

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA ELEKTROMECHANIKY  
A VÝKONOVÉ ELEKTRONIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Zpracování nabídkové dokumentace vybraného  
asynchronního motoru pomocí CAD software SolidWorks

vedoucí práce: Ing. Roman Pechánek

2012

autor: Václav Houdek



## **Anotace**

Tato předkládaná bakalářská práce je zaměřena na zpracování technické dokumentace vybraného elektrického stroje pomocí CAD software. Práce obsahuje popis principu a vlastností stroje, tvorbu virtuálního 3D modelu, vytváření samostatných 2D pohledových výkresů a pohledů na řezy strojem. V poslední části práce obsahuje zpracování technické dokumentace vybraného elektrického stroje jako nabídku pro prodej.

## **Klíčová slova**

Asynchronní motor, elektrický stroj, stator, rotor, vinutí, SolidWorks, model, rovina, skica, díl, sestava, pohled.

## **Abstract**

This bachelor thesis presents a technical documentation of a selected electrical machine using CAD software. It includes a description of the principles and characteristics of electric machines, 3D virtual model creation procedure, separate 2D drawings and cuts creation procedure and technical documentation of a selected electric machine prepared as a sale offer.

## **Keywords**

Induction motor, electric machine, stator, rotor, windings, SolidWorks, model plane, sketch, part, assembly, view.

## **Prohlášení**

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

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

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Plzni dne 31.5.2012

Václav Houdek

.....

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Romanu Pechánkovi za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále pak vedení katedry elektromechaniky a výkonové elektroniky za poskytnutí vhodného elektrického stroje pro proměření dílů.

## Obsah

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ</b> .....	<b>9</b>
<b>1. ZÁKLADNÍ POPIS STROJE</b> .....	<b>10</b>
1.1 ZÁKLADNÍ PRINCIP ASYNCHRONNÍHO MOTORU.....	10
1.2 TROJFÁZOVÝ ASYNCHRONNÍ MOTOR.....	10
1.3 ZAPOJENÍ SVORKOVNICE.....	12
1.4 REALIZACE SVORKOVNICE PRO ZAPOJENÍ Y/D.....	12
1.4.1 Použití přepínače Y/D .....	13
1.4.2 Rozběhová charakteristika .....	14
1.4.3 Poměr proudů Y/D .....	14
1.4.4 Princip funkce asynchronního motoru .....	14
<b>2. POPIS KONSTRUOVANÉHO MOTORU</b> .....	<b>17</b>
2.1 OBECNÝ POPIS ASYNCHRONNÍHO MOTORU.....	17
2.1.1 Označení konstrukčního provedení motoru .....	17
2.1.2 Druh a způsob krytí elektrického stroje .....	18
2.1.3 Provedení stroje dle způsobu chlazení .....	18
2.1.4 Tabulkové údaje vybraného motoru.....	19
<b>3. SOLIDWORKS</b> .....	<b>20</b>
3.1 OBECNÝ POPIS PROGRAMU .....	20
3.2 ZÁKLAD PRÁCE V PROGRAMU SOLIWORKS A ORIENTACE V PROSTŘEDÍ.....	21
3.2.1 TVORBA DÍLU .....	21
3.2.2 TVORBA SESTAVY .....	22
3.2.3 TVORBA VÝKRESU .....	23
3.3 POSTUP PŘI TVORBĚ MODELU VYBRANÉHO MOTORU .....	24
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>36</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA</b> .....	<b>37</b>
<b>PŘÍLOHY</b> .....	<b>38</b>

## Úvod

Předkládaná práce je zaměřena na způsob modelování a tvorbu výkresů elektrického stroje pomocí CAD programu SolidWorks. Program SolidWorks jsem zvolil místo programu AutoCAD kvůli příjemnějšímu pracovní prostředí, intuitivnímu ovládní. Zároveň je funkcemi a prostředím velmi podobný ostatním moderním programům pro vytváření 3D modelů, při zachování stejných výstupů.

Práce je rozdělena do čtyř částí. V první části je obecný popis označování a princip vybraného stroje. Druhá část popisuje přímo námi vybraný stroj (asynchronní motor). Třetí část je věnována popisu práce s programem SolidWorks, tvorbu dílů, sestav, výkresů a tvorbu vlastního modelu. Čtvrtá část je vytvořena jako samostatný katalog, jako nabídka pro prodej asynchronního motoru popis jeho vlastností, použití, zapojení a alternativních podob.



## Seznam symbolů

$L1, L2, L3$ [-]	.....fázové vodiče napájecí soustavy
$U1, V1, W1, U2, V2, W2$ [-]	.....připojovací svorky motoru
$Y$ [-]	.....zapojení hvězda
$D$ [-]	.....zapojení trojúhelník
$I_Z$ [A]	.....záběrový proud
$M_Z$ [Nm]	.....záběrový moment
$I_Y$ [A]	.....proud při zapojení do hvězdy
$I_D$ [A]	.....proud při zapojení do trojúhelníku
$M_Y$ [Nm]	.....moment při zapojení do hvězdy
$M_D$ [Nm]	.....moment při zapojení do trojúhelníku
$M_m$ [Nm]	.....maximální moment (bod zvratu)
$P$ [W]	.....mechanický výkon na hřídeli
$P_p$ [W]	.....příkon motoru (výkon odebíraný ze sítě)
$\Delta P_{tot}$ [W]	.....celkové ztráty motoru
$\Delta P_{\pi}$ [W]	.....ztráty ve vinutí statoru
$\Delta P_{Fe}$ [W]	.....ztráty v magnetickém obvodu rotoru
$\Delta P_d$ [W]	.....ztráty dodatečné
$\Delta P_{J2}$ [W]	.....ztráty ve vinutí rotoru
$\Delta P_{mec}$ [W]	.....ztráty mechanické
$U_f$ [V]	.....napětí fázové
$U_s$ [V]	.....napětí sdružené
$n$ [ $\text{min}^{-1}$ ]	.....otáčky motoru
$n_s$ [ $\text{min}^{-1}$ ]	.....otáčky magnetického pole
$s$ [%]	.....skluz

## 1. Základní popis stroje

Elektrický stroj – točivý – motor – střídavý – trojfázový - asynchronní.

### 1.1 Základní princip asynchronního motoru

Jedná se o točivý elektrický stroj, napájený vícefázovým střídavým elektrickým proudem. Pro svou jednoduchost, spolehlivost a minimální údržbu jde o nejrozšířenější elektrický pohon. Hlavní skutečností, která zajišťuje jeho velkou spolehlivost a bezúdržbový provoz je to, že neobsahuje žádné třecí kontakty (uhlíky) u kterých je nutná občasná výměna vinnou opotřebením. Jedinou částí náchylnější na mechanické poškození jsou zde ložiska. Hlavními částmi motoru je stator a rotor, tok energie mezi nimi je realizován elektromagnetickou indukcí (obecné označení - indukční motor). Jednou z dalších výhod asynchronního motoru je také jeho napájení střídavým napětím, což umožňuje přímé napájení z elektrické sítě. Vynálezcem asynchronního motoru byl Nikola Tesla. Asynchronní motory jsou nejčastěji napájeny trojfázovým střídavým napětím, při použití v jednofázové síti je nutno zajistit ještě fázi s fázovým posunem pro zajištění následného průběhu fází a tím točivého magnetického pole. [5]

### 1.2 Trojfázový asynchronní motor

Trojfázový asynchronní motor je tvořen hlavně dvěma částmi

#### 1.2.1 Stator (pevná část)

Je prakticky stejný jako u synchronních motorů. Je tvořen nosnou kotrrou motoru (litina, hliník, plast), magnetickým obvodem (induktem) složeným obvykle z elektrotechnických plechů o tloušťkách 0,5 a 0,35mm skládaných na sebe vystřihovaných buď z tabulí 2x1m nebo z pásu o šířce 1m, proto se indukt o průměru větším než 1m musí skládat z jednotlivých segmentů, které se v následujících vrstvách překládají. V profilu plechů jsou blíže ke středu

prostřížené drážky daných profilů kvůli uložení vinutí statoru, tvořeného obvykle izolovaným měděným drátem. Izolací je obvykle nástřík laku. U velkých výkonů pak může být statorové vinutí tvořeno profily, popřípadě chlazené.

Jednotlivé konce vinutí jsou pak vyvedeny do svorkovnice. Podle konstrukce motoru (trojfázového): v případě pevně daném propojení statoru tři nebo šest pro volitelné propojení vývodů do hvězdy (Y) nebo trojúhelníku (D).

