

Revitalizacija turbinskog postrojenja

Štanjer, Mišel

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:440739>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-05**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
STROJARSKI ODJEL
PROIZVODNO STROJARSTVO**

Stručni studij strojarstva

MIŠEL ŠTANJER

**REVITALIZACJA TURBINSKOG
POSTROJENJA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:
Viši predavač:
Tomislav Božić, dipl. ing.

Karlovac, Veljača 2017.

IZJAVA

Izjavljujem pod punom materijalnom i moralnom odgovornošću da sam diplomski rad sa temom „Revitalizacija turbinskog postrojenja“ izradio potpuno samostalno, koristeći se znanjem stečenim tijekom studija, te iz radnog iskustva, služeći se internetom, te uz potrebne konzultacije, savijete i uporabu navedene literature.

Stručnu pomoć u odabiru literature, definiranju postupaka, te korisnim savjetima prilikom izrade diplomskog rada, pružio mi je mentor Tomislav Božić, dipl. ing.

Mišel Štanjer



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Trg J. J. Strossmayera 9
HR • 47000 Karlovac • Croatia
tel. +385 (0)47 843-510
fax. +385 (0)47 843-579
e-mail: referada@vuka.hr



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni / specijalistički studij:.....Strojarstvo
(označiti)

Usmjerenje:.....Proizvodno strojarstvo .Karlovac, ...31.03 2016.....

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student:.....Mišel Štanjer..... Matični broj: 0110614094

Naslov: Revitalizacija turbinskog postrojenja

Opis zadatka:

U završnom radu opisati postupke koji obuhvaćaju cjelokupne aktivnosti na revitalizaciji postrojenja sa parnim turbinama. Obzirom na snimku zatečenog stanje opreme, dijelova i sklopova, temeljeno na defektacijskim zapisima, odrediti tokove aktivnosti do finalizacije i probnog rada svih zamijenjenih dijelova ili sklopova. U praktičnom dijelu rada opisati sve provedene aktivnosti na parnoj turbine 120kW. Opisati sve kontrolne aktivnosti provedene na turbini sa prikazom kontrolnog zapisa nakon probnog rada. Opisati eventualne nesukladnosti te predložiti način dovođenja u zadovoljavajuće eksploatacijske normative.

Zadatak zadan:

31.03.2016

Mentor:

Rok predaje rada:

22.04.2016.

Predviđeni datum obrane:

29.04.2016.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

Sažetak

Ovim završnim radom dan je sažeti pregled rekonstrukcije i modernizacije jednog turbo postrojenja koje kao rezervni pogonski agregat služi za pogon ventilatora zraka za napajanje parnog kotla.

Ovaj konkretan turboagregat sastoji se od parne turbine, reduktora, uključno-isključne spojke, te ventilatora zraka za napajanje parnog kotla.

Obim radova potrebnih za izvođenje rekonstrukcije i modernizacije, sastoji se od:

- pregled i utvrđivanje trenutnog stanja opreme na lokaciji korisnika
- demontaža postojećeg turboagregata i opreme sa temeljne ploče
- doprema u tvorničku radionicu
- defektaža postojećeg stanja turbine, reduktora i uključno-isključne spojke
- servis turbine, reduktora i uključno-isključne spojke
- popravak i zamjena standardnih rezervnih dijelova novim, te izrada potrebnih novih pozicija/dijelova
- rekonstrukcija nekih postojećih sklopova, te izrada novog Ventila Svježe Pare
- izrada novih uljnih spremnika i cjevovoda
- tvornička montaža agregata
- isporuka i montaža agregata na lokaciji korisnika
- ispitivanje i podešavanje regulacije i upravljanja, te sigurnosnih sustava
- puštanje u probni rad i predaja

