

POKRETANJE ELEKTRANA BEZ PRISUSTVA VANJSKOG NAPONA (BLACK START)

STUDIJA



NOSBiH
НОСБих

Decembar 2009



Nezavisni operator sistema u Bosni i Hercegovini
Независни оператор система у Босни и Херцеговини
Neovisni operator sustava u Bosni i Hercegovini
Independent System Operator in Bosnia and Herzegovina

NAZIV ZADATKA: **POKRETANJE ELEKTRANA BEZ PRISUSTVA VANJSKOG NAPONA („BLACK START“) – STUDIJA**

URAĐEN OD: **NEZAVISNI OPERATOR SISTEMA U BOSNI I HERCEGOVINI – PLAN RADA ZA 2009. GOD.**

**Rješenje Generalnog direktora NOS BiH
br. 02-3938/08 od 09.12.2009.**

Supervizor projektnog tima: **Omer Hadžić, dipl.inž.el.**

Koordinatori Projektnog tima:

- mr Nikola Rusanov, dipl.inž.el. – Koordinator rada
- Vojislav Pantić, dipl.inž.el.- Koordinator tehničkih aktivnosti
- mr Josip Dolić, dipl.iur. – Koordinator općih i administrativnih aktivnosti

Članovi Projektnog tima:

- mr Husnija Ferizović, dipl.inž.el.
- Aldin Mešanović, dipl.inž.el.
- mr Milodrag Košarac, dipl.inž.el.
- mr Mirsad Šabanović, dipl.inž.el.
- Aleksandar Miliša, dipl.inž.el.
- Dženeta Erović, dipl.inž.el.
- Senad Hadžić, dipl.inž.el.
- Milan Jovović, dipl.inž.el.
- Mario Šeremet, dipl.inž.el.
- Milorad Tuševljak, dipl.inž.el.

Konsultanti:

- Zlatan Planinčić, dipl.inž.el. – JP Elektroprivreda BiH
- Ilija Tamindžija, dipl.inž.el. – Elektroprivreda RS
- Mario Menalo, dipl.inž.el. – JP Elektroprivreda HZ HB

Generalni Direktor

Omer Hadžić

Sadržaj

1	Definicije	5
2	Zadatak i cilj	6
2.1	Projektni zadatak	7
3	Uvod	10
4	<i>Black start</i> kao pomoćna usluga	12
4.1	Pomoćne i systemske usluge	12
4.2	Karakteristični zahtjevi	14
4.3	Testiranje	14
5	<i>Black start</i> kao način restauracije EES-a BiH	15
5.1	Kriteriji za <i>black start</i> jedinice	15
5.2	Sagledavanje mogućnosti <i>black starta</i> elektrana	16
5.2.1	HE Mostar	17
5.2.2	HE Peć Mlini	17
5.2.3	HE Jablanica	17
5.2.4	HE Jajce 1	18
5.2.5	HE Jajce 2	18
5.2.6	HE Bočac	18
5.2.7	Zaključno razmatranje	19
5.3	Određivanje iznosa snage za opterećivanje generatora	19
5.3.1	Podizanja sistema	22
5.4	Osjetljivost karakterističnih potrošača na dužinu trajanja beznaponskog stanja	28
5.5	Procedure za pokretanje <i>black starta</i>	29
6	Troškovni aspekti <i>black start</i> usluge	30
6.1	Određivanje cijena za pomoćne usluge	30
6.1.1	Tržišno određivanje cijena	30
6.1.2	Regulisano određivanje cijena	30
6.1.3	Pregled situacije u Evropi	30
6.2	Troškovi proizvodnje električne energije	37
6.2.1	Apsolutni troškovi	37
6.2.2	Jedinični troškovi	38
6.2.3	Varijabilni jedinični troškovi	39

6.3	Aktuelna situacija u BiH.....	40
7	Zaključci.....	42
8	Literatura	44
9	Prilog A: Hidroelektrane u EES BiH	45
9.1	HE Grabovica	46
9.2	HE Salakovac	55
9.3	HE Jablanica	63
9.4	HE Bočac	76
9.5	HE Dubrovnik.....	83
9.6	HE Višegrad	88
9.7	HE Trebinje 1	99
9.8	HE Trebinje 2	109
9.9	HE Rama.....	117
9.10	CHE Čapljina	129
9.11	HE Jajce 1	138
9.12	HE Jajce 2	147
9.13	HE Mostar	158
9.14	HE Peć Mlini.....	167
10	Prilog B: Termoelektrane u EES BiH	179
10.1	TE Ugljevik.....	180
10.2	TE Gacko	190
10.3	TE Kakanj	198
10.4	TE Tuzla.....	206

1 Definicije

<i>Black start</i> jedinica	Generator koji se može startovati bez vanjskog napajanja
<i>Black start</i> Elektrana	Elektrana sa <i>black start</i> jedinicima.
Pomoćne usluge	Sve usluge, osim proizvodnje i prenosa električne energije, koje se isporučuju NOS-u u svrhu pružanja sistemskih usluga, uključujući, između ostalog, i kontrolu frekvencije, rezerve, reaktivnu snagu, kontrolu napona i mogućnost startovanja elektrane bez vanjskog napajanja električnom energijom. (<i>Zakon o osnivanju nezavisnog operatora sistema za prenosni sistem u Bosni i Hercegovini</i>)
Sistemske usluge	Sve usluge koje pruža NOS kako bi se obezbijedio siguran i efikasan transport električne energije u prenosnom sistemu, riješili prekidi u transportu električne energije većeg nivoa i održavao i ponovo uspostavio balans energije u prenosnom sistemu. (<i>Zakon o osnivanju nezavisnog operatora sistema za prenosni sistem u Bosni I Hercegovini</i>)
Djelimični raspad sistema	Nestanak napona na ograničenom području sa posljedicom ispada proizvodnih jedinica i prekida snabdijevanja električnom energijom.
Totalni raspad sistema	Situacija u kojoj je sva proizvodnja prekinuta i nema snabdijevanja električnom energijom iz eksternih interkonekcija.

2 Zadatak i cilj

Djelimični ili potpuni raspad sistema su najteži pogonski događaji koji zahtijevaju precizno razrađene procedure, pogonsku spremnost proizvodnih objekata koji pružaju pomoćnu uslugu i obučenost operativnog osoblja. Cilj ove studije je da sagleda mogućnost proizvodnih objekata EES BiH za pružanje pomoćne usluge *black start*, predloži eventualne potrebne korektivne mjere i definiše pogonske zahtjeve i procedure u slučaju aktiviranja ove usluge.

2.1 Projektni zadatak



Nezavisni operator sistema u Bosni i Hercegovini
Независни оператор система у Босни и Херцеговини
Neovisni operator sustava u Bosni i Hercegovini
Independent System Operator in Bosnia and Herzegovina

Broj: 4/81/08

Datum: 22.12.2008. godine

PROJEKTNI ZADATAK ZA IZRADU STUDIJE AUTONOMNO POKRETANJE PROIZVODNIH JEDINICA (“BLACK START”)

1. UVOD

"Black start" je sposobnost autonomnog (samostalnog) pokretanja agregata proizvodne jedinice iz stanja mirovanja u stanje spremnosti za terećenje bez prisustva mrežnog napona ili napona iz bilo kojeg drugog izvora izvan vlastitog postrojenja. Dalje opterećenje agregata se provodi nalogima Dispečerske službe NOS-a.

Zahtjev za pomoćnom uslugom "black starta", odnosno zahtjev da određeni agregati mogu pružiti ovu uslugu sistemu definisan je Mrežnim kodeksom (tačke 5.20.09. i 8.3.) kao i u UCTE preporukama (Operation Handbook, P5-Policy 5: Emergency Operations [D], Ch. B. System restoration after collapse, R2.5., P5-10).

Aktiviranje systemske usluge "black start" je sastavni dio Plana odbrane od velikih poremećaja i kao takav je obavezan za sve korisnike elektroenergetskog sistema Bosne i Hercegovine. U toku aktiviranja funkcije "black starta" suspenduju se odredbe Mrežnog kodeksa i Tržišnih pravila koje se odnose na rad sistema u normalnom pogonu i svi učesnici moraju u najkraćem roku izvršavati naloge Dispečerske službe NOS BiH, osim u slučaju da izvršenje tih naloga može dovesti do ugrožavanja ljudi i opreme o čemu se odmah mora obavjestiti davalac naloga.

Sa aspekta funkcioniranja i globalne sigurnosti sistema, te daljnjeg razvoja tržišta električnom energijom i tržišta pomoćnim sistemskim uslugama, sposobnost agregata za "black start" treba istražiti, testirati i certificirati. (MK 10.2.).

Registracija: Ministarstvo pravde BiH, 08-50.3-7-3/05
Identifikacijski broj: 420077780003
PDV broj: 20077780003
Žiro račun: 1610000004670076 - Raiffeisen Bank d.d. BiH
IBAN CODE: BA39161000000895291
SWIFT: RZBABA25

H. Čemerlića 2, 71000 Sarajevo, BiH
Tel: +387 33 720 400
Fax: +387 33 720 494
www.nosbih.ba
info@nosbih.ba

2. CILJEVI PROJEKTA

Evropska, pa i svjetska iskustva u eksploataciji elektroenergetskih sistema, ukazuju na pojavu takvih havarijskih stanja koja mogu dovesti do narušavanja integriteta sistema sa ispadanjem iz pogona značajnih proizvodnih i prenosnih kapaciteta čija je posljedica djelimičan ili potpuni raspad sistema koji može zahvatiti i vrlo široka područja. Uzroci koji dovode do ovih teških poremećaja mogu biti prirodnog porijekla (elementarne nepogode sa dugotrajnim oštećenjem proizvodnih i prenosnih kapaciteta), kaskadnim i/ili neselektivnim djelovanjem sistemske zaštite i ljudskim faktorom (pogrešne procjene ili nepravovremene akcije operativnog osoblja u kritičnim situacijama).

Sanacija beznaponskog stanja, kao posljedica djelimičnog ili potpunog raspada, treba da traje što kraće vrijeme. U takvim situacijama potrebno je u što kraćem roku obezbijediti napajanje bar prioriternih potrošača, bez obzira na cjelovitost elektroenergetskog sistema.

Osnovni cilj Projekta je da se, u skladu sa odredbama Mrežnog kodeksa i Tržišnih pravila, razrade i testiraju odgovarajuće procedure za stvaranje efikasnih preduslova neophodnih za angažovanja pomoćne usluge "black starta" u EES Bosne i Hercegovine. Da bi ovaj cilj bio efikasno ostvaren, realizacija Projekta treba da obuhvati sljedeće segmente:

- 2.1. Formiranje detaljne tehničke baze podataka o proizvodnim kapacitetima, uključujući i karakteristike turbinske i naponske regulacije, koji imaju ili trebaju imati sposobnost davanja sistemske usluge "black starta" sa aspekta zahtjeva sistema. Na bazi ovih podataka potrebno je definisati uputstva operativnom osoblju i izvršiti njihovo osposobljavanje za aktiviranje ove sistemske usluge.
- 2.2. Formiranje detaljne tehničke baze podataka o prioritetnim potrošačkim kapacitetima, posebno sa aspekta pokretanja velikih motora, uključujući i sopstvenu potrošnju termoelektrana u cilju što skorijeg obezbjeđenja napona kako ne bi došlo do ugrožavanja ljudi, sačuvali tehnološki procesi koji zbog prekida napajanja mogu dovesti do velikih šteta i sačuvali termički parametri termoelektrana čime bi se obezbjedio njihov što brži povratak na mrežu.
- 2.3. Formiranje simulacionog modela kojim će biti omogućeno testiranje različitih scenarija ponovnog napajanja prioriternih potrošača u cilju provjere efikasnosti predloženih procedura, obuke operativnog osoblja i provjere njihove spremnosti za aktiviranje ove sistemske usluge i ponovnog uspostavljanja integriteta elektroenergetskog sistema Bosne i Hercegovine.

3. SADRŽAJ PROJEKTA

- 3.1. Obraditi "black start" kao pomoćnu uslugu elektroenergetskom sistemu. Analizirati elemente troškova ove pomoćne usluge i načina njihovog obezbjeđenja u skladu sa Tržišnim pravilima i odlukama DERK-a. Navesti iskustva drugih zemalja u pokrivanju troškova "black starta",
- 3.2. Prikupiti i proučiti dokumentaciju izvedenog stanja u hidroelektranama EES BiH relevantnu za predmetno istraživanje (tabela u prilogu),

- 3.3. Istražiti da li je elektrana/agregat projektno predviđen za uslugu "black starta", odnosno da li postojeća oprema i sistemi turbinske i naponske regulacije omogućavaju realizaciju "black starta",
- 3.4. Testirati da li su postojeći, od mreže nezavisni izvori u odabranim elektranama (kućni hidroagregati, diesel agregati, istosmjerno napajanje, ..) dovoljne snage / kapaciteta za osiguranje napajanja vlastite potrošnje neophodne za "black start" agregata. Ocjeniti spremnost i obučenost operativnog osoblja elektrane za samostalno pokretanje agregata bez prisustva vanjskog napajanja. Po potrebi ukazati na neophodne zahvate da se ispune minimalni zahtjevi a da se ne ugrozi sigurnost agregata,
- 3.5. Istražiti da li postoje ograničenja na izvođenje "black starta" agregata od strane sistema zaštite (električne i tehnološke), sistema turbinske i naponske regulacije, prvenstveno regulacije brzine i ograničenja po reaktivnoj snazi. U slučaju potrebe dati prijedlog mjera kako da se ta ograničenja zaobiđu u fazi "black starta" a da se pritom bilo koja oprema ne dovede u opasnost od oštećenja,
- 3.6. Provjeriti da li postoje neke međusobne zavisnosti pojedinih agregata (u višeagregatnoj elektrani) i njihovih podsistema koje mogu biti neko ograničenje za sposobnost "black starta",
- 3.7. Definirati minimalno vrijeme za aktiviranje black starta u zavisnosti od stanja u susjednim sistemima,
- 3.8. Načiniti detaljne programe testiranja "black starta" za agregate za koje je utvrđena sposobnost pružanja ove pomoćne usluge,
- 3.9. Analizirati osjetljivost karakterističnih potrošača na dužinu trajanja beznaponskog stanja (npr. Aluminij, Mittal, rudnici sa podzemnom eksploatacijom, termoelektrane,...),
- 3.10. Na temelju provedenih istraživanja sačiniti prijedloge procedura za izvođenje "black starta" pomoću agregata koji su prema rezultatima istraživanja i poduzetim mjerama sposobni za tu pomoćnu uslugu.
- 3.11. Formirati simulacioni model i razraditi karakteristične scenarije za provjeru obučenosti i spremnosti operativnog osoblja NOS BiH za aktiviranje pomoćne usluge „black start" i ponovnog uspostavljanja elektroenergetskog sistema Bosne i Hercegovine i njegove konekcije sa susjednim sistemima.

Za projektni tim


mr. Nikola Rusanov dipl. el. inž


Generalni Direktor

Omer Hadžić, dipl.inž.el.

3 Uvod

Elektroenergetski sistem predstavlja jedinstvenu tehničko-tehnološku cjelinu u kojoj se istovremeno odvijaju procesi proizvodnje, prenosa, distribucije i potrošnje električne energije. Osnovni zadatak elektroenergetskog sistema je neprekidna, pouzdana i ekonomski prihvatljiva isporuka električne energije krajnjim korisnicima uz ispunjavanje deklariranih ili dogovorenih uslova kvaliteta električne energije. Jedinstvo i jednovremenost tehnološkog procesa i ispravno funkcionisanje elektroenergetskog sistema uslovljava neophodnu harmonizaciju cjelokupnog tehničko-tehnološkog lanca od proizvodnje preko prenosne i distributivne mreže do krajnjih korisnika i postavlja stroge zahtjeve za međusobnu usklađenost njihovih sistema zaštite, regulacije i upravljanja.

Elektroenergetski sistemi zbog svoje veličine, rasprostranjenosti i velikog broja elemenata koji učestvuju u cijelom lancu od proizvođača do krajnjih korisnika podložni su velikom broju nepovoljnih faktora uzrokovanih vanjskim (nepovoljne vremenske okolnosti, namjerna ili slučajna oštećenja pojedinih elemenata, pogrešne manipulacije, nemogućnost zadovoljenja potrošnje ili plasmana proizvodnje zbog ograničenih kapaciteta prenosne ili distributivne mreže) i unutrašnjim uticajima (ispadi generatora i transformatora zbog kvarova, proboj izolatora, zatajenje prekidača ili zaštita i sl.). Vrlo često inicijalni kvar ili oštećenje jednog elementa prati kaskadni ispad drugih elemenata tehničko-tehnološkog lanca, dovodeći elektroenergetski sistem do djelimičnog ili potpunog raspada i prekida napajanja korisnika na užem ili širem području i ugrožavanja njihovih tehnoloških procesa ili postrojenja. Ovo se posebno odnosi na interkonektivne sisteme. Iako je osnovni cilj povezivanja u interkonekcije, povećanje sigurnosti i omogućavanje transakcija električne energije, poremećaji iz pogođenog sistema preko učvorenih prenosnih mreža lako se prenose u druge sisteme izazivajući u njima opasnost od širenja inicijalnog poremećaja čime se nepovoljni efekti reflektuju na veoma široka područja.

U svakom pojedinačnom sistemu je potrebna usklađenost karakteristika zaštitnih i prekidačkih elemenata prenosnih vodova, transformatora i generatorskih jedinica u smislu selektivnosti i vremena djelovanja, kao i usklađenost statičkih i dinamičkih karakteristika regulatora napona i turbinskih regulatora proizvodnih jedinica, te obezbjeđenja odgovarajuće snage primarne i sekundarne regulacije.

Zahtjevi za harmonizaciju karakteristika elemenata elektroenergetskog sistema su imperativno definisani u Mrežnom kodeksu. Međutim, ovi zahtjevi se i dodatno potenciraju u uslovima otvorenog tržišta električnom energijom zbog uticaja performansi sistema ne samo u okvirima državnih granica, već i na regionalnom, pa i širem planu.

U svom radu EES se može nalaziti u različitim radnim režimima. Prelaz iz jednog u drugi režim obavlja se bilo spontano (odnosno nekontrolisano) pod dejstvom nekih nepredviđenih događaja (kvarovi, uticaj okruženja) ili namjerno (prinudno) djelovanjem upravljanja.

Dakle, mogu se definisati osnovne klase radnih režima i to:

- ✓ Normalni radni režim (*Normal operating state*),
- ✓ Poremećeni (havarijski) režim (*Emergency operating state*),
- ✓ Posthavarijski restaurativni režim (*Restorative operating state*)

Najveći dio vremena, svaki elektroenergetski sistem provodi u normalnom radnom režimu. Tada su sve potrebe potrošača zadovoljene (ograničenja potrošnje, izražava se preko jednačina bilansa aktivnih i reaktivnih snaga u svim čvorištima EES i globalno za cio sistem), postoje dovoljne rezerve u proizvodnim i prenosnim kapacitetima, a frekvencija sistema, naponi čvorišta, struje, tokovi snaga po granama, aktivne i reaktivne proizvodnje generatora su u granicama dozvoljenih promjena i nema preopterećenih elemenata sistema (pogonska ograničenja nisu narušena).

U takvom normalnom radnom režimu često postoje neka potencijalno opasna stanja, koja mogu biti prouzrokovana različitim iznenadnim poremećajima. Uobičajena je praksa da se sigurnost pogona održava samo za jednostruke poremećaje (sigurnosna ograničenja, n-1 kriterij sigurnosti). Kada su sva tri skupa ograničenja zadovoljena (ograničenja potrošnje, pogonska ograničenja, sigurnosna ograničenja) EES se nalazi u **normalno sigurnom režimu**, a ako su ograničenja potrošnje i pogonska ograničenja zadovoljena, a sigurnosna ograničenja nisu (n-1 kriterij sigurnosti nije ispunjen), sistem se nalazi u **normalno nesigurnom ili predhavarijskom režimu**. U ovom režimu se mogu poduzeti preventivne upravljačke aktivnosti s ciljem vraćanja sistema u normalni sigurni režim.

Ukoliko se u sistemu, koji se nalazi u predhavarijskom režimu desi poremećaj, za koji nije bio ispunjen kriterij sigurnosti n-1, sistem prelazi u **poremećeni (havarijski) režim**. U klasi poremećenih režima razlikuju se:

- ✓ neekstremno poremećeni režimi,
- ✓ ekstremno poremećeni režimi.

U neekstremno poremećenim režimima, balans snage je očuvan (ograničenja potrošnje zadovoljeno) kao i sinhroni režim rada generatora, ali jedna ili više komponenti sistema je preopterećena. Rezerva sistema ne postoji i nije ispunjen n-1 kriterij sigurnosti. Međutim sistem još funkcioniše bez izmjene u strukturi tako da se korektivne aktivnosti protuhavarijskog upravljanja mogu poduzeti sa ciljem rasterećenja preopterećenih elemenata. Cilj je prinudnim djelovanjem vratiti sistem u jedan od normalnih režima.

Ukoliko se ove aktivnosti ne poduzmu na vrijeme ili ukoliko nisu efikasne, ili ako se u sistemu u neekstremno poremećenom režimu pojavi poremećaj dovoljnog inteziteta da izazove i narušavanje ograničenja potrošnje, sistem prelazi u ekstremno poremećeni režim. Tada najčešće dolazi do dezintegracije EES-a i formiranja ostrva u kojima postoje debalansi snage. Aktivnosti korektivnog protuhavarijskog upravljanja mogu biti usmjerene na očuvanje prenosne mreže ili u smjeru kontrolisane internacionalne dezintegracije sistema sa ciljem očuvanja što je moguće većeg dijela EES-a od totalnog kolapsa. Zavisno od efikasnosti i mogućnosti protuhavarijskog upravljanja, iz ovog stanja EES može da se pređe u:

- ✓ Posthavarijsko restorativno stanje, nakon zaustavljanja kolapsa funkcije sistema, obično sa nekoliko formiranih ostrva u kojima su zadovoljena pogonska ograničenja a ograničenja potrošnje nisu. U daljoj proceduri vrši se resinhronizacija ostrva i prinudni prelazak sistema, korištenjem postupaka posthavarijskog upravljanja, u jedan od normalnih režima.
- ✓ Stanje nekontrolisane dezintegracije sistema, što obično rezultira totalnim kolapsom funkcije sistema i prekidom napajanja svih potrošača. Iz ovog stanja, zasebnim procedurama vrši se ponovno uspostavljanje funkcije sistema korištenjem inicijalnih izvora električne energije (dizel agregati, kućni hidrogeneratori, vanjski izvor energije).

Aktivnosti na spečavanju pojave kritičnih događaja i nepotrebnog širenja neželjenih posljedica kao mjere odbrane sistema od velikih poremećaja moraju se predviđati već u fazi planiranja razvoja i izgradnje elektroenergetskog sistema u cjelini, trajno se moraju usklađivati sa realnim stanjem sistema i dopunjavati i po potrebi mijenjati na temelju pogonskih iskustava i rezultata analiza i simulacija kritičnih pogonskih događaja. Na bazi ovih postavki pripremaju se tehnički i kadrovski preduslovi za realizaciju mjera u slučaju rada sistema u otežanim uslovima ili poremećenom pogonu.

4 Black start kao pomoćna usluga

4.1 Pomoćne i sistemske usluge

Generalno posmatrajući može se reći da su sistemske usluge one usluge koje operator prenosnog sistema pruža EES-u kako bi se omogućila isporuka električne energije svim potrošačima po definisanim standardima (sigurnost, kvalitet). Da bi operator prenosnog sistema mogao da pruža sistemske usluge njemu su neophodne pomoćne usluge koje nabavlja od tržišnih učesnika (dominantno od proizvođača).

Radi ostvarenja usluga sistema operator prenosnog sistema obezbjeđuje pomoćne usluge od korisnika mreže koji te usluge pružaju. Te usluge su:

- ✓ sekundarna i tercijarna regulacija,
- ✓ naponska reaktivna podrška,
- ✓ spremnost elektrane za *black start*, odnosno spremnost elektrane za ostrvski rad.

Pomoćne usluge pružaju korisnici konektovani na prenosnu mrežu (proizvođači) na zahtjev operatora prenosnog sistema. Te usluge operator koristi za pružanje sistemskih usluga.

Sistemske usluge su one koje u slučajevima neophodnim za normalno funkcionisanje elektroenergetskog sistema operator sistema pruža korisnicima u cilju isporuke električne energije odgovarajućeg kvaliteta:

- ✓ održavanje frekvencije,
- ✓ regulacija napona,
- ✓ ponovna uspostava napajanja,
- ✓ upravljanje sistemom.

Generalno govoreći, sa aspekta *black starta* može se reći da bi sistemska usluga koju bi operator prenosnog sistema pružao sistemu bila „restauracija sistema i ponovna uspostava napajanja“, dok bi pomoćna usluga bila „mogućnost startovanja elektrane bez vanjskog napajanja električnom energijom“ (većina evropskih operatora ovu uslugu naziva „*black start capability*“).

Prema *UCTE Handbook-u*, *black start capability* je „sposobnost proizvodne jedinice da se iz stanja kada je bila isključena sa mreže vrati u operativno stanje, i počne da isporučuje snagu, bez pomoći elektroenergetskog sistema“. (*UCTE Operation Handbook – Glossary*)

Zahtjev za pomoćnom uslugom *black starta*, odnosno zahtjev da određeni agregati mogu pružiti ovu uslugu u BiH regulativi je definisan Mrežnim kodeksom kao i u UCTE preporukama

(Operation Handbook, P5-Policy 5: Emergency Operations [E], Ch. B. System restoration after collapse, R2.5., P5-10).

Prema pravilima UCTE, svim elektroenergetskim sistemima je neophodan planski aranžman vezano za ponovno uspostavljanje napajanja nakon neželjenog slučaja djelimičnog ili totalnog raspada.

U principu, svim proizvodnim objektima (elektranama) je potrebno napajanje da bi se pokrenuli. U normalnim okolnostima taj napon se obezbjeđuje sa prenosne ili distributivne mreže. U režimima poremećenog pogona, kada se koristi *black start* usluga, proizvodni objekti sposobni za pružanje ove usluge, obezbjeđuju potrebne elektroenergetske uslove od malih nezavisnih generatora lociranih u samom objektu. To mogu biti tzv. "kućne turbine" – mali hidroagregati, dizel agregati ili male gasne turbine čija je snaga dovoljna za obezbjeđenje najnužnijih potreba za pokretanje proizvodne jedinice koja obezbjeđuje uslugu *black starta*. Pokretanjem veće proizvodne jedinice se stvaraju uslovi za napajanje dijela mreže i drugih generatora u toj oblasti. Zahvaljujući toj sposobnosti, jedan broj proizvodnih objekata i potrošača u toj regiji će ponovo uspostaviti pogon u odvojenom ostrvskom režimu.

Iskustva pokazuju da nije ekonomično da se obavezuju svi proizvodni objekti da posjeduju mogućnost *black start* usluge. Opšte prihvaćena praksa je da operator prenosnog sistema definiše uslove koje je potrebno da ispuni jedinica koja će moći da pruža pomoćnu uslugu *black start* i zaključuje ugovore o pružanju ove pomoćne usluge sa pružaocima. Uobičajeno je da većina hidroagregata ima mogućnost pokretanja i spremnost za sinhronizaciju na mrežu bez vanjskog napona, ali podizanje sistema poslije raspada pored toga zavisi i od hidrauličkih karakteristika elektrane, regulacionog opsega turbinskog i naponskog regulatora, te lokalne mreže, uključujući i karakteristike potrošnje. U posljednje vrijeme, izgradnjom elektrana sa gasnim turbinama, usluga *black starta* se obezbjeđuje veoma efikasno i iz ovih elektrana.

Sposobnost generatorske jedinice za *black start* je neophodna za obnovu EES-a nakon totalnog raspada. Usluga omogućava da se naznače specifični generatori čija lokacija i sposobnost su potrebni za ponovno stavljanje pod napon prenosnog sistema, odnosno obnove rada EES BiH.

Ove naznačene generatorske jedinice, nazvane *black start* jedinicama, su generatorske jedinice koje su u stanju da se pokrenu bez prisustva vanjskog napona. Planiranje i održavanje adekvatnih proizvodnih jedinica sposobnih za obnovu sistema nakon totalnog raspada predstavlja prednost za sve korisnike prenosnog sistema.

Ako se dogodi djelimični ili totalni raspad *black start* jedinice moraju biti spremne za obnovu sistema. Specifične generatorske jedinice koje su identifikovane za pružanje *black start* usluge imaju sposobnost da se pokrenu bez prisustva vanjskog napona i na taj način obezbjeđe inicijalnu snagu za restauraciju sistema.

Sve *black start* jedinice trebale bi imati pravo pokrivanja potrebnih troškova, ali takođe moraju uspješno proći testiranje koja se odnose na sposobnost *black starta*.

Planovi obnove koji se odnose na *black start* trebaju biti periodično pregledani i inovirani zajedno sa pružaocima ove usluge kako bi se izvršile eventualne promjene, odredili novi zahtjevi ili dodale nove proizvodne jedinice.

Trenutna situacija u BiH je da NOS BiH u saradnji sa elektroprivredama identifikuje proizvodne jedinice koje imaju tehničku mogućnost za pružanje ove usluge.

4.2 Karakteristični zahtjevi

Svaka *black start* jedinica treba ispuniti sljedeće karakteristične zahtjeve:

- ✓ Mogućnost sopstvenog starta bez bilo kakvog vanjskog napajanja, unutar definisanog vremena u skladu sa procedurama za obnovu sistema, kao što je demonstrirano u proceduri testiranja.
- ✓ Mogućnost uključenja na beznaponsku sabirnicu.
- ✓ Sposobnost održavanja frekvencije usljed promjene opterećenja. Ovo može biti demonstrirano uključenjem izolovanog opterećenja ili odgovarajućim dinamičkim testiranjem regulatora (*off-line*).
- ✓ Sposobnost održavanja napona usljed promjene opterećenja. Ovo može biti demonstrirano uključenjem izolovanog opterećenja i postavljanjem različitih napona dok je jedinica sinhronizovana na sistem ili odgovarajućim dinamičkim testiranjem regulatora za kontrolu napona (*off-line*).
- ✓ Mogućnost održavanja željene proizvodnje u toku obnove sistema.

Black start elektrana mora imati i održavati procedure za pokretanje *black start* jedinica, kao i obučeno osoblje za provođenje ovih procedura.

Prilikom sklapanja ugovora o pružanju pomoćnih usluga neophodno je kontinuirano tokom godine obezbjediti raspoloživost potrebnih proizvodnih jedinica za pružanje pomoćne usluge *black start* sa čime onda pružaoci treba da usklade svoje planove remonata. Operator prenosnog sistema prilikom odobravanja planova remonata treba provjeravati usklađenost planova sa ugovornim terminima.

Uobičajena je praksa da se *black start* jedinice angažuju za pružanje ove pomoćne usluge na minimalni period od godinu dana.

4.3 Testiranje

Svaka generatorska jedinica, koja obezbjeđuje *black start*, testira se kako bi se verifikovala sposobnost da može startovati i raditi u ostrvskom radu. Testovi trebaju da potvrde sposobnost generatora za ispunjavanje karakterističnih zahtijeva.

U BiH Mrežnim kodeksom je definisano da se sposobnost agregata za *black start* treba istražiti i testirati.

Testovi uključuju sljedeće:

- ✓ Pokretanje i dovođenje generatora do sinhronne brzine bez prisustva vanjskog napona.
- ✓ Simuliranje uključenja potrebnih za konektovanje jedinice na sistem nakon raspada.
- ✓ Testiranje telekomunikacionih veza.

Ukoliko se provodi testiranje, izvještaj uključuje sljedeće:

- ✓ Datum testa.
- ✓ Trajanje testa.
- ✓ Uslovi testa (temperatura, vremenski uslovi).
- ✓ Naznaka da li je jedinica bila u stanju da startuje bez konekcije na sistem.

- ✓ Naznaka mogućnosti zatvaranja prekidača na deenergiziranu sabirnicu.
- ✓ Naznaka sposobnosti ostajanja u stabilnom radu u toku rada jedinice do P_{min} .
- ✓ Opis pomoćne opreme potrebne za pokretanje.
- ✓ Opis komunikacionih veza za slanje podataka prema SCADA/EMS sistemu u NOS BiH i glasovnih komunikacionih veza.
- ✓ Objašnjenje o eventualnoj neuspješnosti testa i potrebnih korektivnih akcija.
- ✓ Obučenost operativnog osoblja.
- ✓ Kopije *black start* procedura.

Rezultati testova pokretanja i rada svake *black start* jedinice se dostavljaju NOS BiH.

Ako je verifikacija urađena kroz simulaciju, analiza mora biti rezultat dinamičke studije koja uključuje sve zahtjeve potrebne za testiranje.

5 *Black start* kao način restauracije EES-a BiH

Opšti princip procesa restauracije se zasniva na formiranju proizvodno-potrošačkih ostrva oko elektrana koje se mogu pokrenuti samostalno bez vanjskog napajanja. Ta ostrva se postepeno šire da bi se kasnije međusobno povezala i najzad resinhronizovala na glavninu evropske interkonekcije.

Proceduru za povratak u normalno stanje nakon potpunog ili djelomičnog raspada elektroenergetskog sistema inicira NOSBIH.

Procedurom *black start* samostalno se pokreću *black start* jedinice iz stanja mirovanja u stanje spremnosti za terećenje bez prisustva mrežnog napona ili napona iz bilo kojeg drugog izvora izvan vlastitog postrojenja. Dalje opterećenje agregata se provodi nalogima Dispečerske službe NOS BiH-a.

Procedura pokretanja *black starta* i ponovno uspostavljanje napajanja potrošača mora biti efikasna, a njeno sprovođenje što je moguće brže. To je potrebno da bi potrošači sa tehnološkim procesima osjetljivim na prekid napajanja što prije dobili potrebnu električnu energiju. Takođe je neophodno proslijediti napon do termoelektrana, koje su bile u pogonu neposredno prije raspada, kako ne bi izgubile termičke parametre i time još više otežale dovođenje sistema u normalan pogon.

U toku aktiviranja funkcije *black starta* suspenduju se odredbe Mrežnog kodeksa i Tržišnih pravila koje se odnose na rad sistema u normalnom pogonu i svi učesnici moraju u najkraćem roku izvršavati naloge Dispečerske službe NOSBIH.

5.1 Kriteriji za *black start* jedinice

Analizirajući EES BiH, zaključeno je da kriteriji za izbor *black start* elektrana trebaju biti:

- ✓ Naponski nivo elektrane (mogućnost prosljeđivanja napona potrošačkom čvoru bez dodatnih transformacija, preferira se napon 110 kV),

- ✓ Tehnički minimum elektrane (niži tehnički minimum omogućava brži prelaz u područje trajnog rada),
- ✓ Mogućnost pokretanja elektrane bez prisutnosti vanjskog napona (posjedovanje dizel agregata ili kućnih agregata),
- ✓ Snage izvora (dizel agregata ili kućnog agregata),
- ✓ Snaga sopstvene potrošnje elektrane (da li je snaga izvora dovoljna za pokrivanje sopstvene potrošnje),
- ✓ Blizina i snage potrošačkih čvorova,
- ✓ Mogućnost rada hidroelektrane u opsegu od 0 do P_{min}

Na osnovu prikupljenih i analiziranih podataka (tehničkih specifikacija, jednopolnih šema, pogonskih karata, blok dijagrama...) zaključeno je da su sljedeće elektrane odgovarajuće za pružanje pomoćne usluge *black starta*:

1. HE Mostar
2. HE Peć Mlini,
3. HE Jablanica,
4. HE Jajce 1,
5. HE Jajce 2,
6. HE Bočac.

U cilju sagledavanja mogućnosti *black starta* pomenutih elektrana analizirano je sljedeće:

- ✓ Dosadašnja iskustva vezana za pokretanje elektrane (HE) bez prisustva vanjskog napona,
- ✓ Postojanje procedura za *black start* na nivou HE,
- ✓ Mogućnost pokretanja ručno/automatski,
- ✓ Osposobljenost i obučenost osoblja za *black start* HE,
- ✓ Mogućnost obuke osoblja za provođenje *black starta*.

5.2 Sagledavanje mogućnosti *black starta* elektrana

Problematika mogućnosti *black starta* na nivou elektrane razmatrana je kroz tri segmenta:

Postojanje od mreže nezavisnih izvora (DA- dizel agregati, KA - kućni agregati), njihova snaga, snaga nužnog dijela sopstvene potrošnje elektrane i njena korelacija sa snagom KA, DA, provjera ispravnosti istih.

Postojanje procedura na nivou elektrane za pružanje usluge *black start*, obučenost i provjere osposobljenosti osoblja, dosadašnja iskustva vezana za *black start*.

Tehnička i druga ograničenja elektrane vezana za *black start*.

5.2.1 HE Mostar

Elektrana ima dizel agregat snage 440 kVA. Ova snaga je dovoljna za pokrivanje nužnog dijela sopstvene potrošnje (procijenjeno do 100 kW) neophodne za *black start* i sa ovog stanovišta elektrana nema ograničenja za *black start*.

U elektrani ne postoje procedure za *black start* i osoblje nije obučeno za ovakav način pokretanja. Do sada elektrana nije pokretana bez prisustva vanjskog napona. Ove činjenice ne predstavljaju prepreku za eventualnu realizaciju *black starta*.

Elektrana nije projektno predviđena za pomoćnu uslugu *black start*. Zbog tipa turbine (Kaplan) i turbinskog regulatora elektrane nema mogućnosti da radi u opsegu od 0 do P_{min} . **Ovo je ograničavajući faktor za realizaciju *black starta*.** Da bi se elektrana pokrenula neophodno je da na uređaju za sinhronizaciju elektrane postoji signal o prisustvu vanjskog napona na sabirnicama 110 kV postrojenja. Pošto u uslovima *black starta* ovaj napon nije prisutan moglo bi se zaključiti da se elektrana ne može pokrenuti. Međutim, ovo nije ograničavajući faktor jer je moguće uraditi premoštenje uređaja za sinhronizaciju, čime bi se stekli uslovi za *black start*. Elektrana nema ograničenja od strane zaštite u uslovima *black starta* a što se tiče ograničenja regulacije brzine (i snage agregata) ista su dovoljno široka (od 48 do 52 Hz, sa vremenskim zatezanjem) da isprate varijacije potrošnje u uslovima ostrvskog rada i *black starta*.

5.2.2 HE Peć Mlini

Elektrana ima dizel agregat snage 400 kVA. Ova snaga je dovoljna za pokrivanje nužnog dijela sopstvene potrošnje (procijenjeno do 100 kW) neophodne za *black start* i sa ovog stanovišta elektrana nema ograničenja za *black start*.

U elektrani ne postoje procedure za *black start* i osoblje nije obučeno za ovakav način pokretanja. Do sada elektrana nije pokretana bez prisustva vanjskog napona, ali je ostajala u ostrvskom radu na lokalnom konzumu, cca 10 MW. Ove činjenice ne predstavljaju prepreku za eventualnu realizaciju *black starta*.

Elektrana jeste projektno predviđena za pomoćnu uslugu *black start*. Ima mogućnost rada u opsegu od 0 do P_{min} sa vremenskim ograničenjem od 500 sati (životni vijek – ograničenje proizvođača). Elektrana nema ograničenja od strane zaštite u uslovima *black starta* a što se tiče ograničenja regulacije brzine (i snage agregata) ista su dovoljno široka (od 48 do 52 Hz, sa vremenskim zatezanjem) da isprate varijacije potrošnje u uslovima ostrvskog rada i „*black starta*“. **Ograničavajući faktori za *black start* elektrane se mogu naći u Vodoprivrednoj dozvoli gdje je promjena snage u okviru jednog sata ograničena na 5 MW. Drugi problem je kontinuirani rad elektrane. U periodu velikih voda upravljanje elektranom preuzima vodoprivreda, a u vremenu od petog do desetog mjeseca postoji mogućnost neraspoloživosti elektrane zbog slabog dotoka (ispod 1 m³/sec).**

5.2.3 HE Jablanica

Elektrana ima dva kućna agregata snage 750 kVA i dizel agregat snage 400 kVA. Ova snaga je dovoljna za pokrivanje nužnog dijela sopstvene potrošnje (procijenjeno 35 kW) neophodne za *black start* i sa ovog stanovišta elektrana nema ograničenja za *black start*.

U elektrani ne postoje procedure za *black start*, a dio osoblja je obučeno za ovakav način pokretanja. Do sada je elektrana pokretana bez prisustva vanjskog napona i ostajala je u ostrvskom radu na lokalnom konzumu, cca 10 do 50 MW.

Elektrana jeste projektno predviđena za pomoćnu uslugu *black start*. Ima mogućnost rada u opsegu od 0 do $P_{\min}$ (sa poželjno što kraćim zadržavanjem). Minimalni teret za koji se elektrana može „zakačiti“ je 2 MW. Elektrana nema ograničenja od strane zaštite u uslovima *black starta*, a što se tiče ograničenja regulacije brzine (i snage agregata) ista su dovoljno široka (od 48 do 52 Hz, sa vremenskim zatezanjem) da isprate varijacije potrošnje u uslovima ostrvskog rada i *black starta*.

5.2.4 HE Jajce 1

Elektrana ima kućni agregat snage 410 kVA i dizel agregat snage 135 kVA. Ova snaga je dovoljna za pokrivanje nužnog dijela sopstvene potrošnje (procijenjeno 50 kW) neophodne za *black start* i sa ovog stanovišta elektrana nema ograničenja za *black start*.

U elektrani postoje procedure za *black start* i osoblje je obučeno za ovakav način pokretanja. Do sada je elektrana pokretana bez prisustva vanjskog napona i ostajala je u ostrvskom radu na lokalnom konzumu, cca 10 MW.

Elektrana jeste projektno predviđena za pomoćnu uslugu *black start*. Ima mogućnost rada u opsegu od 0 do $P_{\min}$ (sa poželjno što kraćim zadržavanjem). Minimalni teret za koji se elektrana može „zakačiti“ je do 3 MW. Elektrana nema ograničenja od strane zaštite u uslovima *black starta* a što se tiče ograničenja regulacije brzine (i snage agregata) ista su dovoljno široka (od 48 do 52 Hz, sa vremenskim zatezanjem) da isprate varijacije potrošnje u uslovima ostrvskog rada i *black starta*.

5.2.5 HE Jajce 2

Elektrana ima kućni agregat snage 200 kVA (trenutno nije u funkciji, predviđena je rekonstrukcija) i dizel agregat snage 400 kVA. Ova snaga je dovoljna za pokrivanje nužnog dijela sopstvene potrošnje (procijenjeno 25 kW) neophodne za *black start* i sa ovog stanovišta elektrana nema ograničenja za *black start*.

U elektrani ne postoje procedure za *black start*, a osoblje je obučeno za ovakav način pokretanja. Do sada je elektrana pokretana bez prisustva vanjskog napona i ostajala je u ostrvskom radu na lokalnom konzumu.

Elektrana jeste projektno predviđena za pomoćnu uslugu *black start*. Ima mogućnost rada u opsegu od 0 do $P_{\min}$ (sa poželjno što kraćim zadržavanjem). Elektrana nema ograničenja od strane zaštite u uslovima *black starta* a što se tiče ograničenja regulacije brzine (i snage agregata) ista su dovoljno široka (od 48 do 52 Hz, sa vremenskim zatezanjem) da isprate varijacije potrošnje u uslovima ostrvskog rada i *black starta*.

5.2.6 HE Bočac

Elektrana ima dizel agregat snage 250 kVA. Ova snaga je dovoljna za pokrivanje nužnog dijela sopstvene potrošnje (procijenjeno 81 kW) neophodne za *black start* i sa ovog stanovišta elektrana nema ograničenja za *black start*.

U elektrani ne postoje procedure za *black start*, ali je osoblje obučeno za ovakav način pokretanja. Do sada je elektrana pokretana bez prisustva vanjskog napona i ostajala je u ostrvskom radu na lokalnom konzumu, cca 10 MW.

Elektrana jeste projektno predviđena za pomoćnu uslugu *black start*. Ima mogućnost rada u opsegu od 0 do $P_{\min}$ (sa poželjno što kraćim zadržavanjem). Minimalni teret za koji se elektrana može „zakačiti“ je 5 MW. Elektrana nema ograničenja od strane zaštite u uslovima *black starta*, a što se tiče ograničenja regulacije brzine (i snage agregata) ista su dovoljno široka (od 48 do 52 Hz, sa vremenskim zatezanjem) da isprate varijacije potrošnje u uslovima ostrvskog rada i *black starta*.

5.2.7 Zaključno razmatranje

Na bazi gore prezentiranog materijala, za realizaciju procedura *black starta*, izabrane su sljedeće *black start* elektrane:

1. HE Jablanica,
2. HE Jajce 1,
3. HE Jajce 2,
4. HE Bočac.

Elektrane HE Mostar i HE Peć Mlini zbog svojih tehničkih ograničenja ne mogu se koristiti kao *black start* elektrane, ali mogu pomoći u narednim koracima prilikom podizanja sistema.

5.3 Određivanje iznosa snage za opterećivanje generatora

Za svaki konkretan generator, nominovan za učešće u proceduri *black starta* potrebno je izvršiti provjeru njegove efikasnosti u vremenskom domenu, posebno u samom početku odvijanja startne procedure. Startna procedura podrazumjeva ponašanje generatora prilikom uključenja na sabirnice, sukcesivno terećenje sa što bržim prolazom od praznog hoda do tehničkog minimuma, kao i daljim terećenjem i sinhronizacijom sa drugim generatorima. Za vrijeme startne procedure, generatori se nalaze u tranzijentnim stanjima, često bliskim tranzijentnim poremećajima, pa je sposobnost generatora da održi takav pogon, odnosno procedure terećenja koje neće negativno uticati kako na sam generator, tako i na potrošnju (snažni naponski udari, nagle promjene frekvence, neuspješno uključenje, nepotrebna prorada zaštita, ...) od suštinske važnosti. Zbog toga je neophodno provjeriti odziv svakog generatora sa njegovim regulacionim organima na definisanu startnu proceduru, odnosno odrediti maksimalne terete u izolovanom radu koje generator sa svojim elektromehaničkim i regulacionim karakteristikama efikasno može da kompenzuje i priguši oscilacije snage i napona čime se obezbjeđuju uslovi za dalje terećenje.

Ispitivanje ponašanja nominovanih generatora u realnim uslovima *black starta* je veoma zahtjevno, ponekad i gotovo nemoguće, osim prilikom testiranja odziva regulatora nakon većih remonata ili zamjene opreme elektrane. Međutim, u tim slučajevima se postavlja problem obezbjeđenja odgovarajućih tereta.

Zbog toga se najčešće primjenjuju simulacije procedura *black starta* na dinamičkim modelima. Ovakvi modeli, koncipirani na bazi analiza ponašanja sistema u vremenskom domenu, koriste se ne samo za provjere procedura *black starta* već i za obuku operativnog osoblja za adekvatno postupanje pri pojavama predhvarijskog ili havarijskog stanja sistema.

U skladu sa prikupljenim ili na bazi iskustva definisanim elektromehaničkim i regulacionim parametrima (ukoliko nisu bili dostupni) definisan je dinamički model svakog agregata čije su karakteristike upućivale na povoljan zaključak o njihovom učešću u *black startu*. Dinamički model agregata bazirao se na modelu generatora na suptranzijentnom nivou, modelu regulatora napona regulatora snage (brzine) u skladu sa njihovim konkretnim tipovima i karakteristikama.

Na bazi prikupljenih podataka o elektromehaničkim i regulacionim karakteristikama elektrana koje mogu biti korištene u startnoj proceduri *black starta* izvršeno je njihovo modelovanje pomoću programskog paketa PSS/E, ver. 32.

Urađene analize za HE Bočac, HE Jajce 1 i HE Jablanica prikazuju promjene (propad) frekvencije pri različitim koracima opterećivanja. U sljedećoj tabeli su prikazani koraci snaga opterećivanja generatora, najmanja vrijednost frekvencije kao i usvojena snaga opterećivanja.

Tabela 5-I. Koraci opterećivanja i najmanja frekvencija

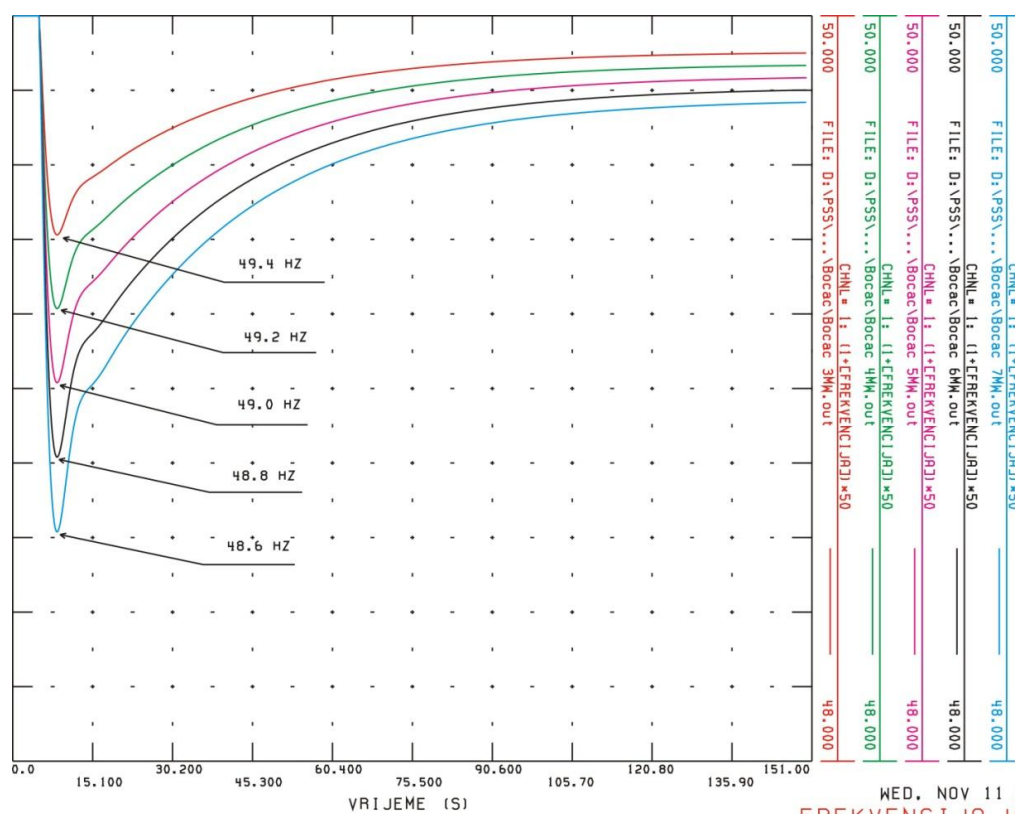
Koraci (MW)	HE Bočac (Hz)	HE Jajce 1 (Hz)	HE Jablanica (Hz)
2		<u>48,7</u>	
3	49,4	48,1	<u>48,8</u>
4	49,2		48,4
5	<u>49,0</u>		
6	48,8		
7	48,6		

Usvojeni koraci opterećivanja generatora, na osnovu provedene analize, su

- ✓ HE Bočac: ≤ 5 MW
- ✓ HE Jajce 1: ≤ 2 MW
- ✓ HE Jablanica: ≤ 3 MW



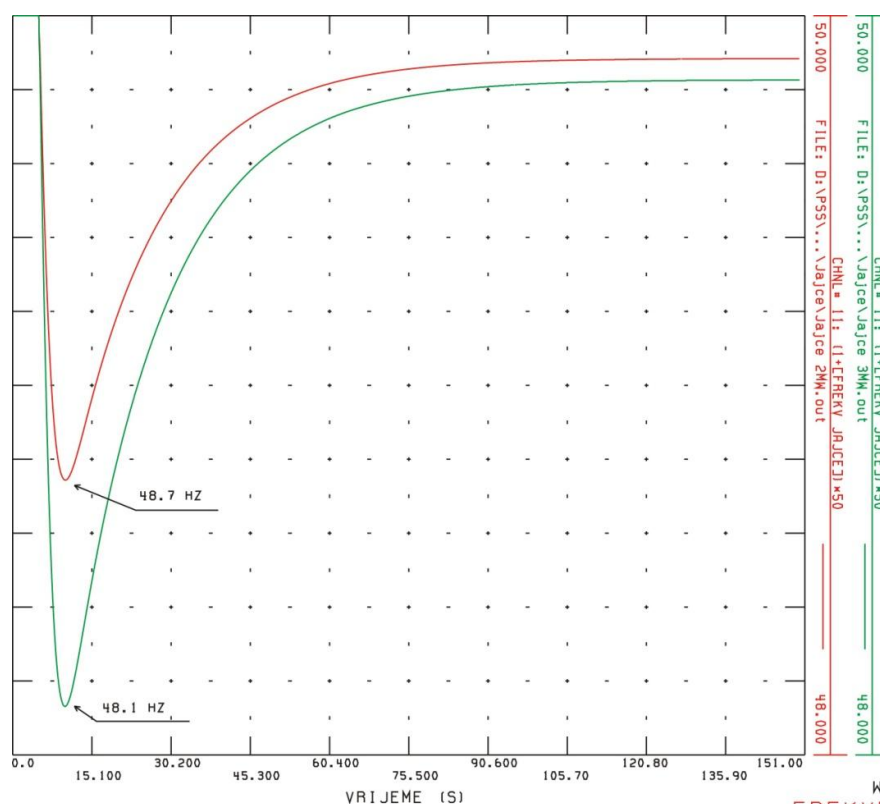
DINAMICKI FAJL ZA EES BIH I SEE



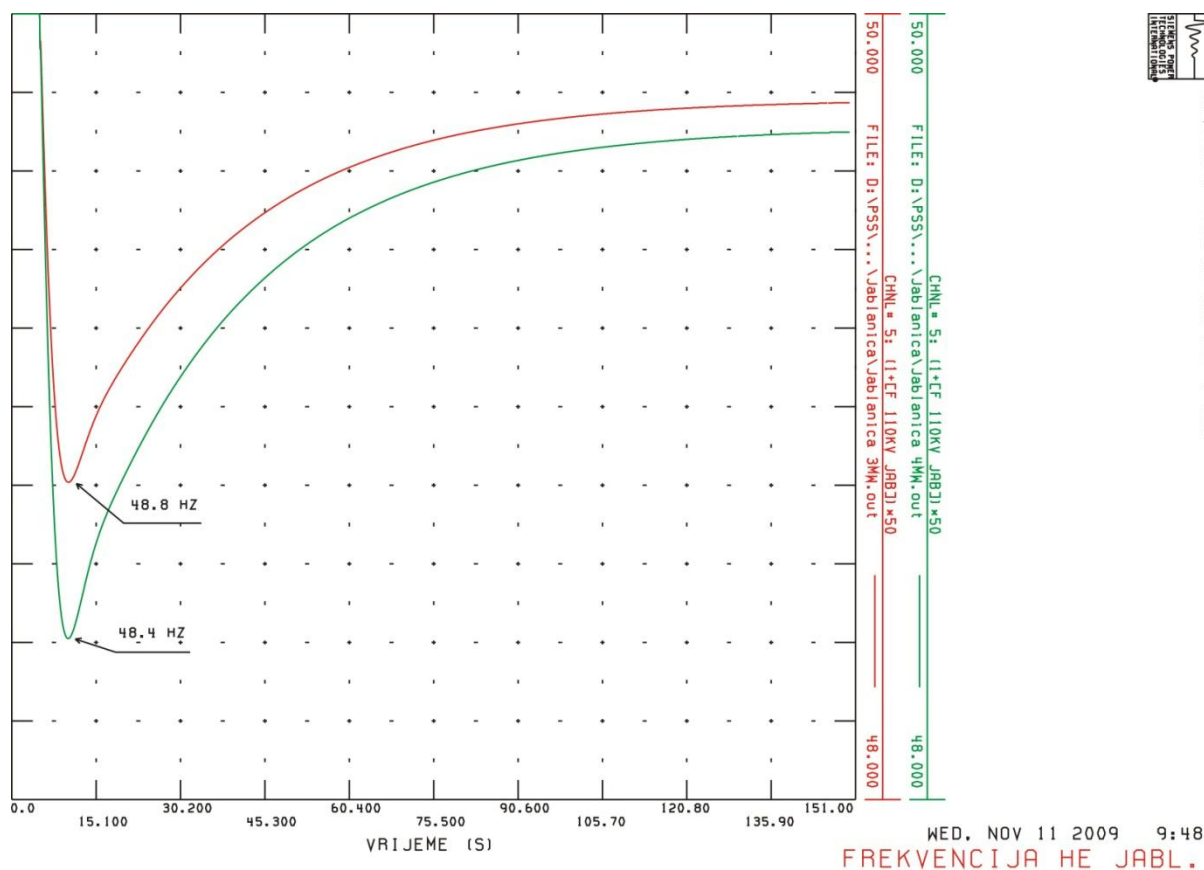
Slika 5.1. Propadi frekvencije u HE Boćac



DINAMICKI FAJL ZA EES BIH I SEE



Slika 5.2. Propadi frekvencije u HE Jajce 1



Slika 5.3. Propadi frekvencije u HE Jablanica

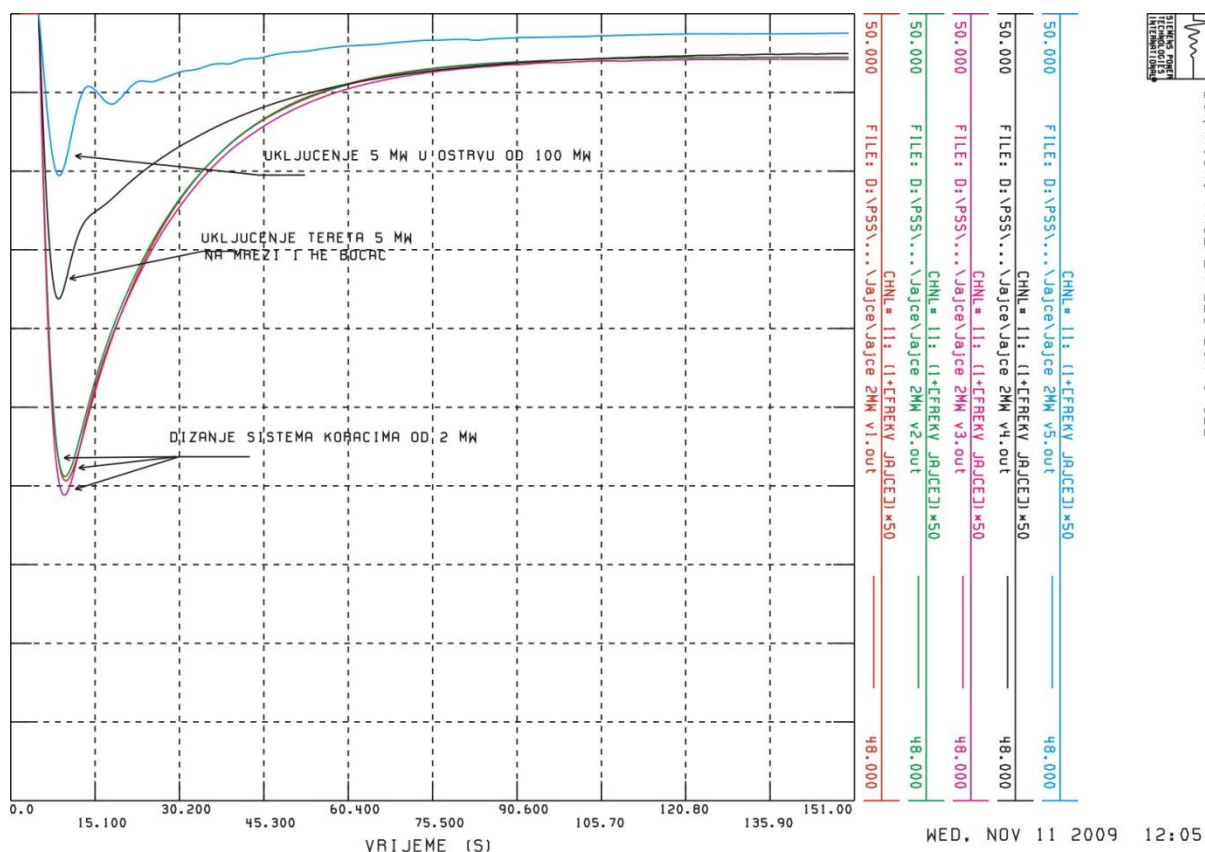
Sva analiza je rađena uz početne uslove od 50 Hz i praznom hodu mašina u trajanju od 150 sekundi, tj. vremena kada mašine ulaze u stacionaran režim, pri čemu frekvencija postaje konstantna veličina. Prilikom modelovanja turbinskih regulatora uzete su podešene vrijednosti statizma zbog čega frekvencije ne postiže vrijednost 50 Hz (primarna regulacija).

