



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

**KONSTRUKČNÍ NÁVRH TESTOVACÍHO ZAŘÍZENÍ
PRO AUTOMOBILOVÉ ZÁSUVKY**

DESIGN OF LOW VOLUME INLET TESTER

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Michal Hotový

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.

BRNO 2020

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student: **Bc. Michal Hotový**
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Výrobní stroje, systémy a roboty
Vedoucí práce: **doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.**
Akademický rok: 2019/20

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

Konstrukční návrh testovacího zařízení pro automobilové zásuvky

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Diplomová práce se bude zabývat konstrukčním návrhem testovacího zařízení, určeného pro kontrolu elektrické zásuvky, používané v elektromobilech. Zařízení musí být schopné kontrolovat elektrickou zásuvku z hlediska jejich nejvýznamnějších vybraných parametrů pomocí kamerového, mechanického a elektrického testu. Úkolem zpracovatele diplomové práce je provést konstrukční návrh nového zařízení, včetně potřebných výpočtů a výkresové dokumentace vybraných prvků. Zadání DP je řešeno ve spolupráci se společností Marston–CZ, s. r. o. v Brně.

Cíle diplomové práce:

Zhodnocení současného stavu v oblasti konstrukce a použití základních elektrických komponent, užívaných v elektromobilech.

Systémový rozbor problematiky procesu skládání vybraných typů elektrických zásuvek (inletu) v elektromobilech, včetně popisu jejich hlavních parametrů a jejich kontroly stavu.

Konstrukční návrh pracoviště s testovacím zařízením, které splňuje následující základní parametry:

Kontrola parametrů a veličin inletu pomocí kamerového, mechanického a elektrického testu.

Univerzálnost stroje se schopností přestavby sestavy pro různé product number (PN) inletu.

Splnění základních požadavků dle požadavků zadavatele, např. čas cyklu menší než 120 sec.

Potřebné výpočty vybraných komponent modulového pracoviště.

Výkresová dokumentace (vybrané sestavy, 5 dílců).

Komentář k přiložené výkresové dokumentaci.

Analýza rizik nového návrhu testovacího zařízení.

Kritické zhodnocení dosažených výsledků DP a doporučení pro praxi.

Seznam doporučené literatury:

MAREK, Jiří. Konstrukce CNC obráběcích strojů III. Praha: MM publishing, 2014. MM speciál. ISBN 978-80-260-6780-1.

KOLÍBAL, Zdeněk. Roboty a robotizované výrobní technologie. První vydání. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTIAM, 2016. ISBN 978-80-214-4828-5.

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIAM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.

ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.

děkan fakulty

ABSTRAKT

Tématem diplomové práce je konstrukční návrh testovacího zařízení na kontrolu elektrických automobilových zásuvek dle požadavků zákazníka. Testovaná elektrická zásuvka se bude testovat pomocí elektrického, mechanického a kamerového testu. Diplomová práce je rozdělena na řešeršní část popisující základní prvky v konstrukci elektromobilů, a jednotlivé typy elektrických zásuvek v elektromobilech, a praktickou část popisující konstrukční návrh samotného testovacího zařízení.

ABSTRACT

The topic of this thesis is the design of a testing device for checking electrical car sockets according customers' requirements. The electrical socket shall be tested by electrical, mechanical and camera tests. The diploma thesis is divided into two main parts, first is a part describing the basic elements in the construction of electric vehicles, and describing types of electric sockets in electric vehicles, and second, a practical part describing the design of a testing device.

KLÍČOVÁ SLOVA

Jednouúčelový stroj, testovací zařízení, elektrická automobilová zásuvka

KEYWORDS

Dedicated machine, testing device, electrical car sockets

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HOTOVÝ, Michal. Konstrukční návrh testovacího zařízení pro automobilové zásuvky [online]. Brno, 2020 [cit. 2020-06-17]. Dostupné: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124607>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Radek Knoflíček.

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu doc. Ing. Radku Knoflíčkovi Dr. za odborné vedení a rady při zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat DiS. Romanu Zaninovi a Ing. Aleši Markovi za umožnění vypracování práce ve společnosti Marston-CZ s.r.o.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Radku Knoflíčkovi Dr. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 20.6.2020

.....

Bc. Michal Hotový

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	MOTIVACE	17
3	ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU V OBLASTI KONSTRUKCE A POUŽITÍ ZÁKLADNÍCH ELEKTRICKÝCH KOMPONENT, UŽÍVANÝCH V ELEKTROMOBILECH	19
3.1	Elektromobily	19
3.1.1	Historie elektromobilu	19
3.1.2	Výhody a nevýhody elektromobilů	20
3.2	Jednotlivé komponenty elektromobilů	21
3.2.1	Motor elektromobilu	22
3.2.2	Trakční měnič	23
3.2.3	Palubní DC-DC měnič	23
3.2.4	Baterie	23
3.3	Nabíjení elektromobilů	25
3.3.1	Kabelové nabíječky	25
3.4	Typy konektorů	28
4	SYSTÉMOVÝ ROZBOR PROBLEMATIKY PROCESU SKLÁDÁNÍ VYBRANÝCH TYPŮ ELEKTRICKÝCH ZÁSUVK (INLETU) V ELEKTROMOBILECH, VČETNĚ POPISU JEJICH HLAVNÍCH PARAMETRŮ A JEJICH KONTROLY STAVU	32
4.1	Popis jednotlivých komponentů	32
4.2	Kontrola elektrické zásuvky	34
4.2.1	Technická specifikace kontroly elektrické zásuvky	34
5	KONSTRUKČNÍ NÁVRH PRACOVNÍHO MÍSTA S TESTOVACÍM ZAŘÍZENÍM	36
5.1	Specifikace požadavků	36
5.1.1	Průběh testování	36
5.1.2	Základní požadavky	36
5.1.3	Požadavky na testovací zařízení	36
5.1.4	Výběr testovacích zásuvek	37
5.2	Koncept stroje	38
5.2.1	Popis činnosti konceptu	38
5.3	Vlastní konstrukční návrh	39
5.3.1	Základní deska	40
5.3.2	Lineární servopohon	40
5.3.3	Otočné lůžko	42
5.3.4	1.stanice	47
5.3.5	2. stanice	48
5.3.6	3.stanice	49
5.3.7	4.stanice	50
5.3.8	Princip elektrické kontroly	54
5.3.9	5.stanice	56
5.3.10	Spodní část stroje	56
5.3.11	Vrchní kryt	57
5.3.12	NOK Bedna	59
5.3.13	Pomocná zařízení	61

5.3.14 Výsledný stroj	61
5.4 Teoretický čas cyklu.....	62
5.4.1 Skutečný čas cyklu	63
6 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE A KOMENTÁŘ K VÝKRESOVÉ DOKUMENTACI	64
7 ANALÝZA RIZIK TESTOVACÍHO ZAŘÍZENÍ	66
7.1 Analýza rizik	66
7.2 ČSN EN ISO 12100	66
7.2.1 Popis strojního zařízení	67
7.2.2 Relevantní předpoklady – určení mezních hodnot	67
7.2.3 Obsluha a úroveň zácvičení	67
7.2.4 Osobní ochranné a pracovní prostředky	67
7.2.5 Dodávka energií	67
7.2.6 Vymezení životnosti.....	67
7.2.7 Kontrola strojního zařízení.....	67
7.2.8 Identifikace nebezpečí, vyhodnocení míry rizika, stanovení bezpečnostního opatření a určení zbytkového rizika.....	68
8 KRITICKÉ ZKODNOCENÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE A DOPORUČENÍ PRO PRAXI.	73
9 ZÁVĚR	75
10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	77
11 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK.....	81
11.1 Seznam zkratk.....	81
11.2 Seznam symbolů použitých v rovnicích:.....	82
11.3 Seznam tabulek.....	83
11.4 Seznam obrázků.....	83
12 SEZNAM PŘÍLOH.....	85

1 ÚVOD

Tématem diplomové práce je konstrukční návrh testovacího zařízení pro automobilové zásuvky používané v elektromobilech. Testovací zařízení kontroluje automobilovou zásuvku pomocí mechanického, kamerového a elektrického testu. Testovací zařízení musí splňovat požadavky zákazníka, a to především možnost testování více typů elektrických zásuvek, a možnost měření požadovaných veličin.

První část diplomové práce se zabývá popisem elektromobilů, od jejich historie, až po současnost, popisuje použité komponenty v elektromobilech s důrazem na popis elektrických komponent, a to především automobilových zásuvek. V této části jsou také popsány typy automobilových zásuvek a jejich vybrané parametry.

Druhá, praktičtější část se zabývá vlastním konstrukčním návrhem testovacího zařízení. Popisuje vznik testovacího zařízení od konceptu až po popis jednotlivých stanic včetně popisu principu testování. Dále se v této části nachází vybraná výkresová dokumentace s komentářem a také je zde provedena analýza rizik testovacího zařízení.

2 MOTIVACE

V současné neustále se rozvíjející Evropě, jsou kladeny možná až přehnaně vysoké nároky na ekologii. Za tímto politickým tlakem je snaha snížit emise především v automobilové dopravě, a to s pomocí automobilů s elektrickým pohonem. Elektromobily v posledních letech zažívají neustálý vývoj, zvyšují se jejich prodeje a už nyní tvoří zajímavou alternativu ke klasickým spalovacím motorům. I přes své nedostatky (především cena, dojezd a doba nabíjení) už jsou v nabídce většiny velkých výrobců automobilů.

Během magisterského studia rozšiřuji své obzory i v praxi, mám dlouhodobou brigádu ve společnosti zabývající se vývojem a stavbou jednoúčelových strojů do automobilového průmyslu. Tento směr technického oboru je pro mě velice zajímavý především kvůli tomu, že se jedná o navrhování nových zařízení, u kterých se používají základní metody a principy ale jsou vždy upraveny pro konkrétní aplikaci.

Ve firmě Marston-CZ, s.r.o. mi bylo umožněno zpracovat diplomovou práci na konstrukční návrh nového testovacího zařízení. Tématem diplomové práce kombinuje aktuální rozšiřování elektromobilů a také návrh jednoúčelového stroje, což je má hlavní motivace pro zvolené téma.

Myslím si, že zpracováním tohoto tématu diplomové práce rozšířím své vědomosti a zkušenosti v této oblasti strojního inženýrství.

3 ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU V OBLASTI KONSTRUKCE A POUŽITÍ ZÁKLADNÍCH ELEKTRICKÝCH KOMPONENT, UŽÍVANÝCH V ELEKTROMOBILECH

3.1 Elektromobily

PEV – plug-in electric vehicle je jakýkoliv automobil, který může být nabíjen z externího zdroje elektřiny, energie je ukládána v bateriích a slouží pro jeho pohon. PEV jsou elektrická auta, která se dělí na:

- čistě elektrická auta (BEVs – battery electric vehicles)
- hybridní auta (PHEVs – plug-in hybrid vehicles)

Čistě elektrická auta (BEVs – battery electric vehicles) – jediným zdrojem energie je elektrická energie uložená v bateriích, a která je doplňována z elektrické sítě. BEVs používá místo spalovacího motoru pouze elektrický motor. Dojezd auta je přímo závislý na kapacitě baterie a konstrukci automobilu. [1]

Hybridní auta (PHEVs – plug-in hybrid vehicles) – kombinují pohon spalovacího motoru a elektromotoru. Pohon auta je primárně řešen pomocí spalovacího motoru, ale vozidlo může k pohonu na kratší vzdálenosti, nebo ve městě využít elektromotor, případně kombinaci obou. Baterie, zpravidla lithium-iontová má v těchto autech menší kapacitu, a může být dobíjena jak z elektrické sítě, pomocí spalovacího motoru, tak i rekuperací během jízdy. Výhodou těchto automobilů je skutečnost, že dokážou ujet několik desítek kilometrů čistě na elektřinu, a tím například ve městech výrazně snižují svoje emise. A naopak pro jízdu na dálnici auto využívá spalovací motor. Mezi nejznámější PHEV modely patří Toyota Prius a Chevrolet Volt. [2]

3.1.1 Historie elektromobilu

První zmínky o elektromobilu jsou z roku 1835, tedy přibližně 50. let před prvním automobilem se spalovacím motorem. Již v roce 1899 byla s elektromobilem jako prvním automobilem na světě překonána rychlost 100 km/h (Obr. 1). V té době byly v USA rozšířenější než automobily se spalovacím motorem, protože poskytovaly větší komfort a snadné ovládání. Další vývoj elektromobilů byl ovlivněn vynálezem elektrického startéru a sériovou výrobou modelu Fordu T, který disponoval větším dojezdem a nízkou cenou. [3] To znamenalo, že ve 20. století byly elektromobily nahrazeny klasickými automobily se spalovacím motorem. K dalšímu rozvoji elektromobilů dochází až v průběhu posledních 20 let. V roce 2003 byla založena společnost Tesla, která patří mezi průkopníky elektromobility, a už v roce 2008 dodává zákazníkům první čistě elektrická auta. Postupně se začaly představovat elektromobily od klasických značek, a v současné době už má v nabídce většina velkých automobilek svůj vlastní model elektrického auta.



Obr. 1) První Vůz, který překonal rychlost 100 km/h [4]

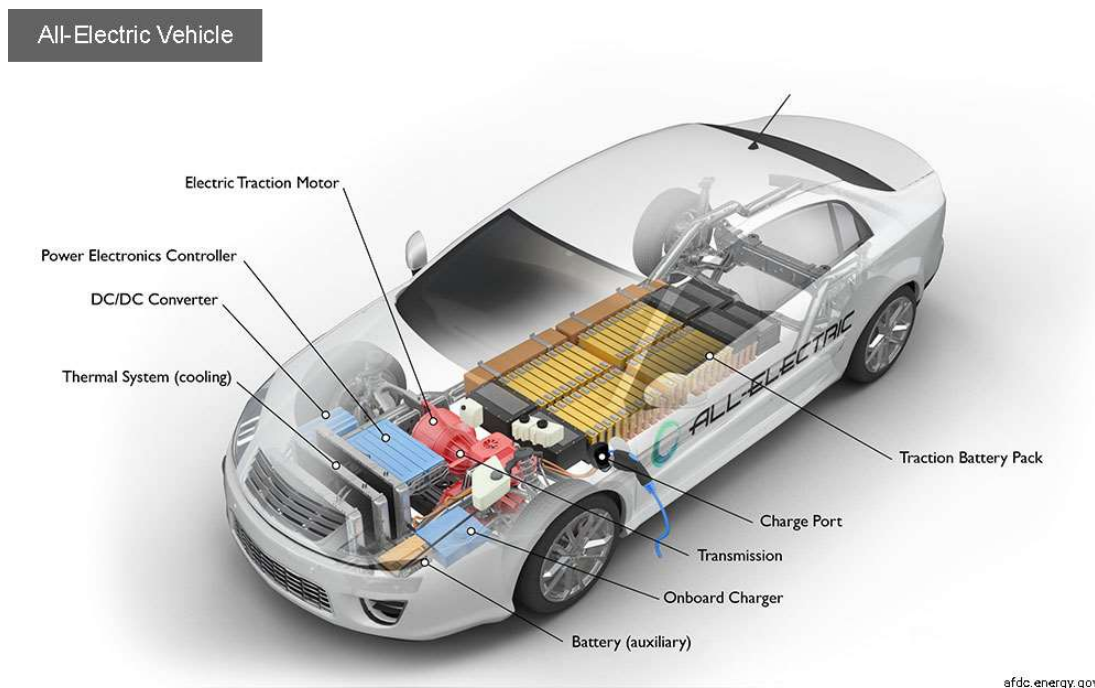
Celkové prodeje PEV dosahují ke konci roku 2018 5 miliónů aut. Největším trhem pro PEV je Čína s více než 2,2 milionu registrací, následuje Evropa a USA, každý trh s přibližně 1 miliónem registrací. Norsko se stalo první zemí, kde PEV zastupují 10 % nově prodaných vozidel. Nejprodávanějším elektrickým automobilem je Nissan Leaf, s více než 380000 prodanými auty, následuje Tesla Model S s více než 263500 auty (v roce 2019). [5]

3.1.2 Výhody a nevýhody elektromobilů

Jako každá moderní technologie, i elektromobily mají své výhody a nevýhody. Mezi výhody patří nižší náklady na provoz a běžnou údržbu auta, protože elektrický systém je spolehlivější, a nevyžaduje servisní údržbu jako auta se spalovacím motorem. Naopak velkou neznámou je životnost baterie, kde dochází k postupnému snižování kapacity baterie, a samotná baterie je velmi drahá. Elektromobily produkují velmi málo škodlivin v místě provozu. Celková ekologičnost závisí na způsobu výroby elektrické energie, ale i v kombinaci s tepelnými elektrárnami jsou ekologičtější než vozidla se spalovacími motory, protože dosahují vyšší účinnosti a lepší filtrací škodlivin v elektrárnách [6]. Velmi problematickým z hlediska ekologie je výroba a likvidace baterie. Mezi jednu ze zásadních nevýhod elektromobilu patří jeho dojezd. V poslední době jsou elektrická auta schopna ujet až 400 km na jedno nabití. Síť nabíjecích stanic není tak rozsáhlá jako síť benzínových stanic, a i samotné nabíjení trvá několika násobně delší dobu, i když v poslední době dochází k výraznému zlepšení rychlosti nabíjení, a například pomocí nových rychlonabíječek trvá nabití na 80% kapacity baterie pouhých 30 minut.

3.2 Jednotlivé komponenty elektromobilů

Konstrukce, a hlavně použití jednotlivých komponent elektromobilů je značně rozdílné od té, jakou známe z dnešních automobilů. Elektromobily pro svůj pohon používají energii uloženou v baterii, a ke správné distribuci této energie jsou zapotřebí jednotlivé pohonné komponenty. Níže je stručně vyznačeno použití základních komponentů a také jejich stručný popis (Obr. 2).



Obr. 2) Jednotlivé komponenty používané v elektromobilech [7]

Jednotlivé komponenty elektromobilu:

- Palubní baterie (volitelná) – slouží pro napájení příslušenství auta
- Palubní nabíječka – převádí příchozí střídavé napětí z vnější elektrické sítě na stejnosměrné napětí určené k nabíjení baterie. Během nabíjení monitoruje vlastnosti baterie, jako je napětí, proud, teplota a stav nabití.
- Zásuvka – umožňuje vozidlu se připojit k externímu napájecímu zdroji, slouží k nabíjení pohonné baterie
- Trakční (pohonná) baterie – úložiště energie, která slouží k pohonu vozidla
- Elektrický motor – motor pohání kola pomocí energie z baterie. U většiny vozidel se používají motorové generátory, které vykonávají jak pohon, tak i rekuperaci energie
- Regulátor – zařízení určené k řízení toku elektrické energie, řídí množství energie dodávané baterii, rychlost elektrického motoru a jeho moment.
- DC/DC převodník – slouží k převádění vyššího stejnosměrného napětí z pohonné baterie na nižší stejnosměrné napětí potřebné pro napájení příslušenství v autě a také pro nabíjení pomocné (palubní) baterie
- Chlazení – udržuje splavný teplotní rozsah provozních teplot motoru, elektrického pohonu, výkonové elektroniky a dalších součástí [7]

Elektromobily a hybridy používají podobné elektrické komponenty, ale zatímco u elektromobilů tvoří elektrická energie hlavní způsob pohonu, u hybridních automobilů je

hlavním pohonem spalovací motor, a elektrická energie tvoří pouze pomocnou část. Z toho plyne, že hybridní automobily mají například baterii několika násobně menší a není u nich vyžadováno nabíjení pomocí rychlonabíječky.

3.2.1 Motor elektromobilu [6]

K pohonu elektromobilu se používají elektrické motory umístěné u jednotlivých náprav. V závislosti na umístění elektromotorů je poháněna buď přední anebo zadní náprava. Výjimkou jsou některé nové elektromobily, které mají dva elektromotory, a poháněné jsou obě nápravy. Výkon je přenášěn z motoru na kola podobným způsobem jako v případě vozidel se spalovacím motorem. Hlavním rozdílem je, že elektromotory mají maximální krouticí moment od nulových otáček motoru, a proto stačí pouze převodovka se stálým převodovým poměrem. Pevný převod umožňuje použití motoru s menším momentem a vyššími otáčkami.

U elektromobilech se používají nejvíce motory:

- Asynchronní motor
- Synchronní motor s permanentními magnety (PMSM)

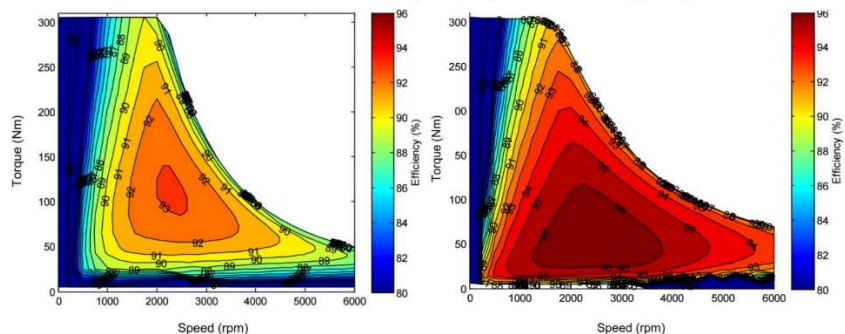
3.2.1.1 Asynchronní motor

Pracuje na principu magnetické indukce. Třífázové statorové vinutí vytváří otáčivé magnetické pole. Toto pole indukuje napětí v kotvě, a jelikož jednotlivé závitové kotvy jsou zkratované, kotvou protéká proud. Rotorový proud vytváří magnetické pole, které roztáčí motor. Podmínku indukce napětí v rotoru je rozdílná frekvence (a tedy nenulový skluz) statorového (f_s) a rotorového (f_r) magnetického pole. V motorickém režimu platí $f_s > f_r$ a v generátorickém $f_s < f_r$. [6]

3.2.1.2 Synchronní motor s permanentními magnety (PMSM)

Motor se skládá ze statoru a rotoru, a jak již název napovídá, rotor se u PMSM otáčí se stejnou frekvencí, jako je frekvence magnetického pole generovaného statorovým vynutím. Na rozdíl od běžného synchronního motoru magnetické pole nevytváří rotorové vinutí, ale permanentní magnety. Pro jejich výrobu se používají slitiny kovů (neodym-železo-bór, samarium-kobalt) s vysokou magnetizací dosahuje 0,8 až 1,2 T.

Nejběžnějším typem elektromotoru je synchronní motor s permanentními magnety. PMSM motory dosahují v porovnání s asynchronním motorem vyšší účinnosti ve větším rozsahu momentu a otáček (Obr. 3).



Obr. 3) Porovnání účinností asynchronního motoru (vlevo) a PMSM motoru (vpravo) [6]

Díky větší účinnosti mohou mít PMSM menší rozměry. Jejich nevýhodou je cena, protože permanentní magnety se vyrábějí ze vzácných kovů, a také to, že při určité teplotě začne demagnetizace permanentních magnetů, tedy je potřeba dostatečné chlazení motoru. Metody řízení obou typů motorů jsou podobné, u obou převažuje vektorové řízení a přímé řízení momentu. [6]

3.2.2 Trakční měnič

Trakční měnič je zařízení, které upravuje stejnosměrné napětí baterie pro motor, podle řídicího algoritmu. Většinou se jedná o střídavý motor třífázový, proto silový obvod měniče odpovídá třífázovému střídači. Jako spínací součástky jsou použity IGBT (bipolární tranzistor s izolovaným hradlem – velký rozsah spínaných výkonů a vysoká pulzní frekvence) Počet trakčních měničů je závislý na počtu motorů. [6]

3.2.3 Palubní DC-DC měnič

Slouží k převedení vysokého napětí trakční baterie na napětí vhodné pro napájení palubní sítě, 12 V nebo 24 V. Palubní síť napájí řídicí systém pohonu, klimatizaci, posilovače, palubní baterii, světla apod., proto palubní DC-DC měnič musí mít poměrně velký výkon, více než 500 W. [6]

3.2.4 Baterie [6]

Baterie je jedna, z nejdůležitějších součástí v elektromobilu, která slouží k uchování energie, v závislosti na kapacitě baterie, je závislý dojezd vozidla. Baterie se skládá z velkého počtu článků, které jsou následně sériově a paralelně zapojeny. U elektromobilu jsou nejpoužívanějšími lithiové články, ty se dále dělí podle materiálu katody (NMC, NCA, LFP, LMO).

