

Evidenčné číslo

CV 0685 / DSV

SoTD v SE-VE 001

TECHNICKÁ ZPRÁVA

k prováděcímu projektu
strojně-hydraulické části

PVE Č I E R N Y V Á H

Elektrárna

Vypracoval: K u b í č e k B.
ČKD Blansko - projekce
březen 1977

4-PVT-5520
číslo přílohy 1

Na základě schváleného ÚP byl vypracován prováděcí projekt strojné hydraulické části přečerpávací vodní elektrárny Čierny Váh.

PVE Čierny Váh je řešená jako čistě energetické dílo pro zabezpečení špičkového a havarijního výkonu a slouží též pro regulaci výkonu a kmitočtu.

Celková koncepce vychází z potřeb energetického systému při max. využití podmínek dané lokality. Současné využití pro vodohospodářské účely nebylo požadované a nepočítá se s ním.

Výroba energie je založená na zpracování přečerpávané vody do horní akumulární nádrže, která bude vybudována ve výšce asi 1150 m n.m. s užitečným obsahem 3,7 mil. m³ a je bez přirozeného přítoku. Těsnění svahů a dna nádrže je navrhnuté plášťové a falťové na ploše 19,5 ha, takže ztráty průsakem, včetně výparů činí asi 25-30 l/sec. Tyto ztráty jsou hrazeny přečerpáním z řeky Čierny Váh, ve které je min. průtok 1,1 m³/sec.

V horní nádrži bude vybudován vtokový objekt pro který byl vypracován samostatný projekt. Vtokový objekt je provedený s krytou strojovnou, čímž jsou zlepšeny podmínky pro provoz v jinak drsných klimatických podmínkách.

Ve vtokovém objektě jsou 3 samostatné vtoky (1 vtok pro 2 soustrojí), každý je vybaven vytahovatelnými česlicemi, hradidly a tabulovým uzávěrem.

Prívod vody do elektrárny je řešen třemi podzemními tlakovými opencéřovanými přivaděči Js 3800 mm a v dolní části Js 3600 mm. Asi 180 m před elektrárnou jsou umístěny kulové odbočnice, pomocí kterých se přivaděč rozděluje na čtyři odbočky Js 2200 mm a sice 2 spodní větve vedou ke dvěma čerpadlům a 2 horní k turbinám. Místo dilatační vložky před elektrárnou je navrhnutý obloukovitý úsek potrubí volně uložený na podporách v betonových štolách, který v tomto dlouhém oblouku zastává funkci dilatační vložky. V přechodě do vlastní elektrárny je každá větev přivaděče opatřena přechodovým kusem Js 2200/Js 1600 pro umožnění připojení kulových šoupátek turbíny i čerpadla. Celková délka přivaděče od vtoku až do elektrárny je asi 1500 m.

Elektrárna

Budova elektrárny sestává ze třech dvojbloků se šesti vertikálními trojstrojovými přečerpávacími jednotkami, montážního bloku s domácím soustrojím (pro které je zpracován samostatný projekt) a bloku pro revizi transformátorů.

Rozteč soustrojí 16,5 m
Šířka dvojbloků (mezi dilatačními spárami ... 33 m
Světlá šířka strojovny 13,5 m
Celková délka strojovny 142,5 m
Výška stropu nad podlahou strojovny 13,8 m

Každá přečerpávací jednotka se skládá ze synchronního motogenerátoru, Francisovy turbíny, akumulčního dvojstupňového jednónátokového čerpadla a zubové hydraulické spojky mezi turbínou a čerpadlem. Přečerpávací jednotky jsou schopné kompenzačního a regulačního provozu, jakož i provozu v žádaném pásmu okolo střední hodnoty 50 Hz.

Přečerpávací elektrárna je navrhovaná pro následující výchozí údaje:

Hladiny v horní nádrži (u vtokového objektu):

max. hladina: 1160,00
střed. hladina: 1149,20
min. hladina: 1135,00

Hladiny v dolní nádrži (u elektrárny):

max. hladina: 733,45
střed. " : 730,20
min. " : 726,00

Hrubé spády:

Hmax. btto = 434,00 m
Hstř. btto = 419,00 m
Hmin. btto = 401,55 m

Každá přečerpávací jednotka je konstruovaná pro tyto hlavní údaje:

Turbinový provoz:

Typ turbíny : F 10 ø 2600
Normální otáčky : $n = 500 \text{ ot/min}$
Maximální průběžné otáčky: $n_p = 867 \text{ ot/min}$
Skutečná sací výška : $H_{sI} = -24,66 + 17,21 \text{ m}$
Max. spád (při provozu jedné turbíny): $H_{\max 1, \text{ netto}} = 428,0 \text{ m}$
Max. spád (při provozu dvou turbín) : $H_{\max 2, \text{ netto}} = 423,5 \text{ m}$
Střed. spád : $H_{\text{střed. netto}} = 413,0 \text{ m}$
Min. spád (při provozu dvou turbín) : $H_{\min. \text{ netto}} = 391,05 \text{ m}$
Navrhovaný (max.) průtok turbínou : $Q_{\max.} = 30 \text{ m}^3/\text{s}$
Max. výkon na spojce turbíny : $P_{\max.} = 114,3 \text{ MW}$
Střed. výkon na spojce turbíny : $P_{\text{střed.}} = 110,295 \text{ MW}$
Min. výkon na spojce turbíny : $P_{\min} = 104,433 \text{ MW}$
Doba závěru turbíny : $T_f = 10 \text{ sec}$
Setrvačné hmoty : $GD^2 = 1000 \text{ tm}^2$
Max. provozní tlak ve spirále : $H_{\max \text{ dyn.}} = 63 \text{ kp/cm}^2$

Čerpadlový provoz:

Typ čerpadla : 2^o jednonátokové
Průměr oběž. kola : $D = 2620 \text{ mm}$
Normální otáčky : $n = 500 \text{ ot/min}$
Max. zpětné průběžné otáčky : $n_{pč} = 680 \text{ ot/min}$
Nátoková výška při min. hladině : $H_s = -28 \text{ m}$
Max. man. dopr. výška (při prov. dvou čerpadel): $H_{\max. \text{ man.}} = 440,5 \text{ m}$

Střed. man. dopr. výška : $H_{\text{str. man.}} = 426,0 \text{ m}$
Min. man. dopr. výška (při
provozu jednoho čerpadla) : $H_{\text{min. man.}} = 406,4 \text{ m}$
Dopravní množství při $H_{\text{max. man.}}$: $Q = 20,25 \text{ m}^3/\text{s}$
Dopravní množství při $H_{\text{str. man.}}$: $Q = 21,25 \text{ m}^3/\text{s}$
Dopravní množství při $H_{\text{min. man.}}$: $Q = 22,45 \text{ m}^3/\text{s}$
Výkony na spojkce čerpadla : $P_{\text{min}} = 97,169 \text{ MW}$
 $P_{\text{max}} = 100,278 \text{ MW}$
Max. provozní tlak ve spirále : $H_{\text{max. dyn.}} = 63 \text{ kp/cm}^2$

Hlavní údaje PVE:

Max. výkon na spojkách turbin: $P_{T\text{max}} = 685,8 \text{ MW}$
Střed. " " " : $P_{T\text{str}} = 661,77 \text{ MW}$
Min. výkon na spojkách turbin: $P_{T\text{min.}} = 626,60 \text{ MW}$
Min. výkon na spojkách čerpadel: $P_{\text{čmin}} = 583,014 \text{ MW}$
Max. " " " : $P_{\text{čmax}} = 601,668 \text{ MW}$

Údaje PVE vztahující se k návrhovému spádu:

Doba špičky : $T_T = 5,71 \text{ hod}$
Doba čerpání : $T_{\text{č}} = 8,23 \text{ hod}$
Účinnost přečerpání : $\eta_{\text{č}} = 74,36\%$

Popis přečerpávací jednotky :

Třístrojovou přečerpávací jednotku tvoří synchronní trojfázový motogenerátor typu HV 760804/12 o zdánlivém výkonu 124 MVA. Motogenerátor je vertikální s nosným a vodícím ložiskem nad rotorem a s druhým vodícím ložiskem pod rotorem, uzavřeného provedení, s vlastní cirkulací chladicího vzduchu. Motogenerátory jsou umístěny pod podlahou strojovny a nad podlahu vyčnívá kryt a pomocný (bucící) alternátor. Všechna ložiska motogenerátoru jsou segmentová, samomazná, chladiče oleje jsou mimo olejovou lázeň. Motogenerátor je s turbinou spojený pevnou přírubovou spojkou na kótě 711,99.

Francisova turbina typu F 10 s 2600 je uložena v horním a spodním segmentovém samomazném ložisku. Oběžné kolo je z nerez materiálu a takéž rozváděcí lopaty, které jsou uloženy v samomazných ložiskách. Osa spirály turbíny je na kótě 708,79.