Predlaže se da ručnom regulacijom u elektrani operatori, između svakog koraka terećenja, održavaju frekvenciju između 50 i 51 Hz, kako propad frekvencije ne bi prouzrokovao eventualno djelovanje podfrekventne zaštite, čime bi se omogućio stabilniji rad mašina prilikom opterećivanja.

5.3.1 Podizanja sistema

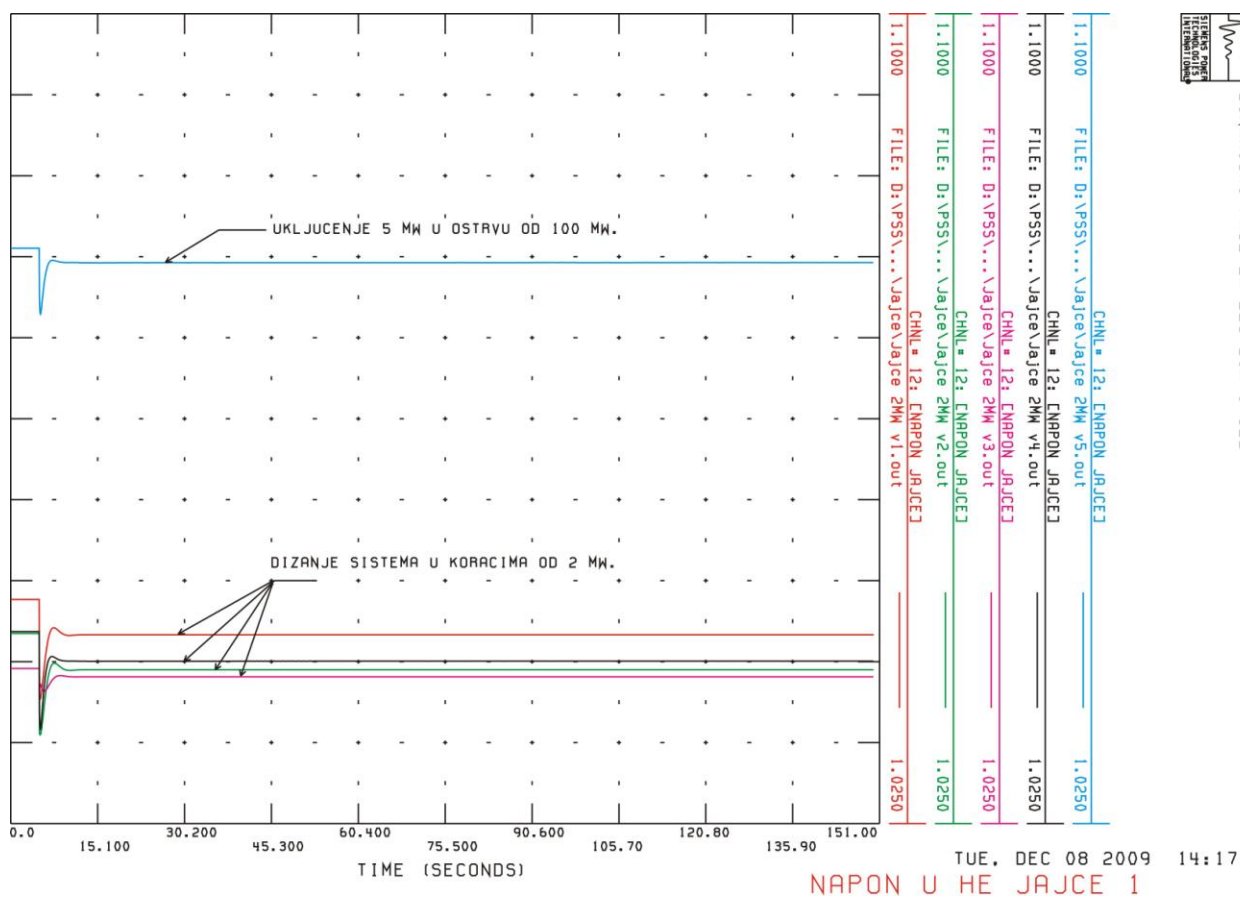
HE Jajce 1

Podizanje sistema je rađeno opterećivanjem najbližih 110 kV postrojenja (TS Jajce 1, TS Jajce 2 i TS Mrkonjić Grad), sa opterećenjem u koracima od 2 MW. Uključenje dalekovoda prema ovim postrojenjima je bilo sa priključenim teretom. Dovođenjem generatora u HE Jajce 1 na tehnički minimum izvršeno je povezivanje HE Bočac, čime je ostvarena mogućnost paralelnog rada ovih elektrana i dalje podizanje sistema u koracima od 5 MW. Povećavanjem ostrva postiže se da uz korak opterećivanja od 5 MW propad frekvencije postaje sve manji (slika 5.4.).

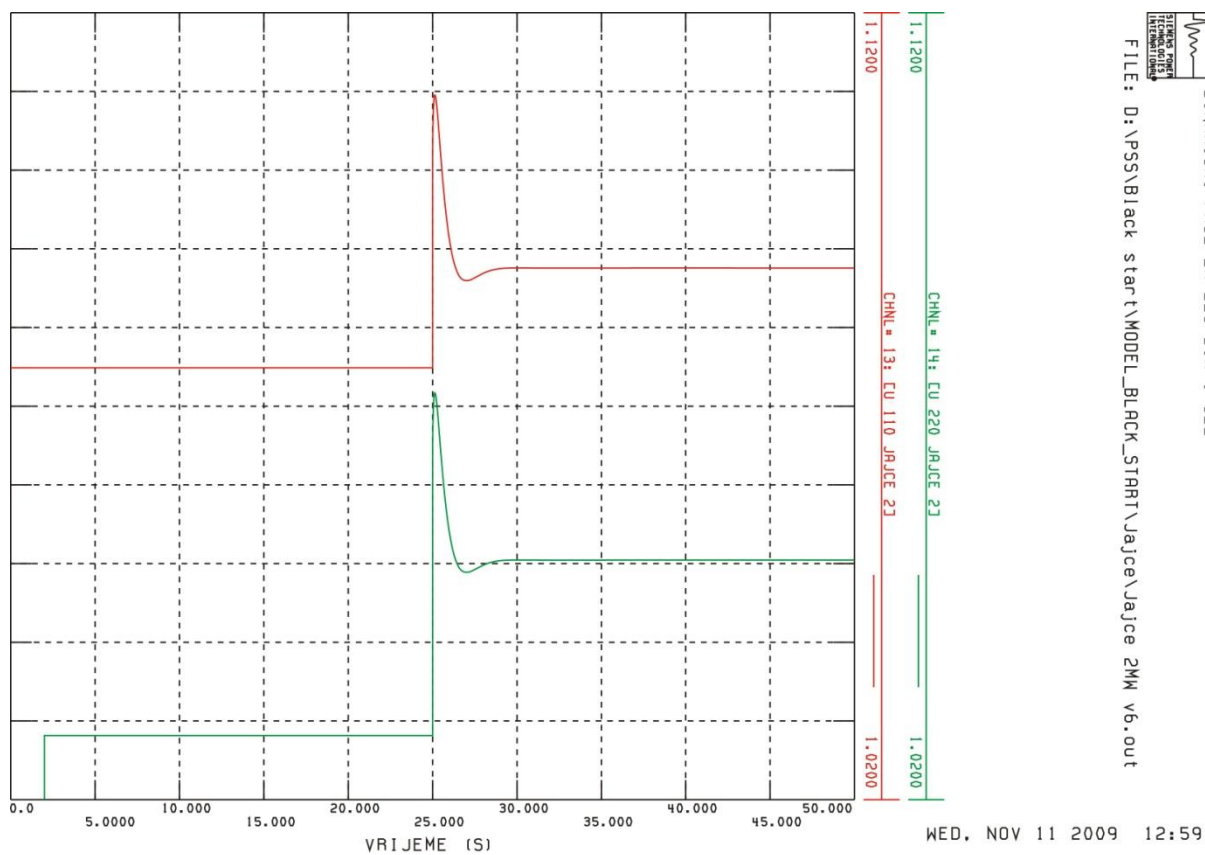


Slika 5.4. Frekvencija u HE Jajce 1

Napon u svim analiziranim slučajevima ostaje unutar tehnički dozvoljenih granica (slika 5.5.). Posebno je analizirano, uz veličinu ostrva od oko 100 MW, uključenje trafoa 220/110 kV i DV 220 kV TS Jajce 2 – RP Jablanica u TS Jajce 2 u prazan hod. Sa slike 5.6. je vidljivo da naponi ostaju u dozvoljenim granicama.



Slika 5.5. Napon 110 kV u HE Jajce 1

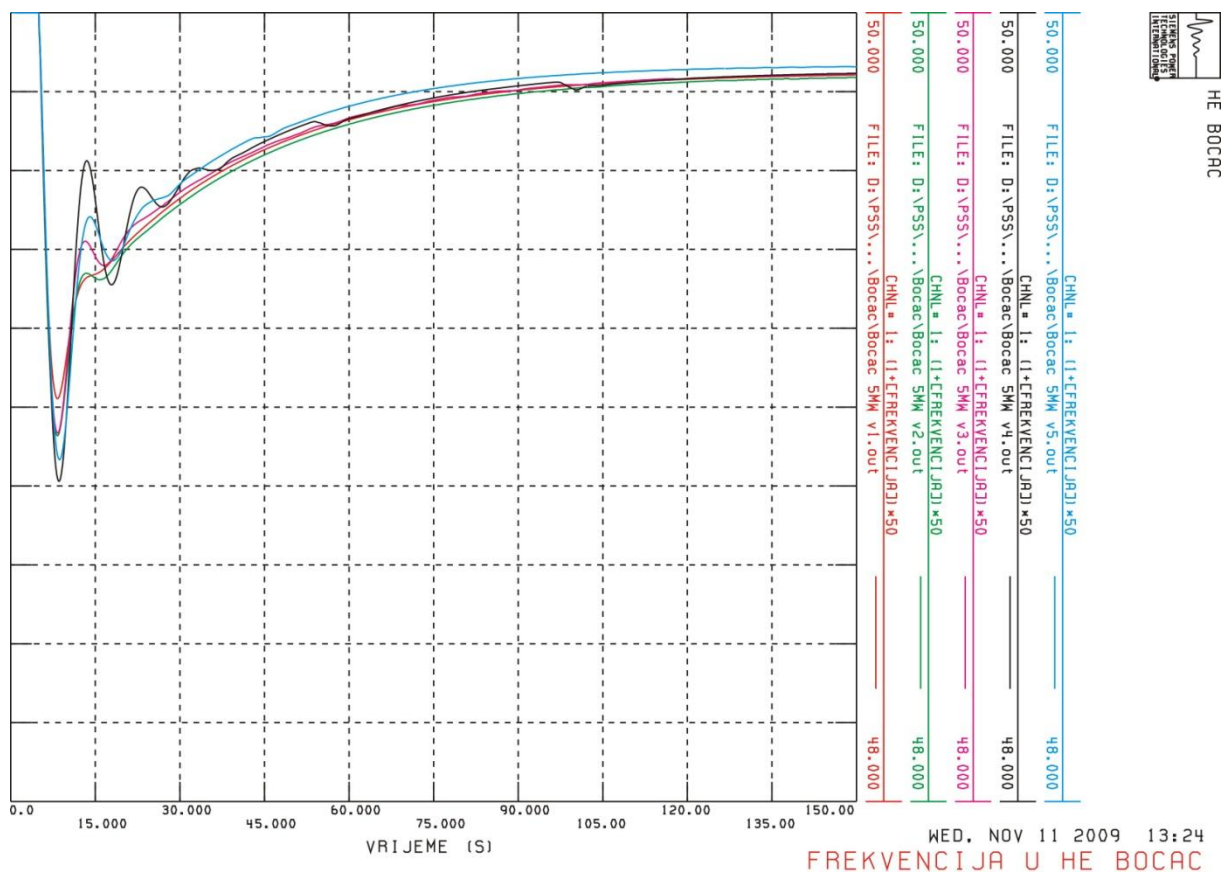


Slika 5.6. Naponi 110 i 220 kV u TS Jajce 2.

HE Bočac

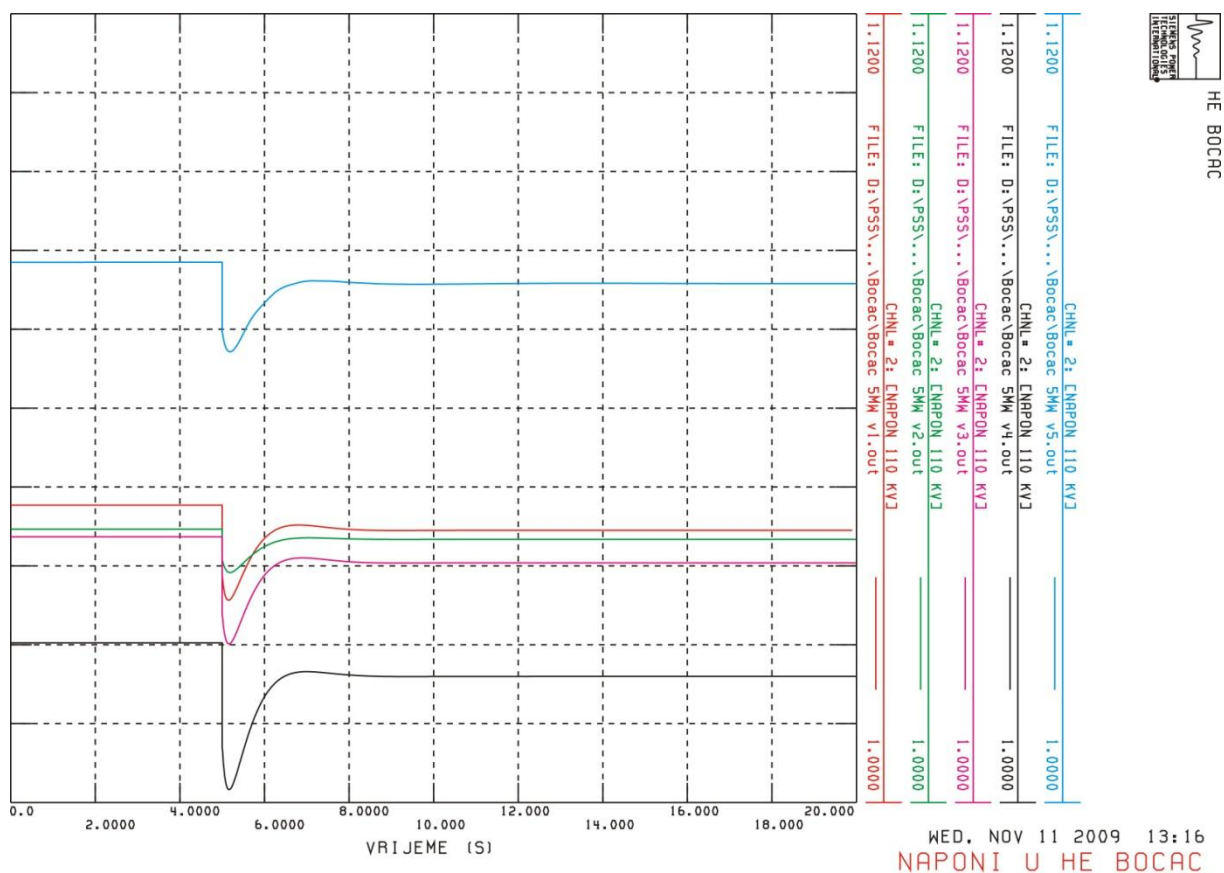
Opterećivanje generatora je vršeno sa koracima tereta od 5 MW u postrojenjima TS Mrkonjić Grad i TS Banja Luka 3, kao najbližim transformatorskim stanicama, a zatim uključenjem generatora u HE Jajce 1 i potrošnje u TS Banja Luka 4 i daljim širenjem ostrva prema TS Jajce 1 i TS Jajce 2.

Dijagrami frekvencije i napona su prikazani na slikama 5.7. i 5.8.



Slika 5.7. Frekvencija u HE Bočac prilikom dizanja sistema u koracima od 5 MW i u ostrvu od 40 MW sa HE Jajce 1 (plava)

Na slici 5.8. prikazane su vrijednosti napona za različite veličine ostrva pri različitim vrijednostima pobude. Sve veličine napona su u dozvoljenim tehničkim granicama. Ručnom regulacijom pobude može se uticati na veličinu napona pri različitim veličinama ostrva.



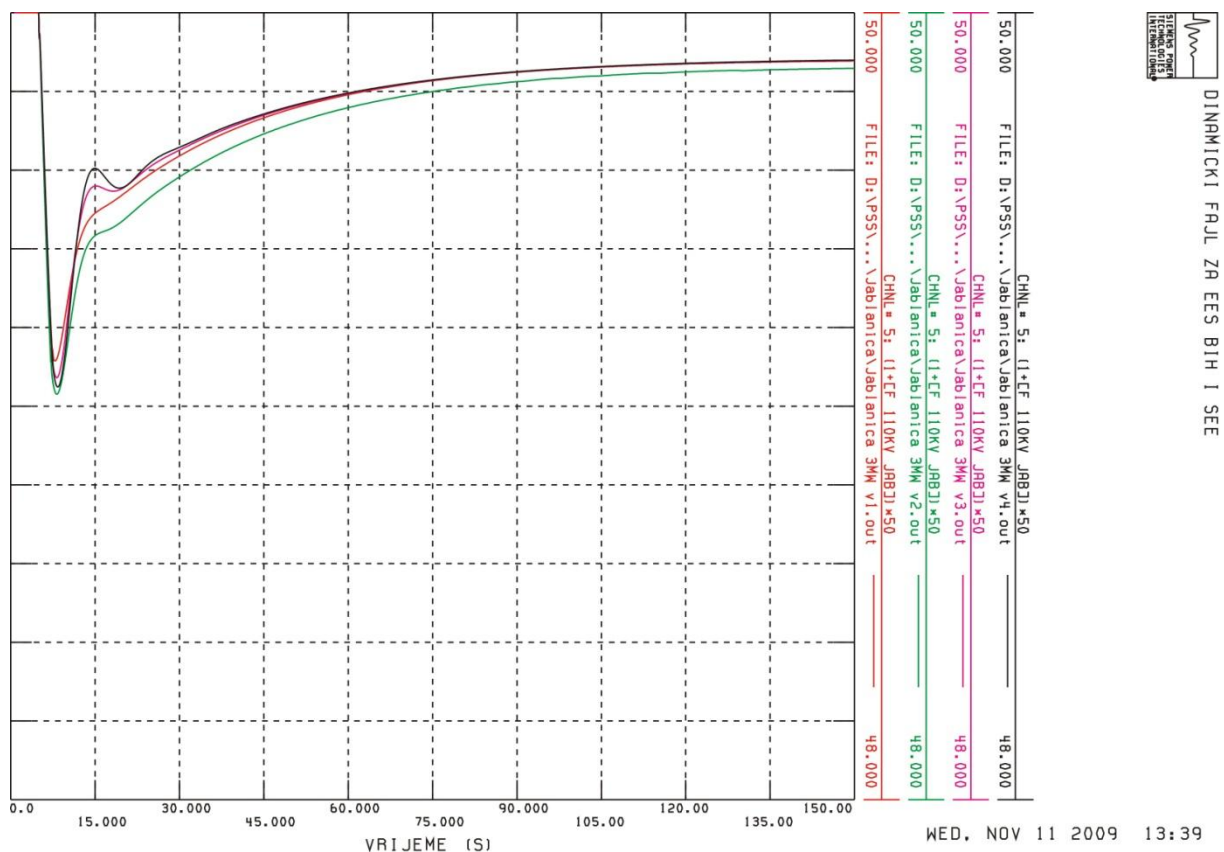
Slika 5.8. Vrijednosti napona u HE Boćac prilikom podizanja sistema u koracima od 5 MW i napona u ostrvu od 40 MW (plava) sa HE Jajce 1

HE Jablanica

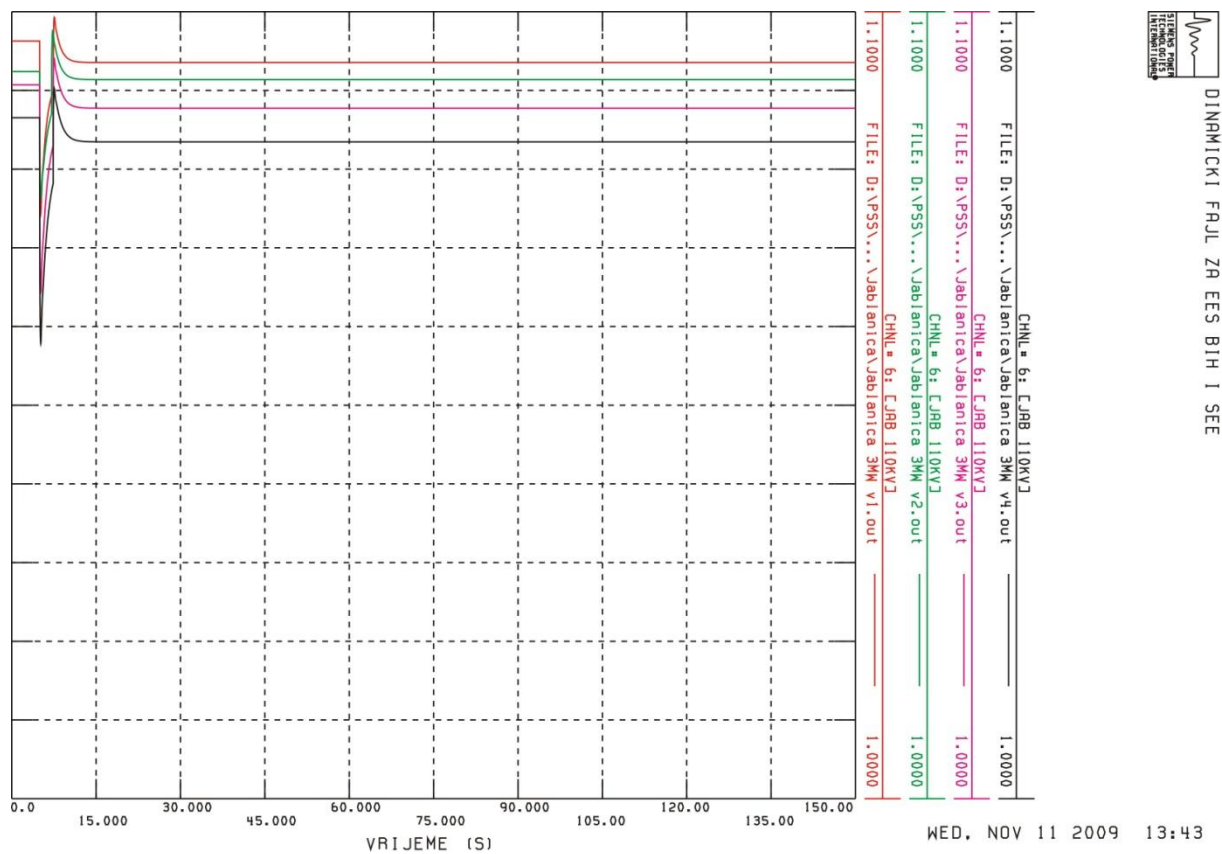
Opterećivanje generatora je vršeno sa koracima tereta od 3 MW u postrojenjima TS Jablanica, TS Konjic, TS Pazarić, TS Hadžići i TS Sarajevo 1. Povećanjem ostrva uključivani su i dodatni generatori u HE Jablanica. Ostrvo se širilo prema TS Mostar 2, a kasnije je uključen i HE Mostar. Analiza pokazuje da napon ostaje u dozvoljenim granicama. Propad frekvencije prilikom opterećenja generatora je prikazan na slici 5.9, a napon na slici 5.10.

HE Jajce 2

HE Jajce 2 nije posebno analizirana zbog svoje male instalisane snage, ali se može koristiti kao potpora podizanju sistema iz HE Jajce 1 ili HE Boćac.



Slika 5.9. Frekvencija u HE Jablanica prilikom dizanja sistema u koracima od 3 MW



Slika 5.10. Napon 110 kV u HE Jablanica prilikom dizanja sistema u koracima od 3 MW

5.4 Osjetljivost karakterističnih potrošača na dužinu trajanja beznaponskog stanja

Prostorno i vremensko širenje ostrva nakon iniciranja *black start* procedura je usko povezano sa osjetljivošću karakterističnih potrošača na dužinu trajanja beznaponskog stanja. U vezi s tim analiza osjetljivosti potrošača na dužinu trajanja beznaponskog stanja je obavezan dio cjelokupne studije.

Osjetljivost karakterističnih potrošača na dužinu trajanja beznaponskog stanja u uslovima *black starta* razmatrana je kroz dva segmenta:

1. Maksimalno dozvoljeno vrijeme naponske pauze, unutar koga neće doći do oštećenja opreme;
2. Posjedovanje alternativnih izvora napajanja (industrijske termoelektre, nezavisni agregati...) koji bi po nestanku napona iz mreže bili sposobni održavati minimalne parametre da se izbjegnu oštećenja opreme.

Analiza se nije odnosila na potrošnju termoelektre, jer postoji konstatacija da pri *black startu*, prioriteti pružanja napona (širenja ostrva) svakako su pravci ka lokacijama proizvodnih kapaciteta.

ALUMINIJ d.d. Mostar

U Aluminij-u d.d. Mostar maksimalno dozvoljeno vrijeme naponske pauze, unutar koga neće doći do oštećenja opreme iznosi 90 minuta.¹

Aluminij d.d. Mostar ne posjeduje alternativni izvor napajanja iz prostog razloga što je Elektroliza Aluminij-a d.d. Mostar glavni osjetljivi potrošač na nestanak napajanja električnom energijom, a za njeno napajanje bi trebao agregat nazivne snage oko 200 MW.

ARCELOR MITTAL ZENICA d.o.o

Metalurška proizvodnja i prateća energetska postrojenja ne dozvoljavaju nikakvu beznaponsku pauzu. Svaka iznenadna beznaponska pauza izaziva zastoj pogona što za posljedice ima moguće havarije i štete sa zastojem u proizvodnji od minimalnih 4 sata pa i do 20 sati.² U kompaniji postoje dva turboagregata (7 MW i 25 MW), a trenutno izrađuju projekat ostrvskog rada turboagregata sa određenom grupom kritičnih potrošača električne energije.

CEMENTARA KAKANJ

Maksimalno dozvoljeno vrijeme naponske pauze, unutar kojeg neće doći do oštećenja opreme je 1 – 2 minuta.

Kompanija posjeduje dva alternativna izvora napajanja (dva dizelska agregata snage 250 kW i 125 kW), koji su po nestanku napona iz mreže sposobni održavati minimalne parametre da se izbjegnu oštećenja opreme³.

¹ Izvor EP HZ HB, Aluminij dd Mostar

² Izvor EP BiH

³ Izvor EP BiH

FABRIKA GLINICE „BIRAČ“ ZVORNIK

Po projektnoj dokumentaciji, totalni prekid napajanja koji neće izazvati oštećenje opreme iznosi 15 minuta.⁴

Fabrika posjeduje dva agregata (visokotlačne parne turbine) snage 2x 12,5 MVA koji se pokreću parom iz samog procesa proizvodnje. Agregate je moguće pokretati i alternativnim pogonskim gorivom (mazutom). Zbog ekonomske neisplativosti fabrika ove agregate ne računa kao rezervno napajanje.

5.5 Procedure za pokretanje *black starta*

Detaljne procedure za pokretanje *black starta* će biti sastavni dio Plana obnove, a zasnivaće se na sljedećim principima:

1. NOS BiH u komunikaciji sa odgovornim osobljem u BiH (OP Eletroprenosa BiH, elektroprivrede, elektrane, TS), susjednim operatorima i SHB blok-om, utvrđuje karakter, razlog i veličinu raspada i na osnovu prikupljenih informacija odlučuje o pokretanju procedure *black start*.
2. NOS BiH daje direktne naloge za pokretanje *black start* elektrane.
3. NOS BiH direktno (ili preko OP-a i elektroprivreda) vrši uključenje potrošača, u skladu sa rezultatima analize i operativnim procedurama koje su sastavni dio Plana obnove sistema.
4. Procedura pokretanja *black starta* i ponovno uspostavljanje napajanja potrošača mora biti efikasna i što je moguće brža. To je potrebno da bi potrošači sa tehnološkim procesima osjetljivim na prekid napajanja što prije dobili potrebnu električnu energiju, ali isto tako da termoelektrane ne izgube termičke parametre i time još više otežaju dovođenje sistema u normalan pogon.
5. Ostrvska područja se direktnim nalogima NOS BiH sinhronizuju i međusobno povezuju u veće ostrvo.
6. NOS BiH koordinira sa susjednim operatorima u cilju povezivanja EES-a BiH u interkonekciju.

⁴ Izvor ERS

6 Troškovni aspekti *black start* usluge

6.1 Određivanje cijena za pomoćne usluge

Cijene za pomoćne usluge se određuju na tržišni ili na regulisani način.

6.1.1 Tržišno određivanje cijena

Tržišni princip određivanja cijena za pomoćne usluge se dalje može dijeliti, ali generalno ga možemo podijeliti na bilateralni pristup i aukcijski (tenderski) pristup.

U slučaju bilateralnog pristupa, operator prenosnog sistema sa odabranim pružaocima pomoćnih usluga pristupa pregovorima i strane dogovaraju cijenu koja je prihvatljiva i za pružaoca i za korisnika.

U slučaju organizovanja aukcije, odnosno raspisivanja tendera, ponuđači pomoćnih usluga sami određuju opseg (u okviru definisanih vrijednosti) i vrijednost svojih usluga i nude ih operatoru prenosnog sistema. Uzimajući u obzir potrebe, koje su ranije definisane i ponude, izračunava se marginalna cijena za svaku uslugu za koju je raspisivan tender ili organizovana aukcija. Na ovaj način se maksimalno potiče konkurentnost između ponuđača i više se koriste raspoloživi resursi.

Kod tržišnog određivanja cijene ponuđači (uglavnom proizvođači) procjenjuju svoje troškove i svoju poziciju prilikom nuđenja (mogućnosti elektrana, poziciju u elektroenergetskom sistemu, mjesto priključka, mogućnosti konkurencije...), te na osnovu toga određuju svoju ponudbenu cijenu. Ta cijena uopšte ne mora korespondirati sa njihovim troškovima i, po pravilu, što je ponuda veća od zahtijeva to je ponuđena cijena bliža troškovima.

6.1.2 Regulisano određivanje cijena

Kod regulisanog određivanja cijena, subjekti zaduženi za regulaciju elektrosektora (regulatori, ministarstvo, vlada...) određuju cijenu (ponekad i opseg) za pomoćne usluge koristeći ranije definisane metodologije i kriterije. Svaki subjekat je razvio odgovarajuću metodologiju koja nastoji da obuhvati sve specifičnosti konkretnog elektroenergetskog sistema (stvarne troškove, organizaciju elektrosektora, energetske politiku, ekonomsko stanje i ekonomsku politiku, socijalnu i političku dimenziju...).

Ovaj način se koristi u zemljama gdje tržište još uvijek nije dovoljno razvijeno ili se zbog specifičnosti elektroenergetskog sistema treba ograničiti tržišna moć pojedinih subjekata, odnosno da bi se obezbjedila potrebna količina svake pomoćne usluge u cilju sigurnog rada elektroenergetskog sistema.

6.1.3 Pregled situacije u Evropi

Analizom raspoložive dokumentacije za elektroenergetske sisteme u Evropi prikupljene su informacije o pomoćnoj usluzi *Black Start Capability*. Definicija ove pomoćne usluge je različita od zemlje do zemlje, ali uglavnom odgovara definiciji navedenoj u UCTE *Operation Handbook*, uvažavajući specifičnosti pojedinih elektroenergetskih sistema i zemalja. Potrebno je napomenuti da pored pomoćne usluge *Black Start Capability* u dosta zemalja postoji i usluga Mogućnost ostrvskog rada (*Capability of isolated operation*) koja se ponegdje nadopunjuje sa uslugom mogućnost *black starta*. Za potrebe ove Studije obrađuje se samo pomoćna usluga *black starta*.

Zemlja (Operator prenosnog sistema)	Način obezbjeđenja usluge i vremenski opseg (<i>procurement schemes and timeframe</i>)	Tehnički zahtjevi	Ko obezbjeđuje uslugu (<i>providers</i>)	Način određivanja cijene
Austrija (APG)	Bilateralni ugovor.	Odgovarajući broj elektrana koje pružaju ovu uslugu mora biti obezbjeđen. ⁵	Elektane koje imaju akumulaciju (<i>Typically storage power plants</i>)	Ugovorna cijena (pregovori).
Belgija (Elia)	Elia raspisuje godišnji ili višegodišnji tender za obezbjeđenje pomoćnih usluga.	Priključenje u roku od 12 sekundi. Mogućnost za samostalno pokrivanje opterećenja u trajanju od 3 sata (za jedinice koje su bile u pogonu), odnosno 5 sati za ostale.	Usluga u potpunosti mora biti obezbjeđena iz vlastitog kontrolnog područja.	Cijena se određuje po principu “ <i>pay as bid</i> ” i plaća se rezervacija kapaciteta.
Bugarska (ESO)	Bilateralni ugovor između ESO i pružaoca.	n/a	n/a	n/a
Češka (ČEPS)	Trogodišnji generalni ugovor između ČEPS i pružaoca.	Uslugu pružaju proizvodne jedinice koje su kompatibilne sa zahtjevima plana restauracije sistema i koje mogu ispoštovati tražene procedure.	Sve proizvodne jedinice koje zadovoljavaju tehničke uslove.	Ugovorna cijena (pregovori). Cijena je ista za sve pružaoce usluge
Danska (energienet.dk) -	Bilateralni ugovor koji se zaključuje po potrebi		Određene termoelektane koje ispunjavaju zahtjeve.	Ugovorna cijena

⁵ Nije dostupna informacija na koji način se ovo postiže

Zemlja (Operator prenosnog sistema)	Način obezbjeđenja usluge i vremenski opseg (<i>procurement schemes and timeframe</i>)	Tehnički zahtjevi	Ko obezbjeđuje uslugu (<i>providers</i>)	Način određivanja cijene
east	(<i>Continuous</i>).			
Danska (energienet.dk)- west	Bilateralni ugovor.		Proizvodne jedinice.	Ugovorna cijena. Plaća se rezervacija kapaciteta
Finska (Fingrid)	Bilateralni ugovor(i) koji se zaključuju po potrebi (<i>Continuous</i>)		Hidroelektrane i elektrane sa gasnim turbinama.	Ugovorna cijena (pregovori). Osnova za pregovore su troškovi.
Francuska (RTE)	Obavezna usluga (<i>mandatory</i>).	Proizvodne jedinice moraju biti u mogućnosti da obezbijede od 5 do 10% svog kapaciteta i da ga mijenjaju u koracima.	Proizvodne jedinice koje je odredio RTE i sa njima se zaključuje poseban ugovor	Besplatno (nema posebnog plaćanja)
Holandija (Tennet)	Višegodišnji ugovor sa proizvođačima	Po lokaciji. Najmanje dvije proizvodne jedinice. Isporučivati minimalno 200 MW u sistem u periodu od 4 sata od aktivacije	Proizvodne jedinice	
Hrvatska (HEP OPS)	Godišnji ugovor	Uslugu pružaju proizvodne jedinice koje su kompatibilne sa zahtjevima plana restauracije sistema i koje mogu ispoštovati tražene procedure.	Proizvodne jedinice koje ispunjavaju uslove	Godišnja tarifna cijena (Sve pomoćne usluge, izuzev pokrivanja gubitaka, se plaćaju u okviru jednog godišnjeg iznosa kojeg određuje regulator.)

Zemlja (Operator prenosnog sistema)	Način obezbjeđenja usluge i vremenski opseg (<i>procurement schemes and timeframe</i>)	Tehnički zahtjevi	Ko obezbjeđuje uslugu (<i>providers</i>)	Način određivanja cijene
Latvia (Augsprieguma)	Bilateralni godišnji ugovor.		Sa proizvođačima (određuje ih sistem operator zavisno od strategije restauracije) zaključuje se ugovor	Plaća se za rezervaciju (kapacitet).
Litvanija (Lietuvos energija AB)	Do 2010. godine uslugu pružaju elektrane koje su u vlasništvu operatora, a od 2010. godine će se sklapati godišni ugovor sa odabranim elektranama.		Uslugu pružaju HE i/ili PHE. Do 2010. godine uslugu pružaju HE i PHE čiji je vlasnik operator	Do 2010. godine besplatno, a od 2010. godine ugovorna cijena (pregovori).
Mađarska (Mavir)	Raspisuje se godišnji tender za pružanje pomoćne usluge.	<i>Ramp rate</i> i raspoloživost se naknadno specificira u ugovoru sa pružaocima.	Sa proizvođačima (iz vlastitog EES) odabranim na tenderu zaključuje se ugovor	Cijena se određuje po principu “ <i>pay as bid</i> ” i plaća se rezervacija kapaciteta.
Norveška (Statnett SF)	Obavezna usluga (<i>mandatory</i>) za odabrane proizvođače.		Odabrani proizvođači (hidroelektrane)	Besplatna usluga
Njemačka (Amprion ⁶)	Godišnji bilateralni ugovor	Svaki generator ≥ 100 MW mora biti u mogućnosti da reguliše frekvenciju u slučaju izolovanog rada nekoliko sati.	Sa određenim proizvođačima (određuje ih sistem operator zavisno od strategije restauracije) zaključuje se ugovor	Plaća se rezervacija kapaciteta

⁶ bivši RWE TSO

Zemlja (Operator prenosnog sistema)	Način obezbjeđenja usluge i vremenski opseg (<i>procurement schemes and timeframe</i>)	Tehnički zahtjevi	Ko obezbjeđuje uslugu (<i>providers</i>)	Način određivanja cijene
Njemačka (EnBW Transportnetze AG)	Bilateralni ugovor		Prizvođači sa kojima je zaključen ugovor.	Plaća se rezervacija kapaciteta
Njemačka (VE-T)	Bilateralni ugovor		Prizvođači sa kojima je zaključen ugovor.	Plaća se rezervacija kapaciteta
Poljska (PSE)	Višegodišnji ugovor sa proizvođačima		Hidroelektrane	Sa proizvođačima se pregovara i dogovori se jedinstvena cijena za sve pružaoce usluge.
Portugal (REN)			Usluga mora biti obezbjeđena iz vlastitog EES i pružaju je proizvodne jedinice koje imaju tehničke mogućnosti.	
Slovačka (SEPS)	Godišnji ugovor		Sa određenim proizvođačima (određuje ih sistem operator zavisno od strategije restauracije) zaključuje se ugovor	Cijena se određuje kao ukupni godišnji paket troškova za uslugu odobren od strane regulatora podjeljen sa brojem proizvodnih jedinica koje vrše uslugu.

Zemlja (Operator prenosnog sistema)	Način obezbjeđenja usluge i vremenski opseg (<i>procurement schemes and timeframe</i>)	Tehnički zahtjevi	Ko obezbjeđuje uslugu (<i>providers</i>)	Način određivanja cijene
Slovenija (ELES)	Raspisuje se godišnji tender za pružanje pomoćne usluge i na osnovu toga se zaključuje godišnji ugovor.	Vrijeme i broj aktivacija je definisano.	Sve proizvodne jedinice (iz vlastitog kontrolnog područja) koje imaju tehničku mogućnost da pružaju pomoćnu uslugu	Cijena se određuje po principu “ <i>pay as bid</i> ” i plaća se rezervacija kapaciteta (ukoliko se ne obezbjedi na tržišni način -tender onda usluga postaje obavezna za navedene jedinice)
Srbija (EMS)	Godišnji ugovor sa proizvođačima		Usluga se može nabaviti samo unutar vlastitog ESS	Priznaju se troškovi rezervacije kapaciteta. (Sve pomoćne usluge, izuzev pokrivanja gubitaka, se plaćaju u okviru jednog godišnjeg iznosa kojeg određuje regulator)
Španija (REE)			Usluga se obezbjeđuje od: Proizvodnih jedinica koje imaju mogućnost <i>black starta</i> (većinom HE)	
Švedska (<i>Svenska Kraftnät</i>)			Sa određenim proizvođačima (određuje ih sistem operator zavisno od strategije restauracije) zaključuje se ugovor	Ugovorna cijena (pregovori)

Zemlja (Operator prenosnog sistema)	Način obezbjeđenja usluge i vremenski opseg (<i>procurement schemes and timeframe</i>)	Tehnički zahtjevi	Ko obezbjeđuje uslugu (<i>providers</i>)	Način određivanja cijene
Švicarska (swissgrid)	Godišnji ugovor sa proizvođačima.		Odabrani generatori min. snage 20 MW unutar kontrolnog područja	Cijena se određuje pregovorima sa svakim pružaocem usluge.
Velika Britanija (National Grid)	Godišnji ugovor sa proizvođačima	U potpunosti treba biti obazbjeđena iz vlastitog kontrolnog područja.	Sve veće proizvodne jedinice.	Plaća se na osnovu troškova uključujući troškove dodatne opreme za <i>black start</i> i održavanje spremnosti.

Kao što je već ranije napomenuto, kod tržišnog određivanja cijene svaki ponuđač kalkuliše svoje troškove i svoju tržišnu poziciju i na osnovu toga formira svoju ponudu, odnosno svoje granične cijene za pregovore. Sa strane operatora sistema ograničenje je odobreni godišnji prihod za nabavku pomoćnih usluga i procjena koliko će koštati ostale usluge.

U slučaju troškovnog pristupa, odnosno formiranja cijene po troškovnom principu, ponuđač ne nudi cijenu nego dokazuje svoje troškove i „traži“ da mu se priznaju. Za određivanje stvarnih troškova koje pružalac ima zbog pružanja pomoćne usluge, odnosno za određivanje cijene potrebno je detaljno analizirati troškove proizvodnje električne energije.

6.2 Troškovi proizvodnje električne energije

Svi troškovi koji nastaju u procesu proizvodnje električne energije mogu se podijeliti na one koji zavise od nivoa proizvodnje, tzv. varijabilne troškove (promjenljive) i one koji ne zavise od nivoa proizvodnje, tzv. fiksne troškove (stalne, nepromjenljive).

Fiksni troškovi obuhvataju fiksne troškove rada i održavanja (*Fix O&M Cost*) i finansijske troškove (*Financial Cost*). U fiksne troškove rada i održavanja ubrajaju se troškovi radne snage, porezi, takse, dažbine i ostali rashodi. U finansijske troškove spadaju troškovi amortizacije, troškovi kamata i negativnih kursnih razlika i drugi rashodi.

U varijabilne troškove spadaju troškovi goriva i varijabilni troškovi pogona i održavanja. Troškovi goriva obuhvataju troškove osnovnog goriva (ugalj, nafta, gas... - *Fuel Cost*), troškove transporta goriva do termoelektrane, troškove analize osnovnog goriva, te kalo i rastur. Varijabilni troškovi pogona i održavanja (*Variable O&M Cost*) obuhvataju troškove pomoćnog goriva, troškove ostalih materijala proizvodnje, troškove investicionog i tekućeg održavanja i ostale troškove pogona.

Vremenski period u kome se obavlja proračun troškova je od značaja i zavisno od svrhe proračuna taj period može biti sat, dan, sedmica, mjesec, ili godina. U svrhu proračuna tarifa obično se uzima budući dugoročni period, troškovi se izračunavaju na godišnjem nivou i svode na trenutak aktuelizacije (tzv. “neto sadašnja vrijednost”). Zbog karaktera godišnjeg dijagrama opterećenja interesantan je mjesečni ili višemjesečni period, odnosno sezonski period zbog različite visine troškova tokom sezona. Liberalizacijom tržišta električne energije, odnosno pojavom konkurentnog tržišta, kompanije koje se bave proizvodnjom električne energije troškove proizvodnje računaju i prate na satnoj osnovi.

6.2.1 Apsolutni troškovi

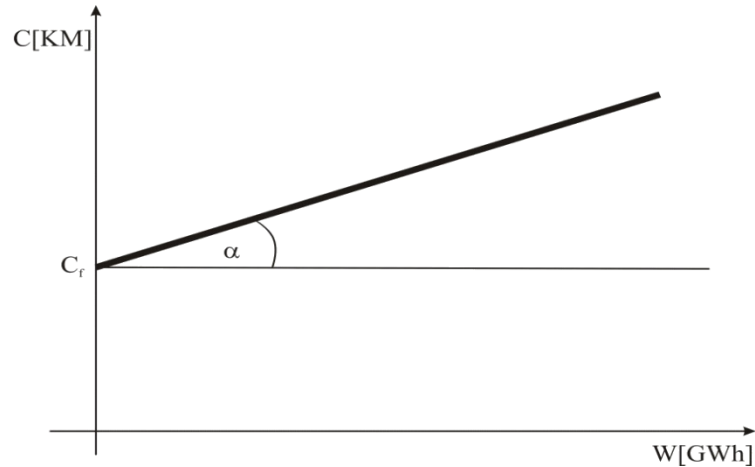
Ako se fiksni i varijabilni troškovi označe kao C_f i C_v , onda su ukupni troškovi proizvodnje (izraženi u KM):

$$C = C_f + C_v \quad (1)$$

Kako su fiksni troškovi konstantni, a varijabilni proporcionalno zavisni od nivoa proizvodnje (linearna aproksimacija daje dobru tačnost), može se pisati:

$$C = C_f + c_v W \quad (2)$$

gdje W označava proizvodnju električne energije u kWh, MWh ili GWh, a c_v jedinične varijabilne troškove proizvodnje u KM/MWh.



Slika 6.1. Zavisnost troškova od nivoa proizvodnje

Na slici 6.1. prikazana je zavisnost ukupnih troškova proizvodnje C od nivoa proizvodnje prema izrazu (2). Vidi se da fiksni troškovi ne zavise od nivoa proizvodnje, a da “brzina” porasta varijabilnih troškova zavisi od jediničnih varijabilnih troškova c_v koji predstavljaju tangens ugla pod kojim leži kriva troškova $C = f(W)$:

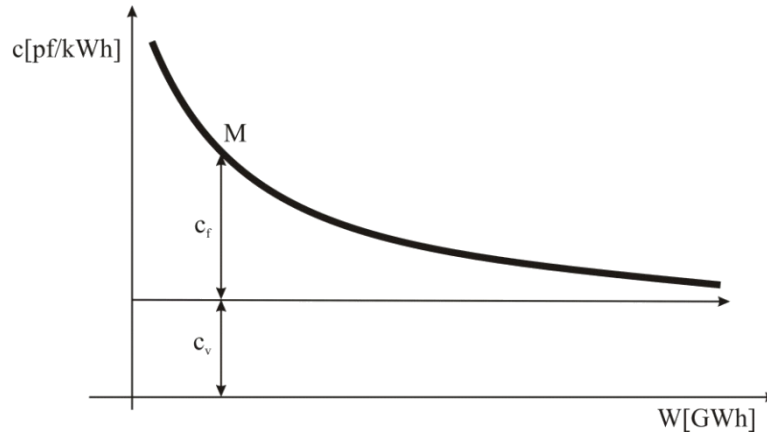
$$c_v = \operatorname{tg} \alpha \quad (3)$$

6.2.2 Jedinični troškovi

Postavljanjem u odnos ukupnih troškova proizvodnje C sa proizvedenom električnom energijom W , dobijaju se jedinični troškovi proizvodnje c u [KM/MWh] (u praksi se ponekad koristi i [pf/kWh]).

$$c = \frac{C}{W} = \frac{C_f + C_v}{W} = \frac{C_f + c_v W}{W} = \frac{C_f}{W} + c_v \quad (4)$$

Iz posljednjeg izraza vidi se da su jedinični troškovi u funkciji proizvodnje hiperbola koja se asimptotski približava jediničnim varijabilnim troškovima c_v kao na slici 6.2.



Slika 6.2. Funkcionalna ovisnost jediničnih troškova od proizvodnje

U nekoj tački M jedinični troškovi c sastoje se iz jediničnih varijabilnih troškova c_v i jediničnih fiksnih troškova c_f . Iz dijagrama je očigledno da povećanjem proizvodnje električne energije (W), jedinični fiksni troškovi (c_f) imaju tendenciju smanjenja, dok su jedinični varijabilni troškovi (c_v) konstantni. Teoretski, sa beskonačno velikom proizvodnjom, jedinični fiksni troškovi bi težili nuli, odnosno bili bi neuporedivo mala veličina u komparaciji sa velikom vrijednošću varijabilnih troškova.

Praktično, za maksimalno moguću proizvodnju u razmatranom periodu jedinični fiksni troškovi imaju minimalnu vrijednost, odnosno ukupni jedinični troškovi su minimalni. Smanjenje jediničnih fiksnih troškova u suštini je povezano sa stepenom korištenja proizvodnih kapaciteta i što se više koriste proizvodni kapaciteti, odnosno što je veći broj sati rada to su niži jedinični troškovi.

Ako izdvojimo fiksne troškove koji se odnose na *black start*, onda formula (4) izgleda ovako.

$$c = \frac{C}{W} = \frac{(C_f^{BS} + C_f^O) + C_v}{W} = \frac{(C_f^{BS} + C_f^O) + c_v W}{W} = \frac{(C_f^{BS} + C_f^O)}{W} + c_v = \frac{C_f^{BS}}{W} + \frac{C_f^O}{W} + c_v \quad (5)$$

C_f^{BS} -fiksni troškovi koji se odnose na *black start*;

C_f^O -ostali fiksni troškovi;

$$C_f = C_f^{BS} + C_f^O$$

6.2.3 Varijabilni jedinični troškovi

Od interesa je analiza varijabilnih jediničnih troškova koji se pokazuju kao limitirajući faktor ispod kojeg se ne mogu smanjivati troškovi proizvodnje. On se sastoji iz jediničnih troškova goriva i jediničnih varijabilnih troškova pogona i održavanja.

$$C_v = C_G + C_{vO\&M} \quad (6)$$

Sa aspekta troškova, za hidro proizvodnju postoje samo varijabilni troškovi rada i održavanja, dok su za termo proizvodnju troškovi goriva dominantni u odnosu na varijabilne troškove rada i održavanja.

6.3 Aktuelna situacija u BiH

Analizirajući elektrane u Bosni i Hercegovini u ovoj Studiji, kao odgovarajuće za pružanje pomoćne usluge *black start* u elektroenergetskom sistemu BiH identifikovane su sljedeće hidroelektrane: HE Jablanica, HE Jajce 1, HE Jajce 2 i HE Bočac.

Kako je proizvodnja električne energije u BiH regulisana djelatnost, tako nadležne regulatorne komisije u BiH (u ovom slučaju entitetske regulatorne komisije: FERK i RERS) određuju cijenu električne energije elektrana.

Regulatorne komisije, u cilju određivanja cijene električne energije na pragu elektrane, odobravaju potrebni godišnji prihod elektranama. Potrebni prihod regulisanog preduzeća predstavlja zbir troškova rada i održavanja, obračunate amortizacije i odobrenog povrata na uložena sredstva, umanjen za ostale prihode ostvarene korišćenjem osnovnih sredstava (regulativna osnova).

Cijene koje se koriste su:

Prosječna jedinična (ukupna ili jednokomponentna) cijena na pragu elektrane. Utvrđuje se kao odnos potrebnog prihoda regulisanog preduzeća i obima proizvodnje električne energije određenog u skladu sa definisanim pravilima.

Dvokomponentna cijena koja se sastoji od:

- jedinične cijene snage koja predstavlja odnos ukupnih fiksnih troškova (uključujući odobreni povrat) i raspoložive snage i
- jedinične cijene energije obračunate kao odnos ukupnih varijabilnih troškova i obima proizvodnje električne energije.

Tabela 6-I. Jedinične cijene⁷

Elektrana	Cijena kapaciteta KM/kW/god	Cijena energije KM/MWh	godina
HE Jablanica	195,08	6,43	2008.
HE Jajce 1	107,58	5,67	2007.
HE Jajce 2	107,58	5,67	2007.
HE Bočac	133,17	6,00	2008.

⁷ Izvor: Akti entitetskih regulatora

Iz tabele 6-I se vidi da je cijena energije relativno niska, što je i očekivano, jer hidroelektrane praktično nemaju troškove goriva, nego samo varijabilne troškove rada i održavanja.

S obzirom da su kroz odobreni prihod već ukalkulisani svi fiksni troškovi elektrana, to znači da su „pokriveni“ i fiksni troškovi sredstava koji služe za pružanje pomoćne usluge *black start*. Dakle, preostaje samo da se nadoknade varijabilni troškovi u slučaju aktiviranja pomoćne usluge *black start*.

Imajući u vidu da je proizvodnja regulisana djelatnost, da su fiksni troškovi (koji čine dominantni dio troškova kod HE) pokriveni kroz odobreni prihod i „redovnu“ tarifu preostaje da se nadoknadi samo dio varijabilnih troškova koji se odnosi isključivo na pružanje pomoćne usluge *black start* i koji bi bio veoma nizak, ukoliko se ne bi donijela odluka o određenom „stimulativnom“ dodatku za „čuvanje spremnosti“.