3.2.4.1 Články jsou charakterizovány následujícími parametry:

- Kapacita [Ah]
- Jmenovité napětí [V] – popisuje napětí zatíženého článku
- Pracovní napětí [V] – Udává bezpečný rozsah napětí článku. Horní mez udává napětí plně nabitého a nezatíženého článku, spodní mez naopak udává nejnižší napětí, kdy ještě nedojde k poškození článku
- Vybíjecí proud [A] – Maximální vybíjecí proud pro článek, kterým může být článek dlouhodobě vybíjen bez jeho trvalého poškození. Obvykle se udává v násobcích kapacity (1 C = 100 % kapacity baterie)
- Specifická energie [Wh/kg], hustota energie [Wh/m³] - udává množství energie, které jsme schopni uložit do dané hmotnosti nebo objemu.
- Specifický výkon [W/kg] – udává výkon, jaký je schopen dodat určitá hmotnost článku v daném okamžiku
- Počet cyklů – udává počet cyklů hlubokého vybití, které článek zvládne, než jeho kapacita klesne pod 80 % původní hodnoty
- SOA (Safe Operating Area) – Bezpečná pracovní oblast, daná intervaly bezpečného napětí, proudu a teploty

Vlastnosti vybraných typů článků jsou popsány v následující tabulce (Tab. 1):

Typ	Jmenovité napětí článku [V]	Pracovní napětí článku [V]	Specifická energie [Wh/kg]	Počet cyklů	Cena [US/kWh]	Použití
NMC	3,7	3,0-4,2	150-220	1000-2000	420	Čínské elektromobily
NCA	3,6	3,0-4,2	200-260	500	350	Tesla
LFP	3,3	2,5-3,65	90-120	1000-2000	580	-
LMO	3,7	3,0-4,2	100-150	300-700	-	Nissan Leaf

Tab 1) Porovnání vybraných typů baterií [6,8]

- NMC – Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide – rozšíření 35%
- NCA – Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide – rozšíření 31 %
- LFP – Lithium Iron Phosphate – rozšíření 16 %
- LMO – Lithium Manganese Oxide – rozšíření 14 %

Pro dosažení vhodných parametrů baterií, jsou jednotlivé články řazeny do série (dochází ke zvýšení napětí) a tyto série jsou následně řazeny paralelně (zvýšení kapacity baterie). Výsledná baterie je popsána těmito parametry:

- Kapacita baterie [Wh] - dána součinem kapacity baterie [Ah] a napětím baterie [V]. U čistě elektrických automobilu se pohybuje do 100 kWh.
- Jmenovité napětí [V], pracovní napětí [V] – hodnoty jsou dány počtem článků v sérii, význam odpovídá odpovídajícím parametrům v článku
- Maximální proud [A] – maximální trvalé zatížení baterie, bez jejího poškození

- SOC (State of Charge) – procentuální nabití baterie, její určení není snadné, protože kapacita baterie je nelineárně závislá na teplotě, velikosti vybíjecího proudu...

Lithiové baterie jsou vybaveny BMS (battery management system), který zajišťuje správnou činnost baterie. Hlavním úkolem BMS je kontrola (sledování napětí, proudů a teploty), ochrana (přetížení, přepětí, podpětí), balancování článků a komunikace s řídicím systémem.

Balancování jednotlivých článků je velmi důležité, protože jednotlivé články mají nezávisle na výrobě mírně odlišné vlastnosti (vnitřní odpor, kapacita). Po několika cyklech by mohlo dojít k tomu, že jednotlivé články budou rozdílně nabitě, tedy nebudou mít stejné napětí, i když napětí celé série odpovídá. V důsledku toho může dojít k podbíjení nebo přebíjení článků, což může vést k jejich zničení. Proto je nezbytné lithiové baterie balancovat.

Tvar a uložení trakčních baterií v osobních automobilech má za úkol optimalizovat těžiště automobilu. Dále zajistit co nejvíce vnitřního prostoru ve vozidle a v případě havárie zajistit bezpečnost posádky. Protože trakční baterie jsou poměrně těžké je snaha je umístit co nejnižší mezi nápravy automobilu. [6]

3.3 Nabíjení elektromobilů [6]

Podobně jako u vozidel se spalovacím motorem je i u elektromobilů potřeba doplnit energii. Existuje několik způsobů nabíjení elektromobilů. Nabíjení lze rozdělit na:

- Výměnu baterií – Jedná se o výměnu akumulátoru, kdy vybitý akumulátor je vyjmut a nahrazen nabitým akumulátorem, používá se především u užitkových vozidel
- Bezkontaktním nabíjením – elektrická energie je bezdrátově přenášena mezi vysílačem a přijímačem v elektromobilu. Využívá se magnetického nebo elektrického pole. V praxi se tento typ nabíjení příliš neprosadil, i když přináší řadu výhod – zvýšení bezpečnosti a uživatelského komfortu, vysoká odolnost stanice. Má však i řadu nevýhod, zejména vyšší cenu a nižší účinnost nabíjení v porovnání s kabelovými nabíječkami. Ve spojení s autonomními vozidly se jedná o velmi zajímavou možnost nabíjení, protože odpadá jakákoliv nutnost zásahu obsluhy.
- Kabelové nabíječky – v současnosti nejrozšířenější způsob nabíjení elektromobilů, viz další kapitola

3.3.1 Kabelové nabíječky

Jedná se o druh nabíjení, kde je energie přenášena pomocí kabelu a vhodného příslušenství. Nabíječky se dělí na střídavé (AC) anebo stejnosměrné (DC) podle druhu proudu tekoucího kabelem. Kromě nabíjení nabíječky zajišťují i další funkce – korekci účinníku, bezpečnost nabíjecího procesu (ochrana proti zkratu a přepětí), komunikaci s vozidlem (začátek a konec nabíjení, komunikaci s BMS) a měření odebrané energie. [6]

3.3.1.1 Nabíjení elektromobilu

Jak již bylo zmíněno, elektromobil můžeme nabíjet pomocí stejnosměrného (DC) a střídavého proudu (AC). V rozvodné síti je přenášén střídavý proud, v běžné elektrické zásuvce je napětí 230 V o frekvenci 50 Hz. Elektromobily, a především jejich trakční baterie a další komponenty jsou navrženy na stejnosměrný proud. K nabíjení elektromobilů tedy musíme využít nabíječku která mění vstupní střídavý proud na stejnosměrný, nebo můžeme nabíjet pomocí stejnosměrného proudu.[9]

3.3.1.1.1 Nabíjení pomocí střídavého proudu

Při nabíjení elektromobilu střídavým proudem je použita palubní nabíječka integrovaná v každém elektromobilu. Palubní nabíječka usměrňuje vstupní střídavý proud na stejnosměrný proud, který dále posílá do trakční baterie. Pro nabíjení pomocí střídavého proudu můžeme využít elektrickou síť anebo nabíjecí stanice se střídavým proudem (AC nabíjecí stanice). Rychlost nabíjení je závislá na maximální výkonové využitelnosti elektrické zásuvky, popřípadě AC nabíjecí stanice a výkonu palubní nabíječky.

Pro nabíjení z elektrické sítě můžeme využít běžnou 1fázovou zásuvku, která nám umožní nabíjení výkonem 3,7 kW, anebo můžeme použít 3fázovou zásuvku kde je maximální výkon nabíjení 11 kW pro 16 A zásuvku a 22 kW pro 32 A zásuvku. Pro většinu nových elektromobilů je nabíjení pomocí jednofázové zásuvky zdlouhavé, v závislosti na velikosti baterie může trvat až desítky hodin, a proto se více používá nabíjení ze třífázové zásuvky.

Při nabíjení z AC nabíjecí stanice dochází ke komunikaci mezi palubní nabíječkou a nabíjecí stanicí, a palubní nabíječka zajišťuje bezpečný průběh nabíjení. Výkonově AC nabíjecí stanice dosahují až 43 kW, ale jak už bylo zmíněno výše, aby se daný výkon nabíjení využil, musí i palubní nabíječka dosahovat potřebného výkonu.

Výsledná rychlost nabíjení je tedy závislá na vstupním výkonu z elektrické sítě nebo AC nabíjecí stanice a také na výkonu palubní nabíječky. Například nejnovější Tesla Model 3 má výkon palubní nabíječky 17 kW a Jaguar I-Pace nebo Volkswagen e-Golf jen 7 kW. [10] Pro větší výkon nabíjení musíme použít stejnosměrné nabíjení. [6,11]

3.3.1.1.1.1 WALLBOX

Wallbox neboli domácí nástěnná nabíječka je zařízení, určené k dobíjení elektromobilů především v domácích podmínkách. Důvodem používání wallboxů je větší rychlost nabíjení než pomocí běžné zásuvky. Je to dáno větším výkonem wallboxů, disponují výkony do 22kW. Zároveň jsou to zařízení, které jsou vybaveny sledováním, komunikací a vyhodnocováním aktuálních informací o nabíjení srovnatelnými s dobíjecími stanicemi. Mezi další výhodu wallboxu patří dynamické přidělování výkonu nabíjení na základě spotřeby všech zařízení v objektu (např. domácnosti), a většinou jsou wallboxy už vybaveny vhodným typem nabíjecího konektoru. [12]

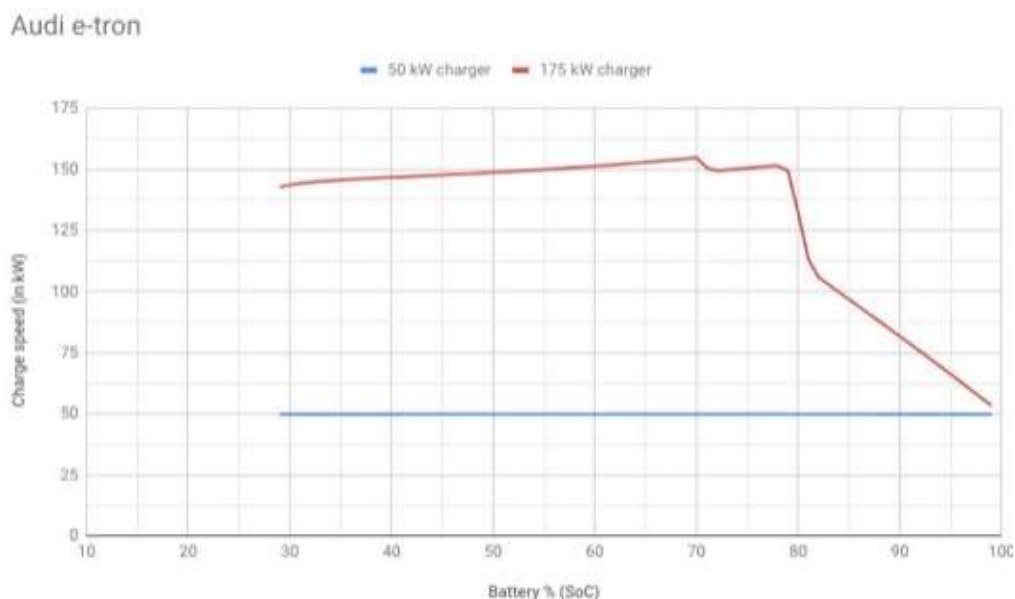
3.3.1.1.2 Nabíjení pomocí stejnosměrného proudu

Nabíjení stejnosměrným proudem se provádí pomocí DC nabíjecí stanice, která umí střídavý proud změnit na stejnosměrný, a následně obejde palubní nabíječku a tento stejnosměrný proud posílá přímo do trakční baterie. Okamžitý výkon a další parametry nabíjení se řídí pomocí instrukcí řídicího systému nabíjení ve vozidle. Nabíjení tedy není omezoováno výkonem palubní nabíječky a může probíhat rychleji.

Rychlé nabíjecí stanice dosahují výkonu až 150 kW a v přípravě jsou i nabíjecí stanice s výkony okolo 350 kW. Například rychlonabíjecí stanice Tesla Supercharger umožňuje dobítí 80% kapacity 90 kWh baterie za 30 až 40 minut.

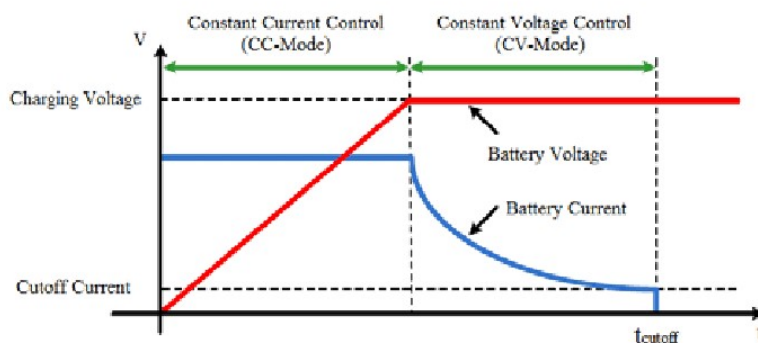
DC nabíjecí stanice už dosahují vysokých výkonů, a rychlost nabíjení není omezena jejich výkonem, ale spíše vlastnostmi baterie, jak vyplývá z grafu níže. Například nabíjení Audi

E-tron z 10 % na 80 % kapacity baterie trvá pouhých 25 minut a celková doba nabíjení Z 10 % do 100 % trvá 38 minut (Obr. 4) [13].



Obr. 4) Graf znázorňující průběh nabíjení na čase u elektromobilu Audi e-tron [13]

Samotné nabíjení Lithium-iontových akumulátorů se skládá z dvou fází, první fází je nabíjení konstantním proudem, kdy se akumulátor nabíjí rychle, a v okamžiku kdy akumulátor dosáhne předem stanoveného napětí (4,20 V) se začne nabíjet v režimu udržování konstantního napětí, tedy postupně klesá nabíjecí proud, a nabíjení se zpomaluje (Obr. 5). Toto výkonové omezení je způsobeno balancováním jednotlivých článků, a také zvýšením teploty baterii v poslední fázi nabíjení.[14]



Obr. 5) Průběh nabíjení u lithium – iontových baterií [15]

3.4 Typy konektorů

U elektromobilů se používá několik typů konektorů. Jednotlivé typy jsou navrženy podle rychlosti nabíjení a také podle typu nabíjení (stejnoseměrné x střídavé). Dále je používání jednotlivých typů konektorů rozděleno podle výrobců automobilů anebo podle oblasti používání (Evropa x Amerika x Asie) (Obr. 6).

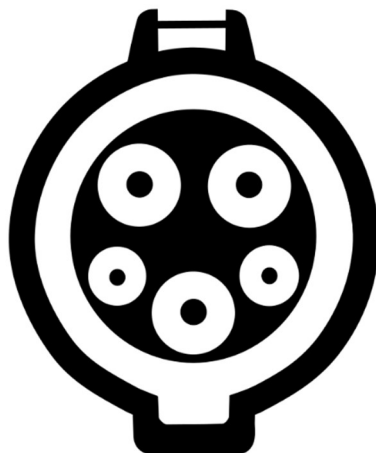


Obr. 6) Znáznornění jednotlivých typů automobilových elektrických zásuvek [16]

SAE J1772 (IEC Type 1) je typ konektoru, který se používá v Severní Americe a zajišťuje fyzické, elektrické a komunikační protokoly (Obr. 7). Používá se pro nabíjení pomocí střídavého proudu, maximální výkon nabíjení je 19,2 kW. Mezi společnosti, které tento typ konektoru používají patří Ford, Toyota, Honda, Nissan a další.

Tento typ konektoru je určen pro jednofázové elektrické systémy se 120 V nebo 240 V napětí, které jsou používány v Severní Americe a Japonsku. Konektor obsahuje 5 pinů:

- L1 – Pracovní fáze
- N – Nulový vodič
- PE – Ochranný vodič
- CP – Control pilot – detekce přítomnosti vozidla, komunikace maximálního přípustného nabíjecího proudu a zahájení/ukončení nabíjení
- PP – Proximity pilot – poskytuje signál řídicímu systému vozidla, signalizuje zajištění zásuvky ve vozidle [17]



Obr. 7) Konektor SAE J1772 (IEC Type 1) [18]

Mennekes (Type 2) je typ nabíjecího konektoru používaného především v Evropě (Obr. 8). Konektor má kruhový tvar se zploštělou jednou stranou, dosahuje výkonu nabíjení 3–50 kW. Nabíjení je řešeno pomocí jedné fáze nebo tří fází střídavého proudu, nebo pomocí stejnosměrného proudu. Tento konektor obsahuje 7 pinů:

- L1, L2, L3 – jedno nebo tři fázové AC nabíjení, středně napětové DC nabíjení
- N – Nulový vodič – jedno nebo tři fázové AC nabíjení, středně napětové DC nabíjení
- PE – Ochranný vodič
- PP – Proximity pilot
- CP – Control pilot

Tento konektor umožňuje více možností napájení:

- Jednofázové – N, L1
- Třífázové – N, L1, L2, L3
- Kombinované AC a DC – N, L1, (-), (+)
- Nízko proudové stejnosměrné (-), (+)
- Středně proudové stejnosměrné (-,-), (+,+) [19]

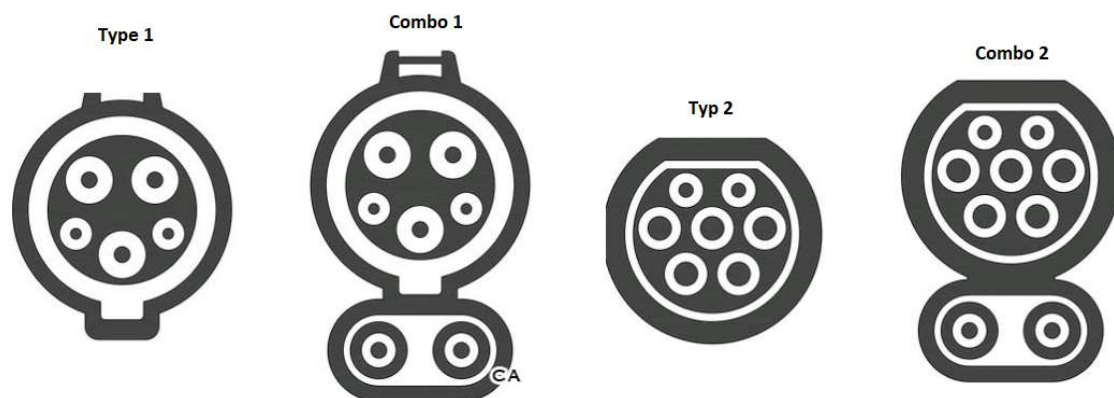


Obr. 8) Zástrčka elektrického konektoru Mennekes (Type 2) [20]

Combined Charging System (CCS) jedná se u rozšíření předchozích dvou typů konektorů (Type 1 a Type 2) o část vysoko proudového stejnosměrného nabíjení (Obr. 9). Tento typ konektoru je dimenzován až na výkon 350 kW. Podle oblasti použití se CCS konektor

rozděluje na Combo 1, které využívá konektor Type 1 a používá se především v Severní Americe a Combo 2, které využívá Type 2 a používá se především v Evropě.

- Tento typ konektoru je velmi rozšířen, používají ho automobilky jako je Volkswagen, Jaguar, Renault, BMW, Mercedes, Ford a další.
- Konektor je uzpůsoben jak k nabíjení pomocí střídavého proudu, kdy je využíván konektor Type 1 a Type 2, tak i k nabíjení pomocí stejnosměrného proudu. Při výkonu nabíjení 350 kW proud dosahuje až 500 A a napětí 920 V. [21]



Obr. 9) Znázornění konektorů CCS [22]

CHAdemo je typ nabíjecího konektoru používaného především v Japonsku, uzpůsobený pro stejnosměrné napájení maximálním výkonem 62,5 kW (500 V, 125 A) (Obr. 10). V posledním roce byla představena nová verze konektoru schopná přenášet výkon až 400 kW, označována CHAdemo 2.0 a v přípravě je verze s výkonem až 900 kW. Tento typ konektoru používají především asijské značky – Nissan, Mitsubishi a Toyota. [23]



Obr. 10) Zástrčka konektoru CHAdemo [24]

Konektor Tesla Supercharger je schopný nabíjet elektromobil jak pomocí střídavého, tak i stejnosměrného proudu, s maximálním výkonem 135 kW (Obr. 11). Do budoucna s plánuje zvýšení tohoto výkonu. V Evropě samotná automobilka začala do nových elektromobilů Tesla Model 3 a Tesla Model X nabíjecí standart CCS.



Obr. 11) Znázornění konektoru Tesla [25]

Konektor GB jedná se o konektor, který je používán v Číně (Obr 12). V roce 2017 došlo ke sjednocení konektorů v Číně, a každé nově registrované auto musí být daným typem konektoru vybaveno. Teoretický maximální výkon je 180 kW. Konektor je vybavený možností DC nabíjení, je možnost ho pomocí zámku integrovaného do vozidla zamknout a tím zajistit vysokou bezpečnost nabíjení.



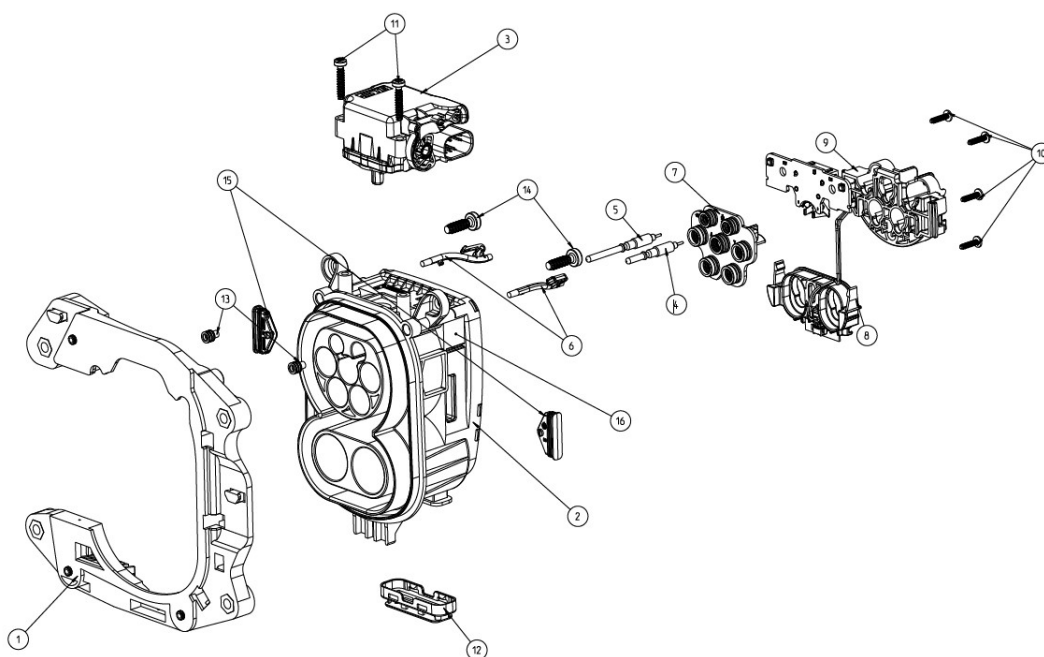
Obr. 12) Zástrčka konektoru GB [26]

4 SYSTÉMOVÝ ROZBOR PROBLEMATIKY PROCESU SKLÁDÁNÍ VYBRANÝCH TYPŮ ELEKTRICKÝCH ZÁSUVK (INLETU) V ELEKTROMOBILECH, VČETNĚ POPISU JEJICH HLAVNÍCH PARAMETRŮ A JEJICH KONTROLY STAVU.

Elektrické zásuvky v elektromobilech se skládají z mnoha jednotlivých komponent, které tvoří výslednou zásuvku. Pro systémový rozbor problematiky procesu skládání vybraných typů elektrických zásuvek byl jako vzor zvolen typ Combo 2. Použité komponenty pro jednotlivé typy zásuvek jsou podobné a plní stejné funkce. Liší se především v designu. Pro náš popis byl zvolen typ zásuvky, které se používá nejvíce v Evropě a obsahuje komponenty používané i u jiných typů zásuvek.

4.1 Popis jednotlivých komponentů

Vybraný typ zásuvky Combo 2 se skládá z následujících komponentů (Obr. 13):



Obr. 13) Složení elektrické zásuvky – příklad

Pozice 1 – Bracket – jedná se o plastové lůžko, které slouží k připevnění elektrické zásuvky k samotnému automobilu. Bývá většinou opatřeno mechovou podložkou na kontaktní ploše s automobilem a obvykle 4-mi zalisovanými kovovými piny na připevnění. Toto lůžko bývá u daného typu zásuvky rozdílné, a upevňovací body jsou závislé na požadavcích jednotlivých automobilek.

Pozice 2 – Inlet – tvoří hlavní část elektrické zásuvky, do samotného inletu se připevňují další komponenty elektrické zásuvky. Je vyrobena z plastu, materiál PA6-GF30 FR. V průběhu testování ještě nejsou v samotném inletu vloženy piny. Ty se vkládají později a jsou zajištěny svým zámkem.

