

**Prilog 1. Opis tehničkog rješenja**

**S A D R Ž A J**

1. ODREĐIVANJE OSNOVNIH PARAMETARA HE USTIPRAČA
2. OPIS ELEKTRANE
3. OSNOVNI PODACI ELEKTRANE
4. JEDNOPOLNA ŠEMA
5. AGREGATI
6. TURBINE SA POMOĆNIM POGONIMA, TURBINSKOM REGULACIJOM I PREDTURBINSKIM ZATVARAČEM
7. GENERATORI
8. TRANSFORMATORI
9. SREDNJENAPONSKO POSTROJENJE
10. PRIKLJUČAK NA ELEKTROENERGETSKU MREŽU
11. VLASTITA POTROŠNJA
12. SISTEM UPRAVLJANJA
13. SIGNALIZACIJA I ALARMI
14. SISTEM JEDNOSMJERNOG NAPONA
15. KOMUNIKACIJE
16. SISTEM UZEMLJENJA
17. KABLOVI
18. OSVJETLJENJE I ELEKTROINSTALACIJE OBJEKATA ELEKTRANE
19. SISTEM VATRODOJAVE I PROTIVPROVALE
20. PROTUPOŽARNA ZAŠTITA
21. DIZALICE
22. DRENAŽNI SISTEM

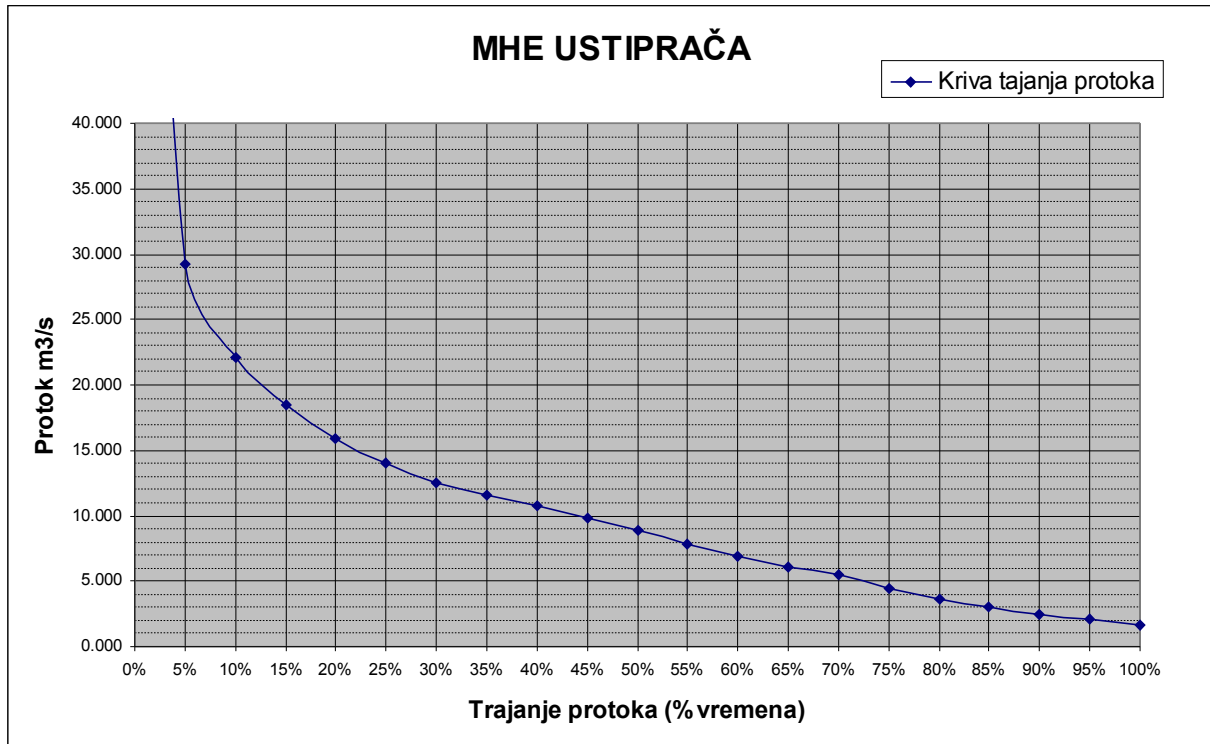
## 1. ODREĐIVANJE OSNOVNIH PARAMETARA HE USTIPRAČA

Za izradu elektromašinskog dijela Idejnog rješenja HE Ustiprača potrebno je prethodno odrediti:

- odabrati instalisani protok  $Q_i$  ( $m^3/s$ )
- odrediti neto pad  $H_n(m)$
- izračunati instalisanu snagu  $P_i$  (kW) elektrane
- izabrati tip turbine
- odrediti broj i instalisanu snagu turbina
- odrediti broj obrtaja agregata.

Ulazni podaci korišteni za izvršenje navedenog su:

- kriva trajanja proticaja (data na slici 1).
- Kota gornje vode\*: 385,00 m.n.m.
- Kota donje vode\*: 336,00 m.n.m
- Bruto pad postrojenja: 49,00 m
- Ukupni hidraulički gubici do turbine\*: 5,32 m (10,88%).



Slika 1 – MHE USTIPRAČA – kriva trajanja proticaja

### Instalisani protok $Q_i$

U energetskim razmatranjima je odabran instalisani protok od  $14 \text{ m}^3/\text{s}$ . što je prihvaćeno u daljoj razradi elektromašinskog djela tako da je:

$$Q_i = 14 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Neto pad:

Bruto pad postrojenja je  $H_b = KGV - KDV = 385,00 - 336,00 = 49,00 \text{ m}$ .

