

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Dopravní a manipulační technika

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Manipulátor HIRATA – Reverzní inženýrství

Autor: **Jan HOUBA**

Vedoucí práce: **Ing. Petr VOTÁPEK, Ph.D.**

Akademický rok 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan HOUBA**

Osobní číslo: **S16B0052P**

Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**

Název tématu: **Manipulátor HIRATA - Reverzní inženýrství**

Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Pomocí nástrojů reverzního inženýrství analyzujte zadaný manipulátor. Vytvořte 3D model manipulátoru, proveďte kontrolní výpočty vybraného uzlu včetně dopracování výrobní dokumentace zvoleného uzlu.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Analýza
2. Tvorba 3D modelu
3. Technické výpočty
4. Výrobní dokumentace
5. Technické hodnocení

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojího inženýra 1.* Brno: Computer Press, 1999

VLK, F. *Stavba motorových vozidel.* Brno: nakl. Vlk, 2003

Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Votápek, Ph.D.**

Katedra konstruování strojů

Konzultant bakalářské práce: **Antonín Max**

Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **16. října 2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **24. května 2019**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



Doc. Ing. Václava Laševa, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 16. října 2018

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Votápkovi, Ph.D., za odbornou pomoc, praktické rady a trpělivost při vedení této práce.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Houba	Jméno Jan		
STUDIJNÍ OBOR	B2301 „Dopravní a manipulační technika“			
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Votápek, Ph.D.	Jméno Petr		
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Manipulátor HIRATA – Reverzní inženýrství			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2019
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	86	TEXTOVÁ ČÁST	28	GRAFICKÁ ČÁST	58
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	<p>Bakalářská práce obsahuje analýzu manipulátoru HIRATA. Analyzována byla funkce vybraných částí a průběh výroby magnetických spojek. Dále byl proveden výpočet času cyklu roboteru obsluhující stanoviště 6 a 8, 3D model manipulátoru a výkresová dokumentace vybrané části.</p>
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	<p>manipulátory, magnetické spojky, CAD, čas cyklu</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Houba	Name Jan	
FIELD OF STUDY	B2301 “Transport and handling machinery“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Votápek, Ph.D.	Name Petr	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Manipulator HIRATA – Reverse Engineering		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2019
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	86	TEXT PART	28	GRAPHICAL PART	58
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The bachelor thesis contains analysis of the manipulator HIRATA. The function of selected parts and the course of production of magnetic clutches were analysed. Then the calcul of the cycle time of the robot serving the stations 6 and 8, the 3D model of the manipulator and the drawing documentation of the selected part was performed.
KEY WORDS	manipulators, magnetic clutches, CAD, cycle time

Obsah

Úvod	1
1 Funkce segmentů manipulátoru HIRATA	2
1.1 Otočný stůl	3
1.2 Stanoviště 1	3
1.3 Stanoviště 2	3
1.4 Stanoviště 3	4
1.5 Stanoviště 4	5
1.6 Stanoviště 5	5
1.7 Stanoviště 6	5
1.8 Stanoviště 7	6
1.9 Stanoviště 8	7
2 Charakteristika manipulátoru HIRATA	8
2.1 Aktuální stav modelu	8
2.2 Rám	10
2.2.1 Hliníkové profily	10
2.2.2 Spojení profilů	10
2.2.3 Zakončení profilů	11
2.2.4 Opěrné body	11
2.3 Krytování	11
2.3.1 Desky	11
2.3.2 Uložení desek	11
2.3.3 Dveře	12
2.4 Pneumatické lisy	12
2.5 Rotační stůl	13
2.6 Spirálový dopravník	14
2.7 Tlaková nádoba	14
2.8 Fotoelektrické senzory	14
3 Analýza vybraného uzlu	15
3.1 Roboter SCARA AR-S350AE-4-200	15
3.2 Uchopovací hlava	20
Technické hodnocení a závěr	23
Citovaná literatura	24
Zdroje	25

Použitý software.....	26
Seznam obrázků.....	26
Seznam tabulek.....	28
Seznam příloh	28
Výkresová dokumentace	28

Úvod

Tato bakalářská práce je zaměřena na analýzu manipulátoru HIRATA, který slouží k automatizované výrobě magnetických spojek. Manipulátor byl zakoupen Západočeskou univerzitou v Plzni pro rozšíření praktických znalostí studentů v oblasti robotiky. Aktuálně se kladou vysoké nároky na kvalitu, a především rychlost výroby. Z toho plyne tlak na výrobce automatizační techniky, kteří se snaží neustále zdokonalovat své produkty, aby udrželi krok s poptávkou.

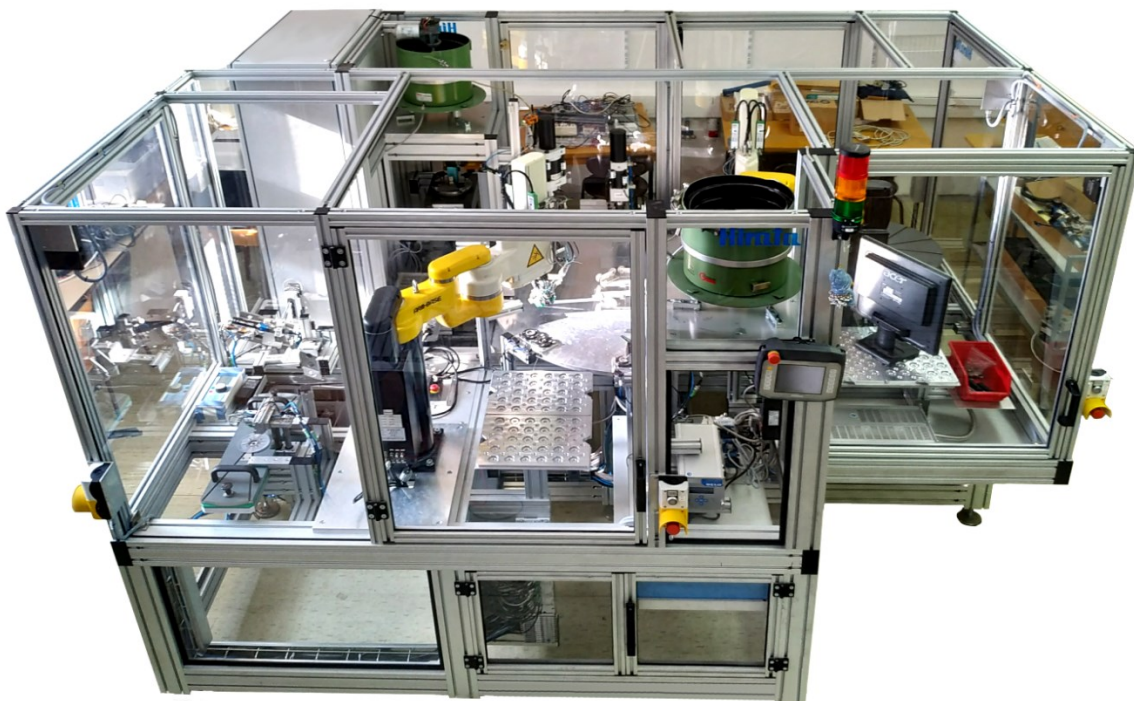
Původně byl manipulátor HIRATA sestaven pro firmu Ringfeder Power Transmission s.r.o., která byla založena roku 1922 v Německu. Firma se zabývá výrobou produktů pro přenos a tlumení energie. Sestavení manipulátoru provedla firma Hirata Robotics. Mezi produkty této firmy patří například paletizační systémy, manipulační roboty nebo výrobní buňky.

Magnetické spojky jsou strojní součásti, které slouží k bezkontaktnímu přenosu kroutícího momentu z hnacího členu na hnaný. Zároveň slouží jako ochranný prvek před příliš vysokým kroutícím momentem. Výhod bezkontaktního přenosu kroutícího momentu se využívá například u čerpadel, kde odpadá nutnost těsnění okolo hnacího hřídele.

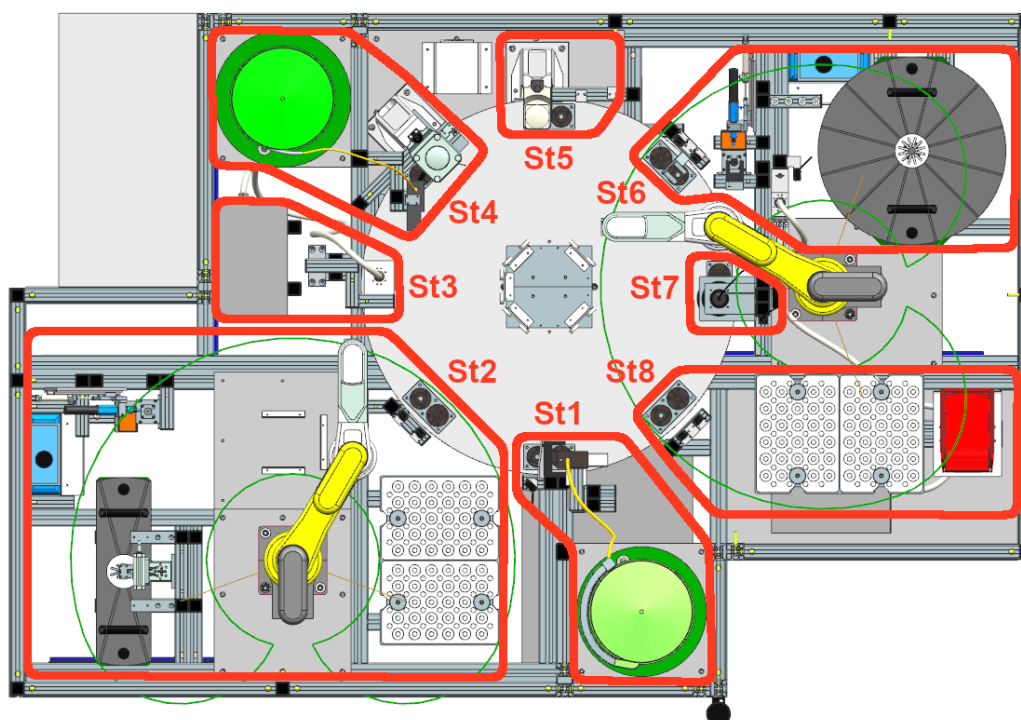
Tato práce popisuje funkci vybraných částí manipulátoru. Podrobněji je popsán manipulační roboter SCARA a uchopovací hlava. Dále je v práci analýza pohybu roboteru a výpočet času cyklu roboteru 2. V praktické části práce byl zhotoven 3D model manipulátoru HIRATA. Z tohoto modelu je v příloze část výrobní dokumentace.

1 Funkce segmentů manipulátoru HIRATA

Předmětem této práce byl manipulátor HIRATA (základní dělení manipulátorů a mechanismů viz příloha č.2). Manipulátor HIRATA byl vyroben pro sestavování magnetických pojistných spojek. Disponuje několika stanovišti. Na těchto stanovištích probíhají operace jako například: aplikace lepidla, vytvrzování, manipulace s díly, lisování, kontrola atd.



Obrázek 1 - Manipulátor Hirata



Obrázek 2 - Rozložení stanovišť

1.1 Otočný stůl

Zajišťuje pohyb součástí mezi stanovišti. Při automatickém chodu se stůl otáčí ve směru hodinových ručiček. Součásti jsou umístěny v přípravcích po obvodu velkého disku po 45°. Nachází se zde tedy 8 sestav přípravků. Tyto sestavy jsou upevněny na disku a ten je upevněn k otočnému zařízení WEISS TC320T (viz 2.5).



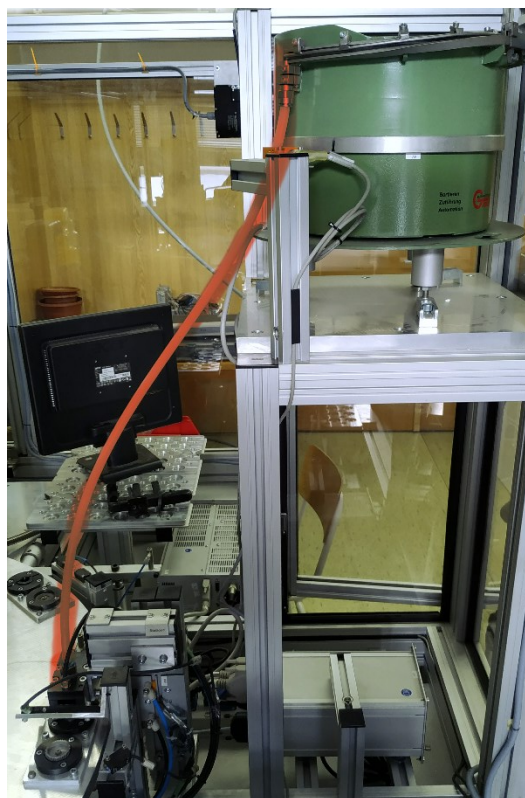
Obrázek 3 - Sestava přípravků

1.2 Stanoviště 1

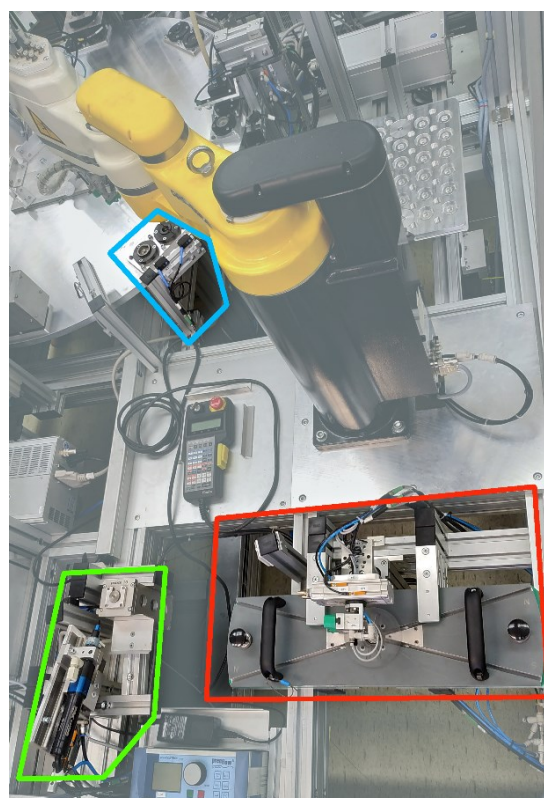
Stanoviště 1 slouží k uložení kluzného bronzového ložiska na vodící trn. Kluzná ložiska se na stanoviště dopravují ze zásobníku, který je umístěn nad stanovištěm, pomocí spirálového dopravníku a hadice (červeně na Obrázek 4), která spojuje zásobník se stanovištěm 1.

1.3 Stanoviště 2

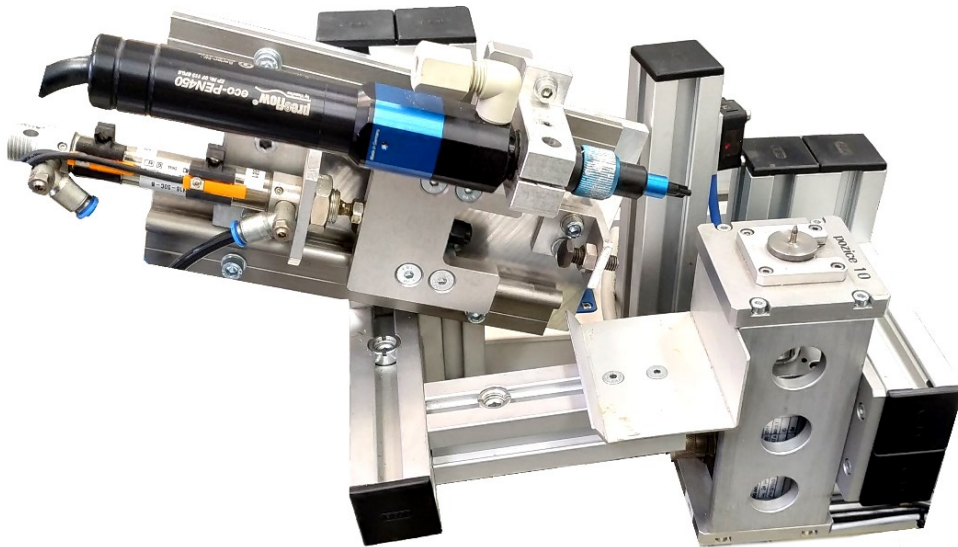
Na tomto stanovišti se ze vstupního plata přemístí vnitřní rotor do přípravku (modře na Obrázek 5) a vnější rotor na pozici, kde dojde k aplikaci lepidla (zeleně na Obrázek 5). Z této pozice je vnější rotor přemístěn manipulátorem do přípravku pro otočení o 180°, následně je nastaven do polohy pro nasunutí magnetů, které jsou nasunuty zespodu. Magnety jsou uloženy v drážkách nemagnetického disku (červeně na Obrázek 5). Manipulaci po stanovišti zajistí roboter SCARA AR-S350AE-4-200 (viz 3.1). Po nasunutí magnetů je rotor uložen do přípravku.



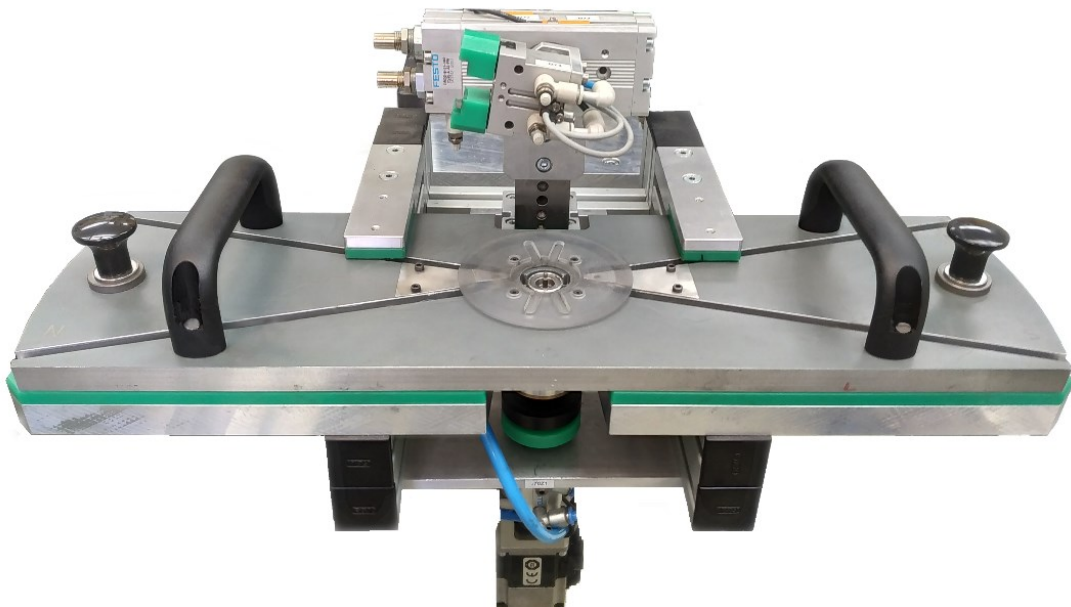
Obrázek 4 - Stanoviště 1 a zásobník



Obrázek 5 - Stanoviště 2



Obrázek 6 - Pozice pro aplikaci lepidla



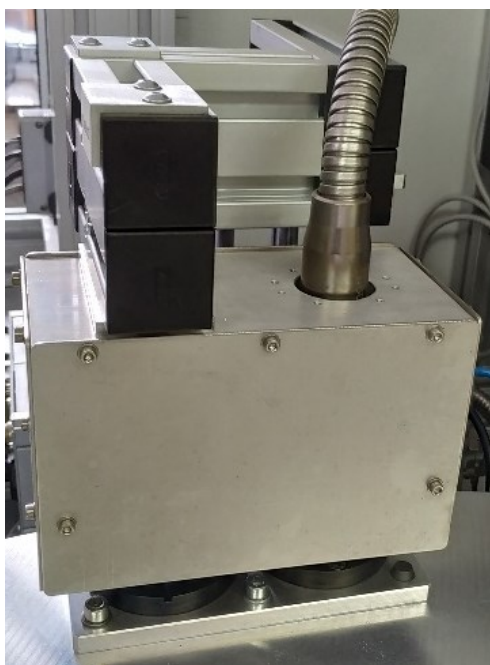
Obrázek 7 - Pozice pro aplikaci magnetu

1.4 Stanoviště 3

Zde je pomocí LED reflektoru DELOLUX 80 zajištěno rychlé vytvrzení lepidla. Kolem LED reflektoru je plechový kryt, který je pomocí profilů spojen s pístem. Tento píst zajišťuje dostatečné přiblížení reflektoru pro vytvrzení a zároveň dostává kryt do bezpečné výšky, aby nedocházelo ke kolizi s přípravky při otáčení velkého disku.

1.5 Stanoviště 4

Na tomto stanovišti dochází k nalisování osy. Stanoviště je zásobováno spirálovým dopravníkem a hadicí (červeně na Obrázek 9), podobně jako to bylo u stanoviště 1. Hadicí se osa dopraví do centrovacího přípravku, který osu nastaví do správné polohy pro lisování. Lisování probíhá pomocí pneumatického lisu SCHMIDT Pressen – Typ 23 (viz 2.4), který je opatřen snímačem tlakové síly BURSTER 8432. Tento snímač zajišťuje lisování s optimální tlakovou silou. Centrovací přípravek, který se pohybuje nezávisle na lisu, je připevněn k pneumatickému pístu FESTO SLT-16-40-A-CC-B, který pohybuje přípravkem (žlutě na Obrázek 9) vertikálně. Ve spodní poloze zajišťuje souosost vnějšího rotoru s osou. Poté se přesune do horní polohy, aby nedošlo ke kolizi při otáčení velkého disku.



Obrázek 8 - Stanoviště 3



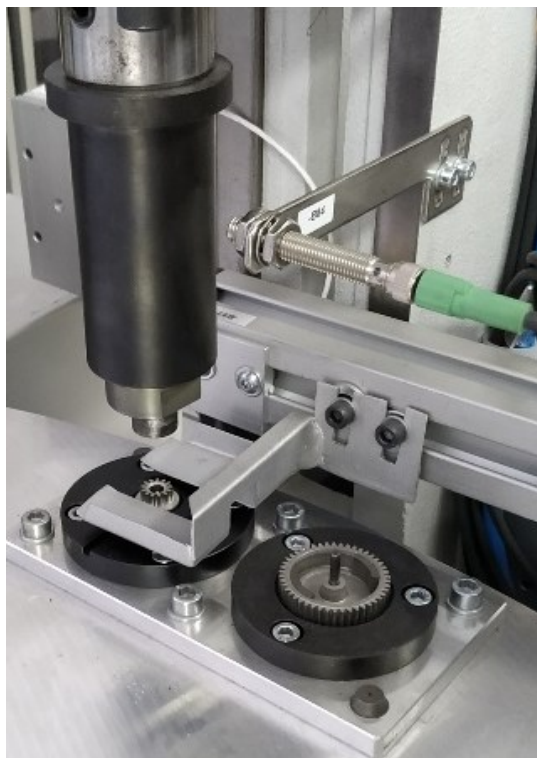
Obrázek 9 - Stanoviště 4

1.6 Stanoviště 5

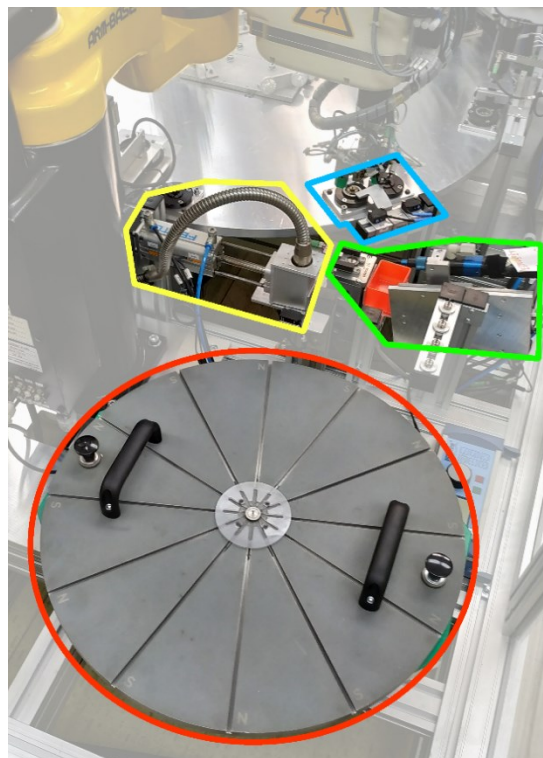
Zde dochází k nalisování kluzného bronzového ložiska do vnitřního rotoru. Lisování probíhá na pneumatickém lisu SCHMIDT Pressen – Typ 20 (viz 2.4), který je opatřen snímačem tlakové síly BURSTER 8431 uvnitř lisovací hlavy.

1.7 Stanoviště 6

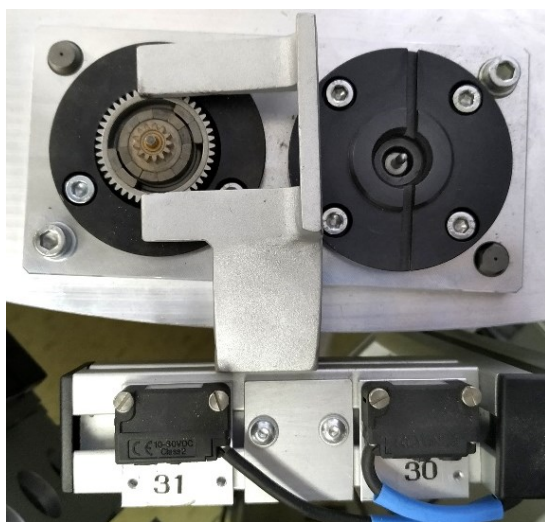
S již nalisovaným kluzným ložiskem se zde vnitřní rotor přemístí na pozici pro nanesení lepidla (zeleně na Obrázek 11) a poté dojde k uložení magnetů. Magnety jsou stejně jako u stanoviště 2 uloženy v drážkách nemagnetického disku (červeně na Obrázek 11). Po přiložení magnetů je vnitřní rotor přemístěn na pozici s LED vytvrzovací lampou (žlutě na Obrázek 11). Po vytvrzení je vrácen zpět do přípravku (modře na Obrázek 11), kde je vložen do vnějšího rotoru. Při vkládání vnitřního rotoru s magnety do vnějšího rotoru dochází ke vzájemné interakci magnetů, a proto je zde přidržovač (Obrázek 12), který zajistí stálou polohu vnějšího rotoru. Manipulaci mezi jednotlivými pozicemi zajistí druhý roboter SCARA AR-S350AE-4-200.



Obrázek 10 - Stanoviště 5



Obrázek 11 - Stanoviště 6



Obrázek 12 - Přidržovač na stanovišti 6



Obrázek 13 - Kamera KEYENCE CV-S035CH

1.8 Stanoviště 7

Toto stanoviště slouží k závěrečné kontrole sestavení spojky. Kontrola zde probíhá vizuálně pomocí malé digitální kamery KEYENCE CV-S035CH. Jde o barevnou kameru s vysokorychlostním snímáním a digitálním přenosem, která zaznamenává 320 000 platných pixelů.

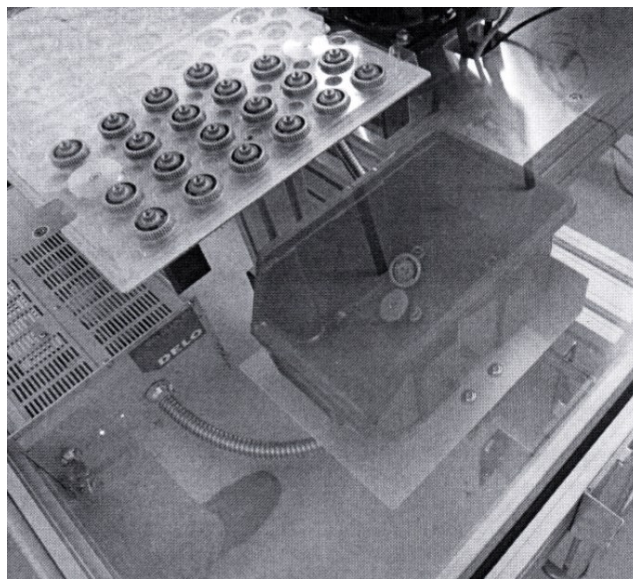
Osvětlení je zajištěno 2 prvky. První prvek je LED kroužek s bílou barvou světla KEYENCE CA-DRW13M, který je napájen 12 V. Druhý prvek je ultrafialové LED osvětlení FALCON FLDR-i90-UV5.

1.9 Stanoviště 8

Jedná se o poslední stanoviště, kde se odebere hotová spojka pomocí roboteru SCARA AR-S350AE-4-200 (viz 3.1) z přípravku na velkém disku. Pokud spojka splňuje požadavky, které jsou kontrolovány na stanovišti 7, tak je uložena na plato, které je na odkládací desce. V opačném případě je spojka vyražena do červeného boxu.