Některé speciální typy asynchronních motorů mají jiná specifická statorová vinutí daná požadovanými vlastnostmi a určením pohonu, například dvojitá vinutí pro možnost změny otáček, to však platí spíše u motorů starší výroby. Dnes, díky výkonové elektronice, se v případě potřeby proměnných otáček, používají výhradně frekvenční měniče umožňující plynulou změnu bez větších ztrát při zachování jednoduchosti konstrukce asynchronního motoru.

### **1.2.2 Rotor (pohyblivá (rotační) část)**

Nosným prvkem je hřídel dimenzovaná na dané zatížení. Na hřídeli je pak nalisovaný rotorový indukt skládaný z elektrotechnických plechů s drážkami pro vinutí u vnějšího obvodu. V drážkách je uloženo vinutí rotoru. Podle typu motoru je pak různé, nejčastějším případem je takzvaná kotva na krátko, kdy je vinutí rotoru tvořeno měděnými nebo hliníkovými tyčemi vodivě spojenými na obou koncích induktu kruhy. Tento typ vinutí rotoru se nazývá kotva nakrátko nebo kotva klecová. Kruhy se k tyčím vynutí obvykle přivařují nebo jsou vytvořeny jako nálitky.

Speciální typy asynchronních motorů mají rotor vinutý (kotva kroužková). Obvykle je to dáno nutností plynulého rozběhu motoru. V drážkách je pak uloženo trojfázové vinutí z izolovaných vodičů obvykle spojené do hvězdy. Jednotlivé konce vinutí rotoru jsou vyvedeny na sběrné kroužky na hřídeli rotoru a pomocí kartáčů spojeny například s odporovým měničem umožňující postupnou změnu impedance rotoru a tím plynulejší rozběh při nižším rozběhovém proudovém rázu. Po plném rozběhu motoru se pak obvykle

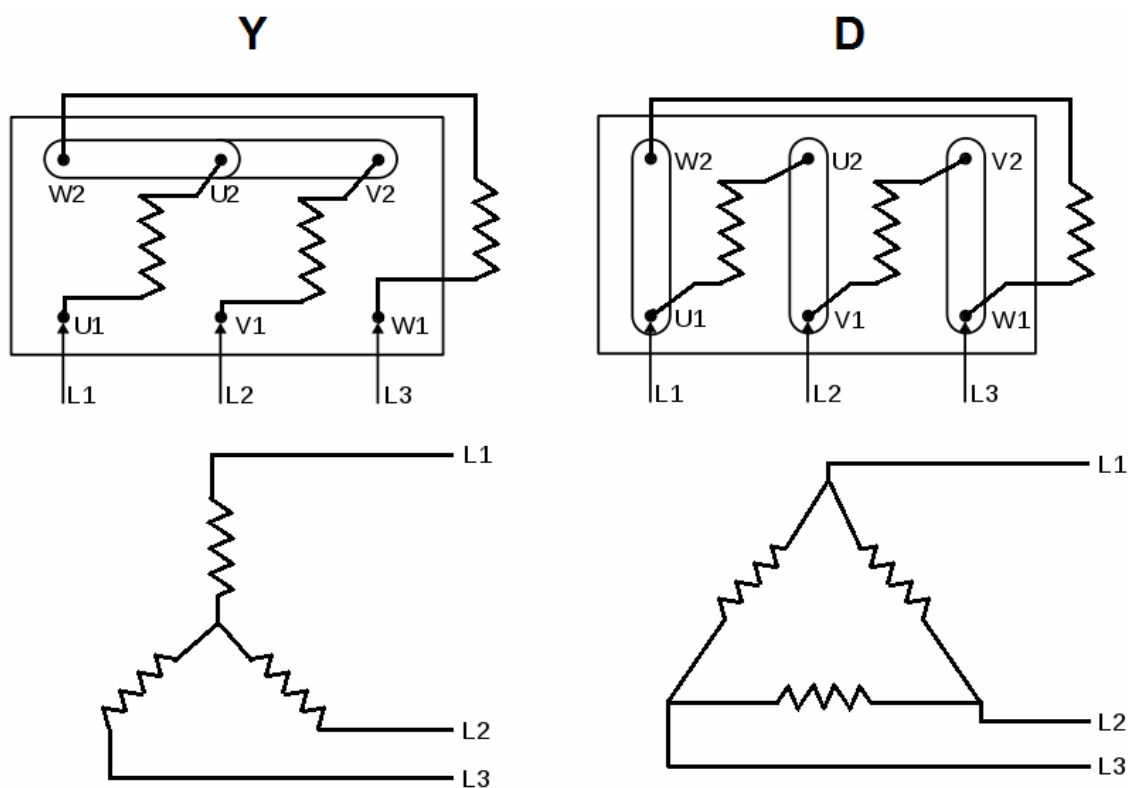
kartáče odpojí a kotva se spojí nakrátko. Někdy se těchto měničů využívá přímo pro trvalou regulaci otáček motoru.

### 1.3 Zapojení svorkovnice

U menších trojfázových motorů s daným zapojením Y nebo D se do svorkovnice vyvádějí jen 3 konce vinutí pro přímé připojení napájecích fází. V případě volitelného zapojení Y/D se do svorkovnice motoru vyvádí všech 6 konců jednotlivých fázových vinutí statoru tak, aby se pomocí svorkových mostů daly jednoduše spojit

do hvězdy nebo do trojúhelníku nebo připojit na přepínač Y/D.

### 1.4 Realizace svorkovnice pro zapojení Y/D



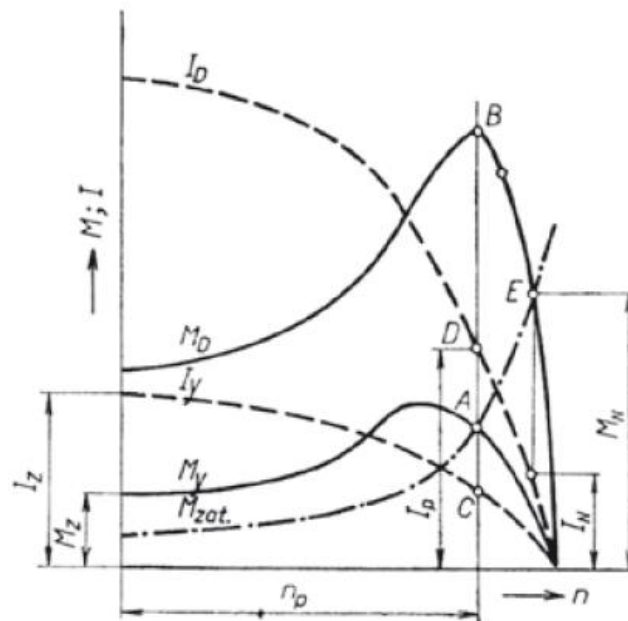
Obr. 1.4.1 Svorkovnice pro zapojení Y/D

Při zapojení motoru do hvězdy jsou na každou fázi připojena 2 vinutí. Což znamená dvojnásobnou impedanci, nižší proud, výkon i moment motoru. Zapojením motoru do trojúhelníku klesne impedance vinutí (zapojeno jedno vinutí na každou fázi) zvýší se proud, výkon moment a otáčky motoru.

#### 1.4.1 Použití přepínače Y/D

Záběrový proud asynchronního motoru dosahuje při rozběhu hodnot zkratového proudu. Proto se do běžné sítě dovoluje v zapojení do trojúhelníku připojit motor maximálně do výkonu 3kW. Větší motory pak musí mít pozvolnější rozběh, aby záběrový proud nebyl tak vysoký. Základním způsobem je vybavení motoru proměnným přepínačem zapojení Y/D. Při spuštění motoru přepínačem Y/D dochází ke dvěma menším proudovým nárazům, první vznikne při připojení statoru k síti, druhý při přepnutí z hvězdy do trojúhelníku. Při sepnutí motoru s vinutím do hvězdy vznikne v síti proudový náraz  $I_Z$  a na hřídeli vznikne moment  $M_Z$ . Během rozběhu se zmenšuje proud podle charakteristiky  $I_Y$ , moment má průběh podle charakteristiky  $M_Y$  a otáčky se zvyšují. Ke zvyšování dochází až do hodnoty  $n_p$  odpovídající bodu A, což je průsečík  $M_{zat}$  a  $M_Y$  – to je nejvhodnější okamžik pro přepnutí z Y do D. Při tomto přepnutí dojde k druhému proudovému nárazu odpovídající úsečce CD a statorový proud se při dalším průběhu zmenšuje podle charakteristiky  $I_D$ . S proudovým nárazem se současně zvětší moment z bodu A do bodu B na charakteristice  $M_D$ . Rozběh motoru končí, když se otáčky již dále nezvyšují, tj. v průsečíku E charakteristiky  $M_D$  a  $M_{zat}$ .

