ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV ENERGETIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

OPTIMALIZACE DISPOZIČNÍHO ŘEŠENÍ PARNÍ TURBÍNY

Autor: **Pavel Jílek**
Vedoucí práce: **prof. Ing. Michal Kolovratník, CSc.**

Akademický rok 2017/2018

ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Jílek** Jméno: **Pavel** Osobní číslo: **459882**

Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**

Zadávající katedra/ústav: **Ústav energetiky**

Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**

Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Optimalizace dispozičního řešení parní turbíny

Název bakalářské práce anglicky:

Layout Design Optimization of Steam Turbine Island

Pokyny pro vypracování:

Předmětem práce je technicko-ekonomická optimalizace vybraného stávajícího dispozičního řešení jednotělesové parní turbíny s příslušenstvím.
Práce bude obsahovat:
- návrh trasování potrubí, rozmístění zařízení a ocelových plošin - s ohledem na minimalizaci počtu komponent a na nízkou hmotnost potrubí a plošin,
- popis navrženého dispozičního řešení,
- zdůvodnění změn původního řešení.

Seznam doporučené literatury:

Podklady a SW poskytnuté na pracovišti zadavatele:
Dispoziční výkresy, isometrie hlavních potrubních tras, výpis materiálu, 3D model ve formátu nwd.
Software - Microsoft Office, AutoCAD, PDMS

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

prof. Ing. Michal Kolovratník, CSc., ústav energetiky FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **25.04.2018** Termín odevzdání bakalářské práce: **04.06.2018**

Platnost zadání bakalářské práce: **31.12.2019**

prof. Ing. Michal Kolovratník, CSc. podpis vedoucí(ho) práce	podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry	prof. Ing. Michael Valášek, DrSc. podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

26-04-2018

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

© ČVUT v Praze, Design: ČVUT v Praze, VIC

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci zpracovanou na závěr bakalářského studia na Fakultě strojní Českého vysokého učení technického v Praze.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Michala Kolovratníka, CSc., s použitím literatury uvedené v seznamu literatury, který je součástí této bakalářské práce. Dalšími zdroji informací pro mě byly rady konzultantky a kolegů z Doosan Škody Power s.r.o.

V Praze dne: ..... ……..…….

Pavel Jílek

Anotační list

Jméno autora:	Pavel Jílek
Název BP:	Optimalizace dispozičního řešení parní turbíny
Anglický název:	Layout Design Optimization of Steam Turbine Island
Akademický rok:	2017/2018
Ústav/Odbor:	Ústav energetiky/Energetika
Vedoucí BP:	prof. Ing. Michal Kolovratník, CSc.
Konzultant:	Ing. Eva Šlehoferová
Bibliografické údaje:	Počet stran: 48 Počet obrázků: 30 Počet tabulek: 9 Počet příloh: 9
Klíčová slova:	Armatury, dispozice, modifikace, ocelové konstrukce, optimalizace, parní turbína, potrubí, zařízení
Keyword:	Valves, layout, modification, steel structures, optimization, steam turbine, pipework, devices
Anotace:	Bakalářská práce je zaměřena na modifikaci stávajícího dispozičního řešení parní turbíny, zejména na minimalizaci ocelových konstrukcí. Zobrazuje obecný popis parní turbíny a jejího příslušenství. Popisuje změny původního dispozičního řešení. Jednotlivé armatury a zařízení jsou umístěny v závislosti na navržených konstrukcích a trasovaném potrubí. Hlavním cílem je úspora materiálu, snížení hmotnosti a tím i ceny.
Abstract:	The bachelor thesis is focused on the modification of the existing layout design of steam turbine, especially the minimization of steel structures. The thesis shows a general description of the steam turbine and its accessories. It describes changes of the original layout. The valves and devices are located in dependence on the structures and the pipework. The main goals are the material saves and weight reduction that lead to lower price.

Poděkování

Rád bych v úvodu bakalářské práce poděkoval vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Michalovi Kolovratníkovi, CSc. a konzultantce z Doosan Škody Power Ing. Evě Šlehoferové, kteří mi svými radami pomohli k vypracování této bakalářské práce.

Obsah

1 SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK, VELIČIN A KÓDŮ 8
1.1 Seznam zkratek 8
1.2 Seznam značek 8
1.3 Značení KKS kódy 9
1.4 Seznam značek na schématech 10
1.5 Barevné značení potrubních tras 13
2 ÚVOD 14
3 PARNÍ TURBÍNA A ZAŘÍZENÍ – ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY 15
3.1 Popis turbíny 15
3.1.1 Turbínové těleso 15
3.1.2 Rotor a lopatky 16
3.1.3 Rozváděcí kola 17
3.1.4 Ložiska 17
3.1.5 Rotorové ucpávky 18
3.1.6 Řešení tepelných dilatací 19
3.2 Hlavní parní ventily 20
3.2.1 VT rychlouzavírací a regulační ventil 20
3.2.2 NT rychlouzavírací klapka 21
3.4 VT hydraulický ovládací systém 22
3.5 Příslušenství turbíny 22
3.5.1 Natáčecí zařízení 22
3.5.2 Systém ucpávkové páry 24
3.5.3 Odvodňovací systém 25
3.5.4 Systémy mazacího a zdvihacího oleje 26
4 SEZNÁMENÍ S PDMS 29
4.1 Základní informace PDMS 29
4.2 Modelování zařízení v PDMS 30
4.3 Modelování ocelových konstrukcí 31
4.4 Modelování potrubí 32
5 OPTIMALIZACE ŘEŠENÍ 33
5.1 Optimalizace ocelových konstrukcí 33
5.1.1 Změny ocelových konstrukcí 33
5.1.2 Výpočty 35

5.2 Změny 37
5.2.1 Odstranění akustického krytu 37
5.2.2 Nový IOS 38
5.2.3 Změna řešení KKP 39
5.2.4 Trasování potrubí 39
5.2.5 Hmotnostní výpočty potrubí 43
6 ZÁVĚR 45
SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ 47
SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK 47
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 48
SEZNAM PŘÍLOH 48

1 SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK, VELIČIN A KÓDŮ

1.1 Seznam zkratek

Zkratka	Význam
AC	Střídavý motor
DC	Stejnosměrný motor
DSPW	Doosan Škoda Power
IOS	Olejový systém
KKP	Kondenzátor komínkové páry
KKS	Jednotkový systém značení elektráren
PDMS	Plant Design Management System
TG	Turbogenerátor

1.2 Seznam značek

Značka	Název	Veličina
D	Průměr potrubí	[mm]
l	Délka	[m]
L	Intenzita zvuku	[dB]
m	Hmotnost	[kg]
p	Tlak	[Pa]
s	Tloušťka stěny potrubí	[mm]
t	Teplota	[°C]

1.3 Značení KKS kódy

AA	Armatury včetně pohonů, uzávěry atd.	
AC	Tepelné výměníky	
AN	Kompresory	
AP	Čerpadla	
BB	Nádrže	
BN	Vývěvy, injektory, ejektory	
BP	Škrtící a omezovací clony	
BN	Vývěvy, injektory, ejektory	
BP	Škrtící a omezovací clony	
BR	Potrubní trasy	
	001…099	Hlavní trasy
	101…199	Odvodnění
	201…249	Odvzdušnění
	251…299	Vypouštění
	701…799	Kompenzátory
L	Okruhy páry, vody a plynu	
M	Hlavní soustrojí	
LAA	Napájecí nádrž	
LAB	Potrubí napájecí vody	
LAC	Systém napájecích čerpadel	
LCA	Hlavní kondenzát	
LBA	Ostrá pára	
MAA	VT díl	
MAB	ST díl	
MAC	NT díl	
MAG	Kondenzátor	
MAM	Komínková pára	
MAW	Ucpávková pára	
MKA	Chladič generátoru	
PCB	Chlazení oleje	
PDJ	Ohřev oleje	

Pravidla číslování

- význam číslic není všeobecně platný
- vedoucí nuly je nutno psát
- počítání může být provedeno průběžně (01, 02, 03…) nebo skupinovým počítáním (05, 10, 15 nebo 10, 20, 30, …)
- číslování je zpravidla shodné se směrem toku média

Příklad značení

LBA20AA101	LBA	-	ostrá pára
	20	-	označení zařízení
	AA	-	armatura
	101	-	druh armatury a její pořadí (uzavírací armatura s pohonem)

1.4 Seznam značek na schématech

ARMATURY			
Typ			
	Průhledítko		Ventil uzavírací
	Tlakový zámek		Šoupátko uzavírací
	Svlažovač		Kohout kulový uzavírací
	Filtr		Ventil membránový uzavírací
	Tlumič hluku		Klapka uzavírací← směr těsnosti
	Reduktor		Klapka zpětná
	Pojistná membrána		Ventil zpětný uzavírací
	Síto rušiče vakua		Ventil za/odvzdušňovací
	Rychlospojka		Ventil zpětný a aut. přepínáním
	Clona omezovací		Ventil bypassový-svlažení
	Měření průtoku		Odvodňovač
	Clona měřící		Odvodňovač plovákový
	Dýza měřící		Kompenzátor
	Venturiho trubice měřící		Kompresor vlnový

Funkce

	Ventil uzavírací		Ventil pojistný
	Ventil rychlouzavírací		Ventil zpětný
	Ventil regulační		Ventil redukční

Pohon

	Elektromotor		Pneumatický membránový
	Elektromagnet		Membránový impulzní
	Hydraulický		Pružinový
	Pneumatický píst		Pružinový impulzní

Směr proudění

	přímý		trojcestný
	nárožný		čtyrcestný

GRAFICKÉ SYMBOLY NA TRASÁCH

Redukce

Výfuk do atmosféry

Trychtýř

Kanál

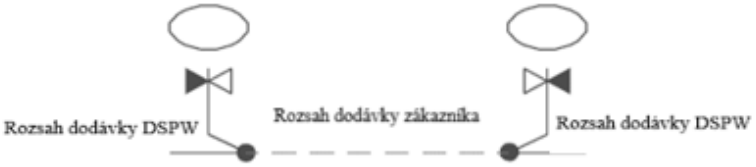
Napojení potrubí

Křížení potrubí

Hranice KKS

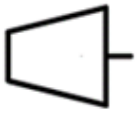
Odkaz na pokračování trasy

Odkaz na pokračování trasy



Hranice dodávky/připojovací místo

ZAŘÍZENÍ

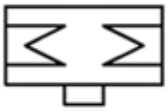


Parní turbína

Odstředivé čerpadlo

Generátor

Ventilátor



Horní povrchový kondenzátor

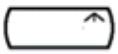
Vodokružná vývěva

Kondenzátor paroproudé vývěvy

Paro/Vodo proudá vývěva

Ohřívák/Chladič/ Kondenzátor

Elektrický pohon



Napájecí nádrž

Chladící věž

1.5 Barevné značení potrubních tras

2 ÚVOD

Projektování elektráren je zajímavým odvětvím strojního inženýrství. Zajímavým právě proto, že nespadá jen do strojního oboru, ale jde o spojení s dalšími obory jako je stavitelství nebo elektrotechnika.

Bakalářská práce byla zadána firmou Doosan Škoda Power, kde byla konzultována. Cílem této práce je úprava stávajícího dispozičního řešení parní turbíny, kde je hlavním úkolem minimalizace ocelových plošin, návrh trasování potrubí a rozmístění jednotlivých zařízení. Vše s ohledem na snížení celkové hmotnosti a tím i ceny.

V bakalářské práci bude zohledněn nový rozsah dodávky, v němž už nejsou elektrické skříně na vyvedení výkonu z generátoru a některá potrubí. Dalším zařízením nespadajícím do nového rozsahu dodávky je expandér provozních kondenzátů. Ten bude součásti modelu dispozice, jelikož je nezbytný pro návrh odvodnění. Dále bude použito nové olejové hospodářství a nově řešený kondenzát komínkové páry.

Bakalářská práce je rozdělena na dvě části. V první teoretické části budou popsány části parní turbíny a její příslušenství, tj. olejový systém, ventily nebo odvodňovací systém. Ve druhé části bude stručně popsán program PDMS, ve kterém byl celkový model dispozice tvořen. Následně budou popsány změny původního řešení, tj. zmenšení ocelových konstrukcí kolem turbíny, hmotnostní výpočet olejového a parního potrubí.

Hmotnostní a nákladové výpočty plošin budou provedeny v programu Microsoft Excel. Plochy jednotlivých plošin budou změřeny v programu PDMS a z těchto hodnot pak spočteny jednotlivé hmotnosti. Plošná hmotnost plošin se liší podle jejich funkce a jsou v ní započítány už konstrukční prvky jako jsou sloupy, konzole a nosníky.

Ke změření délek potrubí byl použit program PDMS. K určení hmotnosti různých potrubí využijeme tabulku norem. Výpočty potrubí jsou doloženy na dvou nejvýrazněji změněných potrubních trasách, potrubí mazacího oleje a potrubí ucpávkové páry. Hmotnosti potrubí budou vypočteny taktéž v programu Microsoft Excel.

