

MVE Vraňany – rekonstrukce technologické části

Projektová dokumentace pro výběr zhotovitele

D. Dokumentace objektů, technických a
technologických zařízení

D.2. Technologická část

D.2.1. Technologická část strojní

D.2.1.1. Technická zpráva

Objednatel: Povodí Vltavy, státní podnik

OBSAH

D.2.1.1. TECHNICKÁ ZPRÁVA.....	2
D.2.1.1.1 Všeobecná část.....	2
D.2.1.1.1.1 Identifikační údaje.....	2
D.2.1.1.1.2 Předmět a členění projektu.....	2
D.2.1.1.1.3 Použité podklady	3
D.2.1.1.2 Technické řešení	4
D.2.1.1.2.1 Základní charakteristika díla	4
D.2.1.1.2.2 Současný technický stav zařízení.....	5
D.2.1.1.2.3 Hlavní technické parametry nového zařízení	12
D.2.1.1.2.4 Popis technického řešení.....	13
D.2.1.1.2.5 Funkce zařízení	17
D.2.1.1.2.6 Zásady montáže	17
D.2.1.1.2.7 Zkoušky a uvedení do provozu	18
D.2.1.1.2.8 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci.....	18
D.2.1.1.2.9 Vlivy na životní prostředí.....	19
D.2.1.1.3 Zvláštní požadavky.....	19
D.2.1.1.3.1 Požadavky na postup výstavby.....	19
D.2.1.1.3.2 Likvidace odpadů.....	19

D.2.1.1. TECHNICKÁ ZPRÁVA

D.2.1.1.1 Všeobecná část

D.2.1.1.1.1 Identifikační údaje

Název stavby :	MVE Vraňany – rekonstrukce technologické části PS 11 - MVE – Technologická část strojní
Místo stavby :	MVE Vraňany
Charakteristika stavby :	Rekonstrukce technologického zařízení stávající MVE Vraňany
Stupeň dokumentace :	Dokumentace pro výběr zhotovitele (DVZ)
Investor :	Povodí Vltavy, státní podnik, Holečkova 3178/8, Smíchov, 150 00 Praha 5
Provozovatel :	Povodí Vltavy, státní podnik, závod Dolní Vltava, Grafická 36, 150 21 Praha 5
Projektant :	AQUATIS a.s. Botanická 834/56, 602 00 Brno

D.2.1.1.1.2 Předmět a členění projektu

Předmětem předkládané dokumentace je řešení technologické části strojní rekonstrukce stávající MVE Vraňany:

Strojní část obsahuje jeden provozní soubor „PS 11 – MVE – Technologická část strojní“, který zahrnuje následující části:

- DPS 11.1 Zařízení přívodu vody a hrazení savky
- DPS 11.2 Turbína a příslušenství
- DPS 11.3 Hydraulická část regulace
- DPS 11.4 Převodovka
- DPS 11.5 Generátor
- DPS 11.6 Pomocná zařízení

Související stavební objekty a provozní soubory :

SO 10 - Stavební úpravy MVE

PS 12 – MVE – Technologická část elektro

D.2.1.1.1.3 Použité podklady

Pro zpracování bylo využito množství podkladů, následně jsou uvedeny nejdůležitější:

D.2.1.1.1.3.1 Hydrologické

a) Základní hydrologické údaje – převzaté z Manipulačního řádu VD Vraňany

D.2.1.1.1.3.2 Projektové

- a) MVE Vraňany – rekonstrukce technologické části, Investiční záměr, zpracovalo Povodí Vltavy s.p., v 09/2024
- b) MVE Vraňany – provizorní uzávěr nátokového kanálu, dokumentace pro vydání společného povolení, zpracovala firma AQUATIS a.s. Brno, v 10/2024
- c) MVE Vraňany – provizorní uzávěr nátokového kanálu, Investiční záměr, zpracovalo Povodí Vltavy s.p., v 05/2021
- d) MVE Vraňany – RDS, zpracovala firma Pöyry Environment, a.s., 2004 - 2005
- e) MVE Vraňany – DSPS, zpracovala firma Pöyry Environment, a.s., 08/2006
- f) MVE Vraňany – osazení otočné hydraulické ruky, DSPS, AQUATIS a.s., 06/2020

D.2.1.1.1.3.3 Ostatní

- a) normy ČSN :
 - ČSN 75 2601 - Malé vodní elektrárny
 - ČSN EN 61116 - Pravidla pro volbu technologických zařízení MVE
- b) Fotodokumentace pořízená zpracovatelem v roce 2015, 2016, 2021, 2023
- c) Manipulační řád pro vodní dílo Vraňany – Hořín na Vltavě, zpracovalo Povodí Vltavy s.p, centrální VH dispečink Praha, revize 2017.
- d) Informativní podklady dodavatelů technologické části

D.2.1.1.2 Technické řešení

D.2.1.1.2.1 Základní charakteristika díla

Navrhovaná rekonstrukce technologického zařízení MVE má za cíl dosažení dlouhodobého spolehlivého provozu stávající MVE.

MVE Vraňany je umístěna vedle jezu Vraňany na pravém břehu Vltavy v prostoru původní malé plavební komory. Technologické zařízení MVE tvoří jedno soustrojí s přímoproudou Kaplanovou turbínou Alstom, která je pomocí převodovky spojena se synchronním generátorem.

