

Střední průmyslová škola



Hradec Králové

SOČ 2006

NATÁČECÍ ZAŘÍZENÍ PRO MOTORY ŘADY C28

(Obor 09 : STROJÍRENSTVÍ, HUTNICTVÍ, DOPRAVA A PRŮMYSLVÝ DESIGN)

Autoři:
Pavel KUBEČEK
Jakub ZIMA

OBSAH

	str.
I. ÚVOD	3
II. CHARAKTERISTIKA MOTORU	3
III. STÁVAJÍCÍ NATÁČECÍ ZAŘÍZENÍ MOTORU	5
IV. ZADÁVACÍ PODMÍNKY PRO NOVÉ NATÁČECÍ ZAŘÍZENÍ	6
V. KONCEPCE ŘEŠENÍ NOVÉHO NATÁČECÍHO ZAŘÍZENÍ MOTORU	6
VI. URČENÍ VELIKOSTI PŘEVODOVKY CYKLO BBB	9
VII. PEVNOSTNÍ KONTROLA ČÁSTÍ NATÁČECÍHO ZAŘÍZENÍ	10
VIII. ZAJIŠTĚNÍ BLOKOVÁNÍ PŘÍSTUPU VZDUCHU	12
IX. VYOBRAZENÍ KONEČNÉHO ŘEŠENÍ NATÁČECÍHO ZAŘÍZENÍ	13
X. POPIS MONTÁŽE A POUŽITÍ NATÁČECÍHO ZAŘÍZENÍ	14
XI. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ NOVÉHO NATÁČECÍHO ZAŘÍZENÍ	15
XII. ZÁVĚR	15
XIII. SEZNAM DOKUMENTACE V PŘÍLOZE	15
XIV. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	16
INFORMATIVNÍ FOTOGRAFIE, NÁKRESY A DALŠÍ MATERIÁLY	17 – 21

Poděkování

Touto cestou bychom chtěli poděkovat všem, kteří se jakýmkoliv způsobem podíleli na vzniku této práce. Děkujeme zejména odborným konzultantům, pánům ing. Janu Skřivánkovi za naši školu a ing. Vladislavu Charbuskému za podnik BEZ MOTORŮ, a. s., kteří byli vždy ochotni poradit, poskytnout informace nezbytné pro vývoj našeho návrhu a věnovat jejich drahocenný čas konzultacím nových poznatků a alternativ řešení. Náš dík dále patří panu ing. Pavlu Kefurtovi za nezištné a bleskové poskytování 2D a 3D podkladů pro tuto práci. Děkujeme také všem vyučujícím, kteří nám ochotně vycházeli vstříc při tvorbě tohoto projektu. Zvláštní poděkování patří našemu třídnímu učiteli, panu ing. Milanu Rejchrtovi.

Autoři

I. Úvod

V rámci úsilí o neustálé zdokonalování a modernizaci vyráběných vznětových motorů řady C28 bylo vedením vývojové konstrukce závodu BEZ MOTORY, a. s. rozhodnuto provést rekonstrukci natáčecího zařízení motoru. Úkolem tohoto zařízení je umožnit odbornému personálu podrobnou kontrolu, popřípadě seřízení důležitých uzlů motoru (např. palivových čerpadel, ventilových rozvodů apod.), při pomalém rovnoměrném otáčení klikového mechanismu.

Vzhledem k dlouhodobě velmi dobrým vztahům mezi podnikem BEZ MOTORY, a. s. a naší SPŠ Hradec Králové jsme měli možnost se v průběhu praxe a exkurzí podrobněji seznámit s konstrukcí a výrobou motorů výše uvedené řady C28. Protože nás tento obor strojírenství zaujal, využili jsme možnosti, která nám byla nabídnuta ze strany vedení vývojové konstrukce, a to podílet se vlastním návrhem na rekonstrukci natáčecího zařízení. Vlastní řešení jsme provedli pro šestiválcový motor s označením 6C28GSD ve spojení s elektrickým generátorem. Je však možno ho s určitými úpravami aplikovat i na dvanáctiválcový motor 12C28GSD.

II. Charakteristika motoru

Motory řady C28 s vrtáním 275 mm reprezentují inovovaný výrobní program podniku BEZ MOTORY, a. s. Moderní konstrukce těchto motorů je ve shodě se současným světovým trendem, navazuje na mnohaleté zkušenosti pracovníků podniku a byla realizována za použití nejmodernějších prostředků výpočetní techniky - technologií CAD a FEM. Jedná se o středně rychloběžné čtyřdobé motory chlazené vodou, s vysokým stupněm přeplňování a chlazením plicího vzduchu, vyráběné jako řadové šestiválce a vidlicové dvanáctiválce. Jsou navrženy pro spalování motorové nafty, zemního plynu nebo těžkého paliva (až do viskozity 730 cSt při 50 °C). K dispozici je také duální verze (pro spalování motorové nafty a zemního plynu).

Motory této řady jsou převážně určeny pro pohon elektrických generátorů, s nimiž jsou namontovány na společném rámu. V lodních aplikacích mohou být použity buď jako hlavní pohonná jednotka nebo jako hlavní zdroj pro výrobu elektřiny.

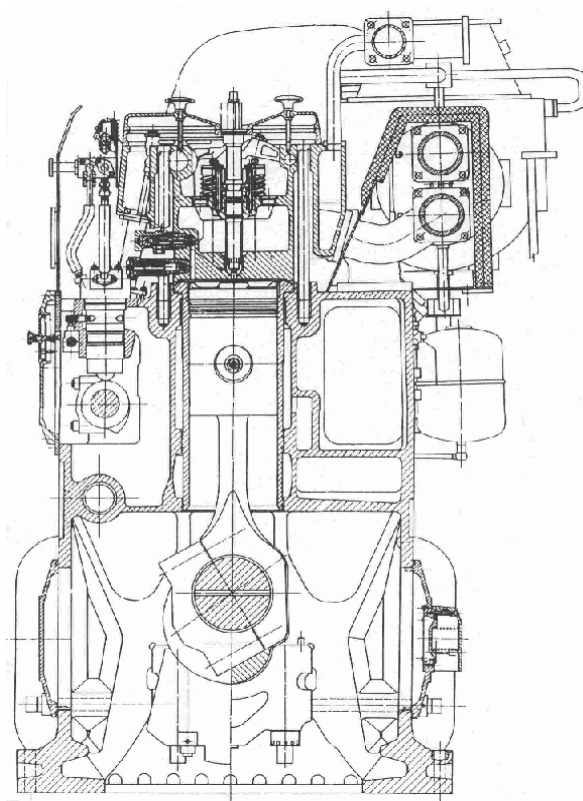
Technické parametry motorů řady C28 (typy určené pro spalování motorové nafty):

Typ	Průměr válce [mm]	Zdvih [mm]	Počet válců	Výkon na jeden válec [kW/válec]	Střední efektivní tlak [bar]	Otáčky [min ⁻¹]	Celkový výkon [kW]
6C28GSD	275	330	6	240	20	750	1440
12C28GSD	275	330	V12	235	19,6	750	2820

Technické parametry stacionárních zdrojových soustrojí s motory řady C28 (typy určené pro spalování motorové nafty):

Typ soustrojí	Typ použitého motoru	Výkon (50 Hz)		Výkon (60 Hz)		Otáčky [min ⁻¹]	Hmotnost [kg]	Délka L [mm]	Šířka W [mm]	Výška H [mm]
		[kVA]	[kW]	[kVA]	[kW]					
EZS 1670	6C28GSD	1670	1335	1603	1282	750	39400	7500	2100	3575
EZS 3300	12C28GSD	3300	2640	3170	2536	750	57400	7904	3250	3860

Popis hlavních částí motoru



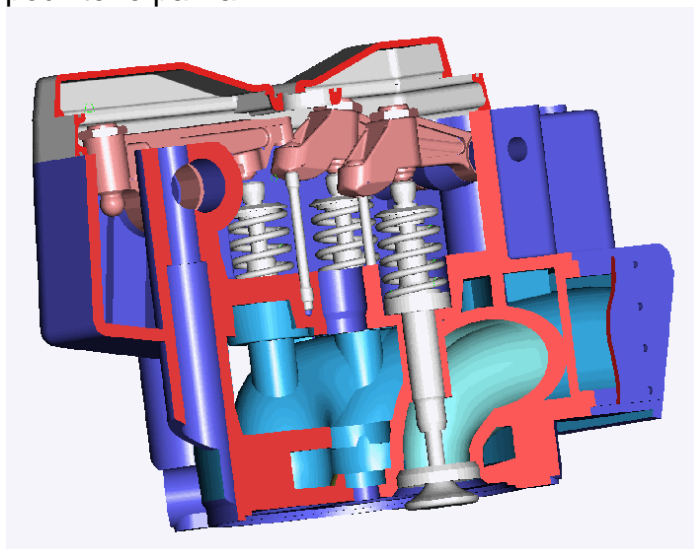
Skříň motoru, klikový hřídel

Skříň motoru tvoří odlitek z vysoce kvalitní šedé litiny. Konstrukce skříně zaručuje její vysokou pevnost a tuhost. Klikový hřídel je zesponu zavěšený a připevněný hydraulicky předepjatými šrouby.