3 PARNÍ TURBÍNA A ZAŘÍZENÍ – ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY

V bakalářské práci je řešena změna dispozičního řešení jednotělesové parní turbíny s výkonem 80 MW. Přesto, že hlavním úkolem práce je řešení dispozice, bylo nezbytné se s koncepcí parní turbíny seznámit. Následující popis turbíny je vytvořen z interních podkladů zadavatele práce Doosan Škoda Power, proto zde nejsou uvedeny odkazy na literaturu.

3.1 Popis turbíny

Parní turbína je jednotělesová vysokootáčková (3000 ot/min) s přímým připojením ke generátoru. Ostrá pára o teplotě 560 °C je přiváděná do turbíny přes VT ventily, odkud pokračuje do NT dílu, kam je přiváděná NT pára o teplotě 400 °C. Zde je používán axiální výstup kruhového tvaru do vodou chlazeného kondenzátoru.

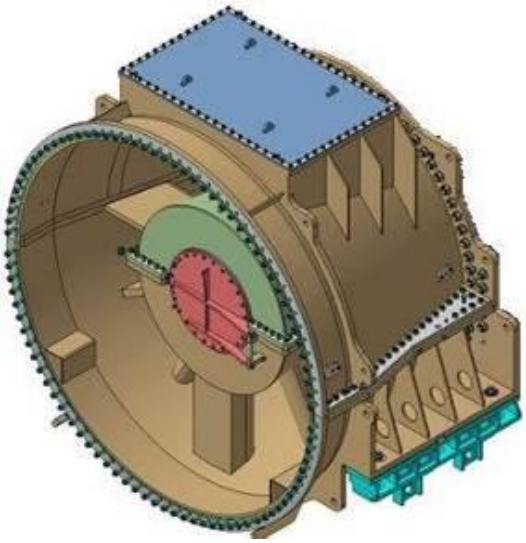
3.1.1 Turbínové těleso

Turbínové těleso je děleno horizontální rovinou na horní a spodní poloviny. Pro spojení těchto dvou částí slouží závrtné šrouby, vyrobeny z teplotně odolných ocelí. Přední vysokotlaká část vnějšího a vnitřního pláště je vyrobena z lité oceli, zatímco zadní těleso je svařované z ocelových plechů. Spojení předních a zadních dílů je zajištěno pomocí vertikální příruby.

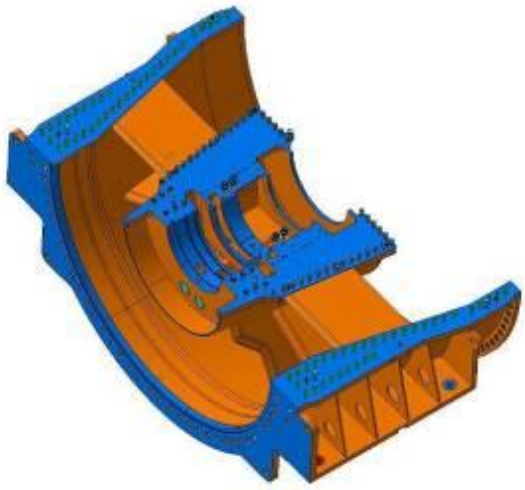
Přední část turbínového tělesa je upevněna přes patky v dělící rovině na předním ložiskovém stojanu. Vzájemné spojení tělesa a ložiskových stojanů je navrženo tak, že relativní posuvy mezi rotorovými a statorovými částmi jsou minimalizovány. Zadní část je upevněna na základových deskách pomocí svařovaných kozlíků umístěných po obou stranách tělesa.

Výstupní difuzor parní turbíny je vybaven zařízením pro vstřikování chladící vody. Chlazení vstřikem se používá, když je množství páry procházející zadní částí nízké a související ventilační ztráty oběžných lopatek zvyšují teplotu ve výstupu (obvykle při nízkém zatížení nebo chodu na prázdno).

Na následujících obrázcích je vidět axiální difuzor (Obr. 1) a jeho spodní část (Obr. 2).



Obr. 1 Axiální výstupní difuzor



Obr. 2 Spodní část difuzoru

3.1.2 Rotor a lopatky

Rotor je zhotoven ze svařovaného polotovaru a jeho součástí je kotouč pevné spojky sloužící k připojení ke generátoru. Spojka je navržena tak, aby odolávala zkratovým a torzním kritickým podmínkám.

Oběžné lopatky jsou upevněny na rotoru pomocí "T" závěsů nebo vidličkových závěsů. Lopatky posledního stupně jsou uchyceny pomocí stromečkových nebo vidličkových závěsů. Oběžné lopatky jsou spojeny bandáží pro zvýšení dynamické tuhosti. Dále slouží jako těsnění proti úniku páry. Lopatky několika posledních stupňů jsou volné, bez bandáže.

Typy závěsů lopatek jsou vidět na Obr. 3.

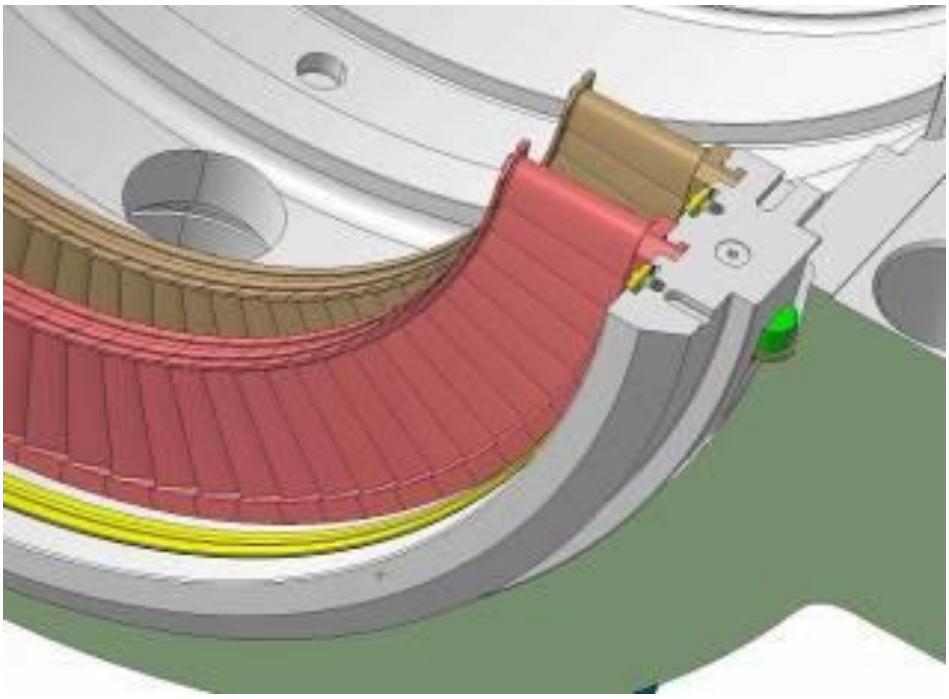
Obr. 3 Typické závěsy lopatek

3.1.3 Rozváděcí kola

Může být použita dýzová nebo škrtící regulace. Dýzové komory jsou odlity v přední části tělesa. Rozváděcí lopatky prvního stupně jsou umístěny přímo v parní komoře. Další lopatky jsou umístěny v nosičích (Obr. 4).

Rozváděcí kola jsou ocelová, skládaná, rozváděcí lopatky jsou v discích a hlavách kol uchyceny pomocí kolíků. Rozváděcí kola několika posledních stupňů jsou svařovaná. Rozváděcí kola jsou horizontální rovinou rozdělena na horní a spodní polovinu.

Kola mají možnost vystředění a přesného nastavení vůlí vnitřních ucpávek. Poslední rozváděcí kolo je konstrukčně přizpůsobeno k odsávání přebytečné vlhkosti, což má významný vliv na erozní ochranu oběžné lopatky posledního stupně.



Obr. 4 Detail nosičů rozváděcích lopatek

3.1.4 Ložiska

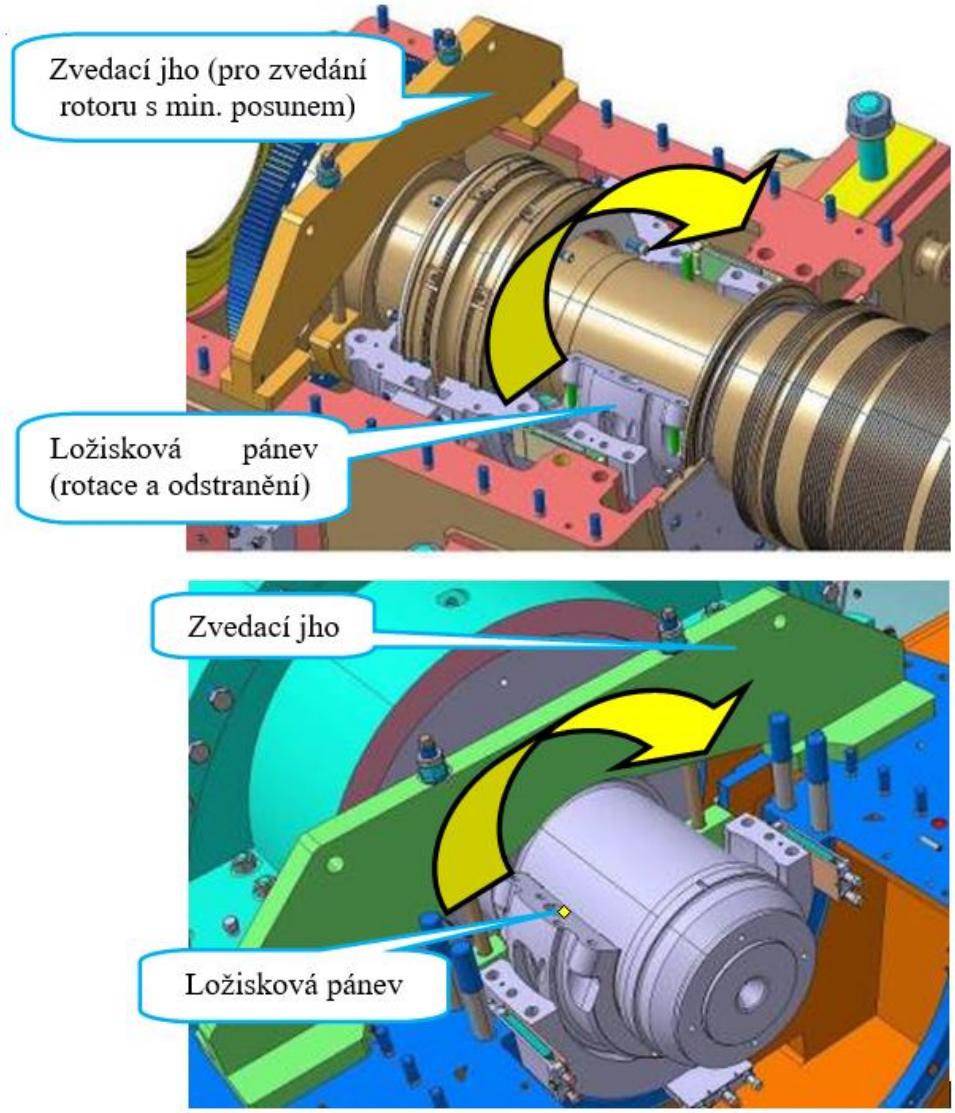
Rotor turbíny je nesen ve dvou radiálních ložiskách, která jsou horizontálně rozdělena a upevněna ve sférických sedlech, což umožňuje vyrovnání osy rotoru s osou ložiska. Obložení kluzné části ložisek je vyrobeno z kompozice na bázi cínu. Otvory ložisek mají eliptický tvar.

Axiální ložisko je kombinováno s předním radiálním ložiskem. Je oboustranné, umožňuje zachycování axiální síly v obou směrech a je osově nastavitelné.

Kontrola ložisek je možná bez demontáže rotoru. Teploty ložisek jsou měřeny termočlánky umístěnými přímo v kompozici ve spodní části radiálních ložisek a také ve dvou protilehlých segmentech na obou stranách axiálního ložiska.

Axiální ložisko spojené s ložiskem radiálním je umístěno v předním ložiskovém stojanu. Zadní ložisko je umístěno v zadním ložiskovém pouzdru, které je přivařeno v axiálním difuzoru.

Způsob výměny ložisek je zobrazen na následujícím obrázku Obr. 5.