Obrázek 14 - Stanoviště 7



Obrázek 15 - Vyhovující a vyražené kusy [16]



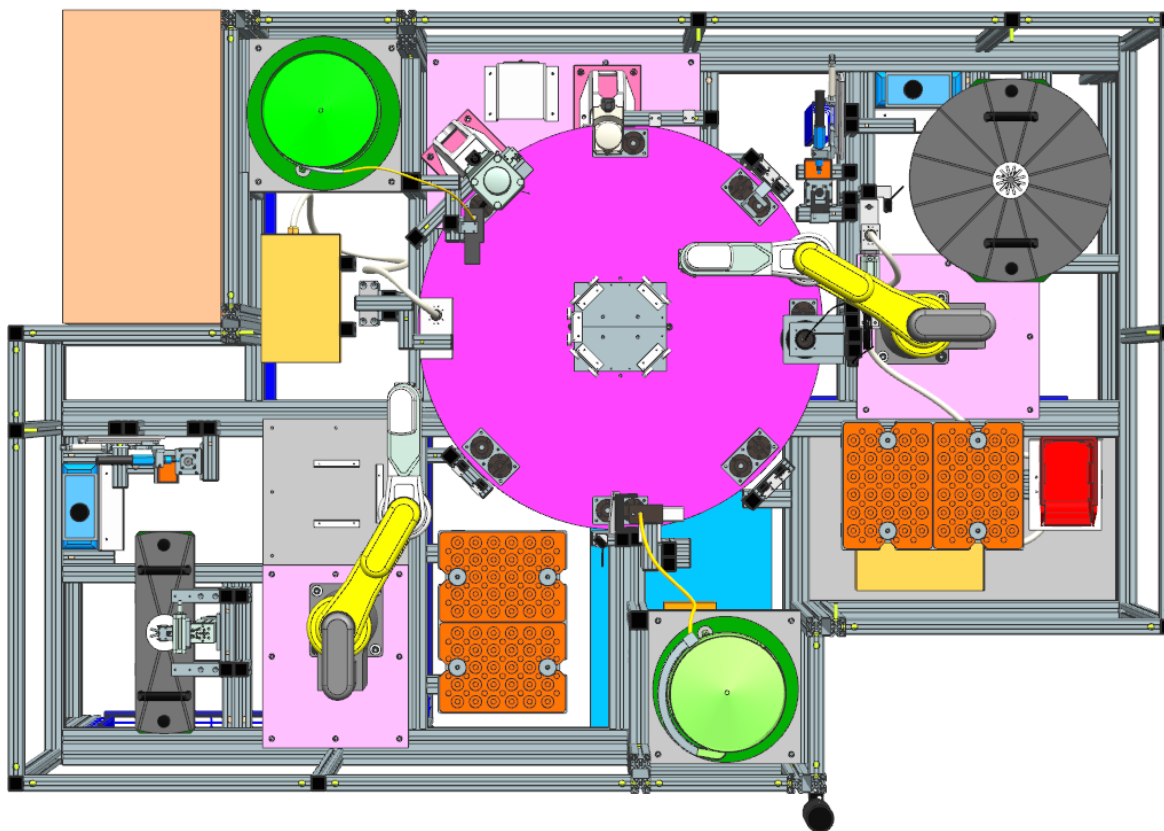
Obrázek 16 - Stanoviště 8 s odkládacími deskami a červeným boxem

2 Charakteristika manipulátoru HIRATA

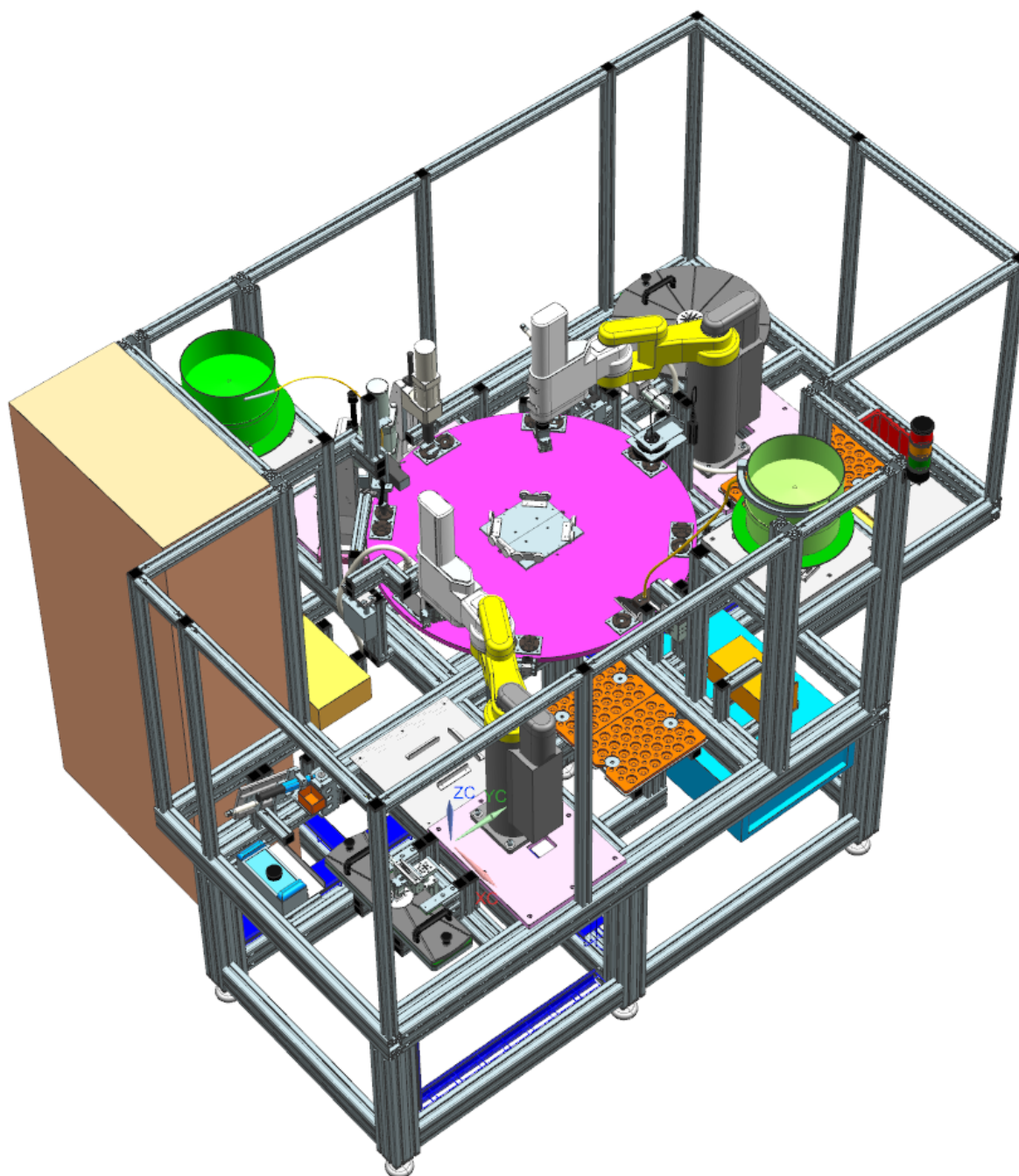
Manipulátor HIRATA se skládá z několika částí. Konkrétně se jedná o rám z hliníkových profilů, krytování plexiskly, manipulační roboty, otočný stůl, pneumatické a elektrické rozvody, rozvodovou skříň, tlaková nádoba, spirálové dopravníky, lisy a různé druhy senzorů.

2.1 Aktuální stav modelu

Manipulátor HIRATA byl změřen a zanalyzován. Na základě měření a analýzy byl vytvořen jeho 3D model v softwaru NX 12 od společnosti SIEMENS.



Obrázek 17 - Manipulátor HIRATA – aktuální stav (shora)



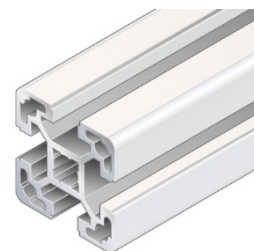
Obrázek 18 - Manipulátor HIRATA - aktuální stav

2.2 Rám

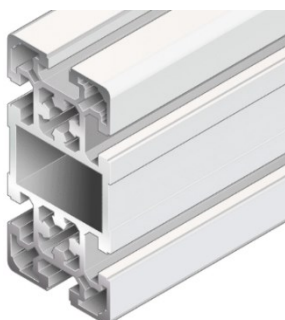
Pro manipulátor HIRATA je použita modulární konstrukce rámu. Rám je možno zcela demontovat a opět složit. Přidáním kompatibilních dílů lze konstrukci jednoduše rozšířit.

2.2.1 Hliníkové profily

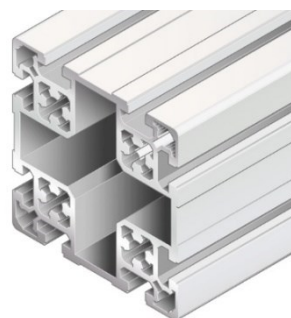
Rám je tvořen hliníkovými profily od firmy BOSCH REXROTH. Tyto profily se zde vyskytují v několika různých charakteristických rozměrech. Konkrétně se zde nacházejí profily 40x40L, 40x80L, 50x50L, 50x100L a 100x100L. Důležitým rozměrem těchto profilů je velikost slotu. Všechny zmíněné profily mají velikost slotu 10 mm.



Obrázek 19 - Strut profile 40 x 40 L [4]



Obrázek 20 - Strut profile 50 x 100 L [5]



Obrázek 21 - Strut profile 100 x 100 L [6]

2.2.2 Spojení profilů

Spojení profilů do jednoho celku je zajištěno pomocí tzv. „quick connector“. Tento „quick connector“ je zde použit ve dvou variantách. První je označována jako „0°“ a druhá jako „90°“.

Jak z označení vyplývá, spojení pomocí první varianty se od druhé varianty liší v natočení připojovaného profilu, a to o 90°. Tento typ spojení funguje na principu spoje tvarovým stykem (odebírání 4 stupně volnosti) a zároveň na principu spoje třením (odebírání zbylých 2 stupně volnosti). U obou variant síla potřebná k přitažení profilu a následnému vytvoření potřebné třecí síly je vyvozena pomocí šroubu, který má kuželové zakončení. Toto zakončení interaguje s kuželovou plochou vytvořenou v čepu s T-hlavou, a tím přitahuje čep.



Obrázek 22 - Quick connector 0° [7]

Tento typ spojení má výhodu v jednoduchosti provedení a v možnosti „nasazení“ čepu v libovolném místě. Zmíněné „nasazení“ se provede natočením čepu o 90° tak, aby se dal nastrčit do drážky přímo v místě spoje, a následně natočit zpět do výchozí polohy. Odpadá nutnost přístupu k čelu profilu, která by byla třeba například při použití čtvercové nebo válcové hlavy čepu. Nevýhodou je při otočení profilu o 90° nutnost výměny čepu jedné varianty za druhou a oslabení nosnosti profilu vrtáním otvoru pro závitovou vložku.

2.2.3 Zakončení profilů

Výrobce nabízí pro zakončení polypropylenové krytky. Krytky mohou být bez otvoru nebo s otvorem. Další možností jsou krytky z litého zinku upevněné pomocí šroubu. Slouží k ochraně dutin profilů před prachem a jinými nečistotami. Zinkové krytky jsou odolné vůči agresivním tekutinám.



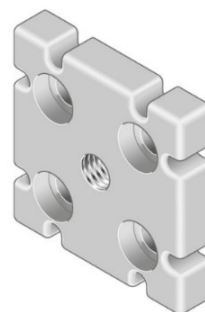
Obrázek 23 - Cover cap 50x50 [8]

2.2.4 Opěrné body

Opěrné body jsou umístěny na svisle orientovaných profilech 100x100L. Jedná se o devět opěrných bodů v podobě výškově nastavitelných noh. Tyto nohy jsou schopny vyrovnat nerovnosti podlahy svým natočením až do 5°. Patka, na kterou navazuje závitová tyč M16, má průměr dosedací desky 90 mm. Profil 100x100L neumožňuje vytvoření závitu v ose profilu, a proto je třeba použít redukční desku. Tato deska se upevní pomocí čtyř šroubů M12x20 DIN 7984 do předem připravených závitových děr, které se vytvoří modifikací stávajících čtyř otvorů v profilu. Po upevnění redukční desky se patka našroubuje, výškově nastaví a zajistí se aretační maticí.



Obrázek 24 - Vyrovnávací noha [9]



Obrázek 25 - Redukční deska [10]

2.3 Krytování

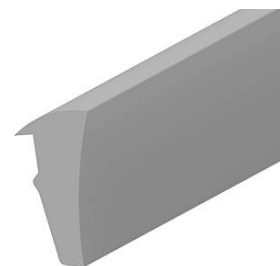
2.3.1 Desky

Desky zajišťují dodržování bezpečné vzdálenosti obsluhy od manipulačního prostoru. Jsou vyrobeny z polymethylmethakrylátu (PMMA), neboli plexiskla. Důležitou vlastností je jeho průhlednost, díky které může obsluha sledovat celý proces manipulace. Tloušťka desky je 4 mm.

2.3.2 Uložení desek

Uložení je provedeno dvěma způsoby. První způsob vyžaduje nasunutí plexiskla do drážek profilů a následně použití těsnění, které se aplikuje do zbylého prostoru v drážce. Výhodou je jednoduchost těsnění. Naopak nevýhodou je, že při demontáži je třeba rozebrat část konstrukce.

Druhý způsob uložení je pomocí lišt. Lišty se skládají ze dvou částí. První část se nacvakne do drážky a druhá část se nacvakne do první po uložení plexiskla. Výhodou tohoto uložení je jednoduchá



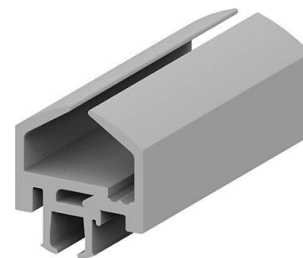
Obrázek 26 – Těsnění [11]

montáž i demontáž bez zásahu do konstrukce. Nevýhodou je složitost lišt oproti těsnění, a tím i obtížnější výroba lišt.

2.3.3 Dveře

Slouží k umožnění přístupu k manipulační technice a elektrickým i pneumatickým rozvodům. Dveře jsou tvořeny čtyřmi profily 40x40L, panty, úchytem a plexisklem, které je uloženo pomocí těsnění (viz předchozí oddíl).

Zabezpečení dveří proti otevření při chodu je řešeno dvěma způsoby. Buď jsou dveře přišroubovány, nebo je použito bezpečnostní elektromagnetické blokování od firmy SCHMERSAL, které při chodu neumožní dveře otevřít.



Obrázek 27 – Lišta [11]

2.4 Pneumatické lisy

V manipulátoru se nachází 2 pneumatické lisy od firmy SCHMIDT. Konkrétně se jedná o SCHMIDT Pressen – Typ 20 a SCHMIDT Pressen – Typ 23. Mezi charakteristické vlastnosti těchto lisů patří maximální lisovací síla, která je pro typ 20 1,6 kN a pro typ 23 4,2 kN. Oba typy disponují zdvihem 50 mm a pracovní výškou, která je závislá na výšce rámu lisu, nastavitelnou od 90 mm do 210 mm. Doběh lisu je 0,059 s pro typ 20 a 0,056 s pro typ 23. Na pracovním stole se u obou typů nachází T-drážka pro upnutí příslušenství. Typ 20 váží 30 kg a typ 23 váží 35 kg. Mohou být použity v režimu jednoho cyklu nebo v automatickém režimu.



Obrázek 28 - Press Type 20 [12]

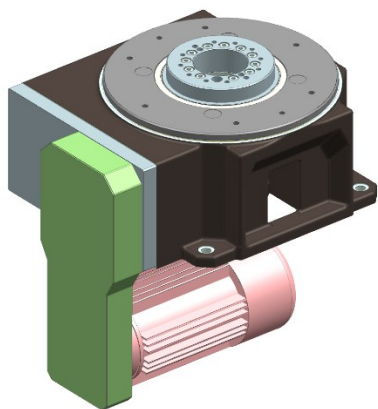


Obrázek 29 - Press Type 23 [12]

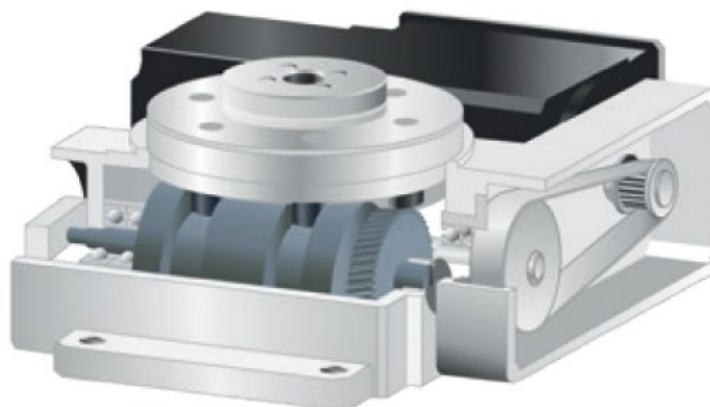
2.5 Rotační stůl

V manipulátoru je použit rotační stůl WEISS TC320T. Toto zařízení umožňuje řízené otáčení pracovního stolu. Výrobce nabízí několik variant umístění pohonné jednotky. Zde je použita varianta, kdy je pohonná jednotka uložena přímo pod připojovacím členem.

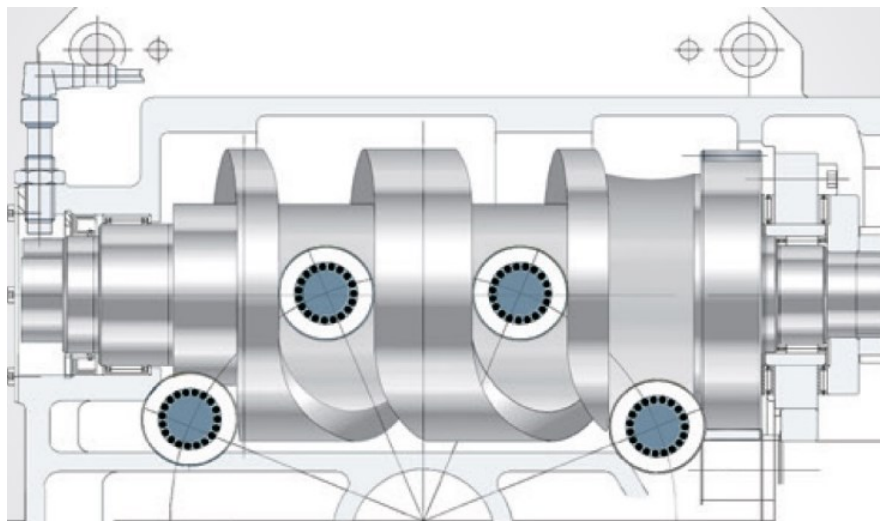
Elektromotor pohání přes řemenový převod s ozubeným řemenem hnací šnek. Tento šnek svým rotačním pohybem a šroubovicí posouvá čepy hnaného disku. Následkem toho se disk otáčí.



Obrázek 30 - Rotační stůl TC320T



Obrázek 31- 3D řez TC320T [1]



Obrázek 32 - Detail šnekového převodu [1]

2.6 Spirálový dopravník

V tomto manipulátoru byly použity dva spirálové dopravníky od firmy Grimm Zuführtechnik. Jedná se o zařízení sloužící k zásobování pracovních pozic drobnějšími díly. Skládá se ze dvou částí: třídící hrnec a pohon.

Třídící hrnec je určen k naplnění součástmi a následnému dopravení ze dna vzhůru k okraji hrnce. Dopravení a zarovnání součástí umožňuje speciálně tvarovaná spirála na vnitřní stěně hrnce. Na okraji hrnce je napojen skluz s hadicí, kde pohyb zajišťuje již gravitace.

Pohon je umístěn ve spodní části zařízení. Generuje vibrace, které přenáší na třídící hrnec, a tím pohybuje a zarovná součásti ve spirále.



Obrázek 33 - Zarovnání součástí [14]

2.7 Tlaková nádoba

Použitá tlaková nádoba je od výrobce WALTHER PILOT. Konkrétně jde o model MDG 2. Nádoba je vyrobena z nerezové oceli. Její užitný objem činí 1,8 litru a maximální tlak v nádobě může být až 6 barů.

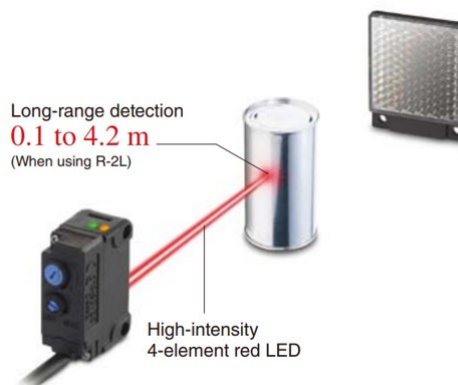
Používá se pro bezpečné skladování kapalin a jejich následné bezpulsové dodávání na pracoviště. Dodávané kapaliny mohou být například barvy, laky, pryskyřice, oleje atd. Je zde možnost zvolit variantu s míchacím prvkem.



Obrázek 34 - Tlaková nádoba WALTHER MDG 2 [15]

2.8 Fotoelektrické senzory

Tyto senzory slouží k detekci kovových součástí. KEYENCE PZ-G61P disponuje červeným LED elementem. Jedná se o standardní typ s retroreflekcí. Dokáže detekovat reflexní povrch vzdálený v rozmezí od 10 cm až do 4,2 m. Senzor detekuje součást při přerušení odraženého paprsku od odrazky. Pokud součást má odrazivý povrch, paprsek je polarizován. Tento způsob detekce je nezávislý na barvě součásti a i její odrazivosti, pokud je snímač vybaven polarizačním filtrem.



Obrázek 35 - KEYENCE PZ-G61P [13]

3 Analýza vybraného uzlu

Pro podrobnější analýzu byl vybrán manipulační robot roboter SCARA AR-S350AE-4-200 včetně uchopovací hlavy.

3.1 Roboter SCARA AR-S350AE-4-200

Jedná se o 4-osý manipulační robot, který se pohybuje v cylindrických neboli polárních souřadnicích. Slouží k přemístění součástí mezi pracovními pozicemi v rámci stanoviště. V celém manipulátoru se nacházejí dva tyto robotery. Roboter 1 operuje pouze na stanovišti 2 a roboter 2 operuje na stanovišti 6 a 8 (viz Obrázek 2). Pomocí čtyř šroubů M12x40 je roboter upevněn k ocelové desce, která je upevněna k rámu z hliníkových profilů.

- **Konstrukce**

Skládá se ze základního sloupu, na který je v horní části upevněno rotační neposuvnou vazbou (jeden stupeň volnosti) první rameno. Toto rameno je spojeno rotační neposuvnou vazbou s druhým ramenem. Na konci druhého ramene je uložena hřídel, která je v ose Z schopna vysunutí o 200 mm pomocí kuličkového šroubu. Tato hřídel je zároveň schopna rotace kolem osy W, která je totožná s osou Z. Na konci hřídele je přimontovaná příruba pro připevnění příslušenství. Operační prostor je určen vzdáleností jednotlivých os, rozsahem natočení jednotlivých ramen a zdvihem.

- **Pohyb**

Uchopovací hlava koná křivočarý pohyb, který vzniká kombinací natáčení ramen a vysouváním hřídele v ose Z. Hřídel se může zároveň otáčet kolem osy W.

- **Výpočet času cyklu roboteru 2**

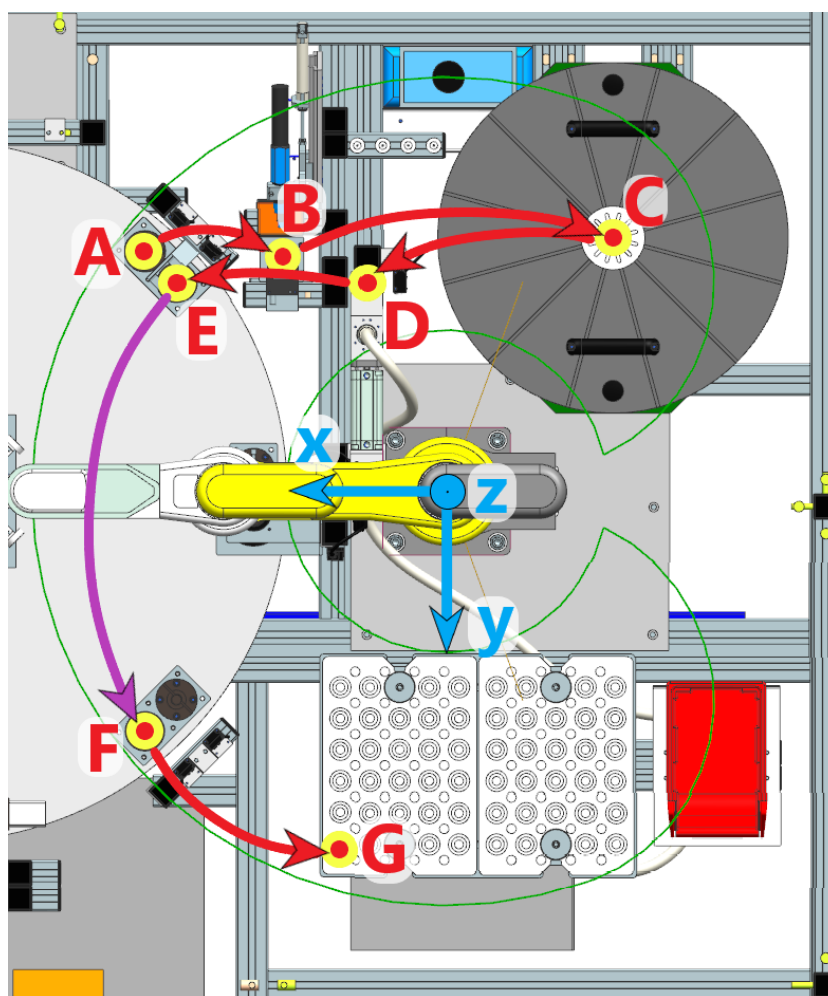
Nejprve bylo analyzováno natáčení ramen roboteru. Poté bylo zvoleno zalomení ramen pro jednotlivé pozice a následně dopočteno pomocí logických a goniometrických funkcí natočení ramen (hodnoty v Tabulka 1). Vstupem pro výpočet natočení ramen byly kartézské souřadnice pozic. Na základě těchto hodnot byl spočítán čas cyklu roboteru (viz příloha č.1). Výpočet byl proveden pomocí softwaru PTC Mathcad, který umožňuje díky propojení předefinovaných vztahů při změně vstupních hodnot snadnou editaci a zachovává plnou parametrizaci výpočtů. Z důvodu obtížného sjednocení formátování a komplexnosti výpočtu byla kompletní analýza umístěna do příloh.

Souřadnice $[0; 0; z]$ se nachází na ose nosného sloupu roboteru. Natočení úhlů členů 2 a 3 má určité konstrukční limity. Natočení úhlu členu 2 vzhledem k rámu (1) představuje úhel, který se může pohybovat v intervalu $(-110^\circ; 110)$. Natočení φ_{21} úhlu členu 3 vzhledem k členu 2 představuje úhel φ_{32} , který se může pohybovat v intervalu $(-135^\circ; 135)$. Úhly φ_{21} a φ_{32} jsou v rovině xy .

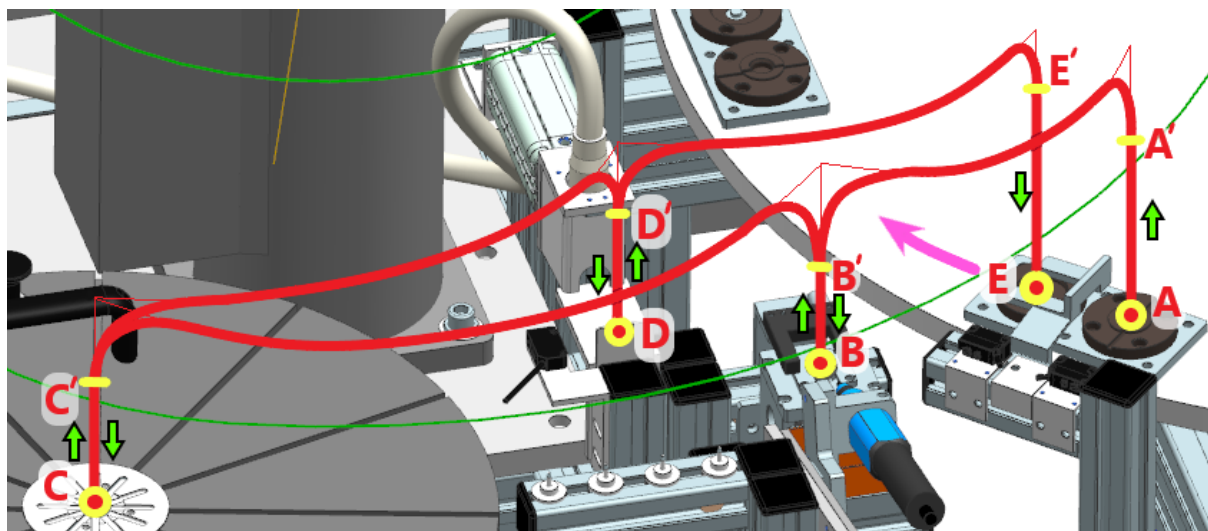
Technologické časy, mezi které spadá doba aplikace lepidla, doba uložení magnetů a doba vytvrzování lepidla, v součtu trvají 9,5 s. Celkový čas cyklu je tedy po zaokrouhlení 23,5 s – kompletní výpočet viz příloha č.1.