Na osnovu podatka o maksimalnim hidrauličkim gubicima u dovodu od  $5,32 \text{ m}$  određuje se neto pad:

$$H_n = 43,68 \text{ m}$$

### Instalisana snaga elektrane

Preliminarnu vrijednost instalisane snage ELEKTRANE (električna snaga na mjernom mjestu) izračunaćemo po formuli:

$$P_i = 9,81 Q_i H_n \eta_t \eta_g \eta_{tr}$$

$$P_i = 5078 \text{ kW}$$

gdje je:

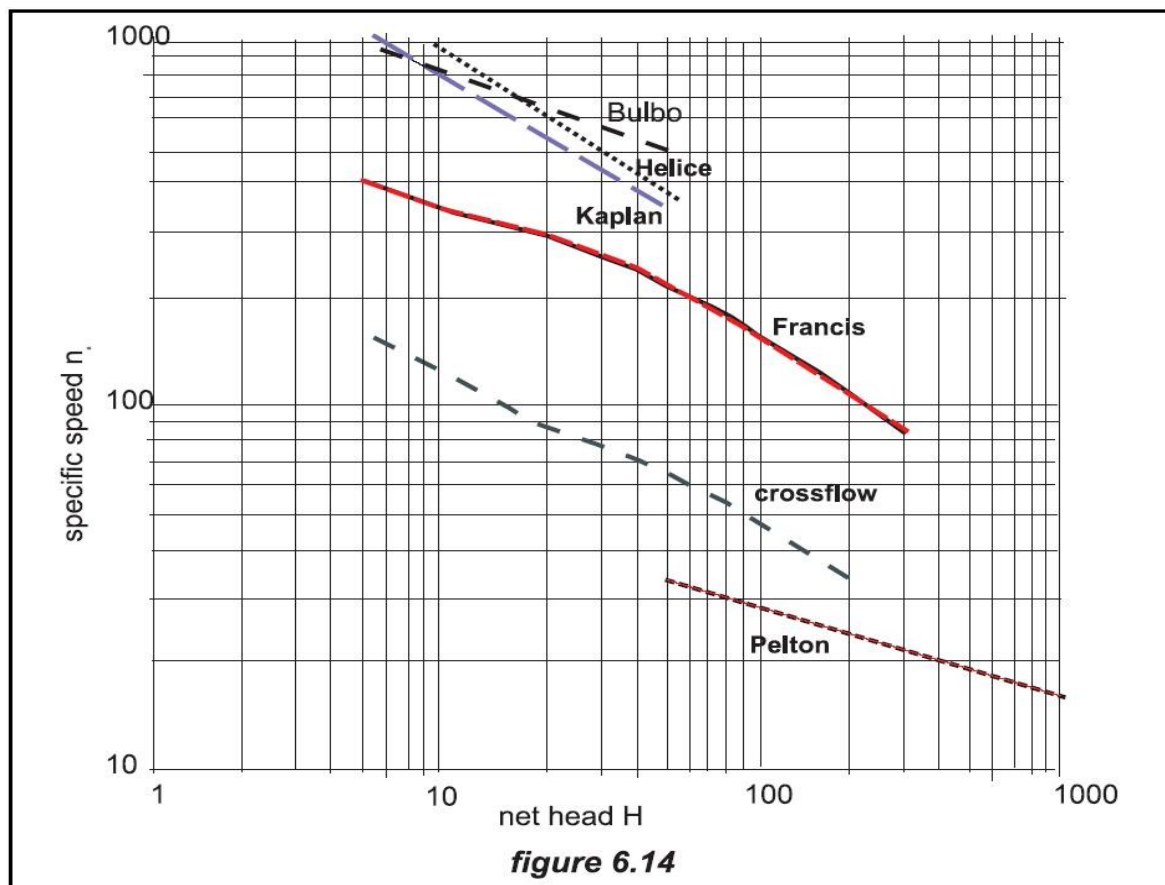
$$Q_i = 14 \text{ m}^3/\text{s}; H_n = 43,68 \text{ m}; \eta_t = 0,9; \eta_g = 0,95; \eta_{tr} = 0,99$$

### Tip turbine

Za odabir TIPA TURBINE izračunaćemo specifične brzine za nekoliko sinhronih brzina vrtnje i za snage 5400 kW (za slučaj elektrane sa dva agregata) i 2700 kW (za slučaj elektrane sa jednim agregatom) po formuli:

$$n_s = n \frac{\sqrt{P}}{H^{5/4}}$$

Snaga turbine/brzina vrtnje	2700 375 o/min.	2700 500 o/min.	2700 600 o/min.	2700 750 o/min.	5400 375 o/min.	5400 500 o/min.	5400 600 o/min.
ns	173.52	231.36	277.63	347.04	245.40	327.20	392.64



Slika 2: Ovisnost optimalni  $n_s$  - neto pad za razne tipove turbine.

Za date uslove razmatrani su slijedeći slučajevi:

- KAPLAN turbine
- vertikalne FRANCIS turbine
- horizontalne FRANCIS sa jednim rotorom
- horizontalne FRANCIS sa dva rotora

Za dalja razmatranja odabrana je **VERTIKALNA FRANCIS turbina** sa jednim rotorom.