Obr. 5 Výměna ložiska na předním a zadním ložiskovém stojanu

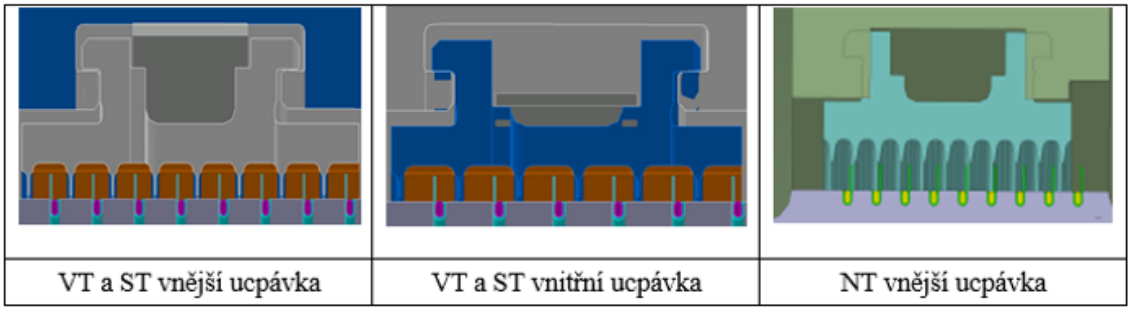
3.1.5 Rotorové ucpávky

Všechny rotorové ucpávky jsou axiální labyrinty. Labyrintové kroužky jsou v přední vysokotlaké části uložené v ucpávkových tělesech, která jsou centrována s

turbinovým tělesem. Tyto labyrintové kroužky jsou vyrobeny z nerezové oceli, jsou rozděleny do šesti segmentů a jsou přitlačovány do pracovní polohy tlakem páry a silou plochých pružin. Břity labyrintů jsou natemovány v rotoru. Střídající se vyšší a nižší břity na rotoru společně s labyrintovými kroužky vytvářejí pravý labyrint.

V nízkotlaké části turbíny, kde jsou také větší relativní posuvy mezi statorem a rotorem, se používají nepravé labyrinty – stejně vysoké břity rotoru i statoru nevytvářejí labyrint a při vysokém posuvu se bezpečně míjejí. Statorové břity jsou přímo temovány do rozváděcích kol a zadní ucpávky.

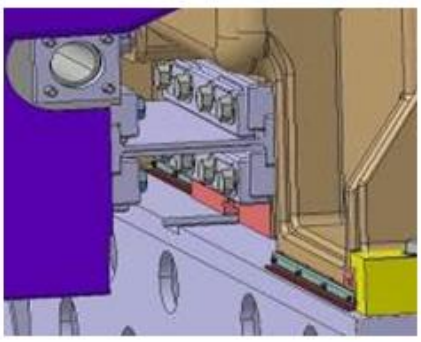
Typy rotorových ucpávek na následujícím obrázku Obr. 6.



Obr. 6 Typické rotorové ucpávky

3.1.6 Řešení tepelných dilatací

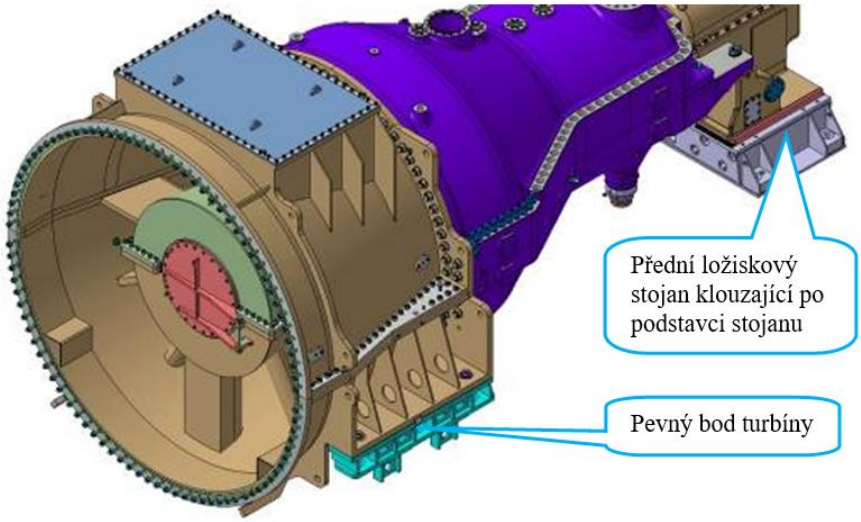
Pevný bod statorové části je umístěn v patkách zadního tělesa. Při růstu teploty se těleso rozšiřuje směrem dopředu od pevného bodu. Přední ložiskový stojan je připojen přímo k plášti turbíny pružným „I“ profilem (Obr. 7). Skříň tlačí přední ložiskový stojan s axiálním ložiskem dopředu. Pružný „I“ profil umožňuje volné roztahování těles směrem dolů od dělící roviny, přičemž zůstává velmi tuhý v příčném a axiálním směru.



Obr. 7 I profil mezi turbínou a předním ložiskovým stojanem

Během jakéhokoli axiálního pohybu je přední ložiskový stojan udržován v koaxiální poloze s podstavcem stojanu, ke kterému je upevněný. Axiální ložisko, umístěné v předním ložiskovém stojanu, je posunuto dopředu tepelnou roztažností pláště spolu s ložiskovým stojanem tak, aby rotor turbíny sledoval posuv statoru. Tato konstrukce minimalizuje relativní axiální posun mezi rotorem a statorem a zabraňuje jakýmkoliv problémům s jejich osovým vyrovnáním během zatížení a všech ostatních provozních režimů turbíny. Posunutí stojanu je usnadněno teflonovou fólií vloženou mezi kluzné plochy, což výrazně snižuje třecí odpor.

Způsob uchycení turbíny je vidět na Obr. 8.



Obr. 8 Uchycení turbíny

3.2 Hlavní parní ventily

3.2.1 VT rychlouzavírací a regulační ventil

V jedné společné komoře na straně vnějšího tělesa je jeden regulační ventil a jeden rychlouzavírací ventil. V komoře ventilu je umístěno parní síto pro zachycení mechanických nečistot. Rychlouzavírací ventil (Obr. 9) je přišroubovaný přímo ke komoře regulačních ventilů. Ventil je ovládán hydraulickým servomotorem a je uzavírán silou pružin.

Regulační ventil je poháněn také hydraulickým servomotorem. Vřeteno ventilu je utěsněno speciálními grafitovými kroužky. Sedlo ventilu má povrch z tvrdých kovů, který zvyšuje životnost a spolehlivost ventilu.

3.2.2 NT rychlouzavírací klapka

NT pára prochází dvěma klapkami, rychlouzavírací klapkou (Obr. 10) a regulační klapkou, které jsou umístěny odděleně v potrubí NT páry v blízkosti parní turbíny. Klapky jsou ovládány pomocí pohonů. Síta pro páru jsou instalována proti klapkovým ventilům, na přívodech NT a VT páry pro zachycení pouze velkých nečistot.

Obr. 9 Rychlouzavírací ventil

Obr. 10 Rychlouzavírací klapka

3.4 VT hydraulický ovládací systém

Tento řídící systém se používá pro ovládání hlavních ventilů jako jsou právě uzavírací, regulační a další. Skládá se z následujících částí.

VT hydraulický agregát

Hydraulický agregát je hlavní součástí hydraulického systému. Poskytuje nepřetržité a spolehlivé napájení regulační kapaliny pro všechny hydraulické pohony hlavních parních ventilů turbíny a NT klapek. Agregát dodává regulační kapalinu při jmenovitém tlaku p = 16 MPa a rovněž zajišťuje její filtraci a chlazení vodou. Akumulátory na výstupech agregátu poskytují okamžitou dostupnost hydraulické kapaliny při velkých změnách požadovaného množství a rovněž udržují systémový tlak při spuštění záložního čerpadla.

VT hydraulické pohony

Tyto pohony se skládají ze servopohonů pro plynulou regulaci a jsou zabudované na sedlových ventilech. Další nezbytná zařízení, jako jsou například snímače polohy atd. jsou také součástí pohonů.

3.5 Příslušenství turbíny

3.5.1 Natáčecí zařízení

Používá se při dvou operacích. Buď po vypnutí turbogenerátoru, aby bylo zajištěno rovnoměrné chlazení turbínových rotorů, nebo před spuštěním jednotky, před otevřením zahlcovacího ventilu ucpávkové páry.

Natáčecí zařízení je mechanického typu, poháněné střídavým elektromotorem a frekvenčním měničem. Zařízení je umístěno na horní části ložiskového stojanu, kde je spojení rotorů turbíny a generátoru.

Hlavní části natáčecího zařízení:

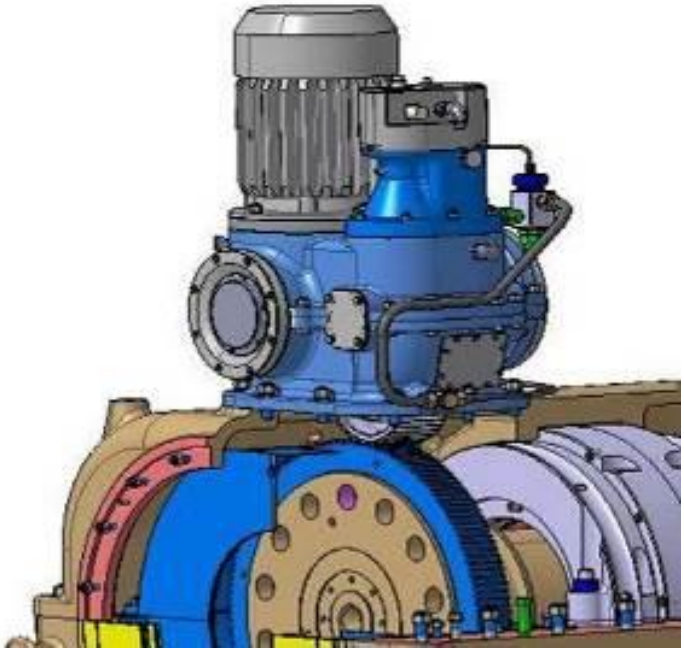
- Elektromotor
- Automatické řídící zařízení
- Převodovka
- Hydraulické zachycovací zařízení – pohon
- Součásti olejového systému

Podmínky potřebné pro správnou funkci zařízení:

- Otevřený přívod mazacího oleje do ložisek
- Zdvihací olejové čerpadlo v provozu

Čtyřhranný konec hlavního hřídele natáčecího zařízení může být použit pro ruční otáčení rotoru pomocí ručního kola. Přídavné a zdvihací olejové čerpadlo musí být během ručního protáčení v provozu.

Natáčecí zařízení na následujícím obrázku Obr. 11.



Obr. 11 Natáčecí zařízení na ložiskovém stojanu

3.5.2 Systém ucpávkové páry

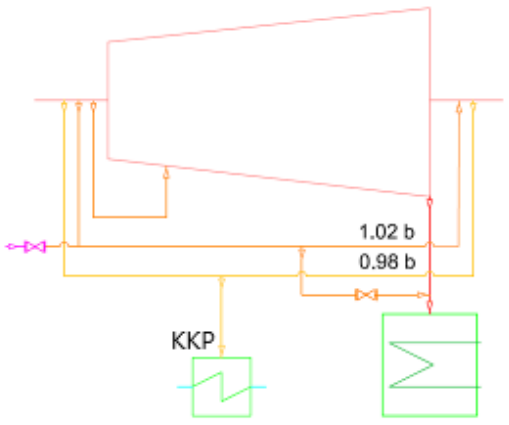
V této kapitole dojde k seznámení se systémem ucpávkové páry a jeho funkcí, jelikož je v novém návrhu dispozice řešeno dopojení potrubí komínkové páry do KKP.

Systém zajišťuje, aby do prostoru strojovny neunikala žádná pára z turbinových ucpávek. Tuto funkci zajišťují dva základní okruhy.

První okruh je vybaven regulací tlaku, spojuje přední a zadní ucpávky turbíny a zajišťuje, aby pára odebraná z předních VT ucpávek byla odsávána do NT ucpávky. Zbytek páry se využívá v parním oběhu a zvyšuje účinnost parního cyklu. Dva ucpávkové ventily slouží k regulaci tlaku. Jeden ventil přivádí páru do okruhu během spouštění turbíny. Druhý ventil uvolňuje přebytečnou páru, obvykle když množství páry extrahované z VT ucpávek je vyšší než množství páry přiváděné do NT ucpávek. Pára přiváděná do okruhu ucpávkové páry během spouštění nebo vypnutí je odebírána ze sběrny páry.

Druhá část systému je okruh komínkové páry. Přední a zadní ucpávky tělesa jsou opět vzájemně propojeny. Prostor komínkové páry je v poslední části ucpávek. Tlak okruhu komínkové páry je mírně pod atmosférickým tlakem (cca 0,98 bar). Z ucpávky je odsávána nejen pára, ale také vzduch. Proto lze říci, že žádná pára neuniká do atmosféry. Mírný podtlak v tomto systému je zajištěn ventilátorem komínkových par. Parovzdušná směs je dále odváděna do kondenzátoru komínkové páry, kde vodní pára kondenzuje a nezkondenzovatelné plyny jsou odsávány pomocí ventilátoru.

Ztráty ucpávkovou parou jsou sníženy zavedením páry odsávané z první sekce přední ucpávky do příslušného odběru pro regeneraci. Základní uspořádání systému ucpávkové páry zobrazuje Obr. 12.



