

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2341 Strojní inženýrství

Studijní zaměření: Strojírenská technologie – technologie obrábění

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Autor: **Bc. Markéta TOMŠÍKOVÁ**

Vedoucí práce: Ing. Miroslav Zetek, PhD.

Akademický rok 2016/2017

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**

**Fakulta strojní**

**Akademický rok: 2016/2017**

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

**(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)**

**Jméno a příjmení: Bc. Markéta TOMŠÍKOVÁ**

**Osobní číslo: S16N0006P**

**Studijní program: N2301 Strojní inženýrství**

**Studijní obor: Strojírenská technologie - technologie obrábění**

**Název tématu: Optimalizace technologie výroby statoru asynchronního motoru pro Škoda Electric a.s.**

**Zadávací katedra: Katedra technologie obrábění**

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

1. Úvod
2. Rozbor současného stavu
3. Popis a návrh vlastního řešení
4. Ověření navržené technologie včetně časové analýzy optimalizované technologie
5. Závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah kvalifikační práce: **50 - 70 stran**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**  
Seznam odborné literatury:

- **UHLÍŘ, Ivan a kol. Elektrické stroje a pohony. Vyd. 2., přeprac. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. 137 s. ISBN 978-80-01-03730-0.**
- **STANĚK, Jiří a NĚMEJC, Jiří. Metodika zpracování a úprava diplomových (bakalářských) prací. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2005. 58 s. ISBN 80-7043-363-9.**
- **VASILKO, Karol a Jan MÁDL. Teorie obrábění. Ústí nad Labem: FVTM, UJEP, 2012. ISBN 978-80-7414-459-2.**
- **Interní dokumenty firmy**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Miroslav Zetek, Ph.D.**  
Katedra technologie obrábění  
Konzultant diplomové práce: **Ing. František Bém**  
ŠKODA ELECTRIC a.s. Plzeň

Datum zadání diplomové práce: **17. října 2016**  
Termín odevzdání diplomové práce: **2. června 2017**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.  
děkan



Doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 19. října 2016

### **Prohlášení o autorství**

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

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne: .....

.....

podpis autora

## **Poděkování**

Tímto odstavcem bych velmi ráda poděkovala všem lidem, kteří mi po celou dobu mého studia a po dobu zpracování této diplomové práce podporovali. Poděkování patří především vedoucímu mé diplomové práce Ing. Miroslavu Zetkovi, PhD. a konzultantovi z praxe Ing. Františku Bémovi za poskytnutí cenných a odborných rad, trpělivost a ochotu.

# ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Bc. Tomšíková	<b>Jméno</b> Markéta	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	N2301 „Strojírenská technologie – technologie		
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Ing. Zetek, Ph.D.	<b>Jméno</b> Miroslav	
<b>PRACOVÍŠTĚ</b>	ZČU - FST - KTO		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<del><b>BAKALÁŘSKÁ</b></del>	<b>Nehodící se škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Optimalizace technologie výroby statoru asynchronního motoru pro Škoda Electric, a. s.		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KTO	<b>ROK ODEVZD.</b>	2017
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

## POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	63	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	54	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	7
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;"><b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>Diplomová práce je zaměřena na optimalizaci technologie výroby statoru asynchronního trakčního motoru pro kolejové vozidlo. Hlavním cílem práce je snížení času obrábění za použití vhodných přípravků k upínání a využití modernějšího obráběcího stroje.</p>
<p style="text-align: center;"><b>KLÍČOVÁ SLOVA</b></p>	<p>Asynchronní motor, stator, výrobní postup, DMC 125 FD Deckel Maho</p>

## SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

<b>AUTHOR</b>	<b>Surname</b> Bc. Tomšíková	<b>Name</b> Markéta	
<b>FIELD OF STUDY</b>	N2301 Manufacturing Processes - Technology of Metal Cutting		
<b>SUPERVISOR</b>	<b>Surname (Inclusive of Degrees)</b> Ing. Zetek, Ph.D.	<b>Name</b> Miroslav	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KTO		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<del><b>BACHELOR</b></del>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Production Technology Optimization of the Stator Asynchronous Motor Technology for Škoda Electric a.s.		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Manufacturing Processes	<b>SUBMITTED IN</b>	2017
----------------	---------------------------	-------------------	----------------------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	63	<b>TEXT PART</b>	54	<b>GRAPHICAL PART</b>	7
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION</b>  <b>TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	The diploma thesis is focused on the production technology optimization of the stator asynchronous traction motor for the rolling stock. The aim of this work is to reduce machining time by using suitable tools for clamping and using a more modern machine-tool.
<b>KEY WORDS</b>	Asynchronous Motor, Stator, Manufacturing Process, DMC 125 FD Deckel Maho

## Obsah

1	Úvod .....	13
1.1	Představení firmy Škoda Electric, a. s. ....	13
1.2	Historie asynchronního motoru a jeho hlavní části .....	14
1.3	Působení motoru .....	15
1.3.1	Asynchronní motor s kotvou na krátko .....	16
1.4	Lokomotiva EN57 Opole.....	17
1.5	Požadavky na elektromotor ML 3845 K/4 .....	17
1.6	Materiál statoru.....	18
1.7	Obráběné plochy statoru.....	18
2	Rozbor současného stavu obrábění statoru .....	21
2.1	Optimalizace obrábění statoru .....	29
3	Popis a návrh vlastního řešení .....	31
3.1	Varianta A.....	31
3.2	Varianta B.....	31
3.3	Výběr varianty .....	32
3.4	Popis a návrh vybrané varianty optimalizace .....	34
3.4.1	Upnutí rozpínacím trnem v první poloze .....	34
3.4.2	Upnutí rozpínací čoučkou v druhé poloze.....	34
4	Ověření navržené technologie včetně časové analýzy optimalizované technologie .....	36
4.1	Nově navržená technologie obrábění .....	36
4.2	Finální podoba nově navržené technologie obrábění .....	41
4.3	Časová analýza .....	45
4.3.1	Časová analýza původního výrobního postupu.....	45
4.3.2	Podrobná analýza naměřených časů původního postupu. ....	46
4.3.3	Časová analýza nově navrženého postupu .....	47
4.3.4	Podrobná analýza naměřených časů nového postupu. ....	48
4.4	Zhodnocení nově navržené varianty obrábění.....	51
4.4.1	Technické zhodnocení.....	51



5	Závěr.....	53
6	Použitá literatura .....	55
6.1	Knižní publikace:.....	55
6.2	Internetové publikace .....	55
6.3	Ostatní publikace .....	55
7	Seznam příloh.....	56

## Seznam obrázků

Obr. 1 Schéma indukčního třífázového asynchronního motoru [5] .....	14
Obr. 2 Vodiče vinutí rozložení v drážkách [1] .....	15
Obr. 3 Schéma třífázového vinutí dvoupólového motoru [5] .....	16
Obr. 4 Kotva na krátko [1] .....	16
Obr. 5 Lokomotiva EN57 na nádraží v Opole [6] .....	17
Obr. 6 Škoda Electric a. s. - Třífázový asynchronní motor ML 3845 K/4 [11] .....	18
Obr. 7 Čelo statoru, první poloha [10] .....	19
Obr. 8 Dolní pohled na stator [10] .....	19
Obr. 9 Čelo statoru, druhá poloha [10] .....	19
Obr. 10 Pohled na svorkovnici [10] .....	20
Obr. 11 Svařený stator připravený k obrábění [11] .....	21
Obr. 12 Rozpínací trn [11] .....	22
Obr. 13 Stator upnutý pomocí rozpínacího trnu mezi hroty [11] .....	23
Obr. 14 Stator upnutý pomocí rozpínacího trnu mezi hroty [11] .....	23
Obr. 15 Obráběcí centrum DMC125 FD, Deckel Maho [7] .....	24
Obr. 16 Příprava upnutí statoru pomocí upínek [11] .....	25
Obr. 17 Stator upnutý pomocí upínek do univerzálního obráběcího centra DM [11] .....	26
Obr. 18 Stator upnutý pomocí upínek do univerzálního obráběcího centra DM [11] .....	26
Obr. 19 Mikrometrické měřidlo pro měření vnitřních rozměrů [11] .....	27
Obr. 20 Geometrická přesnost sklíčidla, TOS Svitavy, a. s. [8] .....	30
Obr. 21 Rozpínací čočka [10] .....	34
Obr. 22 Obráběcí centrum DMC125 FD, Deckel Maho [11] .....	37
Obr. 23 Rozpínací trn [11] .....	37
Obr. 24 Stator upnutý v rozpínacím trnu [11] .....	38

Obr. 25 Stator upnutý pomocí rozpínací čochky [11] .....	38
Obr. 26 Obrábění statoru ve druhé poloze [11] .....	39
Obr. 27 Kontrola rozměru dotykovou obrobkovou sondou [11] .....	39
Obr. 28 Oranžově vyznačená plocha obrábění [10] .....	41
Obr. 29 Oranžově vyznačená plocha obrábění [10] .....	42
Obr. 30 Oranžově vyznačená plocha obrábění [10] .....	42
Obr. 31 Oranžově vyznačená plocha obrábění [10] .....	43

## Seznam tabulek

Tab. 1 Symboly použité v textu .....	12
Tab. 2 Základní parametry obráběcího centra .....	24
Tab. 3 Stanovení vah kritérií pomocí bodovací stupnice .....	32
Tab. 4 Hodnocení variant .....	33
Tab. 5 Časové porovnání původního a nového TP .....	53

## Seznam grafů

Graf 1 Grafické hodnocení variant .....	33
Graf 2 využití pracovišť v původní verzi TP .....	51
Graf 3 využití pracovišť v nové verzi TP .....	51

## Seznam použitých zkratk a symbolů

### Zkratky použité v textu

OP	Operace
TP	Technologický postup
N1	Odstín nátěru
X	Nenatřené plochy
DM	Deckel Maho

### Symbole použité v textu

Symbol	Název	Jednotky
H	Výška	[mm]
V	Šířka od středu statoru	[mm]
D	Velký průměr statoru	[mm]
n	Otáčky	[1/ min]
TA	Jednotkový čas	[min]

Tab. 1 Symbole použité v textu

# 1 Úvod

Elektromotor, slovo, které nevyslovujeme v životě příliš často a však je nedílnou součástí našich životů. Již od roku 1821, kdy díky Michaelu Faradyovi vznikl první primitivní elektromotor, vzbuzoval tento stroj velkou pozornost a za posledních sto let prošel velkým rozvojem. V dnešní době je používán takřka ve všech odvětvích, kde je zapotřebí pohyb.

Jedním z nejrozšířenějších typů elektromotoru je asynchronní třífázový elektromotor. Jeho výroba je poměrně složitá. Ve světě nalezneme stovky výrobců tohoto typu elektromotoru, avšak pokud se chce výrobce řadit mezi přední, musí se neustále zlepšovat technické parametry a nezvyšovat přitom cenu. V dnešním uspěchaném světě je prioritou za co nejmenší náklady a nejmenší zástavbu získat co nejvyšší výkon a spolehlivost. Především nejmenší zástavba a nejvyšší výkon si tak trochu protirečí. Momentálním cílem každého výrobce je tedy snižování nákladů z důvodu konkurenční schopnosti. Toho lze docílit několika způsoby, z nichž jedním je vhodná optimalizace technologie obrábění samotných komponentů elektromotoru.

Tato diplomová práce pojednává o optimalizaci technologie obrábění statoru, což je nerotační část asynchronního třífázového elektromotoru, jak plyne z názvu. Cílem práce je zoptimalizovat výrobní kroky za použití moderní technologie a snížit tak náklady na obrábění.

## 1.1 Představení firmy Škoda Electric, a. s.

Diplomová práce byla realizována ve firmě Škoda Electric, a. s. Firma navazující na dlouholetou tradici Škodových závodů v Plzni. Škoda Electric, patřící do skupiny Škoda Transportation, je předním výrobcem trakčních pohonů a trakčním motorem pro tramvaje, metro, EMU, lokomotivy, trolejbusy, elektrické autobusy a důlní vozidla. Škoda Electric je zkušená a stabilní společnost garantující kvalitu a spolehlivost.

Celkově je firma rozdělena na úseky:

- konstrukce,
- technologie,
- kvalita,
- personalistika,
- dílna.

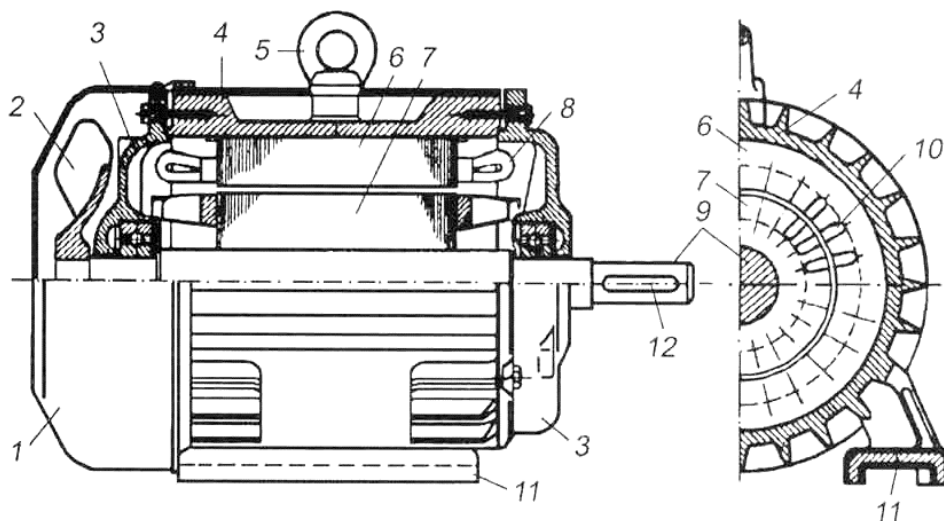
Významné projekty firmy:

- motory pro důlní vozidla Caterpillar,
- motory do tramvají na baterie - Turecko,
- motory pro čínské metro,
- motory pro město Petrohrad.

Diplomová práce byla realizována v technologickém úseku.

## 1.2 Historie asynchronního motoru a jeho hlavní části

Asynchronní motor je elektromotor pracující na střídavý elektrický proud. Patent na tento vynález podal v roce 1887 Nikola Tesla. Zhruba ve stejné době přišel s návrhem točivého stroje i Gallileo Ferraris. V dnešní době je jedním z nejčastěji používaných elektrických motorů v elektrotechnice. Pomocí elektromagnetické indukce je realizovaný tok energie mezi statorem a rotorem. Asynchronní motor je často nazýván indukčním motorem. Nespornou výhodou tohoto motoru je jeho konstrukční jednoduchost a spolehlivost provozu pro běžné použití. Jsou vyráběny hromadně, což vede k jeho nízké ceně. Existuje již několik typů motorů, všechny jsou ale založené na stejném principu.



