

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

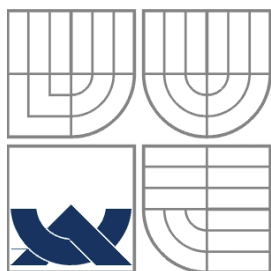
POČÍTAČOVÁ PODPORA KONSTRUOVÁNÍ V ELEKTRICKÝCH POHONECH

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

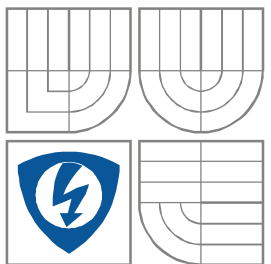
Vojtěch Berčík

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**

**ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY
A ELEKTRONIKY**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC
ENGINEERING

POČÍTAČOVÁ PODPORA KONSTRUOVÁNÍ V ELEKTRICKÝCH POHONECH

COMPUTER AIDED DESIGN IN ELECTRIC DRIVES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

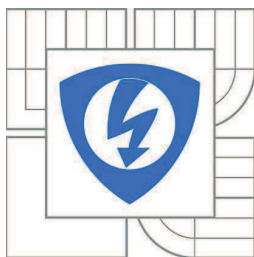
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Vojtěch Berčík

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Dalibor Červinka, Ph.D.

BRNO, 2014



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

Student: Vojtěch Berčík

ID: 147360

Ročník: 3

Akademický rok: 2013/2014

NÁZEV TÉMATU:

Počítačová podpora konstruování v elektrických pohonech

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Upravte 3D model vytvořený v rámci semestrálního projektu dle skutečností, zjištěných při fyzické realizaci laboratorního pracoviště.
2. Aktualizujte výrobní dokumentaci mechanických částí.
3. Provedte realizační práce na měřicím přípravku dle pokynů vedoucího.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] Waguespack C., Mastering Autodesk Inventor 2013 and Autodesk Inventor LT 2013, Sybex; 1 edition, ISBN-13: 978-1118274309

Termín zadání: 27.9.2013

Termín odevzdání: 2.6.2014

Vedoucí práce: Ing. Dalibor Červinka, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Tato práce řeší počítačovou modelaci laboratorního měřicího pracoviště s asynchronním a stejnosměrným motorem propojených pružnou spojkou a výrobní dokumentaci rámu, na kterém je toto soustrojí umístěno. Dále je v práci popsán použitý software a jeho možnosti.

Abstract

This work deals with computer modeling of measuring workplace with asynchronous and DC motor connected through flexible shaft coupling and manufacturing documentation of frame construction on which the engines are placed. The software used and its possibilities are also described.

Klíčová slova

3D modelování; Inventor; asynchronní motor; stejnosměrný motor; výkresová dokumentace

Keywords

3D modeling; Inventor; asynchronous motor; DC motor; design documentation

Bibliografická citace

BERČÍK, V. Počítačová podpora konstruování v elektrických pohonech. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2014. 31 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Dalibor Červinka, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Počítačová podpora konstruování v elektrických pohonech jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

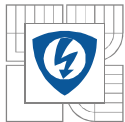
Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Daliboru Červinkovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne

Podpis autora



Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	8
SEZNAM TABULEK	9
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	10
ÚVOD	11
1 AUTODESK INVENTOR.....	12
1.1 OBECNÉ ZAŘAZENÍ	12
1.2 PROSTŘEDÍ	13
1.2.1 SOUČÁST	13
1.2.2 SESTAVA	15
1.2.3 PREZENTACE	16
1.2.4 VÝKRES.....	17
1.3 DALŠÍ SOUČÁSTI.....	18
1.4 SHRNUÍ.....	19
2 STEJNOSMĚRNÝ MOTOR.....	20
2.1 OBECNÉ ZNALOSTI.....	20
2.2 AMER MP 80/S2.....	20
3 PRUŽNÁ SPOJKA	22
4 ASYNCHRONNÍ MOTOR	23
5 UCHYCENÍ SOUSTROJÍ	24
5.1 RÁM.....	24
5.2 PLECHOVÉ SOUČÁSTI.....	25
5.3 KUSOVNÍK.....	25
6 MODEL.....	27
7 ZÁVĚR.....	29
LITERATURA	30
PŘÍLOHY	31

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>obr. 1: Zařazení CAD systémů, zdroj [2]</i>	12
<i>obr. 2: Ovládací panel pro režim 2D náčrtu</i>	13
<i>obr. 3: Ovládací panel pro režim 3D náčrtu</i>	13
<i>obr. 4: Typické okno programu Inventor v režimu normalizované součásti</i>	14
<i>obr. 5: Ovládací panel s funkcemi speciálně pro plechové součásti</i>	14
<i>obr. 6: Ovládací panel pro režim sestavy</i>	15
<i>obr. 7: Pohled na nabídku obsahového centra</i>	15
<i>obr. 8: Ovládací panel pro režim svařenec</i>	16
<i>obr. 9: Ovládací panel pro režim prezentace</i>	16
<i>obr. 10: Okno nástroje pohyb komponenty</i>	16
<i>obr. 11: Ovládací panel režimu výkres - umístění pohledů</i>	17
<i>obr. 12: Ovládací panel režimu výkres – poznámka</i>	17
<i>obr. 13: Typický pohled na okno v režimu výkres</i>	17
<i>obr. 14: Integrovaný ovládací panel aplikace Vault v programu Inventor</i>	18
<i>obr. 15: Ovládací panel Inventor Studia</i>	18
<i>obr. 16: Porovnání různých nastavení pohledu na model</i>	19
<i>obr. 17: Model motoru AMER MP80/S2 v 3/4 řezu</i>	21
<i>obr. 18: Porovnání skutečného motoru a jeho modelu</i>	21
<i>obr. 19: Model spojky ROTEX® GS</i>	22
<i>obr. 20: Asynchronní motor SIEMENS 1LA7063-4AA10</i>	23
<i>obr. 21: Rozměrové schéma hliníkového profilu, zdroj:[8]</i>	24
<i>obr. 22: Kompletní model</i>	27
<i>obr. 23: Schéma rozložení prvků</i>	27
<i>obr. 24: Detail při odkrytí jedné strany rámu</i>	28



SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1: Technické parametry motoru AMER MP80/S2, zdroj: [7]</i>	20
<i>Tab. 2: Technické parametry asynchronního motoru Siemens</i>	23
<i>Tab. 3: Kusovník pro výrobu rámu</i>	25



SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Veličina	Jednotka
I_n	Jmenovitý proud	A
M_n	Jmenovitý moment	Nm
n_n	Jmenovité otáčky	min^{-1}
n_0	Otáčky na prázdkno	min^{-1}
P_n	Jmenovitý výkon	W
U_n	Jmenovité napětí	V
η	Účinnost	



ÚVOD

Cílem této práce je vytvořit model výukového měřicího soustrojí s motory a měniči, který bude sloužit pro konstrukční optimalizaci celého soustrojí. Dále je úkolem vytvořit kompletní výkresovou dokumentaci pro jeho výrobu a uvedení do provozu.

Měřicí pracoviště se skládá ze speciálně upraveného asynchronního motoru SIEMENS 1LA7063-4AA10, stejnosměrného motoru s permanentními magnety AMER MP80/S2, dvou měničů, pro každý motor jeden, a rámu, na kterém je celá sestava připevněna.

Všechny úkony probíhaly v softwaru Inventor od firmy Autodesk.

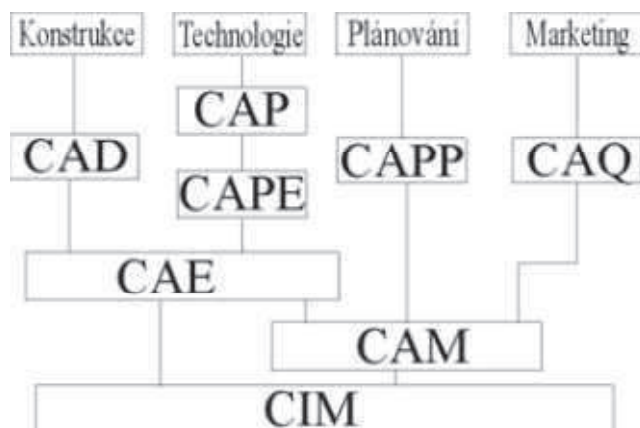
1 AUTODESK INVENTOR

V portfoliu firmy Autodesk jsou mnohé programy pro podporu výroby v četných odvětvích od architektury přes konstrukci a design až po animaci. Nabízí různá řešení a software pro 2D i 3D návrhy pro výrobu součástí pro strojírenství, stavebnictví nebo také vývojáře her. Stejně jako mnoho softwarových firem v dnešní době nabízí také cloudové služby nebo mobilní aplikace.

Z kapitoly 2D programů je nejpoužívanějším pravděpodobně Autocad v mnoha různých verzích pro zjednodušení práce podle potřeb uživatelů. Jiné nástroje používají architekti a jiné strojní inženýři a podle toho jsou také jednotlivé modifikace programu přizpůsobeny. V kategorii 3D programů jsou nejznámější 3ds Max a Inventor. Inventor se hodí spíše pro konstrukční návrhy a 3ds Max je vhodný pro designové návrhy nebo herní grafiku [1].

1.1 Obecné zařazení

Inventor patří mezi CAD (*Computer Aided Design*) systémy. Obecně je to nástroj pro použití v prvních etapách výroby pro návrh a odladění výrobku před jeho výrobou. Je součástí skupiny CAx programů, do které patří mnohé další systémy jako například CAM (*Computer Aided Manufacturing*), CAP (*Computer Aided Programming*), CAQ (*Computer Aided Quality*) a další. CAD systémy se dále mohou dělit na další podpůrné skupiny jako CADD (*Computer Aided Design and Drafting*) nebo CAE (*Computer Aided Engineering*) [2].



obr. 1: Zařazení CAD systémů, zdroj [2]

1.2 Prostředí

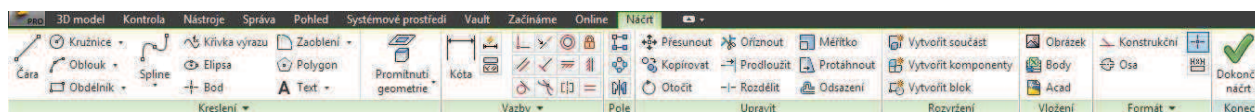
Práce v Autodesk Inventor je rozdělena do několika etap a některé jsou nezbytné pro možnost práce s dalšími etapami.

1.2.1 Součást

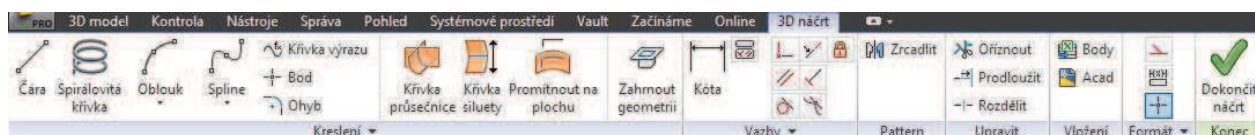
Jedná se o základní etapu, bez které není možné program vůbec používat. V této části práce se vytváří, jak už název napovídá, jednotlivé součástky, ze kterých se poté sestavuje hotový výrobek.

Některé normalizované součástky, jako například šrouby, pera, pružiny, nýty atd., není třeba kreslit. V režimu sestava je lze vygenerovat automaticky podle již vytvořených parametrů na jiných částech, jako jsou otvory nebo drážky.

