

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robotiky

Revize a doplnění dokumentace k MR Ares

Revision and Supplement of MR Ares Documentation

Student: Zdeněk Zeman

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav Krys, Ph.D.

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra robotiky

Zadání bakalářské práce

Student: **Zdeněk Zeman**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2301R013 Robotika
Téma: **Revize a doplnění dokumentace k MR Ares**
Revision and Supplement of MR Ares Documentation
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte dodanou dokumentaci k MR Ares. Zjistěte soulad dokumentace robotu se skutečným stavem.
2. Upravte 3D model robotu dle aktuálního stavu a pokynů vedoucího.
3. Navrhněte možná řešení držáků HW komponent robotu.
4. Zvolené řešení držáků HW doplňte do finální verze dokumentace k robotu. Jejich výrobní dokumentaci zpracujte dle pokynů vedoucího práce.
5. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu MS WORD a konstrukční řešení v CAD systému dle pokynů vedoucího práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 2007. 48 s.

ČSN ISO 690 *Informace a dokumentace - Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: Český normalizační institut, 2010.

DRASTÍK, F. *Technické kreslení I. – pravidla tvorby výkresů ve strojírenství*. 2. vydání. Ostrava: Montanex Ostrava, 2005. 260 s. ISBN 87-7225-195-3.

NOVÁK, P. *Mobilní roboty: pohony, senzory, řízení*. 1. vydání. Praha: BEN Praha, 2005. 247 s. ISBN 80-7300-141-1.

KÁRNÍK, L.; KNOFLÍČEK, R.; MARCINČIN, J. N. *Mobilní roboty*. 1. vydání. Opava: Márfy Slezsko, 2000. 212 s. ISBN 80-902746-2-5.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Václav Krys, Ph.D.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017

prof. Dr. Ing. Petr Novák
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě15.5.2017.....

.....Zeman.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užit (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užit dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užit své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 15. 5. 2017

..... Zeman

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Zdeněk Zeman

Adresa trvalého pobytu autora práce: Divišova 2826, 733 01 Karviná

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ZEMAN, Z. *Revize a doplnění dokumentace k MR Ares: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotiky, 2017, 62 s. Vedoucí práce: Václav, K.

Bakalářská práce se zabývá revizí a doplněním dokumentace k mobilnímu robotu ARES. V prvních kapitolách je popsána konstrukce robotu a komponenty elektronického systému. Dále jsou vyjmenovány měřicí pomůcky použité při získávání rozměrů robotu. V druhé části práce je přiblížen aktuální stav dokumentace podvozku a její doplnění. Jedná se o zhotovení modelu robotu s ohledem na jeho montáž. Na základě poznatků zjištěných při revizi aktuálního stavu robotu jsou ve třetí části práce navržena možná řešení držáků HW komponent robotu. Finální varianta navrženého možného řešení je doplněna do vypracovaného modelu robotu a je k ní vytvořena příslušná výrobní dokumentace.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

ZEMAN, Z. *Revision and Supplement of MR Ares Documentation: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics, 2017, 62 p. Thesis head: Václav, K.

Bachelor thesis is dealing with revision and supplement of mobile robot Ares documentation. The first chapters describe the robot construction and electronic system components. In addition, the measuring instruments used to obtain robot dimensions are listed. In the second part of the thesis, the current state of the documentation of the robot and its addition is described. It is about making a model of the robot with respect to its installation. Based on the findings of the current state of the robot, the third part of the thesis proposes possible solutions for the robot HW components holders. The final variant of the proposed solution is added to the robot model and the relevant production documentation is created.

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Václavu Krysovy, Ph.D. za cenné rady a připomínky k mé práci.

Obsah

Seznam obrázků	10
Seznam tabulek	12
Seznam použitých značek a termínů	13
Úvod	14
1 Analýza současného stavu	15
1.1 Konstrukce robotu Ares	16
1.2 HW komponenty	18
1.2.1 Hlavní počítač.....	18
1.2.2 Stabilizátor napětí.....	20
1.2.3 Kingston 30GB SSD	21
1.2.4 EPOS2	22
1.2.5 EPOS	23
1.2.6 Subsystem řízení podvozku a ovladač efektoru	24
1.2.7 Kontroléry motorů I-Drive	25
1.3 Měřidla pro měření rozměrů	26
1.4 Technologie FDM 3D tisku	28
2 Aktuální stav robotu Ares	29
2.1 Dodaná dokumentace k robotu Ares.....	30
2.2 Rám podvozku	32
2.3 Hnací pohon a kontroléry motorů	34
2.4 Modul pásu.....	36
2.5 Baterie	40
2.6 Boxy s elektronikou	41
2.7 Krytování	44
2.8 Výsledná sestava aktuálního stavu robotu Ares.....	46
3 Návrh držáků HW komponent	48
3.1 Požadavky na návrh držáků HW komponent.....	49
3.2 Navržené držáky HW komponent.....	50
3.2.1 Držáky pro desky plošných spojů	50
3.2.2 Držák harddisku	51
3.2.3 Stojan pro kontroléry motorů manipulátoru EPOS	52

3.3	Možné řešení podpory pro úchyty koše s bateriemi	54
3.4	Rozmístění a montáž navržených držáků s komponenty v boxech	56
4	Závěr.....	59
	Seznam použité literatury	60
	Přílohy.....	62

Seznam obrázků

Obr. 1	Mobilní servisní pásový robot MR Ares	15
Obr. 2	Konstrukce MR Ares	16
Obr. 3	Zapojení elektroniky robotu Ares	17
Obr. 4	Rozmístění pinů na základní desce hlavního počítače	19
Obr. 5	Rozměry základní desky hlavního PC	19
Obr. 6	Micro DC-DC convertor	20
Obr. 7	Rozměry modulu DC-DC stabilizátoru	20
Obr. 8	Zjednodušený model stabilizátoru na desce plošných spojů	21
Obr. 9	Kingston 30GB SSD	21
Obr. 10	EPOS2 50/2	22
Obr. 11	Rozměry zařízení EPOS2 50/2	22
Obr. 12	EPOS 70/10	23
Obr. 13	Rozměry zařízení EPOS 70/10	23
Obr. 14	Ovladač efektoru.....	24
Obr. 15	Battery management.....	24
Obr. 16	Deska subsystému řízení podvozku.....	24
Obr. 17	Rozměry kontroléru motoru I-Drive	25
Obr. 18	Posuvné měřítko PRECISION	26
Obr. 19	Ocelové pravítko.....	27
Obr. 20	Svinovací metr ASTRA	27
Obr. 21	Technologie FDM tisku.....	28
Obr. 22	Aktuální stav robotu Ares v laboratoři na katedře robotiky	29
Obr. 23	Dodaný 3D model robotu z diplomové práce Ing. Marka Studénky.....	30
Obr. 24	Modely převzaté z diplomové práce Ing. Marka Studénky.....	31
Obr. 25	Rám podvozku.....	32
Obr. 26	Montáž rámu podvozku.....	33
Obr. 27	Hnací pohon podvozku a jeho umístění	34
Obr. 28	Zjednodušený model kontroléru motoru a jeho umístění	34
Obr. 29	Řez hnacího pohonu	35

Obr. 30	Detail umístění kontroléru I-Drive na hlavním rámu	35
Obr. 31	Modul pásu	36
Obr. 32	Uložení vodícího kolečka	37
Obr. 33	Pás.....	37
Obr. 34	Montáž systému napínacího kolečka.....	38
Obr. 35	Detail umístění systému napínacího kolečka v rámu	39
Obr. 36	Koš s bateriemi	40
Obr. 37	Umístění koše s bateriemi v robotu	40
Obr. 38	Umístění boxů elektroniky robotu.....	41
Obr. 39	Box řídicího systému robotu.....	42
Obr. 40	Řez uložením elektroniky v boxu řídicího systému	42
Obr. 41	Box elektroniky manipulátoru	43
Obr. 42	Zámek krytů.....	44
Obr. 43	Boční kryt	44
Obr. 44	Robot Ares s krytováním	45
Obr. 45	Model aktuálního stavu robotu Ares	46
Obr. 46	Aktuální stav elektroniky v boxech	48
Obr. 47	Úchyty koše s bateriemi	49
Obr. 48	Řez navrženým uložením	50
Obr. 49	Osazený držák SSD	51
Obr. 50	Stojan pro zařízení EPOS	52
Obr. 51	Osazený stojan pro zařízení EPOS	53
Obr. 52	Podpěry v koši s bateriemi.....	54
Obr. 53	Podpěry pro koš s bateriemi v hlavním rámu	55
Obr. 54	Rozmístění navržených držáků s komponenty v boxu řídicího systému.....	56
Obr.55	Rozmístění navržených držáků s komponenty v boxu elektroniky manipulátoru	57
Obr. 56	Robot Ares s navrženými úpravami	58

Seznam tabulek

Tab. 1	Vstupy/výstupy hlavního počítače	16
Tab. 2	Základní parametry modelu robotu Ares	44

Seznam použitých značek a termínů

ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
COM	Communication port
DC	Stejnoseměrný proud
DDR	Double data rate
FDM	Fused deposition modeling
HD	High-definition
HDMI	High-definition multimedia interface
LAN	Lokální síť
LiPO	Lithium-polymerový akumulátor
LPT	Line printer terminal
LVDS	Low-voltage differential signaling
microSD	Typ flashové paměti
PCI	Peripheral component interconnect
PCIe	Peripheral component interconnect express
RAM	Vyrovnávací paměť počítače
RS-XXX	Standardy pro sériovou komunikaci
SATA	Serial AT attachment
SSD	Solid-state disk
USB	Univerzální sériová sběrnice
VGA	Video graphics array
Wi-Fi	Bezdrátová lokální síť
WLAN	Bezdrátová lokální síť

Úvod

Řešeným tématem bakalářské práce je vyhotovení dokumentace aktuálního stavu a návržení možných řešení držáků HW komponent robotu Ares. Dokumentace bude využita např. při inovacích robotu nebo k provádění dynamických analýz. Dále porovnání stavu dodané dokumentace s aktuálním stavem robotu a pomocí měřících pomůcek přeměření rozměrů hlavních součástí, podle kterých se vyhotoví 3D model aktuálního stavu celého robotu. Popis konstrukce robotu, jednotlivých komponent, jejich funkce a montáže. Součástí dokumentace bude i sestavný výkres výsledného celku. Následně se zváží hlavní nedostatky řešení držáků elektroniky robotu a navrhnou se nová možná řešení. Při návrhu se bude brát v potaz i montáž komponent do boxů a dostatek prostoru pro následné vedení kabeláže. Finální zvolená varianta možného řešení bude dále rozpracována ve formě doplnění do zhotoveného 3D modelu a vytvoření náležité výrobní dokumentace.

1 Analýza současného stavu

Robot Ares [1] byl vytvořen v roce 2010 na katedře robotiky (Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava).

Jedná se o mobilní servisní pásový robot pro vykonávání servisních úloh, určených nástavbovými moduly. Může se jednat o manipulační nástavby, zásobníky na odebrané vzorky, efektory pro odběr vzorků různého skupenství, kamerové subsystémy pro monitorování a kamerový subsystém pro pořizování 3D metrických dat apod. Dále lze robot vybavit detekčními přístroji pro kvalitativní stanovení nebezpečných látek apod. Aktuálně je na horní plošinu robotu umístěna manipulační nástavba (rameno). V této konfiguraci se jedná o servisní robot pro odběr vzorků v místě mimořádné události a jejich transport. [2]

Servisní robot je možno definovat jako kinematické zařízení, které vykonává servisní činnosti s určitým stupněm autonomního chování. Servisní činnost je pak taková činnost, při které se nejedná čistě o průmyslovou výrobu produktů, ale přispívá k vykonávání práce užitečné jak pro člověka, tak pro ostatní technická zařízení. [3]

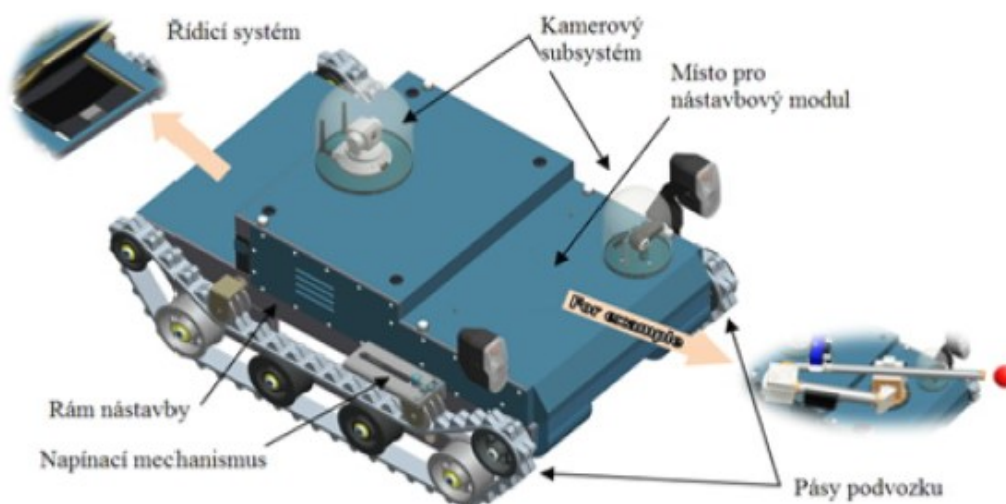


Obr. 1 Mobilní servisní pásový robot MR Ares [1]

1.1 Konstrukce robotu Ares

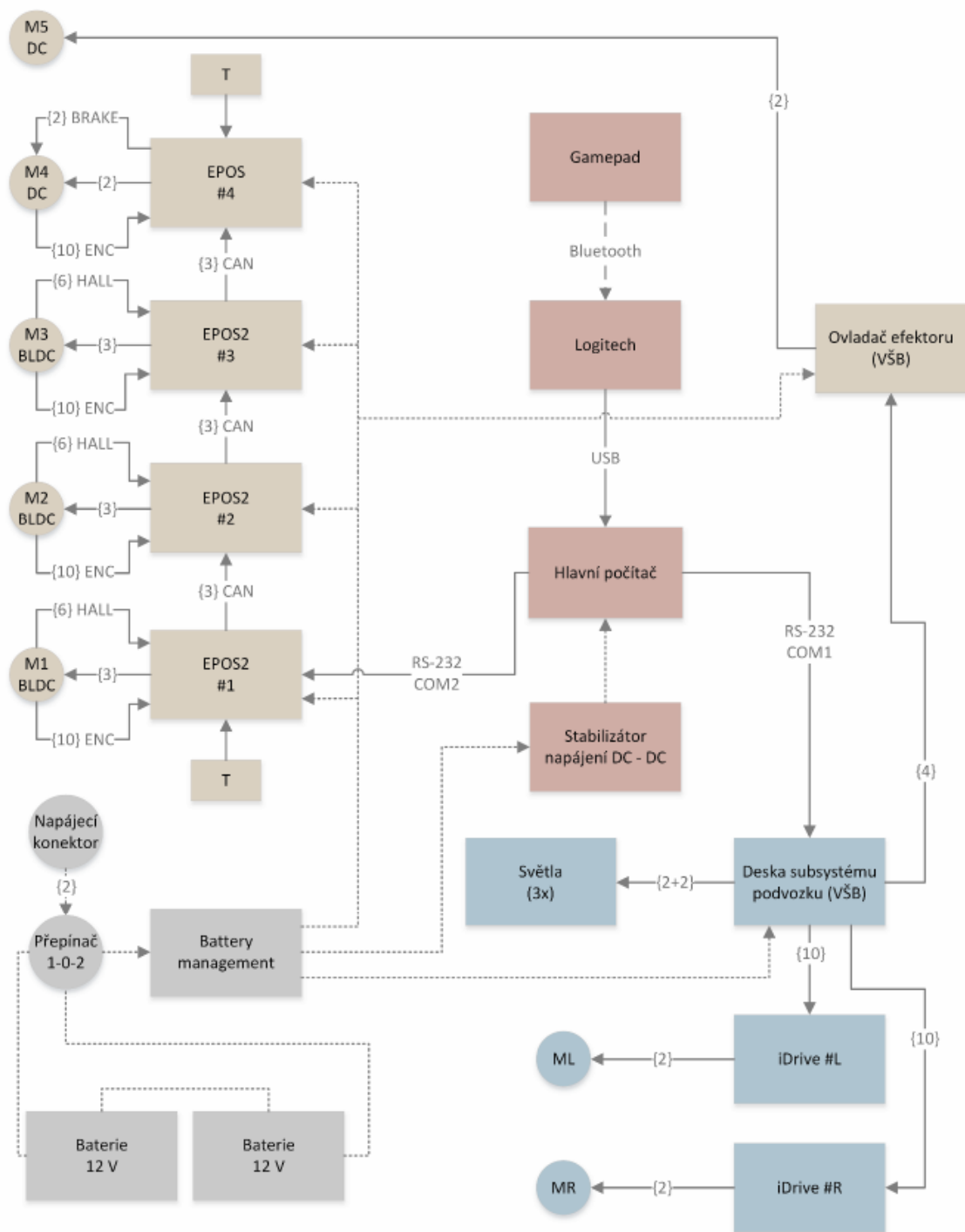
Pásové lokomoční ústrojí je navrženo se dvěma hlavními pásy a je řízeno smykem. Na podvozku jsou použity pryžové pásy, na které bylo vulkanizováno ozubení. Tyto pásy se běžně dodávají pro schodolezy, které pomáhají invalidním osobám zdolávat schody a nerovnostní překážky. Podvozek je navržen jako neodpružený. [4]

K pohonu celého zařízení jsou použity dva stejnosměrné 24V motory se šnekovou převodovkou od firmy VAREL. Tyto pohonné jednotky jsou umístěny v rámu lokomočního ústrojí. Rám je zhotoven z tenkostěnných svařovaných profilů opatřených povrchovou úpravou v podobě žárového zinkování. Představuje nosnou část celého podvozku. Tato část je pak proti vlhkosti a prašnosti zabezpečena celkovým krytváním konstrukce. [4]



Obr. 2 Konstrukce MR Ares [4]

Box řídicího systému samotného robotu se nachází v zadní části a obsahuje hlavní počítač, stabilizátor a SSD. Elektronika nastavbového modulu je společně se zbytkem subsystému podvozku umístěna v boxu nad bateriemi. V aktuálním zapojení pro manipulační nastavbu (rameno) obsahuje několik zařízení EPOS, která slouží k řízení motorů, ovladač efektoru, battery management a desku subsystému podvozku. Zapojení elektroniky robotu je znázorněno na Obr. 3, kde červená znázorňuje hlavní počítač se stabilizátorem napětí, hnědá subsystém ramene, modrá subsystém podvozku a šedá subsystém napájení.