Obr. 1 Schéma indukčního třífázového asynchronního motoru

Pozice 1 - kryt ventilátoru

Pozice 2 - ventilátor

Pozice 3 - ložiskový štít

Pozice 4 - kostra statoru

Pozice 5 - závěsné oko

Pozice 6 - plechy statoru

Pozice 7 - plechy rotoru

Pozice 8 - vinutí statoru

Pozice 9 - hřídel

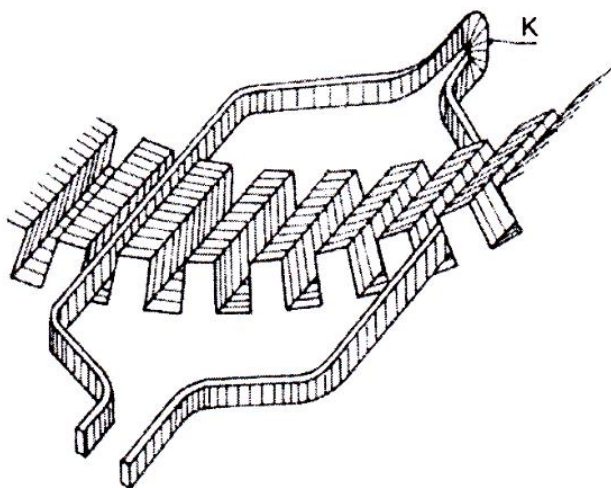
Pozice 10 - drážky pro vinutí

Pozice 11 - patka pro upevnění

Pozice 12 - drážka pro klín

Asynchronní motor se skládá ze dvou hlavních částí rotoru a statoru. Stator je statická část motoru. Je sestaven z tělesa pláště, ložiska, ložiskového štítu, ventilátoru a krytu ventilátoru. Vnitřek statoru je složený z tenkých plechů s drážkami, ve kterých je umístěno vinutí obvykle ve dvou vrstvách a spojeno v čele. Vodiče vinutí přecházejí z horní vrstvy do dolní kolem K viz. Obr. 2. Počet cívek se rovná počtu drážek. Všechny cívky všech fází jsou stejné a rovnoměrně rozložené po obvodu statoru.

Vinutí je uspořádáno tak, že jakmile je napájeno trojfázovým proudem, vytvoří točivé magnetické pole. S ohledem na přesnost výroby a bezpečnost je vzduchová mezera mezi státorem a rotorem co nejmenší, aby magnetický odpor a proud byly co nejmenší. Ve statoru se otáčí rotor, který je sestavený také z plechů. Rotorové plechy jsou nasazeny přímo na hřídel. Proti protočení jsou zajištěny pomocí vroubkování nebo drážkou a perem v hřídeli i plechách.



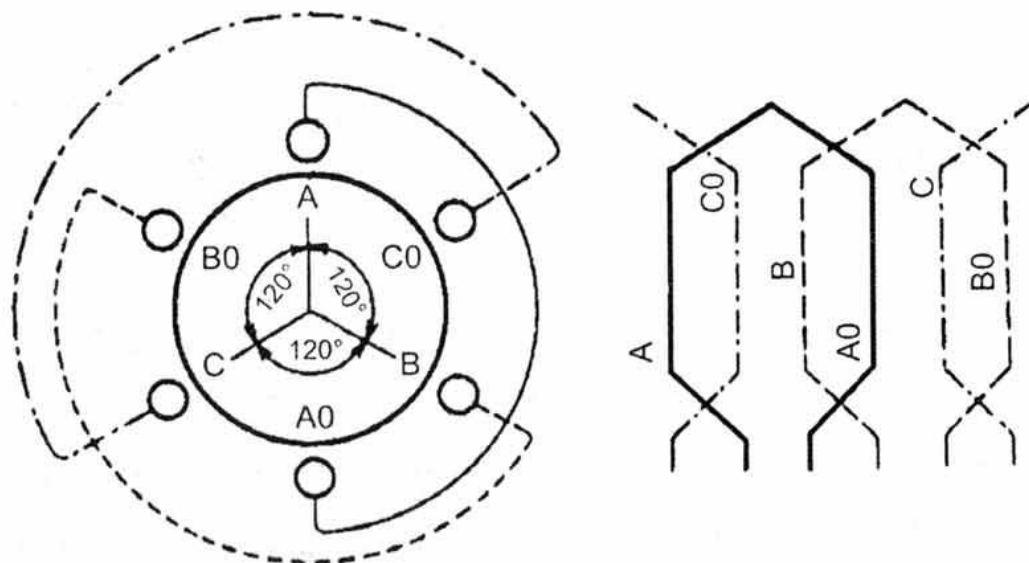
Obr. 2 Vodiče vinutí rozložení v drážkách

### 1.3 Působení motoru

Vinutí ve statoru je napájeno třífázovým proudem. Zapojené vinutí budí točivé magnetické pole.

- Cívky první fáze: A – AO,
- cívky druhé fáze: B – BO,
- cívky třetí fáze: C – CO.

Točivé pole si lze představit jako pole permanentního magnetu, který se otáčí. Cívky jsou orientované proti sobě a natočené o  $120^\circ$ , toto schéma je znázorněno na Obr. 3. Proudy jednotlivých fází jsou taktéž vzájemně časově posunuty o  $120^\circ$ .

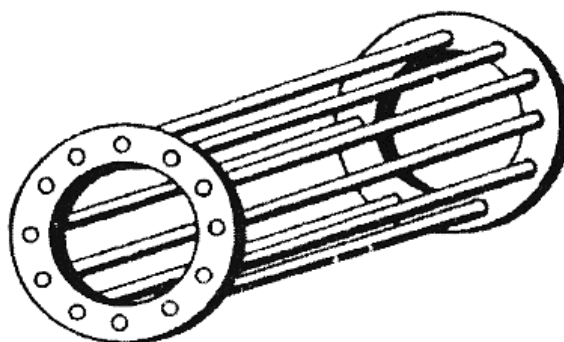


Obr. 3 Schéma třífázového vinutí dvupólového motoru

Jejich rozpětí je u třífázového motoru  $\frac{1}{2}$  obvodu. Působením točivého magnetického pole na magnetické pole rotoru pak vzniká točivý moment. Směr otáčení rotoru je shodný se směrem otáčení točivého pole. Mezi statorem a rotorem je energie přenášena indukcí. Pro indukování proudu ve vinutí rotoru je zapotřebí, aby točivé pole stále protínalo vinutí rotoru a rotor se otáčel pomaleji než točivé magnetické pole. Rozdíl těchto rychlostí, tedy rychlosti rotoru a rychlosti točivého magnetického pole, je nazýván tzv. skluzovou rychlostí otáčení. Skluz je často udáván v procentech synchronních otáček a nabývá hodnot obvykle 4 až 11%. Rotor je tedy ve skluzu a otáčí se asynchronně, proto je tento indukční motor nazýván asynchronním motorem.

### 1.3.1 Asynchronní motor s kotvou na krátko

Nejjednodušší konstrukční řešení asynchronního motoru je s pomocí kotvy na krátko. Kotva na krátko má mezi drážky rotorového magnetického obvodu umístěny vodivé tyče spojené v čele do krátko.



Obr. 4 Kotva na krátko



## 1.4 Lokomotiva EN57 Opole

EN57 je řadové označení pro polské třívozové elektrické jednotky. Jsou vyráběny lokomotivkou Pafawag Wrocław. V Polsku se jedná o jeden z klíčových typů souprav. V současné době u těchto lokomotiv dochází k velké modernizaci. Modernizuje se nejen design kastle, ale i interiér a elektromotor pohánějící celou soupravu. Do lokomotivy EN57, vyráběnou za účelem příměstského vlaku poblíž města Opole v Polsku, dodává ŠkodaElectric a. s. asynchronní třífázový elektromotor s označením ML 3845 K/4.



Obr. 5 Lokomotiva EN57 na nádraží v Opole

## 1.5 Požadavky na elektromotor ML 3845 K/4

Zmíněné požadavky v předchozí kapitole jsou pouze obecné informace o stacionárně pracujícím tří fázovém asynchronním elektromotoru. Na takovémto principu elektromotor ML 3845 K/4 skutečně pracuje. Dále je však nutné zmínit také požadavky, které je nutné dodržet pro trakční elektromotor, který je vyvinut pro kolejové vozidlo na přepravu osob.

Požadavky na trakční elektromotor:

- vyšší požadavky na odolnost proti vlhkosti,
- kvalitní izolační systém,

- maximální využití prostoru a činnosti motoru,
- práce ve velké zátěži,
- vysoká účinnost.

Hlavním požadavkem je především bezpečnost cestujících, která musí být zaručena kvalitním izolačním systémem elektromotoru. Izolační systém chrání cestující před proudem. V dnešní době je také velká snaha vyrobit co nejmenší elektromotor s nejvyšším výkonem.



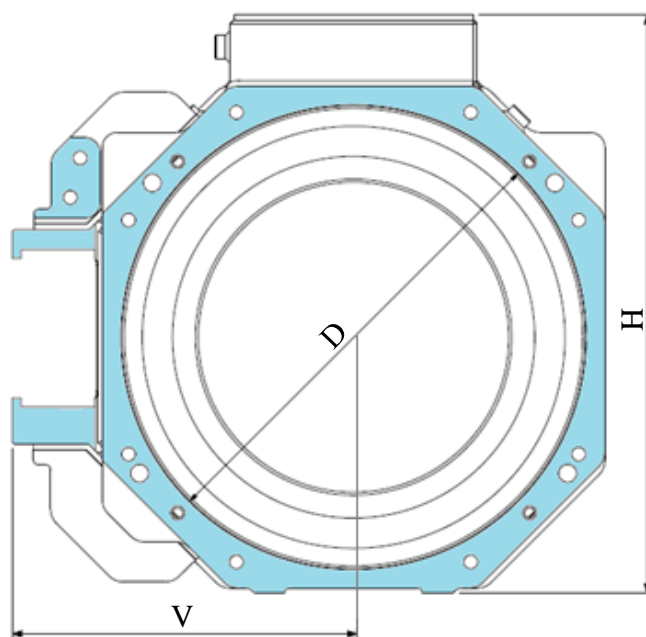
Obr. 6 Škoda Electric a. s. - Třífázový asynchronní motor ML 3845 K/4

## 1.6 Materiál statoru

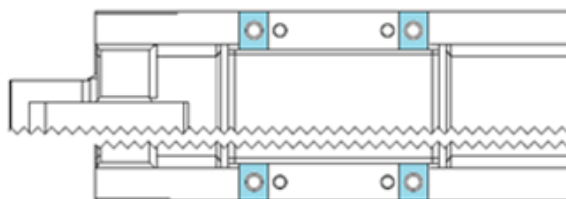
Plochy k obrobení u statoru jsou výpalky plechů. Materiálem je konstrukční ocel pro svařované konstrukce. Na veškeré operace obrábění jsou použity nástroje s břity ze slinutého karbidu.

## 1.7 Obráběné plochy statoru

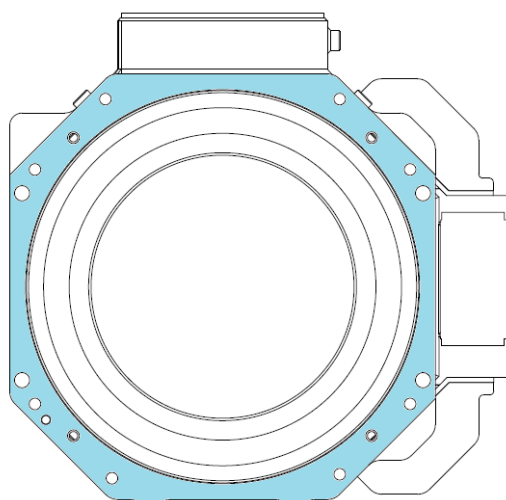
Obrábění se na statoru provádí pouze na funkčních plochách jako víko, plochy na dosedací šrouby pro připojení štítu a převodovky, dále na víku svorkovnice a závěsu pro uchycení do podvozku. Obráběné plochy statoru jsou na následujících obrázcích vyznačeny modrou barvou.



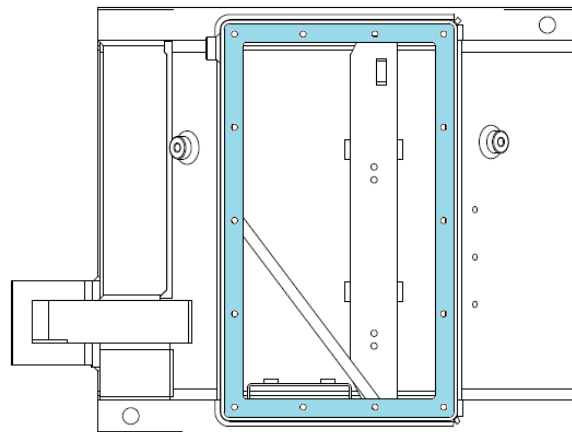
Obr. 7 Čelo statoru, první poloha



Obr. 8 Dolní pohled na stator



Obr. 9 Čelo statoru, druhá poloha



Obr. 10 Pohled na svorkovnici

Maximální rozměry statoru:

$H = 588 \text{ mm}$

$V = 346,5 \text{ mm}$

$D = 470 \text{ mm}$

## 2 Rozbor současného stavu obrábění statoru

Obrábění se v tomto případě diplomové práce týká pouze statoru, který je jak již bylo zmíněno v předešlé kapitole, nerotující částí asynchronního motoru. Současný stav technologického postupu je popsán na několika obrázcích.

Na Obr. 11 můžeme vidět počáteční stav statoru, který je v tomto případě pouze svařen. Po svaření se stator otryská. Tím se zbaví zbytků strusky a nečistot na povrchu. Vznikne ale povrch, který je zbavený všech oxidů. Aby povrch nezkorodoval, za dobu než projde dílnou, je nutné provést základní nátěr vnějších ploch. Barva musí být řádně vytvrzená, aby ji nepoškodila emulze chemicky ani mechanicky. Při obrábění jde do nástrojů s vnitřním chlazením emulze pod tlakem až 4 MPa a stříká i na natřené plochy.

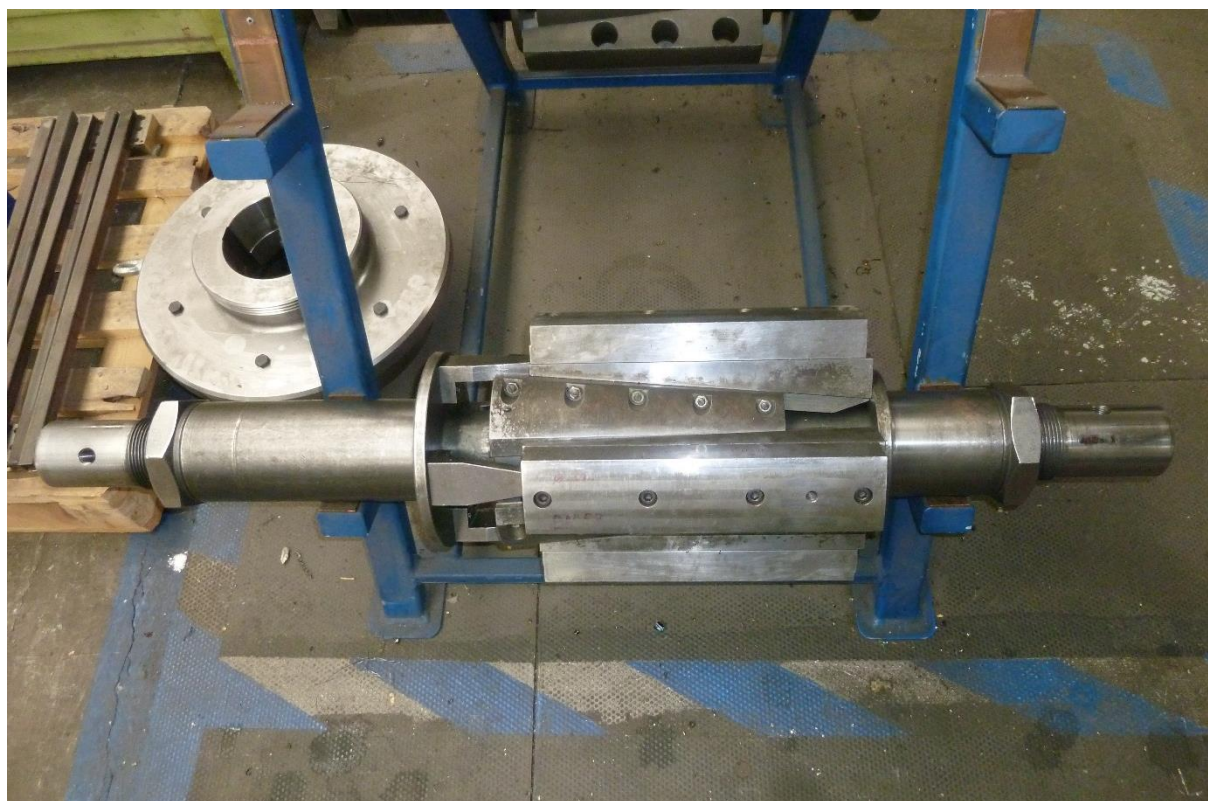


Obr. 11 Svařený stator připravený k obrábění

### 1. pracoviště – Hrotový soustruh

Na soustruhu je stator upnut pomocí rozpínacího trnu mezi hroty viz Obr. 12. Zde probíhají první kroky obrábění. Soustružnický nůž má ostří ze slinutého karbidu.