Turbína s akumulacním čerpadlem je spojena pomocí zubové hydraulické spojky. Čerpadlo je dvoustupňové, jednonátokové, s axiálním ložiskem na víku čerpadla spolu s horním vodícím ložiskem a na koleně savky je situováno spodní vodící ložisko. Axiální ložisko spolu s horním vod. ložiskem jsou vybaveny mazací soupravou se dvěma olejovými čerpadly a s olejovými chladiči umístěnými mimo nádrž ložiska.

Při přechodu z turbinového do čerpadlového provozu spojení se vykoná za klidu, při přechodu z čerpadlového do turbinového provozu se čerpadlo zavzdušní, výkonově odlehčí a odpojení čerpadla proběhne při jmenovitých otáčkách. Kromě toho se na soustrojí uskutečňuje 12 různých druhů rozběhů, odstavení a přechodů. Osa spirály čerpadla je na kótě 698,715.

Přečerpávací jednotka je uložena na dvou nosných ložiskách a sice na axiálním ložisku nad čerpadlem a na axiálním ložisku nad rotorem generátoru a v šesti vodících ložiscích.

Regulace

Zařízení pro ovládání přečerpávacích jednotek se skládá ze silové a řídicí části regulace.

Silovou část tvoří servomotory rozváděcího kola, a regulační agregát RC 3,15/6/VI-F. Řídicí část tvoří elektrodynamický regulátor typ A-ROT s přenosným charakterem PIDP a elektrodynamický převodník.

Regulace je určena především pro paralelní automatický chod přečerpávací jednotky, pro regulaci frekvence a výkonu v elektrické soustavě. Z hlediska regulace je jednotka schopná i samostatného chodu s ručním i automatickým ovládáním.

Regulační agregáty dodávají tlakový ovládací olej i pro kulové uzávěry turbin a jsou situované na podlaže turbin 710,09.

Komora kulových uzávěrů

Kulové uzávěry turbin a akumulčních čerpadel č. 1600, Jt 63 jsou situované v oddělené komoře, situované podél strojovny. Jsou konstruované pro zavírání do průtoku při obou směrech toku vody. Každý kulový uzávěr je vybaven jedním dvojitým servomotorem na tlakovou vodu pro zavírání i otevírání. Kulový uzávěr je opatřen revizním těsněním, ovládaným ručně tlakovou vodou. Revizní těsnění umožňuje provádět opravy na soustrojí pod dvěma uzávěry při současném chodu sousedního soustrojí, které je připojeno na stejný přívod.

Kulové uzávěry jsou v dosahu háku montážního jeřábu. V podlahách nad nimi jsou montážní otvory až po kótu strojovny 719,69, zakryté nosnými kryty.

Chladicí zařízení:

Spotřeba chladicí vody pro jednotlivé stroje, podle předpokladů výrobců:

Motorgenerátor:	ložiska	: 27,8 l/s
	chladič statoru	: 42,2 l/s
Turbína:	horní vod. ložisko:	2 l/s
	dolní vod. ložisko:	2 l/s
	horní ucpávka:	1,5 l/s
	dolní ucpávka:	1,5 l/s
	labyrinty	: 10 l/s
Čerpadlo:	závěsné a horní vod. ložisko:	30 l/s
	dolní vodící ložisko:	5 l/s
	horní ucpávka:	4 l/s
	dolní ucpávka:	3 l/s
Regulační agregát turbíny:		3 l/s
celkem		132 l/sec

Chladicí vodu zabezpečují tři čerpací stanice čerpáním ze spodní vody s využitím tlaku na sací straně. V každé stanici jsou tři horizontální čerpadla, každé pro $Q = 8000 \text{ l/min}$ a s $133,3 \text{ l/sec}$, $H = 32 \text{ m}$, $P = 75 \text{ kW}$. Jedna čerpací stanice slouží pro chlazení dvou soustrojí, při čemž každému soustrojí přísluší jedno čerpadlo a třetí čerpadlo tvoří společnou rezervu pro dvě soustrojí. Do tlakové jímky každé čerpací stanice jsou vždy dva uzavíratelné přívody Js 400 zaústěné do sacích trub sousedních turbin a opatřené česlicovým roštem.

