

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA ELEKTROMECHANIKY A VÝKONOVÉ ELEKTORNIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Zpracování nabídkové dokumentace vybraného
elektrického stroje pomocí CAD software SolidWorks**

Vedoucí práce: Ing. Roman Pechánek Ph.D.

2013

Autor: Martin Otajovič

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin OTAJOVIČ**
Osobní číslo: **E10B0277P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektrotechnika**
Název tématu: **Zpracování nabídkové dokumentace vybraného elektrického stroje pomocí CAD software SolidWorks**
Zadávající katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

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

1. Popište základní provedení vybraného typu stroje.
2. Vytvořte 3D model daného stroje.
3. Nakreslete pohledové řezy.
4. Zpracujte technickou dokumentaci stroje jako nabídku pro prodej.


Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

1. Bartoš, V.: Elektrické stroje I, II. VŠSE v Plzni, 1986.
2. Nasar, S. A., Bolera, I.: The induction machine handbook, CRC Press, 2002, ISBN 0-8493-0004-5.
3. Petrov G. N.: Elektrické stroje 2, Academia Praha, 1982.

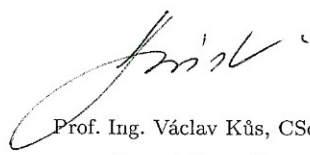
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Roman Pechánek, Ph.D.**
Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

Datum zadání bakalářské práce: **27. června 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **7. června 2013**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

Anotace

Tato bakalářská práce je zaměřena na zpracování nabídkové dokumentace vybraného elektrického stroje pomocí CAD softwaru. V práci je popsán princip synchronního stroje, technická dokumentace a vytvořen model synchronního stroje. Jednou z hlavních částí je nabídkový katalog, sloužící jako nabídka pro prodej.

Klíčová slova

Synchronní stroj, generátor, alternátor, stator, rotor, SolidWorks, CAD, katalog, nabídková dokumentace.

Abstract

This bachelor thesis is focused on the processing tender documents selected electrical machine using CAD software. The work describes the principle of synchronous machine, writes technical documentation and model of synchronous machine. One of the main parts is design catalog, serving as an offer for sale.

Keywords

Synchronous machine, generator, alternator, stator, rotor, SolidWorks, CAD, catalog, tender documentation.

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 bakalářské práce.

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




.....

podpis

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Romanu Pechánkovi Ph.D. za vedení mé bakalářské práce, rady a připomínky, které mi poskytl při vytváření této bakalářské práce, a hlavně za tolerantní přístup, který mi umožnil napsat a konzultovat bakalářskou práci i během studia na zahraniční univerzitě v Regensburgu.

Obsah

SEZNAM SYMBOLŮ A POUŽITÝCH ZKRATEK.....	8
1 ÚVOD	9
2 SYNCHRONNÍ STROJE	9
2.1 HISTORIE A VÝVOJ.....	9
2.2 ZÁKLADNÍ KONSTRUKCE	10
2.3 ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI.....	11
2.3.1 Náhradní schéma	11
2.3.2 Moment synchronního stroje	12
2.3.3 Zatěžovací charakteristika	12
2.3.4 Provozní režimy stroje	13
2.3.5 Způsoby rozběhu	14
2.4 BUZENÍ SYNCHRONNÍCH STROJŮ	15
2.4.1 Stejnoseměrné rotační budiče.....	15
2.4.2 Střídavé buzení.....	15
2.4.3 Hlavní části buzení	18
3 TECHNICKÁ DOKUMENTACE SYNCHRONNÍHO GENERÁTORU.....	19
3.1 HISTORIE STROJE	19
3.2 TECHNICKÉ NORMY UŽÍVANÉ U ELEKTRICKÝCH STROJŮ	20
3.3 POPIS KONSTRUOVANÉHO STROJE	21
3.3.1 Synchronní alternátor – MTS-HS1	21
3.3.2 Náčrty štítu generátoru	21
3.3.3 Způsoby zapojení.....	22
4 KATALOGOVÝ LIST.....	23
 ČESKÁ VERZE	25
 DEUTSCHE FASSUNG	28
 ENGLISH VERSION	31
VÝKRESY; ZEICHNUNGEN; DESIGN	34
5 ZÁVĚR.....	38
POUŽITÁ LITERATURA	39
SEZNAM OBRÁZKŮ	40

Seznam symbolů a použitých zkratk

X, Y, Z [-]	.....	fázové vodiče
0 [-]	.....	nulový vodič
f [Hz]	.....	frekvence
U [V]	.....	napětí
P [W]	.....	činný výkon
S [VA]	.....	zdánlivý výkon
$\cos \varphi$ [-]	.....	účinník
W_1	.....	vinutí statoru
W_E	.....	vinutí rotoru
N	.....	severní pól rotoru
S	.....	jižní pól rotoru
M_r [Nm]	.....	reluktanční moment
M_s [Nm]	.....	moment synch. stroje
M [Nm]	.....	výsledný moment
β [°]	.....	zátěžný úhel
GS 3 ~	.....	třífázový generátor
<u>G</u>	.....	stejnoseměrný generátor
Regler	.....	řídící člen
T	.....	transformátor
V1	.....	usměřňovač
I_E [A]	.....	proud budiče
n [min ⁻¹]	.....	otáčky
t [°C]	.....	teplota
m [kg]	.....	hmotnost

1 Úvod

V této práci se budu věnovat problematice synchronních strojů. Shrnu jejich technické vlastnosti, popíši moderní trendy. Další součástí bude reálný model. Jako předlohu jsem si vybral MTS – HS1 typ A10A4 00 DB od společnosti MEZ Frenštát pod Radhoštěm. Model tohoto funkčního stroje bude překreslen pomocí 3D softwaru SolidWorks2010.

2 Synchronní stroje

2.1 Historie a vývoj

Synchronní stroje byly konstruovány jako jednofázové generátory. V polovině 19. století se začaly používat jako trvalé řešení pohonů. První funkční třífázové stroje byly sestaveny v roce 1887 nezávisle na sobě dvěma autory F. A. Haselwanderem a Bradleyem. Následně se začaly stroje dělit na stroje s vyniklými póly (hydrostroje) hladké stroje (turbostroje).

Další vývoj synchronních strojů byl způsoben vzrůstající poptávkou po elektrické energii. Pro uspokojení těchto potřeb se zvyšovaly výkony strojů, až na samé technické maximum. Zároveň byly stroje nasazovány jako pohony v různých průmyslových odvětvích.

Největší výkony jsou dosahovány právě synchronními stroji. Například v tepelných elektrárnách dosahují dvojpólové turbogenerátory výkonů zhruba 1200MVA při frekvenci 50Hz a napětí 21kV. U čtyřpólových strojů se dosahuje výkonů 1700MVA a napětí 27kV. Největší vertikální hydrogenerátory ve vodních elektrárnách mají výkon kolem 800MVA.

Jako pohony se uplatnily tyto stroje hlavně díky frekvenčním střídačům. Díky nim mohou být regulovány otáčky motorů, proto se používají tyto pohony pro malé servomotory a zároveň pro nejvyšší výkony. Jako příklad lze uvést 30MW ventilátor v horkovzdušné peci nebo pohony v těžkém průmyslu, jako jsou těžební stroje a stroje v cementárnách. Jako malé aplikace je možné jmenovat hodiny a jemnou techniku. [1]

2.2 Základní konstrukce

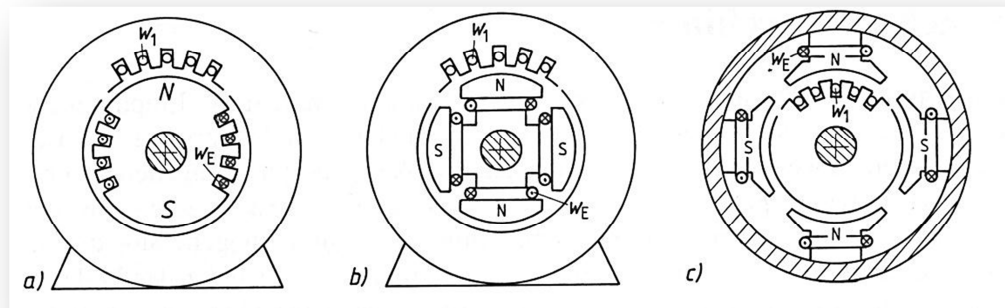
Synchronní stroje jsou dva základní typy rychloběžné a pomaloběžné. Společným prvkem těchto strojů je stator, odlišujícím pak rotor.

Stator je v principu u všech tří typů stejný. Jedná se o konstrukčně posunuté třífázové vedení, které je uloženo v drážkách statoru. Uložení tohoto vinutí závisí na konkrétním stroji, ale základní náznak je vidět na Obr. 1.

Rotor turbostroje je tvořený masivním ocelovým válcem, kde zhruba 2/3 obvodu jsou vyfrézované radiální drážky. V těchto drážkách je uloženo pólové vynutí. V tomto typu konstrukce se vytváří nejčastěji dvoupólové nebo čtyřpólové rotory.

Rotor hydrostroje je osazený vyniklými póly s pólovými nástavci, kde kolem jednotlivého pólu je umístěno vynutí.