## 1.4.2 Rozběhová charakteristika



Obr. 1.4.2 Rozběhová charakteristika Y/D

## 1.4.3 Poměr proudů Y/D

$$\frac{I_Y}{I_D} = \frac{\frac{I_D}{\sqrt{3} \cdot Z}}{\frac{\sqrt{3} \cdot U_S}{Z}} = \frac{1}{3}$$

(1.4.3.1)

$$I_Y = \frac{1}{3} I_D$$

(1.4.3.2)

## 1.4.4 Princip funkce asynchronního motoru

Princip funkce spočívá ve vzájemné indukci mezi státorem a rotorem. Ve statoru se indukují střídavé magnetické pole. Díky fázovému posunu mezi jednotlivými fázemi vinutí statoru se vytváří točivé magnetické pole. Rychlost otáčení tohoto pole je závislá na počtu pólů a frekvenci napájecího napětí.

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} \quad [\text{min}^{-1}]$$

(1.4.3.3)

Působení točivého magnetického pole na rotor v něm indukuje magnetické pole. Toto pole se s polem statoru odpuzuje a je unášeno, dochází tak k otáčení rotoru. Rychlost otáčení magnetického pole statoru je vždy větší než otáčky rotoru, poměr mezi nimi se nazývá skluz (s). [4]

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \cdot 100 \quad [\%]$$

(1.4.3.4)

Výkon asynchronního motoru:

$$P = (3 \cdot U \cdot I \cdot \cos \cdot \varphi) \cdot \eta [\text{W}]$$

(1.4.3.5)

Účinnost asynchronního motoru:

$$\eta = \frac{P}{p} = \frac{p}{P + \Delta P_{\text{tot}}} \quad [-]$$

(1.4.3.6)

Ztráty asynchronního motoru:

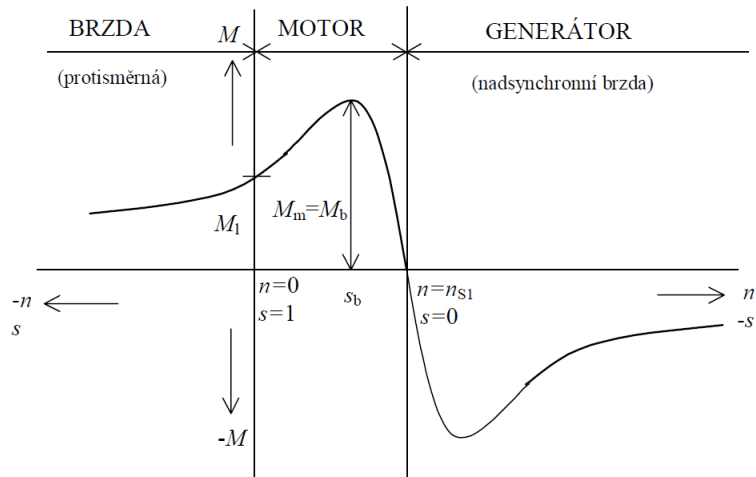
$$P_{\text{tot}} = \Delta P_{\pi} - \Delta P_{\text{Fe}} - \Delta P_{\text{d}} - \Delta P_{\text{J2}} - \Delta P_{\text{mec}} \quad [\text{W}]$$

(1.4.3.7)

Moment asynchronního motoru:

$$M = \frac{2 - M_m}{\frac{s}{s_b} + \frac{s_b}{s} n_s} \text{ [Nm]}$$

(1.4.3.8)



Obr. 1.4.4 Momentová charakteristika asynchronního stroje

Pokud  $s > 0 \Rightarrow$  režim motoru

Pokud  $s = 0 \Rightarrow M = 0[\text{Nm}]$

Pokud  $s < 0 \Rightarrow$  funguje asynchronní motor jako generátor.



## 2. Popis konstruovaného motoru

<b>Typ</b>	asynchronní motor s kotvou na krátko, zapojení Y/D
<b>Rotor</b>	kotva klecová nakrátko, ukotvená v ložiskových štítech
<b>Vinutí statoru</b>	trojfázové, dimenzované pro zapojení Y/D
<b>Napájecí napětí</b>	střídavé symetrické trojfázové 3x400V

### 2.1 Obecný popis asynchronního motoru

#### 2.1.1 Označení konstrukčního provedení motoru

IM (International Mounting) – značení konstrukčního provedení

IM x x x x

1. Číslice - číselné označení skupiny konstrukčního provedení (1-9)
- 2,3. Číslice - označení způsobu montáže
4. Číslice - číselné označení volného konce hřídele

#### Konstrukční provedení vybraného motoru

##### Základní provedení

IM 1001 - stroj s patkami a dvěma ložiskovými štíty, s horizontálním hřídelem, jeden válcový vývod hřídele.

## **Alternativní provedení**

IM 2001 - stroj s patkami, dvěma ložiskovými štíty s přírubou na jednom z nich. S horizontálním hřídelem, jeden válcový vývod hřídele.

IM 3001 - stroj bez patek se dvěma ložiskovými štíty s přírubou na jednom z nich. S horizontálním hřídelem, jeden válcový vývod hřídele.

### **2.1.2 Druh a způsob krytí elektrického stroje**

IP (Internatinonal Protection) – značení krytí

IP x x

1. Číslice – krytí elektrického stroje před nebezpečným dotykem a proti vniknutí jiných předmětů (0-6).
2. Číslice – krytí elektrického stroje před vniknutím vody (0-8).

### **Provedení krytí vybraného motoru**

IP 44 – jinak nazývané také jako stroje zavřené. První číslice (4) značí ochranu proti dotyku živých a otáčivých částí stroje nástrojem o průměru větším než 1mm, rovněž proti vniknutí jiných pevných předmětů o průměru větším než 1mm. Druhá číslice (4) označuje stroj chráněný proti vodě tryskající ze všech směrů.

### **2.1.3 Provedení stroje dle způsobu chlazení**

IC (International Cooling) značení chlazení

IC y xx

1. Znak písmenový – druh chladiva. V případě chlazení vzduchem A (air) se tento znak může vynechat, protože se bere jako základní chladivo.
2. Číslice – způsob oběhu chladiva.

V případě složitějších výkonových strojů se používají i další značení (IC y xx y xx) označující druh a způsob oběhu primárního a sekundárního chladiva nebo zvlášť chlazení statoru a rotoru.

### **Provedení chlazení vybraného motoru**

IC 01-41 - chlazen ofukováním. Chladicí vzduch je proháněn kolem vnějšího povrchu kostry motoru opatřené podélným žebrováním pomocí ventilátoru umístěného vně stroje na opačném konci hřídele než je pohon. Ofukující vzduch má směr usměrňován oddělitelným plechovým krytem kolem ventilátoru. [1]

