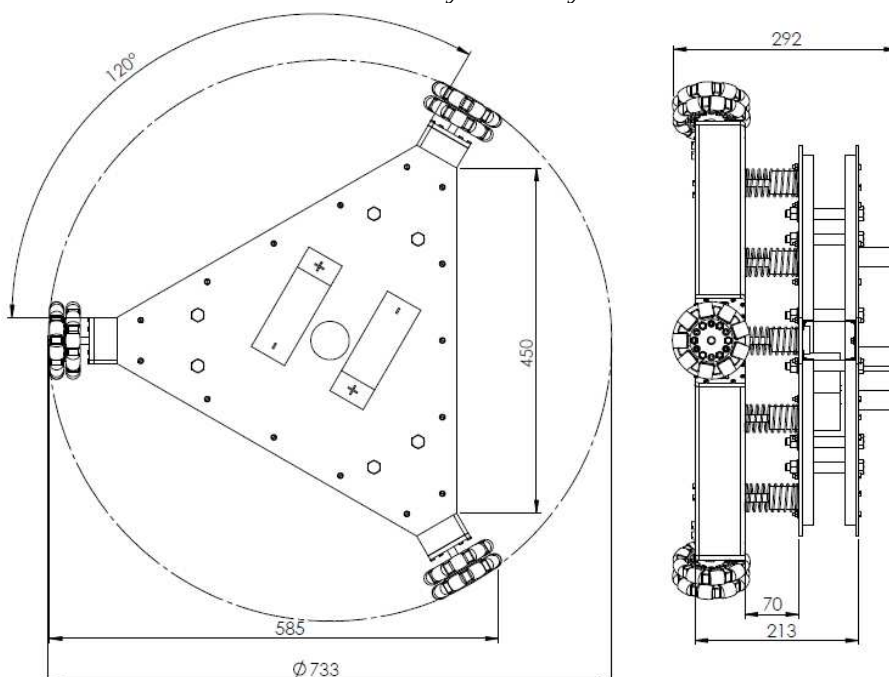
Obr. 26 tlumič s pružinou.

2.5 Navržený robot

Tři pohonné jednotky s tlumiči byly rozmístěny do kruhu pod úhly 120° , kde jsou závitovým spojem uchyceny k spodní nosné desce, tato deska je po obvodu vyztužena L profily 20x20x2(mm), aby nedocházelo k jejímu prohýbání pod tlakem tlumičů. Na nosné desce jsou rovněž umístěny baterie 2x12V. Z důvodů váhy baterií, které musely být umístěny co nejlépe vzhledem k těžišti, díky čemuž se na podstavu nevešla řídicí jednotka, bylo navrženo i druhé patro. Toto patro je opět vyztuženo L profily 20x20x2(mm). Výztuha L profilů též v budoucnu může poskytnout možnost přimontování bočního ochranného krytu. Patro může v budoucnu sloužit i pro přimontování různých čidel a senzorů.



Obr. 27 navržený tříkolový robot.