#### Broj turbina

S obzirom na tip agregata i oblik krive trajanja proticaja opravdano je koristiti 2 francis turbine.

Sada ćemo detaljnije razmotriti slučaj :

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• FRANCIS sa vertikalnom osovinom, 2 turbine</li></ul> |
|--|

NAPOMENA: U daljim fazama projektovanja treba još jednom razmotriti izbor turbina po prikupljanju ponuda od proizvođača.

## OSNOVNE KARAKTERISTIKE FRANCIS AGREGATA sa vertikalnom osovnom i jednim rotorom

Francis turbine design and powerhouse cost program.

MHE USTIPRAČA		# of units =	2
Rated head in meters	=	43.68	Gross head = 49.00
Rated <b>PLANT</b> flow in cubic meters per second		14	Unit flow= 7.00
Normal tailwater elevation in meters	=	336.00	Comment
Tailwater temperature in degrees celcius	=	10	Comment
Required runner submergence "S" meters	=	-3.00	Comment
Specified runner cavitation coefficient "k"	=	0.08	Comment
Manual # runner blades (13, 15, 17 or 19)	=	13	Comment
Runner blade number, manual (1), or automatic, (2). -----	=		2
Runner manufacturing factor "R"	=	4.5	Comment
Plant capacity factor "cf" (0.1 to 0.9)	=	0.63	Comment
Rated load servomotor stroke (0.9 to 0.97)	=	0.97	Comment
Conduit head loss at rated flow, meters	=	5.32	Comment
Utility (1), industrial (2) quality generator.	=	1	Comment
Generator power factor (0.85 to 0.95)	=	0.80	
System frequency, Hz.	=	50	Comment
Calculated runner throat diameter, ( d ) meters.	=	1.032	Select horizontal axis.
Calculated synchronous speed range, rpm.	=	500.0	Comment
Calculated specific speed nq. (flow-meters)	=	77.9	Comment
Calculated peak efficiency. ( % )	=	93.1	<----- ASME
Calc. peak efficiency flow, cubic meters/sec.	=	6.1	Qp/Qr = 0.87
Calculated horizontal shaft centerline elevation, m.		338.74	
Calculated runner "k" at full stroke.	=	0.127	Comment
Calc. speed - no - load flow, cubic meters/sec.	=	0.6	
Calc. full stroke flow, cubic meters/sec.	=	7.2	
Calc. submergence ratio S/d (opt. = 0.75 to 1.25)	=	-2.9	Comment
Calc. turbine output at rated head & flow ( MW )	=	2.72	Turb. HP = 3,652
Calc. generator output at rated h & Q ( MW )	=	2.62	
Calc. annual generation in GWh.	=	N/A	Includes the conduit loss.
Calc. plant capacity factor (should be +/- = D13 )	=	0.66	Comment
Total powerplant capacity, MW		5.240	Max MW = 5.303
Average flow in m3/sec-years from operation	=	N/A	
I.E.C. turbine efficiency at full load, %.	----->		91.61
I.E.C. turbine peak efficiency, %.	----->		93.69

Broj turbina u pogonu	PROTOK TURBINE  $Q$ (m <sup>3</sup> /s)	RELATIVNI PROTOK TURBINE  $Q/Q_n$	NETO PAD  $h_n$  (m)	GUBICI  $\Delta h$  (m)	STEPEN KORISNOSTI TURBINE  $\eta_t$	STEPEN KORISNOSTI GENERATORA  $\eta_g$	SNAGA TURBINE  $P_t$	RELATIVNA SNAGA GENERATORA  $P/P_n$	RELATIVNA SNAGA TURBINE  $P/P_n$  %	UKUPNI STEPEN KOR. ELEKTRANE  $\eta$
2	7.22	1.031	43.35	5.65	90.0	0.960	2.783	1.012	102.151	76.44
2	7.00	1.000	43.68	5.32	90.8	0.960	2.724	0.998	100.000	77.72
2	6.83	0.975	43.94	5.06	91.4	0.960	2.674	0.985	98.150	78.68
2	6.65	0.950	44.20	4.80	92.0	0.959	2.621	0.971	96.197	79.58
2	6.48	0.925	44.45	4.55	92.4	0.959	2.564	0.955	94.138	80.39
2	6.30	0.900	44.69	4.31	92.8	0.958	2.505	0.938	91.965	81.11
2	6.13	0.875	44.93	4.07	93.1	0.958	2.442	0.918	89.654	81.71
2	5.95	0.850	45.16	3.84	93.1	0.957	2.373	0.896	87.125	82.08
2	5.78	0.825	45.38	3.62	93.0	0.956	2.302	0.872	84.502	82.33
2	5.60	0.800	45.60	3.40	92.9	0.954	2.228	0.847	81.798	82.46
2	5.25	0.750	46.01	2.99	92.2	0.951	2.073	0.792	76.111	82.26
2	4.90	0.700	46.39	2.61	90.9	0.945	1.908	0.731	70.040	81.28
2	4.55	0.650	46.75	2.25	88.9	0.935	1.733	0.662	63.612	79.32
2	4.20	0.600	47.08	1.92	86.1	0.920	1.550	0.587	56.889	76.15
2	3.85	0.550	47.39	1.61	82.5	0.895	1.361	0.504	49.955	71.40
2	3.50	0.500	47.67	1.33	77.9	0.851	1.169	0.415	42.915	64.55
2	3.15	0.450	47.92	1.08	72.4	0.772	0.978	0.316	35.892	54.69
2	2.80	0.400	48.15	0.85	65.9	0.619	0.791	0.206	29.023	40.11
2	2.10	0.300	48.52	0.48	49.5					
2	1.40	0.200	48.79	0.21	28.5					
2	0.64	0.092	48.96	0.04	0.0					
1	7.00	1.000	47.67	1.33	90.8	0.960	2.973	0.998	109.141	84.81
1	6.30	0.900	47.92	1.08	92.8	0.958	2.749	0.938	100.904	86.94
1	5.60	0.800	48.15	0.85	92.9	0.954	2.456	0.847	90.171	87.11
1	4.20	0.600	48.52	0.48	86.1	0.920	1.721	0.587	63.196	78.42
1	2.80	0.400	48.79	0.21	65.9	0.619	0.883	0.206	32.415	40.62