Hlavní technické parametry stávající MVE Vraňany:

Počet turbín	1
Průměr OK	D = 3 350 mm
Max. průtok	$Q_T = 80 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Návrhový spád	$H_n = \text{cca } 3,2 \text{ m}$
Pracovní rozsah spádů	$H_T = 1,85 - 3,6 \text{ m}$
Max. výkon turbíny	$P_{T\max} = 2477 \text{ kW}$
Celkový instalovaný výkon MVE	$P_i = 2500 \text{ kW}$

Provozní uzávěr soustrojí je rozvaděč turbíny (RK) ovládaný hydraulicky.

Soustrojí pracuje v automatickém bezobslužném provozu paralelně se sítí. V případě výpadku el. sítě může být MVE provozována v autonomní síti.

MVE je koncipována pro plně automatický provoz. Automat soustrojí řídí chod stroje a spolupracuje s regulátorem otáček, s automatickým regulátorem buzení a s el. ochranami generátoru.

Hrazení turbíny proti horní (na vtoku) i dolní (za savkou) vodě se provádí ocelovými tabulemi provizorního hrazení za pomoci mobilního jeřábu.

Vtok do MVE je chráněn šikmým česlicovým polem, které dosedá na práh vtoku a v horní části je spojen s konstrukcí vtokového objektu. Česle jsou opatřeny automatickým čistícím strojem s hydraulickým ovládáním. Splaveniny jsou škrabkou čistícího stroje ukládány do odpadního kontejneru, který pojíždí po kolejové dráze spolu s čistícím strojem na jehož konstrukci je mobilně uložen.

Copyright © AQUATIS a.s.

D.2.1.1.2.2 Současný technický stav zařízení

D.2.1.1.2.2.1 Zařízení přívodu vody a hrazení savky

- Jemné česle

Jemné česle na vtoku turbíny slouží k zachycení nečistot. Česlové pole je složeno z plochých ocelových prutů, příčně spojených šrouby s distančními vložkami. Česlová pole jsou podepřena dvěma příčnými nosníky. Na dolním okraji je pole jemných česlí zakotveno do betonového dna vtoku, na horním okraji se pole jemných česlí opírá pod hladinou vody o horní práh betonové stěny vtokového profilu. Výška jemných česlí je cca 9,5 m a šířka 8 m. Úhel sklonu česlového pole je 72°. Česle nejsou uzpůsobeny k tomu, aby potápeč mohl vstoupit do prostoru za česle a zkontrolovat, případně dotěsnit hradicí tabule.

- Čistící stroj česlí

Na vtoku MVE Vraňany je osazen ramenový čistící stroj (výrobce Imesa S.A.), u kterého byla postupně řešena řada provozních problémů a mechanická část vykazuje problémy z důvodu opotřebení. V současnosti se jako již nevyhovující jeví zejména řídicí systém stroje.

Čistící stroj česlí je umístěn na plošině před budovou MVE nad jemnými česlemi. Je dvouramenný s hydraulickým pohonem. Nosné rameno je uloženo na stojanu. Stojan má příčný pojezd na ocelových profilech. Rameno stírací lišty je uloženo na nosném rameni a je teleskopicky výsuvné. Stírací lišta je výklopná. Shrabky se ukládají do kontejneru umístěného na pojízdném stojanu. Hydraulický agregát je umístěn na čistícím stroji..

Řízení čistícího stroje je automatické z řídicího systému nebo místní ruční na povel obsluhy. Vzhledem ke komplikovanému provozu je užíváno zpravidla ruční řízení.

Postupem času byla na čistícím stroji řešena spousta provozních problémů spočívající především v mechanickém opotřebení. Na čistícím stroji v roce 2025 provedena výměna hydraulických hadic, přetěsnění horního hydromotoru a nová pístnice.

- Hrazení vtoku

Hrazení vtoku je řešeno deskami do drážky, které jsou umístěny za česlemi. Do drážek je standardně nainstalována „vyjímatelná vložka - rám“ z důvodu hladkého přechodu v hydraulickém profilu turbíny. K manipulaci s tabulemi hrazení je potřeba jeřáb o nosnosti cca 80 tun a spolupráce potápečů. Vzhledem k tomu, že jeřáb a potápeč je potřeba

Copyright © AQUATIS a.s.

zajišťovat plánovaně v předstihu, případ, kdy netěsní hradící tabule značně prodlužuje čas pro řádné zahrazení.

V současné době se na MVE začaly objevovat slávičky mnohotvárné a z tohoto důvodu může časem dojít k zanesení drážek s vyjímatelnou vložkou a bude hrozit nemožnost vytáhnout tuto vložku.

Hradící tabule jsou koncipované jako trojice hradicích desek, které se postupně spouští na sebe. Kontrola dosednutí hradicích desek není v současné době možná z důvodu absence revizního otvoru v jemných česlích. Při zahrazení hrozí, že hradící desky nedosednou přímo na sebe a vzniklý průsak neumožní vyčerpání hydraulického profilu. Hradící desky v minulosti prošly opravou nátěrů a výměnou těsnění.

- Hrazení savky

Hrazení se instaluje do drážek za savkou pomocí autojeřábu. V minulosti byla v drážkách nainstalována vložka hydraulického profilu, která měla lépe usměrňovat výstup vody z turbíny. Při jednom z posledních hrazení turbíny nebylo možné „vložku“ vytáhnout a byla za pomoci potápěčů rozřezána a následně vytažena. Po opravě hradicích desek již nebyla zpět namontována.