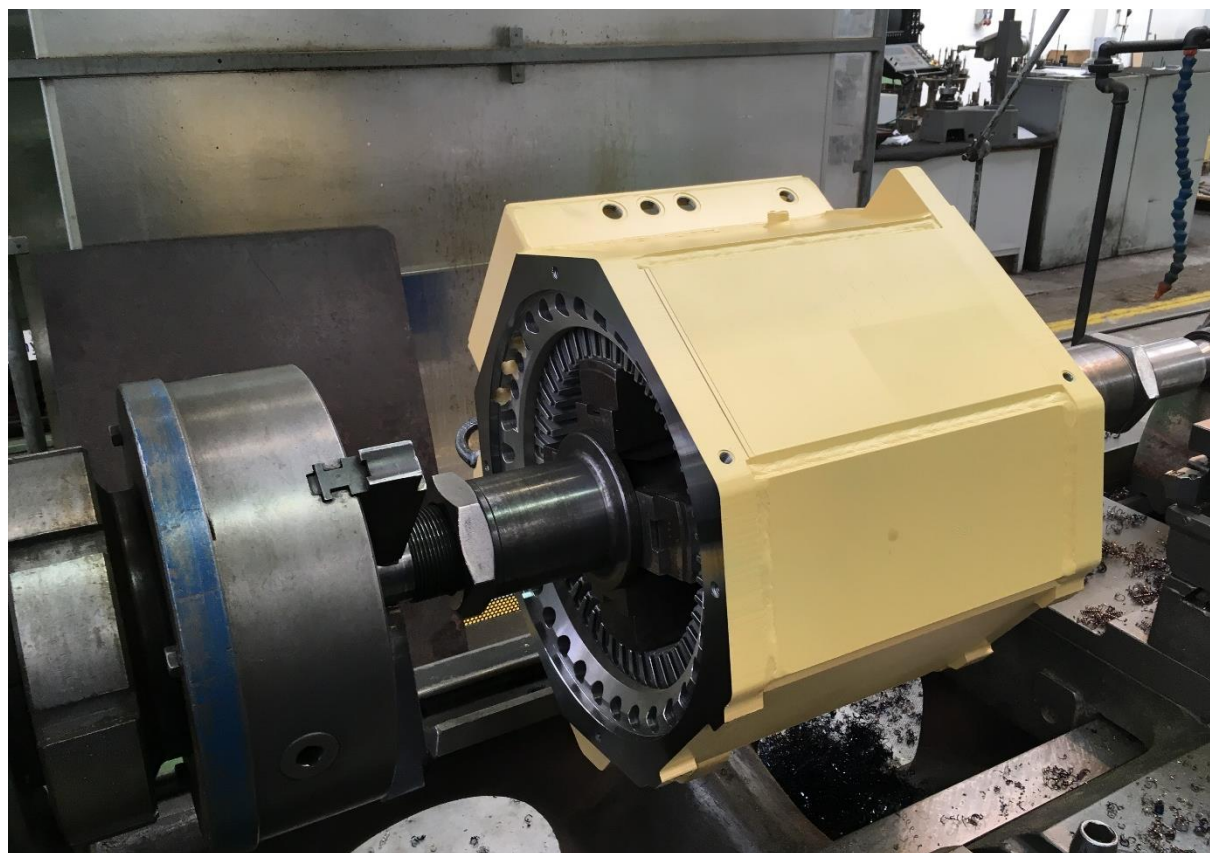
Operace 10	<p>Soustružit na rozpínacím trnu.</p> <p>Zarovnat z obou stran.</p> <p>Délku s přídkem 0,5mm/pl a KR470H7 s přídkem 1mm/pl (pomocně 468H7).</p> <p>Výchozí kóta 45mm zprava dle řezu A-A (označit fixem na stahovací desku výchozí bod měření).</p>
---------------	---



Obr. 12 Rozpínací trn



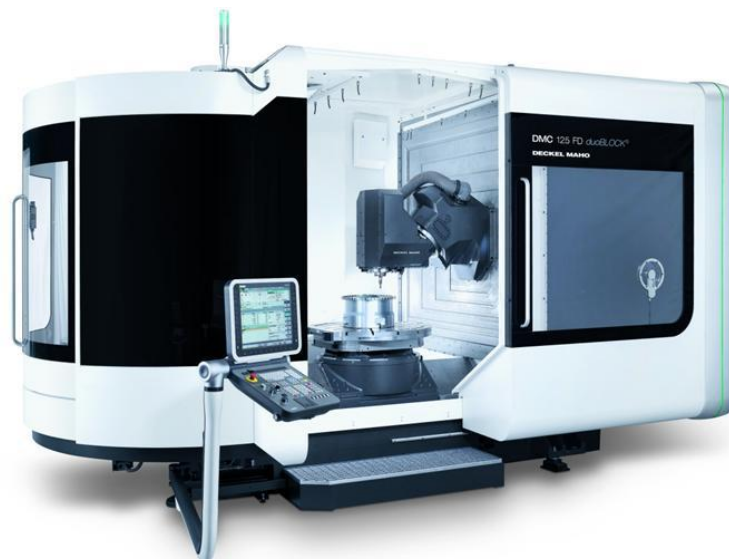
Obr. 13 Stator upnutý pomocí rozpínacího trnu mezi hroty



Obr. 14 Stator upnutý pomocí rozpínacího trnu mezi hroty

## 2. pracoviště – Obráběcí centrum DMC125 FD, Deckel Maho

Druhým pracovištěm je víceprofesní 5-osé obráběcí centrum soustružnicko-frézovací DMC125 FD od výrobce Deckel Maho.



Obr. 15 Obráběcí centrum DMC125 FD, Deckel Maho

Přehled základních parametrů stroje DMC125 FD, Deckel Maho:

Pohon	[1/min]	Motorové vřeteno 8.000
Rozsah otáček	[1/min]	20 - 8.000
Pracovní prostor (X, Y, Z)	[mm]	1,250 × 1,000 × 1,000
Míst v zásobníku HSK-A		120
Nádrž na chladicí kapalinu	[l]	980
Řízení		Heidenhain MillPlus IT

Tab. 2 Základní parametry obráběcího centra

Kompletní specifikace parametrů k obráběcímu viz. příloha č. 1.

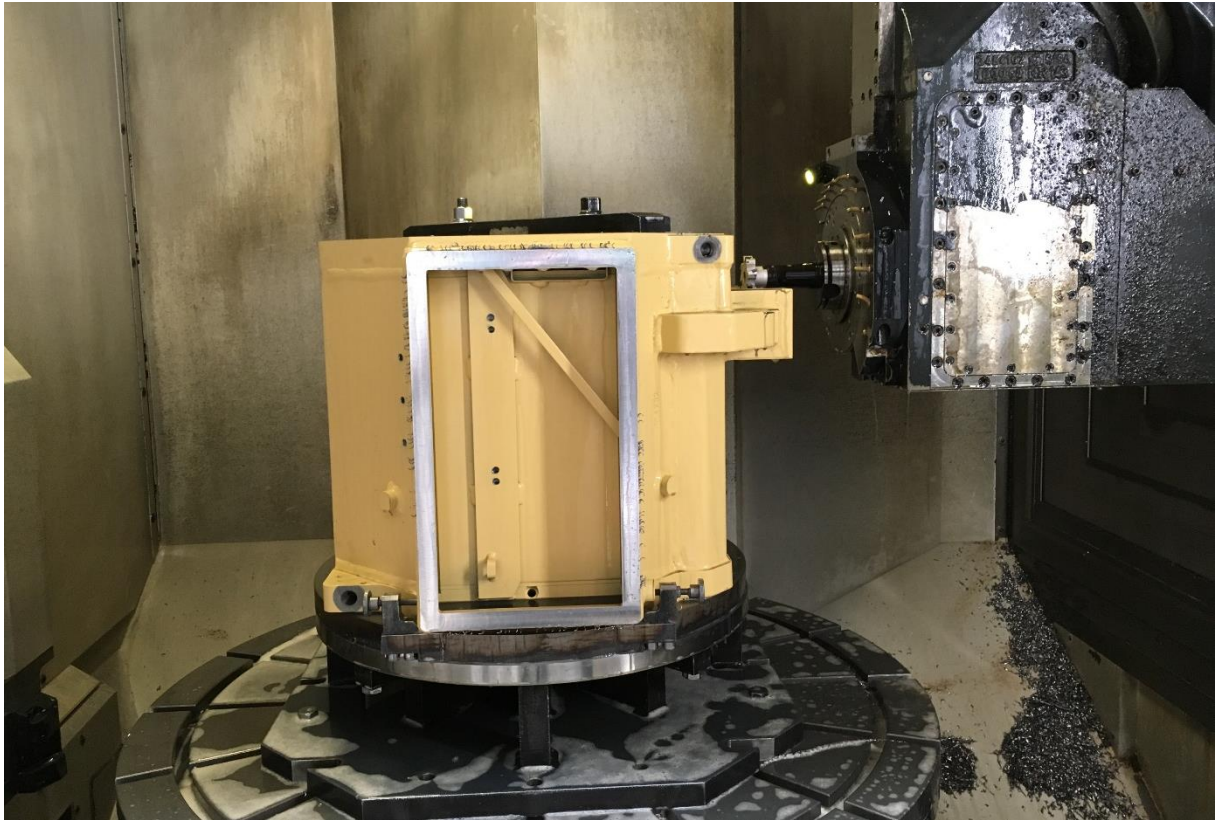


## Výrobní postup na druhém pracovišti:

Operace 20	<p>Dle programu.</p> <p>Upnout, vyrovnat sondou podle plechů, středit dle KR470H7.</p> <p>Zprava (dle řezu A-A) 8 x M16-6H hl. 26/34, 4 x KR18 hloubka 1 (+/-0,5), zarovnat spodní plochu statoru na <math>H = 260 (\pm 0,1)</math>.</p> <p>Dle pohledu „G“ 4 x KR12H8 do hloubky 14 na rozměru 57,5 (<math>\pm 0,1</math>) od osy a 20 od čel.</p> <p>Dle pohledu „G“ 4 x M16-6H do hloubky 22/30 na rozměru 85 od osy a 20 od čel.</p> <p>Svorkovnici na <math>H = 328 (\pm 0,5)</math> s 14 x M8-6H skrz, vybrání k rozměru <math>H = 257 (-0,5 / +0,3)</math>, <math>H = 203 (-0,3 / +0,5)</math> a <math>H = 121 (-0,5 / +0,3)</math> s R16 a 2 x M16-6H hl. 22/30.</p> <p>Vybrání k rozměru <math>H = 256 (+0,4)</math> a 62 (+0,5) z druhé strany 80 (+0,5).</p> <p>Výběr 160 (<math>\pm 0,2</math>) x 75 na rozměru 262,5 (<math>\pm 0,4</math>).</p> <p>Zarovnat k rozměru <math>H = 346,5 (+/- 0,3)</math> a <math>H = 257 (+0,3 / -0,5)</math>.</p>
---------------	--



Obr. 16 Příprava upnutí statoru pomocí upínek



Obr. 17 Stator upnutý pomocí upínek do univerzálního obráběcího centra Deckel Maho



Obr. 18 Stator upnutý pomocí upínek do univerzálního obráběcího centra Deckel Maho

### 3. pracoviště – Hrotový soustruh

Dále se stator vrací opět na hrotový soustruh, kde je provedena operace:

Operace 35	Soustružit na rozpínacím trnu. Namontovat protizávaží ONA30477. Dokončit celkovou délku $450 \pm 0,2$ a 2x KR470H7.
---------------	---

Kontrola vnitřních rozměrů pomocí speciálního mikrometrického měřidla je provedena na operaci č. 10 a operaci č. 35.



Obr. 19 Mikrometrické měřidlo pro měření vnitřních rozměrů

### 4. pracoviště – Zámečnick

Operace 40	Odbřítovat. Protáhnout závit M16-6H ve stahovacích deskách z obou stran (2x M12).
---------------	--

### 5. pracoviště - Myčka

Operace 50	Odmastit, opláchnout, nechat uschnout.
---------------	--

## 6. pracoviště – Výrobní kontrola

Kontrola všech rozměrů. Měření délky statoru pomocí posuvného měřítka.

Operace 60	Kontrola rozměrů a zapsání hodnot do měřicího listu.
---------------	--

## 7. pracoviště – Lakovna

Operace 70	Nátěr dle předpisu Plochy označené – X – nenatírat! Ostatní plochy natřít - N1 -
---------------	--

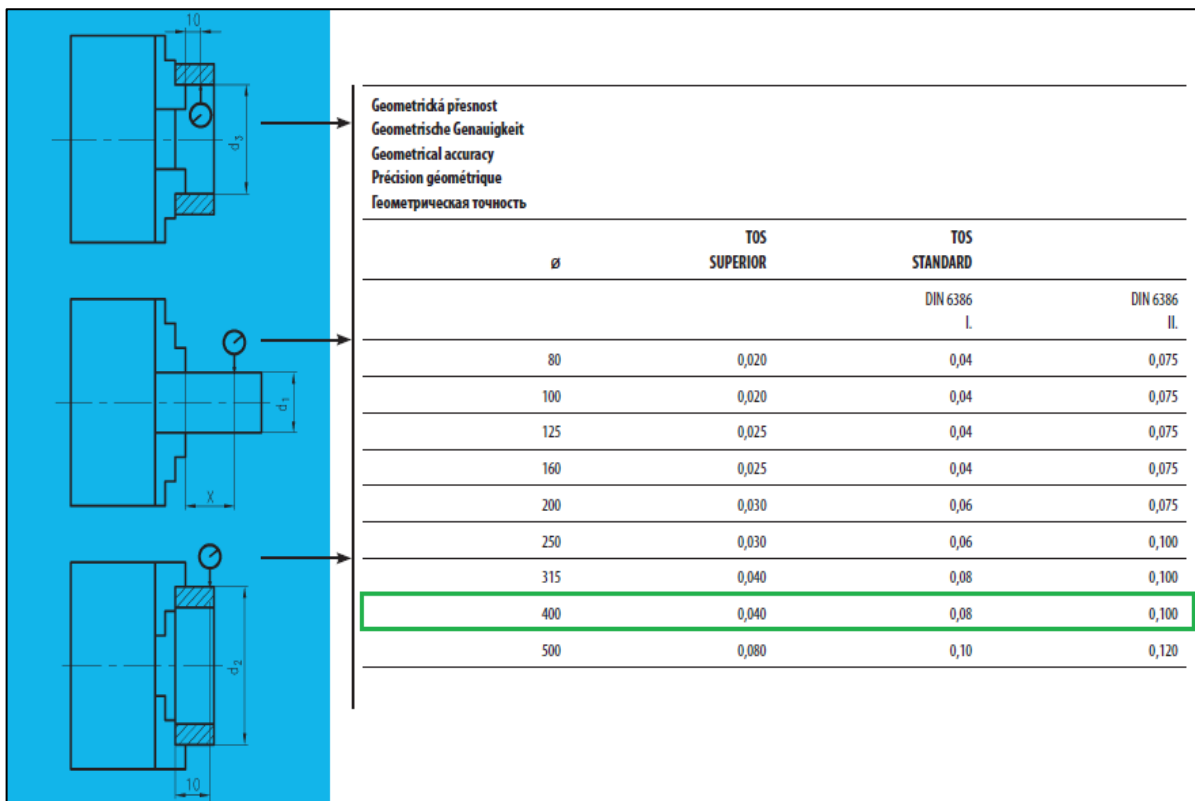
## 2.1 Optimalizace obrábění statoru

Prvním impulsem pro optimalizaci obrábění statoru bylo, že stávající technologický postup je komplikovaný především v upínání. Stator, který je po svaření, je stávajícím technologickým postupem upnut pomocí rozpínacího trnu na hrotový soustruh. Přenos krouťícího momentu, nutného k obrábění, je zajištěn pouze třením mezi plochami trnu a státorem. Je nutno zvolit kompromis. Velká síla by sice umožnila produktivní obrábění, zároveň by ale způsobila deformaci statoru a obrobené průměry by nebyly kruhové. Malá upínací síla by přinášela riziko protočení na trnu a tím poškození statoru a také by bylo nutné použít značně snížené řezné podmínky. I přes to, že je stator objemný a má poměrně vysokou váhu, není upnutí mezi hroty až takový problém. Problém vzniká při vyvážení statoru na rozpínací trn.