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1 Povijest.....	1
1.2 Parna turbina.....	1
2. TEHNIČKI ZADATAK REKONSTRUKCIJE I MODERNIZACIJE	3
3. TEHNIČKI PODACI	5
3.1. Uvod.....	6
3.2. Osnovni tehnički podaci.....	6
3.3. Radovi na rekonstrukciji i modernizaciji turbina.....	7
3.3.1 Inspekcijski pregled sadašnjeg stanja postojećeg agregata	7
3.3.2 Demontaža i otprema dijelova agregata u TTK.....	7
3.3.3 Izrada detaljnog defektažnog zapisnika s detaljnim opisom aktivnosti.....	7
3.3.4 Rekonstrukcija uljno – regulacijskog sistema.....	7
3.3.5 Rekonstrukcija parne turbine.....	9
3.3.6 Elektro oprema.....	9
3.3.7 Završna montaža svih elemenata i probni pogon.....	10
3.3.8 Obaveze naručitelja.....	10
3.4. Lokalno upravljanje i instrumentacija.....	11
3.5. Daljinsko upravljanje i instrumentacija.....	11
3.6. Opis rada nakon rekonstrukcije.....	12
4. DEFEKTAŽNI ZAPISNIK	15
5. TOKOVI AKTIVNOSTI NAKON DEMONTAŽE	19
6. POPIS DJELOVA ZA IZRADU I ZAMJENU NOVIMA	20
7. IZVJEŠTAJ SNIMLJENE STATIKE SERVOMOTORA	24
7.1. Uvod.....	26
7.2. Opći podaci o turbini.....	26
7.3. Upotrebljena instrumentacija.....	27
7.4. Način snimanja.....	27
7.5. Rezultati.....	27
7.6. Statička karakteristika servomotora.....	28
8. ISPITIVANJE METODAMA BEZ RAZARANJA	29
8.1. Uvod.....	31
8.2. Svrha i opseg ispitivanja.....	31
8.3. Provođenje ispitivanja.....	31
8.3.1 Ispitivanje metodama bez razaranja.....	31
8.3.2 Izvještaji o provedenom ispitivanju metodama bez razaranja	31
8.3.3 Oprema i sredstva za provođenje ispitivanja	32
8.4. Rezultati ispitivanja	32
8.5. Zaključak.....	32
8.6. Izvještaji ispitivanja metodama bez razaranja.....	33
9. DINAMIČKO URAVNOTEŽIVANJE ROTORA	36
9.1 Atest o uravnoteživanju.....	36
10. PRIMOPREDAJNI ZAPISNIK SA ZAVRŠNOG ISPITIVANJA TURBINE	39
10.1 Priprema turbine za ispitivanje TTQ-6.....	40
10.2 Program ispitivanja turbine tip TTK 0-PR 001.....	42
10.3 Program rada funkcionalnog ispitivanja turbine ventilatora.....	43
11. ZAKLJUČAK	47
12. POPIS LITERATURE	48

POPIS FOTOGRAFIJA

Fotografija 3.1 Stanje turboagregata prije demontaže.....	13
Fotografija 3.2 Stanje turbine prije demontaže.....	13
Fotografija 3.3 Stanje turboagregata prije demontaže.....	14
Fotografija 3.4 Demontaža turboagregata.....	14
Fotografija 4.1 Defektaža reduktora.....	17
Fotografija 4.2 Defektaža kućišta turbine, SLB-a i GUP-e.....	17
Fotografija 4.3 Podmontaža turbine.....	18
Fotografija 4.4 Podmontaža reduktora i uključno-isključne spojke.....	18
Fotografija 6.1 Montaža reduktora i uključno-isključne spojke.....	21
Fotografija 6.2 Montaža turbine.....	21
Fotografija 6.3 Montaža turboagregata.....	22
Fotografija 6.4 Montaža cjevovoda i uljnog spremnika.....	22
Fotografija 6.5 Montaža lokalne instrumentacije.....	23
Fotografija 6.6 Montaža E/H pretvarača, punjenje uljnog spremnika.....	23
Fotografija 9.1 Osovina i rotor turbine na stroju za uravnoteživanje.....	38
Fotografija 9.2 Osovina i rotor turbine na stroju za uravnoteživanje.....	38

1. UVOD

1.1 Povijest

Prvi uređaj koji je mogao biti kvalificiran kao parna turbina je bio nalik na igračku, zvao se Eolipile ili Heronova kugla. Opisao ga je još u prvom stoljeću Heron iz Aleksandrije. Nakon više od tisuću godina napravljena je prva parna turbina s praktičnom primjenom i to 1551. u Egiptu.

Modernu parnu turbinu je osmislio Englez Charles Algernon Parsons 1884., čiji je prvi model bio spojen na dinamo koje je generiralo 7,5 kW električne struje. Nakon ovoga izuma svijet nije više bio isti, omogućena je jeftinija električna energija i došlo je do znatnog napretka i revolucije u pomorskom prometu. Ispostavilo se da je Parsonsovu turbinu bilo veoma jednostavno nadograditi. Kapacitet njegovih generatora narastao s početnih 7,5 kW na 50 000 kW. Za njegova života kapacitet je porastao 10 000 puta u odnosu na početni izum.