Tabulka 1 - Natočení členů

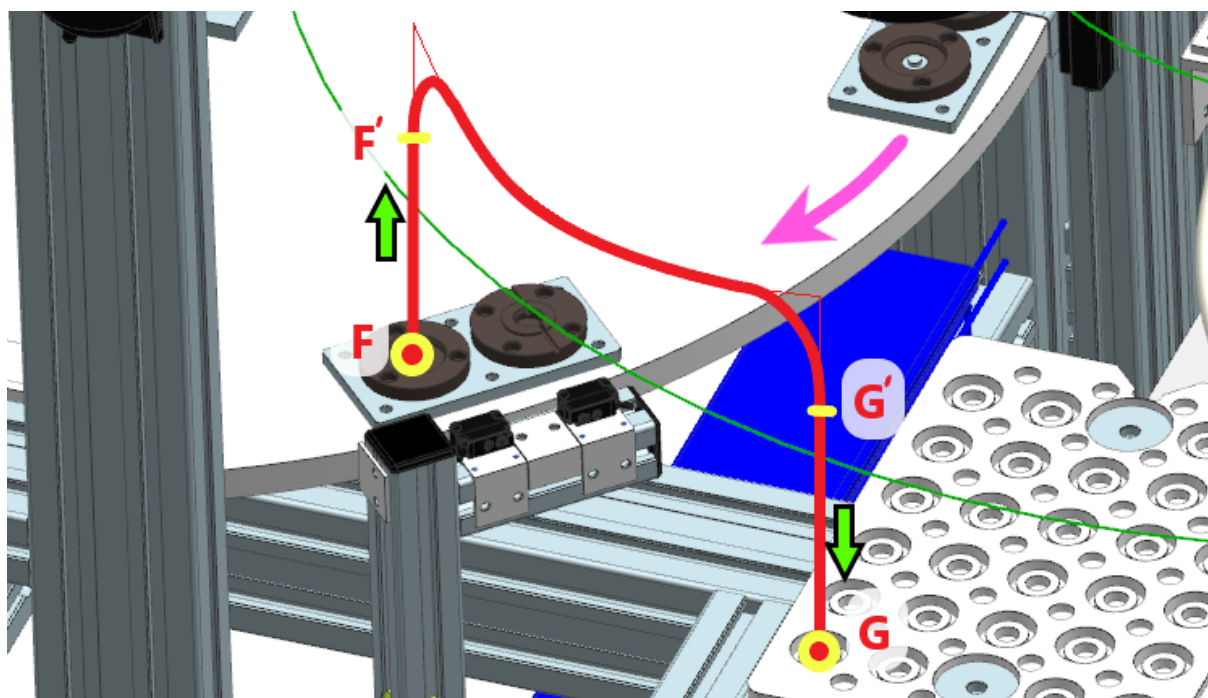
Pozice	Souřadnice		Natočení členů			
	x	y	φ_{21}		φ_{32}	
	[mm]	[mm]	[rad]	[°]	[rad]	[°]
A	472,963	-376,534	-0,325	-18,648	-0,755	-43,244
B	259,000	-364,000	-0,218	-12,480	-1,632	-93,528
C	-261,000	-397,500	-1,471	-84,272	-1,506	-86,279
D	125,000	-324,500	-0,314	-18,004	-2,022	-115,853
E	423,466	-327,037	-0,105	-6,013	-1,212	-69,432
F	472,963	376,534	1,019	58,400	-0,755	-43,244
G	166,500	552,500	1,718	98,432	-0,960	-54,991



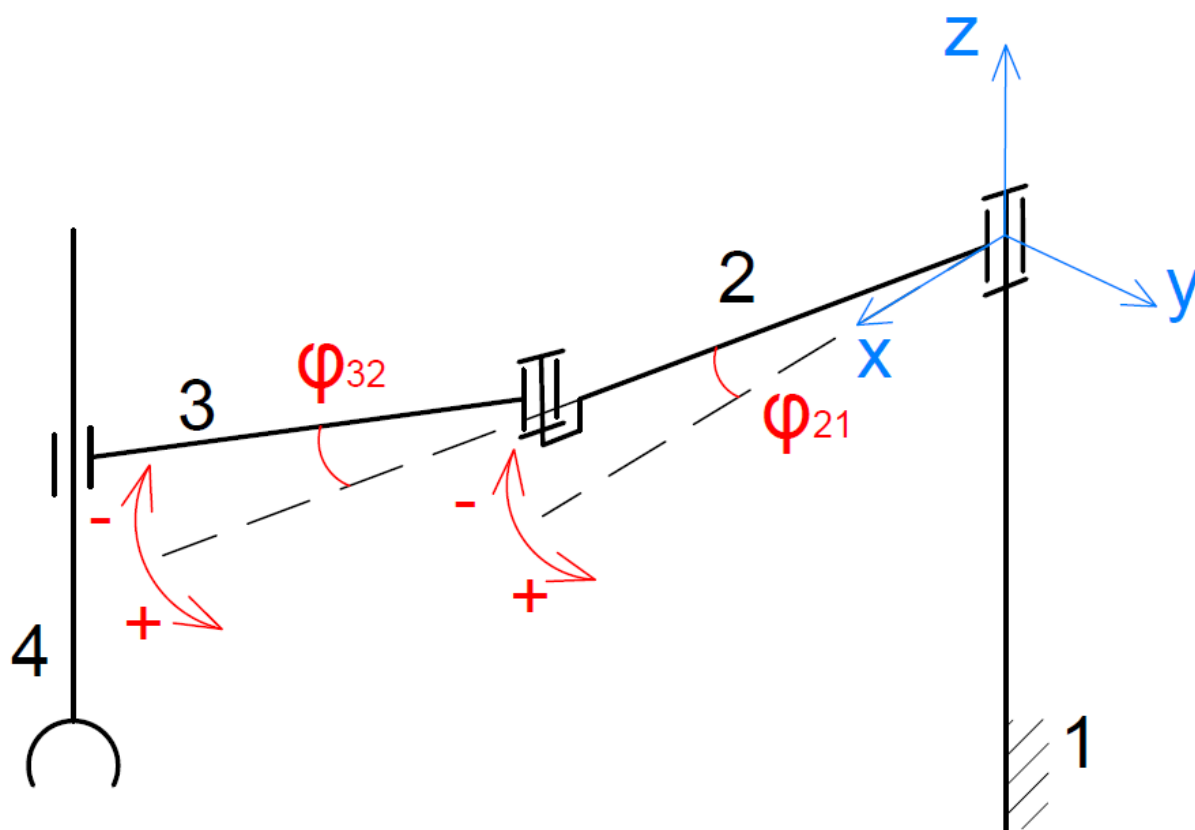
Obrázek 36 - Souřadný systém roboteru 2



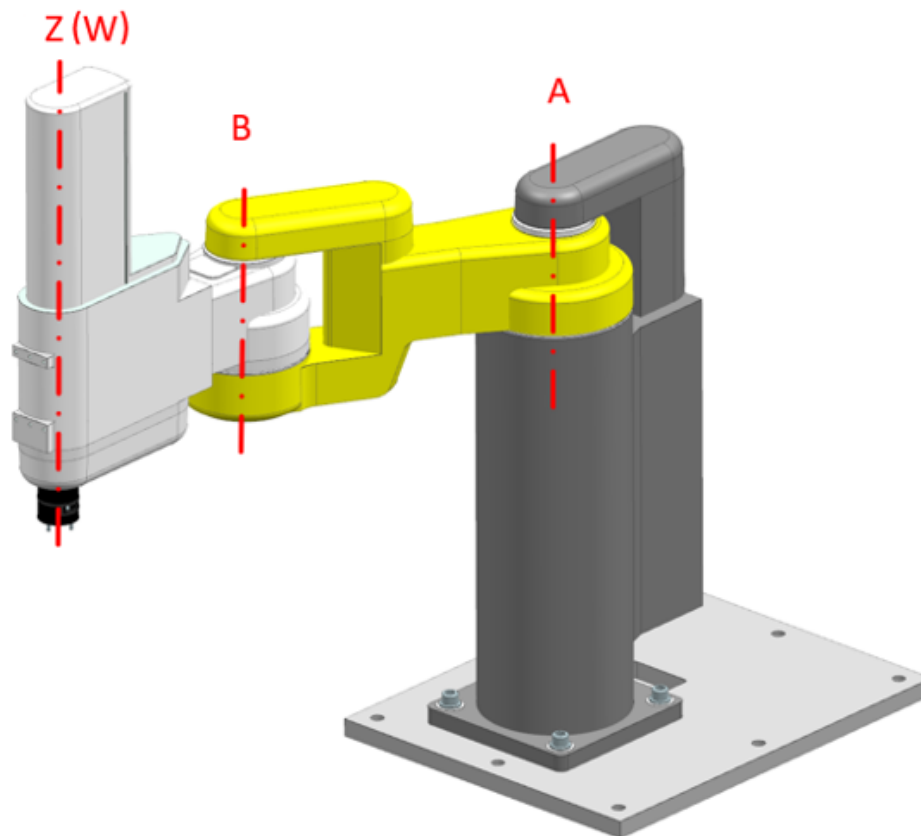
Obrázek 37 - Trajektorie na stanovišti 6



Obrázek 38 - Trajektorie na stanovišti 8



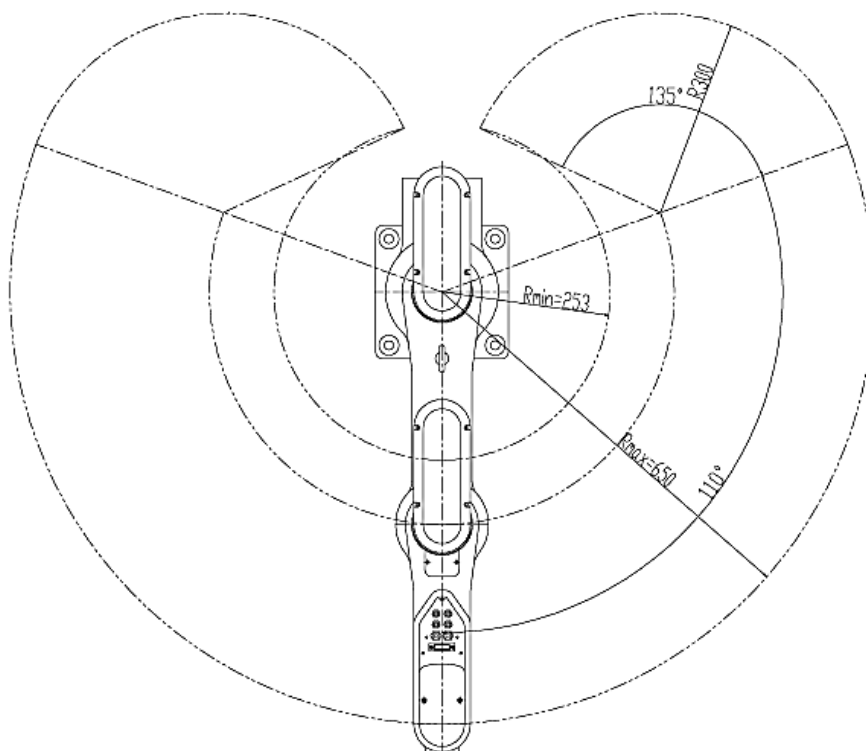
Obrázek 39 - Kinematické schéma



Obrázek 40 - Roboter SCARA AR-S350AE-4-200

Tabulka 2 - Specifikace - Roboter SCARA AR-S350AE-4-200 [2]

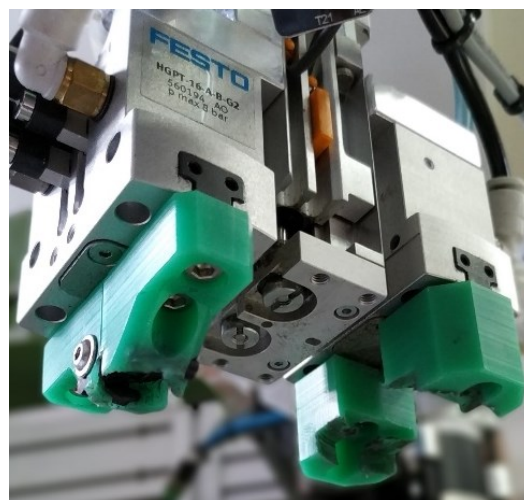
Osa	A - osa	B - osa	Z - osa	W - osa	W - osa s vysokou setrvačností (volitelné)
Výstup motoru	AC400W	AC200W	AC200W	AC100W	
Operační prostor	220°	270°	200 mm	540°	
Max. rychlost	294°/s	384°/s	1125 mm/s	1200°/s	540°/s
Převodový poměr	1:80	1:50	15 mm/ot	1:21	1:46,6666
Opakovatelnost	±0,03 mm		±0,03 mm	±0,03 °	
Max. výsledná rychlost	5346 mm/s				
Délka ramene	První rameno: 350 mm				
	Druhé rameno: 300 mm				
Hmotnost	38 kg				



Obrázek 41 - Operační prostor Roboter SCARA AR-S350AE [2]

3.2 Uchopovací hlava

Uchopení rotorů zajišťují dva druhy čelistí. Tyto čelisti jsou vyrobeny z polymeru. Polymer je použit, aby nedocházelo k otlacení součásti při manipulaci a kvůli vyšší hodnotě činitele tření mezi polymerem a kovem. Rotory jsou uchopovány za ozubení. Tvar plochy, která je ve styku se součástí, je upraven tak, aby byla plocha dotyku dostatečná. Jeden pár čelistí je určen pro manipulaci s vnějším rotorem a druhý pár pro manipulaci s vnitřním rotorem.

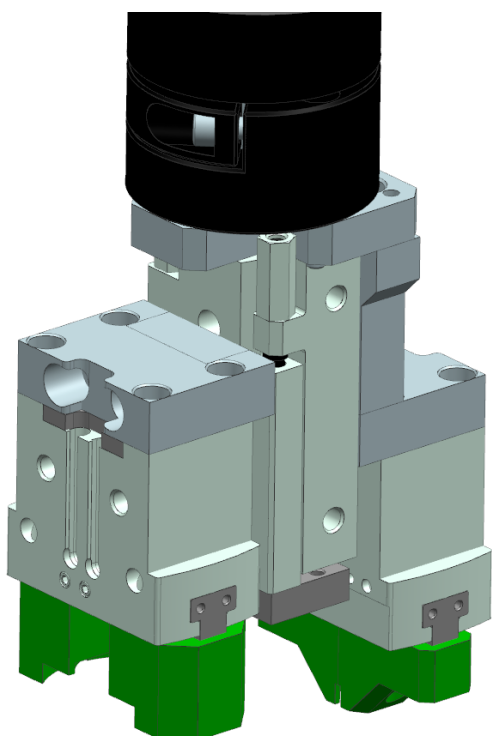


Obrázek 42 - Uchopovací hlava

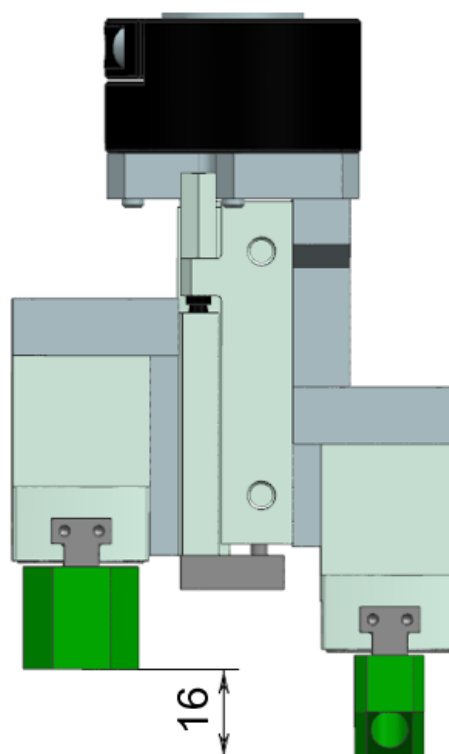
- **Konstrukce**

Čelisti jsou připevněny pomocí šroubů a středících dutinek k chapadlům od firmy FESTO, konkrétně se jedná o typ HGPT-16-A-B-G2. Obrázek 45 zobrazuje průběh síly sevření v závislosti na délce ramene.

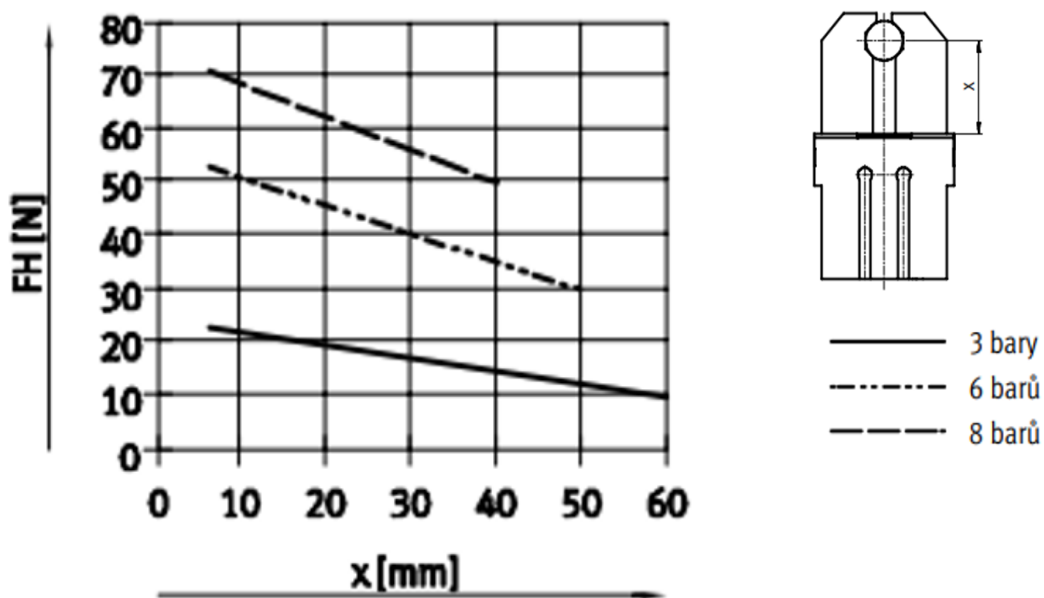
Chapadlo s čelistmi pro vnější rotor je přes redukční desku upevněno na saně od firmy FESTO, konkrétně jde o typ SLT-6-30-P-A se zdvihem 30 mm. Obrázek 46 zobrazuje závislost rychlosti pístnice na užitečné hmotnosti. Chapadlo s čelistmi pro vnitřní rotor je přes redukční desky připevněno přímo na upínací přírubu roboteru SCARA. Čelisti pro vnitřní rotor přesahují o 16 mm čelisti pro vnější rotor.



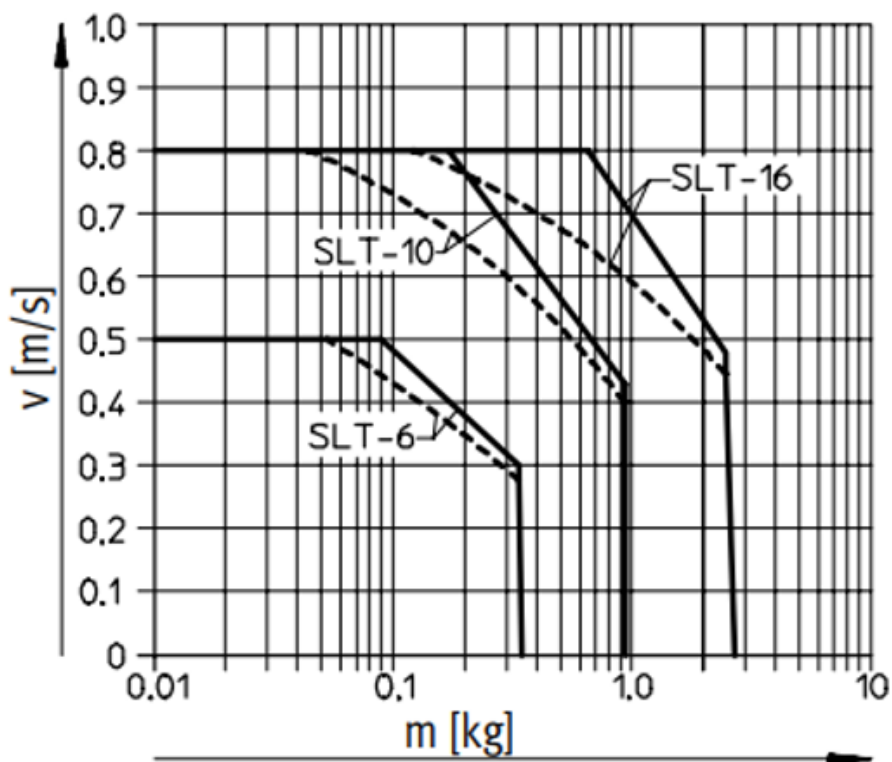
Obrázek 43 - 3D model - Uchopovací hlava



Obrázek 44 - 3D model - Uchopovací hlava (přesah čelistí)



Obrázek 45 - Paralelní chapadla HGPT-16-A-B [17]



Obrázek 46 - Závislost rychlosti pístnice na užít. hmot. - SLT-6/-10/-16-...-P-A [3]

Technické hodnocení a závěr

Cílem této bakalářské práce bylo analyzovat manipulátor HIRATA, vytvoření 3D modelu manipulátoru, provedení výpočtu času cyklu roboteru 2 a vypracování výkresové dokumentace vybraného uzlu.

V práci byl popsán manipulátor jako celek i jeho vybrané části. 3D model byl vytvořen pomocí softwaru NX 12. V příloze se nachází část výrobní dokumentace.

U výpočtů bylo uvažováno nad případnou změnu vstupních hodnot a rozšíření výpočtu, a proto bylo použito softwaru Mathcad, u kterého při změně hodnot stačí pouze upravit vstupní hodnoty a software automaticky přepočítá předdefinované vztahy. Výpočet vycházel z analýzy pohybu roboteru při obsluze jednotlivých pozic. Při této analýze bylo zjištěno, že pozice C je dosažitelná pouze jedinou variantou zalomení ramen. Důvodem bylo překročení maximálního možného natočení ramene. Z důvodu minimálních rozdílů v natočení ramen byly na základě způsobu zalomení na pozici C zvoleny nejvýhodnější varianty zalomení ramen na ostatních pozicích. Následně byl proveden výpočet času cyklu roboteru, který se skládal z času pohybu mezi jednotlivými pozicemi a technologickými časy. Celkový čas cyklu vyšel 23,5 s.

Citovaná literatura

- [1] **WEISS.** WEISS. *DOWNLOAD AREA*. [Online] [Citace: 1. 2 2019.] https://www.weissna.com/Downloads.479.0.html?&no_cache=1&tx_abdownloads_pi1%5Baction%5D=getviewcategory&tx_abdownloads_pi1%5Bcategory_uid%5D=161&tx_abdownloads_pi1%5Bcid%5D=1504&cHash=55713c2976d6be705c35aee7d2fca784.
- [2] **CORPORATION, HIRATA.** Hirata. [Online] [Citace: 24. 3 2019.] <http://uk.hirata.de/downloads/manuals/H-3816E-3.pdf>.
- [3] **FESTO.** Saně Mini SLT/SLS/SLF. [Online] [Citace: 2. 4 2019.] https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/MINI-SLIDES_CZ.PDF.
- [4] **REXROTH, BOSCH.** Bosch Rexroth AG. *Strut profile 40x40L*. [Online] 27. 8 2018. [Citace: 31. 1 2019.] <https://www.boschrexroth.com/en/xc/products/product-groups/assembly-technology/basic-mechanic-elements/strut-profiles/strut-profiles-slot-10-modular-dimensions-40/40x40L>.
- [5] —. Bosch Rexroth AG. *Strut profile 50x100L*. [Online] 27. 8 2018. [Citace: 31. 1 2019.] <https://www.boschrexroth.com/en/xc/products/product-groups/assembly-technology/basic-mechanic-elements/strut-profiles/strut-profiles-slot-10-modular-dimensions-50/50x100L>.
- [6] —. Bosch Rexroth AG. *Strut profile 100x100L*. [Online] 27. 8 2018. [Citace: 31. 1 2019.] <https://www.boschrexroth.com/en/xc/products/product-groups/assembly-technology/basic-mechanic-elements/strut-profiles/strut-profiles-slot-10-modular-dimensions-50/100x100L>.
- [7] —. Bosch Rexroth AG. *Quick connector, 8/10 mm slot, 0°*. [Online] 28. 8 2018. [Citace: 31. 1 2019.] <https://www.boschrexroth.com/en/xc/products/product-groups/assembly-technology/basic-mechanic-elements/connection-elements/quick-connector-8-10-mm-slot-0->.
- [8] —. Bosch Rexroth AG. *Cover cap 50x50*. [Online] 28. 8 2018. [Citace: 31. 1 2019.] <https://www.boschrexroth.com/en/xc/products/product-groups/assembly-technology/basic-mechanic-elements/strut-profiles/caps/cover-cap-slot-10-modular-dimensions-50/50x50>.
- [9] —. Bosch Rexroth AG. *Leveling foot D44, D58, D90*. [Online] 27. 8 2018. [Citace: 31. 1 2019.] <https://www.boschrexroth.com/en/xc/products/product-groups/assembly-technology/basic-mechanic-elements/feet-and-wheels/feet/leveling-feet/leveling-foot-d44-d58-d90>.
- [10] —. Bosch Rexroth AG. *Plate*. [Online] 27. 8 2018. [Citace: 31. 1 2019.] <https://www.boschrexroth.com/en/xc/products/product-groups/assembly-technology/basic-mechanic-elements/feet-and-wheels/feet/leveling-feet/plate>.
- [11] **MAYTEC.** MayTec. *Installation Accessories*. [Online] [Citace: 1. 2 2019.] <http://maytec.com.de/index.php?id=37&L=1>.
- [12] **SCHMIDT.** *SCHMIDT PneumaticPress*. [Online] [Citace: 1. 2 2019.] http://www.schmidtpresses.com/products/download/US-catalog/3_PneumaticPress_us%202017.pdf.

- [13] **KEYENCE.** KEYENCE. *Downloads.* [Online] [Citace: 1. 2 2019.] https://www.keyence.eu/download/download/confirmation/?dlAssetId=AS_5871&dlSeriesId=WS_SR_pz_g.
- [14] **ZUFÜHRTECHNIK, GRIMM.** Grimm Zuführtechnik . *Wendelförderer.* [Online] [Citace: 1. 2 2019.] <https://www.grimm-automatisierung.de/Produkte/Wendelfoerderer-91325.html>.
- [15] **PILOT, WALTHER.** Walther Pilot. *MDG 2 VA.* [Online] [Citace: 1. 2 2019.] https://walther-pilot.de/de/produkte/details/?tt_products%5BbackPID%5D=7&tt_products%5Bbegin_at%5D=0&tt_products%5Bproduct%5D=885&tt_products%5Btags%5D%5B0%5D=21-tank-construction-and-material-supplytt_products%5Btags%5D%5B%5Dtt_products%5Btags%5D%5B%5D&c.
- [16] *Ringfeder power transmission.* **RINGFEDER.** místo neznámé : RINGFEDER, 2011.
- [17] **FESTO.** Paralelní chapadla HGPT-B, robustní. [Online] [Citace: 2. 4 2019.] https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/HGPT-B_CZ.PDF.

Zdroje

- Katalogy přiložené u manipulátoru HIRATA
- Manuál k manipulátoru HIRATA
- <https://cs.wikipedia.org/wiki/Polymethylmethakryl%C3%A1t>
- <https://www.schmersal.net/cat?lang=en&produkt=01t732912myy3c9pknv35081pevt21>
- <http://www.weissna.com/Type-TC.513.0.html>
- <http://www.schmidtpresses.com/products/download/catalogs.htm>
- <https://www.keyence.eu/products/sensor/photoelectric/pz-g/features/index.jsp>
- <https://www.grimm-automatisierung.de/Produkte/Wendelfoerderer-91325.html>
- https://walther-pilot.de/de/produkte/details/?tt_products%5BbackPID%5D=7&tt_products%5Bbegin_at%5D=0&tt_products%5Bproduct%5D=885&tt_products%5Btags%5D%5B0%5D=21-tank-construction-and-material-supplytt_products%5Btags%5D%5B%5Dtt_products%5Btags%5D%5B%5D&cHash=b78e4167a115da33cbd51eccbb978916
- <https://www.delo-adhesives.com/us/led-curing-lamps/delolux-80-led-spotlight/>
- https://www.festo.com/net/cs_cz/SupportPortal/InternetSearch.aspx?tab=0&q=560194
- <https://www.burster.com/en/sensors/load-cells/miniature-tension-and-compression-load-cells/p/detail/8431-8432-1/>
- <https://www.keyence.com/products/vision/vision-sys/ca-d/models/ca-drw13m/index.jsp>
- <https://www.keyence.com/products/vision/vision-sys/cv-3000/models/cv-s035ch/index.jsp>
- <http://www.falcon-illumination.com/UV.html>
- https://www.festo.com/cat/cs_cz/xDKI.asp
- https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/HGPT-B_CZ.PDF
- https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/MINI-SLIDES_CZ.PDF
- <http://www.ringfeder.com/en/enterprise/>
- <https://www.teatechnik.cz/magneticke-spojky-1/>

Použitý software

MICROSOFT, Microsoft Word 2016
MICROSOFT, Microsoft Excel 2016
SIEMENS, NX 12
AUTODESK, Inventor 2018
AUTODESK, AutoCAD Mechanical 2018
SKILLBRAINS, LightShot
MICROSOFT, Paint
MICROSOFT, Paint 3D
GIMP, GIMP 2.10.8
PTC, Mathcad

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Manipulátor Hirata.....	2
Obrázek 2 - Rozložení stanovišť	2
Obrázek 3 - Sestava přípravků.....	3
Obrázek 4 - Stanoviště 1 a zásobník.....	3
Obrázek 5 - Stanoviště 2.....	3
Obrázek 6 - Pozice pro aplikaci lepidla.....	4
Obrázek 7 - Pozice pro aplikaci magnetu	4
Obrázek 8 - Stanoviště 3.....	5
Obrázek 9 - Stanoviště 4.....	5
Obrázek 10 - Stanoviště 5.....	6
Obrázek 11 - Stanoviště 6.....	6
Obrázek 12 - Přidržovač na stanovišti 6	6
Obrázek 13 - Kamera KEYENCE CV-S035CH	6
Obrázek 14 - Stanoviště 7.....	7
Obrázek 15 - Vyhovující a vyřazené kusy [16]	7
Obrázek 16 - Stanoviště 8 s odkládacími deskami a červeným boxem.....	7
Obrázek 17 - Manipulátor HIRATA – aktuální stav (shora).....	8
Obrázek 18 - Manipulátor HIRATA - aktuální stav.....	9
Obrázek 19 - Strut profile 40 x 40 L [4].....	10
Obrázek 20 - Strut profile 50 x 100 L [5].....	10

Obrázek 21 - Strut profile 100 x 100 L [6]	10
Obrázek 22 - Quick connector 0° [7].....	10
Obrázek 23 - Cover cap 50x50 [8]	11
Obrázek 24 - Vyrovnávací noha [9]	11
Obrázek 25 - Redukční deska [10]	11
Obrázek 26 – Těsnění [11]	11
Obrázek 27 – Lišta [11].....	12
Obrázek 28 - Press Type 20 [12]	12
Obrázek 29 - Press Type 23 [12].....	12
Obrázek 30 - Rotační stůl TC320T.....	13
Obrázek 31- 3D řez TC320T [1]	13
Obrázek 32 - Detail šnekového převodu [1].....	13
Obrázek 33 - Zarovnání součástí [14]	14
Obrázek 34 - Tlaková nádoba WALTHER MDG 2 [15]	14
Obrázek 35 - KEYENCE PZ-G61P [13].....	14
Obrázek 36 - Souřadný systém roboteru 2	16
Obrázek 37 - Trajektorie na stanovišti 6.....	17
Obrázek 38 - Trajektorie na stanovišti 8.....	17
Obrázek 39 - Kinematické schéma	18
Obrázek 40 - Roboter SCARA AR-S350AE-4-200	19
Obrázek 41 - Operační prostor Roboter SCARA AR-S350AE [2]	20
Obrázek 42 - Uchopovací hlava	20
Obrázek 43 - 3D model - Uchopovací hlava	21
Obrázek 44 - 3D model - Uchopovací hlava (přesah čelistí).....	21
Obrázek 45 - Paralelní chapadla HGPT-16-A-B [17]	22
Obrázek 46 - Závislost rychlosti pístnice na užit. hmot. - SLT-6/-10/-16-...-P-A [3].....	22

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Natočení členů.....	16
Tabulka 2 - Specifikace - Roboter SCARA AR-S350AE-4-200 [2].....	19

Seznam příloh

- Příloha č.1 – Výpočet času cyklu roboteru 2
- Příloha č.2 – Dělení manipulačních zařízení a mechanismů