TABELA 1: Stepeni korisnosti i snage u zavisnosti od protoka

## Na osnovu prethodnih razmatranja odabire se elektrana sa:

**$Q_i=14 \text{ m}^3/\text{s}$**

**$H_n=43,68 \text{ m}$**

**Instalisana snaga elektrane (korekcija preliminarno izračunate snage)**

$$P_i = 9,81 Q_i H_n \eta_t \eta_g \eta_{tr}$$

**$P_i = 5177 \text{ kW}$**

gdje je:

$$Q_i=14\text{m}^3/\text{s}; H_n=43,68\text{m}; \eta_t=0,908; \eta_g=0,96; \eta_{tr}=0,99$$

**Tip turbine: FRANCIS sa ver. osovinom**

**Broj Turbina: 2**

**Snaga jedne turbine: 2724 kW**

**Brzina obrtanja: 500 okr./min**

---

\*NAPOMENA: Vrijednosti su računski dobivene za dati pad i protok. Pošto proizvođači malih turbina imaju razvijen program i proizvode standardan niz turbina, biće nabavljana, radi smanjanja troškova, turbina koja najbolje odgovara datom padu i protoku.



## 2. OPIS ELEKTRANE

### OPŠTE

Elektrana je protočna-akumulaciono-derivacionog tipa. Pad je ostvaren dijelom branom koja je stvorila malu akumulaciju i dijelom derivacijom (cjevovod, tunel i tlačni cjevovod). Akumulacija ne obezbjeđuje nikakvo izravnanje pa elektranu možemo smatrati u potpunosti protočnom.

### OBJEKTI ELEKTRANE

#### *Brana*

Brana je gravitacionog tipa i ima četiri prelivna polja, temeljni ispust i ispust za biološki minimum, ulaznu građevinu za zahvatanje vode za MHE, te dva neprelivno bloka na lijevoj i na desnoj obali u kome je smještena deponija pomoćnih zatvarača. Konstruktivna visina brane je 22,5 m, a dužina u kruni 83 m. Kota krune brane je 387,50 m.n.m.

Branom se formira akumulacija sa kotom uspora 385,00 m.n.m. koja se završava na lokaciji strojare uzvodne elektrane HE „Dub“. Akumulacija je duga oko 1300 m i male zapremine.

#### *Ulazna građevina*

Ulazna građevina se nalazi u okviru brane, na lijevoj obali. Opremljena je sa rešetkom na ulazu, tablastim zatvaračem i čistilicom rešetke. Prag ulazne građevine je 8,40 m niže od kote normalnog uspora, odnosno na 376,60 m.n.m.

#### *Dovodni tunel (sa čeličnim cjevovodom)*

Od ulazne građevine voda se prvo vodi čeličnim cjevovodom dužine 200 m i prečnika 2,5 m, a zatim betonom obloženim tunelom dužine 1630 m i prečnika 2,8 m.

#### *Vodostan i tlačni cjevovod*

Vodostan je cilindrični promjera 8 m, bez donje komore.

Tlačni cjevovod predstavlja dio derivacionog sistema na potezu od vodostana do početka račvepred strojarom, ukupne dužine 83,60 m, koji se izvodi kao čelični cjevovod dijametra 2m. Debljina cjevovod je 20 mm.

Tlačni cjevovod polazi od vodostanke zatvračnice u kojoj je smještem leptirasti zatvarač dijametra 2 m.

#### *Strojara*

Strojara je klasično rješenje za hidroelektranu sa dvije FRANCIS turbine sa vertikalno postavljenim osovinama.

U strojari su smještena dva FRANCIS agregata sa predturbinskim zatvaračima, hidraulički agregati, elektrooprema generatorskog napona, vlastite potrošnje, upravljanja i besprekidnog napajanja kao SN postrojenje.

U prilogu je dat inicijalni položaj agregata i ostale opreme u strojari. Tačan položaj agregata i ostale opreme biće razrađen sa isporučiocem agregata a zavisno od opreme koja bude nabavljena.