Pozice 3 – Actuator – zařízení, které slouží k zajištění zásuvky během nabíjení, aby nedošlo k nechtěnému vypojení zásuvky. Ovládání je elektrické, a v případě poruchy je zde plastové táhlo, které slouží k manuálnímu odjištění zajištěné zástrčky.

Pozice 4 – Pin – Control pilot (viz str. 28)

Pozice 5 – Pin – Proximity pilot (viz str 28)

Pozice 6 – Light pipe – světlovod – slouží k indikaci stavu nabíjení

Pozice 7 – Grommet – Silikonová těsnicí objímka 3- fázová

Pozice 8 – Kontrolní elektronika se zámkem pinů – tato součástka se skládá z elektrické části, kde se nachází PCBA konektor a druhá část je plastový zámek polohy pinů. Popis konektoru je v DP níže.

Pozice 9 – Secondary lock – Zámek pinů – plastová součástka, která společně se součástkou na pozici 7 zajistí piny v inletu.

Pozice 10 – Šrouby, slouží k připevnění příslušenství k inletu.

Pozice 11 – Šrouby – slouží k připevnění Actuatoru

Pozice 12 – Protection cap – ochranná záslepka

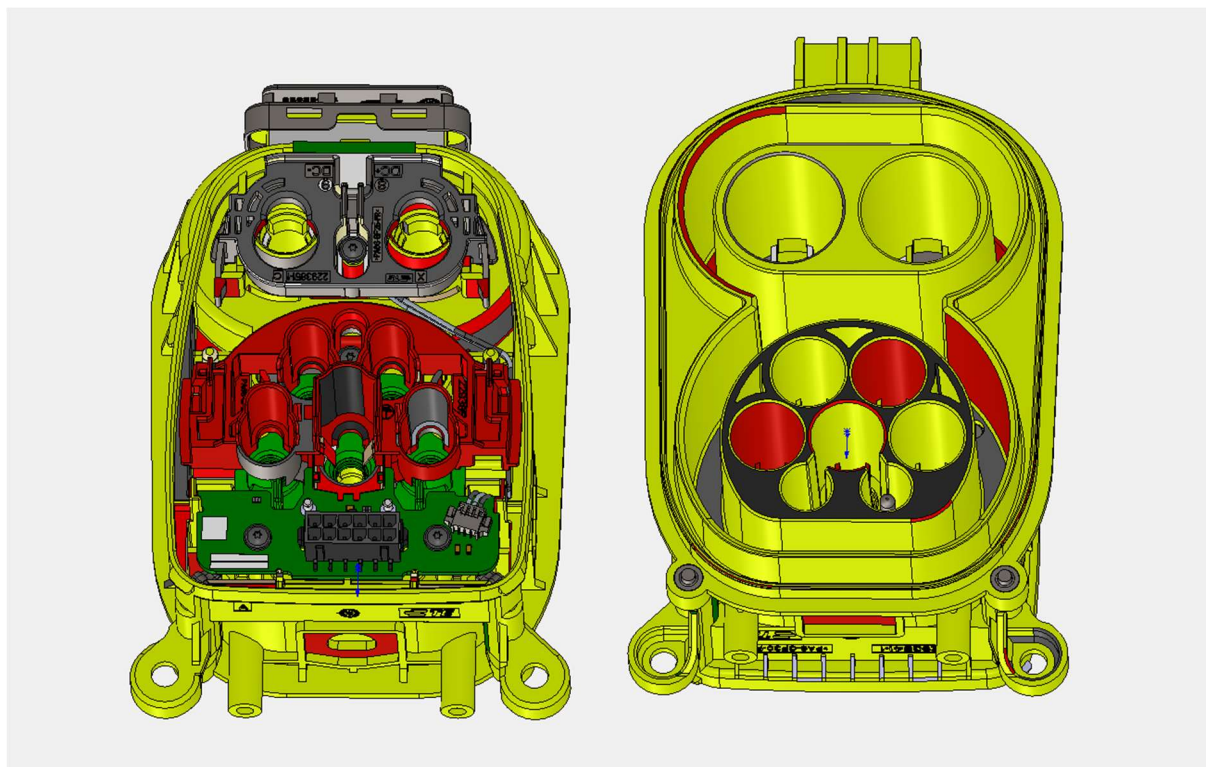
Pozice 13 – Single wire seal – těsnění light pipe (poz. 6)

Pozice 14 – Šrouby

Pozice 15 – Sealing plug – těsnící záslepky

Pozice 16 – Label – nálepka – popisuje typ zásuvky

V našem případě testovací stanice se bude testovat zásuvka bez bracketu, actuátoru, a nabíjecích pinů (Obr. 14), celá zásuvka i s bracketem, actuátorem a piny se následně testuje v dalším testovacím zařízení.



Obr. 14) 3D model elektrické zásuvky elektromobilu (pouze inlet) – neobsahuje bracket, actuator a nabíjecí piny piny

4.2 Kontrola elektrické zásuvky

Kontrola elektrické zásuvky je rozdělena na dvě části, v první části se kontrolují samotné inlety, které jsou už osazeny potřebnými komponenty, a následně dochází ke spojení inletu a bracketu a provádí se finální kontrola elektrické zásuvky. V textu níže se bude popisovat průběh testu v první testovací stanici, kde se kontrolují inlety, které jsou osazeny potřebnými komponenty.

Samotné testování je navrženo podle technické specifikace testovacího stroje od zadavatele, a obsahuje všechny potřebné testy k ověření funkčnosti elektrické zásuvky během montáže v tomto testovacím zařízení.

4.2.1 Technická specifikace kontroly elektrické zásuvky

Požadovaná kontrola na prvním testovacím zařízení:

1. Skenování PCBA DMC – elektrický konektor (pozice 7)
2. Kontrola verze PCBA
3. Kontrola PN (product number) inletu a verzi revize – dle QR kódu
4. Kontrola přítomnosti a varianty gromety (pozice 7)
5. Kontrola přítomnosti a pozice signálních pinů (pozice 4,5)
6. Kontrola přítomnosti a varianty těsnění zásuvky
7. Kontrola přítomnosti ochranných záslepek (pozice 15)
8. Kontrola přítomnosti a koncové pozice světlovodů, pokud je zásuvka obsahuje

9. Kontrola přítomnosti a koncové pozice těsnění světlovodů, pokud je jimi zásuvka vybavena
10. Kontrola přítomnosti a polohy sekundárního zámku (pozice 9)
11. Elektrické testování založené na požadavcích ve výkresech
12. Kontrola barvy LED diod (pinů) podle požadavků ve výkresech
13. Kamerový test přítomnosti šroubů

Následně dochází ke spojení inletu, actuátoru a bracketu, a v dalším testovacím zařízení se provádí další testy, například kontrola verze a pozice aktuátoru.

Na daném testovacím zařízení bude probíhat kontrola elektrické zásuvky pomocí tří na sobě nezávislých typů testů. Elektrická zásuvka se bude kontrolovat pomocí mechanického, elektrického a kamerového testu, které odhalí všechny nežádoucí stavy v elektrické zásuvce během její kompletace.

4.2.1.1 Kamerový test

Pro potřebu kontroly všech požadavků dle zadání, je potřeba použití 3 průmyslových kamer, kde každá bude kontrolovat elektrickou zásuvku z určité strany. Bude použita kamera umístěna z vrchu, z boku a ze spodu. Vrchní kamera zajišťuje kontrolu elektrického konektoru PCBA, kontrolu PN inletu – podle QR kódu, kontrolu přítomnosti a polohy sekundárního zámku (poz. 8) a přítomnost šroubů. Boční kamera ověřuje správnou variantu inletu a verzi revize podle PN čísla umístěného na boční straně zásuvky. Spodní kamera má za úkol zkontrolovat správnou barvu LED diod, během elektrického testu.

4.2.1.2 Mechanický test

Mechanickým testem rozumíme mechanickou kontrolu přítomnosti dané komponenty, například pomocí kontaktního pinu a přímého odměřování. Mechanickým testem musíme zkontrolovat přítomnost a pozici kontrolních pinů (poz. 4, 5), přítomnost ochranné zálepky (poz. 15), která se nachází z boku inletu a dále přítomnost světlovodů včetně přítomnosti jejich těsnění (poz. 6, 13).

4.2.1.3 Elektrický test

Elektrickým testem rozumíme kontrolu elektrických komponent zásuvky, především pak kontrolu PCBA konektoru. Elektrickým testem můžeme zkontrolovat, zda všechny vodiče jsou správně zapojené, a zda nedochází k nežádoucím zkratům v zásuvce. Kontrola se provádí přiložením kontaktních pinů do konektoru, a následným napájením a zároveň vyhodnocováním zjistíme funkčnost elektrických komponentů. Elektrickým testem musíme také ověřit funkčnost signálních pinů (pozice 5,6).

5 KONSTRUKČNÍ NÁVRH PRACOVISTĚ S TESTOVACÍM ZAŘÍZENÍM

5.1 Specifikace požadavků

Pro testování elektrických zásuvek je potřeba vytvořit konstrukční návrh testovací stanice, které bude splňovat požadavky zákazníka. Požadavky zákazníka jsou dány v technické specifikaci testovacího zařízení.

V technické zprávě jsou popsány všechny požadavky zákazníka, včetně různých softwarových a datových požadavků. Pro konstrukční návrh zařízení nám postačí pouze vybrané konstrukční požadavky.

5.1.1 Průběh testování

V samotné specifikaci je popsán způsob testování:

- Testovaný inlet je vložen do testovacího zařízení pomocí vstupních dveří
- Vstupní dveře jsou uzamčeny
- Kontrola typu zásuvky
- Provedení všech kontrol a měření
- Pokud je inlet OK, jsou výstupní dveře odemknuty a inlet je možno vyjmout ze stroje
- Pokud je inlet NOK, výstupní dveře jsou uzamčeny a inlet může vyjmout pouze pověřená osoba

5.1.2 Základní požadavky

Mezi základní požadavky popsané v zadání patří:

- Roční počet zkontrolovaných zásuvek – 230000 ks
- Čas cyklu <120 s
- Plánovaná pracovní životnost testovacího zařízení – 7700 hodin
- Plánovaná životnost – 20 let
- Hlučnost – max 75 dBA
- Elektrická konektivita – 230/400 VAC 50 Hz
- Tlak vzduchu 5-6 bar

5.1.3 Požadavky na testovací zařízení

V technické specifikaci jsou popsány i další požadavky na samotné testovací zařízení:

- Testovací zařízení musí být **ESD kompatibilní**
- Splňovat bezpečnostní požadavky popsané v interní normě
- RFID čtečka pro přihlášení obsluhy
- Rám zařízení svařený z profilů, nebo mohou být použity profily ITEM
- Zařízení musí být vybaveno nezávislým LED osvětlením
- Ostré hrany musí být zaobleny nebo zkoseny, aby nedošlo k poranění
- Všechny pohybující se části musí být zakrytovány tak, aby nedošlo k poranění.
- Části, které mohou způsobit úraz elektrickým proudem musí být označeny, a během otevření dveří nebo krytu nesmí být pod proudem
- Součástky musí být ošetřeny proti korozi

- Každá součástka musí být označena jedinečným číslem
- Všechny šrouby musí být zapuštěné
- Zařízení musí být ergonomicky uspořádáno
- Všechny součástky, kde je zvýšené riziko opotřebení (abraze, otlacení, poškrábání) musí být vhodně povrchově ošetřeny
- Součástky, které se dotýkají s elektrickou zásuvkou musí mít drsnost povrchu v rozmezí Ra 0,1 - 0,4
- Zařízení musí být chybu – vzdorné, možnost umístění součástky pouze v jedné pozici
- Musí být umožněno snadné, rychlé, přesné a chybu vzdorné vyměnění součástek, které podléhají rychlému opotřebení anebo výměnných adaptérů

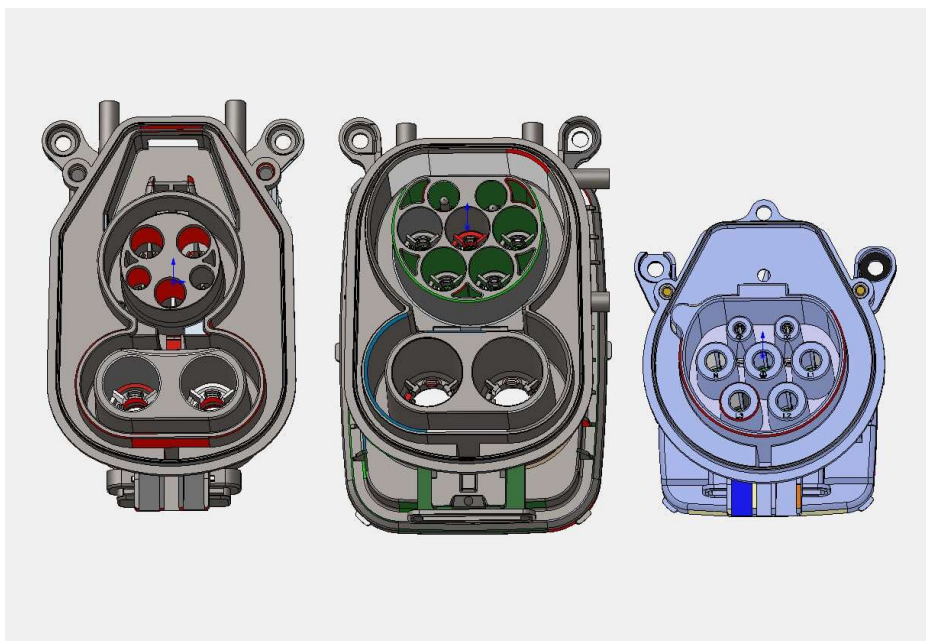
5.1.3.1 ESD kompatibilita

ESD je označení pro elektrostatický výboj. Elektrostatický náboj vzniká například třením, v každodenním životě je neškodný, ale situace je jiná v průmyslu nebo ve zdravotnictví. Například v hořlavém nebo výbušném prostředí hrozí nebezpečí požáru nebo výbuchu. Při vybíjení elektrostatického náboje může dojít k poškození citlivých elektrických zařízení, a abychom tomuto nežádoucímu jevu zabránili, používáme ESD kompatibilní materiály, které vedou napětí do země.

V případě nevodivého materiálu, například plastů, polykarbonátů se používají ESD kompatibilní folie, a tak zajistíme že dané materiály budou vodivé.[27]

5.1.4 Výběr testovacích zásuvek

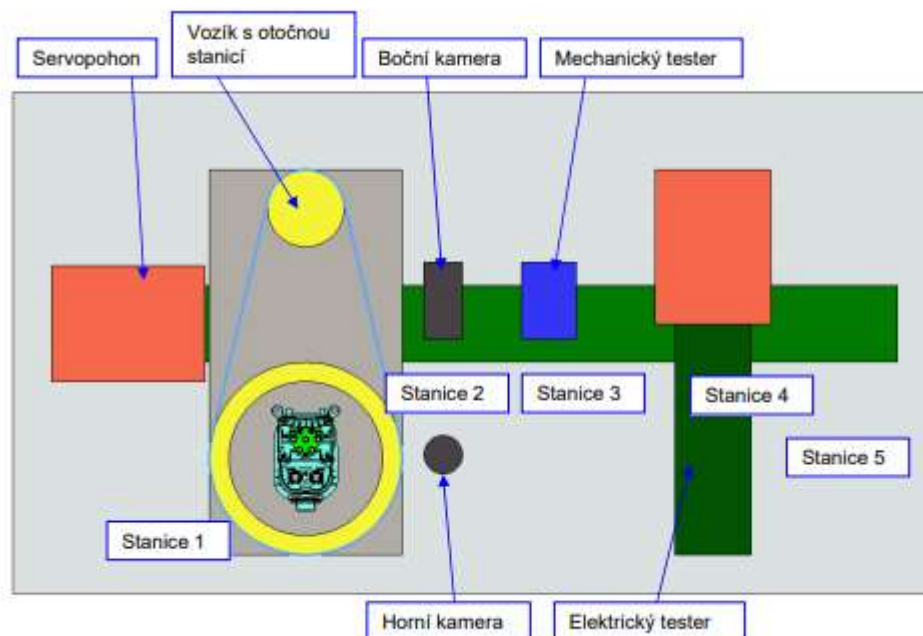
Protože se jedná o testovací zařízení elektrických zásuvek pro automobily, kterých je jen určité množství typů, a mají podobné funkce, je ekonomicky vhodné daný stroj uzpůsobit tak, aby bylo možné ověřit správnou funkčnost více typů zásuvek. Na obrázku níže jsou vidět vybrané typy el. zásuvky, které se mohou testovat ve stroji.



Obr. 15) Vybrané typy testovaných inletů

5.2 Koncept stroje

Při samotném konstrukčním návrhu je potřebné nejprve rozložit a navrhnout jednotlivé operace, měření a kontroly. Proto je vhodné vytvořit koncept – prvotní plán zařízení, ze kterého budeme vycházet a jednotlivé komponenty upravovat a vylepšovat (Obr. 16).



Obr. 16) Prvotní koncept stroje

V prvotní návrh stroje spočíval ve vytvoření 2D layoutu, kde se navrhovali jednotlivá měření. Testovací zařízení bylo rozvrženo do jednotlivých stanic, ke kterým byla přiřazena jednotlivé funkce a kontroly.

5.2.1 Popis činnosti konceptu

Koncept se skládá z několika stanic, které plní dílčí úlohy testování.

5.2.1.1 Stanice 1

Do stroje ve výchozí poloze operátor do lůžka vloží osazený inlet. Vozík s inletem se může lineárně posouvat pomocí servomotoru do boku a zároveň je lůžko otočně uloženo. Rotační pohyb lůžka je řešený podle servomotoru a vhodného náhonu. Samotný inlet je ve vozíku uložen ve výměnné sadě, která má možnost se otáčet okolo své osy. Po založení inletu operátor zavírá dveře a tlačítkem spouští testovací režim.

5.2.1.2 Stanice 2

Ve druhé stanici je inlet testován kamerou z vrchu a boční kamerou. Jelikož je inlet umístěn na lůžku, které se může otáčet okolo osy, boční kamera může kontrolovat inlet ze všech stran.

Plánované testy ve stanici:

Vrchní kamera:

- Načtení DMC z PCBA
- Přítomnost všech komponent
- Barva grommet (poz. 7)
- Před pozice secondary locků (poz. 9)
- Přítomnost šroubků secondary locků a PCBA konektoru

Boční kamera:

- Načtení PN inletu

5.2.1.3 Stanice 3

Ve stanici 3 je mechanicky testována přítomnost a poloha světlovodů.

Požadované testy ve stroji:

- Přítomnost a konečná poloha sealing plugů (poz. 15) a protection cap (poz. 12)
- Mechanická kontrola polohy, a správného typu pinů

5.2.1.4 Stanice 4

Stanice 4 obsahuje 2 servopohony, nad a pod inletem. Na servopohonech jsou umístěny testovací adaptéry, které se polohují dle daného PN.

Požadované testy ve stroji:

- Elektrický tester odporu dle parametru daného PN
- Správné osazení pinů
- Test světlovodů, funkčnost + svícení správnou barvou
- Test polohy light arců a jejich těsnění

5.2.1.5 Stanice 5

Stanice 5 je pouze vykládací, vozík s inletem dojde do konečné stanice a pokud je testovací kus v pořádku, stroj odemkne dvířka a obsluha může testovaný kus vyjmout. V případě zjištění NOK kusu, musí inlet odebrat pověřená osoba.

5.3 Vlastní konstrukční návrh

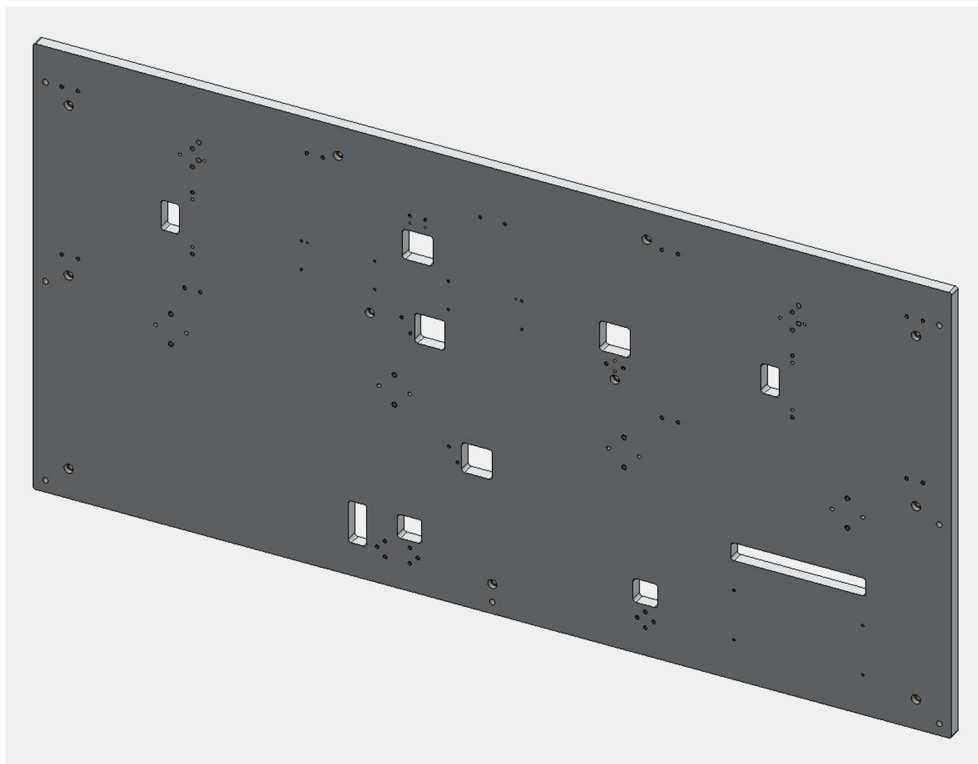
Testovací zařízení je komplexní stroj, který plní požadavky dle zadání. Vlastní konstrukční návrh spočíval ve vytvoření 3D modelu v programu SolidWorks, který je uzpůsoben potřebám strojního modelování. Výhodou tohoto programu je intuitivnost, jednoduchá možnost změny rozměrů součástí a obsáhla knihovna prvků.

Tvorba konstrukčního návrhu testovacího pracoviště vycházela z konceptu, který byl dále upravován a modifikován tak aby testovací pracoviště bylo plně funkční. V první fázi návrhu pracoviště bylo potřeba rozvrhnout umístění jednotlivých komponent a stanic, které budou dále upravovány. Následovalo samotné vytvoření jednotlivých stanic v testovacím zařízení, dále vytvoření vhodného rámu a krytu stroje, odladění jednotlivých dílů a různých kolizních situací. A na závěr bylo potřeba udělat výkresovou dokumentaci.

V následující části konstrukčního návrhu bude blíže specifikováno použití jednotlivých komponent, představení konstrukčních problémů a jejich řešení, dimenzování pohonů a celkový popis stroje.

5.3.1 Základní deska

Základní deska tvoří nezbytnou součástku testovacího zařízení (Obr. 17), je připevněna na spodní svařovaný rám a slouží k připevnění jednotlivých komponent testovacího zařízení a rámu stroje. Další nezbytnou funkcí je možnost protažení elektrických vodičů a vzduchového vedení, proto má deska vhodně zvolené otvory. Deska je z hliníku, s rozměry 20 x 800 x 1600 mm, vnější rohy mají rádius a povrchovou úpravou je přírodní elox.



Obr. 17) Základní deska z hliníku

5.3.2 Lineární servopohon

Hlavní funkční prvek testovacího stroje tvoří lineární servopohon, který umožňuje přesné polohování a dostatečnou dynamiku pohybu.

Lineární servopohon se liší v konstrukci podle svých vlastností. Může se jednat o zařízení vybavené kuličkovým šroubem a vedením, které je vhodné pro větší posuvové síly, ale také zařízení může využívat k pohybu řemen, tato konstrukční varianta je vhodná pro aplikaci, kde chceme dosáhnout větší rychlosti.

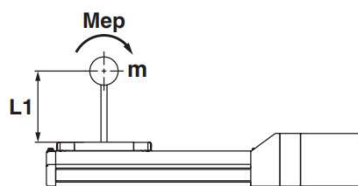
5.3.2.1 Volba servopohonu

Pro naši aplikaci požadujeme od lineárního servopohonu především vysokou přesnost polohování, dostatečnou posuvovou sílu a dostatečnou dynamiku pohybu. Proto bylo zvoleno řešení s kuličkovým šroubem od společnosti SMC.