Při vytváření součástí je nejprve potřeba vytvořit vždy náčrt, do kterého zaneseme požadované tvary a parametry vytvářené části dílu. Ty je po ukončení režimu náčrtu možné vytáhnout, rotovat nebo táhnout po vytvořené trajektorii. Nejčastěji se používá 2D náčrt, současné verze Inventoru však podporují i 3D náčrt, který je nepostradatelným pomocníkem například při návrhu rotorových tyčí asynchronních motorů nebo i jiných součástí, které mají složité tvary, a používání pouze dvourozměrných náčrtů by bylo velmi neefektivní a nepřesné. Na druhou stranu orientace v 3D prostoru je oproti 2D mnohem náročnější a na mnohé jednoduché aplikace by naopak bylo třídímenzionální načrtávání zbytečně složité. Některé funkce nebo odlišnosti těchto režimů můžete vidět na obr. 2 a obr. 3.



obr. 2: Ovládací panel pro režim 2D náčrtu

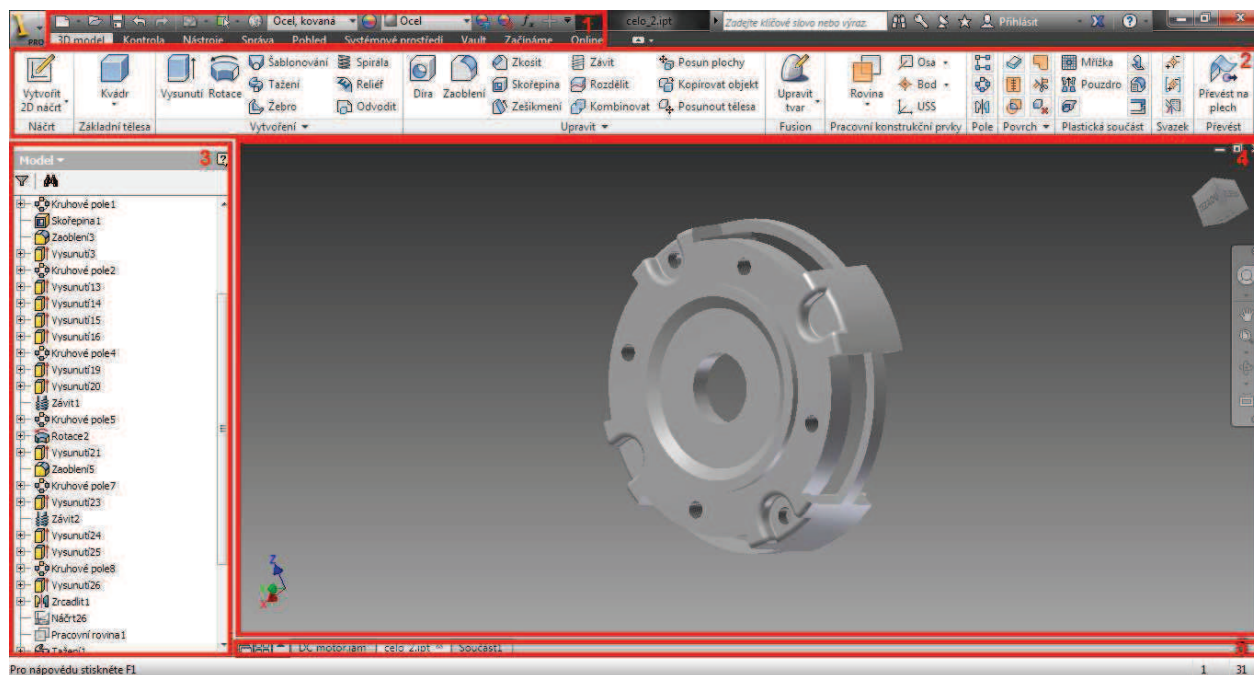


obr. 3: Ovládací panel pro režim 3D náčrtu

Při zakládání souboru si lze také nastavit jednotky, ve kterých budeme zadávat rozměry. Například milimetry mohou být pro budovy příliš malé a naopak pro návrhy jemných mechanických soustrojí zase příliš velké. Samozřejmě lze také zadat, jestli budou použity metrické nebo palcové jednotky. Při návrhu součástí je pak také možnost nastavit, zda se jedná o normalizovanou součást nebo o plech.

1.2.1.1 Normalizovaná součást

Takto se označují běžné součásti, bez zvláštních požadavků. Typické okno s takovouto součástí je na obr. 4. Všimněte si také v části č. 2 základních konstrukčních prvků.



obr. 4: Typické okno programu Inventor v režimu normalizované součásti

Vysvětlivky k obr. 4:

- 1 - Ovládání programu a aktuálně otevřeného souboru
- 2 - Nástroje pro vytváření součásti
- 3 - Provedené úkony s možností jejich editace
- 4 - Zobrazení modelu
- 5 - Záložky pro přepínání mezi otevřenými soubory

1.2.1.2 Plech

V tomto režimu lze vytvářet součástky, které budou vyrobeny ohýbáním plechů. Po vytvoření 3D modelu lze vygenerovat také rozvinutý tvar součásti, který je nezbytný pro naplánování a případně optimalizaci výroby plechových součástí. V tomto dokumentu se rovněž zobrazí záložka s funkcemi určenými speciálně pro tyto aplikace, viz obr. 5.

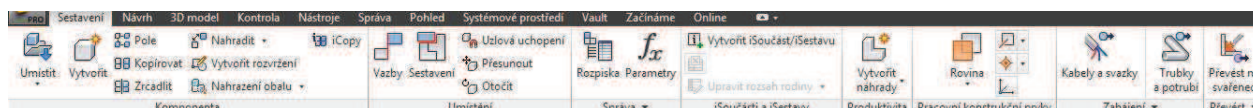


obr. 5: Ovládací panel s funkcemi speciálně pro plechové součásti

1.2.2 Sestava

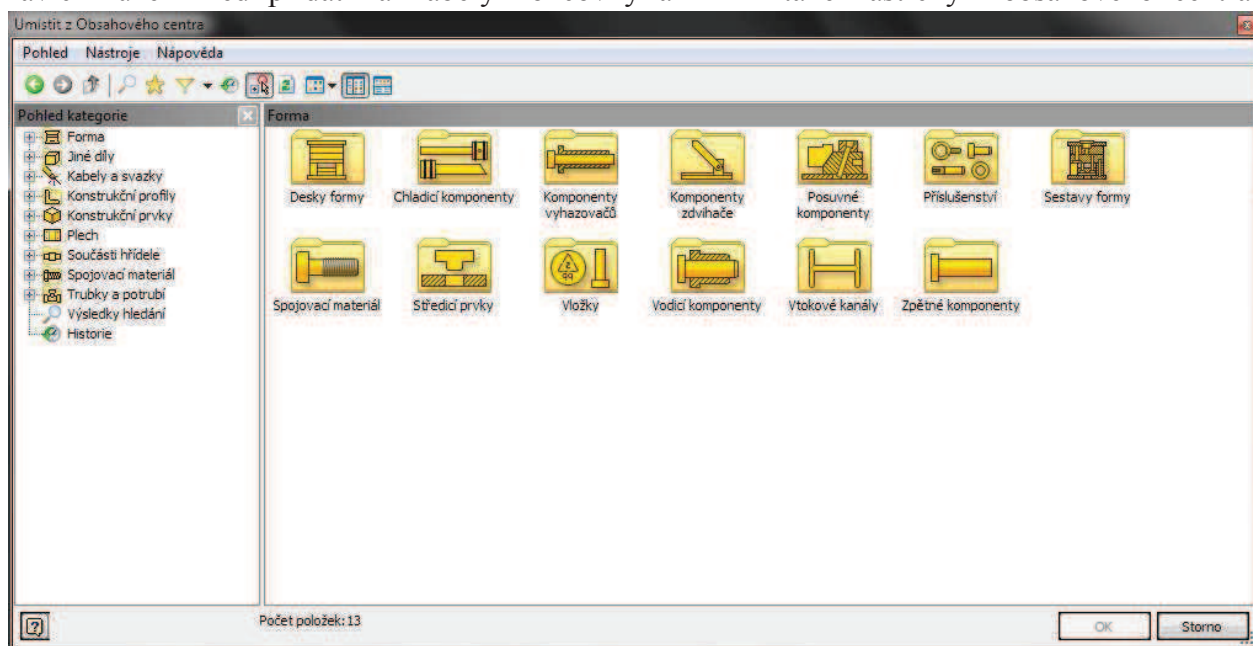
Dalším ze základních režimů je sestava, kde lze již vytvořené součásti poskládat podle toho, jak mají být ve výsledku vzájemně uloženy. Je možné nastavit různé vzájemné vazby a zamezit tím možnosti pohybu v různých osách nebo směrech. Tato sestava umožňuje přidávat nejen vazby znemožňující pohyb nebo takové, které skládají součásti logicky do sebe, například podle vzájemné hřídelové osy, ale lze též vytvořit vazby, jež přenáší pohyb jedné součásti na druhou.

Zároveň však logicky nelze vytvořit sestavu bez předchozího vytvoření dílů, které mají být její součástí. Naopak je ale možné do sestav seskládat i jednotlivé sestavy.



obr. 6: Ovládací panel pro režim sestavy

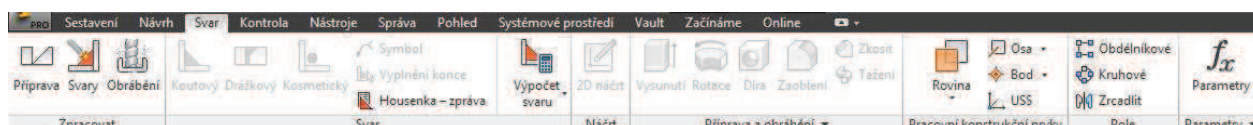
Jak již bylo zmíněno výše, velmi důležitou součástí režimu sestavy je možnost generovat různé součásti automaticky. Lze k tomu využít několika možností. První je vytvořit automaticky šroubový spoj, čep, ložisko, vačku, pero, pružinu a mnohé další. Takto se dají vytvořit součásti, které se vygenerují automaticky podle zadaných otvorů nebo tvarů a především normalizovaných velikostí těchto součástí. Další možností jsou hřídele či ozubená kola, které se vytvoří podle zadaných parametrů. Nevytváří se tedy na základě již vytvořených míst v modelu, ale pouze podle zadaných parametrů. Poslední a hojně využívanou možností je vložení z databáze obsahového centra. V něm lze nalézt mnoho již předpřipravených a normalizovaných součástí, které je možné parametrizovat a pouze doplnit pro potřeby konkrétního modelu. V obsahovém centru lze nalézt součásti i tak jednoduchých tvarů, jako jsou jehly, kužely, rovnoběžníky nebo válce, které mohou zjednodušit už i tak rychlé operace, ale i složitější součásti jako jsou zátky, matice nebo maznice. Poslední možností automaticky generovaných součástí, kterou bych chtěl zmínit, jsou kabely a potrubí, které lze vést předem zadanou dráhou, aniž by musely být předtím složitě samostatně modelovány, ale jejich dráha se upraví přímo podle potřeb konstruktéra, který navíc může ihned přidat na kabely koncovky a k nim také zástrčky z obsahového centra.