### 3. Osnovni podaci elektrane

NAZIV ELEKTRANE	MHE USTIPRAČA	
LOKACIJA	r. Prača	
Geografska širina (strojara)		N
Geografska dužina (strojara)		E
TIP ELEKTRANE	Protočna Akumulaciono – diverziona bez izravnjanja protoka	
ELEKTRO-MREŽA	Paralelan rad na 35KV (20 kV) mreži Izolovano SAMO za vlastitu potrošnju. NIJE DOZVOLJENO IZOLOVANO NAPAJANJE ŠIROKE POTROŠNJE	
AKUMULACIJA		
- dužina akumulacije	1300	m
- ukupna zapremina	N/A	hm <sup>3</sup>
- KOTE		
- kota normalnog uspora	385,00	m.n.m.
- min. kota v. za MHE	385,00	m.n.m.
BRANA		
- građevinska visina	22,5	m
- ISPUSTI VOĐE		
- preljevna polja (max.kapacitet)	735	m <sup>3</sup> /s
- temeljni ispusti (max.kapacitet)	19	m <sup>3</sup> /s
- ulazna građevina	14	m <sup>3</sup> /s
VODOZAHVAT		
	Ulazna građevina u brani	
DOVOD VOĐE		
- CJEVOVOD 1. dio		
- dužina	200	m
- Vrsta cijevi	čelik	
- prečnik cijevi/d.stjenke	2500/20	mm/mm
- TUNEL		
- dužina	1630	m
- Vrsta cijevi	beton	
- prečnik cijevi/d.stjenke	2800/300	mm/mm
- TLAČNI CJEVOVOD		
- dužina	83,6	m
- Vrsta cijevi	čelik	
- prečnik cijevi/d.stjenke	2000/20	mm/mm
-UKUPNI GUBICI U DOVODU PRI Q=14 m <sup>3</sup> /s	5,32	m
KARAKTERISTIČNI PROTOCI		
- srednji višegodišnji Qsr	11,2	m <sup>3</sup> /s
- minimalno oticanje (biološki minimum)	1,12	m <sup>3</sup> /s

- $Q_{1/1000}$	732	m <sup>3</sup> /s
- instalisani protok MHE Qi	14	m <sup>3</sup> /s
- protok raspoloživ 100% vremena za MHE (ne koristi se)	1,6	m <sup>3</sup> /s
<b>KARAKTERISTIČNI PADOVI</b>		
- bruto pad	49	m
- Konstruktivni neto pad	43,68	m
<b>STROJARA</b>	<b>Sa dva FRANCIS AGREGATA vertikalno postavljenih osovina</b>	
<b>TURBINE</b>		
Tip	FRANCIS	
Broj turbina	2	
Instalisani protok turbine	7	m <sup>3</sup> /s
Konstruktivni pad turbine	43,68	m
Stepen korisnog djelovanja turbine pri Qi=14 m <sup>3</sup> /s	0,908	
Snaga turbine pri Hn I Qi	2724	kW
Broj obrtaja turbine	500	o/min.
Prečnik radnog kola turbine	1076	mm
<b>GENERATORI</b>		
Vrsta	Sinhroni trofazni	
Nazivni napon	6,3	kV
Nazivna frekvencija	50	Hz
Nazivna snaga	3500	kVA
Nazivna struja	321	A
nazivni st.korisnosti	96	%
Uzbuda	Static	
<b>TRANSFORMATORI</b>		
<b>ENRGETSKI TRANSFORMATORI</b>		
Tip transformatora	Uljni 35(20)/6,3	kV
Napon	3500	kVA
Snaga	—	
Spoj	1	%
Gubici transformatora		
<b>KUĆNI TRANSFORMATOR</b>		
Tip transformatora	Uljni 35(20)/0,4	kV
Napon	160	kVA
Snaga	Dyn5	
Spoj	1	%
Gubici transformatora		
Instalisana snaga elektrane	5177	kW
Godišnja proizvodnja	App. 27	GWh GJ
Iskoristivost instalisane snage	63	%
Snaga raspoloživa 100% vremena	245	kW

## 4. Jednopolna šema

Prihvaćeno je rješenje sa dva agregata gdje su generatori spojeni na 35(20)kV mrežu preko energetskih transformatora.

Generatorski napon je 6,3 kV.

Sinhronizacija se obavlja na 35 (20) kV nivou.

Za vlastitu potrošnju elektrane je predviđen kućni transformator 35(20)/0,4 kV

Rasklopna mjesta:

- generatorski prekidači 35(20) kV naponu za sinhronizaciju na mrežu
- prekidač u trafo odvodu 20 kV postrojenja sa položajima uklj./isklj./uzemlj. za kućni transformator
- prekidač u DV odvodu za odvajanje SN postrojanja sa mreže.

Struje (snage) kratkog spoja:

Cjelokupna oprema u elektrani se dimenzioniše prema maksimalno dozvoljenim vrijednostima trofaznih simetričnih struja (snaga) kratkog spoja što će biti određeno u narednim fazama projektovanja.

## 5. Agregati

Usvojeno je rješenje sa dva agregata. Dispozicija agregata (predturbinski zatvarač sa by-pass ventilom, spojna cijev, turbina, hidraulički agregat, i generator sa zamajcem) vidi se sa priloženih nacрта u prilogu.

Agregati su postavljeni u nizu što je klasično rješenje. O kompaktnijem rješenju sa manjim dimenzijama strojare može se razmatrati tek po određivanju konkretnog isporučioaca turbine, odnosno agregata.

## 6. Turbine sa pomoćnim pogonima, turbinskom regulacijom i predturbinskim zatvaračem

Izabrane su FRANSIC turbine instalisanog protoka  $7 \text{ m}^3/\text{s}$ , nominalnog pada 43,68 m i nominalne snage 2724 kW, 500 okr/min.

Uz turbine su predviđen turbinski hidraulički regulatori pogodani za paralelan rad na elektroenergetskoj mreži te sigurno zatvaranje (bez vanjskog napajanja energijom) sprovodnog aparata i ventilima za brzo zaustavljanje u slučaju djelovanja zaštita.