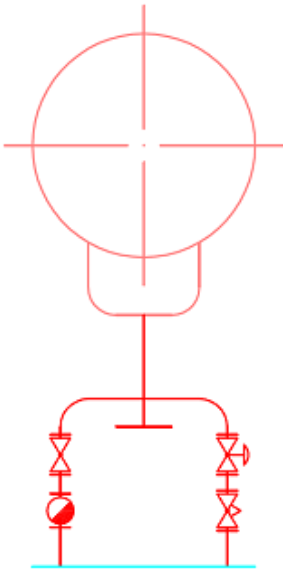
Obr. 12 Ucpávková pára — základní uspořádání

3.5.3 Odvodňovací systém

Aby se předešlo tepelnému namáhání a deformaci těles turbíny nebo rotoru, což by mohlo vést k mechanickému poškození, je nutné kondenzát vznikající při prohřívání turbíny nebo z vlhkosti páry odvádět přes odvodňovací ventily a sběrny odvodnění do expanzní trubky a dále do kondenzátoru.

Odvodňovací systém turbíny byl navržen s pneumaticky poháněnými ventily a odvodňovači (bimetalický nebo plovákový typ) v paralelních liniích. Vypouštěcí ventily jsou řízeny řídicím systémem turbíny a jsou otevřeny během studeného startu nebo podle požadavků provozovatele. Spolu s odvodňovači jsou umístěny co nejblíže u odvodňovací sběrny připojené k expanzní trubce. Odvodňovače zajišťují odvodnění v případě, že jsou vypouštěcí ventily uzavřeny.

Odvodnění má následující uspořádání (Obr. 13). Je paralelně rozděleno na dvě větve, První tvoří ventily s pneumatickými pohony a regulační ventily. Druhou pak regulační ventily a odvodňovače. Odvodnění s podobnými parametry se shromažďují ve sběrnách, které jsou přivařeny k expanzní trubce a připojeny ke kondenzátoru. Nízkotlaká a vysokotlaká odvodnění mají stejné uspořádání.



Obr. 13 Odvodňovací systém

3.5.4 Systémy mazacího a zdvihacího oleje

Systém mazacího oleje turbogenerátoru je určen pro mazání a chlazení ložisek turbíny a generátoru. Systém je nezávislý na řídicím a nouzovém hydraulickém systému. Musí zajistit bezpečný přívod mazacího oleje ve všech provozních režimech. Při provozu systém zajišťuje tlak oleje 150 – 180 kPa (g) na vstupu ložiskových stojanů. Pro provoz turbogenerátoru je použitý minerální olej.

Hlavní olejové čerpadlo

Čerpadlo je navrženo tak, aby zajistilo dodání potřebného toku oleje pro mazání a chlazení ložisek během provozu turbogenerátoru. Čerpadlo je odstředivého typu ve vertikálním provedení. Je instalováno v uspořádání 2 x 100 % na krytu hlavní olejové nádrže a ponořeno do oleje. Jsou poháněna elektromotorem (AC).

V případě poruchy hlavního čerpadla v provozu se okamžitě spustí nouzové čerpadlo. Aby bylo zajištěno bezpečné mazání v době mezi zastavením pracovního čerpadla a spuštěním záložního čerpadla, jsou na společném potrubí výtlaku instalovány akumulátory.

Nouzové olejové čerpadlo

Zařízení zajišťuje bezpečný přívod mazacího oleje v případě nouzového vypnutí turbogenerátoru, v případě ztráty střídavého napájení, poruchy hlavního olejového čerpadla nebo ztráty tlaku mazacího oleje z jiných důvodů (např. únik oleje způsobený poškozeným potrubím). Pokud dojde k nouzovému vypnutí generátoru, čerpadlo se spustí automaticky řídícím systémem. Jestliže se porouchá řídící systém, spustí se přímo binárním spínacím snímačem nízkého tlaku.

Z bezpečnostních důvodů je olej z čerpadla k ložisku veden okolo chladičů, filtrů, tlakových ventilů a regulačních ventilů. Čerpadlo je poháněno elektromotorem (DC). Typ čerpadla je stejný jako u hlavního olejového čerpadla. Je instalováno v uspořádání 1 x 100 % na krytu hlavní olejové nádrže a ponořeno do oleje.

Chladiče

Chladiče oleje se používají k odvodu tepla z ložisek do systému mazání a pro zajištění požadované teploty mazacího oleje na vstupu do turbogenerátoru. Chladiče jsou instalovány v uspořádání 2 x 100 %. Jsou použitý jako deskové výměníky tepla a chladí se vodou z uzavřeného chladicího okruhu. Dají se odpojit v případě sníženého výkonu

chlazení způsobeného znečištěním chladiče během provozu. Chladič může být vyčištěn po vypuštění oleje a vody.

Požadovaná teplota mazacího oleje na vstupu do ložisek turbogenerátoru je dosažena smícháním chlazeného a nechlazeného oleje v termostatickém regulačním ventilu. Ventil pracuje automaticky na principu roztažnosti voskových náplní v ovládacích elementech ventilu. Ty otvírají nebo zavírají každý přívod oleje do ventilu v závislosti na teplotě oleje na výstupu. Je možné použít nouzové řízení k uzavření přívodu teplého oleje do ventilu a otevření pouze přívodu chlazeného oleje z chladičů.

Mazací olejový filtr

Filtr slouží k ochraně ložisek proti poškození nečistotami. Jedná se o typ duplexního filtru. Znečistí-li se filtrační elementy v jedné komoře filtru, třícestný ventil řídí tok oleje do druhé komory s čistými filtračními elementy. Špinavé filtry lze měnit. Komory jsou propojeny potrubím pro vyrovnání tlaku, což zajišťuje plynulé přesměrování toku oleje. Filtr je vybaven optickou a elektrickou signalizací znečištění, která umožňuje místní vizuální kontrolu a dálkový přenos.

Tlakový regulační ventil

Tlakový regulační ventil je určen pro automatické řízení tlaku mazacího oleje na nastavenou hodnotu 150 – 180 kPa (g) měřenou před vstupem do ložiskových stojanů. Při zvýšení tlaku v systému se uzavírá ventil a zvyšuje se tlaková ztráta. Porucha pohonu vede k automatickému otevření ventilu. Nepřerušuje tok oleje do ložiska. V případě poruchy ventilu a jeho uzavření je paralelní bypassový ventil nastaven na minimální průtok oleje pro nouzové vypnutí turbogenerátoru.

Čerpadlo zdvihacího oleje

Jeho funkcí je zásobování oleje pro zvedání rotoru turbíny v ložiskových pánvích. Zajišťuje snížení tření a tím ochranu ložisek při spouštění turbogenerátoru a snadný provoz natáčecího zařízení.

Odsávací zařízení

Odsávací zařízení je určeno k odsávání olejových a vodních par z hlavní olejové nádrže, z potrubí vratného oleje a prostoru ložiskových stojanů. Ventilátor je poháněn elektromotorem (AC). Podtlak v ložiskových stojanech snižuje olejové úniky kolem rotoru, podporuje kontinuální odtok oleje ze stojanů a odstraňuje vodu ze systému. Zařízení je instalováno na krytu hlavní olejové nádrže.

Hlavní olejová nádrž

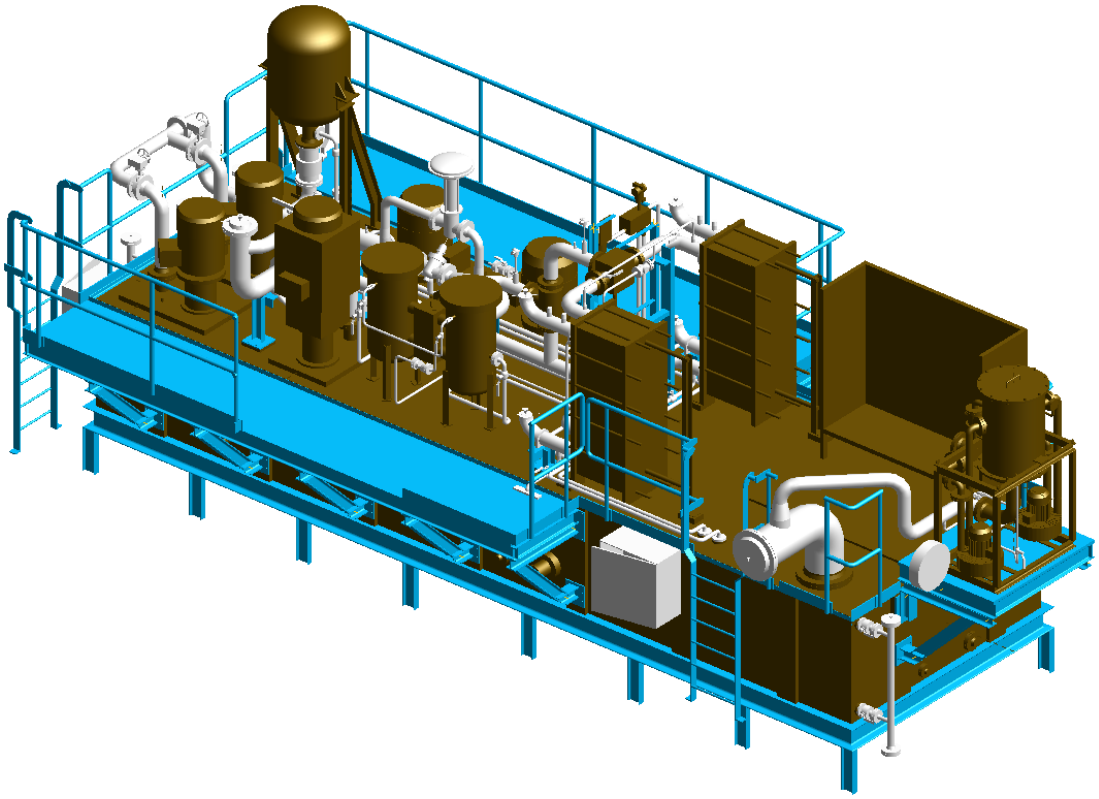
Nádrž je zesílena pro možnost instalace a ovládání zařízení na krytu. Vstup do nádrže je navržen tak, aby se zabránilo nadměrnému pěnění oleje v nádrži. Olej proudí přes odnímatelná síta. Nádrž je vybavena indikátory pro měření maximální a minimální hladiny oleje a hladiny oleje během provozu.

Olejová čistící jednotka

Čistící jednotka pracuje nezávisle na olejovém řídícím systému. Je připojena v obtokovém potrubí k hlavní olejové nádrži. To znamená, že porucha jednotky nebo vypnutí pro údržbu neovlivňuje normální provoz turbogenerátoru. Jednotka by měla být provozována jednou týdně nebo (pokud je kvalita oleje nízká) trvale.

Pro spuštění turbogenerátoru pro normální provoz musí být provozní teplota oleje nejméně t = 35 °C. Olej je ohříván elektrickými topnými články instalovanými v hlavní olejové nádrži.

Olejové hospodářství na následujícím obrázku Obr. 14.



Obr. 14 Olejové hospodářství

4 SEZNÁMENÍ S PDMS

Pro bakalářskou práci byl použit program Plant Design Management System, zkráceně PDMS, který byl poskytnut zadavatelem Doosan Škoda Power s.r.o.

4.1 Základní informace PDMS

PDMS je 3D program od společnosti AVEVA sloužící k projektování průmyslových objektů jako elektráren a dalších technických staveb.

Jedná se o databázový program, tedy se v něm ukládají veškeré informace. Informace o velikosti, poloze, pracovních teplotách, tlacích apod. Ty mohou být zpracovány a použity k dalším krokům projektování. Další výhodou programu je velké množství výstupů. Mimo 3D modely je z PDMS možné vygenerovat textové části nebo vytvářet 3D výkresy sestav složitých tvarů, potrubní isometrie nebo dimenzované 2D výkresy.

Pro modelování se v PDMS využívá několika modulů.