Obr. 3 Zapojení elektroniky robotu Ares [5]

1.2 HW komponenty

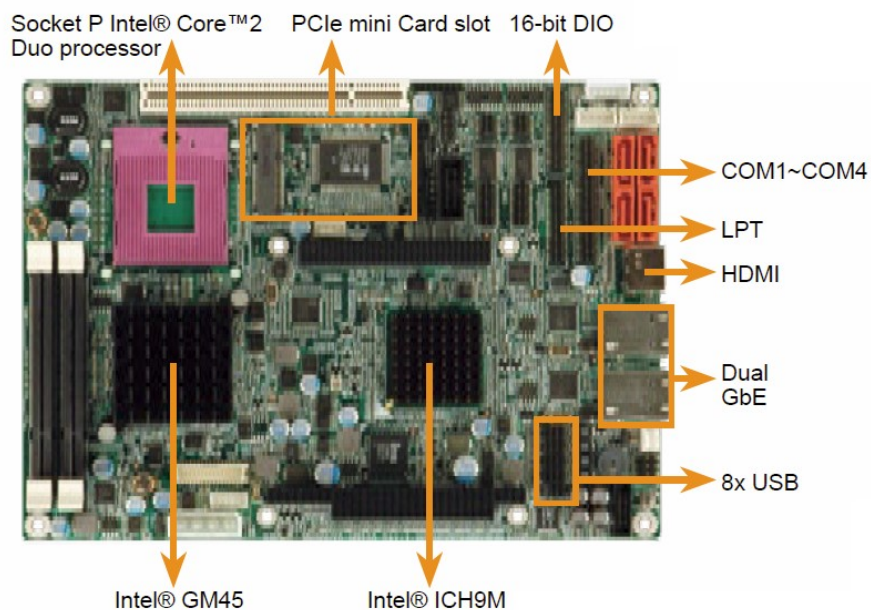
Pro návrh možného řešení držáků HW komponent nás budou zajímat zejména jejich rozměry, funkce, popřípadě výčet všech vstupů a výstupů.

1.2.1 Hlavní počítač

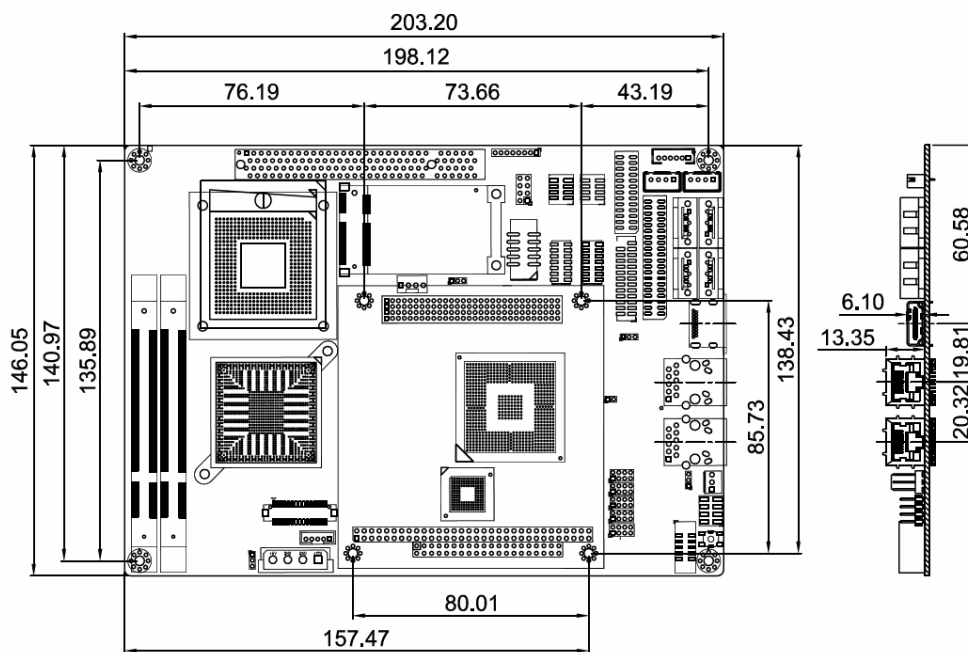
Hlavní počítač je mozek celého robotu. Slouží k ovládání celého podvozku a spolupracuje se všemi ostatními komponenty elektronického systému. Je postaven na základní desce NOVA-GM45A [6] od firmy IEI Integration Corp. Deska obsahuje socket pro procesor Intel 45 nm Core 2 Duo. Dále má dva moduly pro paměti RAM, které jsou aktuálně osazeny 2x4GB paměti.

Obrazový výstup	VGA integrováno v IntelGM45 1 x 18/24-bitový dualní kanál LVDS 1 x HDMI výstup s podporou rozlišení až 1080p
Vstup/výstup	4 x RS232 2 x RS232/422/485 8 x USB 2.0 1 x LPT 4 x SATA II 1 x KB/MS
Digitální výstup	16-bitový digitální vstup/výstup, 8-bitový vstup výstup
Rozšíření	1 x PCI slot 1 x PC/104+ 1 x PCIe mini card

Tab. 1 Vstupy/výstupy hlavního počítače [6]



Obr. 4 Rozmístění pinů na základní desce hlavního počítače [6]



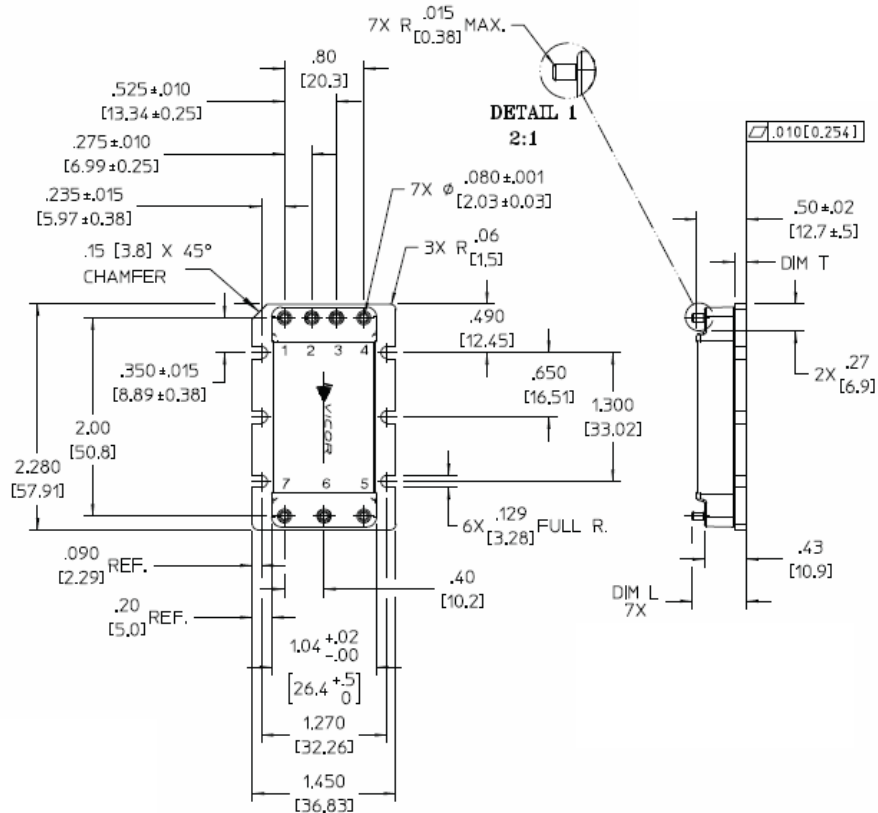
Obr. 5 Rozměry základní desky hlavního PC [6]

1.2.2 Stabilizátor napětí

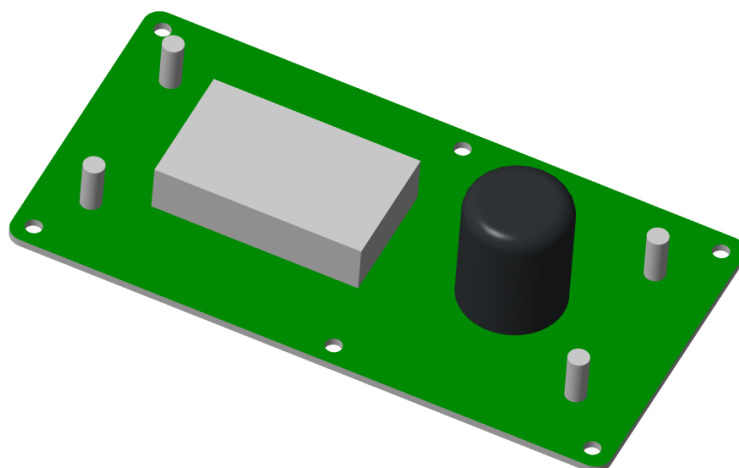
Stabilizátor napájení je důležitou součástí systému napájení počítače. Slouží k redukci napětí a vyhodnocování informací ze zdroje, které používá k předcházení případného nebezpečí pro hlavní počítač v podobě výkyvů napětí. Modul Micro DC-DC convertoru vyrábí firma Vicor Corporation [7]. Ten je dále umístěn na desce (Obr. 8 na následující stránce) plošných spojů o rozměrech 145 x 75 x 2 mm (délka x šířka x tloušťka). Na Obr. 8 jsou rozměry v mm uvedeny v hranatých závorkách.



Obr. 6 Micro DC-DC convertor [7]



Obr. 7 Rozměry modulu DC-DC stabilizátoru [7]



Obr. 8 Zjednodušený model stabilizátoru na desce plošných spojů

1.2.3 Kingston 30GB SSD

Harddisk je připojen k hlavnímu počítači přes rozhraní SATA II. Je na něm uložen operační systém a všechny aplikace potřebné k provozu a obsluze robotu. Jelikož se dané SSD už nevyrobí, nebyla k dispozici žádná rozměrová dokumentace. Naměřené rozměry disku jsou 100 x 70 x 8 mm (délka x šířka x tloušťka).



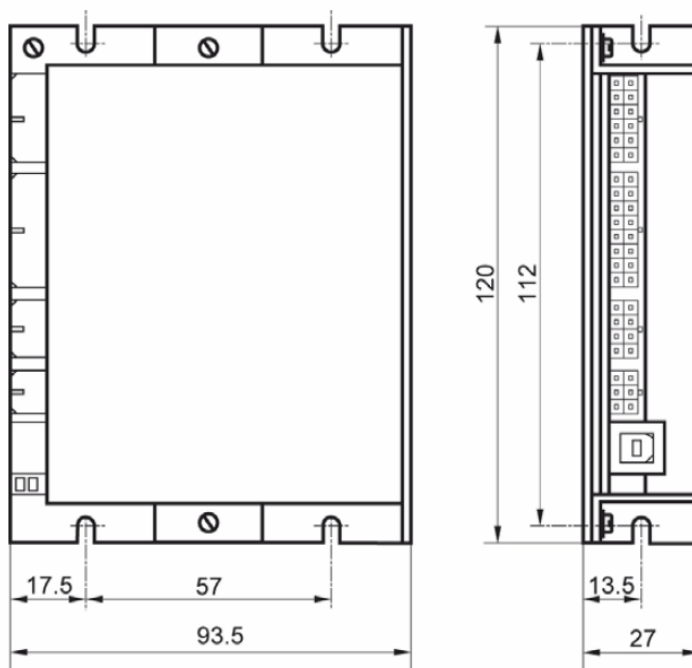
Obr. 9 Kingston 30GB SSD [8]

1.2.4 EPOS2

Zařízení EPOS slouží k digitálnímu řízení motorů. Hlavní funkce jsou například možnost regulace kroučícího momentu, nebo možnost krokové změny polohy natočení. EPOS2 50/2 [9]. je použit pro ovládání motorů ramene manipulační nástavby. Jeho pomocí je zjišťována aktuální pozice, rychlost nebo zrychlení ramene. Má také senzory pro měření proudů, což lze využít k ochraně při případném zkratu.



Obr. 10 EPOS2 50/2 [9]



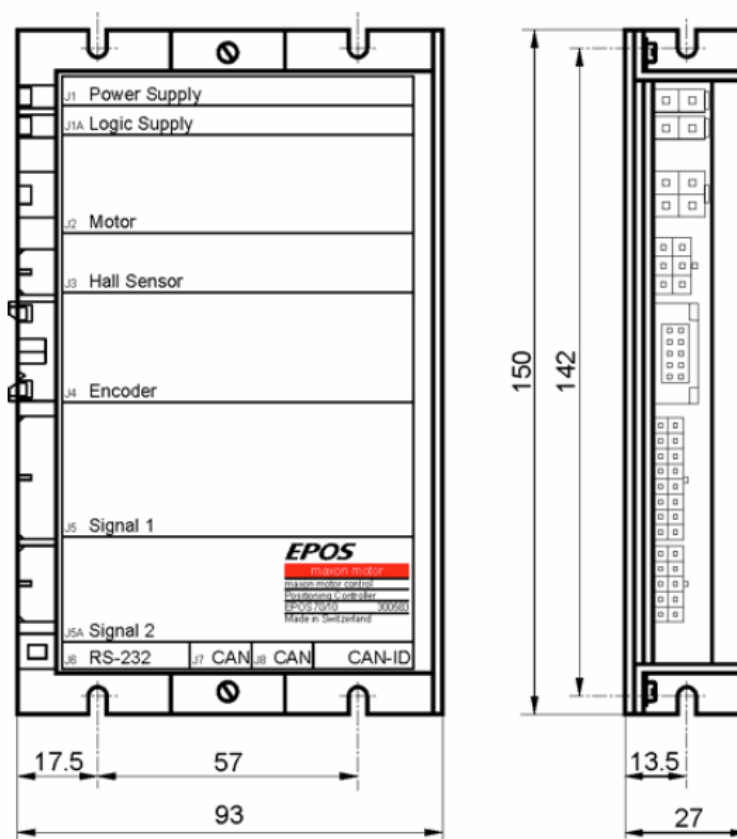
Obr. 11 Rozměry zařízení EPOS2 50/2 [9]

1.2.5 EPOS

Starší zařízení EPOS 70/10 [10] oproti mladší generaci EPOS2 nemá USB port ani pokročilejší možnosti při nastavování a řízení polohy motorů. Pro robot Ares byly starší EPOSY použity z důvodu dostupnosti na katedře.



Obr. 12 EPOS 70/10 [10]

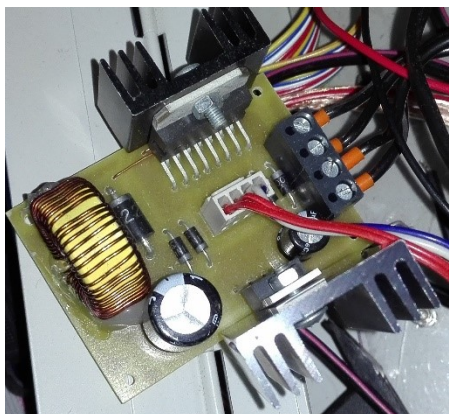


Obr. 13 Rozměry zařízení EPOS 70/10 [10]

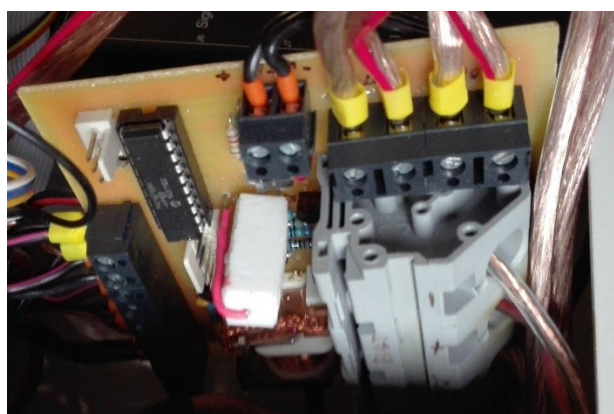
1.2.6 Subsystem řízení podvozku a ovladač efektoru

Subsystem řízení podvozku je tvořen základní deskou vyrobenou přímo na katedře robotiky. Jeho prací je zajištění komunikace s hlavním počítačem, kontroléry I-Drive jednotlivých motorů pro pohon robotu a ovládání světlometů a blinkrů. Posílá také pokyny ovladači efektoru, který byl taktéž vytvořen na katedře robotiky a který slouží k zajištění funkčnosti motoru efektoru na rameni robotu. V boxu je společně se subsystemem umístěn i battery management.

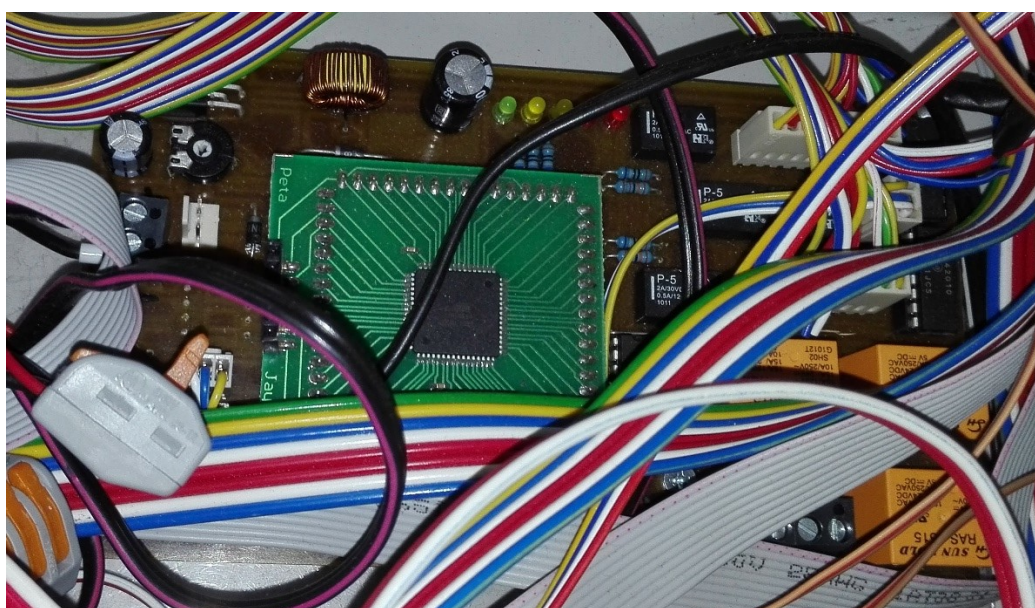
Celý subsystem se tedy skládá ze tří komponent o rozměrech 145 x 80 x 15 mm (šířka x délka x výška) pro desku subsystemu řízení podvozku, 60 x 40 x 30 mm pro ovladač efektoru a 80 x 80 x 30 mm pro battery management.