Stator má na několika místech přivařené prvky (např.: svorkovnice), které ho dělají zcela nesymetrickým. Nesymetričnost je tedy nutno vyvážit, aby při soustružení čela statoru nevznikaly rozdíly v momentu u těžší a lehčí strany statoru a nevznikal průhyb trnu. Vyvážení statoru probíhá za pomoci manipulačních závitů, do kterých se namontuje závaží. Stator se poté roztočí na trnu. Pokud se stator zastaví pokaždé v jiné poloze lze říci, že toto statické vyvážení stačí k zabránění průhybů. Pokud by se stator ustálil vždy ve stejné poloze, je nutné využít dynamické vyvážení. Dalším faktem je, že při obrábění statoru na hrotovém soustruhu není možné obráběcí proces doprovázet vydatným chlazením, neboť hrotový soustruh nemá žádné štíty ani kryty, které by chránily okolí soustruhu před chladícím médiem. Při procesu tak mezi obrobkem a nástrojem vzniká velký nárůst teploty. Po vychladnutí obrobku dochází ke změně objemu materiálu a vznikají tak ne zcela přesné rozměry. Vlivem setrvačnosti a hmotnosti statoru není možné na hrotovém soustruhu použít brzdu vřetena, protože by se svou setrvačností na trnu protočil. Je nutné počkat na samovolné doběhnutí vřetena. Tato doba také prodlužuje celkový čas obrábění.

U soustružnicko-frézovacího centra DMC125 FD není možné zvolit upnutí pomocí sklíčidla. Prvním důvodem je vyvíjený radiální tlak sklíčidla na stator, který není příliš tuhý a upínací síly by se tak na něm nepříznivě podepsaly. Druhým důvodem je fakt, že čelisti sklíčidla dosahují jen do určité výšky, která je bohužel nedostačující pro upnutí objemného statoru. Dalším důvodem je požadovaná přesnost obrobených ploch na statoru. Zde vycházíme z katalogu firmy TOS Svitavy, a. s. Z katalogu samo středících sklíčidel plyne, že na průměr 400 mm u sklíčidla s označením TOS SUPERIOR, sklíčidlo nejvyšší jakosti, je nejvyšší dosahovaná přesnost 0,040 mm. U statoru je předepsaná geometrická tolerance sice na 0,050 mm avšak sklíčidlo s označením TOS SUPERIOR by této tolerance dosáhlo pouze v případě, že ostatní hodnoty by byly naprosto přesné. Přesnosti sklíčidel firmy TOS Svitavy, a. s. jsou uvedeny na následujícím obrázku. Sklíčidlo je tedy ve stávajícím postupu nahrazováno čočkou a klasickými upínkami, se kterými je náročné středění statoru.

Nutnost přeupnutí obrobku kvůli obrobení druhé strany statoru vnáší do celkového obrábění další nepatrné nepřesnosti, které v součtu mohou ovlivnit celkový rozměr a geometrickou přesnost statoru.



Geometrická přesnost  
 Geometrische Genauigkeit  
 Geometrical accuracy  
 Précision géométrique  
 Геометрическая точность

Ø	TOS SUPERIOR	TOS STANDARD	
		DIN 6386 I.	DIN 6386 II.
80	0,020	0,04	0,075
100	0,020	0,04	0,075
125	0,025	0,04	0,075
160	0,025	0,04	0,075
200	0,030	0,06	0,075
250	0,030	0,06	0,100
315	0,040	0,08	0,100
400	0,040	0,08	0,100
500	0,080	0,10	0,120

Obr. 20 Geometrická přesnost sklíčidla, TOS Svitavy, a. s.

K nutnosti optimalizace obrábění statoru přispívá i celková doba obrábění. Ve stávajícím postupu je stator z pracoviště hrotového soustruhu přemístěn na obráběcí centrum, kde je stator obroben z obou stran a poté znova putuje na hrotový soustruh. Veškeré přeupínání v technologickém postupu je časově náročné a prodlužuje tak celkový čas na výrobu statoru.

### 3 Popis a návrh vlastního řešení

Varianty optimalizace obrábění statoru jsou navrženy tak, aby minimalizovaly čas potřebný na obrábění, odstranily nadbytečné přeupínání obrobku a přitom nebyly finančně příliš nákladné. Ačkoliv se zpočátku jevílo více variant optimalizace, bylo nutné od některých variant opustit. Jednou z možných variant byla varianta s magnetickým upnutím na soustružnicko-frézovacím centru. Toto upnutí však bylo výrobcem centra zamítnuto, neboť je v centru zakázané upínání s využitím magnetického pole v okolí čidel stroje. Další nevhodnou variantou se stala varianta s použitím volného upínače. V tomto případě upnutí jsou síly k upnutí nedostatečné. Ze všech možných variant byly vybrány pouze dvě realizovatelné varianty.

#### 3.1 Varianta A

Nejjednodušší možný způsob úspory času je sdružení některých operací. V technologickém postupu se nabízí operaci číslo 10 na hrotovém soustruhu vložit do obráběcího programu na obráběcím centru DMC125 FD. První pracovištěm obrábění statoru by se tak stalo obráběcí centrum, kde dojde k provedení operace číslo 10, 20 a 30. Od operace číslo 35 zůstává výrobní postup nezměněn. Po obrobení na obráběcím centru následuje upnutí na hrotovém soustruhu, zámečnick, výstupní kontrola a lakovna. Upnutí je opět zajištěno pomocí rozpínacího trnu. U druhé polohy obrábění statoru v obráběcím centru je využita k upnutí pevná čočka, která se již využívá i pro upnutí jiného druhu motoru.

Klady navržené varianty:

- jednodušší způsob,
- nízké náklady,
- využití pevné čočky i u jiného motoru.

Zápory navržené varianty:

- nízká úspora času,
- malý pokrok,
- při dokončování soustružení nelze použít chlazení.

#### 3.2 Varianta B

Od varianty A se varianta B liší především větším zásahem do výrobního postupu. Hlavní myšlenkou varianty B je zrušení obou operací na hrotovém soustruhu, tedy operace číslo 10 a 35 a přidání těchto operací do operace číslo 20 a 30 prováděné na obráběcím centru. Tím se zajistí možnost vydatného chlazení pomocí polosyntetické emulze, která nejen ochlazuje, ale

má také mazací účinky. V této variantě je však nutné počítat s navržením přípravku pro upnutí statoru. Jako u první varianty se od operace číslo 35 výrobní postup již nemění.

Klady navržené varianty:

- vyšší úspora času,
- snížení průběžné doby výroby,
- možnost vydatného chlazení při obrábění všech ploch a průměrů,
- moderní obráběcí centrum.

Zápory navržené varianty:

- nutný další přípravek,
- vyšší počáteční náklady.

### 3.3 Výběr varianty

Výběr vhodnější varianty je proveden metodou přímého stanovení vah kritérií. Metoda je založena na přiřazení určitého počtu bodů ze zvolené stupnice hodnocení každému kritériu. Maximální počet bodů je v tomto případě deset. Významnější kritérium má více bodů. [2]

Stanovená kritéria:

Úspora času	K <sub>1</sub>
Úspora nákladů	K <sub>2</sub>
Počáteční úspora nákladů	K <sub>3</sub>
Vydatnost chlazení	K <sub>4</sub>
Jednoduchost změny	K <sub>5</sub>

Kritérium	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	Součet
Počet bodů	10	8	7	5	4	34
Normová váha	0,29	0,23	0,21	0,15	0,12	1

Tab. 3 Stanovení vah kritérií pomocí bodovací stupnice



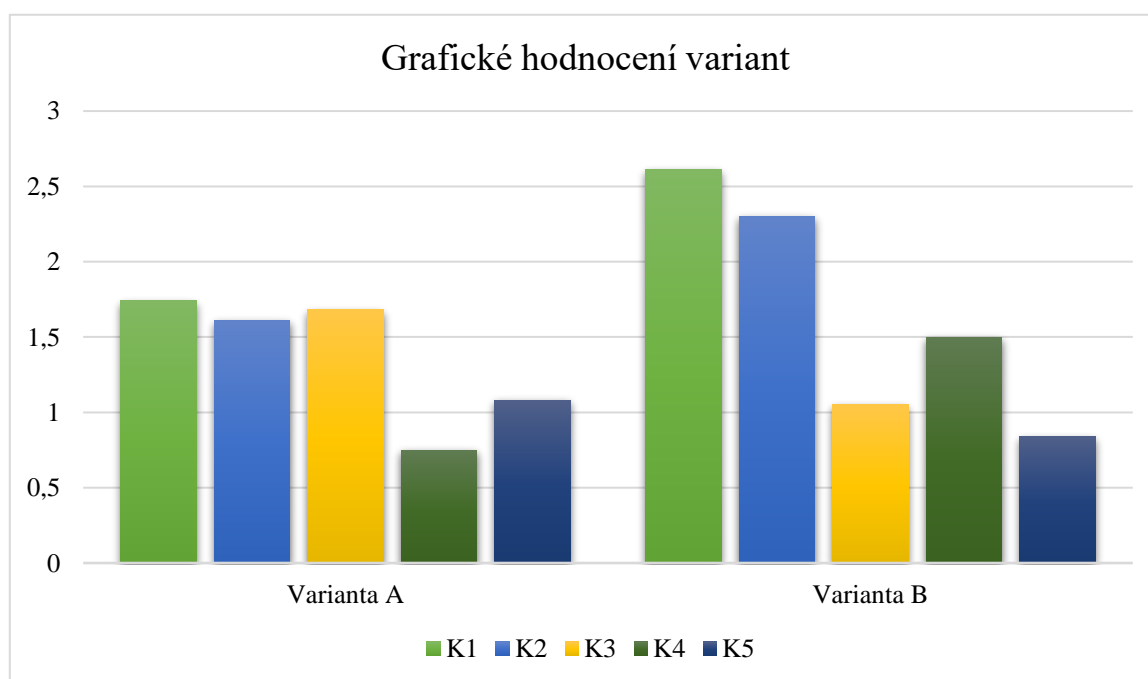
Varianta	Kritéria					Celkem bodů
	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	
A	6	7	8	5	9	35
B	9	10	5	10	7	41

Tab. 4 Hodnocení variant

Výpočet:

$$\begin{aligned} \text{Varianta A:} \quad & 6 \times 0,29 + 7 \times 0,23 + 8 \times 0,21 + 5 \times 0,15 + 9 \times 0,12 \\ & 1,74 + 1,61 + 1,68 + 0,75 + 1,08 = 6,86 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Varianta B:} \quad & 9 \times 0,29 + 10 \times 0,23 + 5 \times 0,21 + 10 \times 0,15 + 7 \times 0,12 \\ & 2,61 + 2,3 + 1,05 + 1,5 + 0,84 = 8,3 \end{aligned}$$



Graf 1 Grafické hodnocení variant

Z hodnocení vyplývá, že ačkoliv je varianta B složitější na realizaci a v počátečním stavu nákladnější, je stále výhodnějším krokem k úspoře času a v budoucnu i nákladů.

### 3.4 Popis a návrh vybrané varianty optimalizace

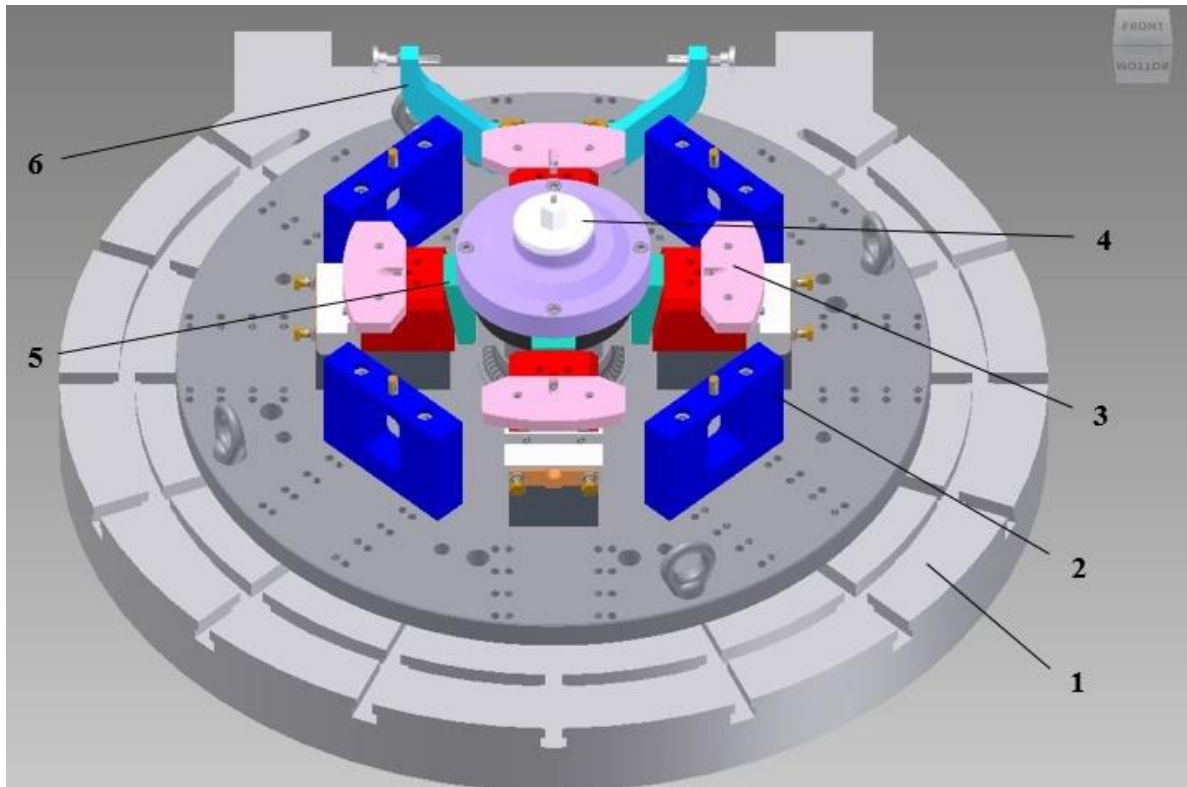
Hlavním cílem optimalizace obrábění statoru byla úspora času potřebného k obrábění. Proto byla k optimalizaci vybrána varianta B, která je sice v počátečním stavu nákladnější než varianta A, ale díky větší úspoře času a zkrácení průběžné doby výroby se náklady vynaložené na optimalizaci vrátí.