- EQUIPMENT – tvorba zařízení
- PIPEWORK – tvorba potrubí
- CABLE TRAYS – kabelové trasy
- HVAC DESIGNER – vzduchotechnika
- STRUCTURES – stavební konstrukce

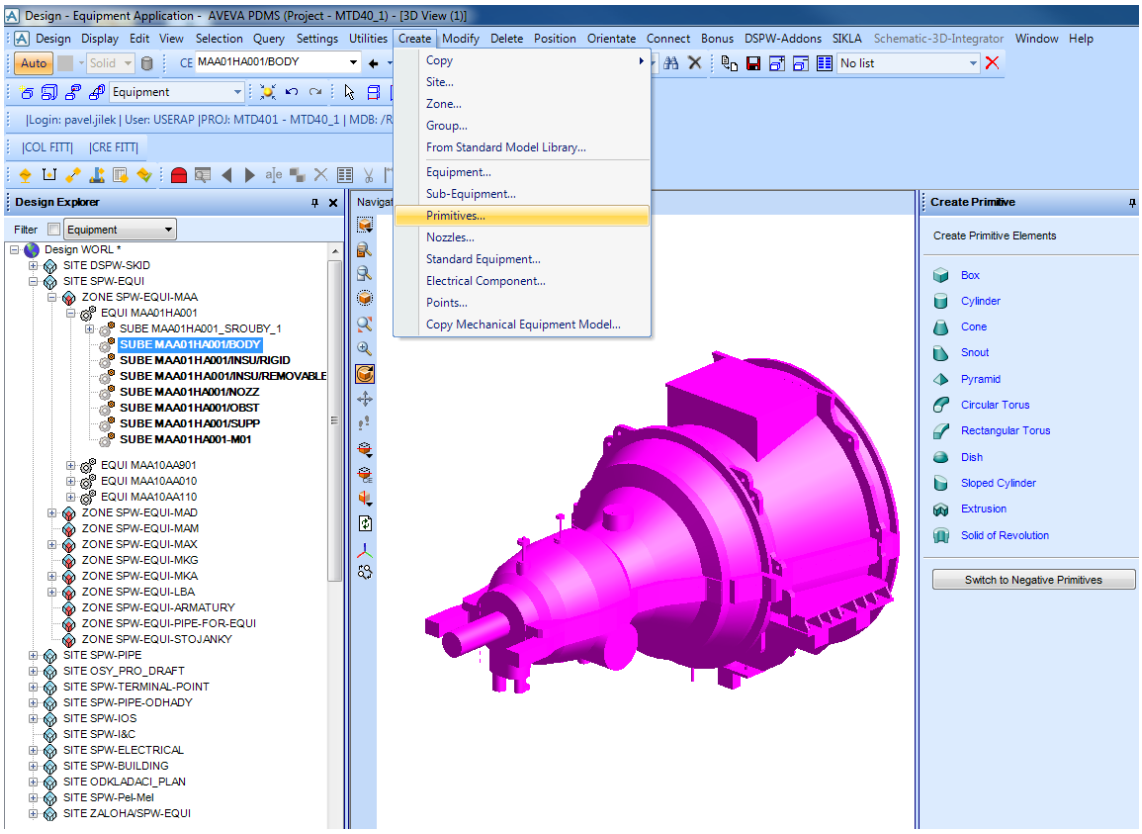
Vytvoření již zmiňovaných výkresů je možné pomocí dvou modulů-

- DRAFT – 2D výkresy
- ISODRAFT – isometrické výkresy potrubí

4.2 Modelování zařízení v PDMS

Pro tvorbu zařízení se využívá modulu Equipment. Musí se dodržovat přesná struktura WORLD-SITE-ZONE-EQUI-SUBE. WORLD je základní struktura, kam se umisťují následující prvky. SITE je obecný prostor, pojmenovaný podle části, která se do něj modeluje. Zařízení se modelují do SITE-SPW-EQUI. Následující podstruktura ZONE se pojmenuje podle příslušných KKS kódů. Zde se založí nový Equipment, který se člení na několik částí, Sub-Equipmentů. Ty se nazvou podle částí zařízení následujícím způsobem. BODY pro objemovou část zařízení, NOZZ pro hrdla, SUPP pro podpěry atd. Tělo ve složce BODY se modeluje pomocí PRIMITIV, válců, kuželů, boxů a dalších. Pro tvorbu děr a složitějších tvarů se dají PRIMITIVY vytvořit jako negativní prvek, který odebírá materiál.

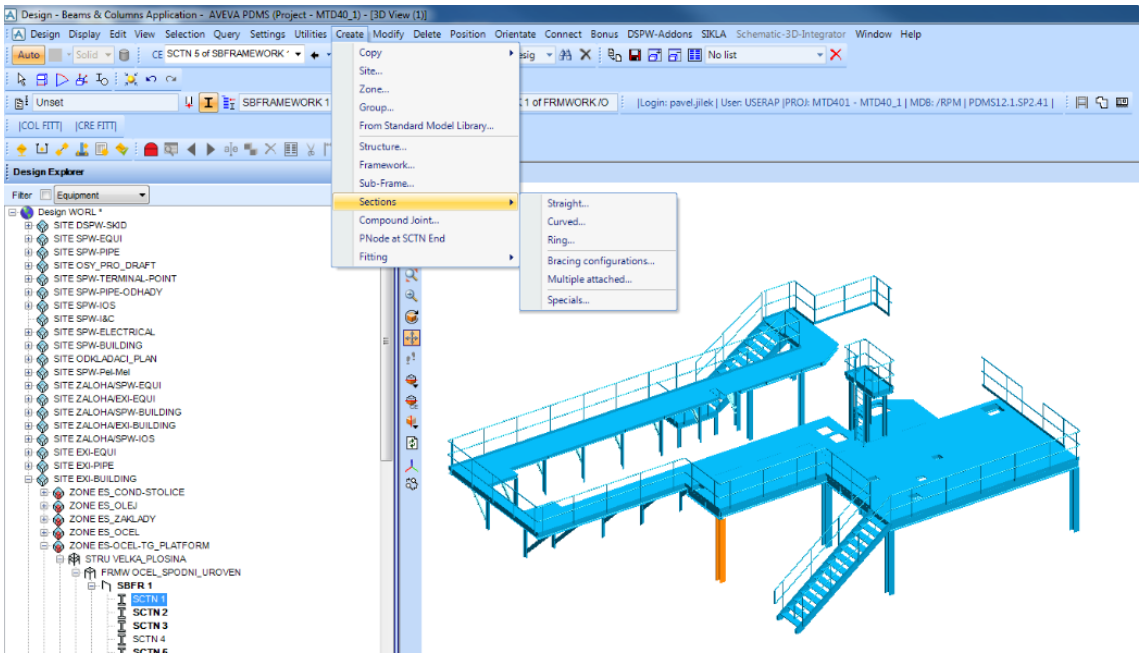
Model turbíny vytvořený v programu PDMS na Obr. 15.



Obr. 15 Model turbíny v PDMS

4.3 Modelování ocelových konstrukcí

Veškeré stavební konstrukce se vytvářejí v modulu STRUCTURES. Opět musí být dodržena struktura, jako tomu je u tvorby zařízení. WORLD-SITE-ZONE-STRU-FRMW-SBFR je běžná struktura. SITE se opět nazve podle typu modelovaných objektů. ZONE pojmenujeme podle typu konstrukce. Rozdělují se na betonové a ocelové. STRU nese název už konkrétní konstrukce, zde např. STRU VELKA PLOSINA. Do STRU se zakládají FRMW s názvem části, kterou v dané konstrukci zastupují. Dále se založí SBFR, kam se modelují nosníky a sloupy jako sections. Zadá se jejich délka a následně se modifikuje příslušný profil. Lze vybrat od I-profilů, přes U-profily až po profily speciální. Po sestavení profilů se doplní ocelové plošiny, schodiště, žebříky a zábradlí. Ocelová plošina v programu PDMS na Obr. 16.



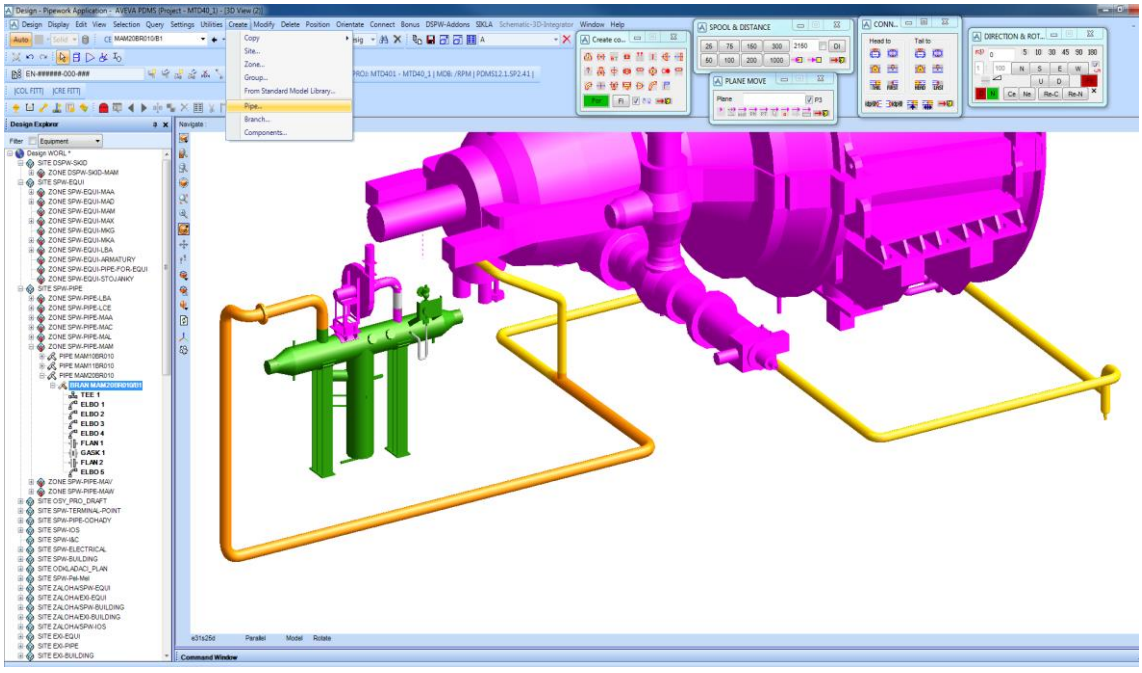
Obr. 16 Ocelová konstrukce v PDMS

4.4 Modelování potrubí

Modelování potrubí je umožněno v modulu PIPEWORK. Zachovává se přesná struktura WORLD-SITE-ZONE-PIPE-BRAN. SITE se zde nazve podle potrubí, tedy PIPE. Následná složka ZONE se nazve podle KKS kodů. Zde založíme nové potrubí, PIPE, nesoucí stejný název se schématem. V něm se založí BRANCH, do které se už modeluje potrubí. Ještě před modelováním se musí zvolit dimenze potrubí a výpočtový tlak. Začátek a konec trasy se vybírají buď to na připojovacích místech zařízení, nebo na předešlých trasách, na které pak navazují. Pomocí potrubního panelu se pak tvoří kolena, T - kusy, příruby, těsnění, armatury, pohony a další komponenty. Dále je možné s těmito prvky otáčet a posouvat je. Návrh potrubí se pak odvíjí od subjektivního návrhu projektanta. Příklad trasovaného potrubí v PDMS na Obr. 17.

Spádování potrubí se řídí základními principy:

- Spády olejového odpadu 2,5 %
- Pára proti proudu média 1 %
- Ostatní spády 0,5 %



Obr. 17 Ukázka trasování potrubí v PDMS

5 OPTIMALIZACE ŘEŠENÍ

Na základě rozsahu dodávky a požadavků zákazníka byly provedeny změny stávajícího řešení. Cílem byla úspora materiálu, snížení hmotnosti a tím celkové zlevnění. Hlavním úkolem bylo zmenšení ocelových konstrukcí, trasování potrubí a rozmístění jednotlivých zařízení.

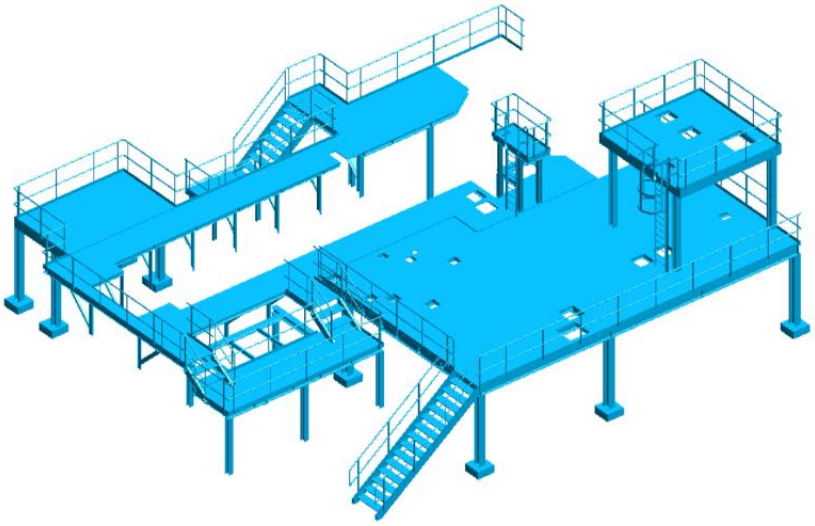
5.1 Optimalizace ocelových konstrukcí

Ocelové konstrukce v okolí turbíny slouží jako nosné konstrukce pro zařízení a také pro snadný přístup při jejich ovládání. Instalují se na ně podpěry potrubí nebo jejich závěsy.