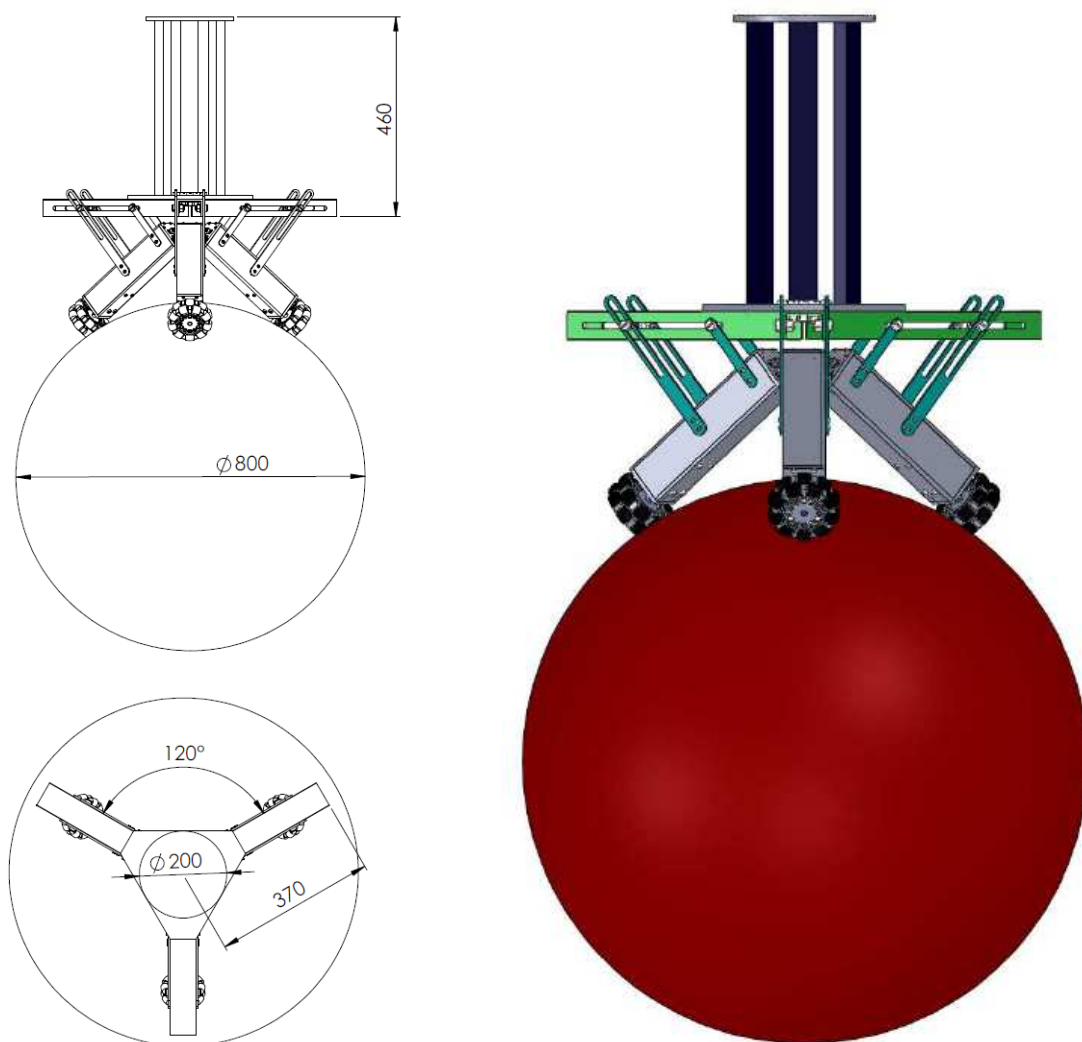
Obr. 28 základní rozměry návrhu tříkolového robota.