#### **2.1.4 Tabulkové údaje vybraného motoru**

Výrobce – MEZ Mohelnice

Motor napájený trojfázovým napětím - 3x400/230V 50Hz

Typ – AF 444/6A /11

Krytí – IP44/g

Tvar – H0

Možnost provozu - nepřetržitý

Možnost zapojení statoru – Y/D

Výkon – 3kW

Otáčky – 935ot/min

Provozní proud – 7,1/12,3A

Typ izolace vinutí – H

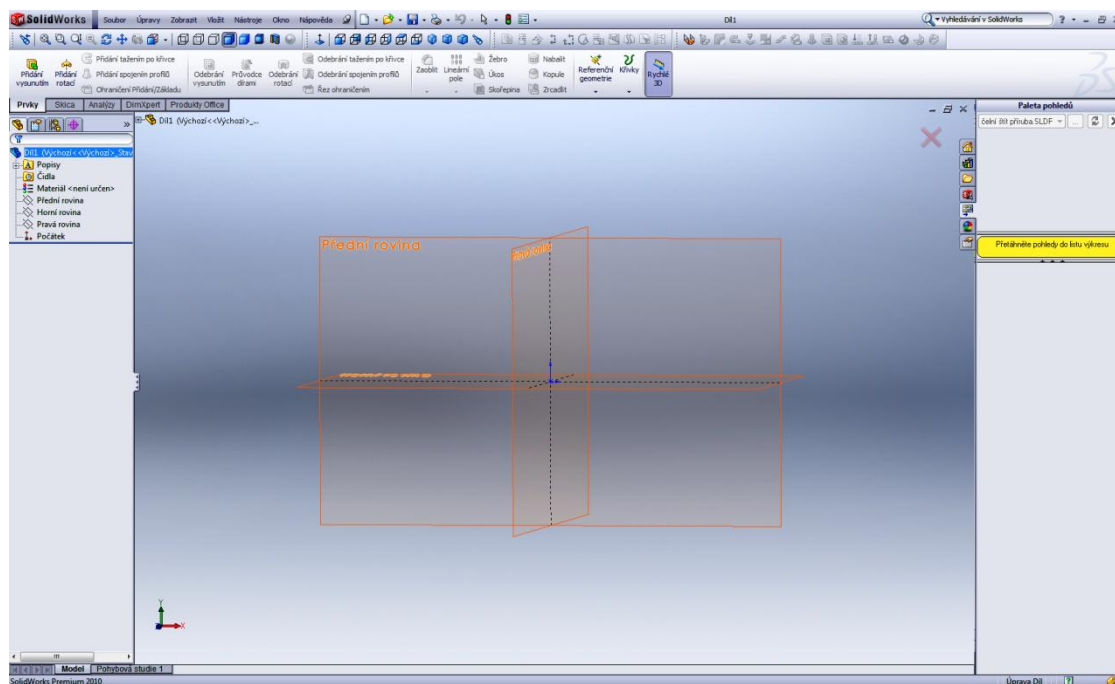
Hmotnost – 60kg

Rok výroby – 1963

## **3. SolidWorks**

### **3.1 Obecný popis programu**

Program SolidWorks je parametrický objemový i plošný modelář postavený na technologii jádra Parasolid. Prostředí ovládání programu SolidWorks je zpracováno v designu a ovládání platformy Windows díky tomu je práce s tímto programem velmi intuitivní. Pružnost práce také zvyšuje plná asociace kót, které aktualizují i rozměr součásti podle změny hodnot y kóty. Základní program umožňuje vytvářet 3D modely a z nich přímé generování výkresové dokumentace. Kromě obvyklých funkcí výkonného objemového modeláře pro strojírenství disponuje i pokročilými funkcemi pro návrh plastových dílů, plechových dílů, forem a svařenců. K základnímu programu lze připojit další balíčky (toolboxy) obsahující databáze šroubů, ložisek, materiálů a dalších normalizovaných produktů používaných v konstrukcích. Dále podporuje komunikaci s dalšími CAD programy. SolidWorks má technologii pro práci s rozsáhlými sestavami. K dalším nadstavbám, které vnikaly s novými verzemi programu, patří simulace a animace. To vše dělá ze softwaru SolidWorks vynikající nástroj pro projektování v nejdůležitějších odvětvích dnešního průmyslu a designu. [3]



Obr 3.1 Pracovní prostředí SolidWorks

## 3.2 Základ práce v programu SolidWorks a orientace v prostředí

Po spuštění programu si zvolíme práci s díly, sestavou nebo výkresy.

### 3.2.1 Tvorba dílu

V případě dílu se nám otevře 3D prostředí s určenými osami X, Y, Z. Při vytváření dílu v tomto prostředí je díl stále na stejném místě definovaném osami, pro potřebu pohledu na díl z jiné strany se v tomto prostředí uživatel pohybuje jako „kamera“ na místo toho, aby pohyboval dílem.

Nejprve zvolíme rovinu, na které chceme začít pracovat, základní jsou pravá, přední a horní, popřípadě je zde možnost zvolit si vlastní *referenční* rovinu v libovolné vzdálenosti a úhlu oproti základním rovinám. Později se dá jako rovinu pro tvorbu skici zvolit jakákoli rovinu na již vytvořeném díle. Na vybrané rovině vytvoříme základní 2D skicu za použití funkcí (přímka, čtverec, kružnice, křivka atd.). Rozměry jednotlivých úseček skici je možno

volit buď přímo při jejich rýsování nebo kdykoli později při jejich označení, nebo pomocí funkce *inteligentní kóta*, která upraví velikost úsečky dle zadaného rozměru a zároveň vytvoří ve skice kótu. Narýsovanou skicu je poté možno změnit v 3D objekt pomocí základní funkce *vytažení*, popřípadě umožní vytvořit s pomocí dané osy rotační předmět ze skici funkcí přidání rotace. Většina funkcí pro vytažení 3D objektu ze skici má i svou reverzní funkci pro odstraňování hmoty kresleného objektu.

Již s těmito základními funkcemi je možno vytvářet složité díly. Funkcí je zde samozřejmě mnohem více, jako například zaoblování nebo srážení hran, kosení stěn, volné spojování dvou a více skic a další.

Pro každý díl je možné zvolit si materiál z nabídky. Popřípadě opatřit jeho povrch barvou nebo volitelnou texturou buď přímo předdefinovanou programem, nebo vložением jakéhokoli vlastního obrázku ze souboru.

### 3.2.2 Tvorba sestavy

Při vytváření sestavy z již vytvořených dílů se opět nacházíme ve 3D prostředí. Pomocí funkce *vložit součást* si do prostoru sestavy umístíme základní díl. S každým dílem můžeme v prostředí pohybovat nebo jej otáčet, volně (pohybem myši) nebo po daných osách (X, Y, Z), udáním vzdálenosti nebo úhlu.

Po konečném umístění základního dílu můžeme vkládat díly další. I tyto díly můžeme posouvat a otáčet. Jejich finální fixaci do sestavy zajistíme pomocí funkce *vazba*. Vazbou na sebe můžeme fixovat roviny, hrany nebo kombinace. Základními vazbami zde jsou sjednocená, rovnoběžná, tečná, soustředná, popřípadě je možnost díly od sebe odsadit definováním vzdálenosti nebo úhlu.

Pro tvorbu sestav se dodávají pro program SolidWorks databáze normalizovaných výrobků jako jsou ložiska nebo spojovací materiál. Tyto díly pak není nutné samostatně kreslit, ale jen vybrat z databáze a umístit do sestavy.

Po složení dílů do sestavy je vhodné využít funkci kontroly přesahů. Tato funkce spočítá a zobrazí chyby, kde do sebe díly vzájemně zasahují a umožní tak při vývoji výrobku opravu bez hrozby zjištění chyby až po vyrobení prototypu a tím značně usnadní a zefektivní konstrukční práci. V případě zjištění takového přesahu je možné označený díl přímo

v prostředí sestavy upravit, kdy se okolní díly potlačí a jsou zobrazeny průhledně. Pro samotnou úpravu dílu je možné využít veškeré funkce jako při tvorbě dílu. Možnost oprav těchto chyb je hlavní výhodou modelování výrobku v 3D prostředí proti pouhému kreslení 2D výkresů.

U výrobků je také možné v prostředí sestavy vytvořit podobu rozložení zařízení na jednotlivé díly, popřípadě simulovat postupné rozkládání nebo skládání.

Sestavy dále umožňují simulace pohybu jednotlivých dílů zařízení, kde se opět mohou projevit chyby konstrukce, nebo umožní zlepšit představu o chování a funkčnosti zařízení.

K dalším nadstavbám programu patří i simulace zatížení jednotlivých součástí konstrukce. Tyto simulace pak vyžadují přesné specifikace materiálů dílů a daných spojů sestavy.

### **3.2.3 Tvorba výkresu**

Zde je možno vytvářet standardní 2D výkresy s použitím veškerých funkcí, které obsahuje tvorba skic při tvorbě dílů. Popřípadě je zde možno otevřít již hotový díl a vyexponovat si zde z něj pohledové výkresy s možností výběru pohledů zobrazení nebo potlačení neviditelných hran, nebo možnost částečných řezů pro přesnější zobrazení neviditelných hran. Dále umožňuje vytváření řezových pohledů pro snadnější představu tvaru a kótování ve 2D výkresech.

Pro okótování rozměrů je možné použít standardní funkci kóty nebo některou z dalších voleb jako je kótování zkosení, souřadnicovou nebo řezovou kótu, kótu od základny a další. Pro usnadnění je zde také funkce automatického kótování (využitelná spíše u jednodušších výkresů, u složitějších často kótuje nepřehledně). Vytvořený výkres je pak možné uložit v libovolném formátu - uživatelském (jpg, pdf, ...) nebo pro další CAD zpracování a jako program NC strojů (dxf, dwg, ...).