Výkresová dokumentace

- | | | |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|
| • Výkres sestavy vybraného uzlu | – Uchopovací hlava | – KKS2019-01-00-00 |
| • Výkres podsestavy | – Redukce | – KKS2019-01-03-00 |
| • Výrobní výkres | – Deska | – KKS2019-01-03-01 |
| • Výrobní výkres | – Deska | – KKS2019-01-03-02 |

PŘÍLOHA č. 1

Výpočet času cyklu roboteru 2

Výpočet času cyklu roboteru 2

1 Vstupní hodnoty

1.1 Maximální hodnoty rychlostí

Maximální úhlová rychlost členu 2
vzhledem k rámu (1)

$$\omega_{21max} := 294 \frac{\circ}{s} = 5.131 \frac{rad}{s}$$

Maximální úhlová rychlost členu 3
vzhledem k členu 2

$$\omega_{32max} := 384 \frac{\circ}{s} = 6.702 \frac{rad}{s}$$

Maximální rychlost osy Z

$$v_{zmax} := 1125 \frac{mm}{s} = 1.125 \frac{m}{s}$$

1.2 Provozní hodnoty rychlostí (15% z max.)

Provozní úhlová rychlost členu 2
vzhledem k rámu (1)

$$\omega_{21} := 0.15 \cdot \omega_{21max} = 0.77 \frac{rad}{s}$$

Provozní úhlová rychlost členu 3
vzhledem k členu 2

$$\omega_{32} := 0.15 \cdot \omega_{32max} = 1.005 \frac{rad}{s}$$

Provozní rychlost osy Z

$$v_z := 0.15 \cdot v_{zmax} = 0.169 \frac{m}{s}$$

1.3 Maximální hodnoty zrychlení

Maximální úhlové zrychlení členu 2
vzhledem k rámu (1)

$$\alpha_{21max} := 36.384 \frac{rad}{s^2}$$

Maximální úhlové zrychlení členu 3
vzhledem k členu 2

$$\alpha_{32max} := 48.231 \frac{rad}{s^2}$$

Maximální zrychlení osy Z

$$a_{zmax} := 16.7 \frac{m}{s^2}$$

1.4 Provozní hodnoty zrychlení (20% z max.)

Provozní úhlové zrychlení členu 2
vzhledem k rámu (1)

$$\alpha_{21} := 0.2 \cdot \alpha_{21max} = 7.277 \frac{rad}{s^2}$$

Provozní úhlové zrychlení členu 3
vzhledem k členu 2

$$\alpha_{32} := 0.2 \cdot \alpha_{32max} = 9.646 \frac{rad}{s^2}$$

Provozní zrychlení osy Z

$$a_z := 0.2 \cdot a_{zmax} = 3.34 \frac{m}{s^2}$$

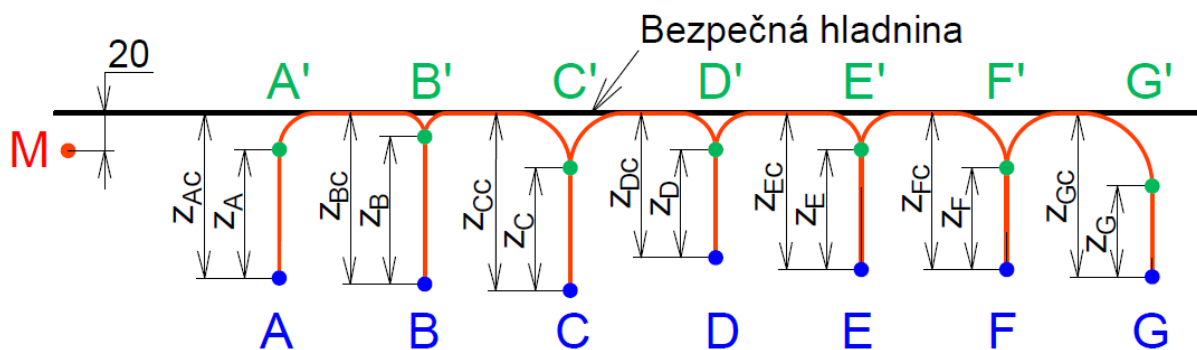
1.5 Lineární úseky nad danou pozicí (ve směru osy Z)

Délka lineárního úseku nad pozicí A	$z_A := 45 \text{ mm}$
Délka lineárního úseku nad pozicí B	$z_B := 80 \text{ mm}$
Délka lineárního úseku nad pozicí C	$z_C := 20 \text{ mm}$
Délka lineárního úseku nad pozicí D	$z_D := 40 \text{ mm}$
Délka lineárního úseku nad pozicí E	$z_E := 45 \text{ mm}$
Délka lineárního úseku nad pozicí F	$z_F := 20 \text{ mm}$
Délka lineárního úseku nad pozicí G	$z_G := 10 \text{ mm}$

1.6 Celková dráha v ose Z (mezi bezpečnou hladinou a výškou při uchopení)

Bezpečná hladina byla zvolena 20 mm nad nejvyšším bodem v operačním prostoru.

Vzdálenost mezi bezpečnou hladinou a uchopením na pozici A	$z_{Ac} := 90.5 \text{ mm}$
Vzdálenost mezi bezpečnou hladinou a uchopením na pozici B	$z_{Bc} := 93.8 \text{ mm}$
Vzdálenost mezi bezpečnou hladinou a uchopením na pozici C	$z_{Cc} := 97.3 \text{ mm}$
Vzdálenost mezi bezpečnou hladinou a uchopením na pozici D	$z_{Dc} := 79.3 \text{ mm}$
Vzdálenost mezi bezpečnou hladinou a uchopením na pozici E	$z_{Ec} := 85.8 \text{ mm}$
Vzdálenost mezi bezpečnou hladinou a uchopením na pozici F	$z_{Fc} := z_{Ec} = 85.8 \text{ mm}$
Vzdálenost mezi bezpečnou hladinou a uchopením na pozici G	$z_{Gc} := 89.8 \text{ mm}$



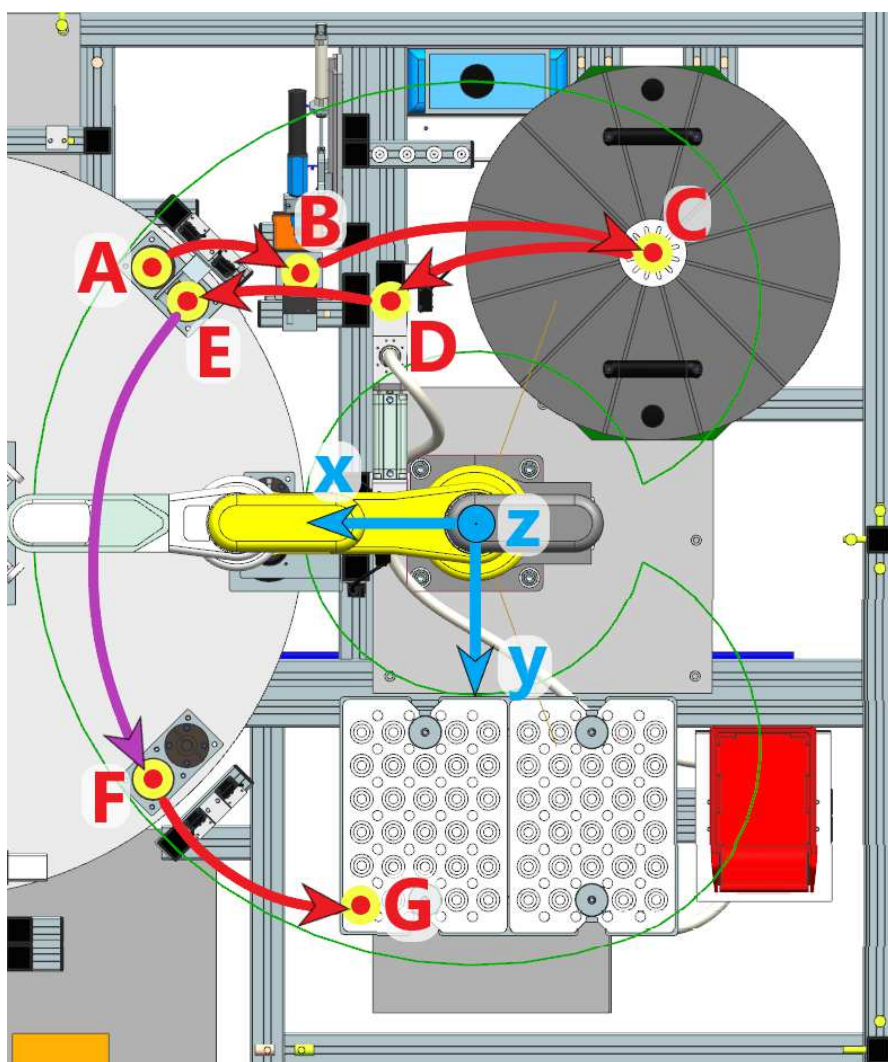
M - Nejvyšší bod v manipulačním prostoru

Obrázek 1 - Bezpečná hladina

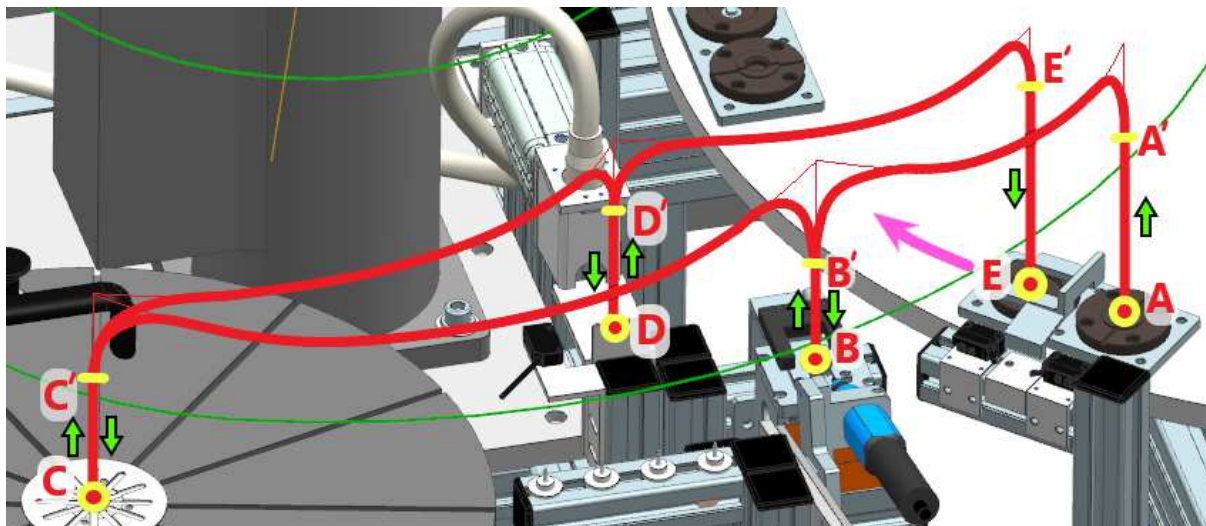
1.7 Tabulka natočení členů a trajektorie

Souřadnice $[0; 0; z]$ se nachází na ose nosného sloupu roboteru. Natočení úhlů členů 2 a 3 má určité konstrukční limity. Natočení úhlu členu 2 vzhledem k rámu (1) představuje úhel ψ_{21} , který se může pohybovat v intervalu $(-110^\circ; 110)$. Natočení úhlu členu 3 vzhledem k členu 2 představuje úhel ψ_{32} , který se může pohybovat v intervalu $(-135^\circ; 135)$. Úhly ψ_{21} a ψ_{32} jsou v rovině xy .

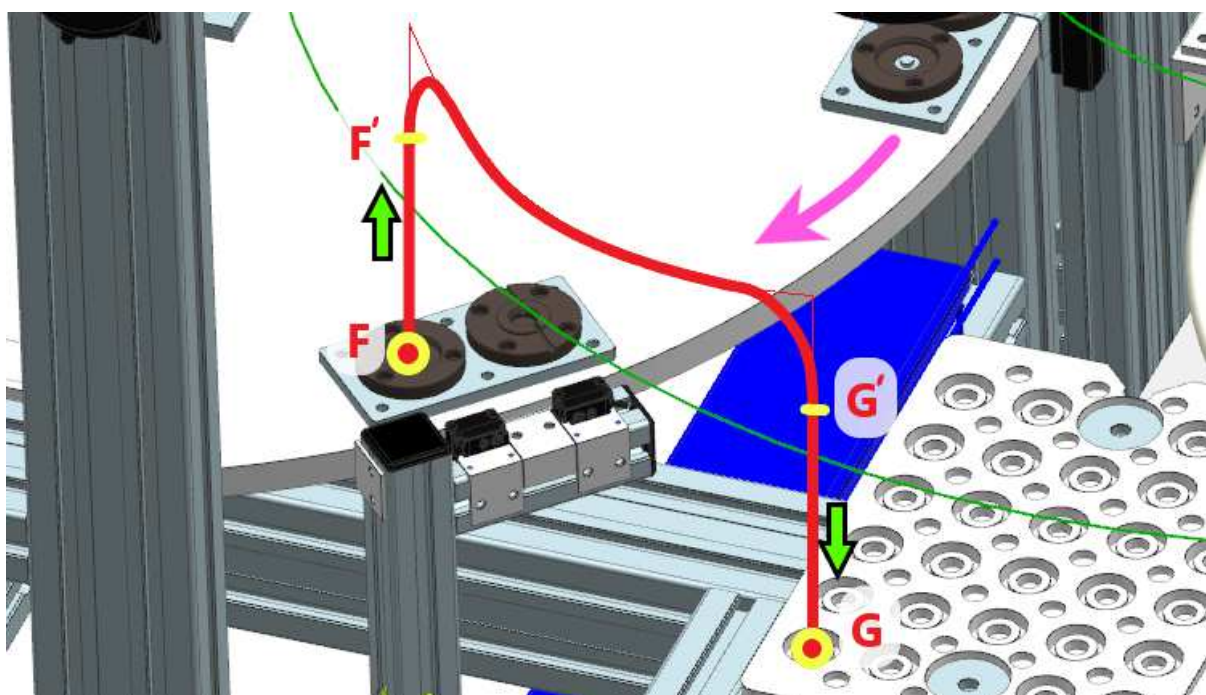
Pozice	Souřadnice		Natočení členů			
	x	y	ψ_{21}		ψ_{32}	
	[mm]	[mm]	[rad]	[°]	[rad]	[°]
A	472,963	-376,534	-0,325	-18,648	-0,755	-43,244
B	259,000	-364,000	-0,218	-12,480	-1,632	-93,528
C	-261,000	-397,500	-1,471	-84,272	-1,506	-86,279
D	125,000	-324,500	-0,314	-18,004	-2,022	-115,853
E	423,466	-327,037	-0,105	-6,013	-1,212	-69,432
F	472,963	376,534	1,019	58,400	-0,755	-43,244
G	166,500	552,500	1,718	98,432	-0,960	-54,991



Obrázek 2 - Pohled shora



Obrázek 3 - Trajektorie na stanovišti 6



Obrázek 4 - Trajektorie na stanovišti 8

1.8 Technologické časy

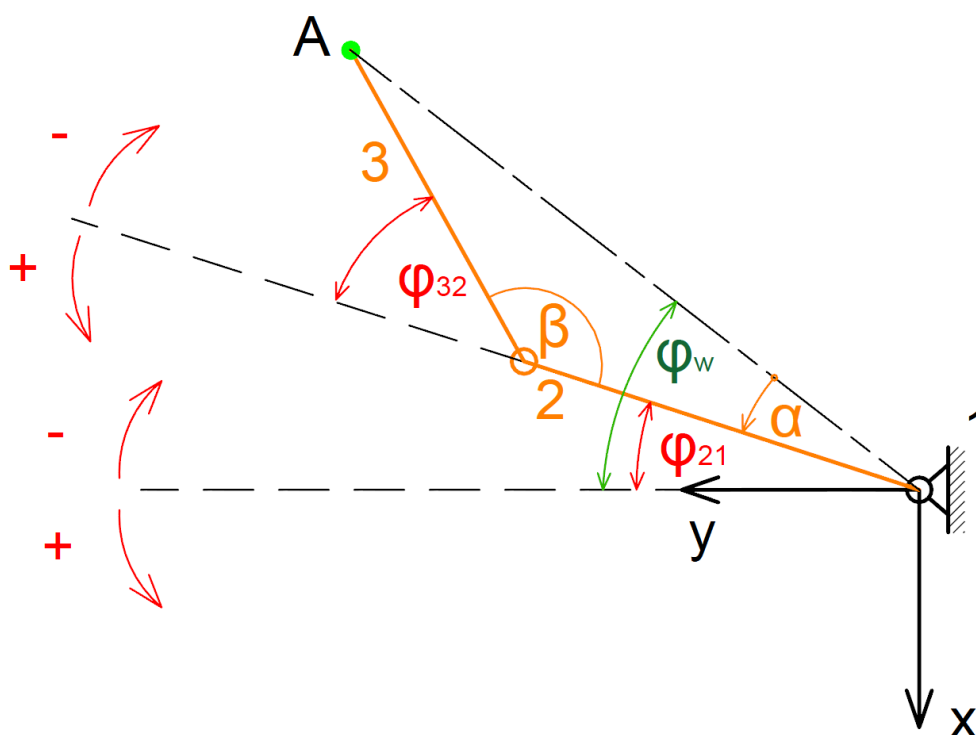
Technologické časy byly zadány:

- Doba aplikace lepidla na pozici B
(od kontaktu součásti se základnou
na pozici do přerušení kontaktu) $t_{lep} := 3 \text{ s}$
- Doba uložení magnetů na pozici C
(od kontaktu součásti se základnou
na pozici do přerušení kontaktu) $t_{mag} := 2 \text{ s}$
- Doba vytvrzování lepidla na pozici D
(od kontaktu součásti se základnou
na pozici do přerušení kontaktu) $t_{LED} := 4.5 \text{ s}$

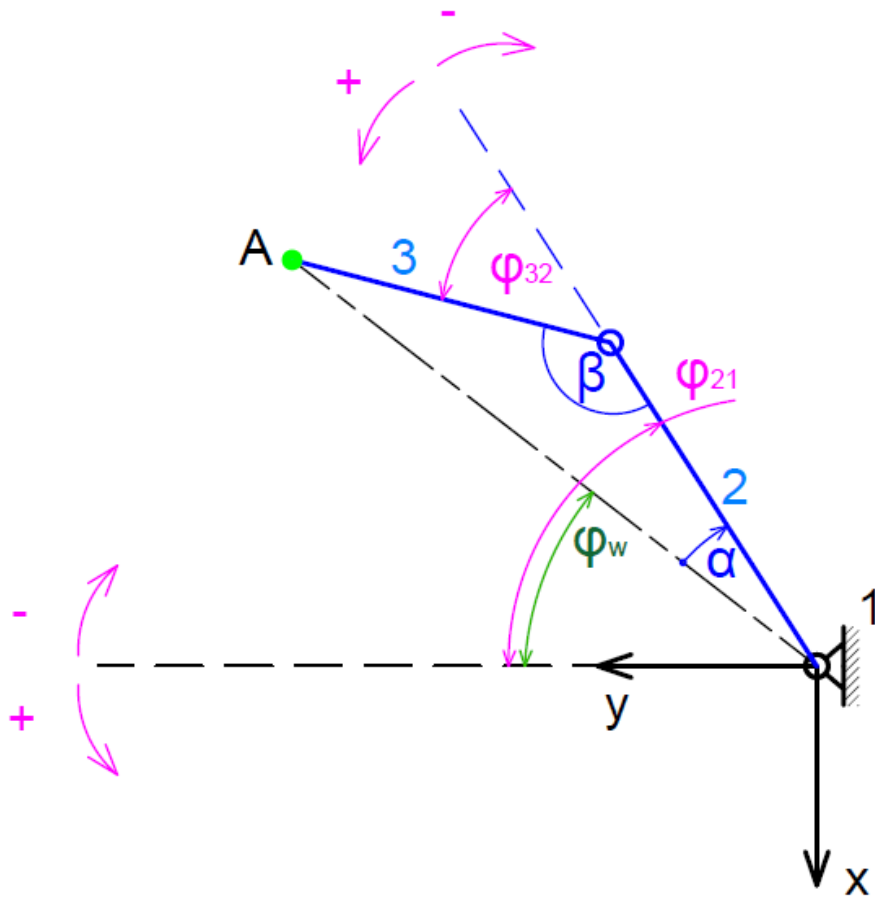
2 Analýza natočení členů 2 a 3

Pro každou pozici existují teoreticky 2 varianty natočení členů 2 a 3 vůči počátku. Na obrázku 3 je zobrazena varianta 1 natočení členů pro pozici A a na obrázku 4 je zobrazena varianta 2. Rozdíl je v hodnotě ψ_{21} . U varianty 1 se $\psi_{21} = \psi_w - \alpha$ a u varianty 2 se $\psi_{21} = \psi_w + \alpha$. Pro pozici A vyhovují obě varianty z pohledu mezních hodnot úhlů.

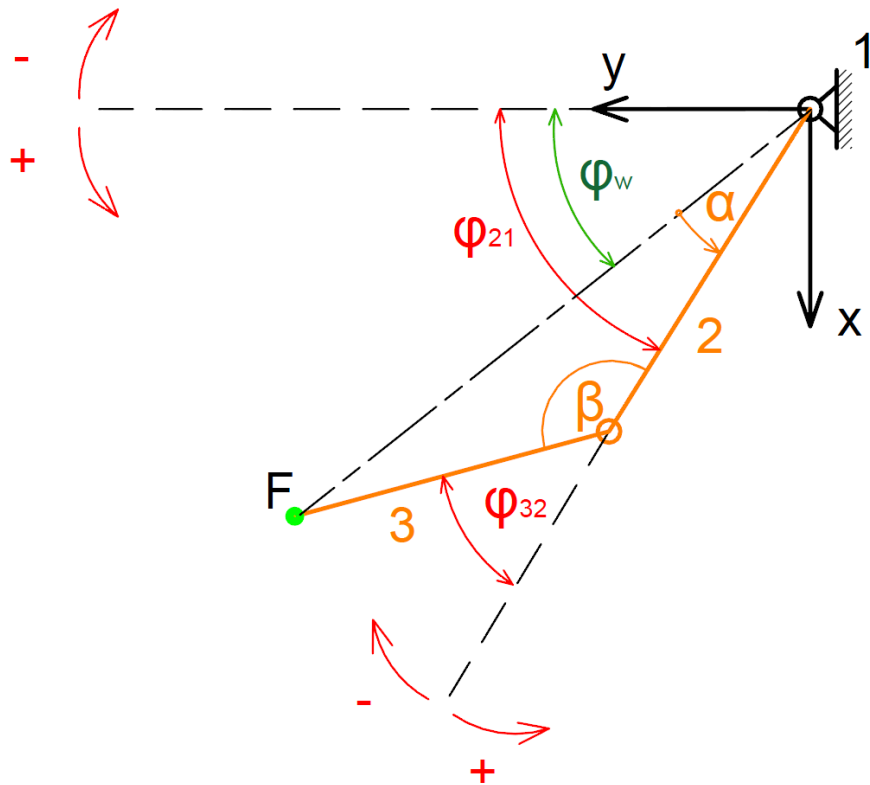
Analýza natočení úhlů členů 2 a 3 byla provedena pro všechny pozice. Pouze na pozici C byla možná jen jedna varianta, protože u druhé varianty úhel ψ_{21} dosahoval hodnot, které nenáležely intervalu $(-110^\circ; 110^\circ)$. Vyhovující varianta vycházela z hodnoty $\psi_{21} = \psi_w - \alpha$. Díky tomuto zjištění bylo zvoleno natočení pro pozice A, B, C, D a E vycházející z výpočtu $\psi_{21} = \psi_w - \alpha$. Při této konfiguraci jsou minimální úhlové rozdíly při natáčení úhlů členů 2 a 3. Z toho plyne menší namáhání servomotorů roboteru. Při přejezdu z pozice E na pozici F roboter přejezdu osu y, která je zvolena jako základna pro úhlové kóty natočení. Pro pozici F a G byl zvolen výpočet $\psi_{21} = \psi_w + \alpha$. Tato konfigurace byla zvolena, protože se člen 3 při ní pohyboval minimálně a nezvyšoval setrvačné účinky.



Obrázek 5 - Varianta 1 natočení pro pozici A



Obrázek 6 - Varianta 2 natočení pro pozici A

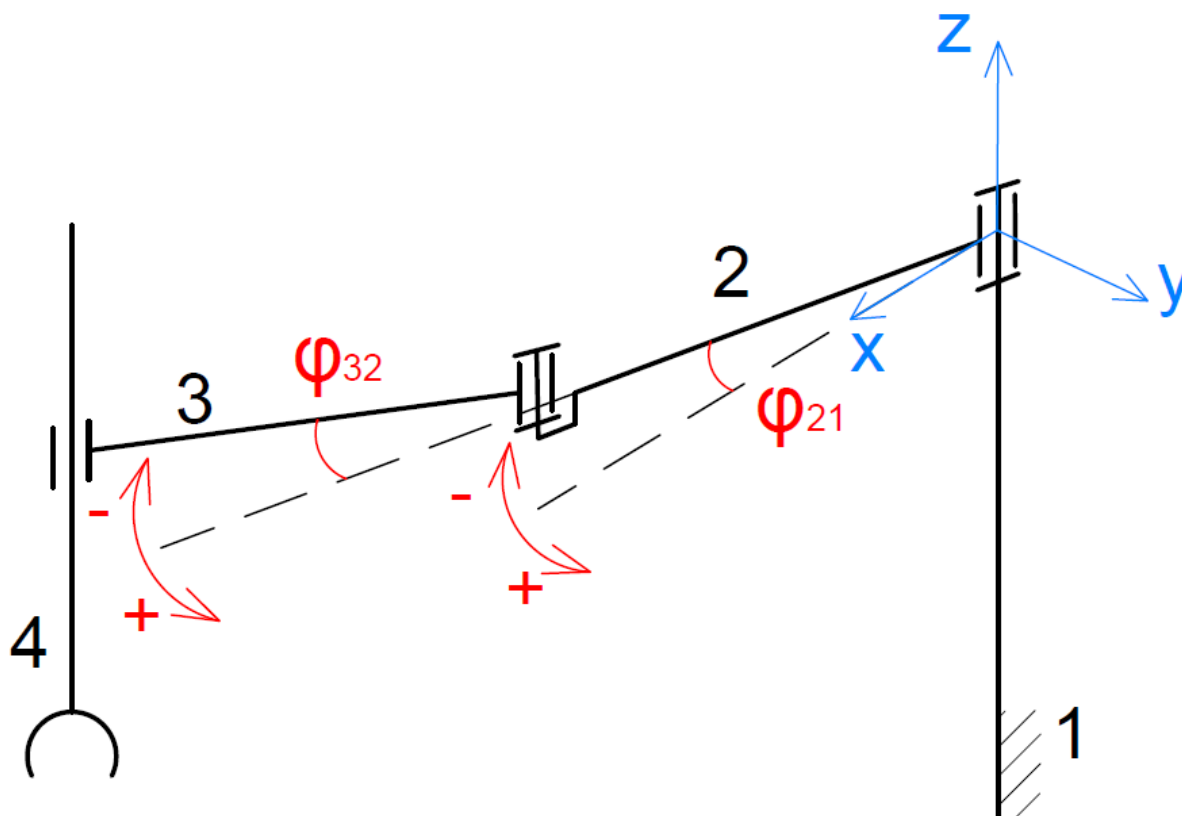


Obrázek 7 - Natočení pro pozici F

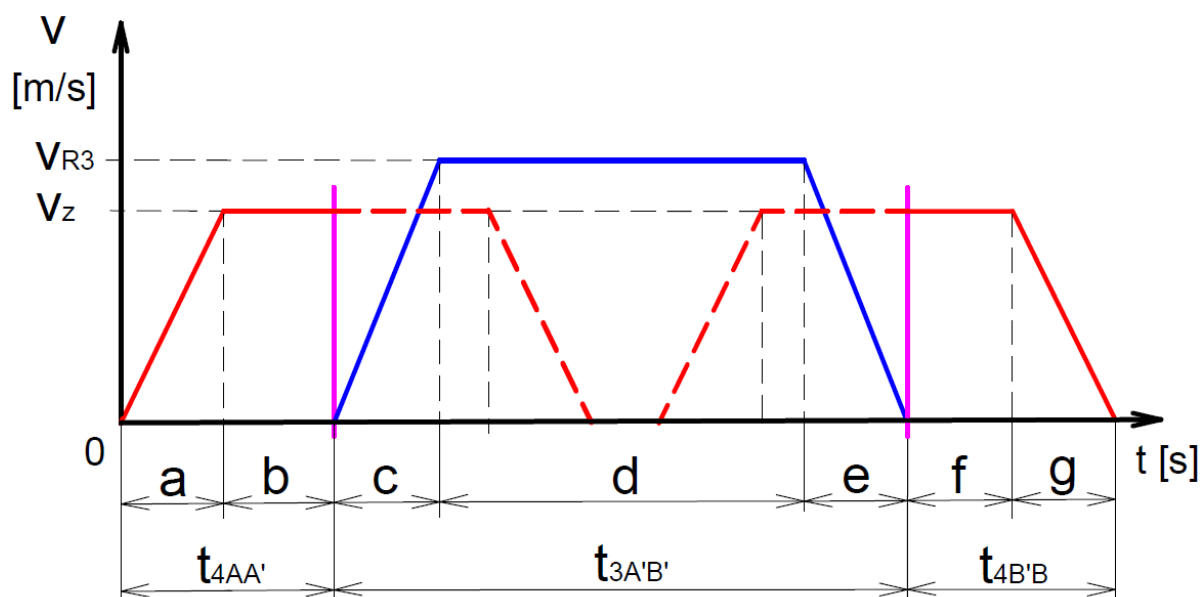
3 Výpočty

Pracovní cyklus roboteru se skládá z manipulace s vnitřním rotorem na stanovišti 6 (pozice A až E), přejezdu z pozice E na F, z manipulace na stanovišti 8 (pozice F a G), kde je manipulováno s již sestavenou magnetickou spojkou, a z přejezdu z pozice G na výchozí pozici A.

Na obrázku 6 je zobrazeno kinematické schéma roboteru. Rám je označen jako člen 1, rameno o délce 350 mm je označeno jako člen 2, rameno o délce 300 mm je označeno jako člen 3 a vysouvací hřídel je označena jako člen 4.