Klikový hřídel je vykován z jednoho kusu vysoce kvalitní oceli. Jeho ramena jsou opatřena protizávažími pro vyvážení rotačních a posuvných hmot.

Hlava válce

Konstrukce čtyřventilové hlavy válce s chlazeným dnem vykazuje vysokou pevnost a zaručuje dokonalé chlazení. Ventily a sedla ventilů jsou vyrobeny ze speciálních materiálů, které zabezpečují dlouhou životnost. Konstrukce hlavy válce je upravena v závislosti na druhu použitého paliva.



Píst, pístní kroužky

Dvoudílný píst je chlazený olejem. Horní díl pístu tvoří ocelový výkovek, který je spojen se spodním hliníkovým dílem pomocí čtyř šroubů.

Tři pístní kroužky jsou nejmodernější konstrukce, což zajišťuje dokonalou funkci, nízké opotřebení a malou spotřebu oleje.

Pouzdro válce

Pouzdro je odlito odstředivě z vysoce kvalitního materiálu. Žárový kroužek spolu s tepelně zpracovaným a plato-honovaným pracovním povrchem zaručuje minimální opotřebení a malou spotřebu oleje.

Ojnice

Ojnice je vykovaná z jednoho kusu oceli o vysoké pevnosti. Je dvoudílná, šikmo dělená. Spodní díl je připevněn pomocí dvou hydraulicky předepjatých šroubů.



Palivový systém

V závislosti na druhu použitého paliva je motor vybaven palivovým systémem pro motorovou naftu, těžká paliva, plynné palivo nebo duální palivo.

Mazání a chlazení motoru

Mazání a chlazení motoru je zajištěno olejovým a vodním čerpadlem, která jsou namontována na motor a poháněna od klikového hřídele. Chladicí systém může být jedno- nebo dvouokruhový, podle požadavku zákazníka.

Regulační a řídicí systém

Elektronický řídicí a regulační systém zabezpečuje spolehlivý a bezporuchový provoz ve všech požadovaných režimech, včetně možnosti dálkového ovládní a plně automatického provozu.

III. Stávající natáčecí zařízení motoru

Natáčecí zařízení, dosud na motorech řady C28 používané, je poměrně složité (jeho sestava je uvedena v příloze). Bylo konstruováno před zhruba 20ti lety především pro lodní hnací agregáty, pro které platí mnohem přísnější předpisy, než pro stacionární zdrojová soustrojí. V té době navíc ještě nebyl k dispozici automatizovaný ovládací systém motoru řízený počítačem. Proto bylo použito dvojí jističení pro zabránění startu motoru při zapnutém natáčecím zařízení. Start motoru by v takovém případě způsobil úplné zničení natáčecího zařízení a poškození motoru.

Vlastní zařízení se skládá z hnacího elektromotoru, který přes řemenový převod pohání dvoustupňovou planetovou převodovku, na jejímž výstupním hřídeli je umístěn posuvný pastorek. Ten zabírá do ozubeného věnce setrvačnicku. Celé toto zařízení je ke skříni motoru připevněno pomocí konzoly. Po dokončení kontrolních a seřizovacích prací se pomocí pákového převodu, jehož vidlice zabírají do vybrání pastorku, dosáhne vysunutí pastorku ze záběru a může proběhnout start motoru.

Z provozních zkušeností vyplynuly tyto důvody pro rekonstrukci:

- uchycení celého zařízení pomocí visuté konzoly je málo tuhé a způsobuje přenos vibrací do hnacího elektromotoru, čímž přispívá k výraznému zkrácení jeho životnosti
- zařízení má poměrně značnou hmotnost, což vyžaduje využívat při jeho montáži a demontáži pomocné mechanismy
- montáž ani demontáž zařízení prakticky není možná bez předchozí demontáže setrvačnicku motoru
- pomocný blokovací systém (blokovací šoupátko stlačeného vzduchu a spínač elektrického blokovacího okruhu) tvoří poměrně složitý systém, který trpí vibracemi, a je účelné ho zjednodušit

IV. Zadávací podmínky pro nové natáčecí zařízení

Pro úspěšnou funkci rekonstruovaného natáčecího zařízení je nutno zajistit splnění těchto parametrů:

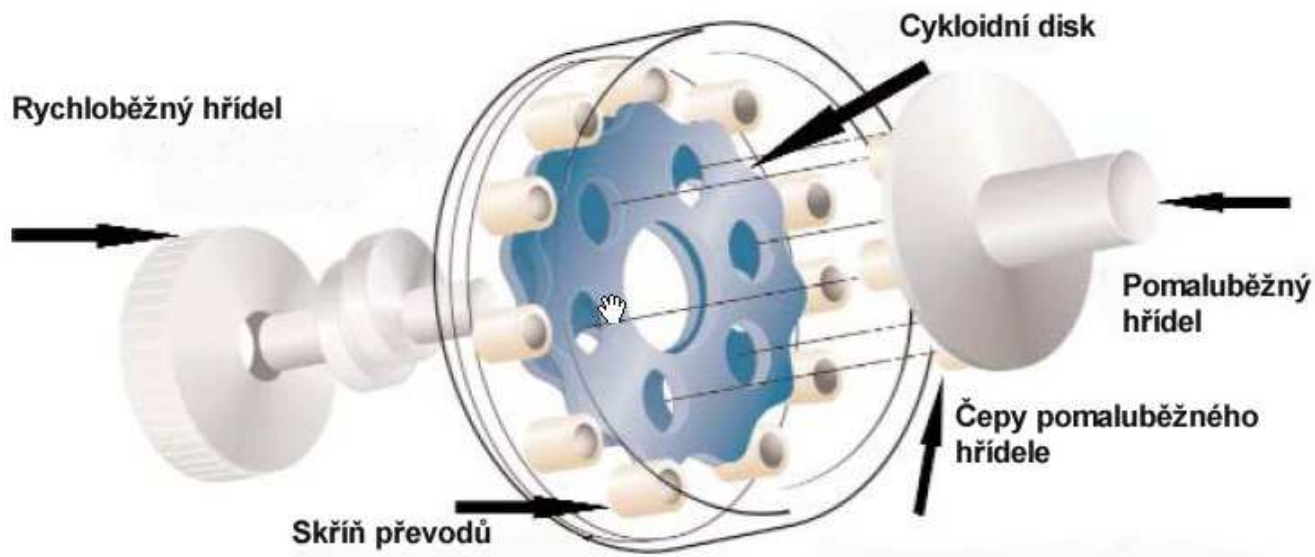
- natáčecí zařízení musí být dimenzováno na překonání pasivního momentu odporu na klikovém hřídeli motoru o velikosti $M_{KH} = 4000 \text{ Nm}$
- požadované otáčky setrvačnicku musí být v rozmezí $0,17$ až $0,21 \text{ min}^{-1}$
- zařízení musí být odolné proti vibracím
- zařízení musí být snadno ustavitelné a demontovatelné z motoru, neboť se počítá s jeho využitím na více soustrojích
- zdroje pro pohon zařízení musí být běžně dostupné (el. proud, tlakový vzduch)
- zařízení musí být v základním návrhu použitelné na stávajícím zdrojovém agregátu EZS 1670 s motorem 6C28GSD; pro agregáty vyráběné na nové zakázky je možno po dohodě s dodavatelem generátoru provést na rámu a generátoru určité úpravy, které by umožnily provedení výhodnějšího a ekonomičtějšího řešení
- zařízení musí mít blokování přístupu startovacího vzduchu do motoru během seřizovacích a kontrolních prací na motoru

V. Koncepce řešení nového natáčecího zařízení motoru

Pro splnění zadávacích podmínek existuje řada možností. Předně bylo nutno se rozhodnout pro typ pohonu nového zařízení. Po provedení průzkumu a konzultacích se zadávajícím podnikem jsme se rozhodli dát přednost pohonu elektromotorem na střídavé napětí 230 V, které je nejsnáze dostupné ve všech strojnách. Vzhledem k omezenému prostoru bylo dále nutno hledat převodovku, která by pro potřebný značně velký převod měla co nejmenší rozměry.