#### 3.4.1 Upnutí rozpínacím trnem v první poloze

V první poloze je svařený a natřený stator upnutý pomocí rozpínacího trnu na vnitřní průměr plechů. V této poloze upnutí je důležité, aby opracované plochy v první poloze byly souosé s vnitřním průměrem statoru. Rozpínací trn má podobný mechanismus jako rozpínací čočka. Čelisti posouvá centrální šroub po šikmých drahách. Po obvodu jsou vložky odpovídající vnitřnímu průměru statoru. Pokud by v první poloze byla využita rozpínací čočka z druhé polohy, upnutí by bylo realizováno na neobrobené plochy a nikdy bychom tak nedocílili požadované přesnosti rozměrů. K zajištění proti pootočení je opatřena dorazovými šrouby na bok svorkovnice.

#### 3.4.2 Upnutí rozpínací čočkou v druhé poloze

Hlavní zásadní optimalizací této varianty je použití nového přípravku rozpínací čočky.



Obr. 21 Rozpínací čočka

Pozice 1 – Stůl obráběcího centra DMC125 FD, Deckel Maho

Pozice 2 – Opěry se šrouby

Pozice 3 – Rozpínací čelisti

Pozice 4 – Šroub

Pozice 5 – Rozpínací klíny

Pozice 6 – Opěrná ramena

Rozpínací čočka je však možné použít až v druhé poloze obrábění, protože po svaření dochází k deformacím a tak čelo a osazení statoru není příliš přesné. Po obrobení statoru v první poloze přichází upnutí do polohy druhé, kde se již čočka využívá. Rozpínací čočka je velmi přesný přípravek určený k upnutí a vycentrování kostry statoru. Centrování a vymezení vůlí je zajištěno symetrickými rozpínacími čelistmi, které jsou na koncích soustružené do tvaru odpovídajícího osazení statoru. Hlavním upínacím prvkem jsou čtyři šrouby umístěné na opěrách, které se šroubují do otvorů umístěných na čele statoru. Proti pootočení jsou na rozpínací čočce opěrná ramena, které se opřou o svorkovnici. Tím jsou vymezeny všechny stupně volnosti. Pro případ, že by kvalita povrchu po obrobení nebyla v toleranci, jsme přidali přídavek na obrábění, který se osoustruží na hrotovém soustruhu. Pokud bude přesnost a kvalita povrchu po obrábění v obráběcím centru vyhovující, další kostra statoru bude zhotovena již bez dalšího přídávku na obrábění.

## 4 Ověření navržené technologie včetně časové analýzy optimalizované technologie

Testování nově navržené varianty probíhalo v obráběcím sektoru haly firmy Škoda Electric, a. s. Testování mělo dva kroky. V prvním případě bylo ověřeno, zda nově navržená varianta nepřináší nečekané problémy a zda je zaručena požadovaná tvarová a rozměrová přesnost. V prvním testování bylo nové obrábění provedeno s přídavkem na konečné obrobení na hrotovém soustruhu.

### 4.1 Nově navržená technologie obrábění

V následujících krocích je podrobně popsána nová technologie obrábění.

#### 1. pracoviště – Obráběcí centrum DMC125 FD, Deckel Maho

Obrábění v první poloze.

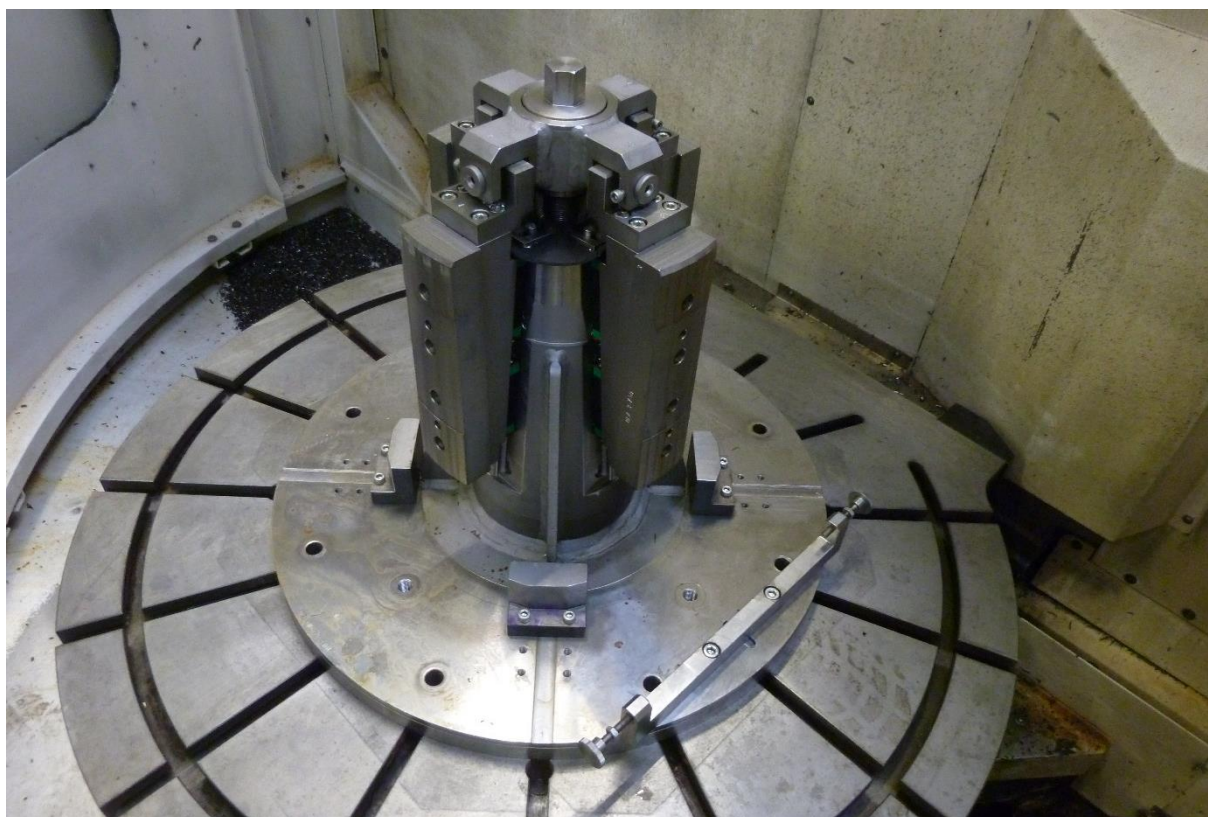
Operace 20	<p>Upnout.</p> <p>Dle programu vyrovnat sondou podle vnitřku plechů.</p> <p>Zprava (dle řezu A-A) čelo a KR470H7, (8 x M16-6H hl.22/30, 4 x KR18 hl.1(<math>\pm 0,5</math>), 4x KR12H8 do hl. 14, 4x M16-6H do hl.22/30 Plochu na rozměru H=328(<math>\pm 0,5</math>) od osy s 14 x M8-6H skrz, H= 257 (-0,5;+0,3), H=203(-0,3; +0,5) a H=121(-0,5;+0,3) s R16 a 2 x M16-6H hl.22/30, vybrání k rozměru H=256 (+0,4) a 62 (+0,5) z druhé strany 80 (+0,5), zarovnat k rozm. H=346.5(+/-0.3) a H=257(+0.3;-0.5).</p>
---------------	---

Obrábění ve druhé poloze.

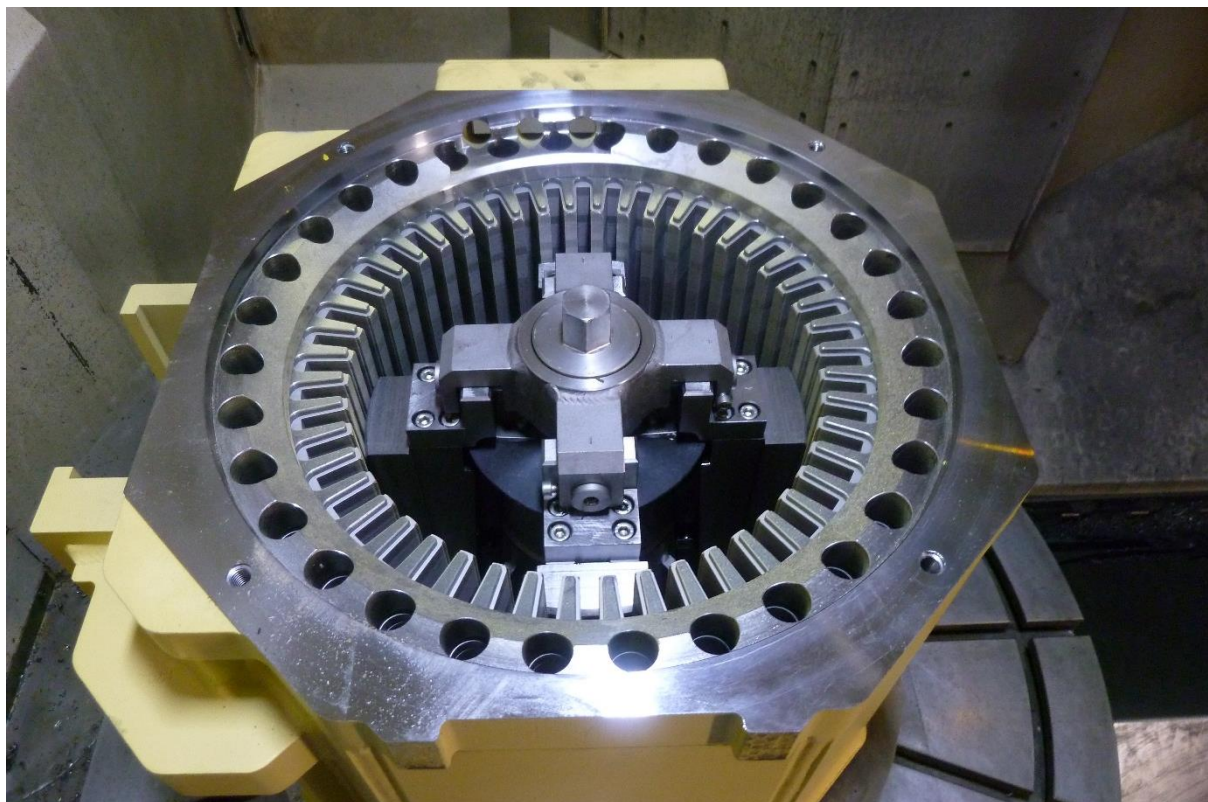
Operace 30	<p>Upnout.</p> <p>Dle programu zleva (dle A-A) čelo a KR470H7. (1xKR10H10, 8x M16 hl.22/30 a 4 x KR18 hl.1(<math>\pm 0.5</math>)).</p>
---------------	--



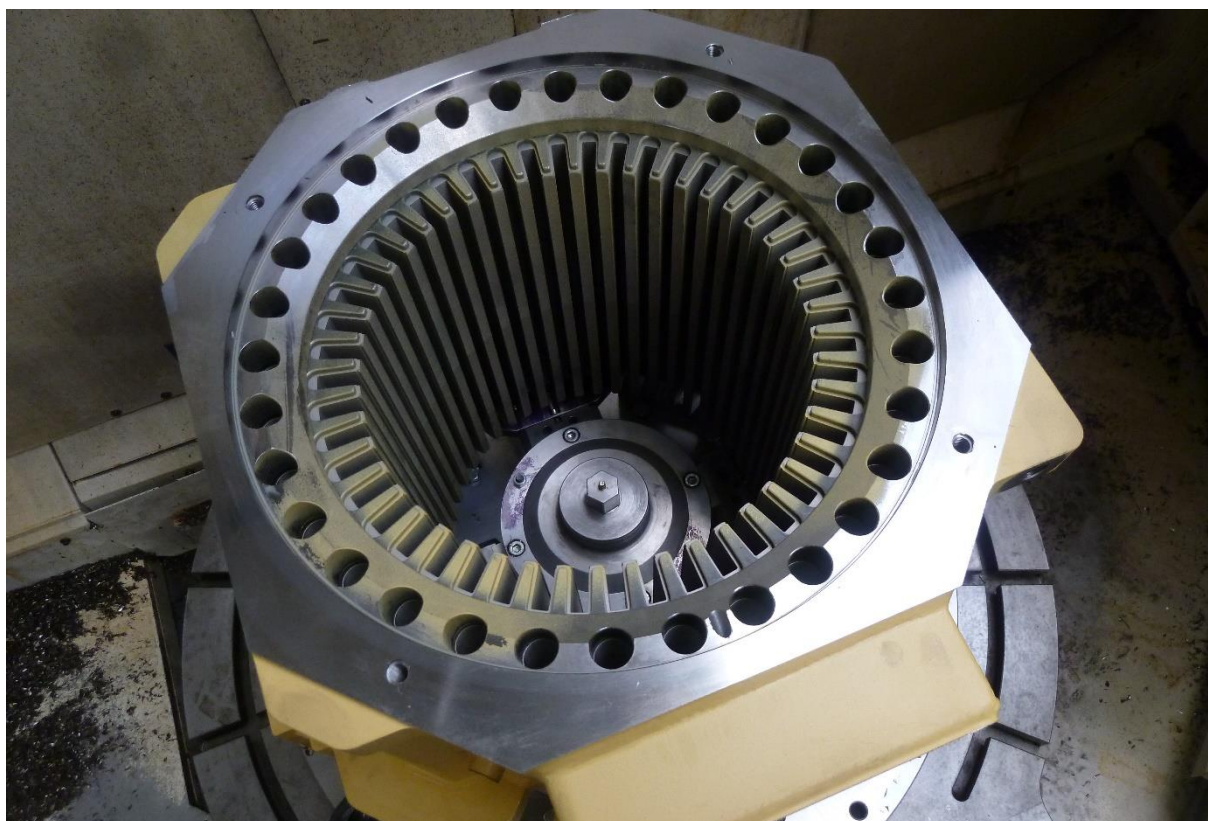
Obr. 22 Obráběcí centrum DMC125 FD, Deckel Maho