Proces výběru dle společnosti SMC:

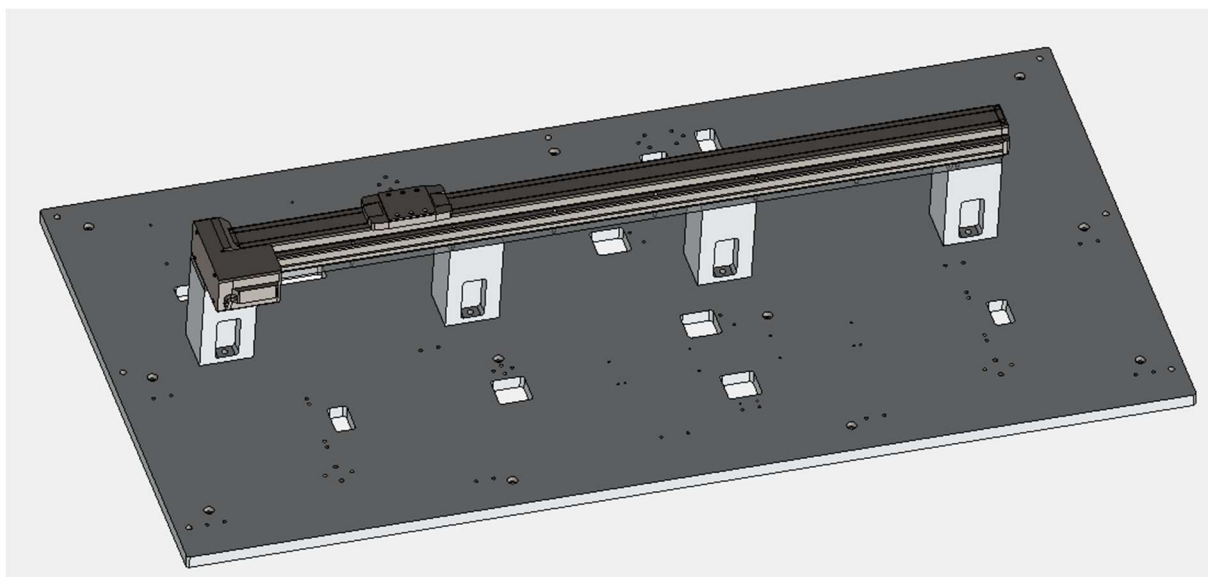
- Rozsah a rychlost pohybu – požadovaný rozsah cca 1000 mm
- Kontrola času cyklu – čas posuvu otočného lůžka bude zanedbatelný v porovnání s celkovými časy testování v jednotlivých stanicích

- Kontrola momentu – pro daný pohon nepředpokládám velké posuvové síly, a moment (Obr. 18)



Obr. 18) Kontrola momentu dle společnosti SMC [28]

Výsledný lineární pohon je **LEFS32RA** Lineární jednotka je umístěna na hliníkových blocích, a jeho poloha je zajištěna pomocí kolíků a šroubů (Obr. 19).



Obr. 19) Lineární servopohon umístěn na základní desce

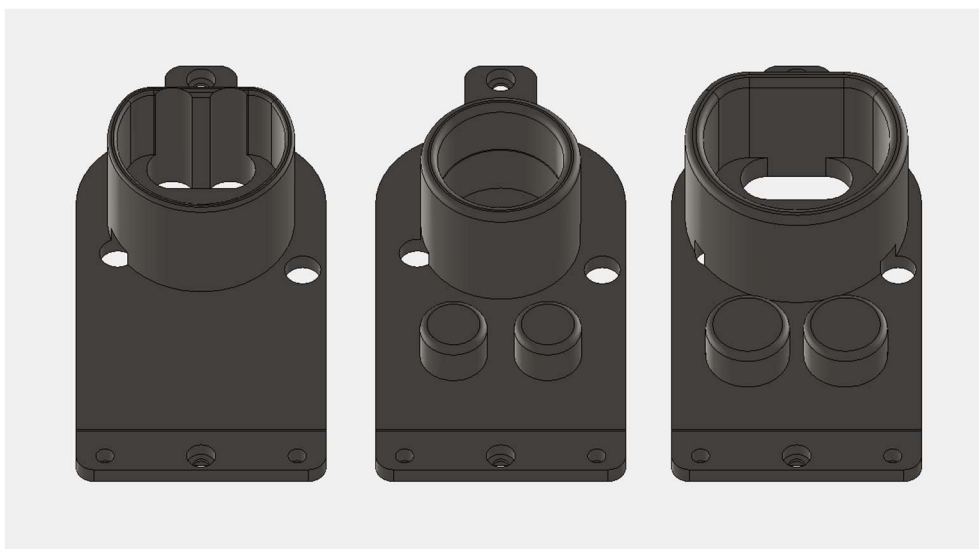
5.3.3 Otočné lůžko

Otočné lůžko je umístěné na lineárním servopohonu, a zajišťuje přesné uložení a natáčení elektrické zásuvky. Zároveň musí splňovat další požadavky:

- Zajistit univerzálnost (možnost testování více PN inletu) otočného lůžka
- Zjistit přítomnost inletu
- Zajistit inlet v přesné poloze
- Zajistit přesné natáčení inletu okolo své osy
- Zvolit vhodný způsob náhonu
- Potřeba zajistit kontrolu světlovodů a pinu zespolu inletu

Univerzálnost otočného lůžka je zajištěna pomocí výměnných lůžek. V požadavcích zákazníka je uvedeno, že výměnné díly mají být snadno a přesně vyměnitelné, to je dosaženo použitím kolíků a zápusných šroubů.

V testovacím zařízení se bude kontrolovat více typů elektrických zásuvek, avšak tyto el. zásuvky mohou být rozděleny do 3 základních skupin, podle použitého typu konektoru. To znamená, že stačí vytvořit 3 univerzální lůžka (Obr. 20), která by měla bezpečně stanovit jedinečnou polohu všech typů inletu. Inlet se bude do lůžka zajišťovat pomocí tvarového uložení, které kopíruje vybrání konektoru. Inlet by měl do lůžka lehce a samostatně zapadnout.



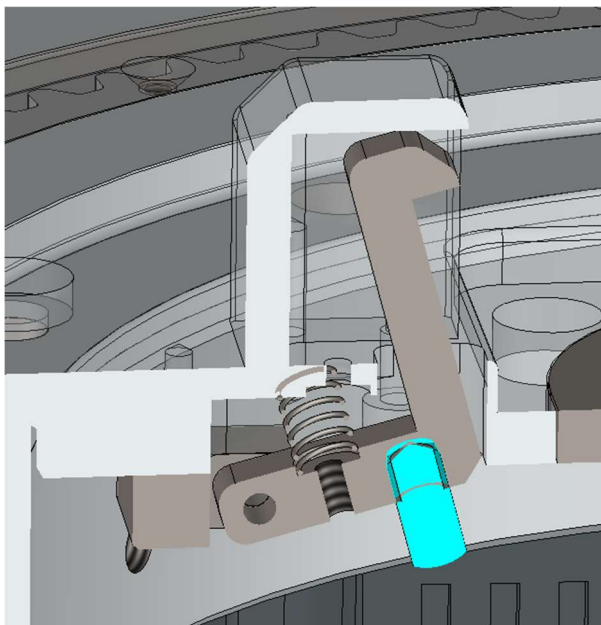
Obr. 20) 3 výměnná lůžka pro uložení automobilové zásuvky

Návrh lůžka se neobešel bez komplikací, kdy nejdříve tvar lůžka kopíroval vnější obvod inletu. Ukázalo se, tato volba není vhodná, kvůli nízké výšce uložení inletu, a obtížnějšímu vkládání. Mezi další nevýhody bylo potřeba vytvoření 5 různých lůžek dle různých tvarů inletu. Nejlepším řešením se tedy ukázalo vytvořit lůžka dle tvaru samotného protikusu elektrické zásuvky, tedy uložit inlet do drážky, do které se normálně vkládá elektrická zástrčka. To má za následek snížení počtu použitých lůžek na 3, a vyšší tvarové vedení inletu.

Během konstrukčního návrhu se jednotlivá lůžka vyrobila na 3D tiskárně, a následně bylo zkoušeno, jak inlet drží. Nevýhodou této zkoušky bylo však to, že 3D tiskárna tiskne s nepřesností cca 0,2 mm, a to způsobovalo zasekávání inletu v lůžku. Ale výsledkem zkoušek (po upravení 3D výtisku) bylo zjištění, že inlety jsou v lůžku pevně a jednoznačně ustanoveny.

Přítomnost inletu se kontroluje pomocí indukčního snímače, který je umístěn na základní desce otočného lůžka v takové poloze, že dokáže zkontrolovat přítomnost všech typů inletu v konečné pozici.

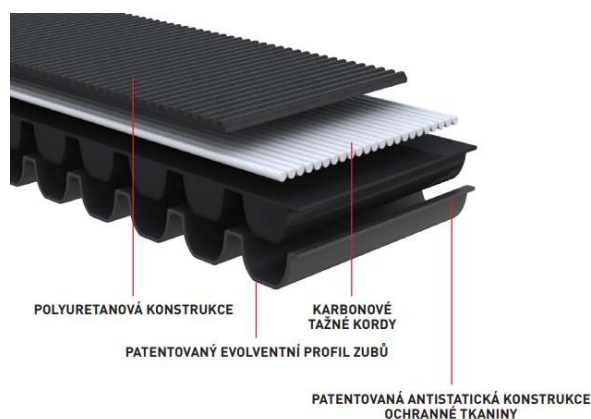
Pro přesné zajištění inletu jsou kromě tvarového navádění použity i dva hliníkové zobáčky, které jsou umístěny proti sobě, a tlačí inlet směrem do lůžka (Obr. 21). Zobáčky se otáčejí okolo kolíku, a přitlačná síla je generována pomocí pružiny. Pokud chceme do lůžka vložit či z něj vyjmout inlet, musíme pomocí pneumatického válce přetlačit sílu od pružin. Následně dojde k oddálení zobáčků, a odjištění inletu. Pneumatické válce jsou použity dva, první je ve stanici, kde se inlet vkládá, a druhý je umístěn ve stanici, kde se inlet vyjímá.



Obr. 21) Mechanismus jištění inletu

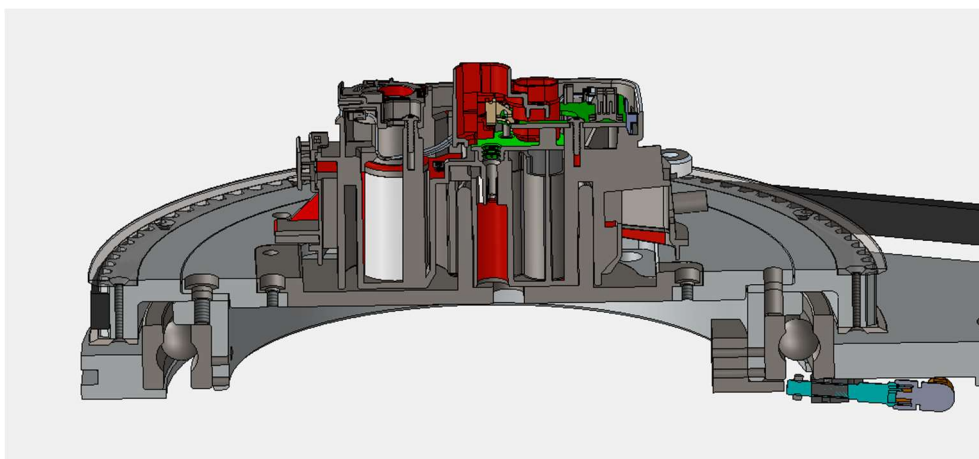
Poslední skupinou požadavků bylo zajistit přesné otáčení inletu okolo své svislé osy a zároveň mít přístup na spodní část inletu kvůli kamerovému, elektrickému a mechanickému testu. Proto je potřeba zvolit k otáčení lůžka nepřímý pohon. Kvůli zástavbovým rozměrům, a především kvůli možnosti posunutí pohonu otáčení za lineární servopohon byla zvolena možnost náhonu ozubeným řemenem.

Zvolený řemen je ozubený řemen Poly Chain GT Carbon Volt s karbonovým vláknem (Obr. 22). Řemen podle výrobce nabízí vynikající polohovací vlastnosti, minimální roztažnost, vysokou pevnost a únosnost. Pro tuto aplikaci bylo rozhodující to, že řemen je ESD kompatibilní. [29]



Obr. 22) ESD kompatibilní řemen Poly Chain GT Carbon Volt [29]

Dalším úkolem při návrhu bylo zajistit snadné otáčení lůžka s inletem, je toho docíleno pomocí velkého ložiska, které je mezi deskou a lůžkem. Ložisko má vnější průměr 225 mm, vnitřní průměr 180 mm a jeho výška je 22 mm. Ložisko je jednořadé kuličkové, výpočty únosnosti a životnosti nejsou potřeba, protože ložisko nepřenáší velká zatížení a ani nedochází k velkým úhlovým rychlostem. Na ložisku je upevněn adaptér na výměnná lůžka a také velká řemenice, sloužící k pohonu ložiska (Obr. 23).



Obr. 23) Detail (řez) otočného lůžka

Náhon řemene je pomocí servomotoru od společnosti Siemens. Samotná volba motoru se neobešla bez komplikací. Mezi základní požadavky servomotoru k otáčení lůžka je především schopnost otáčení s lůžkem a dále také schopnost dosáhnout požadované polohy. Důležité je tedy maximální otočný moment lůžka, a dále úhlové zrychlení otočného lůžka.

Náhon řemene byl nejprve řešen pomocí servomotoru Siemens 1FL6024-2AF11 umístěného kvůli vyvážení až za lineárním servem. Motor disponuje výkonem 100 W, maximálním kroutícím momentem $0,32 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ a maximálními otáčkami 3000 min^{-1} . Dále je motor vybaven inkrementálním odměřováním natočení hřídele s rozlišením 2500 PPR (impulsů na otáčku) [30]

Výsledné kontrolní vypočítané hodnoty kroutícího momentu na otočném lůžku a výsledné úhlové zrychlení otočného lůžka při použití motoru 1FL6024-2AF11 s výkonem 100 W:

Kroutící moment lůžka:

$$M_m = 0.32 \text{ Nm}$$

$$z_m = 25$$

$$z_l = 100$$

$$n_l = 0,95$$

$$n_{\check{r}} = 0,97$$

$$(1) n_c = n_l * n_{\check{r}} = 0.95 * 0.97 = 0,92$$

$$(2) M_l = M_m * \frac{z_l}{z_m} * n_c = 0,32 * \frac{100}{25} * 0,92 = 1,18 \text{ Nm}$$

Úhlové zrychlení motoru:

$$i_p = 4$$

$$n_l = 0,95$$

$$n_{\check{r}} = 0,97$$

$$(3) n_c = n_l * n_{\check{r}} = 0.95 * 0.97 = 0,92$$

$$J_m = 28,4 \text{ kg} * \text{mm}^2$$

$$J_{rem1} = 349 \text{ kg} * \text{mm}^2$$

$$J_{lůžka} = 37027 \text{ kg} * \text{mm}^2$$

$$(4) J_{redmotor} = J_m + J_{rem1} + \frac{J_{lůžka}}{i_p^2}$$

$$(5) J_{redmotor} = 28,4 + 349 + \frac{37027}{4^2} = 2691,58 \text{ kg} * \text{mm}^2$$

$$J_{redmotor} = 0,00269158 \text{ kg} * \text{m}^2$$

$$(6) E_m = \frac{M_m}{J_{redmotor}} = \frac{0,32}{0,002691} = 118,91 = \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Úhlové zrychlení lůžka:

$$(7) E_l = \frac{E_m}{i_p} = \frac{321}{4} = 29,72 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Úhlová rychlost motoru:

$$(8) \omega_M = \frac{2 * \pi * n}{60} = \frac{2 * 3,14 * 3000}{60} = 314 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Úhlová rychlost lůžka:

$$(9) \omega_L = \frac{\omega_M}{i_p} = \frac{314}{4} = 78,5 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Čas potřebný k dosažení maximální úhlové rychlosti:

$$(10) t_1 = \frac{\omega_L}{E_L} = \frac{78,5}{29,72} = 2,64 \text{ s}$$

Z těchto výpočtů plyne, že potřebný čas k dosažení maximální úhlové rychlosti otočného lůžka je 2,64 sekundy. Tak rychle se nikdy otočné lůžko otáčet nebude, výsledná

úhlová rychlost bude cca 1/10 z maximální úhlové rychlosti motoru, a tedy čas potřebný k dosažení této rychlosti je cca 0,3s.

Podle výpočtů je zvolený motor je zvolený motor dostatečný, a s daným lůžkem by měl bez problému otáčet v dostatečné dynamice. Během vlastní montáže a programování testovacího zařízení se ukázalo, že motor je vhodný k otáčení otočného lůžka, ale už není vhodný k přesnému polohování. To je způsobeno především zvolením nevhodného převodu mezi motorem a otočným lůžkem, který má hodnotu pouze 4.

Poté co se zjistilo, že daný motor nevyhovuje, byl nahrazen silnějším motorem. Danou situaci by šlo řešit použitím jiného převodového poměru, ale to už kvůli zástavbovým možnostem nebylo možné. Nakonec výsledný použitý servomotor disponuje výkonem 400 W, maximálním kroutícím momentem $1,27 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ a maximálními otáčkami 3000 min^{-1} , a je vhodný pro tuto aplikaci. Dále je motor vybaven inkrementálním odměřováním natočení hřídele s rozlišením 2500 PPR (impulsů na otáčku). [30]

Výsledné vypočítané hodnoty kroutícího momentu na otočném lůžku a výsledné úhlové zrychlení otočného lůžka.

Kroutící moment lůžka:

$$\begin{aligned} M_m &= 1.27 \text{ Nm} \\ z_m &= 25 \\ z_l &= 100 \\ n_l &= 0,95 \\ n_{\check{r}} &= 0,97 \\ (11) \quad n_c &= n_l * n_{\check{r}} = 0.95 * 0.97 = 0,92 \end{aligned}$$

$$(12) \quad M_l = M_m * \frac{z_l}{z_m} * n_c = 1.27 * \frac{100}{25} * 0,92 = 4,67 \text{ Nm}$$

Úhlové zrychlení motoru:

$$\begin{aligned} i_p &= 4 \\ n_l &= 0,95 \\ n_{\check{r}} &= 0,97 \\ (13) \quad n_c &= n_l * n_{\check{r}} = 0.95 * 0.97 = 0,92 \\ J_m &= 35,1 \text{ kg} * \text{mm}^2 \\ J_{rem1} &= 349 \text{ kg} * \text{mm}^2 \\ J_{lůžka} &= 37027 \text{ kg} * \text{mm}^2 \end{aligned}$$

$$(14) \quad J_{redmotor} = J_m + J_{rem1} + \frac{J_{lůžka}}{i_p^2}$$

$$(15) \quad J_{redmotor} = 35,1 + 349 + \frac{37027}{4^2} = 2698,28 \text{ kg} * \text{mm}^2$$

$$J_{redmotor} = 0,00269828 \text{ kg} * \text{m}^2$$

$$(16) \quad E_m = \frac{M_m}{J_{redmotor}} = \frac{1,27}{0,002698} = 470 = \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Úhlové zrychlení lůžka:

$$(17) \quad E_l = \frac{E_m}{i_p} = \frac{321}{4} = 117,59 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Úhlová rychlost motoru:

$$(18) \quad \omega_M = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi \cdot 314 \cdot 3000}{60} = 314 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$(19) \quad \omega_L = \frac{\omega_M}{i_p} = \frac{314}{4} = 78,5 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Čas potřebný k dosažení maximální úhlové rychlosti:

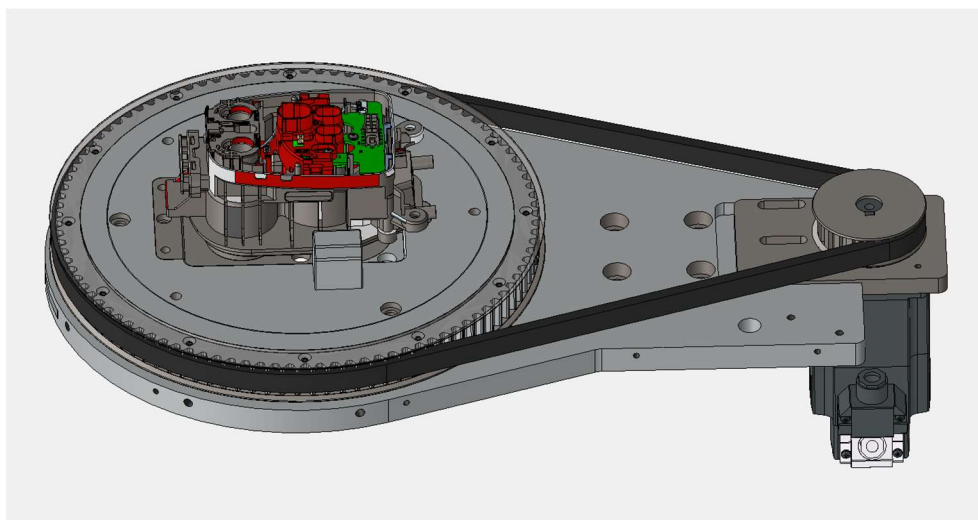
$$(20) \quad t_2 = \frac{\omega_L}{E_L} = \frac{78,5}{117,59} = 0,67 \text{ s}$$

Tento motor nakonec s otočným lůžkem bez problému otáčí, a díky tomu že je 4x výkonnější než původní motor, tak i bez problému s otočným lůžkem dosahuje požadovaného natočení. Níže v DP je důvod, proč je byl zvolený přímý náhon (bez použití další převodvky) otočného lůžka.

Kvůli zajištění vysoké přesnosti natočení a použití inkrementálního odměřování na ose hřídele motoru, bylo potřeba vyřešit referenci natočení otočného lůžka. K tomuto účelu je na desce přidělán indukční snímač, který snímá kovový výstupek na otočném lůžku (možno vidět na obrázku 23).

Dalším opatřením použitým při návrhu jsou drážky na přední straně desky, které slouží k ochraně lineárního servopohonu při vkládání a vyjímání inletu, kdy může dojít k většímu zatížení.

Celý mechanismus otočného stolu je zakrytován nerezovým plechem, především kvůli zamezení přístupu mezi řemen a řemenici a také kvůli designu (Obr. 24).

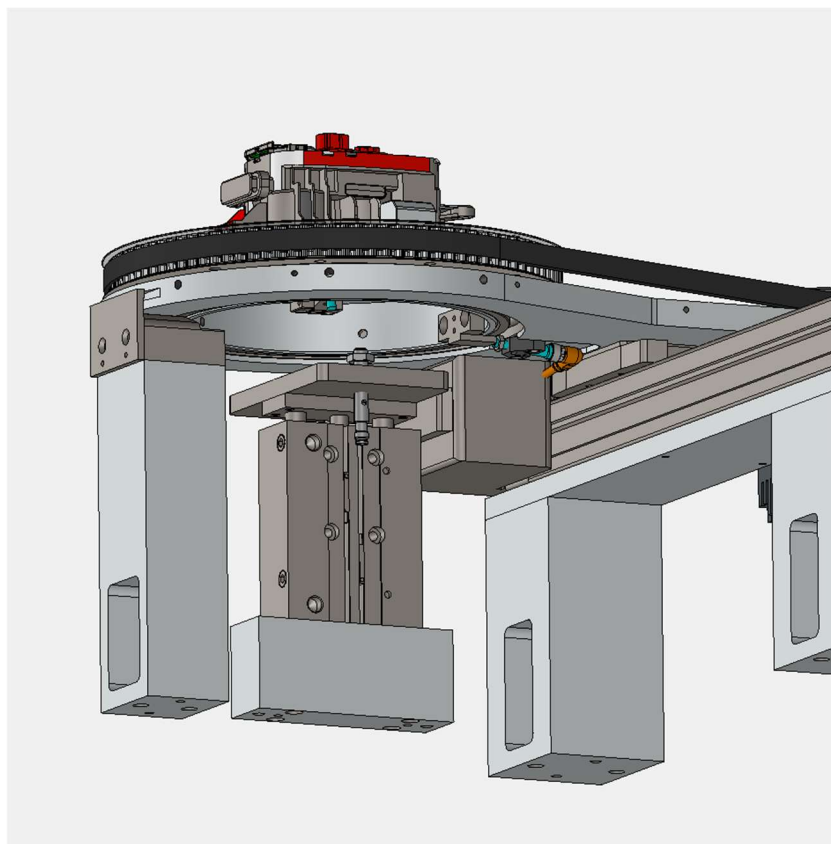


Obr. 24) Celkový pohled na otočný stůl bez ochranného krytu

5.3.4 1.stanice

První stanice slouží ke vkládání inletu do otočného lůžka. Otočné lůžku musí být ve výchozí, pozici. Obsluha otevře posuvné dveře na krytu a vloží inlet do lůžka. Inlet je zajištěn pomocí hliníkových zobáčků, které jsou v první vkládací a poslední stanici ovládány pomocí pneumatického válce. Při uvolnění zobáčků musíme přetlačit sílu od pružiny, a tak je odjistit.