1.2 Parna turbina

Parna turbina je rotacijski toplinski stroj u kojem se energija vodene pare visokog tlaka i temperature najprije pretvara u kinetičku energiju strujanja, a potom u mehanički rad, vrtnju rotora. Najčešće se koristi za pogon električnih generatora, crpki (pumpi), kompresora, brodskih vijaka i drugog. Danas se parne turbine znatno razlikuju po snazi (od desetak kilovata do nekoliko tisuća megawata) i izmjerama (promjera od nekoliko desetaka centimetara do nekoliko metara). Osnovni je dio turbine rotor. Kod najjednostavnije se turbine sastoji od vratila s diskom, po obodu kojega su raspoređene aerodinamički oblikovane rotorske lopatice. Ispred rotora smještene su, također aerodinamički oblikovane, statorske lopatice (sapnice), koje toku pare na ulazu u rotorske lopatice daju povoljan smjer i brzinu. Nosi ih kućište turbine, koje ujedno odvaja radni prostor turbine od okoliša. Jedan red statorskih i rotorskih lopatica čini stupanj parne turbine.

Turbina koja ima samo jedan stupanj naziva se jednostupanjska turbina. Višestupanjska turbina može imati i do pedesetak stupnjeva; kod nje se diskovi s rotorskim lopaticama ugrađuju na zajedničko vratilo jedan iza drugoga, a redovi statorskih lopatica učvršćuju se u kućište ispred svakoga diska. Veći broj stupnjeva podiže iskoristivost turbine jer se postupnom pretvorbom učinkovitije iskorištava energija vodene pare. Kod višestupanjskih turbina vrlo velikih snaga sve stupnjeve nije moguće staviti unutar jednoga kućišta, pa se izvode kao višekućišne turbine, s visokotlačnim, srednjotlačnim i niskotlačnim kućištem. Kod njih su rotori međusobno spojeni spojkama. S obzirom na smjer strujanja pare, turbine se dijele na aksijalne i radijalne.

Kod aksijalnih turbina, kakve se danas većinom primjenjuju, vodena para struji paralelno s osi vrtnje rotora, a kod radijalnih turbina okomito na os. S obzirom na način rada, parne turbine mogu biti akcijske (impulsne), reakcijske, ili kombinirane (akcijsko-reakcijske). Kod akcijskih turbina promjena tlaka (ekspanzija) u potpunosti se odvija u statorskim lopaticama. U rotorskim lopaticama tako dobiven tok pare velike brzine, to jest kinetičke energije, mijenja samo smjer, bez promjene tlaka. Djelovanjem impulsa pare na rotorske lopatice ostvaruje se vrtnja rotora i odvođenje korisne snage, pa para izlazi s nižom kinetičkom energijom. Na takvu načelu radi i de Lavalova turbina (nazvana prema C. G. P. de Lavalu). Kod reakcijskih turbina ekspanzija se odvija dijelom u statorskim, a dijelom i u rotorskim lopaticama, u kojima se toku pare mijenja smjer, ali istodobno dolazi i do promjene tlaka. Turbina kod koje se od ukupne toplinske energije polovica promjene energije odvija u statorskim, a druga polovica u rotorskim lopaticama, prema svojem se izumitelju naziva Parsonsova turbina. Kako para struji kroz višestupanjsku turbinu, tako joj se povećava specifični obujam i do 1 000 puta. Zbog toga svaki sljedeći stupanj turbine ima veće lopatice i promjer od prethodnoga, kako bi učinkovito iskorištavao energiju ekspandirajuće pare. Povećanje duljine lopatica i njihova promjera daje parnim turbinama svojstven stožasti oblik.

Već prema tomu je li tlak na izlazu iz turbine niži ili viši od atmosferskoga, parne turbine mogu biti kondenzacijske ili protutlačne. Kod kondenzacijske turbine para nakon obavljenoga rada odlazi u parni kondenzator, gdje se kondenzira. Budući da je obujam vode mnogo manji od obujma pare (oko 1600 puta), u kondenzatoru se stvara vakuum, koji omogućava veću ekspanziju pare u turbini, a time i veću jediničnu snagu kondenzacijskih turbina. Voda se pumpa natrag u generator pare kako bi ponovno bila pretvorena u paru. Kod protutlačne turbine para ekspandira do tlaka koji je znatno viši od atmosferskoga, pa na izlazu još uvijek ima znatnu toplinsku energiju, koja se koristi za grijanje zgrada i različite tehnoloških procese u industriji. U iste svrhe koriste se i kondenzacijske i protutlačne turbine s reguliranim i nereguliranim oduzimanjem pare, kod kojih se dio pare oduzima nakon jednog ili više stupnjeva turbine.