Z možností, které se nám nabízely, jsme vybrali cyklo-převodovku od japonské firmy Sumitomo. Tyto převodovky nás zaujaly již při návštěvě Mezinárodního strojírenského veletrhu v Brně, a proto jsme se rozhodli využít jejich mimořádných vlastností pro naše řešení nového natáčecího zařízení.

Unikátní systém CYKLO pro redukcí otáček je založen na promyšleném jednoduchém principu a má pouze tři větší pohyblivé části: rychloběžný hnací hřídel, cykloidní disk a výstupní pomaluběžný hřídel.

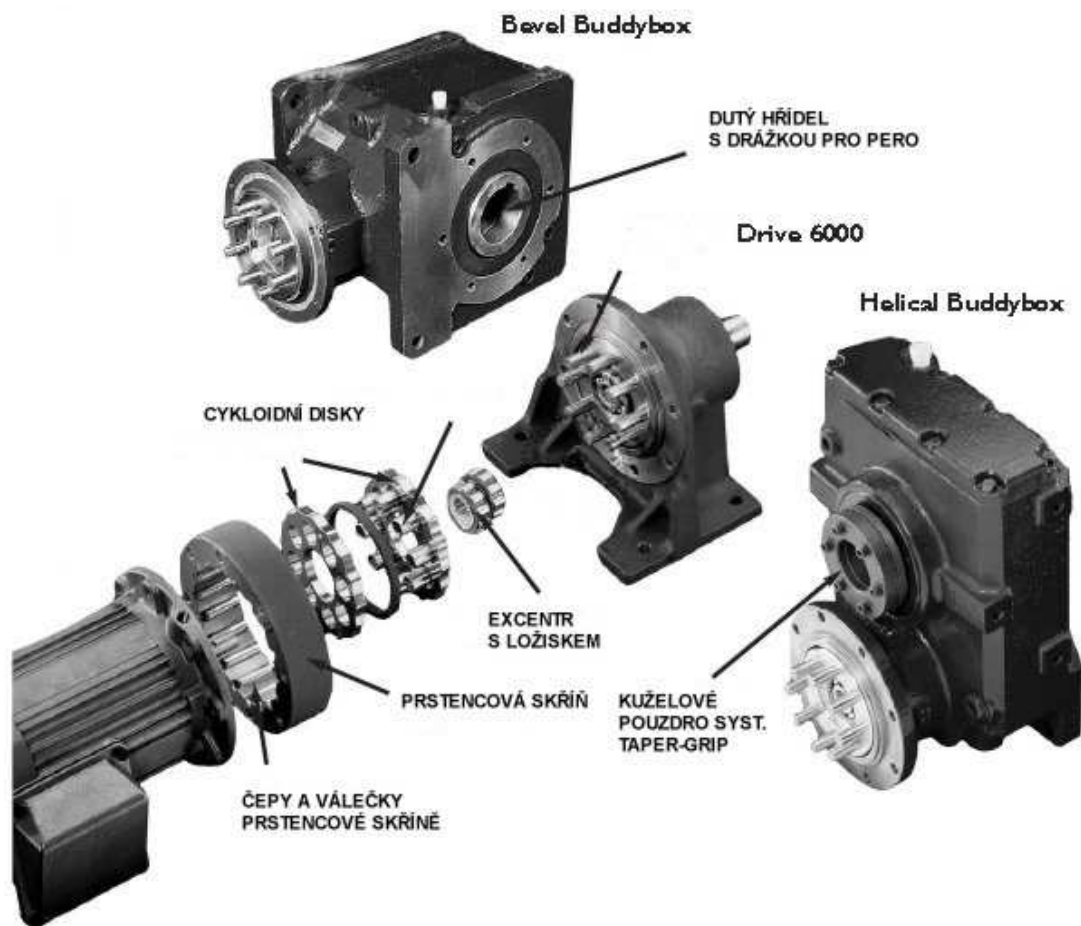


Rychloběžný hřídel pohání excentrický kotouč s valivým ložiskem, který svým otáčením nutí cykloidní disk k odvalování po válečkách nasazených na čepech ve skříni převodů. Počet otočných válečků je vždy o jeden větší, než počet zubů na cykloidním disku. Při každé otáčce hnacího hřídele (a tedy i excentrického kotouče s ložiskem) dojde k protiběžnému pohybu cykloidního kola o jeden zub. Přes otvory v cykloidním kole, do kterých zapadají čepy pomaluběžného hřídele s nasazenými válečky, se přenáší pomalý pohyb cykloidního kola na výstupní hřídel.

V běžných převodovkách se používají dva cykloidní disky přesazené o 180°, což umožňuje dosáhnout odlehčení hřídelů od ohybových momentů a výjimečně hladký chod bez vibrací.

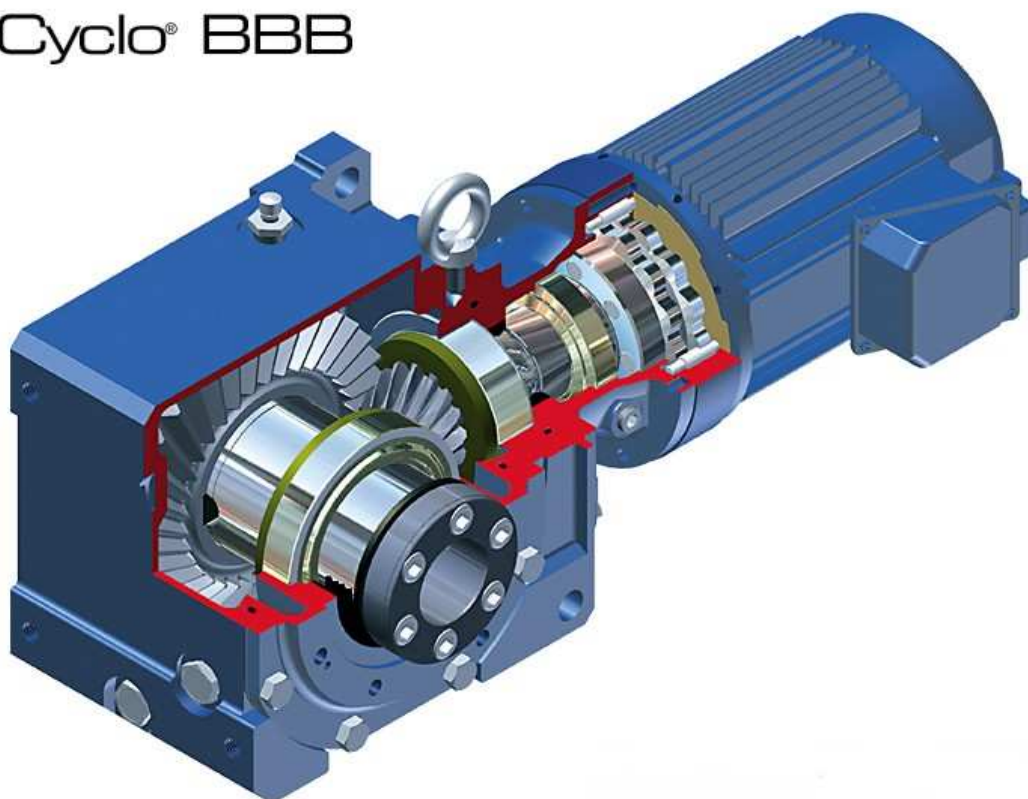
Protože v systému CYKLO dochází k početným bodům dotyku zajišťujícím, že nárazová zatížení jsou rozložena až na dvě třetiny cykloidních zubů, může převodovka přenášet okamžitě nespojitě zatížení o velikosti až 500 % jmenovitého krouticího momentu.