### 3.3 Postup při tvorbě modelu vybraného motoru

- Proměření jednotlivých dílů stroje, jejich zakreslení do jednoduchých náčrtů. Pořízení pohledových fotografií pro představu podoby stroje a orientaci v náčrtech.
- Vymodelování jednotlivých dílů stroje v CAD programu SolidWorks.
- Tvorba sestavy z dílů definice vazeb. Následná úprava některých dílů z důvodu přesahů v rozměrech zjištěných, přesazích mezi díly způsobených obtížností přesného měření na stroji daného složitostí reálného dílu a vrstvou barvy na dílech stroje.
- Vymodelování některých alternativních dílů (přírubový čelní štít) nebo dílů nepřímo určených pro podobu modelu (jednotlivé plechy magnetického obvodu stroje). V modelu byl použit magnetický obvod jako homogenní celek pro snížení náročnosti modelu.
- Tvorba rozloženého pohledu stroje. A vykreslování pohledů stroje do obrázkového formátu.
- Po doladění nepřesností a eliminaci veškerých přesahů. Tvorba 2D výkresové dokumentace jednotlivých dílů přímo vytvářených z 3D modelů. Tvorba řezů a kótování veškerých dalších dílů a výkresů stroje pro potřebu výroby.



## 4. Nabídka pro prodej (katalog stroje)



*Obr 4.1 Nízkonapěťový asynchronní motor*

### **Nízkonapěťový asynchronní motor**

Trojfázový asynchronní motor nakrátko

Osová výška: 140mm

Výkon: 3kW

Otáčky: 935 min<sup>-1</sup>

## **Obsah**

1. Základní provedení
2. Odvozená provedení
3. Označení tvaru

## **Elektrické údaje**

4. Napětí a kmitočet, otáčky
5. Výkon, účinník, výkonový štítek
6. Tolerance elektrických hodnot
7. Připojení motoru
8. Izolace
9. Práce s frekvenčním měničem

## **Mechanické údaje**

10. Chlazení, ventilace
11. Nátěr
12. Ložiska
13. Zatížení hřídele

## **Technická data**

14. Základní řada
15. Rozměry motoru
16. Rozměry příruby
17. Náhradní díly

## Všeobecné údaje

Trojfázový asynchronní motor určený k pohonu průmyslových zařízení např. ventilátorů, čerpadel, obráběcích strojů, lisů apod., lze ho používat pro prostředí mírného klimatu, ve zvláštních provedeních i v jiných klimatických podmínkách.

## Základní provedení

### **Za základní provedení se považuje trojfázový asynchronní motor nakrátko**

- motor je v litinové kostře se svorkovnicí šikmo na pravé straně (z pohledu vývodové hřídele), s jedním válcovým koncem hřídele v patkovém nebo přírubovém
- svorkovnicová skříň má vstupy provedeny šroubovacími průchodkami typu PG21 popřípadě záslepkami průchodů dodávanými výrobcem.
- ložiskové štíty jsou z litiny na straně pohonu opatřené kovovou prachovkou bránící znečištění vnitřního prostoru motoru možné opatřit CD kroužkem pro lepší těsnost.
- krytí IP44 - motor zavřený
- vlastní povrchové chlazení IC 01-41 chlazen ofukováním
- pro trvalé zatížení S1
- pro jmenovitá napětí 230V /400V, 50 Hz
- pro teplotu okolí od -30°C do +40°C
- s izolačním systémem teplotní třídy izolace F s oteplením ve třídě B
- pro nadmořskou výšku do 1000 m
- s vnějším nátěrem, barevný odstín RAL 5017
- jiné mechanické a elektrické úpravy motoru jsou možné pouze po dohodě s výrobcem.

## Popis provedení motorů

Motor je v provedení jako trojfázový asynchronní motor s rotorem nakrátko, krytí IP44 je dosaženo uzavřeným provedením a prachovkou na vstupní straně volného hřídele. Ventilátor je hliníkový čtyřlístý, výška 157mm, kryt ventilátoru z ocelového plechu. Statorové vinutí je z

měděného vodiče. Rotorová klec je odlita z litiny. Svazek rotoru je nalisován na tisícíhran hřídele a vyvážen. Hřídel rotoru je opatřena drážkou na pero na volném konci výstupní hřídele, uložen v kuličkových ložiskách. Volný konec hřídele motoru je opatřen vnitřním závitem M6 hloubky 15mm. Patky jsou odlity z litiny přišroubovány ke kostře, jsou symetrické a tím zaměnitelné levá za pravou.

Základní provedení konstrukce je IM 1001 - s patkami a dvěma ložiskovými štíty, jeden válcový vývod hřídele.

Je možnost si motor objednat v alternativním provedení konstrukce IM 2001 - s patkami, dvěma ložiskovými štíty s přírubou na jednom z nich. Jeden válcový vývod hřídele opatřený drážkou na pero, nebo IM3001 - bez patek se dvěma ložiskovými štíty s přírubou na jednom z nich. Jeden válcový vývod hřídele opatřený drážkou na pero.

## Elektrické údaje

Jmenovité napětí	Rozsah jmenovitých napětí
$\Delta/Y$ 230/400V 50Hz // Y 460V 60Hz	$\Delta$ 220-240V/Y 380-420V 50Hz // Y 440-480V 60Hz

## Jmenovitá napětí

ČSN IEC 38 stanoví pro síťová napětí 230V, 400V a 690V toleranci  $\pm 10\%$ . Dle ČSN EN 60 034-1 platí pro motory tolerance napětí  $\pm 5\%$ .

Pro rozsah jmenovitého napětí platí navíc tolerance  $\pm 5\%$  dle ČSN EN 60 034 při jejímž využití se smí překročit nejvyšší dovolené oteplení tepelné třídy izolace o 10K.

Pro všechna zvláštní napětí platí tolerance dle ČSN EN 60 034-1.

## Otáčky a směr otáčení

Jmenovité otáčky platí pro jmenovitá data. Synchronní otáčky se mění přímo úměrně se síťovým kmitočtem. Motor je vhodný pro směr otáčení vpravo i vlevo. Při připojení U1, V1, W1 na L1, L2, L3 se motor otáčí vpravo při pohledu na hnací konec hřídele. Opačný směr se dosáhne záměnou dvou napájecích fází.

## Výkon

Jmenovitý výkon platí pro trvalé zatížení S1 dle ČSN EN 60 034-1 při kmitočtu 50Hz, teplotě okolí a chladiva do 40°C a montáži stroje v nadmořské výšce do 1000m. Motor je proveden v tepelné třídě izolace F, využití odpovídá tepelné třídě B.

## Teplota okolí

Motory lze v normálním provedení použít pro teploty okolí od -30°C do +40°C.

## Výkonový štítek

Motor je opatřen výkonovým štítkem viz obrázek 4.2. Účinník motoru je 0,86.

MEZ MOHELNICE					
MOT 3	~	TYP	AF 444/6A	/11	
IP44/g	TVAR	H0	č.	2504373	
3.0	kW	∞	min	50	Hz
Y / Δ	400/230	V	935	ot/min	
7.1/12,3			A	IZOL.	E
			60	kg	1963

Obr. 4.2. Výkonový štítek motoru

## **Opětné zapnutí do zbytkového napětí v protifázi**

Opětné zapnutí po výpadku síťového napětí proti 100% zbytkovému napětí je možné.

## **Izolace**

Vysoce kvalitní lakované dráty a plošné izolační materiály ve spojení s bezrozpouštědlovou pryskyřičnou impregnací tvoří vynikající izolační systém, který garantuje vysokou mechanickou a elektrickou pevnost, jakož i vysokou užitnou hodnotu a dlouhou životnost motoru. Izolace dokonale chrání vinutí před vlivem agresivních plynů, par, prachu, oleje, zvýšenou vlhkostí vzduchu a odolává běžnému namáhání vyvolaného vibracemi. Motor je proveden v tepelné třídě izolace F. Využití motoru odpovídá při jmenovitém výkonu a síťovém provozu tepelné třídě B.