Obrázek 8 - Kinematické schéma



Obrázek 9 - Průběhy rychlostí z A do B

— Průběh rychlosti členu 4 (vysouvací hřídel) vzhledem k členu 3 (rameno roboteru 300 mm)

— Průběh rychlosti členu 3 vzhledem k členu 2 (rameno roboteru 350 mm)

$a = t_{4AA'zrych}$ - část času pohybu členu 4 z A do A', kdy se pohybuje se zrychlením a_z

$b = t_{4AA'konst}$ - část času pohybu členu 4 z A do A', kdy se pohybuje konstantní rychlostí v_z

$t_{4AA'}$ - čas pohybu členu 4 z A do A'

$c = t_{3A'B'zrych}$ - část času pohybu členu 3 z A' do B', kdy se pohybuje se zrychlením α_{32}

$d = t_{3A'B'konst}$ - část času pohybu členu 3 z A' do B', kdy se pohybuje konstantní rychlostí ω_{32}

$e = t_{3A'B'zpom}$ - část času pohybu členu 3 z A' do B', kdy se pohybuje se zpomalením α_{32}

$t_{3A'B'}$ - čas pohybu členu 3 z A' do B'

$f = t_{4B'Bkonst}$ - část času pohybu členu 4 z B' do B, kdy se pohybuje konstantní rychlostí v_z

$g = t_{4B'Bzpom}$ - část času pohybu členu 4 z B' do B, kdy se pohybuje se zpomalením a_z

$t_{4B'B}$ - čas pohybu členu 4 z B' do B

3.1 Výpočet času t_{AB}

$$t_{4AA'zrych} := \frac{v_z}{a_z}$$

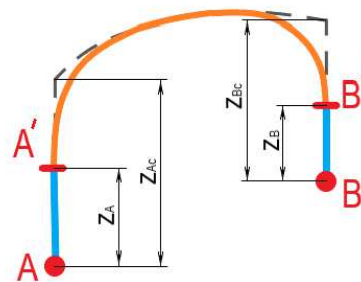
$$t_{4AA'zrych} = 0.051 \text{ s}$$

$$t_{4AA'konst} := \frac{z_A - \frac{1}{2} \cdot a_z \cdot \left(\frac{v_z}{a_z}\right)^2}{v_z}$$

$$t_{4AA'konst} = 0.241 \text{ s}$$

$$t_{4AA'} := t_{4AA'zrych} + t_{4AA'konst}$$

$$t_{4AA'} = 0.292 \text{ s}$$



$t_{4AA'zrych}$ - část času pohybu členu 4 z A do A', kdy se pohybuje se zrychlením a_z

$t_{4AA'konst}$ - část času pohybu členu 4 z A do A', kdy se pohybuje konstantní rychlostí v_z

$t_{4AA'}$ - čas pohybu členu 4 z A do A'

• Úhly natočení ramen roboteru v daném bodě (A', B')

$$\psi_{21A'} := -18.648^\circ = -0.325 \text{ rad}$$

$$\psi_{21B'} := -12.480^\circ = -0.218 \text{ rad}$$

ψ_{21} - úhel natočení členu 2 vzhledem k rámu (1)

$$\psi_{32A'} := -43.244^\circ = -0.755 \text{ rad}$$

$$\psi_{32B'} := -93.528^\circ = -1.632 \text{ rad}$$

ψ_{32} - úhel natočení členu 3 vzhledem k členu 2

$$\Delta\psi_{21A'B'} := |\psi_{21B'} - \psi_{21A'}| \text{ rad} = 0.108 \text{ rad}$$

$$\Delta\psi_{32A'B'} := |\psi_{32B'} - \psi_{32A'}| \text{ rad} = 0.878 \text{ rad}$$

$t_{2A'B'zrych}$ - část času pohybu členu 2 z A' do B', kdy se pohybuje se zrychlením α_{21}

$$t_{2A'B'zrych} := \frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}$$

$$t_{2A'B'zrych} = 0.106 \text{ s}$$

$t_{2A'B'konst}$ - část času pohybu členu 2 z A' do B', kdy se pohybuje konstantní rychlostí ω_{21}

$$t_{2A'B'konst} := \frac{\Delta\psi_{21A'B'} - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{21} \cdot \left(\frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}\right)^2 - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{21} \cdot \left(\frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}\right)^2}{\omega_{21}}$$

$$t_{2A'B'konst} = 0.034 \text{ s}$$

$t_{2A'B'zpom}$ - část času pohybu členu 2 z A' do B', kdy se pohybuje se zpomalením α_{21}

$$t_{2A'B'zpom} := \frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}$$

$$t_{2A'B'zpom} = 0.106 \text{ s}$$

$t_{2A'B'} := t_{2A'B'zrych} + t_{2A'B'konst} + t_{2A'B'zpom}$ $t_{2A'B'}$ - čas pohybu členu 2 z A' do B'

$$t_{2A'B'} = 0.246 \text{ s}$$

$t_{3A'B'zrych}$ - část času pohybu členu 3 z A' do B', kdy se pohybuje se zrychlením α_{32}

$$t_{3A'B'zrych} := \frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}$$

$$t_{3A'B'zrych} = 0.104 \text{ s}$$

$t_{3A'B'konst}$ - část času pohybu členu 3 z A' do B', kdy se pohybuje konstantní rychlostí ω_{32}

$$t_{3A'B'konst} := \frac{\Delta\psi_{32A'B'} - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{32} \cdot \left(\frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}\right)^2 - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{32} \cdot \left(\frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}\right)^2}{\omega_{32}}$$

$$t_{3A'B'konst} = 0.769 \text{ s}$$

$t_{3A'B'zpom}$ - část času pohybu členu 3 z A' do B', kdy se pohybuje se zpomalením α_{32}

$$t_{3A'B'zpom} := \frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}$$

$$t_{3A'B'zpom} = 0.104 \text{ s}$$

$t_{3A'B'} := t_{3A'B'zrych} + t_{3A'B'konst} + t_{3A'B'zpom}$ $t_{3A'B'}$ - čas pohybu členu 3 z A' do B'

$$t_{3A'B'} = 0.977 \text{ s}$$

Bylo uvažováno, že pohyby členu 2 a 3 probíhají zároveň. Při výpočtu celkového času cyklu proto zahrnujeme čas pohybu členu, který se pohybuje déle.

$$t_{A'B'} := \left\| \left\| \begin{array}{l} \text{if } t_{2A'B'} > t_{3A'B'} \\ \left\| t_{2A'B'} \right\| \\ \text{if } t_{3A'B'} > t_{2A'B'} \\ \left\| t_{3A'B'} \right\| \end{array} \right\|$$

$t_{A'B'}$ - delší čas z $t_{2A'B'}$ a $t_{3A'B'}$

$$t_{A'B'} = 0.977 \text{ s}$$

$t_{4B'Bkonst}$ - část času pohybu členu 4 z B' do B, kdy se pohybuje konstantní rychlostí v_z

$$t_{4B'Bkonst} := \frac{z_B - \frac{1}{2} \cdot a_z \cdot \left(\frac{v_z}{a_z}\right)^2}{v_z}$$

$$t_{4B'Bkonst} = 0.449 \text{ s}$$

$t_{4B'Bzpom}$ - část času pohybu členu 4 z B' do B, kdy se pohybuje se zpomalením a_z

$$t_{4B'Bzpom} := \frac{v_z}{a_z}$$

$$t_{4B'Bzpom} = 0.051 \text{ s}$$

$$t_{4B'B} := t_{4B'Bkonst} + t_{4B'Bzpom}$$

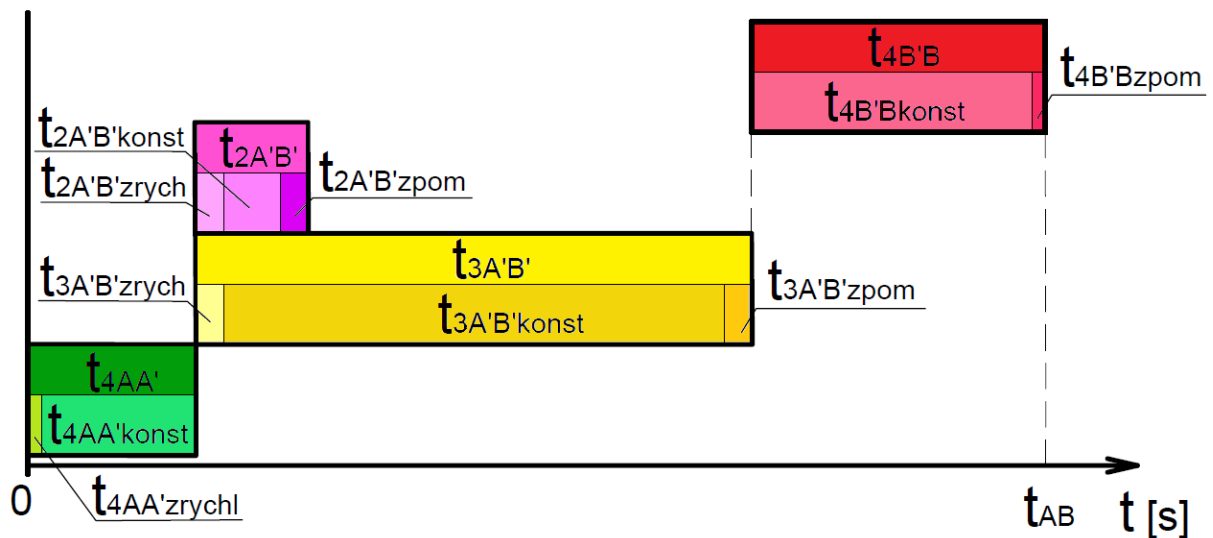
$t_{4B'B}$ - čas pohybu členu 4 z B' do B

$$t_{4B'B} = 0.499 \text{ s}$$

$$t_{AB} := t_{4AA'} + t_{A'B'} + t_{4B'B}$$

t_{AB} - celkový čas pohybu z A do B

$$t_{AB} = 1.768 \text{ s}$$



Obrázek 10 - Časová osa pro pohyb z A do B

3.2 Výpočet času t_{BC}

$$t_{4BB'zrych} := \frac{v_z}{a_z}$$

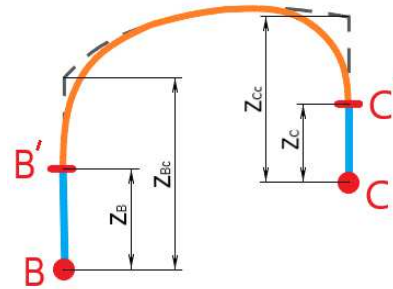
$$t_{4BB'zrych} = 0.051 \text{ s}$$

$$t_{4BB'konst} := \frac{z_B - \frac{1}{2} \cdot a_z \cdot \left(\frac{v_z}{a_z}\right)^2}{v_z}$$

$$t_{4BB'konst} = 0.449 \text{ s}$$

$$t_{4BB'} := t_{4BB'zrych} + t_{4BB'konst}$$

$$t_{4BB'} = 0.499 \text{ s}$$



$t_{4BB'zrych}$ - část času pohybu členu 4 z B do B', kdy se pohybuje se zrychlením a_z

$t_{4BB'konst}$ - část času pohybu členu 4 z B do B', kdy se pohybuje konstantní rychlostí v_z

$t_{4BB'}$ - čas pohybu členu 4 z B do B'

• Úhly natočení ramen roboteru v daném bodě (B', C')

$$\psi_{21B'} := -12.480^\circ = -0.218 \text{ rad}$$

$$\psi_{21C'} := -84.272^\circ = -1.471 \text{ rad}$$

ψ_{21} - úhel natočení členu 2 vzhledem k rámu (1)

$$\psi_{32B'} := -93.528^\circ = -1.632 \text{ rad}$$

$$\psi_{32C'} := -86.279^\circ = -1.506 \text{ rad}$$

ψ_{32} - úhel natočení členu 3 vzhledem k členu 2

$$\Delta\psi_{21B'C'} := |\psi_{21C'} - \psi_{21B'}| \text{ rad} = 1.253 \text{ rad}$$

$$\Delta\psi_{32B'C'} := |\psi_{32C'} - \psi_{32B'}| \text{ rad} = 0.127 \text{ rad}$$

$t_{2B'C'zrych}$ - část času pohybu členu 2 z B' do C', kdy se pohybuje se zrychlením α_{21}

$$t_{2B'C'zrych} := \frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}$$

$$t_{2B'C'zrych} = 0.106 \text{ s}$$

$t_{2B'C'konst}$ - část času pohybu členu 2 z B' do C', kdy se pohybuje konstantní rychlostí ω_{21}

$$t_{2B'C'konst} := \frac{\Delta\psi_{21B'C'} - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{21} \cdot \left(\frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}\right)^2 - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{21} \cdot \left(\frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}\right)^2}{\omega_{21}}$$

$$t_{2B'C'konst} = 1.522 \text{ s}$$

$t_{2B'C'zpom}$ - část času pohybu členu 2 z B' do C', kdy se pohybuje se zpomalením α_{21}

$$t_{2B'C'zpom} := \frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}$$

$$t_{2B'C'zpom} = 0.106 \text{ s}$$

$t_{2B'C'} := t_{2B'C'zrych} + t_{2B'C'konst} + t_{2B'C'zpom}$ $t_{2B'C'}$ - čas pohybu členu 2 z B' do C'

$$t_{2B'C'} = 1.734 \text{ s}$$

$t_{3B'C'zrych}$ - část času pohybu členu 3 z B' do C', kdy se pohybuje se zrychlením α_{32}

$$t_{3B'C'zrych} := \frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}$$

$$t_{3B'C'zrych} = 0.104 \text{ s}$$

$t_{3B'C'konst}$ - část času pohybu členu 3 z B' do C', kdy se pohybuje konstantní rychlostí ω_{32}

$$t_{3B'C'konst} := \frac{\Delta\psi_{32B'C'} - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{32} \cdot \left(\frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}\right)^2 - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{32} \cdot \left(\frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}\right)^2}{\omega_{32}}$$

$$t_{3B'C'konst} = 0.022 \text{ s}$$

$t_{3B'C'zpom}$ - část času pohybu členu 3 z B' do C', kdy se pohybuje se zpomalením α_{32}

$$t_{3B'C'zpom} := \frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}$$

$$t_{3B'C'zpom} = 0.104 \text{ s}$$

$t_{3B'C'} := t_{3B'C'zrych} + t_{3B'C'konst} + t_{3B'C'zpom}$ $t_{3B'C'}$ - čas pohybu členu 3 z B' do C'

$$t_{3B'C'} = 0.23 \text{ s}$$

Bylo uvažováno, že pohyby členu 2 a 3 probíhají zároveň. Při výpočtu celkového času cyklu proto zahrnujeme čas pohybu členu, který se pohybuje déle.

$$t_{BC'} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } t_{2B'C'} > t_{3B'C'} \\ \left\| t_{2B'C'} \right\| \\ \text{if } t_{3B'C'} > t_{2B'C'} \\ \left\| t_{3B'C'} \right\| \end{array} \right\|$$

$t_{BC'}$ - delší čas z $t_{2B'C'}$ a $t_{3B'C'}$

$$t_{BC'} = 1.734 \text{ s}$$

$t_{4C'Ckonst}$ - část času pohybu členu 4 z C' do C, kdy se pohybuje konstantní rychlostí v_z

$$t_{4C'Ckonst} := \frac{z_C - \frac{1}{2} \cdot a_z \cdot \left(\frac{v_z}{a_z}\right)^2}{v_z}$$

$$t_{4C'Ckonst} = 0.093 \text{ s}$$

$t_{4C'Czpom}$ - část času pohybu členu 4 z C' do C, kdy se pohybuje se zpomalením a_z

$$t_{4C'Czpom} := \frac{v_z}{a_z}$$

$$t_{4C'Czpom} = 0.051 \text{ s}$$

$$t_{4C'C} := t_{4C'Ckonst} + t_{4C'Czpom}$$

$t_{4C'C}$ - čas pohybu členu 4 z C' do C

$$t_{4C'C} = 0.144 \text{ s}$$

$$t_{BC} := t_{4BB'} + t_{B'C'} + t_{4C'C}$$

t_{BC} - celkový čas pohybu z B do C

$$t_{BC} = 2.377 \text{ s}$$

3.3 Výpočet času t_{CD}

$$t_{4CC'zrych} := \frac{v_z}{a_z}$$

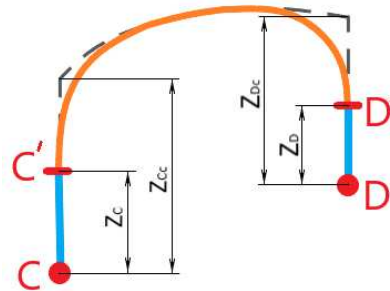
$$t_{4CC'zrych} = 0.051 \text{ s}$$

$$t_{4CC'konst} := \frac{z_C - \frac{1}{2} \cdot a_z \cdot \left(\frac{v_z}{a_z}\right)^2}{v_z}$$

$$t_{4CC'konst} = 0.093 \text{ s}$$

$$t_{4CC'} := t_{4CC'zrych} + t_{4CC'konst}$$

$$t_{4CC'} = 0.144 \text{ s}$$



$t_{4CC'zrych}$ - část času pohybu členu 4 z C do C', kdy se pohybuje se zrychlením a_z

$t_{4CC'konst}$ - část času pohybu členu 4 z C do C', kdy se pohybuje konstantní rychlostí v_z

$t_{4CC'}$ - čas pohybu členu 4 z C do C'

• Úhly natočení ramen roboteru v daném bodě (C', D')

$$\psi_{21C'} := -84.272^\circ = -1.471 \text{ rad}$$

$$\psi_{21D'} := -18.004^\circ = -0.314 \text{ rad}$$

ψ_{21} - úhel natočení členu 2 vzhledem k rámu (1)

$$\psi_{32C'} := -86.279^\circ = -1.506 \text{ rad}$$

$$\psi_{32D'} := -115.853^\circ = -2.022 \text{ rad}$$

ψ_{32} - úhel natočení členu 3 vzhledem k členu 2

$$\Delta\psi_{21C'D'} := |\psi_{21D'} - \psi_{21C'}| \text{ rad} = 1.157 \text{ rad}$$

$$\Delta\psi_{32C'D'} := |\psi_{32D'} - \psi_{32C'}| \text{ rad} = 0.516 \text{ rad}$$

$t_{2C'D'zrych}$ - část času pohybu členu 2 z C' do D', kdy se pohybuje se zrychlením α_{21}

$$t_{2C'D'zrych} := \frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}$$

$$t_{2C'D'zrych} = 0.106 \text{ s}$$

$t_{2C'D'konst}$ - část času pohybu členu 2 z C' do D', kdy se pohybuje konstantní rychlostí ω_{21}

$$t_{2C'D'konst} := \frac{\Delta\psi_{21C'D'} - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{21} \cdot \left(\frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}\right)^2 - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{21} \cdot \left(\frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}\right)^2}{\omega_{21}}$$

$$t_{2C'D'konst} = 1.397 \text{ s}$$

$t_{2C'D'zpom}$ - část času pohybu členu 2 z C' do D', kdy se pohybuje se zpomalením α_{21}

$$t_{2C'D'zpom} := \frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}$$

$$t_{2C'D'zpom} = 0.106 \text{ s}$$

$t_{2C'D'} := t_{2C'D'zrych} + t_{2C'D'konst} + t_{2C'D'zpom}$ $t_{2C'D'}$ - čas pohybu členu 2 z C' do D'

$$t_{2C'D'} = 1.608 \text{ s}$$

$t_{3C'D'zrych}$ - část času pohybu členu 3 z C' do D', kdy se pohybuje se zrychlením α_{32}

$$t_{3C'D'zrych} := \frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}$$

$$t_{3C'D'zrych} = 0.104 \text{ s}$$

$t_{3C'D'konst}$ - část času pohybu členu 3 z C' do D', kdy se pohybuje konstantní rychlostí ω_{32}

$$t_{3C'D'konst} := \frac{\Delta\psi_{32C'D'} - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{32} \cdot \left(\frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}\right)^2 - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{32} \cdot \left(\frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}\right)^2}{\omega_{32}}$$

$$t_{3C'D'konst} = 0.409 \text{ s}$$

$t_{3C'D'zpom}$ - část času pohybu členu 3 z C' do D', kdy se pohybuje se zpomalením α_{32}

$$t_{3C'D'zpom} := \frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}$$

$$t_{3C'D'zpom} = 0.104 \text{ s}$$

$t_{3C'D'} := t_{3C'D'zrych} + t_{3C'D'konst} + t_{3C'D'zpom}$ $t_{3C'D'}$ - čas pohybu členu 3 z C' do D'

$$t_{3C'D'} = 0.618 \text{ s}$$

Bylo uvažováno, že pohyby členu 2 a 3 probíhají zároveň. Při výpočtu celkového času cyklu proto zahrnujeme čas pohybu členu, který se pohybuje déle.

$$t_{C'D'} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } t_{2C'D'} > t_{3C'D'} \\ \left\| t_{2C'D'} \right\| \\ \text{if } t_{3C'D'} > t_{2C'D'} \\ \left\| t_{3C'D'} \right\| \end{array} \right\|$$

$t_{C'D'}$ - delší čas z $t_{2C'D'}$ a $t_{3C'D'}$

$$t_{C'D'} = 1.608 \text{ s}$$

$t_{4D'Dkonst}$ - část času pohybu členu 4 z D' do D, kdy se pohybuje konstantní rychlostí v_z

$$t_{4D'Dkonst} := \frac{z_D - \frac{1}{2} \cdot a_z \cdot \left(\frac{v_z}{a_z} \right)^2}{v_z}$$

$$t_{4D'Dkonst} = 0.212 \text{ s}$$

$t_{4D'Dzpom}$ - část času pohybu členu 4 z D' do D, kdy se pohybuje se zpomalením a_z

$$t_{4D'Dzpom} := \frac{v_z}{a_z}$$

$$t_{4D'Dzpom} = 0.051 \text{ s}$$

$$t_{4D'D} := t_{4D'Dkonst} + t_{4D'Dzpom}$$

$t_{4D'D}$ - čas pohybu členu 4 z D' do D

$$t_{4D'D} = 0.262 \text{ s}$$

$$t_{CD} := t_{4CC'} + t_{C'D'} + t_{4D'D}$$

t_{CD} - celkový čas pohybu z C do D

$$t_{CD} = 2.015 \text{ s}$$

3.4 Výpočet času t_{DE}

$$t_{4DD'zrych} := \frac{v_z}{a_z}$$

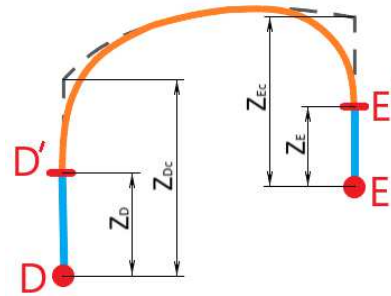
$$t_{4DD'zrych} = 0.051 \text{ s}$$

$$t_{4DD'konst} := \frac{z_D - \frac{1}{2} \cdot a_z \cdot \left(\frac{v_z}{a_z}\right)^2}{v_z}$$

$$t_{4DD'konst} = 0.212 \text{ s}$$

$$t_{4DD'} := t_{4DD'zrych} + t_{4DD'konst}$$

$$t_{4DD'} = 0.262 \text{ s}$$



$t_{4DD'zrych}$ - část času pohybu členu 4 z D do D', kdy se pohybuje se zrychlením a_z

$t_{4DD'konst}$ - část času pohybu členu 4 z D do D', kdy se pohybuje konstantní rychlostí v_z

$t_{4DD'}$ - čas pohybu členu 4 z D do D'

• Úhly natočení ramen roboteru v daném bodě (D', E')

$$\psi_{21D'} := -18.004^\circ = -0.314 \text{ rad}$$

$$\psi_{21E'} := -6.013^\circ = -0.105 \text{ rad}$$

ψ_{21} - úhel natočení členu 2 vzhledem k rámu (1)

$$\psi_{32D'} := -115.853^\circ = -2.022 \text{ rad}$$

$$\psi_{32E'} := -69.432^\circ = -1.212 \text{ rad}$$

ψ_{32} - úhel natočení členu 3 vzhledem k členu 2

$$\Delta\psi_{21D'E'} := |\psi_{21E'} - \psi_{21D'}| \text{ rad} = 0.209 \text{ rad}$$

$$\Delta\psi_{32D'E'} := |\psi_{32E'} - \psi_{32D'}| \text{ rad} = 0.81 \text{ rad}$$

$t_{2D'E'zrych}$ - část času pohybu členu 2 z D' do E', kdy se pohybuje se zrychlením α_{21}

$$t_{2D'E'zrych} := \frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}$$

$$t_{2D'E'zrych} = 0.106 \text{ s}$$

$t_{2D'E'konst}$ - část času pohybu členu 2 z D' do E', kdy se pohybuje konstantní rychlostí ω_{21}

$$t_{2D'E'konst} := \frac{\Delta\psi_{21D'E'} - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{21} \cdot \left(\frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}\right)^2 - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{21} \cdot \left(\frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}\right)^2}{\omega_{21}}$$

$$t_{2D'E'konst} = 0.166 \text{ s}$$

$t_{2D'E'zpom}$ - část času pohybu členu 2 z D' do E', kdy se pohybuje se zpomalením α_{21}

$$t_{2D'E'zpom} := \frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}$$

$$t_{2D'E'zpom} = 0.106 \text{ s}$$

$t_{2D'E'} := t_{2D'E'zrych} + t_{2D'E'konst} + t_{2D'E'zpom}$ $t_{2D'E'}$ - čas pohybu členu 2 z D' do E'

$$t_{2D'E'} = 0.378 \text{ s}$$

$t_{3D'E'zrych}$ - část času pohybu členu 3 z D' do E', kdy se pohybuje se zrychlením α_{32}

$$t_{3D'E'zrych} := \frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}$$

$$t_{3D'E'zrych} = 0.104 \text{ s}$$

$t_{3D'E'konst}$ - část času pohybu členu 3 z D' do E', kdy se pohybuje konstantní rychlostí ω_{32}

$$t_{3D'E'konst} := \frac{\Delta\psi_{32D'E'} - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{32} \cdot \left(\frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}\right)^2 - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{32} \cdot \left(\frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}\right)^2}{\omega_{32}}$$

$$t_{3D'E'konst} = 0.702 \text{ s}$$

$t_{3D'E'zpom}$ - část času pohybu členu 3 z D' do E', kdy se pohybuje se zpomalením α_{32}

$$t_{3D'E'zpom} := \frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}$$

$$t_{3D'E'zpom} = 0.104 \text{ s}$$

$t_{3D'E'} := t_{3D'E'zrych} + t_{3D'E'konst} + t_{3D'E'zpom}$ $t_{3D'E'}$ - čas pohybu členu 3 z D' do E'

$$t_{3D'E'} = 0.91 \text{ s}$$

Bylo uvažováno, že pohyby členu 2 a 3 probíhají zároveň. Při výpočtu celkového času cyklu proto zahrnujeme čas pohybu členu, který se pohybuje déle.

$$t_{D'E'} := \left\| \left\| \begin{array}{l} \text{if } t_{2D'E'} > t_{3D'E'} \\ \left\| t_{2D'E'} \right\| \\ \text{if } t_{3D'E'} > t_{2D'E'} \\ \left\| t_{3D'E'} \right\| \end{array} \right\| \right\|$$

$t_{D'E'}$ - delší čas z $t_{2D'E'}$ a $t_{3D'E'}$

$$t_{D'E'} = 0.91 \text{ s}$$

$t_{4E'Ekonst}$ - část času pohybu členu 4 z E' do E, kdy se pohybuje konstantní rychlostí v_z

$$t_{4E'Ekonst} := \frac{z_E - \frac{1}{2} \cdot a_z \cdot \left(\frac{v_z}{a_z}\right)^2}{v_z}$$

$$t_{4E'Ekonst} = 0.241 \text{ s}$$

$t_{4E'Ezpom}$ - část času pohybu členu 4 z E' do E, kdy se pohybuje se zpomalením a_z

$$t_{4E'Ezpom} := \frac{v_z}{a_z}$$

$$t_{4E'Ezpom} = 0.051 \text{ s}$$

$$t_{4E'E} := t_{4E'Ekonst} + t_{4E'Ezpom}$$

$t_{4E'E}$ - čas pohybu členu 4 z E' do E

$$t_{4E'E} = 0.292 \text{ s}$$

$$t_{DE} := t_{4DD'} + t_{D'E'} + t_{4E'E}$$

t_{DE} - celkový čas pohybu z D do E

$$t_{DE} = 1.464 \text{ s}$$

3.5 Výpočet času t_{EF}

$$t_{4EE'zrych} := \frac{v_z}{a_z}$$

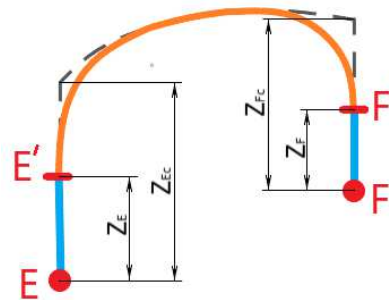
$$t_{4EE'zrych} = 0.051 \text{ s}$$

$$t_{4EE'konst} := \frac{z_E - \frac{1}{2} \cdot a_z \cdot \left(\frac{v_z}{a_z}\right)^2}{v_z}$$

$$t_{4EE'konst} = 0.241 \text{ s}$$

$$t_{4EE'} := t_{4EE'zrych} + t_{4EE'konst}$$

$$t_{4EE'} = 0.292 \text{ s}$$



$t_{4EE'zrych}$ - část času pohybu členu 4 z E do E', kdy se pohybuje se zrychlením a_z

$t_{4EE'konst}$ - část času pohybu členu 4 z E do E', kdy se pohybuje konstantní rychlostí v_z

$t_{4EE'}$ - čas pohybu členu 4 z E do E'

• Úhly natočení ramen roboteru v daném bodě (E', F')

$$\psi_{21E'} := -6.013^\circ = -0.105 \text{ rad}$$

$$\psi_{21F'} := 58.400^\circ = 1.019 \text{ rad}$$

ψ_{21} - úhel natočení členu 2 vzhledem k rámu (1)

$$\psi_{32E'} := -69.432^\circ = -1.212 \text{ rad}$$

$$\psi_{32F'} := -43.244^\circ = -0.755 \text{ rad}$$

ψ_{32} - úhel natočení členu 3 vzhledem k členu 2

$$\Delta\psi_{21E'F'} := |\psi_{21F'} - \psi_{21E'}| \text{ rad} = 1.124 \text{ rad}$$

$$\Delta\psi_{32E'F'} := |\psi_{32F'} - \psi_{32E'}| \text{ rad} = 0.457 \text{ rad}$$