3 Návrh podvozku robota balancujícího na míči zvoleného průměru

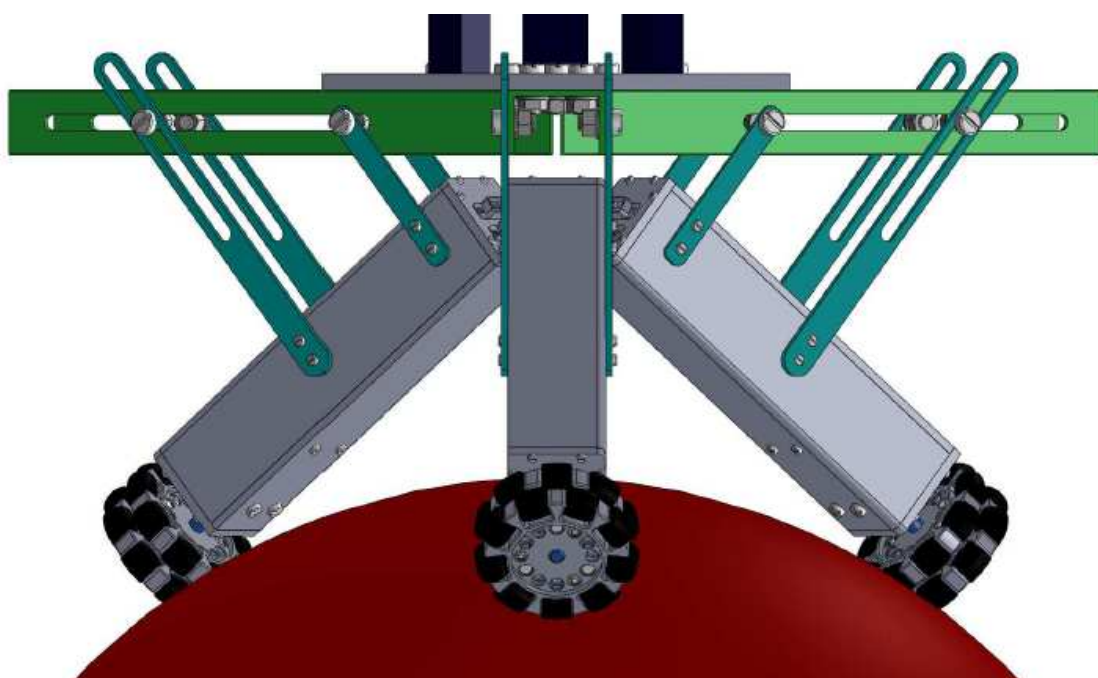
První zástupce robota balancujícího na kouli (míči) vznikl v roce 2006 na Carnegie Mellon University. Robot byl pojmenován Ballbot, tento název se u těchto typů robotů uchytil a zůstal dodnes. Nevýhoda prakticky všech návrhů Ballbotů je, že jsou určeny pouze pro jeden rozměr koule. Proto výjimečnost toho robota spočívá v nastavení, na jak velké těleso koule lze robot postavit.

Pro robota byla využita pohonná jednotka předchozího tříkolového robota. Tři pohonné jednotky jsou rovnoměrně rozmístěny do kruhu pod úhly 120° . Pomocí stavitelných podpěr jsou připevněny k U profilům, které jsou namontovány každý třemi šrouby M10 k podstavě. Použité řešení má nevýhodu v nutnosti použití většího rozměru koule a to i při nastavení na minimální rozměr. Při výběru byl brán ohled na nabídku hliníkových profilů brněnské firmy Alms spol. s.r.o.

Pro 3D modelaci návrhu byl zvolen program SolidWorks verze 2011.



Obr. 29 navržený tříkolový robot balancující na míči zvoleného průměru.



Obr. 29 detail nastavitelného podvozku robota balancující na míči zvoleného průměru. Můžeme vidět nastavení náklonu podpěr pomocí šroubů se závitem M10 šrouby se pohybují v dráze vyfrézované do U profilu.

Závěr

Začátek práce byl věnován rozboru různých typů podvozků kolových robotů. Rozdělení bylo provedeno dle jejich holonomních respektive neholonomních vlastností. Byly zde uvedeny výhody a nevýhody pro různá použití, řešení rozdílných konstrukcí a bylo poukázáno i na některé novinky v oblasti všesměrových robotů. Tato řešerská část práce je pro možnost dalšího studia opatřena množstvím referencí.

Další část práce se zabývá originálním návrhem tříkolového všesměrového odpruženého podvozku robota. U návrhu bylo zohledněno využití inteligentních pohonů MCD EPOS 60W od firmy Maxon. Tyto pohony, včetně planetové převodovky, jsou již za účelem konstrukce příslušného všesměrového robota k dispozici, tedy vznikl požadavek jejich začlenění. Návrh je vytvořen převážně z volně nakoupitelných součástek a profilů, které je možno do požadovaného tvaru jednoduše upravit. Vytvořený návrh představuje jednoduché koncepční řešení, které je v budoucnu bez větších problémů realizovatelné. Z podkladů 3D návrhu lze generovat výkresovou dokumentaci pro výrobu robota, či generovat další podklady pro jeho analýzu.