Konstrukčně jsou převodovky provedeny pro redukcí otáček souosých hřídelů (ozn. Drive 6000), rovnoběžných hřídelů (ozn. HBB – Helical Buddybox) a vzájemně kolmo na sebe umístěných hřídelů (ozn. BBB – Bevel Buddybox). Všechna tři provedení jsou patrná z následujícího obrázku (viz str. 8).



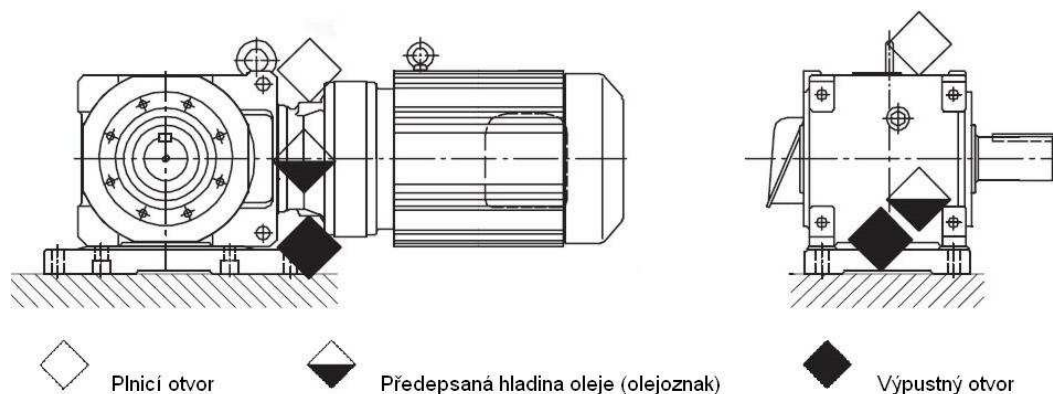
Vzhledem k prostorovým podmínkám v místě rekonstrukce je pro stávající uspořádání motoru a generátoru vhodné provedení typu BBB, které má kromě cykloidní části převodovky ještě část s hypoidním soukolím se zakřivenými zuby, jak je vidět podrobně na následujícím obrázku.

Cyclo® BBB



V tomto uspořádání se snižuje schopnost přenášet okamžité nespojitě zatížení na hodnotu 200 % jmenovitého krouticího momentu. Převodovku lze upevnit pomocí šroubů buď na čelní nebo boční ploše, což rozšiřuje možnosti jejího využití. Součástí dodávky je upevňovací deska, kterou jsme použili k připevnění převodovky na rám soustrojí (na obr. výše není znázorněna, je patrná na schematickém náčrtu níže). Pro naše účely také lépe vyhovuje varianta s výstupním hřídelem a drážkou pro pero, na kterém bude nasazen upravený stávající pastorek.

VI. Určení velikosti převodovky Cyklo BBB



Základní hodnotou pro volbu velikosti převodovky je hodnota pasivního momentu odporu na klikovém hřídeli motoru při roztáčení $M_{KH} = 4000 \text{ Nm}$ a požadované otáčky klikového mechanismu při natáčení $n_M = (0,17 - 0,21) \text{ min}^{-1}$. Z toho vyplývá požadovaný výkon pro roztáčení klikového mechanismu:

$$P_{KH} = M_{KH} \cdot 2\pi(n_{M \max} / 60) = 4000 \text{ Nm} \cdot 2\pi(0,21 \text{ min}^{-1} / 60) = 87,96 \text{ W}$$

Podmínkou pro nový návrh bylo převzít dosavadní ozubený setrvačnick a hnací pastorek (42 zubů / 6 zubů), mezi kterými je převod $i_S = 7$.

Z katalogu firmy Sumitomo jsme vybrali sestavu převodovky a elektromotoru s nejbližším vyšším výkonem:

0.12kW motor type F63S/4 (B) ($n_1 = 1400 \text{ min}^{-1}$)				
$n_2 [\text{min}^{-1}]$	$M_2 \text{mot} [\text{Nm}]$	f_B	size	ratio
0.57	1764	1.21	2B12DA	2559
0.64	1572	0.82	2A12DA	2272
		1.36	2B12DA	2272
0.74	1356	0.95	2A12DA	1957
		1.58	2B12DA	1957
0.88	1145	0.89	2A10DA	1656
		1.13	2A12DA	1656
		1.87	2B12DA	1656
1.10	912	1.12	2A10DA	1320
		1.41	2A12DA	1320
		2.35	2B12DA	1320
1.30	772	1.32	2A10DA	1117
		1.67	2A12DA	1117
1.52	661	1.54	2A10DA	956
1.79	559	1.83	2A10DA	809
2.12	472	2.16	2A10DA	683
2.51	400	2.56	2A10DA	578
2.90	346	2.95	2A10DA	501
3.42	293	3.57	2A10DA	424
3.48	304	2.38	2A105	417
3.98	252	3.58	2A10DA	364

Z tabulky plyne, že našim požadavkům nejlépe vyhovuje velikost převodovky 2A10DA, která má tyto parametry:

- převodový poměr $i_T = 1117$
- otáčky hnacího elektromotoru $n_1 = 1400 \text{ min}^{-1}$
- otáčky výstupního hřídele $n_2 = 1,3 \text{ min}^{-1}$
- maximální krouticí moment na výstupním hřídeli $M_2 = 772 \text{ Nm}$

Výsledný převodový poměr při zahrnutí převodu mezi pastorkem na výstupním hřídeli a ozubeným setrvačником:

$$\underline{i_V = i_T \cdot i_S = 1117 \cdot 7 = 7819}$$

Výsledné otáčky klikového mechanismu:

$$\underline{n_{KH} = 1400 \text{ min}^{-1} / 7819 = 0,179 \text{ min}^{-1}} \Rightarrow \text{odpovídá zadání}$$

Skutečný krouticí moment na výstupním hřídeli převodovky:

$$\underline{M_{2sk} = 4000 \text{ Nm} / 7 = 571,4 \text{ Nm} < M_2 = 772 \text{ Nm}}$$

Z uvedených hodnot vyplývá, že volba velikosti převodovky vyhovuje požadavkům zadání a poskytuje přiměřenou rezervu.

Pro informaci uvádíme přehlednou tabulku uspořádání cyklických převodů firmy Sumitomo, ze které vyplývá vysoká variabilita ve volbě příslušné převodovky typu BBB podle potřeb zákazníka.

Bevel output stage		CYCLO double input stage										
2A - 2E	i_G	i_C	104	121	143	165	195	231	273	319	357	
	3.5	$i_{T \text{ nominal}}$	364	424	501	578	683	809	956	1117	1250	
		$i_{T \text{ exact}}$	364	423.5	500.5	577.5	682.5	808.5	955.5	1116.5	1249.5	
		i_C	377	425	473	525	559	595	649	731		
		$i_{T \text{ nominal}}$	1320	1488	1656	1874	1957	2083	2272	2559		
		$i_{T \text{ exact}}$	1319.5	1487.5	1655.5	1837.5	1956.5	2082.5	2271.5	2558.5		

Z tabulky je patrné, že převod dvoustupňové cykloidní části převodovky je $i_C = 319$, části kuželového soukolí $i_G = 3,5$ a celkový převod je $i_{T \text{ nominal}} = 1117$.

VII. Pevnostní kontrola částí natáčecího zařízení

Síla mezi zuby na roztečné kružnici

$$M_2 = 772 \text{ Nm} \quad F_o = \frac{P}{\pi \cdot d_p \cdot n} = \frac{2 \cdot M_2}{d_p}$$

$$d_p = 0,15 \text{ m} \quad F_o = \frac{2 \cdot 772 \text{ Nm}}{0,15 \text{ m}}$$

$$\alpha = 20^\circ \quad F_o = 12000 \text{ N}$$

$$F_n = \frac{F_o}{\cos \alpha}$$

$$F_n = \frac{12000 \text{ N}}{\cos 20^\circ}$$

$$\underline{\underline{F_n = 12,8 \text{ kN}}}$$

Výpočet průměru čepů (výkres č. SOČ2-01-02-01)
z pevnostní podmínky ve stříhu

$\tau_{DS} = 45 \text{ MPa}$
(mat. 11 500, ST)
 $F = F_n / 4 = 3200 \text{ N}$, pro
vyšší bezpečnost
volíme $F = 3500 \text{ N}$

$$\tau_s = \frac{F}{S} \leq \tau_{DS}$$

$$S_{\min} = \frac{\pi \cdot d_{\min}^2}{4}$$

$$S \geq \frac{F}{\tau_{DS}}$$

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{\min}}{\pi}}$$

$$S \geq \frac{3500 \text{ N}}{45 \text{ MPa}}$$

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{4 \cdot 71 \text{ mm}^2}{\pi}}$$

$$\underline{S \geq 71 \text{ mm}^2}$$

$$\underline{d_{\min} = 10 \text{ mm} \Rightarrow d_{\check{c}} = 12 \text{ mm}}$$

Průměr čepů volíme $d_{\check{c}} = 12 \text{ mm}$.