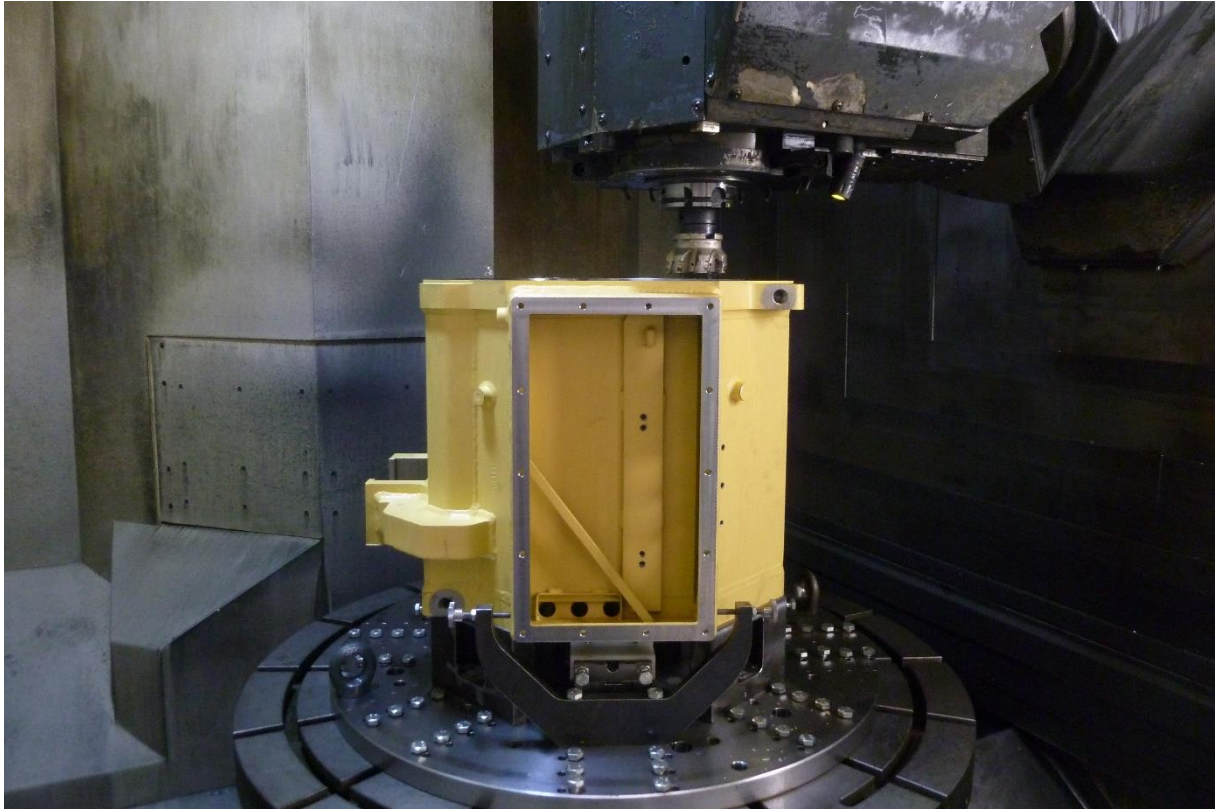
Obr. 23 Rozpínací trn



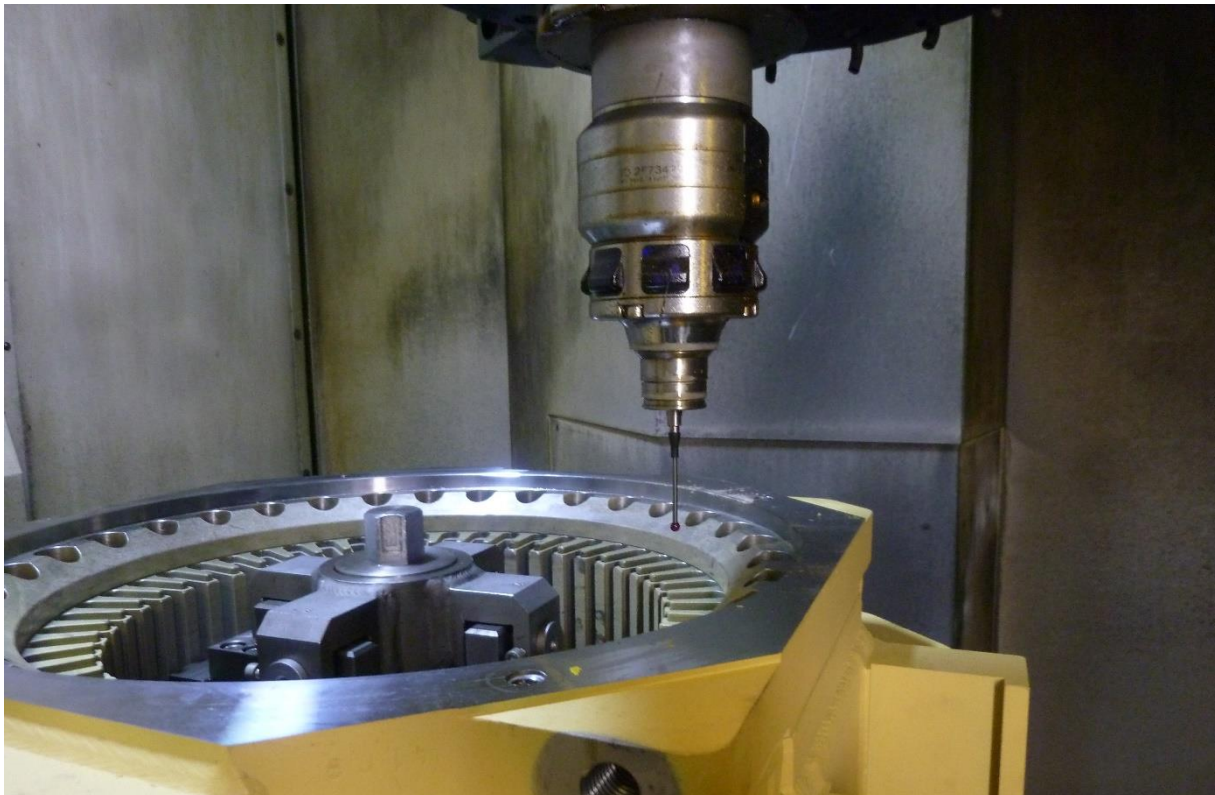
Obr. 24 Stator upnutý v rozpínacím trnu



Obr. 25 Stator upnutý pomocí rozpínací čochky



Obr. 26 Obrábění statoru ve druhé poloze



Obr. 27 Kontrola rozměru dotykovou obrobkovou sondou

**2. pracoviště – Hrotový soustruh**

Dokončení statoru na požadovaný rozměr.

Operace 35	Dokončení na požadovanou délku.
---------------	---------------------------------

**3. pracoviště – Zámečnik**

Operace 40	Odbřítovat a protáhnout závity M12-6H ve stahovacích deskách z obou stran (2 x 4x M12).
---------------	---

**4. pracoviště – Myčka**

Operace 50	Odmastit, opláchnout, nechat uschnout.
---------------	--

**5. pracoviště – Výrobní kontrola**

Kontrola všech rozměrů. Měření délky statoru pomocí posuvného měřítka.

Operace 60	Kontrola rozměrů a zapsání hodnot do ML.
---------------	--

**6. pracoviště – Lakovna**

Operace 70	Nátěr dle předpisu Plochy označené – X – nenatírat! Ostatní plochy natřít - N1 -
---------------	--



## 4.2 Finální podoba nově navržené technologie obrábění

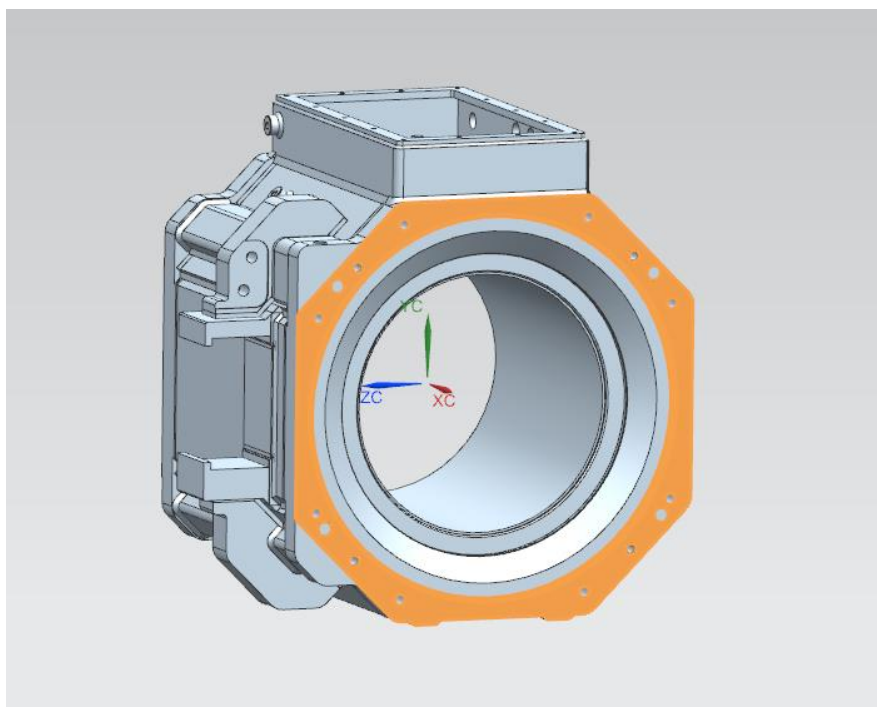
Stator dosahuje po prvním testování požadovaných rozměrů již na soustružnicko-frézovacím centru Deckel Maho. Není tedy nutné do technického postupu zařazovat dokončovací operaci na hrotovém soustruhu. Celá operace na hrotovém soustruhu je nadále vypuštěna.

Finální podoba technologie obrábění statoru:

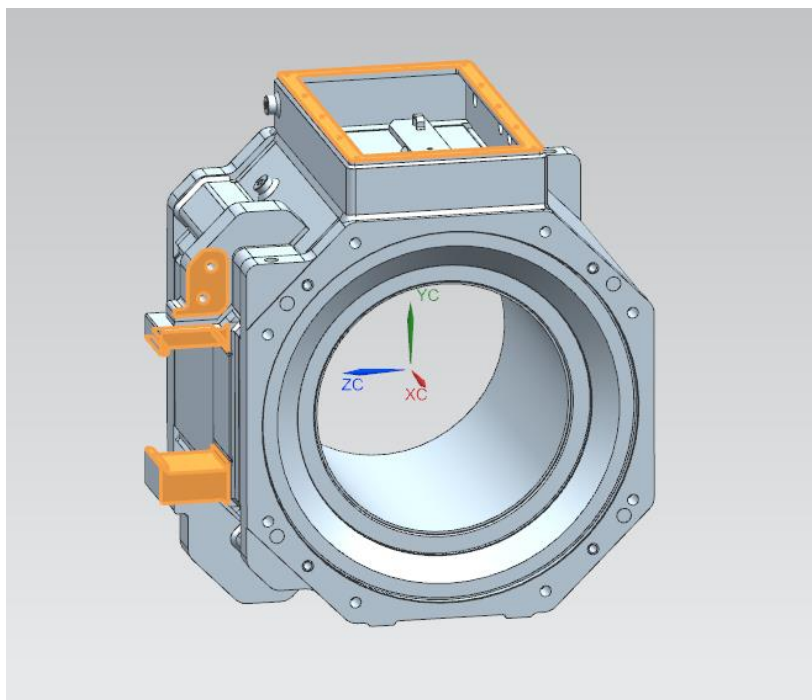
### 1. pracoviště – Obráběcí centrum DMC125 FD, Deckel Maho

První poloha

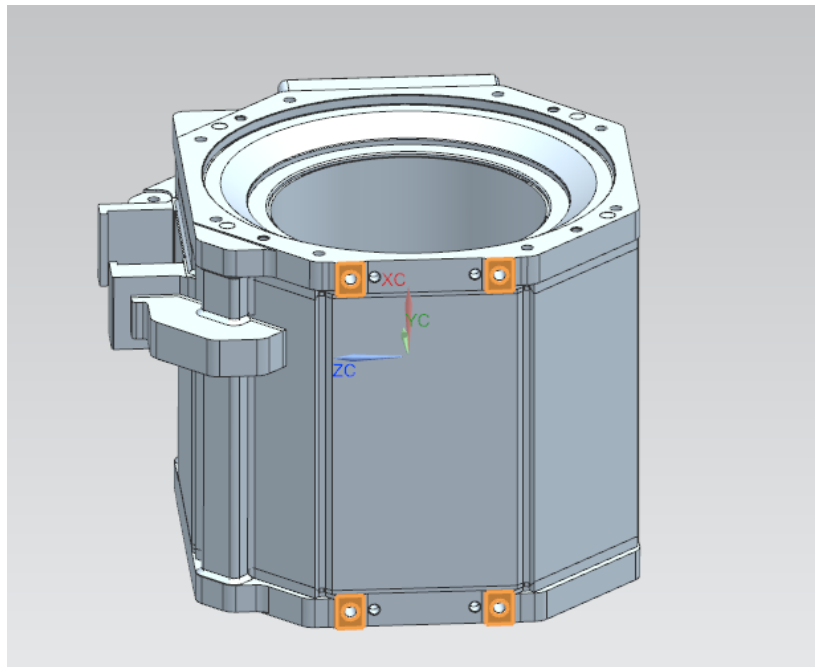
Operace 20	<p>Upnout.</p> <p>Dle programu vyrovnat sondou podle vnitřku plechů.</p> <p>Zprava (dle řezu A-A) čelo a KR470H7, (8 x M16-6H hl.22/30, 4 x KR18 hl.1(±0,5), 4x KR12H8 do hl. 14, 4x M16-6H do hl.22/30 Plochu na rozměru H=328(±0,5) od osy s 14 x M8-6H skrz, H= 257 (-0,5;+0,3), H=203(-0,3; +0,5) a H=121(-0,5;+0,3) s R16 a 2 x M16-6H hl.22/30, vybrání k rozměru H=256 (+0,4) a 62 (+0,5) z druhé strany 80 (+0,5), zarovnat k rozm. H=346.5(+/-0.3) a H=257(+0.3;-0.5).</p>
---------------	---



Obr. 28 Oranžově vyznačená plocha obrábění



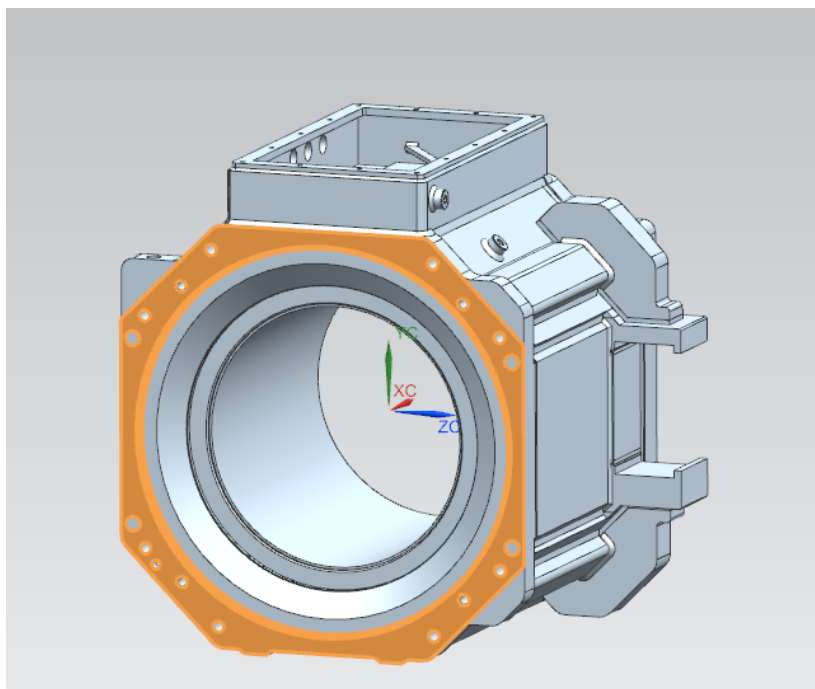
Obr. 29 Oranžově vyznačená plocha obrábění



Obr. 30 Oranžově vyznačená plocha obrábění

## Druhá poloha

Operace 30	Upnout.  Dle programu zleva (dle A-A) čelo a KR470H7. (1xKR10H10, 8x M16 hl.22/30 a 4 x KR18 hl.1( $\pm 0.5$ )).
---------------	---



Obr. 31 Oranžově vyznačená plocha obrábění

**2. pracoviště – Zámečnik**

Operace 40	Odbřítovat a protáhnout závity M12-6H ve stahovacích deskách z obou stran (2 x 4x M12).
---------------	---

**3. pracoviště – Myčka**

Operace 50	Odmastit, opláchnout, nechat uschnout.
---------------	--

#### 4. pracoviště – Výrobní kontrola

Kontrola všech sledovaných rozměrů.