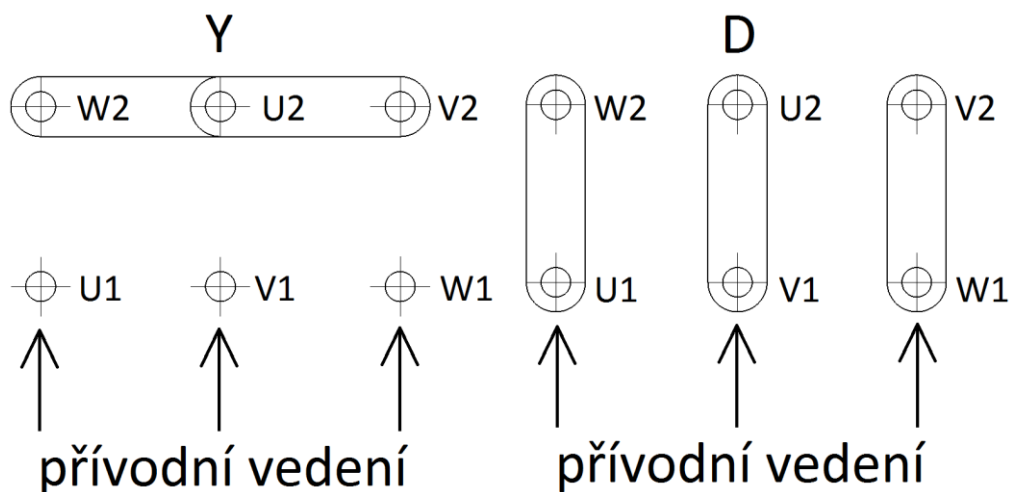
## **Ochranné svorky**

Motor je opatřen jednou svorkou ochranného uzemnění umístěnou uvnitř krytu svorkovnice. Pro případ potřeby vnějšího zemnicího vývodu je na vnějšku na spodní části svorkovnice k tomu určené místo. Obě připojovací místa jsou označena příslušnou značkou zemnění.

## **Připojení motorů**

Síťové přívody musí být dimenzovány podle platných technických norem a doporučení výrobce kabelů. Svorky kontaktů ve svorkovnici jsou šroubové se závitem M3 opatřené mosaznými podložkami pro pevné uchycení kabelových oček. Motor lze připojit přímo do zapojení Y nebo D (způsob zapojení změnou lamel ve svorkovnici motoru), nebo přes přepínač Y/D pro regulaci a snížení záběrového proudu.

## Schéma připojení svorkovnice motoru Y/D



## Provoz motor s frekvenčním měničem

Motor může být provozován při napájení ze statického měniče kmitočtu. Všechna data výkonů a parametrů motoru v tomto katalogu platí pro kmitočet 50Hz napájení ze sítě.

Izolace motoru je navržena tak, že je možný bezporuchový provoz s frekvenčními měniči o napětí do 500V. Při připojování motoru k frekvenčním měničům je nutné užití maximálních přípustných průřezů přívodních vodičů.

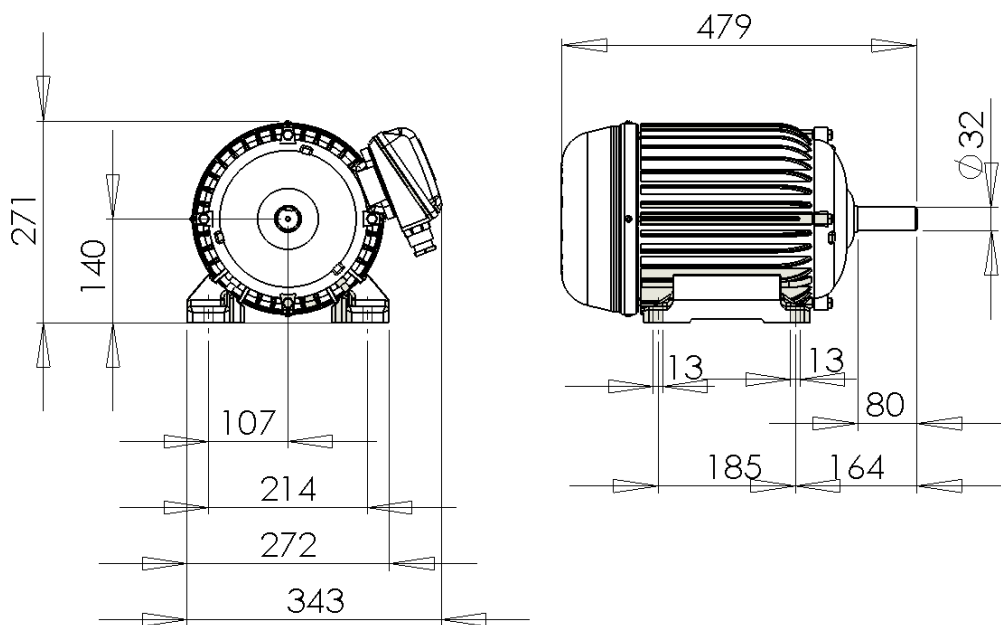
## Chlazení a ventilace

Motor je opatřen radiálním ventilátorem, který chladí nezávisle na směru otáčení motoru (chlazení IC 411 podle ČSN EN 60 034-6). Při instalaci v uzavřených prostorech s omezeným přívodem vzduchu je potřeba zajistit umístění motoru v dostatečné vzdálenosti od stěny, aby bylo umožněno dostatečné proudění vzduchu kolem motoru a sání do ventilátoru z důvodu chlazení.

## Ložiska

V obou ložiskových štítech je uloženo valivé jednořadé kuličkové ložisko typu \*6307. Životnost ložisek motoru při vodorovné montáži při připojení na zařízení bez dalšího axiálního zatížení a napájení ze sítě 50Hz je min. 40 000 hod, s využitím maximálních dovolených zatížení se životnost snižuje asi na polovinu. Na přání lze za příplatek motor vybavit ložisky se zvýšenou odolností v axiálním směru.

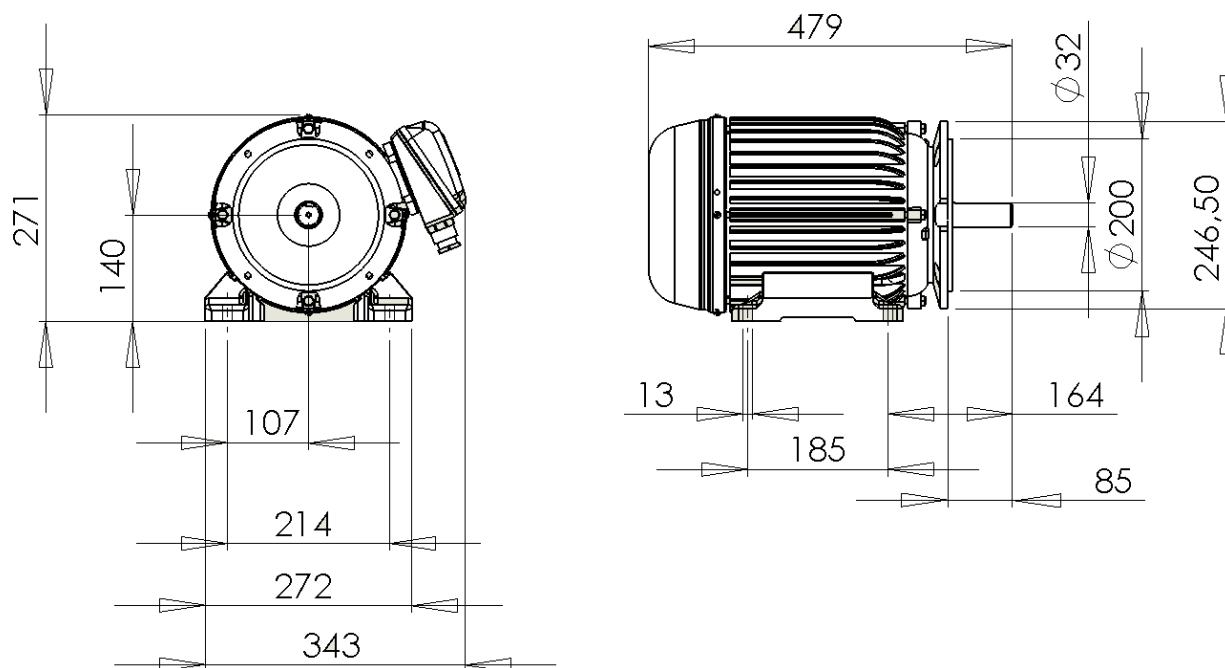
## Základní rozměry motoru



Obr. 4.3 Základní rozměry motoru

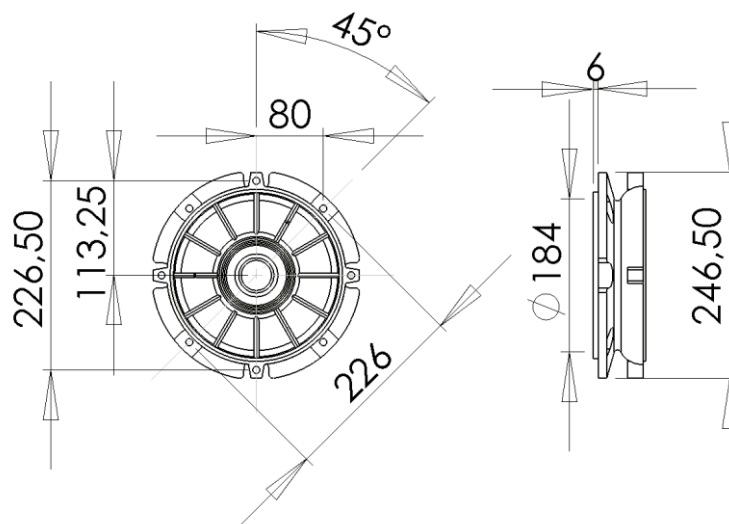


### Základní rozměry motoru s přírubou



Obr. 4.4 Motor s přírubou

### Rozměry příruby



Obr. 4.5 Příruba

## Náhradní díly podle obr. 4.6

### **1.00 Ložiskový uzel – čelní strana**

- 1.01 Čelní ložiskový štít
- 1.02 Čelní ložiskový štít s přírubou
- 1.03 Prachovka
- 1.04 Ložisko \*6307, 2ks
- 1.05 Šroub 8x25mm, 4ks