7 Zaključci

1. Realizacija pomoćne usluge *black start*, odnosno restauracija elektroenergetskog sistema nakon totalnog raspada složen je proces koji zahtijeva poznavanje konstruktivnih i regulacionih parametara proizvodnih kapaciteta, karakteristike prenosne mreže i potrošačkih čvorišta. Pored toga, veoma važna je obučenost i međusobna koordinacija operativnog osoblja koje učestvuje u procesu realizacije *black starta*, kao i odgovarajuće procedure, te ostala tehnička sredstva, u prvom redu sistemi veza među operativnim centrima.
2. U toku rada na Studiji prikupljen je značajan fond podataka o proizvodnim kapacitetima u Bosni i Hercegovini. Međutim, za pojedine proizvodne kapacitete, relevantni podaci, posebno o blok dijagramima i podešenjima regulacionih parametara naponske i turbinske regulacije nisu bili dostupni.
3. Na bazi prikupljenih podataka utvrđeno je da su sve HE snabdjevene dizel agregatima i/ili kućnim turbinama i da imaju mogućnost samostalnog pokretanja generatora bez pomoći vanjskog napajanja, ali zbog konstruktivnih i hidrauličkih karakteristika sve HE ne mogu pružiti pomoćnu uslugu *black start*. TE ne mogu startovati bez vanjskog napajanja, a upitna je i njihova mogućnost zadržavanja na vlastitoj potrošnji u slučaju raspada sistema. Rezervna napajanja HE i TE koncipirana su tako da je omogućeno višestrano napajanje vlastite potrošnje u različitim uslovima uklopnog stanja mreže.
4. Studijom je utvrđeno da u EES BiH postoje elektrane koje su sposobne za pružanje pomoćne usluge *black start*. Elektrane koje imaju zadovoljavajuće hidrauličke parametre su: HE Jablanica, HE Bočac, HE Jajce 1 i HE Jajce 2. Pored toga, modelovanjem generatora, naponskih i turbinskih regulatora na bazi prikupljenih podataka i simulacijama odziva na skokovite promjene opterećenja, utvrđeno je da generatori ovih elektrana imaju povoljan regulacioni odziv na skokovitu promjenu opterećenja, mada u relativno malim iznosima.
5. Da bi se mogla aktivirati pomoćna usluga *black start*, odnosno da bi se navedene elektrane obavezale na pružanje ove usluge, neophodno je donijeti odgovarajuće obavezujuće regulatorne akte.
6. Pošto je proizvodnja električne energije u BiH regulisana djelatnost, svim proizvođačima su kroz odobreni prihod priznati svi fiksni troškovi, što indirektno znači da su „pokriveni“ i fiksni troškovi opreme koja služi za pružanje pomoćne usluge *black start*.
7. Koristeći rezultate Studije, NOS BiH će izraditi operativnu proceduru za aktiviranje pomoćne usluge *black start* koja će biti sastavni dio Plana obnove. Prilikom izrade procedure potrebno će biti uvažiti sljedeće:
 - ✓ U slučaju nestanka napona na sabirnicama elektrana, operativno osoblje hidroelektrana će postupiti u skladu sa odredbama Plana obnove i čekati dalje naloge NOS BiH.
 - ✓ Nakon što NOS BiH da nalog za aktiviranje pomoćne usluge *black start*, operativno osoblje elektrane koja pruža tu uslugu trebalo bi da postavi referentnu tačku frekvencije (regulatora brzine) između 50 i 51 Hz, čime bi se omogućio stabilniji rad mašina prilikom

opterećivanja i kako propad frekvencije, uzrokovan skokovitim promjenama opterećenja generatora, ne bi prouzrokovao eventualno djelovanje, kako generatorske, tako i podfrekventne zaštite.

- ✓ Referentni napon trebalo bi postaviti na nominalnu vrijednost napona generatora ili nešto niže do trenutka uključenja prvog dalekovoda i opterećenja, a potom održavati nominalni napon generatora automatskom regulacijom.
 - ✓ Opterećivati generatore u skladu sa njihovim tehničkim i regulacionim karakteristikama i u koracima određenim u poglavlju 5.
 - ✓ U toku širenja ostrva nastojati da se u što kraćem roku proslijedi napon na najbliže elektrane.
 - ✓ Procedura pokretanja *black starta* i ponovno uspostavljanje napajanja potrošača mora biti efikasna i što je moguće brža. To je potrebno da bi potrošači sa tehnološkim procesima osjetljivim na prekid napajanja što prije dobili potrebnu električnu energiju, ali isto tako da termoelektrane ne izgube termičke parametre i time još više otežaju dovođenje sistema u normalan pogon.
 - ✓ U toku sprovođenja procedure koristiće se glavne (interne) komunikacione veze između NOS BiH i ostalih učesnika, a u slučaju njihovog prekida rezervne veze (TK operateri).
8. Na osnovu izvršenih analiza osjetljivosti karakterističnih potrošača na dužinu trajanja beznaponskog stanja, može se konstatovati da svi potrošači na prenosnoj mreži, izuzev Aluminija d.d. Mostar, uz angažovanje vlastitih alternativnih izvora, imaju mogućnost održavanja minimalnih uslova rada bez oštećenja opreme.
 9. Svaka *black start* elektrana treba da ima razrađene procedure u skladu sa procedurama koje su navedene u Planu obnove za pokretanje *black start* jedinica.
 10. Operativno osoblje u NOS BiH, elektranama, OP Elektroprenosa BiH, postrojenjima, elektroprivredama, mora biti upoznato i obučeno za provođenje procedure *black starta*.
 11. NOS BiH treba pripremiti odgovarajuće scenarije za provođenje procedure *black start* na simulatoru (DTS – dispečer training simulator) kako bi se povećala spremnost operativnog osoblja za što efikasniju restauraciju sistema.
 12. U slučaju kapitalnih remonata u elektranama, preporučuje se provođenje testova vezanih za sposobnost elektrane za *black start*.

8 Literatura

1. „Zakon o osnivanju nezavisnog operatera sistema za prijenosni sistem u Bosni i Hercegovini“, 2004.
2. „Mrežni kodeks“, NOS BiH, 2006.
3. „Tržišna pravila“, NOS BiH, 2006.
4. „UCTE Operation Handbook“, 2004.
5. „Rješenje o utvrđivanju cijene električne energije na pragu elektrane“ (HE Bočac), RERS, dec 2007.
6. „Rješenje o potrebnom godišnjem prihodu proizvodnje od nekvalifikovanih (tarifnih) kupaca za JP EP BiH“, FERK, dec 2007.
7. „Rješenje o potrebnom godišnjem prihodu proizvodnje od nekvalifikovanih (tarifnih) kupaca za JP EPHZHB“, FERK, apr 2007.
8. Mensur M. Hajro, Mirza R. Kušljugić: „Eksploatacija i upravljanje elektroenergetskim sistemom“, Sarajevo 1996.
9. Milan S. Čalović, Andrija T. Sarić: „Eksploatacija elektroenergetskih sistema“, Beograd 1999.
10. Milenko B. Đurić, Aleksandar R. Čukarić: „Elektране“, ETF Beograd, ETF Priština 1998.
11. Prabha Kundur: „Power System Stability and Control“, EPRI 1994.
12. Institut za elektroprivredu: „Ostrvski rad elektrana u SR BiH – I i II faza“, SOUR „Elektroprivreda BiH“, Sarajevo 1989.
13. Steven Stoft: „Power System Economics“, Willey-IEEE Press, 2002.
14. PTI – Software Solution, SIEMENS: „Program Application Guide“, 2009.
15. Dokumentacija EP BiH, EP HZHB, ERS.

9 Prilog A: Hidroelektrane u EES BiH

9.1 HE Grabovica

1. PODACI O AGREGATU

Agregati br. 1, 2

Turbina

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.1	Tip turbine	KAPLAN K7-5,3/5,14		
1.2	Instalisana snaga	P _n	MW	58,5
1.3	Tehnički minimum	P _{min}	MW	25
1.4	Protok	instalirani	m ³ /s	190
		minimalni		95
1.5	Kinetička energija agregata (T+G)	WR	MWs	173,5
1.6	Zamašni moment (T+G)	T _j	tm ²	5629
1.7	Mehanička konstanta (T+G)	H	MWs/MVA	2,71
1.8	Broj obrtaja turbine	nominalni	ob/min	150
		pobjega		360
1.9	Stepen iskorištenja turbine		%	89÷93,5

Podaci o elektrani

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.10	Vrijeme dostizanja minimalne snage $P_0 - P_{min}$	t	min	
1.11	Maksim. dozvoljeno vrijeme rada u opsegu $P_0 - P_{min}$	t	min	
1.12	Gradijent promjene snage u opsegu $P_{min} - P_{nom}$	povećanja	$\Delta P/\Delta t$	MW/min
1.13		smanjenja		
1.14	Snaga sopstvene potrošnje	P _{sp}	MW	
1.15	Zaštita	podfrekventna	Hz	49,5
		nadfrekventna	Hz	52,5
		od povratne snage		-5%
		ispada iz sinhronizma		
1.16	Frekventni opseg i dozvoljeno vrijeme rada agregata	47 – 48 Hz		
		48 – 49 Hz		
		49 – 50 Hz		
		50 – 51 Hz		
		51 – 52 Hz		
1.17	Mogućnost i način samostalnog pokretanja (dizel agregat, kućna turbina, vanjski izvor)	DIZEL, VANJSKI IZVOR		
1.18	Jednopolna šema elektrane	DA		
1.19	Pogonska karta generatora	DA		
1.20	Blok dijagrami	turbinskog regulatora	DA	
		sistema pobude	DA	

2. PODACI O GENERATORU

Agregati br. 1, 2

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
2.1	Nominalna prividna snaga generatora	S_n	MVA	64
2.2	Nominalna aktivna snaga generatora	P_n	MW	58,5
2.3	Raspoloživa snaga na pragu elektrane	P_R	MW	58,5
2.4	Tehnički minimum	P_{min}	MW	25
2.5	Nominalni faktor snage	$\cos\varphi_{nom}$		0,9
2.6	Faktor snage u kapacitivnom režimu	$\cos\varphi_{cap}$		
2.7	Nominalni napon generatora	U	kV	10,5
2.8	Nominalna brzina	obrt.	o/min	150
2.9	Brzina pobjega	b_p	o/min	360
2.10	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po d osi	X_d''	p.u.	0,209
2.11	Nezasićena tranzijentna reaktansa po d osi	X_d'	p.u.	0,336
2.12	Nezasićena sinhrona reaktansa po d osi	X_d	p.u.	1,11
2.13	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po q osi	X_q''	p.u.	
2.14	Nezasićena tranzijentna reaktansa po q osi	X_q'	p.u.	0,234
2.15	Nezasićena sinhrona reaktansa po q osi	X_q	p.u.	0,646
2.16	Otpor armature	r_a	p.u.	0,0037175
2.17	Potier-ova (Leakage-ova) reaktansa	$X_p (X_l)$	p.u.	
2.18	Inverzna komponenta reaktanse	X_i	p.u.	0,2215
2.19	Nulta komponenta reaktanse	X_0	p.u.	0,1432
2.20	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d''	s	1,76
2.21	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d'	s	0,025
2.22	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}''	s	6,035
2.23	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}'	s	0,07074
2.24	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q''	s	
2.25	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q'	s	
2.26	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}''	s	
2.27	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}'	s	0,1247
2.28	Vremenska konstanta armature	T_a	s	0,22
2.29	Zasićenje mašine kod napona 1.0 p.u.	$S_{G1.0}$	p.u.	
2.30	Zasićenje mašine kod napona 1.2 p.u.	$S_{G1.2}$	p.u.	
2.31	Elektromotorna sila kod punog opterećenja	E_{FDFL}	p.u.	
2.32	Koeficijent prigušenja	D	p.u.	

3. PODACI O SISTEMU POBUDE

Agregati br. 1, 2

Vrsta i tip pobudnog sistema: TIRISTORSKI STATIČKI SISTEM

Proizvođač: KONČAR

Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	Vrijednost
3.1	Vremenski član kašnjenja dovođenja signala napona generat.		T_R	s	0,075
3.2	Koeficijent pojačanja regulatora		K_A	p.u.	50
3.3	Vremenska konstanta regulatora		T_A	s	0,03
3.4	Maksimalni izlazni napon regulatora		V_{Rmax}	p.u.	1,1
3.5	Minimalni izlazni napon regulatora		V_{Rmin}	p.u.	0,9
3.6	Koeficijent pojačanja pobudnog sistema		K_E	p.u.	
3.7	Vremenska konstanta pobudnog sistema		T_E	s	
3.8	Koeficijent pojačanja povratne sprege po naponu regulatora		K_F	p.u.	1
3.9	Vremenska konstanta povratne sprege po naponu regulatora		T_F	s	
3.10	Koeficijent pojačanja stabilizacijskih krugova sist. pobude		K_C	p.u.	
3.11	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude		T_B	s	
3.12	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude		T_C	s	
3.13	75% vrijednost u odnosu na E_{FDmax}		E_1	p.u.	
3.14	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_1		$S_E(E_1)$	p.u.	
3.15	Maksimalna vrijednost E_{FDmax}		E_2	p.u.	
3.16	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_2		$S_E(E_2)$	p.u.	
3.17	Nazivna vrijednost uzbudnog napona		$E_{FD\ naz}$	p.u.	2,3
	LIMITER MAKSIMALNE UZBUDE				
3.18	Koeficijent forsiranja pobude	po naponu	E_{FD1}	p.u.	4
		po struji	I_{FD1}	p.u.	4
3.19	Vrijeme forsiranja		T_1	s	5
	LIMITER MINIMALNE UZBUDE				

4. PODACI O SISTEMU TURBINSKE REGULACIJE

Agregati br. 1, 2

Vrsta i tip: TURBINSKI REGULATOR FRVA

Proizvođač: ASEA

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
4.1	Stalni statizam regulatora	R	%	
4.2	Prolazni statizam regulatora	r	%	
4.3	Radni mod sekundarnog regulatora – regulatora brzine (LFC/FC)			
4.4	Vremenska konstanta regulatora	T_1	s	
4.5	Vremenska konstanta filtera	T_f	s	
4.6	Vremenska konstanta servo motora	T_g	s	
4.7	Limit brzine otvaranja ventila	VELM		
4.8	Maksimalni položaj regulacionih ventila (limit maks. snage)	G_{max}	p.u.	
4.9	Minimalni položaj regulacionih ventila (limit minim. snage)	G_{min}	p.u.	
4.10	Vremenska konstanta tlačnog cjevovoda kojom se uzima u obzir inercija vode	T_w	s	
4.11	Koeficijent pojačanja turbine	A_t	p.u.	
4.12	Koeficijent prigušenja turbine	D_t	p.u.	
4.13	Protok pri praznom hodu	q_{NL}	m ³ /s	20
4.14	Dužina dovodnog tunela i spirale	L	m	99
4.15	Presjek dovodnog tunela	A_t		33,16
4.16	Hidraulički pad	H	m	34
4.17	Brzina protoka vode	Q	m ³ /s	190

5. PODACI O BLOK TRANSFORMATORU

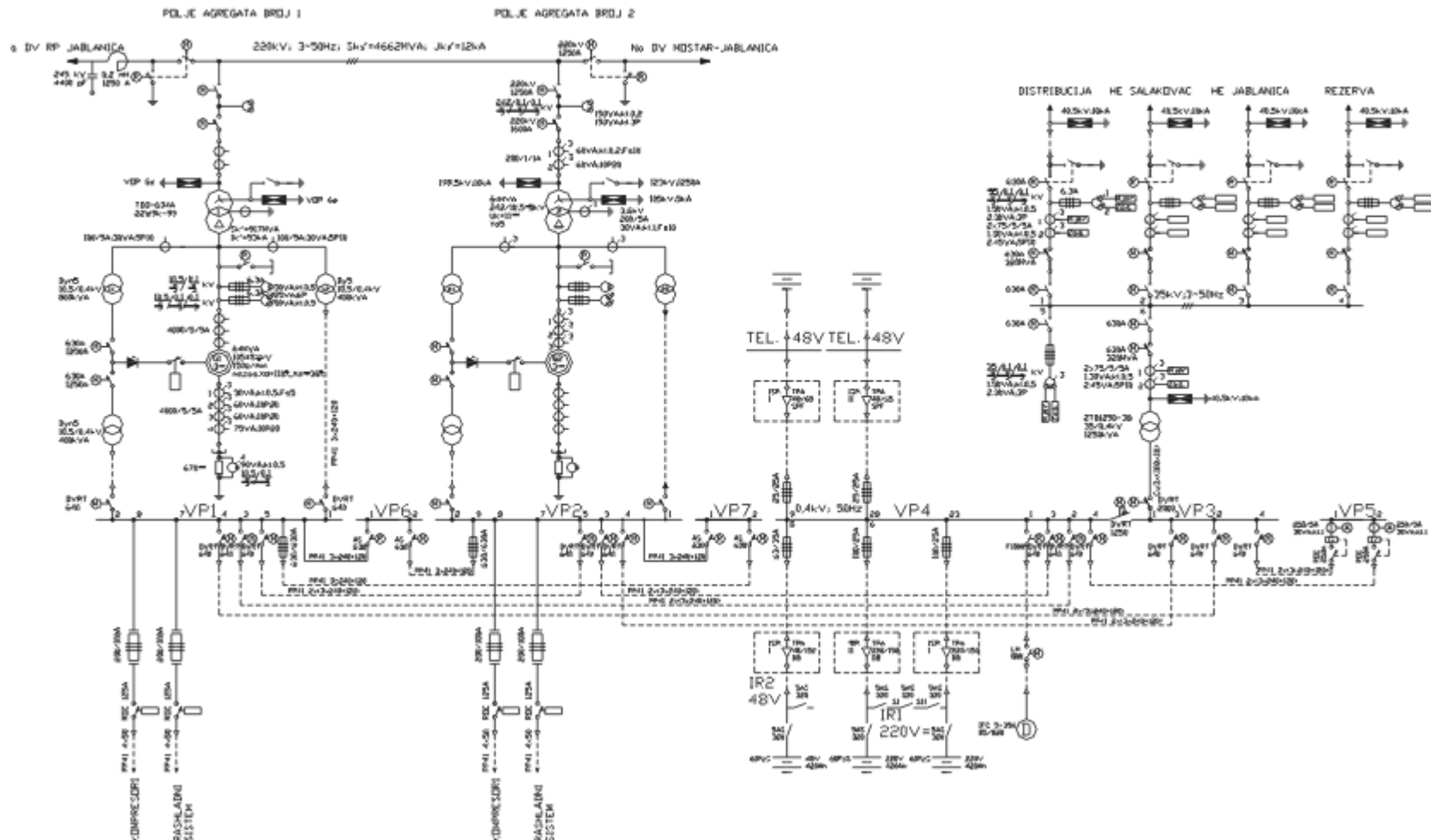
Agregati br. 1, 2

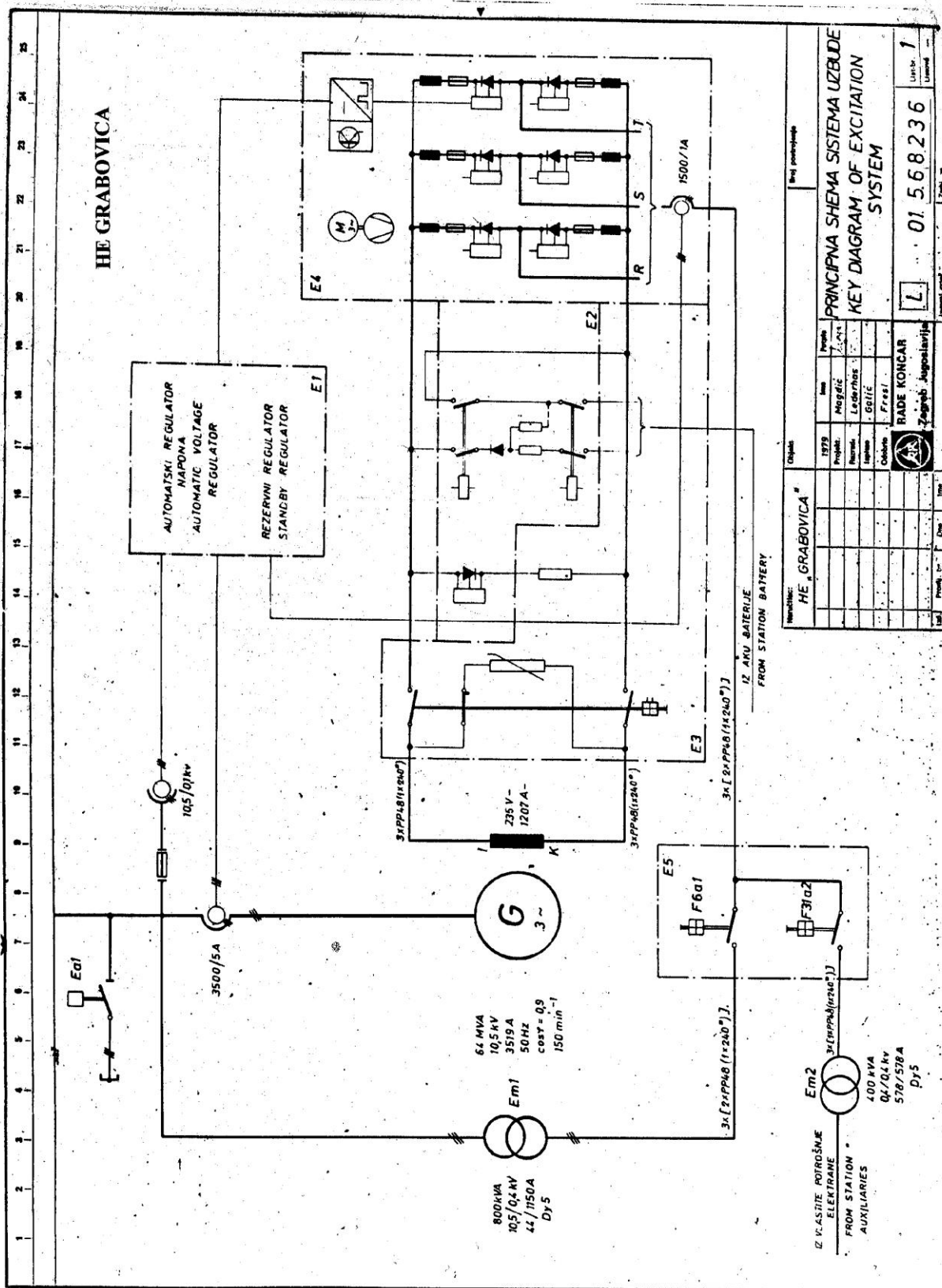
Vrsta i tip: TDQ-634A22W9K-99

Proizvođač: ELIN

Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	Vrijednost
5.1	Nazivna snaga transformatora		S	MVA	64
5.2	Prenosni odnos transformatora		U_1/U_2	kV/kV	10,5/242
5.3	Sprega transformatora		YNd5		
5.4	Regulacioni opseg transformatora			%	
5.5	Napon kratkog spoja transformatora		u_K	%	11
5.6	Gubici	u bakru	P_{Cu}	kW	220
5.7		u gvožđu	P_{Fe}	kW	44
5.8		ukupno		kW	264
5.9	Način hlađenja transformatora		VODA		
5.10	Nači uzemljenja		DIREKTNO		

JEDNOPOLNA ŠEMA HIDROELEKTRANE GRABOVICA





This document remains the exclusive property of the RADE KONCAR company. Reproduction or use for any other purpose without the written permission of the RADE KONCAR company is not permitted.

Ovaj dokument ostaje u isključivom vlasništvu tvrtke RADE KONCAR. Preuzimanje ili korištenje bez pisanog odobrenja tvrtke RADE KONCAR nije dopušteno.

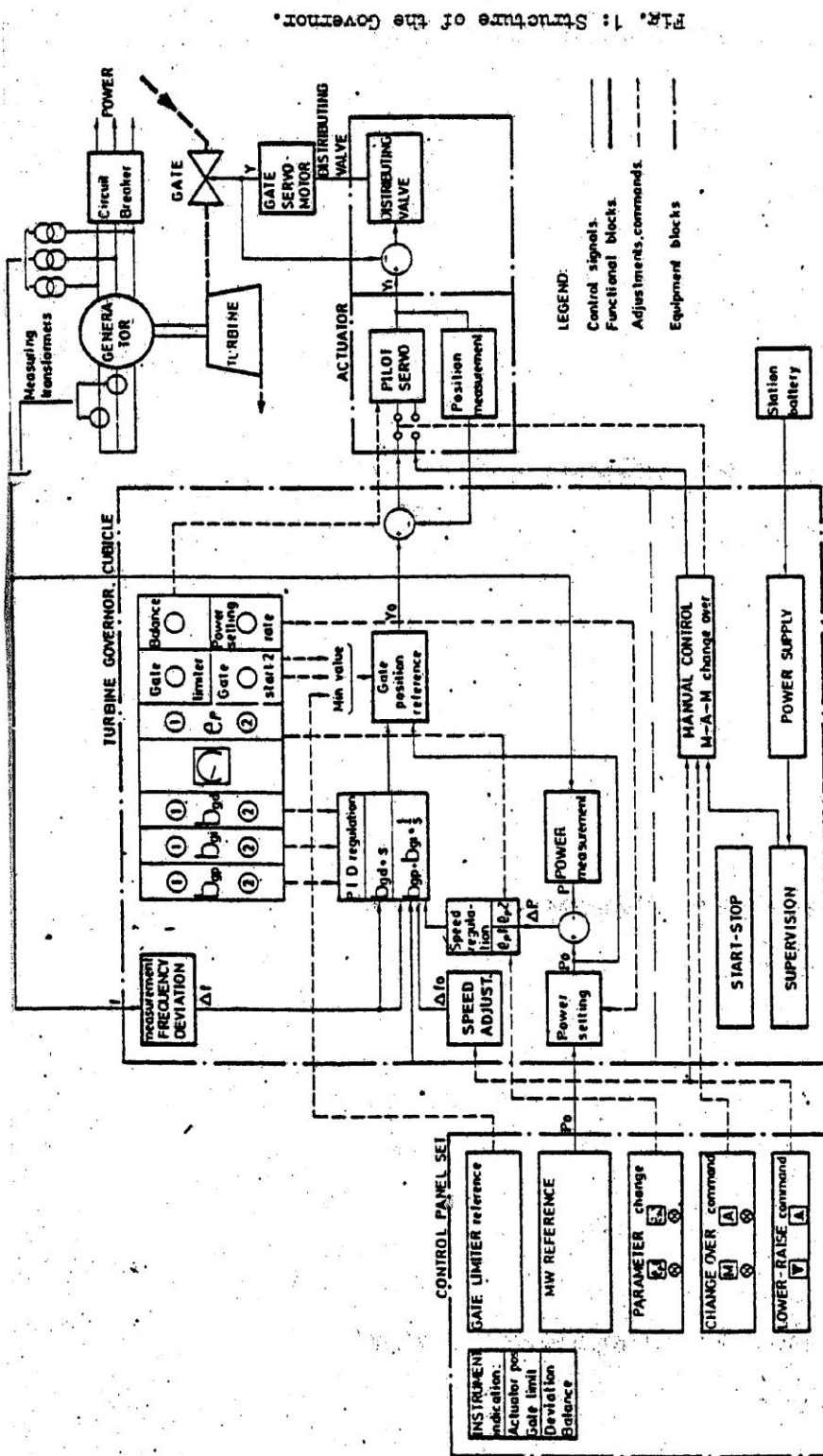


Fig. 1: Structure of the Governor.

HE GRABOVICA TURBINSKA REGULACIJA - BLOK DIJAGRAM

9.2 HE Salakovac

1. PODACI O AGREGATU

Agregati br. 1, 2 i 3

TURBINA

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.1	Tip turbine	Kaplan		
1.2	Instalisana snaga	P_n	MW	69.5
1.3	Tehnički minimum	P_{min}	MW	35
1.4	Protok	instalirani	m^3/s	180
		minimalni		90
1.5	Kinetička energija agregata (T+G)	W_R	MWs	
1.6	Zamašni moment (T+G)	T_i	tm^2	7700 *
1.7	Mehanička konstanta (T+G)	H	MWs/MVA	
1.8	Broj obrtaja turbine	nominalni	ob/min	150
		pobjega		390
1.9	Stepen iskorištenja turbine		%	93.491

PODACI O ELEKTRANI

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.10	Vrijeme dostizanja minimalne snage $P_0 - P_{min}$	t	min	2.5
1.11	Maksim. dozvoljeno vrijeme rada u opsegu $P_0 - P_{min}$	t	min	
1.12	Gradijent promjene snage u opsegu $P_{min} - P_{nom}$	povećanja	$\Delta P/\Delta t$	MW/min
1.13		smanjenja		
1.14	Snaga sopstvene potrošnje	P_{sp}	MW	
1.15	Zaštita	podfrekventna	Hz	<48 Hz, t=1.5''
		nadfrekventna	Hz	>52 Hz, t=1.5''
		od povratne snage		-5%, t=10''
		ispada iz sinhronizma		DA
1.16	Frekventni opseg i dozvoljeno vrijeme rada agregata	47 – 48 Hz		
		48 – 49 Hz		
		49 – 50 Hz		
		50 – 51 Hz		
		51 – 52 Hz		
1.17	Mogućnost i način samostalnog pokretanja (dizel agregat, kućna turbina, vanjski izvor)	Dizel agregat i vanjski izvor		
1.18	Jednopolna šema elektrane	DA		
1.19	Pogonska karta generatora	DA		
1.20	Blok dijagrami	turbinskog regulatora		
		sistema pobude	Statički	

* Preuzeto iz studije OSTRVSKI RAD ELEKTRANA U SR BIH

2. PODACI O GENERATORU

Agregati br. 1, 2 i 3

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
2.1	Nominalna prividna snaga generatora	S_n	MVA	75
2.2	Nominalna aktivna snaga generatora	P_n	MW	67.5
2.3	Raspoloživa snaga na pragu elektrane	P_R	MW	70
2.4	Tehnički minimum	P_{min}	MW	35
2.5	Nominalni faktor snage	$\cos\varphi_{nom}$		0.9
2.6	Faktor snage u kapacitivnom režimu	$\cos\varphi_{cap}$		
2.7	Nominalni napon generatora	U	kV	$13.8 \pm 5 \%$
2.8	Nominalna brzina	obrt.	o/min	150
2.9	Brzina pobjega	b_p	o/min	390
2.10	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po d osi	X_d''	p.u.	0.192
2.11	Nezasićena tranzijentna reaktansa po d osi	X_d'	p.u.	0.343
2.12	Nezasićena sinhrona reaktansa po d osi	X_d	p.u.	1.173
2.13	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po q osi	X_q''	p.u.	0.1984
2.14	Nezasićena tranzijentna reaktansa po q osi	X_q'	p.u.	-
2.15	Nezasićena sinhrona reaktansa po q osi	X_q	p.u.	0.673
2.16	Otpor armature	r_a	p.u.	-
2.17	Potier-ova (Leakage-ova) reaktansa	$X_p (X_l)$	p.u.	-
2.18	Inverzna komponenta reaktanse	X_i	p.u.	0.1952
2.19	Nulta komponenta reaktanse	X_0	p.u.	0.1234
2.20	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d''	s	0.0302
2.21	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d'	s	-
2.22	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}''	s	-
2.23	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}'	s	5.2
2.24	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q''	s	-
2.25	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q'	s	-
2.26	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}''	s	-
2.27	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}'	s	-
2.28	Vremenska konstanta armature	T_a	s	
2.29	Zasićenje mašine kod napona 1.0 p.u.	$S_{G1.0}$	p.u.	
2.30	Zasićenje mašine kod napona 1.2 p.u.	$S_{G1.2}$	p.u.	
2.31	Elektromotorna sila kod punog opterećenja	E_{FDFL}	p.u.	
2.32	Koeficijent prigušenja	D	p.u.	

3. PODACI O SISTEMU POBUDE

Agregati br. 1, 2 i 3

Vrsta i tip pobudnog sistema: Statički sistem uzbude THYRIPOL

Proizvođač: SIEMENS

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost	
3.1	Vremenski član kašnjenja dovođenja signala napona generat.	T_R	s		
3.2	Koeficijent pojačanja regulatora	K_A	p.u.		
3.3	Vremenska konstanta regulatora	T_A	s		
3.4	Maksimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmax}	p.u.		
3.5	Minimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmin}	p.u.		
3.6	Koeficijent pojačanja pobudnog sistema	K_E	p.u.		
3.7	Vremenska konstanta pobudnog sistema	T_E	s		
3.8	Koeficijent pojačanja povratne sprege po naponu regulatora	K_F	p.u.		
3.9	Vremenska konstanta povratne sprege po naponu regulatora	T_F	s		
3.10	Koeficijent pojačanja stabilizacijskih krugova sist. pobude	K_C	p.u.		
3.11	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_B	s		
3.12	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_C	s		
3.13	75% vrijednost u odnosu na E_{FDmax}	E_1	p.u.		
3.14	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_1	$S_E(E_1)$	p.u.		
3.15	Maksimalna vrijednost E_{FDmax}	E_2	p.u.		
3.16	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_2	$S_E(E_2)$	p.u.		
3.17	Nazivna vrijednost uzbudnog napona	$E_{FD\ naz}$	p.u.	226 V	
	LIMITER MAKSIMALNE UZBUDE				
3.18	Koeficijent forsiranja pobude	po naponu	E_{FD1}	p.u.	5.3 *
		po struji	I_{FD1}	p.u.	4.19 *
3.19	Vrijeme forsiranja	T_1	s	10 *	
	LIMITER MINIMALNE UZBUDE				

* Preuzeto iz studije OSTRVSKI RAD ELEKTRANA U SR BIH

4. PODACI O SISTEMU TURBINSKE REGULACIJE

Agregati br. 1, 2 i 3

Vrsta i tip: Digitalni turbinski regulator DTL 595

Proizvođač: Andritz Sulzer Hydro

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
4.1	Stalni statizam regulatora	R	%	
4.2	Prolazni statizam regulatora	r	%	
4.3	Radni mod sekundarnog regulatora – regulatora brzine (LFC/FC)			
4.4	Vremenska konstanta regulatora	T_1	s	
4.5	Vremenska konstanta filtera	T_f	s	
4.6	Vremenska konstanta servo motora	T_g	s	
4.7	Limit brzine otvaranja ventila	VELM		
4.8	Maksimalni položaj regulacionih ventila (limit maks. snage)	$G_{\max}$	p.u.	
4.9	Minimalni položaj regulacionih ventila (limit minim. snage)	$G_{\min}$	p.u.	
4.10	Vremenska konstanta tlačnog cjevovoda kojom se uzima u obzir inercija vode	T_w	s	
4.11	Koeficijent pojačanja turbine	A_t	p.u.	
4.12	Koeficijent prigušenja turbine	D_t	p.u.	
4.13	Protok pri praznom hodu	q_{NL}	m^3/s	
4.14	Dužina dovodnog tunela i spirale	L	m	
4.15	Presjek dovodnog tunela	A_t	m^2	33.18
4.16	Hidraulički pad	H	m	42
4.17	Brzina protoka vode	Q	m^3/s	180

5. PODACI O BLOK TRANSFORMATORU

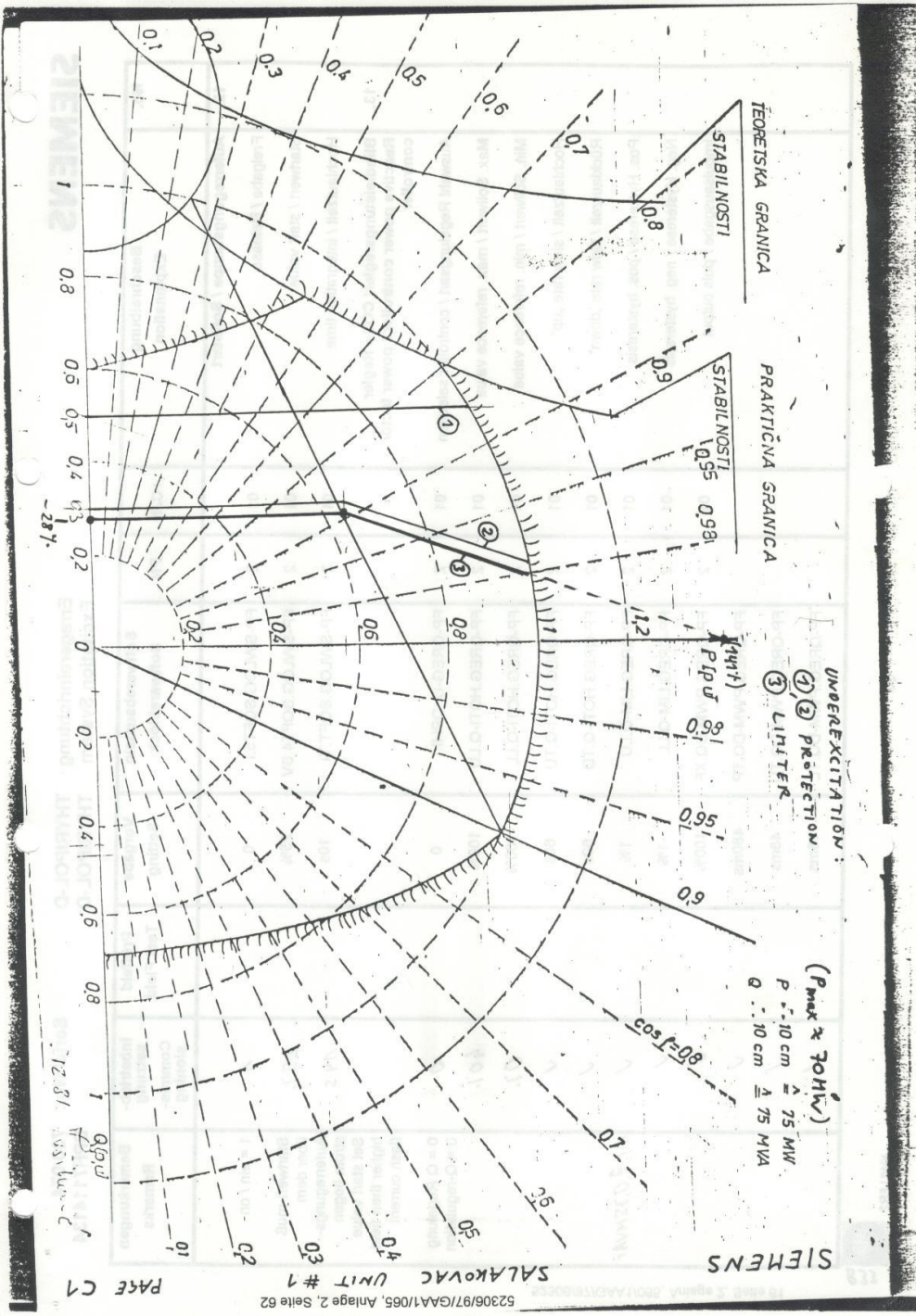
Agregati br. 1, 2 i 3

Vrsta i tip: 1 TOV 75000-245s

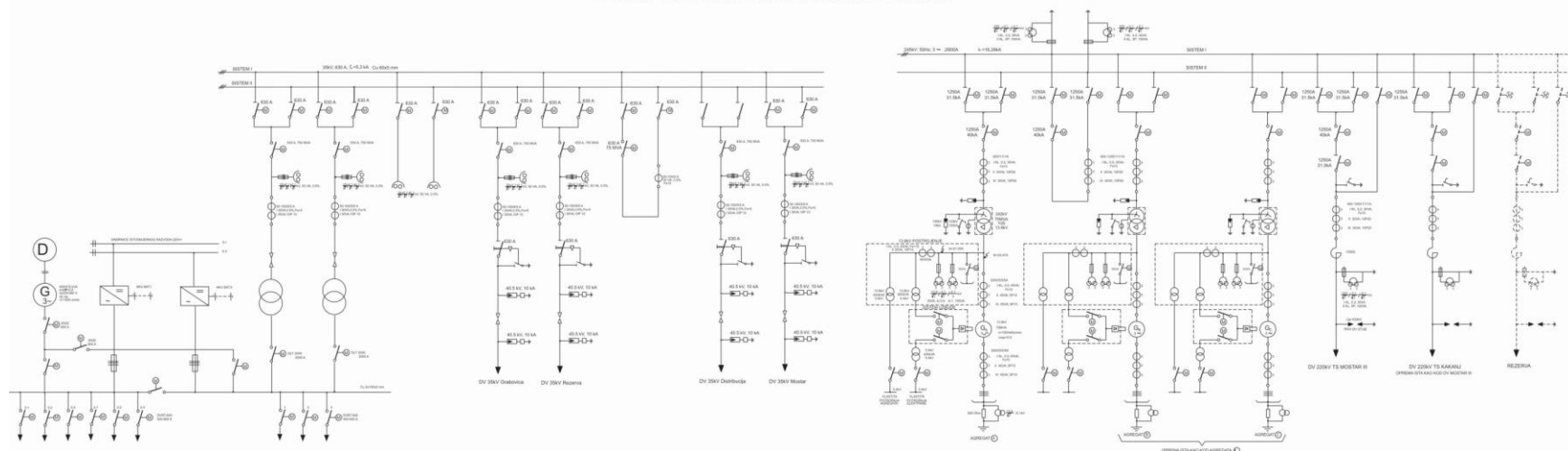
Proizvođač: Rade Končar

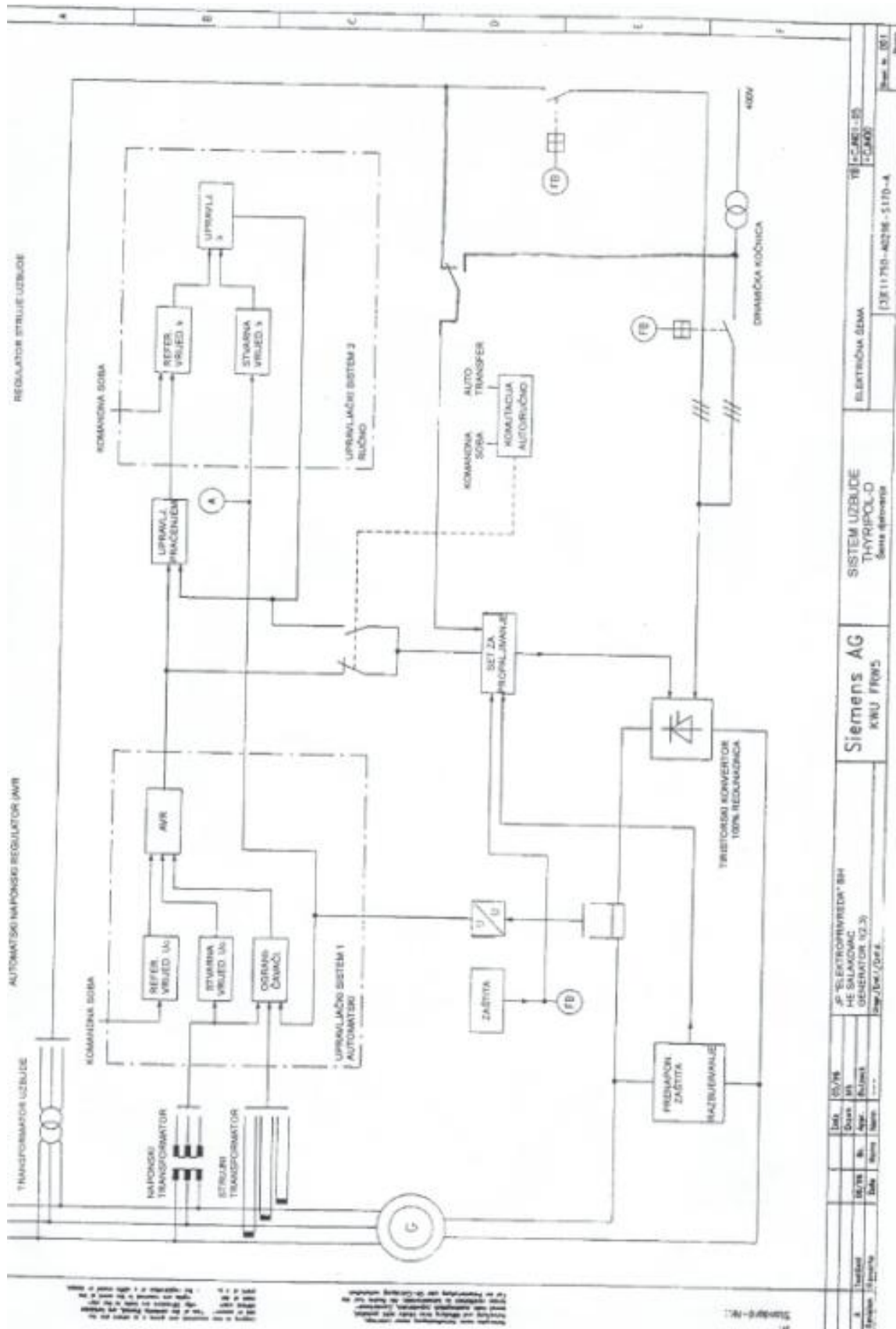
Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	Vrijednost
5.1	Nazivna snaga transformatora		S	MVA	75
5.2	Prenosni odnos transformatora		U_1/U_2	kV/kV	242/13.8
5.3	Sprega transformatora		Ynd5		
5.4	Regulacioni opseg transformatora			%	-
5.5	Napon kratkog spoja transformatora		u_K	%	11.37-11.45
5.6	Gubici	u bakru	P_{Cu}	kW	241.69 *
5.7		u gvožđu	P_{Fe}	kW	77.18 *
5.8		ukupno		kW	318.87 *
5.9	Način hlađenja transformatora		OFWF		
5.10	Nači uzemljenja		direktno		

*Preuzeto iz studije OSTRVSKI RAD ELEKTRANA U SR BIH



HE SALAKOVAC JEDNOPOLNA ELEKTRIČNA ŠEMA ELEKTRANE





9.3 HE Jablanica

1. PODACI O AGREGATU

Agregati br. 1,2, 3, 4, 5, 6

TURBINA

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.1	Tip turbine	Frensis		
1.2	Instalisana snaga	P_n	MW	30,6
1.3	Tehnički minimum	P_{min}	MW	
1.4	Protok	instalirani	m^3/s	34,8
		minimalni		
1.5	Kinetička energija agregata (T+G)	W_R	MWs	
1.6	Zamašni moment (T+G)	T_j	tm^2	G-162,5; T-5350 kg
1.7	Mehanička konstanta (T+G)	H	MWs/MVA	
1.8	Broj obrtaja turbine	nominalni	ob/min	300
		pobjega		596
1.9	Stepen iskorištenja turbine		%	91

PODACI O ELEKTRANI

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.10	Vrijeme dostizanja minimalne snage $P_0 - P_{min}$	t	s	50
1.11	Maksim. dozvoljeno vrijeme rada u opsegu $P_0 - P_{min}$	t	min	
1.12	Gradijent promjene snage u opsegu $P_{min} - P_{nom}$	povećanja	$\Delta P/\Delta t$	0,25
1.13		smanjenja		
1.14	Snaga sopstvene potrošnje	P_{SP}	MW	0,291
1.15	Zaštita	podfrekventna	Hz	
		nadfrekventna	Hz	
		od povratne snage	MW	5% P_n
		ispada iz sinhronizma		
1.16	Frekventni opseg i dozvoljeno vrijeme rada agregata	47 – 48 Hz		
		48 – 49 Hz		
		49 – 50 Hz		
		50 – 51 Hz		
		51 – 52 Hz		
1.17	Mogućnost i način samostalnog pokretanja (dizel agregat, kućna turbina, vanjski izvor)	Kućni agregati; Plan: dizel agregat		
1.18	Jednopolna šema elektrane	U prilogu		
1.19	Pogonska karta generatora	U prilogu		
1.20	Blok dijagrami	turbinskog regulatora	U prilogu	
		sistema pobude	U prilogu	

2. PODACI O GENERATORU

Agregati br. 1, 2, 3, 4, 5, 6

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
2.1	Nominalna prividna snaga generatora	S_n	MVA	36
2.2	Nominalna aktivna snaga generatora	P_n	MW	30,6
2.3	Raspoloživa snaga na pragu elektrane (postoji ograničenje zbog protoka)	P_R	MW	6x28
2.4	Tehnički minimum	P_{min}	MW	12
2.5	Nominalni faktor snage	$\cos\varphi_{nom}$		0,85
2.6	Faktor snage u kapacitivnom režimu	$\cos\varphi_{cap}$		
2.7	Nominalni napon generatora	U	kV	6,3
2.8	Nominalna brzina	obrt.	o/min	300
2.9	Brzina pobjega	b_p	o/min	596
2.10	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po d osi	X_d''	p.u.	0,27
2.11	Nezasićena tranzijentna reaktansa po d osi	X_d'	p.u.	0,38
2.12	Nezasićena sinhrona reaktansa po d osi	X_d	p.u.	1,4
2.13	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po q osi	X_q''	p.u.	0,36
2.14	Nezasićena tranzijentna reaktansa po q osi	X_q'	p.u.	
2.15	Nezasićena sinhrona reaktansa po q osi	X_q	p.u.	0,76
2.16	Otpor armature (otpor rotora)	r_a	Ω	0,1599
2.17	Potier-ova (Leakage-ova) reaktansa	$X_p (X_l)$	p.u.	
2.18	Inverzna komponenta reaktanse	X_i	p.u.	0,25
2.19	Nulta komponenta reaktanse	X_0	p.u.	0,12
2.20	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d''	s	0,017
2.21	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d'	s	1,85
2.22	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}''	s	
2.23	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}'	s	7,4
2.24	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q''	s	
2.25	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q'	s	
2.26	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}''	s	
2.27	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}'	s	
2.28	Vremenska konstanta armature	T_a	s	0,3
2.29	Zasićenje mašine kod napona 1.0 p.u.	$S_{G1.0}$	p.u.	
2.30	Zasićenje mašine kod napona 1.2 p.u.	$S_{G1.2}$	p.u.	
2.31	Elektromotorna sila kod punog opterećenja	E_{FDFL}	p.u.	
2.32	Koeficijent prigušenja	D	p.u.	