Čerpací stanice jsou přístupné z podlahy turbin, kóta 710,09, Výtlaky čerpadel jsou zaústěné do společného potrubí Js 300, z kterého proudí chladicí voda přes filtrační stanice na kótě 713,69 odbočkami k spotřebičům. Chladicí voda do ucpávek turbíny a akumulárního čerpadla je filtrovaná dvakrát.

Oleјové hospodářství

Je dimenzované pro jednu kompletní náplň čistého oleje pro jeden stroj, která činí 15.000 l oleje OT-T4C. Množství oleje se upřesní po naplnění 1. stroje. Oleјové hospodářství je rozdělené na dvě samostatné části. Pro jednotný mazací a regulační olej je situované na poležích 710,09 a 713,69 v montážním bloku a pro transformátorový olej v bloku pro revizi transformátoru. Obě části jsou, kromě dvojdílných uskladňovacích nádrží, vybavené manipulačními nádržemi, stabilními a přenosnými olejovými čerpadly. V každé části je jedna pojízdná stanice na čištění oleјů. Obě oleјová hospodářství jsou provozně samostatná.

Pro plnění nádrží čistým oleјem a vyčerpání opotřebovaného oleje jsou potrubí z oleјového hospodářství vyústěné na kótu 719,69 a opatřené uzávěry.

Pro dopravu olejů jsou v olejovém hospodářství uvažované dvě hliníkové cisterny typu VAT.

Olejoyé nádrže ložisek přečerpávacích jednotek a regulačních agregátů budou propojené s nádržemi v olejovém hospodářství.

Kompresorová stanice

Pro zavzdušňování turbíny při kompenzačním a čerpadlovém provozu a pro zavzdušnění čerpadla při přechodu z čerpadlového na turbinový provoz je na podlaží čerpadel v odděleném prostoru kompresorová stanice vybavená kompresory na výstupní tlak 40 kp/cm². Šest větrníků, každý na objem 16 m³, jsou umístěny vždy po dvou v prostoru mezi přečerpávacími jednotkami blízko montážního otvoru na podlaží čerpadel. Pro výrobu pracovního tlakového vzduchu slouží 2 pojezdné kompresory 2-JSK-75 s výstupním tlakem 0,8 MPa.

Odvodnění sacích trub a spirál

Spirály turbin a akumulčních čerpadel jsou odvodněné potrubím Js 150 do společné větve Js150 v chodbě na kótě 690,90. Sací trouby jsou odvodněné společným potrubím Js 300. Obě větve jsou dvakrát vzájemně propojeny a každá má ještě vyústění do mokré jímky vyčerpání sacích trub. Tento vzájemně propojený systém má vyústění do obou čerpacích stanic stanic prosáklé vody a umožňuje odvodňovat kteroukoliv sací rouru do vyčerpávání sacích trub a odvádět průsaky spirál a sacích trub jiné jednotky do jedné čerpací stanice prosáklé vody.

Vzájemné propojení odvodnění spirál, sacích trub a vyústění do čerpacích stanic prosáklé vody bylo provedeno na základě požadavku a návrhu investora IVES Trenčín, který tímto sleduje maximální pohotovost při uvažování nejnepříznivějších provozních stavech, které se mohou v dlouhodobém provozu PVE vyskytnout.

Vyčerpání prosáklé vody a odolejovací zařízení

Pro vyčerpání prosáklé vody jsou v budově elektrárny dvě čerpací stanice, situované v krajních funkčních dvojblocích v samostatných prostorech na podlaže pod čerpadly. V každé čerpací stanici jsou instalovány tři vertikální čerpadla do mokré jímky, ovládané výkyvnými plováky podle stavu hladin prosáklé vody v jímcě. Jak je už v předcházejícím odstavci uvedeno, jsou propojené s odvodňovacím systémem sacích trub a spirál. Do čerpací stanice blízko montážního bloku je vyvedené ještě odvodnění domácí turbíny.

Odlučovače oleje

aby se vyhovělo požadavkům na ochranu přírody a čistoty prostředí (PVE Čierny Váh je v chráněné oblasti), je před vyústěním výtlačných potrubí prosáklé vody nad max. haldinu, v oddělených prostorech na kótě 732,50 odolejovací zařízení. Odolejovací zařízení je pro každou čerpací stanici samostatné a každé se skládá ze 4 gravitačních odlučovačů oleje do kterých vyúsťuje tlak prosáklé vody. Vyčištěná voda odtéká samospádem do spodní vody a odloučený olej do nádrže. Vzájemné propojení a dostatečná kapacita odlučovačů umožňují čištění i při revizi a opravě. Gravitační odlučovač je vývojový výrobek, vyzkoušený na modelu ve VÚVH Bratislava.