$t_{2E'F'zrych}$ - část času pohybu členu 2 z E' do F', kdy se pohybuje se zrychlením α_{21}

$$t_{2E'F'zrych} := \frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}$$

$$t_{2E'F'zrych} = 0.106 \text{ s}$$

$t_{2E'F'konst}$ - část času pohybu členu 2 z E' do F', kdy se pohybuje konstantní rychlostí ω_{21}

$$t_{2E'F'konst} := \frac{\Delta\psi_{21E'F'} - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{21} \cdot \left(\frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}\right)^2 - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{21} \cdot \left(\frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}\right)^2}{\omega_{21}}$$

$$t_{2E'F'konst} = 1.355 \text{ s}$$

$t_{2E'F'zpom}$ - část času pohybu členu 2 z E' do F', kdy se pohybuje se zpomalením α_{21}

$$t_{2E'F'zpom} := \frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}$$

$$t_{2E'F'zpom} = 0.106 \text{ s}$$

$t_{2E'F'} := t_{2E'F'zrych} + t_{2E'F'konst} + t_{2E'F'zpom}$ $t_{2E'F'}$ - čas pohybu členu 2 z E' do F'

$$t_{2E'F'} = 1.566 \text{ s}$$

$t_{3E'F'zrych}$ - část času pohybu členu 3 z E' do F', kdy se pohybuje se zrychlením α_{32}

$$t_{3E'F'zrych} := \frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}$$

$$t_{3E'F'zrych} = 0.104 \text{ s}$$

$t_{3E'F'konst}$ - část času pohybu členu 3 z E' do F', kdy se pohybuje konstantní rychlostí ω_{32}

$$t_{3E'F'konst} := \frac{\Delta\psi_{32E'F'} - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{32} \cdot \left(\frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}\right)^2 - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{32} \cdot \left(\frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}\right)^2}{\omega_{32}}$$

$$t_{3E'F'konst} = 0.35 \text{ s}$$

$t_{3E'F'zpom}$ - část času pohybu členu 3 z E' do F', kdy se pohybuje se zpomalením α_{32}

$$t_{3E'F'zpom} := \frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}$$

$$t_{3E'F'zpom} = 0.104 \text{ s}$$

$t_{3E'F'} := t_{3E'F'zrych} + t_{3E'F'konst} + t_{3E'F'zpom}$ $t_{3E'F'}$ - čas pohybu členu 3 z E' do F'

$$t_{3E'F'} = 0.559 \text{ s}$$

Bylo uvažováno, že pohyby členu 2 a 3 probíhají zároveň. Při výpočtu celkového času cyklu proto zahrnujeme čas pohybu členu, který se pohybuje déle.

$$t_{E'F'} := \left\| \left\| \begin{array}{l} \text{if } t_{2E'F'} > t_{3E'F'} \\ \left\| t_{2E'F'} \right\| \\ \text{if } t_{3E'F'} > t_{2E'F'} \\ \left\| t_{3E'F'} \right\| \end{array} \right\| \right\|$$

$t_{E'F'}$ - delší čas z $t_{2E'F'}$ a $t_{3E'F'}$

$$t_{E'F'} = 1.566 \text{ s}$$

$t_{4F'Fkonst}$ - část času pohybu členu 4 z F' do F, kdy se pohybuje konstantní rychlostí v_z

$$t_{4F'Fkonst} := \frac{z_F - \frac{1}{2} \cdot a_z \cdot \left(\frac{v_z}{a_z}\right)^2}{v_z}$$

$$t_{4F'Fkonst} = 0.093 \text{ s}$$

$t_{4F'Fzpom}$ - část času pohybu členu 4 z F' do F, kdy se pohybuje se zpomalením a_z

$$t_{4F'Fzpom} := \frac{v_z}{a_z}$$

$$t_{4F'Fzpom} = 0.051 \text{ s}$$

$$t_{4F'F} := t_{4F'Fkonst} + t_{4F'Fzpom}$$

$t_{4F'F}$ - čas pohybu členu 4 z F' do F

$$t_{4F'F} = 0.144 \text{ s}$$

$$t_{EF} := t_{4EE'} + t_{E'F'} + t_{4F'F}$$

t_{EF} - celkový čas pohybu z E do F

$$t_{EF} = 2.002 \text{ s}$$

3.6 Výpočet času t_{FG}

$$t_{4FF'zrych} := \frac{v_z}{a_z}$$

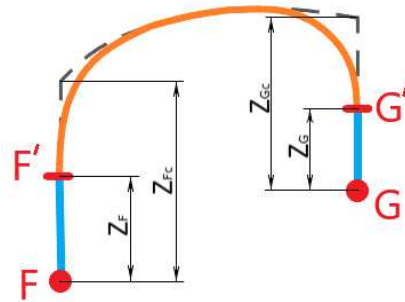
$$t_{4FF'zrych} = 0.051 \text{ s}$$

$$t_{4FF'konst} := \frac{z_F - \frac{1}{2} \cdot a_z \cdot \left(\frac{v_z}{a_z}\right)^2}{v_z}$$

$$t_{4FF'konst} = 0.093 \text{ s}$$

$$t_{4FF'} := t_{4FF'zrych} + t_{4FF'konst}$$

$$t_{4FF'} = 0.144 \text{ s}$$



$t_{4FF'zrych}$ - část času pohybu členu 4 z F do F', kdy se pohybuje se zrychlením a_z

$t_{4FF'konst}$ - část času pohybu členu 4 z F do F', kdy se pohybuje konstantní rychlostí v_z

$t_{4FF'}$ - čas pohybu členu 4 z F do F'

• Úhly natočení ramen roboteru v daném bodě (F', G')

$$\psi_{21F'} := 58.400^\circ = 1.019 \text{ rad}$$

$$\psi_{21G'} := 98.432^\circ = 1.718 \text{ rad}$$

ψ_{21} - úhel natočení členu 2 vzhledem k rámu (1)

$$\psi_{32F'} := -43.244^\circ = -0.755 \text{ rad}$$

$$\psi_{32G'} := -54.991^\circ = -0.96 \text{ rad}$$

ψ_{32} - úhel natočení členu 3 vzhledem k členu 2

$$\Delta\psi_{21F'G'} := |\psi_{21G'} - \psi_{21F'}| \text{ rad} = 0.699 \text{ rad}$$

$$\Delta\psi_{32F'G'} := |\psi_{32G'} - \psi_{32F'}| \text{ rad} = 0.205 \text{ rad}$$

$t_{2F'G'zrych}$ - část času pohybu členu 2 z F' do G', kdy se pohybuje se zrychlením α_{21}

$$t_{2F'G'zrych} := \frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}$$

$$t_{2F'G'zrych} = 0.106 \text{ s}$$

$t_{2F'G'konst}$ - část času pohybu členu 2 z F' do G', kdy se pohybuje konstantní rychlostí ω_{21}

$$t_{2F'G'konst} := \frac{\Delta\psi_{21F'G'} - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{21} \cdot \left(\frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}\right)^2 - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{21} \cdot \left(\frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}\right)^2}{\omega_{21}}$$

$$t_{2F'G'konst} = 0.802 \text{ s}$$

$t_{2F'G'zpom}$ - část času pohybu členu 2 z F' do G', kdy se pohybuje se zpomalením α_{21}

$$t_{2F'G'zpom} := \frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}$$

$$t_{2F'G'zpom} = 0.106 \text{ s}$$

$t_{2F'G'} := t_{2F'G'zrych} + t_{2F'G'konst} + t_{2F'G'zpom}$ $t_{2F'G'}$ - čas pohybu členu 2 z F' do G'

$$t_{2F'G'} = 1.014 \text{ s}$$

$t_{3F'G'zrych}$ - část času pohybu členu 3 z F' do G', kdy se pohybuje se zrychlením α_{32}

$$t_{3F'G'zrych} := \frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}$$

$$t_{3F'G'zrych} = 0.104 \text{ s}$$

$t_{3F'G'konst}$ - část času pohybu členu 3 z F' do G', kdy se pohybuje konstantní rychlostí ω_{32}

$$t_{3F'G'konst} := \frac{\Delta\psi_{32F'G'} - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{32} \cdot \left(\frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}\right)^2 - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{32} \cdot \left(\frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}\right)^2}{\omega_{32}}$$

$$t_{3F'G'konst} = 0.1 \text{ s}$$

$t_{3F'G'zpom}$ - část času pohybu členu 3 z F' do G', kdy se pohybuje se zpomalením α_{32}

$$t_{3F'G'zpom} := \frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}$$

$$t_{3F'G'zpom} = 0.104 \text{ s}$$

$t_{3F'G'} := t_{3F'G'zrych} + t_{3F'G'konst} + t_{3F'G'zpom}$ $t_{3F'G'}$ - čas pohybu členu 3 z F' do G'

$$t_{3F'G'} = 0.308 \text{ s}$$

Bylo uvažováno, že pohyby členu 2 a 3 probíhají zároveň. Při výpočtu celkového času cyklu proto zahrnujeme čas pohybu členu, který se pohybuje déle.

$$t_{F'G'} := \left\| \left\| \begin{array}{l} \text{if } t_{2F'G'} > t_{3F'G'} \\ \quad \left\| t_{2F'G'} \right\| \\ \text{if } t_{3F'G'} > t_{2F'G'} \\ \quad \left\| t_{3F'G'} \right\| \end{array} \right\| \right\|$$

$t_{F'G'}$ - delší čas z $t_{2F'G'}$ a $t_{3F'G'}$

$$t_{F'G'} = 1.014 \text{ s}$$

$t_{4G'Gkonst}$ - část času pohybu členu 4 z G' do G, kdy se pohybuje konstantní rychlostí v_z

$$t_{4G'Gkonst} := \frac{z_G - \frac{1}{2} \cdot a_z \cdot \left(\frac{v_z}{a_z}\right)^2}{v_z}$$

$$t_{4G'Gkonst} = 0.034 \text{ s}$$

$t_{4G'Gzpom}$ - část času pohybu členu 4 z G' do G, kdy se pohybuje se zpomalením a_z

$$t_{4G'Gzpom} := \frac{v_z}{a_z}$$

$$t_{4G'Gzpom} = 0.051 \text{ s}$$

$$t_{4G'G} := t_{4G'Gkonst} + t_{4G'Gzpom}$$

$t_{4G'G}$ - čas pohybu členu 4 z G' do G

$$t_{4G'G} = 0.085 \text{ s}$$

$$t_{FG} := t_{4FF'} + t_{F'G'} + t_{4G'G}$$

t_{FG} - celkový čas pohybu z F do G

$$t_{FG} = 1.242 \text{ s}$$

3.7 Výpočet času t_{GA}

$$t_{4GG'zrych} := \frac{v_z}{a_z}$$

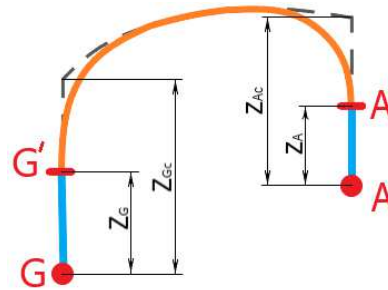
$$t_{4GG'zrych} = 0.051 \text{ s}$$

$$t_{4GG'konst} := \frac{z_G - \frac{1}{2} \cdot a_z \cdot \left(\frac{v_z}{a_z}\right)^2}{v_z}$$

$$t_{4GG'konst} = 0.034 \text{ s}$$

$$t_{4GG'} := t_{4GG'zrych} + t_{4GG'konst}$$

$$t_{4GG'} = 0.085 \text{ s}$$



$t_{4GG'zrych}$ - část času pohybu členu 4 z G do G', kdy se pohybuje se zrychlením a_z

$t_{4GG'konst}$ - část času pohybu členu 4 z G do G', kdy se pohybuje konstantní rychlostí v_z

$t_{4GG'}$ - čas pohybu členu 4 z G do G'

• Úhly natočení ramen roboteru v daném bodě (G', A')

$$\psi_{21G'} := 98.432^\circ = 1.718 \text{ rad}$$

$$\psi_{21A'} := -18.648^\circ = -0.325 \text{ rad}$$

ψ_{21} - úhel natočení členu 2 vzhledem k rámu (1)

$$\psi_{32G'} := -54.991^\circ = -0.96 \text{ rad}$$

$$\psi_{32A'} := -43.244^\circ = -0.755 \text{ rad}$$

ψ_{32} - úhel natočení členu 3 vzhledem k členu 2

$$\Delta\psi_{21G'A'} := |\psi_{21A'} - \psi_{21G'}| \text{ rad} = 2.043 \text{ rad}$$

$$\Delta\psi_{32G'A'} := |\psi_{32A'} - \psi_{32G'}| \text{ rad} = 0.205 \text{ rad}$$

$t_{2G'A'zrych}$ - část času pohybu členu 2 z G' do A', kdy se pohybuje se zrychlením α_{21}

$$t_{2G'A'zrych} := \frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}$$

$$t_{2G'A'zrych} = 0.106 \text{ s}$$

$t_{2G'A'konst}$ - část času pohybu členu 2 z G' do A', kdy se pohybuje konstantní rychlostí ω_{21}

$$t_{2G'A'konst} := \frac{\Delta\psi_{21G'A'} - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{21} \cdot \left(\frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}\right)^2 - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{21} \cdot \left(\frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}\right)^2}{\omega_{21}}$$

$$t_{2G'A'konst} = 2.549 \text{ s}$$

$t_{2G'A'zpom}$ - část času pohybu členu 2 z G' do A', kdy se pohybuje se zpomalením α_{21}

$$t_{2G'A'zpom} := \frac{\omega_{21}}{\alpha_{21}}$$

$$t_{2G'A'zpom} = 0.106 \text{ s}$$

$t_{2G'A'} := t_{2G'A'zrych} + t_{2G'A'konst} + t_{2G'A'zpom}$ $t_{2G'A'}$ - čas pohybu členu 2 z G' do A'

$$t_{2G'A'} = 2.761 \text{ s}$$

$t_{3G'A'zrych}$ - část času pohybu členu 3 z G' do A', kdy se pohybuje se zrychlením α_{32}

$$t_{3G'A'zrych} := \frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}$$

$$t_{3G'A'zrych} = 0.104 \text{ s}$$

$t_{3G'A'konst}$ - část času pohybu členu 3 z G' do A', kdy se pohybuje konstantní rychlostí ω_{32}

$$t_{3G'A'konst} := \frac{\Delta\psi_{32G'A'} - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{32} \cdot \left(\frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}\right)^2 - \frac{1}{2} \cdot \alpha_{32} \cdot \left(\frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}\right)^2}{\omega_{32}}$$

$$t_{3G'A'konst} = 0.1 \text{ s}$$

$t_{3G'A'zpom}$ - část času pohybu členu 3 z G' do A', kdy se pohybuje se zpomalením α_{32}

$$t_{3G'A'zpom} := \frac{\omega_{32}}{\alpha_{32}}$$

$$t_{3G'A'zpom} = 0.104 \text{ s}$$

$t_{3G'A'} := t_{3G'A'zrych} + t_{3G'A'konst} + t_{3G'A'zpom}$ $t_{3G'A'}$ - čas pohybu členu 3 z G' do A'

$$t_{3G'A'} = 0.308 \text{ s}$$

Bylo uvažováno, že pohyby členu 2 a 3 probíhají zároveň. Při výpočtu celkového času cyklu proto zahrnujeme čas pohybu členu, který se pohybuje déle.

$$t_{G'A'} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } t_{2G'A'} > t_{3G'A'} \\ \left\| t_{2G'A'} \right\| \\ \text{if } t_{3G'A'} > t_{2G'A'} \\ \left\| t_{3G'A'} \right\| \end{array} \right\|$$

$t_{G'A'}$ - delší čas z $t_{2G'A'}$ a $t_{3G'A'}$

$$t_{G'A'} = 2.761 \text{ s}$$

$t_{4A'Akonst}$ - část času pohybu členu 4 z A' do A, kdy se pohybuje konstantní rychlostí v_z

$$t_{4A'Akonst} := \frac{z_A - \frac{1}{2} \cdot a_z \cdot \left(\frac{v_z}{a_z}\right)^2}{v_z}$$

$$t_{4A'Akonst} = 0.241 \text{ s}$$

$t_{4A'Azpom}$ - část času pohybu členu 4 z A' do A, kdy se pohybuje se zpomalením a_z

$$t_{4A'Azpom} := \frac{v_z}{a_z}$$

$$t_{4A'Azpom} = 0.051 \text{ s}$$

$$t_{4A'A} := t_{4A'Akonst} + t_{4A'Azpom}$$

$t_{4A'A}$ - čas pohybu členu 4 z A' do A

$$t_{4A'A} = 0.292 \text{ s}$$

$$t_{GA} := t_{4GG'} + t_{G'A'} + t_{4A'A}$$

t_{GA} - celkový čas pohybu z G do A

$$t_{GA} = 3.137 \text{ s}$$

3.8 Celkový čas cyklu

$$t_R := t_{AB} + t_{BC} + t_{CD} + t_{DE} + t_{EF} + t_{FG} + t_{GA} \quad t_R - \text{čas pohybu roboteru}$$

$$t_R = 14.005 \text{ s}$$

$$t_{TECH} := t_{lep} + t_{mag} + t_{LED} \quad t_{TECH} - \text{technologické časy}$$

$$t_{TECH} = 9.5 \text{ s}$$

t_c - celkový čas cyklu (od uchopení součásti na pozici A do návratu na pozici A)

$$t_c := t_R + t_{TECH}$$

$$t_c = 23.505 \text{ s}$$

Celkový čas cyklu je po zaokrouhlení $t_c = 23.5 \text{ s}$.

PŘÍLOHA č. 2

Dělení manipulačních zařízení a mechanismů

1 Manipulačních zařízení

1.1 Zvedáky

Definice:

Zvedáky jsou jednoduché prostředky pro manipulaci s materiálem určené pro zvedání a spouštění břemen. [1]

Druhy:

- *Šroubový* – kroučící moment je z matice převeden na axiální sílu na šroub
- *Hřebenový* – síla na klíce vytváří kroučící moment, který je přenesen přes ozubená kola na ozubený hřeben, kde je přeměněn na vertikální sílu.
- *Hydraulický* – pákou působíme na malý píst, který vtlačuje kapalinu přes zpětný ventil pod velký píst
– spouštění břemene se provádí pomocí prepouštěcího ventilu
- *Pneumatický* – nejčastěji gumové vaky

1.1.1 Kladkostroje

Definice:

Kladkostroje jsou strojní zařízení určená ke zdvihání a spouštění zavěšených břemen. Jsou buď pro pevné zavěšení nebo mohou pojíždět po dráze tvořené spodní přírubou profilu I. [1]

Druhy:

- *Násobný* – 1 a více párů kladek
- *Šnekový* – používá se samosvorný šnekový převod, který je schopen zajistit polohu břemene
- *Diferenciální* – uzavřené lano je vedeno přes kladky různých průměrů
- *S čelními koly* – mezi hnacím členem a kladkou se nachází převod s čelními koly

1.2 Jeřáby

Hlavní části jeřábu:

1. Nosná konstrukce
2. Zdvihací ústrojí
3. Pojezdové ústrojí
4. Otočné ústrojí
5. Sklápěcí ústrojí

Dělení dle celkového tvaru jeřábu:

- *Mostové jeřáby*
 - nosnou konstrukci tvoří jeřábový most, který se pohybuje po jeřábové dráze
- *Portálové a poloportálové jeřáby*
 - nosnou konstrukci tvoří portál, který se skládá z jeřábového mostu a 2 podpěr
- *Konzolové jeřáby (otočné, neotočné)*
 - nosnou konstrukci tvoří svislý rám a výložník
 - pohybují se po jeřábové dráze, která se nachází na stěně
- *Sloupové a věžové jeřáby*
 - nosnou konstrukci tvoří sloup (věž) a výložník
 - otáčí se kolem svislé osy
- *Vozidlové jeřáby (silniční, kolejové)*
 - tvoří je pojízdná část, na které se nachází otočná část se stavitelným výložníkem
- *Plovoucí*
 - otočná část se nachází na plavidle
 - pro větší stabilitu se používají sloupy, které se zapřou o dno
- *Lanové*
 - jeřábová kočka se pohybuje po nosném laně
 - používají se pro stavbu mostů a přehrad

1.3 Výtahy

Definice:

Výtahy jsou strojní zařízení sloužící k dopravě osob nebo nákladu ve svislém, popř. šikmém směru mezi dvěma nebo více místy. [1]

Dělení dle druhu pohonu:

- *Elektrické* – tažnou sílu vytváří elektromotor přímo, nebo pomocí mechanického převodu
- *Hydraulické* – pomocí čerpadla je dopravována kapalina do přímočarého hydraulického válce, který působí přímo, nebo nepřímo na klec.

Dělení elektrických výtahu do tříd podle ČSN ISO 4190:

- **Třída I** – výtahy určené pro dopravu osob
- **Třída II** – výtahy určené především pro dopravu osob, ale může se v nich dopravovat i náklad
- **Třída III** – výtahy určené pro zdravotnické účely včetně nemocnic a pečovatelských domovů
- **Třída IV** – výtahy určené především pro dopravu nákladů, který je obvykle doprovázen osobami
- **Třída V** – malé nákladní výtahy
- **Třída VI** – výtahy zvláště určené pro budovy s intenzivním provozem

1.4 Dopravníky**Definice:**

Dopravníky jsou strojní zařízení určená pro plynulou dopravu sypkých nebo kusových materiálů na vzdálenost několika metrů až kilometrů. Doprava může probíhat ve vodorovném, šikmém nebo svislém směru. [1]

Základní dělení:

- Dopravníky s tažným elementem:
 - *Pásové* – tažným i nosným členem je nekonečný pás
 - *Článekové* – tažným členem je oběžný řetěz a nosným členem jsou články, které jsou spojeny s řetězem
 - *Korečkové* – nosným členem jsou korečky, které jsou spojeny s tažným členem
 - *Závěsné* – tažným členem je řetěz, na kterém jsou zavěšeny nosné členy – šetří prostor
 - *Žlabové* – materiál se pohybuje v otevřeném žlabu pomocí unašeče
 - *Redlery* – tažným členem je řetěz s unašeči, který je veden v uzavřeném žlabu
- Dopravníky bez tažného elementu:
 - *Vibrační* – jde o žlab, který koná kmitavý pohyb
 - *Šnekové* – nosným členem je žlab a hnacím členem je šnek rotující ve žlabu
 - *Válečkové* – nosným i hnacím členem jsou válečky, na které se síla přenáší několika způsoby (řemene, řetěz, kuželová soukolí...)
 - *Kladičkové* – nosným i hnacím členem jsou kladičky; podobný princip jako u válečkových dopravníků
 - *Skluzy* – bez pohonu; pohyb zajišťuje gravitace

1.5 Pneumatické a hydraulické manipulační systémy

V těchto systémech je pro dopravu materiálu použito pomocného dopravního média. [1]

Dělení:

- *Pneumatické* – pro dopravu je použit plyn, nejčastěji jde o vzduch
 - Čerací žlaby
 - Fullerovy čerpadla
 - Periodická pneumatická doprava
 - Podtlaková doprava
 - Přetlaková doprava
- *Hydraulické* – pro dopravu je použita kapalina

2 Charakteristika přepravovaného materiálu

Rozdělení dle skupenství:

- *Pevný*
- *Kapalný*
- *Plynný*

Rozdělení dle druhu snadnosti:

- *Jednotlivé kusy*
- *Manipulační jednotky*
- *Volně ložený materiál*

2.1 Přepravní prostředky

- *Palety*
 - lze je snadno zvednout vidlemi manipulačního vozíku
 - jsou uzpůsobeny ke stohování
 - používají se různé materiály (dřevo, plast...) a různé konstrukce (prosté, skříňové, sloupkové...)
- *Kontejnery*
 - umožňují přepravu jedním nebo více druhy dopravy
 - dělí se na ISO kontejnery (normované rozměry, stohovat lze až 5 kontejnerů na sebe), odvalovací kontejnery, výměnné nástavby a speciální kontejnery (obytné, skladové...)
- *Ukládací bedny*
 - určeny ke skladování a přepravě
- *Přepravky*
 - disponují otvory pro ruční manipulaci
 - jsou přizpůsobeny stohování
- *Svazky*
 - pro vytvoření vhodných tvarů pro manipulaci

2.2 Manipulační systémy

- *Paletizace* – manipulační metoda, kdy je materiál na paletě, která usnadňuje manipulaci s ním
- *Kontejnerizace* – integrovaný přepravní a manipulační systém, který využívá kontejnery
- *Stohování* – ukládání manipulačních jednotek do výšek (přímo na sebe nebo do regálů)

3 Pohyby

3.1 Kinematika

3.1.1 Úvod

Mechanika se zabývá nejjednodušším fyzikálním jevem, mechanickým pohybem. Podle charakteristik pohybu dělíme mechaniku na 2 odvětví:

a) Kinematika

- Popisuje pohyb, což zahrnuje trajektorii, rychlost apod.
- Zkoumá, *jak* se hmotný bod (nebo soustava hmotných bodů) pohybuje.

b) Dynamika

- Popisuje příčiny pohybu, což zahrnuje síly, které působí na hmotný bod (soustavu hmotných bodů).
- Zkoumá, *proč* se hmotný bod (nebo soustava hmotných bodů) pohybuje.

3.1.2 Mechanický pohyb

Jedná se o pohyb jakéhokoliv tělesa, který vždy zkoumáme vzhledem k jinému tělesu nebo soustavě těles (tzv. vztažná soustava). Vztažnou soustavou mohou být skutečná tělesa nebo myšlená tělesa. Skutečná tělesa jsou např.: výrobek, rám stroje nebo obsluha stroje. Myšlená tělesa jsou např.: soustava souřadnic. Na volbě vztažné soustavy závisí klid nebo pohyb tělesa.

Definice hmotného bodu:

Hmotný bod je každé těleso, jehož rozměry jsou vzhledem k rozměrům zvolené vztažné soustavy zanedbatelné. Je charakterizován pouze hmotností tělesa. Nezajímáme se o jeho vnitřní strukturu. [2]

3.1.3 Trajektorie hmotného bodu

Definice trajektorie:

Souvislá čára, kterou hmotný bod při svém pohybu opisuje, se nazývá trajektorie hmotného bodu. [2]

• Dělení pohybů podle trajektorie:

- a) *Přímočarý* – pohyb, jehož trajektorií je úsečka nebo přímka (volný pád, posun pístu, ...)
- b) *Křivočarý* – pohyb, jehož trajektorií je libovolná křivka (seskok padákem, pohyb kulky, let míče, ...)
 - speciálním případem je pohyb po kružnici (pohyb závaží na kole vzhledem k ose, ...)

Definice dráhy:

Délka trajektorie, kterou hmotný bod opíše za určitý čas t , se nazývá dráha. [2]

3.1.4 Rychlost hmotného bodu

Rychlost je vektorová veličina, kde vektor má směr tečny k trajektorii hmotného bodu (dále jen HB) v daném okamžiku.

Velikost okamžité rychlosti je definována jako přírůstek ds za čas dt .

$$v = \frac{ds}{dt} [m \cdot s^{-1}]$$

Dělení pohybů podle rychlosti:

- a) *Rovnoměrný* – pohyb, kde je rychlost konstantní
- b) *Nerovnoměrný* – pohyb, kde se rychlost mění v závislosti na čase

3.1.5 Zrychlení hmotného bodu

Zrychlení je vektorová veličina, která vyjadřuje změnu rychlosti v závislosti na čase a má směr změny rychlosti. Pokud se HB pohybuje se zrychlením, hovoříme o nerovnoměrném pohybu. Speciálním případem je rovnoměrný pohyb po kružnici, kde se nachází dostředivé zrychlení.

Velikost okamžitého zrychlení je definována jako přírůstek dv za čas dt :

$$a = \frac{dv}{dt} [m \cdot s^{-2}]$$

Dělení pohybu dle zrychlení:

- $a = 0$ → rovnoměrný
- $a > 0$ → rovnoměrně zrychlený
- $a < 0$ → rovnoměrně zpomalený
- $a = f(t)$ → nerovnoměrný

Okamžité zrychlení můžeme rozložit na složky:a) *Složky t a n*

- a_t – tečné zrychlení
 - leží na tečně k trajektorii pohybu v daném bodě
 - stejný směr jako obvodová rychlost
- a_n – normálové zrychlení (když $a_n = 0$, jedná se o přímočarý pohyb)
 - leží na normále k trajektorii pohybu v daném bodě
 - vyjadřuje změnu směru rychlosti
 - u pohybu po kružnici tzv. dostředivé zrychlení

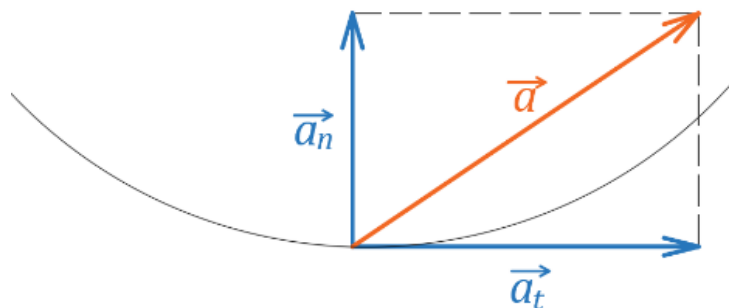
b) *Složky x a y (podle souřadného systému)*

- a_x – složka ve směru x
- a_y – složka ve směru y

Skládání složek zrychlení

Složky zrychlení se skládají pomocí Pythagorovy věty:

$$a^2 = a_t^2 + a_n^2$$



Obrázek 1 - Zrychlení

3.2 Mechanizmy

Definice:

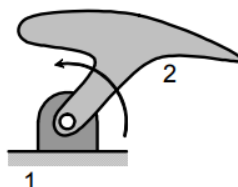
Mechanismus je soustava těles, které jsou spojeny vazbami. Slouží k přenosu a transformaci pohybů a sil.