Obr. 14 Ovladač efektoru



Obr. 15 Battery management

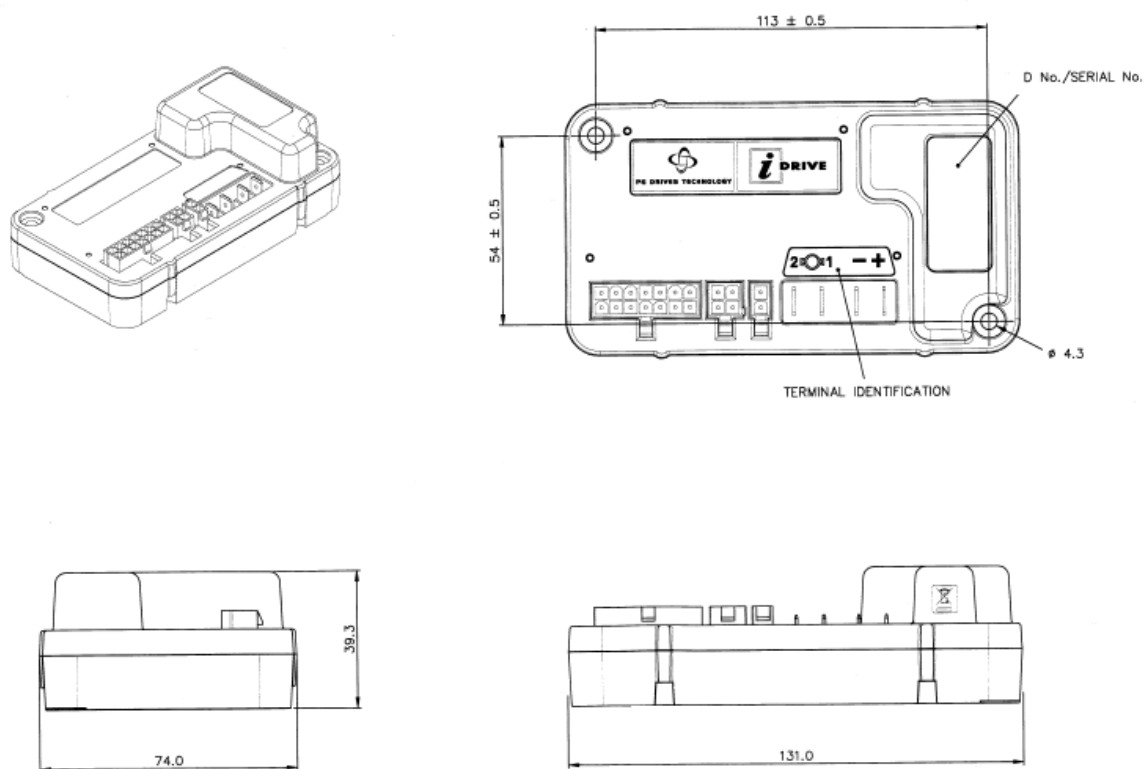


Obr. 16 Deska subsystemu řízení podvozku

1.2.7 Kontroléry motorů I-Drive

Každý motor je ovládán skrze jednu řídicí jednotku I-Drive PCP [11] firmy PG Drives Technology. Tyto jednotky poskytují tři plně programovatelné výstupy pro řízení motoru. Zařízení jsou vodotěsná a je možné je využít i pro diagnostiku v podobě například kontroly zapojení nebo měření provozního času.

Kontroléry jsou připevněny na deskách přišroubovaných na přední části spodního rámu. Díky tomu, že je vnitřek dobře chráněn před vniknutím nečistot, nejsou umístěny v žádném boxu.



Obr. 17 Rozměry kontroléru motoru I-Drive [11]

1.3 Měřidla pro měření rozměrů

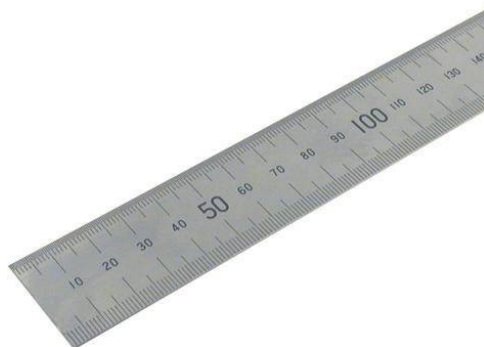
Při revizi aktuálního stavu robotu Ares bude nutno přeměřit rozměry všech jeho dílů. Pro různé typy součástí bude potřeba použít různá měřidla. Velkou roli při výběru vhodného měřidla hraje i umístění komponent, a to z důvodu možného obtížného přístupu a omezeného prostoru pro manipulaci s měřidlem uvnitř svařované konstrukce. U svařovaných celků, které nebude možno změřit, se pro zjištění rozměrů použije odborného odhadu, popřípadě u normalizovaných součástí rozměrů uvedených ve strojnických tabulkách. K dispozici budeme mít posuvné měřítko, ocelové pravítko a svinovací metr.

Zvolené digitální posuvné měřítko značky PRECISION [12] dokáže změřit součásti o maximálním rozměru 150 mm s přesností 0,03 mm. Je vhodné pro měření vnitřních i vnějších rozměrů a vnějších i vnitřních průměrů poměrně malých součástí například nábojů pro kola, rozměrů koleček nebo průměrů děr pro náboje. Posuvné měřítko je dále schopno měřit hloubky děr pomocí plochého hloubkoměru.



Obr. 18 Posuvné měřítko PRECISION [12]

Ocelové pravítko bude použito pro měření délek jednotlivých částí rámu. Bylo zvoleno pravítko o délce stupnice 1000 mm, což je i délka nejdelšího profilu rámu. Ocelovým pravítkem je možno měřit s přesností na 1 mm, což je pro délky profilů rámu dostačující.



Obr. 19 Ocelové pravítko

Svinovací metr pak poslouží díky možnosti ohnutí dle potřeby k měření rozměrů součástí s obtížným přístupem, například součástí přišroubovaných uvnitř svařované konstrukce rámu nebo součástí schovaných pod kabeláží. Použitý svinovací metr značky ASTRA [13] lze vysunout do délky až 5 metrů a jeho stupnice je široká 19 mm. Přesnost měření svinovacím metrem je 1 mm.



Obr. 20 Svinovací metr ASTRA [13]

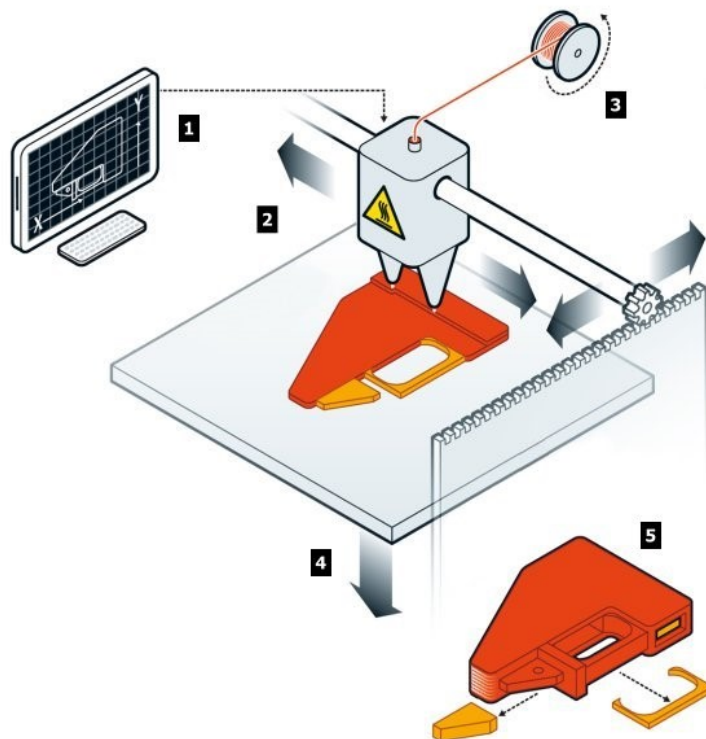
1.4 Technologie FDM 3D tisku

Fused Deposition Modeling (FDM) je metoda 3D tisku součástí a prototypů. Slouží hlavně k rychlému vytvoření prototypů strojních součástek, ověření jejich funkčnosti a zástavby. V dnešní době se používá stále více i pro výrobu složitějších plastových součástek, v našem případě pro výrobu námi navržených držáků HW komponent.

Metodu vyvinul na přelomu 90. let 20. století S. Scott Crump, který později založil společnost Stratasys Inc., která se zabývá vývojem materiálů pro FDM a 3D tiskáren.

Proces tvorby spočívá v principu kladení vrstev nataveného materiálu. Nejčastěji se používají termoplasty ABS, ABSi, PPSF, PC a Ultem 9085. Kladený materiál se dělí na podpůrný a stavěcí. Vytlačovací hlava natavuje materiál, jenž se odvíjí z cívky a vytváří vrstvu termoplastického materiálu ve třech osách X, Y, a Z. Každá vrstva je tvořena zvlášť. Jejich tloušťky se pohybují od 0,127 do 0,254 mm. Tvorba modelu probíhá přímo na základě vymodelovaných 3D dat ve formátu STL.

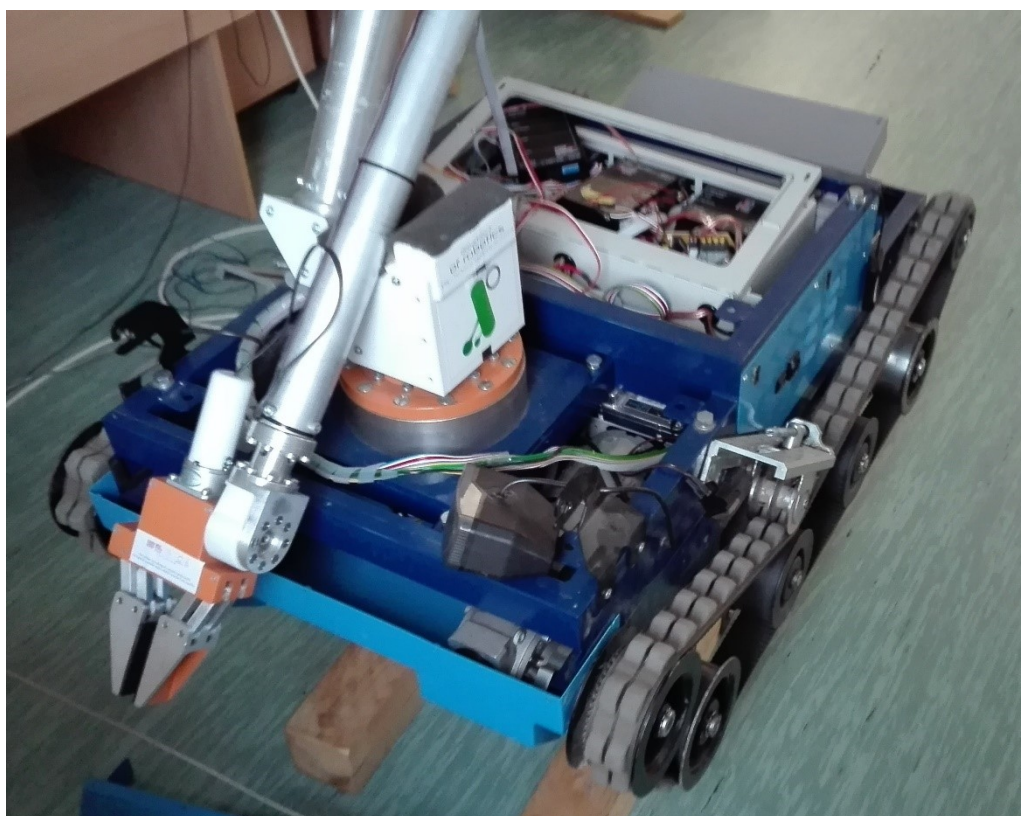
Výhodou FDM je jednoduchá a čistá výroba součástí. Termoplastické díly jsou odolné vůči působení tepla, chemikáliím a proti mechanickému namáhání. Technologie FDM je znázorněna na Obr. 21. [14] [15]



Obr. 21 Technologie FDM tisku: 1 – zdroj 3D dat, 2 – vytlačovací hlava, 3 – zásobník materiálu, 4 – základna, 5 – hotový model s odebraným podpůrným materiálem [15]

2 Aktuální stav robotu Ares

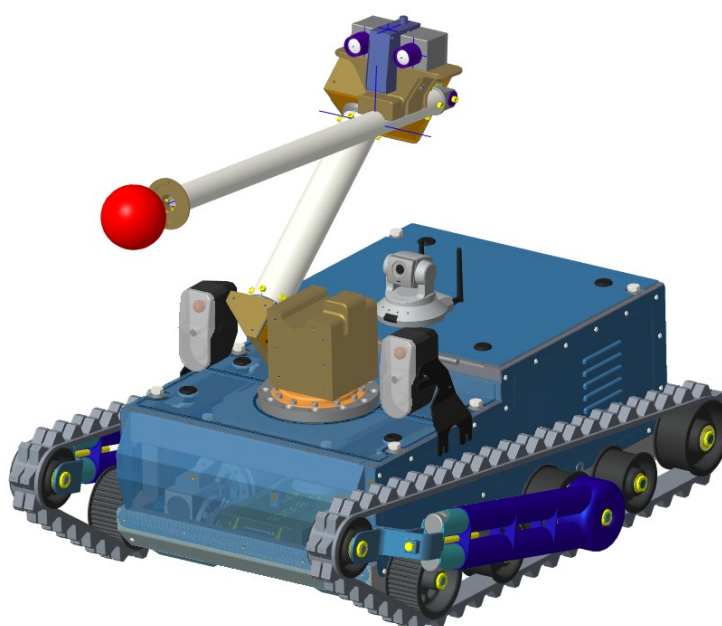
V aktuálním stavu se robot, jak už bylo popsáno v předchozí kapitole, skládá ze samotné konstrukce rámu, na které jsou postupně přimontovány 2 pohony, 6 přítlačných koleček, 4 vodící kolečka a na nich nasazené 2 pásy, které jsou napínány pomocí systému napínacího kolečka. Uvnitř přední části rámu se nachází ovladače motorů, uprostřed rámu koš s bateriemi a nad ním box elektroniky subsystému podvozku a manipulátoru, v zadní části pak box řídicího systému robotu. Celá konstrukce je zakrytována, aby se uchránily komponenty umístěné uvnitř robotu a na desce manipulátoru nasazena manipulační nástavba ramene.



Obr. 22 Aktuální stav robotu Ares v laboratoři na katedře robotiky

2.1 Dodaná dokumentace k robotu Ares

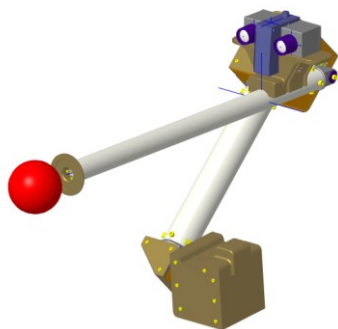
Jediný dostupný model k robotu Ares, který mi byl k dispozici, pochází z diplomové práce Ing. Marka Studénky [4]. Diplomová práce pojednává o návrhu modulární konstrukce pásového podvozku s proměnnou kinematikou rámu za použití některých konstrukčních celků robotu Ares. Jedná se tedy pouze o model podobného robotu se zcela jiným konstrukčním provedením. Soupis aktuální elektroniky robotu Ares byl převzat z bakalářské práce pana Daniela Huczaly [5], jejímž tématem byl návrh její optimalizace. Ze soupisu elektronických komponent bylo možno na internetu najít potřebné rozměrové katalogové listy pro tvorbu zjednodušených modelů.



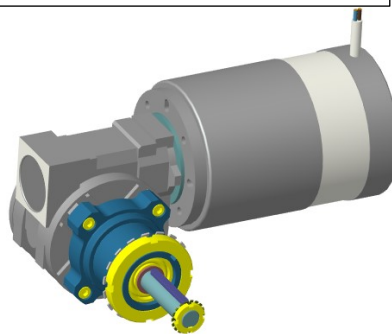
Obr. 23 Dodaný 3D model robotu z diplomové práce Ing. Marka Studénky [4]

Jak je patrné z obr. 23, konstrukce návrhu pana Studénky je od aktuálního stavu robotu Ares natolik odlišná, že bylo nutno za použití identických a konstrukčně podobných komponent z dodaného modelu a rozměrů získaných při měření robotu v laboratoři vytvořit zcela nový model aktuálního stavu. Všechny součásti, které byly převzaty a využity při tvorbě nového modelu jsou zobrazeny na obr 24. na další straně. Jedná se o pohony, kolečka, světla, některé části krytování a konstrukce koše pro baterie, u kterých bylo třeba upravit rozměry a manipulační nastavbu (rameno). Využity byly i modely některých normalizovaných součástí, jako například ložiska, šrouby, matice a pera. Jednotlivé části modelu a jejich montáž jsou uvedeny v následujících kapitolách.

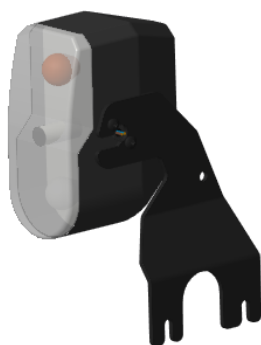
Manipulační nástavba



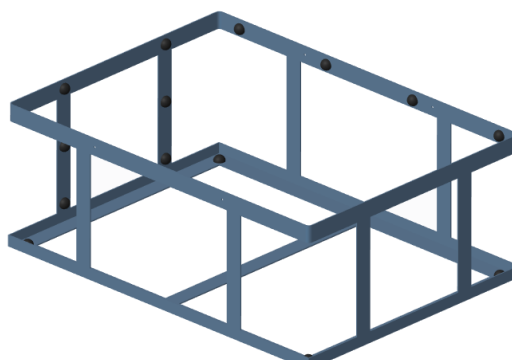
Pohon (motor + převodovka)



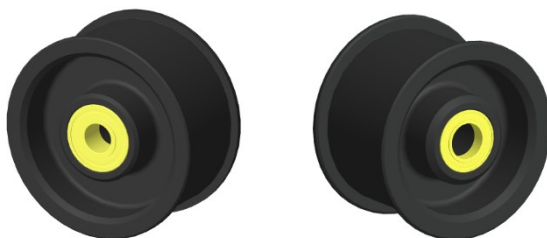
Světlo



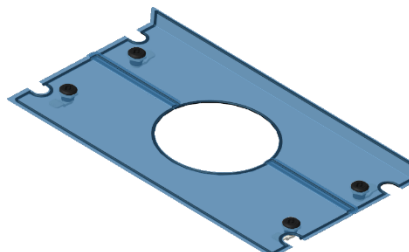
Koš pro baterie



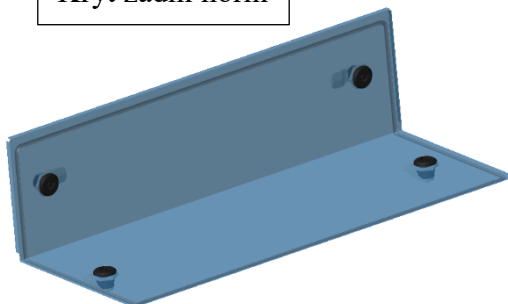
Plastová kolečka



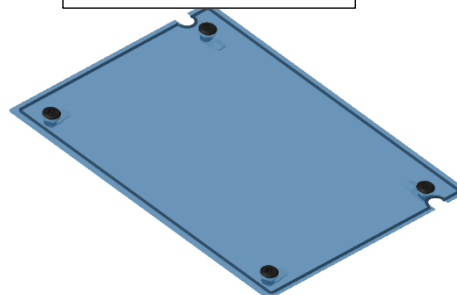
Kryt přední horní



Kryt zadní horní

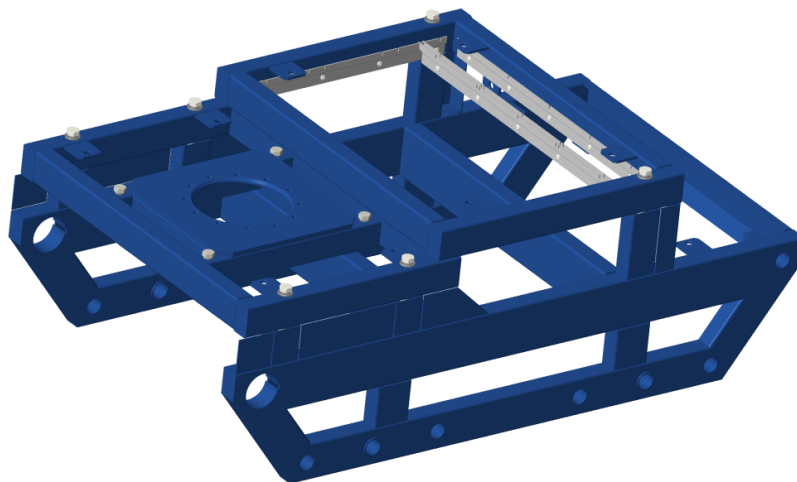


Kryt středový horní

**Obr. 24** Modely převzaté z diplomové práce Ing. Marka Studénky

2.2 Rám podvozku

Rám podvozku plní funkci kostry. Je to nosná část, na kterou jsou vázány všechny ostatní funkční skupiny robotu, jako modul pásu, energetické zdroje, elektronika a krytování.