5.1.1 Změny ocelových konstrukcí

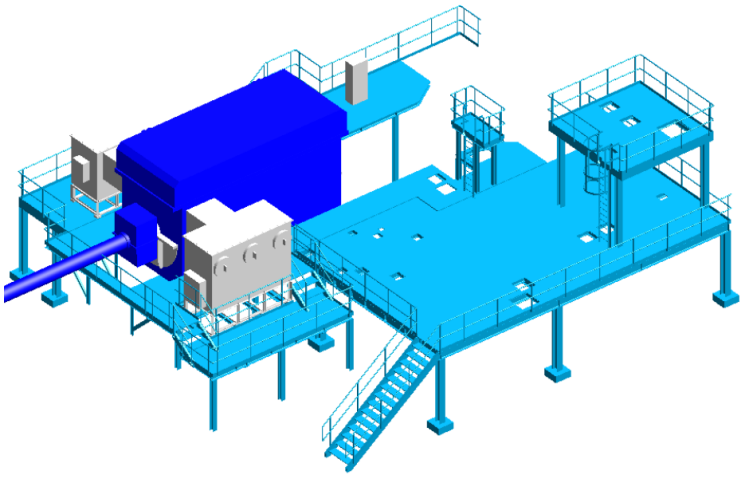
Původní řešení ocelových konstrukcí se skládalo z rozsáhlé plošiny ve výšce +3 m. Na ní byla instalovaná horní plošina pro manipulaci s uzavíracími klapkami s pohony na potrubí NT páry ve výšce +5,9 m.

Původní ocelová plošina je zobrazena na Obr. 18.



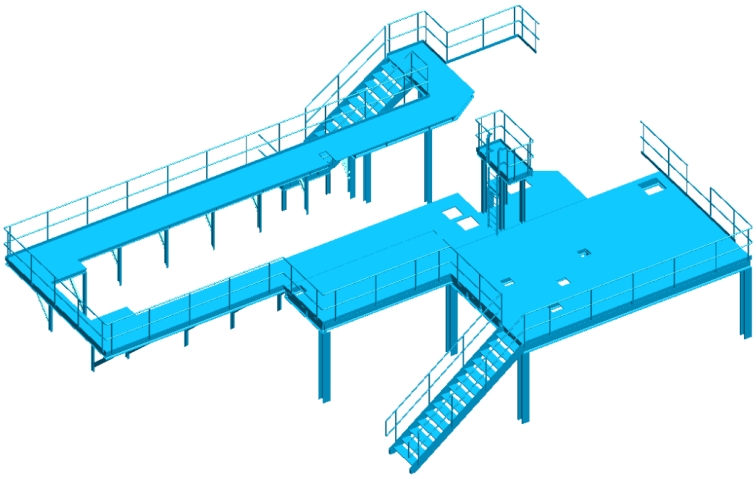
Obr. 18 Původní plošina

Dále plošina obsahovala plošiny pro elektrické skříně k vyvedení výkonu generátoru, které jsou nyní mimo rozsah zakázky. Pro přehlednost jsou zobrazeny na následujícím obrázku Obr. 19.



Obr. 19 Původní plošina s elektrickými skříněmi a generátorem

Cílem bylo celkové zmenšení ocelových plošin. Původně se potrubí NT páry trasovalo přes horní plošinu a pod ní bylo zavěšeno síto. Protože byla horní plošina zbytečně vysoko, došlo k jejímu odstranění a potrubí NT páry se může trasovat nad velkou plošinou ve výšce + 3 m. Síto NT páry se nově zavěsí mimo velkou plošinu. Tím dojde k úspoře místa a umožní zúžení plošiny. Došlo navíc k odstranění plošin pro skříně k vyvedení výkonu generátoru. Nový návrh plošiny je vidět na následujícím Obr. 20.



Obr. 20 Nová plošina

5.1.2 Výpočty

Ke zjištění nákladů na ocelové konstrukce a jejich hmotností nám poslouží matematické výpočty. Plošná hmotnost každé plošiny se liší podle její funkce. Jsou v ní započítané hmotnosti nosníků, sloupů nebo přídavných prvků jako jsou například žebříky a zábradlí.

Následující tabulka ukazuje cenu materiálu a hmotnost různých plošin.

Tab. 1 Hmotnost jednotlivých typů plošin a cena oceli

plošiny	**plošná hmotnost [kg/m²]**
obslužná s nohami + schodiště	200
konzolové (ochoz)	180
těžké zatížení	250
materiál	**cena [Kč/kg]**
ocel	110

Došlo ke změření ploch jednotlivých částí plošin, ke kterým se započítali i ocelové plošiny u olejového zařízení. V dalších tabulkách je vidět výpočet původního (Tab. 2) a nového řešení ocelových konstrukcí (Tab. 3).

Tab. 2 Výpočty původní plošiny

PŮVODNÍ ŘEŠENÍ	**plocha [m²]**	**hmotnost [kg]**	**cena [Kč]**
OLEJ	21,27	4 253,0	467 830
OCHOZ	48,60	8 747,8	962 260
MALÁ PLOŠINA	1,36	272,0	29 920
VELKÁ PLOŠINA	77,10	19 273,9	2 120 126
HORNÍ PLOŠINA	12,55	3 137,5	345 125
SCHODIŠTĚ K VP	3,84	768,6	84 546
celkem	164,71	36 452,8	4 009 807
PLOŠINY NA SKŘÍNĚ G	9,60	2 400,0	264 000
	14,05	2 809,2	309 012
celkem	23,65	5 209,2	573 012

Tab. 3 Výpočty nové plošiny

NOVÉ ŘEŠENÍ	plocha [m²]	hmotnost [kg]	cena [Kč]
OLEJ	1,28	256,0	28 160
	8,25	1 484,6	163 310
OCHOZ	46,77	8 418,8	926 068
MALÁ PLOŠINA	1,36	272,0	29 920
VELKÁ PLOŠINA	44,84	11 210,9	1 233 202
SCHODIŠTĚ K VP	3,84	768,6	84 546
celkem	106,35	22 411,0	2 465 206

Pomocí hodnot z Tab. 1 byly dopočítány hmotnosti jednotlivých plošin a z nich následně jejich ceny. Dále došlo k porovnání původního a nového řešení. Aby se porovnávaly sobě rovné varianty, do prvního porovnání (Tab. 4) se nezapočítají plošiny na elektrické skříně k vyvedení výkonu generátoru, jelikož jsou nyní mimo rozsah dodávky.

Tab. 4 Porovnání bez plošin pro skříně k vyvedení výkonu generátoru

	plocha [m²]	hmotnost [kg]	cena [Kč]
NOVÉ	106,35	22 411,0	2 465 206
PŮVODNÍ	164,71	36 452,8	4 009 807
rozdíl	58,37	14 041,8	1 544 602

Z prvního porovnání v Tab. 4 je vidět, že nové dispoziční řešení umožňuje úsporu 58.37 m², což je více než třetina oproti dřívějšímu řešení. Z toho vyplývá snížená hmotnost plošiny, která poklesla o cca 14 t a tím došlo ke snížení nákladů o 1,54 mil Kč.

Ve druhém srovnání (Tab. 5) se už plošiny ke skříním započítají a je vidět i rozdíl v ušetření jak plochy, tak hmotnosti a pochopitelně i ceny.

Tab. 5 Porovnání s plošinami pro skříně k vyvedení výkonu generátoru

	plocha [m²]	hmotnost [kg]	cena [Kč]
NOVÉ	106,35	22 411,0	2 465 206
PŮVODNÍ	188,36	41 662,0	4 582 819
rozdíl	82,01	19 251,0	2 117 614

Pokud bychom započítali plošiny pro skříně, zmenšila by se ocelová konstrukce o 82 m², které odpovídají zhruba 43 % původní plochy. Tím by se ušetřilo cca 19 t materiálu. Cena plošin by se snížila o 2.1 mil Kč.

5.2 Změny

5.2.1 Odstranění akustického krytu

Došlo k odstranění protihlukového krytu o ploše střechy 108 m² a ploše stěn 165 m². Z důvodu nedostatku informací o prostředí, ve kterém se zařízení bude nacházet, uvažujeme dvě varianty, vnitřní a vnější prostředí.

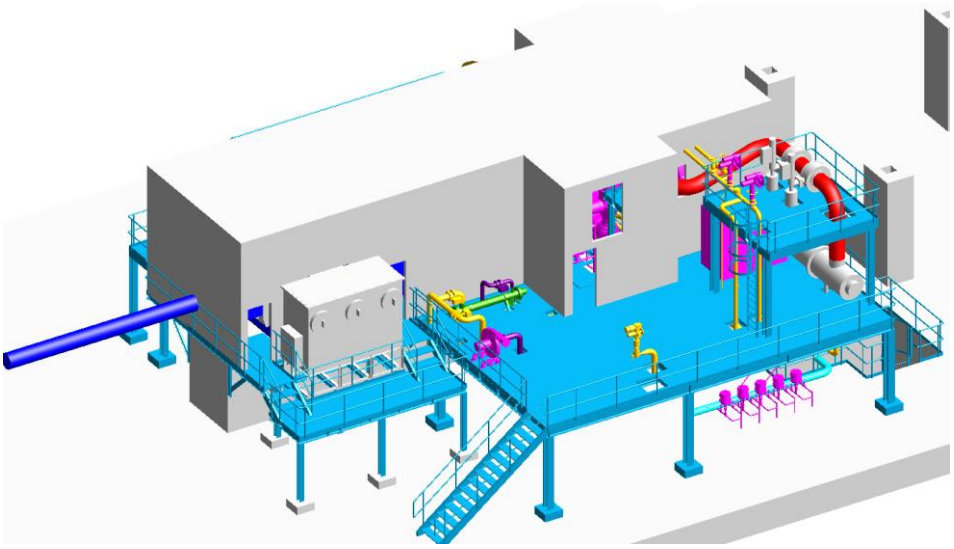
Cenový odhad (L = 85 dB vně krytu, 60 °C pod krytem, bez montáže krytu na místě). Pro obě varianty uvažujeme korozivitu C4.

- Vnitřní: seismo max. 0,2g – podtlakové větrání, cena: 2 050 000,- Kč
- Vnější: seismo max. 0,3g – přetlakové větrání, cena: 3 250 000,- Kč

Rozdíl v ceně tvoří 15 % seismo, zbytek připadá na filtraci a mohutnější větrání kvůli tlakovým ztrátám na filtraci a vše spojené s tím, že je kryt venkovní, tj. okapy, bleskosvod atd.

Pro krytování turbíny včetně ventilů se použijí protihlukové izolace umístěné přímo na jejich tepelné izolace. Návrh izolací ještě není hotový. Pro porovnání byly použity podklady z podobného projektu, kde byla izolace navržena na vnitřní prostředí. Cena pohybuje v rozmezí 950 000 - 1 000 000,- Kč.

Původní řešení s protihlukovým krytem zobrazuje následující obrázek Obr. 21.

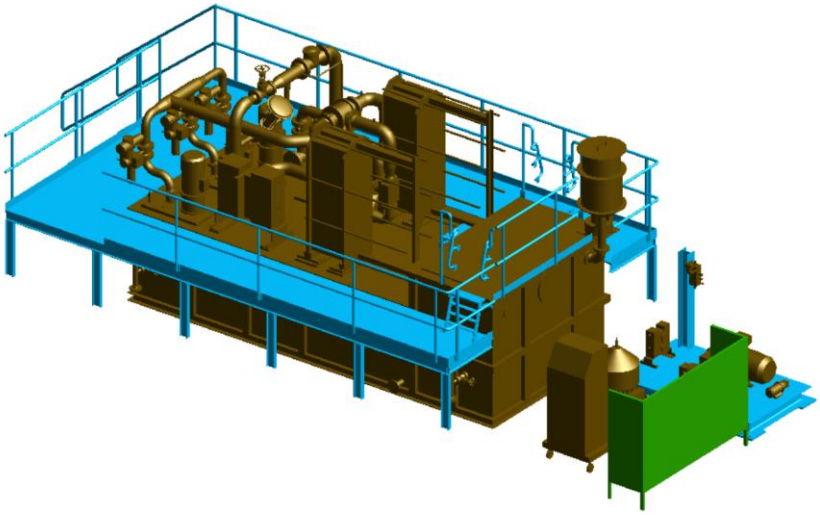


Obr. 21 Původní dispoziční návrh s protihlukovým krytem

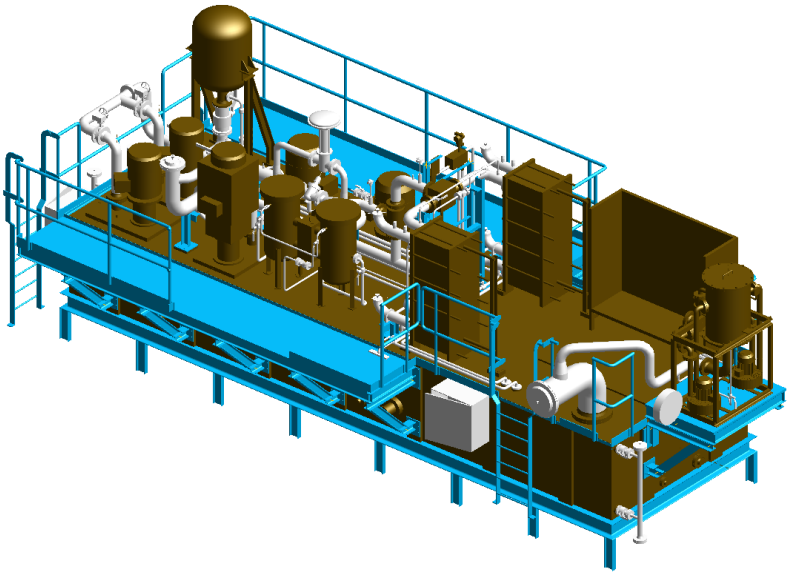
5.2.2 Nový IOS

Ke zjednodušení došlo i při řešení olejového hospodářství. Předchozí řešení jsme nahradili novým typem olejového systému. Původní olejový systém byl posazen na základech, kdežto nová sestava je zapuštěna do základů do -600 mm z důvodu trasování potrubí. Nový návrh je i co se týče plochy menší, tzn. mohl se posunout blíže k turbíně. Na ocelových plošinách oleje se ušetří cca. 55 % plochy.