Dále je zde hliníkový blok s ocelovým výstupkem, který přidržuje otočný vozík, a snižuje tak namáhání lineárního servopohonu při pneumatickém odjištění hliníkových zobáčků (Obr. 25).



Obr. 25) 1. stanice – pneumatické ovládání zajištění inletu

5.3.5 2. stanice

Druhá stanice se skládá ze dvou kamer se světly, které elektrickou zásuvky vizuálně zkontrolují. Požadavky na 2. stanici:

- Vrchní kamera má být umístěna v ose inletu
- Boční kamera musí kontrolovat inlet ze všech stran
- Zajistit dobré světelné podmínky

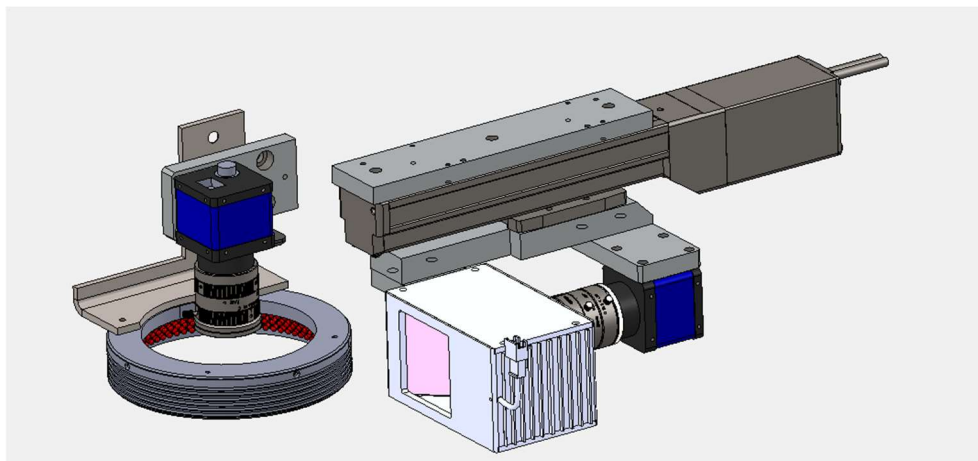
Na vizuální kontrolu inletu jsou použité průmyslové kamery od společnosti Opto Engineering. Volbu typů kamer provedla externí společnost, která se také stará o programování stroje a zaučení kamer. Vrchní kamera může být umístěna na pevno, protože výška inletů je podobná a kamera je dokáže bezpečně zkontrolovat. Nesmíme zapomenout také na vhodné osvětlení, které je v tomto případě kruhové LED světlo s výkonem 3 W, které je napájeno 24 V. Kamera společně s osvětlením je přidělována na rám z Itemu.

Boční kamera má za úkol snímat inlet ze všech stran, tohoto cíle je dosaženo umístěním kamery ze zadní části a použitím otočného lůžka. Jelikož inlet má spíše obdélníkový tvar, bude se testovat více typů inletů a kamera nemá automatickou změnu ostřicí vzdálenosti, musíme

kameru umístit na lineární servopohon. Tím zajistíme, to že kamera bude vždy ve správně vzdálenosti od inletu (Obr. 26).

Použité lineární servo je od společnosti SMC a jedná se o elektrický šroubový pohon s jezdcem LEFS16A s délkou zdvihu 200 mm. Požadavky na zvolený lineární pohon jsou především v nastavení vhodné pozice, dynamika a ani posuvová síla není v našem případě důležitá.

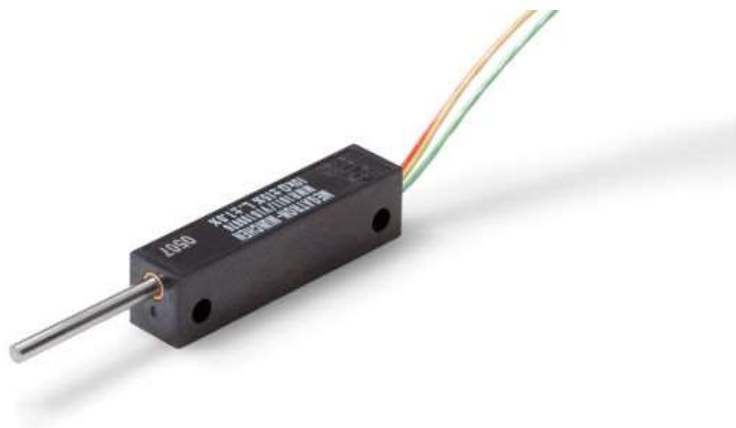
Jelikož je kamera umístěna na pohyblivém elementu, je potřeba pro dlouhou životnost elektrických a datových kabelů použít energetický řetěz. Je zvolen typ řetězu Easy Chain s vnitřním plněním a dostatečnými rozměry.



Obr. 26) 2- stanice, boční a vrchní kamera

5.3.6 3.stanice

3. stanice má za úkol testovat přítomnost sealing plug (Poz. 15) a protection cap (Poz. 12). Pro tento úkol je použit mechanický miniaturní snímač s odměřováním MMR10 a přesností 0,01 mm (Obr. 27) [31]. Mechanický snímač je vybaven ostrým hrotem, který fyzicky zjišťuje přítomnost testovaných komponent. Protože se jedná o univerzální tester, je potřeba zajistit možnost kontroly sealing plug a protection cap v libovolné poloze v inletu. Zde se opět využívá otočného lůžka na pohyblivé lineární osy, které nám zajistí přesnou polohu inletu a možnost testování všech typů inletu. Mechanický snímač tak může být připevněn v jedné poloze.

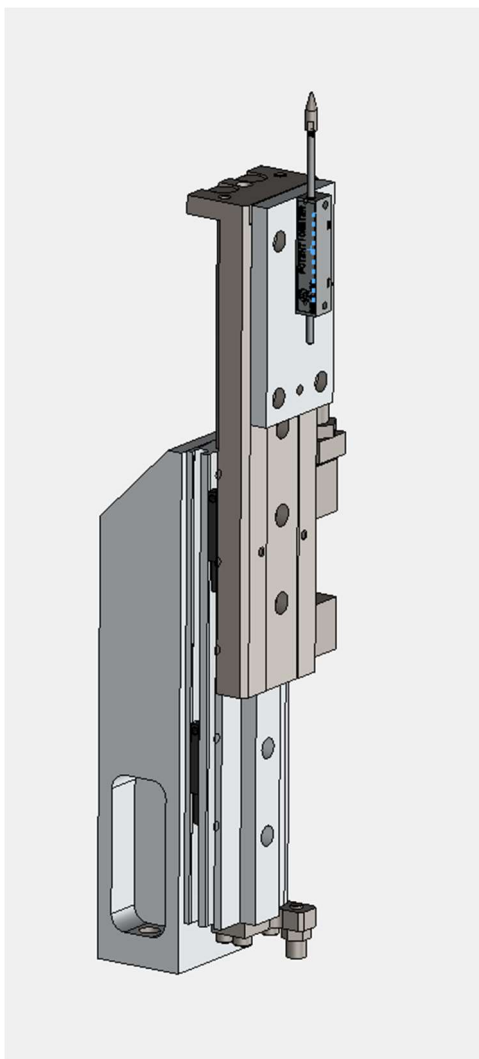


Obr. 27) Miniaturní snímač s odměřováním MMR10 [31]

Je potřeba však vyřešit přiblížení snímače k inletu, k tomu účelu je zde využit pneumatický válec s vedením MXS8-75. Použitý pneumatického válce s vedením je z důvodu potřeby zajištění dvou krajních poloh, kdy nepožadujeme plynulou změnu polohy. Rychlost a síla pneumatického válce je ovlivněna použitím redukčních a škrťacích ventilů před válcem.

Dalším úkolem této stanice je ověření použití správných pinů (pozice 4,5) v inletu. Kontrola je provedena pomocí změření kontaktní vzdálenosti. Tato kontrola je dále velmi důležitá, a na základě koncové polohy pinů vyhodnotíme jejich správnost. Ve 4. testovací stanici pak piny kontrolujeme pomocí elektrického testu, a špatně zalisované piny by mohli poničit testovací stanici (Obr. 28).

V základní desce je otvor pro přívod vzduchu a kabelů pod stůl.



Obr. 28) 3. stanice – mechanický test přítomnosti sealing plugu a protection cap

5.3.7 4.stanice

Poslední kontrolní stanice je poměrně složitá, jejím hlavním úkolem je provést elektrický test inletu, který spočívá v kontaktování PCBA konektoru umístěného na vrchní straně zásuvky a vyhodnocení naměřených veličin. Dále je pro ověření funkčnosti inletu potřeba kontaktovat dva kontrolní piny (pozice 4, 5). Mezi další funkci této kontrolní stanice patří ještě mechanický test kontroly přítomnosti ochranné záslepky, a kamerový test barvy LED osvětlení inletu.

Mezi hlavní požadavky stanice patří:

- Provést elektrický test
- Univerzálnost kontaktování PCBA konektoru
- Univerzálnost kontaktování spodních pinů
- Univerzálnost bočního mechanického testu
- Kamerové vyhodnocení barev

Testovací stanice se skládá ze dvou hlavních částí, vrchní části, která se nachází nad testovacím inletem, a umožňuje kontaktování PCBA konektoru a mechanický test přítomnosti záslepky. Pomocí spodní části stanice ověřujeme správnou funkčnost zásuvky, dochází zde k elektrickému ověření kontrolních pinů, a dále je zde umístěna kamera, které vyhodnocuje správnou barvu LED osvětlení zásuvky.

5.3.7.1 Vrchní část stanice

PCBA konektor (pozice 7) je umístěn na vrchní straně inletu, a podle typu elektrické zásuvky může být umístěn vodorovně nebo svisle při vrchním pohledu na zásuvku. Dále podle typu zásuvky je konektor umístěn v různých vzdálenostech od středu otáčení zásuvky. Z těchto důvodů musíme zajistit vhodnou polohu a natočení kontaktních pinů, tedy vrchní část stanice je umístěna na lineárním pohonu kolmém k hlavnímu lineárnímu servu testovacího zařízení. Použití elektrického pohonu nám umožňuje přesné nastavení vzdálenosti ke kontaktování PCBA konektoru.

Dále je potřeba zajistit správnou orientaci kontrolních pinů, podle typů elektrické zásuvky jsou pouze dvě na sebe kolmé orientace PCBA konektoru. Pro tuto otočnou aplikaci je nejvhodnější použít pneumatický rotační pohon, u kterého dvě krajní polohy svírají úhel 90 °. Požití pneumatického pohonu se vyznačuje především rychlostí dosáhnutí krajních poloh a před elektrickým řešením přináší cenovou úsporu nákladů. Jeho nevýhodou je nemožnost přesného natočení, ale u této jednoduché aplikace to není potřeba.

Ted' už máme elektrické piny umístěné přesně nad konektorem, a posledním úkolem k přiblížení k PCBA konektoru je svislý pohyb pinů. K této aplikaci je použit pneumatický válec s vedením MXS6 se zdvihem 30 mm. Použití pneumatického pohonu je možné díky odpruženým kontrolním pinům, které se mohou zatlačit přibližně 5 mm.

Poslední částí, která slouží ke kontaktování jsou piny. Zde jsou použity kontaktní piny od společnosti PTR (Obr. 29). Kontaktní piny jsou určeny pro funkční testy a testování jednotlivých komponent. Při testovacím procesu dochází ke stlačení pinu, a vytvoření tzv. odpruženého kontaktování mezi samotnými hroty a testovacím vzorkem (v našem případě PCBA konektorem).[32]

Existuje plno různých typů, tvarů a aplikací kontaktních pinů, můžeme rozlišit například podle průměru hrotu, zda jsou spínací či rozpínací kontaktní hroty, existují i hroty pro vysoko proudové aplikace (až 100 A) anebo jsou i vysokofrekvenční kontaktní hroty (do 6 GHz).[33]



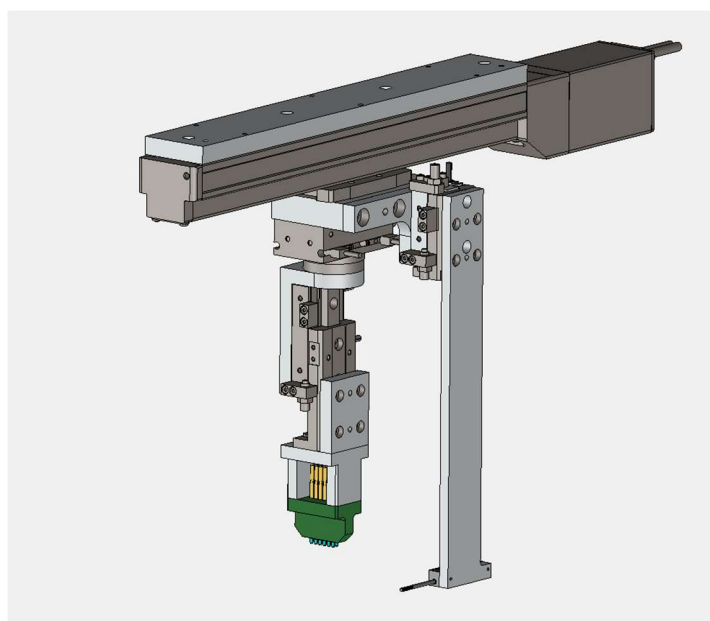
Obr. 29) Kontaktní hroty PTR [33]

Samotné kontaktní hroty musí být uloženy v nevodivém materiálu, nejčastěji se volí různá plastová lůžka, a dále jsou tyto kontaktní hroty spojeny s elektrickým zařízením, které provádí různé elektrické testy a vyhodnocuje naměřené hodnoty.

Mezi další požadavky testovací stanice je ověření přítomnosti a použití správného typu záslepky, která se nachází z boku inletu. K tomuto ověření je použit mechanický snímač vzdálenosti MMR10 od společnosti Megatron, který je už použitý ve druhé testovací stanici.

Samotný snímač je umístěn na dlouhé hliníkové desce a svislém pneumatickém válci s vedením, se zdvihem 10 mm. Svislý pohyb snímače je kvůli dvěma rozdílným polohám záslepky. A pro správnou polohu snímače je celý tento mechanismus umístěn na lineárním servu, na kterém jsou i kontaktní piny.

Přítomnost záslepky se bude kontrolovat ve dvou krajních bodech záslepky, a to kvůli ověření přítomnosti záslepky a použití správného typu. Dvoubodová kontrola je nutná kvůli možnosti použití kratší záslepky, testovací zařízení musí určit přítomnost správného typu záslepky (Obr. 30).



Obr. 30) Vrchní část 4. stanice

5.3.7.2 Spodní část stanice

Spodní část stanice se skládá z průmyslové kamery a kontaktních pinů. Její hlavním úkolem je kontaktování kontrolních pinů (pozice 4,5) během toho, co je kontaktován vrchní PCBA konektor. Tímto se ověřuje správná činnost této elektrické části zásuvky, měří se odpor mezi PCBA konektorem a kontrolním pinem.

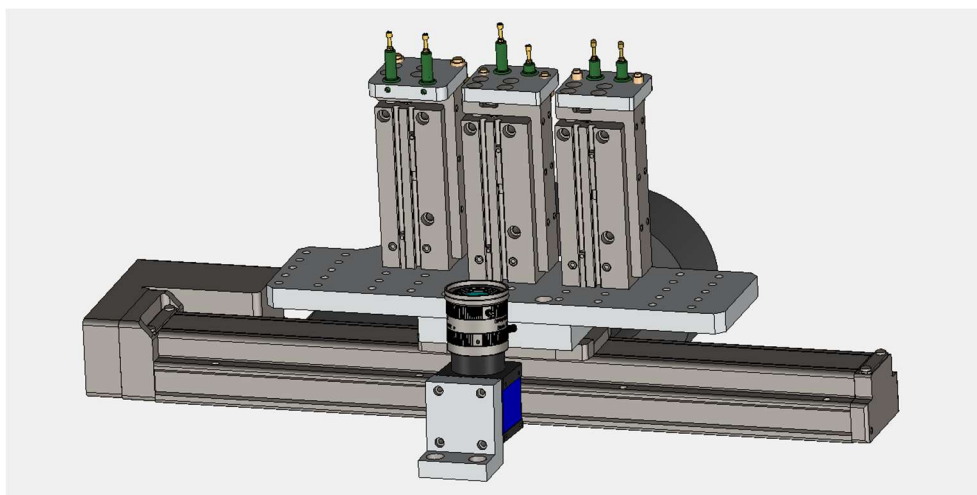
Jelikož se jedná o testovací zařízení pro více typů zásuvek, není vždy stejná poloha kontrolních pinů v zásuvce. Mezi jednotlivými typy elektrických zásuvek se liší kontrolní piny především ve výšce, vzdálenosti mezi sebou a také vzdálenosti od středu otáčení otočného lůžka. Nakonec můžeme umístění pinu rozdělit do tří skupin podle typu konektoru elektrické zásuvky.

K řešení tohoto problému bylo možné použít dvě varianty, první, kdy by byl každý pin nezávislý a umístěn na svém pohonu. To by znamenalo použití jenom 2 kontaktních pinů, ale ukázalo se, že toto řešení je příliš komplikované kvůli nutnosti přesné polohy pinu ve dvou osách. Druhá, a nakonec výsledná možnost byla použití několika dvojic pinů, které by kontaktovaly kontrolní piny podle typu zásuvky.

Spodní stanice se skládá z lineárního pohonu umístěného rovnoběžně s hlavní lineárním pohybem. Na tomto lineárním servu je umístěna hliníková deska s připravenými závity pro upevnění pneumatických válců. Každá dvojice pinů, je vybavena svým pneumatickým válcem, který umožňuje kontaktování kontrolních pinů v elektrické zásuvce.

Kontaktní piny jsou opět uloženy v nevodivém plastovém obalu, který je na hliníkové desce. Hliníková deska je dále vybavena dorazy, které chrání kontaktní piny před zbytečným opotřebením.

Dále je spodní část stanice vybavena průmyslovou kamerou, tentokrát bez světla. Při kontaktování PCBA konektoru dochází k rozsvícení LED diod na spodní části zásuvky. Je potřeba ověřit správnou barvu LED diod, a k tomuto účelu je nejlepší použít průmyslovou kameru (Obr. 31).

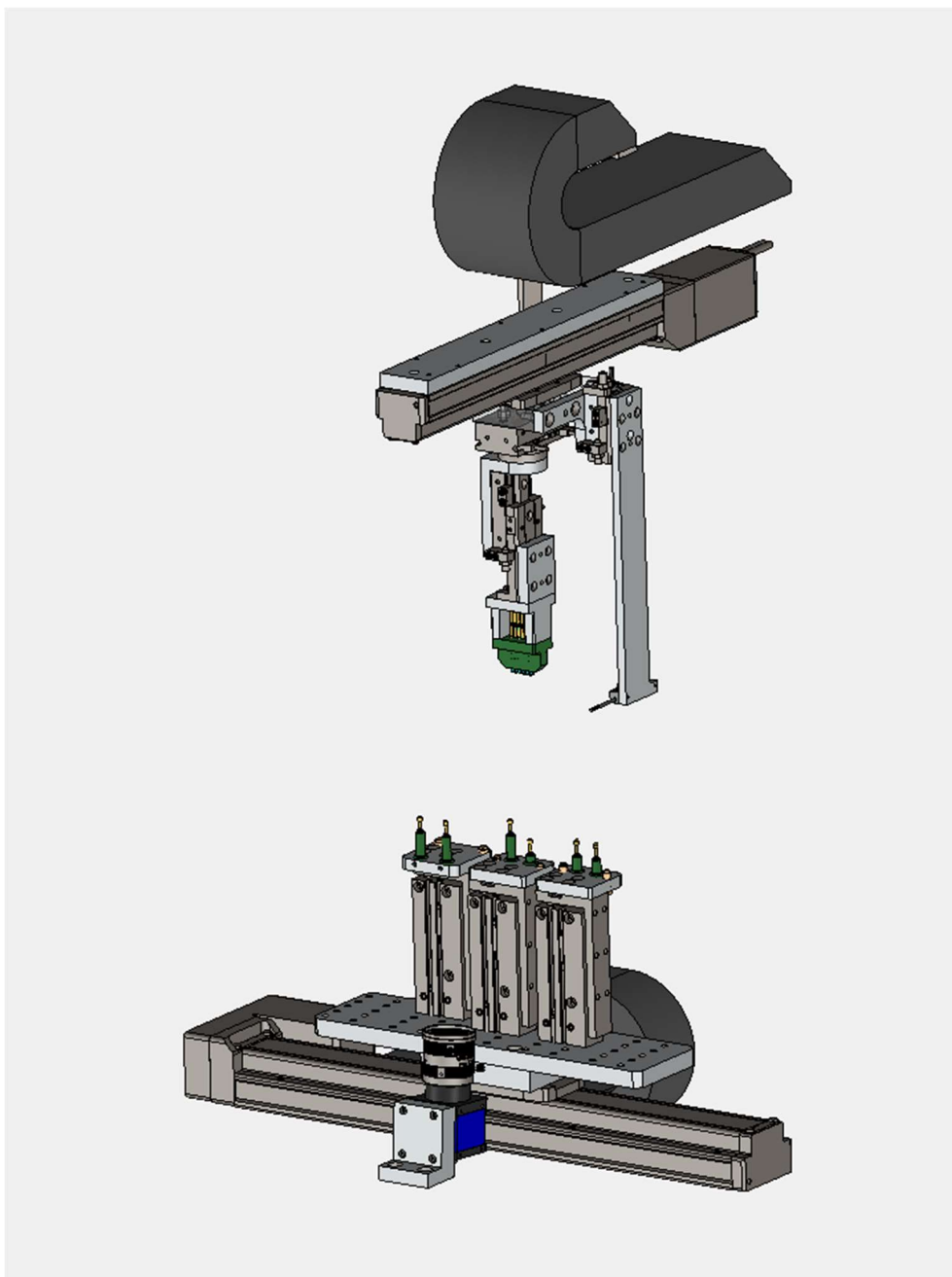


Obr. 31) Spodní část 4. stanice

5.3.7.3 Průběh kontroly

K ověření všech potřebných veličin u poslední stanice dochází ve dvou krocích. Nejdříve inlet dojde do testovací polohy, vrchní kontaktní piny kontaktují konektor, ve spodní části stanice dojde ke kontaktování pomoví správné dvojice pinů, a následuje měření odporu. Po změření

následuje odpojení a kontrola záslepky. Ke kontrole barev LED je nutno otočit celý inlet o 180°, a znovu kontaktovat konektor. Tento úkon je nutný kvůli zajištění vhodné polohy LED osvětlení vůči kameře (Obr. 32).

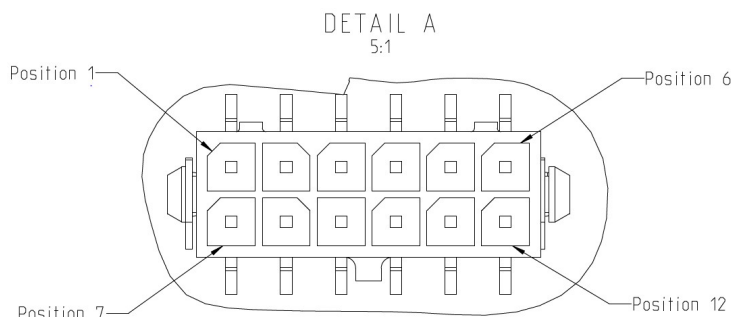


Obr. 32) Výsledná 4. stanice

5.3.8 Princip elektrické kontroly

Během elektrické kontroly testovací zařízení změřením veličin zkontroluje, zda jsou jednotlivé elektrické komponenty v automobilové zásuvce správně zapojeny, nebo zda nejsou jednotlivé vodiče zkratovány.

Pro popis elektrického testu je zvolena automobilová zásuvka, která je již popsána výše v diplomové práci. Elektrický test spočívá v kontaktování PCBA konektoru, pinů (poz. 5.6) a popřípadě barvy LED diod. PCBA konektor se skládá z 12 pozic (Obr. 33).



Obr. 33) Detail PCBA konektoru

5.3.8.1 Popis pozic PCBA konektoru

Pro jednotlivé pozice v konektoru jsou přiřazeny určité funkce. Tento konektor je dále zapojen do automobilu, a tak jednotlivé pozice plní určité funkce.