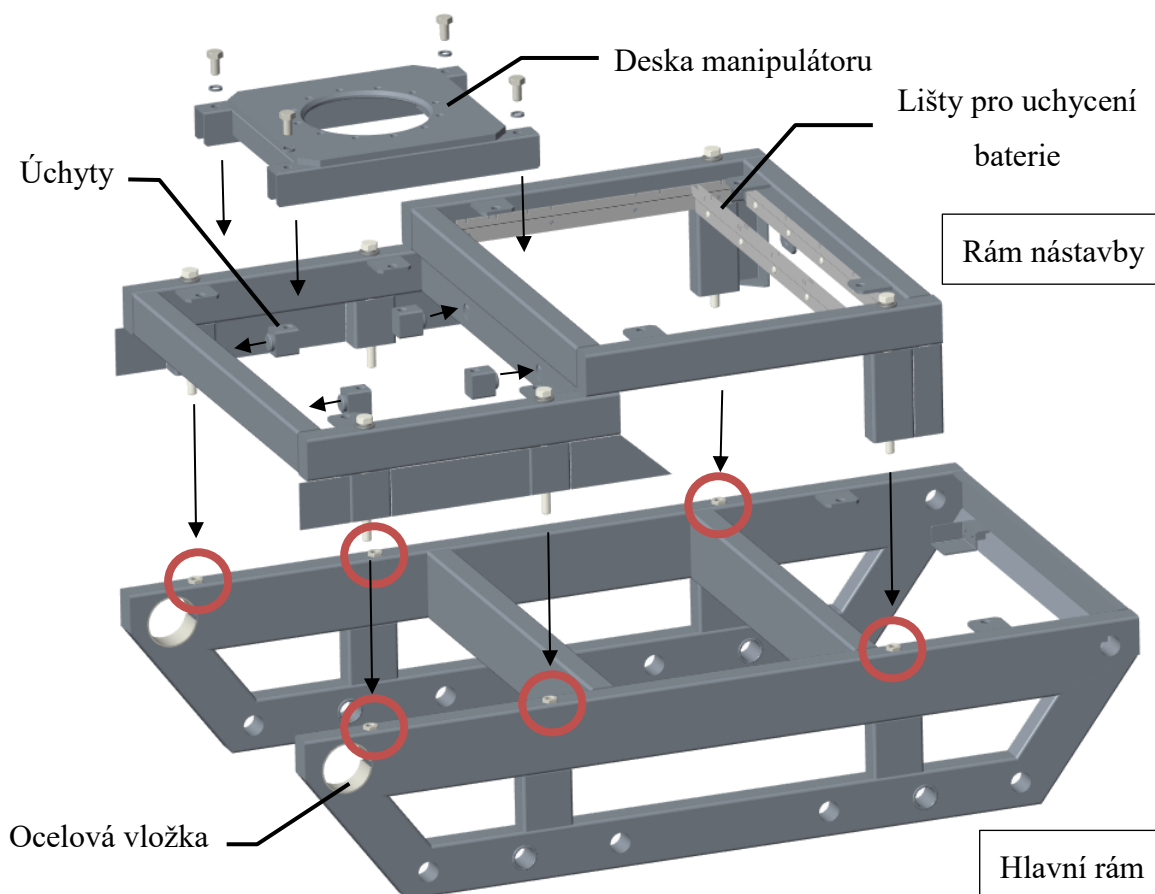


Obr. 25 Rám podvozku

Rám se skládá ze 2 základních částí: hlavního rámu a nastavbového rámu, na který je přišroubována deska manipulátoru. Tyto části jsou zachyceny na obr. 26. Rám je zhotoven z tenkostěnných ocelových profilů obdélníkového průřezu o tloušťce 2 mm s pozinkovaným povrchem lakovaným na modro.

Profily hlavního rámu mají průřez 60 x 30 a 80 x 30 mm. Po svaření profilů jsou do nich vyvrtány otvory pro náboje koleček, uchycení pohonů a matic pro uchycení nastavbové části. Pro uchycení náboje je do otvoru umístěna ocelová vložka, která je opatřena drážkou pro pero, aby se zabránilo pootočení motorů. Hlavní rám je dále v zadní části opatřen úchyty, do kterých je umístěn box s hlavní elektronikou podvozku.

Na nastavbovém rámu jsou použity profily o průřezu 50 x 30 mm. Ten je po svaření přišroubován k hlavnímu rámu pomocí šesti šroubů velikosti M10. Díky jeho snadné montáži a demontáži je možné rám jednoduše zaměnit dle potřeby za jiný. Přední část je opatřena úchyty pro připojení desky manipulátoru pomocí čtyř šroubů velikosti M10. Na zadní část jsou přišroubovány lišty opatřené drážkami pro uchycení koše s bateriemi a boxu elektroniky manipulátoru.

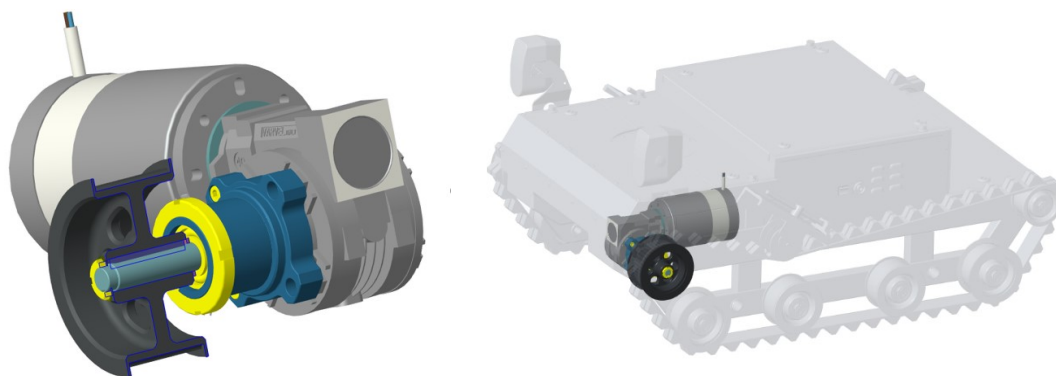


Obr. 26 Montáž rámu podvozku

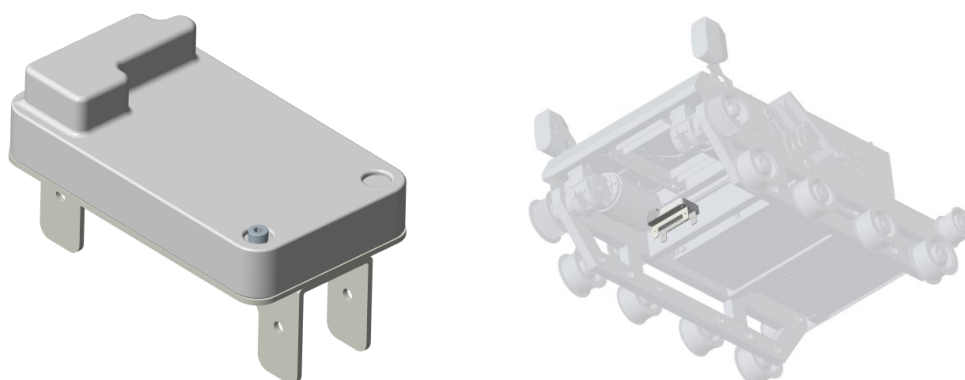
Montážní postup pro kompletaci rámu, jak je naznačeno na obr. 26, je velice jednoduchý. Prvně se přišroubuje rám nástavby k hlavnímu rámu na šesti červeně naznačených místech. Dále se do připravených děr v přední části nástavbového rámu vloží úchyty pro desku manipulátoru, ke kterým se následně deska přišroubuje. Nakonec se přišroubují i lišty pro uchycení baterie. Takto zkompletovaný rám je připraven k osazení dalšími funkčními skupinami robotu.

2.3 Hnací pohon a kontroléry motorů

Hnací pohony jsou umístěny v přední části hlavního rámu. Skládají se ze šnekové převodovky značky VAREL a stejnosměrného motoru značky AMER typ MP100. Motory dosahují při napájení 48 V maximálního kroučícího momentu 7 Nm. Ke každému motoru je také připojen jeho kontrolér. Kontroléry motorů značky I-Drive PCP firmy PG Drives Technology jsou přišroubovány v přední části hlavního rámu.

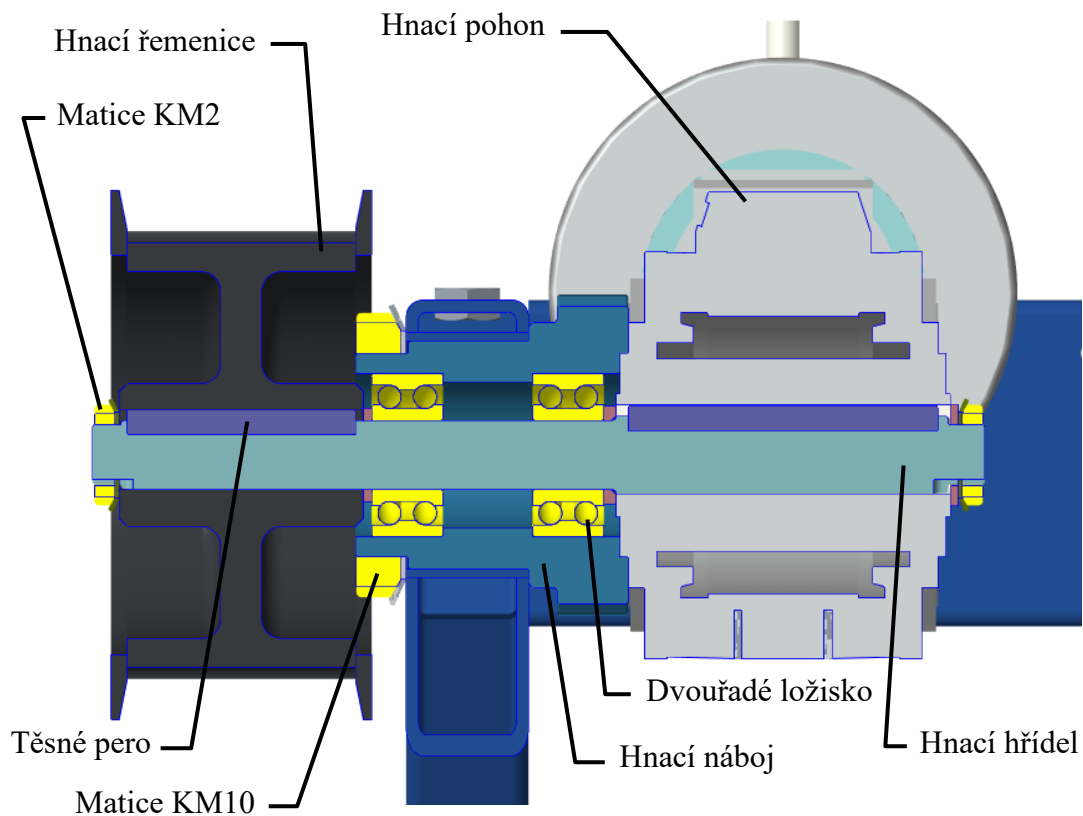


Obr. 27 Hnací pohon podvozku a jeho umístění



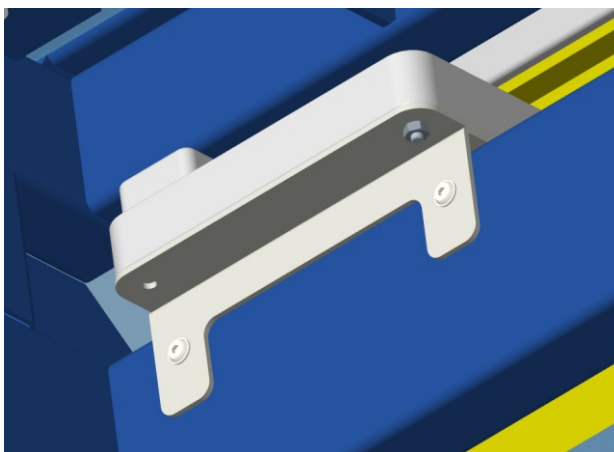
Obr. 28 Zjednodušený model kontroléru motoru a jeho umístění

Provedení uložení pohonu je znázorněno v řezu na obr. 29. Hnací hřídel osazená perem je jemně nalisována ve šnekové převodovce. Na ni je vložen distanční kroužek, dvouřadé kuličkové ložisko a hnací náboj. Ten se pomocí čtyř šroubů přišroubuje k převodovce, osadí perem a vloží do ocelové vložky uvnitř rámu. Z venkovní strany se pak náboj zajistí pomocí matice KM10 s podložkou MB10. Následně se vloží druhé ložisko, distanční kroužek, pero hnací řemenice, samotná řemenice a vše ostatní se z obou stran zajistí KM maticemi. Stejným postupem je smontován i pohon na druhé straně.



Obr. 29 Řez hnacího pohonu

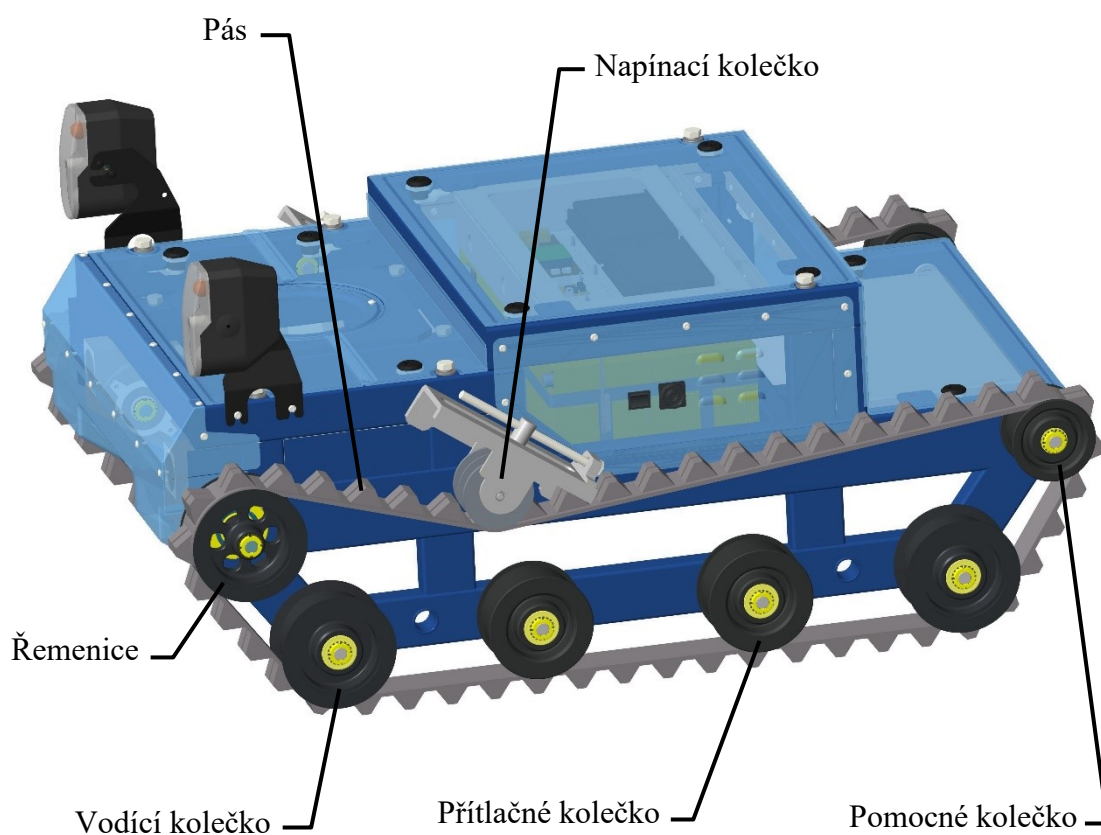
Kontroléry motoru I-Drive jsou přišroubovány k držáku zhotoveného z desky o rozměrech 74 x 31 mm svařené s U profilem o velikosti 34 x 40 mm a tloušťky 2 mm s vyvrtanými děrami pro šrouby M4, kterými je celek přišroubován k hlavnímu rámu do předvrtaných děr. Viz obr. 30.



Obr. 30 Detail umístění kontroléru I-Drive na hlavním rámu

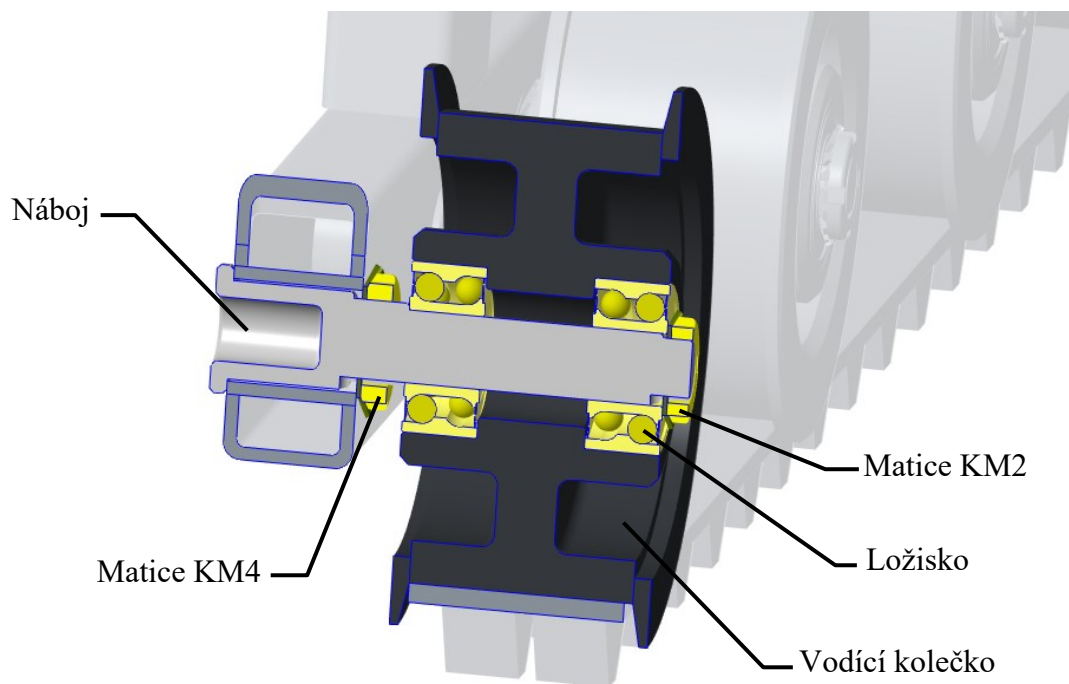
2.4 Modul pásu

Modul pásu plní funkci pohybového ústrojí robotu. Konstrukčně je modul pásu sestaven ze samotného pryžového pásu, který realizuje kontakt s povrchem, po kterém se robot pohybuje. Hnací řemenice o funkčním průměru 120 mm, která realizuje přenos výkonu z pohonů na pás. Dále dvou ocelových vodících koleček o průměru 110 mm zajišťujících vedení pásu, dvou přitlačných plastových koleček stejného průměru zajišťující přitlačení pásu k povrchu a jednoho plastového pomocného napínacího kolečka průměru 83 mm, a nakonec ze systému napínacího kolečka, sloužícího k trvalému napnutí pásu s přidruženou funkcí vedení.