2. TEHNIČKI ZADATAK REKONSTRUKCIJE I MODERNIZACIJE REGULACIJE TURBINA 120 kW, OZNAKE 341 TK 001/2 ZA POGON VENTILATORA KOTLA G-001 / 002

Proizvođač Tvornica turbina d.o.o., Karlovac,

Tip O-PR 00,1

Ugrađene su parne turbine, 2 komada, 120 kW Tip O-PR 00.1, proizvođača Tvornica turbina - Karlovac, interne oznake **341 TK 001** i **341 TK 002**, koje pogone ventilatore kotlova G-001 i G-002 u slučaju nestanka napajanja pogonskih elektromotora.

Trenutno ugrađen sustav za upuštanje i regulaciju rada turbine ne zadovoljava nove zahtjeve za automatskim startom i regulacijom rada turbina kako bi se spriječili neželjeni ispadi kotla u slučaju nestanka napajanja pogonskih elektromotora ventilatora.

Potrebno je napraviti rekonstrukciju i modernizaciju svih potrebnih električnih, mehaničkih i hidrauličkih elemenata sustava po sistemu „ključ u ruke“ a kako bi se omogućio automatski start turbina prema zadanim uvjetima te stabilan i pouzdan rad ventilatora kako bi se ostvario stabilan dovod zraka u gorionike kotlova.

Prilikom starta turbine potrebna je brza sinhronizacija i stabilizacija broja okretaja na vrijednost pri kojoj su ventilatori radili prije ispada elektro motora koji su regulirani putem frekventnog pretvarača, a u kratkom vremensku roku kako ne bi došlo do poremećaja dobave zraka i uključenja blokade sustava tj. ispada kotlova.

Novo implementirani sustav ne smije biti podložan bilo kakvim vanjskim poremećajima (npr. naglog povrata električnog napajanja pogonskih elektro motora ventilatora).

UVJETI ZA START TURBINE:

1. u slučaju nestanka napona i ispada elektro pogonskih elektro motora
2. u slučaju pada tlaka u tlačnom vodu ventilatora
3. u slučaju ručnog starta od strane operatera

Potrebno je proučiti izvedeno stanje te po potrebi i tehničkom rješenju ponuditelja izvršiti slijedeće:

- rekonstrukcija ili zamjena postojećeg regulacionog ventila svježe pare s odgovarajućim hidrauličkim servo motorom
- rekonstruirati sustav mjerenja brzine vrtnje turbine
- ugradnja elektronskog regulatora brzine vrtnje i EH pretvarača renomiranih proizvođača i odgovarajućih karakteristika
- po potrebi rekonstruirati postojeći uljni sustav (glavna uljna pumpa, pomoćna elektro uljna pumpa, tank ulja s uljokazom, filter ulja) koji će zadovoljiti nove hidraulične elemente i stabilan rad sustava
- rekonstrukcija zaštite od prekoračenja brzine vrtnje
- rekonstrukcija postojećih cijevovoda po potrebi (uljovoda, impulsnog ulja, ulaz svježe pare)
- ugradnja sve potrebne nove instrumentacije, EM ventila i elektro ormarića
- izvedba potrebnih lokalnih ožičenja i spoja sa DCS-om
- integracija i potrebne izmjene u Honeywell sustavu

Ponuđač mora imati na raspolaganju originalnu tvorničku dokumentaciju ugrađenih elemenata ili potvrdu proizvođača da će istu imati na raspolaganju za potrebe izvedbe potrebnih radova.

Turbina i pripadajuća oprema nije smještena u Ex zoni.