Původní a nový olejový systém jsou zobrazeny na následujících obrázcích Obr. 22 a Obr. 23.



Obr. 22 Starý IOS

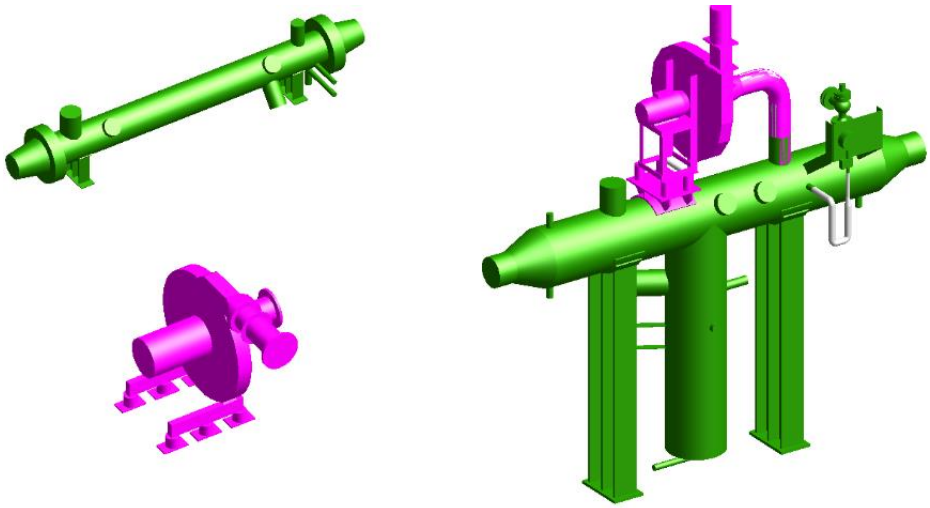


Obr. 23 Nový IOS

5.2.3 Změna řešení KKP

Původní kondenzátor komínkové páry a ventilátor byly rozděleny na dvě samostatná zařízení. Došlo ke zjednodušení konstrukce, k posazení ventilátoru na kondenzátor a spojení trubkou k odsávání parovzdušné směsi. Nové řešení ušetřilo další prostor na ocelových konstrukcích. Podle výkresu byl vymodelován 3D model, který byl použit pro novou dispozici.

Na následujícím obrázku Obr. 24 je možnost vidět srovnání těchto dvou řešení.



Obr. 24 Staré vs. nové řešení KKP

5.2.4 Trasování potrubí

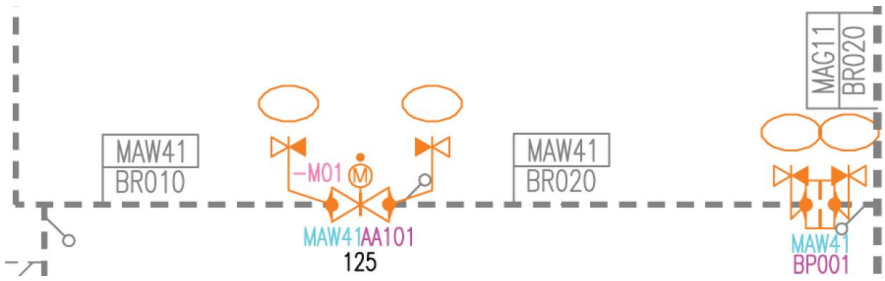
K trasování potrubí se využívá, pokud možno, co nejjednodušší cesta. Rozlišujeme různé typy potrubí, např. olej a pára/voda. Olejové potrubí se trasuje na jedné straně od turbíny, parní a vodní potrubí na druhé straně. Trasy vedou kolem betonových sloupů, nad a pod plošinou nebo při základech stavby tak, aby byl zachován dostatečný prostor při manipulaci s armaturami.

Jelikož trasy z původního řešení byly správně navrženy, použili jsme je i pro nový návrh a pozměnili je s ohledem na změněné ocelové konstrukce a pro celkové zjednodušení. Některá potrubí byla odstraněna s ohledem na změnu rozsahu dodávky.

A) <u>Potrubí pára/voda</u>

Z důvodu realizovatelnosti byla navržena i ta potrubí, která samotná nejsou v rozsahu dodávky, ale obsahují armatury do dodávky spadající. Tento případ je vidět na

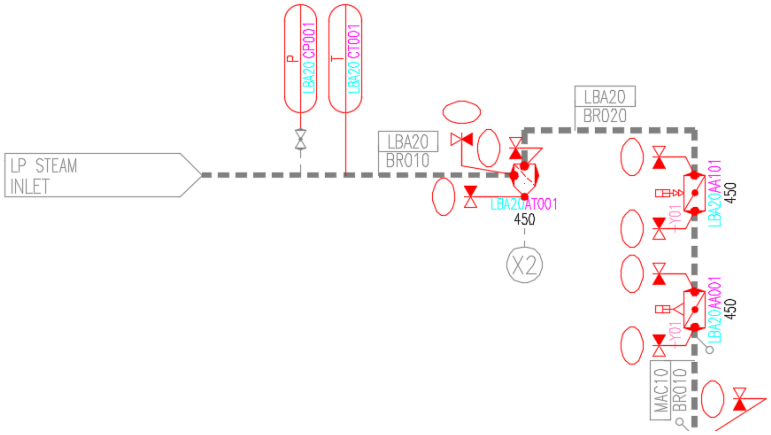
potrubí MAW41BR010 a MAW41BR020, kde je dodáváno šoupátko s elektropohonem a omezovací clona. (viz. Obr. 25)



Obr. 25 Potrubí VT ucpávkové páry – schéma

Další případ je vidět na trubce přívodu NT páry LBA20BR010, kde je dodáváno měření tlaku a teploty plus síto. Následuje potrubí LBA20BR020 a jeho přechod na MACBR010, kde jsou v rozsahu dodávky zpětné klapky s pohony.

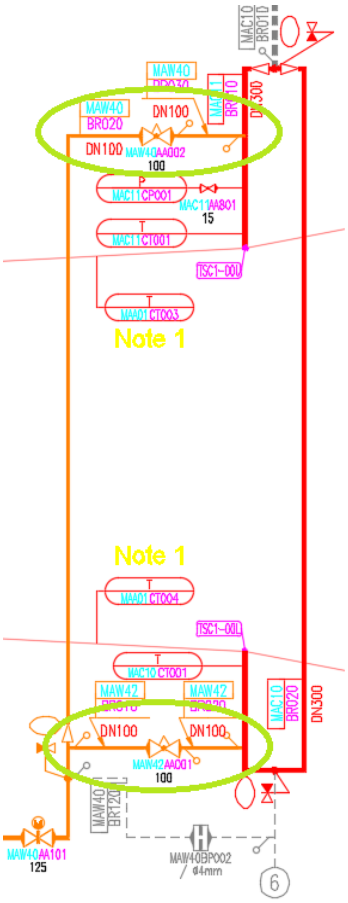
Tento případ je schématicky zobrazen na následujícím obrázku Obr. 26.



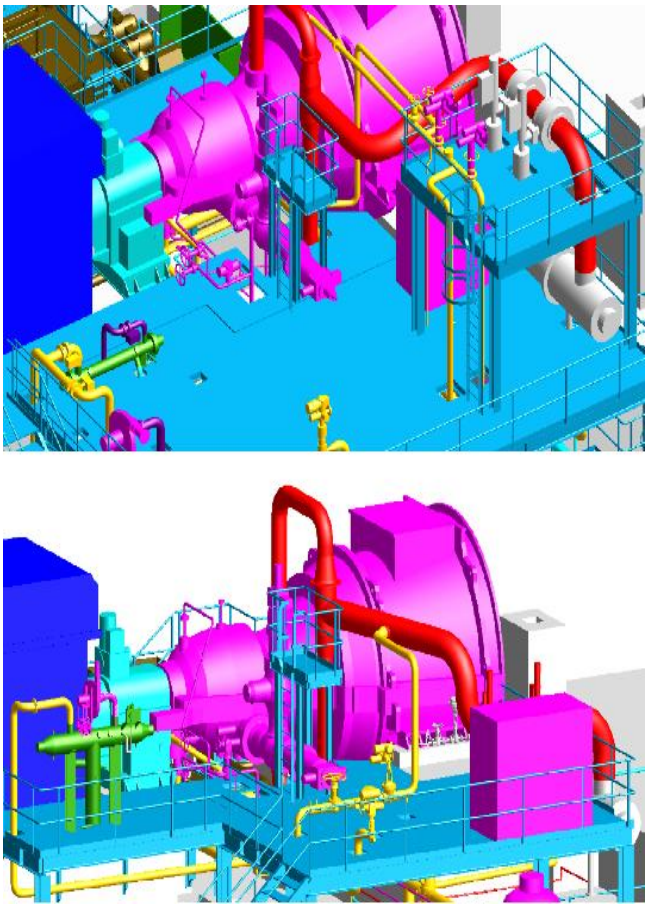
Obr. 26 Potrubí NT páry – schéma

Trasování potrubí NT páry (červená barva potrubí na Obr. 28) bylo původně přes horní plošinu + 5,9 m. Po jejím odstranění bylo potrubí trasováno od turbíny nad velkou plošinou + 3 m, kde byla část potrubí LBA20BR020 vyosena o 20°, pro úsporu místa. Pro prohřev potrubí NT páry byla původně navržena dvojitá větev (zeleně vyznačená na Obr. 27) s regulačními ventily. Navrhli jsme nové řešení. Symetrickým napojením VT páry (potrubí žluté barvy) do potrubí NT páry (Obr. 28) dojde ke zjednodušení trasy a jejímu zkrácení. Vedením potrubí MAW40BR010 nad ocelovou plošinou + 3 m je usnadněna obsluha armatur. Původní a nový návrh je zobrazen na Obr. 28 nebo pro lepší představu v Přílohách 3, 5, 6 a 8.

Další změna byla u dopojení KKP a ventilátoru. Původně bylo trasováno veškeré potrubí. To je nyní mimo rozsah dodávky kromě dopojení komínkové páry do KKP. Ostatní potrubí pod plošinou se řídí stejným uspořádáním. Došlo pouze k jejich drobným změnám jako úpravě propojení tras nebo jejich zkrácení pro úsporu potrubí, vše v závislosti na nově navržené plošině.



Obr. 27 Původní prohřev NT páry



Obr. 28 Původní a nový návrh

Došlo také ke změně trasování potrubí pro zahlcení systému ucpávek TG. Původní připojení bylo orientováno směrem na schodiště k velké plošině. Nyní se pootočilo připojovací místo o 90° a tím je připraveno pro připojení z boční strany plošiny.

Nově bylo navrženo potrubí s kondenzátem pro chlazení zadního tělesa TG, které původně nebylo v rozsahu dodávky. Trasa vede podél turbíny.

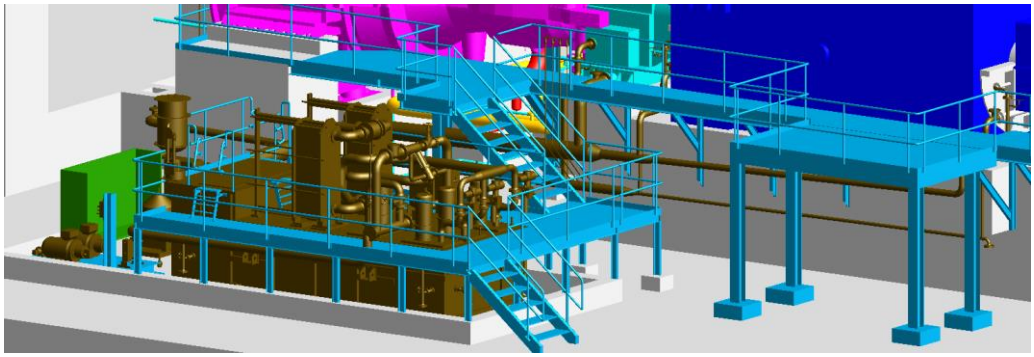
V závislosti na všech uvedených změnách se přesunula elektrická skříň pro ovládání klapek na NT páře a pohonů RZ ventilu od turbíny směrem k zábradlí. Skříň

byla umístěna s ohledem na manipulační prostor skříně. Dále bude síto zavěšeno mimo velkou plošinu. Díky tomuto řešení se ušetří velké množství místa na plošině.