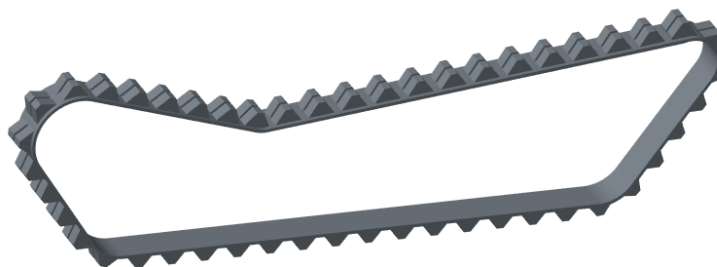
Obr. 31 Modul pásu

Všechna přítlačná a vodící kolečka jsou sestavena identicky na konstrukčně stejném náboji, který je vložen do předpřipravených děr v hlavním rámu a zajištěn KM maticí s MB podložkou. Na ten se poté nasune sestava kolečka skládající se ze samotného kolečka a v něm z obou stran uložených ložisek. Pro kolečka průměru 110 mm je použito dvouřadé kuličkové ložisko, u koleček průměru 83 mm pak ložisko kuličkové jednořadé. Takto sestavené kolečko je nakonec zajištěno další KM maticí s MB podložkou.



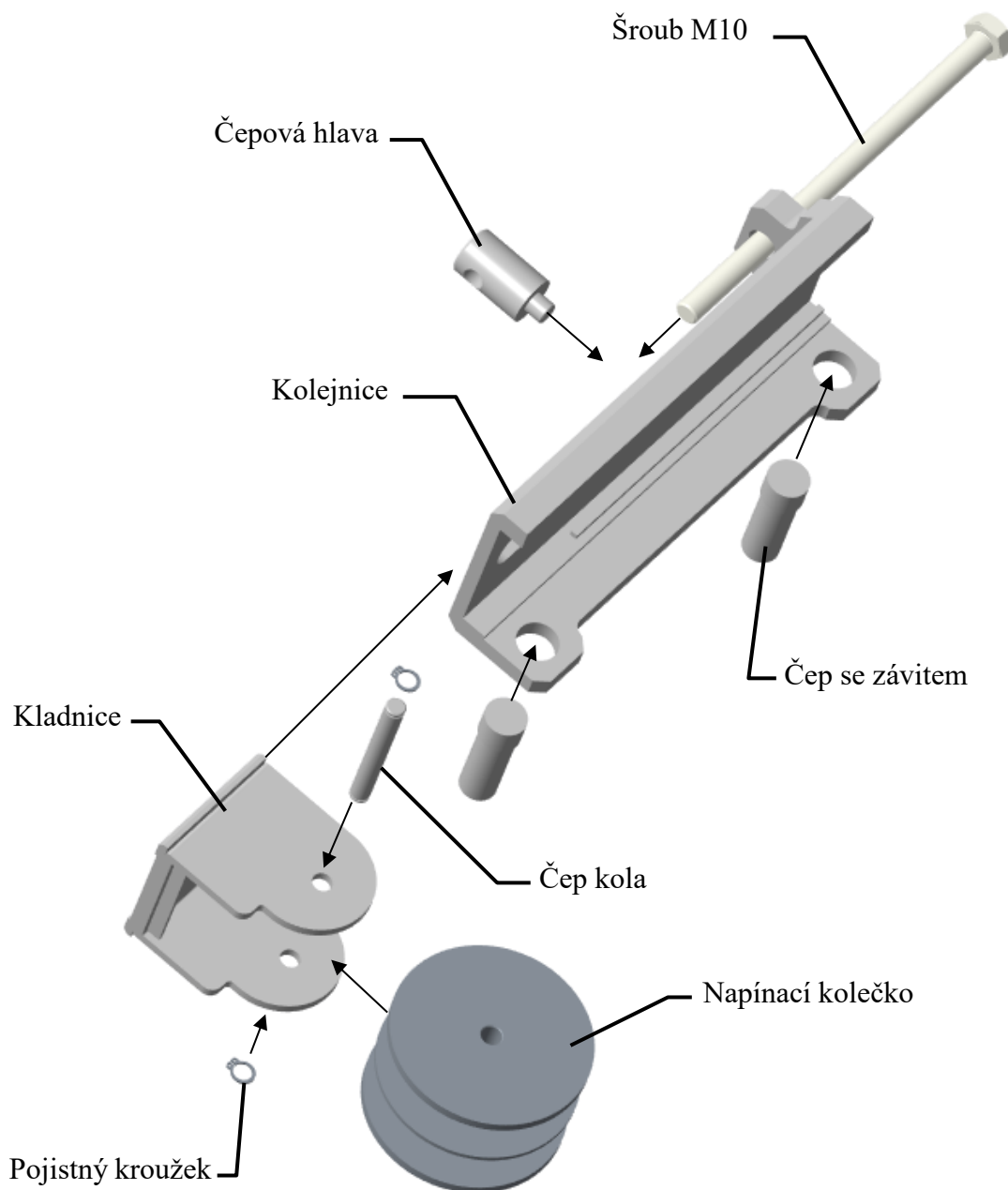
Obr. 32 Uložení vodícího kolečka

Pás podvozku je vyroben z ozubeného řemene, na který jsou navulkanizovány velké zuby usnadňující pohyb v terénu. Tento typ pásu se běžně používá pro schodolezy a podobná zařízení.



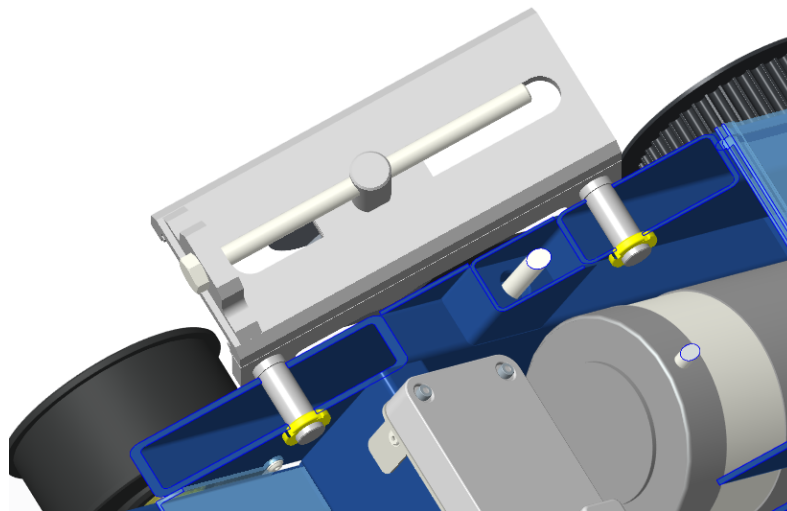
Obr. 33 Pás

System napínacího kolečka se skládá ze svařence kolejnice s nalisovanými čepy se závity pro zajištění KM maticemi do rámu nástavby a sestavy kladnice, ke které je na čepu připevněno napínací kolečko ve tvaru kladky. Pozice kladnice umístěné v kolejnici je zajištěna pomocí šroubu o velikosti závitu M10. Utahováním tohoto šroubu dochází k vyvíjení napínací síly na pás.



Obr. 34 Montáž systému napínacího kolečka

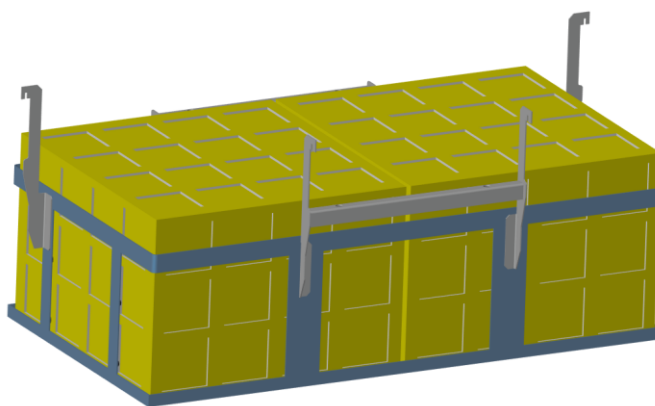
Postup montáže systému napínacího kolečka, naznačený na obr. 34, je následující. Napínací kolečko se umístí do kladnice, a následně se zajistí čepem s pojistnými kroužky. Tento celek se zasune do kolejnice a nalisuje se k němu čepová hlava se závitem pro šroub velikosti závitu M10, jehož utahováním se stanoví poloha kladnice v kolejnici. Nakonec se ke kolejnici nalisují čepy se závitem, pomocí kterých, jak jde vidět na obr. 35, je celá sestava zajištěna v nastavbovém rámu KM maticemi.



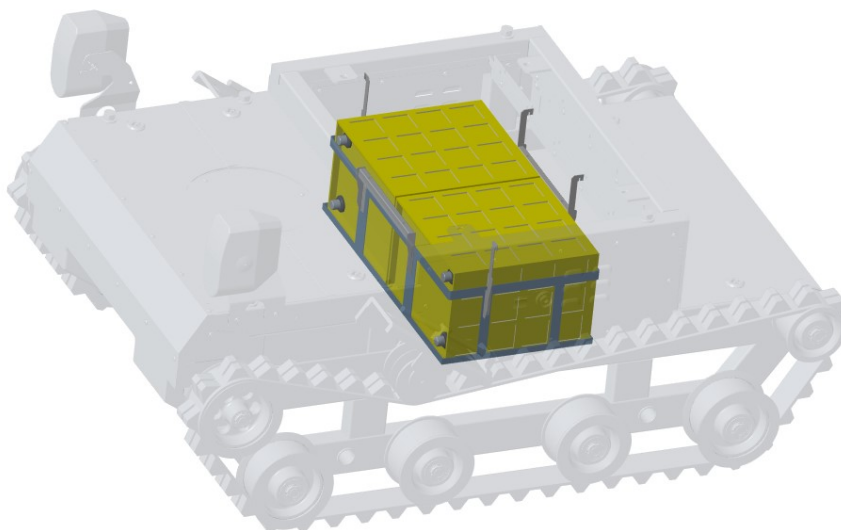
Obr. 35 Detail umístění systému napínacího kolečka v rámu

2.5 Baterie

Napájení robotu zajišťují dvě 12 V baterie o kapacitě 40 Ah. Jsou společně umístěny v koši zavěšeném na lištách v nastavbovém rámu. Dohromady baterie tvoří zdroj o hodnotě napětí 24 V. Jedná se o typ baterií LiFePO₄ o rozměrech 220 x 230 x 150 mm (délka x šířka x výška). Koš pro baterie byl zhotoven svařováním a ohýbáním profilů z 2 mm tlustého pozinkovaného plechu. K lištám nastavbového rámu je připevněn pomocí celkem 4 háčků. Po několikaletém používání však byly všechny tyto háčky vlivem únavového napětí polámaný, proto bude k návrhům možného řešení držáků HW komponent přidáno i možné konstrukční řešení tohoto problému.



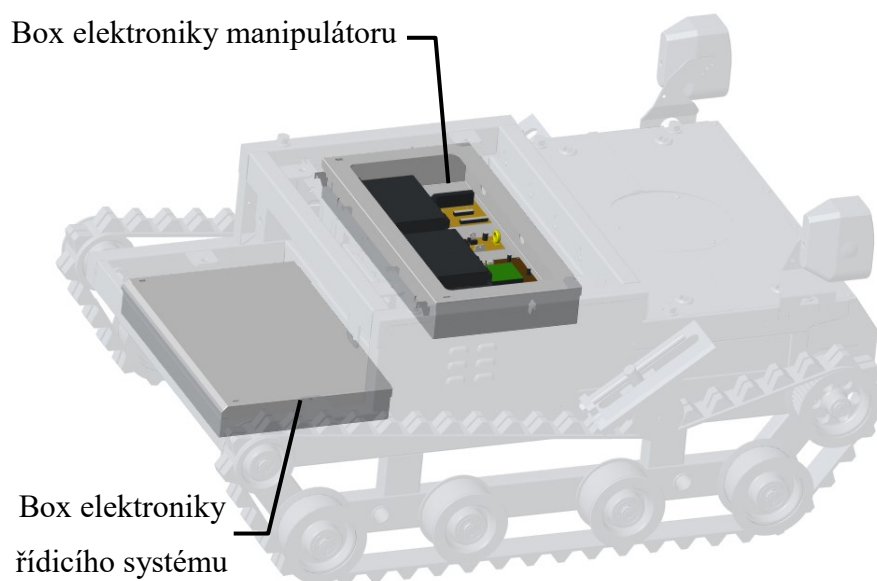
Obr. 36 Koš s bateriemi



Obr. 37 Umístění koše s bateriemi v robotu

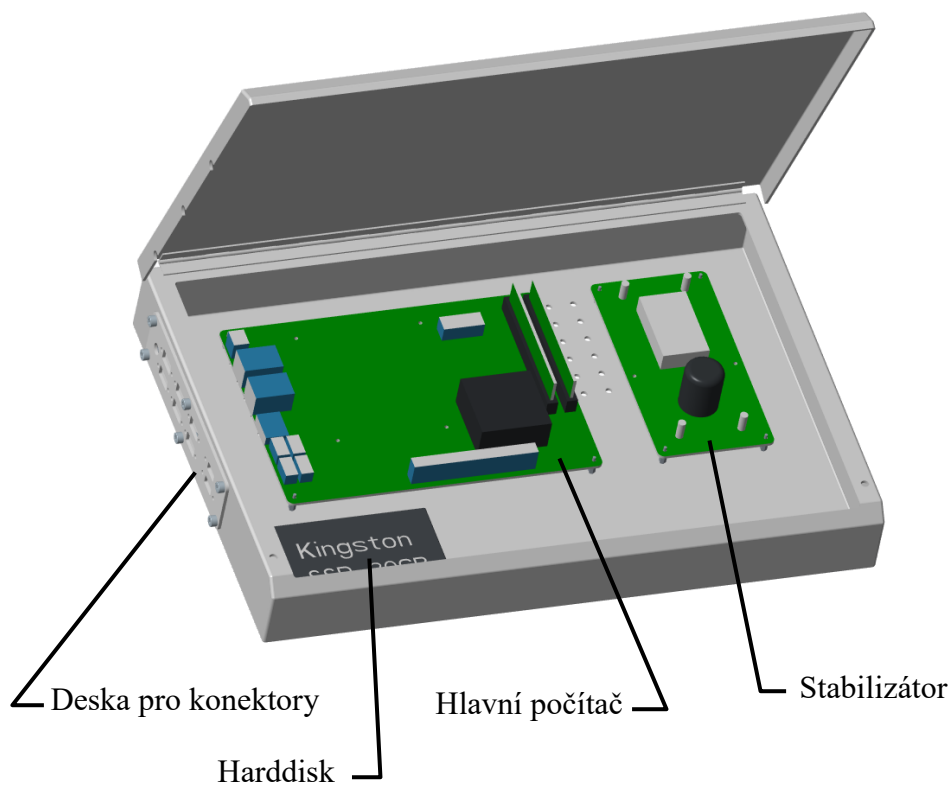
2.6 Boxy s elektronikou

Elektronika podvozku je rozdělena mezi dva boxy, box elektroniky manipulátoru a box elektroniky řídicího systému robotu. Box elektroniky manipulátoru je zavěšen na lištách v nástavbovém rámu, zatímco box elektroniky řídicího systému je uložen pomocí oboustranné lepicí pásky na podpěrách v zadní části hlavního rámu. Veškeré modely jednotlivých elektronických komponent jsou vymodelovány ve zjednodušené podobě dle rozměrů uvedených v jejich dokumentaci. Jedinou výjimkou jsou zařízení EPOS, jejichž modely byly převzaty z online modelové knihovny GrabCAD [16].

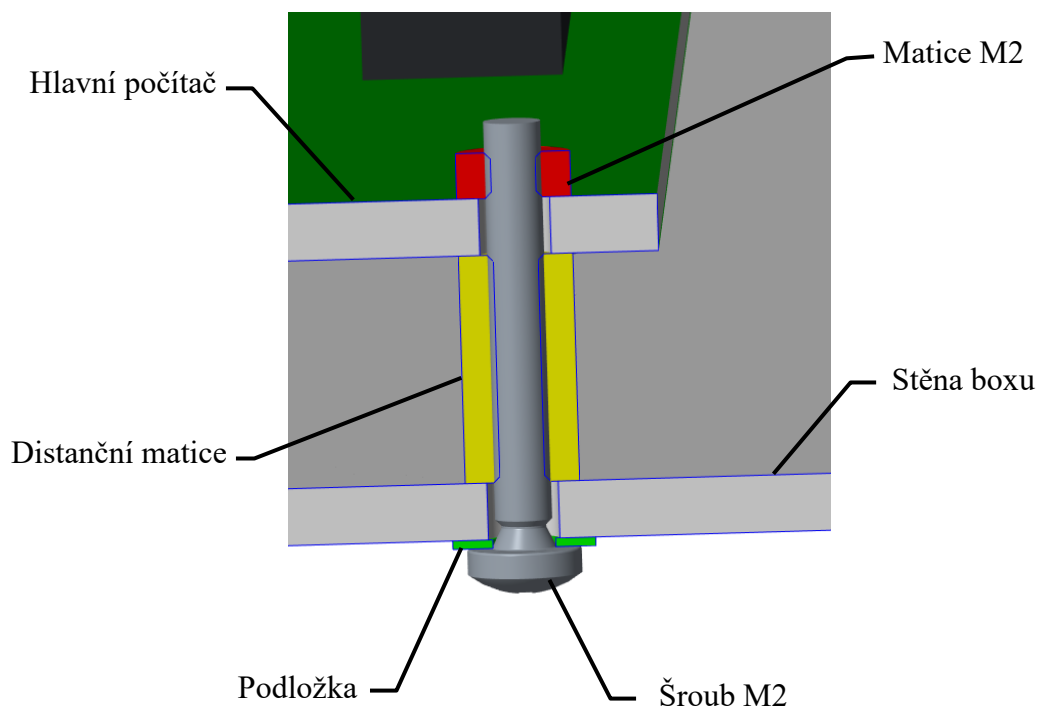


Obr. 38 Umístění boxů elektroniky robotu

Box s řídicím systémem obsahuje hlavní počítač, stabilizátor napětí a SSD harddisk. Tyto komponenty jsou v boxu uloženy a zajištěny maticí na šroubech velikosti M2 normy DIN 7985, dále zajištěných k boxu pomocí distanční matice. Řez uložením lze vidět na obr. 40 na následující stránce. Výjimkou je SSD, které je k boxu přišroubováno bez distance. Rozměry plechového boxu jsou 270 x 400 x 55 mm (délka x šířka x výška), tloušťka stěny 1,5 mm. K levé stěně boxu je také pomocí šesti šroubů přišroubována deska s otvory pro potřebné konektory.