3. PODACI O SISTEMU POBUDE

Agregati br. 1, 2, 3, 4, 5, 6

Vrsta i tip pobudnog sistema: UNITROL F

Proizvođač: ABB

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
3.1	Vremenski član kašnjenja dovođenja signala napona generat.	T_R	s	
3.2	Koeficijent pojačanja regulatora	K_A	p.u.	
3.3	Vremenska konstanta regulatora	T_A	s	
3.4	Maksimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmax}	p.u.	1,1
3.5	Minimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmin}	p.u.	0,9
3.6	Koeficijent pojačanja pobudnog sistema	K_E	p.u.	
3.7	Vremenska konstanta pobudnog sistema	T_E	s	
3.8	Koeficijent pojačanja povratne sprege po naponu regulatora	K_F	p.u.	
3.9	Vremenska konstanta povratne sprege po naponu regulatora	T_F	s	
3.10	Koeficijent pojačanja stabilizacijskih krugova sist. pobude	K_C	p.u.	
3.11	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_B	s	
3.12	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_C	s	
3.13	75% vrijednost u odnosu na E_{FDmax}	E_1	p.u.	
3.14	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_1	$S_E(E_1)$	p.u.	
3.15	Maksimalna vrijednost E_{FDmax}	E_2	p.u.	
3.16	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_2	$S_E(E_2)$	p.u.	
3.17	Nazivna vrijednost uzbudnog napona	$E_{FD\ naz}$	p.u.	
	LIMITER MAKSIMALNE UZBUDE (100%Pn)	I_e	A	745
3.18	Koeficijent forsiranja pobude	po naponu	E_{FD1}	p.u.
		po struji	I_{FD1}	p.u.
3.19	Vrijeme forsiranja	T_1	s	
	LIMITER MINIMALNE UZBUDE (100%Pn) PQ ograničenje	Q	MVA _r	-9,34

4. PODACI O SISTEMU TURBINSKE REGULACIJE

Agregati br. 1, 2, 3, 4, 5, 6

Vrsta i tip: Mipreg

Proizvođač: Hidro vevey

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
4.1	Stalni statizam regulatora	R	%	5
4.2	Prolazni statizam regulatora	r	%	80
4.3	Radni mod sekundarnog regulatora – regulatora brzine (LFC/FC)			
4.4	Vremenska konstanta regulatora	T_1	s	
4.5	Vremenska konstanta filtera	T_f	s	
4.6	Vremenska konstanta servo motora	T_g	s	
4.7	Limit brzine otvaranja ventila	VELM		
4.8	Maksimalni položaj regulacionih ventila (limit maks. snage)	G_{max}	p.u.	
4.9	Minimalni položaj regulacionih ventila (limit minim. snage)	G_{min}	p.u.	
4.10	Vremenska konstanta tlačnog cjevovoda kojom se uzima u obzir inercija vode	T_w	s	
4.11	Koeficijent pojačanja turbine	A_t	p.u.	
4.12	Koeficijent prigušenja turbine	D_t	p.u.	
4.13	Protok pri praznom hodu	q_{NL}	m ³ /s	
4.14	Dužina dovodnog tunela i spirale	L	m	2176
4.15	Presjek dovodnog tunela	A_t		Etapa 1- 5,5m Etapa 2- 6,3m
4.16	Hidraulički pad	H	m	110
4.17	Brzina protoka vode	Q	m ³ /s	34,8 po agragatu

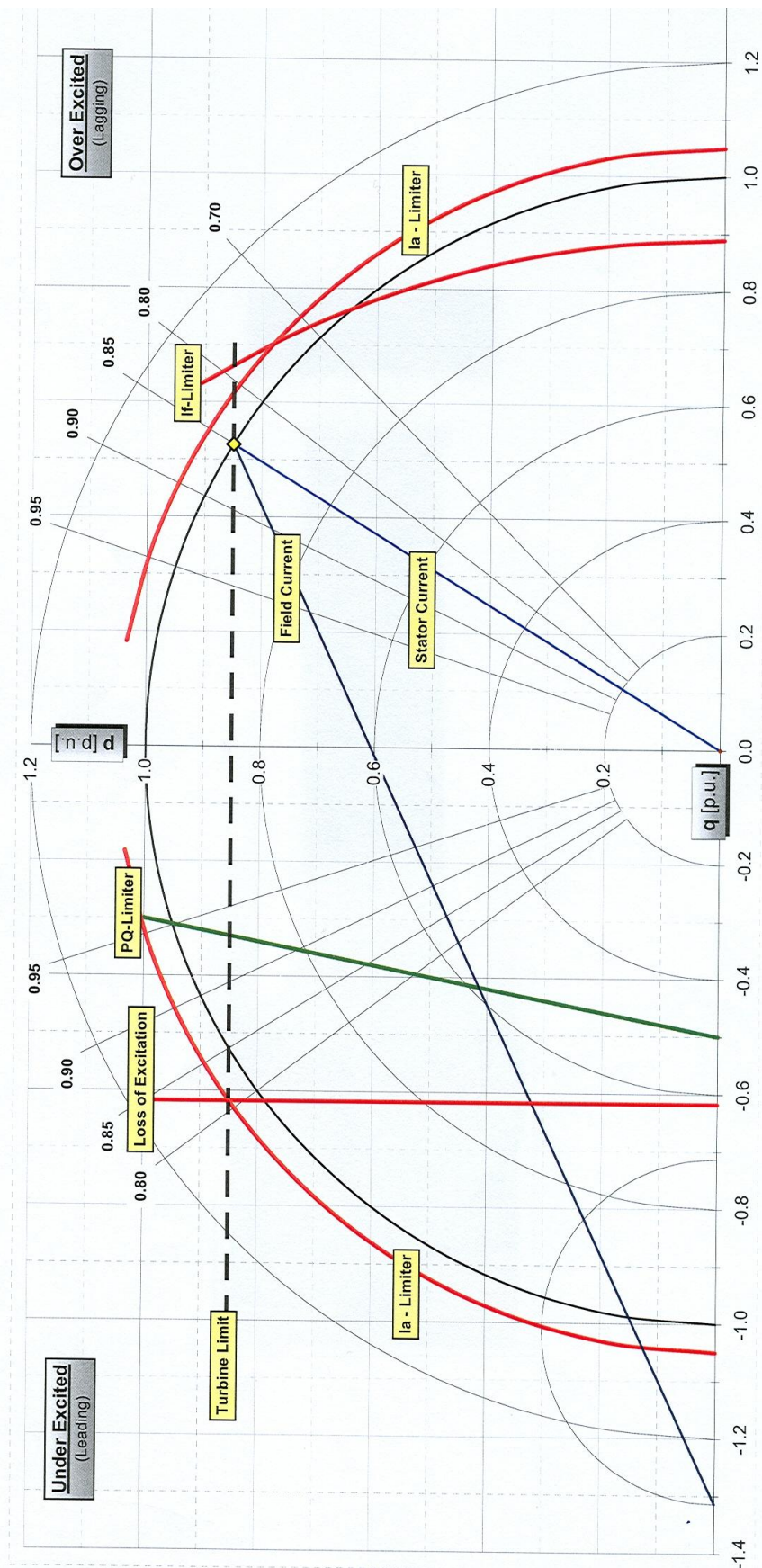
5. PODACI O BLOK TRANSFORMATORU

Agregati br. 1, 2, 3, 4, 5, 6

Vrsta i tip: TOV 36000-123/B

Proizvođač: Končar DiST

Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	Vrijednost
5.1	Nazivna snaga transformatora		S	MVA	36
5.2	Prenosni odnos transformatora		U ₁ /U ₂	kV/kV	121/6,3
5.3	Sprega transformatora		YND5		
5.4	Regulacioni opseg transformatora			%	
5.5	Napon kratkog spoja transformatora		u _K	%	10,8
5.6	Gubici	u bakru	P _{Cu}	kW	89
5.7		u gvožđu	P _{Fe}	kW	22,6
5.8		ukupno		kW	111,6
5.9	Način hlađenja transformatora		O _{FWF}		
5.10	Nači uzemljenja		Zvjezdište direktno uzemljeno		



36 MVA, 6300 V
3299 A, 0.85 pf
50 Hz, 300 rpm

Typ: SAV 375/ 155/ 20
Ifn: 716 A
Ufn: 166 V

JABLANICA MA1
Electroprivreda of Bosnia and Herzegovina

Parametri uzbuđe

919 PWR PACK / I-O HW 0868 and 1860b 0868 and 1860b

RT MONITORING:

1001 SEL RTM MODE	OFF	OFF
1002 U BRUSH RELATIVE	0.0 %	0.0 %
1003 U DROP RELATIVE	0.0 %	0.0 %
1004 TC OFF LINE	6.00 s	6.00 s
1005 TC ON LINE	1.00 s	1.00 s
1006 RFN RELATIVE	100.0 %	100.0 %
1007 RFO RELATIVE	74.6 %	74.6 %
1008 RTEMP DEG NOM	80 C	80 C
1009 RTEMP DEG ALARM	110 C	110 C
1010 RTEMP DEG FAULT	160 C	160 C
1011 HOT SPOT CONST	0.0 %	0.0 %
1012 U EXC TEST	100.0 %	100.0 %

FAULTS, ALARMS:

1101 USER EVENT1.[IN]	12501	12501
1102 USER EVENT1.TYPE	EVENT	EVENT
1103 USER EVENT1.TEXT	User Event 1	User Event 1
1104 USER EVENT1.DLY	0.00 s	0.00 s
1105 USER EVENT2.[IN]	12501	12501
1106 USER EVENT2.TYPE	EVENT	EVENT
1107 USER EVENT2.TEXT	User Event 2	User Event 2
1108 USER EVENT2.DLY	0.00 s	0.00 s
1109 USER EVENT3.[IN]	12501	12501
1110 USER EVENT3.TYPE	EVENT	EVENT
1111 USER EVENT3.TEXT	User Event 3	User Event 3
1112 USER EVENT3.DLY	0.00 s	0.00 s
1113 USER EVENT4.[IN]	12501	12501
1114 USER EVENT4.TYPE	EVENT	EVENT
1115 USER EVENT4.TEXT	User Event 4	User Event 4
1116 USER EVENT4.DLY	0.00 s	0.00 s
1117 USER EVENT5.[IN]	12501	12501
1118 USER EVENT5.TYPE	EVENT	EVENT
1119 USER EVENT5.TEXT	User Event 5	User Event 5
1120 USER EVENT5.DLY	0.00 s	0.00 s
1121 USER EVENT6.[IN]	12501	12501
1122 USER EVENT6.TYPE	EVENT	EVENT
1123 USER EVENT6.TEXT	User Event 6	User Event 6
1124 USER EVENT6.DLY	0.00 s	0.00 s

MAINTENANCE:

1201 TEST MODE	NOT ACTIVATED	NOT ACTIVATED
1202 CMT UNF ADDR	250	250
1203 DEVICE ID	1	1
1204 POT1 VALUE	800	800
1205 POT2 VALUE	50	50
1206 PERIOD BTW POT1/2	1.00 s	1.00 s
1207 DEBUG ADDR 1	0	0
1208 DEBUG ADDR 2	0	0
1209 DEBUG ADDR 3	0	0
1210 DEBUG ADDR 4	0	0
1211 DEBUG ADDR 5	0	0
1212 DEBUG ADDR 6	0	0
1213 WRITE ENABLE KEY	358	358
1214 WRITE ENABLE PIN	358	358
1215 LANGUAGE	ENGLISH	ENGLISH
1216 ACTUAL VALUE 1	10301	10301
1217 ACTUAL VALUE 2	10102	10102
1218 ACTUAL VALUE 3	10112	10502
1219 FIELDBUS NODE ADD	1	1
1220 MACRO SELECT	NONE	NONE

IE LIMITER:

1301 REF1 IETH	105.0 %	105.0 %
1302 REF2 IETH	105.0 %	105.0 %
1303 REF1 IEMAX	120.0 %	160.0 %
1304 REF2 IEMAX	160.0 %	160.0 %
1305 TIME IEMAX SEL	10.0 s	10.0 s
1306 TC IERED MAX-TH	1.00 s	1.00 s
1307 TIME IE BACK INT	100.0 s	100.0 s
1308 not used	160.0 %	160.0 %
1309 KOEL IE	50 %	50 %

I LIMITER:

1401 REF1 I MACH TH	105.0 %	105.0 %
1402 REF2 I MACH TH	105.0 %	105.0 %
1403 I MACH EQUIVALENT	160.0 %	160.0 %
1404 TIME I EQUIVALENT	10.0 s	10.0 s
1405 TC I MACH RED	1.00 s	1.00 s

We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.
ALSTOM Power Austria AG (AT) 2003

				Prep.	2005-06-16	
				Name	GAR	Bsd.on
				Check	2005-06-16 GAR	Repl.
				Rel.	2005-06-16 GAR	Repl.by
Ind.	Revision	Date	Name			
PSP-EI. 315/8001/0						
Client: ELEKTROPRIVR. OF B. & H.						
Plant: HPP JABLANICA UNIT 3						
ALSTOM		MACHINE 3		Project AUP000297 03	Doc.	Form. A4 Lan E
ALSTOM Power Austria GmbH		STATIC EXCITATION		AUY000000A4865		Sheet 48
Resp.Serv. GV		SITE TEST REPORT				Sheets 73

1406	TIME I BACK INT	100.0 s	100.0 s
1407	KOEL I MACH	50 %	50 %
1408	KUEL I MACH	40 %	50 %
PQ IEMIN LIM:			
1501	REF0 Q(P) LIM	-50.0 %	-150.0 %
1502	REF25 Q(P) LIM	-45.0 %	-150.0 %
1503	REF50 Q(P) LIM	-40.0 %	-150.0 %
1504	REF75 Q(P) LIM	-35.0 %	-150.0 %
1505	REF100 Q(P) LIM	-30.0 %	-150.0 %
1506	KUEL Q(P) LIM	50 %	50 %
1507	REF IEMIN LIM AVR	0.0 %	0.0 %
1508	KUEL IEMIN LIM A	50 %	50 %
COSPHI CTRL:			
1701	RELEASE FOLLOW C	OFF	OFF
1702	RAMP TIME REF COS	60.0 s	60.0 s
1703	HL REF COSPHI	5000	5000
1704	LL REF COSPHI	-5000	-5000
1705	PRESET REF COSPHI	0	0
1706	DEADBAND IMP CTRL	0.5 %	0.5 %
1707	DELAY IMP CTRL	5.0 s	5.0 s
Q CTRL:			
1801	RELEASE FOLLOW Q	ON	OFF
1802	RAMP TIME REF Q	60.0 s	60.0 s
1803	HL REF Q CTRL	90.0 %	100.0 %
1804	LL REF Q CTRL	-50.0 %	-100.0 %
1805	PRESET REF Q CTRL	0.0 %	0.0 %
AVR CTRL:			
1901	HL REF AVR	110.0 %	110.0 %
1902	LL REF AVR	90.0 %	90.0 %
1903	PRESET1 REF AVR	100.0 %	100.0 %
1904	PRESET2 REF AVR	100.0 %	100.0 %
1905	RAMP TIME1 REF A	60.0 s	60.0 s
1906	RAMP TIME2 REF A	60.0 s	60.0 s
1907	TC FOLLOW UP AVR	10.0 s	10.0 s
1908	TC IMPOSED CTRL A	100.0 s	100.0 s
1909	Q DROOP/COMPENS	2.0 %	-5.0 %
1910	P DROOP/COMPENS	0.0 %	0.0 %
1911	REF V/Hz LIM AVR	115.0 %	115.0 %
1912	REF UMAX fNOM AVR	115.0 %	115.0 %
1913	REF UMAX AVR	115.0 %	115.0 %
1914	DELAY V/Hz LIM A	0.0 s	0.0 s
1915	SOFTSTART RAMP	10.0 s	5.0 s
1916	CEILING FACTOR A	717 %	500 %
1917	DC GAIN AVR	500	500
1918	P GAIN AVR	75	50
1919	HF GAIN AVR	250	250
1920	TA1	0.99 s	1.00 s
1921	TA2	0.99 s	0.10 s
1922	TA3	2.19 s	1.00 s
1923	TB1	100 ms	100 ms
1924	TB2	100 ms	0 ms
1925	TB3	250 ms	100 ms
AVR IN, PSS:			
2001	SEL LIM PRIORITY	OEL	OEL
2002	SEL PSS MODE	ON	OFF
2003	PSS KS1	4.5	5.0
2004	PSS KS2	0.69	0.20
2005	PSS KS3	0.60	1.00
2006	PSS T1	0.49 s	0.20 s
2007	PSS T2	0.04 s	0.04 s
2008	PSS T3	0.36 s	0.36 s
2009	PSS T4	0.15 s	0.12 s
2010	PSS T7	4.00 s	2.00 s
2011	PSS T8	0.30 s	0.00 s
2012	PSS T9	0.09 s	0.10 s
2013	PSS TW1	3.0 s	2.0 s
2014	PSS TW2	3.0 s	2.0 s
2015	PSS TW3	3.0 s	2.0 s
2016	PSS TW4	10.0 s	0.0 s
2017	PSS N	1	1
2018	PSS M	5	5
2019	PSS VST LIM	2.0 %	10.0 %
2020	PSS P MACH MIN	5.0 %	5.0 %
2021	PSS T10	0.00 s	0.00 s
2022	PSS T11	0.00 s	0.00 s
2023	not used	0	0

Ind.	Revision	Date	Name	Prep.	2005-06-16	
				Name	GAR	Bsd.on
				Check	2005-06-16 GAR	Repl.
				Rel.	2005-06-16 GAR	Repl.by
PSP-EI. 315/8001/0						
Client: ELEKTROPRIVR. OF B. & H.						
Plant: HPP JABLANICA UNIT 3						
ALSTOM		MACHINE 3		Project AUP000297 03		Doc.
ALSTOM Power Austria GmbH		STATIC EXCITATION		AUY000000A4865		Form. A4 Lan E
Resp.Serv. GV		SITE TEST REPORT				Sheet 49
						Sheets 73

VA TECH
HYDRO VEVEY Ltd



List of control points

<u>Name</u>	<u>Description of the point</u>
C2	Gate opening deviation (SC) x speed droop (BS) [Hz]
CC	Load setting [%]
CN	Speed setting [Hz]
CYD	Startup opening limitation [%]
CYL	Opening limiter [%]
CYM	Opening min. value = f (H) [%]
CYP	Gate opening setting (servo loop) [%]
DWL	Downstream water level [%]
LDW	Max. opening limitation value = f (DWL) [%]
LH	Max. opening limitation value = f (WHD) [%]
LHY	Selected value of the max. opening limitations [%]
LP	Power limitation signal [%]
LY	Opening limitation signal [%]
LY1	Lowest value between Y.MAX and Y.SAFE [%]
LY2	Lowest value between LY1 and LH [%]
LYP	Last limitation signal before BL [%]
N	Speed [Hz]
N2	Speed deviation after the deadband [Hz]
N3	Selected speed deviation after deadband selection [Hz]
N4	Accelerometric signal [Hz]
NP	Speed signal (mix pickup 1 and 2) [Hz]
NP1	Speed signal (pickup 1)
NP2	Speed signal (pickup 2)
NR	Speed signal (generator)
OE	External load setting (network) [%]
OEL	External load setting converted in power setting (network) [%]
OEP	External load setting in power setting [%]
OEY	External load setting in opening setting [%]
P	Power feedback signal [%]
PRM	Id. of the current used set of parameters [0=normal, 1=isolated, 2=no load]
S	Gate regulation deviation [Hz]
S'	Gate regulation deviation + temporary feedback [Hz]
SC	Opening deviation [%]
SC'	Opening deviation x speed droop [Hz]
SL	Smallest opening limitation signal [%]

SN	Speed deviation [Hz]
SN'	Speed deviation + acceleration [Hz]
SV	Output signal for actuator generated by the automatic control loops [%]
SV'	Output signal for wicket gates actuator [%], (100% = 10V)
T1	Load take-up acceleration [%]
T2	Signal for temporary feedback elaboration [%]
T3	Variation of signal T2 [%]
T4	Signal T3 x temporary speed droop [Hz]
T5	Adaptation of the acceleration of the load take-up [Hz]
TA1	Wicket gates opening feed back signal (before linearisation) [%]
TR	Signal T4-T5 after limitation [Hz]
TST	Input test signal [%]
UWL	Upstream water level [%]
WHD	Water head calculated signal [%]
X1	Signal load/speed loop or limiter loop before K [Hz]
X2	Signal load/speed loop or limiter loop after K [Hz]
Y	Wicket gates position signal after linearization [%]
YL	Signal SL x limiter speed droop BL [Hz]
YLD	CYL or CYD setting [%]
YLH	Lowest opening limitation signal [%]
ZM	Compensation of the offset of the mecanical zero gate [%]

List of the internal switches (menu "State in governor")

<u>Name</u>	<u>Description</u>
X52	Main breaker switch closed
ISOLATED	Isolated network order on
POWER-ON	Power feed back control mode on
POWER	Power feed back order on
START	Governor start order on
CYL<CYD	Start opening limitation off
YMX<YSAFE	Y.MAX parameter is lower than the Y.SAFE limitation
LY1<LH	LY1 signal is lower than the WHD limitation signal
LY2<LDW	LY2 signal is lower than the DWL limitation signal
YLD<LHY	YLD signal is lower than others opening limitations
LY<LP	Opening limitation is lower than power limitation
YL<S'	Gate control loop limited

9.4 HE Bočac

1. PODACI O AGREGATU

Agregati br. 1, 2

TURBINA

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.1	Tip turbine	Fransis		
1.2	Instalisana snaga	P_n	MW	59,96
1.3	Tehnički minimum	P_{min}	MW	32
1.4	Protok	instalirani	m^3/s	120
		minimalni		75
1.5	Kinetička energija agregata (T+G)	W_R	MWs	
1.6	Zamašni moment (T+G)	T_i	tm^2	7228,456
1.7	Mehanička konstanta (T+G)	H	MWs/MVA	
1.8	Broj obrtaja turbine	nominalni	ob/min	150
		pobjega		322
1.9	Stepen iskorištenja turbine		%	94,5

PODACI O ELEKTRANI

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.10	Vrijeme dostizanja minimalne snage $P_0 - P_{min}$	t	min	1
1.11	Maksim. dozvoljeno vrijeme rada u opsegu $P_0 - P_{min}$	t	min	0
1.12	Gradijent promjene snage u opsegu $P_{min} - P_{nom}$	povećanja	$\Delta P/\Delta t$	55
1.13		smanjenja		55
1.14	Snaga sopstvene potrošnje	P_{sp}	MW	0,63
1.15	Zaštita	podfrekventna	Hz	48
		nadfrekventna	Hz	52
		od povratne snage	%	-1,69
		ispada iz sinhronizma	K1:0,4-90°	K2:0,45-75°
1.16	Frekventni opseg i dozvoljeno vrijeme rada agregata	47 – 48 Hz		
		48 – 49 Hz		
		49 – 50 Hz		
		50 – 51 Hz		
		51 – 52 Hz		
1.17	Mogućnost i način samostalnog pokretanja	Dizel agregat		
1.18	Jednopolna šema elektrane			
1.19	Pogonska karta generatora			
1.20	Blok dijagrami	turbinskog regulatora		
		sistema pobude		

2. PODACI O GENERATORU

Agregati br. 1, 2

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
2.1	Nominalna prividna snaga generatora	S_n	MVA	65
2.2	Nominalna aktivna snaga generatora	P_n	MW	55
2.3	Raspoloživa snaga na pragu elektrane	P_R	MW	110
2.4	Tehnički minimum	P_{min}	MW	32
2.5	Nominalni faktor snage	$\cos\varphi_{nom}$		0,85
2.6	Faktor snage u kapacitivnom režimu	$\cos\varphi_{cap}$		
2.7	Nominalni napon generatora	U	kV	10,5
2.8	Nominalna brzina	obrt.	o/min	150
2.9	Brzina pobjega	b_p	o/min	322
2.10	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po d osi	X_d''	p.u.	0,25
2.11	Nezasićena tranzijentna reaktansa po d osi	X_d'	p.u.	0,41
2.12	Nezasićena sinhrona reaktansa po d osi	X_d	p.u.	0,97
2.13	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po q osi	X_q''	p.u.	0,23
2.14	Nezasićena tranzijentna reaktansa po q osi	X_q'	p.u.	
2.15	Nezasićena sinhrona reaktansa po q osi	X_q	p.u.	0,59
2.16	Otpor armature	r_a	p.u.	
2.17	Potier-ova (Leakage-ova) reaktansa	$X_p (X_l)$	p.u.	0,285
2.18	Inverzna komponenta reaktanse	X_i	p.u.	0,22
2.19	Nulta komponenta reaktanse	X_0	p.u.	0,092
2.20	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d''	s	
2.21	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d'	s	1,505
2.22	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}''	s	
2.23	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}'	s	3,757
2.24	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q''	s	
2.25	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q'	s	
2.26	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}''	s	
2.27	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}'	s	
2.28	Vremenska konstanta armature	T_a	s	3,757
2.29	Zasićenje mašine kod napona 1.0 p.u.	$S_{G1.0}$	p.u.	
2.30	Zasićenje mašine kod napona 1.2 p.u.	$S_{G1.2}$	p.u.	
2.31	Elektromotorna sila kod punog opterećenja	E_{FDFL}	p.u.	
2.32	Koeficijent prigušenja	D	p.u.	

3. PODACI O SISTEMU POBUDE

Agregati br. 1, 2

Vrsta i tip pobudnog sistema: Statički sistem pobude

Proizvođač: Rade Končar tip: VSK-6

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost	
3.1	Vremenski član kašnjenja dovođenja signala napona generat.	T_R	s		
3.2	Koeficijent pojačanja regulatora	K_A	p.u.	30	
3.3	Vremenska konstanta regulatora	T_A	s	13	
3.4	Maksimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmax}	p.u.	1,1805	
3.5	Minimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmin}	p.u.	0,8	
3.6	Koeficijent pojačanja pobudnog sistema	K_E	p.u.		
3.7	Vremenska konstanta pobudnog sistema	T_E	s		
3.8	Koeficijent pojačanja povratne sprege po naponu regulatora	K_F	p.u.		
3.9	Vremenska konstanta povratne sprege po naponu regulatora	T_F	s		
3.10	Koeficijent pojačanja stabilizacijskih krugova sist. pobude	K_C	p.u.		
3.11	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_B	s		
3.12	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_C	s		
3.13	75% vrijednost u odnosu na E_{FDmax}	E_1	p.u.		
3.14	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_1	$S_E(E_1)$	p.u.		
3.15	Maksimalna vrijednost E_{FDmax}	E_2	p.u.		
3.16	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_2	$S_E(E_2)$	p.u.		
3.17	Nazivna vrijednost uzbudnog napona	$E_{FD\ naz}$	p.u.		
	LIMITER MAKSIMALNE UZBUDE				
3.18	Koeficijent forsiranja pobude	po naponu	E_{FD1}	p.u.	4,407
		po struji	I_{FD1}	p.u.	4,05
3.19	Vrijeme forsiranja	T_1	s	10	
	LIMITER MINIMALNE UZBUDE				

4. PODACI O SISTEMU TURBINSKE REGULACIJE

Agregati br. 1, 2

Vrsta i tip: HYDROTROL 4

Proizvođač: Brown Boveri - BBC

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
4.1	Stalni statizam regulatora	R	%	6
4.2	Prolazni statizam regulatora	r	%	
4.3	Radni mod sekundarnog regulatora – regulatora brzine (LFC/FC)			
4.4	Vremenska konstanta regulatora	T_1	s	3
4.5	Vremenska konstanta filtera	T_f	s	
4.6	Vremenska konstanta servo motora	T_g	s	
4.7	Limit brzine otvaranja ventila	VELM		
4.8	Maksimalni položaj regulacionih ventila (limit maks. snage)	G_{max}	p.u.	
4.9	Minimalni položaj regulacionih ventila (limit minim. snage)	G_{min}	p.u.	
4.10	Vremenska konstanta tlačnog cjevovoda kojom se uzima u obzir inercija vode	T_w	s	0
4.11	Koeficijent pojačanja turbine	A_t	p.u.	
4.12	Koeficijent prigušenja turbine	D_t	p.u.	
4.13	Protok pri praznom hodu	q_{NL}	m ³ /s	19
4.14	Dužina dovodnog tunela i spirale	L	m	51,5
4.15	Presjek dovodnog tunela	A_t	M	5,5
4.16	Hidraulički pad	H	m	52
4.17	Brzina protoka vode	Q	m ³ /s	120

5. PODACI O BLOK TRANSFORMATORU

Agregati br. 1, 2

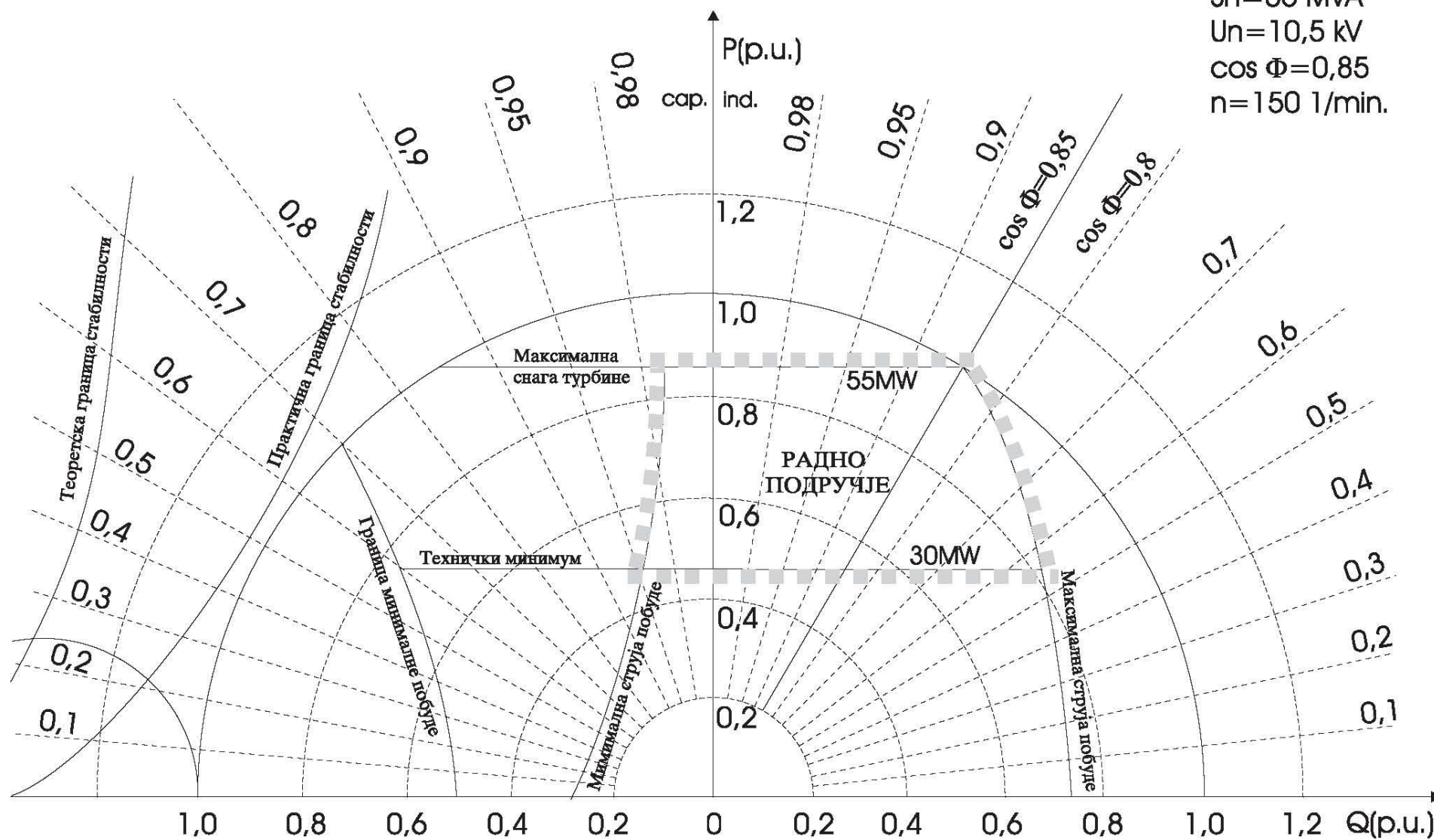
Vrsta i tip: TOP 65000-123

Proizvođač: Rade Končar

Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	Vrijednost
5.1	Nazivna snaga transformatora		S	MVA	65
5.2	Prenosni odnos transformatora		U_1/U_2	kV/kV	121/10,5
5.3	Sprega transformatora		Yd5		
5.4	Regulacioni opseg transformatora			%	
5.5	Napon kratkog spoja transformatora		u_K	%	11 ($\pm 10\%$)
5.6	Gubici	u bakru	P_{Cu}	kW	280
5.7		u gvožđu	P_{Fe}	kW	49
5.8		ukupno		kW	329
5.9	Način hlađenja transformatora		ONAN / ONAF		
5.10	Nači uzemljenja		Direktno (preko rastavljača + odvodnik; vidi JŠ)		

Погонска карта генератора ХЕ "Бочац"

$S_n = 65 \text{ MVA}$
 $U_n = 10,5 \text{ kV}$
 $\cos \Phi = 0,85$
 $n = 150 \text{ 1/min.}$



9.5 HE Dubrovnik

1. PODACI O AGREGATU

Agregat br. 2

TURBINA

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.1	Tip turbine	Fransis		
1.2	Instalisana snaga	P_n	MW	108
1.3	Tehnički minimum	P_{min}	MW	55
1.4	Protok	instalirani	m^3/s	48,5
		minimalni		22,5
1.5	Kinetička energija agregata (T+G)	W_R	MWs	
1.6	Zamašni moment (T+G)	T_i	tm^2	4200
1.7	Mehanička konstanta (T+G)	H	MWs/MVA	
1.8	Broj obrtaja turbine	nominalni	ob/min	300
		pobjega		527
1.9	Stepen iskorištenja turbine		%	87

PODACI O ELEKTRANI

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.10	Vrijeme dostizanja minimalne snage $P_0 - P_{min}$	t	min	
1.11	Maksim. dozvoljeno vrijeme rada u opsegu $P_0 - P_{min}$	t	min	
1.12	Gradijent promjene snage u opsegu $P_{min} - P_{nom}$	povećanja	$\Delta P/\Delta t$	
1.13		smanjenja		
1.14	Snaga sopstvene potrošnje	P_{sp}	MW	
1.15	Zaštita	podfrekventna	Hz	
		nadfrekventna	Hz	
		od povratne snage		
		ispada iz sinhronizma		
1.16	Frekventni opseg i dozvoljeno vrijeme rada agregata	47 – 48 Hz		
		48 – 49 Hz		
		49 – 50 Hz		
		50 – 51 Hz		
		51 – 52 Hz		
1.17	Mogućnost i način samostalnog pokretanja (dizel agregat, kućna turbina, vanjski izvor)			
1.18	Jednopolna šema elektrane			
1.19	Pogonska karta generatora			
1.20	Blok dijagrami	turbinskog regulatora		
		sistema pobude		

2. PODACI O GENERATORU

Agregat br. 2

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
2.1	Nominalna prividna snaga generatora	S_n	MVA	120
2.2	Nominalna aktivna snaga generatora	P_n	MW	108
2.3	Raspoloživa snaga na pragu elektrane	P_R	MW	
2.4	Tehnički minimum	P_{min}	MW	55
2.5	Nominalni faktor snage	$\cos\varphi_{nom}$		0.9
2.6	Faktor snage u kapacitivnom režimu	$\cos\varphi_{cap}$		
2.7	Nominalni napon generatora	U	kV	14,4
2.8	Nominalna brzina	obrt.	o/min	
2.9	Brzina pobjega	b_p	o/min	
2.10	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po d osi	X_d''	p.u.	0,198
2.11	Nezasićena tranzijentna reaktansa po d osi	X_d'	p.u.	0,261
2.12	Nezasićena sinhrona reaktansa po d osi	X_d	p.u.	0,86
2.13	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po q osi	X_q''	p.u.	0,258
2.14	Nezasićena tranzijentna reaktansa po q osi	X_q'	p.u.	
2.15	Nezasićena sinhrona reaktansa po q osi	X_q	p.u.	0,5965 *
2.16	Otpor armature	r_a	p.u.	
2.17	Potier-ova (Leakage-ova) reaktansa	$X_p (X_l)$	p.u.	
2.18	Inverzna komponenta reaktanse	X_i	p.u.	
2.19	Nulta komponenta reaktanse	X_0	p.u.	0,125
2.20	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d''	s	0,054
2.21	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d'	s	
2.22	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}''	s	10,2
2.23	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}'	s	3,4
2.24	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q''	s	
2.25	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q'	s	
2.26	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}''	s	
2.27	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}'	s	
2.28	Vremenska konstanta armature	T_a	s	
2.29	Zasićenje mašine kod napona 1.0 p.u.	$S_{G1.0}$	p.u.	
2.30	Zasićenje mašine kod napona 1.2 p.u.	$S_{G1.2}$	p.u.	
2.31	Elektromotorna sila kod punog opterećenja	E_{FDFL}	p.u.	
2.32	Koeficijent prigušenja	D	p.u.	

* Preuzeto iz studije OSTRVSKI RAD ELEKTRANA U SR BIH

3. PODACI O SISTEMU POBUDE

Agregat br. 2

Vrsta i tip pobudnog sistema: istosmjerni samopobudni generator *

Proizvođač:

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
3.1	Vremenski član kašnjenja dovođenja signala napona generat.	T_R	s	
3.2	Koeficijent pojačanja regulatora	K_A	p.u.	
3.3	Vremenska konstanta regulatora	T_A	s	
3.4	Maksimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmax}	p.u.	
3.5	Minimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmin}	p.u.	
3.6	Koeficijent pojačanja pobudnog sistema	K_E	p.u.	
3.7	Vremenska konstanta pobudnog sistema	T_E	s	
3.8	Koeficijent pojačanja povratne sprege po naponu regulatora	K_F	p.u.	
3.9	Vremenska konstanta povratne sprege po naponu regulatora	T_F	s	
3.10	Koeficijent pojačanja stabilizacijskih krugova sist. pobude	K_C	p.u.	
3.11	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_B	s	
3.12	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_C	s	
3.13	75% vrijednost u odnosu na E_{FDmax}	E_1	p.u.	
3.14	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_1	$S_E(E_1)$	p.u.	
3.15	Maksimalna vrijednost E_{FDmax}	E_2	p.u.	
3.16	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_2	$S_E(E_2)$	p.u.	
3.17	Nazivna vrijednost uzbudnog napona	$E_{FD\ naz}$	p.u.	
	LIMITER MAKSIMALNE UZBUDE			
3.18	Koeficijent forsiranja pobude	po naponu	E_{FD1}	p.u.
		po struji	I_{FD1}	p.u.
3.19	Vrijeme forsiranja	T_1	s	
	LIMITER MINIMALNE UZBUDE			

* Preuzeto iz studije OSTRVSKI RAD ELEKTRANA U SR BIH

4. PODACI O SISTEMU TURBINSKE REGULACIJE

Agregat br. 2

Vrsta i tip

Proizvođač

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
4.1	Stalni statizam regulatora	R	%	
4.2	Prolazni statizam regulatora	r	%	
4.3	Radni mod sekundarnog regulatora – regulatora brzine (LFC/FC)			
4.4	Vremenska konstanta regulatora	T_1	s	
4.5	Vremenska konstanta filtera	T_f	s	
4.6	Vremenska konstanta servo motora	T_g	s	
4.7	Limit brzine otvaranja ventila	VELM		
4.8	Maksimalni položaj regulacionih ventila (limit maks. snage)	G_{max}	p.u.	
4.9	Minimalni položaj regulacionih ventila (limit minim. snage)	G_{min}	p.u.	
4.10	Vremenska konstanta tlačnog cjevovoda kojom se uzima u obzir inercija vode	T_w	s	
4.11	Koeficijent pojačanja turbine	A_t	p.u.	
4.12	Koeficijent prigušenja turbine	D_t	p.u.	
4.13	Protok pri praznom hodu	q_{NL}	m^3/s	
4.14	Dužina dovodnog tunela i spirale	L	m	
4.15	Presjek dovodnog tunela	A_t		
4.16	Hidraulički pad	H	m	
4.17	Brzina protoka vode	Q	m^3/s	

5. PODACI O BLOK TRANSFORMATORU

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
5.1	Nazivna snaga transformatora	S	MVA	120
5.2	Prenosni odnos transformatora	U_1/U_2	kV/kV	14,4/242
5.3	Sprega transformatora	Yd5		
5.4	Regulacioni opseg transformatora		%	
5.5	Napon kratkog spoja transformatora	u_K	%	11.5
5.6	Gubici	u bakru	P_{Cu}	kW
5.7		u gvožđu	P_{Fe}	kW
5.8		ukupno	kW	
5.9	Način hlađenja transformatora	voda *		
5.10	Nači uzemljenja			

* Preuzeto iz studije OSTRVSKI RAD ELEKTRANA U SR BIH

9.6 HE Višegrad

1. PODACI O AGREGATU

Agregati br. 1, 2, 3

TURBINA

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.1	Tip turbine	Vertikalna Kaplan „TOŠIBA”		
1.2	Instalisana snaga	P_n	MW	105
1.3	Tehnički minimum	P_{min}	MW	70
1.4	Protok	instalirani	m^3/s	266
		minimalni		163
1.5	Kinetička energija agregata (T+G)	W_R	MWs	
1.6	Zamašni moment (T+G)	T_i	tm^2	15500
1.7	Mehanička konstanta (T+G)	H	MWs/MVA	
1.8	Broj obrtaja turbine	nominalni	ob/min	136
		pobjega		380
1.9	Stepen iskorištenja turbine		%	94.3

PODACI O ELEKTRANI

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.10	Vrijeme dostizanja minimalne snage $P_0 - P_{min}$	t	min	5
1.11	Maksim. dozvoljeno vrijeme rada u opsegu $P_0 - P_{min}$	t	min	1
1.12	Gradijent promjene snage u opsegu $P_{min} - P_{nom}$	povećanja	$\Delta P/\Delta t$	30
1.13		smanjenja		30
1.14	Snaga sopstvene potrošnje	P_{sp}	kW	1400, 550 pri pokretanju
1.15	Zaštita	podfrekventna	Hz	49.5
		nadfrekventna	Hz	50.5
		od povratne snage	4% P_n	$\varphi=105^0-270^0$
		ispada iz sinhronizma		t=5s
1.16	Frekventni opseg i dozvoljeno vrijeme rada agregata	47 – 48 Hz		
		48 – 49 Hz		
		49 – 50 Hz	1 min	
		50 – 51 Hz	1 min	
		51 – 52 Hz		
1.17	Mogućnost i način samostalnog pokretanja (dizel agregat, kućna turbina, vanjski izvor)	Dizel agregat		
1.18	Jednopolna šema elektrane	U prilogu		
1.19	Pogonska karta generatora	U prilogu		
1.20	Blok dijagrami	turbinskog regulatora	U prilogu	
		sistema pobude	U prilogu	

2. PODACI O GENERATORU

Agregati br. 1, 2, 3

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
2.1	Nominalna prividna snaga generatora	S_n	MVA	115
2.2	Nominalna aktivna snaga generatora	P_n	MW	105
2.3	Raspoloživa snaga na pragu elektrane	P_R	MW	3x105(315)
2.4	Tehnički minimum	P_{min}	MW	70
2.5	Nominalni faktor snage	$\cos\varphi_{nom}$		0.98
2.6	Faktor snage u kapacitivnom režimu	$\cos\varphi_{cap}$		
2.7	Nominalni napon generatora	U	kV	15.75
2.8	Nominalna brzina	obrt.	o/min	136
2.9	Brzina pobjega	b_p	o/min	380
2.10	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po d osi	X_d''	p.u.	0.253
2.11	Nezasićena tranzijentna reaktansa po d osi	X_d'	p.u.	0.29
2.12	Nezasićena sinhrona reaktansa po d osi	X_d	p.u.	1.036
2.13	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po q osi	X_q''	p.u.	0.267
2.14	Nezasićena tranzijentna reaktansa po q osi	X_q'	p.u.	
2.15	Nezasićena sinhrona reaktansa po q osi	X_q	p.u.	0.562
2.16	Otpor armature	r_a	p.u.	0.0031
2.17	Potier-ova (Leakage-ova) reaktansa	$X_p (X_l)$	p.u.	
2.18	Inverzna komponenta reaktanse	X_i	p.u.	0.2455
2.19	Nulta komponenta reaktanse	X_0	p.u.	0.14
2.20	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d''	s	0.0195
2.21	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d'	s	1.1
2.22	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}''	s	0.025
2.23	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}'	s	4.476
2.24	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q''	s	
2.25	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q'	s	
2.26	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}''	s	
2.27	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}'	s	
2.28	Vremenska konstanta armature	T_a	s	
2.29	Zasićenje mašine kod napona 1.0 p.u.	$S_{G1.0}$	p.u.	
2.30	Zasićenje mašine kod napona 1.2 p.u.	$S_{G1.2}$	p.u.	
2.31	Elektromotorna sila kod punog opterećenja	E_{FDFL}	p.u.	
2.32	Koeficijent prigušenja	D	p.u.	

3. PODACI O SISTEMU POBUDE

Agregati br. 1, 2, 3

Vrsta i tip pobudnog sistema: Tiristorski YGTB

Proizvođač: Rade Končar

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost	
3.1	Vremenski član kašnjenja dovođenja signala napona generat.	T_R	s		
3.2	Koeficijent pojačanja regulatora	K_A	p.u.	30	
3.3	Vremenska konstanta regulatora	T_A	s	2	
3.4	Maksimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmax}	p.u.	1.1	
3.5	Minimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmin}	p.u.	0.9	
3.6	Koeficijent pojačanja pobudnog sistema	K_E	p.u.		
3.7	Vremenska konstanta pobudnog <i>namotaja</i>	T_E	s	5.086	
3.8	Koeficijent pojačanja povratne sprege po naponu regulatora	K_F	p.u.	10	
3.9	Vremenska konstanta povratne sprege po naponu regulatora	T_F	s		
3.10	Koeficijent pojačanja stabilizacijskih krugova sist. pobude	K_C	p.u.		
3.11	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_B	s		
3.12	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_C	s		
3.13	75% vrijednost u odnosu na E_{FDmax}	E_1	p.u.	370 V	
3.14	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_1	$S_E(E_1)$	p.u.		
3.15	Maksimalna vrijednost E_{FDmax}	E_2	p.u.	493 V	
3.16	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_2	$S_E(E_2)$	p.u.		
3.17	Nazivna vrijednost uzbudnog napona	$E_{FD\ naz}$	p.u.	260 V	
	LIMITER MAKSIMALNE UZBUDE				
3.18	Koeficijent forsiranja pobude	po naponu	E_{FD1}	p.u.	2
		po struji	I_{FD1}	p.u.	2.5
3.19	Vrijeme forsiranja	T_1	s	10	
	LIMITER MINIMALNE UZBUDE				

4. PODACI O SISTEMU TURBINSKE REGULACIJE

Agregati br. 1, 2, 3

Vrsta i tip: FV01-P PID regulator

Proizvođač: TOŠIBA

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
4.1	Stalni statizam regulatora	R	%	4
4.2	Prolazni statizam regulatora	r	%	
4.3	Radni mod sekundarnog regulatora – regulatora brzine (LFC/FC)			
4.4	Vremenska konstanta regulatora	T_1	s	
4.4.1	Vremenska konstanta pilot ventila		s	0.405
4.4.2	Vremenska konstanta glavno distributivnog ventila		s	0.02
4.5	Vremenska konstanta filtera	T_f	s	
4.6	Vremenska konstanta servo motora	T_g	s	
4.7	Limit brzine otvaranja ventila	VELM		
4.8	Maksimalni položaj regulacionih ventila (limit maks. snage)	G_{max}	p.u.	
4.9	Minimalni položaj regulacionih ventila (limit minim. snage)	G_{min}	p.u.	
4.10	Vremenska konstanta tlačnog cjevovoda kojom se uzima u obzir inercija vode	T_w	s	
4.11	Koeficijent pojačanja turbine	A_t	p.u.	
4.12	Koeficijent prigušenja turbine	D_t	p.u.	
4.13	Protok pri praznom hodu	q_{NL}	m ³ /s	20
4.14	Dužina dovodnog tunela i spirale	L	m	20
4.15	Presjek dovodnog tunela	A_t		
4.16	Hidraulički pad	H	m	43
4.17	Brzina protoka vode	Q	m ³ /s	
4.18	PID regulator			
	Proporcionalna komponenta	Gain	Off-line	15
		Gain	On-line	25
	Integralna komponenta	Gain	Off-line	10
		Gain	On-line	40
	Diferencijalna komponenta	Gain		20
		Time		0

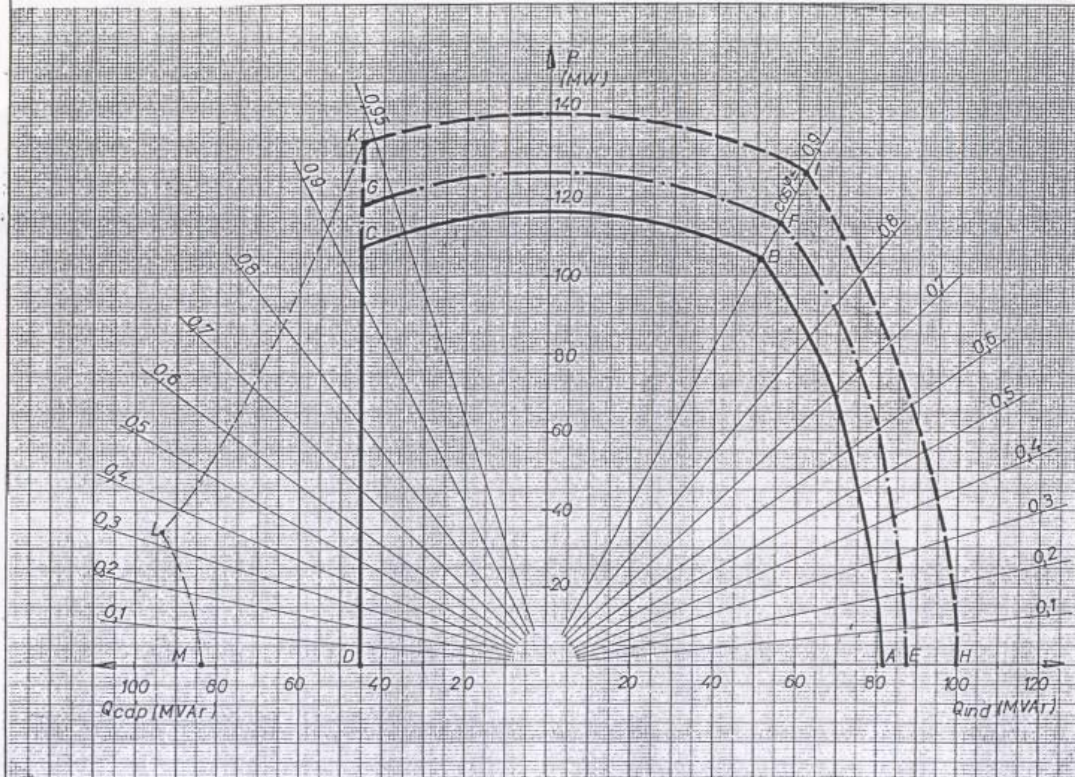
5. PODACI O BLOK TRANSFORMATORU

Agregati br. 1, 2, 3

Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	Vrijednost
5.1	Nazivna snaga transformatora		S	MVA	115
5.2	Prenosni odnos transformatora		U ₁ /U ₂	kV/kV	15.75/420
5.3	Sprega transformatora		YnD11		
5.4	Regulacioni opseg transformatora			%	
5.5	Napon kratkog spoja transformatora		u _K	%	13
5.6	Gubici	u bakru	P _{Cu}	kW	224
5.7		u gvožđu	P _{Fe}	kW	70
5.8		ukupno		kW	294
5.9	Način hlađenja transformatora		OFWF		
5.10	Nači uzemljenja		direktno		

POGONSKI DIJAGRAM GENERATORA
za korištenje u elektrani u HE VIŠEGRAD

Tip S 9487-44



Nazivni podaci

Snaga = 115000 kVA
Napon = 15750 V $\pm 10\%$
Struja = 4216 A $\pm 10\%$
 $\cos \phi = 0,9$
Brzina = 136 min⁻¹
 $I_m = 1777$ A

Napomena :

Ovaj dijagram dopunjava pogonski dijagram dat u pogonskim uputama TG 850294 list 41.

Pogonski uvjeti i ograničenja :

1. Linija "A, B, C, D" - odnosi se na nazivne parametre generatora uz temperaturu hladnog zraka max 40°C i zagrijavanja u klasi "B".
2. Linija "E, F, G, D" - odnosi se na maksimalno opterećenje od 126,5 MVA uz temperaturu hladnog zraka max 40°C i zagrijavanje u klasi "F".
3. Linija "H, I, K, D" - odnosi se na polusatno opterećenje 140 MVA uz temperaturu rashladnog zraka max 40 °C i zagrijavanje u klasi "F".
4. Linija "C, D" - granica u kapacitivnom području rada
5. Linija "K, L" - linija stabilnosti kod nazivnog napona.
6. Linija "L, M" - linija min. uzbuđ.

SEKTOR ZA KVALITETU
"KONCAR - GENERATORI"

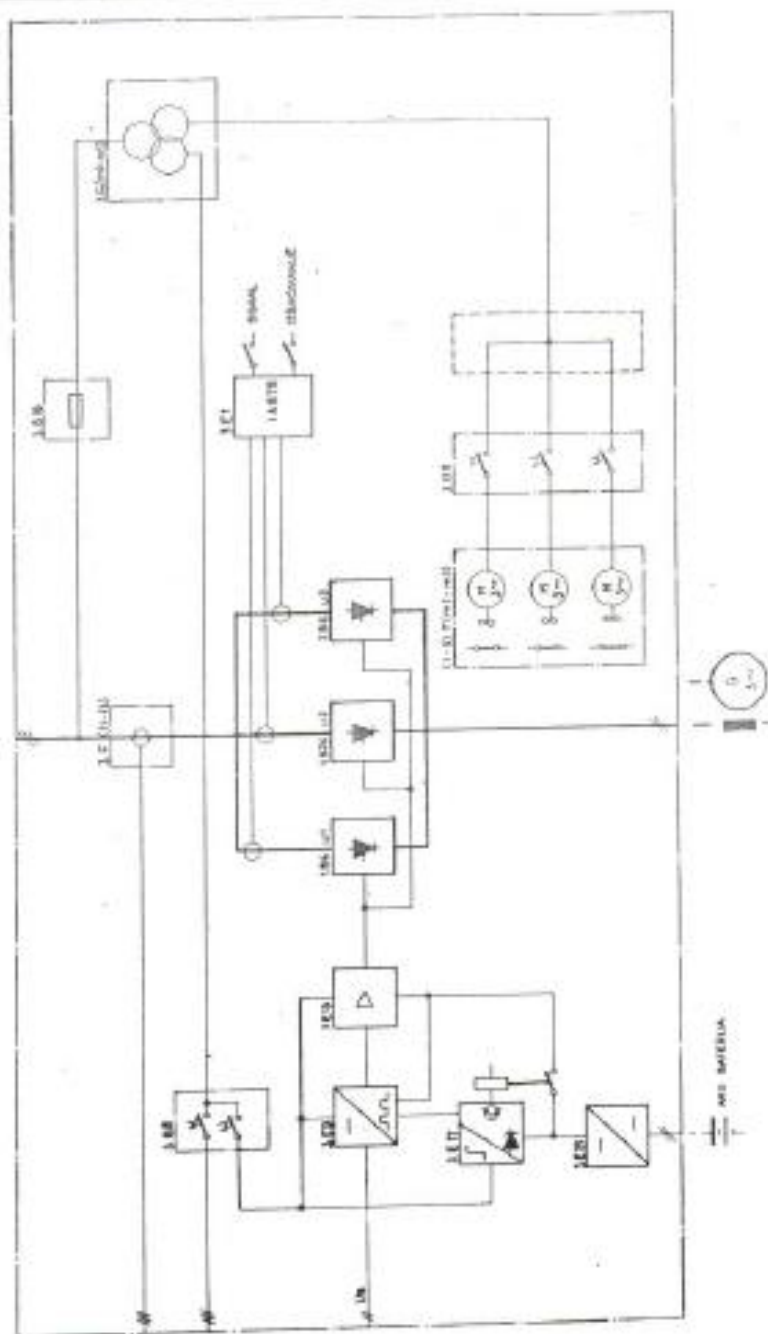
KONCAR - d. o. o.
Zagreb - Palisadova 22
Dijagram 38/91.

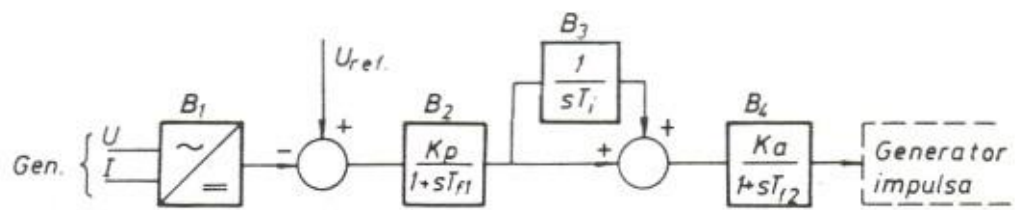
Izradio: [signature]
Dana: 1991.06.26.

Vidio: [signature]



Spans 35-36





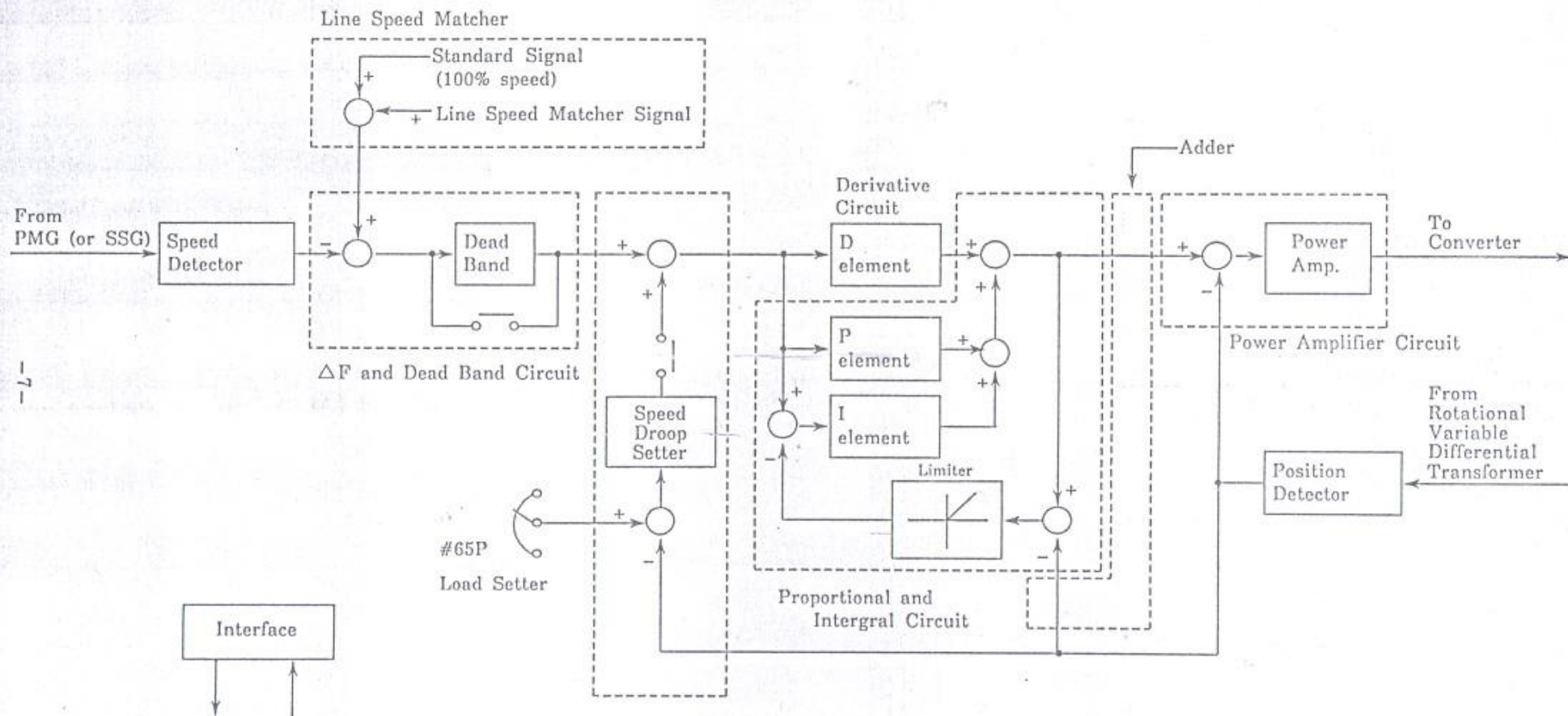


Fig. 2 PID Governor Block Diagram

6F2K0056

g
is

Performance

1. Normal oil pressure: 50 kgf/cm²
2. Speed insensitivity: 0.02% or less (including governor regulator)
negative of
3. Dead time: 0.25 sec. or less (including governor regulator)
4. Turbine speed detector: SSG or PMG

or
t.