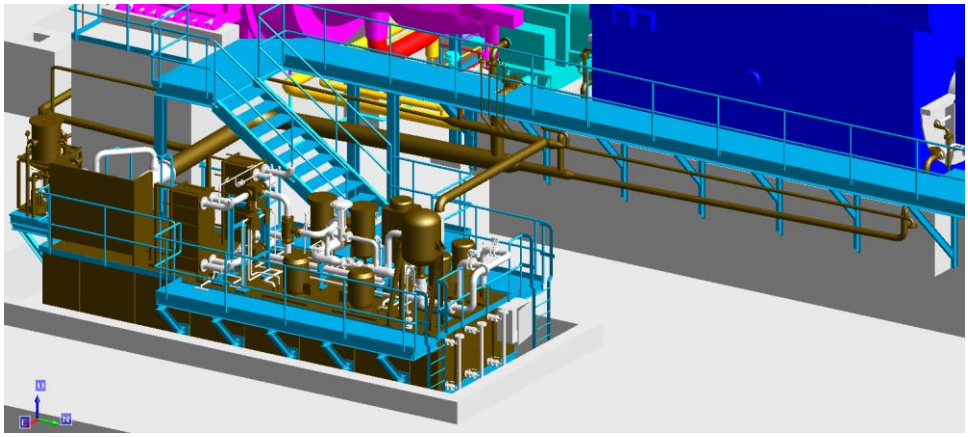
B) Potrubí oleje

Olejové potrubí muselo být kvůli nově zvolenému olejovému hospodářství přizvednuto blíže k plošině. Olejové hospodářství má oproti původnímu hospodářství připojovací místo mazacího oleje na druhé straně. Vzhledem k tomuto připojovacímu místu bylo nové olejové hospodářství zapuštěno do základů do -600 mm a došlo k posunutí trasy mazacího oleje nad odpadní potrubí. Tím došlo navíc ke zkrácení potrubí mazacího oleje.

Srovnání řešení na následujících obrázcích. Původní řešení na Obr. 29 a nové řešení na Obr. 30. Olejové hospodářství a jeho potrubí je vyznačeno hnědou barvou, ocelové plošiny světle modrou. Na obrázcích je vidět, že potrubí oleje vedlo pod plošinou kolem generátoru (tmavě modrá) a turbíny (růžová). Na Obr. 30 je zřejmé, že došlo k posunutí potrubí mazacího oleje nad odpadní potrubí. Odpadní potrubí má větší dimenzi než potrubí mazacího oleje.



Obr. 29 Olejové potrubí – původní



Obr. 30 Olejové potrubí – nové

5.2.5 Hmotnostní výpočty potrubí

Výpočet potrubí bude demonstrován na dvou potrubních trasách, kde došlo k nejvýraznějším změnám. První je trasa mazacího oleje pro vstup oleje do ložiskových stojanů a druhá trasa ucpávkové páry, kde došlo k jejímu zjednodušení.

Hmotnosti 1 m potrubí byly odečteny z normy GESTRA Wegweiser (viz. Příloha 9).

Následující tabulky (Tab. 6, 7, 8, 9) dokumentují výsledky vypočtených hmotností jednotlivých potrubí spojených vždy do jedné trasy. Hmotnosti jsou počítané bez izolací potrubí.

Tab. 6 Výpočet původního olejového potrubí

PŮVODNÍ OLEJ				
POTRUBÍ	**Dimenze D x s**	**l [m]**	**hmotnost 1 m**	**celková hmotnost [kg]**
MAW44BR010	60,3 x 2,9	10,864	4,11	44,65
MAW42BR010	60,3 x 2,9	5,893	4,11	24,22
MAW40BR040	168,3 x 4,5	18,659	18,2	339,59
celkem		35,416		408,47

Tab. 7 Výpočet nového olejového potrubí

NOVÝ OLEJ				
POTRUBÍ	**Dimenze D x s**	**l [m]**	**hmotnost 1 m**	**celková hmotnost [kg]**
MAW44BR010	60,3 x 2,9	9,642	4,11	39,63
MAW42BR010	60,3 x 2,9	12,572	4,11	51,67
MAW40BR040	168,3 x 4,5	5,382	18,2	97,95
celkem		27,596		189,25

Z tabulek je vidět, že všechna potrubí byla zkrácena s výjimkou výtlaku oleje MAW42BR010, kde došlo k prodloužení. Protože má potrubí menší dimenzi než potrubí MAW40BR040, není nárůst hmotnosti trasy tak znatelný. K hlavnímu úbytku došlo na potrubí MAW40BR040. Trasa vedla kolem betonových základů a kolem hlavní olejové nádrže. Novým návrhem připojovacího místa na olejové nádrži se ušetří velká část potrubí. Délka potrubí MAW40BR040 se z původních 18.7 m zkrátila na pouhých 5,4 m a tím došlo k úbytku hmotnosti potrubí o 241,6 kg. Celková trasa je pak odlehčena o 219,2 kg.

Tab. 8 Výpočet původního potrubí ucpávkové páry

PŮVODNÍ PÁRA				
POTRUBÍ	**dimenze D x s**	**l [m]**	**hmotnost 1 m**	**celková hmotnost [kg]**
MAW42BR010/020	114,3 x 6,3	4,413	16,8	74,14
MAW40BR020/030	114,3 x 6,3	6,964	16,8	117,00
MAW40BR010	139,7 x 6,3	17,257	20,7	357,22
celkem		28,634		548,35

Tab. 9 Výpočet nového potrubí ucpávkové páry

NOVÁ PÁRA				
POTRUBÍ	**dimenze D x s**	**l [m]**	**hmotnost 1 m**	**celková hmotnost [kg]**
MAW40BR010	139,7 x 6,3	13,632	20,7	282,18

Pro porovnání potrubí páry byla použita větev VT ucpávkové páry. Zjednodušením trasy, kdy byly vynechány dvě větve MAW42BR010/020 a MAW40BR020/030 s regulačními ventily, se ušetří cca 11,3 m a necelých 191 kg potrubí. MAW40BR010 byla také zkrácena a celkově váží o 75 kg méně. Celková hmotnost celé trasy se zmenšila o téměř 266 kg.

6 ZÁVĚR

V této bakalářské práci byla řešena úprava dispozice parní turbíny s výkonem 80 MW z produkce firmy Doosan Škoda Power s.r.o. Hlavní změnou bylo zmenšení ocelových plošin kolem parní turbíny a olejového systému a trasování potrubí. S ohledem na tyto změny pak došlo k přemístění zařízení.

Dále byl použit nový olejový systém, který díky svému uspořádání a zmenšené ploše mohl být posunut blíže k turbíně. Kvůli připojovacímu místu mazacího oleje byl systém oleje zapuštěn do základu, čímž se ušetřilo značné množství potrubí.

Pro původní řešení byl navržen protihlukový kryt. Nově bude proti hluku izolovaná turbína spolu s ventily přímo na tepelné izolaci. Takové řešení je ekonomicky výhodnější. Náklady na protihlukovou izolaci jsou o 50 % nižší oproti krytu.

Ocelové plošiny se zmenšily v závislosti na rozsahu dodávky. Největší úbytek byl proveden na velké plošině ve výšce + 3 m. Další změnou bylo odstranění horní plošiny pro obsluhu klapek s pohony ve výšce + 5,9 m. Ve starém dispozičním návrhu byly zahrnuty i ocelové plošiny na elektrické skříně k vyvedení výkonu generátoru. Skříně jsou nyní mimo rozsah dodávky, a tak se provedlo porovnání jak s plošinami, tak bez nich.

V případě, že bychom plošiny pro skříně k vyvedení výkonu nezapočítali, sníží se celková hmotnost ocelových konstrukcí z původních 36,5 t na nových 22,4 t. Plocha nově řešené ocelové konstrukce se zmenší o 35 %. Cena původních ocelových konstrukcí byla 4 mil Kč. Nové řešení je o 1,54 mil Kč levnější.

V druhém případě, kdy by se plošiny na skříně do porovnání započítali, ušetřili bychom celkově 43 % plochy, což je cca 19 t oceli. Celková cena by se snížila o 2,1 mil Kč z celkových 4,6 mil Kč.

Staré potrubní trasy byly použity i pro nový návrh a s ohledem na nové rozmístění plošin pozměněny. Byly navrženy i takové trasy, které jsou nyní mimo rozsah dodávky a jsou na nich dodávány různé typy armatur. Z PDMS se odečetla délka potrubí, ze schématu se zjistila jeho dimenze a z tabulek byla následně odečtena hmotnost 1 m délky potrubí. Došlo k výpočtům celkových délek potrubí a následnému porovnání nového a starého řešení. Pro srovnání délek a úspor materiálu potrubí byly vybrány dvě potrubní větve, které prošly největší změnou. Jedna trasa olejová a druhá trasa ucpávkové páry.

Původní trasa olejového potrubí vedla kolem betonových základů a téměř celé olejové nádrže. Došlo k prodloužení potrubí výtlaku oleje o 6,7 m. Jeho dimenze je však oproti potrubí přívodu mazacího oleje z olejové nádrže menší, a tak není nárůst hmotnosti tak znatelný. Největší úbytek byl právě na potrubí vedeného z olejové nádrže, kde se ušetřilo 13,3 m. Celkově došlo ke zkrácení trasy o 7,8 m a snížení hmotnosti o 219,2 kg z původních 408,5 kg.

U potrubí ucpávkové páry došlo ke zjednodušení trasy vynecháním dvou paralelních větví s regulačními ventily. Z původní délky 28,6 m se potrubní trasa zkrátila na 13,6 m. Hmotnost původní trasy byla 548 kg. Nově navržené potrubí je o 266 kg lehčí.

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr. 1 Axiální výstupní difuzor 16
Obr. 2 Spodní část difuzoru 16
Obr. 3 Typické závěsy lopatek 16
Obr. 4 Detail nosičů rozváděcích lopatek 17
Obr. 5 Výměna ložiska na předním a zadním ložiskovém stojanu 18
Obr. 6 Typické rotorové ucpávky 19
Obr. 7 I profil mezi turbínou a předním ložiskovým stojanem 19
Obr. 8 Uchycení turbíny 20
Obr. 9 Rychlouzavírací ventil 21
Obr. 10 Rychlouzavírací klapka 21
Obr. 11 Natáčecí zařízení na ložiskovém stojanu 23
Obr. 12 Ucpávková pára — základní uspořádání 24
Obr. 13 Odvodňovací systém 25
Obr. 14 Olejové hospodářství 28
Obr. 15 Model turbíny v PDMS 30
Obr. 16 Ocelová konstrukce v PDMS 31
Obr. 17 Ukázka trasování potrubí v PDMS 32
Obr. 18 Původní plošina 33
Obr. 19 Původní plošina s elektrickými skříněmi a generátorem 34
Obr. 20 Nová plošina 34
Obr. 21 Původní dispoziční návrh s protihlukovým krytem 37
Obr. 22 Starý IOS 38
Obr. 23 Nový IOS 38
Obr. 24 Staré vs. nové řešení KKP 39
Obr. 25 Potrubí VT ucpávkové páry – schéma 40
Obr. 26 Potrubí NT páry – schéma 40
Obr. 27 Původní prohřev NT páry 41
Obr. 28 Původní a nový návrh 41
Obr. 29 Olejové potrubí – původní 42
Obr. 30 Olejové potrubí – nové 42

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tab. 1 Hmotnost jednotlivých typů plošin a cena oceli 35
Tab. 2 Výpočty původní plošiny 35
Tab. 3 Výpočty nové plošiny 36
Tab. 4 Porovnání bez plošin pro skříně k vyvedení výkonu generátoru 36
Tab. 5 Porovnání s plošinami pro skříně k vyvedení výkonu generátoru 36
Tab. 6 Výpočet původního olejového potrubí 43
Tab. 7 Výpočet nového olejového potrubí 43
Tab. 8 Výpočet původního potrubí ucpávkové páry 44
Tab. 9 Výpočet nového potrubí ucpávkové páry 44

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Vzhledem k zadání bakalářské práce bylo čerpáno z podkladů poskytnuté firmou Doosan Škoda Power s.r.o.

[1] JINDŘICH, J., BLOVSKÝ J. *Příručka pro začínající projektanty, Plzeň, 2010*

[2] Podkladový materiál, výkresy, katalogy apod. poskytnuté zadavatelem Doosan Škoda Power s.r.o.

[3] Manuály k programu PDMS

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Schéma pára – voda

Příloha 2: Schéma olej

Příloha 3: Dispozice – podlaží

Příloha 4: Dispozice – podélný řez

Příloha 5: Dispozice – 3D pohled

Příloha 6: Dispozice – podlaží – nové

Příloha 7: Dispozice – podélný řez – nový

Příloha 8: Dispozice – 3D pohled – nový

Příloha 9: Normovaná tabulka Gestra hmotností potrubí