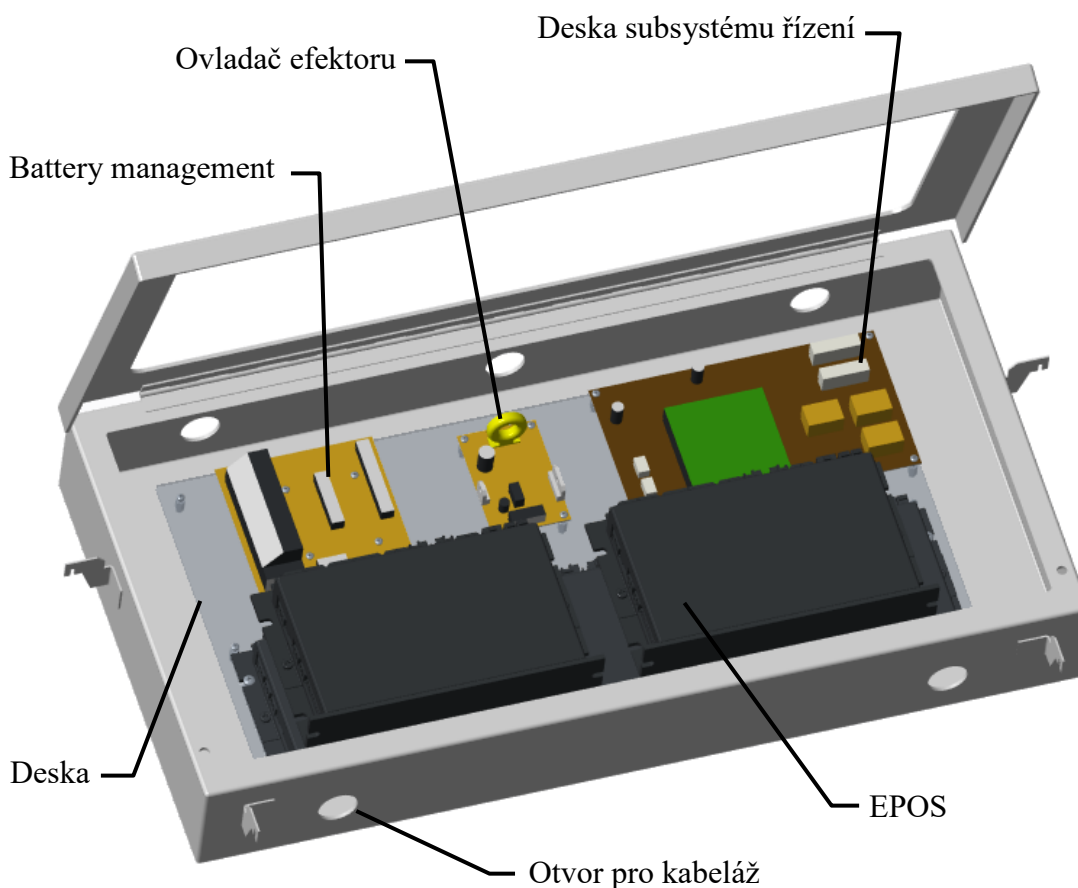


Obr. 39 Box řídicího systému robotu



Obr. 40 Řez uložením elektroniky v boxu řídicího systému

Box elektroniky manipulátoru obsahuje pět zařízení pro řízení motorů manipulačního ramene alias EPOS. Z nichž jsou tři zařízení třídy EPOS 2 a dvě starší třídy EPOS1. Dále se v boxu nachází deska subsystému řízení podvozku, ovladač efektoru a battery management. Všechny tyto komponenty krom zařízení EPOS1, která jsou volně uložena na zařízeních EPOS 2, jsou přišroubovány na desku z plexiskla o rozměrech 365 x 180 mm (délka x šířka) a tloušťce 2 mm, která je k boxu připevněna za použití stejného řešení, jako je na obr. 40. Problém s volným uložením zařízení EPOS bude řešený v další kapitole návrhu držáků HW komponent. Samotný box má rozměry 230 x 450 x 65 mm (délka x šířka x výška) a tloušťku stěny 1,5 mm. Pro vedení kabeláže je v boxu vyvrtáno pět otvorů o průměru 20 mm.



Obr. 41 Box elektroniky manipulátoru

2.7 Krytování

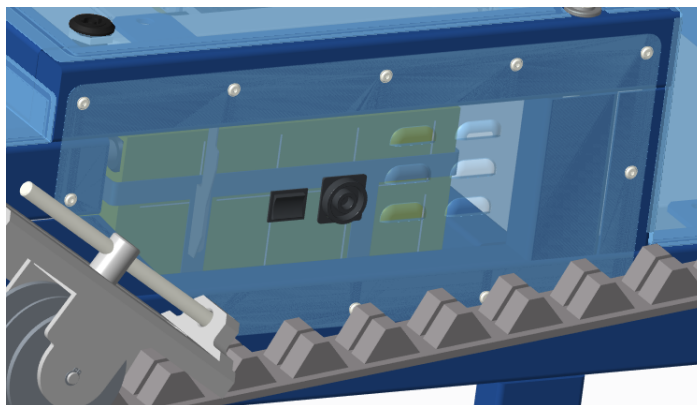
Krytování konstrukce chrání vnitřek robotu před prachem a vlhkostí. Kryty jsou vyrobeny z ocelových plechů o tloušťce 1 mm. Spodní, boční a čelní kryty jsou k podvozku přišroubovány za použití většího množství šroubů o velikosti závitu M4. Nepředpokládá se u nich s nutností časté demontáže. Boční kryty jsou dále opatřeny otvory pro odvětrávání ve formě žaluzií.

Funkční přední, vrchní a zadní kryty jsou pro připevnění k podvozku opatřeny zámky, které se používají zejména na skříňe elektrických rozvaděčů. K jejich demontáži je potřeba speciálního klíče, což snižuje možnost neoprávněného zásahu. Zmíněné zámky lze odmontovat jednoduchým pootočením klíče.



Obr. 42 Zámek krytů

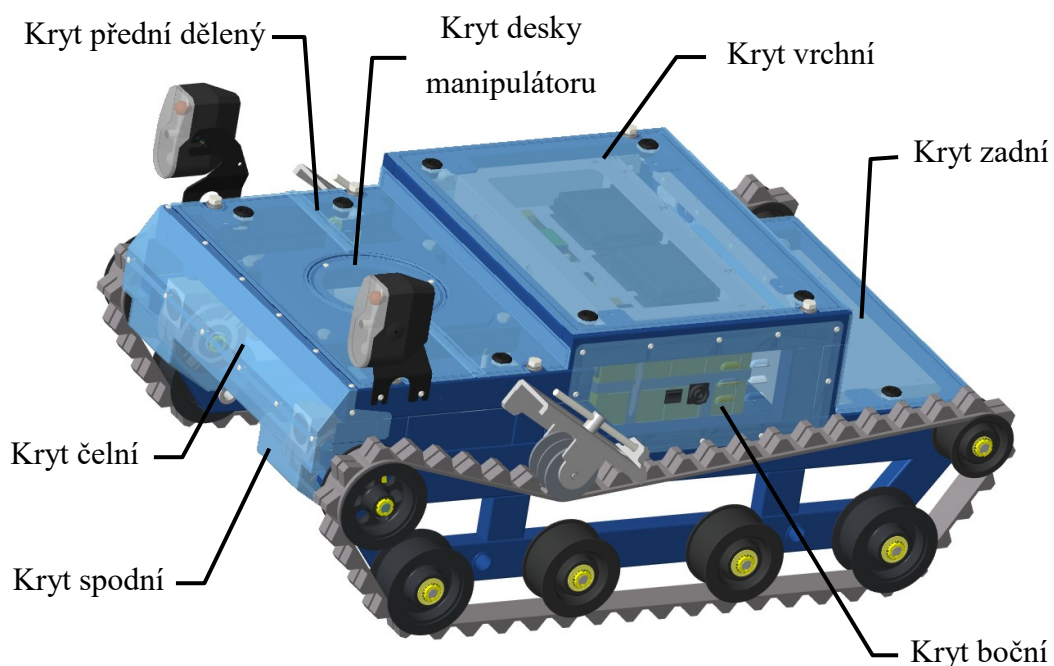
Levý boční kryt je dále vybaven přepínacím tlačítkem pro zapnutí a vypnutí a konektorem pro nabíjení akumulátoru baterií.



Obr. 43 Boční kryt

Přední vrchní kryt je z důvodu možnosti jeho odejmutí v případě osazení podvozku manipulační nástavbou dělený. Pokud podvozek není osazen žádnou nástavbou, je deska manipulátoru opatřena vlastním krytem.

Náhled na kompletně zakrytovaný podvozek je na obr 44.

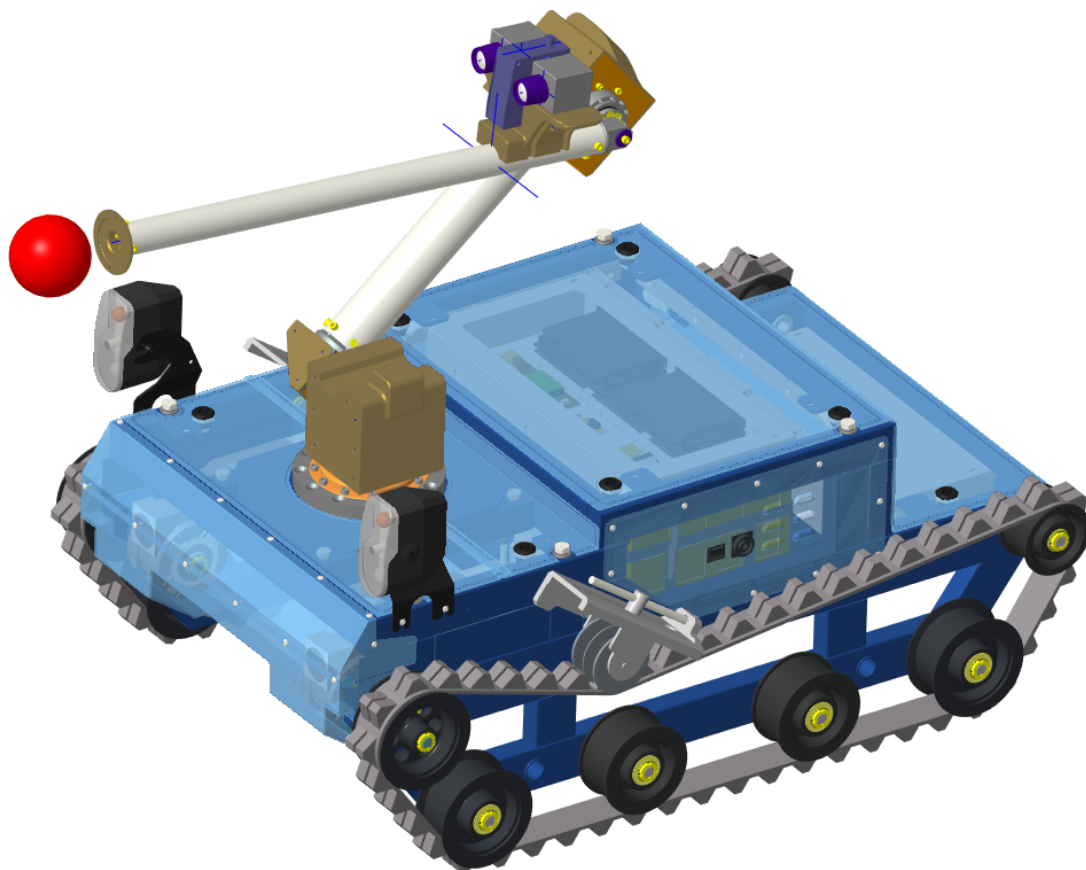


Obr. 44 Robot Ares s krytováním

Originálně byly všechny kryty pro zajištění těsnosti opatřeny těsnícím tmelem, ten se však časem opotřeboval a aktuálně je použit pouze na funkčních částech krytování. V budoucnosti by tak bylo dobré provést kompletní výměnu opotřebovaných těsnění všech krytů.

2.8 Výsledná sestava aktuálního stavu robotu Ares

Výsledný model aktuálního stavu robotu Ares získáme sestavením všech výše uvedených dílů. Jak lze vidět na obr. 45, finální verze sestavy obsahuje i zjednodušený model ramene manipulátoru a jednotlivých světel.



Obr. 45 Model aktuálního stavu robotu Ares

Rozměry (bez ramene)	1050 x 730 x 520 (délka x šířka x výška)
Hmotnost (bez ramene)	Přibližně 220 Kg
Světlá výška podvozku	135 mm

Tab. 2 Základní parametry modelu robotu Ares

Montáž celého podvozku se provádí následovně. Sešroubuje se k sobě hlavní a nastavbová část rámu. Do kompletního rámu se následně vloží a zajistí oba pohony a všechna kolečka (vodící, přítlačná i napínací). Pak se přišroubuje spodní kryt, a to z důvodu zablokování přístupu k závitům pro šrouby po vsazení koše s bateriemi. Jakmile je spodní kryt na místě, je čas umístit na přední část hlavního rámu kontroléry jednotlivých motorů I-Drive. Poté se na lišty nastavbového rámu zahákne koš s bateriemi a box elektroniky manipulátoru. Zároveň se do zadní části hlavního rámu umístí i box elektroniky podvozku. Na desku manipulátoru se umístí ramenoy a na takto sestaveném celku se provede zapojení všech komponent elektronického systému robotu. Nakonec přišroubujeme nebo uzamkneme zbylé části krytování. Takto smontovaný robot je pak připraven plnit všechny manipulační nastavbou dané servisní úlohy.

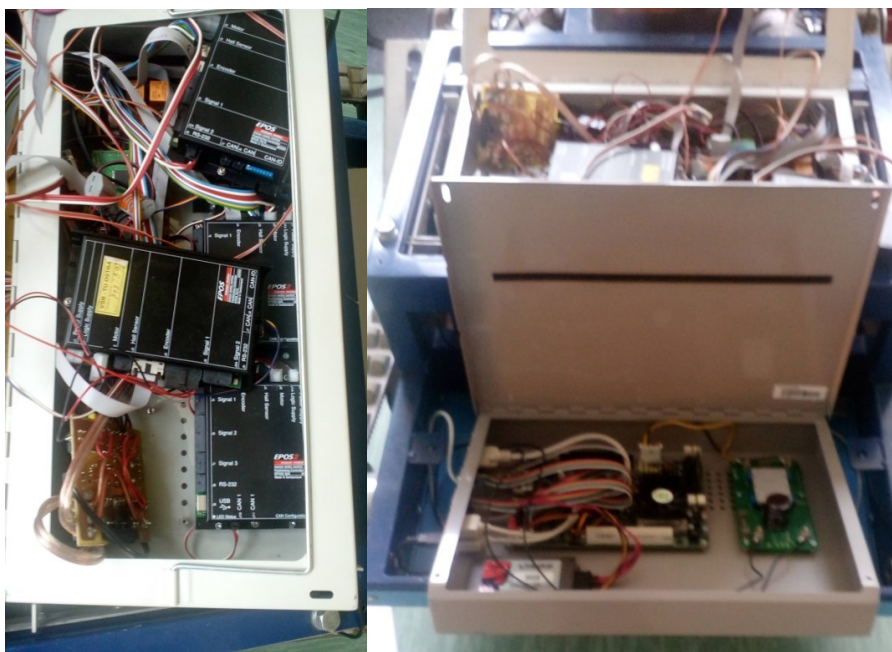
Model robotu bude dále používán ke kinematickým a dynamickým analýzám. Soupis a rozdělení modelu do jednotlivých podsestav a zakótované základní rozměry robotu naleznete v příloženém sestavném výkresu aktuálního stavu (příloha E).

3 Návrh držáků HW komponent

Po vypracování modelu robotu a zjištění nedostatků v aktuálním řešení držáků elektronických komponent následuje návrh na jejich vylepšení. Největšími nedostatky aktuálního řešení jsou:

- Volně uložené kontroléry motorů EPOS manipulačního ramene.
- Vodivé propojení elektronických komponent se zbytkem konstrukce (probíjení proudu).
- Polámané držáky koše s akumulátory.

Při návrhu řešení těchto problémů se budu zabírat i montáží jednotlivých komponent do příslušných boxů a zajištěním dostatečného místa mezi komponenty pro vedení kabeláže. Finální verze návrhu držáků bude doplněna do vytvořeného modelu aktuálního stavu robotu a bude k ní vytvořena náležitá výrobní dokumentace v podobě sestavných výkresů.



Obr. 46 Aktuální stav elektroniky v boxech



Obr. 47 Úchyty koše s bateriemi

3.1 Požadavky na návrh držáků HW komponent

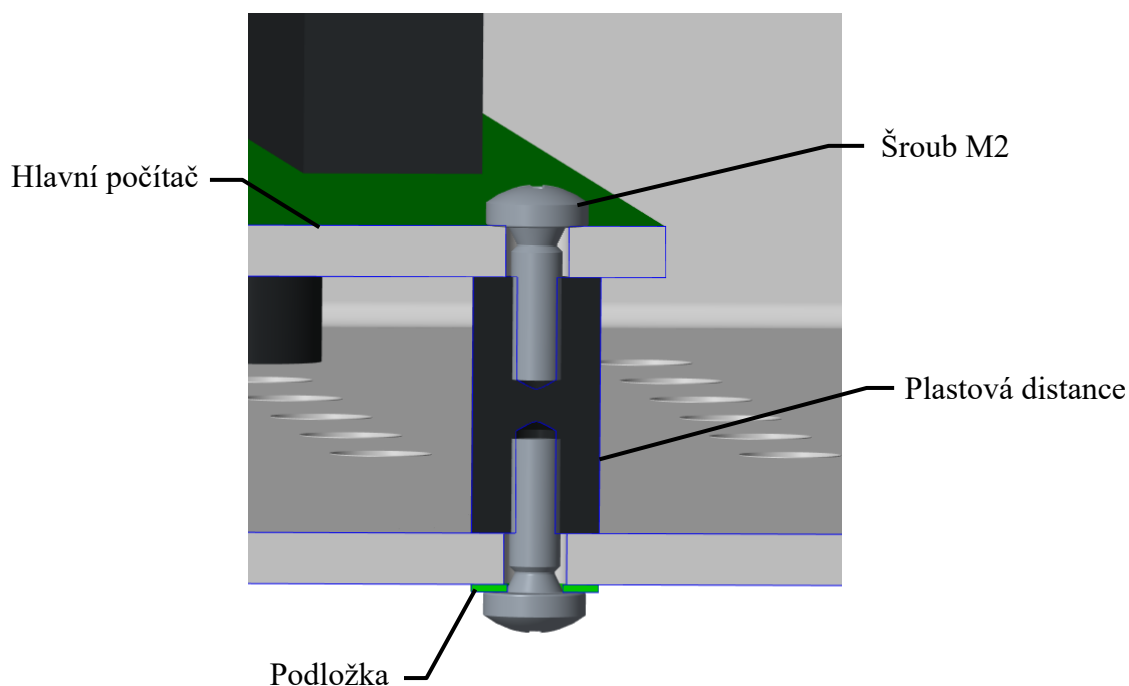
- Vyrobitelné, pokud možno, pouze 3D tiskem.
- Zajistit dostatečně tuhé uložení všech komponent elektronického systému.
- Možnost vytahovat jednotlivé komponenty za použití jednoho typu šroubováku.
- Použití lehkého a odolného nevodivého materiálu.
- Držáky přišroubovány, pokud možno, již v existujících dírách vyvrtaných v boxech pro elektroniku.