Ispred turbine se postavlja predturbinski zatvarač, konstruisan za zaustavljanje u nuždi. Preturbinski zatvarač se otvara kod izjednačenja pritiska sa obje strane zatvarača. Upravljanje zatvaračem je putem hidraulike.

Za izjednačenje pritiska predviđen je bajpas sa ventilom za automatsko punjenje prostora između predturbinskog zatvarača i sprovodnog aparata, sa signalizacijom pritiska iza zatvarača za omogućavanje procesa pokretanja agregata.

## 7. Generatori

Odabrani su trofazni sinhroni generatori sa statičkim sistemom uzbude nominalnog napona 6,3 kV i nominalne snage 3500 kVA,  $\cos\varphi=0,8$ ,  $n_n=500$  okr./min., izvedba B3. Zvezdište generatora je uzemljeno preko visoke impedance. Generator je opremljen zamajcem za povećanje momenta inercije.

## 8. Transformatori

### *Energetski transformatori*

Odabrani su uljem hlađeni transformatori nazivne snage 3500 kVA, 35(20)/6,3 kV, opremljeni buholcom i temperaturnom zaštitom. Transformator je smješten na transformatorskom platou uz strojaru kako je prikazano u priloženim nacrtima.

### *Kućni transformator*

Odabran je uljem hlađeni transformator nazivne snage 160 kVA, 35(20kV)/0,4 kV, spoj Dyn5 opremljeni buholcom i temperaturnom zaštitom. Transformator je smješten na transformatorskom platou uz strojaru kako je prikazano u priloženim nacrtima.

## 9. Srednjenaponsko postrojenje

Odabrano je tipsko tvornički montirano i ispitano, metalom obloženo i pregrađeno postrojenje za unutarnju montažu sa vazdušnom izolacijom sa rasklopištima u SF<sub>6</sub> tehnici. Postrojenje je smješteno u strojari kako je prikazano u priloženim nacrtima. Izabrano je, zbog male snage i smanjenja troškova izgradnje, postrojenje serijske izrade.

Postrojenje se sastoji se iz pet (5) ćelije:

- Kablovski odvod
- Mjerna ćelija
- Ćelija agregatskog odvoda (odvoda energetskog transformatora) AG 1
- Ćelija agregatskog odvoda (odvoda energetskog transformatora) AG 2
- Ćelija kućnog transformatora.

Veza između dalekovodnih ćelija i dalekovoda, te transformatora i transformatorskih ćelija realizovana je 35 kV kablovima uvučenim u ćelije odozdo iz kablovskog kanala.

## 10. Priključak na elektroenergetsku mrežu

Predviđenjen je priključak MHE Ustiprača na 110 kV koji prolazi nekoliko kilometara dalje, odnosno na prenosnu elektroenergetsku mrežu.

Priključna tačka će biti u TS 110/35 kV koja će biti izgrađena na lokaciji strojare uzvodne MHE Dub.

Priključak će biti izveden dalekovodom 35 kV dužine oko 3 km.

Iz gore navedenih podataka može se zaključiti da će elektrana biti priključena na „snažnu“ elektroenergetsku mrežu, što je značajno za stabilnost rada elektrane u stacionarnom i prelaznim režimima rada. S druge strane, 20kV nivo priključka, koji bi vjerovatno zadovoljio sa aspekta snage i dužine dalekovoda, pojednostavljuje i pojeftinjuje izvedbu same elektrane i priključka na mrežu, a omogućio bi i direktno priključenje lokalnog potrošača.

### *Režim rada*

Elektrana je protočnog tipa, pa se sva raspoloživa energija mora isporučiti u mrežu u svim uslovima. Ovo treba uzeti u obzir pri projektovanju priključka na mrežu koji će omogućiti preuzimanje električne energije iz elektrane i u uslovima slabe potrošnje.

Napomena: Ukoliko najuzvodnija elektrana u sistemu od 3 elektrane bude radila sa dnevnim izravnanjem protoka, nizvodne elektrane će se automatski prilagođavati tom radu.

Projektovanje priključka na mrežu će biti obavljeno prema uslovima koji će biti dati u elektroenergetskoj saglasnosti.

## ZAKLJUČAK

Zbog činjenica da ne postoji značajna lokalna potrošnja i da postoji koncentracija malih hidroelektrana na jednom mjestu potrebno je pažljivo razmotriti način priključka malih elektrana na EES radi pronalazaženja optimalnog tehno-ekonomskog rješenja.

## 11. Vlastita potrošnja elektrane

U maloj hidroelektrani postoji određeni broj elektropotrošača koji omogućavaju rad elektrane. To su pumpe hidrauličkog agregata, drenažna pumpa, napajanje sistema upravljanja, napajanje sistema jednosmjernog napona, napajanja sistema vatrodojave i protuprovala, napajanje telekomunikacione opreme, osvjetljenje kao i drugi potrošači koji se povremeno mogu napajati preko elektroinstalacija u strojari. Također, predviđeno je da se elektropotrošači na brani napoje iz strojare kablom koji će biti položen između strojare i brane.

Procjenjena instalisana snaga vlastite potrošnje iznosi 128 kW i napajaće se preko kućnog transformatora snage 160kVA, 35/0,4kV, Dyn5, što treba tačno definisati u narednim fazama projektovanja kada se dobiju detaljniji podaci o elektroopremi u strojari i brani..