Speciálním případem rotoru synchronního stroje je vnější rotor. Který je ve své podstatě jen konstrukce hydrostroje reverzně. [1]

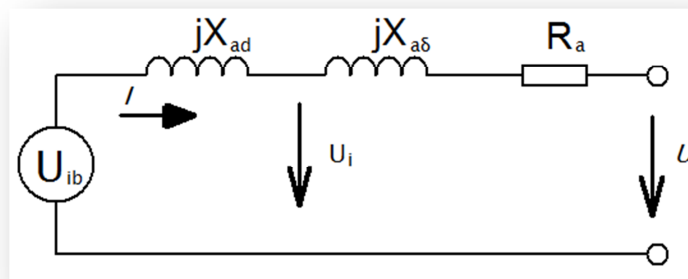


Obr. 1: a) turboalternátor, b) hydroalternátor, c) invertovaný hydroalternátor [1]

2.3 Základní vlastnosti

2.3.1 Náhradní schéma

Pro odvození uvažujeme, že všechny veličiny jsou převedeny buď na stranu rotoru anebo statoru, v případě komplexního pohledu je zde problém s počtem fází. Indukované napětí U_{ib} je propojeno se svorkami vazbou, kde se uplatní magnetizační reaktance (reaktance reakce kotvy) X_{ad} , rozptylová reaktance a činný odpor statorového vinutí.



Obr. 2: Náhradní schéma

$$U - U_{ib} - I[R_a + j(X_{a\delta} + X_{ad})] = 0$$

Rovnice 1: Rovnice pro náhradní schéma [2]

Dalšími úpravami vyjádříme proud, a zjednodušíme vztah, odpor vinutí lze u velkých strojů zanedbat, a zavedeme synchronní reaktanci součtem reaktance reakce kotvy a rozptylovou.

$$X_{a\delta} + X_{ad} = Z_d$$

Rovnice 2: Synchronní reaktance [2]

$$I = \frac{U - U_{ib}}{Z_d}$$

Rovnice 3: Proud stroje [2]

2.3.2 Moment synchronního stroje

Pro moment synchronního stroje s hladkým rotorem lze odvodit:

$$M_s = k\Phi I_b \sin\beta = k \frac{U_1 I_b}{\omega_s} \sin\beta$$

Rovnice 4: Moment hladkého stroje [3]

U stroje s vyniklými póly tzv. reluktanční moment, pro který lze zapsat:

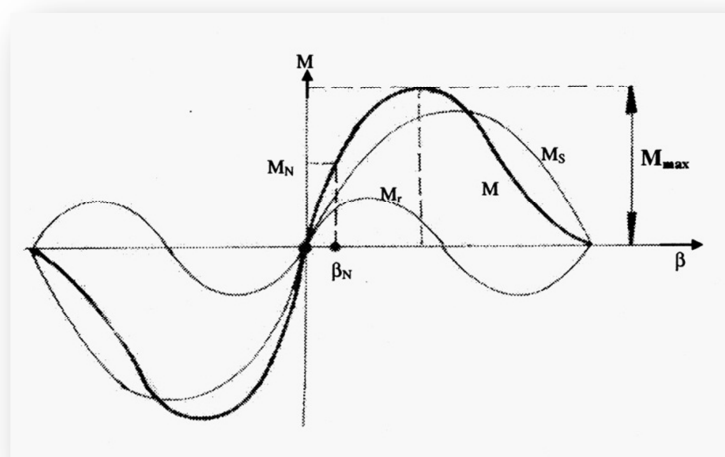
$$M_r = k\Phi I_b \sin 2\beta$$

Rovnice 5: Moment stroje s vyniklými póly [3]

Hlavní rozdíl je, že hladký stroj má v podélné i příčné ose stejnou magnetickou vodivost. Jeho reaktanční moment je tedy nulový.

2.3.3 Zatěžovací charakteristika

Pokud je stroj v ustáleném stavu, tak nedochází ke změně otáček v závislosti na momentu a jedná se tedy o absolutně tvrdou charakteristiku. V případě zvýšení momentu dochází k narůstání zatěžovacího úhlu β . Tento úhel představuje natočení rotoru oproti stavu rotoru naprázdno. V případě překročení úhlu $\beta = 90^\circ$ (-90°) dojde k vypadnutí ze synchronizmu a nastává krizový stav.



Obr. 3: zatěžovací charakteristika [2]

2.3.4 Provozní režimy stroje

- **Generátor**

Hlavním použitím synchronního stroje je režim generátoru.

V tomto režimu je na hřídel připojeno otáčivé médium s konstantními otáčkami, například parní či vodní turbína. Základní myšlenkou je pomocí točivého pohybu „rozpohybovat“ elektrické pole a vytvořit rozdíl potenciálu o určité frekvenci, což je možné díky nabuzenému rotorovému vnutí. Nabuzení způsobuje stejnosměrný proud, který protéká jednotlivým vinutím pólů. Pak se mezi rotorem a statorem ve vzduchové mezeře vytvoří magnetické pole, které naindukuje do statorového vinutí střídavé napětí.

Parametry napětí se odvíjejí z konstrukčních vlastností generátoru.

Jedním z parametrů je charakter indukovaného napětí, jedná se o sinusový průběh.

Dalším parametrem je frekvence, ta je dána otáčkami hřídele a počtem pólů stroje.

$$f = \frac{\text{ot. rotoru} \times \text{počet pólů}}{60}$$

Rovnice 6: Frekvence stroje

Počet fází napětí určuje statorové vinutí, které je z pravidla třífázové a posunuté o 120°.

- **Motor**

Dalším použitím je motor, jedná se o motorová soustrojí dosahující velkých výkonů. Používají se ve stálých provozech, a to z důvodů složitosti rozběhu, ze stejné příčiny se neprovádí reverzace otáček.

Synchronní kompenzátor – pracuje jako elektrický motor naprázdno. V závislosti na buzení, případně zatížení, dodává od sítě jalový výkon. Slouží k řízení napětí a kompenzaci účinníku v síti.

Krokové motory – jde o nízkovýkonové stroje, které využívají přesného řízení motoru. Řízení tohoto motoru je velmi náročné na řídicí obvody, proto se zde využívá hlavně mikroprocesorové techniky. Princip spočívá ve vyslání impulsu do statorové cívky, rotor na to zareaguje natočením, aby zvýšil magnetickou vodivost.

2.3.5 Způsoby rozběhu

Rozběh synchronního stroje probíhá poměrně složitě. Stroj musí nejdříve nabrat synchronní otáčky (alespoň přibližné) a pak se teprve může stroj vtáhnout do synchronizmu. Pokud je stroj nabuzen, má přibližnou synchronní rychlost a je přivedeno třífázové napětí, vtáhne se do synchronizmu a udrží si sám synchronní otáčky. Toto neplatí pro frekvenční rozběh, v tomto případě je stroj v synchronizmu již od začátku.

- **Asynchronní rozběh**

V rotoru je umístěno vinutí sloužící jako klec na krátko, ve většině případů je k tomuto účelu přizpůsobený tlumič, který jinak slouží k pohlcování mechanického kývání rotoru. Připojením statoru na síť se do asynchronního vinutí začne indukovat napětí. Napětí má za následek vytvoření rotorového magnetického pole. Vzájemné působení statorového a rotorového magnetického pole vytvoří moment a rotor se začne otáčet. Ve chvíli, kdy stroj dosáhne téměř synchronních otáček, se rotor nabudí, a motor se vtáhne do synchronizmu.

- **Rozběh pomocným motorem**

Synchronních otáček rotoru je zde dosaženo pomocí jiného stroje připojeného na společné hřídeli. K tomu lze využít budič, který se následně přepne do režimu buzení, anebo jiný asynchronní motor.

- **Frekvenční rozběh**

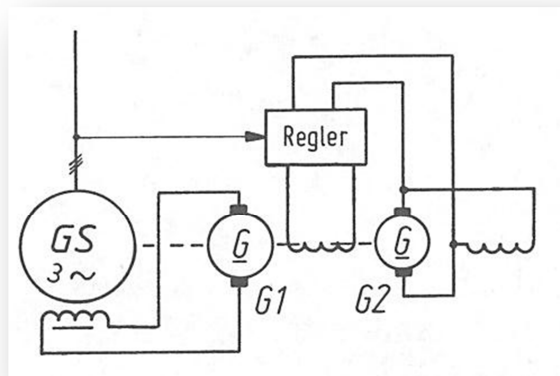
Nejmodernější způsob rozběhu. Pomocí frekvenčního měniče se řídí statorová frekvence. Rotor má možnost se roztáčet samovolně od nejnižších otáček. Princip spočívá v pozvolném zvyšování frekvence, kdy ke zvýšení dojde vždy, když se rotor vtáhne do synchronizmu na nižší frekvenci.

2.4 Buzení synchronních strojů

Pro buzení synchronních strojů se používá stejnosměrné napětí. Toto napětí by mělo být regulovatelné, regulace probíhá buď akčním členem, nebo samovolně, změnou poměrů ve stroji. Pro představu, buzení dvoupólového stroje 1000 MVA spotřebuje cca. 4000 kW.