Hrazení savky se skládá z dvojice hradicích desek, které na sebe dosedají. Dotěsnění průsaků se provádí za asistence potápěčů. Hradící desky v minulosti prošly opravou nátěrů a výměnou těsnění.

Pro manipulaci s hradícími deskami slouží manipulační traversa, která má poddimenzovaný závěs otočného závaží a při manipulaci se často stává, že dojde k přestřižení kolíku.

D.2.1.1.2.2.2 Turbína

Instalovaný stroj je Kaplanova přímoproudá PIT turbína s jednostupňovou převodovkou a synchronním generátorem. Koncepční uspořádání soustrojí má nedostatky v podobě poměrně dlouhé turbínové hřídele. Déle pak uchycení převodovky k podlaze PITu, a především v malé vzdálenosti mezi převodovkou a generátorem, což komplikuje umístění lamelové spojky.

Turbína, kterou zhotovitel instaloval je konstrukční typ s dlouhou hřídelí, která způsobuje při daném stavebním uspořádání vyšší namáhání všech částí soustrojí, ze kterého zřejmě vyplývají další níže uvedené problémy dalších částí soustrojí.

Zásadním, ale jen těžko řešitelným problémem turbíny je konstrukce PITu, která je poměrně měkká a projevují se na ní za provozu pružné deformace. Tento stav má za následek drobné změny tvaru v závislosti na zatížení. Při rekonstrukci je třeba tyto provozní zkušenosti zohlednit, případně je alespoň částečně eliminovat.

- Oběžné kolo

Oběžné kolo má 3 lopatky, které jsou ovládány pomocí hydromotoru umístěného v náboji oběžného kola. Materiál oběžných lopatek CrNi13.4. Přívod oleje do hydromotoru je pomocí rotační jednotky a je spojený s pístnicí hydromotoru pomocí soustředných trubek zajišťující přívod tlakového oleje před a za píst. Během celé doby provozu je poloha hydromotoru držena na pozici pomocí tlaku z hydraulického agregátu. Přestavný mechanismus s táhly je umístěn v zadní části náboje oběžného kola a z pohledu servisu není možná jeho kontrola. Odměřování polohy oběžného kola je realizováno na rotačním přívodu pomocí lineárního pravítka a táhla. Oběžné kolo je koncipováno s olejovou náplní. Uložení oběžných lopatek je v kluzných pouzdrech. Jelikož náboj OK není nerezový, je v místě vstupního průměru uložení lopatky zkorodovaný. Při poslední výměně oleje v oběžném kole nebyla zjištěna přítomnost vody v náboji OK.

- Hlavní vodící ložisko turbíny

Je řešeno jako kluzné mazané tlakovým olejem jako podpora pro start. Přívod tlakového oleje je ve spodní části. Pro turbínový provoz je koncipováno jako hydrodynamické ložisko s přívodem mazání v horní části. Při delším odstavení se stává, že dojde k zavzdušnění obvodu a turbína nemá splněné podmínky startu. Teplota ložiska je měřena pomocí dvojice teplotních čidel.

- Ucpávka hřídele turbíny

Ucpávka turbínového hřídele je provazcová, která vyžaduje „mazání“ čistou vodou. Dlouhodobě se potýká s problémy spojenými s uvolňováním šroubů, vysokou korozí přírub a špatně regulovatelnými průsaky. Přívod vody je v horní části a odvod vody je otvorem v nerezovém krytu ucpávky. Pro seřízení průsaků je nutné demontovat oba kryty a následně provést jejich ustavení pro souosost s hřídelí turbíny (není vyroben středící průměr). Absence revizního těsnění neumožňuje výměnu šňůry ucpávky bez zahrazení a vyčerpání hydraulického profilu. V zadní části ucpávky je již hloubková koroze a může tak dojít k vytlačení ucpávky do prostoru za náboj OK. Do ucpávky je přiváděna voda z vodovodního řádu, protože v minulosti docházelo k jejímu zacpání a následně i přehřátí.

Copyright © AQUATIS a.s.

Současný průsak je nastavený na 3 až 5 l/min. Původní informace zhotovitele byla, že je třeba množství vody v řádu kapek za minutu. Spotřeba vody se je v současnosti o několik řádů vyšší a tím náklady na pitnou vodu značné.

- Rozvaděč turbíny

Rozvaděč turbíny je koncipován jako ocelový svařenec s úhlem rozváděcích lopatek 65° k ose turbíny. Rozvaděč standardně disponuje 16 ks rozváděcími lopatkami oboustranně uložených v kluzných pouzdrech. Rozsah regulace lopatek je 87,5°. Lopatky jsou propojeny s regulačním kruhem pomocí pevných táhel. Bezpečnostním prvkem proti přetížení jsou střížné kolíky na každém ramenu lopatky. Těsnění lopatek je klasická V-manžeta. Ovládání regulačního kruhu je realizováno pomocí jednočinného hydromotoru a zpětný pohyb je zajištěn pomocí protizávaží o hmotnosti 7 720 kg. Poloha regulačního kruhu je odměřována lineárním odměřováním umístěným na hydromotoru. Materiál rozváděcích lopatek je uhlíková ocel. V místě těsnění horního čepu je nerezové pouzdro.