První plnění přívaděčů a horní nádrže

Pro první plnění přívaděčů potrubí a horní nádrže po vybudování díla, je v montážním bloku čerpací stanice ^{pamatováno} s dvěma horizontálními čerpacími agregáty s banskými čerpadly typu CDA. Výtlačné potrubí Js 300 je připojené odbočkami na tlakové přívaděče za kulovými uzavěry akumulacních čerpadel. Výtlačné potrubí je na konci opatřené Peltonovou dýzou s ručním ovládáním, vyústěnou nad spodní vodu. Kromě toho je výtlačné potrubí propojeno do mokré jímky vyčerpání savek. Takto navržené propojení má umožnit kromě prvního plnění přívaděčů, ve výjimečném případě i jejich pomalé odvodňování.

Čerpací stanice je situovaná na podlaže 710,09 vedle olejového hospodářství. Sací potrubí Js 400 je zaústěné do vtoku domácí turbíny a opatřené česlicovým roštem. Výtlačné potrubí od čerpadel je rozvětveno do třech potrubí Js 200, Js 65, Js 40, opatřené uzávěry jejichž postupné plné otevření umožní hrubou regulaci výtlačku čerpadel, poněvadž těmito vysokotlakými čerpadly začneme čerpat prakticky při nulové dopravní výšce.

Pro chlazení ložisek a ucpávek čerpadel CDA je u každého čerpadla situováno 1 malé horizontální čerpadlo VN 1/IV-K.

Hrazení sacích trub turbin a akumulačních čerpadel

Výtoky z turbin a vtoky do čerpadel jsou vybavené kompletní sadou hradidlových tabulí pro zahrazení všech sacích trub. Tento požadavek vyplývá z projektu organizace výstavby. Za provozu budou hradidlové tabule uloženy ve skládkách zapuštěných pod kótu 735,50. Tabule jsou dimenzovány na max. tlak odpovídající tlaku na prah hradidel. Sací trouby čerpadel mají společná vedení pro hradidla i pro vytahovatelné rámové česlice.

Pro manipulaci s česlicemi a hradidly je určený portálový hradidlový jeřáb o nosnosti 8 Mp, který má dráhu na kótě 735,50. Manipulace s hradidly je možná jen po vyrovnaní tlaku na hradidlové tabule. Vyrovnání tlaku se bude vykonávat potrubím pro odvodnění sacích trub.

Montážní prostor, zdvihací a dopravní zařízení

Velikost montážního prostoru umožňuje uložení a montáž hlavních částí dvou přečerpávacích jednotek. Dva montážní jeřáby o nosnosti 2 x 125 t mají zabezpečit plynulost prací v montážním prostoru a současně montáž hlavních částí přečerpávací jednotky v příslušném bloku. Oba jeřáby mají tlačítkové ovládání z podlahy montážního prostoru kóta 719,69 i z kabiny na jeřábu. K jeřábům náleží montážní traverza o nosnosti 220 t.

Pro uložení zařízení před montáží, příp. i pro vlastní montáž, předpokládáme využití i bloku pro revizi transformátoru. a prostorů mezi jednotlivými stroji. Zatížení podlahy strojovny a montážního prostoru je 60 kN/m^2 .

Provoz, rozběhové a přechodové doby

Elektrárna bude vybavená úplnou automatikou, spouštěcích přechodových a odstavovacích pochodů a poruchovou automatikou. Ovládaná bude dálkově z hydroenergetického dispečinku v Trenčíně. Ruční ovládání z velínu a ze strojových rozvaděčů se předpokládá jen jako nouzové.

PVE je projektovaná tak, aby zvládla následující hlavní funkce v elektrické soustavě:

- akumulace přebytků energie TE a AE
- náběh na špičkový provoz v závislosti na strmosti DDZ a krytí špiček
- krytí výpadků
- přebírání výpadků odlehčováním z čerpadlového provozu
- regulační provoz
- provoz v pásmu $47 + 50 - 52 \text{ Hz}$ podle vymezených podmínek.

Předpokládané doby trvání náběhů, přechodů a odstavení jsou uvedeny v popisu automatiky.

Technická správa je pouze stručným popisem zařízení a pomocných provozů elektrárny. Podrobný popis zařízení s technickými parametry je obsahem technické specifikace.