2.4.1 Stejnosměrné rotační budiče

Dříve obecně používaný systém buzení, v současné době se již nevyužívá. Jednalo se o spojení stejnosměrného stroje s pomocným budícím systémem. Všechny stroje byly upevněny na stejnou hřídel. Regulace napětí probíhala automaticky díky zpětné vazbě přes společnou kotvu strojů. Výhodou tohoto systému byl dlouhý bezúdržbový provoz a rychlá automatická regulace. [3]



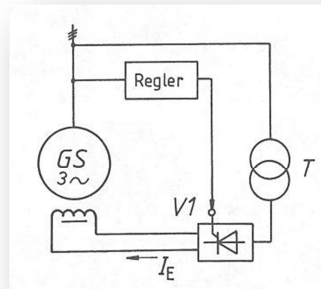
Obr. 4: stejnosměrné buzení [1]

2.4.2 Střídavé buzení

Jedná se o moderní způsob buzení strojů o vysokém výkonu. Tento způsob buzení se dělí do tří kategorií.

- **Statické buzení s tyristorovým usměrňovačem**

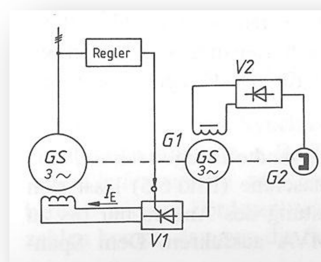
Tento způsob nevyužívá žádného rotačního stroje, je napájen přímo ze sítě, do které je napojen generátor. Ze sítě je transformováno napětí na potřebnou úroveň a usměrněno přes tyristorový usměrňovač. [3]



Obr. 5: Statické buzení [1]

- **Budící systém se střídavým budičem**

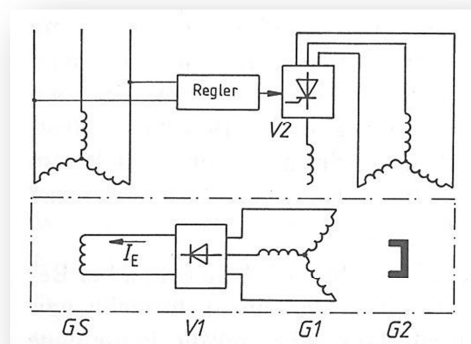
Systém se skládá z pomocného synchronního generátoru a generátoru s permanentními magnety. Oba generátory jsou umístěny na stejné hřídeli s hlavním strojem. Nejmenší generátor s permanentními magnety vytvoří vlastní napětí pro vybuzení druhého stroje. Toto napětí je usměrněno diodovým usměrňovačem. Druhý synchronní stroj má už dostatečné napětí pro buzení hlavního generátoru, zde už je napětí usměrněno tyristorovým usměrňovačem z důvodu možné regulace. [3]



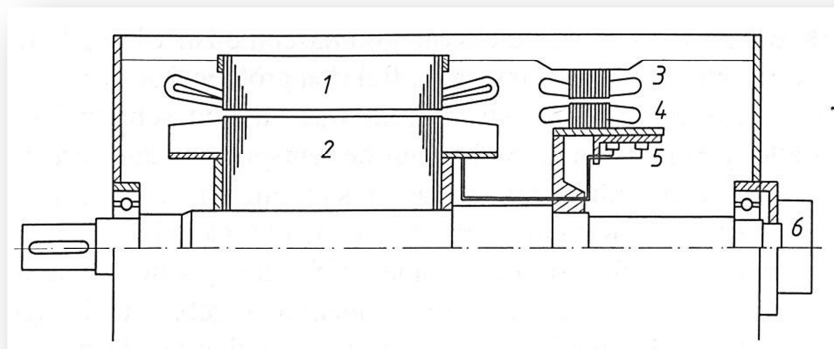
Obr. 6: střídavé buzení [1]

- **Bezkartáčové buzení**

Jedná se o buzení, kde je odstraněn přenos energie přes kartáče, a je tvořené indukční vazbou pomocí cívek. Cívky jsou uloženy ve statorové části a je na ně přiváděno střídavé napětí. Druhá sada cívek je uložena na rotoru. Vlivem otáčivého pohybu se do rotorových cívek indukuje střídavé napětí. Toto napětí je na rotoru usměrněno a tvoří napájení pólového buzení.



Obr. 7: bezkartáčové buzení-schéma [1]



Obr. 8: bezkartáčové buzení-nákres [1]

2.4.3 Hlavní části buzení

- **Výkonový tyristorový usměrňovač** je výkonová polovodičová součástka, umožňující řízení buzení rotoru. Nominální hodnota dosahuje 2 000A.
- **Ochranné obvody** jsou obvody, které mají zabránit zničení jednotlivých součástí generátoru. Na tyto obvody jsou kladeny velké nároky na spolehlivost, jde o ochranu především usměrňovače a vinutí stroje. Tyto obvody pohlcují špičky přepětí a odolávají proudovým nárazům.
- **Odbuzovač** je speciální přístroj schopný pohltit budící energii rotoru, aniž by vznikalo přepětí.
- **Regulátor napětí (regulátor buzení)** jeho hlavním úkolem je omezení rotorového a statorového proud. Hlídá rotorové podbuzení, umožňuje paralelní chod generátoru, řídí účinník.
- **Zdroje.** Nároky na zdroje jsou stabilizované napětí, jištění, signalizace, spolehlivý provoz. [3]

3 Technická dokumentace synchronního generátoru

3.1 Historie stroje

Synchronní stroj byl původně majetkem dnešní Košické univerzity. Tam se časem stal nepotřebným a tak byl v roce 1966 v rámci převodu kmenového jmění zdarma nabídnut tehdejší plzeňské Vysoké škole strojní a elektrotechnické (základ nynější ZČU). Zde byl stroj využíván pro experimenty a zkoušky s nezávislými budícími systémy. Aby stroj mohl být provozován, byl k němu objednan poháněcí stejnosměrný stroj od firmy MEZ Vsetín. Po jednom roce od objednání byl tento druhý stroj konečně dodán a toto soustrojí v laboratoři tehdejší katedry strojů do provozu uváděl prof. Václav Bartoš. Prof. Bartoš byl dlouholetým vedoucím laboratoře strojů a díky jeho práci a umu byly položeny taktéž základy současné laboratoře strojů. Po přestěhování fakulty do současných prostor bylo soustrojí provozováno ještě asi 18 měsíců. Při uvádění do provozu zde byly značné problémy s chvěním. Proto byl pro soustrojí vyroben v dílnách ZČU nový nosný rám s vyšší tuhostí. V roce 2005 bylo rozhodnuto soustrojí nahradit zcela novým, a to o ještě vyšším výkonu. Po jeho zakoupení a uvedení do provozu bylo staré soustrojí rozebráno, vyčištěno a vystaveno jako exponát pro výukové účely studentů a prezentaci FEL ve vstupním prostoru. Stroje jsou však dosud zcela funkční a po smontování by byly schopny dalšího provozu. [4]

3.2 Technické normy užívané u elektrických strojů

Technické normy stroje nám určují jeho použití, umístění a provozní podmínky. Mezi základní typy používaných norem patří norma IP – krytí, IC – chlazení a IM – montážní pozice.

- Norma IP – International Protection ČSN EN 60034-5, 35 0001 IEC 34-5

Jedná se o číselné označení, kdy první číslo určuje odolnost proti vniknutí pevných předmětů, a druhé označuje odolnost vůči vniknutí vody. Číslo pak může být doplněno písmenem, které zpřesňuje provedení.

- Norma IC – International Cooling ČSN 60034-6, 35 0006

Jde o číselně písemný kód, které vyjadřují uspořádání chladicího okruhu, primární chladivo, způsob proudění prim. chladiva, sekundární chladivo a způsob proudění sek. chladiva. Používají se hlavně čtyři druhy chlazení s přirozeným chlazením, s vlastním chlazením, s přirozeným vlastním chlazením a s cizím chlazením.

- Norma IM – International Mounting ČSN 60034-7


Existuje nová a stará norma, stará norma je označena písmenem a číslem. Označení nové normy je obsahuje celkem čtyři čísla skupinové číslo tvaru stroje, číselný znak pro způsob montáže, provedení konce hřídelů.