- Komora oběžného kola

Komora oběžného kola je ocelový svařenec v místě lopatek oběžného kola je nerezový povrch.

- Savka

První kuželová část savky je ocelový svařenec s výstupním kuzelem cca 15°. Další část savky je standardně betonová. V první části savky je instalován revizní otvor s vypouštěcím kohoutem. Příruba savky je těsněna standardně radiálním a axiálním okroužkem s možností axiální dilatace.

D.2.1.1.2.2.3 Převodovka

Výrobce převodovky je španělská společnost E.G.T. S.A.. Převodovka je řešena jako jednostupňová s pevným spojením hřídele turbíny a převodovky. Vstupní hřídel převodovky je vrtaný a vedou jím potrubí od hydromotoru OK k rozdělovací hlavě. Převodovka je kotvená ve spodní části do základu. V roce 2024 byla provedena výměna horního pastorku z důvodu zjištěného pitingu na krajích ozubení. S výměnou pastorku byla spojena i výměna ložisek rychloběžného hřídele a axiálního ložiska pomaluběžného hřídele. Dlouhodobé komplikace jsou s markantními úniky oleje v místě horizontálního spoje převodovky i radiálních těsnění pomaluběžného hřídele. Dlouhodobý problém je s utěsněním rychloběžné hřídele na straně spojky. Zde došlo ke zdvojení těsnění a

přidáním dalšího axiálního víka, které zlepšilo stav, ale nevyřešilo celý problém. V současné době převodovka je z pohledu vibrací v uspokojivém stavu, avšak průsaky oleje jsou markantní.

Převodovka je zdrojem opakovaných úniků oleje z netěsností, které se nedaří úplně odstranit. Může to souviset s chováním spojky, která přirozeně namáhá oba stroje, které spojuje. Brzy po uvedení do provozu se zjistilo, že je prasklý vnitřní kroužek ložiska pastorku. Ložisko bylo vyměněno, ale příčinu poruchy zhotovitel nesdělil.

Převodovka jeví výrazné známky opotřebení. Systém mazání převodovky není vybaven agregátem s nádrží. Jako nádrž na olej převodovky je využita skříň převodovky, což snižuje množství oleje, které je pro potřeby mazání a chlazení převodovky k dispozici. To je zdánlivě pozitivní, ale s ohledem na odvod tepla nikoli, protože chybí kapacita pro absorpci tepla.

Převodovka je celkově opotřebovaná a při její výměně by bylo vhodné změnit kotvení za uchycení v ose turbínového hřídele a provázání s PITem.

- Spojka

Původní zubová spojka mezi převodovkou a generátorem měla nízkou životnost a docházelo i přes zdvojené intervaly výměny mazací náplně k jejímu zadření a poškození zubů. Spojka opakovaně havarovala, přičemž se zhotoviteli nepodařilo definovat příčinu. Naposledy došlo k poruše spojky v roce 2021. Způsob jejího poškození je pokaždé shodný a výrobce spojky nedokáže říci, proč k tomu dochází. Původní zubová spojka mezi převodovkou a generátorem byla v roce 2024 vyměněná za nový typ lamelové spojky výrobce Flender ARPEX ARC 420-8, která by měla odstranit poškození spojené se zubovou spojkou. Výměnou spojky se problémy odstranily. Při výměně převodovky by bylo vhodné zvážit prodloužení mezikusu nové spojky pro zvýšení kompenzace.

- Brzda

Kotoučová brzda soustrojí je umístěna na spojce převodovky. Jedná se o čelistovou hydraulickou brzdou s mechanickým odbrzděním pomocí pružiny. Brzda je opatřena snímačem destiček odbrzděné polohy. Koncepce brzdy je s pevným třmenem a dvojicí hydraulických pístků. V minulosti docházelo k zasekávání pístků i netěsnostem systému.

D.2.1.1.2.2.4 Generátor

- Generátor

Výrobce generátoru je Siemens. Jedná se o synchronní generátor o výkonu 2500 kW při jmenovitém napětí 6,3 kV. Rotor je uložen ve dvojici kluzných ložisek s olejovým mazáním pomocí mazacího agregátu, který je součástí generátoru včetně filtrace. Budič generátoru je rotační a je umístěn na NDE straně generátoru. Generátor je chlazen vzduchem pomocí vlastního ventilátoru.

Ložiska generátoru odpovídají době provozu. Jsou zde patrné olejové úniky a provozní opotřebení. Mazání a chlazení ložisek je na NDE straně generátoru pomocí samostatného čerpadla s řemenovým pohonem od hřídele generátoru.

Generátor je provozován bez jakýchkoli zásadnějších úprav či oprav od uvedení do provozu v roce 2006. Ložiska generátoru vykazují opotřebení a netěsnosti.

Vzhledem k době provozu lze předpokládat nutnost generální opravy.

- Hřídel generátoru

Vlivem zvýšeného namáhání hřídele generátoru od špatně fungující spojky došlo v roce 2010 k poškození hřídele generátoru - vylomení materiálu z konce hřídele generátoru. Toto poškození bylo opraveno zavařením na místě s vědomím, že to není standardní oprava. Hřídel byl opraven provizorně a jeho nominální rozměr je nyní pod výrobní tolerancí a povrch je jen ručně zaleštěn. Přesto generátor funguje bez problémů s takto opravenou hřídelí až doposud.