Poslední kapitola je věnována návrhu konstrukce podvozku robota balancujícího na míči zvoleného průměru. V tomto návrhu jsou převzaty pohonné jednotky předchozího tříkolového robota a předělány na robota typu Ballbot. Zde není koncepce návrhu zcela ideální z důvodů velikosti pohonné jednotky a z toho plynoucího užití velkého průměru míče.

Cíle práce byly kapitolou 1 až 3 splněny a předložená BP může sloužit jako podklad k případné výrobě tohoto netradičního mobilního zařízení. Vzhledem k dlouhodobému zaměření specifického výzkumu pracoviště ÚAI (OAI) se stavba tohoto typu robota předpokládá, a tak snad tato práce, kterou jsem připraven dále rozvíjet, bude v dané oblasti výzkumu přínosem.

Literatura

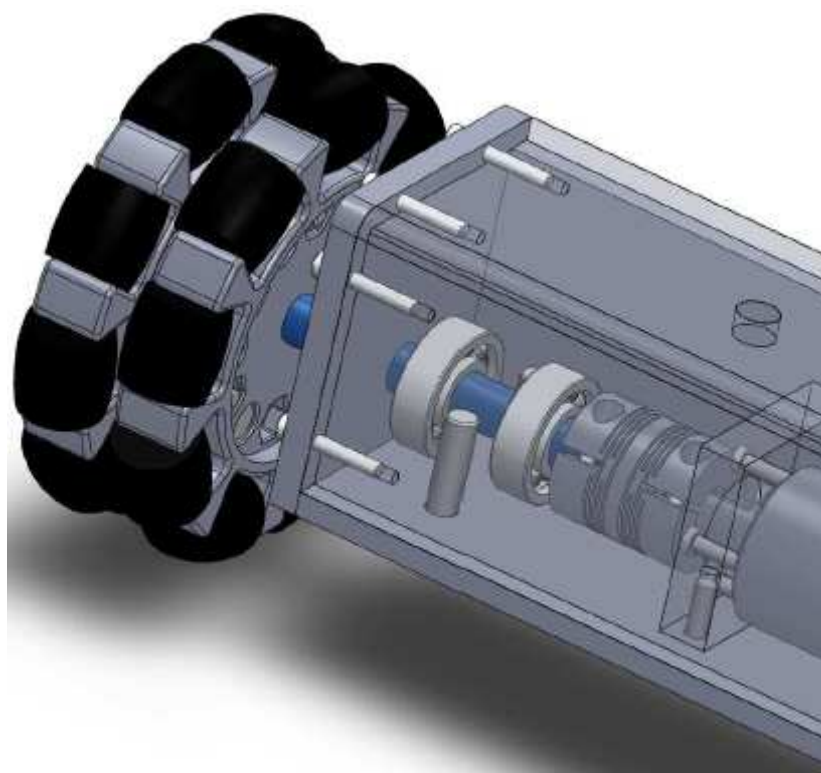
- [1] KÁRNÍK, Ladislav. Lokomoční ústrojí mobilních robotů pro nestrojírenské aplikace. Automa[online]. 2002, roč. 2002, č. 07 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=28494
- [2] WINKLER, Zbyněk. Odometrie: Modely kolových vozidel [online]. 2005-12-05. 2005 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://robotika.cz/guide/odometry/en>
- [3] KÁRNÍK, Ladislav. MODELOVÁNÍ A ANALÝZA SERVISNÍCH ROBOTŮ: Generace, klasifikace a rozdělení mobilních robotů [online]. [s.l.] : [s.n.], 2005 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: http://robot2.vsb.cz/elekskripta/servisni_roboty/
- [4] CAZZOLATO, Ben S. NXTway-GS [online]. 2009 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: http://sites.mecheng.adelaide.edu.au/robotics/robotics_projects.php?wpage_id=44&title=47&browsebytitle=1
- [5] DOLECKI, John. Cybermotion K2A [online]. 2011 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://assistiverobotics.blogspot.com/2011/05/cybermotion-k2a.html>
- [6] SAJDL, Jan. Ackermannova podmínka [online]. 2011 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/ackermannova-podminka/>
- [7] Rocker-bogie [online]. 2010 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Rocker-bogie>
- [8] NickSotiriadis [online]. 2011 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: http://www.nicksotiriadis.gr/?page_id=287
- [9] Robot LAMA [online]. 2011 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Robot_LAMA_-_Mus%C3%A9_des_arts_et_m%C3%A9tiers.jpg
- [10] Octopus Robot [online]. 2007 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://stefan-oberrauner.blogspot.com/2007/10/octopus-robot.html>
- [11] Carnegie Mellon Researchers Develop New Type of Mobile Robot That Balances and Moves on a Ball Instead of Legs or Wheels [online]. 2006 [cit. 2012-05-19]. Dostupné z: http://www.cmu.edu/PR/releases06/060809_ballbot.html
- [12] Rezero. Rezero [online]. 2010 [cit. 2012-05-19]. Dostupné z: <http://www.rezero.ethz.ch/>
- [13] LACKO, Bronislav. Mobilní robot se třemi všesměrovými OMR II. Automatizace [online]. 2006, roč. 49, č. 1 [cit. 2012-05-19]. Dostupné z: <http://www.automatizace.cz/article.php?a=1023>