3.3 Popis konstruovaného stroje

3.3.1 Synchronní alternátor – MTS-HS1

Výrobní číslo	626523
Typ	A10A4 000
Jmenovité napětí	Y 400/231 [V]
Jmenovitý proud	72,2 [A]
Výkon	40 [kW]
Zdánlivý výkon	50 [kVA]
Frekvence	50 [Hz]
Počet pólů	4póly (2pólpáry)
Jmenovité otáčky	1500 [ot/min]
Účinník	0,8 [-]
Rozsah budicího napětí	33 – 91 [V]
Rozsah budicího proudu	3,5 – 8,1 [A]
Maximální doba provozu	Neomezený
Rok výroby	1958
Hmotnost	488 [kg]

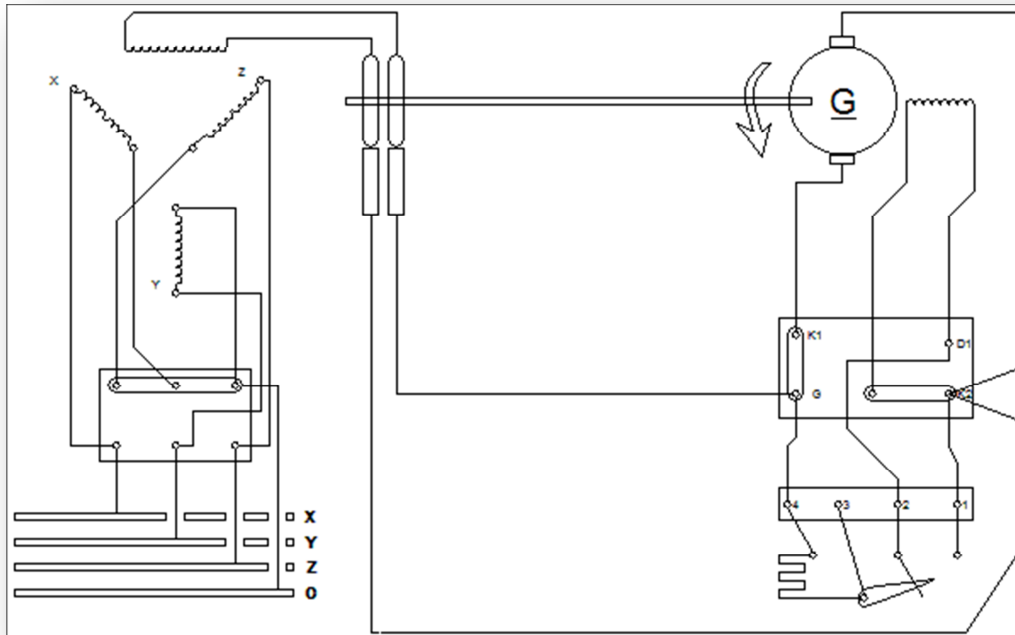
3.3.2 Nákres štítku generátoru

		MEZ FRENŠTÁT národní podnik FRENŠTÁT p. R. - ČSR			
		MTS - HS1		ALTERNÁTOR	č. 626523
Typ	A10A4	000	PROV.	DB	TVAR
	40 kW	50 kVA	∞	MIN.	488 kg
Y	400/231 V	72,2 A		50 c/s	ROK 1958
Δ	V	A	cosφ	0,8	ČSN ESČ 81
	1500T	MAX. T	PROSTŘ.		TR. ISOL.
	BUZENÍ	33 - 97 V		3,5 - 8,1 A	

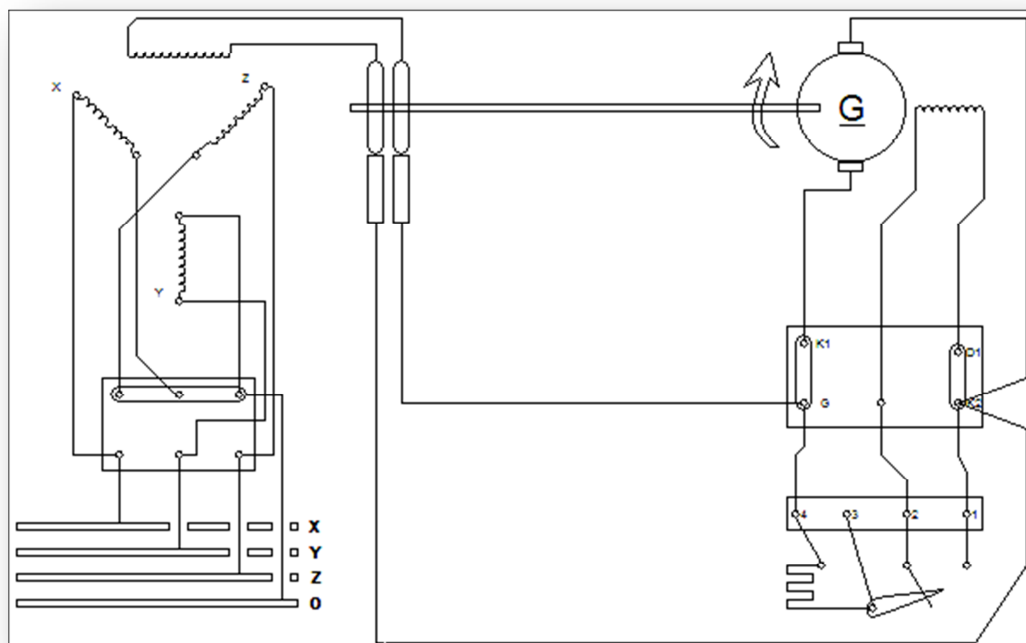
0003/23F0

3.3.3 Způsoby zapojení

Synchronní generátor lze zapojit pouze do hvězdy. Ovšem liší se způsob zapojení buzení pro opačný smysl otáčení. Princip spočívá přepólování buzení pomocného gen..



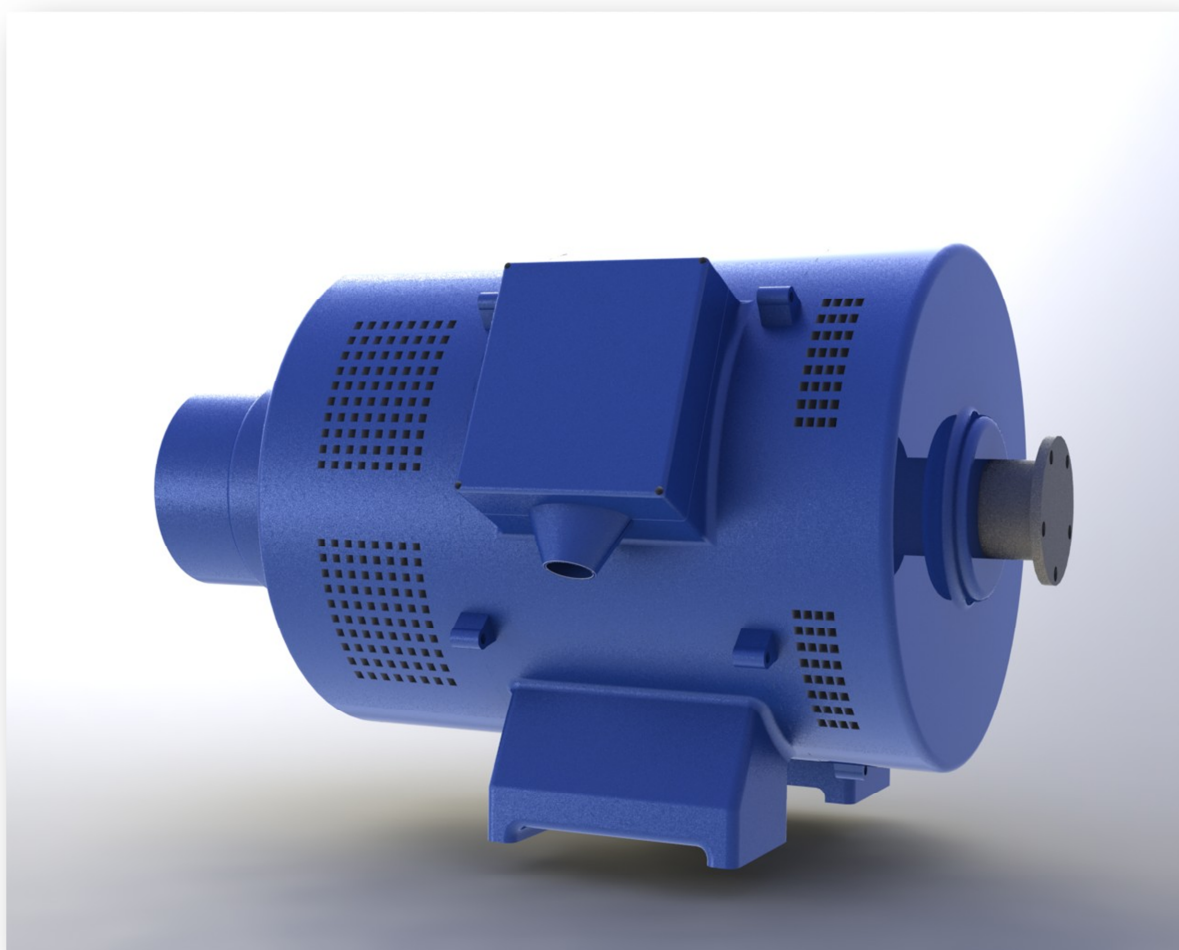
Obr. 9: zapojení buzení pro levotočivý moment






Obr. 10: zapojení buzení pro pravotočivý moment

4 Katalogový list

Synchronní generátor řady MTS-HS1



OBSAH

 ČESKÁ VERZE	25
1 ZÁKLADNÍ PARAMETRY	25
2 NORMY A PŘEDPISY	26
3 MECHANICKÉ PROVEDENÍ	26
4 ELEKTRICKÉ PROVEDENÍ	27
 DEUTSCHE FASSUNG	28
1 GRUNDINFORMATION	28
2 NORMEN	29
3 MECHANISCH AUSFÜHRUNG	29
4 ELEKTRISCHE AUSFÜHRUNG	30
 ENGLISH VERSION	31
1 BASIC PARAMETERS	31
2 STANDARDS AND REGULATIONS	32
3 MECHANICAL DESIGN	32
4 ELECTRICAL DESIGN	33
VÝKRESY; ZEICHNUNGEN; DESIGN	34



1 Základní parametry

Tento stroj je výsledkem dlouhodobé optimalizace elektromagnetického obvodu a konstrukce dle požadavku zákazníků. Tento stroj byl vyvinut s důrazem na vysokou účinnost, přesnost regulace napětí, dynamické vlastnosti a přizpůsobení provozním požadavkům.