obr. 7: Pohled na nabídku obsahového centra

1.2.2.1 Svařenec

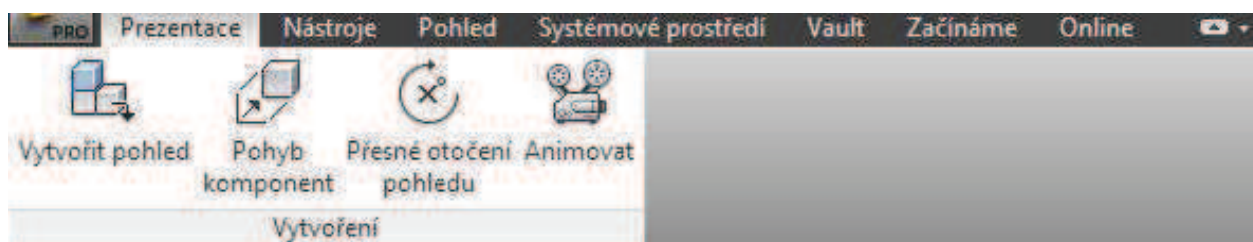
Svařenec je speciální režim sestavy, kdy je možné dělat další úpravy na složeném modelu. Pokud však převedeme sestavu na svařenec, tak ji již není možné, na rozdíl od plechu a normalizované součásti, převést zpět. Je to z důvodu, že změny, které je možné udělat jako svařenec, nejsou kompatibilní s režimem sestava. Jde o vytváření svárů, frézování a jiné úpravy, které se dělají na výrobku až při sestavování nebo svařování a ne již při výrobě na samotných součástkách.



obr. 8: Ovládací panel pro režim svařenec

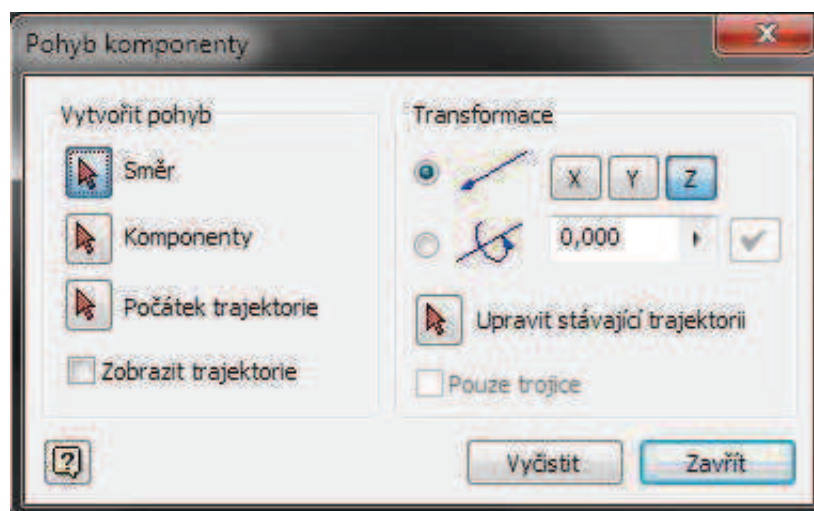
1.2.3 Prezentace

Tak jako sestavu není možné vytvořit bez součástí, tak ani prezentaci nelze vytvořit bez souboru sestavy. Je to logické, protože v prezentaci jde především o to ukázat funkčnost a vzájemné vazby mezi jednotlivými díly.



obr. 9: Ovládací panel pro režim prezentace

Slangově se prezentaci říká rozpad podle názvu jedné funkce, která vytvoří automaticky v zadané délce pohyb všech komponent od středu sestavy. Jedná se o zautomatizovanou funkci pohybu komponent, která je základní funkcí režimu prezentace. Tento příkaz posouvá komponentu v zadaném směru a velikosti posunu nebo vytváří rotační pohyb a při spojení pohybu rotace a posuvu lze animovat například přitažení šroubu.

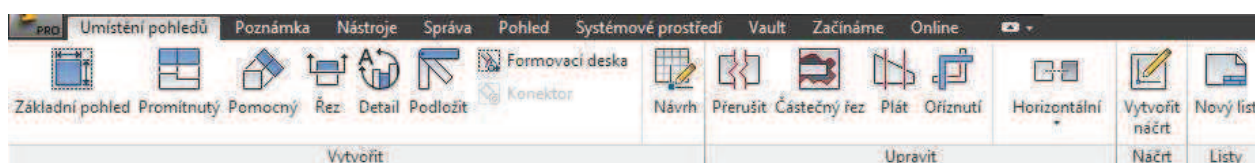


obr. 10: Okno nástroje pohyb komponenty

Jak již to u automatických funkcí bývá, tak ani automatické generování rozpadu nedosahuje příliš dobrých výsledků. Komponenty jsou jednoduše posunuty, nejsou vůbec uspořádány v logickém sledu, při sestavení se všemožně překrývají a při skupině více komponent (například několik šroubových spojů uspořádaných v kruhovém poli) se vzdaluje od ostatních komponent pouze jeden díl. Nicméně pro ilustraci množství komponent v sestavě a vytvoření velmi triviální a rychlé prezentace může být tato funkce někdy dostačující.

1.2.4 Výkres

Tento režim nám umožní vytvořit kompletní výkresovou dokumentaci k modelovanému výrobku. Tato část by se dala částečně porovnat s programem Autocad, protože lze vytvořit podobné výstupy. V Inventoru je však možné výkresy připravit mnohem rychleji. Je to dáno i tím, že součásti jsou již vymodelovány a jejich rozměry jsou tím pevně dány. Rámečky pro výkresy jsou navíc už předpřipraveny a i vyplňování popisů je mnohem rychlejší, protože se vyplňují již jen připravené formuláře. V rámci jednoho dokumentu lze též vytvořit několik výkresů, ať již pouze k součásti nebo k celé sestavě, a tím i celou práci zpřehlednit. Současně není třeba neustále znovu vyplňovat některé položky legendy a tím lze opět ušetřit čas, který může být použit k práci na dalších komponentách. Naproti tomu Autocad umožňuje vytvořit rychle výkres i jen tak, kdežto Inventor potřebuje mít nejprve vytvořený celý model součásti nebo sestavy.

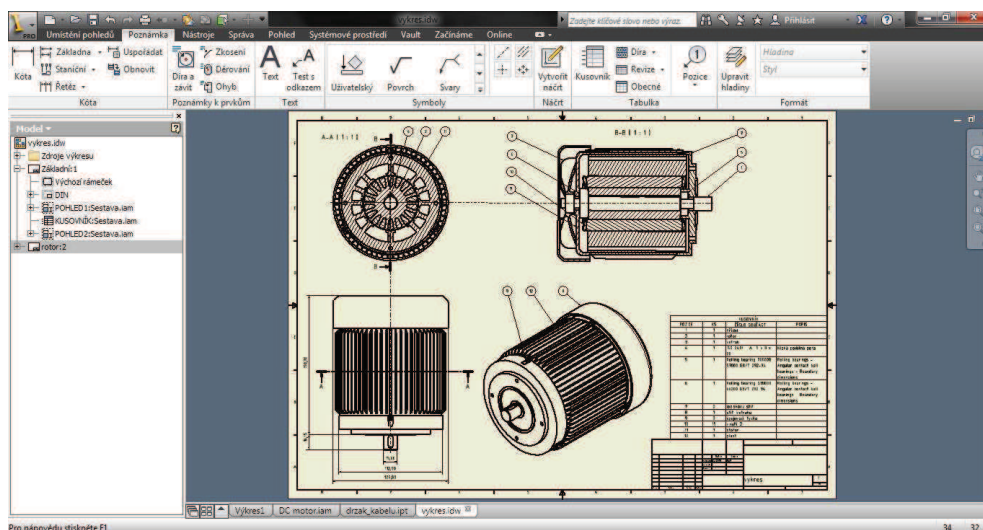


obr. 11: Ovládací panel režimu výkres - umístění pohledů

Dvěma základními záložkami pro funkce jsou umístění pohledů (obr. 11), kde jsou vybírány pohledy na součásti nebo komponenty, případně prováděny řezy v nich nebo vytahování detailů, a poznámka (obr. 12), ve které jsou prakticky všechny možnosti týkající se kótování.



obr. 12: Ovládací panel režimu výkres – poznámka



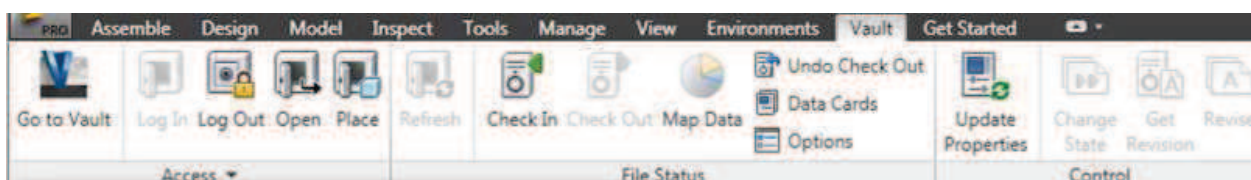
obr. 13: Typický pohled na okno v režimu výkres

1.3 Další součásti

Jak procházel Inventor až do dnešních dní vývojem, začal nabízet stále více přidavných funkcí pro zvětšení komfortu při užívání, ale především také pro zjednodušení práce a integraci více funkcí do jednoho programu.

Například nabízí možnost zjednodušení a zrychlení práce pomocí parametrizace, ať již přímo v programu nebo v externím souboru aplikace Excel, čímž umožní jednoduchou editaci modelu i laikům, kteří nezvládají práci v Inventoru, ale orientují se v tabulkovém procesoru.

Další ze zajímavých funkcí je program Vault, který je nezbytným pomocníkem při práci v týmu a díky kterému se nestane, že by dva lidé pracovali na stejné součásti zároveň a postupným ukládáním by si vzájemně ničili práci. Vault totiž sleduje, kdo s kterým souborem pracuje a dalšímu uživateli práci na stejném dílu neumožní. Je to v podstatě specializovaný manažer. Pro svou práci ale vyžaduje serverové úložiště, na kterém je zároveň spuštěn. Tento program se dá pořídit v několika verzích od Basic integrované v Inventoru po Professional s velkým množstvím přidanych funkcí jako autentizace pomocí uživatelských účtů Windows, integrace do Office aplikací, NonCAD-user klienta, zálohovací aplikace, správa kusovníků atd.[4].



obr. 14: Integrovaný ovládací panel aplikace Vault v programu Inventor

Jako každý program i tento potřebuje, aby jeho výsledky byly co nejlépe prezentovatelné, a proto obsahuje množství nastavení pro zobrazení modelů, ale také díky součásti Studio je možné vytvořit velmi pohledné prezentace jak statických snímků, tak efektivní videa, ve kterých je možné nahlédnout do nitra modelovaných strojů, nebo se dívat, jak se postupně z jednotlivých dílů skládají. Zároveň je možné si nastavit veškeré osvětlení scén včetně jeho změn a pohyby kamer. Výsledek je poté možné vyexportovat v libovolném formátu, pokud k němu máme nainstalován patřičný kodek. Také kvalita se může rapidně lišit, ale je nutné vždy pamatovat, že se vzrůstající kvalitou velmi narůstá také náročnost a výpočetní výkon a zvláště na slabších počítačích může poté referování trvat velmi dlouho.