D.2.1.1.2.2.5 Čerpací agregát regulátoru (ČAR)

Hydraulický agregát je umístěn v suché chodbě. Hlavní funkce hydraulického agregátu ovládání oběžného a rozváděcího kola a brzdy. Rozváděcí kolo je ovládáno pomocí jednočinného lineárního hydromotoru. Oběžné kolo je ovládáno pomocí dvojčinného lineárního hydromotoru a proporcionálního ventilu. Na hydraulickém agregátu jsou nainstalována dvě dvojice čerpadel pro zálohování systému. Při provozu je rozdělen okruh čerpadel na ovládání rozváděcího kola a druhý okruh na ovládání oběžného kola a brzdy. Každý z okruhů disponuje oddělenými hydraulickými akumulátory.

Od počátku provozu je patrná zvýšená teplota regulačního oleje. Dodavatel turbíny tento stav nedokázal vyřešit. Opakovaně docházelo k havárii čerpadel v hydraulickém agregátu. Jedná se o soustrojí dvou zubových čerpadel a motoru. Poškození bylo

především ve spojce mezi dvojicí čerpadel a následně došlo k poškození ložisek motoru. Zubová čerpadla a spojka byla nahrazena jiným typem s podobným principem spojení, ale závada se stále opakovala.

Teplo se uvolňuje pravděpodobně někde v systému hydraulického agregátu, ale není známo kde a proč.

D.2.1.1.2.2.6 Pomocná zařízení ve strojovně

- Zdvihací zařízení ve strojovně (jeřáb) je vyhovující

Jak vyplývá z popisu aktuálního stávajícího stavu technologie, MVE Vraňany je v současné době již v takovém stavu, že je potřeba provést rekonstrukci, pakliže nemá dojít k jejímu dlouhodobému odstavení tou či onou fatální poruchou, případně kumulací poruch.

Rekonstrukce MVE by měla vyřešit všechny problémy uvedené v popisu stávajícího stavu s tím, že řada těchto problémů se na elektrárně vyskytuje dlouhodobě. Jedná se tedy o koncepční záležitosti, o základní dimenzování dané části zařízení a případně o kvalitu dodaného zařízení.

Rekonstrukce by měla přinést výrazné zlepšení provozních vlastností zařízení, včetně zlepšení účinnosti celého soustrojí v nízkých průtocích, měla by zvýšit spolehlivost zařízení, zlepšit regulační vlastnosti na úroveň dnešních požadavků a zvýšit provozní komfort vůči řízení provozu.

Na základě provedené analýzy je navrhována rekonstrukce (modernizace) stávajícího technologického zařízení v dále specifikovaném rozsahu.

Účelem navržené modernizace zařízení je optimalizace využití hydroenergetického potenciálu v MVE Vraňany rekonstrukcí stávajícího technologického zařízení za cílem dosažení vyšší účinnosti soustrojí (tj. vyšší výroby elektrické energie), vyšší spolehlivosti a životnosti technologického zařízení pro výrobu elektrické energie v MVE.

Instalovaným výkonem $P_{\text{MVE}} = 2\,500\text{ kW}$ se navrhovaná MVE Vraňany řadí dle ČSN 75 2601 do kategorie I.

MVE je koncipována jako bezobslužná pouze s občasným dohledem na chod zařízení.

D.2.1.1.2.3 Hlavní technické parametry nového zařízení

Turbína :

- počet 1 ks
- typ Kaplanova přímoproudá „PIT“ turbína
- průměr oběžného kola cca 3350 mm
- spády :
 - hrubý spád (zadaný objednatelem) 3,15 m
 - návrhový (čistý) spád 3,20 m
 - pracovní rozsah čistých spádů 1,85 – 3,60 m
- průtoky :
 - návrhový průtok $60,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
 - pracovní rozsah průtoků turbínou cca $25,0 - 80,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
- maximální výkon turbíny na spojení cca 2477 kW *)
- otáčky turbíny $115,4 \text{ min}^{-1}$ *)
- průběžné otáčky cca 280 min^{-1} *)

Poznámka: *) přesné hodnoty určí dodavatele zařízení na základě vlastního návrhu turbíny

Generátor (stávající) :

- typ horizontální synchronní
- výkon $P_g = 3125 \text{ kVA}$
- výkon činný $P_g = 2500 \text{ kW}$
- účinník $\cos \varphi = 0,8$
- jmenovité napětí $U = 6,3 \text{ kV}$
- jmenovitý proud $I = \quad \text{A}$
- jmenovité otáčky $n_g = 750 \text{ min}^{-1}$
- průběžné otáčky (po dobu max. 15 min.) $n_p = \text{cca } 280 \text{ min}^{-1}$
- kmitočet $f = 50 \text{ Hz}$
- krytí IP 21
- tvar IM 7111
- zatížení trvalé
- třída izolace B
- chlazení vzduchové

D.2.1.1.2.4 Popis technického řešení

Jedná se o provedení rekonstrukce stávajícího zařízení přímoproudé Kaplanovy „PIT“ turbíny v rozsahu demontovatelných částí (mimo betonové konstrukce), tj. při zachování stávajícího uspořádání a zařízení zabetonovaných částí vtoku a savky.