Vhodné použití:

- Mobilní i stacionární pozemní zařízení
- Ostrovní i paralelní chod
- Generátor vodních elektráren
- Nouzové napájení agregátů

K pohonu generátoru se používají:

- Spalovací motory
- Plynové motory, elektromotory
- Vodní, plynové a parní turbíny

Provedení je 4pólový synchronní generátor s kartáčovým buzením, pro otáčky 1500 min^{-1} , napětí 400 V a frekvenci 50Hz. Mechanické provedení je IP20/IC01.

Jiné výkony, napětí, otáčky, další mechanické a elektrické vlastnosti jsou předmětem speciálních požadavků.

Možnosti provedení a příslušenství, které je možno dodat s generátorem:

Mechanické provedení

Jedno ložiskové provedení
Nestandardní kostra
Volný konec druhé hřídele
Teplotní čidlo

Elektronické provedení

Speciální napětí
Spec. Impregnace
Pomocná svorkovnice
Automatický regulátor napětí
Přístroj pro paralelní chod

2 Normy a předpisy

Stroj vyhovuje těmto normám:

- ČSN ESČ 81
- IP 20/IC01

3 Mechanické provedení

Generátor je tvořen hlavním strojem, budičem – tyto části tvoří zapouzdřené soustrojí.

3.1 Stator

Kostra statoru je svařována z profilů a plechů. Do statorové kostry je vložen stator s jednotlivými drážkami a vinutím. K plášti jsou přivařeny patky, výšku stroje lze tady snadno měnit dle potřeby. V boku statoru je uložené uhlíkové soustrojí sloužící přenosu energie na kroužky.

3.2 Rotor

Na hřídeli jsou upevněny jednotlivé póly, pomocí jemného šroubového spojení. Zároveň jsou zde upevněny budící disky, na které je přenáшено napětí z uhlíkových kartáčů. Volný konec hřídele je opatřen přírubou. Přírubu lze upravit dle požadavků zákazníka.

3.3 Uložení

Štíty lze dodat svařované nebo litinové. Základní provedení je s kluznými ložisky. V případě potřeby lze dodat i valivými.

3.4 Vinutí

Statorové vinutí je měděné drátové, možno dodat i profilové vinutí.

Rotorové vinutí je provedeno profilovým vodičem, zpevněné impregnací a mechanickými podpěrami.

3.5 Svorkovnice

Svorkovnice je umístěna na přední straně statoru, opatřena štítkem. Je zde velký prostor pro pohodlnou manipulaci při instalování přívodních kabelů. Krytí je IP54.

3.6 Technické možnosti

Regulace výšky stroje je možná úpravou patek při výrobě, rozmezí pro změnu osové výšky je 312mm až do 355mm.

Hřídel rotoru je opatřena standardně přírubou o poloměru 140mm a 5 dírách pro šrouby. Možnosti jsou změna průměru příruby a to až do 180mm s 8 dírami. Další možností je osazení hřídele bez příruby s drážkou pro pero.

4 Elektrické provedení

Stroj je navržen pro práci s frekvencí 50Hz, $\cos \varphi = 0,8$, a teplotu okolí 40°C (n v. 1000 m n. m.). Parametry jsou vždy ovlivněny teplotou, relativní vlhkostí a nadmořské výšce. Statorové vyunutí je zapojeno do hvězdy. Výkony jsou uváděny pro symetrickou zátěž a sinusový průběh napětí.

4.1 Buzení

Buzení je tvořeno stejnosměrným generátorem, který je buzený sériově. V případě potřeby změny smyslu otáčení musí dojít k přepólování buzení ss. budiče. Budící energie je přenášena na rotor pomocí kartáčového mechanismu.

Deutsche Fassung

1 Grundinformation

Diese Maschine ist das Ergebnis einer langfristigen Optimierung der elektromagnetischen und Schaltungsdesign nach kundenspezifischen Anforderungen. Diese Maschine wurde mit hoher Effizienz, Regulierung Spannung, Dynamik und Anpassung der betrieblichen Anforderungen entwickelt worden.

Passende Benutzung:

- Mobile und Stationäre Bodengeräten
- Insel- und Parallelbetrieb
- Der Generator des Wasserkraftwerks
- Das Aggregat der Notdienst

Der Generatorantrieb

- Der Verbrennungsmotor
- Der Gas- und Elektromotor
- Die Wasser-, Gas-, Dampfturbine

Design ist ein 4-Pol-Synchron-Generator Erregung mit Bürste, Drehzahl 1500 min^{-1} , Spannung 400 V und einer Frequenz 50 Hz. Schutzarten und Isolationsklassen ist IP20/IC01. **Andere Leistung, Spannung, Geschwindigkeit und mechanische und elektrische Eigenschaften unterliegen besonderen Anforderungen.**

Möglichkeiten zu Ausbau und Zubehör, das mit dem Generator liefern kann:

Mechanisch Ausführung

Gleitlagerausführung
Standardlos Körper
Freie Endung der Achse
Temperatursensor

Elektrotechnisch Ausführung

Spezialspannung
Spezialimprägnierungsmittel
Hilfsanschluss
Automatischer Spannungsregulator
Vorrichtung zum parallelen Betrieb

2 Normen

Maschinen entsprechen den Normen:

- ČSN ESC 81
- IP20/IC01

3 Mechanisch Ausführung

3.1 Stator

Stator wurde von Profilen und Platten geschweißt. Im Stator Rahmen wurde Nuten und Wicklung gesetzt. Zum Körper sind die Füße geheftet, darum kann man die Höhe verändern. Auf der Seite wurde das Kohlenstiftgerät, wie Gleichstrom Verbindung zum Rotorringe, benutzt.

3.2 Rotor

Der Flansch einzelnen Schenkelpol montiert ist, mit feien Schraubenverbindungen. Die Achse hat noch die Rotorringe, die für Erreger benutzt wurde. Das freie Ende hat den Flansch. Der Flansch kann nach Kundenwunsch angepasst werden.

3.3 Lagerung

Die Seiten können schweißen und gusseisern sein. Grundauführung ist mit dem Gleitlager, kann auch mit dem Kugellager sein.

3.4 Wicklung

Die Wicklung der Stator ist mit Kupferdraht, verfügbar auch profilierten Wickeln.

Rotor Wicklung profilierten Draht gemacht, verstärkt durch Imprägnierung und mechanische Abstützungen.

3.5 Anschluss

Die Klemmen sind an der vorderen Seite des Stators, ein Etikett entfernt. Es gibt viel Platz für komfortables Handling bei der Installation von Stromkabeln. Schutzarten ist IP54.

3.6 Technische Möglichkeiten

Höhenverstellung ist durch Einstellen der Maschine Füße in Fertigungstiefe zur Achse Höhe zu ändern möglich ist 312 mm bis 355 mm.

Die Rotorwelle ist mit einem Standard-Flansch Durchmesser 140 mm und 5 Löcher für die Schrauben angebracht. Optionen sind der Durchmesser des Flanschs bis zu 180 mm mit 8 Löchern. Eine andere Möglichkeit ist ohne Flansch Welle mit Nut.

4 Elektrische Ausführung

Die Maschine wurde entwickelt, um mit einer Frequenz von 50 Hz, $\cos \varphi = 0,8$ und einer Temperatur von 40°C (1000 ü. M.) arbeiten. Parameter werden immer von Temperatur, relative Feuchtigkeit und Höhe beeinflusst. Stator Wicklung ist der Star. Die Vorstellungen sind für symmetrische Belastung einer sinusförmigen Wellenform gegeben.

4.1 Erregung

Erregung besteht aus einem DC-Generator, der die Serie angetrieben wird. Wenn wir die Momentrichtung wechseln wollen, sollen wir die DC-Generatorschaltung umschalten. Anregungsenergie auf den Rotor mit einem Bürsten-Mechanismus.

English version

1 Basic parameters

This machine is the result of long-term optimization of electromagnetic and circuit design according to customer requirements. Machine was developed with an emphasis on high efficiency and adaptation of operational requirements.

Appropriate use:

- Mobile and stationary ground equipment
- Island and parallel operation
- Hydroelectric power station
- Emergency power supply units

Appropriate drive is:

- Combustion engines
- Gas engines, electric motors
- Water, gas, and steam turbines

Design is a 4-pole synchronous generator excitation with brush, revolution is 1500 min^{-1} , voltage 400 V and frequency of 50Hz. Mechanical design is IP20/IC01.

Other power, voltage, speed and other mechanical and electrical properties are subject to special requirements.

Design options and accessories that can be supplied with generator.

Mechanical design

One bearing system
Non- standard frame
Free end of second part of rotor
Temperatures sensor

Electronic design

Special voltage
Special impregnation
Auxiliary terminal
Automatic voltage regulator
Apparatus for parallel operation

2 Standards and regulations

The machine conforms to the following standards:

- ČSN ESČ 81
- IP 20/IC01

3 Mechanical design

The generator consists of the main machine and exciter – there parts are encapsulated sets.