## 12. Sistem upravljanja

Sistem upravljanja je baziran na programibilnim logičkim kontrolerima i SCADA sistemu koji je izveden na personalnom računaru.

Sistem upravljanja je koncipran tako da omogućava:

- automatski rad elektrane bez stalnog prisustva posade,
- automatski i ručni rad sa posadom,
- daljinsko upravljanje i nadzor
- rad paralelno sa mrežom i ostrvski rad za vlastitu potrošnju.

Osnovne funkcije koje obavlja sistem upravljanja:

- Start i stop agregata u normalnim uslovima i u uslovima poremećaja u mreži ili kvara u elektrani.
- Mjerenje električnih veličina
- Mjerenje temperatura, nivoa vode, broja okretaja agregata, položaja sprovodnog aparata, pritiska hidrauličkog ulja i dr.
- Električne zaštite.
- Tehnološke zaštite.

- Regulaciju rada po nivou, regulator brzine okretaja (turbinski regulator), regulator napona, regulator  $\cos \varphi$ , grupnu regulaciju.
- Signalizacija.
- Arhiviranje podataka.



## Koncepcija rada elektrane

MHE je izvedena:

Za **paralelan rad na postojećoj mreži** kada se može smatrati:  
**potpuno automatizovanom i**  
**i osposobljenom za rad bez posade**

Za **samostalan (izolovan, ostrvski)** za vlastitu potrošnju i tada se može smatrati:  
**djelimično automatizovanom i**  
**i osposobljena za rad uz obavezno prisustvo posade**

### N A P O M E N A:

**ELEKTRANA NIJE IZVEDENA ZA SAMOSTALNO NAPAJANJE ŠIROKE POTROŠNJE I NIJE DOZVOLJENO SAMOSTALNO NAPAJANJE ŠIROKE POTROŠNJE U NORMALNIM USLOVIMA.**

### Sinhronizacija

Predviđena je automatska sinhronizacija. Sinhronizacija treba biti izvedena da budu zadovoljeni uslovi:

Razlika napona:  $\Delta U < \pm 10\% U_n$

Razlika frekvencije:  $\Delta f < \pm 0,5 \text{ Hz}$

Razlika faznog ugla:  $\Delta \varphi < \pm 10\%$ .

### Mjerenja

Mjerenja uključuju mjerenja:

Električnih veličina i

Tehnološka mjerenja

### Zaštite

#### Elektro zaštite

Ove zaštite treba da obezbjede:

zaštitu elektrane u slučajevima kvarova i poremećaja u mreži (kratak spoj, zemljospoj, promjena napona i/ili promjena frekvencije) pri paralelnom radu.

Djelovanjem ovih zaštita treba automatski da se prekine paralelan rad elektrane sa mrežom i izvrši brzo zaustavljanje agregata.

Zaštitu generatora od unutrašnjih kvarova.

Zaštitu transformatora

Zaštitu ostalih elektroelemenata u elektrani u slučaju kvarova

#### Tehnološke zaštite

Ove zaštite treba da obezbjede zaštitu turbine kao i čitavog agregata od nenormalnih uslova rada, turbinskog agregata kao i ležejeve agregata od nedozvoljenog rasta temperatura.

### Regulacija

U elektrani se vrše slijedeće regulacije:

- regulacija rada po nivou,
- regulacija rada po snazi
- grupna regulacija
- Turbinska regulacija
- Regulacija napona.. Postoji interfejs između automatskog regulatora napona i sistema upravljanja preko kojeg sistem upravljanja zadaje regulatoru referentnu vrijednost napona u cilju vršenja sinhronizacije i  $\cos\phi$  regulacije.
- $\cos\phi$  regulacija
- regulacija brzine u ostrvskom režimu rada.

### **SCADA**

SCADA sistem je izveden na personalnom računaru i treba da obezvjedi daljinsko upravljanje elektranom preko interfejsa sa sistemom lokalnog upravljanja. Obim komandovanja elektranom sa SCADA je redukovan u odnosu na lokalno upravljanje u skladu sa propisima, standardima i praksom. S druge strane SCADA sistem treba da ima daleko veće mogućnosti arhiviranja podataka u odnosu na lokalni sistem.

## **13. Signalizacija i alarmi**

Signalizacija i alarmi su ostvareni zvučnim signalom i ispisom poruka na upravljačkim panelim u strojari, kao i zvučnim i svjetlosnim signalima i ispisom poruka na SCADA sistemu. Zvučni signali na sistemu lokalnog upravljanja u strojari su neaktivni ukoliko je elektrana bez posade. SCADA sistem u slučaju kvara u elektrani i određenih događaja šalje alarm na jedan ili više tel. brojeva.

## **14. Sistem jednosmjernog napona**

Sistem jednosmjernog napona omogućava besprekidno napajanja svih potrošača koji rade na 24 V jednosmjerni napon. To se prije svega odnosi na PLC-ove i njihove komponente, zatim na sklopke za transfer vlastite potrošnje, pumpu hidrauličkog agregata pokretanu jednosmjernim motorom a koja omogućava «black start» agregata, kao i napajanje sredjenaponskog postrojenja. Takođe, sistem jednosmjernog napona obezbjeđuje signalni i upravljački napon 24 V jednosmjerno.

Sistem jednosmjernog napona omogućava funkcionisanje sistema upravljanja više od 24 sata u slučaju nestanka 0,4 kV napajanja. Poslije isteka tog vremena došlo bi do pada sistema zbog pražnjenja akumulatora što treba spriječiti primjenom odgovarajuće zaštite.