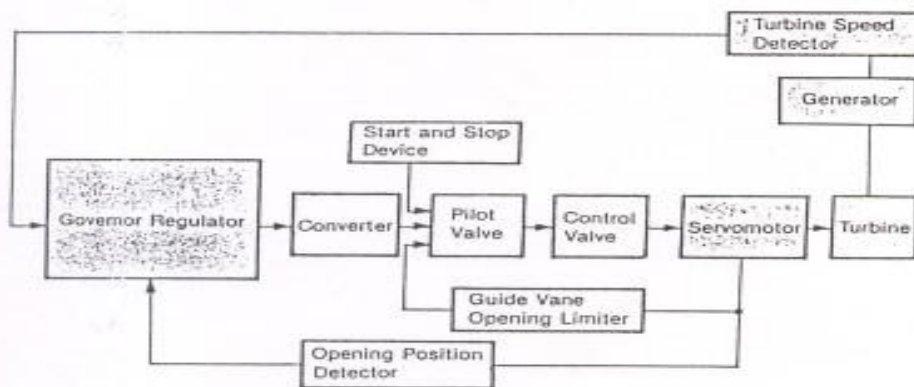
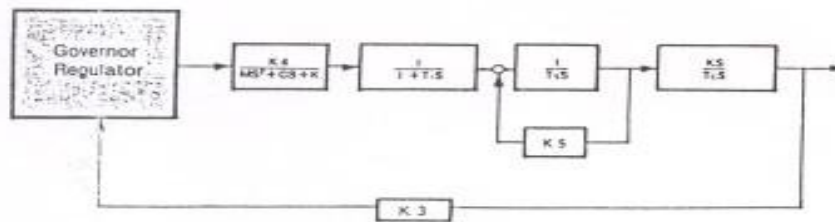


Fig. 2 System block diagram of governor



K_4 : Converter force	0.42 (kgf/A)
M : Mass of converter coil moving part	3.06×10^{-4} (kg.s ² /cm)
C : Viscosity coefficient of pilot valve	0.00558 (kg.S/cm)
K : Spring constant of converter	5.0 (kgf/cm)
T_1 : Time constant of pilot valve	0.405 (sec)
T_2 : Time constant of main distributing valve	0.02 (sec)
K_3 : Lever ratio	0.05
T_3 : Time constant of servomotor	□ (sec) (depend on each plant)
K_5 : Opening position detection (differential transformer)	10 V/P.U. $\times$ Speed droop/100

Fig. 3 Function diagram of governor actuator

9.7 HE Trebinje 1

1. PODACI O AGREGATIMA

Agregati br. 1, 2, 3

TURBINA

Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	Vrijednost	
					1, 2	3
1.1	Tip turbine		FRANCIS			
1.2	Instalisana snaga		P _n	MW	54	
1.3	Tehnički minimum		P _{min}	MW	26	28
1.4	Protok	instalisani	q _n	m ³ /s	70	
		minimalni	q _{min}		47,5	
1.5	Kinetička energija agregata (T+G)		W _R	MWs		
1.6	Zamašni moment (T+G)		T _j	tm ²	3200 *	
1.7	Mehanička konstanta (T+G)		H	MWs/MVA		
1.8	Broj obrtaja turbine	nominalni	n	ob/min	214,3	
		pobjega			405	
1.9	Stepen iskorištenja turbine			%	91,2	

PODACI O ELEKTRANI

Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	Vrijednost	
					1, 2	3
1.10	Vrijeme dostizanja minimalne snage $P_0 - P_{min}$		t	min	4,5	
1.11	Maksim. dozvoljeno vrijeme rada u opsegu $P_0 - P_{min}$		t	min		
1.12	Gradijent promjene snage u opsegu $P_{min} - P_{nom}$	povećanja	$\Delta P/\Delta t$	MW/min		
1.13		smanjenja				
1.14	Snaga sopstvene potrošnje		P_{SP}	MW		
1.15	Zaštita	podfrekventna		Hz		
		nadfrekventna		Hz		
		od povratne snage				
		ispada iz sinhronizma				
1.16	Frekventni opseg i dozvoljeno vrijeme rada agregata	47 – 48 Hz				
		48 – 49 Hz				
		49 – 50 Hz				
		50 – 51 Hz				
		51 – 52 Hz				
1.17	Mogućnost i način samostalnog pokretanja		Dizel agregat			

*Preuzeto iz studije OSTRVSKI RAD ELEKTRANA U SR BIH

2. PODACI O GENERATORU

Agregati br. 1, 2, 3

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost	
				1, 2	3
2.1	Nominalna prividna snaga generatora	S_n	MVA	60	70
2.2	Nominalna aktivna snaga generatora	P_n	MW	54	63
2.3	Raspoloživa snaga na pragu elektrane	P_R	MW	54	63
2.4	Tehnički minimum	P_{min}	MW	26	28
2.5	Nominalni faktor snage	$\cos\varphi_{nom}$		0,9	
2.6	Faktor snage u kapacitivnom režimu	$\cos\varphi_{cap}$			
2.7	Nominalni napon generatora	U	kV	14,4	
2.8	Nominalna brzina	obrt.	o/min	214,3	
2.9	Brzina pobjega	b_p	o/min	405	
2.10	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po d osi	X_d''	p.u.	0,227	0,183
2.11	Nezasićena tranzijentna reaktansa po d osi	X_d'	p.u.	0,297	0,35
2.12	Nezasićena sinhrona reaktansa po d osi	X_d	p.u.	0,89	1,10
2.13	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po q osi	X_q''	p.u.	0,30	0,1905
2.14	Nezasićena tranzijentna reaktansa po q osi	X_q'	p.u.		
2.15	Nezasićena sinhrona reaktansa po q osi	X_q	p.u.		
2.16	Otpor armature	r_a	p.u.		
2.17	Potier-ova (Leakage-ova) reaktansa	$X_p (X_l)$	p.u.		
2.18	Inverzna komponenta reaktanse	X_i	p.u.	0,245	0,1935
2.19	Nulta komponenta reaktanse	X_0	p.u.	0,164	0,1431
2.20	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d''	s	0,06	
2.21	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d'	s		
2.22	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}''	s	0,078	
2.23	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}'	s	5,59	
2.24	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q''	s		
2.25	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q'	s		
2.26	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}''	s		
2.27	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}'	s		
2.28	Vremenska konstanta armature	T_a	s		
2.29	Zasićenje mašine kod napona 1.0 p.u.	$S_{G1.0}$	p.u.		
2.30	Zasićenje mašine kod napona 1.2 p.u.	$S_{G1.2}$	p.u.		
2.31	Elektromotorna sila kod punog opterećenja	E_{FDFL}	p.u.		
2.32	Koeficijent prigušenja	D	p.u.		

3. PODACI O SISTEMU POBUDE

Agregati br. 1, 2, 3

Vrsta i tip pobudnog sistema: Tiristorski sistem pobude UNITROL 5000

Proizvođač: ABB

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost	
				1, 2	3
3.1	Vremenski član kašnjenja dovođenja signala napona generat.	T_R	s		
3.2	Koeficijent pojačanja regulatora	K_A	p.u.		
3.3	Vremenska konstanta regulatora	T_A	s		
3.4	Maksimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmax}	p.u.		
3.5	Minimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmin}	p.u.		
3.6	Koeficijent pojačanja pobudnog sistema	K_E	p.u.		
3.7	Vremenska konstanta pobudnog sistema	T_E	s		
3.8	Koeficijent pojačanja povratne sprege po naponu regulatora	K_F	p.u.		
3.9	Vremenska konstanta povratne sprege po naponu regulatora	T_F	s		
3.10	Koeficijent pojačanja stabilizacijskih krugova sist. pobude	K_C	p.u.		
3.11	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_B	s		
3.12	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_C	s		
3.13	75% vrijednost u odnosu na E_{FDmax}	E_1	p.u.		
3.14	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_1	$S_E(E_1)$	p.u.		
3.15	Maksimalna vrijednost E_{FDmax}	E_2	p.u.		
3.16	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_2	$S_E(E_2)$	p.u.		
3.17	Nazivna vrijednost uzbuđenog napona	$E_{FD\ naz}$	p.u.		
	LIMITER MAKSIMALNE UZBUDE				
3.18	Koeficijent forsiranja pobude	po naponu	E_{FD1}	p.u.	
		po struji	I_{FD1}	p.u.	
3.19	Vrijeme forsiranja	T_1	s		
	LIMITER MINIMALNE UZBUDE				

4. PODACI O SISTEMU TURBINSKE REGULACIJE

Agregati br. 1, 2, 3

Vrsta i tip: Digitalni turbinski regulator DTL 595

Proizvođač: VA TECH

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost	
				1, 2	3
4.1	Stalni statizam regulatora	R	%	4	
4.2	Prolazni statizam regulatora	r	%		
4.3	Radni mod sekundarnog regulatora – regulatora brzine (LFC/FC)				
4.4	Vremenska konstanta regulatora	T_1	s		
4.5	Vremenska konstanta filtera	T_f	s		
4.6	Vremenska konstanta servo motora	T_g	s		
4.7	Limit brzine otvaranja ventila	VELM			
4.8	Maksimalni položaj regulacionih ventila (limit maks. snage)	G_{max}	p.u.		
4.9	Minimalni položaj regulacionih ventila (limit minim. snage)	G_{min}	p.u.		
4.10	Vremenska konstanta tlačnog cjevovoda kojom se uzima u obzir inercija vode	T_w	s		
4.11	Koeficijent pojačanja turbine	A_t	p.u.		
4.12	Koeficijent prigušenja turbine	D_t	p.u.		
4.13	Protok pri praznom hodu	q_{NL}	m^3/s	15	
4.14	Dužina dovodnog tunela i spirale	L	m	68	
4.15	Presjek dovodnog tunela	A_t	m^2	12,56	
4.16	Hidraulički pad	H	m	86,5	
4.17	Brzina protoka vode	Q	m^3/s	70	

5. PODACI O BLOK TRANSFORMATORU

Agregati br. 1, 2, 3

Vrsta i tip: Monofazni transformatori MIV

Proizvođač: ALSTOM

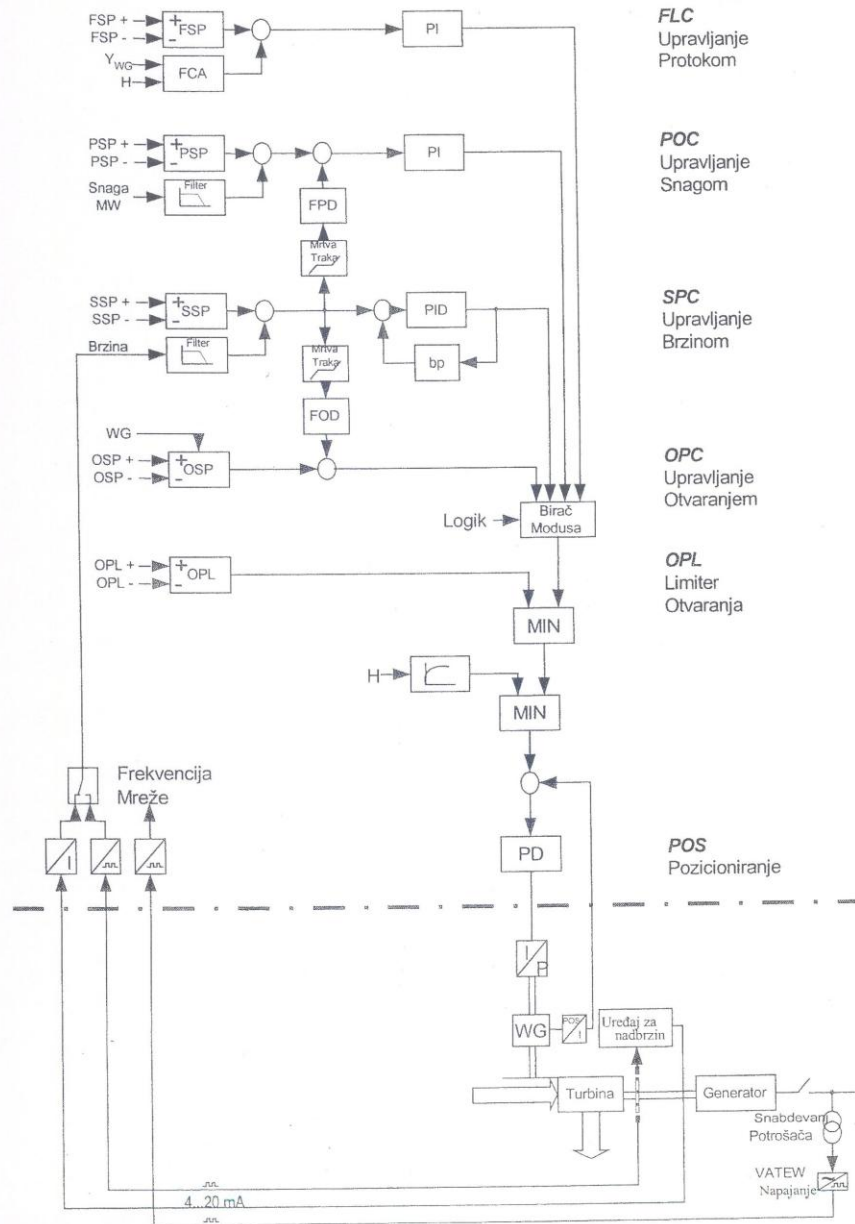
Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	Vrijednost	
					1, 2	3
5.1	Nazivna snaga transformatora		S	MVA	60,6	
5.2	Prenosni odnos transformatora		U ₁ /U ₂	kV/kV	14,4/242	
5.3	Sprega transformatora		Yd5			
5.4	Regulacioni opseg transformatora			%		
5.5	Napon kratkog spoja transformatora		u _K	%	12,4	
5.6	Gubici	u bakru	P _{Cu}	kW	185	
5.7		u gvožđu	P _{Fe}	kW	54	
5.8		ukupno		kW	239	
5.9	Način hlađenja transformatora		vazduhom			
5.10	Nači uzemljenja		indirektno			

VA TECH HYDRO

Digitalni Turbinski Regulator DTL595

- Opšti opis -

1.1.6 Blok dijagram regulatora Francis Turbine - Trebinje

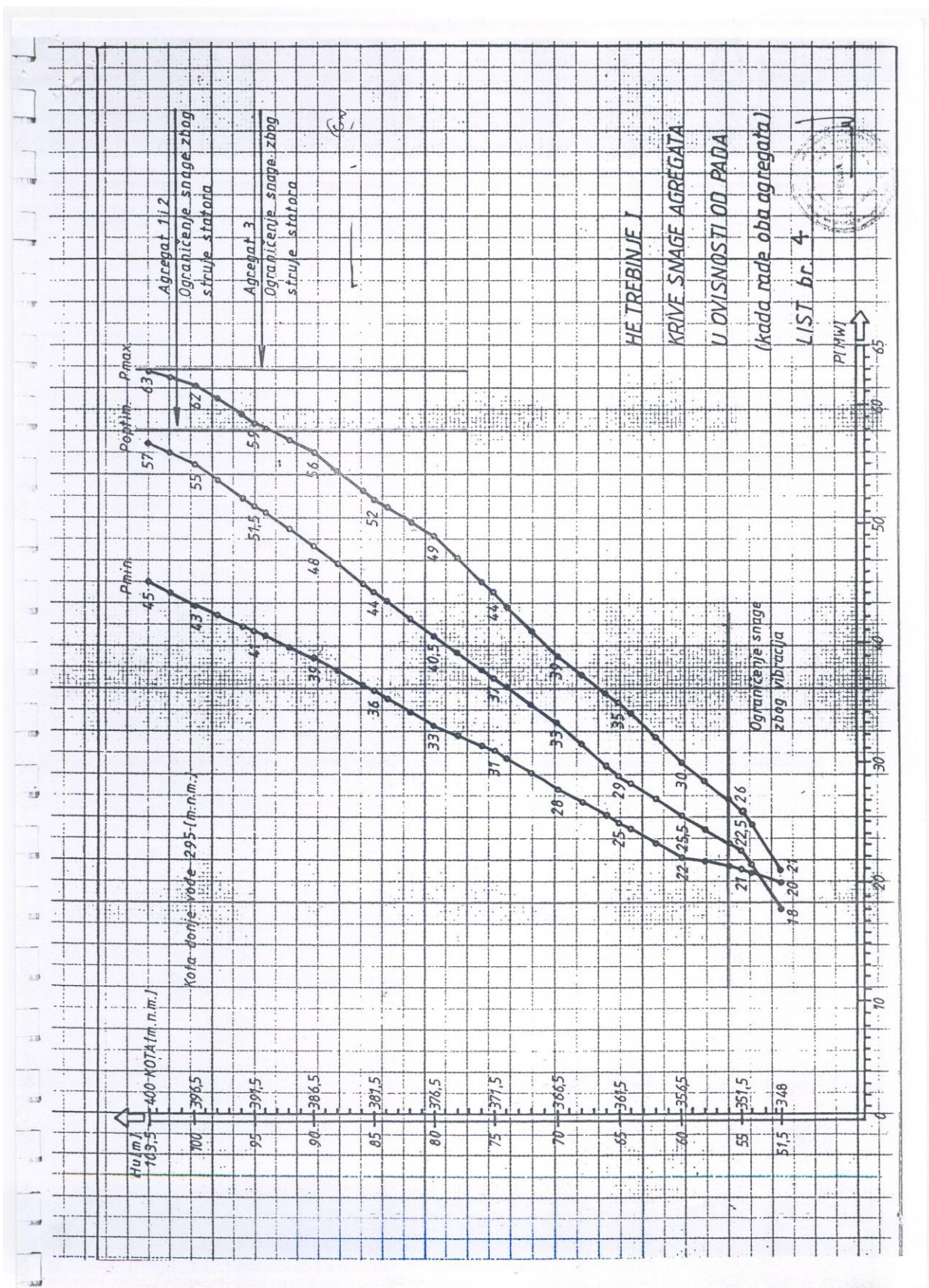


RADNO PODRUČJE AGREGATA HE TREBINJE I

Kota akumul. m.n.m	Bruto pad (m)	Optimum $Q (m^3 / s)$	Minimum $P (MW)$	Optimum $P (MW)$	Maximum $P (MW)$
400	103,50	62,0	45	57	63
398,5	102	61,8	44	56	62,20
396,5	100	61,5	43	55	62
394,5	98	61,3	42,10	53,80	60,50
392,5	96	61,1	41,30	52,10	59,50
390,5	94	60,7	40,70	51	58,15
388,5	92	60,3	39,80	49,60	57,10
386,5	90	60,0	39	48	56
384,5	88	59,5	37,90	46,70	54,50
382,5	86	59,1	36,60	45	52,70
380,5	84	58,55	35,15	43,20	51,20
378,5	82	58,0	34	41,90	50,10
376,5	80	57,5	33	40,50	49
374,5	78	57,0	32	39,30	47
372,5	76	56,5	31,10	37,90	45
370,5	74	56,0	30,30	36,20	43
368,5	72	55,5	29,20	34,80	41
366,5	70	55,0	28	33	39
364,5	68	54,55	26,80	31,30	37,50
362,5	66	54,1	25,60	29,80	35,80
360,5	64	53,5	24,40	28,20	34
358,5	62	53,0	23,10	27	31,80
356,5	60	52,5	22	25,50	30
354,5	58	51,9	21,80	24,20	28,50
352,5	56	51,3	21,15	23,05	27
350,5	54	50,7	20,80	21,20	24,80
348	51,5	50,0	20	18	21



LIST 38.4.



9.8 HE Trebinje 2

1. PODACI O AGREGATU

Agregati br. 1

TURBINA

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.1	Tip turbine	KAPLAN		
1.2	Instalisana snaga	P_n	MW	8
1.3	Tehnički minimum	P_{min}	MW	1,5
1.4	Protok	instalirani	m^3/s	45
		minimalni		12
1.5	Kinetička energija agregata (T+G)	W_R	MWs	
1.6	Zamašni moment (T+G)	T_i	tm^2	286
1.7	Mehanička konstanta (T+G)	H	MWs/MVA	
1.8	Broj obrtaja turbine	nominalni	ob/min	200
		pobjega		540
1.9	Stepen iskorištenja turbine		%	92,6

PODACI O ELEKTRANI

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.10	Vrijeme dostizanja minimalne snage $P_0 - P_{min}$	t	min	
1.11	Maksim. dozvoljeno vrijeme rada u opsegu $P_0 - P_{min}$	t	min	
1.12	Gradijent promjene snage u opsegu $P_{min} - P_{nom}$	povećanja	$\Delta P/\Delta t$	
1.13		smanjenja		
1.14	Snaga sopstvene potrošnje	P_{SP}	kW	50
1.15	Zaštita	podfrekventna	Hz	
		nadfrekventna	Hz	
		od povratne snage		
		ispada iz sinhronizma		
1.16	Frekventni opseg i dozvoljeno vrijeme rada agregata	47 – 48 Hz		
		48 – 49 Hz		
		49 – 50 Hz		
		50 – 51 Hz		
		51 – 52 Hz		
1.17	Mogućnost i način samostalnog pokretanja (dizel agregat, kućna turbina, vanjski izvor)	Dizel agregat		
1.18	Jednopolna šema elektrane	DA		
1.19	Pogonska karta generatora	DA		
1.20	Blok dijagrami	turbinskog regulatora	DA	
		sistema pobude		

2. PODACI O GENERATORU

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
2.1	Nominalna prividna snaga generatora	S_n	MVA	10
2.2	Nominalna aktivna snaga generatora	P_n	MW	8
2.3	Raspoloživa snaga na pragu elektrane	P_R	MW	
2.4	Tehnički minimum	P_{min}	MW	1,5
2.5	Nominalni faktor snage	$\cos\varphi_{nom}$		0,8
2.6	Faktor snage u kapacitivnom režimu	$\cos\varphi_{cap}$		
2.7	Nominalni napon generatora	U	kV	6,3
2.8	Nominalna brzina	obrt.	o/min	
2.9	Brzina pobjega	b_p	o/min	540
2.10	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po d osi	X_d''	p.u.	0,18
2.11	Nezasićena tranzijentna reaktansa po d osi	X_d'	p.u.	0,27
2.12	Nezasićena sinhrona reaktansa po d osi	X_d	p.u.	1,03
2.13	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po q osi	X_q''	p.u.	0,195
2.14	Nezasićena tranzijentna reaktansa po q osi	X_q'	p.u.	
2.15	Nezasićena sinhrona reaktansa po q osi	X_q	p.u.	
2.16	Otpor armature	r_a	p.u.	
2.17	Potier-ova (Leakage-ova) reaktansa	$X_p (X_l)$	p.u.	
2.18	Inverzna komponenta reaktanse	X_i	p.u.	0,18
2.19	Nulta komponenta reaktanse	X_0	p.u.	0,08
2.20	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d''	s	0,025
2.21	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d'	s	0,73
2.22	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}''	s	2,8
2.23	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}'	s	2,8
2.24	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q''	s	
2.25	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q'	s	
2.26	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}''	s	
2.27	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}'	s	
2.28	Vremenska konstanta armature	T_a	s	
2.29	Zasićenje mašine kod napona 1.0 p.u.	$S_{G1.0}$	p.u.	
2.30	Zasićenje mašine kod napona 1.2 p.u.	$S_{G1.2}$	p.u.	
2.31	Elektromotorna sila kod punog opterećenja	E_{FDFL}	p.u.	
2.32	Koeficijent prigušenja	D	p.u.	

3. PODACI O SISTEMU POBUDE

Vrsta i tip pobudnog sistema: Statička (tiristorska)

Proizvođač: _____

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
3.1	Vremenski član kašnjenja dovođenja signala napona generat.	T_R	s	
3.2	Koeficijent pojačanja regulatora	K_A	p.u.	
3.3	Vremenska konstanta regulatora	T_A	s	
3.4	Maksimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmax}	p.u.	6,3
3.5	Minimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmin}	p.u.	
3.6	Koeficijent pojačanja pobudnog sistema	K_E	p.u.	
3.7	Vremenska konstanta pobudnog sistema	T_E	s	
3.8	Koeficijent pojačanja povratne sprege po naponu regulatora	K_F	p.u.	
3.9	Vremenska konstanta povratne sprege po naponu regulatora	T_F	s	
3.10	Koeficijent pojačanja stabilizacijskih krugova sist. pobude	K_C	p.u.	
3.11	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_B	s	
3.12	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_C	s	
3.13	75% vrijednost u odnosu na E_{FDmax}	E_1	p.u.	
3.14	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_1	$S_E(E_1)$	p.u.	
3.15	Maksimalna vrijednost E_{FDmax}	E_2	p.u.	
3.16	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_2	$S_E(E_2)$	p.u.	
3.17	Nazivna vrijednost uzbudnog napona	$E_{FD\ naz}$	p.u.	110
	LIMITER MAKSIMALNE UZBUDE			
3.18	Koeficijent forsiranja pobude	po naponu	E_{FD1}	p.u.
		po struji	I_{FD1}	p.u.
3.19	Vrijeme forsiranja	T_1	s	
	LIMITER MINIMALNE UZBUDE			

4. PODACI O SISTEMU TURBINSKE REGULACIJE

Vrsta i tip: ESHEP WAS PID

Proizvođač: _____

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
4.1	Stalni statizam regulatora	R	%	
4.2	Prolazni statizam regulatora	r	%	60
4.3	Radni mod sekundarnog regulatora – regulatora brzine (LFC/FC)			
4.4	Vremenska konstanta regulatora	T_1	s	
4.5	Vremenska konstanta filtera	T_f	s	
4.6	Vremenska konstanta servo motora	T_g	s	
4.7	Limit brzine otvaranja ventila	VELM		
4.8	Maksimalni položaj regulacionih ventila (limit maks. snage)	G_{max}	p.u.	
4.9	Minimalni položaj regulacionih ventila (limit minim. snage)	G_{min}	p.u.	
4.10	Vremenska konstanta tlačnog cjevovoda kojom se uzima u obzir inercija vode	T_w	s	
4.11	Koeficijent pojačanja turbine	A_t	p.u.	
4.12	Koeficijent prigušenja turbine	D_t	p.u.	
4.13	Protok pri praznom hodu	q_{NL}	m ³ /s	
4.14	Dužina dovodnog tunela i spirale	L	m	70
4.15	Presjek dovodnog tunela	A_t	m ²	3,8
4.16	Hidraulički pad	H	m	8
4.17	Brzina protoka vode	Q	m ³ /s	45

5. PODACI O BLOK TRANSFORMATORU

Vrsta i tip: DO 10000/45

Proizvođač: VOLTA WERKE

Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	Vrijednost
5.1	Nazivna snaga transformatora		S	MVA	10
5.2	Prenosni odnos transformatora		U_1/U_2	kV/kV	36,75/6,3
5.3	Sprega transformatora		Yd5		
5.4	Regulacioni opseg transformatora			%	(38,59-36,75-34,91)±5
5.5	Napon kratkog spoja transformatora		u_K	%	6,2
5.6	Gubici	u bakru	P_{Cu}	kW	66,16
5.7		u gvožđu	P_{Fe}	kW	6,64
5.8		ukupno		kW	72,8
5.9	Način hlađenja transformatora		vazduhom		
5.10	Nači uzemljenja				

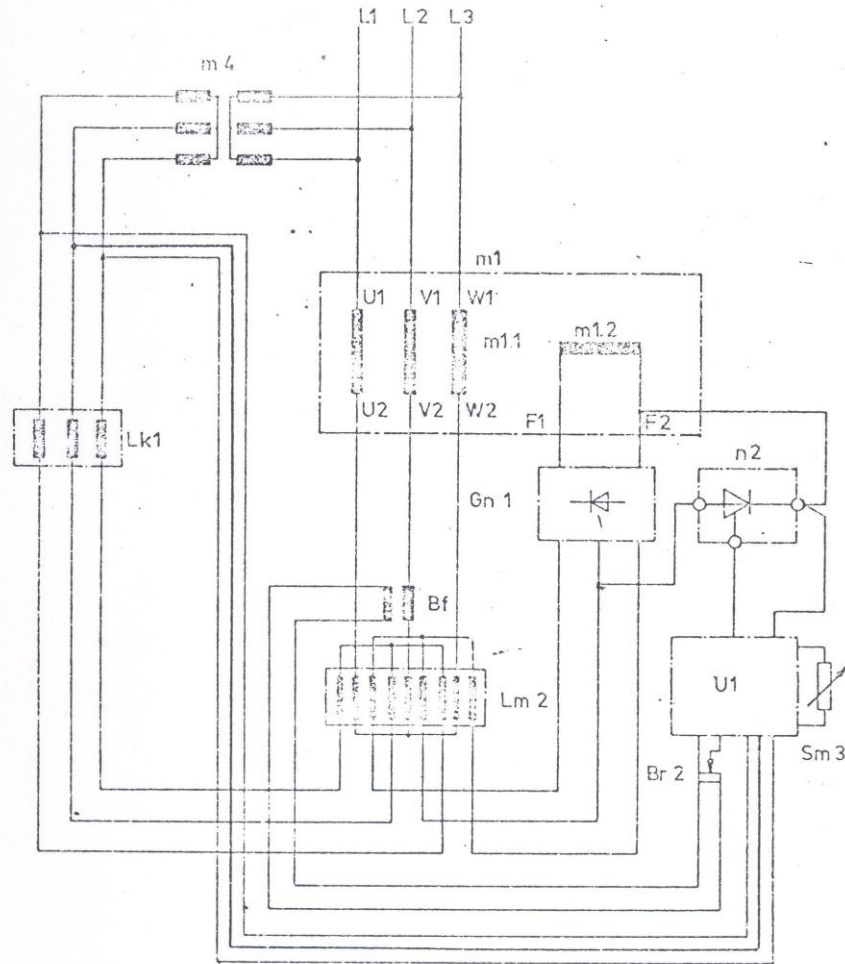


Bild 1.1
Synchrongenerator mit Kompounderregung
Thyristorregelung

m1	Generator	Gn1	Hauptgleichrichter
m1.1	Generatorwicklung	Sm3	Sollwerteinsteller
m1.2	Induktorwicklung	B1	Stabilisierungsstromwandler
m4	Spannungstransformator	Br.2	Stabilisierungswiderstand
n2	Thyristor	u1	Steuergerät
Im2	Stromtransformator		
Lk1	Luftspaltdrossel		

[illegible]

9.9 HE Rama

1. PODACI O AGREGATU

Agregati br. 1, 2

TURBINA

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.1	Tip turbine	Francis		
1.2	Instalisana snaga	P_n	MW	86
1.3	Tehnički minimum	P_{min}	MW	55
1.4	Protok	instalirani	m^3/s	32
		minimalni		-
1.5	Kinetička energija agregata (T+G)	W_R	MWs	-
1.6	Zamašni moment (T+G)	T_i	tm^2	1580
1.7	Mehanička konstanta (T+G)	H	MWs/MVA	-
1.8	Broj obrtaja turbine	nominalni	ob/min	375
		pobjega		660
1.9	Stepen iskorištenja turbine		%	91,4

PODACI O ELEKTRANI

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.10	Vrijeme dostizanja minimalne snage $P_0 - P_{min}$	t	min	80
1.11	Maksim. dozvoljeno vrijeme rada u opsegu $P_0 - P_{min}$	t	min	-
1.12	Gradijent promjene snage u opsegu $P_{min} - P_{nom}$	povećanja	$\Delta P/\Delta t$	43
1.13		smanjenja		64
1.14	Snaga sopstvene potrošnje	P_{sp}	MW	0,6
1.15	Zaštita	podfrekventna	Hz	-
		nadfrekventna	Hz	-
		od povratne snage	kW	470
		ispada iz sinhronizma		-
1.16	Frekventni opseg i dozvoljeno vrijeme rada agregata	47 – 48 Hz	-	
		48 – 49 Hz	-	
		49 – 50 Hz	-	
		50 – 51 Hz	-	
		51 – 52 Hz	-	
1.17	Mogućnost i način samostalnog pokretanja (dizel agregat, kućna turbina, vanjski izvor)	dizel agregat, vanjski izvor		
1.18	Jednopolna šema elektrane	Priložena		
1.19	Pogonska karta generatora	Priložena		
1.20	Blok dijagrami	turbinskog regulatora	Priložen	
		sistema pobude	Priložen	

2. PODACI O GENERATORU

Agregati br. 1, 2

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
2.1	Nominalna prividna snaga generatora	S_n	MVA	90
2.2	Nominalna aktivna snaga generatora	P_n	MW	81
2.3	Raspoloživa snaga na pragu elektrane	P_R	MW	80
2.4	Tehnički minimum	P_{min}	MW	55
2.5	Nominalni faktor snage	$\cos\varphi_{nom}$		0.9
2.6	Faktor snage u kapacitivnom režimu	$\cos\varphi_{cap}$		0.98
2.7	Nominalni napon generatora	U	kV	15.65
2.8	Nominalna brzina	obrt.	o/min	375
2.9	Brzina pobjega	b_p	o/min	600
2.10	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po d osi	X_d''	p.u.	0.161
2.11	Nezasićena tranzijentna reaktansa po d osi	X_d'	p.u.	0.297
2.12	Nezasićena sinhrona reaktansa po d osi	X_d	p.u.	0.905
2.13	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po q osi	X_q''	p.u.	0.201
2.14	Nezasićena tranzijentna reaktansa po q osi	X_q'	p.u.	
2.15	Nezasićena sinhrona reaktansa po q osi	X_q	p.u.	0.54
2.16	Otpor armature	r_a	p.u.	0.0005374 / 75°C
2.17	Potier-ova (statorska rasipna) reaktansa	$X_p (X_i)$	p.u.	0.31 (0.107)
2.18	Inverzna komponenta reaktanse	X_i	p.u.	0.181
2.19	Nulta komponenta reaktanse	X_0	p.u.	0.122
2.20	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d''	s	0.039
2.21	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d'	s	2.1
2.22	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}''	s	0.07
2.23	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}'	s	6.4
2.24	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q''	s	0.039
2.25	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q'	s	
2.26	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}''	s	0.13
2.27	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}'	s	
2.28	Vremenska konstanta armature	T_a	s	0.18
2.29	Zasićenje mašine kod napona 1.0 p.u.	$S_{G1.0}$	p.u.	0.0622
2.30	Zasićenje mašine kod napona 1.2 p.u.	$S_{G1.2}$	p.u.	0.474
2.31	Elektromotorna sila kod punog opterećenja	E_{FDFL}	p.u.	1.80
2.32	Koeficijent prigušenja	D	p.u.	0

3. PODACI O SISTEMU POBUDE

Agregati br. 1, 2

Vrsta i tip pobudnog sistema: Statički Tip ES20P

Proizvođač: ABB

Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	Vrijednost
3.1	Vremenski član kašnjenja dovođenja signala napona generat.		T_R	s	0.02
3.2	Koeficijent pojačanja regulatora		K_A	p.u.	1000
3.3	Vremenska konstanta regulatora		T_A	s	0.001
3.4	Maksimalni izlazni napon regulatora		V_{Rmax}	p.u.	5.713
3.5	Minimalni izlazni napon regulatora		V_{Rmin}	p.u.	-4.57
3.6	Koeficijent pojačanja pobudnog sistema		K_E	p.u.	1
3.7	Vremenska konstanta pobudnog sistema		T_E	s	0
3.8	Koeficijent pojačanja povratne sprege po naponu regulatora		K_F	p.u.	
3.9	Vremenska konstanta povratne sprege po naponu regulatora		T_F	s	
3.10	Koeficijent pojačanja stabilizacijskih krugova sist. pobude		K_C	p.u.	
3.11	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude		T_B	s	31.55
3.12	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude		T_C	s	2.108
3.13	75% vrijednost u odnosu na E_{FDmax}		E_1	p.u.	
3.14	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_1		$S_E(E_1)$	p.u.	
3.15	Maksimalna vrijednost E_{FDmax}		E_2	p.u.	
3.16	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_2		$S_E(E_2)$	p.u.	
3.17	Nazivna vrijednost uzbudnog napona		$E_{FD\ naz}$	p.u.	1.8
	LIMITER MAKSIMALNE UZBUDE				
3.18	Koeficijent forsiranja pobude	po naponu	E_{FD1}	p.u.	3.174
		po struji	I_{FD1}	p.u.	$K=10\ pu^2s$, $I_{ref}=1.6pu$
3.19	Vrijeme forsiranja		T_1	s	ovisi o Δif
	LIMITER MINIMALNE UZBUDE				Q_g (p.u.)
					-0.40
					-0.40
					-0.24
					0.00
					10

4. PODACI O SISTEMU TURBINSKE REGULACIJE

Agregati br. 1, 2

Vrsta i tip: Digitalni regulator, T2000s4

Proizvođač: NOELL

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
4.1	Stalni statizam regulatora	R	%	5
4.2	Prolazni statizam regulatora	r	%	2
4.3	Radni mod sekundarnog regulatora – regulatora brzine (LFC/FC)	RUČNI		
4.4	Vremenska konstanta regulatora	T_1	s	
4.5	Vremenska konstanta filtera	T_f	s	
4.6	Vremenska konstanta servo motora	T_g	s	
4.7	Limit brzine otvaranja ventila	VELM	0-100%	120
4.8	Maksimalni položaj regulacionih ventila (limit maks. snage)	G_{max}	p.u.	
4.9	Minimalni položaj regulacionih ventila (limit minim. snage)	G_{min}	p.u.	
4.10	Vremenska konstanta tlačnog cjevovoda kojom se uzima u obzir inercija vode	T_w	s	
4.11	Koeficijent pojačanja turbine	A_t	p.u.	
4.12	Koeficijent prigušenja turbine	D_t	p.u.	
4.13	Protok pri praznom hodu	q_{NL}	m ³ /s	2,5
4.14	Dužina dovodnog tunela i spirale	L	m	9450+250
4.15	Presjek dovodnog tunela	A_t	m ²	5
4.16	Hidraulički pad	H	m	325
4.17	(Brzina) protok vode	Q	m ³ /s	32

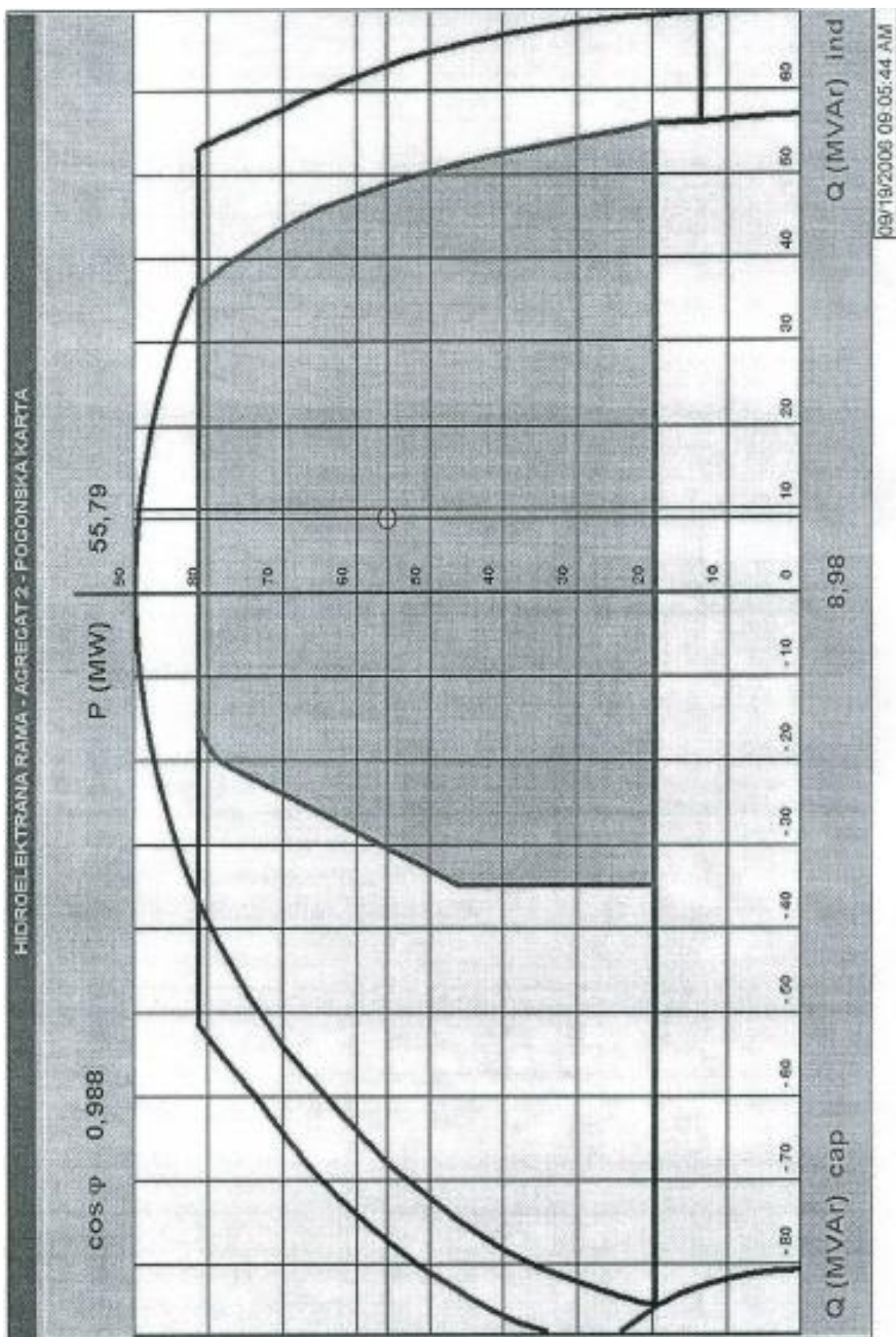
5. PODACI O BLOK TRANSFORMATORU

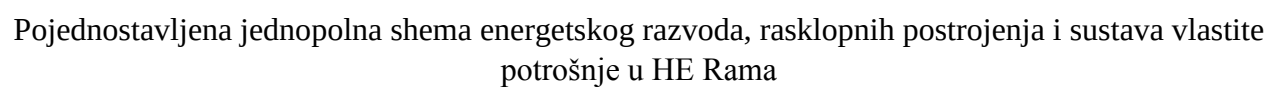
Agregati br. 1, 2

Vrsta i tip TOVg 90000 – 245s

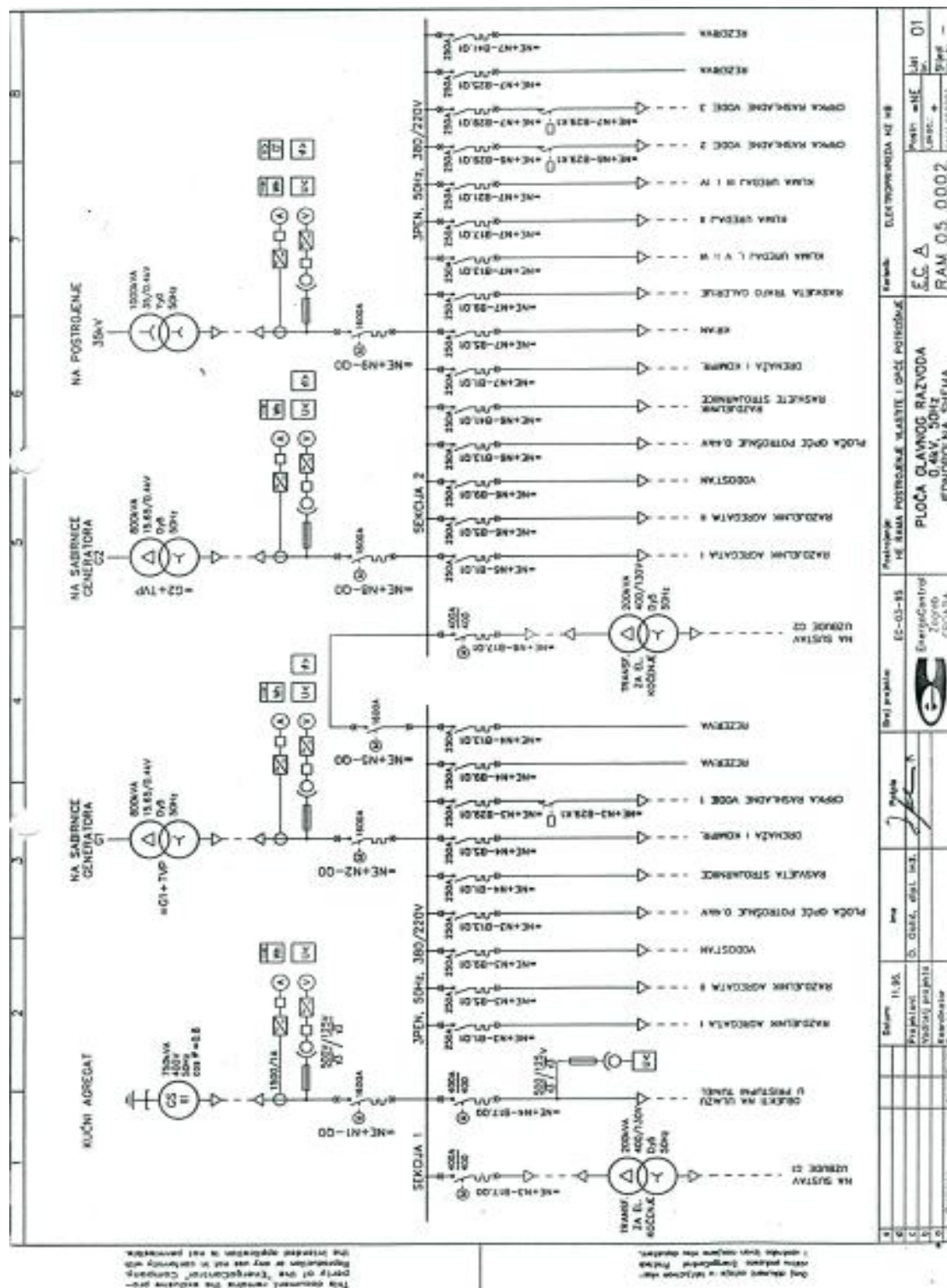
Proizvođač Rade Končar

Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	Vrijednost
5.1	Nazivna snaga transformatora		S	MVA	90
5.2	Prenosni odnos transformatora		U_1/U_2	kV/kV	15,65/242
5.3	Sprega transformatora		YD5		
5.4	Regulacioni opseg transformatora			%	-
5.5	Napon kratkog spoja transformatora		u_K	%	11,2
5.6	Gubici	u bakru	P_{Cu}	kW	278,7
5.7		u gvožđu	P_{Fe}	kW	87,6
5.8		ukupno		kW	366,3
5.9	Način hlađenja transformatora		OFWF		
5.10	Način uzemljenja		DIREKTNO		

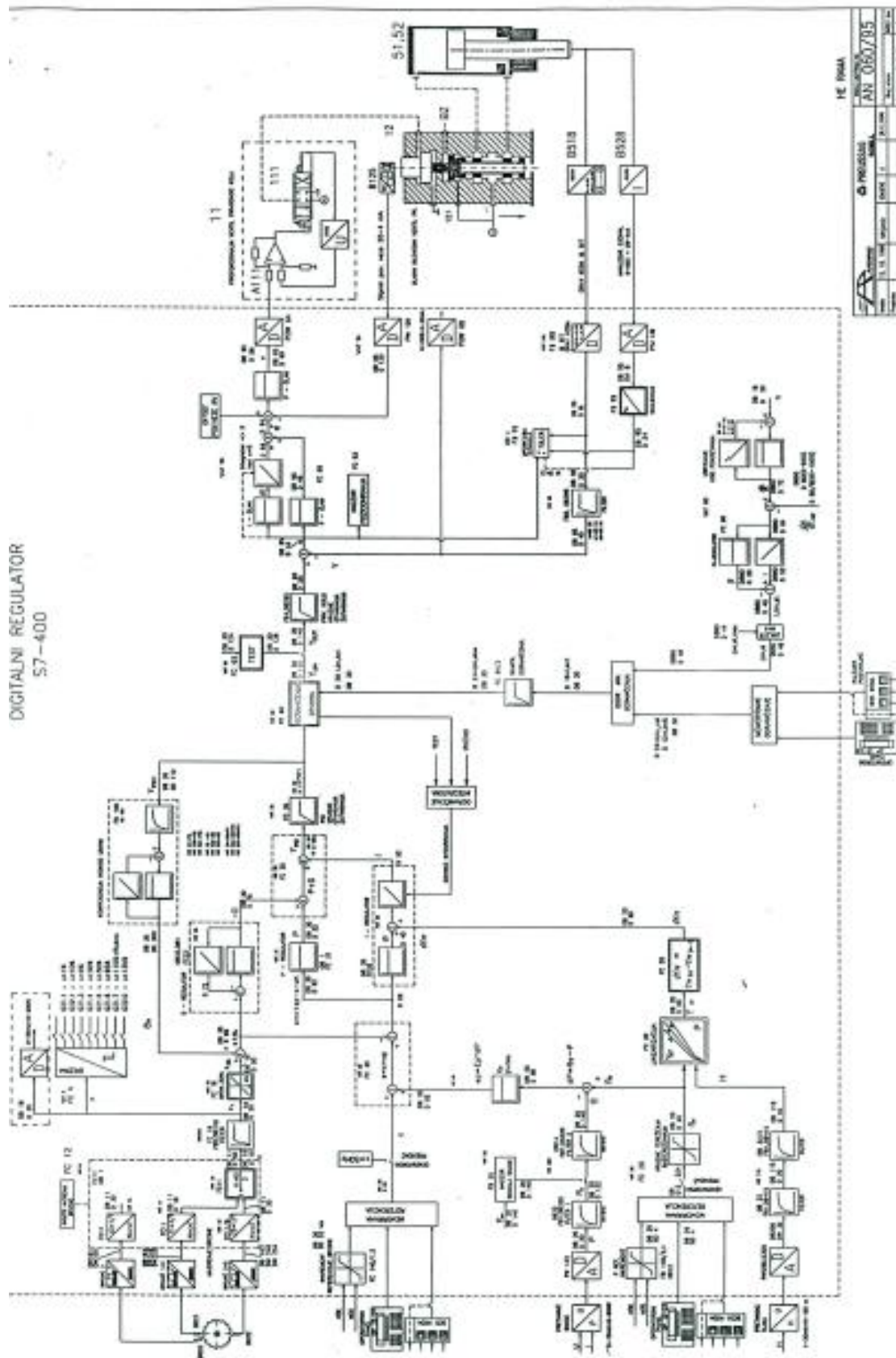








DIGITALNI REGULATOR S7-400



HE ROMA

PROJEKAT	AN 060795
DATA	10.07.95
STRANICA	1 A
SLOVANSKI IMENIK	REGULATOR - AUTOMAT

9.10 PHE Čapljina

1. PODACI O AGREGATU

Agregati br. 1, 2

TURBINA

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.1	Tip turbine	„RIVA” / Francis		
1.2	Instalisana snaga	P_n	MW	240
1.3	Tehnički minimum	P_{min}	MW	140
1.4	Protok	instalirani	m^3/s	112,5
		minimalni		75
1.5	Kinetička energija agregata (T+G)	W_R	MWs	4000
1.6	Zamašni moment (T+G)	T_i	tm^2	4000
1.7	Mehanička konstanta (T+G)	H	MWs/MVA	4,6264
1.8	Broj obrtaja turbine	nominalni	ob/min	300
		pobjega		420
1.9	Stepen iskorištenja turbine		%	92,72

PODACI O ELEKTRANI

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.10	Vrijeme dostizanja minimalne snage $P_0 - P_{min}$	t	min	
1.11	Maksim. dozvoljeno vrijeme rada u opsegu $P_0 - P_{min}$	t	min	-
1.12	Gradijent promjene snage u opsegu $P_{min} - P_{nom}$	povećanja	$\Delta P/\Delta t$	110
1.13		smanjenja		
1.14	Snaga sopstvene potrošnje	P_{sp}	MW	
1.15	Zaštita	podfrekventna	Hz	47,5
		nadfrekventna	Hz	
		od povratne snage		
		ispada iz sinhronizma		ZPX103
1.16	Frekventni opseg i dozvoljeno vrijeme rada agregata	47 – 48 Hz	-	
		48 – 49 Hz	-	
		49 – 50 Hz	-	
		50 – 51 Hz	-	
		51 – 52 Hz	-	
1.17	Mogućnost i način samostalnog pokretanja (dizel agregat, kućna turbina, vanjski izvor)	Dizel		
1.18	Jednopolna šema elektrane	Priložena		
1.19	Pogonska karta generatora	Priložena		
1.20	Blok dijagrami	turbinskog regulatora	Priložen	
		sistema pobude		

2. PODACI O GENERATORU

Agregati br. 1, 2

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
2.1	Nominalna prividna snaga generatora	S_n	MVA	240
2.2	Nominalna aktivna snaga generatora	P_n	MW	220
2.3	Raspoloživa snaga na pragu elektrane	P_R	MW	2x220
2.4	Tehnički minimum	P_{min}	MW	140
2.5	Nominalni faktor snage	$\cos\varphi_{nom}$		0,85g /0,95p
2.6	Faktor snage u kapacitivnom režimu	$\cos\varphi_{cap}$		0
2.7	Nominalni napon generatora	U	kV	15,75 ±10%
2.8	Nominalna brzina	obrt.	o/min	300
2.9	Brzina pobjega	b_p	o/min	420
2.10	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po d osi	X_d''	p.u.	0,22
2.11	Nezasićena tranzijentna reaktansa po d osi	X_d'	p.u.	≤ 0,4
2.12	Nezasićena sinhrona reaktansa po d osi	X_d	p.u.	≤ 1,4
2.13	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po q osi	X_q''	p.u.	0,27
2.14	Nezasićena tranzijentna reaktansa po q osi	X_q'	p.u.	
2.15	Nezasićena sinhrona reaktansa po q osi	X_q	p.u.	0,95
2.16	Otpor armature	r_a	p.u.	0,002738
2.17	Potier-ova (Leakage-ova) reaktansa	$X_p (X_l)$	p.u.	0,3
2.18	Inverzna komponenta reaktanse	X_i	p.u.	0,25
2.19	Nulta komponenta reaktanse	X_0	p.u.	0,12
2.20	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d''	s	0,042
2.21	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d'	s	3,1
2.22	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}''	s	0,05
2.23	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}'	s	11,0
2.24	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q''	s	0,013
2.25	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q'	s	-
2.26	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}''	s	00,04
2.27	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}'	s	-
2.28	Vremenska konstanta armature	T_a	s	0,24
2.29	Zasićenje mašine kod napona 1.0 p.u.	$S_{G1.0}$	p.u.	-
2.30	Zasićenje mašine kod napona 1.2 p.u.	$S_{G1.2}$	p.u.	-
2.31	Elektromotorna sila kod punog opterećenja	E_{FDFL}	p.u.	-
2.32	Koeficijent prigušenja	D	p.u.	-

3. PODACI O SISTEMU POBUDE

Agregati br. 1, 2

Vrsta i tip pobudnog sistema: Statička tiristorska analogna

Proizvođač: AEG

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
3.1	Vremenski član kašnjenja dovođenja signala napona generat.	T_R	s	-
3.2	Koeficijent pojačanja regulatora	K_A	p.u.	-
3.3	Vremenska konstanta regulatora	T_A	s	-
3.4	Maksimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmax}	p.u.	
3.5	Minimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmin}	p.u.	
3.6	Koeficijent pojačanja pobudnog sistema	K_E	p.u.	-
3.7	Vremenska konstanta pobudnog sistema	T_E	s	-
3.8	Koeficijent pojačanja povratne sprege po naponu regulatora	K_F	p.u.	
3.9	Vremenska konstanta povratne sprege po naponu regulatora	T_F	s	
3.10	Koeficijent pojačanja stabilizacijskih krugova sist. pobude	K_C	p.u.	
3.11	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_B	s	
3.12	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_C	s	
3.13	75% vrijednost u odnosu na E_{FDmax}	E_1	p.u.	
3.14	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_1	$S_E(E_1)$	p.u.	
3.15	Maksimalna vrijednost E_{FDmax}	E_2	p.u.	
3.16	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_2	$S_E(E_2)$	p.u.	
3.17	Nazivna vrijednost uzbudnog napona	$E_{FD\ naz}$	p.u.	344 V
	LIMITER MAKSIMALNE UZBUDE			
3.18	Koeficijent forsiranja pobude	po naponu	E_{FD1}	p.u.
		po struji	I_{FD1}	p.u.
3.19	Vrijeme forsiranja	T_1	s	
	LIMITER MINIMALNE UZBUDE			

4. PODACI O SISTEMU TURBINSKE REGULACIJE

Agregati br. 1, 2

Vrsta i tip: Elektromagnetni regulator EM-58

Proizvođač: RIVA

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
4.1	Stalni statizam regulatora	R	%	5
4.2	Prolazni statizam regulatora	r	%	-
4.3	Radni mod sekundarnog regulatora – regulatora brzine (LFC/FC)			
4.4	Vremenska konstanta regulatora	T_1	s	
4.5	Vremenska konstanta filtera	T_f	s	
4.6	Vremenska konstanta servo motora	T_g	s	
4.7	Limit brzine otvaranja ventila	VELM		
4.8	Maksimalni položaj regulacionih ventila (limit maks. snage)	G_{max}	p.u.	
4.9	Minimalni položaj regulacionih ventila (limit minim. snage)	G_{min}	p.u.	
4.10	Vremenska konstanta tlačnog cjevovoda kojom se uzima u obzir inercija vode	T_w	s	
4.11	Koeficijent pojačanja turbine	A_t	p.u.	
4.12	Koeficijent prigušenja turbine	D_t	p.u.	
4.13	Protok pri praznom hodu	q_{NL}	m ³ /s	
4.14	Dužina dovodnog tunela i spirale	L	m	8125+250 +59
4.15	Presjek dovodnog tunela	A_t	m	8
4.16	Hidraulički pad	H	m	227
4.17	Brzina protoka vode	Q	m ³ /s	2x112,5