3.1 Stator

Stator is welded profiles and sheets. In the stator frame is loaded with each stator slots and winding. The casing is welded foot height of the machine can be easily changed if necessary. At the side of the stator is stored carbon sets used for power transmission rings.

3.2 Rotor

The Shaft is mounted individual poles, with fine screw connection. Here with fixed excitation discs, which are transmitted by the voltage of the carbon brushes. The free end of the shaft is provided with a flange. The flange can by adjusting according customer requirements.

3.3 Mounting

Side parts can be supplied welded or cast iron. The basic version is with plain bearing. If necessary, can be used supply roller.

3.4 Winding

The stator winding copper wire, available also profiled winding.

Rotor poles are done profiled wire, reinforced by impregnation and mechanical supports.

3.5 Terminal

The terminal block is located on the front side of the stator. There is plenty of room for comfortable handling when installing power cables.

3.6 Technical options

Height adjustment is possible by adjusting the machine feet in manufacturing range to change axis height is 312 mm to 355 mm.

The rotor shaft is fitted with a standard flange diameter 140 mm and 5 holes for the screws. Options are change flange diameter up to 180 mm with 8 holes. Another possibility is without flange shaft with keyway.

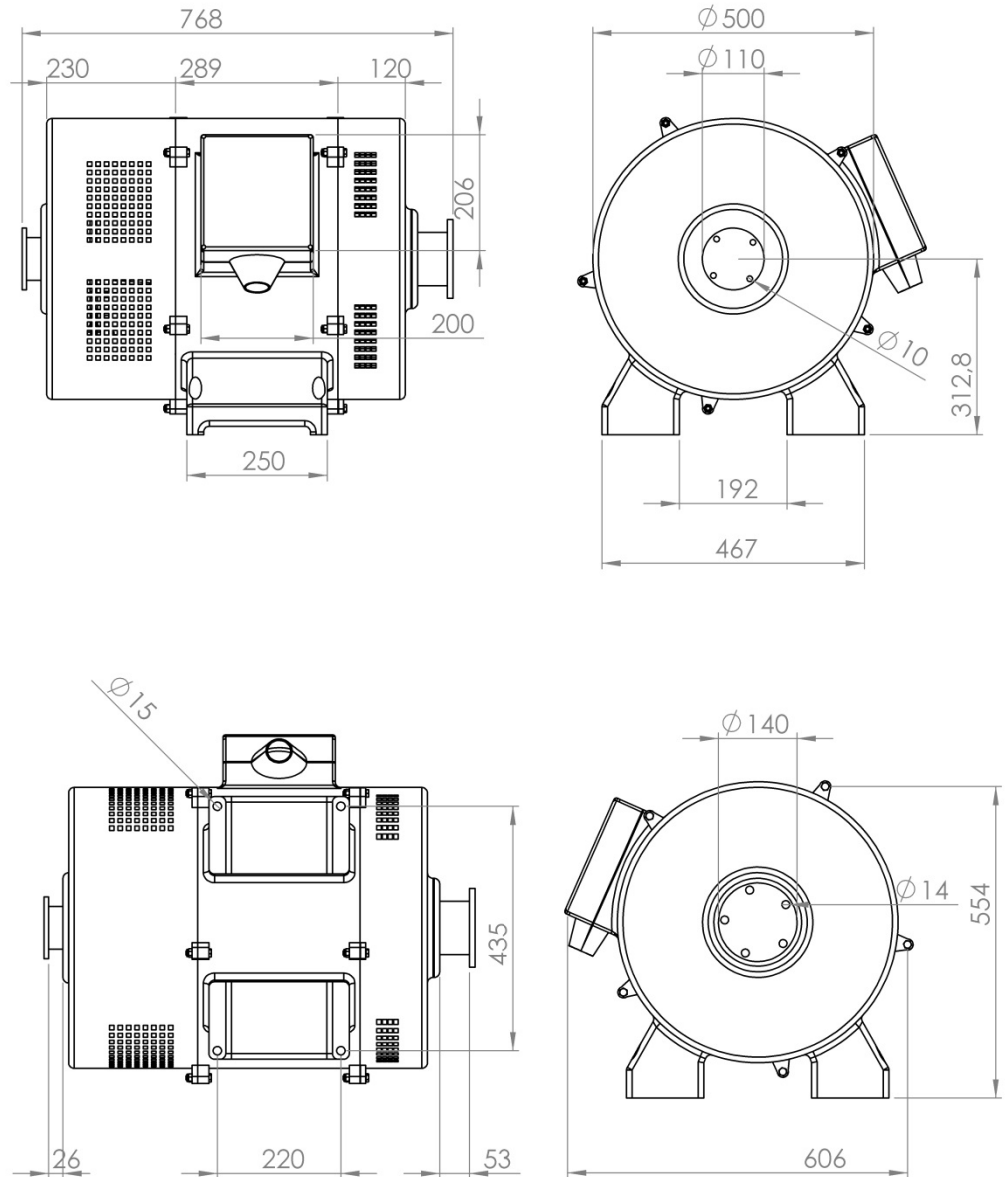
4 Electrical design

The machine is designed to work with a frequency of 50 Hz, $\cos \varphi = 0.8$ and a temperature of 40 ° C (1000 meters asl.). Parameters are always influenced by temperature, relative humidity, and altitude. Stator attachment is the star. Performances are given for symmetrical load a sinusoidal waveform.

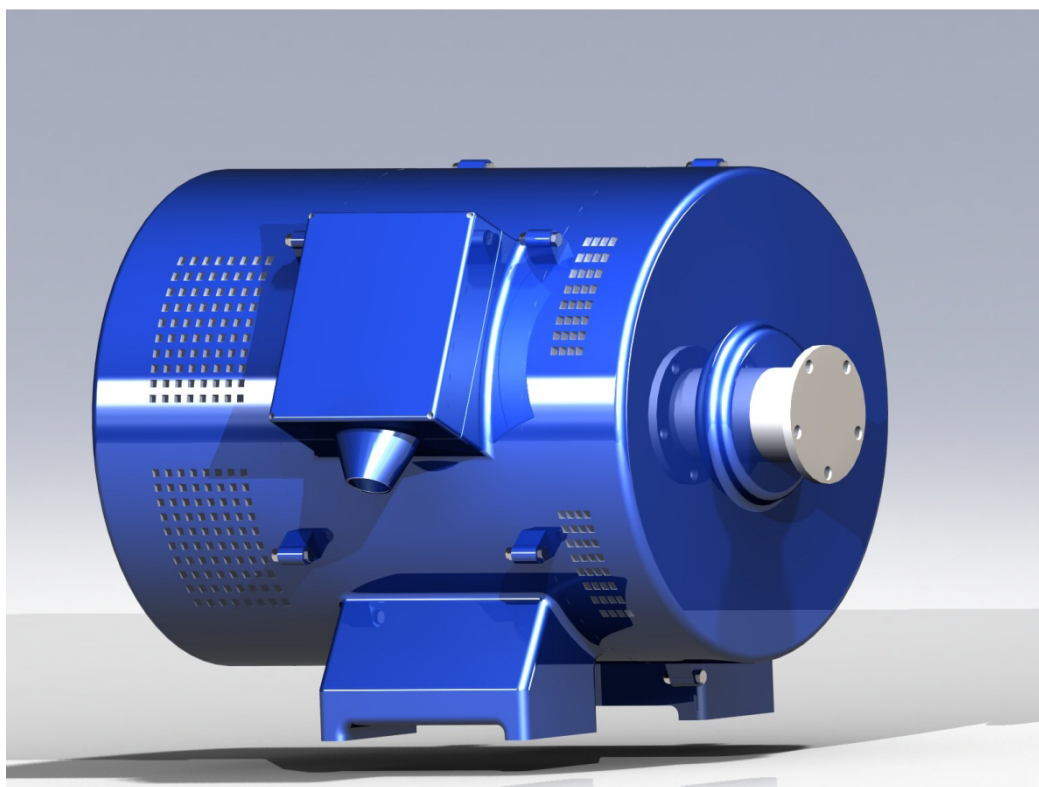
4.1 Excitation

Excitation is DC-generator that is driven by series. If necessary, change the direction of rotation must be a reversal the DC-generator. Excitation energy is transferred to the rotor with a brush mechanism.