Předmětem modernizace strojně-technologické části MVE budou následující části:

1) Rekonstrukce turbíny

- demontáž stávající turbíny v rozsahu RK, OK, těleso a vnitřní části turbíny, komora OK, hřídel turbíny, demontáž stávajícího systému příslušenství - chlazení a mazání soustrojí
- rekonstrukce rozvaděče RK (úprava uložení RL - bezmazné uložení, doplnění pružných táhel, úprava uložení regulačního kruhu) - předpokládá se minimálně výměna všech pouzder uložení rozváděcích lopatek, nové těsnící prvky, každá rozváděcí lopatka bude doplněna o pružné táhlo umožňující sevření nečistot o průměru min. 60 mm. Dále se předpokládá kontrola kluzného uložení regulačního kruhu a doplnění maznic pro případné odmazání. Ovládání zůstane stejné pomocí jednočinného hydromotoru a protizávaží. Do systému bude přiveden signál z tlakového čidla oleje hydromotoru pro případné měření pasivních odporů ovládacího mechanismu a lopatek RK za provozu stroje. Předpokládá se oprava nátěrů vnitřního i vnějšího tělesa RK včetně rozváděcích lopatek. Při havarijním zavírání bude uvažovaná lomená charakteristika pro minimalizaci rázů.
- rekonstrukce OK - předpokládá se oprava náboje oběžného kola v místě uložení oběžných lopatek. Hrana náboje je v místě uložení lopatek zkorodovaná a při opravě bude nahrazena nerezovým povrchem. Mechanismus ovládání OK bude původní. Hydromotor v OK bude upraven pro vyšší tlaky 160 bar. Změna pístu hydromotoru a instalace nové vložky hydromotoru. Předpokládá se kompletní výměna kluzných pouzder a těsnících prvků. V případě potřeby oprava kluzných ploch čepů. Bude vyměněn rotační přívod pro ovládání OK. Hydraulické ovládání oběžného kola bude navrženo tak, že pokud se nebude požadavek na regulaci, tak rotační přívod bude bez tlakového oleje.
- úprava hřídele turbíny, úprava pro napojení OK, úprava dosedacích ploch pro instalaci ložiska

- rekonstrukce ložisek soustrojí - předpokládá se kontrola stavu opotřebení HVLT, případně jeho oprava. Minimálně výměna těsnících prvků a oprava nátěrů. Bude provedena změna umístění agregátu mazání HVLT, a to přesunutím do suché chodby do prostoru pod RK. Musí být vyřešeno zavzdušňování systému mazání ložiska při startu turbíny.
- nová konstrukce ucpávky hřídele turbíny a odvedení průsaků - předpokládá se kompletní výměna ucpávky turbínového hřídele za nový typ mechanické pryžové ucpávky bez nutnosti přívodu chladicí a mazací vody. Maximální průsak novou ucpávkou bude 3 až 5 l/min. Bude nutné provést opravu / výměnu příruby uchycení tělesa ucpávky. V současné době je příruba značně zkorodovaná. Nová ucpávka bude doplněna o revizní těsnění, pro případ jejího servisu.
- komora OK - předpokládá se oprava nátěrů a výměna těsnících prvků.
- savka - předpokládá se drobná oprava povrchu betonů a na ocelové části oprava nátěrů.
- instalace nových pomocných systémů soustrojí – chlazení a mazání. V okruzích rozvodu chladicí vody TG se jedná o výměnu odstředivých čerpadel, armatur a potrubí. V rozvodech pro filtraci vody budou osazeny nové mechanické filtry.
- kontrola a oprava povrchu technologického zařízení – nové nátěry vč. potrubí

2) Výměna převodovky

- v návrhu na rekonstrukci se předpokládá výměna převodovky. Nová převodovka bude mít uchycení v ose turbínového hřídele. Nová převodovka bude jednostupňová s provozním faktorem minimálně $k=2$. Mazací a chladicí agregát bude umístěn v suché chodbě. Na převodovce budou připraveny místa pro měření vibrací ve všech potřebných směrech.
- úprava uchycení převodovky v PITu (uchycení převodovky v ose turbínového hřídele, vyztužení PITu, umístění převodovky blíže OK – možnost zkrácení hřídele turbíny)
- soustrojí je třeba vybavit novým mazacím a chladícím agregátem s nádrží na olej a celým potrubním systémem (při zamezení brodní ozubených kol lze předpokládat i mírné zvýšení účinnosti převodovky a efektivnější chlazení).

- úprava spojky - pokud to konstrukce umožní, tak může být použita současná lamelová spojka. V případě nutnosti může být vyroben nový mezikus. Současná lamelová spojka je z roku 2024.
- brzda - předpokládá se výměna brzdy za novou, která bude umístěna na skříni převodovky. Brzda bude mít signalizaci stavu zabrzděno.

3) Revize a oprava generátoru

- demontáž generátoru, odvoz do dílen zhotovitele a jeho zpětná montáž po opravě.
- oprava generátoru - předpokládá se proměření stavu generátoru a následně bude rozhodnuto o jeho opravě případně výměně. Nutná oprava je na vstupním hřídeli DE straně generátoru, kde je poškozený průměr pod spojkou. Předpokládá se minimálně mechanická kontrola ložisek, mazacího systému a přetěsnění.