### **2.00 Ložiskový uzel – zadní strana**

- 2.01 Zadní ložiskový štít
- 2.02 Šroub 8x40mm, 2ks
- 2.03 Přítlak ložiska

### **3.00 Rotor - kompletní (hřídel, MG obvod, klec)**

### **4.00 Stator - kompletní (kostra, MG obvod, vinutí).**

- 4.01 Patice, 2ks
- 4.02 Šroub 10x30mm, 4ks
- 4.03 Štítek údajů
- 4.04 Nýt 3x10mm, 4ks

### **Kompletní sestava ventilátoru**

- 5.00 Vrtule ventilátoru
- 5.01 Šroub 6x40mm se samojistící maticí, 2 ks

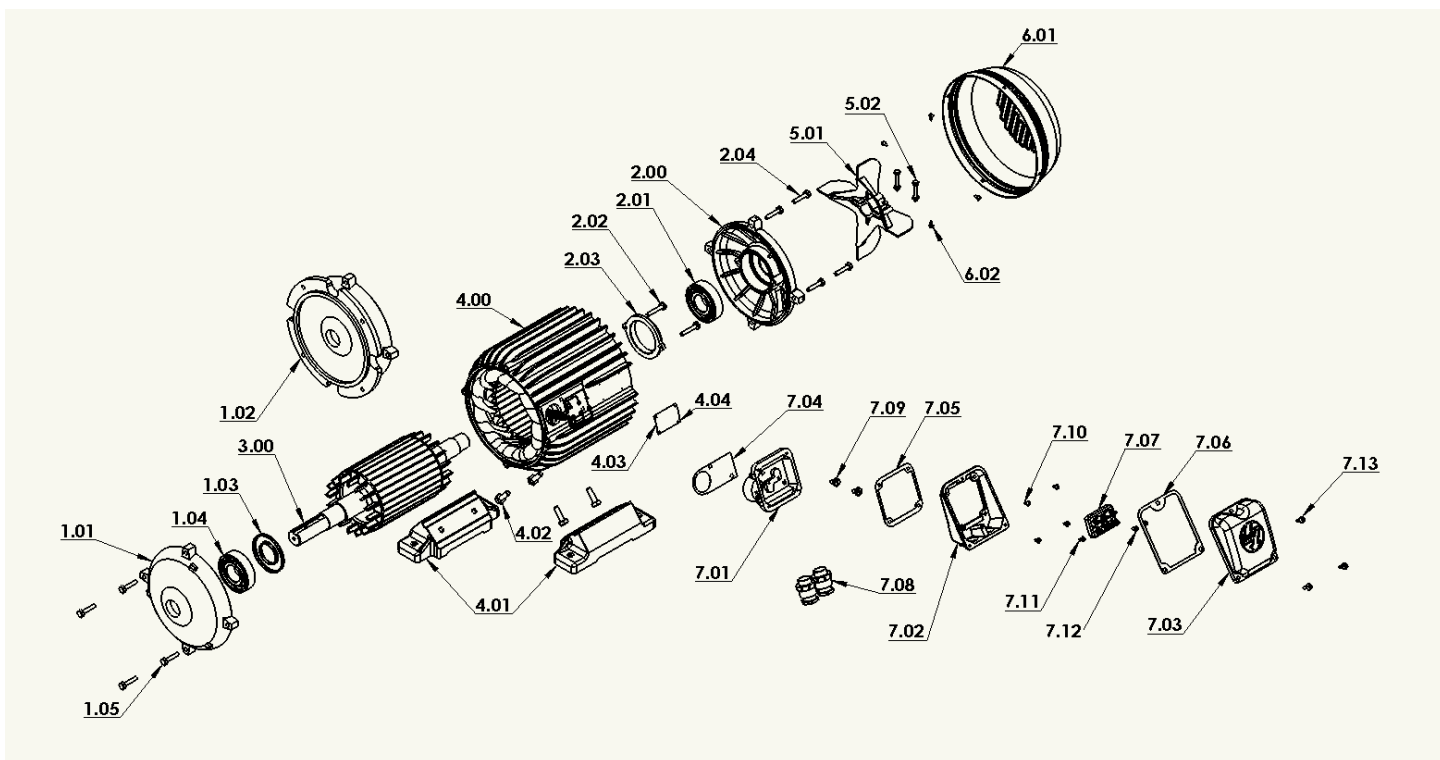
### **Kompletní kryt ventilátoru**

- 6.00 Kryt ventilátoru
- 6.01 Šroub 5x10, 4ks

### Kompletní svorkovnice

- 7.00 Držení svorkovnice
- 7.01 Spodní díl svorkovnice
- 7.02 Kryt svorkovnice
- 7.03 Spodní těsnění svorkovnice
- 7.04 Prostřední těsnění svorkovnice
- 7.05 Těsnění krytu svorkovnice
- 7.06 Svorkový most
- 7.07 Průchodka PG21, 2ks
- 7.08 Šroub 8x12mm, 2ks
- 7.09 Šroub 5x10mm, 4ks
- 7.10 Šroub 5x10mm - mosaz
- 7.11 Šroub 5x10mm, 2ks
- 7.12 Šroub 6x10 3ks

### Rozkreslení dílů



Obr. 4.6 Rozkreslení náhradních dílů

## **Závěr**

Z vytvořeného 3D modelu stroje byly vykresleny některé pohledy a jsou v přílohách práce. Součástí příloh je tato práce v elektronické podobě na CD, kde je samotný 3D model pro program SolidWorks, vytvořené animace a také všechny pohledové výkresy. Některé vybrané pohledové výkresy jsou také součástí tištěné podoby práce v příloze. Popis funkce asynchronního motoru je v úvodním popisu stroje zobecněn, protože není předmětem této práce. Větší prostor je zde dán popisu označování, vlastností a provedení motoru. Popis práce v programu SolidWorks je zde pro představu hrubě nastíněn a měl by vytvořit představu o práci v tomto programu. V poslední části práce pod Obr. 4.1 začíná samotný prodejní katalog, ze kterého jsou zřejmé všechny parametry a vhodnost použití tohoto asynchronního motoru včetně rozměrů a možností montáže.

## Použitá literatura

- [1] KOPYLOV, Igor Petrovič. *Stavba elektrických strojů*. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1988. 685 s.
- [2] VLÁČILOVÁ, Hana. *Základy práce v CAD systému SolidWorks*. Brno : Computer Press, 2006. 319 s.
- [3] VLÁČILOVÁ, Hana. *Základy práce v CAD systému SolidWorks 2. aktualizované vydání*. Brno : Computer Press, 2008. 326 s.
- [4] ČERVENÝ, Josef. *Projektování elektrických zařízení*. Plzeň : Západočeská univerzita, 2008. 81 s.
- [5] BARTOŠ, Václav. *Stavba elektrických strojů*. Plzeň : Západočeská univerzita, 2008. 230 s.
- [6] Berka, Š.: *Elektrotechbická schemata a zapojení 1, Základní prvky a obvody*. Praha: Nakladatelství BEN – technická literature, 2008
- [7] [3epraha.cz/solidworks](http://www.3epraha.cz/solidworks) [online]. 2011 [cit. 2011-05-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.3epraha.cz/solidworks>>.
- [8] [solidworks.webnode.cz](http://solidworks.webnode.cz) [online]. 2010 [cit. 2011-05-12]. Dostupné z WWW: <[Http://solidworks.webnode.cz](http://solidworks.webnode.cz)>.
- [9] [Top-tech.cz](http://top-tech.cz) [online]. 2007 [cit. 2011-06-01]. Dostupné z WWW: <<http://top-tech.cz/>>.