Operace 60	Kontrola rozměrů a zapsání hodnot do ML.
---------------	--

#### 5. pracoviště – Lakovna

Operace 70	Nátěr dle předpisu Plochy označené - X - nenatírat! Ostatní plochy natřít dle požadavku na výkrese.
---------------	---


### 4.3 Časová analýza

Časová analýza probíhala taktéž na hale firmy Škoda Electric, a. s. za pomoci digitálních stopek a zapisovacích protokolů.

#### 4.3.1 Časová analýza původního výrobního postupu

	TA (min.)
1. soustruh	
<i>Soustružit na rozpínacím trnu. Zarovnat z obou stran. Délku s přídávkem 0,5mm/pl a KR470H7 s přídávkem 1mm/pl (pomocně na 468H7). Výchozí kóta 45mm zprava dle řezu A-A (označit fixem na stahovací desku výchozí bod měření).</i>	96,00
2. DMC	
<i>Dle programu. Upnout, vyrovnat sondou podle plechu, středit dle KR470H7. Zprava (dle řezu A-A) 8 x M16-6H hl.26/34, 4 x KR18 hloubka 1 (+/- 0,5), zarovnat spodní plochu statoru na H=260 (±0,1). Dle pohledu „G“ 4 x KR12H8 do hloubky 14 na rozměru 57,5 (±0,1) od osy a 20 od čel. Dle pohledu „G“ 4 x M16-6H do hloubky 22/30 na rozměru 85 od osy a 20 od čel. Svorkovnici na H=328 (±0,5) s 14 x M8-6H skrz, vybrání k rozměru H= 257 (-0,5 /+0,3), H=203 (-0,3/+0,5) a H=121 (-0,5/+0,3) s R16 a 2 x M16-6H hl.22/30. Vybrání k rozměru H=256 (+0,4) a 62 (+0,5) z druhé strany 80 (+0,5). Výběr 160 (±0,2) x 75 na rozměru 262,5 (±0,4). Zarovnat k rozměru H=346,5 (+/-0,3) a H=257(+0,3/-0,5).</i>	94,00
3. DMC	
<i>Dle programu. Upnout, vyrovnat sondou podle H=260 (+/-0,1), středit dle KR470H7. Zleva (dle A-A) 1x KR10H10, 8xM16 hloubka 22/30 a 4xKR18 hloubka 1(+/-0,5).</i>	27,00
4. soustruh	
<i>Soustružit na rozpínacím trnu. Dokončit celkovou délku 450±0,2 a 2 x KR470H7.</i>	82,00
celkem	299,00

## 4.3.2 Podrobná analýza naměřených časů původního postupu.

Původní TP				
<b>OP10</b>		soustruh		<b>96,00</b>
<b>OP20</b>				
<p>Dle programu.            Upnout, vyrovnat sondou podle plechu, středit dle KR470H7.            Zprava (dle řezu A-A) 8 x M16-6H hl.22/30, 4 x KR18 hl.1, zarovnat spodní plochu statoru na H=260 (<math>\pm 0,1</math>) s 4 x KR12H7/hl.12.            Svorkovnici na H=328 (<math>\pm 0,5</math>) s 14 x M8-6H skrz, vybrání k rozměru H= 257 (<math>-0,5 \div +0,3</math>), H=203 (<math>-0,3 \div +0,5</math>) a H=121 (<math>-0,5 \div +0,3</math>) s R16 a 2 x M16-6H hl.22/30.            Vybrání k rozměru H=256 (+0,4) a 62 (+0,5) z druhé strany 80 (+0,5).            Výběr 160 (<math>\pm 0,2</math>) x 75 na rozměru 262,5 (<math>\pm 0,4</math>).</p>				
			ot/posuv	TA
		upnout na přípravek		7,00 7,00
sonda				6,70 13,70
špička		kontrola pozice svorkovnice		2,90 16,60
F80HR		hrubovat H=346,5 a H=260	1	2,70 19,30
F80		načisto H=346,5 a H=260	2	1,85 21,15
F32		H=328 (3x záběr)	3	8,10 29,25
F25x75		uvolnění pro F20	4	1,15 30,40
F20		H=203 a H=121 s R16	5	4,40 34,80
F40x25		B=80 + B=62	6	1,85 36,65
F50		dno držáku H=257 a H=262,5; H=377,5	7	3,25 39,90
KOT63x14		vybrání držáku B=160	8	8,40 48,30
		vybrání držáku B=160 načisto	9	8,35 56,65
sonda		měření držáku		2,55 59,20
V14		pro 8+4 M16	10	1,35 60,55
F10		4x KR18	11	1,55 62,10
V6,8		pro 14x M8	12	1,35 63,45
V11		pro 4x KR12H8	13	0,60 64,05
V14prodl		pro 2x M16	14	0,75 64,80
F10x45°		hrany		2,00 66,80
N10x90°		hrany pro M8		1,75 68,55
F12x45°		hrany pro KR12H8	15	1,60 70,15
ZM16prodl		2x M16	16	1,50 71,65
ZM8		14x M8	17	3,15 74,80
ZM16		8+4 M16	18	4,45 79,25
výhr11,7		pro 4x KR12H8	19	1,80 81,05
výstr12H8		4x KR12H8	20	3,85 84,90
		odepnout		6,00 90,90
		celkem TA		90,90
		TA + 3%		<b>94,00</b>

OP30		ot/posuv	TA
Dle programu. Upnout, vyrovnat sondou podle ploch na rozměru H=260 (±0,1), středit dle KR470H7. Zleva (dle řezu A-A) 8 x M16-6H hl.22/30 a 4 x KR18 hl.1			
	upnout na přípravek		7,00 7,00
sonda			5,00 12,00
V14	pro 8x M16 <span style="background-color: #90EE90;">1</span>		1,35 13,35
F16	4x KR18 <span style="background-color: #90EE90;">2</span>		1,55 14,90
F10x45°	hrany		1,50 16,40
ZM16	8x M16 <span style="background-color: #90EE90;">3</span>		4,45 20,85
	odepnout		6,00 26,85
	celkem TA		26,85
	TA + 3%		<b>27,70</b>
OP40	soustruh <span style="background-color: #FFD700;"> </span>		<b>82,00</b>
<b>celkem</b>			<b>299,70 min.</b>

Celkový čas od operace číslo 10 po operaci číslo 40 činí 299,70 min. Od operace číslo 40 dále měření prováděno nebylo. Po operaci číslo 40 zůstává výrobní postup nezměněn.

#### 4.3.3 Časová analýza nově navrženého postupu

Nová technologie 1		TA (min.)
1. DMC		
<i>na trnu z jedné strany; délka a KR470 na čisto.</i>		128,00
2. DMC		
<i>na trnu z druhé strany; délka a KR470 na čisto.</i>		129,00
		257,00

U nově navržené technologie obrábění se zpočátku uvažovalo o dokončení požadované délky pomocí hrotového soustruhu. Operace dokončení délky na soustruhu činí 82 minut.

<b>Nová technologie 2</b>	
(Při potřebě dokončení na soustruhu)	
	TA (min.)
1. DMC	
<i>na trnu z jedné strany; délka a KR470 s přídávkem.</i>	90,00
2. DMC	
<i>na trnu z druhé strany; délka a KR470 s přídávkem.</i>	90,00
<i>Soustružit na rozpínacím trnu.</i>	82,00
<i>Dokončit celkovou délkou 450±0,2 a 2 x KR470H7.</i>	
	262,00

#### 4.3.4 Podrobná analýza naměřených časů nového postupu.

<b>Nový TP</b>		ot/posuv	TA	
<b>OP10</b>				
Dle programu. Upnout. Vyrovnat sondou podle plechu. Zprava (dle řezu A-A) s příd. 0.5/pl čelo a KR470H7 na KR468H7; ost. hot. (8 x M16-6H hl.22/30, 4 x KR18 hl.1(±0,5). H= 257 (-0,5;+0,3), H=203(-0,3; +0,5) a H=121(-0,5; +0,3) s R16 a 2 x M16-6H hl.22/30. Vybrání k rozměru H=256 (+0,4) a 62 (+0,5) z druhé strany 80 (+0,5). Zarovnat k rozm. H=346.5(+/-0.3) a H=257(+0.3;-0.5).				
	upnout na přípravek		9,00	9,00
sonda			9,75	18,75
F80	hrubovat čelo		8,00	26,75
F25HUR	KR470 na KR469		6,25	33,00
F80	načisto H=346,5	2	0,90	33,90
F32	pomocně 2x plocha pro vyrovnání		1,20	35,10
F25x75	uvolnění pro F20	4	0,90	36,00
F20	H=203 a H=121 s R16	5	4,00	40,00
F40x25	B=80 + B=62	6	1,50	41,50



F50	dno držáku H=257 a H=262,5; H=377,5	7	3,75	45,25
KOT63x14	vybrání držáku B=160	8	18,75	64,00
sonda	měření držáku		2,40	66,40
V14	pro 8x M16		2,10	68,50
F10	4x KR18	11	1,80	70,30
V14prodl	pro 2x M16	14	2,00	72,30
F50	čelo načisto		9,50	81,80
F16	KR470 na KR469,5		3,00	84,80
	měřit		2,00	86,80
sonda	korekce		3,80	90,60
F16	KR470 načisto		3,00	93,60
	měřit		1,30	94,90
sonda			3,30	98,20
F16x45°	hrany		4,30	102,50
F10x45°	pro 8x M16		2,30	104,80
V16/90	pro 2x M16		1,70	106,50
ZM16prodl	2x M16	16	3,70	110,20
ZM16	8x M16	18	6,20	116,40
	odepnout		8,00	124,40
				124,40
	celkem TA		124,40	
	TA + 3%		<b>128,00</b>	

### OP20

Dle programu.

Zleva (dle A-A) s příd. 0.5/pl čelo a KR470H7 na KR468H7.

Ostatní hot.(1xKR10H10, 8x M16 hl.22/30 a 4 x KR18 hl.1(±0.5)).

Dle pohledu „G“ 4x KR12H8 do hl. 14 na rozměru 57,5 (±0,1) od osy a 20 od čel.

Dle pohl. „G“ 4x M16-6H do hl.22/30 na rozm.85 od osy a 20 od čel. H=328 (±0,5) s 14 x M8-6H skrz

		ot/posuv	TA	
	upnout na přípravek		14,00	14,00
sonda			11,00	25,00
F80	hrubovat čelo		8,00	33,00
F25HUR	KR470 na KR469		6,25	39,25
	svorkovnice H=328 (3x záběr)	3	8,10	47,35
F32	hrubovat H=260	1	1,65	49,00
F80	načisto H=260	2	1,55	50,55
V10	1x KR10		0,60	51,15
V14	pro 8+4 M16	1	2,20	53,35
F10	4x KR18	2	2,40	55,75
F50trn	čelo načisto		9,50	65,25
F16	KR470 na KR469,5		3,00	68,25
	měřit		2,00	70,25
sonda	korekce		4,50	74,75
F16	KR470 načisto		3,00	77,75
	měřit		1,40	79,15
sonda			2,30	81,45
F16x45°	hrany		4,30	85,75

V6,8	pro 14x M8	12	1,00	86,75
V11	pro 4x KR12H8	13	2,50	89,25
F10x45°	pro 8x M16	15	2,35	91,60
V16/90	pro 2x M16		1,50	93,10
V10/90°	hrany pro M8		1,65	94,75
ZM8	14x M8	17	7,10	101,85
ZM16	8+4 M16	3	7,90	109,75
výhr11,7	pro 4x KR12H8	19	2,60	112,35
výstr12H8	4x KR12H8	20	3,90	116,25
	odepnout		9,00	125,25
	celkem TA		125,25	
	TA + 3%		<b>129,00</b>	
			<b>257,0 min.</b>	

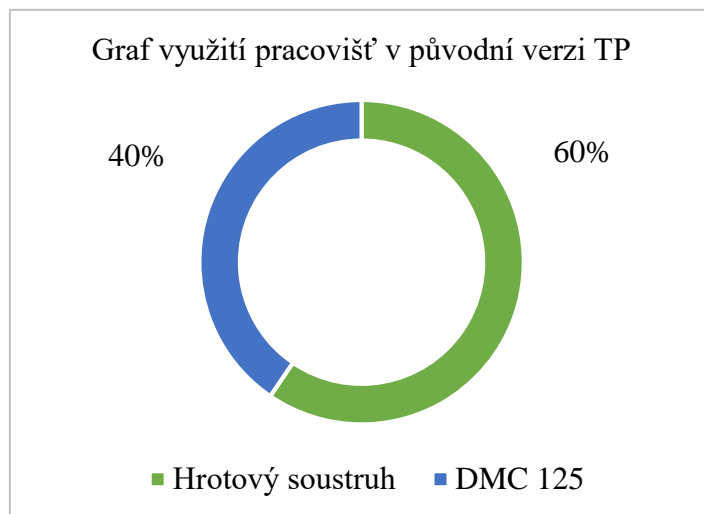
Celkový čas nového postupu činí 257,0 min. Časový rozdíl mezi původním postupem a nově navrženým postupem je 42,70 min.

## 4.4 Zhodnocení nově navržené varianty obrábění

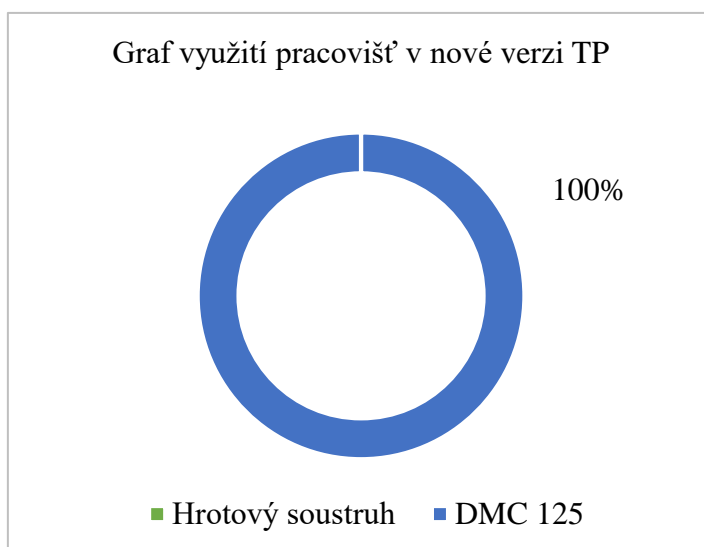
Hlavním cílem navrhování nové optimalizace obrábění statoru asynchronního motoru bylo zkrácení času obrábění a zjednodušení upínání. Celkově se podařilo čas na obrábění a upínání zkrátit o 42,70 minut. Nově navržená technologie obrábění zabírá celkem 257 minut. K tomuto času je nutné připočítat také časy pracovišť zámečnick, myčka, výsrobní kontrola a lakovna.

### 4.4.1 Technické zhodnocení

Z uvedených grafů vyplývá, že v původním technologickém postupu převládalo pracoviště hrotový soustruh. Toto pracoviště bylo velmi nevýhodné, protože neumožňovalo vydatně chladit během řezného procesu a nutnost vyvažování statoru na trnu prodlužovalo celkovou dobu obrábění.