- Pozice 1 – LED levé
- Pozice 2 – LED pravé
- Pozice 5 – Teplotní senzor pro kladný DC pin
- Pozice 6 – Teplotní senzor pro záporný DC pin
- Pozice 7 – Proximity pin
- Pozice 8 – Teplota zásuvky
- Pozice 10 - Teplotní senzor pro AC pin
- Pozice 12 – Control pin

5.3.8.2 Měření odporu

Měřením odporu snadno zjistíme, správnou funkci jednotlivých vodičů v automobilové zásuvce. Pro daný typ zásuvky určuje zapojení pozic a hodnot tabulka níže (Tab. 2).

CP	CP	10	0 Ohm +1 Ohm
PP	PP	6	0 Ohm +1 Ohm
R5	PE	6	2700 Ohm +/- 300 Ohm
AC TEMPERATURE	7	9	10000 Ohm +/- 100 Ohm
TEST ITEM	TEST PIN #1	TEST PIN #2	VALUE

Tab 2) Tabulka hodnot odporů mezi jednotlivými pozicemi v PCBA konektoru

Pro testování control a proximity pinu (poz. 4,5) je předepsaný odpor 0 Ohmů, tedy je požadováno, aby vodič nebyl v automobilové zásuvce přerušen. Při měření dalšího odporu mezi PE vodičem a pozicí 6 v PCBA konektoru je předepsaný odpor 2700 Ohmů, v tomto elektrickém obvodu je totiž vložen odpor o této hodnotě. Poslední předepsaný test spočívá ve změření odporu 10000 ohmů mezi pozicemi 7 a 9.

5.3.8.3 Testování barev LED

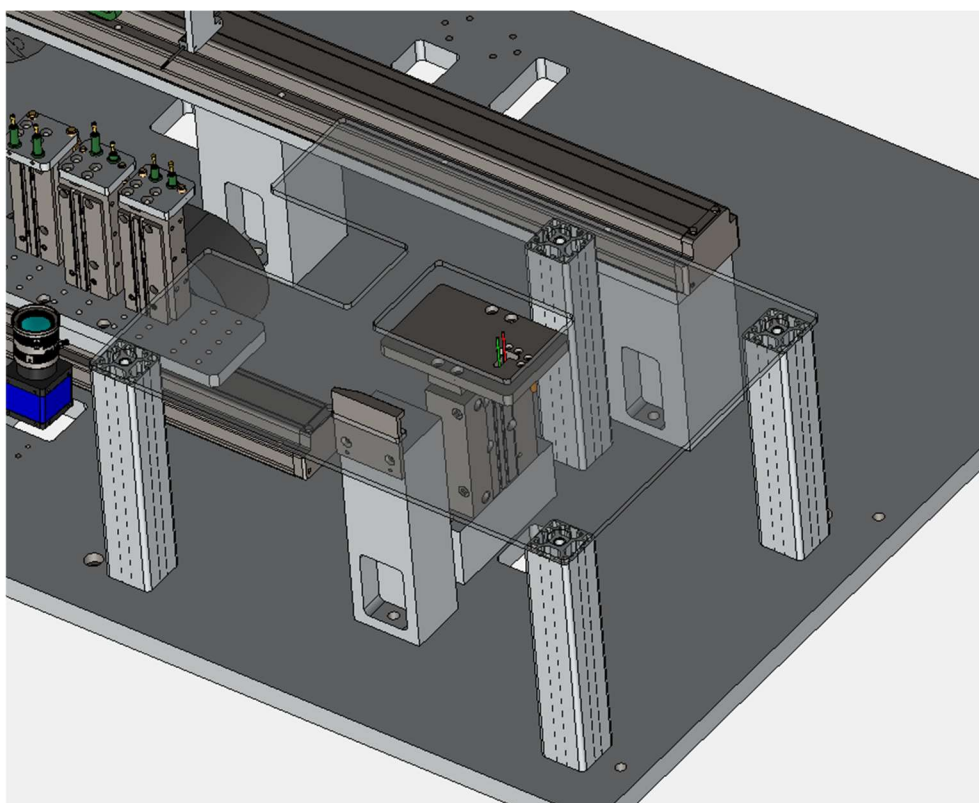
Tímto testem zkoumáme barvu LED diod v elektrické zásuvce. Pro náš typ elektrické zásuvky je předepsána bílá barva LED diod. Tuto barvu ověřuje testovací stroj pomocí kamery umístěné pod inletem. Pro kontrolu LED barvy je potřeba mezi pozicí 1 a 2, respektive 3 použít napětí 3.2 V a proud 20 mA.

5.3.8.4 Zdroj napětí a měření odporu

Jako napájecí zdroj pro elektrický test byl zvolen výrobek HMP2030 od společnosti Rohde & Schwarz se třemi výstupy a s rozpětím napětí od 0 do 32 V a proudem od 0 do 5 A [34]. Pro měření odporu je použit ohmmetr BK 2840 s maximálním měřicím rozsahem 20 k Ω a rozlišením 1 $\mu\Omega$ [35]. Tyto produkty jsou umístěny ve spodním rámu, a jejich volbu zajišťovala externí společnost.

5.3.9 5.stanice

Poslední stanicí v testovacím zařízení je 5. stanice, která slouží k vyjmutí inletu ze stroje. Posuvný vozík s otočným lůžkem během testovacího cyklu dojede až na konec své dráhy do poslední stanice. Poslední stanice je vybavena pneumatickým válcem, který slouží k odjištění inletu z lůžka, dále je vybavena snímačem přítomnosti inletu v lůžku, a v neposlední řadě je zde také pomocný mechanismus se zajištěním vozíku, který snižuje namáhání hlavního servopohonu. Konstrukce těchto součástí je podobná jako u první vkládací stanice (Obr. 34).



Obr. 34) 5. stanice slouží k vyjmutí inletu

5.3.10 Spodní část stroje

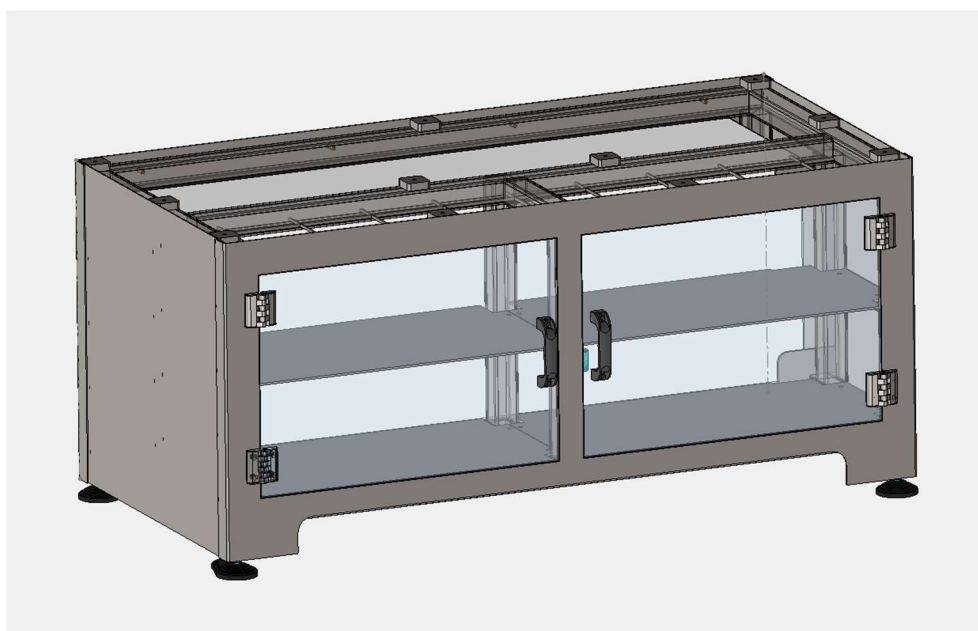
Spodní část stroje tvoří rám, spolu s rozvaděčem, a vhodným krytováním. Rám tvoří pevný základ testovacího zařízení, a je navržen tak aby základní deska stroje byla 800 mm nad úrovní

podlahy. Jedná se o svařenec z jeklů, které spolu dohromady tvoří pevný základ stroje. Pro vyrovnání případných nerovností podlahy je rám stroje vybaven 4 nastavitelnými nohami. Vrchní část rámu musí být co nejrovnější, je toho docíleno tím, že na vrchní jekly jsou navařeny kovové výstupky, které jsou následně ofrézovány na stejnou výšku s malou tolerancí a do nich jsou ještě vyvrtány díry se závitem pro upevnění základní hliníkové desky.

Tvar rámu je ovlivněn umístěním elektrického rozvaděče s rozměry 1360 x 660 x 440 mm, který se nachází v zadní části rámu.

Výsledné krytování je řešeno pomocí vhodně tvarovaných plechů, které jsou k rámu připevněny pomocí odporově navařených závitů. Krytování je uzpůsobeno možnosti přemisťovat stroj pomocí paletového vozíku, na přední a zadní straně jsou ve spodní části plechy ukončeny nad rámem.

Všechny kovové části, jako je rám, nebo různé krycí plechy jsou opatřeny ESD barvou s certifikátem (Obr. 35).



Obr. 35) Spodní rám stroje

5.3.11 Vrchní kryt

Hlavním úkolem vrchního krytu je zabezpečení před případným úrazem obsluhy a upevnění jednotlivých testovacích stanic. Je to tvořen z Itemu a polycarbonátu s cílem na funkčnost a design stroje.

Samotný rám krytu je tvořen z hliníkových profilů firmy Item (Obr. 36), jsou použity především profily s průřezem 40 x 40 mm, ale pro připevnění 4. testovací stanice je použit profil s průřezem 80 x 40 mm. Jedná se o stavebnicový systém, u kterého tvoří základ přesné eloxované profily s podélnými drážkami a otvory pro vzájemné spojení profilů a upevnění rozsáhlého příslušenství. Koncepce systému umožňuje velkou variabilitu, snadnou montáž, vysokou přesnost a tuhost, ale také možnost přestavení. [36]



Obr. 36) Příklad hliníkových profilů od společnosti Item [36]

Design vrchního ochranného rámu je poměrně složitý, mezi hlavní požadavky patří především zamezení úrazu obsluhy, dále snadný přístup při vkládání a vyjímání inletu z lůžka, upevnění testovacích stanic ve stroji a také snadný přístup ke všem komponentům v případě poruchy. Mezi další, méně důležité požadavky patří design krytu, pomocné vedení kabelů a pneumatického vedení, upevnění ovládacího panelu, a také ergonomie.

Z těchto požadavků je navržen ochranný rám, tvořený vhodně tvarovanými hliníkovými profily, celá přední strana krytu je výklopná, také jsou zde umístěny dvojce posuvné dveře pro snadné vkládání a vyjímání inletu. Výklopná stěna je určena pouze pro servisní úkony v testovacím zařízení, ale i tak je opatřena bezpečnostním zámkem a snímačem, proti nedovolenému otevření přední výklopné části krytu. Pro zajištění výklopného krytu v otevřené pozici jsou použity dvojce vhodně dimenzované pneumatické podpěry.

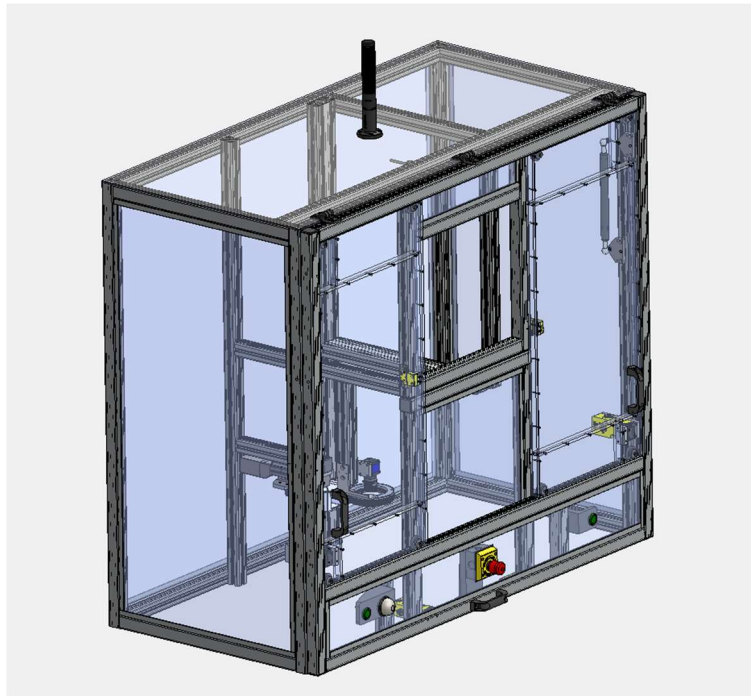
Všechny boční stěny jsou opatřeny deskami z polykarbonátu, který je umístěn v drážkách Itemu. Kvůli ESD komptabilitě je nutné na polykarbonát nalepit ESD folii. Je zvolena černá nepropustná barva, kvůli zajištění barevné stálosti v testovacím zařízení.

V přední části krytu jsou dále dvojce posuvné dveře z polykarbonátu, určené pro obsluhu testovacího zařízení. Kvůli bezpečnosti obsluhy jsou také vybaveny bezpečnostním zámkem se snímačem zavření dveří. Tyto posuvné dveře se mohou otvírat pouze na začátku a na konci testovacího cyklu, v jeho průběhu jsou zamknuté.

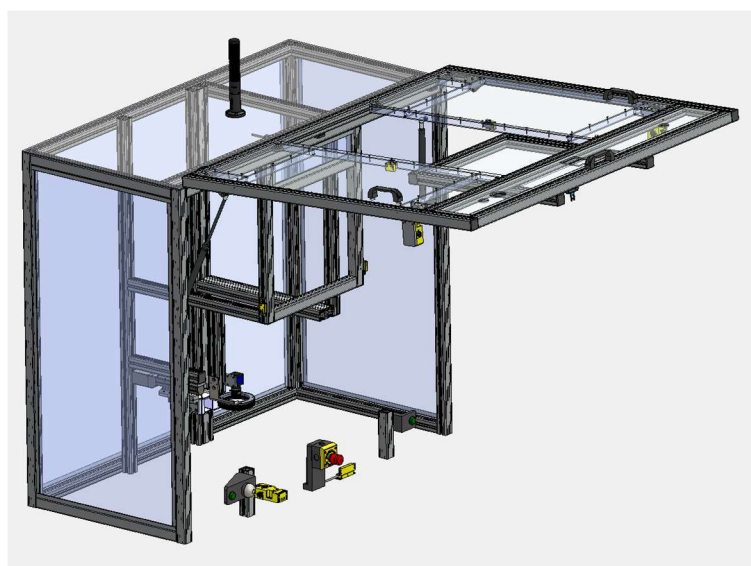
Jsou tvořeny z polykarbonátu, který je opatřen ESD fólií. Celé dveře jsou vyztuženy použitím dalších polykarbonátů. Tyto dveře se pohybují pomocí plastových koleček s ložisky, umístěných v drážce Itemu. Pohon obou posuvných dveří je manuální.

Na přední straně krytu je dále umístěn ovládací panel, který je tvořen z dotykového displeje, RFID čtečky a dalších tlačítek. Jeho umístění na přední straně je nutné z důvodu snadné obsluhy stroje. Ovládací panel kvůli své kabeláži a nutnosti zajištění přístupu se nemůže pohybovat společně s přední výklopnou stěnou, ale tento ovládací panel je připevněn na rám krytu.

Dále jsou na krytu použity provozní a bezpečnostní prvky, patří mezi ně snadno přístupné stop tlačítko umístěné ve přední části krytu, dále jsou zde LED kontrolky, které informují o odemčení posuvných dveří a také tlačítko na spouštění cyklu. Na vrchní ploše krytu je umístěn maják, který informuje o aktuálním stavu testovacího zařízení (Obr 37, Obr. 38).



Obr. 37) Vrchní kryt – zavřený



Obr. 38) Vrchní kryt – otevřená výklopná stěna

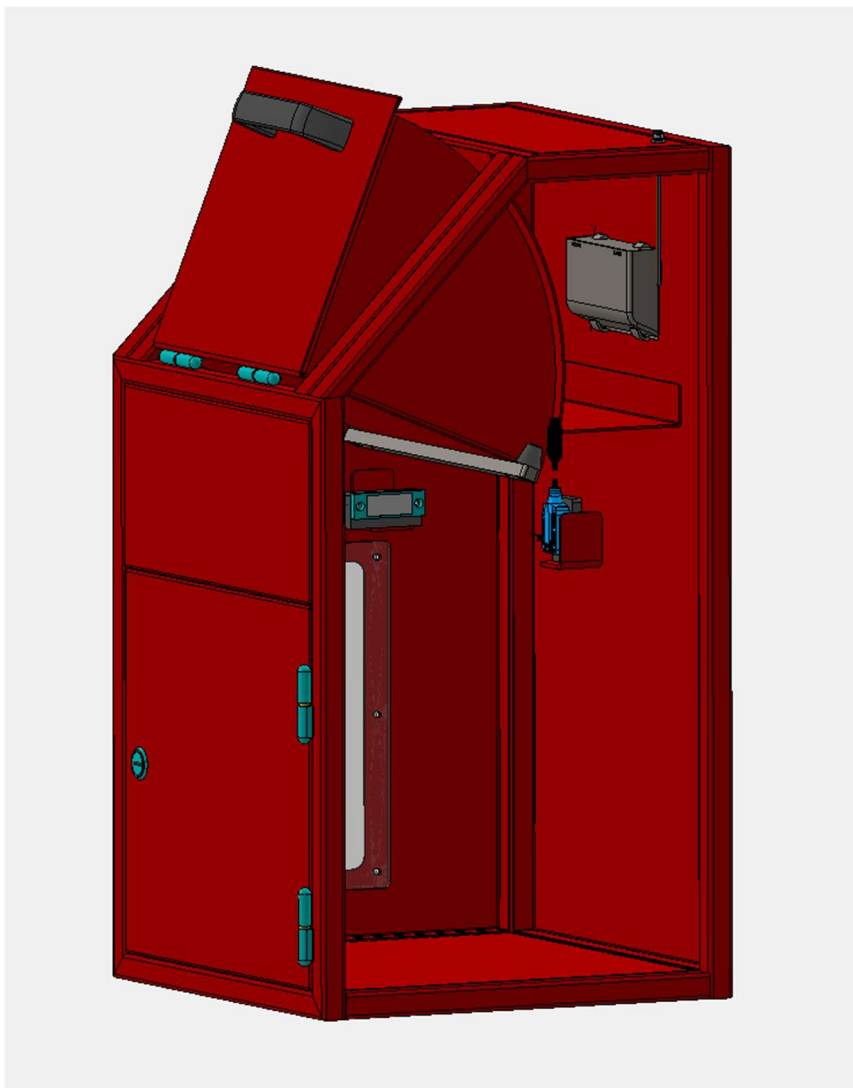
5.3.12 NOK Bedna

Součástí testovacího zařízení je také NOK bedna umístěná vedle zařízení. NOK bedna se používá pro uložení testovacích dílů, které nesplní požadované testy a jsou to tedy zmetkové kusy.

V testovacím zařízení se zjistí přítomnost elektrické zásuvky, která nesplňuje požadované testy. Stroj přeruší cyklus, a umístí otočné lůžko do poslední stanice. Následně musí ke stroji přijít pověřená obsluha, přihlásit se do stroje pomocí RFID čtečky, a vyjmout špatný kus a tento kus vložit do NOK boxu, kde se pomocí senzoru zjistí, zda byl opravdu do NOK boxu vložen. Až po těchto úkonech je možné na testovacím zařízení pokračovat v testování dalších elektrických zásuvek.

Požadavky na NOK bednu spočívají především ve snadném uložení špatného kusu, a nemožnosti jeho vyjmutí z bedny bez patřičného oprávnění. Mezi dalším požadavkem je navrhnout tvar bedny tak, aby nedošlo k obejití NOK bedny použitím různých násad, nebo proužku papírku, které obsluha vkládá do NOK bedny s cílem sepnutí snímače.

NOK bedna je svařenec z ocelových jeleků 20 x 20 mm a vhodných plechů sloužících k zakrytování. Vrchní část bedny je opatřena otočným šuplíkem, do kterého obsluha vloží špatný kus, a zavře šuplík. NOK kus sjede do bedny, a je zaznamenán optoelektrickým snímačem s odrazkou. K vyjmutí NOK kusů na konci pracovní směny slouží spodní dvířka opatřena zámkem (Obr. 39).



Obr. 39) NOK bedna – pro znázornění skryta boční stěna

5.3.13 Pomocná zařízení

Mezi pomocná zařízení u testovacího stroje jsou:

- Úprava vzduchu
- Přívod napájení
- Ovládací ventily pro pneumatický pohon
- Měřicí a vyhodnocovací zařízení

5.3.13.1 Bezpečnostní prvky

Bezpečnostní prvky mají za úkol chránit obsluhu stroje a zvyšovat jeho celkovou bezpečnost. V testovacím zařízení jsou použity bezpečnostní prvky od společnosti Sick (Obr. 40), a to konkrétně na posuvných dveřích z polykarbonátu a také na celé přední výklopné části rámu.

Pro každou aplikaci jsou použity bezdotyková blokovací zařízení pro kontrolu zavřených dveří, a elektromechanické blokovací zařízení, které také monitoruje přítomnost zavřených dveří, ale také vyvolává zadržnou sílu. Tyto blokovací zařízení jsou umístěny nezávisle vedle sebe, a pro přerušení činnosti stroje stačí pouze signál z jednoho snímače.



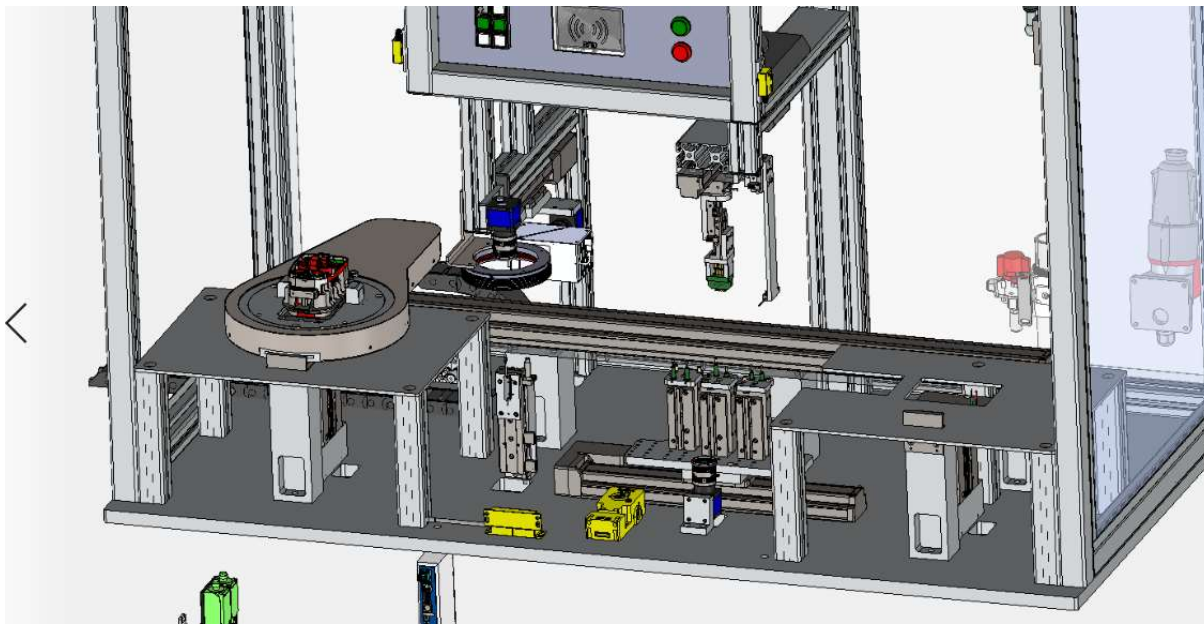
Obr. 40) Elektromechanické blokovací zařízení i17S [37]

5.3.14 Výsledný stroj

Na následujícím obrázku (Obr. 41) je vidět výsledný návrh jednotlivých stanic umístěných v testovacím zařízení. Princip testování je následující, obsluha založí testovací kus do otočného lůžka, které je v levé části stroje. Následně musí obsluha zavřít vstupní dveře a dochází k zajištění elektrické zásuvky v lůžku. Prvním testem, který zásuvka absolvuje je kamerový test spolu s mechanickou kontrolou pinů ze spodní strany zásuvky. Pokud je zásuvka vybavena ještě LED kontrolním osvětlením, zkontroluje se zde mechanicky také jeho přítomnost. Jelikož je mechanický trn pouze na pneumatickém válci, který umožňuje jeho pohyb pouze ve svislé ose, je potřeba přesnou polohu docílit pomocí hlavní pohybu hlavní osy a natočení lůžka. Dalším

testem je elektrický test spolu s kamerovým testem barvy LED osvětlení. Princip tohoto testu je již popsán detailněji v DP výše. V této části testovacího stoje se také mechanicky kontroluje přítomnost gumových zásepek na bocích inletu.