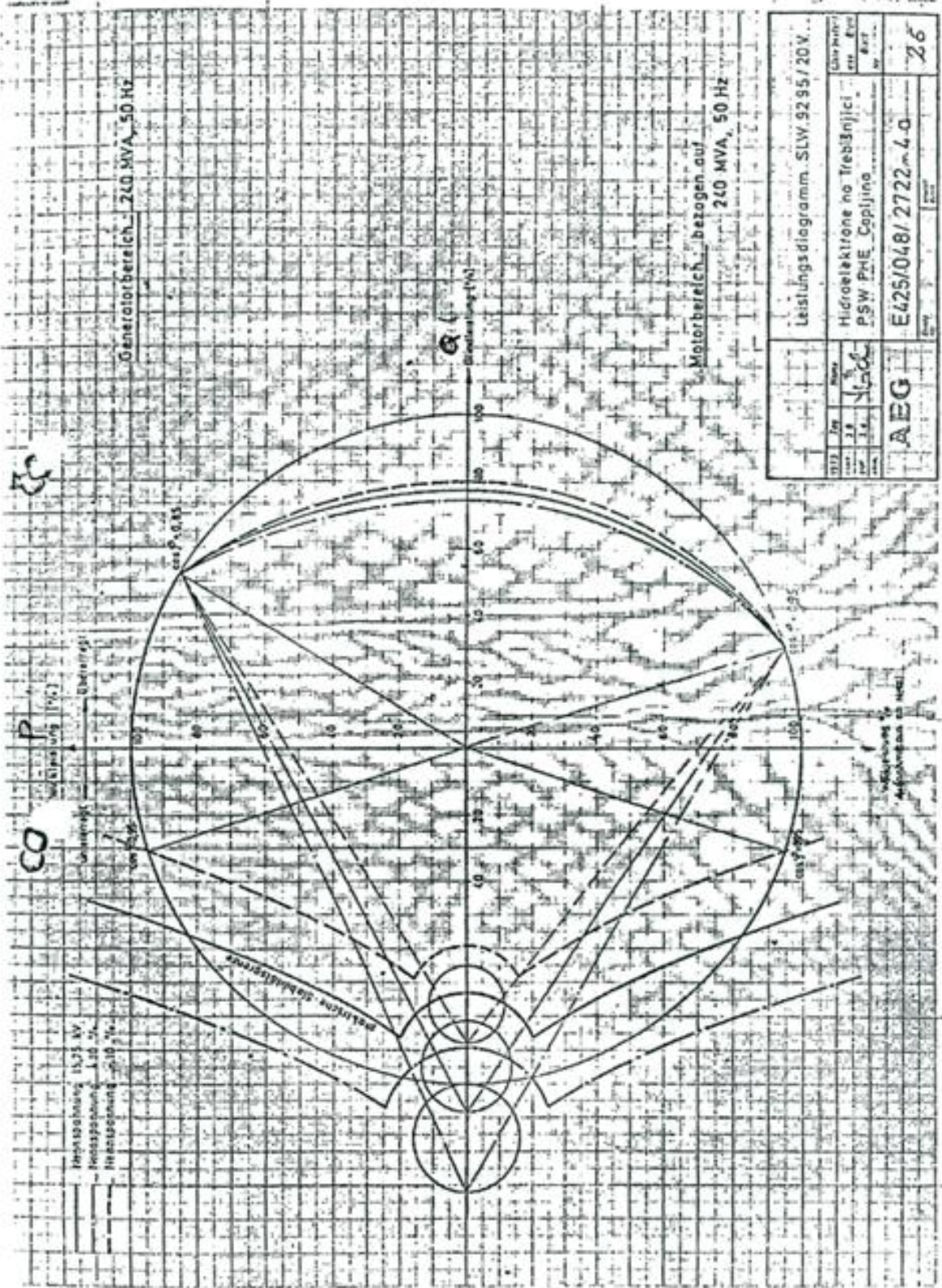
5. PODACI O BLOK TRANSFORMATORU

Agregati br: 1, 2; 1AT N°302 469 ; 2AT N°302 470

Vrsta i tip TWSM 8454

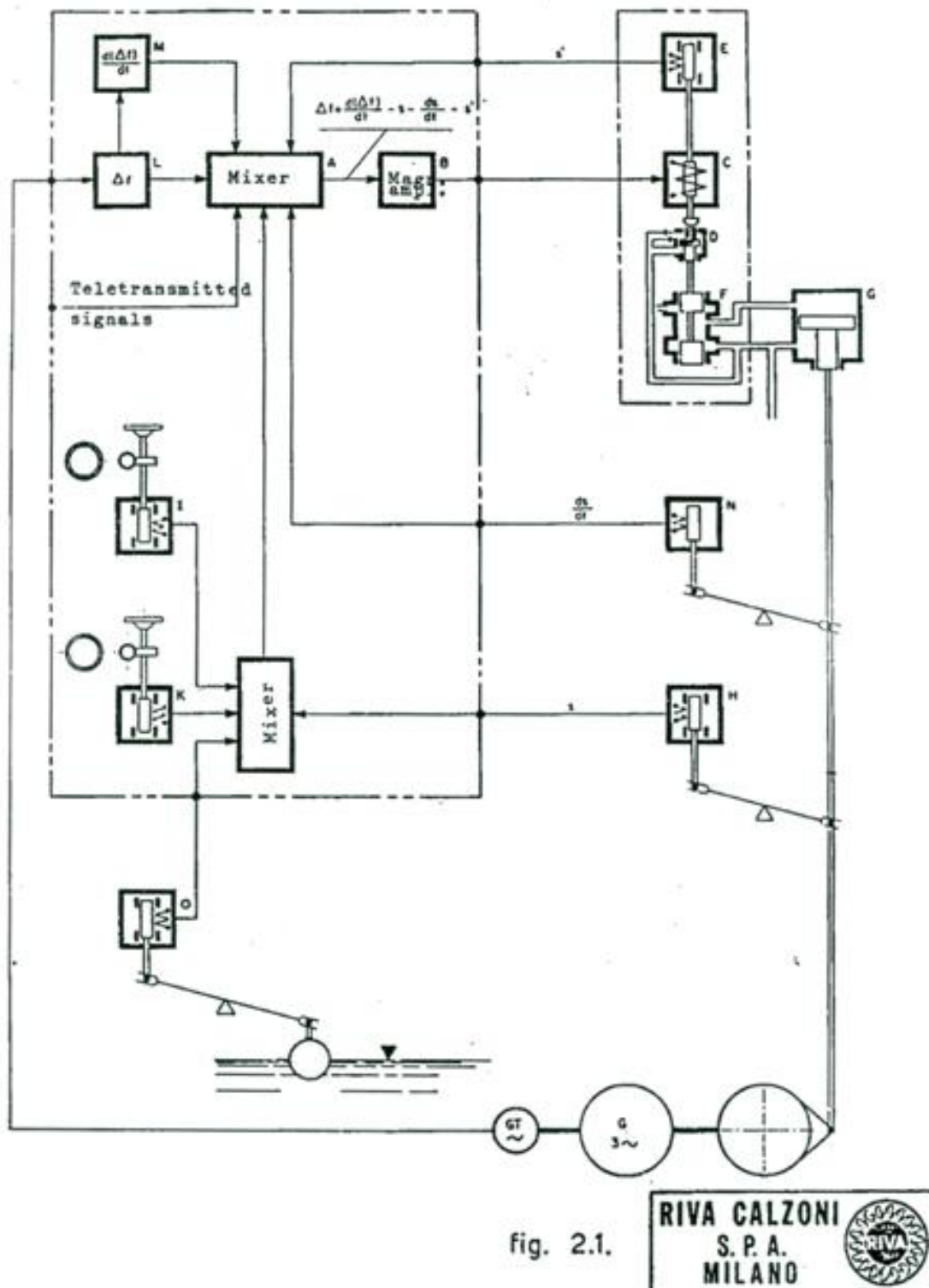
Proizvođač TRAFO-UNION

Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	Vrijednost
5.1	Nazivna snaga transformatora		S	MVA	240
5.2	Prenosni odnos transformatora		U_1/U_2	kV/kV	245±15%/15,75
5.3	Sprega transformatora		Ynd5		
5.4	Regulacioni opseg transformatora			%	±15
5.5	Napon kratkog spoja transformatora		u_K	%	13,5
5.6	Gubici	u bakru	P_{Cu}	kW	730
5.7		u gvožđu	P_{Fe}	kW	140
5.8		ukupno		kW	870
5.9	Način hlađenja transformatora		OFWF		
5.10	Nači uzemljenja				

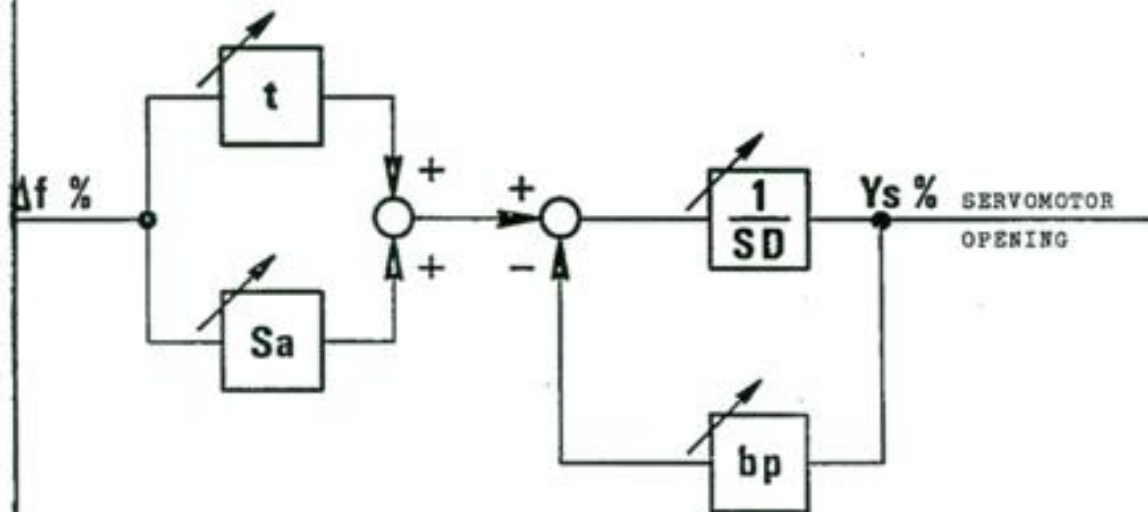




EM 58 GOVERNOR
Block diagram



EM-58 GOVERNOR TRANS.FUNCT. EM 58



$$G = \frac{\Delta Y_s}{\Delta f} = \frac{t}{b_p} \frac{1 + S \frac{a}{t}}{1 + S \frac{D}{b_p}}$$

fig. 23.

RIVA CALZONI
S. P. A.
MILANO



9.11 HE Jajce 1

1. PODACI O AGREGATU

Agregati br. 1, 2

TURBINA

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.1	Tip turbine	Francis		
1.2	Instalisana snaga	P_n	MW	2 x 30
1.3	Tehnički minimum	P_{min}	MW	17
1.4	Protok	instalirani	m^3/s	2 x 38
		minimalni		12
1.5	Kinetička energija agregata (T+G)	W_R	MWs	
1.6	Zamašni moment (T+G)	T_i	tm^2	695 *
1.7	Mehanička konstanta (T+G)	H	MWs/MVA	
1.8	Broj obrtaja turbine	nominalni	ob/min	300
		pobjega		540
1.9	Stepen iskorištenja turbine	$Za P_n$	%	91,50

PODACI O ELEKTRANI

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.10	Vrijeme dostizanja minimalne snage $P_0 - P_{min}$	t	min	
1.11	Maksim. dozvoljeno vrijeme rada u opsegu $P_0 - P_{min}$	t	min	
1.12	Gradijent promjene snage u opsegu $P_{min} - P_{nom}$	povećanja	$\Delta P/\Delta t$	MW/min
1.13		smanjenja		
1.14	Snaga sopstvene potrošnje	P_{SP}	MW	
1.15	Zaštita	podfrekventna	Hz	
		nadfrekventna	Hz	
		od povratne snage		
		ispada iz sinhronizma		
1.16	Frekventni opseg i dozvoljeno vrijeme rada agregata	47 – 48 Hz		
		48 – 49 Hz		
		49 – 50 Hz		
		50 – 51 Hz		
		51 – 52 Hz		
1.17	Mogućnost i način samostalnog pokretanja (dizel agregat, kućna turbina, vanjski izvor)	Kućni agregat(nije u funkciji), dizel, vanjski izvor		
1.18	Jednopolna šema elektrane	Priložena		
1.19	Pogonska karta generatora	Ne		
1.20	Blok dijagrami	turbinskog regulatora	Da	
		sistema pobude	Da	

*Preuzeto iz studije OSTRVSKI RAD ELEKTRANA U SR BIH

2. PODACI O GENERATORU

Agregati br. 1,2

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
2.1	Nominalna prividna snaga generatora	S_n	MVA	36
2.2	Nominalna aktivna snaga generatora	P_n	MW	30
2.3	Raspoloživa snaga na pragu elektrane	P_R	MW	56
2.4	Tehnički minimum	P_{min}	MW	17
2.5	Nominalni faktor snage	$\cos\varphi_{nom}$		0,8
2.6	Faktor snage u kapacitivnom režimu	$\cos\varphi_{cap}$		
2.7	Nominalni napon generatora	U	kV	10,5
2.8	Nominalna brzina	obrt.	o/min	300
2.9	Brzina pobjega	b_p	o/min	540
2.10	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po d osi	X_d''	p.u.	0,23
2.11	Nezasićena tranzijentna reaktansa po d osi	X_d'	p.u.	0,27
2.12	Nezasićena sinhrona reaktansa po d osi	X_d	p.u.	1,1
2.13	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po q osi	X_q''	p.u.	
2.14	Nezasićena tranzijentna reaktansa po q osi	X_q'	p.u.	0,66
2.15	Nezasićena sinhrona reaktansa po q osi	X_q	p.u.	0,66
2.16	Otpor armature	r_a	p.u.	
2.17	Potier-ova (Leakage-ova) reaktansa	$X_p (X_l)$	p.u.	
2.18	Inverzna komponenta reaktanse	X_i	p.u.	
2.19	Nulta komponenta reaktanse	X_0	p.u.	0,13 *
2.20	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d''	s	
2.21	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d'	s	
2.22	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}''	s	0,05
2.23	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}'	s	5,49
2.24	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q''	s	
2.25	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q'	s	
2.26	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}''	s	
2.27	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}'	s	0,05
2.28	Vremenska konstanta armature	T_a	s	
2.29	Zasićenje mašine kod napona 1.0 p.u.	$S_{G1.0}$	p.u.	
2.30	Zasićenje mašine kod napona 1.2 p.u.	$S_{G1.2}$	p.u.	
2.31	Elektromotorna sila kod punog opterećenja	E_{FDFL}	p.u.	
2.32	Koeficijent prigušenja	D	p.u.	

*Preuzeto iz studije OSTRVSKI RAD ELEKTRANA U SR BIH

3. PODACI O SISTEMU POBUDE

Agregati br. 1,2

Vrsta i tip pobudnog sistema: Statički digitalni; Unitrol 5000 S5T A/U2H1A 800

Proizvođač: ABB Švedska

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
3.1	Vremenski član kašnjenja dovođenja signala napona generat.	T_R	s	
3.2	Koeficijent pojačanja regulatora	K_A	p.u.	
3.3	Vremenska konstanta regulatora	T_A	s	
3.4	Maksimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmax}	p.u.	
3.5	Minimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmin}	p.u.	
3.6	Koeficijent pojačanja pobudnog sistema	K_E	p.u.	
3.7	Vremenska konstanta pobudnog sistema	T_E	s	
3.8	Koeficijent pojačanja povratne sprege po naponu regulatora	K_F	p.u.	
3.9	Vremenska konstanta povratne sprege po naponu regulatora	T_F	s	
3.10	Koeficijent pojačanja stabilizacijskih krugova sist. pobude	K_C	p.u.	
3.11	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_B	s	
3.12	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_C	s	
3.13	75% vrijednost u odnosu na E_{FDmax}	E_1	p.u.	
3.14	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_1	$S_E(E_1)$	p.u.	
3.15	Maksimalna vrijednost E_{FDmax}	E_2	p.u.	
3.16	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_2	$S_E(E_2)$	p.u.	
3.17	Nazivna vrijednost uzbudnog napona	$E_{FD\ naz}$	p.u.	
	LIMITER MAKSIMALNE UZBUDE			
3.18	Koeficijent forsiranja pobude	po naponu	E_{FD1}	p.u.
		po struji	I_{FD1}	p.u.
3.19	Vrijeme forsiranja	T_1	s	
	LIMITER MINIMALNE UZBUDE			

4. PODACI O SISTEMU TURBINSKE REGULACIJE

Agregati br. 1,2

Vrsta i tip: T2000 – S4

Proizvođač: HP ANDINO, LJUBLJANA

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
4.1	Stalni statizam regulatora	R	%	
4.2	Prolazni statizam regulatora	r	%	
4.3	Radni mod sekundarnog regulatora – regulatora brzine (LFC/FC)			
4.4	Vremenska konstanta regulatora	T_1	s	
4.5	Vremenska konstanta filtera	T_f	s	3
4.6	Vremenska konstanta servo motora	T_g	s	18
4.7	Limit brzine otvaranja ventila	VELM	s	15-21
4.8	Maksimalni položaj regulacionih ventila (limit maks. snage)	G_{max}	p.u.	
4.9	Minimalni položaj regulacionih ventila (limit minim. snage)	G_{min}	p.u.	
4.10	Vremenska konstanta tlačnog cjevovoda kojom se uzima u obzir inercija vode	T_w	s	
4.11	Koeficijent pojačanja turbine	A_t	p.u.	
4.12	Koeficijent prigušenja turbine	D_t	p.u.	
4.13	Protok pri praznom hodu	q_{NL}	m^3/s	
4.14	Dužina dovodnog tunela i spirale	L	m	5720
4.15	Presjek dovodnog tunela	A_t		
4.16	Hidraulički pad (Bruto pad) (Neto pad)	H H_B H_N	m m m	98,5 88,4
4.17	Brzina protoka vode	Q	m^3/s	

5. PODACI O BLOK TRANSFORMATORU

Agregati br. 1,2

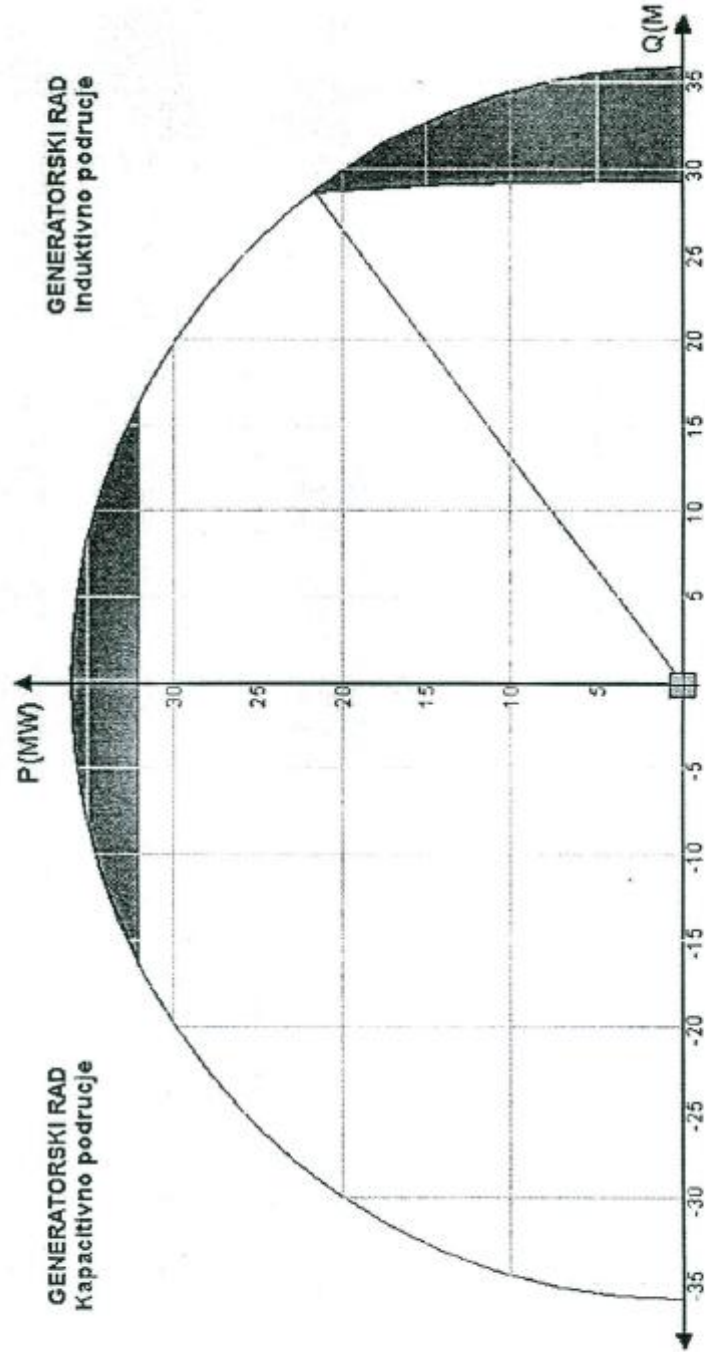
Vrsta i tip: 3~, uljni, hlađen vodom

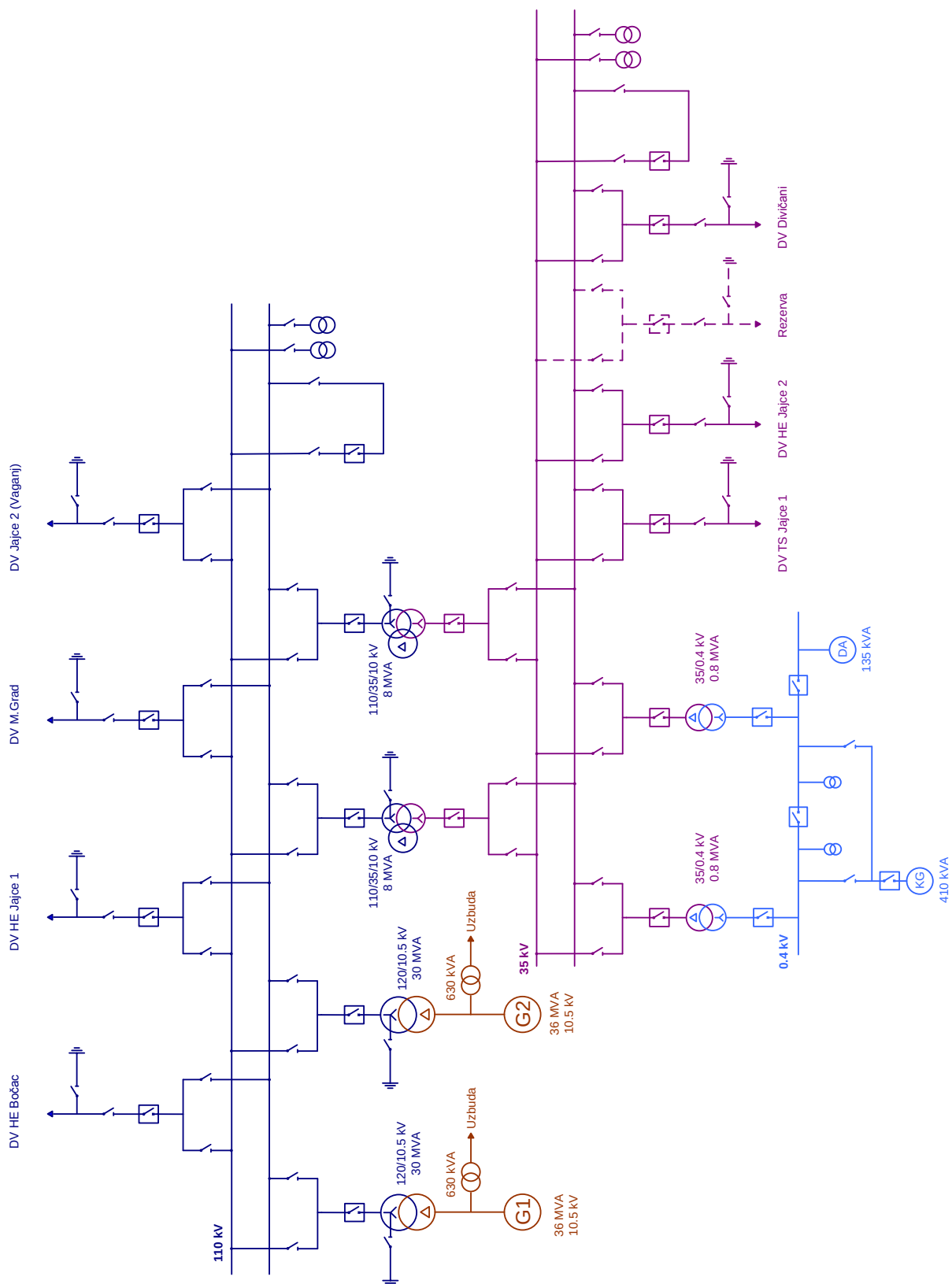
Proizvođač: Končar, HR

Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	Vrijednost
5.1	Nazivna snaga transformatora		S	MVA	36
5.2	Prenosni odnos transformatora		U_1/U_2	kV/kV	10,5/120
5.3	Sprega transformatora		YNd5		
5.4	Regulacioni opseg transformatora			%	$\pm 2 \times 2,5$
5.5	Napon kratkog spoja transformatora		u_K	%	$11 \pm 7,5$ tol. (10, 39%)
5.6	Gubici	u bakru	P_{Cu}	kW	
5.7		u gvožđu	P_{Fe}	kW	
5.8		ukupno		kW	
5.9	Način hlađenja transformatora		OFWF		
5.10	Nači uzemljenja				

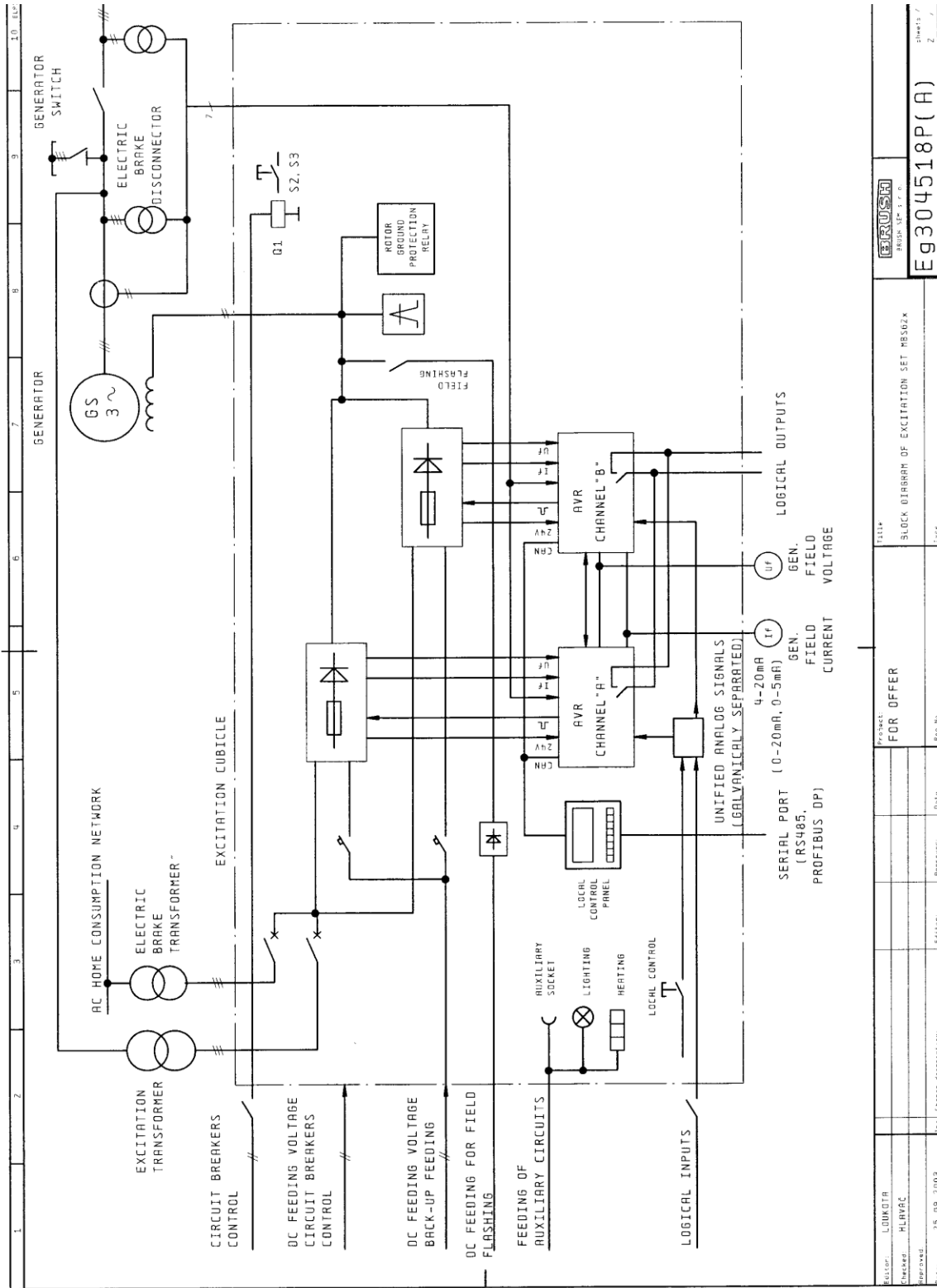
HE Jajce I - Pogonski dijagram

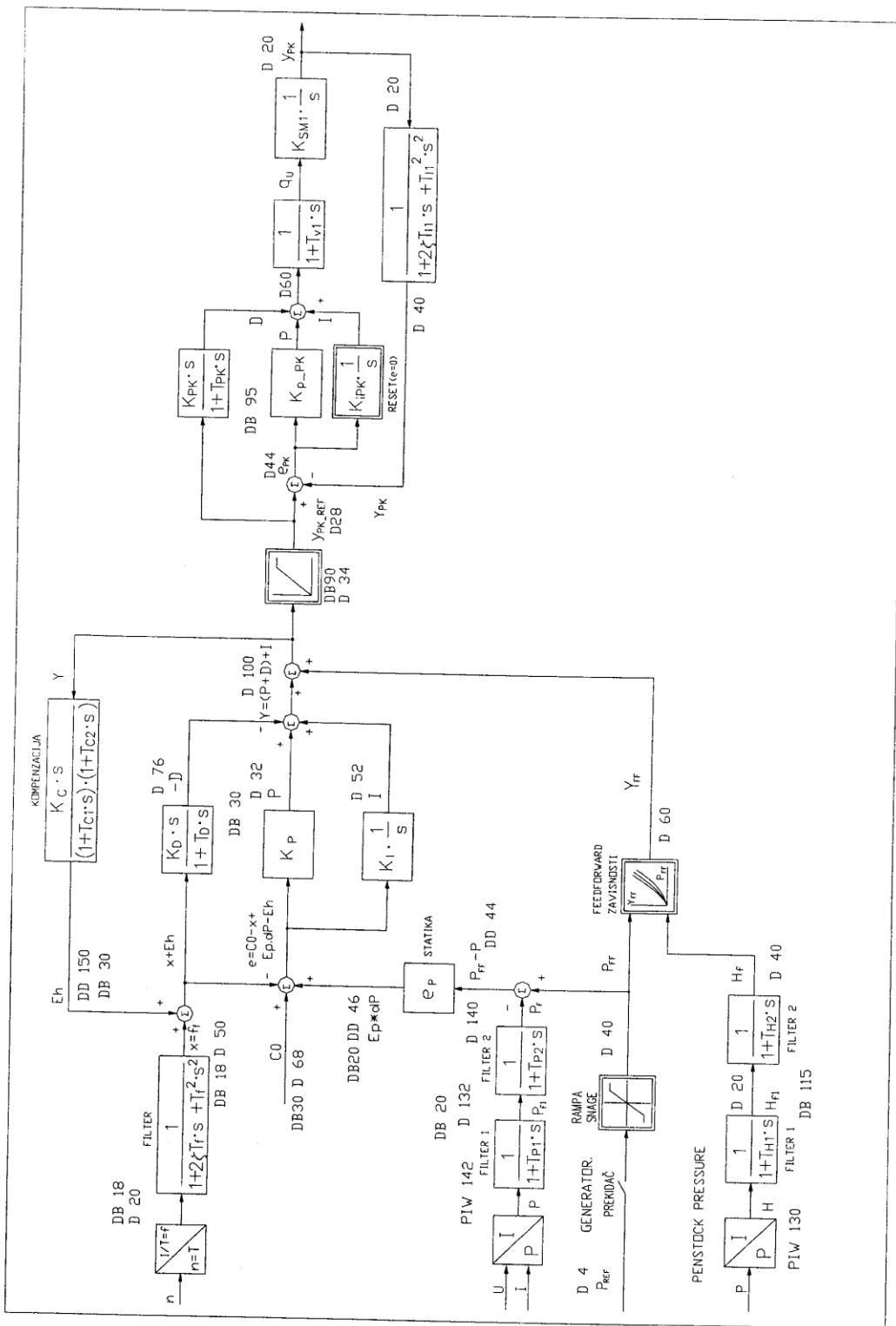
AGREGAT 2 - POGONSKI DIJAGRAM





Pojednostavljena jednopolna shema energetskeg razvoda, rasklopnih postrojenja i napajanja vlastite potrošnje u HE Jajce 1





Slika B3: Blokovni diagram lineariziranog matematičkog modela regulatora

9.12 HE Jajce 2

1. PODACI O AGREGATU

Agregati br. 1, 2, 3

TURBINA

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.1	Tip turbine	Francis		
1.2	Instalisana snaga	P_n	MW	10
1.3	Tehnički minimum	P_{min}	MW	4
1.4	Protok	instalirani	m^3/s	26,6
		minimalni		2,6 (prazni hod)
1.5	Kinetička energija agregata (T+G)	W_R	MWs	
1.6	Zamašni moment (T+G)	T_i	tm^2	400
1.7	Mehanička konstanta (T+G)	H	MWs/MVA	5,483
1.8	Broj obrtaja turbine	nominalni	ob/min	250
		pobjega		355
1.9	Stepen iskorištenja turbine		%	0,9

PODACI O ELEKTRANI

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.10	Vrijeme dostizanja minimalne snage $P_0 - P_{min}$	t	min	
1.11	Maksim. dozvoljeno vrijeme rada u opsegu $P_0 - P_{min}$	t	min	
1.12	Gradijent promjene snage u opsegu $P_{min} - P_{nom}$	povećanja	$\Delta P/\Delta t$	7,5
1.13		smanjenja		
1.14	Snaga sopstvene potrošnje	P_{SP}	MW	0,6
1.15	Zaštita	podfrekventna	Hz	
		nadfrekventna	Hz	
		od povratne snage		
		ispada iz sinhronizma		
1.16	Frekventni opseg i dozvoljeno vrijeme rada agregata	47 – 48 Hz		
		48 – 49 Hz		
		49 – 50 Hz		
		50 – 51 Hz		
		51 – 52 Hz		
1.17	Mogućnost i način samostalnog pokretanja (dizel agregat, kućna turbina, vanjski izvor)	dizel agregat		
1.18	Jednopolna šema elektrane	Priložena		
1.19	Pogonska karta generatora	Priložena		
1.20	Blok dijagrami	turbinskog regulatora	Priložen	
		sistema pobude	Priložen	

2. PODACI O GENERATORU

Agregati br. 1, 2, 3

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
2.1	Nominalna prividna snaga generatora	S_n	MVA	12,5
2.2	Nominalna aktivna snaga generatora	P_n	MW	10
2.3	Raspoloživa snaga na pragu elektrane	P_R	MW	30
2.4	Tehnički minimum	P_{min}	MW	4
2.5	Nominalni faktor snage	$\cos\varphi_{nom}$		0,8
2.6	Faktor snage u kapacitivnom režimu	$\cos\varphi_{cap}$		
2.7	Nominalni napon generatora	U	kV	6,3
2.8	Nominalna brzina	obrt.	o/min	250
2.9	Brzina pobjega	b_p	o/min	355
2.10	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po d osi	X_d''	p.u.	0,22
2.11	Nezasićena tranzijentna reaktansa po d osi	X_d'	p.u.	0,35
2.12	Nezasićena sinhrona reaktansa po d osi	X_d	p.u.	G1-1,26 G2-1,142 G3-1,1177
2.13	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po q osi	X_q''	p.u.	0,21 *
2.14	Nezasićena tranzijentna reaktansa po q osi	X_q'	p.u.	70%
2.15	Nezasićena sinhrona reaktansa po q osi	X_q	p.u.	70%
2.16	Otpor armature	r_a	p.u.	
2.17	Potier-ova (Leakage-ova) reaktansa	$X_p (X_l)$	p.u.	
2.18	Inverzna komponenta reaktanse	X_i	p.u.	0,21
2.19	Nulta komponenta reaktanse	X_0	p.u.	0,106
2.20	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d''	s	
2.21	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d'	s	
2.22	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}''	s	0,064
2.23	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}'	s	G1-4,187 G2-4,79 G3-4,472
2.24	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q''	s	
2.25	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q'	s	
2.26	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}''	s	0,14
2.27	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}'	s	
2.28	Vremenska konstanta armature	T_a	s	0,228
2.29	Zasićenje mašine kod napona 1.0 p.u.	$S_{G1.0}$	p.u.	
2.30	Zasićenje mašine kod napona 1.2 p.u.	$S_{G1.2}$	p.u.	
2.31	Elektromotorna sila kod punog opterećenja	E_{FDFL}	p.u.	
2.32	Koeficijent prigušenja	D	p.u.	

3. PODACI O SISTEMU POBUDE

Agregati br. 1, 2, 3

Vrsta i tip pobudnog sistema: Statički sistem sa digitalnom reg. napona; UNITROL 5000

Proizvođač ABB

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
3.1	Vremenski član kašnjenja dovođenja signala napona generat.	T_R	s	
3.2	Koeficijent pojačanja regulatora	K_A	p.u.	
3.3	Vremenska konstanta regulatora	T_A	s	
3.4	Maksimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmax}	p.u.	
3.5	Minimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmin}	p.u.	
3.6	Koeficijent pojačanja pobudnog sistema	K_E	p.u.	
3.7	Vremenska konstanta pobudnog sistema	T_E	s	
3.8	Koeficijent pojačanja povratne sprege po naponu regulatora	K_F	p.u.	
3.9	Vremenska konstanta povratne sprege po naponu regulatora	T_F	s	
3.10	Koeficijent pojačanja stabilizacijskih krugova sist. pobude	K_C	p.u.	
3.11	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_B	s	
3.12	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_C	s	
3.13	75% vrijednost u odnosu na E_{FDmax}	E_1	p.u.	
3.14	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_1	$S_E(E_1)$	p.u.	
3.15	Maksimalna vrijednost E_{FDmax}	E_2	p.u.	
3.16	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_2	$S_E(E_2)$	p.u.	
3.17	Nazivna vrijednost uzbudnog napona	$E_{FD\ naz}$	p.u.	215V
	LIMITER MAKSIMALNE UZBUDE			
3.18	Koeficijent forsiranja pobude	po naponu	E_{FD1}	p.u.
		po struji	I_{FD1}	p.u.
3.19	Vrijeme forsiranja	T_1	s	
	LIMITER MINIMALNE UZBUDE			

4. PODACI O SISTEMU TURBINSKE REGULACIJE

Agregati br. 1, 2, 3

Vrsta i tip: T2000 S4

Proizvođač: Andino

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
4.1	Stalni statizam regulatora	R	%	paralelno 5 izolirano 3
4.2	Prolazni statizam regulatora	r	%	
4.3	Radni mod sekundarnog regulatora – regulatora brzine (LFC/FC)	FC		
4.4	Vremenska konstanta regulatora - derivacijski član	T_1	s	prazni hod 1,2 paralelno 1,5 izolirano 1,2
4.5	Vremenska konstanta filtera	T_f	s	
4.6	Vremenska konstanta servo motora	T_g	s	
4.7	Limit brzine otvaranja ventila	VELM		
4.8	Maksimalni položaj regulacionih ventila (limit maks. snage)	G_{max}	p.u.	
4.9	Minimalni položaj regulacionih ventila (limit minim. snage)	G_{min}	p.u.	
4.10	Vremenska konstanta tlačnog cjevovoda kojom se uzima u obzir inercija vode	T_w	s	
4.11	Koeficijent pojačanja turbine	A_t	p.u.	
4.12	Koeficijent prigušenja turbine	D_t	p.u.	
4.13	Protok pri praznom hodu	q_{NL}	m ³ /s	2,6
4.14	Dužina dovodnog tunela i spirale	L	m	2840
4.15	Presjek dovodnog tunela (promjer)	A_t	m	5,5
4.16	Hidraulički pad	H	m	39,5 - 47
4.17	Brzina protoka vode	Q	m ³ /s	2,6 - 26

5. PODACI O BLOK TRANSFORMATORU

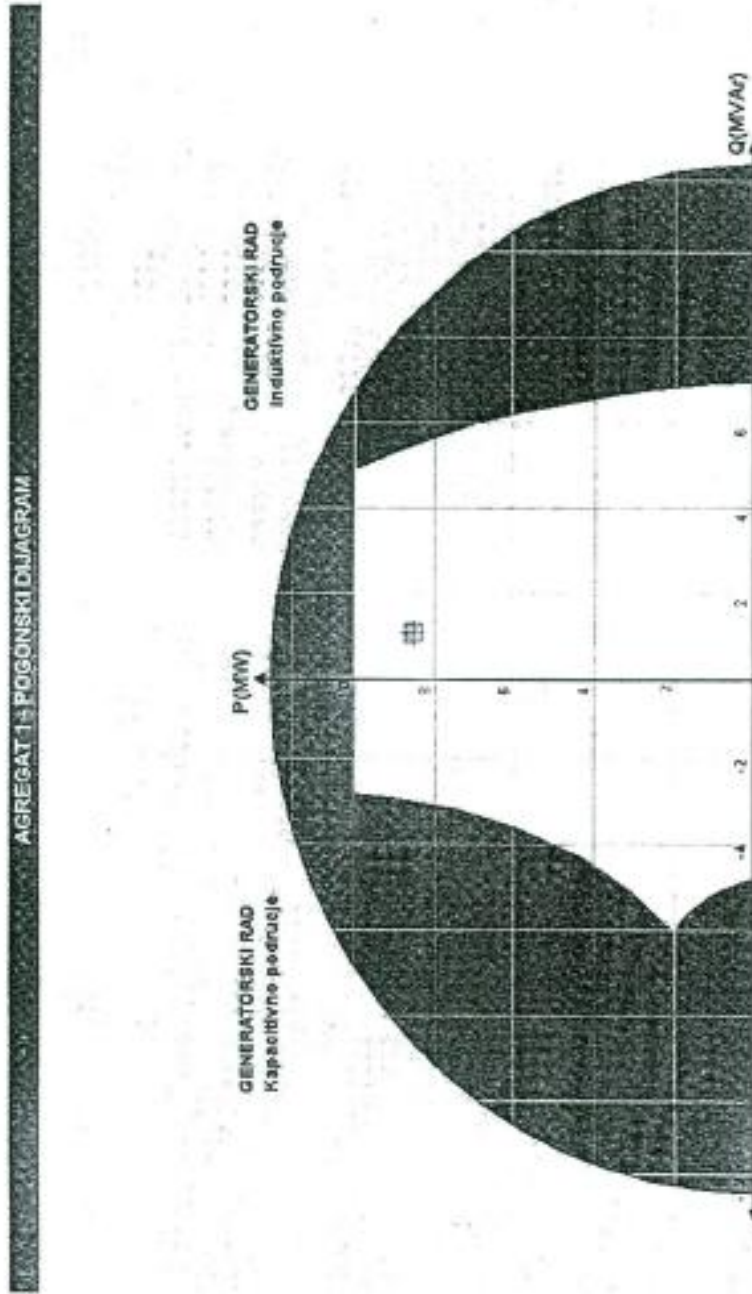
Agregati br. 1, 2, 3

Vrsta i tip:

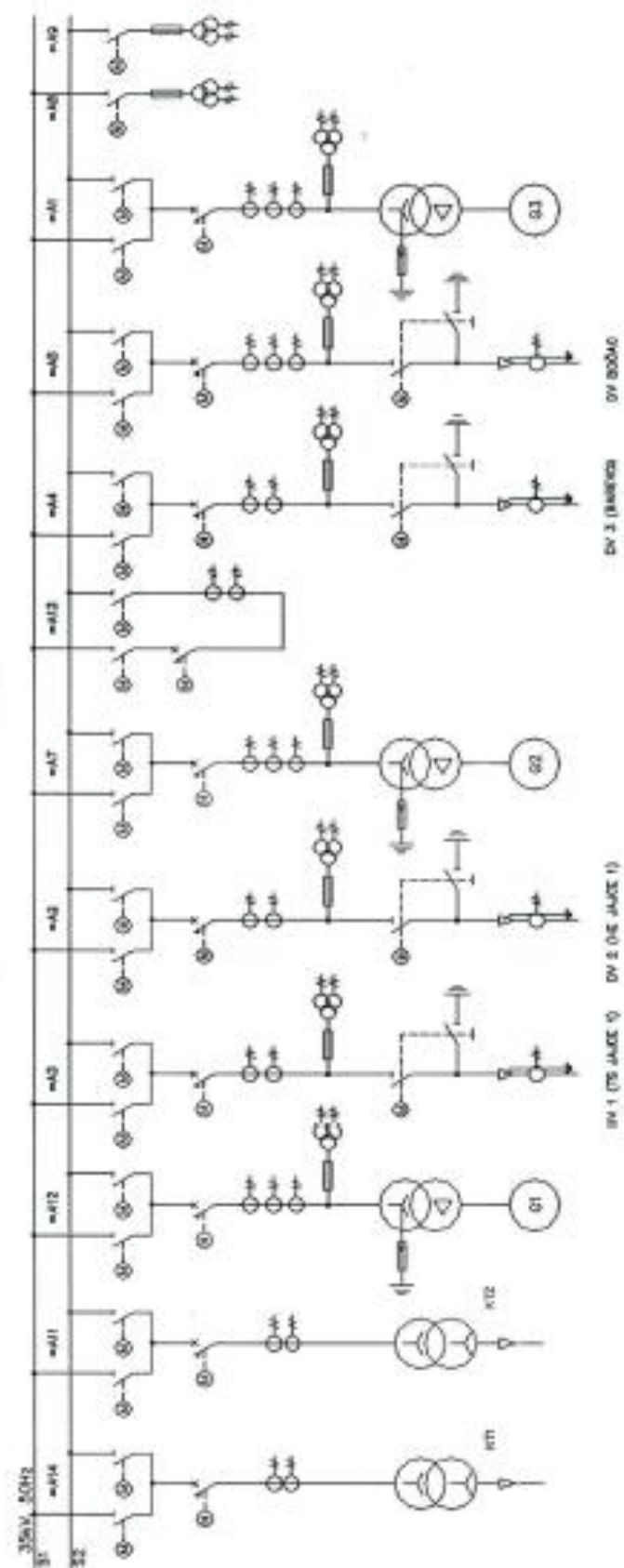
Proizvođač:

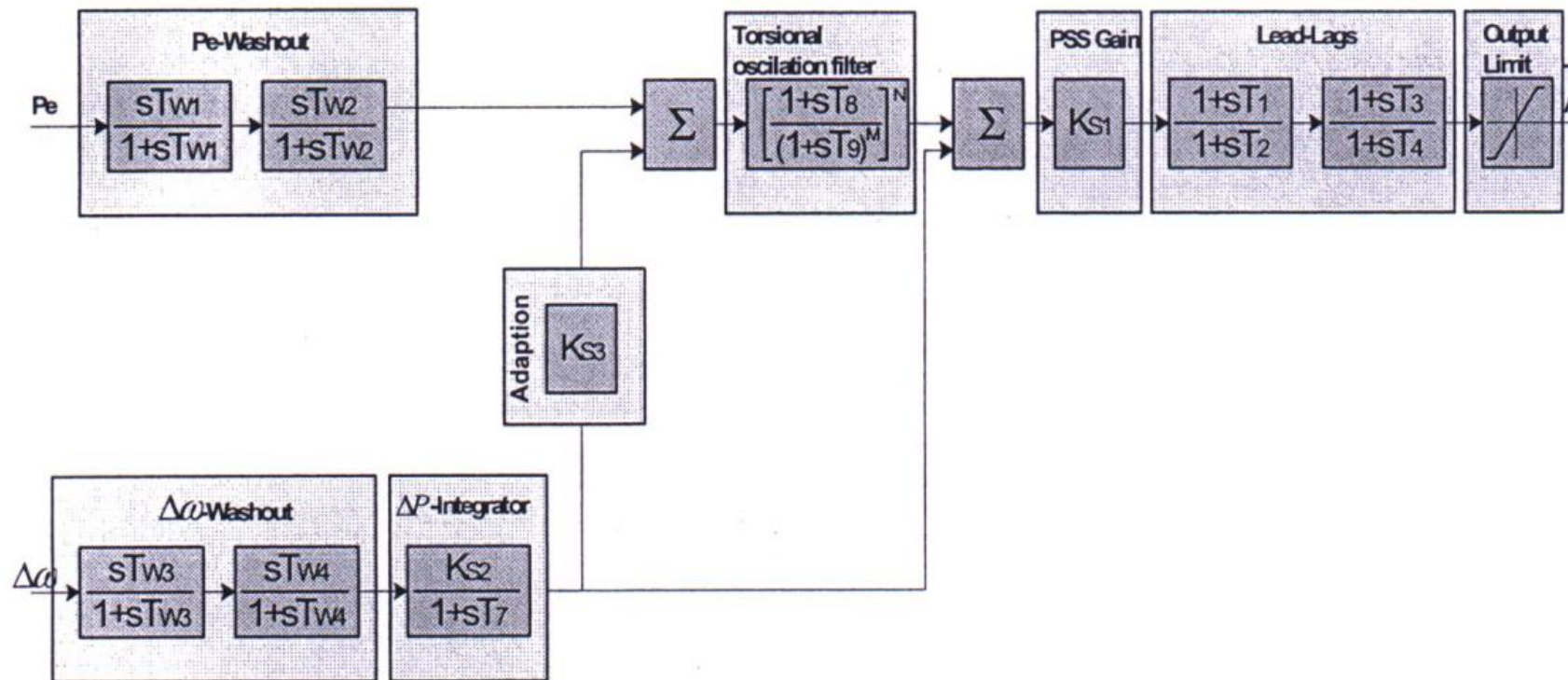
Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	Vrijednost
5.1	Nazivna snaga transformatora		S	MVA	12,5
5.2	Prenosni odnos transformatora		U_1/U_2	kV/kV	6,3/38,5
5.3	Sprega transformatora		Yd5		
5.4	Regulacioni opseg transformatora			%	
5.5	Napon kratkog spoja transformatora		u_K	%	10,5%
5.6	Gubici	u bakru	P_{Cu}	kW	
5.7		u gvožđu	P_{Fe}	kW	
5.8		ukupno		kW	
5.9	Način hlađenja transformatora		ONAN		
5.10	Način uzemljenja		zvjezdšte - katodni odvodnik prenapona		

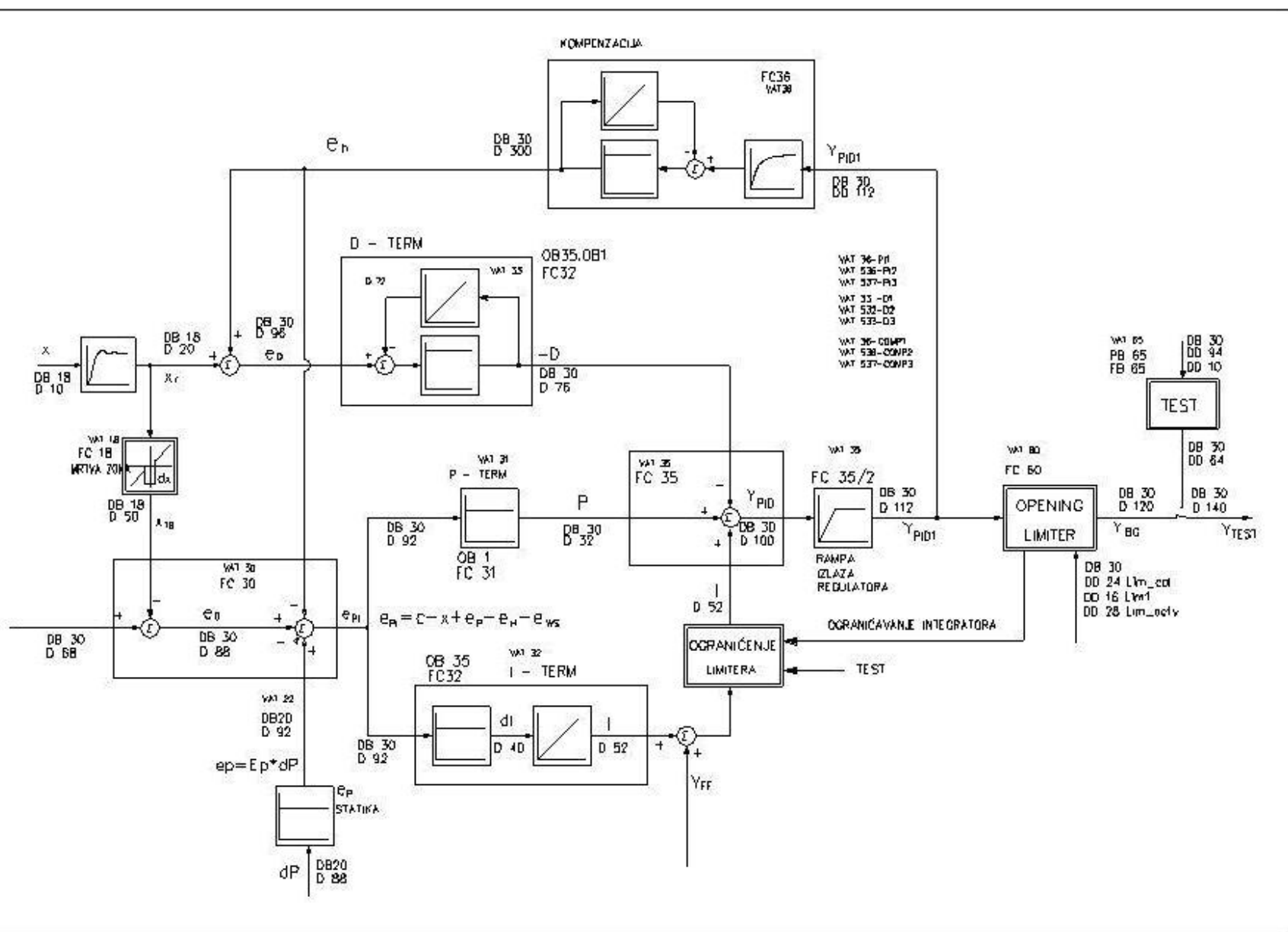
HE Jajce II - Pogonski dijagram



HE Jajce II – Jednopolna shema







HE Jajce II - Koeficijenti pojačanja, vremenske konstante i limiteri

Parametri PID regulatora sa kompenzacijom

	Prazni hod	Paralelni	Izolirano
Proporcionalno pojačanje K_p	4	2	4
Integrirano pojačanje K_i	0,3	0,6	0,3
Derivacijsko pojačanje K_d	2	0,5	2
Vremenska konstanta derivacijskog člana T_d	0,12	15	1,2
Pojačanje kompenzacije	4	2	4
Vremenska konstanta 1 T_1	4	3	3,5
Vremenska konstanta 2 T_2	5	2,5	4,5

Statika

	Prazni hod	Paralelni	Izolirano
Podešenje brzine e_p	0	5	2

Ostali parametri regulatora

Opterećivanje do maksimalne snage 10 MW	80 s
Rasterećivanje sa maksimalne snage 10 MW	80 s
Ograničenje snage - maks. snaga	12 MW
Bazna snaga po uklopu GP	2 MW
Vrijeme promjene ograničenja 100 %	25 s
Maksimalni startni otvor	20 %

9.13 HE Mostar

1. PODACI O AGREGATU

Agregati br. 1, 2, 3

TURBINA

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.1	Tip turbine	Litostroj T45-40/KAPLAN		
1.2	Instalisana snaga	P_n	MW	25,5
1.3	Tehnički minimum	P_{min}	MW	12
1.4	Protok	instalirani	m^3/s	120
		minimalni		50
1.5	Kinetička energija agregata (T+G)	W_R	MWs	
1.6	Zamašni moment (T+G)	T_i	tm^2	2320
1.7	Mehanička konstanta (T+G)	H	MWs/MVA	220
1.8	Broj obrtaja turbine	nominalni	ob/min	150
		pobjega		405
1.9	Stepen iskorištenja turbine	η	%	93,5

PODACI O ELEKTRANI

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.10	Vrijeme dostizanja minimalne snage $P_0 - P_{min}$	t	min	
1.11	Maksim. dozvoljeno vrijeme rada u opsegu $P_0 - P_{min}$	t	min	
1.12	Gradijent promjene snage u opsegu $P_{min} - P_{nom}$	povećanja	$\Delta P/\Delta t$	18
1.13		smanjenja		
1.14	Snaga sopstvene potrošnje	P_{sp}	MW	
1.15	Zaštita	podfrekventna	Hz	
		nadfrekventna	Hz	
		od povratne snage		
		ispada iz sinhronizma		
1.16	Frekventni opseg i dozvoljeno vrijeme rada agregata	47 – 48 Hz		
		48 – 49 Hz		
		49 – 50 Hz		
		50 – 51 Hz		
		51 – 52 Hz		
1.17	Mogućnost i način samostalnog pokretanja (dizel agregat, kućna turbina, vanjski izvor)	Dizel ag.		
1.18	Jednopolna šema elektrane	Priložena		
1.19	Pogonska karta generatora	Priložena		
1.20	Blok dijagrami	turbinskog regulatora	Priložen	
		sistema pobude	Priložen	

2. PODACI O GENERATORU

Agregati br. 1, 2, 3

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
2.1	Nominalna prividna snaga generatora	S_n	MVA	30
2.2	Nominalna aktivna snaga generatora	P_n	MW	24
2.3	Raspoloživa snaga na pragu elektrane	P_R	MW	24
2.4	Tehnički minimum	P_{min}	MW	12
2.5	Nominalni faktor snage	$\cos\varphi_{nom}$		0,8
2.6	Faktor snage u kapacitivnom režimu	$\cos\varphi_{cap}$		
2.7	Nominalni napon generatora	U	kV	10,5
2.8	Nominalna brzina	obrt.	o/min	150
2.9	Brzina pobjega	b_p	o/min	405
2.10	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po d osi	X_d''	p.u.	0,215
2.11	Nezasićena tranzijentna reaktansa po d osi	X_d'	p.u.	0,371
2.12	Nezasićena sinhrona reaktansa po d osi	X_d	p.u.	1,183
2.13	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po q osi	X_q''	p.u.	0,241
2.14	Nezasićena tranzijentna reaktansa po q osi	X_q'	p.u.	0,371
2.15	Nezasićena sinhrona reaktansa po q osi	X_q	p.u.	0,62
2.16	Otpor armature	r_a	p.u.	
2.17	Potier-ova (Leakage-ova) reaktansa	$X_p (X_l)$	p.u.	0,205
2.18	Inverzna komponenta reaktanse	X_i	p.u.	0,228
2.19	Nulta komponenta reaktanse	X_0	p.u.	0,135
2.20	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d''	s	0,0395
2.21	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d'	s	1,18
2.22	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}''	s	0,0552
2.23	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}'	s	3,77
2.24	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q''	s	0,0552
2.25	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q'	s	
2.26	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}''	s	0,0823
2.27	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}'	s	0,0319
2.28	Vremenska konstanta armature	T_a	s	
2.29	Zasićenje mašine kod napona 1.0 p.u.	$S_{G1.0}$	p.u.	
2.30	Zasićenje mašine kod napona 1.2 p.u.	$S_{G1.2}$	p.u.	
2.31	Elektromotorna sila kod punog opterećenja	E_{FDFL}	p.u.	
2.32	Koeficijent prigušenja	D	p.u.	