Dělení podle druhu přenosu:

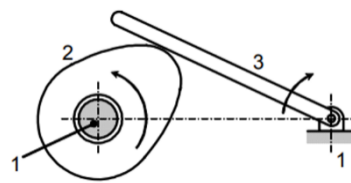
- Mechanické – přenos pomocí tuhého členu
 - Mechanické převody – ozubenými koly, řetězový, řemenový a třecí
 - Kinematické mechanismy – klikový, vačkový, kulisový apod.
- Hydraulické – přenos pomocí kapaliny
- Pneumatické – přenos pomocí plynu

Dělení podle počtu členů:

- Dvoučlenné mechanismy
- Trojčlenné mechanismy
- Čtyřčlenné mechanismy
- Vícečlenné mechanismy



Obrázek 2 - Dvoučlenný mechanismus [3]



Obrázek 3 - Trojčlenný mechanismus [3]

Dělení podle počtu stupňů volnosti:

- Mechanizmy s 1 stupněm volnosti
- Mechanizmy se 2 stupni volnosti – diferenciály
- Mechanizmy s více stupni volnosti

Dělení podle druhu převodu:

- S konstantním převodem
- S nekonstantním převodem [3]

3.2.1 Základní pojmy

Člen mechanismu – rám, klika, ojnice, vačka apod.

Hnací člen – jedná se o člen, který pohání mechanismus

Hnaný člen – jedná se o člen, který je poháněn mechanismem

Rám – nepohyblivá část mechanismu

3.2.2 Stupně volnosti

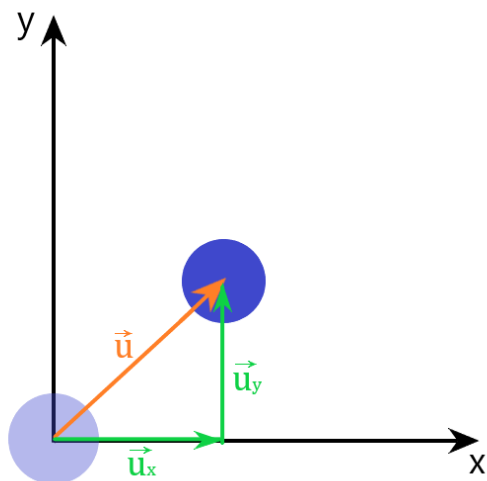
Definice

Mechanismus má tolik stupňů volnosti, kolik je třeba nezávislých souřadnic k určení jeho polohy.

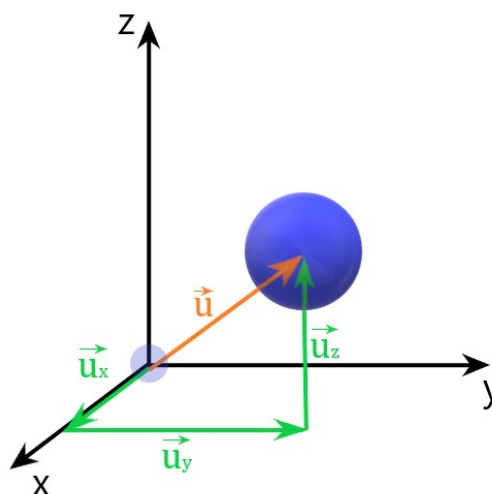
- **Stupně volnosti hmotného bodu**

Přesun hmotného bodu v rovině je složen z posuvů ve 2 směrech (x, y). Z toho plyne, že hmotný bod má v rovině 2 stupně volnosti.

Přesun hmotného bodu v prostoru je složen z posuvů ve 3 směrech (x, y, z). Z toho plyne, že hmotný bod má v prostoru 3 stupně volnosti.



Obrázek 4 - Hmotný bod v rovině xy



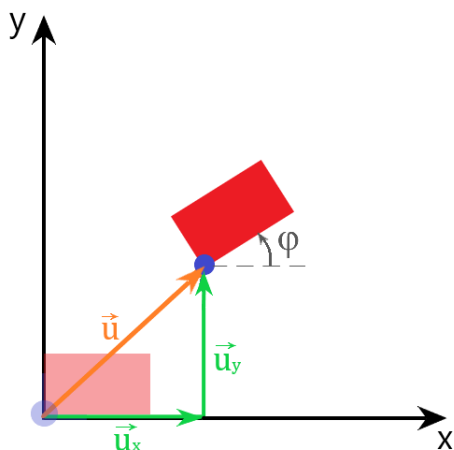
Obrázek 5 - Hmotný bod v prostoru xyz

- **Stupně volnosti tuhé desky**

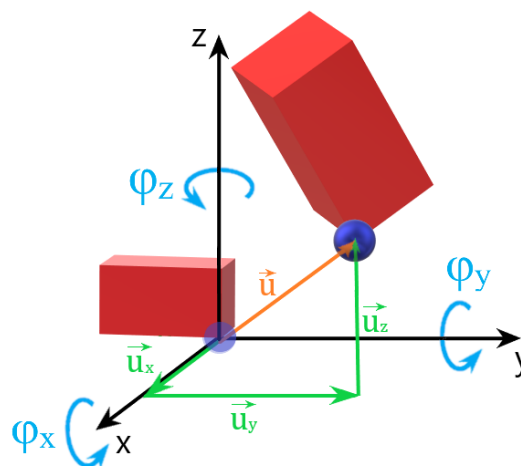
Přesun tuhé desky je složen z posuvů ve 2 směrech (x, y) a rotace (úhel φ). Z toho plyne, že tuhá deska má 3 stupně volnosti.

- **Stupně volnosti tuhého tělesa**

Přesun tuhého tělesa je složen z posuvů ve 3 směrech (x, y, z) a 3 rotací ($\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z$). Z toho plyne, že tuhé těleso má 6 stupňů volnosti.



Obrázek 6 - Tuhá deska



Obrázek 7 - Tuhé těleso

Určení počtu stupňů volnosti

- *V rovině*

$$i = 3 \cdot (n - 1) - 2 \cdot (p + r + v) - 1 \cdot o$$

$$i = 3 \cdot (n - 1) - 2 \cdot p_2 - 1 \cdot p_1$$

n – počet členů včetně rámu

p – počet posuvných vazeb

r – počet rotačních vazeb

v – počet valivých vazeb

p_1 – počet vazeb 1. třídy

p_2 – počet vazeb 2. třídy

- *V prostoru*

$$i = 6 \cdot (n - 1) - \sum_{j=1}^5 j \cdot p_j$$

p_j – počet vazeb j -té třídy (odebírá j stupňů volnosti) [3]

3.2.3 Vazby

- Vazba je omezení vzájemného pohybu dvou těles.
- Kinematická dvojice je dvojice těles spojených vazbou.
- Kinematický řetězec je soustava kinematických dvojic. [4]

Dělí se na:

Pozn.: Třída vazby určuje, kolik stupňů volnosti vazba odebírá.


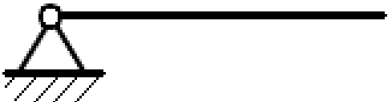

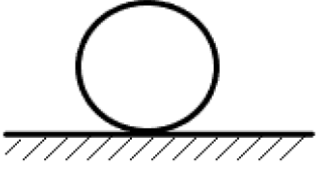

- **Rovinné**

1. Třída – obecná vazba
2. Třída – posuvná vazba
 - rotační vazba
 - valivá vazba (bez prokluzu)
3. Třída – vetknutí

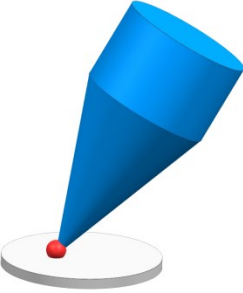
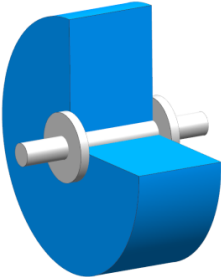
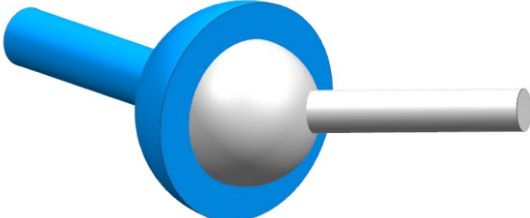
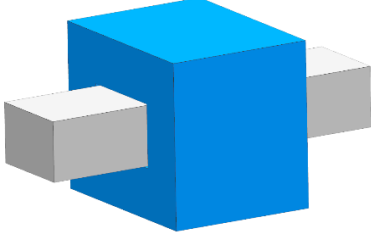
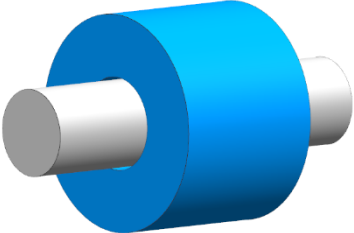
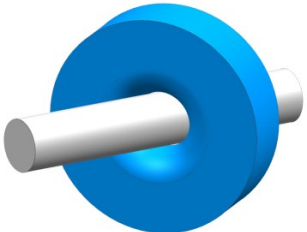
- **Prostorové**

1. Třída – obecná vazba
2. Třída – posuvný sférický kloub
3. Třída – sférický kloub
4. Třída – posuvná rotační vazba
 - dvojitý kloub
5. Třída – kloubová vazba
 - posuvná vazba
 - šroubová vazba
6. Třída – vetknutí

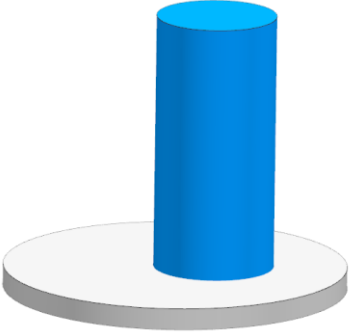
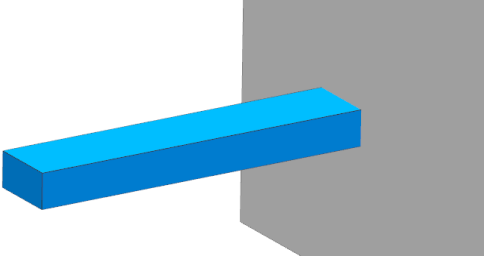
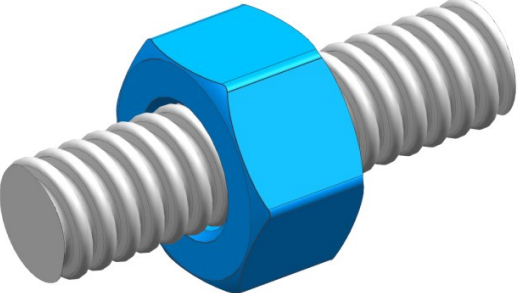
Tabulka 1 - Rovinné vazby

Název	Značka	Schéma	Počet stupňů volnosti	
			Zachovává	Odebírá
Obecná	o		2	1
Rotační	r		1	2
Posuvná	p		1	2
Valivá	v		1	2
Vetknutí	t		0	3

Tabulka 2 - Prostorové vazby (1/2)

Název	Značka	Schéma	Počet stupňů volnosti	
			Zachovává	Odebírá
Obecná	o		5	1
Rotační	r		1	5
Sférická	s		3	3
Posuvná	p		1	5
Rotačně posuvná	rp		2	4
Sféricky posuvná	sp		4	2

Tabulka 3 - Prostorové vazby (2/2)

Název	Značka	Schéma	Počet stupňů volnosti	
			Zachovává	Odebírá
Plochá	pl		3	3
Vetknutí	t		0	6
Šroubová	š		1	5

Citovaná literatura

- [1] **KEMKA, ING. VLADISLAV.** *CourseWARE*. [Online] 2011. [Citace: 10. 12 2018.] <https://portal.zcu.cz/portal/studium/courseware/kks/zdmt/studijni-materialy.html>.
- [2] **REICHL J., VŠETIČKA M.** Encyklopedie fyziky. *Mechanický pohyb*. [Online] [Citace: 20. 11 2018.] <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/2-mechanicky-pohyb>.
- [3] **VŠB - TU OSTRAVA.** Aplikovaná mechanika. 8. přednáška. [Online] [Citace: 25. 3 2019.] https://www.fs.vsb.cz/export/sites/fs/330/.content/files/Aplikovana_mechanika_08_prednaska.pdf.
- [4] **HRDINA, JAROSLAV.** Kinematické dvojice a Lieovy grupy. [Online] 7. 6 2011. [Citace: 25. 3 2019.] http://www.amathnet.cz/Portals/0/workshopy/Pavlov%202011/dokumenty/pavlov_hrdina.pdf.

Zdroje

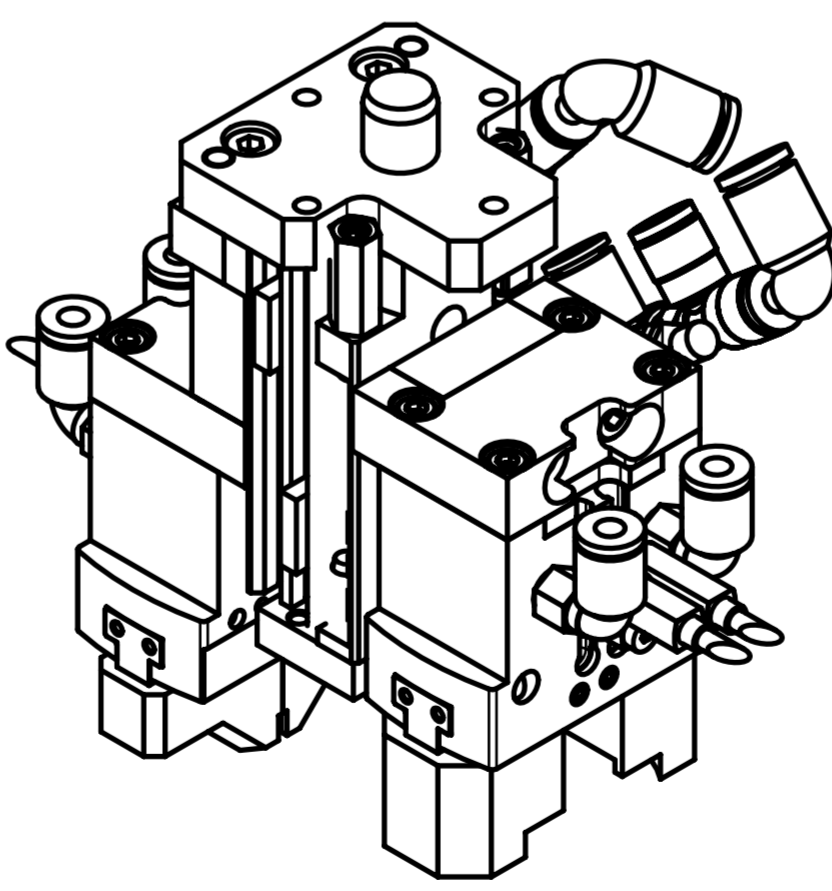
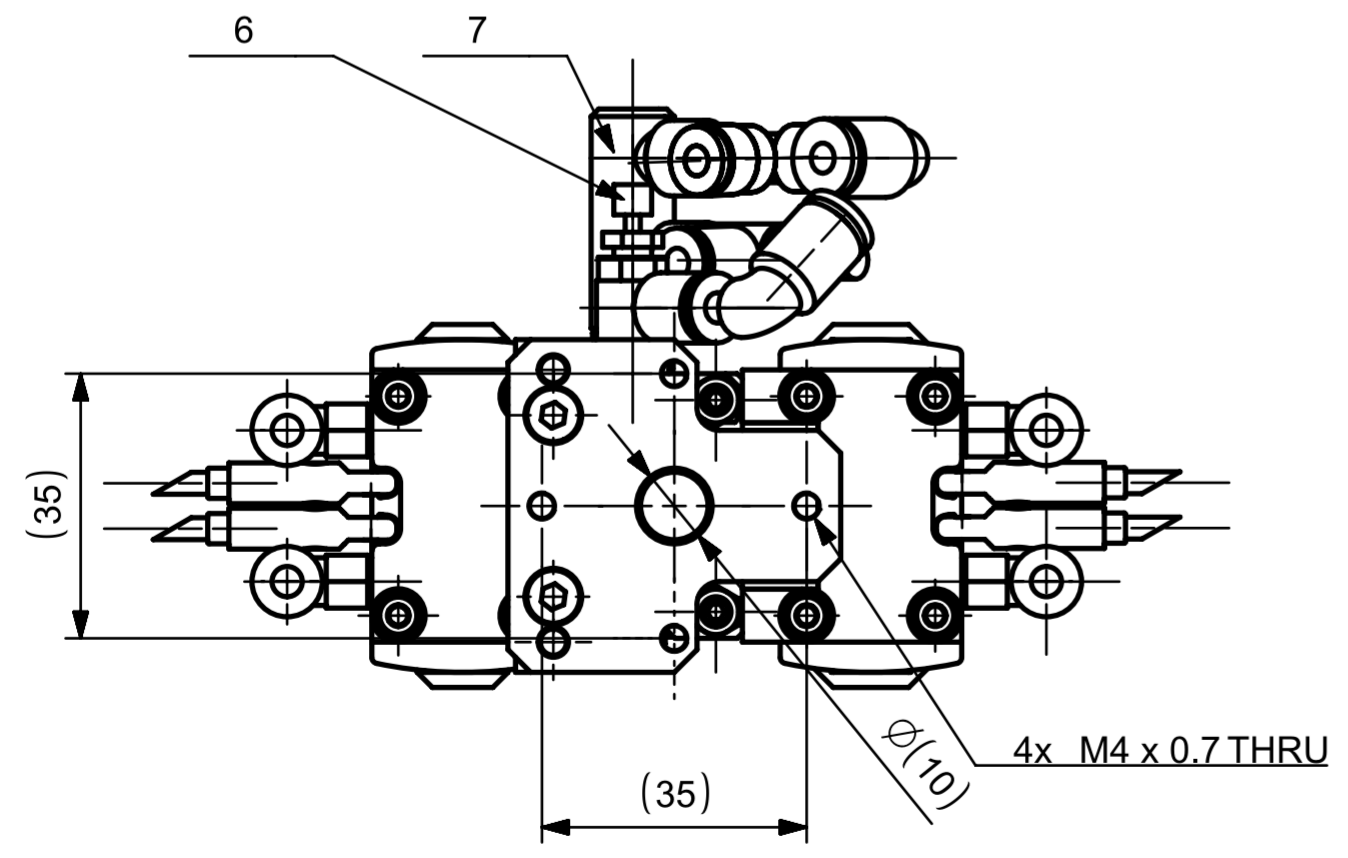
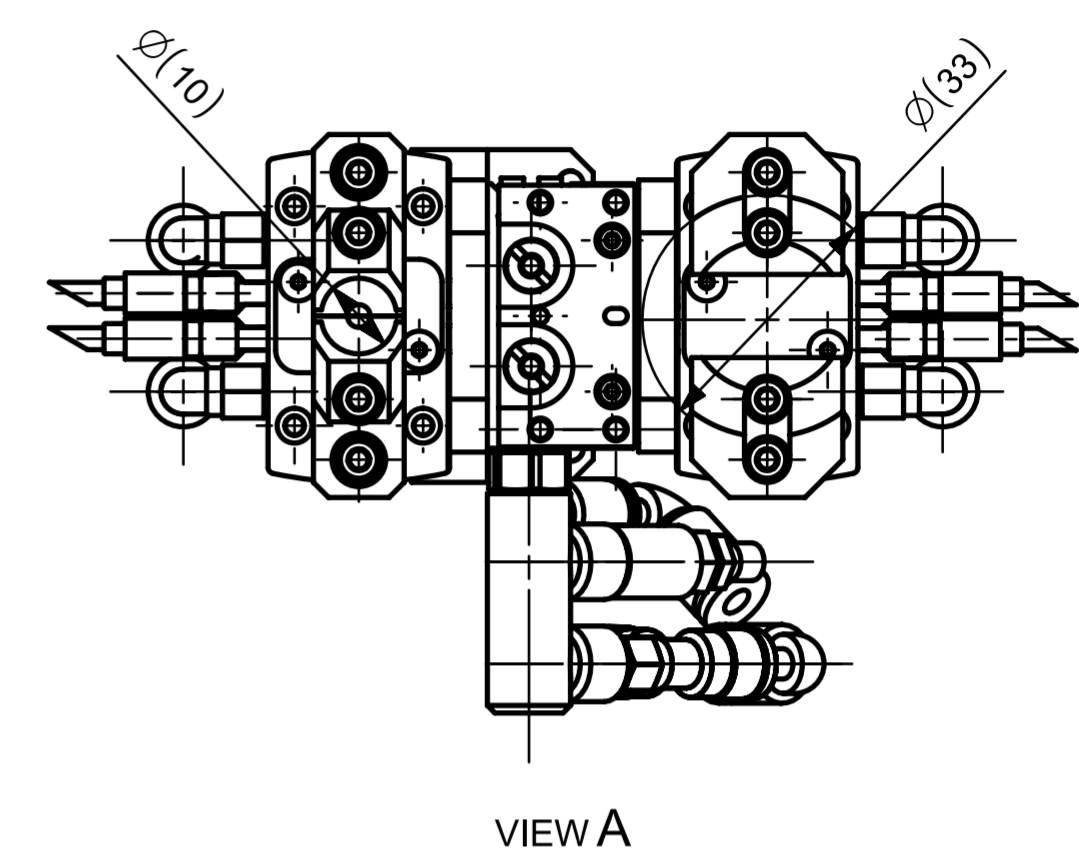
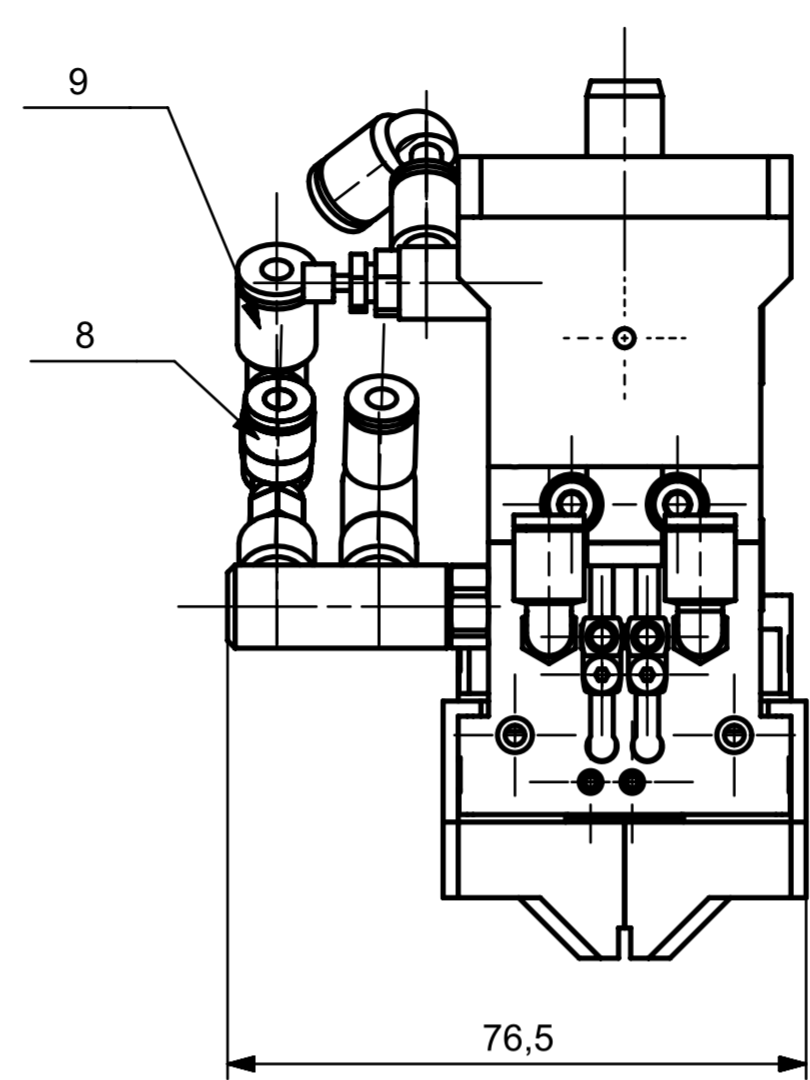
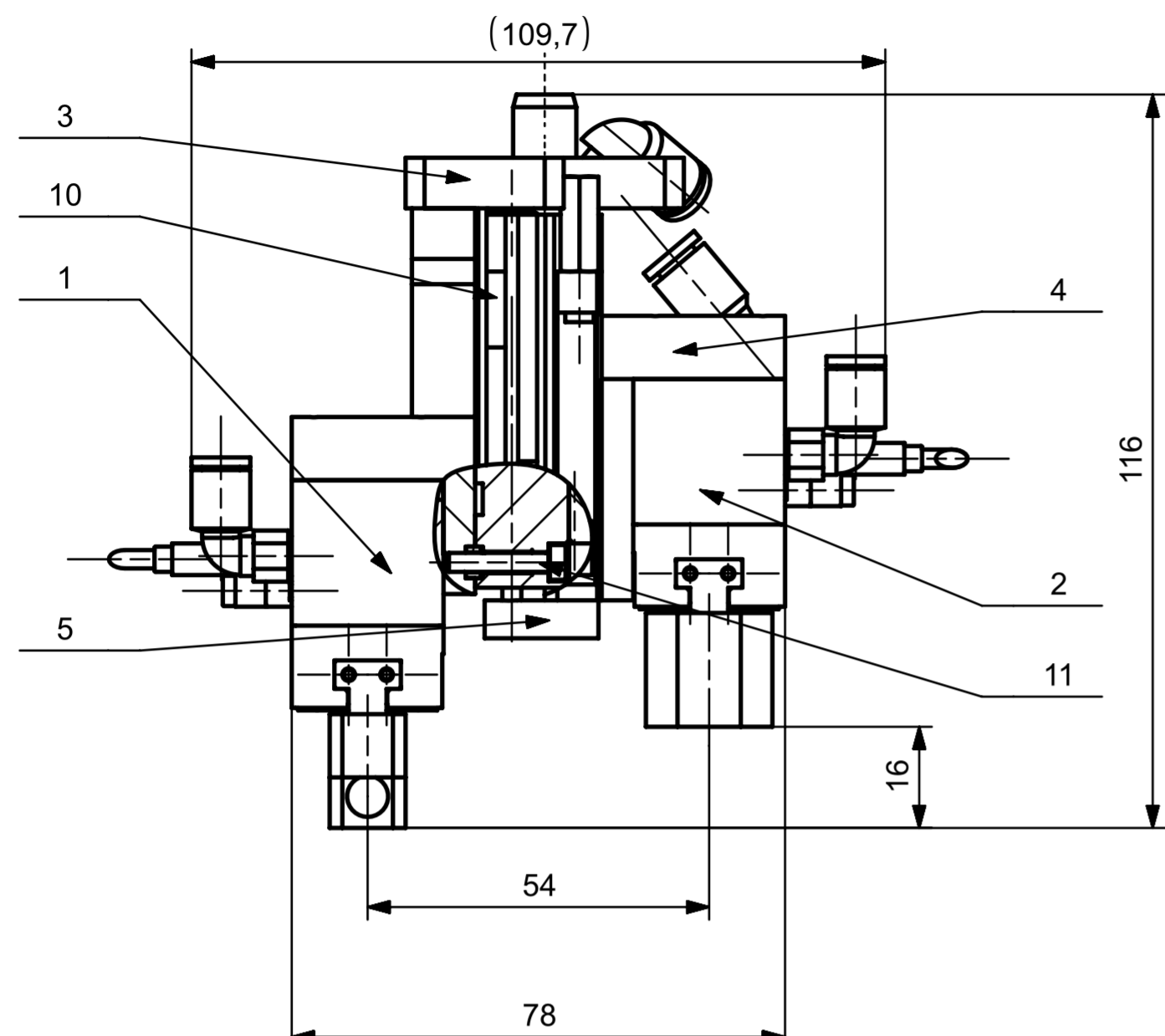
- **HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J.** *Příručka strojího inženýra 1*. Brno: Computer Press, 1999
- **VLK, F.** *Stavba motorových vozidel*. Brno: nakl. Vlk, 2003
- Dokument z webu e-learning.sps-dopravni.cz/mod/resource/view.php?id=2283
- <https://cs.wikipedia.org/wiki/Zved%C3%A1k>
- https://www.fs.vsb.cz/export/sites/fs/330/.content/files/Aplikovana_mechanika_08_prednaska.pdf
- http://domes.spsbrno.cz/web/DUMy/SPS,%20MEC,%20CAD/VY_32_INOVACE_15-18.pdf
- https://mech.fsv.cvut.cz/~smilauer/teaching/SM1_pred_05.pdf
- http://www.umt.fme.vutbr.cz/images/opory/Mechanika%20I%20-%20Statika/Tech_mech_I.pdf

Seznam obrázků

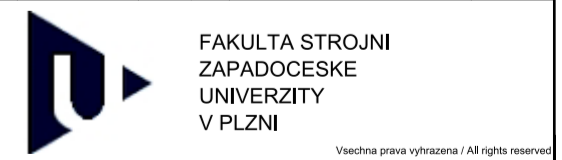
Obrázek 1 - Zrychlení.....	7
Obrázek 2 - Dvoučlenný mechanismus [3]	8
Obrázek 3 - Trojčlenný mechanismus [3]	8
Obrázek 4 - Hmotný bod v rovině xy	9
Obrázek 5 - Hmotný bod v prostoru xyz	9
Obrázek 6 - Tuhá deska	10
Obrázek 7 - Tuhé těleso	10