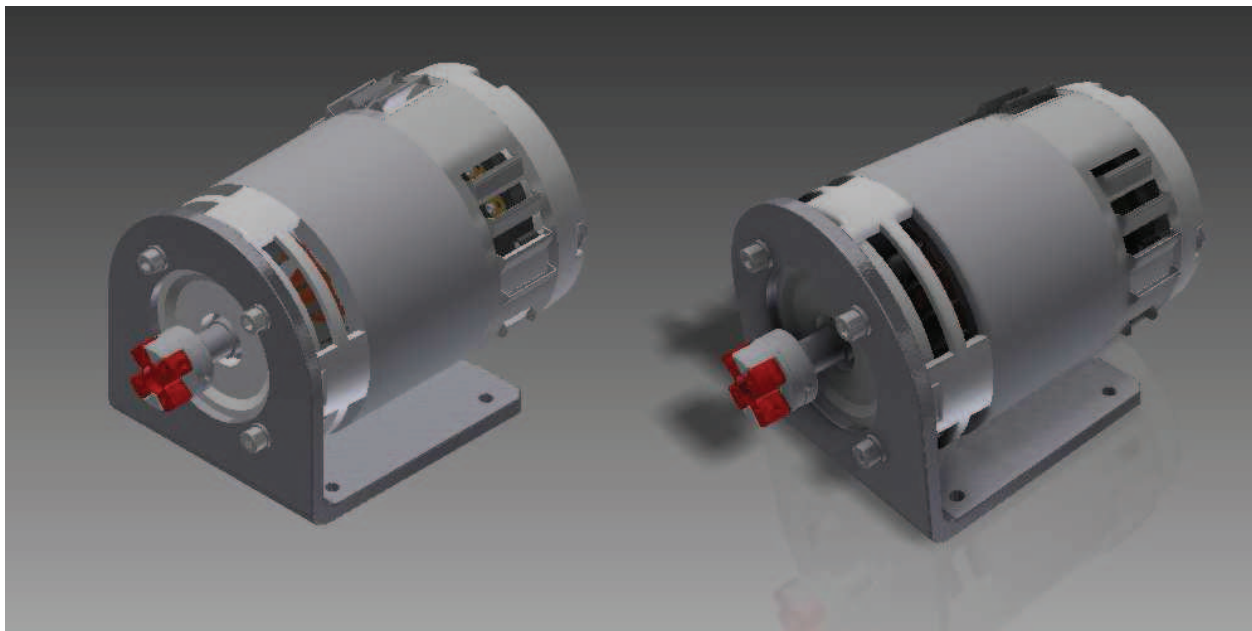


obr. 15: Ovládací panel Inventor Studia

Mezi další, ve školních aplikacích nepříliš využívané, součásti patří možnost přidělení jednotlivým dílům také jejich materiál, včetně všech optických a fyzikálních parametrů, ze kterých je následně možné udělat jednoduché simulace nebo pevnostní analýzy. Přinejmenším se toto může hodit u prezentace jako náhled, jak bude výrobek vypadat včetně barev plastů nebo lesklosti povrchu.

1.4 Shrnutí

V této kapitole byly představeny základní funkce programu Autodesk Inventor. Jak je patrné, představuje mocný nástroj pro podporu konstruování od návrhu jednotlivých částí přes kontrolu sestavení až po výkresovou dokumentaci. Jeho další služby navíc pomáhají také práci ve skupině inženýrů. Velmi kvalitní je také technická podpora ze strany vývojáře a silná je i komunita uživatelů, kteří se na různých diskusních fórech vzájemně podporují a sdílejí některé ze svých již vytvořených prací nebo přispívají různými tipy pro ulehčení práce pro začátečníky i pokročilé uživatele [5].



obr. 16: Porovnání různých nastavení pohledu na model

Pro podrobnější přehled funkcí a možností Inventoru by však tato práce musela nabývat zcela jiných rozměrů a také by zastávala jiný účel. Proto je případným zájemcům doporučena kniha *Mastering Autodesk Inventor* (Curtis Waguespack) [3], která na svých 976 stranách podrobně popisuje veškeré možnosti, které tento moderní a hojně užívaný program nabízí a ze které bylo při psaní této práce čerpáno.

2 STEJNOSMĚRNÝ MOTOR

„Stejnosemřné stroje patří mezi historicky nejstarší elektrické stroje. Jako první sloužily jak k výrobě elektrické energie – dynamy, tak k její přeměně na energii mechanickou – motory. V současné době se používají převážně jako motory pro své výhodné regulační vlastnosti. Mají lineární mechanické a většinou i regulační charakteristiky. Vyznačují se velkým záběrným momentem a poměrně malou časovou konstantou. Základním nedostatkem stejnosměrných strojů, omezující oblast jejich použití, je potřeba kluzných kontaktů mezi kartáči a komutátorem, což je zdrojem elektromagnetického rušení a poruch [6].“

2.1 Obecné znalosti

Stejnosemřné motory jsou konstrukčně uspořádány tak, že mají na statoru permanentní magnety a na rotoru vinutí, které je napájeno přes komutátor, jenž by se dal nazvat také mechanickým usměřňovačem, neboť je schopen převádět střídavé napětí na svorkách na stejnosměrné v rotoru nebo také opačně – stejnosměrným napětím na svorkách vytvořit střídavé napětí v rotoru a oba dva způsoby vedou k vytváření rotujícího magnetického pole, které poté otáčí rotorem a tím pádem i hřídelí.

V současné době zažívají velký rozvoj tzv. elektricky komutované motory, o kterých by se dalo říci, že jsou konstrukčně opakem stejnosměrných motorů, ale zároveň jsou jim nejvíce podobné, protože mají vinutí na statoru a na rotoru permanentní magnety. Na rozdíl od DC motorů ale logicky nemají komutátor ani budící vinutí, neboť jsou buzeny z tranzistorových měničů.

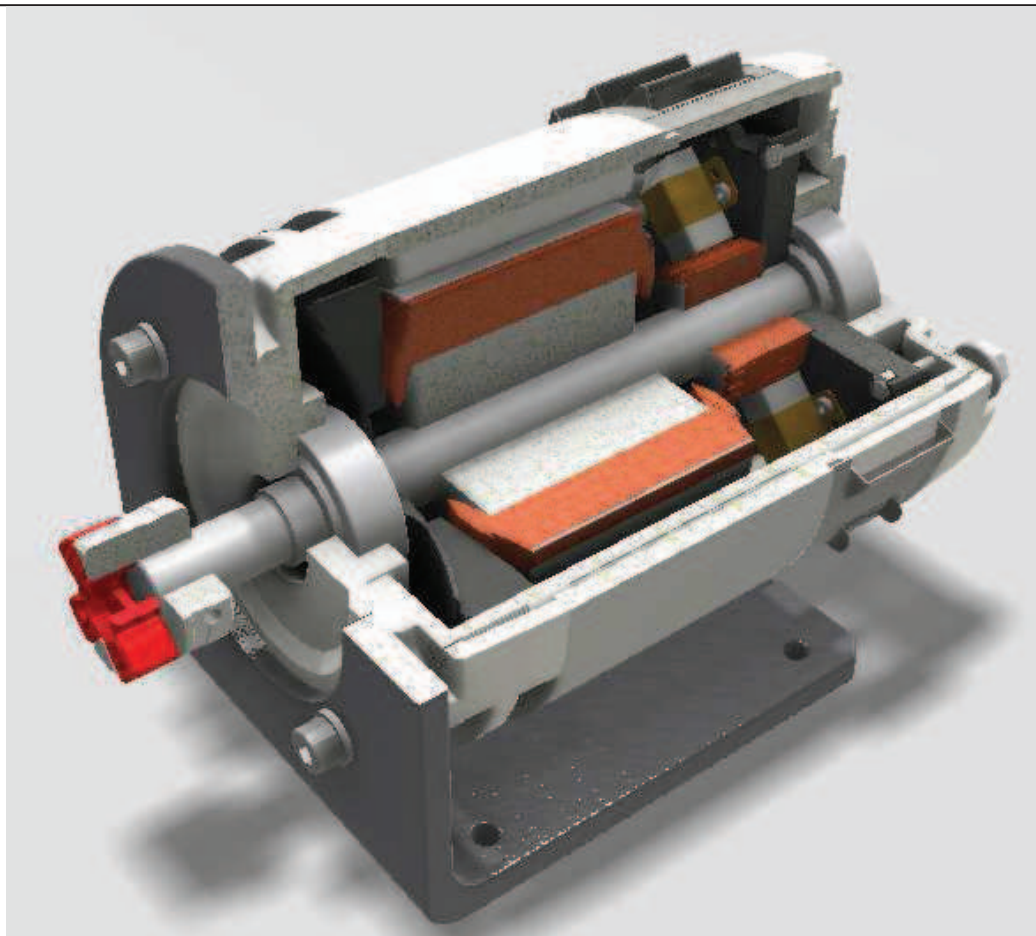
2.2 AMER MP 80/S2

Ve zpracovávaném laboratorním soustrojí je použit pro brzdicí část stejnosměrný motor od firmy AMER s označením MP80/S2, který pracuje na bezpečném napětí 24 V, které je vyžadováno pro provoz v laboratoři. Jeho další parametry jsou v Tab. 1.

Tab. 1: Technické parametry motoru AMER MP80/S2, zdroj: [7]

veličina	jednotka	velikost
U_n	[V]	24,00
I_n	[A]	23,04
P_n	[W]	416,98
M_n	[Nm]	1,33
n_n	$[\text{min}^{-1}]$	2966,00
n_0	$[\text{min}^{-1}]$	3499,00
η	[%]	74,87

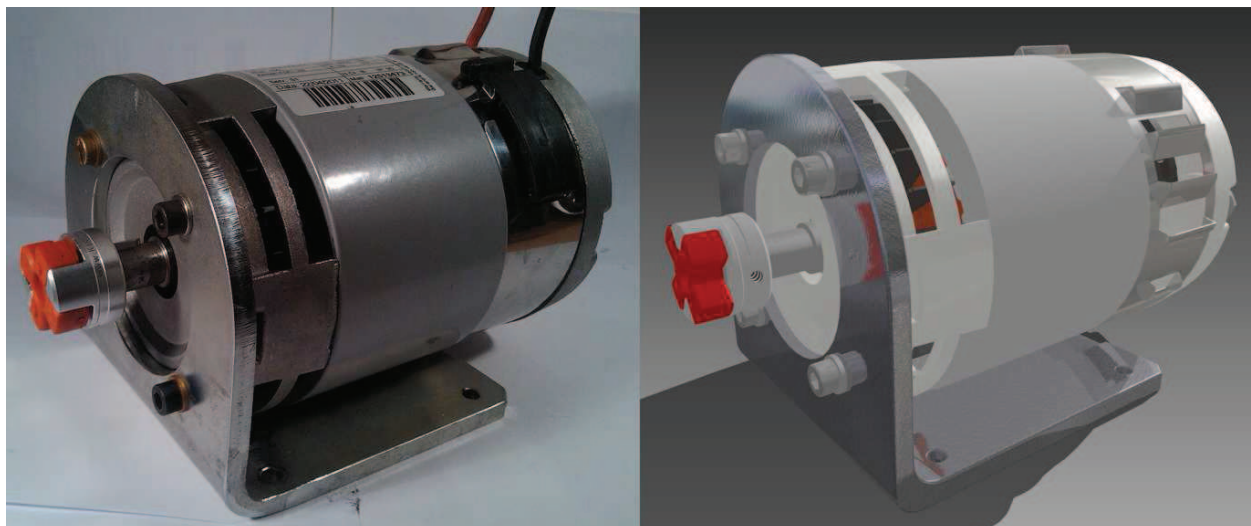
Jedná se o čtyřpólový stejnosměrný motor s permanentními magnety s třídou krytí IP20. Hřídel má průměr 14 mm a jeho vlastní průměr v nejširším místě je 114 mm. Typ uchycení je B14, neboli přírubou ke konstrukci. Uvnitř se na rotoru nachází 16 drážek s vinutím, na statoru poté čtyři permanentní magnety. Pro snadnější výměnu uhlíků je prostor kolem nich stažen plechovým páskem s větracími otvory, kterými proudí vzduch poháněný ventilátorem, jenž je umístěn na druhé straně motoru. Celý motor je poté uchycen na držák, který byl vyroben speciálně pro toto užití. Model motoru se skládá z 64 dílů a můžete jej vidět na obr. 17, kde je znázorněn v řezu pro lepší názornost vnitřního uspořádání.



obr. 17: Model motoru AMER MP80/S2 v 3/4 řezu

Jak je z obr. 17 patrné, v oblasti komutátoru nejsou umístěny kabely, aby byl model přehlednější. Ložiska, hřídel, nýty a šroubové spoje byly automaticky vygenerovány s pomocí databáze obsahového centra. Stahovací pásek v oblasti komutátoru je vytvořen jako ohýbaná plechová součást. Zbylé díly jsou vytvořeny jako běžné součásti.