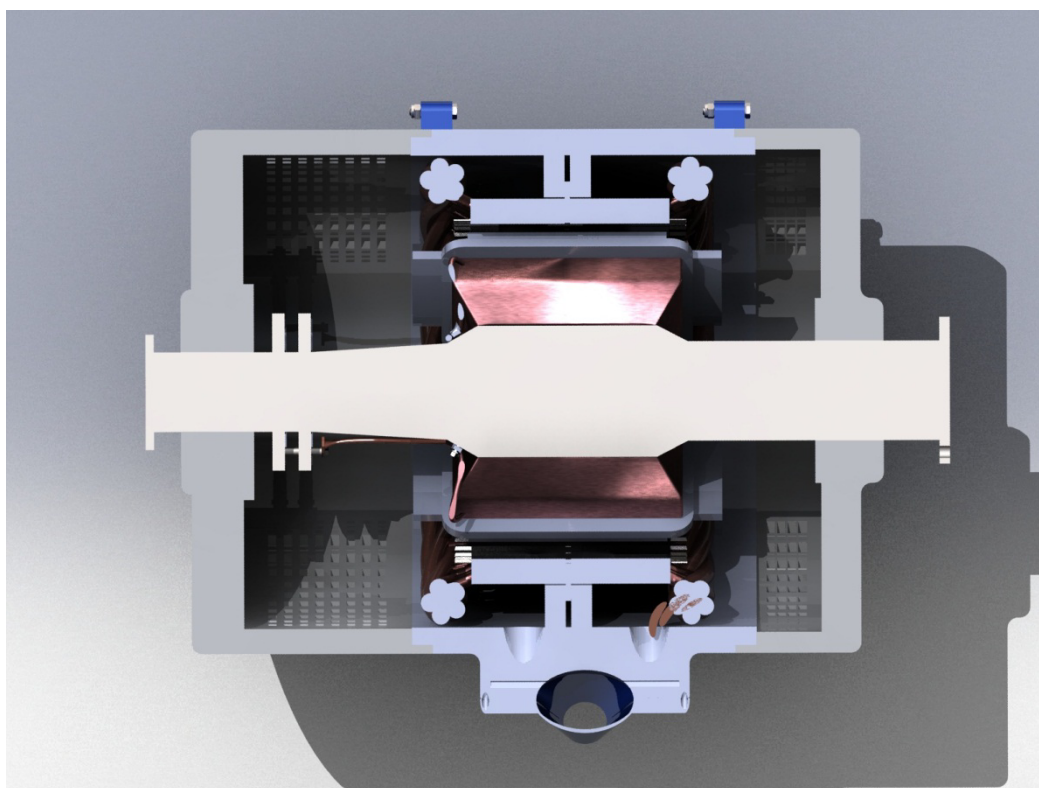
Výkresy; Zeichnungen; Design



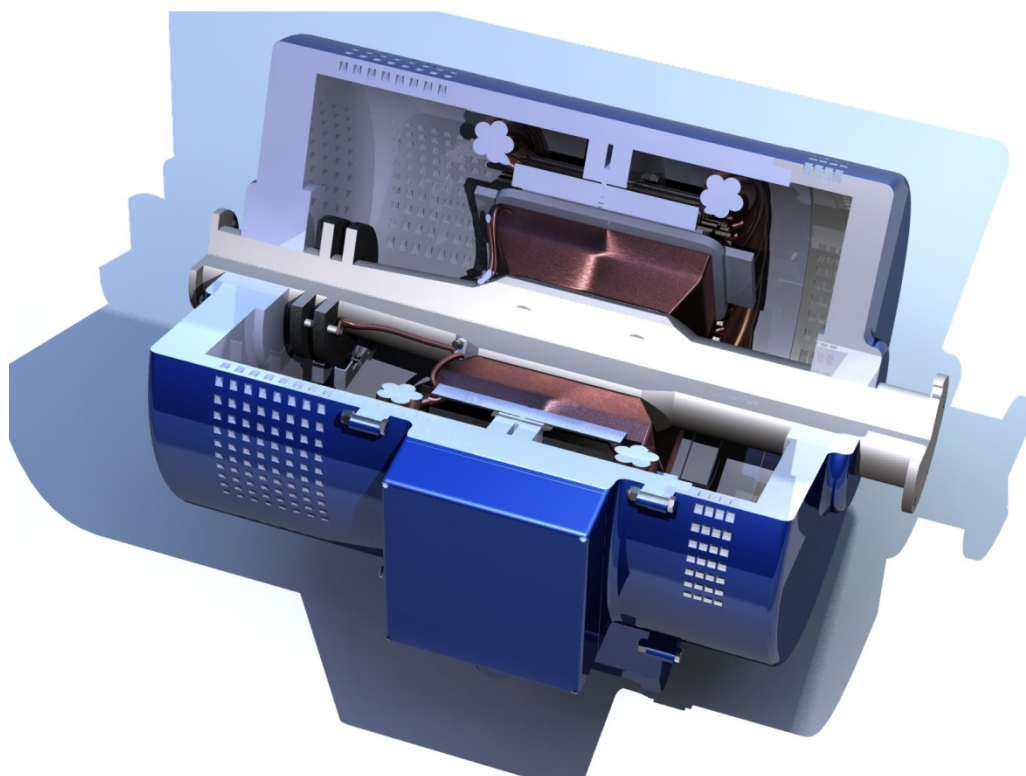
Obr. 11: Základní rozměry



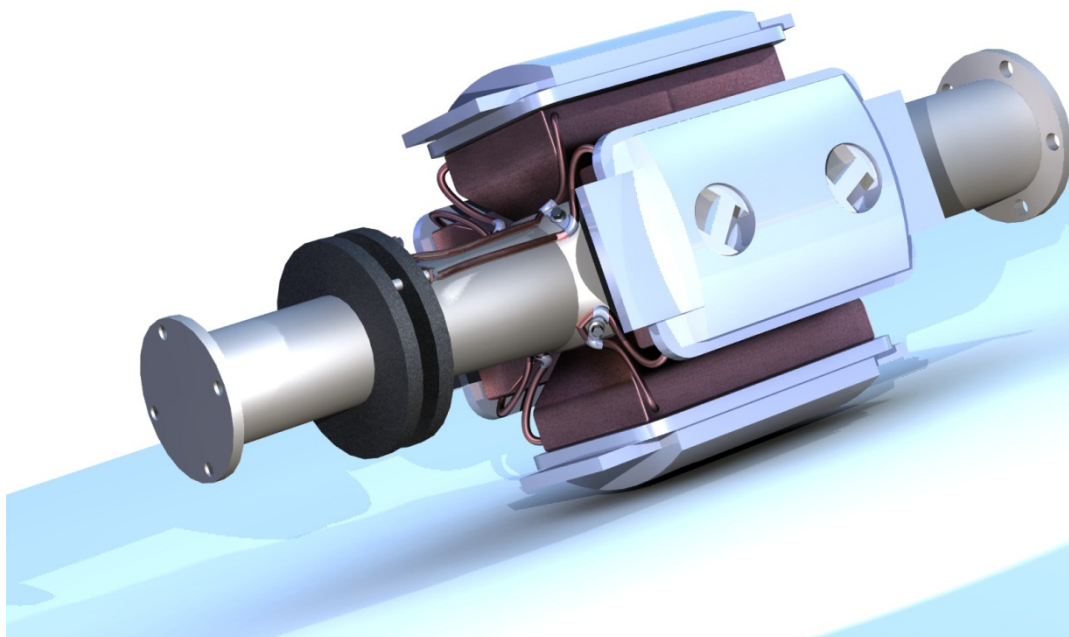
Obr. 12: Celkový pohled



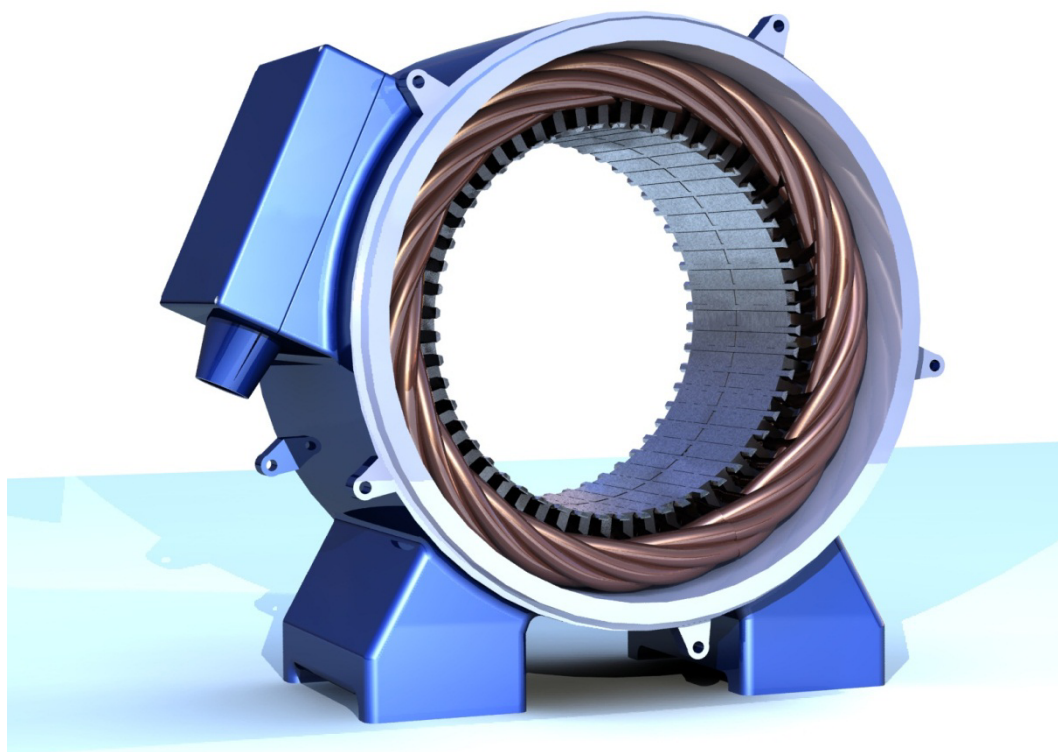
Obr. 13: Půdorys, řez - horizontální



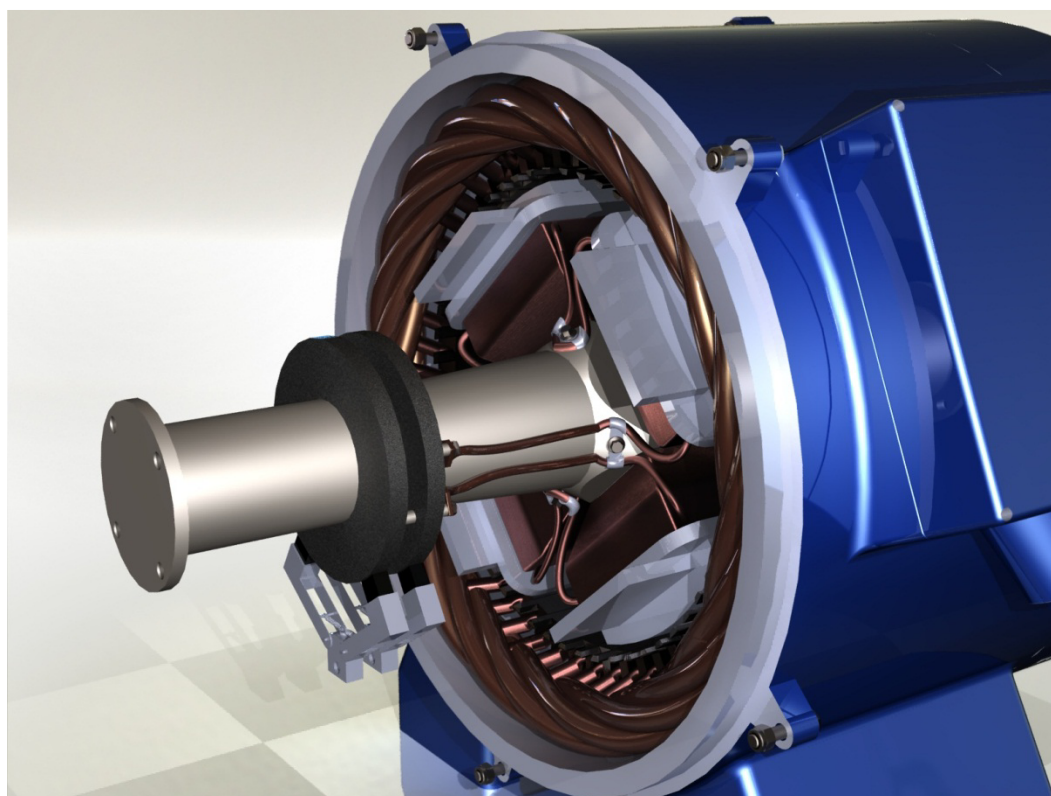
Obr. 14: V – řez



Obr. 15: Rotor



Obr. 16: Stator



Obr. 17: Kontakt kartáčů, rozvod na rotoru

5 Závěr

Ve své práci jsem se věnoval problematice synchronních strojů, popsal jsem jejich základní princip a funkci. Jako příklad jsem si vybral alternátor MTS – HS1 typ A10A4, vytvořil 3D model v programu SolidWorks 2010 a sepsal technickou dokumentaci.

K technické dokumentaci náleží i katalogový list. Katalogový list je technický popis stroje, kde zmiňuji vhodné použití stroje, provozní podmínky a rozbor jednotlivých částí stroje. Tato technická dokumentace je srozumitelná pro širokou veřejnost, tak i pro odborníky a určena k reprezentaci po celém světě, proto byla také technická dokumentace přeložena do německého a anglického jazyka. Díky tomu může být stroj nabídnut i v zahraničí.

Zároveň jsou součástí pohledové řezy, které jsou vytvořeny z modelu stroje. Model je sestaven z jednotlivých součástí, součásti byly navrženy dle reálné předlohy. Měření jsem se snažil dělat co nejpřesněji, ale některé hodnoty nebylo možné změřit, tak byly empiricky odhadnuty anebo doloženy. Nicméně myslím si, že je model velmi zdařilý.

Chtěl bych se ještě zmínit porovnání mého stroje s nabídkou konkurence. Jako hlavním porovnávacím kritériem je výkon a rozměr. Pro srovnání jsem si vybral stroj od společnosti ABB AMG 0200CC04DBSI a společnosti Minsun TWG - 40. V nabídce těchto firem jsem vyhledal stejně výkonné stroje, a srovnal jejich rozměry a hmotnost. Nové stroje si jsou značně podobné, stroj ABB má průměr stroje 409 mm při délce 745 mm a hmotnost 265 kg, stroj TWN – 40 s průměrem 408 mm délkou 748 mm váží 243 kg. Starší stroj z roku 1958 má průměr 500 mm a délku 954mm, hmotnost pak 488 kg.

Pro porovnání při zachování rozměrů starého stroje a přiřazení výkonu soudobého stroje například od společnosti ABB dostaneme výkon 165kVA, což je trojnásobek původního výkonu. Lze usoudit, že vývoj za posledních 55 let šel kupředu.

Použitá literatura

- [1] **Fischer, Prof. Dr.-Ing. Rolf.** *Elektrische Maschinen*. Esslingen am Neckar : Carl Hanser Verlag München, 2009. 978-3-446-41754-0.