3. PODACI O SISTEMU POBUDE

Agregati br. 1, 2, 3

Vrsta i tip pobudnog sistema: statički, ES204-B1N μ P

Proizvođač: ABB

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
3.1	Vremenski član kašnjenja dovođenja signala napona generat.	T_R	s	
3.2	Koeficijent pojačanja regulatora	K_A	p.u.	
3.3	Vremenska konstanta regulatora	T_A	s	
3.4	Maksimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmax}	p.u.	
3.5	Minimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmin}	p.u.	
3.6	Koeficijent pojačanja pobudnog sistema	K_E	p.u.	
3.7	Vremenska konstanta pobudnog sistema	T_E	s	
3.8	Koeficijent pojačanja povratne sprege po naponu regulatora	K_F	p.u.	
3.9	Vremenska konstanta povratne sprege po naponu regulatora	T_F	s	
3.10	Koeficijent pojačanja stabilizacijskih krugova sist. pobude	K_C	p.u.	
3.11	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_B	s	
3.12	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_C	s	
3.13	75% vrijednost u odnosu na E_{FDmax}	E_1	p.u.	
3.14	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_1	$S_E(E_1)$	p.u.	
3.15	Maksimalna vrijednost E_{FDmax}	E_2	p.u.	
3.16	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_2	$S_E(E_2)$	p.u.	
3.17	Nazivna vrijednost uzbudnog napona	$E_{FD\ naz}$	p.u.	
	LIMITER MAKSIMALNE UZBUDE			
3.18	Koeficijent forsiranja pobude	po naponu	E_{FD1}	p.u.
		po struji	I_{FD1}	p.u.
3.19	Vrijeme forsiranja	T_1	s	
	LIMITER MINIMALNE UZBUDE			

4. PODACI O SISTEMU TURBINSKE REGULACIJE

Agregati br. 1, 2, 3

Vrsta i tip: NOELL T2000S4; PID-regulator SIEMENS

Proizvođač

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
4.1	Stalni statizam regulatora	R	%	
4.2	Prolazni statizam regulatora	r	%	
4.3	Radni mod sekundarnog regulatora – regulatora brzine (LFC/FC)			
4.4	Vremenska konstanta regulatora	T_1	s	
4.5	Vremenska konstanta filtera	T_f	s	
4.6	Vremenska konstanta servo motora	T_g	s	
4.7	Limit brzine otvaranja ventila	VELM		
4.8	Maksimalni položaj regulacionih ventila (limit maks. snage)	G_{max}	p.u.	
4.9	Minimalni položaj regulacionih ventila (limit minim. snage)	G_{min}	p.u.	
4.10	Vremenska konstanta tlačnog cjevovoda kojom se uzima u obzir inercija vode	T_w	s	1,7
4.11	Koeficijent pojačanja turbine	A_t	p.u.	
4.12	Koeficijent prigušenja turbine	D_t	p.u.	
4.13	Protok pri praznom hodu	q_{NL}	m ³ /s	20
4.14	Dužina dovodnog tunela i spirale	L	m	
4.15	Presjek dovodnog tunela	A_t		
4.16	Hidraulički pad	H	m	21,5
4.17	Brzina protoka vode	Q	m ³ /s	120

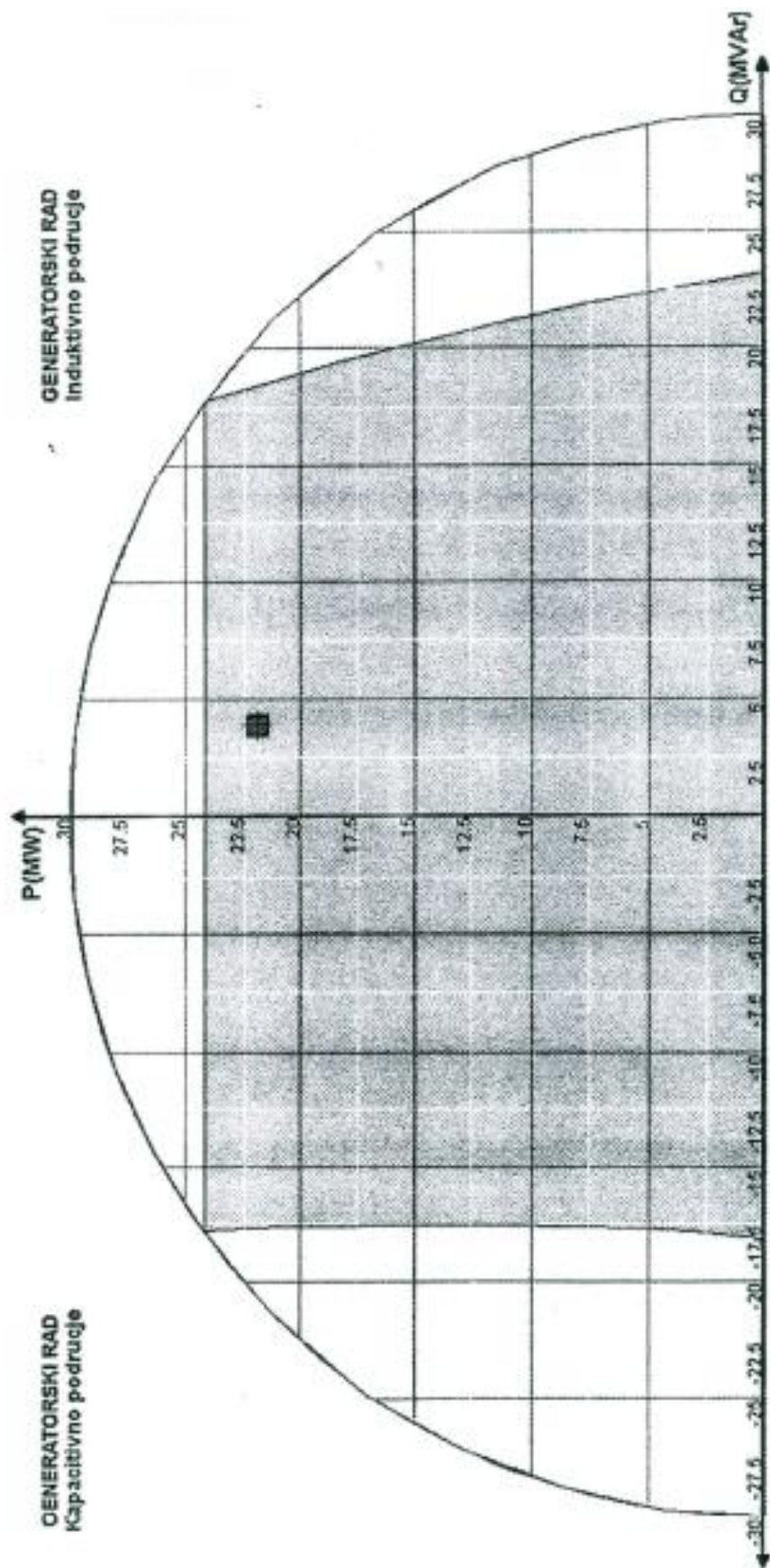
5. PODACI O BLOK TRANSFORMATORU

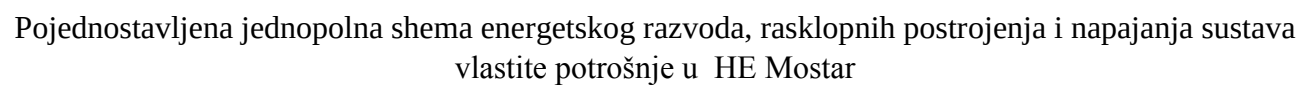
Agregati br. 1, 2, 3

Vrsta i tip: Trofazni uljni blok transformator, 1TOP 30000-123-s

Proizvođač KONČAR

Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	Vrijednost
5.1	Nazivna snaga transformatora		S	MVA	30
5.2	Prenosni odnos transformatora		U ₁ /U ₂	kV/kV	10,5/121
5.3	Sprega transformatora		Ynd5		
5.4	Regulacioni opseg transformatora			%	
5.5	Napon kratkog spoja transformatora		u _K	%	11±10
5.6	Gubici	u bakru	P _{Cu}	kW	134
5.7		u gvožđu	P _{Fe}	kW	21
5.8		ukupno		kW	155
5.9	Način hlađenja transformatora		ONAN/ONAF		
5.10	Način uzemljenja				





9.14 HE Peć Mlini

1. PODACI O AGREGATU

Agregati br. 1, 2

TURBINA

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.1	Tip turbine	FT 1.22/248-13 Litostroj/Francis		
1.2	Instalisana snaga	P_n	MW	15,3
1.3	Tehnički minimum	P_{min}	MW	4
1.4	Protok	instalirani	m^3/s	15
		minimalni		4
1.5	Kinetička energija agregata (T+G)	W_R	MWs	
1.6	Zamašni moment (T+G)	T_i	tm^2	1,4+90
1.7	Mehanička konstanta (T+G)	H	MWs/MVA	4,934
1.8	Broj obrtaja turbine	nominalni	n	600
		pobjega		1071
1.9	Stepen iskorištenja turbine		%	94,58

PODACI O ELEKTRANI

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.10	Vrijeme dostizanja minimalne snage $P_0 - P_{min}$	t	min	
1.11	Maksim. dozvoljeno vrijeme rada u opsegu $P_0 - P_{min}$	t	min	30000
1.12	Gradijent promjene snage u opsegu $P_{min} - P_{nom}$	povećanja	$\Delta P/\Delta t$	9
1.13		smanjenja		
1.14	Snaga sopstvene potrošnje	P_{SP}	MW	0,497
1.15	Zaštita	podfrekventna	Hz	I st = 49,0 II st = 47,5
		nadfrekventna	Hz	I st = 50,5 II st = 51,5
		od povratne snage	32R	-5% P_n
		ispada iz sinhronizma		
1.16	Frekventni opseg i dozvoljeno vrijeme rada agregata	47 – 48 Hz		
		48 – 49 Hz		
		49 – 50 Hz		
		50 – 51 Hz		
		51 – 52 Hz		
1.17	Mogućnost i način samostalnog pokretanja (dizel agregat, kućna turbina, vanjski izvor)	Dizel		
1.18	Jednopolna šema elektrane	Priložena		
1.19	Pogonska karta generatora	Priložena		
1.20	Blok dijagrami	turbinskog regulatora	Priložena	
		sistema pobude	Priložena	

2. PODACI O GENERATORU

Agregati br. 1, 2

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost	
				1	2
2.1	Nominalna prividna snaga generatora	S_n	MVA	18	
2.2	Nominalna aktivna snaga generatora	P_n	MW	15,3	
2.3	Raspoloživa snaga na pragu elektrane	P_R	MW	2x15,3	
2.4	Tehnički minimum	P_{min}	MW	4	
2.5	Nominalni faktor snage	$\cos\varphi_{nom}$		0,85	
2.6	Faktor snage u kapacitivnom režimu	$\cos\varphi_{cap}$		0,82	
2.7	Nominalni napon generatora	U	kV	10,5	
2.8	Nominalna brzina	obrt.	o/min	600	
2.9	Brzina pobjega	b_p	o/min		
2.10	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po d osi	X_d''	p.u.	0,18	0,112
2.11	Nezasićena tranzijentna reaktansa po d osi	X_d'	p.u.	0,28	0,221
2.12	Nezasićena sinhrona reaktansa po d osi	X_d	p.u.	1,2	1,311
2.13	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po q osi	X_q''	p.u.	0,17	0,16
2.14	Nezasićena tranzijentna reaktansa po q osi	X_q'	p.u.		
2.15	Nezasićena sinhrona reaktansa po q osi	X_q	p.u.	0,685	
2.16	Otpor armature	r_a	p.u.		
2.17	Potier-ova (Leakage-ova) reaktansa	$X_p (X_l)$	p.u.	0,072	
2.18	Inverzna komponenta reaktanse	X_i	p.u.	0,17	0,191
2.19	Nulta komponenta reaktanse	X_0	p.u.	0,071	
2.20	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d''	s	0,0769	
2.21	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d'	s	1,3	
2.22	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}''	s	0,11	
2.23	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}'	s	6,6	
2.24	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q''	s		
2.25	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q'	s		
2.26	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}''	s		
2.27	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}'	s		
2.28	Vremenska konstanta armature	T_a	s	0,11	0,2491
2.29	Zasićenje mašine kod napona 1.0 p.u.	$S_{G1.0}$	p.u.		
2.30	Zasićenje mašine kod napona 1.2 p.u.	$S_{G1.2}$	p.u.		
2.31	Elektromotorna sila kod punog opterećenja	E_{FDFL}	p.u.		
2.32	Koeficijent prigušenja	D	p.u.		

3. PODACI O SISTEMU POBUDE

Agregati br. 1, 2

Vrsta i tip pobudnog sistema: Statički; tip SDB 11EK; digit. reg. napona tip DRN

Proizvođač: Končar-Inem

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost	
3.1	Vremenski član kašnjenja dovođenja signala napona generat.	T_R	s		
3.2	Koeficijent pojačanja regulatora	K_A	p.u.		
3.3	Vremenska konstanta regulatora	T_A	s		
3.4	Maksimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmax}	p.u.	1,1	
3.5	Minimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmin}	p.u.	0,9	
3.6	Koeficijent pojačanja pobudnog sistema	K_E	p.u.		
3.7	Vremenska konstanta pobudnog sistema	T_E	s		
3.8	Koeficijent pojačanja povratne sprege po naponu regulatora	K_F	p.u.		
3.9	Vremenska konstanta povratne sprege po naponu regulatora	T_F	s		
3.10	Koeficijent pojačanja stabilizacijskih krugova sist. pobude	K_C	p.u.		
3.11	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_B	s		
3.12	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_C	s		
3.13	75% vrijednost u odnosu na E_{FDmax}	E_1	p.u.		
3.14	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_1	$S_E(E_1)$	p.u.		
3.15	Maksimalna vrijednost E_{FDmax}	E_2	p.u.		
3.16	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_2	$S_E(E_2)$	p.u.		
3.17	Nazivna vrijednost uzbudnog napona	$E_{FD\ naz}$	p.u.	67,5	
	LIMITER MAKSIMALNE UZBUDE				
3.18	Koeficijent forsiranja pobude	po naponu	E_{FD1}	p.u.	4,35
		po struji	I_{FD1}	p.u.	4,35
3.19	Vrijeme forsiranja	T_1	s		
	LIMITER MINIMALNE UZBUDE				

4. PODACI O SISTEMU TURBINSKE REGULACIJE

Agregati br. 1, 2

Vrsta i tip: T 2000s

Proizvođač: ANDINO

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
4.1	Stalni statizam regulatora	R	%	
4.2	Prolazni statizam regulatora	r	%	
4.3	Radni mod sekundarnog regulatora – regulatora brzine (LFC/FC)			
4.4	Vremenska konstanta regulatora	T_1	s	
4.5	Vremenska konstanta filtera	T_f	s	6,5
4.6	Vremenska konstanta servo motora	T_g	s	7,5
4.7	Limit brzine otvaranja ventila	VELM		
4.8	Maksimalni položaj regulacionih ventila (limit maks. snage)	G_{max}	p.u.	
4.9	Minimalni položaj regulacionih ventila (limit minim. snage)	G_{min}	p.u.	
4.10	Vremenska konstanta tlačnog cjevovoda kojom se uzima u obzir inercija vode	T_w	s	
4.11	Koeficijent pojačanja turbine	A_t	p.u.	
4.12	Koeficijent prigušenja turbine	D_t	p.u.	
4.13	Protok pri praznom hodu	q_{NL}	m ³ /s	2x1,85
4.14	Dužina dovodnog tunela i spirale	L	m	1547
4.15	Presjek dovodnog tunela	A_t		
4.16	Hidraulički pad	H	m	115
4.17	Brzina protoka vode	Q	m ³ /s	2x15

5. PODACI O BLOK TRANSFORMATORU

Agregati br. 1, 2

Glavni transformator GT1 i GT2 (nije u blok spoju)

Vrsta i tip: Trofazni tronamotni uljni transformator sa regulacijskom preklopkom (*off load*)

Proizvođač Končar D&ST

Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	Vrijednost
5.1	Nazivna snaga transformatora		S	MVA	18/10/18
5.2	Prenosni odnos transformatora		U ₁ /U ₂	kV/kV	115,5±2x2,5%/10(20)/10,5
5.3	Sprega transformatora		Ynd5yn0		
5.4	Regulacioni opseg transformatora			%	+/- 2x2,5%Un
5.5	Napon kratkog spoja transformatora		u _K	%	11; 11; 4
5.6	Gubici	u bakru	P _{Cu}	kW	95,5
5.7		u gvožđu	P _{Fe}	kW	14,8
5.8		ukupno		kW	110, ⁿ
5.9	Način hlađenja transformatora		ONAN (do 60% snage) / ONAF		
5.10	Način uzemljenja		Direktno uzemljeno zvjezdište 110kV		

KONČAR Elektronika i informatika, d.d. Zagreb, Hrvatska	PRIJENOSNE FUNKCIJE KONČAREVOG SUSTAVA UZBUDE SINKRONIH STROJEVA SA DIGITALNIM REGULATOROM NAPONA TIP «DRN»	Dokument: LA 4106
		List 12 / 30

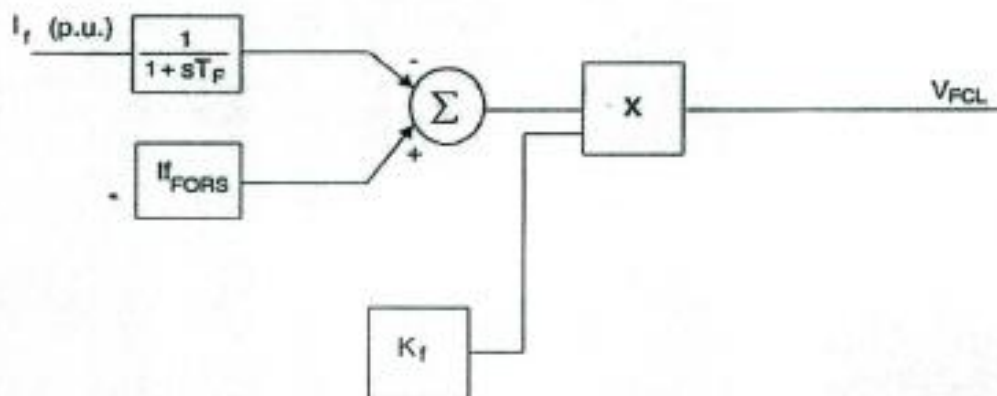
Ova dokumentacija je strogo povjerljiva i namijenjena isključivo korisnicima sustava. Njezina uporaba izvan sustava nije dozvoljena.

2.1.3 Trenutačno ograničenje maksimalne struje uzbuđene

Za trenutačno ograničenje maksimalne struje uzbuđene na iznos struje forsiranja primjenjuje se ograničavač koji ima trenutačno djelovanje. Sustav uzbuđene normalno može proizvesti struju uzbuđene, koja je viša od forsirane struje uzbuđene. To je slučaj, kada je uzbuđni namot generatora hladan i kada je napon napajanja tiristorskog uzbuđnika viši od nazivno deklariranog napona napajanja.

Trenutačni ograničavač maksimalne struje uzbuđene ograničuje struju uzbuđene na podešeni iznos (normalno iznos struje forsiranja). On služi za zaštitu uzbuđnika i uzbuđnog namota stroja zajedno sa ograničavačem struje uzbuđene sa vremenskim zategom od preopterećenja.

Blokovska shema trenutačnog ograničenja maksimalne struje uzbuđene prikazana je na Sl. 2.4



Slika 2.4

Oznake:

I_f	Struja uzbuđene (pu)
$I_{F FORS}$	Podešeni iznos struje prorade ograničavača maksimalne struje uzbuđene (pu).
K_F	Koeficijent pojačanja trenutačnog ograničavača maksimalne struje uzbuđene
V_{FCL}	Izlazni signal trenutačnog ograničavača maksimalne struje uzbuđene
T_F	Vremenska konstanta filtera mjerenja struje uzbuđene

Normiranje:

1 pu struje uzbuđene:	Struja uzbuđene sinkronog stroja potrebna da proizvede nazivni napon statora sinkronog stroja na pravcu zračnog rasporeda.
-----------------------	--

Parametri:

Oznaka	Mjerna jedinica	Opis parametra	Minimalno	Maksimalno	Tipično
T_F	s	Vremenska konstanta filtera mjerenja struje uzbuđene	-	-	0.01
K_F	pu/pu	Faktor pojačanja ograničavača maksimalne struje uzbuđene	0	10	-
$I_{F FORS}$	pu	Referenca prorade ograničavača maksimalne struje uzbuđene	4	8	-

2.2 Stabilizator elektroenergetskog sustava

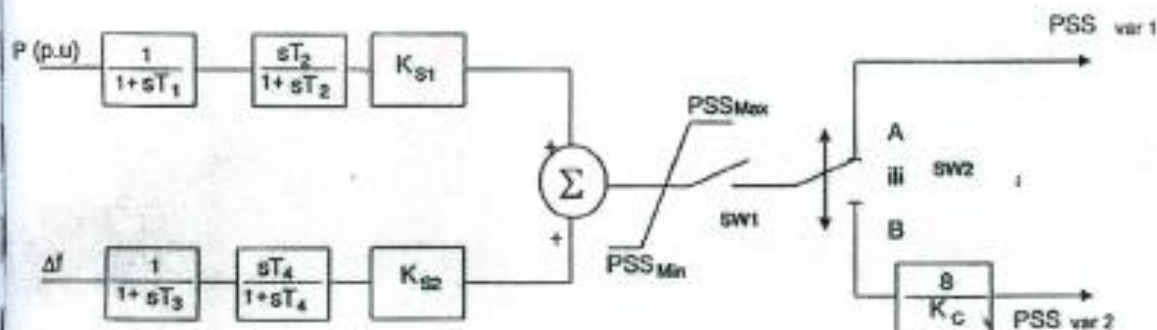
Za prigušenje njihanja polnog kotača sinkronog stroja primjenjuje se stabilizator elektroenergetskog sustava Sl. 2.7. Blokova shema je u skladu sa tekućim preporukama IEEE za modeliranje uzбудnih sustava, odgovara modelu stabilizatora elektroenergetskog sustava prema [L.2.] sa oznakom PSS3B.

Stabilizator ima dva ulazna signala: signal djelatne snage P i signal odstupanja frekvencije na stezaljkama stroja Δf . Vremenske konstante T_1 i T_3 označavaju vremenske konstante pretvarača mjernih signala snage i frekvencije. Vremenske konstante T_2 i T_4 su vremenske konstante blokova za odvajanje istosmjerne komponente i oblikovanja signala. Željeno djelovanje se postiže podešavanjem polariteta signala i faktora pojačanja signala K_{S1} i K_{S2} . Rezultantni signal dobije se sumacijom oba djelovanja. Prema potrebi se rezultantni signal uvodi na jedno od dva predložena mjesta PSS var. 1 ili PSS var. 2 prema Sl. 2.7. U slučaju var. 2 faktor pojačanja treba povećati za faktor K_R .

Djelovanje stabilizatora elektroenergetskog sustava se isključuje u slučajevima:

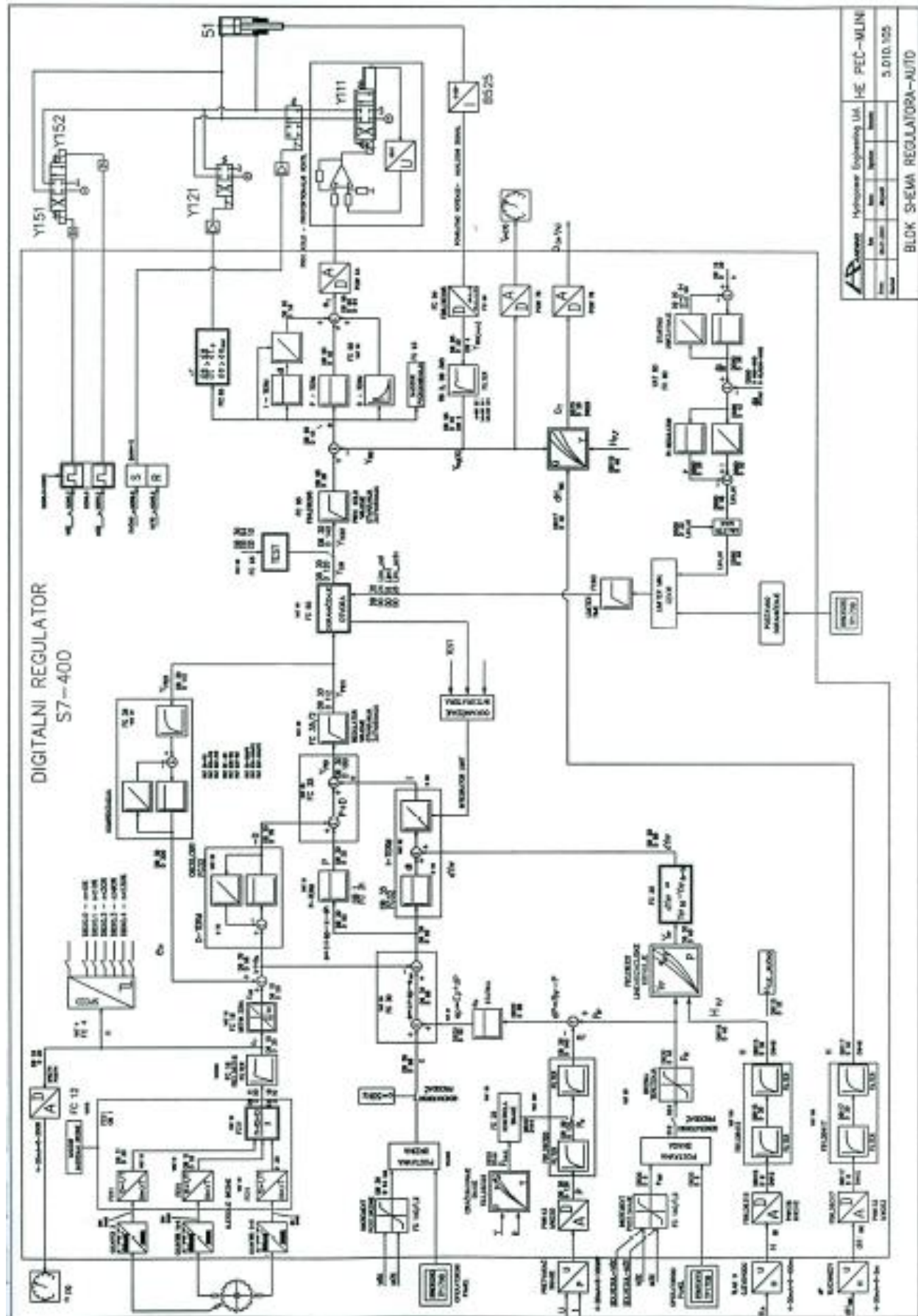
- kada je djelatna snaga $\approx < 30\% P_N$,
- za vrijeme promjene djelatne snage zbog naloga operatera,
- kod rezervne regulacije i upravljanja po kutu upravljanja tiristorskog usmjerivača.

Iznos utjecaja stabilizatora elektroenergetskog sustava se podešava, a maksimalno je ograničen na $\pm 0,05$ pu V_{REF} .



Slika 2.7

	Var. 1	Var. 2
PSSmax	0.1 pu	4 pu
PSSmin	-0.1 pu	-4 pu
K_{S2P}	0 - 1 pu/pu	0 - 50 pu/pu
K_{S2F}	0 - 5 pu/pu	0 - 200 pu/pu



A.4 TURBINSKI DIGITALNI REGULATOR - OSNOVNI PODACI

• Digitalni regulator

ANDINO T 2000s

Digitalna programabilna jedinica

Interni napojni napon regulatora

24VDC, (+25%/-17%), 75W

Vanjski napojni napon regulatora

220 VAC, 200 W

Frekventni mjerni signal kod $n=100\%$

50 Hz

Mjerno područje brzine

0 + 200 %

• Digitalni prikaz signala brzine

 $(\pm 0,005 \%) \rightarrow 14$ Bita

Filter signala brzine vrtnje-Lomna frekvencija

0,5 + 2 Hz

PID regulator

Paralelna struktura

Proporcionalno pojačanje

 $K_P = 0 + 10$

Diferencijalno pojačanje

 $K_D = 0 + 10 \text{ s}$

Vremenska konstanta diferencijalnog člana

 $T_D = 0,1 + 5 \text{ s}$

Integralno ojačanje

 $K_I = 0 + 5 \text{ s}^{-1}$

Kompenzacijska funkcija

Diferencijalni član

Pojačanje kompenzacije

 $K_C = 0 + 10 \text{ s}$

Vremenska konstanta kompenzacije

 $T_{C1,2} = 0 + 10 \text{ s}$

Vrijeme promjene referentne snage 0 - 100%

5 + 1000 s

Vrijeme otvara signala limitera 0 - 100%

5 + 1000 s

Aritmetika

floating point, 24 Bit Mantisa

Vrijeme ciklusa regulacijskih funkcija

< 10 ms

Prosječno vrijeme normalnoga obilaska

5 ms

Neosjetljivost na signal brzine vrtnje

 $i_x < 0,005 \%$

Neosjetljivost pozicioniranja

< 0,01 %

Servomotor privodnog kola - mrtvo vrijeme

< 0,1 s

Napajanje:

Razvod besprekidnog napajanja

 $U_B = 220 \text{ V AC}$

10 Prilog B: Termoelektrane u EES BiH

10.1 TE Ugljevik

1. PODACI O AGREGATU

Blok br. G1

KOTAO

Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.1	Kapacitet	max.		t/h	1000
		nom.			960
1.2	Min. kapacitet	sa ugljem		t/h	800
		sa tečnim goriv.			700
1.3	Stepen iskorištenja			%	86±0,5
1.4	Primarni energent (vrsta uglja)		Mrki ugalj		
1.5	Specifični utrošak goriva kod pokretanja	ugalj		t	200
		nafta, mazut		t	140
1.6	Izlazni parametri pare	temperatura	θ	°C	545
		pritisak	p	bar	250

TURBINA

Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.7	Snaga	max.	$P_{\max}$	MW	310
		nom.	P_{naz}		300
1.8	Snaga turbine pri minimalnom kapacitetu kotla	sa ugljem	$P_{\min}$	MW	≥ 180
		sa tečnim goriv.			< 180
1.9	Količina pare	max. snaga		t/h	1000
		nom. snaga			960
1.10	Dozvoljena promjena opterećenja (opseg regulac.)	iz hladnog stanja	$\Delta P/\Delta t$	MW/min	0,875MW/min (20-175)MW 2,5MW /min (175-300)MW
		iz toplog stanja		MW/min	≈1,5MW/min (30-175)MW ≈2,5MW/min (175-300)MW
1.11	Specifični utrošak toplote (nom.)			KJ/KWh	11,465
1.12	Kinetička energija agregata (T+G)		W_R	MWs	
1.13	Zamašni moment (T+G)		T_j	tm ²	
1.14	Mehanička konstanta (T+G)		H	MWs/MVA	
1.15	Nominalna brzina		n_n	o/min	3.000
1.16	Stepen iskorištenja nom.	Na pragu bloka		%	
		Unutarnji turbine		%	98,50

PODACI O ELEKTRANI

Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.17	Vrijeme dostizanja minimalne snage $P_0 - P_{\min}$		t	min	
1.18	Maksim. dozvoljeno vrijeme rada u opsegu $P_0 - P_{\min}$		t	min	
1.19	Gradijent promjene snage u opsegu $P_{\min} - P_{\text{nom}}$	povećanja	$\Delta P / \Delta t$	MW/min	
1.20		smanjenja			
1.21	Snaga sopstvene potrošnje		P_{sp}	(MW)-%	
1.22	Zaštita	podfrekventna		Hz	47,50 (25)
		nadfrekventna		Hz	52,50 (25)
		od povratne snage			-0,84% (15s)
		ispada iz sinhronizma			$Q=0,42 \text{ p.u}$ $\varphi=80^\circ$
1.23	Frekventni opseg i dozvoljeno vrijeme rada agregata	47 – 48 Hz	DO $\pm 5\%$ NOMINALNI PARAMETRI, A PREKO TOGA RAD NIJE DOZVOLJEN		
		48 – 49 Hz			
		49 – 50 Hz			
		50 – 51 Hz			
		51 – 52 Hz			
1.24	Mogućnost i način samostalnog pokretanja (dizel agregat, kućna turbina, vanjski izvor)		Vanjski izvor		
1.25	Jednopolna šema elektrane		postoji		
1.26	Pogonska karta generatora		postoji		
1.27	Blok dijagrami	turbinskog regulatora			
1.28		sistema pobude	da		

2. PODACI O GENERATORU

Blok br. G1

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
2.1	Nominalna prividna snaga generatora	S_n	MVA	353
2.2	Nominalna aktivna snaga generatora	P_n	MW	300
2.3	Raspoloživa snaga na pragu elektrane	P_R	MW	
2.4	Tehnički minimum	P_{min}	MW	
2.5	Nominalni faktor snage	$\cos\varphi_{nom}$		0,85
2.6	Faktor snage u kapacitivnom režimu	$\cos\varphi_{cap}$		
2.7	Nominalni napon generatora	U	kV	20
2.8	Nominalna brzina	obrt.	o/min	3000
2.9	Brzina pobjega	b_p	o/min	
2.10	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po d osi	X_d''	p.u.	0,173
2.11	Nezasićena tranzijentna reaktansa po d osi	X_d'	p.u.	0,26
2.12	Nezasićena sinhrona reaktansa po d osi	X_d	p.u.	1,70
2.13	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po q osi	X_q''	p.u.	
2.14	Nezasićena tranzijentna reaktansa po q osi	X_q'	p.u.	
2.15	Nezasićena sinhrona reaktansa po q osi	X_q	p.u.	
2.16	Otpor armature	r_a	p.u.	
2.17	Potier-ova (Leakage-ova) reaktansa	$X_p (X_l)$	p.u.	
2.18	Inverzna komponenta reaktanse	X_i	p.u.	0,21
2.19	Nulta komponenta reaktanse	X_0	p.u.	0,09
2.20	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d''	s	0,11
2.21	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d'	s	
2.22	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}''	s	5,9
2.23	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}'	s	
2.24	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q''	s	
2.25	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q'	s	
2.26	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}''	s	
2.27	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}'	s	
2.28	Vremenska konstanta armature	T_a	s	
2.29	Zasićenje mašine kod napona 1.0 p.u.	$S_{G1.0}$	p.u.	
2.30	Zasićenje mašine kod napona 1.2 p.u.	$S_{G1.2}$	p.u.	
2.31	Elektromotorna sila kod punog opterećenja	E_{FDFL}	p.u.	
2.32	Koeficijent prigušenja	D	p.u.	

3. PODACI O SISTEMU POBUDE

Blok br. G1

Vrsta i tip pobudnog sistema: Tiristorska, tip 2xYMMF 218x2

Proizvođač: Končar

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost	
3.1	Vremenski član kašnjenja dovođenja signala napona generat.	T_R	s		
3.2	Koeficijent pojačanja regulatora	K_A	p.u.		
3.3	Vremenska konstanta regulatora	T_A	s		
3.4	Maksimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmax}	p.u.(%)	110	
3.5	Minimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmin}	p.u.(%)	90	
3.6	Koeficijent pojačanja pobudnog sistema	K_E	p.u.		
3.7	Vremenska konstanta pobudnog sistema	T_E	s		
3.8	Koeficijent pojačanja povratne sprege po naponu regulatora	K_F	p.u.		
3.9	Vremenska konstanta povratne sprege po naponu regulatora	T_F	s		
3.10	Koeficijent pojačanja stabilizacijskih krugova sist. pobude	K_C	p.u.		
3.11	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_B	s		
3.12	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_C	s		
3.13	75% vrijednost u odnosu na E_{FDmax}	E_1	p.u.		
3.14	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_1	$S_E(E_1)$	p.u.		
3.15	Maksimalna vrijednost E_{FDmax}	E_2	p.u.		
3.16	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_2	$S_E(E_2)$	p.u.		
3.17	Nazivna vrijednost uzbudnog napona	$E_{FD\ naz}$	p.u.(V)	447 *	
	LIMITER MAKSIMALNE UZBUDE				
3.18	Koeficijent forsiranja pobude	po naponu	E_{FD1}	p.u.	5,56
		po struji	I_{FD1}	p.u.	5,56
3.19	Vrijeme forsiranja	T_1	s	20	
	LIMITER MINIMALNE UZBUDE				

* Preuzeto iz studije OSTRVSKI RAD ELEKTRANA U SR BIH

4. PODACI O SISTEMU TURBINSKE REGULACIJE

Blok br. G1

Vrsta i tip: elektrohidraulički*

Proizvođač:

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
4.1	Stalni statizam regulatora	R	%	oko 4*
4.2	Radni mod sekundarnog regulatora – regulatora brzine (LFC/FC)			
4.3	Vremenska konstanta regulatora	T_1	s	
4.4	Maksimalni položaj regulacionih ventila (limit maks. snage)	$V_{\max}$	p.u. (%)	
4.5	Minimalni položaj regulacionih ventila (limit minim. snage)	$V_{\min}$	p.u. (%)	
4.6	Koeficijent koji odgovara dijelu snage turbine koji se razvija u turbini visokog pritiska	T_2/T_3		
4.7	Vremenska konstanta međupregrijača	T_3	p.u.	
4.8	Dio snage turbine, koji se razvije u dijelu turbine, prije brzog otvaranja ventila	K		
4.9	Koeficijent prigušenja turbine	D_t	s	
4.10	Vremenska konstanta smanjenja snage nakon zatvaranja ventila	T_t	p.u.	
4.11	Vrijeme zatvaranja regulacionog ventila nakon inicijalizacije	T_A	s	
4.12	Vrijeme inicijalizacije otvaranja regulacionog ventila	T_B	p.u.	
4.13	Vrijeme potpunog otvaranja regulacionog ventila nakon inicijalizacije otvaranja	T_C	s	

* Preuzeto iz studije OSTRVSKI RAD ELEKTRANA U SR BIH

5. PODACI O BLOK TRANSFORMATORU

Blok br. G1

Vrsta i tip:

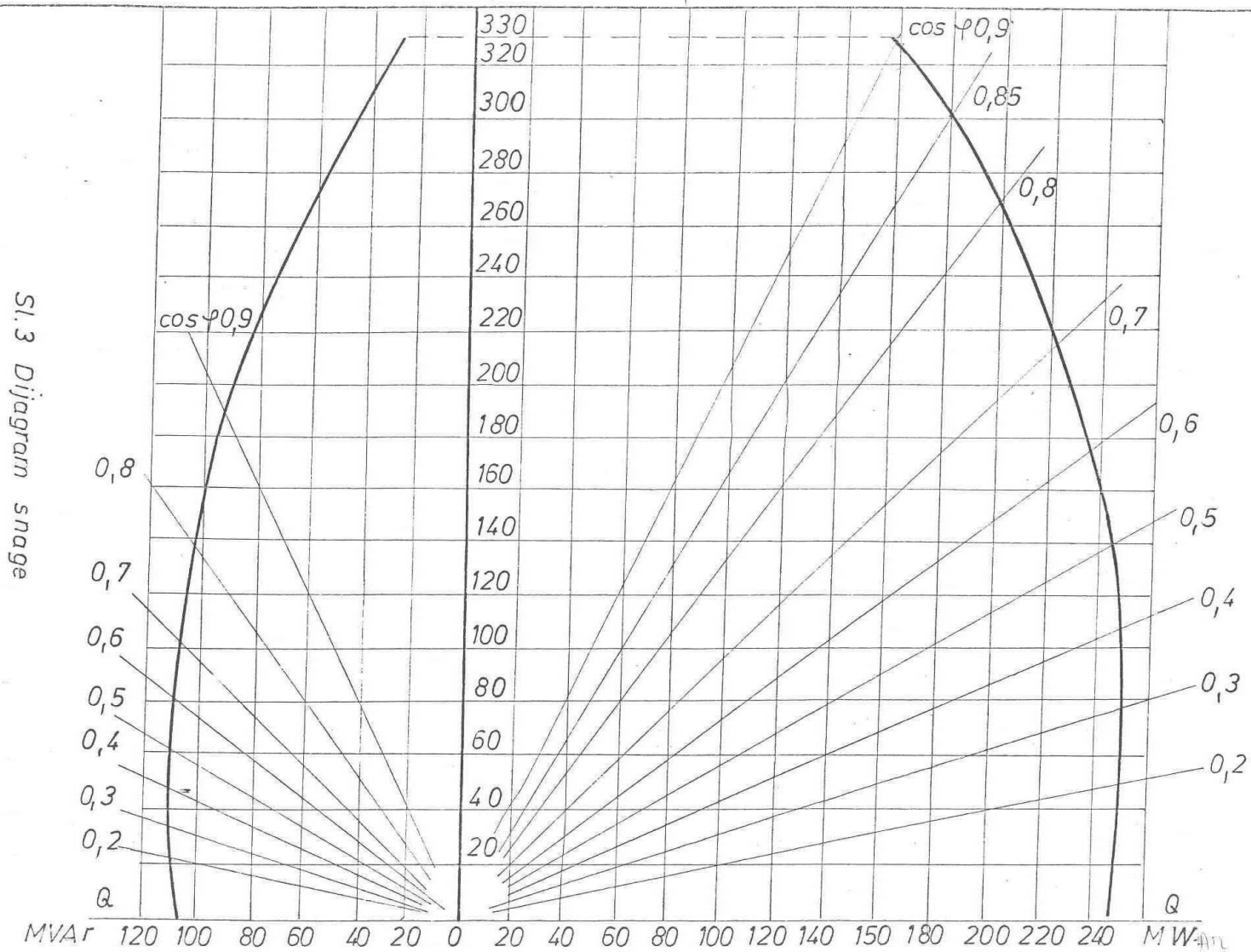
Proizvođač:

Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	Vrijednost
5.1	Nazivna snaga transformatora		S _n	MVA	400*
5.2	Prenosni odnos transformatora		U ₁ /U ₂	kV/kV	20/420*
5.3	Sprega transformatora		Ynd5*		
5.4	Regulacioni opseg transformatora			%	
5.5	Napon kratkog spoja transformatora		u _K	%	13*
5.6	Gubici	u bakru	P _{Cu}	kW	840*
5.7		u gvožđu	P _{Fe}	kW	330*
5.8		ukupno		kW	1170*
5.9	Način hlađenja transformatora				
5.10	Nači uzemljenja				

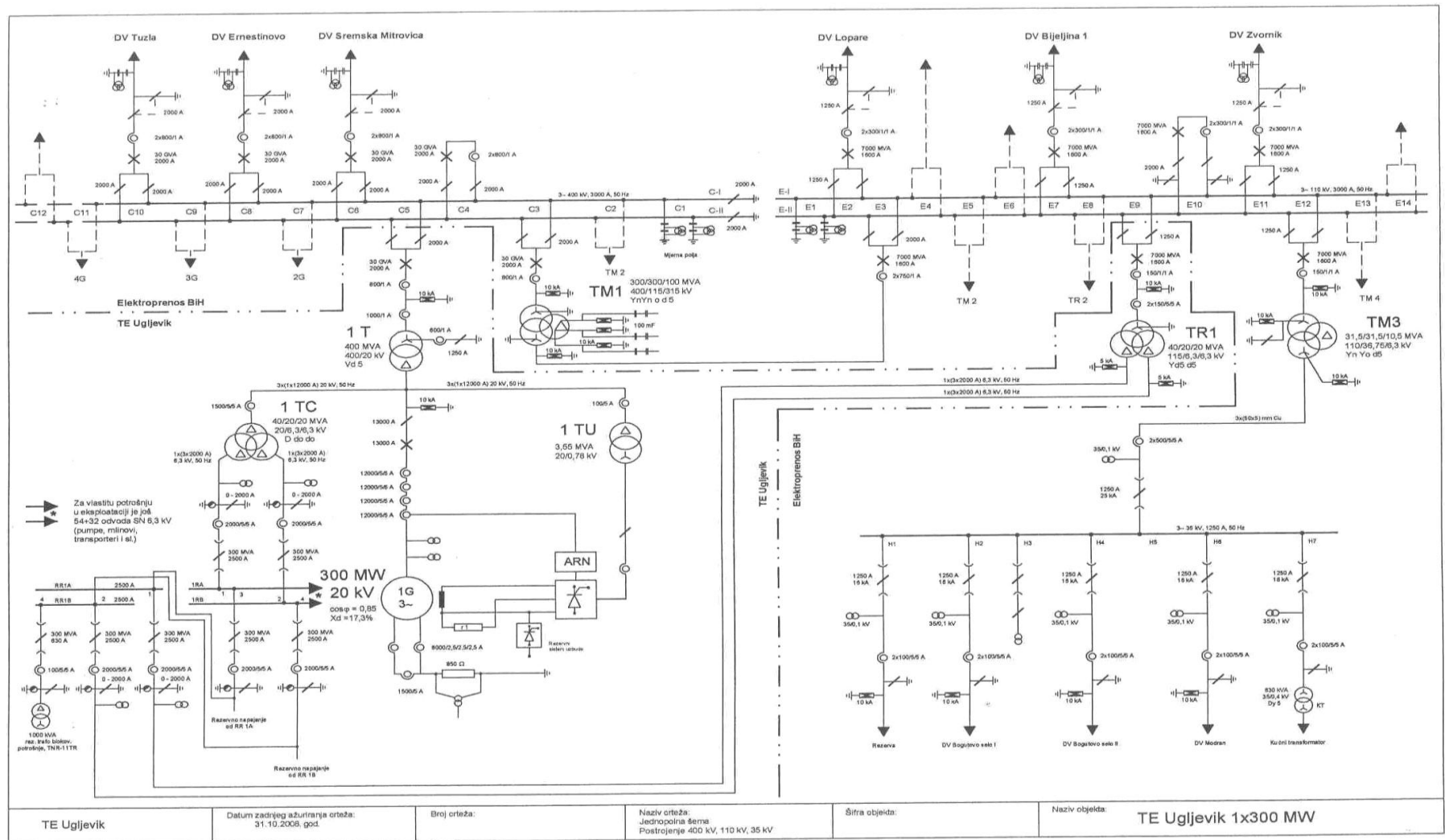
* Preuzeto iz studije OSTRVSKI RAD ELEKTRANA U SR BIH

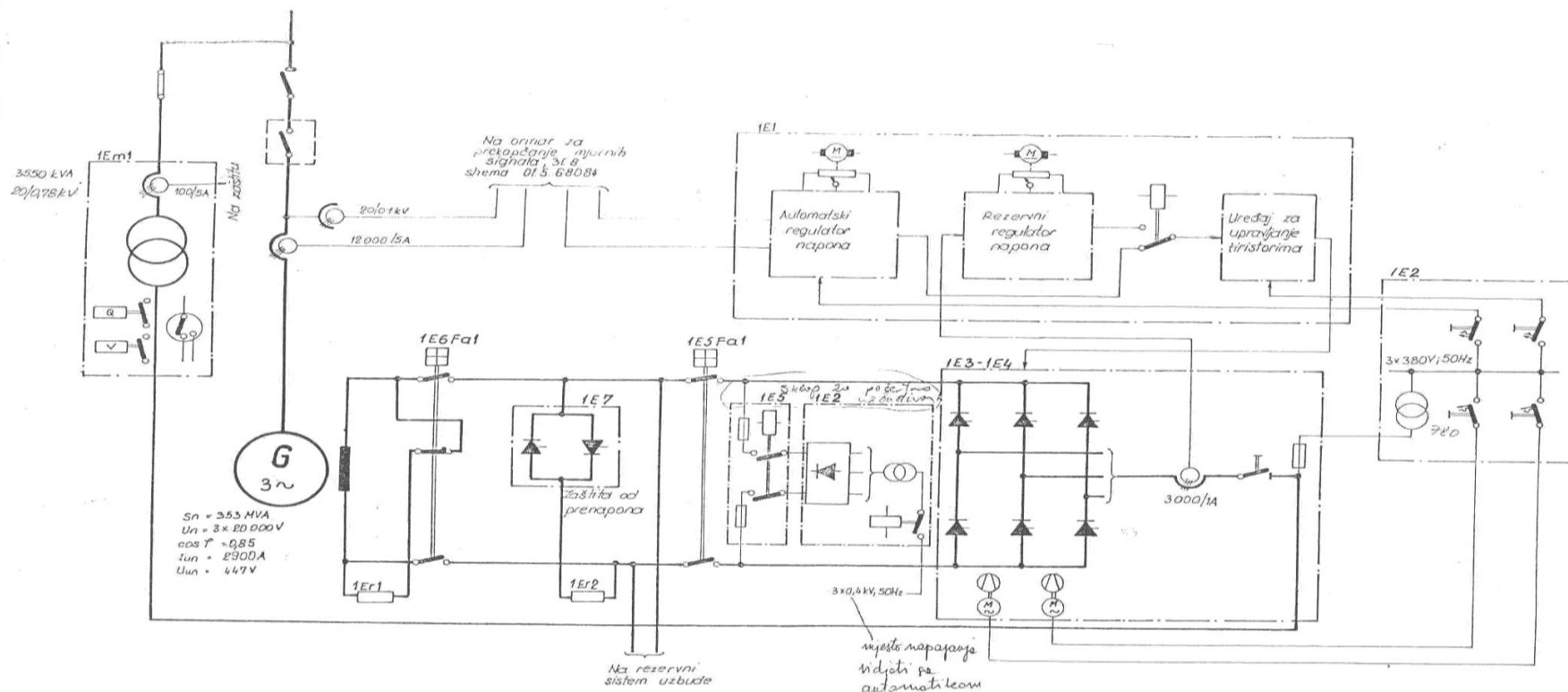
Ovaj dokument ostaje u isključivom vlasništvu SOUR-a «RADE KONČAR». Prepisak upotreba izvan namjene nisu dozvoljeni.

This document remains the exclusive property of the RADE KONČAR Company. Reproduction or any use not conformity with the intended application is not permissible.



Stranica





Naručilac: TE UGLJEVIK		Objekt		Broj postrojenja 11.79	
a) Novi nacrt	9.5.78	Projekt.	Jurković	Ime	Popis
b)	1.9.79	Razrad.	Komendić	Ime	Popis
		Ispisao	Galeš	Ime	Popis
		Odobrio	Fresl	Ime	Popis
		RADE KONČAR		PRINCIPNA SHEMA	
		Zagreb Jugoslavija		RADNOG SISTEMA UZBUDE	
		L		01.5.68.083	
				Lisat-br. 1	
				Lisatov	

10.2 TE Gacko

1. PODACI O AGREGATU

Blok br. G1

KOTAO

Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.1	Kapacitet	max.		t/h	1000
		nom.			965
1.2	Min. kapacitet	sa ugljem		t/h	580
		sa tečnim goriv.			
1.3	Stepen iskorištenja			%	85,88
1.4	Primarni energent (vrsta uglja)		Lignit		
1.5	Specifični utrošak goriva kod pokretanja	ugalj		t	
		nafta, mazut		t	
1.6	Izlazni parametri pare	temperatura	θ	°C	545
		pritisak	p	bar	240

TURBINA

Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.7	Snaga	max.	$P_{\max}$	MW	308
		nom.	P_{naz}		300
1.8	Snaga turbine pri minimalnom kapacitetu kotla	sa ugljem	$P_{\min}$	MW	
		sa tečnim goriv.			
1.9	Količina pare	max. snaga		t/h	1000
		nom. snaga			965
1.10	Dozvoljena promjena opterećenja (opseg regulac.)	iz hladnog stanja	$\Delta P/\Delta t$	MW/min	
		iz toplog stanja		MW/min	
1.11	Specifični utrošak toplote (nom.)			KJ/KWh	
1.12	Kinetička energija agregata (T+G)		W_R	MWs	
1.13	Zamašni moment (T+G)		T_j	tm ²	
1.14	Mehanička konstanta (T+G)		H	MWs/MVA	
1.15	Nominalna brzina		n_n	o/min	3.000
1.16	Stepen iskorištenja nom.	Na pragu bloka		%	
		Unutarnji turbine		%	97,00

PODACI O ELEKTRANI

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
1.17	Vrijeme dostizanja minimalne snage $P_0 - P_{\min}$	t	min	
1.18	Maksim. dozvoljeno vrijeme rada u opsegu $P_0 - P_{\min}$	t	min	
1.19	Gradijent promjene snage u	$\Delta P/\Delta t$	MW/min	3
1.20	opsegu $P_{\min} - P_{\text{nom}}$			5
1.21	Snaga sopstvene potrošnje	P_{SP}	(MW)-%	20%
1.22	Zaštita	podfrekventna	Hz	
		nadfrekventna	Hz	
		od povratne snage		
		ispada iz sinhronizma		
1.23	Frekventni opseg i dozvoljeno vrijeme rada agregata	47 – 48 Hz		
		48 – 49 Hz		
		49 – 50 Hz		
		50 – 51 Hz		
		51 – 52 Hz		
1.24	Mogućnost i način samostalnog pokretanja (dizel agregat, kućna turbina, vanjski izvor)			
1.25	Jednopolna šema elektrane	postoji		
1.26	Pogonska karta generatora	postoji		
1.27	Blok dijagrami	turbinskog regulatora		
1.28		sistema pobude		

2. PODACI O GENERATORU

Blok br. G1

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
2.1	Nominalna prividna snaga generatora	S_n	MVA	353
2.2	Nominalna aktivna snaga generatora	P_n	MW	300
2.3	Raspoloživa snaga na pragu elektrane	P_R	MW	252
2.4	Tehnički minimum	P_{min}	MW	180
2.5	Nominalni faktor snage	$\cos\varphi_{nom}$		0,85
2.6	Faktor snage u kapacitivnom režimu	$\cos\varphi_{cap}$		0,85
2.7	Nominalni napon generatora	U	kV	20
2.8	Nominalna brzina	obrt.	o/min	3000
2.9	Brzina pobjega	b_p	o/min	
2.10	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po d osi	X_d''	p.u.	0,156
2.11	Nezasićena tranzijentna reaktansa po d osi	X_d'	p.u.	0,206
2.12	Nezasićena sinhrona reaktansa po d osi	X_d	p.u.	1,62
2.13	Nezasićena subtranzijentna reaktansa po q osi	X_q''	p.u.	0,2184
2.14	Nezasićena tranzijentna reaktansa po q osi	X_q'	p.u.	
2.15	Nezasićena sinhrona reaktansa po q osi	X_q	p.u.	1,458
2.16	Otpor armature	r_a	p.u.	
2.17	Potier-ova (Leakage-ova) reaktansa	$X_p (X_l)$	p.u.	
2.18	Inverzna komponenta reaktanse	X_i	p.u.	0,15912
2.19	Nulta komponenta reaktanse	X_0	p.u.	5%
2.20	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d''	s	0,114
2.21	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d'	s	0,66
2.22	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}''	s	
2.23	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}'	s	6,7
2.24	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q''	s	
2.25	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q'	s	
2.26	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}''	s	
2.27	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}'	s	
2.28	Vremenska konstanta armature	T_a	s	0,32
2.29	Zasićenje mašine kod napona 1.0 p.u.	$S_{G1.0}$	p.u.	
2.30	Zasićenje mašine kod napona 1.2 p.u.	$S_{G1.2}$	p.u.	
2.31	Elektromotorna sila kod punog opterećenja	E_{FDFL}	p.u.	
2.32	Koeficijent prigušenja	D	p.u.	