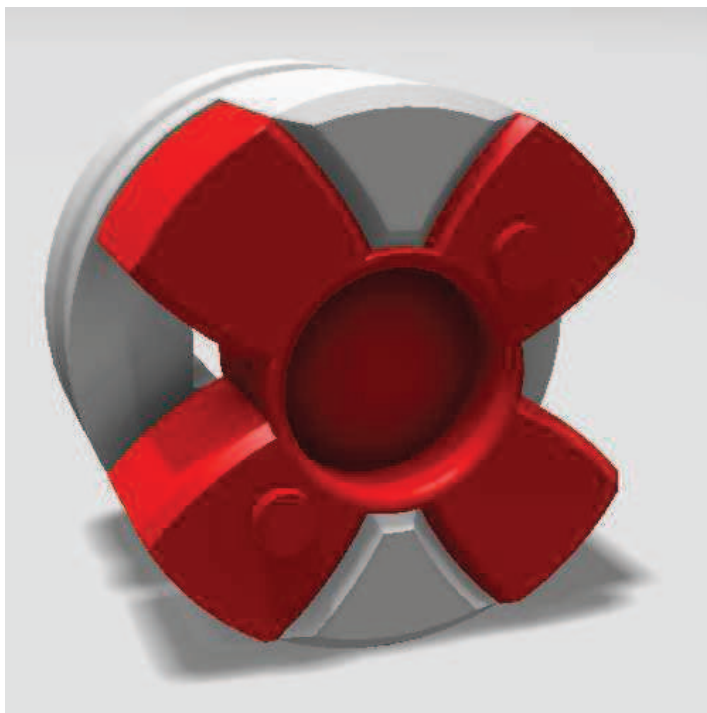
Na obr. 18 můžete porovnat skutečnou fotografii motoru (vlevo) a model vytvořený v programu Autodesk Inventor (vpravo).



obr. 18: Porovnání skutečného motoru a jeho modelu

3 PRUŽNÁ SPOJKA

Pro spojení stejnosměrného a asynchronního motoru je použita torzně pružná spojka ROTEX® GS, která je složena ze dvou pevných částí (nábojů) umístěných na hřídeli asynchronního a stejnosměrného motoru a pružného plastového mezikusu, jenž je montován s mírným přepětím a který zabraňuje šíření hluku a vibrací mezi stroji a galvanicky je odděluje.



obr. 19: Model spojky ROTEX® GS

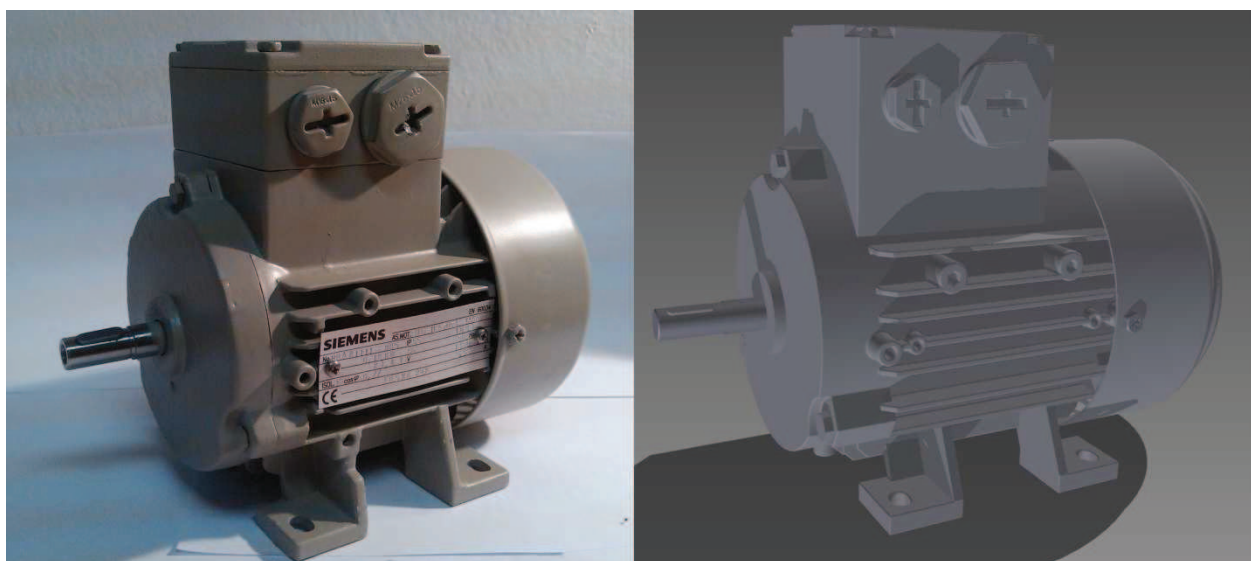
Náboje spojky jsou axiálně upevněny na každé hřídeli pomocí pera a šroubu. Hlavy obou stran spojky jsou totožné, liší se pouze průměrem díry podle průměru hřídele. Na straně stejnosměrného motoru je to 14 mm a na straně asynchronního motoru 11 mm. Výhodou této spojky je také to, že je bezúdržbová.

4 ASYNCHRONNÍ MOTOR

V této sestavě je zakomponován motor SIEMENS 1LA7063-4AA10. Jedná se sériově vyráběný motor se speciálními úpravami pro účely tohoto měřicího soustrojí. Ty spočívají v umístění resolveru na hřídel místo ventilátoru, který je poté nahrazen standardním 12V ventilátorem s rozměry 70x70x10 mm. V jeho okolí je poté navíc umístěno na míru vyrobené mezikruží z plexiskla, která má zajistit správnou cirkulaci vzduchu a omezit nežádoucí hluk. Další speciální úpravou je převinutí motoru ze síťového napětí 230V na bezpečné napětí 24V, které je v laboratoři, kde bude umístěn požadováno.

Tab. 2: Technické parametry asynchronního motoru Siemens

veličina	jednotka	velikost
U_n	[V]	24,00
I_n	[A]	9,37
P_n	[W]	180
M_n	[Nm]	1,30
n_n	$[\text{min}^{-1}]$	1350
$\cos\varphi$	[-]	0,77
η	[%]	60,00



obr. 20: Asynchronní motor SIEMENS 1LA7063-4AA10

Konstrukčně se jedná o typického zástupce asynchronních motorů. Tento typ je třífázový čtyřpólový s třídou krytí IP55 a pracuje na frekvenci 50 Hz. Hřídel má průměr 11 mm, jeho vlastní průměr je 124 mm a délka 202 mm. Jeho vnitřní uspořádání není v modelu zahrnuto, protože pro kompletaci není relevantní, ale vnějšími rozměry naprosto přesně odpovídá skutečnosti, což bylo podstatné pro odstranění některých nepřesností v předchozích výkresech.

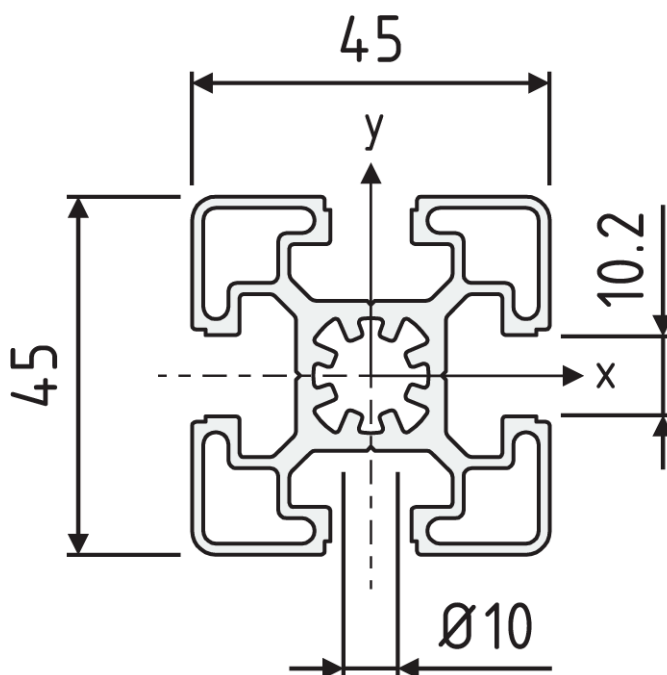
5 UCHYCENÍ SOUSTROJÍ

Uchycení celého soustrojí je realizováno pomocí rámové konstrukce a oplechováním plechy o tloušťce 2 mm. Vytvoření modelu rámu a poté kompletní výrobní výkresové dokumentace bylo hlavním úkolem této práce a tyto výstupy jsou umístěny v přílohách na konci dokumentu.

5.1 Rám

Rám standu je složen z tvarovaných hliníkových profilů od firmy FM SYSTÉME o rozměrech 45x45 mm. Díky tvaru profilů je umožněna jednoduchá montáž. Na profilech typu L-1.7 jsou umístěna upnutí motorů a z profilů typu L-1N je vytvořena vnější konstrukce, protože tyto profily mají zaslepenou jednu stranu. Přední strana je navíc vyrobena z profilu L-R, který má jednu stranu zaoblenou a esteticky tak dotváří celé soustrojí. Celý komplet je poté pospojován důmyslnými spojkami, které se dají zakoupit spolu s profily a jejichž instalaci by měl zvládnout téměř každý.

K této konstrukci jsou přišroubovány pro tento účel speciálně vyrobené plechy, na kterých leží motory, výkonová i řídicí elektronika a ovládací prvky. Celá sestava je poté napájena z trojfázové sítě pomocí přípojnicového systému kompatibilního s novými laboratorními stoly.



obr. 21: Rozměrové schéma hliníkového profilu, zdroj:[8]

Po nakreslení celého rámu podle již vytvořených výkresů z předchozí práce Ing. Hudáka [7] byly zjištěny některé nepřesnosti, které bylo třeba vyřešit a upravit tak finální výkresy pro výrobu rámu. Následně bylo provedeno částečné sestavení pro ověření odstranění zjištěných problémů.

5.2 Plechové součásti

Plechové součásti jsou vyráběny na míru z 2 mm plechu podle výrobních výkresů, které jsou v přílohách.

Plechový držák desek plošných spojů má na výkrese pouze vzorově nadvrtané díry, protože v době dokončování této práce ještě nebyly známy přesné rozměry desek a tím pádem ani jejich upínací body. Toto však může být velmi snadno doděláno i na už ohnuté součásti. Stejně tak ještě nebylo známo množství a tvary ovládacích prvků, proto i tato plechová součást má na sobě ovládací prvky a díry na ně spíše ilustrativně. Autodesk Inventor však umožňuje velmi rychle změnit potřebné parametry ve výkresech a když budou desky navrženy, bude možné během několika okamžiků ihned změnit potřebné parametry a pak téměř ihned dodat výkresy do výroby ke konečnému zpracování, respektive navrtání otvorů pro uchycení desek a ovládacích prvků.

Hliníková základna výkonové části má ještě navíc další funkci, a tou je odvod přebytečného tepla neboli chlazení měničů. Díky tomuto není nutné přidávat další chladiče a celek je tak schopen se samostatně uchladiť díky dobrým tepelným vlastnostem hliníku a velké chladicí ploše, kterou plocha plechu představuje.