Sistem jednosmjernog napona treba da obezbjedi i napajanje signalnih i upravljačkih krugova SN postrojenja.

## **15. Komunikacije**

Elektrana je opremljena običnom telefonskim linijama za govorne komunikacije. Za daljinsko upravljanje elektranom kao najjednostavnije rješenje se koristi ista

telefonska linija što omogućava povremeno uključivanje kao i alarmiranje u slučaju kvara ili određenih događaja u elektrani.

Kao opcija može se pored obične telefonske linije koristiti i GSM veza kojom bi se (koristeći SMS) vršilo alarmiranje u slučaju kvara ili određenih događaja u elektrani kao i povremeni uvid u osnovne parametre elektrane i eventualno upravljanje ograničenog obima.

U slučaju potrebe stalnog daljinskog upravljanja elektranom potrebno je obezbjediti stalnu žičanu, optičku ili radio vezu između elektrane i mjesta sa kojeg se vrši nadzor.

## **16. Sistem uzemljenja**

Uzemljenje je ostvareno mrežom u betonskoj konstrukciji strojare napravljenom od Fe-Zn trake. Mreža se sastoji od temeljnog uzemljivača u obliku prstena položenog u temelje strojare i prstena na koti montaznog platoa. Ovi prstenovi su vertikalno povezani na četiri ugla. Ova mreža od Fe-Zn trake je povezana sa armaturom u više tačka ukrštanja. Sa takve mreže izvedeni su izvodi u kablovski kanal, izvodi do generatora i turbina, transformatora, sredjenaponskog postrojenja, ormara elektro opreme i izvod za priključak glavnog uzemljivača. Glavni uzemljivač je formiran pružanjem Fe-Zn trake oko strojare u obliku prstena na udaljenosti od 2 m od zidova strojare kao i polaganjem Fe-Zn trake u kanal za polaganje kabla za priključak na mrežu, uz trasu cjevovoda i po potrebi u drugim pravcima. Sa glavnog uzemljivača predviđena su četiri izvoda za priključak spustova gromobranske zaštite koji se nalaze na uglovima strojare.

Predviđeno je izvođenje uzemljenja na brani radi zaštite opreme na istom.

## **17. Kablovi**

Svi kablovi (signalni, energetske) su položeni u kablovske kanale u strojari dimenzija 400x400 mm, 200x200 mm, zatim u metalne kanalice, metalne konzole i kroz plastične instalacione cijevi raznih dimenzija. Kablovi za napajanje vlastite potrošnje na brani i signalni kabl za branu i vodostan ukopani su u zemlju duž trase cjevovoda i tunela. 35 kV kablovi od SN postrojenja do stubova položeni su dijelom u kablovski kanal a dijelom ukopani u zemlju.

## **18. Osvjetljenje i elektroinstalacije objekata Elektrane**

Osvjetljenje i elektroinstalacije su predviđene u strojari i na brani. Čine ga unutrašnje i vanjsko osvjetljenje strojare, elektroinstalacije u strojari i osvjetljenje i elektroinstalacije na brani. Osvjetljenje i elektroinstalacije strojare napajaju se sa posebnog ormara koji se napaja sa vlastite potrošnje elektane. Osvjetljenje i elektroinstalacije strojare i brane se izvode nezavisno od ostalog elektormašinskog dijela elektrane, najčešće u okviru građevinskih radova.

## 19. Sistem vatrodojave i protivprovale

Za elektranu je predviđen sistem vatrodojave i protivprovale. Kako je elektrana predviđena za rad bez stalnog prisustva posade sistem vatrodojave i protivprovale je povezan sa sistemom upravljanja tako da se kod određenih događaja koje registruje ovaj sistem vrši automatsko zaustavljanje agregata i dovođenja dijela opreme u beznaponsko stanje. Također, u slučaj određenih događaja koje registruje ovaj sistem šalje se automatski poruka o događaju na jedan ili više telefonskih brojeva putem fiksne ili mobilne telefonske mreže.

## 20. Protupožarna zaštita

Za ovu snagu elektroenergetskih objekata nije obavezna oprema za automatsko gašenje požara tako da su za ovu svrhu predviđeni prenosni protiv požarni aparati za ručno gašenje.

## 21. Dizalica

Obzirom na težine i gabarite dijelova i sklopova elektromašinske opreme najpovoljnije rješenje je kranska dizalica

Procjenjena nosivost dizalice je \_\_\_ kN što će biti tačno precizirano kada se budu znali precizni podaci o opremi.

## 22. Drenažni sistem

U skladu sa, projektnim rješenjem je predviđeno da se sve procjedne vode elektrane (oticanje procjedne vode sa brtve vratila turbine kao i pražnjenje kućišta i dovodnih cijevi za vrijeme remonta) skupljaju u drenažni šaht smješten u strojari. U šahtu je smještena jedna klasična pumpa sa potopljenim motorom, kojom se procjedna voda putem odvodne cijevi odvodi u prostor difuzora.

Pumpa može da radi potpuno automatski obzirom da su u šaht postavljene nivo-sklopke kojima je omogućen ovakav način rada. Na izlazu iz odvodnog cjevovoda je postavljen žablji poklopac, te je time spriječen ulazak vode i njeno proticanje u suprotnom smjeru. Drenažni šaht je opremljen potrebnim penjalicama za silazak i prekrićima u vidu rešetke.