## Přílohy

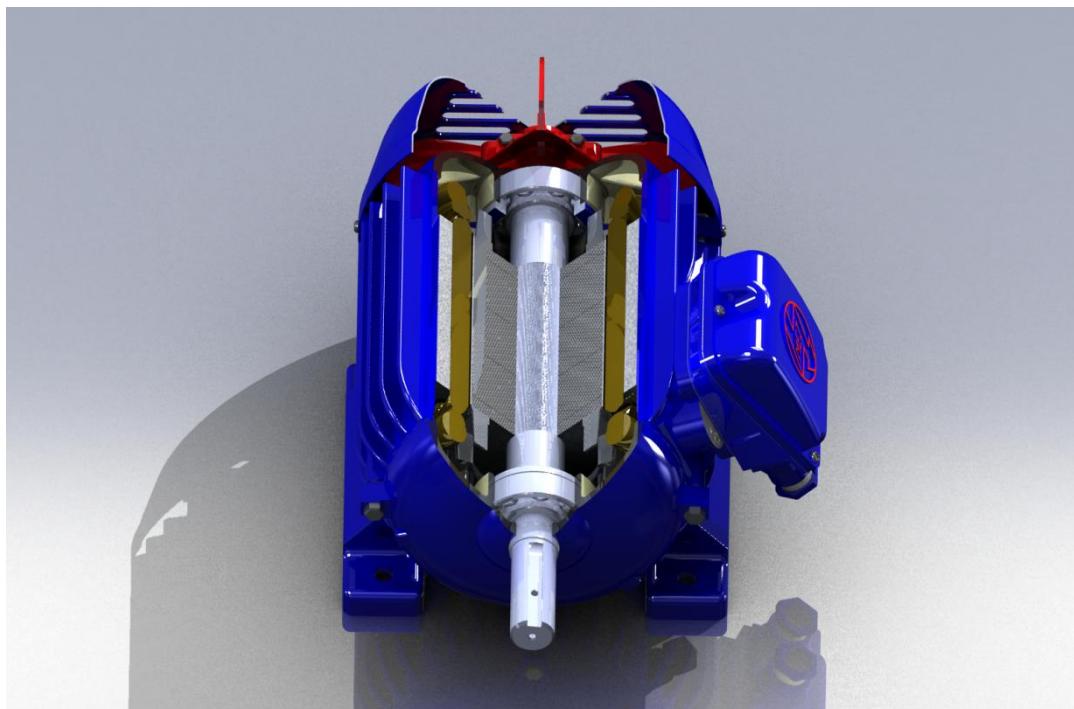
### Vykreslený 3D model motoru



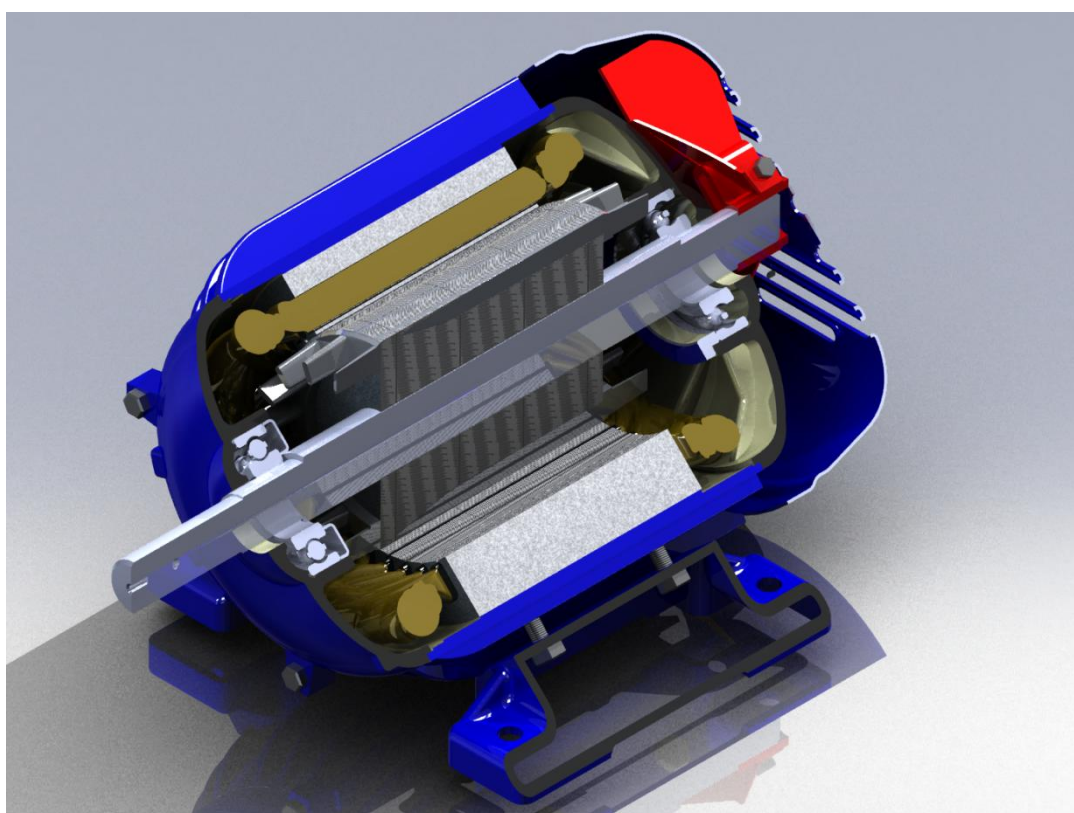
*Motor ve tvaru IM 3001*



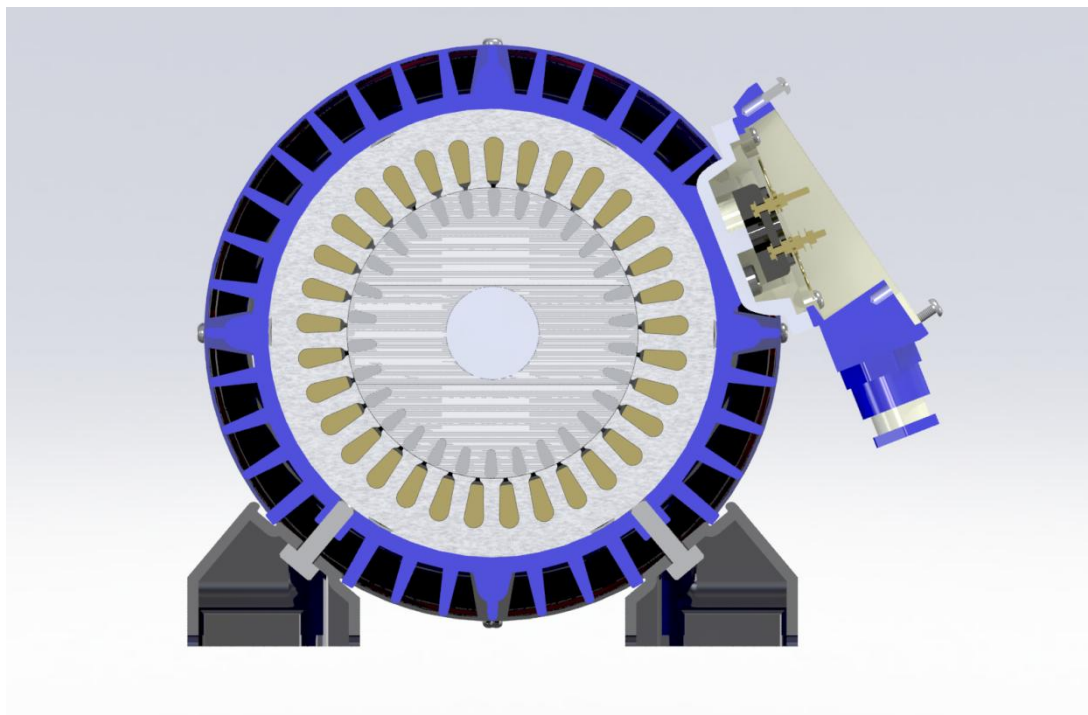
*Motor ve tvaru IM 2001*



*“V“ výřez vinutím*



*Šikmý řez 45°*



*Řez čelní v půlce svorkovnice*



*Izometrický pohled (demontovaný čelní štít a kryt svorkovnice)*



## **Vybrané 2D pohledové výkresy**

1. Celkový pohled na motor
2. Plech magnetického obvodu statoru
3. Plech magnetického obvodu rotoru