3.2 Navržené držáky HW komponent

Při návrhu jednotlivých držáků se vychází z požadavků uvedených v předchozí kapitole. Jako vhodný materiál pro 3D tisk držáků byl zvolen plast typu PET-G značky Filament-PM [17]. Jedná se o pevný a houževnatý materiál, který se vyznačuje dobrou teplotní stálostí. Tento materiál je také odolný vůči kyselinám a rozpouštědlům.

3.2.1 Držáky pro desky plošných spojů

Návrhem držáků desek plošných spojů se myslí změna v konstrukci uložení desky hlavního počítače, stabilizátoru, desky subsystému řízení podvozku, ovladače efektoru a battery managementu. U původního návrhu se jednalo o přímé vodivé propojení elektronických komponent se zbytkem konstrukce. To v případě probíjení proudu do konstrukce může vést k ovlivnění elektronických komponent. Bylo tedy navrženo nové řešení za použití ze dvou stran přišroubované plastové distance, která odděluje elektroniku od zbytku konstrukce vrstvou nevodivého materiálu.

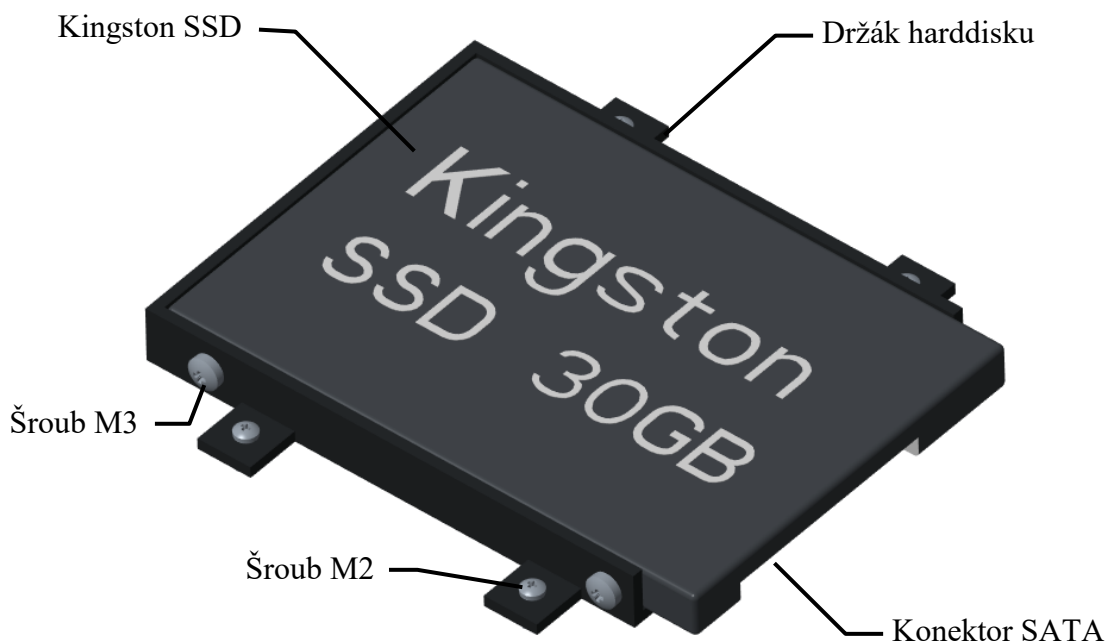


Obr. 48 Řez navrženým uložením

Jak je patrné z obr. 48, plastová distance o průměru 5 mm a délce 12 mm je z jedné strany přišroubována ke stěně boxu pomocí šroubu s válcovou hlavou a křížovou drážkou M2 ISO 7045. Z druhé strany je pak k náboji stejným šroubem připevněn daný komponent elektronického systému. Tím se zajistí požadovaná izolace komponent od zbytku konstrukce.

3.2.2 Držák harddisku

Stejně jako plastová distance u desek plošných spojů je i držák harddisku navržen tak, aby zajistil nevodivé oddělení SSD, které bylo přišroubováno přímo ke stěně boxu, od zbytku konstrukce.

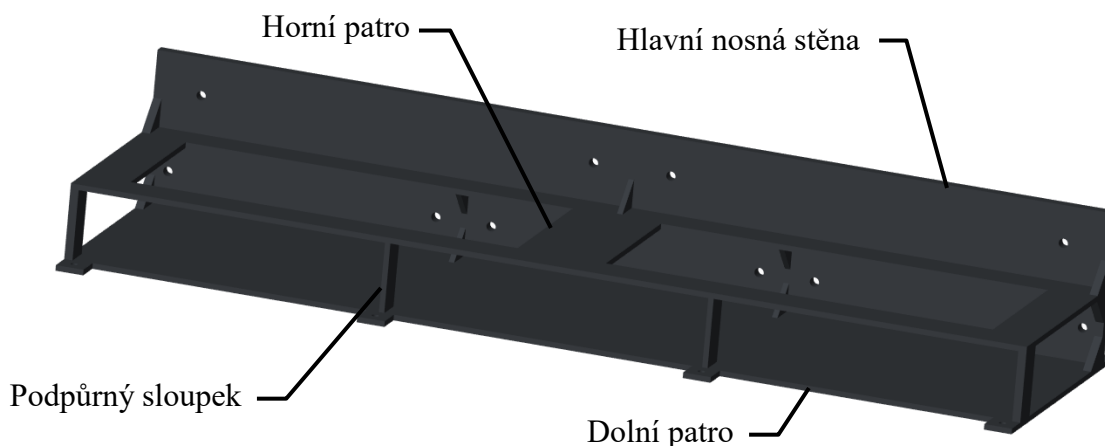


Obr. 49 Osazený držák SSD

Držák je v boxu připevněn na čtyřech místech pomocí šroubů s válcovou hlavou a křížovou drážkou M2 ISO 7045, které jsou zespodu zajištěny maticí. Samotné SSD je pak v držáku upevněno stejnými šrouby o velikosti závitu M3. Oba typy šroubů lze odšroubovat za použití stejného šroubováku. Držák, o maximálních rozměrech 92 x 94 x 10 mm (délka x šířka x výška) a tloušťce stěny 2 mm, zároveň zajišťuje snazší přístup ke konektoru, který je částečně umístěn na spodní straně harddisku, oddělením SSD od stěny boxu o tloušťku stěny držáku.

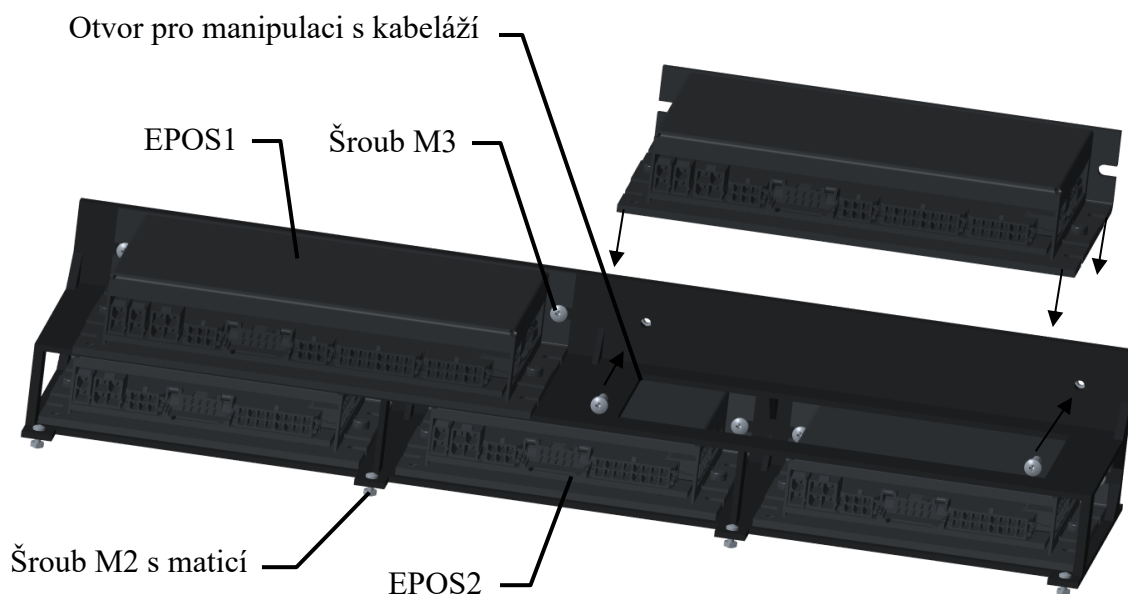
3.2.3 Stojan pro kontroléry motorů manipulátoru EPOS

Problém s volným uložením některých kontrolérů motorů manipulátoru je způsoben nedostatkem místa v boxu (kontroléry jsou uloženy jeden na druhém). Byl proto navržen dvoupatrový stojan, který zajišťuje dostatečně tuhé uchycení všech těchto zařízení v omezeném prostoru boxu.



Obr. 50 Stojan pro zařízení EPOS

Maximální rozměry stojanu jsou 346 x 110 x 56 mm (délka x šířka x výška). Dolní a horní patro tvoří stěna tlustá 2 mm. Horní patro stojí z jedné strany na čtyřech podpůrných sloupcích o rozměrech 3 x 11 x 27 mm (šířka x délka x výška) a z druhé se opírá o hlavní nosnou stěnu o tloušťce 4 mm. V zadní nosné stěně jsou také vyvrtány otvory pro uchycení jednotlivých kontrolérů. Jak můžeme vidět na obr. 51 na další stránce, ve stojanu bude dohromady umístěno pět zařízení. Ve spodní části tři rozměrově menší novější zařízení EPOS2 a v horní pak dvě větší starší zařízení EPOS1. Mezi uloženými zařízeními jsou 12 mm rozestupy pro vedení kabeláže. Všechna zařízení budou přišroubována k zadní stěně stojanu pomocí šroubů s válcovou hlavou a křížovou drážkou M3 ISO 7045 zezadu zajištěných maticí. Samotný stojan pak bude k boxu přišroubován na osmi místech stejnými šrouby velikosti M2, také zajištěnými z druhé strany maticí.

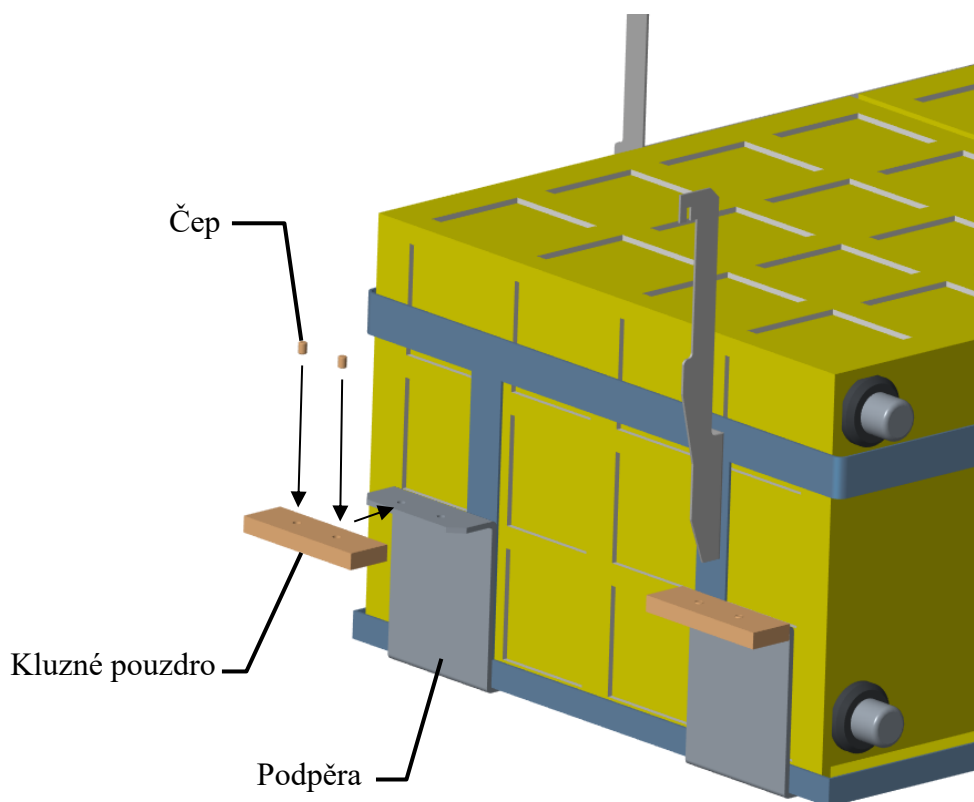


Obr. 51 Osazený stojan pro zařízení EPOS

Montáž jednotlivých kontrolérů do stojanu probíhá v následujícím pořadí. Nejdříve se do dolního patra přišroubují zařízení EPOS2. Dále se takto osazený stojan připevní do boxu a skrze boční otvory se k zařízením připojí kabeláž. Důvodem, proč se musí před vložením stojanu do boxu přišroubovat do dolního patra všechny kontroléry EPOS2, je nedostatek prostoru v boxu pro manipulaci se šroubovákem. K připojení kabeláže v prostoru mezi kontroléry lze použít dvou otvorů v horním patře stojanu. Po propojení kabeláže ke všem zařízením umístěným v dolním patře stojanu, se do horního patra připevní zbývající zařízení EPOS1. Umístění stojanu v boxu a vedení kabeláže bude popsáno v následujících kapitolách.

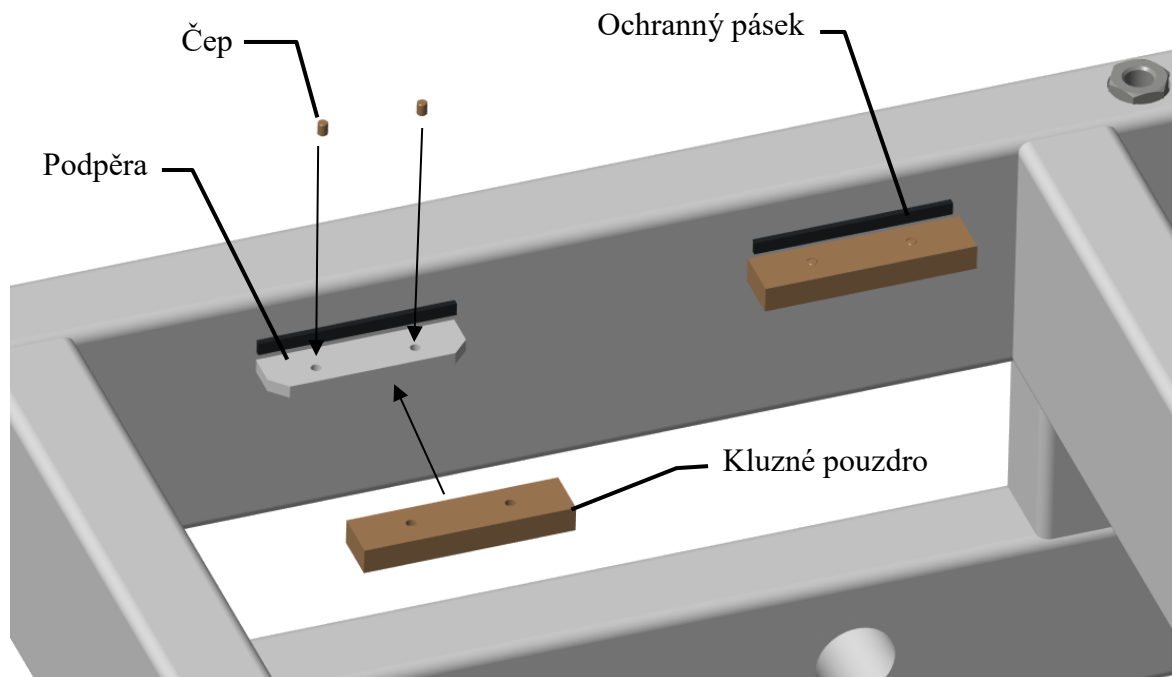
3.3 Možné řešení podpory pro úchyty koše s bateriemi

Při řešení problému polámaných úchytů koše s bateriemi se vycházelo z předpokladu, že se úchyty zlomily vlivem únavového napětí. Jelikož však nebylo možné zjistit průběh namáhání v jednotlivých úchytech, bylo navrženo vylepšení pomocí přidání kluzných podpěr, přivařených ke koši a k hlavnímu rámu, které na sebe vezmou část zatížení z hmotnosti baterií a tím uleví namáhaným úchytům, což by teoreticky mělo zvýšit jejich životnost. Kluzné podpěry byly nad pevně přišroubovanými zvoleny z důvodu zachování určitého stupně volnosti koše, což byl jeden z důvodů, proč řešení uchycení baterií umístěním do koše vzniklo.



Obr. 52 Podpěry v koši s bateriemi

Jak je vidět na obr. 52, podpěry koše jsou tvořeny z 2 mm tlustého plechu o šířce 50 mm ohnutého do tvaru písmene Z, který je z jedné strany přivařen ke koši s bateriemi a z druhé strany opatřen kluzným pouzdrům. Kluzné pouzdro o rozměrech 54 x 17 x 6 mm (délka x šířka x výška), vyráběno pomocí 3D tisku, je v podpěře zajištěno proti posunutí pomocí dvou čepů o průměru 3 mm.