Pokud elektrická zásuvka zvládne dané testy, otočné lůžko pomocí servomotoru dojde do pravé části stroje, a zde dojde k jeho odjištění. Dojde k odemčení pravých dveří a obsluha může inlet vyjmout z lůžka. Pokud daná zásuvka nesplní požadované testy, je testovací stroj uzamčen a je požadován příchod pověřené osoby, která může elektrickou zásuvku vyjmout a umístit do NOK bedny.



Obr. 41) Celkový pohled na jednotlivé stanice v testovacím zařízení

Reálné snímky testovacího zařízení jsou v příloze DP.

5.4 Teoretický čas cyklu

Jedním z požadavků od zadavatele bylo určení času cyklu testování jedné automobilové zásuvky. Čas cyklu je 120 sekund, a v tomto čase je zahrnut celý cyklus, to znamená, že je to čas od vložení prvního inletu do stroje až po vložení druhého inletu na stejné místo.

Celý cyklus se tedy skládá z následujících procesů, u kterých je daný čas odhadnut.

- Vložení inletu do lůžka obsluhou a spuštění testu – 15 s
- Přejetí lůžka do druhé testovací stanice – 5 s
- Provedení kamerového testu a vyhodnocení – 10 s
- Mechanická kontrola pinů a light archů včetně těsnění – 15 s
- Přejetí lůžka do další stanice – 5 s
- Kontrola ve 4. testovací stanici – 30 s
- Přejetí lůžka do 5 stanice – 5 s
- Vyjmutí lůžka obsluhou – 10 s

- Přejetí lůžka do výchozí polohy – 5 s

Výsledný teoretický čas cyklu je 100 sekund. Nutno podotknout, že výsledný čas je pouze orientační, určený součtem odhadovaných časů jednotlivých testovacích stanic. Výsledný čas je také ovlivněn obsluhou, která zakládá a vyjímá inlet z testovacího zařízení.

5.4.1 Skutečný čas cyklu

Skutečný čas cyklu je měřen od otevření dveří u první stanice, následuje celý proces testování elektrické zásuvky, vyjmutí testovaného kusu ze stanice, a příprava dalšího testovacího kusu. Výsledný čas cyklu testování je dále ovlivněn požadovanými kontrolami dané elektrické zásuvky, a liší se podle typu. Naměřený čas u vzorového inletu, viz kapitola 4, je cca 72 sekund.

Z naměřeného času plyne, že u jiných zásuvek, kde nebude kontrola tak moc obsáhlá, bude výsledný čas cyklu menší. Například u inletu, kde není test přítomnosti bočního těsnění je výsledný čas cyklu okolo 55 sekund.

Z naměřených časů cyklu plyne, že daný požadavek zadavatele je splněn, testovací stroj má kratší dobu cyklu, než 120 sekund.

6 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE A KOMENTÁŘ K VÝKRESOVÉ DOKUMENTACI

Vybraná výkresová dokumentace je v příloze DP. Jsou vybrané výkresy dílů a sestav, které jsou složitější, a ukazují technické řešení daného dílu, sestavy. Výkresy jsou v příloze k DP.

Vybraná výkresová dokumentace:

- Rám stroje
- Otočné lůžko
- Sestava lůžka
- Základní deska
- Lůžko
- Adaptér – základ

Rám stroje (12001)

Jedná se výkres svařence rámu spolu s navařenými dalšími díly. Samotný svařenec rámu je složen z jechlů s rozměry 50x50 mm a tloušťkou stěny 3 mm. Tvar rámu je uzpůsoben potřebám stroje, v jeho zadní části se nachází rozvaděč.

Na samotný svařenec rámu se dále navařují další díly, jako je podložky pod stůl, spodní podložka se závitem pro připevnění nastavitelných noh a držák rozvaděče. Zajímavostí při výrobě rámu stroje je to, že nejdříve se navaří všechny díly dle výkresu, a následně se u rámu opracují vrchní podložky pod základní desku stroje. Podložky se opracují zhruba o 5 mm do roviny (předepsaná rovinnost 0,1 mm), a ještě se do nich udělají otvory M8 v přesných polohách.

Po svaření a opracování se rám stroje opatří antistatickou barvou dle výkresu.

Otočné lůžko (14001)

Otočné lůžko je obrobek, který je frézován z hliníkového polotovaru, a následně je opatřen přírodním eloxem. Hlavním úkolem tohoto dílu je zajistit uložení ložiska, zde v zahloubení s průměrem 225 mm a tolerancí H7, kvůli snadnému vložení a vyjmutí ložiska. Ložisko je po stranách zajištěno pomocí červíků. Dále je na tomto díle řešeno uložení motoru s přírubou, a připevnění nerezového krytu.

Jelikož se jedná o hliníkový díl, je použita celková drsnost Ra 1,6, která se běžně u frézování dílů z hliníku dosahuje.

Sestava otočného lůžka (14000)

Výkres sestavy otočného lůžka má především informační charakter, znázorňuje celkové rozměry sestavy a přehled použitých komponentů. Při samotné montáži testovacího zařízení má montér plný 3D model, proto není potřeba detailnější výkres sestavy.

Základní deska (10001)

Jedná se o hliníkovou desku s rozměry 1600 x 800 mm a tloušťkou 20 mm. Je vyrobena z hliníkového za válcovaného polotovaru tloušťky 20 mm. Materiál desky je slitina EN AW 6082 [AlSi1MgMn] který se vyznačuje dobrou eloxovatelností.

Samotná deska je tvořena dírami se závity pro upevnění jednotlivých komponentu testovacího zařízení, a také je tvořena otvory pro svedení kabeláže z pracovní oblasti do rozvaděče. Vnější rádius kopíruje rádius itemů, rádius vnitřních vybrání je 5 mm.

Samotný výkres základní desky se skládá ze 4 listů, kdy na prvním listu je zakótováno umístění děr z přední strany, druhý list zobrazuje díry ze zadní strany. Třetí list znázorňuje kótování tvarových prvků a poslední list je přehled souvislostí.

V tomto případě je použita tabulka děr, která přehledněji znázorní polohu a typ díry.

Lůžko (14013)

Jedná se o jedno za tři výměnných lůžek v testovacím zařízení. V protikuse je jednoznačně a přesně uloženo pomocí kolíku a zápusťných šroubů. Jeho tvar kopíruje tvar konektoru a zajišťuje jeho přesné uložení. Jelikož se jedná o poměrně složitou a drahou součástku, rozměry tvarového uložení byly voleny s možností, že v případě obtížného nasazování inletu z důvodu jeho nepřesností bude díl upraven. Úprava by se týkala zvětšení vřle v tvarovém uložení. Uložení inletu je zde pouze za vnitřní část kruhového výstupku, a ještě za dva vystupující trny. Inlet by měl samovolně zapadat do lůžka. Plochy, které jsou v kontaktu s inletem, anebo se inlet po nich pohybuje, jsou opatřeny drsností povrchu Ra 0,4, zbytek dílu má drsnost Ra 1,6.

Lůžko je vyrobeno z nástrojové oceli 1.2085 s vysokým obsahem chromu. Tento materiál se vyznačuje dobrou pevností a tvrdostí, a hlavně je korozi odolný. V našem případě je ještě opatřen povrchovou úpravou DLC, která snižuje tření a má vynikající ořezuvzdornost. Povrchová úprava se provede až poté, co se ověří celková funkčnost dílu.

Adaptér – základ (14004)

Jedná se o hliníkový díl, který je umístěn v sestavě otočného lůžka a slouží k upevnění jednotlivých adaptérů (lůžek pro inlety). Jeho jedinečná poloha je definována 3mi kolíkovými dírami, které mezi sebou svírají rozdílný úhel. Výměnné lůžka se mohou jednoznačně uložit pomocí tvarového uložení a jejich přesná pozice je dána kolíkovými dírami.

V díle jsou vyfrézovány otvory pro hliníkové zobáčky, které zajišťují inlet, a dále jsou zde díry, které slouží možnosti testování barev LED světla inletu.

Tento díl je vyroben ze slitiny hliníku, a následně je eloxován. Drsnost povrchu dílu je Ra 1,6.

7 ANALÝZA RIZIK TESTOVACÍHO ZAŘÍZENÍ

7.1 Analýza rizik

Jedná se o užitečný konstrukční nástroj, který systematickým způsobem analyzuje a zhodnotí rizika na strojním zařízení. Jedná se o jeden z mála dokumentů vyžadovaných přímo strojní směrnici, z důvodu, že tento dokument dává v případě jakékoliv potřeby plný náhled do konstrukce stroje a jeho zabezpečení.

Základním principem analýzy rizik je vždy postupovat stejným způsobem vůči jednotlivým rizikům, tak aby žádné riziko nebylo opomenuto, bylo správným způsobem identifikováno, ohodnoceno a řešeno.

Strojní směrnice přímo nespecifikuje konkrétní požadavky na jednotlivé metody, které je možné použít. To umožňuje zvolit si vhodnou metodu analýzy rizika, popřípadě ji optimalizovat tak, aby odpovídala požadavkům jednotlivých firem provádějících konstrukci zařízení.

Cílem analýzy rizik je omezit veškerá rizika nebo vyloučit nebezpečí, která daná rizika způsobují, a to v celém životním cyklu stroje. Každá analýza rizik musí uvádět nástroje, jimiž jsme toho dosáhli, tedy popis příslušných strojních zařízení. [38]

7.2 ČSN EN ISO 12100 [39]

Vlastní analýza rizik je řešena podle normy ČSN EN ISO 12100:2011, která se zabývá bezpečností strojních zařízení – všeobecné zásady pro konstrukci – posouzení rizika a snižování rizika.

Tato mezinárodní norma popisuje základní terminologii, zásady a metodologii pro dosažení bezpečnosti při konstrukci strojního zařízení. Norma dále popisuje zásady posouzení a snižování rizika jako pomoc konstruktérům k dosažení tohoto cíle. Tyto zásady jsou založeny na znalosti a zkušenosti z konstrukce, používání, nehod, úrazů a rizik u strojního zařízení. Jsou popsány postupy pro identifikaci nebezpečí a pro odhad a hodnocení rizik v relevantních fázích životního cyklu strojního zařízení. A pro vyloučení nebezpečí nebo pro opatření dostatečně snižující riziko.

Podle normy ČSN EN 12100 posouzení rizika zahrnuje následující kroky:

- Určení mezních hodnot strojního zařízení
- Identifikace nebezpečí
- Odhad rizika pro každou nebezpečnou situaci
- Zhodnocení rizika a rozhodnutí o zavedení bezpečnostních opatření pro snížení rizika

7.2.1 Popis strojního zařízení

Strojní zařízení je určeno k testování nabíjecí zásuvky u elektromobilů. Pracovní prostor je zakryt pevnými ochrannými kryty z polykarbonátových desek. Přístup je zajištěn pomocí tří otevíratelných krytů s detekcí polohy.

7.2.2 Relevantní předpoklady – určení mezních hodnot

Použité pracovní režimy:

- Automatický
- Seřizování (krokování)

7.2.3 Obsluha a úroveň zácviku

- Operátor – osoba poučená, seznámena s pracovními postupy a zbytkovými riziky. Osoba bez odpovídajícího technického vzdělání.
- Seřizovač – osoba znalá, tzn. osoba s odpovídajícím technickým vzděláním, odbornou přípravou a/nebo zkušeností, umožňující rozeznat rizika a vyhnout se nebezpečím, která se mohou vyskytnout při používání strojního zařízení. Osoba způsobilá z hlediska elektrotechniky.
- Údržba – osoba znalá, tzn. osoba s odpovídajícím technickým vzděláním, odbornou přípravou a/nebo zkušeností, umožňující rozeznat rizika a vyhnout se nebezpečím, která se mohou vyskytnout při používání strojního zařízení. Osoba způsobilá z hlediska elektrotechniky. Osoba určená k činnostem určeným k udržení strojního zařízení v požadovaném a bezpečném stavu.

7.2.4 Osobní ochranné a pracovní prostředky

- Operátor
 - Pracovní oděv
 - Pracovní boty
 - Ochranné brýle
- Ostatní osoby
 - Ochranné rukavice

7.2.5 Dodávka energií

- Elektrická energie – proudová soustava 1/N/PE AC 230 V 50Hz, TN-S
- Stlačený vzduch – bez oleje, filtrovaný, pracovní tlak 6 MPa

7.2.6 Vymezení životnosti

Předpokládána životnost stroje je 20 let.

7.2.7 Kontrola strojního zařízení

- Před zahájením práce je potřebná vizuální kontrola strojního zařízení
- Kontrola funkčnosti blokovacího zařízení nejméně 1 x za 12 měsíců
- Kontrola splnění minimálních požadavků podle nařízení vlády č 378/2001 Sb. Nejméně jednou za 12 měsíců

7.2.8 Identifikace nebezpečí, vyhodnocení míry rizika, stanovení bezpečnostního opatření a určení zbytkového rizika

Pro posouzení rizika strojního zařízení je zvolena třístupňová metoda. Pro vyhodnocení závažnosti rizika byla zvolena polokvantitativní metoda „PHN“ s numerickým vyhodnocením. Tato metoda vychází z definovaných výhod disciplíny (dodržení) postupu při procesu, přičemž absolutní přesnost není prioritní. Subjektivita zjištěných úrovní je potlačena seskupením skóre kvalitativních klasifikačních kategorií. Ke snížení rizika jsou použity technické normy.

7.2.8.1 Popis ochranných opatření a architektury ovládacích systémů:

U stroje je nutná trvalá obsluha, kvůli pravidelnému vkládání a vyjímání testovaných kusů. Do stroje v základní poloze operátor založí nabíjecí zásuvku vstupními posuvnými dveřmi, zavře tento posuvný bezpečnostní kryt a spustí startovacím tlačítkem cyklus testování. Vstupní i výstupní dveře jsou opatřeny zámkem. Během testování se zásuvka přesouvá měřicími a kontrolními stanovišti. Po provedení testovacího cyklu je zásuvka v prostoru výstupního otvoru, zámek se uvolní a po ručním otevření krytu operátor odebere otestovanou zásuvku a do vstupního otvoru založí nový kus.

Poloha ručně otevíratelného krytu pro vkládání je detekována pomocí magnetického bezdotykového snímače (blokovací zařízení typu 3 podle ČSN EN ISO 14119 + opr. 1:2015) a zajištěna pomocí zámků (blokovací zařízení typu 2 podle ČSN EN ISO 14119 + opr. 1:2015). Poloha ručně otevíratelného krytu pro vyjímání je detekována pomocí magnetického bezdotykového snímače (blokovací zařízení typu 3 podle ČSN EN ISO 14119 + opr. 1:2015) a zajištěna pomocí zámků (blokovací zařízení typu 2 podle ČSN EN ISO 14119 + opr. 1:2015). Poloha servisního ochranného krytu je detekována pomocí magnetického bezdotykového snímače (blokovací zařízení typu 3 podle ČSN EN ISO 14119 + opr. 1:2015) a zajištěna pomocí zámků (blokovací zařízení typu 2 podle ČSN EN ISO 14119 + opr. 1:2015). Demontáž, nebo přemístění těchto prvků je zabráněno nedemovatelným způsobem připevnění podle ČSN EN ISO 14119 + opr. 1:2015.

Strojní zařízení je možné ovládat ve dvou pracovních režimech – automatickém a seřizovacím (krokování), a to pomocí uzamykatelného přepínače.

7.2.8.2 Identifikace nebezpečí v jednotlivých fázích života strojního zařízení

Identifikace nebezpečí	Nebezpečí	Bezpečnostní opatření	Zbytkové riziko	Normy
Doprava	Nebezpečí pádu strojního zařízení	K přepravě strojního zařízení je nutné používat: paletový vozík nebo vysokozdvižný vozík. Je nutné určit místo instalace a stanovit trasu, kudy bude strojní zařízení přemisťováno. Z cesty musí být odstraněny všechny překážky. Tyto operace může provádět osoba se speciálním zácvikem.	ANO	ČSN EN ISO 12100:2011
	Nebezpečí stlačení nebo rozdrčení části těla nebo celého těla			

Instalace a montáž		Připojení k médiím se provede pomocí tomu určených připojovacích prostředků. Musí být dodrženy pokyny v návodu k použití v kapitole Instalace a montáž. Tyto operace musí provádět osoba s odborným vzděláním a se speciálním zácvikem.	ANO	ČSN EN ISO 12100:2011
Uvedení do provozu		Před uvedením strojního zařízení do provozu musí být zkontrolováno, že se v pracovním prostoru a bezprostředním okolí nenachází nepovolané osoby. Musí být dodrženy pokyn v návodu k použití v kapitole Uvedení do provozu. Práce spojené s uvedením strojního zařízení do provozu musí provádět osoba s odborným vzděláním a se speciálním zácvikem.	ANO	ČSN EN ISO 12100:2011
Údržba a servis		Musí být vypnuty a zajištěny všechny odpovídající prvky od přívodů všech energií. Musí být dodrženy pokyny v návodu k použití v kapitole Údržba. Tyto práce musí provádět osoba s odborným vzděláním a se speciálním zácvikem.	ANO	ČSN EN ISO 12100:2011
Likvidace		Musí být vypnuty a zajištěny všechny odpojovací prvky od přívodu všech energií. Musí být dodrženy všechny pokyny pro dopravu. Strojní zařízení musí být roztrženo na jednotlivé části a odborně zlikvidováno podle místních předpisů a směrnic.	ANO	ČSN EN ISO 12100:2011

Tab 3) Identifikace nebezpečí v jednotlivých fázích života strojního zařízení

7.2.8.3 Identifikace nebezpečí v jednotlivých existenčních fázích při normálním provozu

Bezpečnostní zařízení: Pevný ochranný kryt s blokováním a jištěním

Identifikace nebezpečí	Nebezpečí	Vyhodnocení závažnosti			Míra rizika	Bezpečnostní opatření	Zbytkové riziko	Normy
		P	N	H				
Mechanická nebezpečí								
Pneumaticky ovládané pohyby	Nebezpečí stlačení horních končetin	3	3	3	27	Pevný ochranný kryt Ochranný kryt s blokováním a jištěním	NE	ČSN EN ISO 12100:2011
Elektricky ovládané pohyby	Nebezpečí stlačení nebo zachycení horních končetin	3	3	3	27	Pevný ochranný kryt Ochranný kryt s blokováním a jištěním	NE	ČSN EN ISO 12100:2011
Elektrická nebezpečí vyvolána:								
Dotykem osob s živými částmi (přímý dotyk)	Zasažení elektrickým proudem	1	3	4	12	Kryty živých el. částí jsou odnímatelné pouze za pomoci nástroje v souladu s 6.2, ČSN EN 60204-1 V návodu k použití je uvedeno, že práce na el. částech strojního zařízení smí provádět pouze pracovník s příslušnou elektrotechnickou kvalifikací	NE	ČSN EN 60204-1
Dotykem osob s částmi, které se staly živými vlivem vadných podmínek (nepřímý dotyk)	Zasažení elektrickým proudem	1	3	4	12	Elektrická část stroje je provedena v souladu s aplikovatelnými požadavky čl. 6.3, ČSN EN 60204-1	NE	ČSN EN 60204-1
Elektrostatickými jevy	Požár, výbuch	1	1	2	2	Všechny kovové části jsou vodivě spojeny a uzemněny.	NE	ČSN EN ISO 12100:2011 ČSN EN 60204-1
Tepelná nebezpečí vedoucí k:								
Popálení a opaření a jiným zraněním při kontaktu osob s předměty nebo materiály o velmi vysoké teplotě, plameny nebo výbuchy a také vyzařováním tepelných zdrojů	-	-	-	-	-	-	-	-
Poškození zdraví horkým nebo studeným pracovním prostředím	-	-	-	-	-	-	-	-
Nebezpečí vytvářená hlukem vedoucí ke:								
Rušení přenosu řeči, zvukových signálů atd.	Poškození sluchu	5	1	1	5	Ekvivalentní hladina akustického tlaku A na pracovním místě obsluhy při použití váhového filtru A a hladina akustického výkonu emitovaného strojním zařízením nepřesahuje 70 dB.	NE	ČSN EN ISO 3746:2011 ČSN EN ISO 12100:2011

Identifikace nebezpečí	Nebezpečí	Vyhodnocení závažnosti			Míra rizika	Bezpečnostní opatření	Zbytkové riziko	Normy
		P	N	H				
Nebezpečí vytvářená vibracemi								
Používáním ručního nářadí, vedoucí k různým neurologickým a cévním poškozením	-	-	-	-	-	-	-	-
Vibracemi celého těla zvláště v kombinaci s nucenou polohou těla	-	-	-	-	-	-	-	-
Nebezpečí vytvářená zařízením – lasery	-	-	-	-	-	-	-	-
Nebezpečí vytvářená materiály a látkami (a jejich součástmi) zpracovávanými nebo používanými u strojního zařízení	-	-	-	-	-	-	-	-
Nebezpečí kontaktu se škodlivými kapalinami, plyny, mlhami, parami a prachy nebo jejich inhalací	-	-	-	-	-	-	-	-
Nebezpečí požáru nebo výbuchu	Požár, výbuch	1	3	4	12	Nebezpečí vzniku požáru při zkratu v el. části stroje: splnění všech aplikovatelných požadavků ČSN EN 60204-1	NE	ČSN EN 60204-1
Nebezpečí biologická a mikrobiologická (virová nebo bakteriální)	-	-	-	-	-	-	-	-
Elektrická vytvářená zanedbáním ergonomických zásad při konstrukci strojního zařízení jako např:								
Nevhodná poloha těla nebo nadměrná námaha	Rizika vyplývající z nedodržení ergonomických požadavků	3	3	3	27	Konstrukce stroje provedena v souladu s požadavky ČSN EN ISO 12100:2011 a ČSN EN 614-1	NE	ČSN EN 60204-1 ČSN EN 614-1
Nedostatký s ohledem k anatomii rukou/horních končetin nebo nohou/dolních končetin	Rizika vyplývající z nedodržení ergonomických požadavků	3	3	3	27	Konstrukce stroje provedena v souladu s požadavky ČSN EN ISO 12100:2011 a ČSN EN 614-1	NE	ČSN EN 60204-1 ČSN EN 614-1
Nepoužívání osobních ochranných pracovních prostředků	-	-	-	-	-	Viz kapitola výše Osobní ochranné a pracovní prostředky	-	-
Nevhodné místní osvětlení	Poškození zraku, chybné jednání člověka	3	3	2	18	Musí být zajištěno dostatečné místní osvětlení	NE	ČSN EN ISO 12100:2011
Psychické přetížení nebo nedostatečné vytížení, stres	Rizika vyplývající z mechanických a elektrických nebezpečí	3	3	3	27	Veškerý personál, který přijde do styku s tímto zařízením při jeho instalaci, údržbě a provozu, včetně osob dohlížejících, je seznámen s návodem k použití	ANO	ČSN EN ISO 12100:2011
Chybné chování člověka, chování člověka	Rizika vyplývající z mechanických a elektrických nebezpečí	3	3	3	27		ANO	ČSN EN ISO 12100:2011

Identifikace nebezpečí	Nebezpečí	Vyhodnocení závažnosti			Míra rizika	Bezpečnostní opatření	Zbytkové riziko	Normy
		P	N	H				
Nevhodná konstrukce, umístění nebo označení ručních ovladačů	Chybné jednání člověka	3	3	3	27	Konstrukce a umístění zobrazovacích jednotek v souladu s požadavky ČSN EN ISO 12100:2011 a ČSN EN 614-1 a ČSN EN 60204-1	NE	ČSN EN ISO 12100:2011
								ČSN EN 614-1
								ČSN EN 60204-1
Kombinace nebezpečí								
Neočekávané spuštění, neočekávané přejetí / překročení rychlosti (nebo jakékoliv selhání) vyvolané:								
Poruchou / selháním řídicího systému	Rizika vyplývající z mechanických a elektrických nebezpečí	3	3	3	27	Konstrukce stroje provedena v souladu s požadavky ČSN EN 60204-1. Použití osvědčených principů (nucené rozpinání kontaktů, nucené vedení kontaktů, pozitivní ovládání, předimenzování apod.) Použití osvědčených součástí. Návrh obvodu zaměřený na omezení možnosti poruch způsobujících nežádoucí činnosti. Dosažení požadované úrovně vlastností PLr.	NE	ČSN EN 60204-1
Obnovou dodávky energie po přerušení	Rizika vyplývající z mechanických a elektrických nebezpečí	3	3	3	27	Tlačítkové ovládání akčních členů	NE	ČSN EN 60204-1
Vnějšími vlivy působícími na elektrické zařízení	Rizika vyplývající z mechanických a elektrických nebezpečí	5	4	1	20	Stupeň krytí minimálně IP 54	NE	ČSN EN 60204-1
Ostatními vnějšími vlivy (gravitací, větrem atd.)	Převrácení strojního zařízení	1	1	1	1	Konstrukce stroje je provedena v souladu s požadavky ČSN EN ISO 12100:2011	NE	ČSN EN ISO 12100:2011
Chybami obsluhy (způsobené chybným vztahem mezi schopnostmi a vlastnostmi člověka a strojního zařízení)	Rizika vyplývající z mechanických a elektrických nebezpečí	3	3	3	27	Všechny osoby, které přijdou do styku s tímto zařízením ve všech jednotlivých fázích života, musí být seznámeny s návodem k použití. Za splnění požadavků zodpovídá provozovatel strojního zařízení	ANO	ČSN EN ISO 12100:2011
Nemožnost zastavení stroje v nejvhodnějších podmínkách	Selhání strojního zařízení	3	3	3	27	Zařízení nouzového zastavení je provedeno podle ČSN EN ISO 13850:2011	NE	ČSN EN ISO 13850:2011
Změna otáček nástrojů	-	-	-	-	-	-	-	-
Porucha dodávky energie	Rizika vyplývající z mechanických nebezpečí	1	1	1	1	Tlačítkové ovládání akčních členů	NE	ČSN EN ISO 12100:2011
Chybná montáž	Rizika vyplývající z mechanických a elektrických nebezpečí					Činnosti spojené s instalací stroje a uvedením do provozu nebo údržbu jsou popsány v návodu k použití	ANO	ČSN EN ISO 12100:2011
Roztržení během provozu	-	-	-	-	-	-	-	-
Pád nebo vymrštění předmětu nebo vystříknutí kapalin	-	-	-	-	-	-	-	-
Ztráta stability / převrácení strojního zařízení	Převrácení strojního zařízení	1	1	1	1	Konstrukce stroje je provedena v souladu s požadavky ČSN EN ISO 12100:2011	NE	ČSN EN ISO 12100:2011
Uklouznutí, zakopnutí a pád osob (v souvislosti se strojním zařízením)	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab 4) Identifikace nebezpečí v jednotlivých existenčních fázích při normálním provozu

8 KRITICKÉ ZHODNOCENÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE A DOPORUČENÍ PRO PRAXI.

S konstrukčním návrhem testovacího zařízení jsem spokojen. Protože se jedná o reálné téma, testovací zařízení bylo následně vyrobeno. A jak už to bývá u jednoúčelových strojů, objevily menší potíže při montáži a následném programování, ale celkově daný stroj funguje, a dokáže správně testovat automobilové zásuvky.