3. PODACI O SISTEMU POBUDE

Blok br. G1

Vrsta i tip pobudnog sistema: Statička / tiristorska pobuda

Proizvođač: Končar

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost	
3.1	Vremenski član kašnjenja dovođenja signala napona generat.	T_R	s		
3.2	Koeficijent pojačanja regulatora	K_A	p.u.	50	
3.3	Vremenska konstanta regulatora	T_A	s	0,025	
3.4	Maksimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmax}	p.u.(V)	975V=	
3.5	Minimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmin}	p.u.		
3.6	Koeficijent pojačanja pobudnog sistema	K_E	p.u.		
3.7	Vremenska konstanta pobudnog sistema	T_E	s		
3.8	Koeficijent pojačanja povratne sprege po naponu regulatora	K_F	p.u.		
3.9	Vremenska konstanta povratne sprege po naponu regulatora	T_F	s		
3.10	Koeficijent pojačanja stabilizacijskih krugova sist. pobude	K_C	p.u.	5,56	
3.11	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_B	s	21	
3.12	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_C	s	1	
3.13	75% vrijednost u odnosu na E_{FDmax}	E_1	p.u.		
3.14	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_1	$S_E(E_1)$	p.u.		
3.15	Maksimalna vrijednost E_{FDmax}	E_2	p.u.		
3.16	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_2	$S_E(E_2)$	p.u.		
3.17	Nazivna vrijednost uzbudnog napona	$E_{FD\ naz}$	p.u. (V)	452	
	LIMITER MAKSIMALNE UZBUDE				
3.18	Koeficijent forsiranja pobude	po naponu	E_{FD1}	p.u.	2
		po struji	I_{FD1}	p.u.	2
3.19	Vrijeme forsiranja	T_1	s	20	
	LIMITER MINIMALNE UZBUDE				

4. PODACI O SISTEMU TURBINSKE REGULACIJE

Blok br. G1

Vrsta i tip:

Proizvođač:

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	Vrijednost
4.1	Stalni statizam regulatora	R	%	
4.2	Radni mod sekundarnog regulatora – regulatora brzine (LFC/FC)			
4.3	Vremenska konstanta regulatora	T_1	s	
4.4	Maksimalni položaj regulacionih ventila (limit maks. snage)	$V_{\max}$	p.u. (%)	100
4.5	Minimalni položaj regulacionih ventila (limit minim. snage)	$V_{\min}$	p.u. (%)	0
4.6	Koeficijent koji odgovara dijelu snage turbine koji se razvija u turbini visokog pritiska	T_2/T_3		
4.7	Vremenska konstanta međupregrijača	T_3	p.u.	
4.8	Dio snage turbine, koji se razvije u dijelu turbine, prije brzog otvaranja ventila	K		
4.9	Koeficijent prigušenja turbine	D_t	s	
4.10	Vremenska konstanta smanjenja snage nakon zatvaranja ventila	T_t	p.u.	
4.11	Vrijeme zatvaranja regulacionog ventila nakon inicijalizacije	T_A	s	3 s (poslije odrađene zaštite ventili zatvaraju za 100 ms)
4.12	Vrijeme inicijalizacije otvaranja regulacionog ventila	T_B	p.u.	
4.13	Vrijeme potpunog otvaranja regulacionog ventila nakon inicijalizacije otvaranja	T_C	s	3

5. PODACI O BLOK TRANSFORMATORU

Blok br. G1

Vrsta i tip: O/II-150000/400-67YI

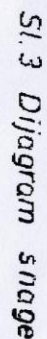
Proizvođač: SSSR

Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	Vrijednost
5.1	Nazivna snaga transformatora		S _n	MVA	3x150
5.2	Prenosni odnos transformatora		U ₁ /U ₂	kV/kV	20/420
5.3	Sprega transformatora		DY5		
5.4	Regulacioni opseg transformatora			%	
5.5	Napon kratkog spoja transformatora		u _K	%	12,5
5.6	Gubici	u bakru	P _{Cu}	kW	471
5.7		u gvožđu	P _{Fe}	kW	113
5.8		ukupno		kW	584
5.9	Način hlađenja transformatora		ДЦ		
5.10	Nači uzemljenja		direktno		

Reproduction or any use not
with the intended application is not per-
missible.

Jun. 10 2007 08:05PM P6

OLIVER W. COLE



10.3 TE Kakanj

1. PODACI O AGREGATU

Blok br. G5, G6, G7

KOTAO

Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	G5	G6	G7
1.1	Kapacitet	max.		t/h	305	375	740
		nom.			340	310	610
1.2	Min. kapacitet	sa ugljem		t/h	170-210	185	450
		sa tečnim gorivom					
1.3	Stepen iskorištenja			%	87,1	87	91
1.4	Primarni energent (vrsta uglja)				Mrki ugalj		
1.5	Specifični utrošak goriva kod pokretanja	ugalj		t			
		nafta, mazut		t			
1.6	Izlazni parametri pare	temperatura	θ	°C	540±5°	540±5°	535 (-10/+5)
		pritisak	p	bar	135	135	174,56

TURBINA

Blok br. G5, G6, G7

Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	G5	G6	G7
1.7	Snaga	max.	$P_{\max}$	MW	118,55	110	230
		nom.	P_{naz}		118,55	100	190
1.8	Snaga turbine pri minimalnom kapacitetu kotla	sa ugljem	$P_{\min}$	MW	70		140
		sa tečnim gorivom					
1.9	Količina pare	max. snaga		t/h	335	315	740
		nom. snaga					610
1.10	Dozvoljena promjena opterećenja (opseg regulacije)	iz hladnog stanja	$\Delta P/\Delta t$	MW/min			
		iz toplog stanja					
1.11	Specifični utrošak toplote (nom.)	Turbinski		KJ/KWh	8.200	8.371	9.500
		Normativni					
1.12	Kinetička energija agregata (T+G)		W_R	MWs			
1.13	Zamašni moment (T+G)		T_j	tm ²			
1.14	Mehanička konstanta (T+G)		H	MWs/ MVA			
1.15	Nominalna brzina		n_n	o/min	3.000	3.000	3.000
1.16	Stepen iskorištenja nom.	Na pragu bloka		%			
		Unutarnji turbine					

PODACI O ELEKTRANI

Red. br.	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	G5	G6	G7
1.17	Vrijeme dostizanja min. snage P0 - Pmin		t	min			
1.18	Max. dozvo. vrijeme rada u opsegu P0 - Pmin		t	min			
1.19	Gradijent promjene snage u opsegu Pmin – Pnom	Povećanja – hl.st.	$\Delta P/\Delta t$	MW/min			
		Smanjenja					
1.20	Snaga sopstvene potrošnje		PSP	(MW)-%	7-10%	8-11%	20-25%
1.21	Zaštita	Podfrekventna		Hz	f=48,3 t=1 s	f=48,3 t=1 s	f=47,4 8 t=0,1 s
		Nadfrekventna		Hz	f=55 t=0,55 s	f=55 t=0,55 s	
		Od povratne snage			- 1% Sn	- 1% Sn	- 0,05% Sn
1.22	Frekventni opseg i dozvoljeno vrijeme rada agregata	47 - 48		Hz			
		48 - 49		Hz			
		49 - 49.5		Hz			
		49.5 - 50.5		Hz			
		50.5 - 51		Hz			
		51 - 52		Hz			
1.23	Mogućnost i način samostalnog pokretanja (dizel agregat, kućna turbina, vanjski izvor)						
1.24	Jednopolna šema elektrane				postoji	postoji	postoji
1.25	Pogonska karta generatora				postoji	postoji	postoji
1.26	Blok dijagram	Turbinskog regulat.					
		Sistema pobude			ne	ne	ne

2. PODACI O GENERATORU

Blok br. G5, G6, G7

Red. br.	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	G5	G6	G7
2.1	Nominalna prividna snaga generatora	S_n	MVA	147,5	137,5	270,5
2.2	Nominalna aktivna snaga generatora	P_n	MW	118	110	230
2.3	Raspoloživa snaga na pragu elektrane	P_R	MW			
2.4	Tehnički minimum	P_{min}	MW	90	70	180
2.5	Nominalni faktor snage	$\cos\varphi_{nom}$		0,8	0,8	0,85
2.6	Faktor snage u kapacitivnom režimu	$\cos\varphi_{cap}$				
2.7	Nominalni napon generatora	U	kV	13,8	13,8	15,75
2.8	Nominalna brzina	obrt.	o/min	3000	3000	3000
2.9	Brzina pobjega	b_p	o/min			
2.10	Nezasi. subtranzijentna reaktansa po d osi	X_d''	p.u. (%)	0,159	0,159	0,177
2.11	Nezasićena tranzijentna reaktansa po d osi	X_d'	p.u.	0,22	0,22	0,237
2.12	Nezasićena sinhrona reaktansa po d osi	X_d	p.u.	2,14	2,14	2,00
2.13	Nezas. subtranzijentna reaktansa po q osi	X_q''	p.u.	0,159	0,159	0,177
2.14	Nezasićena tranzijentna reaktansa po q osi	X_q'	p.u.	0,22	0,22	0,237
2.15	Nezasićena sinhrona reaktansa po q osi	X_q	p.u.	2,14	2,14	2,00
2.16	Otpor armature	r_a	p.u.			0,112
2.17	Potier-ova (Leakage-ova) reaktansa	$X_p (X_l)$	p.u.			
2.18	Inverzna komponenta reaktanse	X_i	p.u. (%)			0,22
2.19	Nulta komponenta reaktanse	X_0	p.u.(%)			0,1 p.u
2.20	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d''	s	0,046	0,046	0,03
2.21	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d'	s	0,98	0,98	1,08
2.22	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}''	s			
2.23	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}'	s	7,2	7,2	7,75
2.24	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q''	s	0,046	0,046	0,03
2.25	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q'	s	0,98	0,98	1,08
2.26	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{qo}''	s			
2.27	Tranzijentna vremenska konstanta	T_{qo}'	s	7,2	7,2	7,75

	otvorenog kola po q-osi					
2.28	Vremenska konstanta armature	T_a	s	0,23	0,23	0,37
2.29	Zasićenje mašine kod napona 1.0 p.u.	$S_{G1.0}$	p.u.			
2.30	Zasićenje mašine kod napona 1.2 p.u.	$S_{G1.2}$	p.u.			
2.31	Elektromotorna sila kod punog opterećenja	E_{FDFL}	p.u.			
2.32	Koeficijent prigušenja	D	p.u.			

3. PODACI O SISTEMU POBUDE

Blok br. G5, G6, G7

Redni broj	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	G5	G6	G7
3.1	Vrsta i tip pobudnog sistema			Elektromehančki (DC generator) regulator RNG 34-04	Elektromehanički (DC generator)	Statički sistem
3.2	Proizvođač			ŠKODA	ŠKODA	KONČAR
3.3	Vremenski član kašnjenja dovođenja signala napona generat.	T_R	s			
3.4	Koeficijent pojačanja regulatora	K_A	p.u			
3.5	Vremenska konstanta regulatora	T_A	s			
3.6	Maksimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmax}	p.u	1,14	1,14	1,1
3.7	Minimalni izlazni napon regulatora	V_{Rmin}	p.u	0,87	0,87	0,9
3.8	Koeficijent pojačanja pobudnog sistema	K_E	p.u			
3.9	Vremenska konstanta pobudnog sistema	T_E	s			
3.10	Koef.pojačanja povratne spr.po naponu reg.	K_F	p.u			
3.11	Vremenska konstanta povratne sprege po naponu regulatora	T_F	s			
3.12	Koeficijent pojačanja stabilizacijskih krugova sist. pobude	K_C	p.u			
3.13	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_B	s			
3.14	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude	T_C	s			
3.15	75% vrijednost u odnosu	E_1	p.u			

	na E_{FDmax}					
3.16	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_1		$S_E(E_1)$	p.u		
3.17	Maksimalna vrijednost E_{FDmax}		E_2	p.u		
3.18	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E_2		$S_E(E_2)$	p.u		
3.19	Nazivna vrijednost uzbudnog napona		$E_{FD\ naz}$	p.u (V)	292 V	305 V 370 V
	Limiter max. uzbude					
3.20	Koeficijent forsiranja pobude	po naponu	E_{FD1}			
		po struji	I_{FD1}	1,92 p.u	1,92 p.u	2 p.u
3.21	Vrijeme forsiranja		T_1	s	1,6 p.u	1,6 p.u 2 p.u
					10	10 15

4. PODACI O SISTEMU TURBINSKE REGULACIJE

Blok br. G5, G6, G7

Redni broj	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	G5	G6	G7
4.1	Vrsta i tip					
4.2	Proizvođač					
4.3	Stalni statizam regulatora	R	%			
4.4	Radni mod sekundarnog regulatora – regulatora brzine (LFC/FC)					
4.5	Vremenska konstanta regulatora	T_1	s			
4.6	Maksimalni položaj regulacionih ventila (limit maks. snage)	$V_{\max}$	p.u.			
4.7	Minimalni položaj regulacionih ventila (limit minim. snage)	$V_{\min}$	p.u.			
4.8	Koeficijent koji odgovara dijelu snage turbine koji se razvija u turbini visokog pritiska	T_2/T_3	s			
4.9	Vremenska konstanta međupregrijača	T_3	p.u.			
4.10	Dio snage turbine, koji se razvije u dijelu turbine, prije brzog otvaranja ventila	K	s			
4.11	Koeficijent prigušenja turbine	D_t	s			
4.12	Vremenska konstanta smanjenja snage nakon zatvaranja ventila	T_t	p.u.			
4.13	Vrijeme zatvaranja servomotora regulacionih ventila nakon inicijalizacije	T_A	s			
4.14	Vrijeme inicijalizacije otvaranja regulacionog ventila	T_B	p.u.			
4.15	Vrijeme potpunog otvaranja regulacionog ventila nakon inicijalizacije otvaranja	T_C	s			
4.16	Neravnomjernost regulacije broja obrtaja		%			
4.17	Maksimalna neosjetljivost regulacije brzine		%			
4.18	Relativna neravnomjernost regulatora brzine (za interval: 2800-3200 o/min.)		%/mm			
4.19	Neosjetljivost sistema regulacije		mHz			
4.20	Statička karakteristika regulacije Ovaj parametar se može podešavati 0-10%		%			

5. PODACI O BLOK TRANSFORMATORU

Blok br. G5, G6, G7

Redni broj	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	G5	G6	G7
5.1	Vrsta i tip				Trofazni uljni energetski Trafo BT 147500 - 121	Trofazni uljni energetski Trafo BT 137500/ 13,8 -121	Trofazni uljni energetski Trafo EC41P-1
5.2	Proizvođač				Etra 33	Energo-invest	
5.3	Nazivna snaga transformatora		S_n	MVA	147,5	137,5	250
5.4	Prenosni odnos transformatora		U_1/U_2	kV/kV	13,8/121	13,8/121	15,75/245 ±5%
5.5	Sprega transformatora					YNd5	YNd5
5.6	Regulacioni opseg transformatora			%			±5%
5.7	Napon kratkog spoja transformatora		u_K	%	10,85	11,4	13,5
5.8	Gubici	u bakru	P_{Cu}	148,065	812,85	812,85	
5.9		u gvožđu	P_{Fe}	86,250	150,60	150,60	
5.10		ukupno		234,315	234,315	963,45	
5.11	Način hlađenja transformatora					OFAF	OFAF
5.12	Nači uzemljenja					direktno	direktno

10.4 TE Tuzla

1. PODACI O AGREGATU

Blok br. G3, G4, G5, G6

KOTAO

Redni broj	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	G3	G4	G5	G6
					K3-K4			
1.1	Kapacitet	max.		t/h	220	650	650	665
		nom.			200	650	650	650
1.2	Min. kapacitet	sa ugljem		t/h	130	350	350	350
		sa tečnim gorivom			100	200	200	200
1.3	Stepen iskorištenja			%	84,5	87,4	89	90,6
1.4	Primarni energent (vrsta uglja)				75% Lignit + 25% mrki ugalj - M1			Mrki - M2
1.5	Specifični utrošak goriva kod pokretanja	ugalj		t	-	-	-	-
		nafta, mazut		t	25/LUEL	70/LUS	70/LUS	70/LUS
1.6	Izlazni parametri pare	temperatura	θ	°C	540	540/540	540/540	540/540
		pritisak	p	bar	98	136/25,5	136/25,5	136/24,2

TURBINA

Blok br. G3, G4, G5, G6

Redni broj	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	G3	G4	G5	G6
					K3:K4			
1.7	Snaga	max.	Pmax	MW	110	210	210	215
		nom.	Pnaz		100	200	200	215
1.8	Snaga turbine pri minimalnom kapacitetu kotla	sa ugljem	Pmin	MW				
		sa tečnim gorivom						
1.9	Količina pare	max. snaga		t/h	-	-	-	653,5
		nom. snaga			363	614	590	589
1.10	Dozvoljena promjena opterećenja (opseg regulacije)	iz hladnog stanja	$\Delta P/\Delta t$	MW/min	0,6	0,6	0,6	0,75
		iz toplog stanja			8	8	8	12
1.11	Specifični utrošak toplote (nom.)	Turbinski		KJ/KWh	9.550	8.750	8.880	9.300
		Normativni			13.380	12.400	12.000	11.500
1.12	Kinetička energija agregata (T+G)		WR	MWs				
1.13	Zamašni moment (T+G)		Tj	tm ²				
1.14	Mehanička konstanta (T+G)		H	MWs/ MVA				
1.15	Nominalna brzina		nn	o/min	3.000	3.000	3.000	3.000
1.16	Stepen iskorištenja nom.	Na pragu bloka		%	26,9	30,0	29,03	31,3
		Unutarnji turbine						81,00

PODACI O ELEKTRANI

Redn i broj	Opis veličine		Oznak a	Jedinica	G3	G4	G5	G6
					K3-K4			
1.17	Vrijeme dostizanja min. snage $P_0 - P_{\min} / ^8$		t	min	130/50/360	245/70/495	245/70/495	180/60/400
1.18	Max. dozvo. vrijeme rada u opsegu $P_0 - P_{\min}$		t	min	-	-	-	-
1.19	Gradijent promjene snage u opsegu $P_{\min} - P_{\text{nom}}$	Povećanja – hl.st.	$\Delta P/\Delta t$	MW/min	2	0,75	0,75	1
		Smanjenja			4	5	4	8
1.20	Snaga sopstvene potrošnje		P_{SP}	(MW)-%	11,5%	9,8%	9,8%	8,2%
1.21	Zaštita	Podfrekventna		Hz		f=47Hz t=2 s	f=48Hz t=3 s	f=48Hz t=1,5 s
		Nadfrekventna		Hz		f=55Hz t=2 s	f=55Hz t=0,1 s	f=53Hz t=1,5s
		Od povratne snage			1 MW; t=4 s (sa stop ventil.), t=60 s (bez stop ventila)	2 MW; t=2 s (sa stop ventil.), t=60 s (bez stop ventila)	4 MW; t=2 s (sa stop ventil.), t=60 s (bez stop ventila)	2 MW; t=2 s (sa stop ventil.), t=60 s (bez stop ventila)
1.22	Frekventni opseg i dozvoljeno vrijeme rada agregata	47 - 48		Hz		Nedozv.	Nedozv.	Nedozv.
		48 - 49		Hz		Nedozv.	Nedozv.	Nedozv.
		49 - 49.5		Hz		Nedozv.	Nedozv.	Dozvo.
		49.5 - 50.5		Hz		Dozvo.	Dozvo.	Dozvo.
		50.5 - 51		Hz		Nedozv.	Nedozv.	Nedozv.
		51 - 52		Hz		Nedozv.	Nedozv.	Nedozv.
1.23	Mogućnost i način samostalnog pokretanja (dizel agregat, kućna turbina, vanjski izvor)				ne	ne	ne	ne
1.24	Jednopolna šema elektrane							
1.25	Pogonska karta generatora							
1.26	Blok dijagram	Turbinskog regulat.						
		Sistema pobude						

⁸ - Vrijeme ulazka turbine od sinhronizacije do $P_{\min}$ /Vrijeme pokretanja turbine 0-3000 o/min/ Ukupno vrijeme pokretanja bloka do min snage

Redni broj	Opis veličine	
1.27	Zaštita – Ispad iz sinhronizma	
	G3	$Z_A = 0.54 \text{ UN/IN}$, $Z_B = 0.359 \text{ UN/IN}$, $Z_C = 0.497 \text{ UN/IN}$, $\phi 90 \text{ deg}$, WarnAngle 0 deg, TripAngle 90 deg, SlipsZone1 1, Slipszone2 1, t – Reset 5 sec
	G4	Pick-up current (pos.seq) for O/S detc. $I_1 > 1,20 \text{ I/In}$, Max.neg. seq. Current for O/S detection $I_2 < 0,20 \text{ I/In}$, Resistance of the polygon 1,40 Ohm, Reactance of the polygon (reverse direction) 3,66 Ohm, reactance of the polygon (forward dir.char.1) 1,20 Ohm, Reactance char.1-reactance char.2(forw.dir.) 1,80 Ohm, Angle of inclination of the polygon $90,0^\circ$, Repetition of characteristic 1 1, Repetition of characteristic 2 1, Holding time of fault detection 20,00s, Minimum time for signal 0,05s, Reset delay after trip o,15s, $Z_A = 1,4 \text{ Ohm}$ $Z_B = 3,66 \text{ Ohm}$ $Z_C = 1,2 \text{ Ohm}$ $Z_D = 3,0 \text{ Ohm}$
	G5	$Z_A = 0.187 \text{ UN/IN}$, $Z_B = 0.275 \text{ UN/IN}$, $Z_C = 0.147 \text{ UN/IN}$, $\phi 80 \text{ deg}$, WarnAngle 110 deg, TripAngle 90 deg, SlipsZone1 3, Slipszone2 3, t – Reset 5 sec
	G6	

2. PODACI O GENERATORU

Blok br. G3, G4, G5, G6

Redni broj	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	G3	G4	G5	G6
				K3-K4			
2.1	Nominalna prividna snaga generatora	S_n	MVA	117,5	235,3	235,3	253,3
2.2	Nominalna aktivna snaga generatora	P_n	MW	100	200	200	215
2.3	Raspoloživa snaga na pragu elektrane	P_R	MW	90	180	180	195
2.4	Tehnički minimum	P_{min}	MW	30	160	160	160
2.5	Nominalni faktor snage	$\cos\varphi_{nom}$		0,85	0,85	0,85	0,85
2.6	Faktor snage u kapacitivnom režimu	$\cos\varphi_{cap}$		0,99	0,99	0,971	0,973
2.7	Nominalni napon generatora	U	kV	10,5	15,75	15,75	15,75
2.8	Nominalna brzina	obrt.	o/min	3000	3000	3000	3000
2.9	Brzina pobjega	b_p	o/min				
2.10	Nezasi. subtranzijentna reaktansa po d osi	X_d''	p.u. (%)	0,183	0,19	0,191	0,205
2.11	Nezasićena tranzijentna reaktansa po d osi	X_d'	p.u.	0,263	0,275	0,275	0,295
2.12	Nezasićena sinhrona reaktansa po d osi	X_d	p.u.	1,635	1,74	1,725	1,7717
2.13	Nezas. subtranzijentna reaktansa po q osi	X_q''	p.u.				
2.14	Nezasićena tranzijentna reaktansa po q osi	X_q'	p.u.				
2.15	Nezasićena sinhrona reaktansa po q osi	X_q	p.u.				
2.16	Otpor armature	r_a	p.u.	1,052	1,17	1,68	1,54
2.17	Potier-ova (Leakage-ova) reaktansa	$X_p (X_l)$	p.u.				
2.18	Inverzna komponenta reaktanse	X_i	p.u. (%)	0,223	0,232	0,232	0,252
2.19	Nulta komponenta reaktanse	X_0	p.u.(%)	0,095p.u	0,083p.u	0,086p.u	0,092p.u
2.20	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d''	s	0,12	0,121	0,117	0,117
2.21	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po d-osi	T_d'	s	1,8	0,965	0,93	0,93
2.22	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po d-osi	T_{do}''	s				
2.23	Tranzijentna vremenska konstanta	T_{do}'	s	6,5	6,53	6,4	6,4

	otvorenog kola po d-osi						
2.24	Subtranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q''	s				
2.25	Tranzijentna kratkospojna vremenska konstanta po q-osi	T_q'	s				
2.26	Subtranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{q0}''	s				
2.27	Tranzijentna vremenska konstanta otvorenog kola po q-osi	T_{q0}'	s				
2.28	Vremenska konstanta armature	T_a	s	0,467	0,42	0,31	0,31
2.29	Zasićenje mašine kod napona 1.0 p.u.	$S_{G1.0}$	p.u.				
2.30	Zasićenje mašine kod napona 1.2 p.u.	$S_{G1.2}$	p.u.				
2.31	Elektromotorna sila kod punog opterećenja	E_{FDFL}	p.u.				
2.32	Koeficijent prigušenja	D	p.u.				

3. PODACI O SISTEMU POBUDE

Blok br. G3, G4, G5, G6

Redni broj	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	G3	G4	G5	G6
				K3-K4			
3.1	Vrsta i tip pobudnog sistema			SBP KE0578 / ARCEL	TIRISTOR. tip YMMF 218-3	TIRISTOR. tip UNITROL 5000	glavna-uzbudnik "DOLMEL", tip WGT- 2700-500, tir.usmjerivač "KONČAR" tip YST 2- 03 PR 14 "ASEA" rezervna- "TIRISTORSKA"
3.2	Proizvođač			GEC ALSTHOM	KONČAR	ABB, ŠVICARSKA	glavna: "DOLMEL"+KONČAR rezervna:KONČAR
3.3	Vremenski član kašnjenja dovođenja signala napona generat.	T_R	s				
3.4	Koeficijent pojačanja regulatora	K_A	p.u				
3.5	Vremenska konstanta regulatora	T_A	s				
3.6	Maksimalni izlazni napon generatora	V_{Rmax}	p.u (V)				
3.7	Minimalni izlazni napon generatora	V_{Rmin}	p.u				
3.8	Koeficijent pojačanja	K_E	p.u				

	pobudnog sistema							
3.9	Vremenska konstanta pobudnog sistema		T _E	s				
3.10	Koef.pojaćanja povratne spr.po naponu reg.		K _F	p.u				
3.11	Vremenska konstanta povratne sprege po naponu regulatora		T _F	s				
3.12	Koeficijent pojaćanja stabilizacijskih krugova sist. pobude		K _C	p.u				
3.13	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude		T _B	s				
3.14	Vremenska konstanta stabilizacijskih krugova sist. pobude		T _C	s				
3.15	75% vrijednost u odnosu na E _{FDmax}		E ₁	p.u				
3.16	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E ₁		S _E (E ₁)	p.u				
3.17	Maksimalna vrijednost E _{FDmax}		E ₂	p.u				
3.18	Koeficijent zasićenja kod vrijednosti E ₂		S _E (E ₂)	p.u				
3.19	Nazivna vrijednost uzbudnog napona		E _{FD naz}	p.u (V)				
	LIMITER MAKSIMALNE UZBUDE							
3.20	Koeficijent forsiranja pobude	po naponu	E _{FD1}	p.u	5,28 p.u. 1p.u.=79V	6,43 p.u. 1p.u.=168V	5,34 p.u. 1p.u.=118V	6,69 p.u. 1p.u.=112V
		po struji	I _{FD1}	p.u	5,26 p.u. 1p.u.=530A	5,98 p.u. 1p.u.=645A	4,2 p.u. 1p.u.=1000 A	5,43 p.u. 1p.u.=937A
3.21	Vrijeme forsiranja		T ₁	s	10	6	5	5

4. PODACI O SISTEMU TURBINSKE REGULACIJE

Blok br. G3, G4, G5, G6

Redni broj	Opis veličine	Oznaka	Jedinica	G3	G4	G5	G6
				K3-K4			
4.1	Vrsta i tip			Mehaničko hidraulička uljna regulacija	Mehaničko-hidraulička uljna regulacija	Elektrohidraulička regulacija (Siemens S7414H)	Mehaničko hidraulička uljna regulacija
4.2	Proizvođač			LZM Sankt Petersb. Rusija	LZM Sankt Petersb. Rusija	Zamech Elblag Poljska	Zamech Elblag Poljska
4.3	Stalni statizam regulatora	R	%				
4.4	Radni mod sekundarnog regulatora – regulatora brzine (LFC/FC)						
4.5	Vremenska konstanta regulatora	T_1	s				
4.6	Maksimalni položaj regulacionih ventila (limit maks. snage)	V_{max}	p.u.	Mehanič. Ograničiv. max. snage nije aktiviran, isti se u funkciju uvodi po potrebi. Max. položaj servomot-ora po skali je 250mm.	Mehanič. Ograničiv. max. snage nije aktiviran, isti se u funkciju uvodi po potrebi. Max. položaj servomot-ora po skali je 3000 mm.	Turbins. kontroler je podešen na max. snagu 210 MW.	
4.7	Minimalni položaj regulacionih ventila (limit min. snage)	V_{min}	p.u.	Turbinsk. Regulacij-om nije omogućeno limitiranje min.imal-ne snage.	Turbinsk. Regulacijom nije omogućeno limitiranje min. snage.	Turbins. kontroler nema automat-sko ogranič-enje min. snage.	
4.8	Koeficijent koji odgovara dijelu snage turbine koji se razvija u turbini visokog pritiska	T_2/T_3	s				
4.9	Vremenska konstanta međupregrijača	T_3	p.u.	Na bloku 3 nema međupreg-rijača			
4.10	Dio snage turbine, koji se razvije u dijelu turbine, prije brzog otvaranja ventila	K	s				
4.11	Koeficijent prigušenja turbine	D_t	s				
4.12	Vremenska konstanta smanjenja snage nakon zatvaranja ventila	T_t	p.u.				
4.13	Vrijeme zatvaranja servomotora regulacionih ventila nakon inicijalizacije	T_A	s		Vrijeme potpunog zatvaranja nakon inicijalizacije:	Vrijeme potpunog zatvaranja nakon inicijalizacije: 0,58s Vidjeti formular: br.8012289	

					0,62 s Vidjeti formular: Φ- 1861-A		
4.14	Vrijeme inicijalizacije otvaranja regulacionog ventila	T_B	p.u.				
4.15	Vrijeme potpunog otvaranja regulacionog ventila nakon inicijalizacije otvaranja	T_C	s				
4.16	Neravnomjernost regulacije broja obrtaja		%	$4 \pm 0,75$	$4,0 \pm 0,5$		
4.17	Maksimalna neosjetljivost regulacije brzine		%	0,3	0,3		
4.18	Relativna neravnomjernost regulatora brzine (za interval: 2800-3200 o/min.)		%/m m	$5,2 \pm 0,5$	$5,2 \pm 0,5$		
4.19	Neosjetljivost sistema regulacije		mHz			± 10	
4.20	Statička karakteristika regulacije Ovaj parametar se može podešavati 0- 10%		%			$4,0 \pm 0,5$	

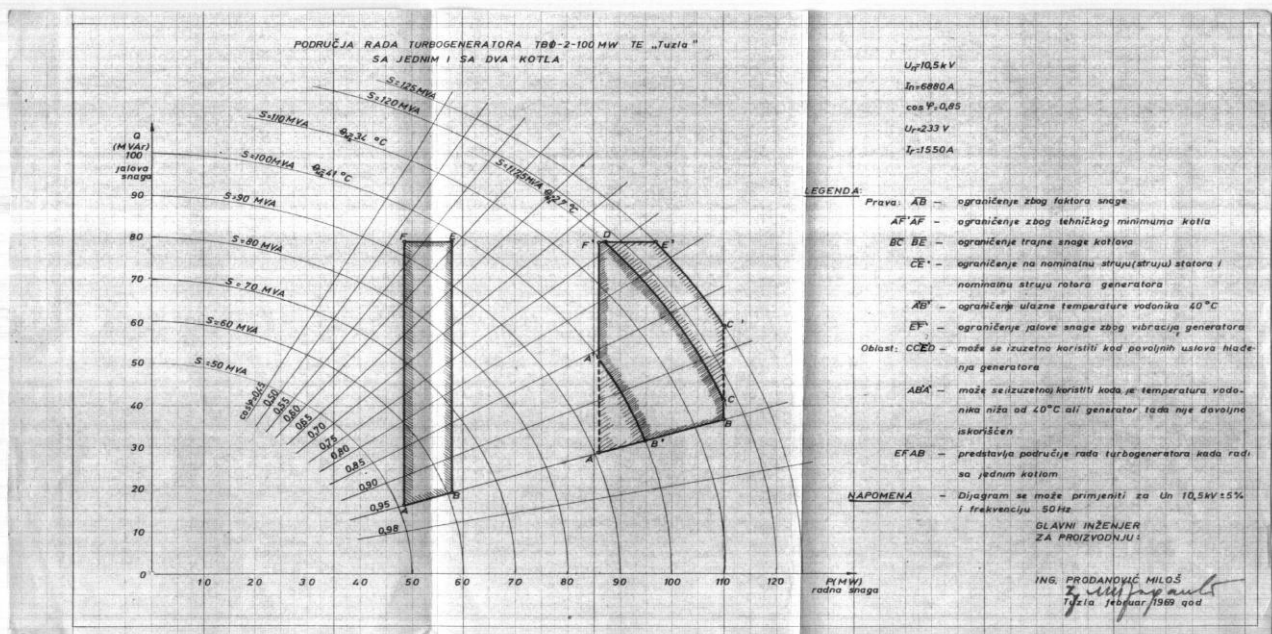
NAPOMENA: Ne posjedujemo konkretne podatke za ovu turbinu bloka 6. Pošto se radi o istoj vrsti turbine, podaci koji su dati za turbine bl.4 i bl.5 su po vrijednostima približno jednaki i za turbinu bloka 6.

5. PODACI O BLOK TRANSFORMATORU

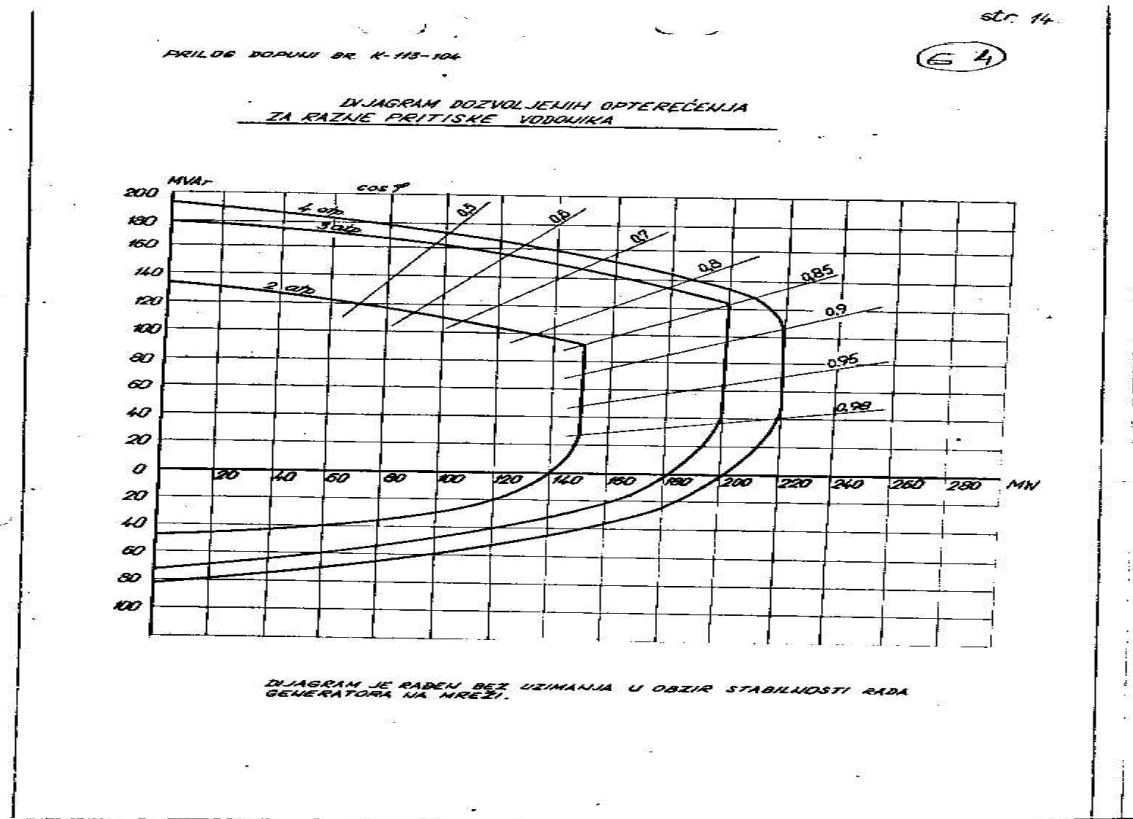
Blok br. G3, G4, G5, G6

Redni broj	Opis veličine		Oznaka	Jedinica	G3	G4	G5	G6
					K3-K4			
5.1	Vrsta i tip				Trofazni dvonam. trafo	Trofazni dvonam. trafo	Trofazni dvonam. trafo	Trofazni dvonam. trafo
5.2	Proizvođač				Siemens	Končar	Elta	Elta
5.3	Nazivna snaga transformatora		S_n	MVA	125	240	240	240
5.4	Prenosni odnos transformatora		U_1/U_2	kV/kV	10,5/120	15,75/230	15,75/250	15,75/250
5.5	Sprega transformatora				YNd5	YNd5	YNd5	YNd5
5.6	Regulacioni opseg transformatora			%		$\pm 2 \times 2,5\%$		
5.7	Napon kratkog spoja transformatora		u_K	%	11,9	12,06	14,48	13,77
5.8	Gubici	u bakru	P_{Cu}	kW	339	682,9	817	799,5
5.9		u gvožđu	P_{Fe}	kW	78,3	133,7	169,5	194
5.10		ukupno		kW		857	1027	1034
5.11	Način hlađenja transformatora				OFAF	OFAF	OFAF	OFAF
5.12	Nači uzemljenja				direktno	direktno	direktno	direktno

G3 – POGONSKA KARTA



G4 – POGONSKA KARTA



Формуляр испытания системы
регуляр. на станции турб. Ф-1861-А
№ 200-130 Лист 12

Испытание защиты

А. Срабатывание электромагнита при пост. токе 110 В. В. Срабатывание от кнопки ручного включения турбины: пост. токе 220 В.

Давление к электромагнитному выключателю А В не более 1 кг/см²

сервомотор рет.кл. а б закрыт

сервом. автом. затвора в б закрыт

2. Посадка импульсного золотника ЗРБ:
N1 аа вызывает срабатывание защиты
N2 аа вызывает срабатывание защиты

3. Случаев отказа ЗРБ при его введении во время испытаний нет нет.

Осциллографирование узлов системы регулирования

При осциллографировании установить механ. управления в такое положение, при котором сервомотор клапанов ЦВД и ЦСД открыт на 280 мм.

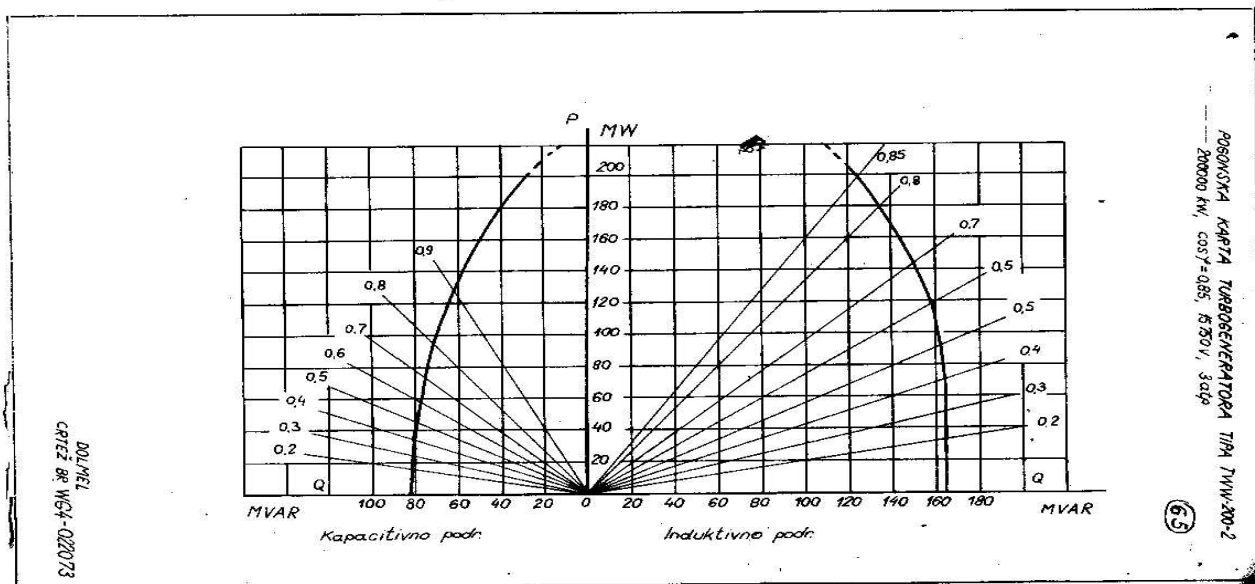
Различение объектов осциллографирования по осциллограммам может быть изменено.

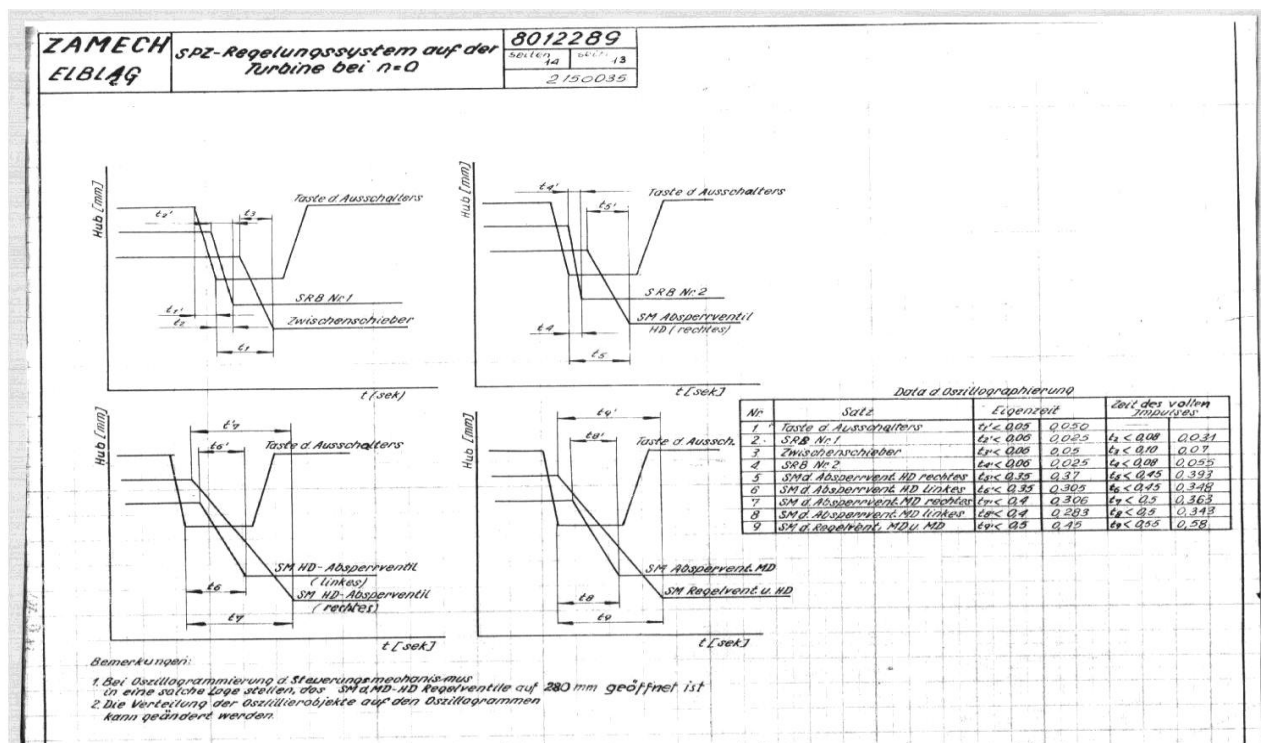
По данным осциллографирования

№	Узел	Собственное время	Время от конца движения кнопки до конца движения штифта
1	Кнопка выключения	$t_1 < 0,05$	0,05
2	ЗРБ N°1	$t_2 < 0,06$	$t_2 < 0,08$
3	Пром. золотник	$t_3 < 0,06$	$t_3 < 0,10$
4	ЗРБ N°2	$t_4 < 0,06$	$t_4 < 0,08$
5	Серв. авт. затв. правый	$t_5 < 0,35$	$t_5 < 0,45$
6	Серв. авт. затв. левый	$t_6 < 0,35$	$t_6 < 0,45$
7	Серв. защитн. клап. прав.	$t_7 < 0,4$	$t_7 < 0,5$
8	Серв. защитн. клап. левый	$t_8 < 0,4$	$t_8 < 0,5$
9	Сервом. клапанов ЦВД и ЦСД	$t_9 < 0,5$	$t_9 < 0,65$

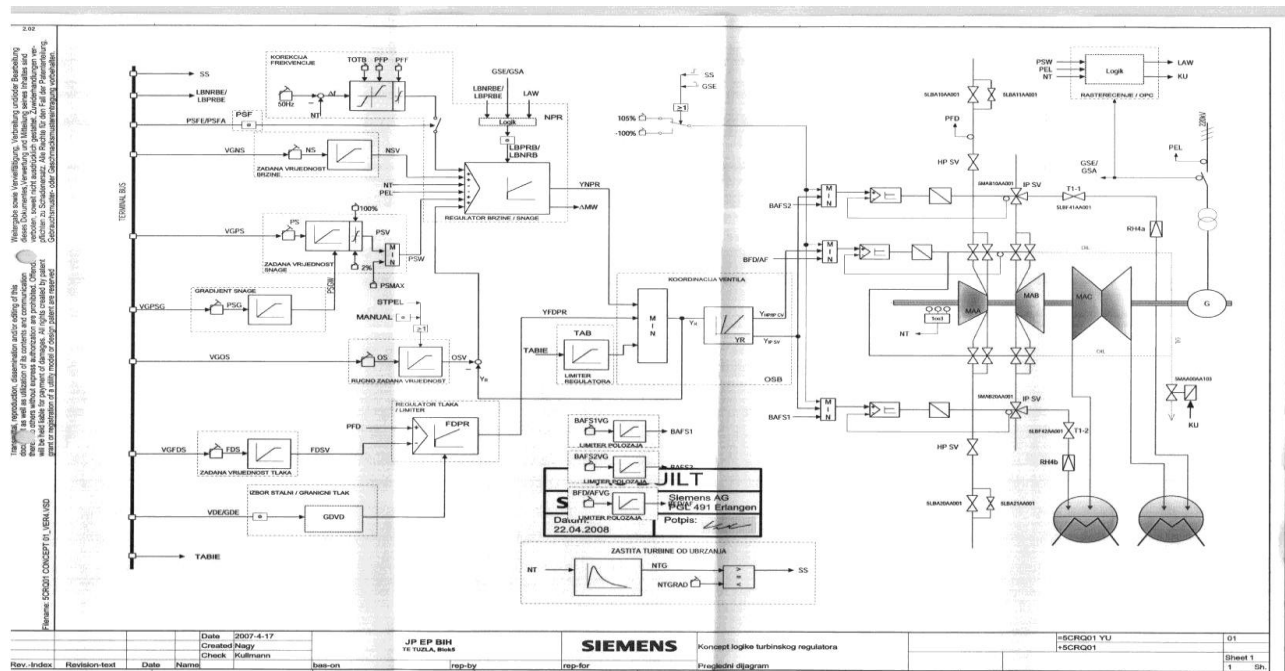
G4 - mjerni formular br.Ф-1861-А sa временима zatvaranja servomotora stop ventila VP i SP kao i servomotora regulacionih ventila turbine, od momenta inicijalizacije (prorade) elektromagneta isključenja turbine. U tablici su prikazane izmjerene vrijednosti utvrđene tokom montaže turbine 1971.g.

G5 – POGONSKA KARTA



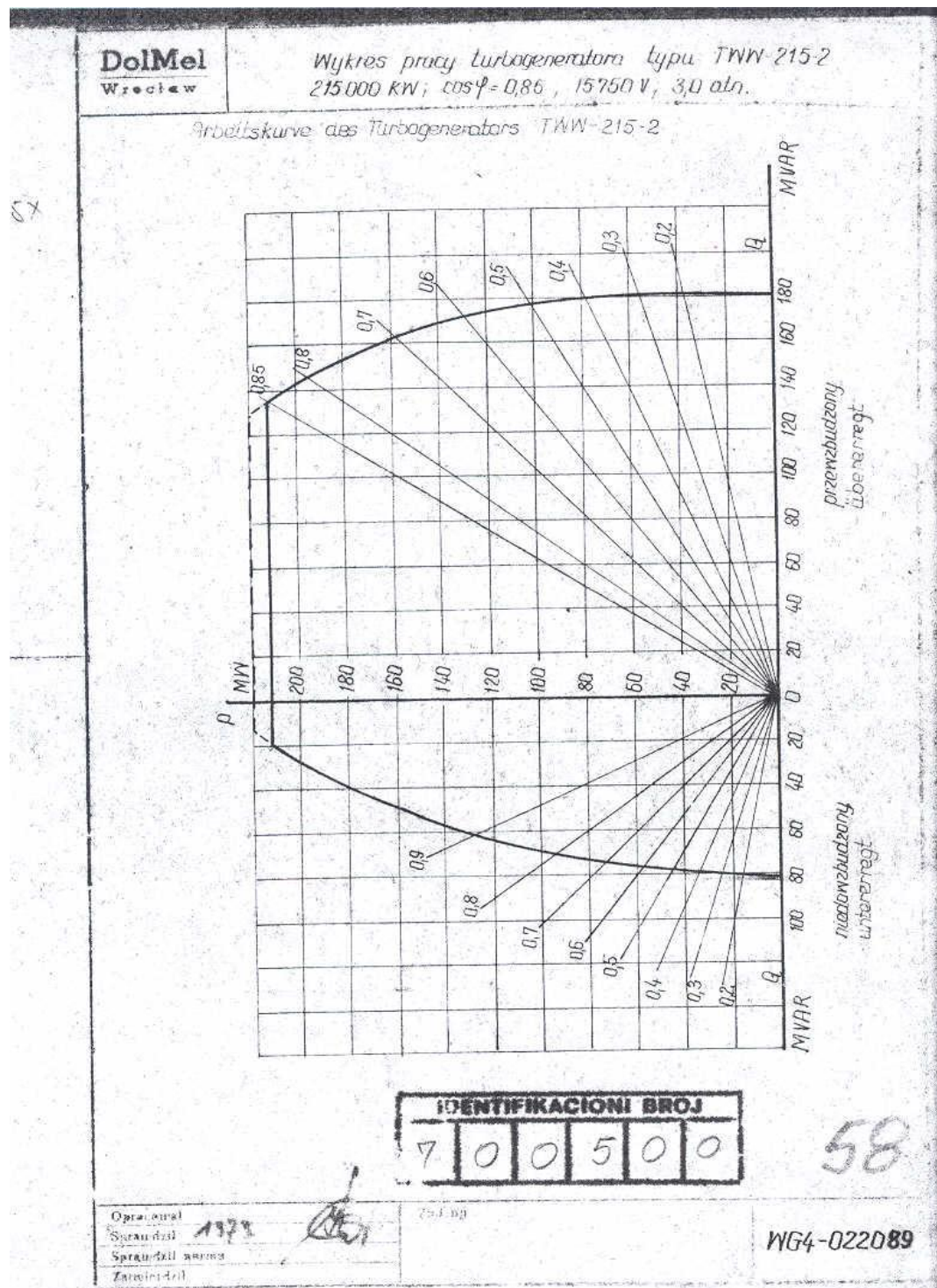


G5 - mjerni formular br.8012289 sa vremenima zatvaranja servomotora stop ventila VP i SP kao i servomotora regulacionih ventila turbine, od momenta inicijalizacije (prorade) elektromagneta isključenja turbine. U tablici su prikazane izmjerene vrijednosti utvrđene tokom montaže turbine 1971.g. Ove vrijednosti su mjerene tokom modernizacije turbine 2008.g. i iste su bliske vrijednostima datim u prilogu br.8012289.

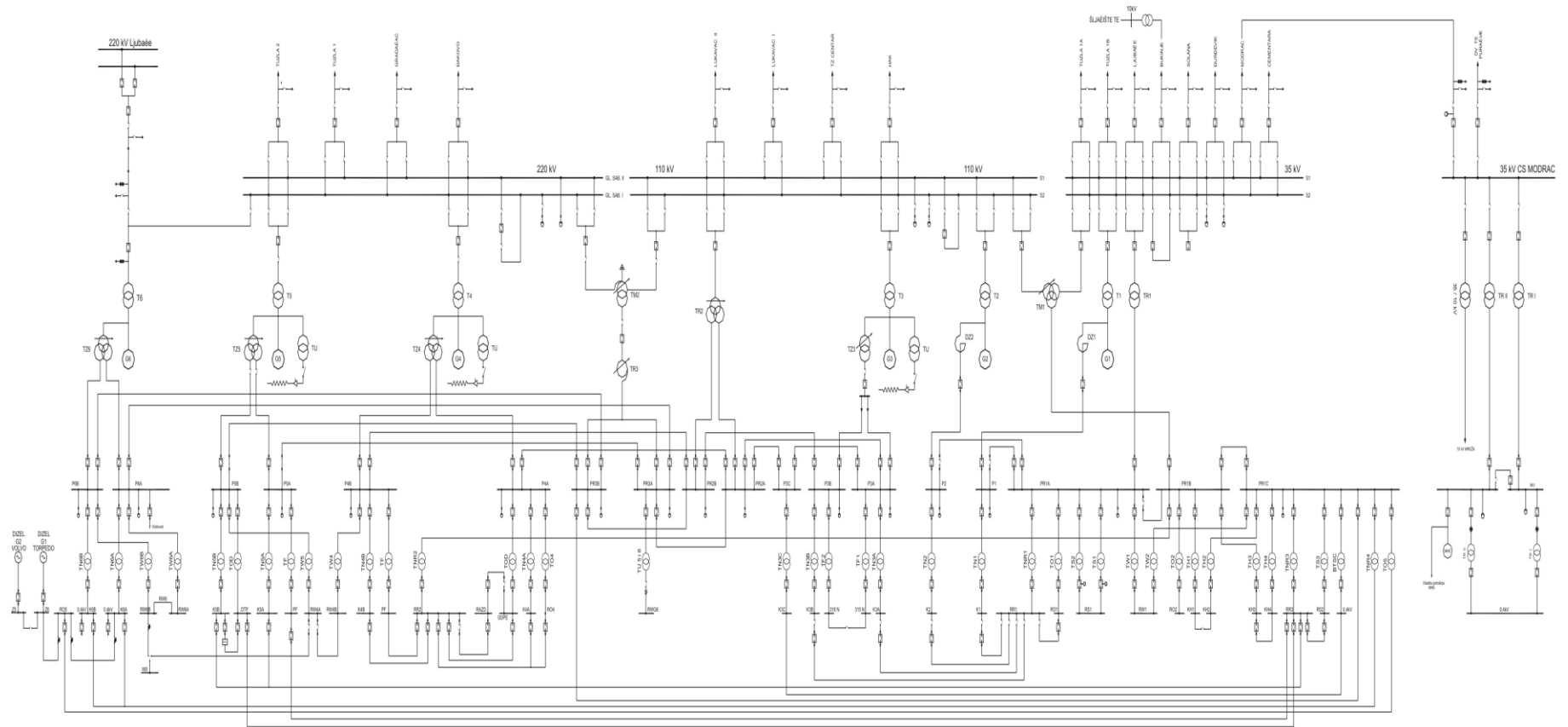


G5 - šema br. 5CRQ01, Koncept turbinskog regulatora turbine TK200. Šema je preuzeta iz projekta modernizacije regulacije turbine koji je realizovala firma Siemens na bloku 5 TE Tuzla. Termoelektrana Tuzla posjeduje projekat modernizacije turbinske regulacije. Ova šema, prema ugovornim odredbama, je namijenjena za internu upotrebu i nije dozvoljeno umnožavanje i distribucija iste bez saglasnosti vlasnika.

G6 – POGONSKA KARTA



JEDNOPOLNA ŠEMA TE TUZLA



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