Graf 2 využití pracovišť v původní verzi TP



Graf 3 využití pracovišť v nové verzi TP

V novém technologickém postupu se podařilo toto pracoviště úplně odstranit a veškeré obrábění provést na moderním a výhodnějším soustružnicko-frézovacím centru Deckel Maho DMC 125 FD. V původním technologickém postupu bylo využito upínání pomocí upínek k otočnému stolu obráběcího centra. Složitě centrování bylo nahrazeno rozpínacím trnem a novou rozpínací čoučkou. Díky těmto přípravkům je centrování jednoduché a přesné. Celkově se doba určená k upnutí obrobku zkracuje. Díky obráběcímu centru je možné využít vydatného chlazení a především využít dvou paletového systému. Při obrábění jedné kostry statoru je možné díky druhé paletě upínat další kostru na otočný stůl a po obrobení první kostry jsou palety pootočením o 180° vyměněny. Může tedy ihned začít obrábění další kostry bez nutnosti čekání na přeupnutí.

Využitím obráběcího centra je zajištěna i návaznost pracovišť. Takt je dán nejdlejší operací. V minulosti byl problém s hromaděním obrobků před časově nejdlejší operací. Zatímco se před touto operací obrobky hromadily, za touto operací se naopak muselo na obrobky čekat. Důsledkem této situace bylo dávkování po pracovištích. To však vedlo k ještě větší časové náročnosti, protože další dávka musela čekat, až projde obráběcím procesem dávka první. S využitím nové varianty obrábění se tak i zkrátila průběžná doba výroby.

## 5 Závěr

Cílem diplomové práce byl návrh optimalizace technologie obrábění statoru asynchronního motoru pro polskou lokomotivu EN57, tak aby se snížil potřebný čas na výrobu a zároveň se využilo modernějšího strojního parku.

První část diplomové práce představuje firmu Škoda Electric, a, s, a pojednává o obecném asynchronním motoru, jeho historii a funkčnosti. Dále se práce zaměřuje na požadavky spojené s asynchronním trakčním motorem určeném pro kolejové vozidlo sloužící na přepravu osob. Tato část práce zahrnuje popis největších rozměrů a rozbor ploch k obrábění. Jednou z hlavních kapitol práce je rozbor stávajícího výrobního postupu a důvody jeho optimalizace. Práce poukazuje na složitost upínání statoru na různých pracovištích a nemožnost využití lepších rezných podmínek. Ve třetí fázi diplomové práce jsou zmíněny varianty optimalizace obrábění statoru, které se během řešení práce postupně redukovaly až na konečný počet dvou variant optimalizace. Obě varianty jsou v práci rozpracovány a vyhodnoceny. Inspirací pro výběr vhodné varianty se stal elektromotor pro metro Petrohrad, který již optimalizací technologického postupu prošel. Dalším bodem je podrobný popis vybrané varianty. Kapitola popisuje přípravky nutné k upnutí a specifikuje pracoviště, na kterém se celý proces obrábění bude realizovat. Poslední část diplomové práce je věnována testování navržené varianty. S pomocí obsluhy stroje byl kompletní technologický postup prověřen a vyhodnocen. V závěrečné fázi byla provedena časová analýza všech úkonů ve výrobním postupu.

Původní technologický postup		Nový technologický postup	
Pracoviště	T [min]	Pracoviště	T [min]
Hrotový soustruh	96	DMC 125 FD, Deckel Maho 1. poloha	128
DMC 125 FD, Deckel Maho 1. poloha	94	DMC 125 FD, Deckel Maho 2. poloha	129
DMC 125 FD, Deckel Maho 2. poloha	27,70	-	-
Hrotový soustruh dokončování	82	-	-
Celkový čas obrábění	$\Sigma$ 299,70	Celkový čas obrábění	$\Sigma$ 257

Tab. 5 Časové porovnání původního a nového TP

Z časové analýzy vyplývá, že uspořádáním operací a použitím vhodných upínacích přípravků se podařilo čas na obrábění snížit o 42,70 minut. Díky nově navržené variantě optimalizace výroby statoru asynchronního motoru se navíc podařilo odstranit ze stávajícího

postupu problémové pracoviště hrotový soustruh. Veškeré obráběcí operace byly přesunuty na moderní soustružnicko-frézovací centrum DMC125 FD Deckel Maho, které díky svému paletovému upínání udržuje plynulost průchodu obrobku dílnou a zkracuje tak průběžnou dobu obrábění.

Výsledná optimalizace je zpracována v programu firmy do přehledného technologického postupu uvedeného v příloze č. 3. Jednou z dalších možných optimalizací do budoucnosti je výběr materiálu pro řezný nástroj a s ním spojené i řezné podmínky.

## 6 Použitá literatura

### 6.1 Knižní publikace:

- [1] UHLÍŘ, Ivan a kol. *Elektrické stroje a pohony*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. 137 s. ISBN 978-80-01-03730-0.
- [2] FOTR, J. ŠVECOVÁ, L. A KOLEKTIV *Manažerské rozhodování – Postupy, metody a nástroje*. Praha: Nakladatelství Ekopress, s. r. o., 2010. ISBN 978-80-86929-59-0
- [3] STANĚK, Jiří a NĚMEJC, Jiří. *Metodika zpracování a úprava diplomových (bakalářských) prací*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2005. 58 s. ISBN 80-7043-363-9.
- [4] VASILKO, Karol a Jan MÁDL. *Teorie obrábění*. Ústí nad Labem: FVTM, UJEP, 2012. ISBN 978-80-7414-459-2.

### 6.2 Internetové publikace

- [5] Asynchronní elektromotory [online]. [cit. 2016-10-21]  
Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/asynchronni-elektromotory>
- [6] Opole 2012 [online]. [cit. 2016-10-21]  
Dostupné z: <http://kolej.darlex.pl/533-pociagi-w-opolu>
- [7] DMC 125 FD [online]. [cit. 2016-11-01]  
Dostupné z: <http://en.dmgmori.com/products/milling-machines/5-axis-universal-machining-centres-with-a-pallet-changer/dmc-fd-duoblock/dmc-125-fd-duoblock#Technic>
- [8] TOS Svitavy [online]. [cit. 2017-03-14]  
Dostupné z: <http://www.tossvitavy.com/index.php/sklicidla/technicke-udaje>
- [9] Siemens [online]. [cit. 2017-03-14]  
Dostupné z: <http://www.automation.siemens.com/>

### 6.3 Ostatní publikace

- [10] Interní dokumenty firmy
- [11] Interní fotografie firmy

## 7 Seznam příloh

Příloha č. 1	Specifikace parametrů obráběcího centra .....	57
Příloha č. 2	Původní technologický postup .....	59
Příloha č. 3	Nově navržený technologický postup .....	62



## **PŘÍLOHA č. 1**

### **Specifikace parametrů obráběcího centra**

Technical Data DMC 125 FD duoBLOCK®		
<b>Machine type</b>		<b>DMC 125 FD duoBLOCK®</b>
<b>Work area</b>		
X / Y / Z-axis	mm	1,250 × 1,250 × 1,000
<b>Table / Clamping surface / Tools</b>		
NC rotary table	rpm	–
Milling / turning table (milling / turning)	rpm	20 / 500
Table working surface	mm	ø 1,100
Max. table load	kg	2,000
<b>NC-controlled swivel milling head (B-axis)</b>		
NC-controlled swivel milling head (B-axis)		Standard
Swivel range (0 = vert. / 180 = horiz.)	degrees	0 / +180
Rapid traverse and feed	rpm	30
<b>5-axis Options</b>		
NC-controlled swivel milling head (A-axis)		•
Swivel range (0 = vert. / –90 = horiz.)	degrees	–120 / +10
Rapid traverse and feed	rpm	30
5X torqueMASTER® – NC-controlled B-axis with a gear spindle		•
Swivel range (0 = vert. / 180 = horiz.)	degrees	0 / +180
Rapid traverse and feed	rpm	30
<b>Main drive</b>		
Integrated motor spindle SK40	rpm	–
Integrated motor spindle HSK-A63	rpm	–
Integrated motor spindle HSK-A100	rpm	12,000
Power (40 / 100 % DC)	kW	44 / 32
Torque (40 / 100% DC)	Nm	288 / 187
<b>Tool changer</b>		
Tool reception		HSK-A100
Tool magazine	Pockets	63 / wheel
<b>Linear axes (X / Y / Z)</b>		
Feed / rapid traverse speed	m/min	60
Acceleration	m/s <sup>2</sup>	6 / 5 / 6
Feed force	kN	12 / 16 / 16
<b>Machine data</b>		
Space requirement of the basic machine incl. a chip conveyor without internal coolant supply	approx. m <sup>2</sup>	33.9
Machine height (standard machine)	mm	3,761
Machine weight	kg	19,800
• option – not available		
<b>Control</b>		
CELOS® from DMG MORI with 21.5" ERGOline® and SIEMENS		
Operate 4.5 on SIEMENS 840D solutionline		

## **PŘÍLOHA č. 2**

### **Původní technologický postup**

Škoda TRM		<b>TECHNOLOGICKÝ POSTUP</b>		Datum:	Str.: 1
Kód postupu:	Verze postupu:	Stav: Uvolněno	ID součásti:	ED609010	Verze: C
Název součásti: STATOR OBROBENÝ			Vyhotořil:		
Název TP:			Vyhotořil:		
Verze výkresu:		Platné od:		Platné do:	
Jednotka výrobního postupu:	1,00	Počet operací:	8	Do objed. množství:	
Poznámka:					

Operace	Verze o.	Stav		Platné od	Platné do	Úkon	Pracoviště	Stroj	Počet strojů
	Čas nastavení	Výrobní čas	Čas pracovníka	Osob pro výrobu	Osob pro nastavení	Množst.přes.šarží	Koeficient koop.		
	Extra informace	Převod šarže 100%	Čítací bod	Zpětné hlášení	Vytvořil / dne				
Text operace									

	1	Uvolněno			1100			1,00
	15	95	95,00	1,00	1,00	1,00		0,00
10	Soustružit na rozpínacím trnu. Zarovnat z obou stran. Délku s přídatkem 0,5mm/pl a KR470H7 s přídatkem 1mm/pl (pomocně na 468H7). Výchozí kóta 45mm zprava dle řezu A-A (označit fixem na stahovací desku výchozí bod měření).							

	1	Uvolněno			1200			1,00
	20	94	94,00	1,00	1,00	1,00		0,00
20	Dle programu Upnout, vyrovnat sondou podle plechu, středit dle KR470H7. Zprava (dle řezu A-A) 8 x M16-6H hl.26/34, 4 x KR18 hloubka 1 (+/-0,5), zarovnat spodní plochu statoru na H=260 (±0,1). Dle pohledu „G´´ 4 x KR12H8 do hloubky 14 na rozměru 57,5 (±0,1) od osy a 20 od čel. Dle pohledu „G´´ 4 x M16-6H do hloubky 22/30 na rozměru 85 od osy a 20 od čel. Svorkovnice na H=328 (±0,5) s 14 x M8-6H skrz, vybraní k rozměru H= 257 (-0,5/+0,3), H=203 (-0,3/+0,5) a H=121 (-0,5/+0,3) s R16 a 2 x M16-6H hl.22/30. Vybraní k rozměru H=256 (+0,4) a 62 (+0,5) z druhé strany 80 (+0,5). Výběr 160 (±0,2) x 75 na rozměru 262,5 (±0,4). Zarovnat k rozměru H=346,5 (+/-0,3) a H=257(+0,3/-0,5).							

	1	Uvolněno			1200			1,00
	10	27,7	27,70	1,00	1,00	1,00		0,00
30	Dle programu Upnout, vyrovnat sondou podle H=260 (+/-0,1), středit dle KR470H7. Zleva (dle A-A) 1x KR10H10, 8xM16 hloubka 22/30 a 4xKR18 hloubka 1(+/-0,5).							

	2	Uvolněno			1100			1,00
	15	87	87,00	1,00	1,00	0,00		0,00
35	Soustružit na rozpínacím trnu. Namontovat protizávaží ONA30477. Dokončit celkovou délku 450±0,2 a 2 x KR470H7.							

	2	Uvolněno			2000			1,00
	6	49	49,00	1,00	1,00	1,00		0,00
40	Odbřítovat. Protáhnout závity M12-6H ve stahovacích deskách z obou stran (2 x 4 M12).							

	1	Uvolněno			4400			1,00
	0	7,1	7,10	1,00	0,00	1,00		0,00
50	Odmastit, opláchnout, nechat uschnout							

	1	Uvolněno			4010			1,00
	0	27	27,00	1,00	0,00	1,00		0,00
60								

Škoda TRM		<b>TECHNOLOGICKÝ POSTUP</b>			Datum:	Str.: 2
Kód postupu:	Verze postupu:	Stav: Uvolněno	ID součásti:	ED609010	Verze: C	
Název součásti: STATOR OBROBENÝ				Vyhotovil:		
Název TP:						
Verze výkresu:		Platné od:		Platné do:		
Jednotka výrobního postupu: 1,00		Počet operací: 8	Do objed. množství:			
Poznámka:						

Kontrola rozměrů a zapsání hodnot do ML.						
--	--	--	--	--	--	--

70	1	Uvolněno		4900		0,00	
	0	0	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
	Nátěr dle předpisu Plochy označené - X - nenatírat! Ostatní plochy natírat - N1 -						

## **PŘÍLOHA č. 3**

### **Nově navržený technologický postup**

Škoda TRM		<b>TECHNOLOGICKÝ POSTUP</b>			Datum:	Str.: 1
Kód postupu: 1	Verze postupu: 3	Stav: Uvolněno	ID součásti:	ED609010	Verze: C	
Název součásti: STATOR OBROBENÝ				Vyhotožil:		
Název TP:				Vyhotožil:		
Verze výkresu:		Platné od:		Platné do:		
Jednotka výrobního postupu: 1,00		Počet operací: 6	Do objed. množství:			
Poznámka:						

Operace	Verze o.	Stav		Platné od	Platné do	Úkon	Pracoviště	Stroj	Počet strojů
		Čas nastavení	Výrobní čas	Čas pracovníka	Osob pro výrobu	Osob pro nastavení			
	Extra informace	Převod šarže 100%	Čítecí bod	Zpětné hlášení	Vytvořil / dne				
Text operace									

20	2	Uvolněno		1200		1,00	
		20	128	128,00	1,00	1,00	1,00
Upnout. Dle programu vyrovnat sondou podle vnitřku plechů. Zprava (dle řezu A-A) čelo a KR470H7, (8 x M16-6H hl.22/30, 4 x KR18 hl.1(±0,5), 4x KR12H8 do hl. 14, 4x M16-6H do hl.22/30 Plochu na rozměru H=328(±0,5) od osy s 14 x M8-6H skrz, H= 257 (-0,5;+0,3), H=203(-0,3; +0,5) a H=121(-0,5;+0,3) s R16 a 2 x M16-6H hl.22/30, vybrání k rozměru H=256 (+0,4) a 62 (+0,5) z druhé strany 80 (+0,5), zarovnat k rozm. H=346.5(+/-0.3) a H=257(+0.3;-0.5). Přípravky: OFA30674 OFA30750							

30	2	Uvolněno		1200		1,00	
		20	129	129,00	1,00	1,00	1,00
Upnout. Dle programu zleva (dle A-A) čelo a KR470H7. (1xKR10H10, 8x M16 hl.22/30 a 4 x KR18 hl.1(±0.5)). Přípravky: OFA30742 OFA30745							

40	1	Uvolněno		2000		1,00	
		6			1,00	1,00	1,00
Odbřítovat a protáhnout závity M12-6H ve stahovacích deskách z obou stran (2 x 4x M12).							

50	1	Uvolněno		4400		1,00	
		0			1,00	0,00	1,00
Odmastit, opláchnout, nechat uschnout							

60	1	Uvolněno		4010		1,00	
		0			1,00	0,00	1,00
Kontrola rozměrů a zapsání hodnot do ML.							

70	1	Uvolněno		4900		0,00	
		0			1,00	0,00	1,00
Nátěr dle předpisu Plochy označené - X - nenatírat! Ostatní plochy natřít dle požadavku na výkrese.							