Při montáži stroje se projevíly menší potíže, které se následně operativně řešily. Jednalo se o špatnou velikost děr a závitů pro šrouby, nebo to, že dvířka ve spodním rámu nebylo možné zavřít.

Největším problémem se ukázala volba motoru otočného stolu. Nejprve byl zvolen motor o výkonu 100 W a momentu 0,32 Nm, který podle výpočtů měl zvládat s otočným stolem otáčet, ale ukázalo se že díky volbě nevhodného převodového poměru mezi motorem a lůžkem, byl problém s přesným natáčením. Tento problém se vyřešil použitím výkonnějšího motoru, který s otočným lůžkem už bez problému otáčí do přesné polohy. Použití například planetové převodovky už nebylo možné kvůli zástavbovým prostorům.

Zpětně bych osobně volil jiné uspořádání pohonu otočného lůžka, a to klidně i slabší motor (cca 100 W) a k němu zvolit vhodnou planetovou převodovku, (s převodovým poměrem cca 10 nebo i více). To by mělo za následek lepší využitelnost otáček motoru a větší krouticí moment otočného lůžka i s použitím slabšího motoru. Při použití 4x slabšího motoru a planetové převodovky s převodovým poměrem 10, by moment na lůžku byl 2,5x větší, než je nyní. Mělo by to i vliv na snadnější polohování otočného lůžka, protože motor by pracoval s větším převodovým poměrem.

Nevýhodou tohoto řešení je ovšem cena, a zástavbové prostory. Cena výkonnějšího motoru je o přibližně 2000 Kč vyšší, zatímco cena planetové převodovky je okolo 10000 Kč a více. Kromě vyšší ceny je zapotřebí uvažovat nad vyššími zástavbovými prostory planetové převodovky a také nad její hmotností.

Myslím si, že jsem pracoval systematicky, postupoval jsem od výchozího konceptu, který jsem dále řešil a upravoval až ve výsledný konstrukční návrh. Byly použity komponenty od ověřených společností, např. pneumatika a lineární pohony od společnosti SMC, senzory a bezpečnostní zařízení od společnosti Sick a servomotor od firmy Siemens.

Nedílnou součástí daného testovacího zařízení je také řídicí systém a jednotlivé testy, především kamerové a elektrické. Všechno programování měla na starost externí společnost, a bez jejího přispění by testovací zařízení nemohlo správně fungovat.

9 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývala konstrukčním návrhem testovacího zařízení pro testování automobilových zásuvek při jejich montáži. Testovací zařízení mělo splňovat požadavky zákazníka, a má být univerzální pro více typů automobilových elektrických zásuvek.

Testovací zařízení musí automobilovou elektrickou zásuvku zkontrolovat pomocí mechanického, elektrického a kamerového testu a vyhodnotit, zda daná zásuvka prošla těmito testy. Dále musí být testovací zařízení splňovat bezpečnostní požadavky zákazníka.

Daný konstrukční návrh testovacího zařízení byl vypracován ve společnosti Marston-CZ s.r.o. a ve výsledku se podle konstrukčního návrhu daný stroj vyrobil. Jak už to u jednoúčelových strojů bývá, nastaly drobné komplikace při jeho montáži a následném programování. Ukázalo se, že prvotní volba servomotoru otočného stolu není optimální z hlediska jeho přesného otočného polohování. Nakonec se to vyřešilo použitím silnějšího motoru. U ostatních kontrolních stanic, nenastaly během montáže a programování testovacího stroje vážnější komplikace.

Po montáži, a programování stroje, se zjistilo, že testovací zařízení pracuje správně, splňuje požadavky zákazníka, např. čas cyklu menší 120 sekund, výsledný čas cyklu je v závislosti na typu použité automobilové zásuvky 55 až 72 sekund, pomocí výměnných adaptérů dokáže testovat více typů automobilových elektrických zásuvek.

S výsledným konstrukčním návrhem testovacího zařízení pro automobilové elektrické zásuvky jsem plně spokojen, testovací zařízení spolehlivě rozeznává dobré a špatné automobilové zásuvky.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Plug-in electric vehicle – Wikipedia. [online] [cit. 18.10.2019]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Plug-in_electric_vehicle
- [2] Co to je plug-in hybrid | Hybrid.cz. Hybrid.cz | Elektromobily, elektrokola, elektroskútry, auta na plyn CNG, LPG, testy [online] [cit. 01.11.2019]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/slovnicek/plug-in-hybrid>
- [3] All-electric car market share on the rise worldwide - electrive.com. News - electrive.com [online]. Copyright © 2020 electrive.com [cit. 17.10.2019]. Dostupné z: <https://www.electrive.com/2018/12/13/all-electric-car-market-share-on-the-rise-worldwide/>
- [4] Stručná historie elektromobilů | Asociace pro elektromobilitu České republiky. Aktuálně | Asociace pro elektromobilitu České republiky [online] [cit. 18.10.2019]. Copyright © 2015. All Rights Reserved. [cit. 17.10.2019]. Dostupné z: <http://www.elektromobily-os.cz/stru%C4%8Dn%C3%A1-historie-elektromobilu>
- [5] Plug-in electric vehicle – Wikipedia. [online] [cit. 18.10.2019]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Plug-in_electric_vehicle
- [6] Trakční vlastnosti elektromobilu – výkony a účinnosti, Katedra elektrických pohonů a trakce FEL ČVUT v Praze [online], [cit. 15.11.2019]. Dostupné z: http://motor.feld.cvut.cz/sites/default/files/predmety/B1M14EPT/EPT_%C3%BAloha5_2017_18_elektromobil.pdf
- [7] Alternative Fuels Data Center: How Do All-Electric Cars Work?. EERE: Alternative Fuels Data Center Home Page [online] [cit. 18.10.2019]. Dostupné z: <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work>
- [8] EV-Volumes - The Electric Vehicle World Sales Database. EV-Volumes - The Electric Vehicle World Sales Database [online] [cit. 18.10.2019]. Dostupné z: <http://www.ev-volumes.com/>
- [9] Základy nabíjení elektromobilu. Autonabíjení.cz - Vše pro Váš elektromobil [online] [cit. 18.10.2019]. Dostupné z: <https://www.autonabijeni.cz/blog/zaklady-nabijeni/>
- [10] Jak nabít elektromobil? Vysvětlujeme rozdíly mezi nabíjecími stanicemi | fDrive.cz. fDrive.cz – Elektromobily, autonomní řízení a doprava budoucnosti [online] [cit. 18.10.2019]. Copyright © 2020 24net s.r.o. Všechna práva vyhrazena. [cit. 17.11.2019]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/jak-nabit-elektromobil-vysvetlujeme-rozdily-mez-nabijecimi-stanicemi-3069>
- [11] Rozdíl mezi AC a DC nabíjením elektromobilu. Vše pro nabíjení elektromobilů. [online] [cit. 18.10.2019]. Copyright © 2016 [cit. 17.11.2019]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/rady-a-tipy-zajimavosti-novinky-informace-evexpert/elektromobilita/ac-dc-nabijeni>
- [12] Wallboxy a jejich možnosti: K čemu jsou vlastně dobré? | Auto.cz. Auto.cz - nejlepší jízda na webu: recenze, videa, testy [online]. Copyright © 2001 [cit. 18.11.2019]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/wallboxy-a-jejich-moznosti-k-cemu-jsou-vlastne-dobre-131012>
- [13] Hybrid.cz | Elektromobily, elektrokola, elektroskútry, auta na plyn CNG, LPG, testy [online] [cit. 18.10.2019]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/i/auto/audi-e-tron-krivka-nabijeni.jpg>
- [14] Metody nabíjení baterií, Velofiala.cz [online] [cit. 18.10.2019]. Dostupné z: <https://www.velofiala.cz/n/metody-nabijeni-baterii#>

- [15] Constant Current (CC) and Constant Voltage (CV) control of the battery... | Download Scientific Diagram. ResearchGate | Find and share research [online] [cit. 18.10.2019]. Copyright © 2008 [cit. 17.11.2019]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Constant-Current-CC-and-Constant-Voltage-CV-control-of-the-battery-charging_fig2_319329845
- [16] EV Charging Connector Types | Enel X. [online]. Copyright © 2019 JuiceNet GmbH. All rights reserved. [cit. 17.11.2019]. Dostupné z: <https://evcharging.enelx.com/eu/about/news/blog/552-ev-charging-connector-types>
- [17] SAE_J1772[online] [cit. 5.12.2019]. Dostupné z: http://www.en.wikipedia.org/wiki/SAE_J1772
- [18] SAE_J1772 [online] [cit. 5.12.2019]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/SAE_J1772#/media/File:Type1_J1772.svg
- [19] IEC_62196-2 [online] [cit. 5.12.2019]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_62196#IEC_62196-2
- [20] Prémiový nabíjecí kabel pro Vaše elektrické auto typ 2 - otevřený konec | EV Expert. Vše pro nabíjení elektromobilů. [online] [cit. 5.12.2019]. Copyright © 2016 [cit. 17.03.2020]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/p/228/phoenix-contact-nabijeci-kabel-typ2-otevreny-konec-32a>
- [21] Combined Charging System - Wikipedia. [online] [cit. 01.12.2019]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Combined_Charging_System
- [22] Electric Vehicle Connector in AutoCAD, download DWG file. CAD Blocks free download [online]. Copyright © 2019 CAD [cit. 01.12.2019]. Dostupné z: <https://cad-block.com/508-electric-vehicle-connector.html>
- [23] CHAdeMO 2.0: ultrarychlé nabíjení o výkonu až 400 kW - Elektrickévozy.cz. Elektrickévozy.cz [online]. Copyright © 2011 [cit. 01.12.2019]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/chademo-2-0-ultrarychle-nabijeni-o-vykonu-az-400-kw>
- [24] Elektromobily a jejich nabíjení: Znáte nejčastější typy nabíječek a konektorů? | Auto.cz. Auto.cz - nejlepší jízda na webu: recenze, videa, testy [online] [cit. 5.12.2019]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/galerie/technika/79041/elektromobily-a-jejich-nabijeni-znate-nejcastejsi-typy-nabijecek-a-konektoru?foto=0>
- [25] Jak na domácí nabíjení elektromobilu | ecoFuture. Magazín | ecoFuture [online]. Copyright © E.ON 2019 [cit. 05.12.2019]. Dostupné z: <https://www.ecofuture.cz/clanky/jak-na-domaci-nabijeni-elektromobilu>
- [26] Phoenix Contact GB/T Standard Fast DC Charging Products for China [online] [cit. 5.12.2019]. Dostupné z: <https://cz.mouser.com/new/phoenix-contact/phoenix-contact-gb-t-fast-dc-china/>
- [27] ESD: Elektrostatický výboj | TENTE. Redirecting to <https://www.tente.com/en-cz> [online]. Copyright © 2020 by [cit. 17.01.2020]. Dostupné z: <https://www.tente.com/cs-cz/know-how/esd-electrostatic-discharge>
- [28] Katalog SMC – Pneumatika [online], [cit. 23.11.2019]. Dostupné z https://www.smc-pneumatics.com/pdfs/LEF_1.pdf , strana 24
- [29] Originální díly pro automobily | Gates Corporation. [online] [cit. 28.01.2020]. Copyright © 1999 [cit. 17.03.2020]. Dostupné z: https://ww2.gates.com/czech/search/index.cfm?location_id=17723&go=searchczech
- [30] Siemens servomotory [online] [cit. 28.01.2020]. Copyright © [cit. 18.03.2020]. Dostupné z: http://www.mcs.com.tr/images/sinamics_v90documen_2dcrund_75135.pdf , str. 18

- [31] MM10/MMR10 - MEGATRON - komponenty pro automatizaci. MEGATRON - komponenty pro automatizaci, snímače polohy, tenzometry [online]. Copyright © 2020 MEGATRON, s.r.o., Mrštíkova 16, 100 00, Praha 10 [cit. 17.02.2020]. Dostupné z: <https://www.megatron.cz/mm10-mmr10>
- [32] ICT/FCT | Kontaktní piny | IMT Technologies & Solutions. Testovací a inspekční technologie pro SMT | IMT Technologies & Solutions [online] [cit. 28.01.2020]. Dostupné z: <https://www.imtts.cz/produkty/ict-fct-14-52>
- [33] Kontaktní hroty, [online] [cit. 28.01.2020]. Copyright © 2019 Všechna práva vyhrazena. Vytvořil a provozuje [cit. 17.02.2020]. Dostupné z: <http://www.technikpartner.cz/kontakt-ni-hroty/>
- [34] HMP2030 ROHDE & SCHWARZ - Napájecí zdroj: programovatelný laboratorní | Kanály: 3; 0÷32VDC | TME Czech Republic s.r.o. - Elektronické součástky. Redirecting to /cz/ [online] [cit. 28.01.2020]. Dostupné z: <https://www.tme.eu/cz/details/hmp2030/programovatelne-napajeci-zdroje/rohde-schwarz/>
- [35] DC ohmmetr BK Precision BK2840 | TR instruments spol. s r. o.. TR instruments - Měřicí přístroje a monitorovací systémy [online] [cit. 28.01.2020]. Dostupné z: <http://www.trinstruments.cz/dc-ohmmetr-bk-precision-bk2840>
- [36] Haberkorn. Váš partner pro stavbu strojů | Haberkorn [online]. Dostupné z: https://www.haberkorn.cz/material-a-prislusenstvi/?gclid=CjwKCAiAg9rxBRADEiwAxKDTuifhYKzdBV4rWPQgq_ZqeUk_OoTosp8oWfXXbiFrBUaVsgPs6o6CORoCvk4QAvD_BwE
- [37] Elektromechanická blokovací zařízení | i17S | SICK . 301 Moved Permanently [online]. Copyright © 2020 SICK AG [cit. 17.02.2020]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/blokovaci-zarizeni/elektromechanicka-blokovaci-zarizeni/i17s/c/g195493>
- [38] Analýza rizik pro strojní zařízení. Nejčtenější strojírenský časopis - MM spektrum [online]. Copyright © 2020 www.mmspektrum.com [cit. 17.02.2020]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/analyza-rizik-pro-strojni-zarizeni.html>
- [39] Analýza rizik | Conformity. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © 2011 [cit. 02.04.2020]. Dostupné z: <https://www.conformity.cz/analyza-rizik.html>

11 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

11.1 Seznam zkratk

PEV – plug-in electric vehicle – elektromobil
BEVs – battery electric vehicles – čistě elektrické automobily
PHEVs – plug-in hybrid vehicles – hybridní automobily
DC – direct current – stejnosměrné napětí
PMSM – synchronní motor s permanentními magnety
NMC – Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide – baterie
NCA – Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide – baterie
LFP – Lithium Iron Phosphate – baterie
LMO – Lithium Manganese Oxide – baterie
AC – alternating current – střídavé napětí
BMS – battery management systém
SOC – State of Charge
SOA – Safe Operating Area
L1, L2, L3 – Pracovní fáze
N – Nulový vodič
PE – Ochranný vodič
CP – Control pilot
PP – Proximity pilot
CCS – Combined Charging Systém
QR kód – Quick Response
LED dioda – Light-Emitting Diode – světelná dioda
PCBA konektor – konektor
ESD – electrostatic discharge – elektrostatický výboj
PN – product number
PPR – point per rotate – impulsů na otáčku
NOK – označení nevyhovujících díly
OK – označení vyhovujících dílů

11.2 Seznam symbolů použitých v rovnicích:

M_m = moment motoru [Nm]

z_m = počet zubů řemenice motoru [–]

z_l = počet zubů řemenice ložiska [–]

n_l = účinnost ložiska [–]

$n_{\dot{r}}$ = účinnost řemenice [–]

n_c = celková účinnost [–]

M_l = moment lůžka [Nm]

i_p = převodový poměr [–]

J_m = moment setrvačnosti motoru [$kg * m^2$]

J_{rem} = moment setrvačnosti řemenice motoru [$kg * m^2$]

$J_{lůžka}$ = moment setrvačnosti lůžka [$kg * m^2$]

$J_{redmotor}$ = moment setrvačnosti redukováný na osu motoru [$kg * m^2$]

E_m = úhlové zrychlení motoru [$\frac{rad}{s^2}$]

E_l = úhlové zrychlení lůžka [$\frac{rad}{s^2}$]

ω_M = úhlová rychlost motoru [$\frac{rad}{s}$]

ω_L = úhlová rychlost lůžka [$\frac{rad}{s}$]

t_1, t_2 = čas potřebný k dosažení maximální úhlové rychlosti [s]

11.3 Seznam tabulek

TAB 1) POROVNÁNÍ VYBRANÝCH TYPŮ BATERÍ [6,8]	24
TAB 2) TABULKA HODNOT ODPORŮ MEZI JEDNOTLIVÝMI POZICEMI V PCBA KONEKTORU	55
TAB 3) IDENTIFIKACE NEBEZPEČÍ V JEDNOTLIVÝCH FÁZÍCH ŽIVOTA STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ.....	69
TAB 4) IDENTIFIKACE NEBEZPEČÍ V JEDNOTLIVÝCH EXISTENČNÍCH FÁZÍCH PŘI NORMÁLNÍM PROVOZU	72

11.4 Seznam obrázků

OBR. 1) PRVNÍ VŮZ, KTERÝ PŘEKONAL RYCHLOST 100 KM/H.....	20
OBR. 2) JEDNOTLIVÉ KOMPONENTY POUŽÍVANÉ V ELEKTROMOBILECH.....	21
OBR. 3) POROVNÁNÍ ÚČINNOSTÍ ASYNCHRONNÍHO MOTORU (VLEVO) A PMSM MOTORU (VPRÁVO).....	23
OBR. 4) GRAF ZNÁZORNŮJÍCÍ PRŮBĚH NABÍJENÍ NA ČASE U ELEKTROMOBILU AUDI E-TRON.....	27
OBR. 5) PRŮBĚH NABÍJENÍ U LITHIUM – IONTOVÝCH BATERÍ	27
OBR. 6) ZNÁZORNĚNÍ JEDNOTLIVÝCH TYPŮ AUTOMOBILOVÝCH ELEKTRICKÝCH ZÁSUVK	28
OBR. 7) KONEKTOR SAE J1772 (IEC TYPE 1)	29
OBR. 8) ZÁSTRČKA ELEKTRICKÉHO KONEKTORU MENNEKES (TYPE 2)	29
OBR. 9) ZNÁZORNĚNÍ KONEKTORŮ CCS.....	30
OBR. 10) ZÁSTRČKA KONEKTORU CHADEMO.....	30
OBR. 11) ZNÁZORNĚNÍ KONEKTORU TESLA	31
OBR. 12) ZÁSTRČKA KONEKTORU GB	31
OBR. 13) SLOŽENÍ ELEKTRICKÉ ZÁSUVKY – PŘÍKLAD	32
OBR. 14) 3D MODEL ELEKTRICKÉ ZÁSUVKY ELEKTROMOBILU (POUZE INLET) – NEOBSAHUJE BRACKET, ACTUATOR A NABÍJECÍ PINY PINY	34
OBR. 15) VYBRANÉ TYPY TESTOVANÝCH INLETŮ.....	37
OBR. 16) PRVOTNÍ KONCEPT STROJE.....	38
OBR. 17) ZÁKLADNÍ DESKA Z HLINÍKU	40
OBR. 18) KONTROLA MOMENTU DLE SPOLEČNOSTI SMC	41
OBR. 19) LINEÁRNÍ SERVOPOHON UMÍSTĚN NA ZÁKLADNÍ DESCE.....	41
OBR. 20) 3 VÝMĚNNÁ LŮŽKA PRO ULOŽENÍ AUTOMOBILOVÉ ZÁSUVKY.....	42

OBR. 21) MECHANIZMUS JIŠTĚNÍ INLETU	43
OBR. 22) ESD KOMPATIBILNÍ ŘEMEN POLY CHAIN GT CARBON VOLT	44
OBR. 23) DETAIL (ŘEZ) OTOČNÉHO LŮŽKA	44
OBR. 24) CELKOVÝ POHLED NA OTOČNÝ STŮL BEZ OCHRANNÉHO KRYTU	47
OBR. 25) 1. STANICE – PNEUMATICKÉ OVLÁDÁNÍ ZAJIŠTĚNÍ INLETU ...	48
OBR. 26) 2- STANICE, BOČNÍ A VRCHNÍ KAMERA.....	49
OBR. 27) MINIATURNÍ SNÍMAČ S ODMĚŘOVÁNÍM MR10	49
OBR. 28) 3. STANICE – MECHANICKÝ TEST PŘÍTOMNOSTI SEALING PLUGU A PROTECTION CAP	50
OBR. 29) KONTAKTNÍ HROTY PTR [33]	52
OBR. 30) VRCHNÍ ČÁST 4. STANICE.....	52
OBR. 31) SPODNÍ ČÁST 4. STANICE.....	53
OBR. 32) VÝSLEDNÁ 4. STANICE.....	54
OBR. 33) DETAIL PCBA KONEKTORU.....	55
OBR. 34) 5. STANICE SLOUŽÍ K VYJMUTÍ INLETU	56
OBR. 35) SPODNÍ RÁM STROJE	57
OBR. 36) PŘÍKLAD HLINÍKOVÝCH PROFILŮ OD SPOLEČNOSTI ITEM ...	58
OBR. 37) VRCHNÍ KRYT – ZAVŘENÝ.....	59
OBR. 38) VRCHNÍ KRYT – OTEVŘENÁ VÝKLOPNÁ STĚNA.....	59
OBR. 39) NOK BEDNA – PRO ZNÁZORNĚNÍ SKRYTA BOČNÍ STĚNA.....	60
OBR. 40) ELEKTROMECHANICKÉ BLOKOVACÍ ZAŘÍZENÍ I17S	61
OBR. 41) CELKOVÝ POHLED NA JEDNOTLIVÉ STANICE V TESTOVACÍM ZAŘÍZENÍ	62

12 SEZNAM PŘÍLOH

- Fotografie testovacího zařízení
- Výkresová dokumentace