4) Nový systém hydraulického regulátoru

- demontáž stávající hydraulické části regulace
- instalace nového vysokotlakého hydraulického systému regulace (nový ČAR, servomotory RK a OK, rozdělovací hlava, rozvody tlakového oleje, akumulátory tlaku, vč. čidel). Předpokládá se kompletní výměna hydraulického agregátu, který bude připraven na všechny provozní režimy (hladinová regulace, ostrovní provoz, „start ze tmy“ atd.). Dimenzování tlakových lahví akumulátorů předpokládá minimálně 2x provozní zavření a otevření.

5) Úpravy na vtoku a hrazení savky

- provedení výměny jemných česlí – tj. demontáž stávajících česlí a instalace nových česlí. Jemné česle budou vyměněny za nové s povrchovou úpravou žárový zinek + nový spojovací materiál Zn. V konstrukci nových jemných česlí bude zhotoven otvor o velikosti min 1000 x 1800 mm pro možný vstup do prostoru za česle. Vstupní otvor musí být snadno demontovatelný i pod hladinou za pomoci potápěčů, nejlépe závěsná konstrukce na horizontální příčnici a vertikálně pojištěná 4 ks šroubů. Umístění revizního otvoru ve spodní části cca 30 cm nade dnem.
- rekonstrukce čistícího stroje - repase mechanické části, výměna prvků, které již vykazují zvýšené opotřebení provozem, provedení nové povrchové ochrany, výměna řídicího systému včetně obslužného panelu a snímačů. Oprava bude spočívat především v opravě pouzder a čepů mechanických závěsů, dále pak přetěsnění

hydromotorů a oprava nátěrů. Případná další oprava dle nálezové zprávy po demontáži stroje.

- rekonstrukce provizorního hrazení vtoku a savky – kontrola konstrukce, nové těsnění a spojovací materiál, provedení nové povrchové ochrany. Na hrazení vtoku bude provedena kontrola (případně výměna) těsnících pryžových prvků a oprava nátěrů. Drážky vtoku budou otryskány a opatřeny novým nátěrem. Dále bude provedena úprava manipulační traverzy hradidel. Úprava bude spočívat ve vyztužení překlápěcího mechanismu závaží, aby nedocházelo k přestřihnutí čepů.

6) Úpravy pomocných zařízení MVE

- nové vybavení jímky prosáklé vody – nová ponorná čerpadla vč. ovládání

Pro rekonstrukci soustrojí se předpokládá zachování hltlosti turbíny $Q_{\text{tmax}} = 80 \text{ m}^3/\text{s}$, při pracovním rozsahu cca 30 – 100% Q_{tmax} .

Přesné hodnoty hltlosti turbíny a pracovního rozsahu určí dodavatel technologického zařízení na základě vlastního návrhu soustrojí.

Rekonstrukcí soustrojí se zajistí další dlouhodobý spolehlivý bezporuchový provoz.

Popis strojního zařízení:

Na vtoku před turbinou bude provedena rekonstrukce stávajícího zařízení česlí, čistícího stroje a provizorního hrazení.

Ve spodní stavbě MVE bude, po demontáži stávajícího dále nevyužitého zařízení, umístěno rekonstruované soustrojí horizontální Kaplanovy „PIT“ turbíny s novou převodovkou pro spojení s horizontálním synchronním generátorem.

Turbína bude ve vstupní části napojena na vtokový přechodový kus. Zde bude instalován opravený diagonální rozvaděč a komora OK. Komora oběžného kola turbíny bude přes montážní přírubu připojena na stávající přírubu savky – savka zůstává původní.

Kaplanova „PIT“ turbína bude navržena s automatickou regulací oběžného i rozváděcího kola. Rozváděcí kolo plní současně funkci provozního uzávěru.

Za výtokem ze savky jsou instalovány stávající drážky a dosedací práh pro tabule provizorního hrazení. Výtokový objekt včetně hrazení zůstává stávající.

Součástí úprav je i kontrola a oprava stávajícího dále využívaného zařízení vč. nových nátěrů, nový systém příslušenství turbíny – tj. regulace, chlazení a mazání soustrojí.

V rámci rekonstrukce bude provedena instalace nového vybavení jímky prosáklé vody.

Pro montáž (resp. demontáž) zařízení se předpokládá použití stávajícího montážního jeřábu ve strojovně – mostový jeřáb nosnosti 25 t a montážní kladkostroje. Doprava do strojovny MVE je umožněna přes stávající montážní otvor ve střeše strojovny. K propojení podlaží strojovny slouží stávající schodiště vybavené ochranným zábradlím.

D.2.1.1.2.5 Funkce zařízení

MVE je navržena jako plně automatická s občasným dohledem pro provoz v síti i pro samostatný provoz vč. startu ze tmy. Automatika soustrojí zajišťuje snímání všech potřebných veličin soustrojí, ovládat pomocné pohony a akční členy soustrojí, zajišťuje automatické pochody (spouštění, odstavování, havarijní odstavování) a provádí diagnostiku provozu soustrojí ve spolupráci s regulátorem turbíny a regulátorem buzení generátoru.

Soustrojí je spouštěno, odstavováno a regulováno automaticky na základě povelů řídicího systému, popřípadě na základě povelů obsluhy z operátorského pracoviště. Ovládání je místní (z operačního panelu na rozvaděči DT1) nebo dálkově z kanceláře velínu jezu.