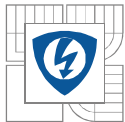
Význam většiny plechových prvků je poměrně zřejmý. Mají na svém místě udržet díly, které jsou k nim připevněny. Otázku však může vyvolávat plech pod motory, který nemá zakrývat nevzhlednou díru pod soustrojím, nýbrž rozložit tíhovou sílu působící na měkký hliníkový profil tak, aby nedošlo k jeho deformaci, a také usnadnit usazení motorů v přesných vzdálenostech, aby nebylo po každém spuštění soustrojí nutné vždy hledat vyváženou polohu.

5.3 Kusovník

Dalším důležitým úkolem bylo vytvořit seznam dílů, pomocí kterého bude probíhat nákup součástí pro sestavení jednotlivých soustrojí a jejich rámu. Vidět jej můžete jako Tab. 3.

Tab. 3: Kusovník pro výrobu rámu

Označení dílu	Objednací číslo/norma	Počet kusů (x délka [mm])
Profil základní	05.01041.00	2x450
Profil z jedné strany zaslepený	05.01900.00	2x390
Profil zaoblený	05.01904.00	1x570
Přípojnice U profil 40x40x3	EN AW-6060	1x140x60x45°
Plechová podložka pod motory	Podle výkresu	1
Plechová podložka pod PCB	Podle výkresu	1
Plechová podložka ovládání	Podle výkresu	1
Spojení HV	05.02129.00	2
Spojení PV	05.01766.00	4
T-matice M6	05.01106.00	22
Polokruhová zásuvná matice M6	05.01065.00	4
Šroub ISO M6 12mm půlkulatá hlava	05.01406.00	14
Šroub ISO M6 20mm půlkulatá hlava	05.01408.00	8
Šroub ISO M4 20mm půlkulatá hlava	ISO 7045	16
Matice ISO M4	07210-104	16
Podložka pod šroub ISO M6	07300-106	22
Podložka pod šroub ISO M4	07300-104	16
Nožka gumová RF1/37.5MM	606017	4

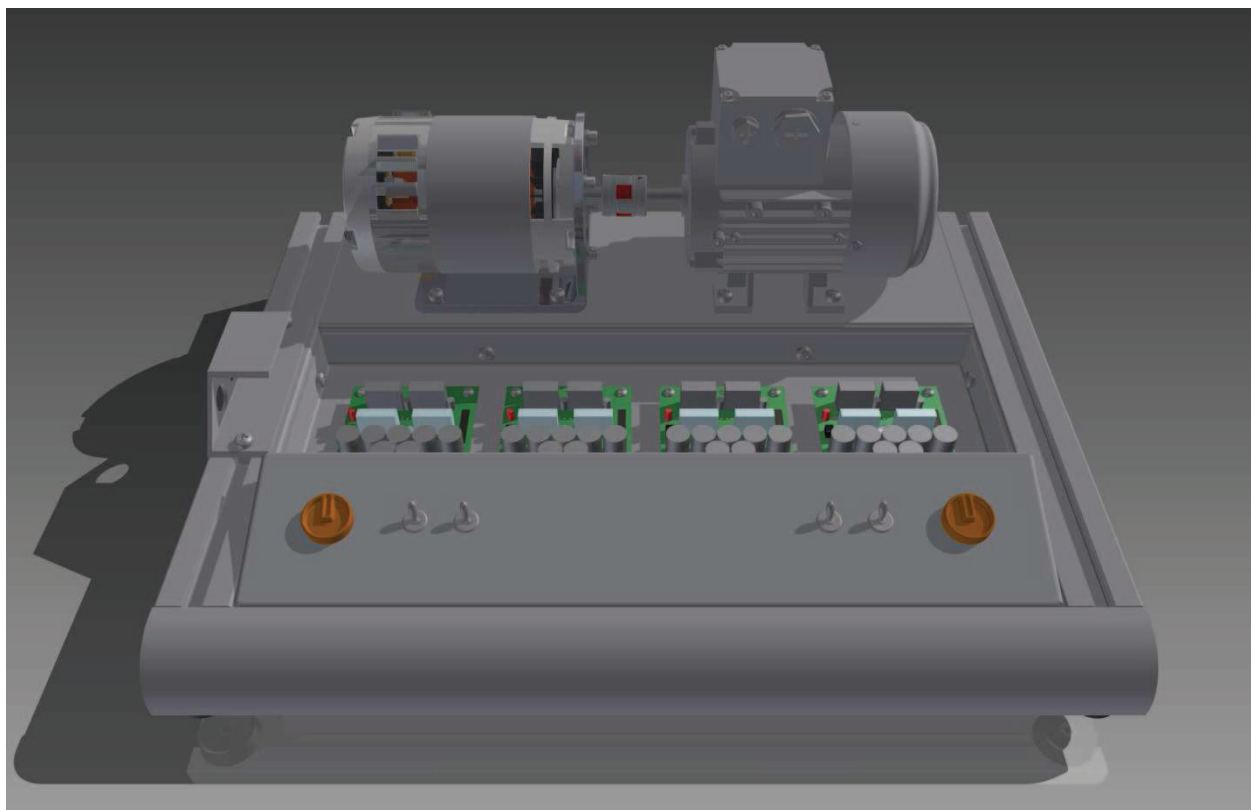


Jak je z tabulky patrné, celá sestava vyžaduje celkem 137 dílů, z nichž některé se skládají z více součástí, jako například některá spojení. Dále v této tabulce nejsou zahrnuty samotné motory, desky plošných spojů, ovládací prvky, přípojnícové zdířky a veškerá kabeláž. Avšak upínací prvky k těmto dílům jsou ve výčtu zahrnuty. Některé z těchto dílů je nutné vyrobit přímo na míru požadavkům tohoto laboratorního soustrojí. Jedná se především o ohýbané a vrtané plechové součásti a také U profil držící přípojnice napájení. Jejich výrobní výkresy jsou vloženy na konci práce v přílohách.

Při volbě ostatních prvků bylo z velké části vycházeno z předešlých prací [7] a tam, kde bylo nutné zvolit použití ještě nekatalogizovaných prvků, bylo voleno takové, aby byly možné co největší objednávky u jedné firmy a tím pádem menší množství objednávek. Převážně jsou zvoleny prvky, které dodává firma MAREK Industrial a.s. Od této firmy budou objednávány hliníkové profily i spojovací prvky k nim. Jedinou věcí, které tato firma nedodává, jsou U profily, ze kterých budou vytvořeny přípojnice napájení. Ty budou objednány od firmy ALMS spol. s r.o.

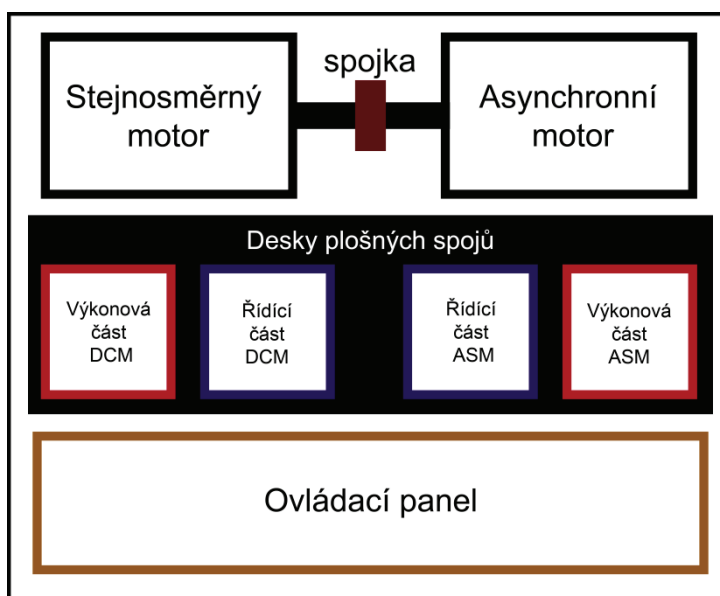
6 MODEL

Na obr. 22 je vidět model celé složené soustavy, jak bude vypadat po kompletní realizaci. Není zobrazena kabeláž kvůli přehlednosti a nízké vypovídací hodnotě. Z náhledu je dobře patrné uspořádání jednotlivých dílů v celé sestavě a jejich vzájemná pozice.



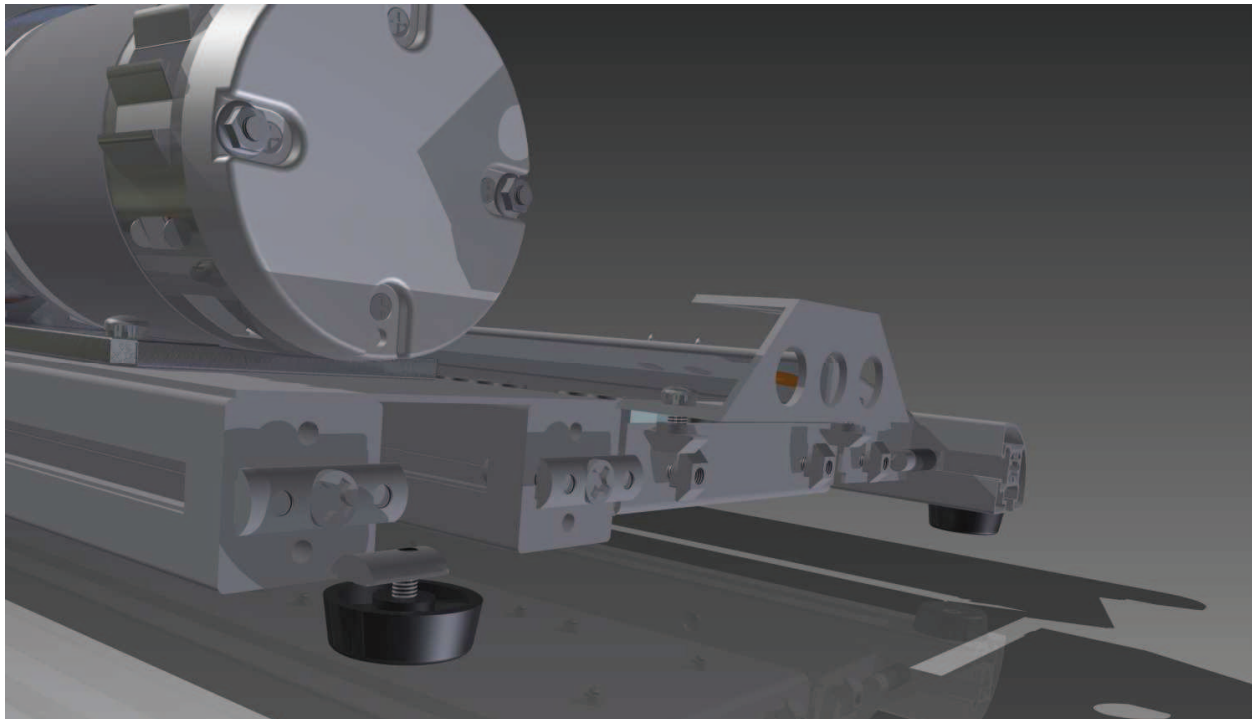
obr. 22: Kompletní model

Pro ještě názornější ukázkou rozložení prvků je na obr. 23 schematický náčrtek rozložení celého měřicího přípravku.



obr. 23: Schéma rozložení prvků

Obr. 24 ukazuje vnitřní uložení spojovacích prvků. Je na něm neviditelná jedna strana rámu a umožňuje nám tedy nahlédnout do útrob profilu. Tento obrázek může být pomocným vodičkem pro konstrukci k výrobním výkresům, pokud by konstruktérům nebylo zcela jasné uložení některých prvků. Přesnější popis a obrázkový postup je možné nalézt v katalogu výrobce [9].



obr. 24: Detail při odkrytí jedné strany rámu

Při sestavování soustrojí by mělo být postupováno následovně:

- Sestavení rámu, upevnění všech spojů
- Připevnění plechů – pozor, pod plech pod motory přichystat T matice
- Montáž motorů a desek plošných spojů
- Umístění kabeláže
- Vizuální kontrola a uvedení do provozu

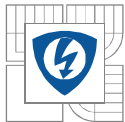
Celkový model se skládá z 240 dílů, přičemž na rám vychází 161 dílů, 4 jsou desky plošných spojů a na motory zbývá 75 součástí. Mnohé z nich jsou automaticky generované, jedná se především o šroubová spojení nebo hřídele motorů. Velmi efektivně se v této sestavě dalo použít také prvkových polí, díky nimž je možné jednoduše kopírovat opakující se prvky v jednotlivých řadách.