Délky stykových ploch čepů z podmínky pro otláčení

$p_D = 63 \text{ MPa}$
(mat. 11 500, ST)
 $d_{\check{c}} = 12 \text{ mm}$
 $F = 3500 \text{ N}$

$$p = \frac{F}{S} \leq p_D$$

$$l_{\min} = \frac{F}{p_D \cdot d_{\check{c}}}$$

$$l_{\min} = \frac{3500 \text{ N}}{63 \text{ MPa} \cdot 12 \text{ mm}}$$

$$\underline{l_{\min} = 4,7 \text{ mm}}$$

Z konstrukčního řešení je $l = 15 \text{ mm}$, tedy vyhovuje.

Kontrolní výpočet šroubů připevňujících
převodovku k vodicím podložkám (výkres č. SOČ2-01-01-00)

Z tabulky dovolených maximálních sil (SPS I) jsme odečetli, že pro šroub M14 z materiálu 8G je maximální dovolená síla $F_D = 50,5 \text{ kN}$.

Vodicí podložky jsou připevněny čtyřmi šrouby, jejichž dotažením na předepsaný utahovací moment $M_D = 145 \text{ Nm}$ musí vzniknout dostatečné tření mezi deskou převodovky a vodicími podložkami.

Celková přitlačná síla vyvozená utažením šroubů:

$$\underline{F_{DC} = 4 \cdot 50,5 \text{ kN} = 202 \text{ kN}}$$

Součinitel tření mezi deskou převodovky a vodicími podložkami volíme $f = 0,1$.

Třecí síla:

$$\underline{F_T = F_{DC} \cdot f = 202 \text{ kN} \cdot 0,1 = 20,2 \text{ kN}}$$

Síla mezi zuby pastorku a setrvačnicku je $F_n = 12,8 \text{ kN}$. Je tedy splněna podmínka $F_T > F_n$ s bezpečností $k = 1,6$. Šrouby M14 x 50 - 8.8 ČSN 02 1143 vyhovují.

Pozn.: Šrouby připevňující základní desku k rámu motoru (výkres č. SOČ2-01-00-00, poz. 3) jsou stejné jako šrouby připevňující převodovku k vodicím podložkám, ale jejich počet je šest, takže tento spoj je možno považovat za vyhovující s ještě vyšší bezpečností.

Návrh a kontrola bočních svarů (výkres č. SOČ1-01-02-00)

$l_{SV} = 275 \text{ mm}$ (5 svarů po 50 mm a jeden 25 mm s 50 mm mezerou)

$F_n = 12800 \text{ N}$

mat. 11 373

$R_{e \min} = 186 \text{ MPa}$ (ST)

$a = 5 \text{ mm}$

$k = 4$

$$S = 2 \cdot l_{SV} \cdot a$$

$$S = 2 \cdot 275 \text{ mm} \cdot 5 \text{ mm}$$

$$S = 2750 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{TD} = \frac{R_{e \min}}{k}$$

$$\sigma_{TD} = \frac{186 \text{ MPa}}{4}$$

$$\sigma_{TD} = 46,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{T\perp} = \frac{F_n}{S} \leq \sigma_{TD}$$

$$\sigma_{T\perp} = \frac{12800 \text{ N}}{2750 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_{T\perp} = 4,65 \text{ MPa} < \sigma_{TD}$$

I při zvýšené bezpečnosti svar s dostatečnou rezervou vyhovuje.

Pevnost zubů v soukolí pastorek - setrvačnick

Základní údaje: pastorek - mat. 12 060.6, počet zubů 6, otáčky $n_P = 1,253 \text{ min}^{-1}$
setrvačnick - mat. 42 2425, počet zubů 42, otáčky $n_{KH} = 0,179 \text{ min}^{-1}$

Z provozních zkušeností plyne, že celková doba chodu natáčecího zařízení za dobu životnosti soustrojí je cca 100 hod.

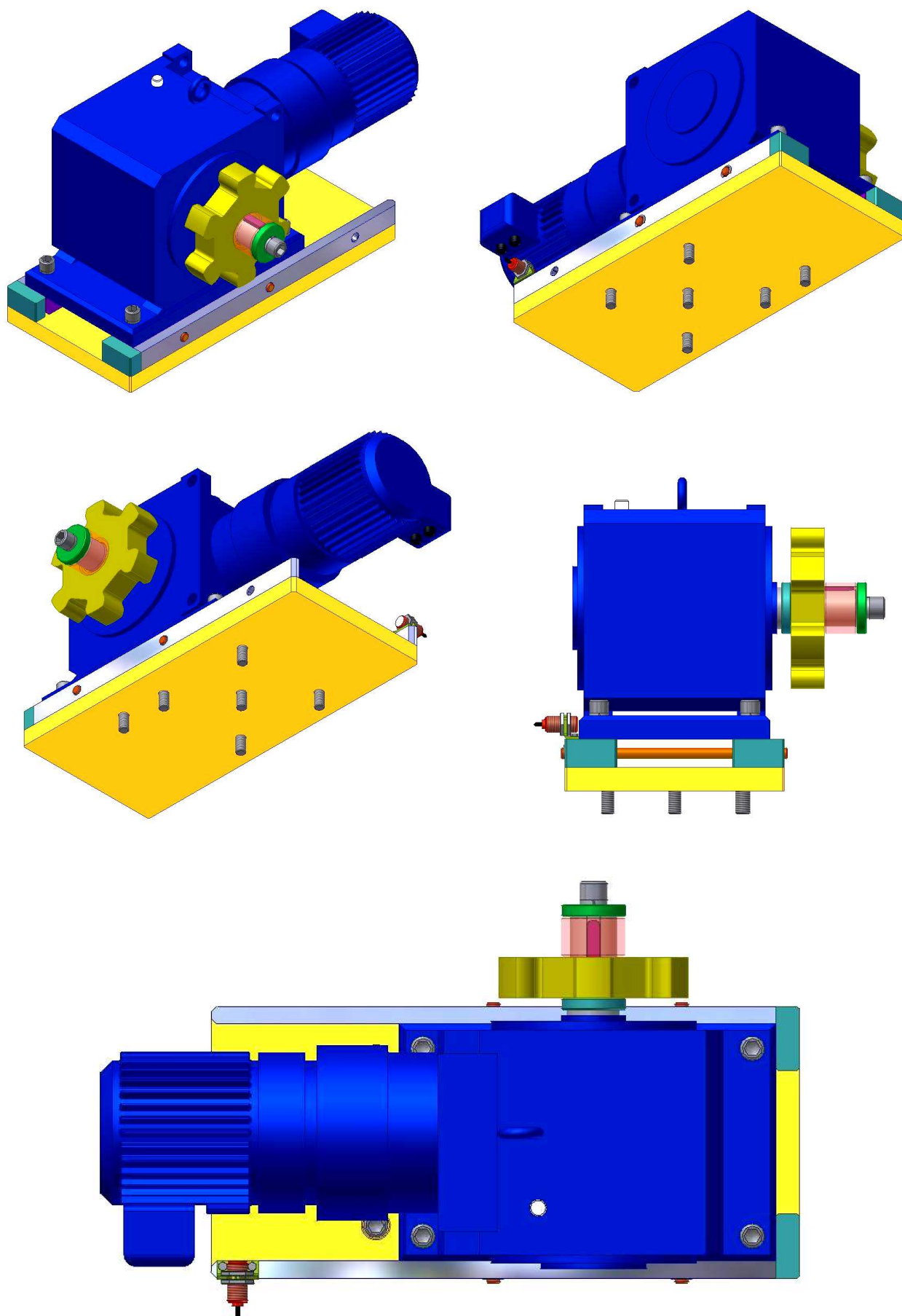
Protože soukolí jsme přejali ze stávajícího natáčecího zařízení, což byla podmínka uvedená v zadání, nezabývali jsme se vlastní kontrolou pevnosti ozubení. Toto soukolí se během provozu osvědčilo a podle vyjádření zadavatele nevykazovalo nadměrné opotřebení.