- [14] Maxon motor. Intelligent compact drivers. [online]. duben 2008 [cit. 2012-05-19]. Dostupné z: http://www.maxonmotor.com/downloads/MCD_2008_e.pdf
- [15] Maxon motor. Planetary Gearhead GP 32 HP. [online]. květen 2008 [cit. 2012-05-19]. Dostupné z: <http://www.treffer.com.br/produtos/maxon/redutores/pdf/242.PDF>
- [16] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. Úvaly: Albra, 2005. ISBN 80-7361-011-6.
- [17] Berger Lahr positec [online]. 2008 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: http://www.regulacni-pohony.cz/frm_spoj.html
- [18] 100mm Omnidirectional Wheel [online]. 2010 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.robotshop.com/world/100mm-omnidirectional-wheel-brass-bearing-rollers.html>

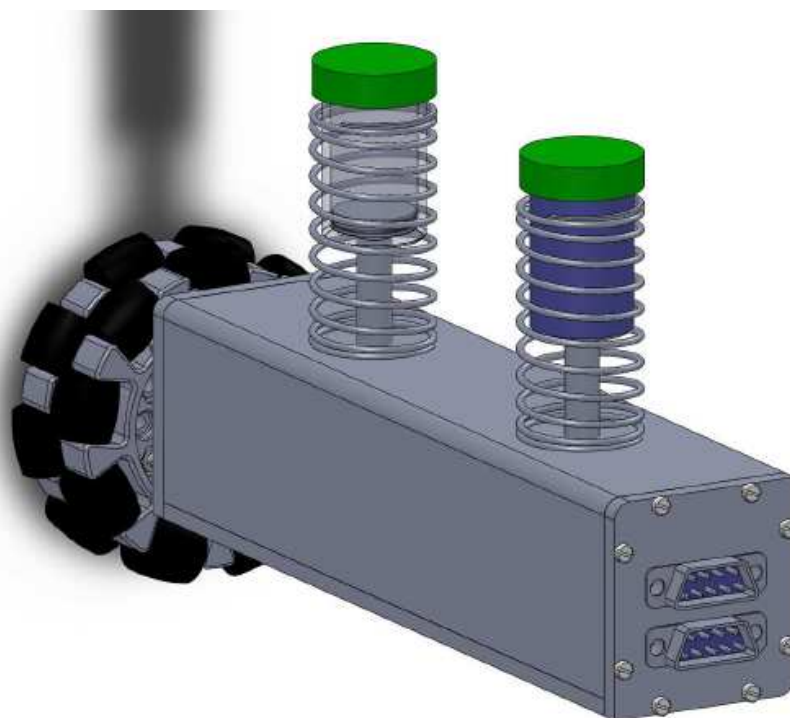
Seznam příloh

- Příloha č.1 - obrázková dokumentace robota
- Příloha č.2 - CD - R medium s obsahem
 - elektronická podoba této bakalářské práce
 - modely návrhů podvozků robotů(spustitelné v programu SolidWorks verze 2011 a novější)

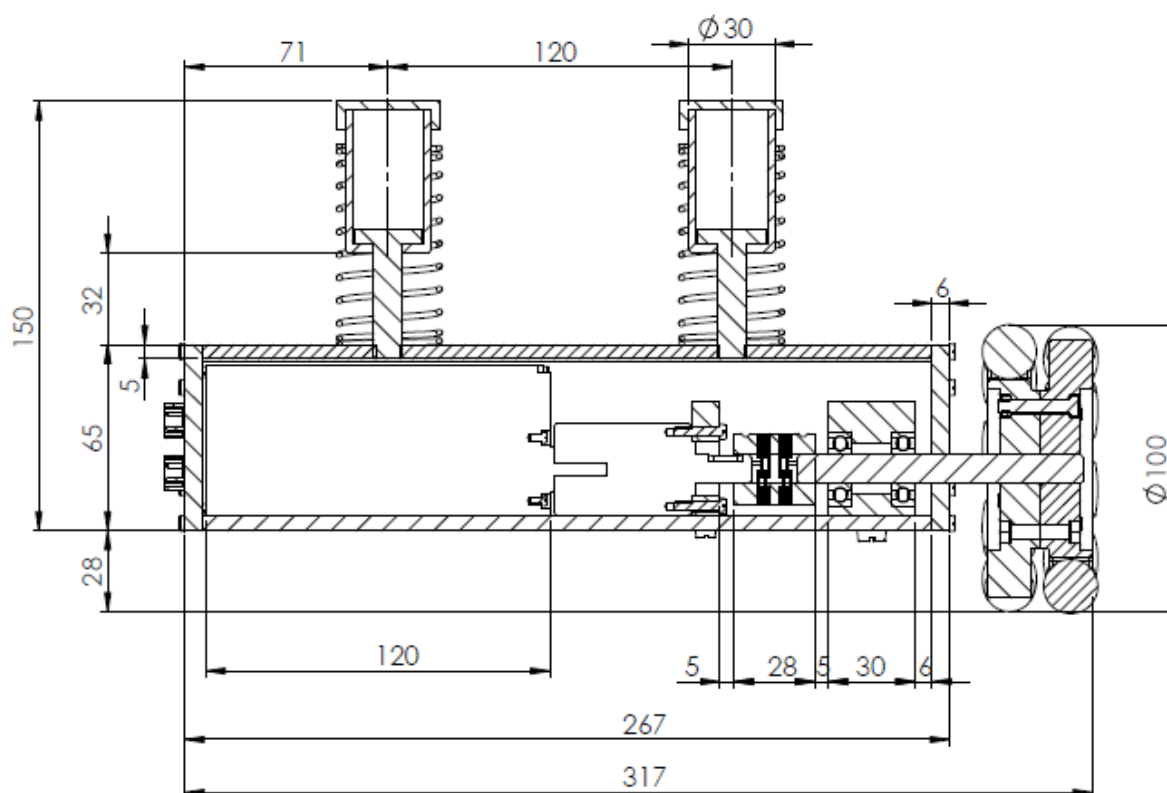
Příloha č.1



Obr. 30 pohonná jednotka se skrytým uložením ložisek.



Obr. 31 pohonná jednotka s tlumiči.



Obr. 32 výkres pohonné jednotky s tlumiči.