Nouzově nebo při zkouškách a uvádění do provozu lze soustrojí ovládat přímým řízením jednotlivých pohonů a akčních členů z operačního panelu v DT1.

V případě výpadku sítě resp. odstavení turbíny pro poruchu se průtok turbínou zavírá automaticky uzavřením provozního uzávěru – rozvaděče turbíny (RK). Při obnovení napětí v síti se turbína automaticky uvede opět do provozu.

D.2.1.1.2.6 Zásady montáže

Rekonstrukce technologického zařízení MVE bude probíhat v prostoru stávajícího objektu strojovny MVE. Postup demontážních a montážních prací je nutné sladit s postupem výstavby navazujících stavebních objektů a provozních souborů.

Pro demontáž a montáž zařízení bude využit stávající mostový jeřáb o nosnosti 25 t a kladkostroje instalované ve strojovně. Dále může být použito i drobných montážních prostředků - zvedáky, ruční kladkostroje a pod.

Nejdříve se provede demontáž původního technologického zařízení – zařízení vtoku, částí turbíny, převodovky, generátoru a příslušenství soustrojí.

Po úpravě stávajících částí vč. nových nátěrů se provede montáž nového zařízení soustrojí - t.j. tělesa a vnitřních částí turbíny, OK, RK, komory OK a opraveného zařízení vtoku.

Následuje montáž opraveného generátoru, nové převodovky a namontuje se nový vysokotlaký hydraulický systém regulace. Na závěr se přistoupí ke konečné fázi montáže - namontují se nové hydraulické rozvody, hydraulické zásobníky, mazací agregáty, chladič zařízení, provede se úprava trubkování a montáž krytů.

Po rekonstrukci soustrojí a odzkoušení bude MVE komplexně odzkoušena. Po úspěšném průběhu komplexních zkoušek bude MVE předána do provozu.

D.2.1.1.2.7 Zkoušky a uvedení do provozu

Provedení příslušných zkoušek a uvedení technologického zařízení do provozu po ukončení rekonstrukce MVE bude realizováno dle vzájemně schváleného programu zkoušek. Tento program vypracuje zhotovitel rekonstrukce v rámci prováděcí dokumentace a předá objednateli před zahájením zkoušek ke schválení.

Podle schváleného programu bude provedeno komplexní vyzkoušení o předpokládané délce 72 hodin nepřerušovaného provozu.

Po úspěšném provedení komplexních testů a po zaškolení obsluhy bude zahájen zkušební provoz. Délka zkušebního provozu bude stanovena v kontraktu - minimální doba se předpokládá 6 měsíců pro celou MVE. Po stanovenou dobu bude zajištěna na vyzvání přítomnost příslušného personálu dodavatele pro dohled (supervize) nad provozem. V průběhu zkušebního provozu bude možné provádět případné nezbytné úpravy a nastavení ze strany dodavatele (na náklady dodavatele). Zkušební provoz je prohlášen za úspěšný, jestliže je kompletní zařízení MVE schopno dlouhodobě spolehlivě pracovat bez odstavování vlivem poruch.

D.2.1.1.2.8 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

Problematika bezpečnosti práce za provozu bude řešena v provozním řádu pro MVE platném po uvedení stavby do provozu. Přitom je třeba vycházet z bezpečnostního pasportu a provozních předpisů dodavatelů.

Za bezpečnost práce a ochranu zdraví během výstavby odpovídá prováděcí dodavatelská organizace.

D.2.1.1.2.9 Vlivy na životní prostředí

Při provádění montážních prací na díle je nutné dodržovat montážní postupy a použít vhodných materiálů tak, aby nevznikla možnost znečištění vody nebo nebyla ohrožena kvalita vody.

D.2.1.1.3 Zvláštní požadavky

D.2.1.1.3.1 Požadavky na postup výstavby

Z hlediska postupu výstavby nevyžaduje realizace PS 01 žádné zvláštní požadavky.

Pro zpracování dalších stupňů dokumentace je třeba provést následující :

- Přešetřit celkové uspořádání a parametry zařízení včetně rozměrů stavby.
- Při návrhu a instalaci zařízení je především nutno brát do úvahy způsob dopravy do strojovny MVE, rozměry průjezdných profilů a stavebních konstrukcí a prostorů ve strojovně MVE.
- Při zpracování konstrukční dokumentace a při technologické přípravě je třeba respektovat stávající zařízení a napojení na stávající zařízení
- Optimalizovat postup montáže s ohledem na harmonogram výstavby

D.2.1.1.3.2 Likvidace odpadů

Odpady, které budou vznikat při montáži technologického zařízení, budou tříděny dle katalogu odpadů a bude s nimi nakládáno podle jejich skutečných vlastností v souladu s platnými právními předpisy.

S veškerými odpady vzniklými při realizaci tohoto projektu bude nakládáno podle zákona č. 541/2020 Sb., o odpadech v platném znění a souvisejících právních předpisů. Odpady k odstranění a využití budou předávány výhradně osobám oprávněným dle citovaného zákona a to spolu se základním popisem odpadu dle vyhlášky č. 8/2021 Sb. v platném znění. Při práci bude nutné zajistit, aby ropné produkty z použitých zařízení neznečišťovaly vodní tok.

Brno, červen 2025

Ing. Miloslav Kupský

Copyright © AQUATIS a.s.