VIII. Zajištění blokování přístupu vzduchu

Jednou z podmínek zadání je, že natáčecí zařízení musí zajistit blokování přístupu startovacího vzduchu do motoru během seřizování motoru. Tento problém jsme vyřešili použitím indukčního čidla od výrobce Festo (typ SIEN-M18B), umístěného na spodním nepohyblivém vodícím rámu převodovky pomocí patky, dodávané rovněž firmou Festo. Pokud je pastorek převodovky BBB v záběru, je převodovka v přední poloze, kde ji indukční čidlo nedetekuje a nepředává signál řídicímu pultu motoru, který nechává hlavní uzavírací ventil startovacího vzduchu v poloze „zavřeno“. Po ukončení seřizovacích úkonů se převodovka na vodících podložkách přesune do zadní polohy (areťované pomocí kolíků), indukční čidlo ji detekuje a vyšle signál do řídicího pultu, který zajistí automatické otevření hlavního uzavíracího ventilu startovacího vzduchu.

Vlastní zapojení kabelu čidla do ovládacího pultu nebylo součástí zadání, a proto jsme jej neřešili. Parametry čidla a rozměry připojovací patky jsme získali od výrobce a jsou uvedeny v příloze.

IX. Vyobrazení konečného řešení natáčecího zařízení



X. Popis montáže a použití natáčecího zařízení

Vzhledem k tomu, že natáčecí zařízení je koncipováno jako přenosné pro použití na více soustrojích, je nutno při jeho montáži na rám motoru a generátoru postupovat takto:

- při prvním použití se předem provede montáž podsestavy č. v. SOČ2-01-01-00, která se skládá z převodovky s přípeňovací deskou, pravé a levé vodicí podložky, pastorku č. v. SOČ2-01-01-01, distančních kroužků, šroubu M16 a příslušných šroubů M14; tato podsestava se již pro další použití nedemontuje a přenáší se jako celek
- v rámu motoru a generátoru se musí podle výkresu SOČ2-N-03 připravit šest závitových otvorů M14 v délce 27 mm
- pomocí šesti šroubů M14 se k rámu soustrojí připevní svařená sestava základové desky s bočním vedením a koncovými dorazy, č. v. SOČ1-01-02-00
- pomocí předepsaných šroubů M4 se k pevné části zařízení připevní patka indukčního čidla a těleso čidla se v patce zajistí dodanými maticemi M18 tak, aby činná plocha snímače byla cca 5 mm od vnitřní hrany bočního vedení pevné části
- podsestava převodovky se pomocí vodicích podložek vsune mezi boční vedení základové desky a pomocí dvou čepů č. v. SOČ2-01-02-01 se zajistí v zadní poloze mimo záběr
- zajistí se připojení kabelu indukčního čidla do řídicího pultu motoru a ve spolupráci s obsluhou řídicího pultu se pomocí výše uvedených matic M18 provede nastavení vůle mezi činnou plochou snímače a přípeňovací deskou tak, aby čidlo detekovalo přítomnost převodovky v zadní poloze a vyslalo příslušný signál řídicímu pultu

POZOR: Indukční čidlo je bezdotykovým snímačem přítomnosti feromagnetických materiálů a pracuje v určitém rozsahu vzdáleností. Při kontaktu se snímaným předmětem hrozí poškození činné plochy snímače. Korektnímu nastavení snímací vůle je třeba věnovat velkou pozornost. Dále je třeba sledovat, zda se kabel do řídicího pultu nevyskytuje v blízkosti silných elektromagnetických polí. Tato by mohla ovlivnit signál přicházející od snímače (např. hlásit natáčecí zařízení v záběru jako mimo záběr), což by v krajním případě mohlo způsobit vážnou zdravotní újmu pracovníků v blízkosti motoru. Upevňovací prvky natáčecího zařízení nejsou dimenzovány na zatížení, které by vzniklo při roztáčení motoru a je tedy více než pravděpodobné, že by některá odletující část zařízení mohla ohrozit život osob.

- uvolněním čepů se převodovka začne přesouvat k dorazům na pevné části zařízení; je třeba sledovat polohu zubů pastorku a setrvačnicku a případně ji korigovat otáčením pastorkem pomocí hnacího elektromotoru
- po dosednutí převodovky na dorazy a kontrole záběru se poloha natáčecího zařízení zajistí opět pomocí čepů, které se proti vysunutí pojistí třmenovými kroužky
- po provedení kontroly upevnění natáčecího zařízení a správnosti funkce indukčního čidla podle signálu na řídicím pultu je možné začít provádění seřizovacích a kontrolních prací na motoru
- při spouštění motoru je třeba zajistit zařízení v zadní poloze obdobně jako v poloze přední a na řídicím pultu zkontrolovat příslušný signál od indukčního snímače

XI. Ekonomické zhodnocení nového natáčecího zařízení

Pro představu o finanční náročnosti navržené konstrukce jsme provedli poptávku na převodovku u firmy Stromag Brno, s. r. o., která v ČR zastupuje výrobce převodovek CYKLO, firmu Sumitomo. Oficiální poptávka zněla na dvoustupňovou převodovku v provedení Bevel Buddybox s výstupním hřídelem vlevo a s připojovací deskou, kódové firemní označení **LHHM012-2A10DALEJ1--1117/F63S/4**.

Od firmy Stromag Brno, s. r. o. jsme obdrželi nabídku uvedenou v příloze, kde je uvedena cena včetně dopravy a balného cca 50 000 Kč. Předpokládané náklady na výrobu pevné části, vodicích podložek, distančních kroužků a nákup čidla jsou cca 45 000 Kč. Lze tedy odhadnout, že celkové náklady nepřekročí 100 000 Kč na jedno natáčecí zařízení. Vzhledem k tomu, že náklady na dosud používané natáčecí zařízení činí cca 150 000 Kč, lze náš návrh považovat za ekonomicky přínosný.

XII. Závěr

Všechny body zadání této práce se podle našeho názoru podařilo splnit. Nové řešení přináší jak zjednodušení natáčecího zařízení, tak jeho snadnou přenositelnost mezi jednotlivými zdrojovými soustrojími. Pokud by bylo možno u nových soustrojí upravit délku hřídele mezi setrvačником a generátorem (jedná se o zvětšení v řádech desítek milimetrů), bylo by pak možno místo převodovky typu Bevel Buddybox použít jednodušší převodovky typu Drive 6000 (viz str. 8), která nemá kuželové soukolí a je tudíž lehčí a levnější při zachování všech výhod spojených se systémem CYKLO.

Výkresová část přílohy obsahuje výkresy součástí, nutných pro rekonstrukci natáčecího zařízení. Celý návrh byl proveden ve 3D v programu Inventor 7. Výkresy podsestav a detailů byly odvozeny z vytvořených prostorových modelů, převedeny do jednotného formátu „dwg“ a dále zpracovávány v programu AutoCAD Mechanical 2004. To bylo výhodné z toho důvodu, že informativní rozměrové výkresy vlastního motoru na rámu byly podnikem BEZ MOTORY, a. s. poskytnuty ve formátu „dwg“, do kterého pak bylo možno vložit projekt natáčecího zařízení ve stejném formátu ve všech potřebných pohledech.