Obr. 53 Podpěry pro koš s bateriemi v hlavním rámu

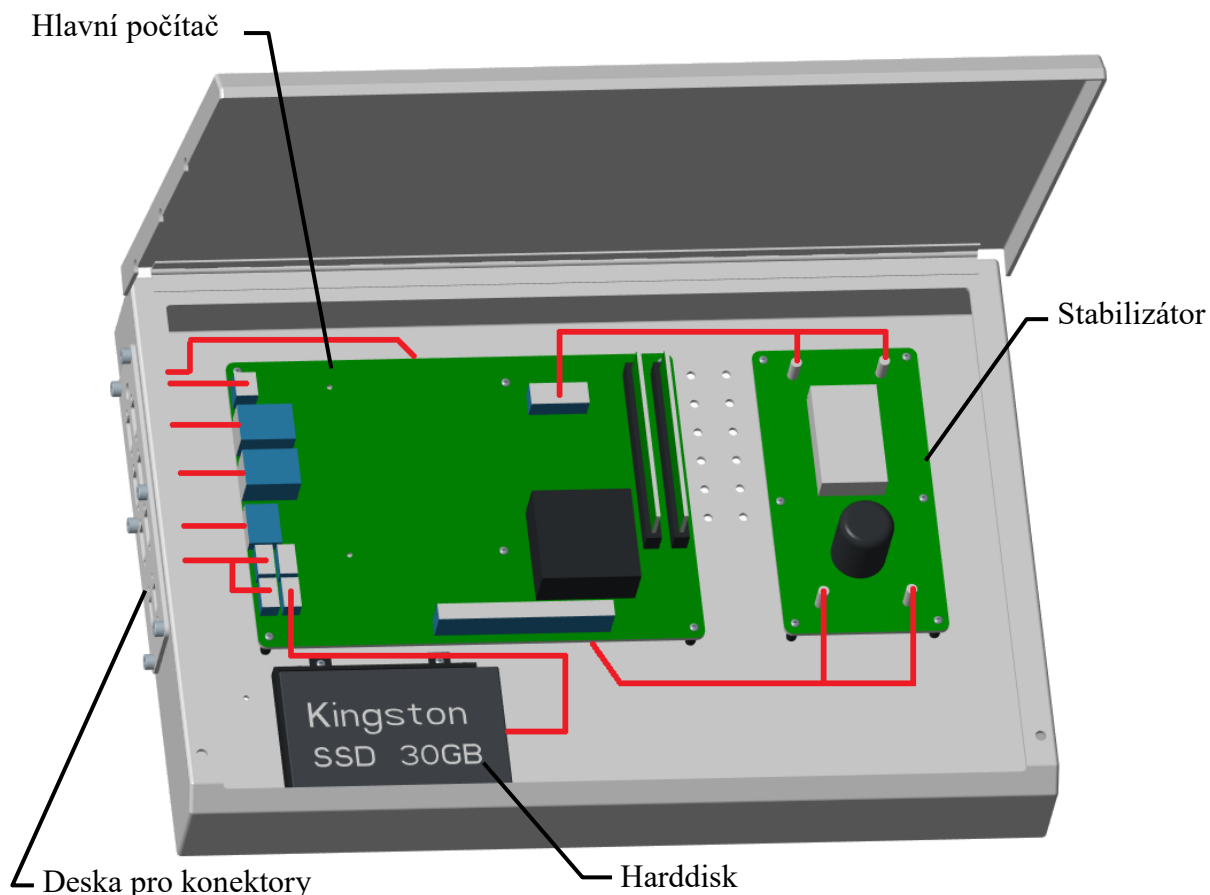
Podpěry přivařené k hlavnímu rámu (obr. 53), o které se bude koš opírat, jsou tvořeny z plechu o rozměrech 60 x 15 mm (délka x šířka) a tloušťce 4 mm. Kluzná pouzdra o rozměrech 44 x 15 x 8 mm (délka x šířka x výška) jsou stejně jako u podpěr koše zajištěna proti posunutí pomocí dvou čepů o průměru 3 mm. Aby při pohybu koše s bateriemi nedošlo k poškození povrchu rámu, jsou místa možného styku podpěr koše s rámem opatřeny ochranným pryžovým páskem.

Připojovací rozměry jednotlivých částí navrženého možného řešení naleznete v příložených sestavných výkresech umístění podpěr koše a podpěr v rámu (příloha E).

Jak už bylo uvedeno dříve, aplikace tohoto vylepšení zvýší životnost původního konstrukčního návrhu úchytů koše s bateriemi. V budoucnu by pak bylo vhodné pomocí měření zjistit průběhy napětí v jednotlivých úchytech při provozu robotu a pomocí kinematických a dynamických analýz na vytvořeném modelu aktuálního stavu provést jejich optimalizaci, popřípadě potvrdit účinnost navrženého vylepšení.

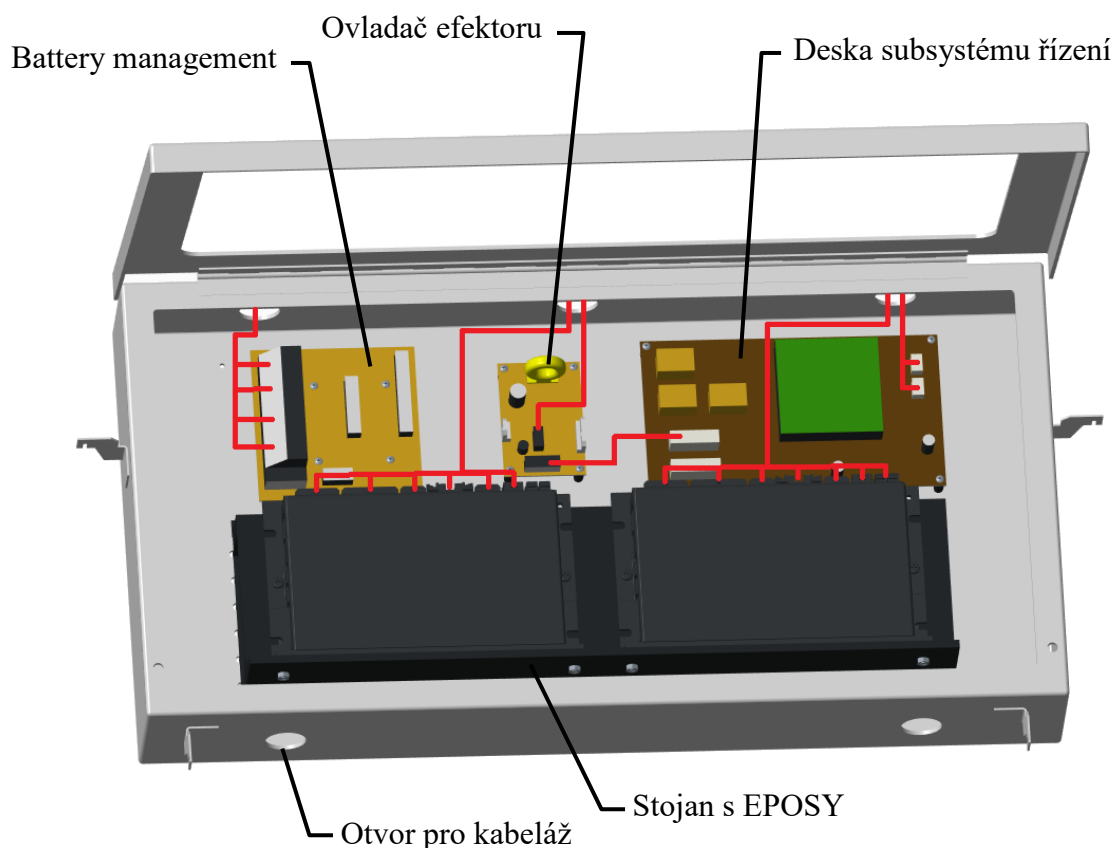
3.4 Rozmístění a montáž navržených držáků s komponenty v boxech

Při návrhu rozmístění jednotlivých držáků se vycházelo z podmínky, aby byly všechny komponenty umístěny, pokud možno, na stejných místech. A to zejména z důvodu využití již existujících děr pro uchycení komponent a otvorů pro vedení kabeláže.



Obr. 54 Rozmístění navržených držáků s komponenty v boxu řídicího systému

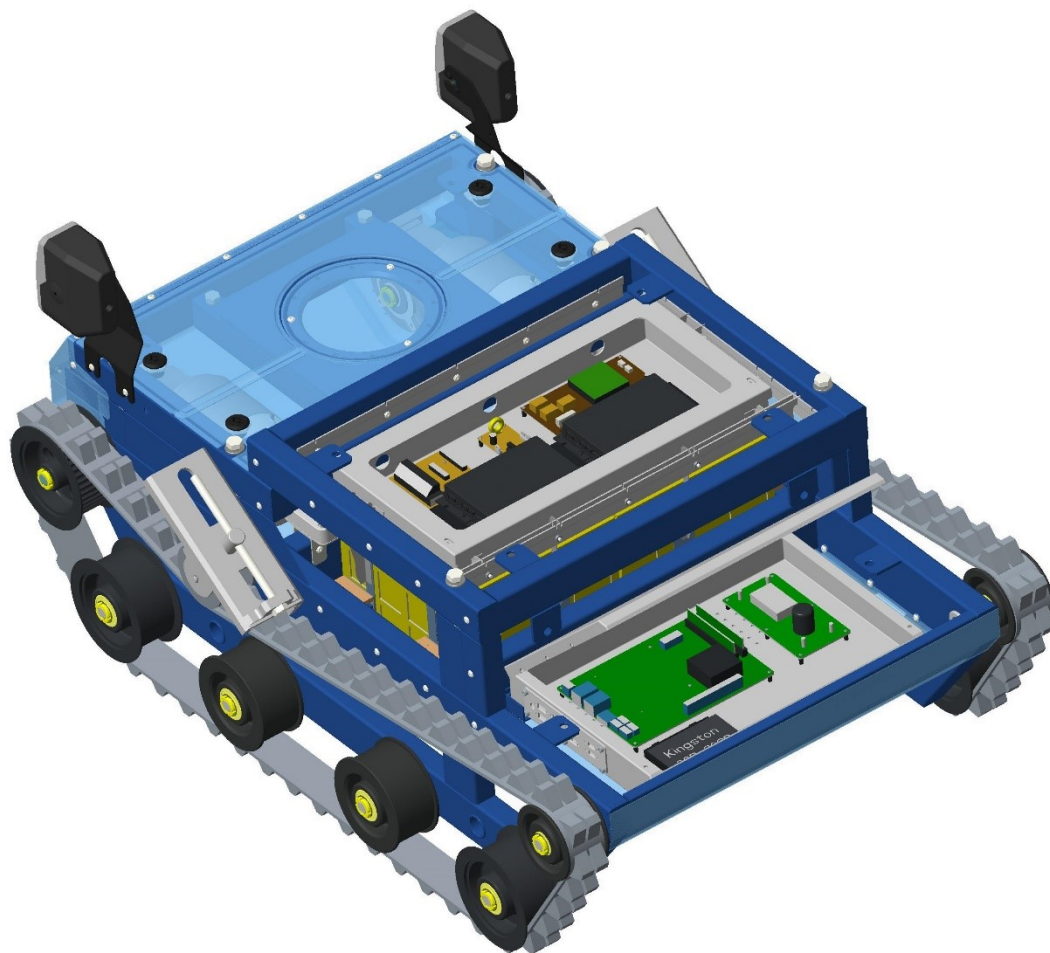
Umístění komponent v boxu řídicího systému podvozku zůstalo téměř identické. Jedinou výjimkou je držák harddisku, pro který bylo potřeba vyvrtat nové díry, vzhledem ke změně připojovacích rozměrů. Při montáži jednotlivých komponent do boxu řídicího systému podvozku začínáme tím, že přišroubujeme harddisk do navrženého držáku, který se poté připevní do boxu. Dále se zespu k boxu do předpřipravených děr přišroubují jednotlivé distance, ke kterým se následně z druhé strany přišroubuje hlavní počítač a stabilizátor. Nakonec následuje připojení kabeláže, která je jak je naznačeno červeně na obr. 54 je vedena z harddisku a stabilizátoru do hlavního počítače, ze kterého jde dále přímo k desce s konektory stejně jako u původního návrhu.



Obr. 55 Rozmístění navržených držáků s komponenty v boxu elektroniky manipulátoru

Umístění komponent v boxu elektroniky manipulátoru prošlo hned několika změnami. Byla eliminována deska z plexiskla, na které byly v původním návrhu umístěny všechny komponenty, z důvodu zajištění dostatečného místa pro stojan s kontroléry EPOS. Dále musely být vyvrtány nové díry pro přišroubování všech původně na desce umístěných komponent. Jednotlivé držáky a komponenty se do boxu montují v následujícím pořadí. Zespuď se k boxu přišroubují distance, ke kterým se z druhé strany přišroubuje deska subsystému podvozku, ovladač efektoru a battery management. Dále se do boxu připevní stojan pro kontroléry EPOS s již osazeným dolním patrem. Předtím než se do stojanu připevní zbylá zařízení, se k již upevněným připojí potřebná kabeláž. Jakmile se do stojanu přišroubujeme zbylá zařízení, následuje připojení kabeláže ke zbytku elektroniky. Kabeláž bude vedena stejným způsobem jako u původního návrhu, a to skrze otvory ve stěně boxu (vedení kabeláže naznačeno červeně na obr. 55, jedná se pouze o naznačení směru vedení kabeláže, nikoliv o přesné zapojení).

Připojovací rozměry jednotlivých komponent v obou boxech naleznete v příložených sestavných výkresech návrhu boxů (příloha E). Boxy budou v robotu umístěny na stejných místech jako v původním návrhu.



Obr. 56 Robot Ares s navrženými úpravami

4 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo provést revizi aktuálního stavu konstrukce robotu ARES, vytvořit k němu odpovídající dokumentaci v podobě modelu a sestavného výkresu celku a na základě poznatků získaných při analýze navrhnout nové možné řešení držáků HW komponent.

Úvodní kapitoly bakalářské práce obsahují analýzu aktuálního stavu a popis jednotlivých částí elektronického systému. Součástí analýzy aktuálního stavu je i popis měřidel použitých pro získání rozměrů hlavních součástí robotu a technologie FDM 3D tisku, pomocí které se budou vyrábět navržené držáky.

Další část práce se věnuje tvorbě modelu aktuálního stavu robotu. Obsahem této části je srovnání aktuálního stavu robotu s dodanou dokumentací a následná tvorba samotného modelu. Jeho rozdělení do podsestav, popis jednotlivých částí a funkčních prvků a jejich montáže. Vytvořený model robotu bude dále využíván na katedře robotiky k provádění kinematických a dynamických analýz.

Po vyhodnocení a tvorbě modelu aktuálního stavu následuje návrh možného řešení zjištěných hlavních nedostatků současného řešení držáků HW komponent. Jmenovitě se jedná hlavně o polámané držáky koše s bateriemi a volné uložení některých komponent elektronického systému.

Problém volně uložených komponent byl vyřešen vytvořením příslušných držáků, které zajišťují jak jejich dostatečně tuhé uložení, tak i izolaci od zbytku konstrukce. Dojde-li tedy k probití proudu do konstrukce, zůstane elektronický systém nedotčen. Pro držáky koše s bateriemi pak byly navrženy kluzné podpěry, které na sebe převezmou část zatížení a prodlouží tak jejich životnost. Finální varianta řešení držáků byla doplněna do vytvořeného modelu robotu a byla k ní zhotovena výrobní dokumentace v podobě sestavných výkresů s vyznačenými připojovacími rozměry.

Konečnou variantu práce na držácích elektroniky robotu Ares by bylo možno dále rozšířit o provedení pevnostní analýzy zatížení koše s bateriemi. Podle výsledků této analýzy by se pak mohlo navržené řešení dále optimalizovat, popřípadě navrhnout nové vhodnější řešení.

Seznam použité literatury

- [1] *Katedra robotiky, fakulta strojní, VŠB-TU Ostrava* [online]. c2016 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <www.robot.vsb.cz/galerie/roboty/ares/>
- [2] ŠOLC, František; ŽALUD, Luděk. *Robotika* [online]. Brno: FEKT VUT v Brně, 1.10.2002 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://matescb.skvormalt.cz/robotika_kybernetika/VUT_Brno_Robotika.pdf>
- [3] KÁRNÍK, Ladislav. *Servisní roboty*. VŠB – Technická univerzita Ostrava: Ediční středisko VŠB – TUO, 2004. 144 s. ISBN 80-248-06-6.
- [4] STUDÉNKA, Marek. *Návrh modulární konstrukce pásového podvozku s proměnnou kinematikou rámu* [Diplomová práce]. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotechniky, Ostrava 2010. c2017 [cit. 2017-28-04].
- [5] HUCZALA, Daniel. *Návrh optimalizace elektroniky robotu ARES* [Bakalářská práce]. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotechniky, Ostrava 2016. c2017 [cit. 2017-28-04].
- [6] NOVA-GM45A – IEI Management. IEI Smart City Solutions [online]. 2010 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <<http://www.ieiworld.com/publication/news/content.aspx?id=0A075581140874762561>>
- [7] VICOR CORPORATION. *Ds_24vin-micro-family: DC-DC Converter Module*. [online] 2015 [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <http://cdn.vicorpower.com/documents/datasheets/ds_24vin-micro-family.pdf>
- [8] HEUREKA. *Kingston ssdnow s200 30gb* [online]. 2000 [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <<https://pevne-disky.heureka.cz/kingston-ssdnow-s200-30gb-ss200s3-30gb/>>
- [9] MAXON MOTOR. *EPOS2 50/5, Digital positioning controller. Maxon motor* [online]. 2008 [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <<http://www.maxonmotor.com/maxon/view/product/control/Positionierung/347717>>
- [10] MAXON MOTOR. *300583-Hardware-Reference-En.pdf: EPOS Positioning Controller* [online]. 2008 [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <http://www.maxonmotor.com/media/sys_master/root/8803613802526/300583-Hardware-Reference-En.pdf>
- [11] PG DRIVES TECHNOLOGY. *I-drive manual* [CD]. 2006 [cit. 2017-05-09]
- [12] SLEVOVYPRODEJ.CZ. *Digitální posuvné měřítko 0-150 mm* [online]. 2017 [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <<https://www.slevovyprodej.cz/catalog/cs/zahrada-naradi-digitalni-posuvne-meritko-0-150mm/p001-0085ic90ic5.html/>>
- [13] SVETNARADI.CZ. *Metr svinovací Astra 5m x 19mm* [online]. 2017 [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <<http://www.svetnaradi.com/metr-svinovaci-astra-5mx19mm.htm>>

-
- [14] Stratasys [online]. [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <<http://www.stratasys.com/>>
- [15] FDM technologie (Fused Deposition Modeling). *Stratasys* [online]. [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <<http://www.objet.cz/3D-tiskarny/technologie-fdm>>
- [16] GRABCAD. *Grabcad community library* [online]. 2017 [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <<https://grabcad.com/library?utf8=%E2%9C%93&query=epos>>
- [17] MATERIALPRO 3D. *PET-G Tisková struna černá 1,75mm 1kg filament mp* [online]. 2017 [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <<https://www.materialpro3d.cz/tiskove-struny-filamenty/pet-g-filament-cerny-1-75-mm/>>

Přílohy

Přiložené CD

- Příloha A Textová část bakalářské práce
- Příloha B 3D model aktuálního stavu robotu Ares
- Příloha C 3D model robotu Ares s navrženými úpravami
- Příloha D Získané výrobní listy jednotlivých elektronických prvků robotu Ares
- Příloha E Výkresová dokumentace

Výkresová dokumentace

Sestavný výkres aktuálního stavu robotu Ares

BAKZEM0097-00-MR_Ares

Sestavný výkres návrhu boxu elektroniky manipulátoru

BAKZEM0097-BOX_ELEKRONIKY_MANIPULATORU

Sestavný výkres návrhu boxu řídicího systému

BAKZEM0097-BOX_RIDICHO_SYSTEMU

Sestavný výkres umístění podpěr v hlavním rámu

BAKZEM0097-PODPERY_V_HL_RAMU

Sestavný výkres umístění podpěr koše s bateriemi

BAKZEM0097-PODPERY_KOSE