- [2] **prof. Ing. Václav Bartoš, CSc., doc. Ing. Josef Červený, CSc., Ing. Josef Hruška, doc. Ing. Anna Kotlanová, CSc., doc. Ing. Bohumil Skala, Ph.D.** *Elektrické stroje*. Plzeň : Západočeská univerzita, 2006. 80-7043-444-9.
- [3] **prof. Ing. Václav Kůs, CSc.** *Elektrické pohony a výkonová elektronika*. Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, 2006. 80-7043-422-8.
- [4] **Neznámý.** Soustrojí synchronní stroj + stejnosměrný stroj. [Informační štítek]. Plzeň : autor neznámý. Informační štítek umístěný nedaleko vystaveného soustrojí.
- [5] **Prof. Ing. Dr. Ladislav Cigánek, Ing. Dr. Miroslav Bauer.** *Elektrické stroje a přístroje*. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1957. L25-C2-4-II/5270.
- [6] **Merz, Hermann a Götz, Lipphardt.** *Elektrische Maschinen und Antriebe*. Berlin : VDE VERLAG GmbH, 2008. 978-3-8007-3058-2.
- [7] TES VSETÍN, s.r.o. [Online] www.tes.cz.
- [8] **Ltd, ABB Asea Brown Boveri.** The ABB Group. *ABB v České republice*. [Online] 2013. www.abb.cz.
- [9] **Matt, Lombard.** *SolidWorks 2010 Bible*. Indianapolis : Wiley Publishing, Inc., 2010. 978-0-470-55481-4.
- [10] **Firstová, Mgr. Zdeňka.** Nová citační norma ČSN ISO 690:2011 (česká verze ISO 690:2010). *Nová citační norma ČSN ISO 690:2011 (česká verze ISO 690:2010). Bibliografické citace - podrobný návod, jak citovat literaturu a prameny, s českými příklady*. [Online] Weby Google. www.iso690.zcu.cz.
- [11] CAG - Electric Machinery. [Online] Mgr. Pavel Procházka. <http://www.cagem.eu/>.
- [12] **Minsun-motor.** MINDONG SHENGYUAN ELECTROMECHANICAL CO.,LTD. *Munisun*. [Online] <http://www.minsun-motor.com/ruibon/files/TWG.pdf>.

Seznam obrázků

OBR. 1: A) TURBOALTERNÁTOR, B) HYDROALTERNÁTOR, C) INVERTOVANÝ HYDROALTERNÁTOR [1]	10
OBR. 3: NÁHRADNÍ SCHÉMA	11
OBR. 2: ZATĚŽOVACÍ CHARAKTERISTIKA [2]	12
OBR. 4: STEJNOSMĚRNÉ BUZENÍ [1]	15
OBR. 5: STATICKÉ BUZENÍ [1]	16
OBR. 6: STŘÍDAVÉ BUZENÍ [1]	16
OBR. 7: BEZKARTÁČOVÉ BUZENÍ-SCHÉMA [1]	17
OBR. 8: BEZKARTÁČOVÉ BUZENÍ-NÁKRES [1]	17
OBR. 9: ZAPOJENÍ BUZENÍ PRO LEVOTOČIVÝ MOMENT	22
OBR. 10: ZAPOJENÍ BUZENÍ PRO PRAVOTOČIVÝ MOMENT	22
OBR. 11: ZÁKLADNÍ ROZMĚRY	34
OBR. 12: CELKOVÝ POHLED	35
OBR. 13: PŮDORYS, ŘEZ - HORIZONTÁLNÍ	35
OBR. 14: V – ŘEZ	36
OBR. 15: ROTOR	36
OBR. 16: STATOR	37
OBR. 17: KONTAKT KARTÁČŮ, ROZVOD NA ROTORU	37