XIII. Seznam dokumentace v příloze

Výkresová dokumentace

SOČ2-N-01	Montáž natáčecího zařízení - horní pohled
SOČ2-N-02	Montáž natáčecího zařízení - boční pohled
SOČ2-N-03	Umístění závitových otvorů v rámu motoru
SOČ2-01-00-00	Natáčecí zařízení
SOČ1-01-02-00	Svařovaná pevná část
SOČ2-01-02-01	Čep
SOČ2-01-01-00	Sestava převodovky
SOČ2-01-01-01	Pastorek

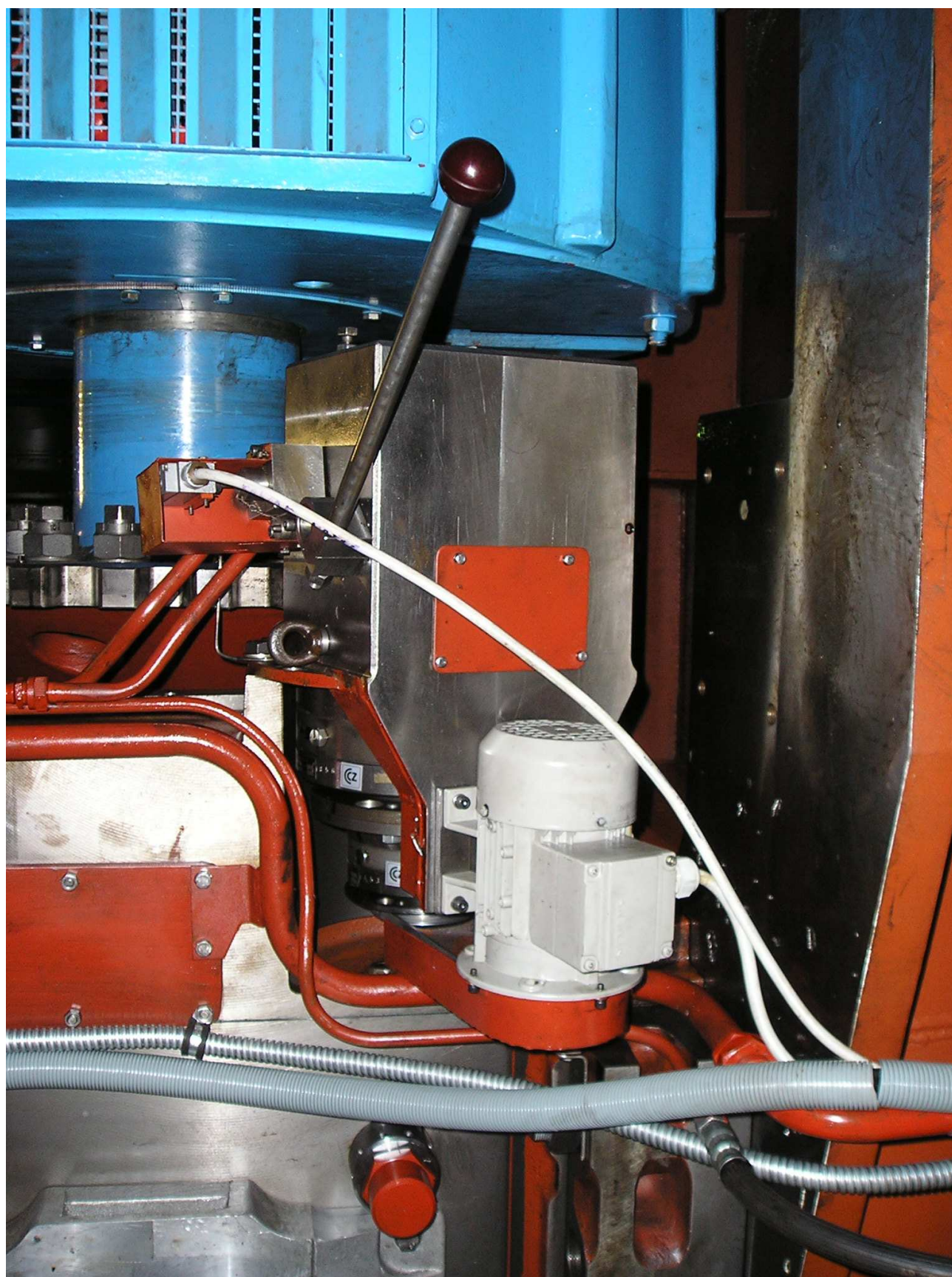
Další dokumentace

Objednávka převodovky od firmy Stromag Brno, s. r. o.
Původní řešení natáčecího zařízení č. v. Dm013 143 (zmenšená kopie)
Výběr z katalogu firmy Festo

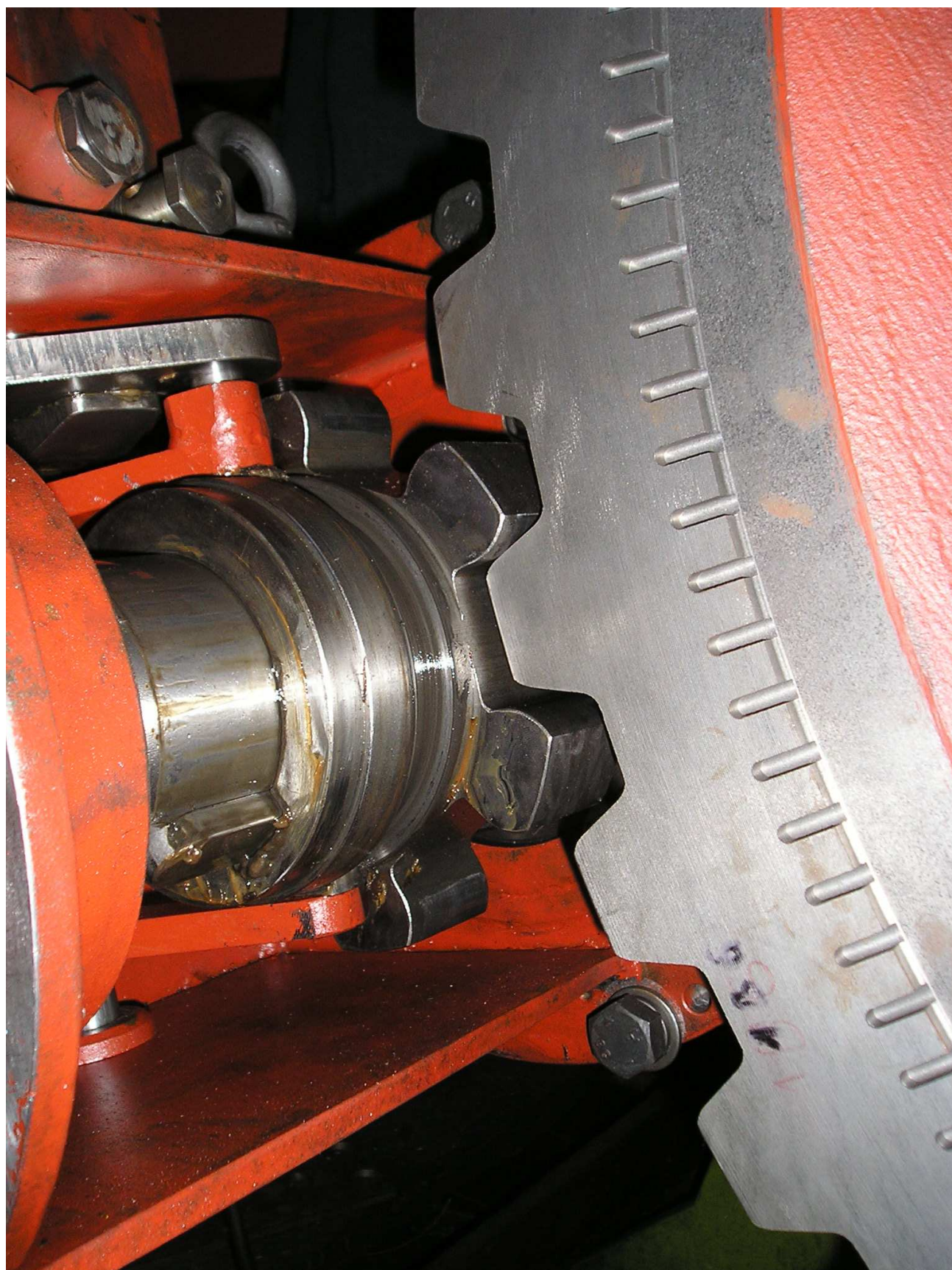
XIV. Seznam použité literatury

- Vávra Pavel a kol.: Strojnické tabulky, Praha, SNTL, 1973
Řasa J., Švercl J.: Strojnické tabulky 1, Praha, Scientia, 2004
Drastík Fr. a kol.: Strojnické tabulky pro konstrukci i dílnu, Ostrava, Montanex, 2002
Kříž R. a kol.: Strojní součásti I, Praha, SNTL, 1984
Dubbel: Inženýrská příručka pro stavbu strojů, Praha, SNTL, 1961
Kříž R. a kol.: Stavba a provoz strojů I, Praha, SNTL, 1977
Bolek Alfred, Kochman Josef: Části strojů, svazek 2, Praha, SNTL, 1990
Technické podmínky motorů BEZ MOTORY, a. s.
Katalog firmy Sumitomo Cyclo
Katalog firmy Festo