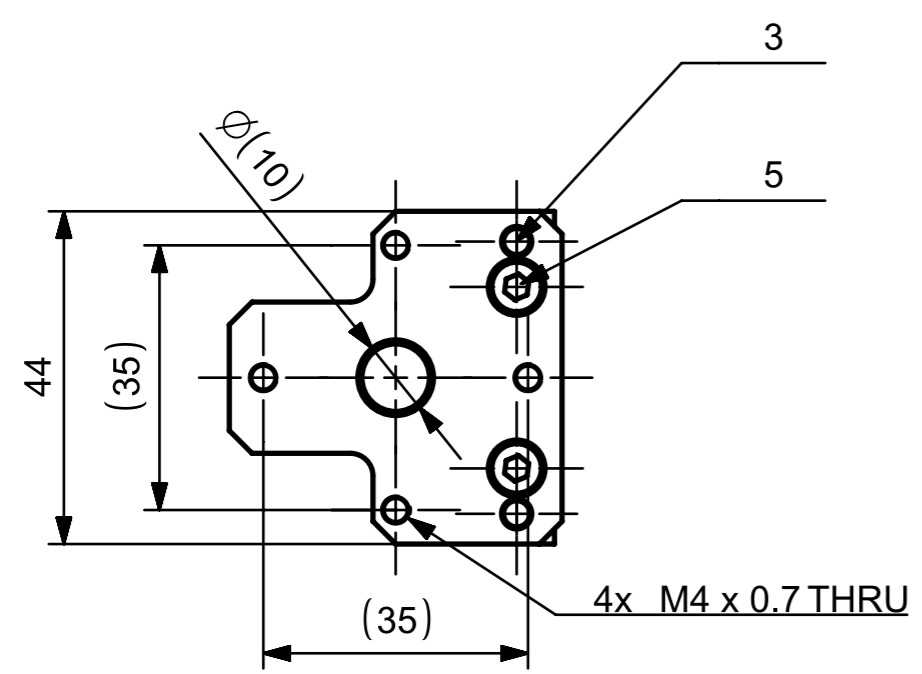
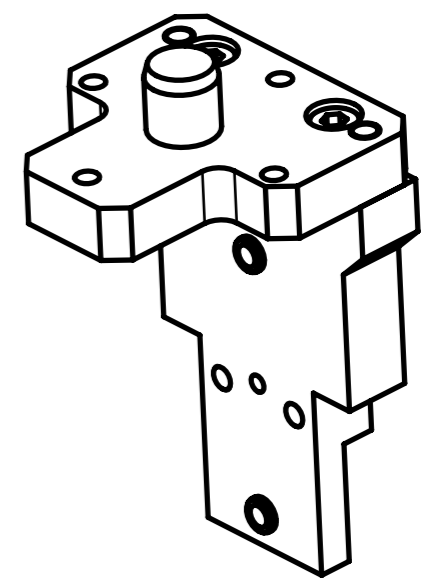
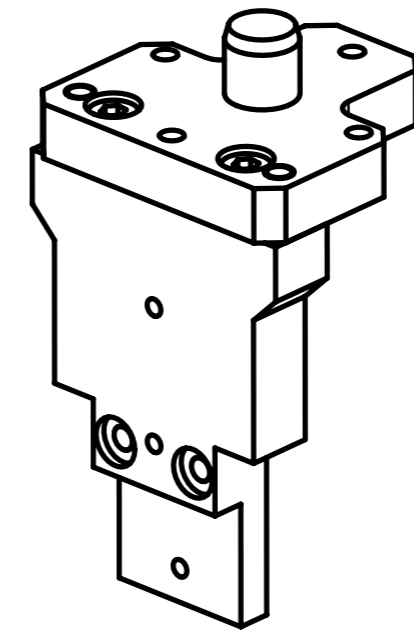
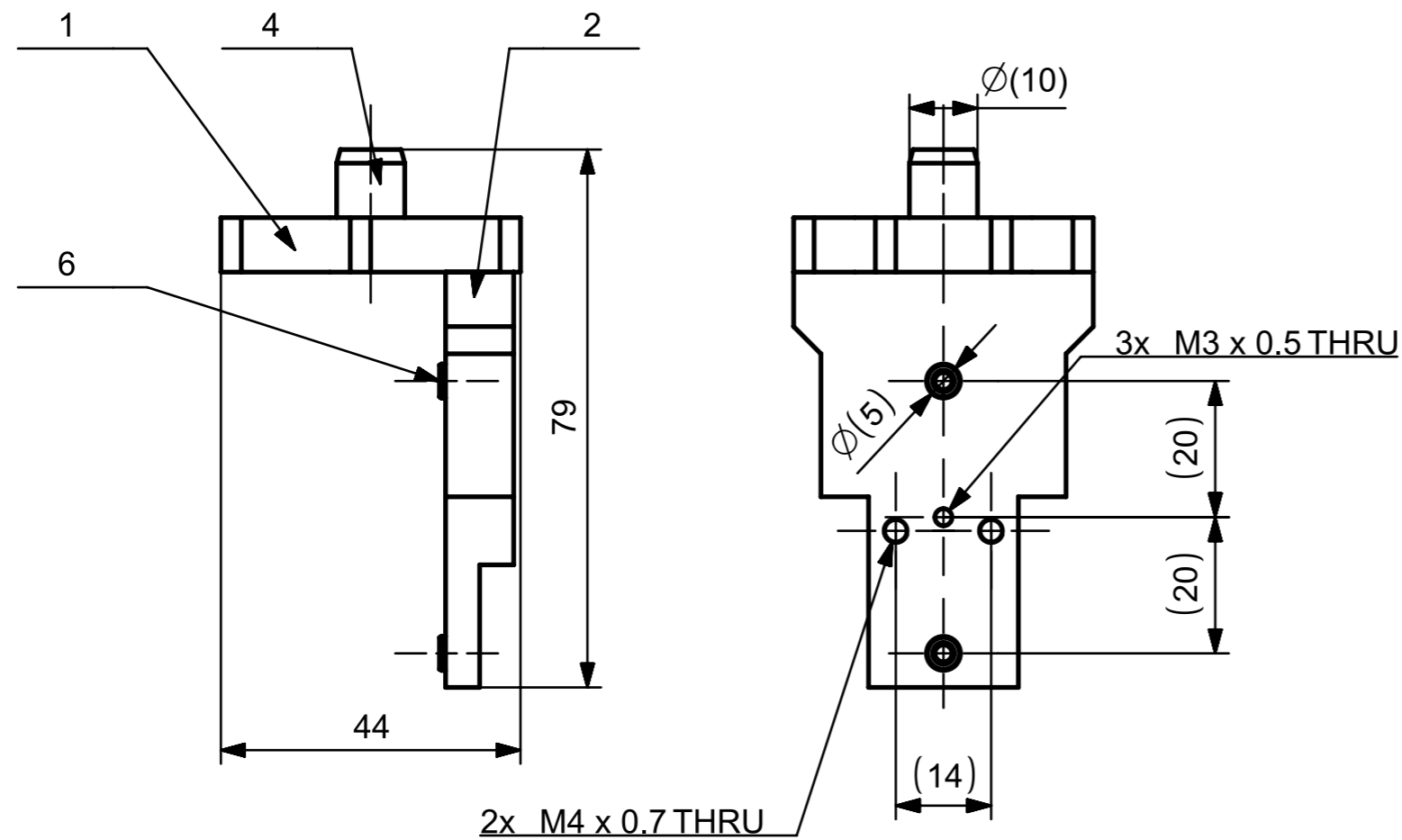
Seznam tabulek

Tabulka 1 - Rovinné vazby.....	11
Tabulka 2 - Prostorové vazby (1/2)	12
Tabulka 3 - Prostorové vazby (2/2)	13





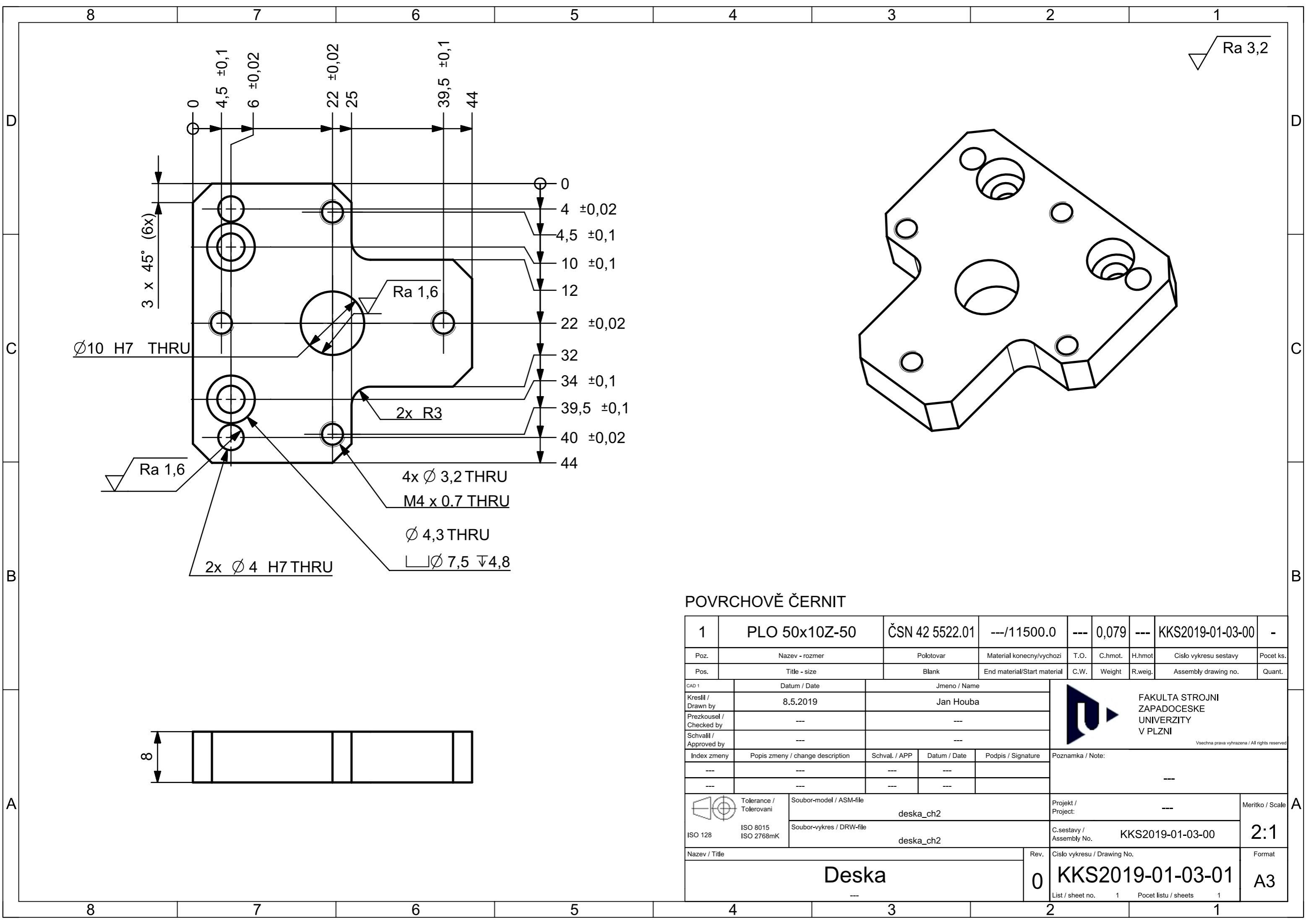
Pos.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material konecny/vychozi	T.O.	C.hmot	Hr.hmot	Cislo vykresu	Pocet ks.
11	Sroub - M3x16	ISO 4762	---	---	0,004	---	---	3
10	Magneticky senzor - MKC3028-BPKG_G_0,3M_ZH_AS	IFM	---	---	0,003	---	---	2
9	Sroubeni - KQ2L04-99	SMC	---	---	0,024	---	---	2
8	T-spojka - KJY04-M5	SMC	---	---	0,014	---	---	1
7	Zpetny ventil - 530029 HGL-M5-B	FESTO	---	---	0,021	---	---	1
6	Skrtyci ventil - AS1201F-M5-04	SMC	---	---	0,031	---	---	2
5	Mini sane - 170551 SLT-6-30-P-A	FESTO	---	---	0,132	---	---	1
4	Drzak - ---	---	---	---	0,101	---	KKS2019-01-02-00	1
3	Redukce - ---	---	---	---	0,231	---	KKS2019-01-03-00	1
2	Uchopovac 2 - ---	---	---	---	0,147	---	KKS2019-01-02-00	1
1	Uchopovac 1 - ---	---	---	---	0,199	---	KKS2019-01-01-00	1
Pos.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material konecny/vychozi	T.O.	C.hmot	Hr.hmot	Cislo vykresu	Pocet ks.
Pos.	Title - size	Blank	End material/Start material	C.W.	Weight	R.weight	Drawing No.	Quant.
cad 1	Datum / Date	Jmeno / Name						
Kresil / Drawn by	9.5.2019	Jan Houba						
Prezkoušel / Checked by	---	---						
Schválil / Approved by	---	---						
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznamka / Note:			
---	---	---	---	---	---			
---	---	---	---	---	---			
ISO 128	Tolerance / Tolerovani	Soubor-model / ASM-file		Projekt / Project:	---	Meritko / Scale	1:1	
	ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-vykres / DRW-file		C.sestavy / Assembly No.	---			
		chapidlo_R1		C.hmot.sestavy	0,91			
Nazev / Title				Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.		Format	
Uchopovaci hlava				0	KKS2019-01-00-00		A2	
				List / sheet no.	1	Pocet listu / sheets	1	







6	Stredici dutinka - 189652 ZBH-5	FESTO	---/---	---	0,001	---	---	2
5	Sroub - M4 x 10	ISO 4762	---/---	---	0,004	---	---	2
4	Kolik - 10m6 x 18	ISO 2338	---/---	---	0,011	---	---	1
3	Kolik - 4m6 x 16	ISO 8734	---/---	---	0,003	---	---	2
2	Deska - PLO 50x12Z-67	ČSN 42 5522.01	---/11500.0	---	0,125	---	KKS2019-01-03-02	1
1	Deska - PLO 50x10Z-50	ČSN 42 5522.01	---/11500.0	---	0,079	---	KKS2019-01-03-01	1
Poz.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material konecny/vychazi	T.O.	C.hmot	Hr.hmot	Cislo vykresu	Pocet ks.
Pos.	Title - size	Blank	End material/Start material	C.W.	Weight	R.weight	Drawing No.	Quant.

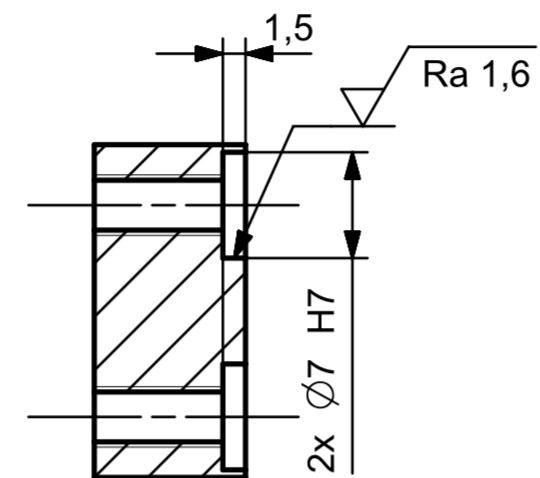
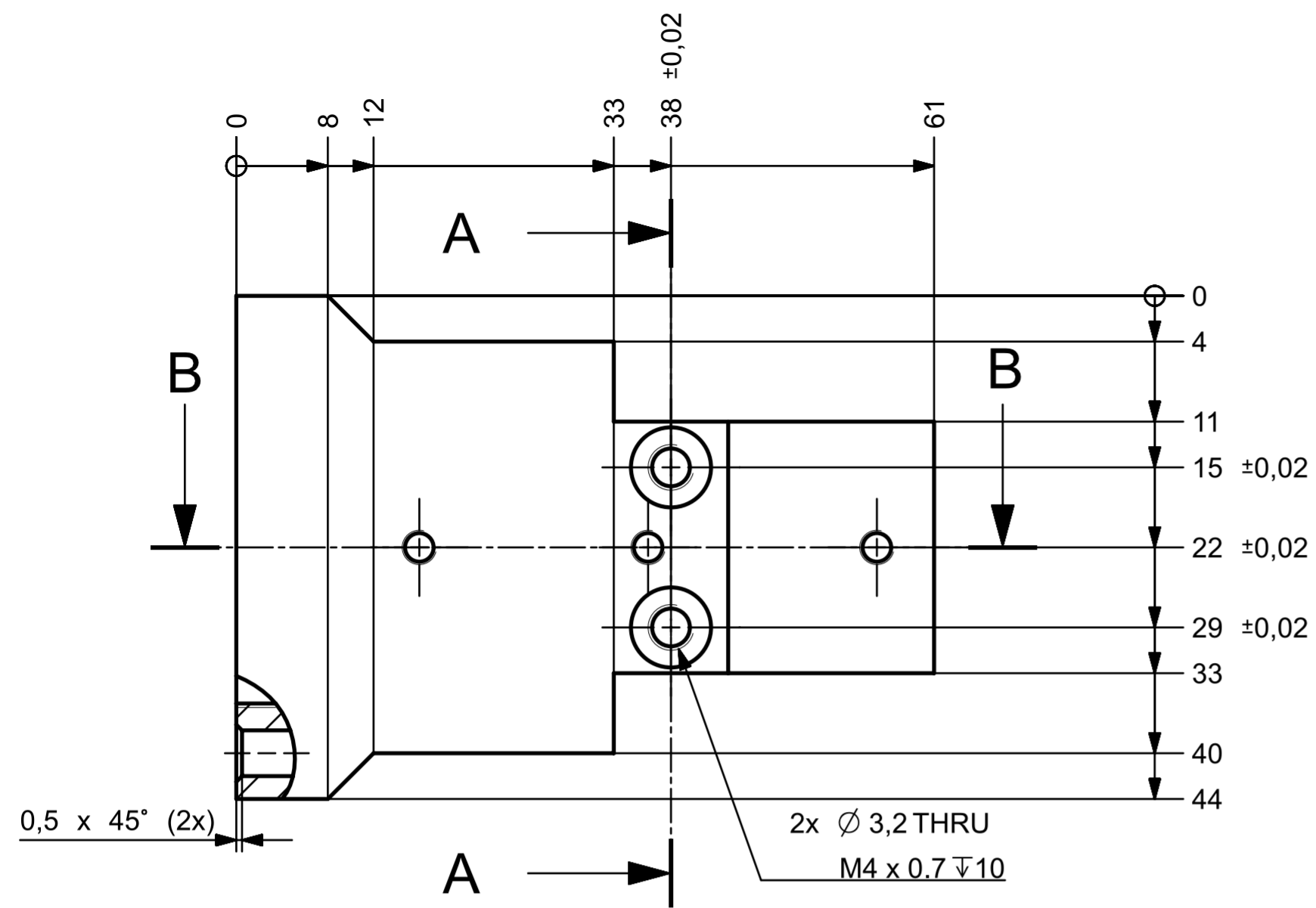
CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name		 FAKULTA STROJNI ZAPADOCESKE UNIVERZITY V PLZNI <small>Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved</small>			
Kreslil / Drawn by	9.5.2019	Jan Houba					
Prezkoušel / Checked by	---	---					
Schválil / Approved by	---	---					
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:		
---	---	---	---	---	---		
---	---	---	---	---	---		
 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file		Projekt / Project:		Meritko / Scale 1:1		
	Redukce2		C.sestavy / Assembly No.				
Soubor-vykres / DRW-file		C.hmot.sestavy		0,23			
Nazev / Title				Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.	Format	
Redukce				0	KKS2019-01-03-00	A3	
				List / sheet no.	1	Pocet listu / sheets	1



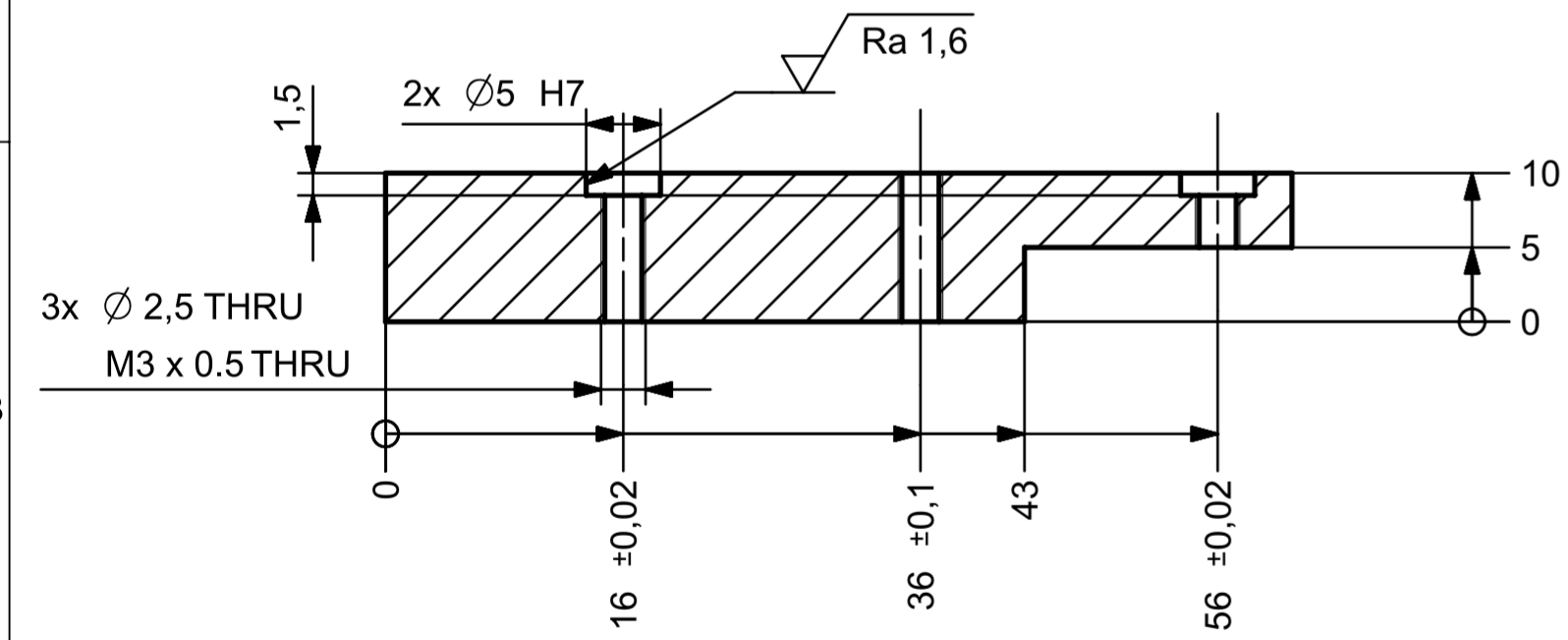
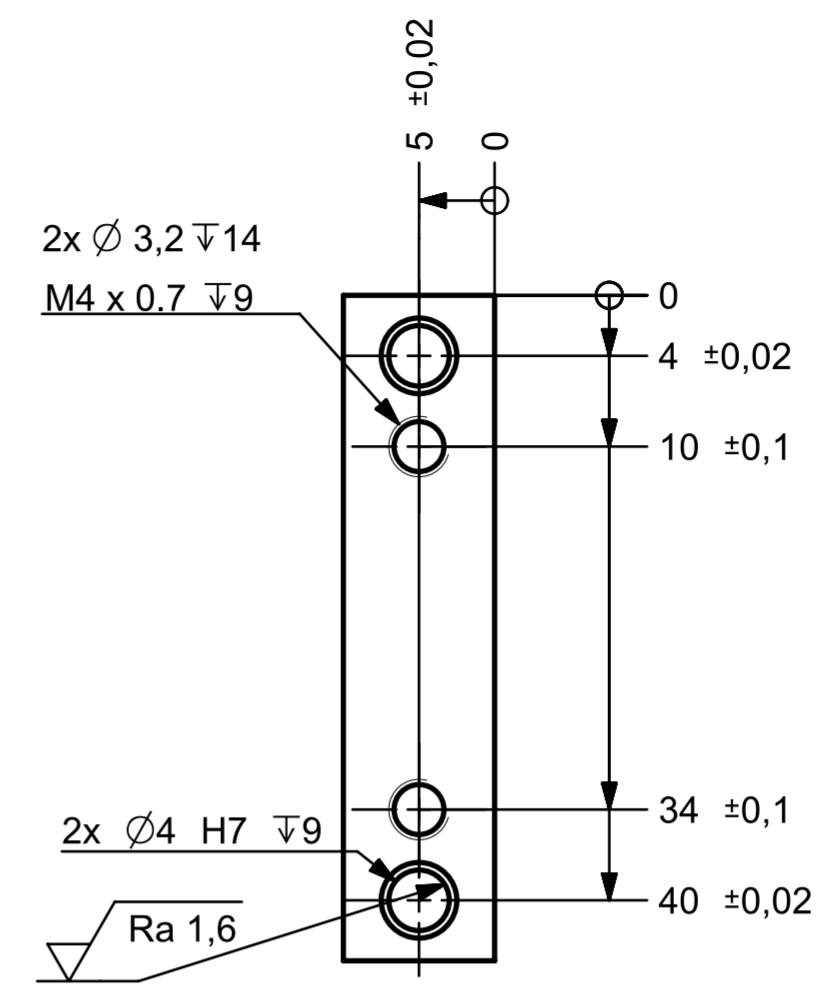
POVRCHOVĚ ČERNIT

1	PLO 50x10Z-50	ČSN 42 5522.01	---/11500.0	---	0,079	---	KKS2019-01-03-00	-	
Poz.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material konecny/vychozi	T.O.	C.hmot.	H.hmot	Cislo vykresu sestavy	Pocet ks.	
Pos.	Title - size	Blank	End material/Start material	C.W.	Weight	R.weig.	Assembly drawing no.	Quant.	
CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name		 FAKULTA STROJNI ZAPADOCESKE UNIVERZITY V PLZNI <small>Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved</small>					
Kreslil / Drawn by	8.5.2019	Jan Houba							
Prezkoušel / Checked by	---	---							
Schválil / Approved by	---	---							
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:				
---	---	---	---	---	---				
---	---	---	---	---	---				
 Tolerance / Tolerovani ISO 128 ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file		deska_ch2		Projekt / Project:		---		
	Soubor-vykres / DRW-file		deska_ch2		C.sestavy / Assembly No.		KKS2019-01-03-00		
Nazev / Title					Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.			Format
Deska					0	KKS2019-01-03-01			A3
					List / sheet no.	1	Pocet listu / sheets		1

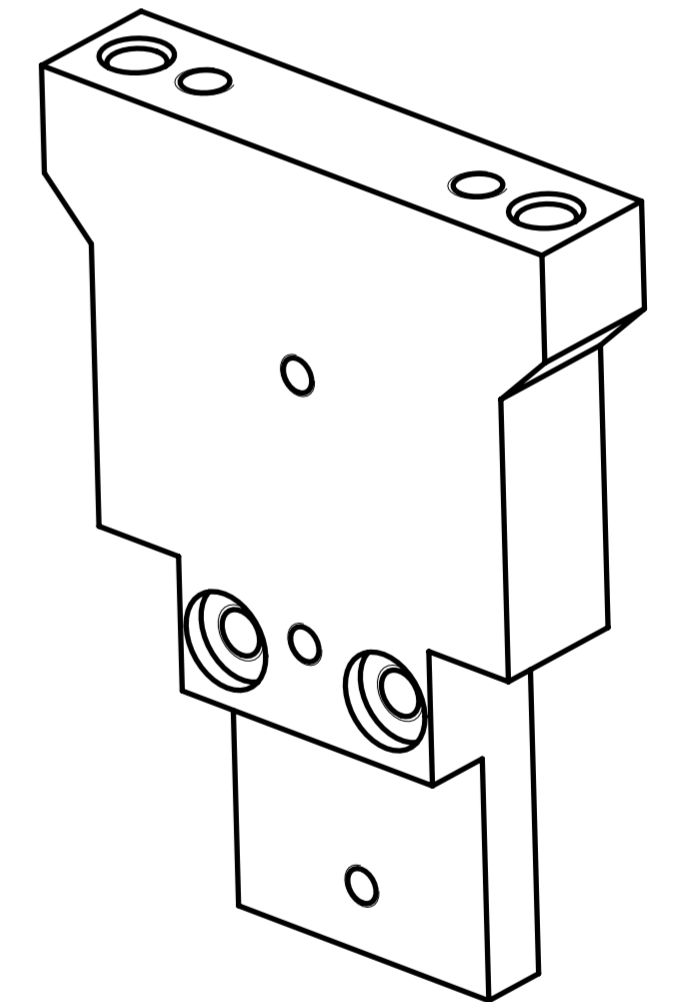
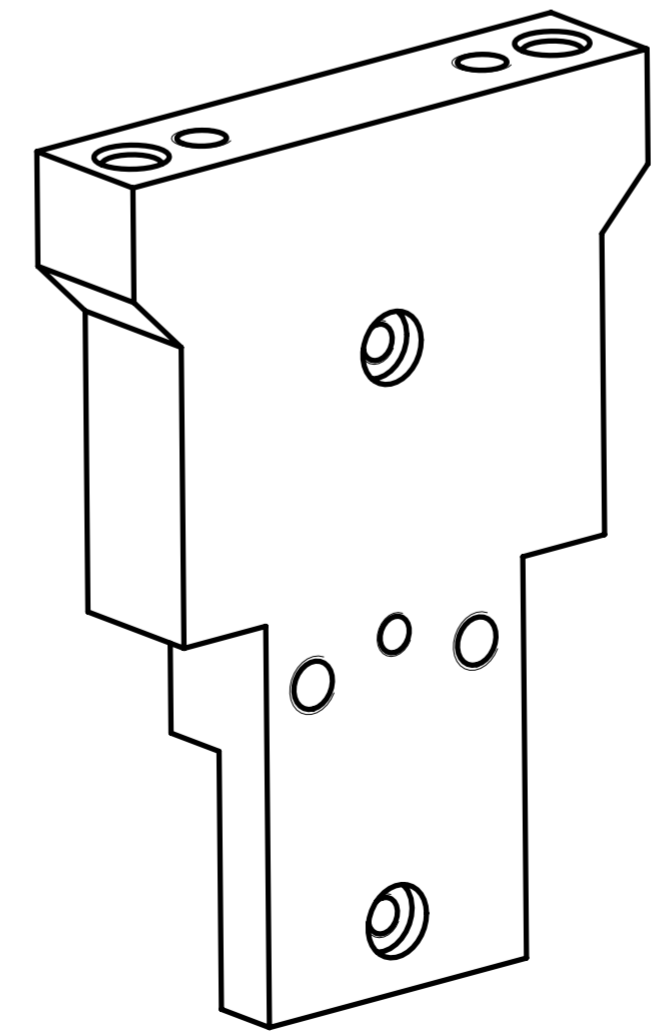
Ra 3,2



SECTION A-A



SECTION B-B



POVRCHOVĚ ČERNIT

2	PLO 50x12Z-67	ČSN 42 5522.01	---/11500.0	---	0,125	---	KKS2019-01-03-00	-
Poz.	Nazev - rozmer	Polotovary	Material konecny/vychozi	T.O.	C.hmot.	H.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Pocet ks.
Pos.	Title - size	Blank	End material/Start material	C.W.	Weight	R.weig.	Assembly drawing no.	Quant.
cad 1	Datum / Date	Jmeno / Name						
Kreslil / Drawn by	8.5.2019	Jan Houba						
Prezkoušel / Checked by	---	---						
Schválil / Approved by	---	---						
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznamka / Note:			
---	---	---	---	---	---			
---	---	---	---	---	---			
ISO 128	Tolerance / Tolerovani	Soubor-model / ASM-file		Projekt / Project:	Meritko / Scale			
	ISO 8015 ISO 2768mK	deska_ch1		---	2:1			
Soubor-yrkes / DRW-file				C.sestavy / Assembly No.	KKS2019-01-03-00			
deska_ch1				Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.		Format	
Deska				0	KKS2019-01-03-02		A2	
				List / sheet no.	1	Pocet listu / sheets	1	