7 ZÁVĚR

V rámci této práce byl vytvořen detailní model stejnosměrného a asynchronního motoru, spojky spojující oba stroje, výkonové desky a rámové konstrukce s plechovými součástmi. Dále byly vytvořeny výrobní výkresy na ohýbané a vrtané součásti a kusovník pro úplnou kompletaci soustrojí.

V teoretické části byl podrobně popsán Autodesk Inventor, software, v němž byl celý model vytvořen. Byly popsány jeho základní i pokročilejší funkce potřebné pro úspěšné dokončení modelu.

V současnosti je vytvořena kompletní výkresová dokumentace pro výrobu, podle níž mohou být vyrobeny všechny části měřicího přípravku. Některé součásti však nebylo možné přesně rozvrhnout z důvodů nekompletních návrhů desek plošných spojů. Podle pokynů vedoucího tedy byly provedeny jen velmi základní realizační práce, ale celé soustrojí je připraveno k finálnímu dopracování.



LITERATURA

- [1] AUTODESK, Inc. Products 2014 [online]. 2013 [cit. 2013-12-09].
Dostupné z: <http://www.autodesk.com/products>
- [2] POLZER, Aleš a Zdeněk PÍŠA. Systémy CAD. [online]. [cit. 2013-12-10].
Dostupné z: http://esf.fme.vutbr.cz/modul/3/systemy_cad.pdf
- [3] WAGUESPACK, Curtis. Mastering Autodesk Inventor 2013 and Autodesk Inventor LT 2013. Indianapolis: John Wiley, 2012, xxxi, 976 s. Serious skills (Sybex). ISBN 978-1-118-27430-9.
- [4] Autodesk Vault. *CAD Studio* [online]. 2013 [cit. 2013-12-10].
Dostupné z: <http://www.cadstudio.cz/vault>
- [5] *Cadforum: powered by cadstudio* [online]. 2013 [cit. 2013-12-11]. Dostupné z:
<http://www.cadforum.cz/>
- [6] ONDRŮŠEK, Čestmír. *Elektrické stroje*. Brno. Scriptum. VUT Brno.
- [7] HUDÁK, Ondřej. *Laboratorní soustrojí s asynchronním a stejnosměrným motorem* [online]. Brno, 2012 [cit. 2013-12-11]. 52, 6 l. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/studium/zaverecne-prace?zp_id=48728. Diplomová práce. VUT Brno. Vedoucí práce Dalibor Červinka.
- [8] FM SYSTÉME. *Alu profile Datasheet*. Dostupné z:
<http://www.marek.eu/cz/produkty/hlinikove-profil-y-konstrukce-doplňky-b-fm-systeme-b-fath/hlinikove-konstrukcni-profil-y-b-fm-systeme-b/hlinikove-profil-y/>
- [9] FM SYSTÉME. *Verbinder Datasheet*. Dostupné z:
<http://www.marek.eu/cz/produkty/hlinikove-profil-y-konstrukce-doplňky-b-fm-systeme-b-fath/hlinikove-konstrukcni-profil-y-b-fm-systeme-b/spojovaci-prvky/>

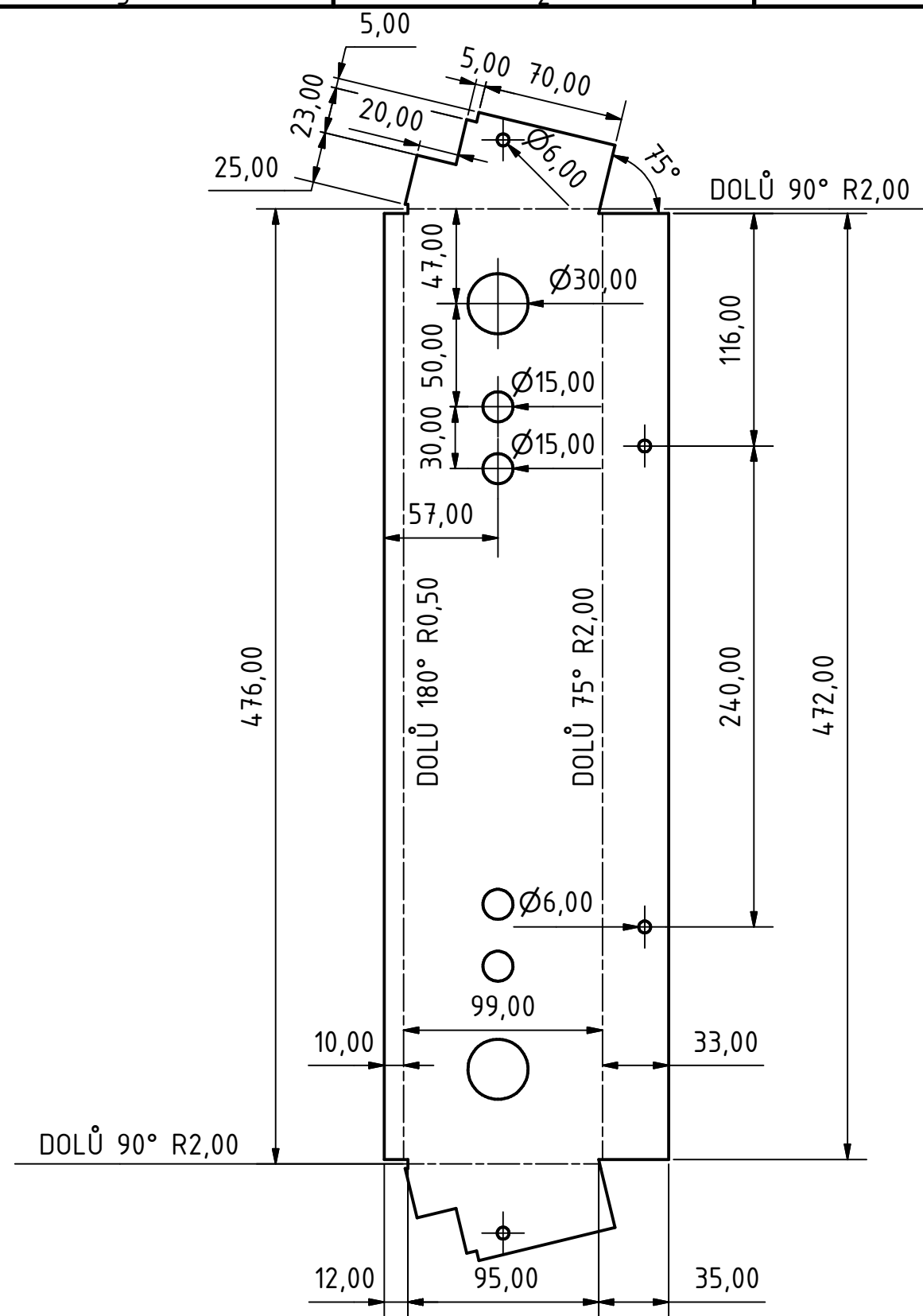
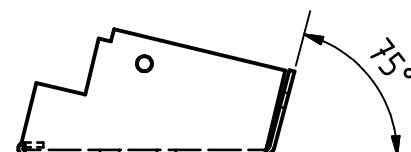


PŘÍLOHY

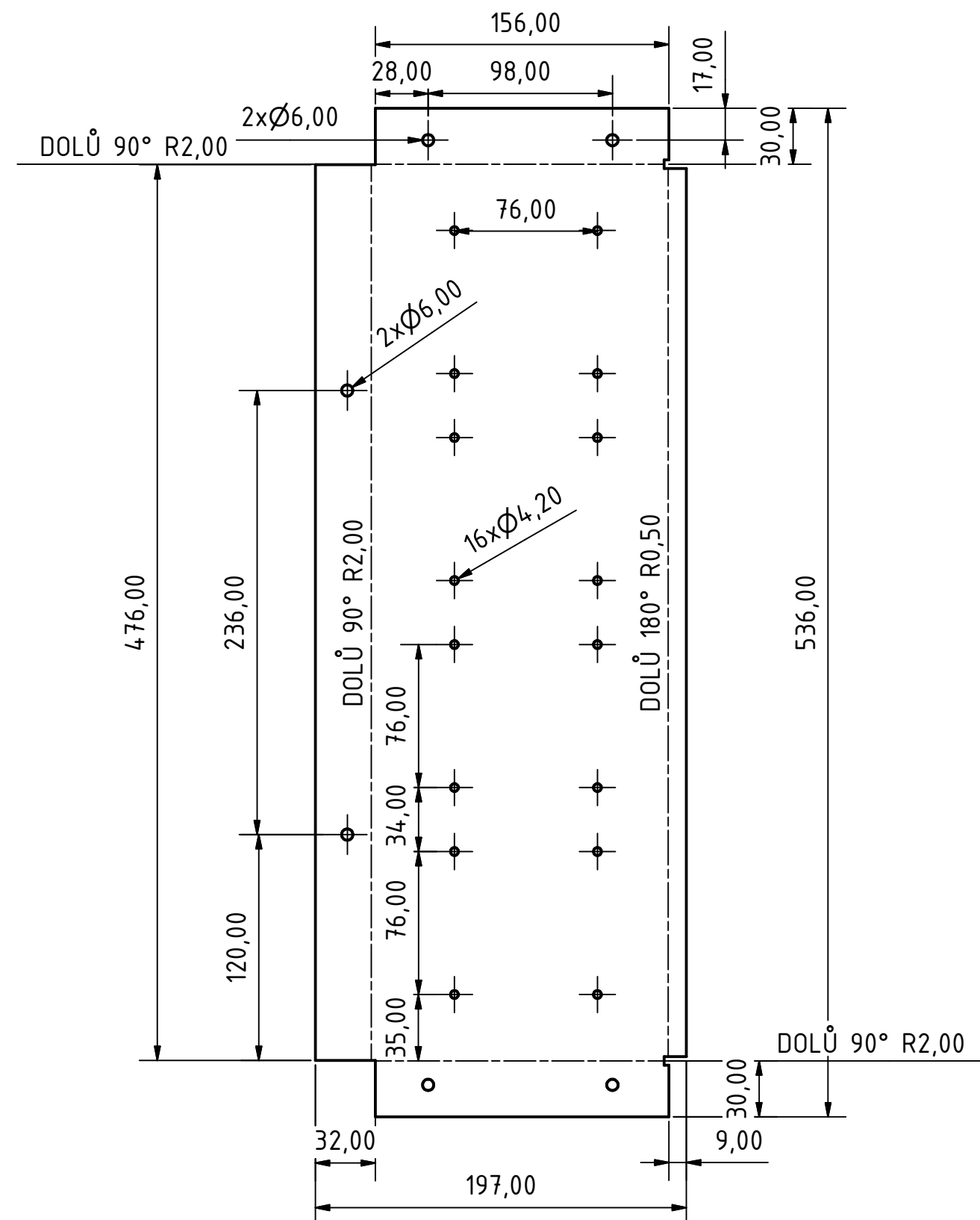
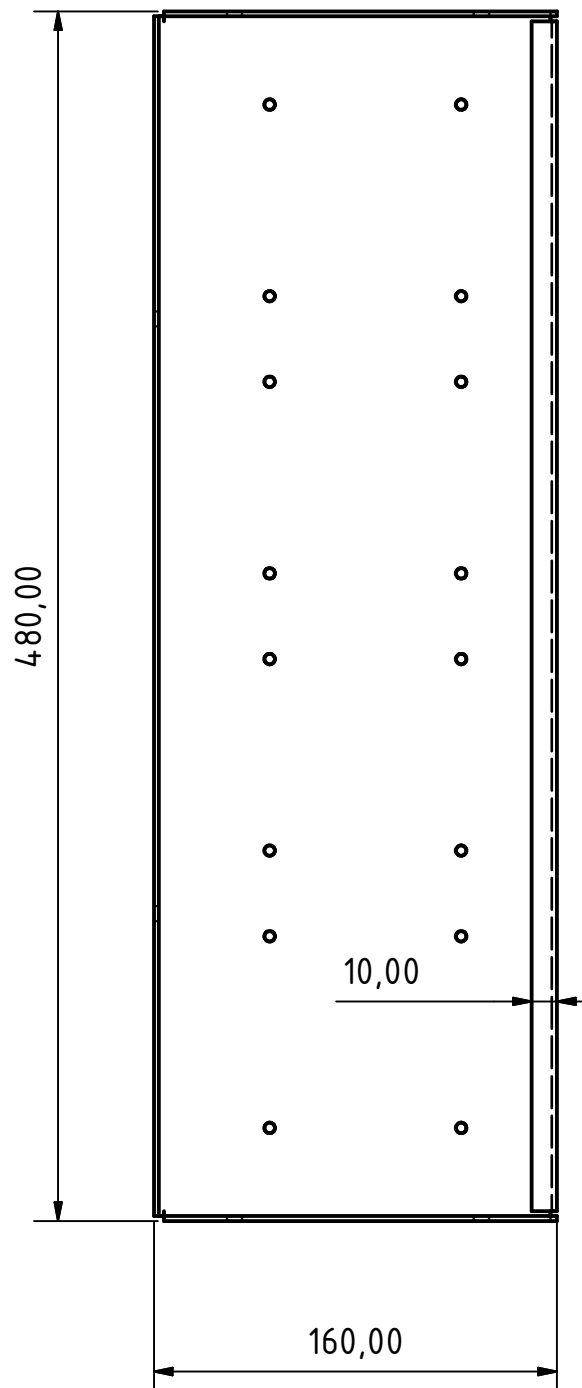
Seznam příloh:

1. Rozvržení dílů
2. Ovládací panel
3. Podložka pod PCB
4. Podložka pod motory
5. Přípojnice

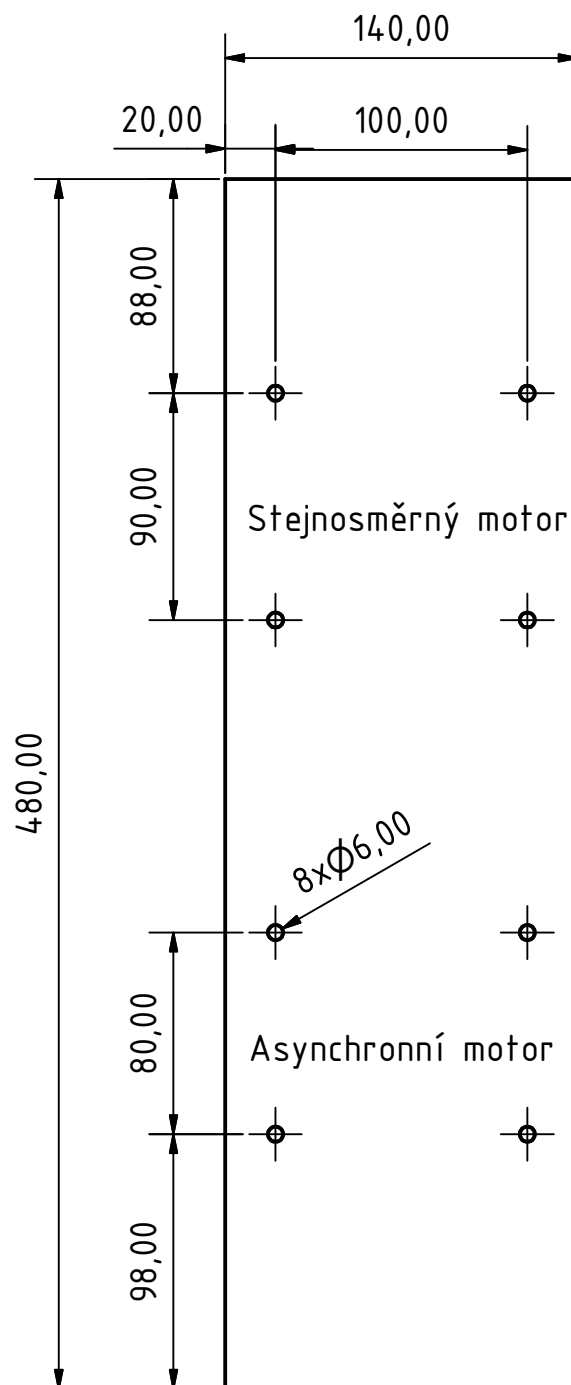




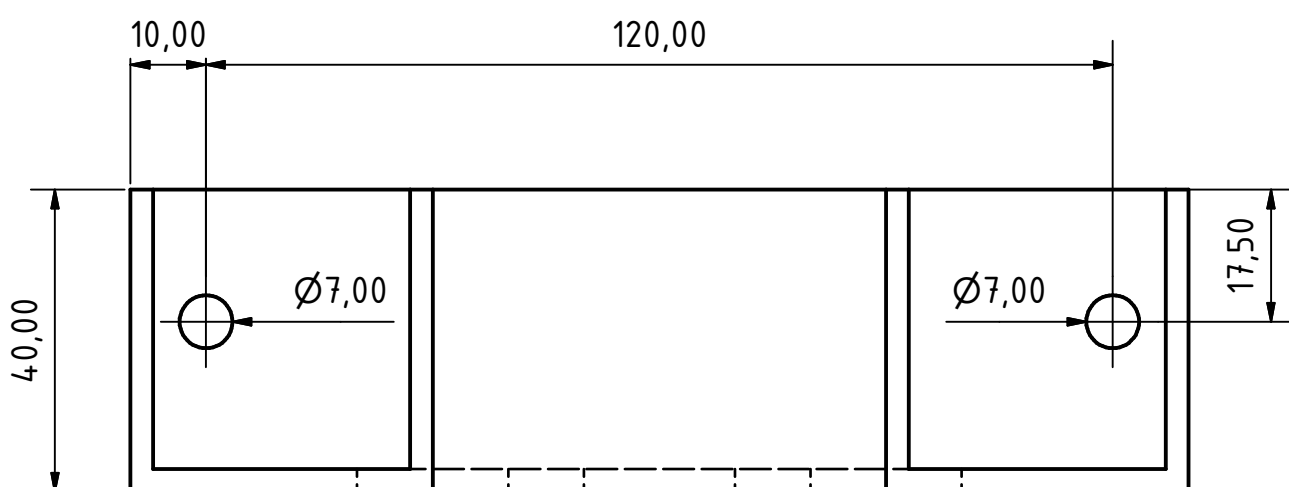
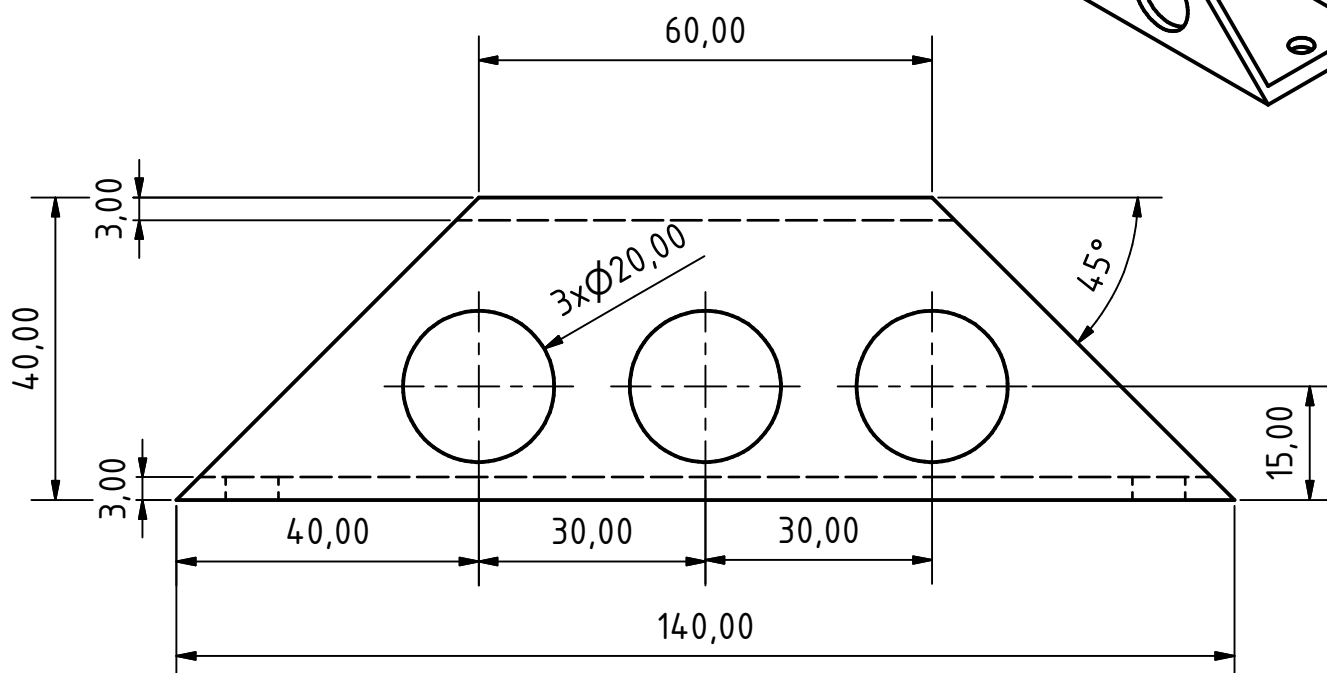
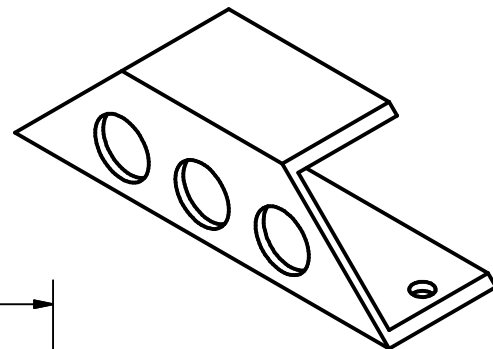
					Datum	Jméno	Ovládací panel		
				Nakreslen	12.5.2014	Berčík			
				Zkontrolován					
				Norma					
							Rám		
Stav	Změny	Datum	Jméno						



					Datum	Jméno	Podložka pod PCB		
				Nakreslen	12.5.2014	Berčík			
				Zkontrolován					
				Norma					
							Rám		
Stav	Změny	Datum	Jméno						



					Datum	Jméno	Podložka pod motory		
				Nakreslen	12.5.2014	Berčík			
				Zkontrolován					
				Norma					
							Rám		4
Stav	Změny	Datum	Jméno					A4	



					Datum	Jméno	Přípojnice		
				Nakreslen	12.5.2014	Berčík			
				Zkontrolován					
				Norma					
							Rám		
Stav	Změny	Datum	Jméno						