Fotografie stávajícího řešení natáčecího zařízení



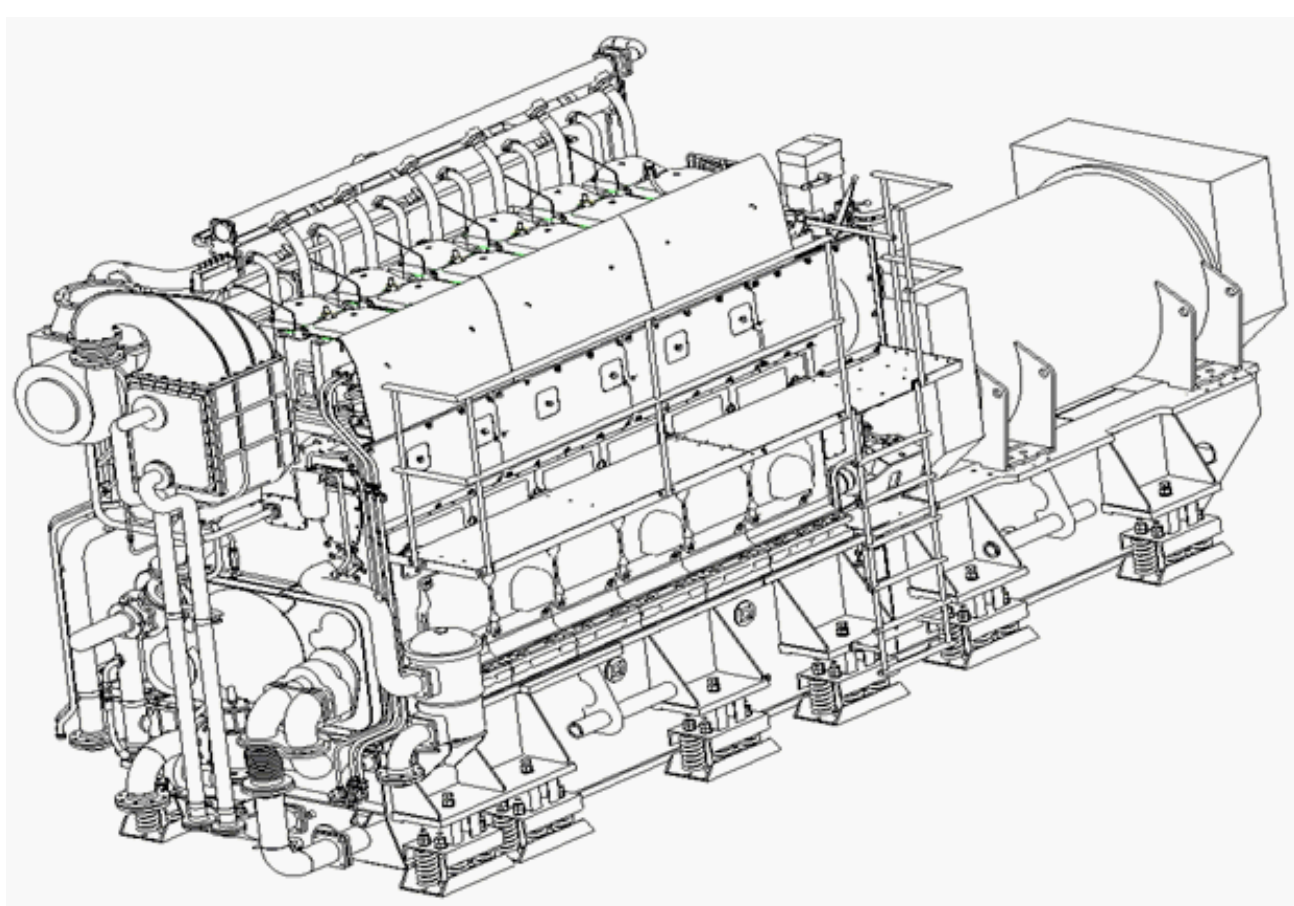
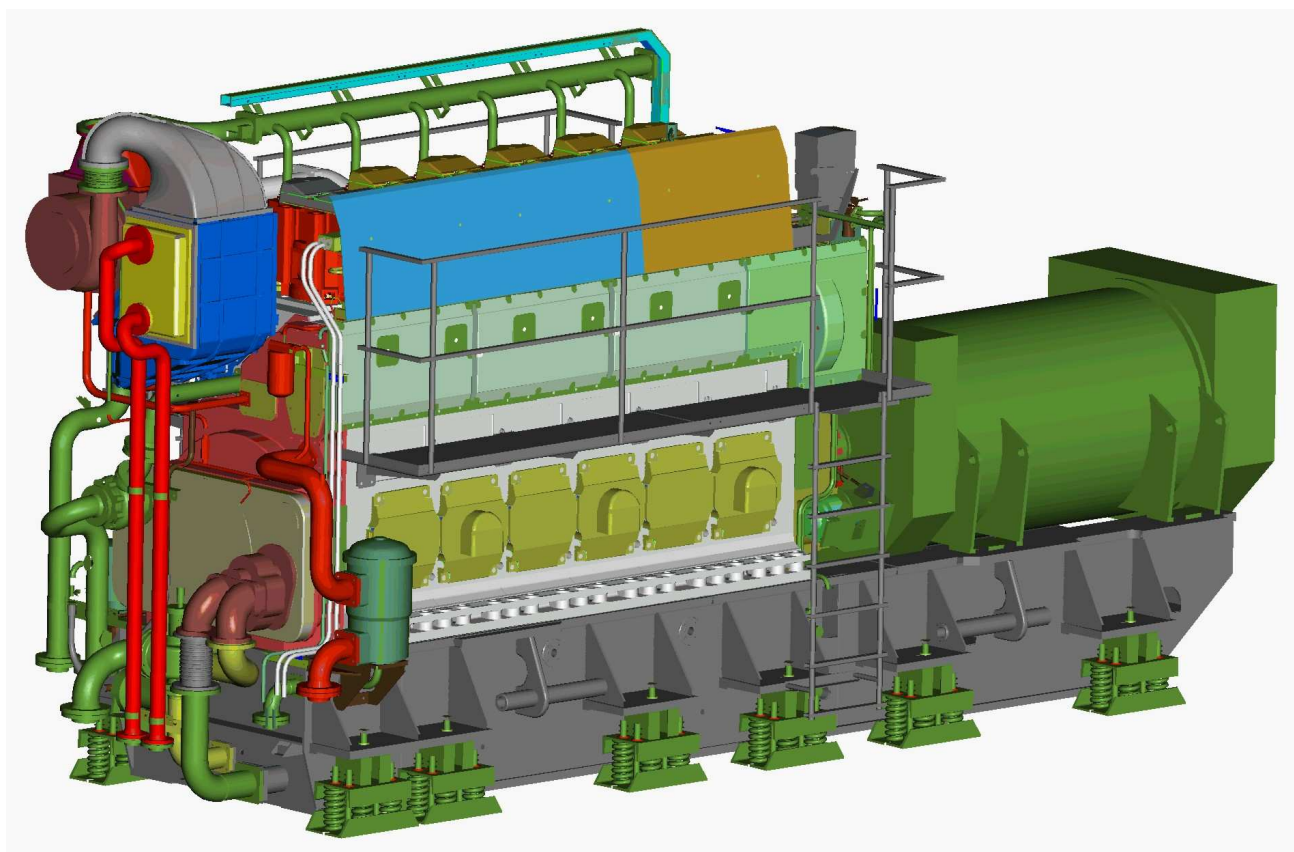
Detail záběru pastorku se setrvačником a způsobu řazení do záběru u stávajícího natáčecího zařízení



Vyobrazení motoru 12C28GSD



**Vyobrazení soustrojí EZS 1670 s motorem 6C28GSD
(CAD program Pro/ENGINEER)**



Základní rozměry soustrojí EZS 1670 s motorem 6C28GSD (viz str. 3)