3. TEHNIČKI PODACI

SADRŽAJ

3.1. UVOD

3.2. OSNOVNI TEHNIČKI PODACI

3.3. RADOVI NA REKONSTRUKCIJI I MODERNIZACIJI TURBINA VENTILATORA G01 I G02

3.3.1 Inspekcijski pregled sadašnjeg stanja postojećeg agregata

3.3.2 Demontaža i otprema dijelova agregata u TTK

3.3.3 Izrada detaljnog defektažnog zapisnika s detaljnim opisom
aktivnosti

3.3.4 Rekonstrukcija uljno – regulacijskog sistema

3.3.5 Rekonstrukcija parne turbine

3.3.6 Elektro oprema

3.3.7 Završna montaža svih elemenata i probni pogon

3.3.8 Obaveze naručitelja

3.4. LOKALNO UPRAVLJANJE I INSTRUMENTACIJA

3.5. DALJINSKO UPRAVLJANJE I INSTRUMENTACIJA

3.6. OPIS RADA NAKON REKONSTRUKCIJE

3.1. UVOD

Radi podizanja pouzdanosti i kontinuiteta pogona predmetnih turbina potrebno je izvršiti rekonstrukciju i modernizaciju sustava regulacije turbina ventilatora zraka. Potrebna nova oprema biti će instalirana na postojeće parne turbine te povezana na postojeći upravljački sustav energane (DCS). Sva potrebna mjerenja, ispitivanja i analize, podešavanja, puštanje u probni rad nakon izvršene rekonstrukcije, izrada izvješća, izrada uputa za rad te obuka procesnog osoblja, sve po sistemu „ključ u ruke“.

3.2. OSNOVNI TEHNIČKI PODACI

• Količina:	2 kom
• Proizvođač:	Tvornica turbina d.o.o., Karlovac
• Tip:	OPR 00,1
• Namjena:	Za pogon ventilatora zraka
• Način gradnje:	Akcijska, protutlačna, jednokućišna
• Nazivna snaga:	120 kW
• Broj okretaja turbine:	2970 °/min
• Kritična brzina vrtnje turbine:	9160 °/min
• Tlak ulazne pare:	13 bar g
• Temperatura ulazne pare:	280 °C
• Tlak izlazne pare:	0.7 bar g
• Nom. maseni protok pare	4600 kg/h
• Brzina vrtnje reduktora:	1485 °/min
• Rashladni medij za turbinu:	
- vrsta	svježa voda
- količina	6.5 m ³ /h
- tlak	2.5 bar g
- maksimalna ulazna temperatura	30 °C

Priključne mjere

• Ulaz svježe pare:	DN100 PN64
• Ispuh pare iz turbine:	DN250 PN10

3.3. RADOVI NA REKONSTRUKCIJI I MODERNIZACIJI TURBINA VENTILATORA ZRAKA G01 I G02

3.3.1 Inspekcijski pregled sadašnjeg stanja postojećeg agregata

3.3.2 Demontaža i otprema dijelova agregata u TTK

3.3.3 Izrada detaljnog defektažnog zapisnika s detaljnim opisom aktivnosti

3.3.4 Rekonstrukcija uljno – regulacijskog sustava:

- dodatni spremnik ulja

Izdvojen od temeljne ploče turbine (zasebna jedinica)

- ° Uljno punjenje 0.15-0.17 m³
- ° Klasa viskoziteta ISO VG 46 DIN 51 519

- elektro uljna pumpa

- ° Izvedba vijčana pumpa
- ° Pogon elektromotor (sa sigurnog izvora – UPS)
- ° Kapacitet ~32 l/min
- ° Tlak 10 bar g
- ° Snaga na vratilu pumpe 1.3 kW
- ° Instalirana snaga el. motora 1.5 kW, 1 x 230 V AC

- filter ulja

- ° Izvedba jednostruki, NO 20 sa indikacijom zaprljanja
- ° Finoća filtracije 25 μm

- novi servo motor ventila svježe pare

- ° Proizvođač TTK
- ° Izvedba sa prihvaćem i hidrauličkim pojačalom, pneumatsko izvrštavanje

- regulacijsko brzozatvarajući ventil

° Proizvođač	TTK
° Tip	jednosjedišni, rasterećeni s konusom
° Broj ventila	1
° Dimenzija ventila	NO 100

- uljovod radnog i regulacijskog ulja

Kompletna rekonstrukcija postojećeg uljovoda.

- novi E/H pretvarač

° Tip	VOITH
° Upravljanje	4 – 20 mA
° Izlazni tlak regulacionog ulja	1 – 3 bar g
° Napajanje	24 V DC

- ugradnja davača impulsa brzine na postojeće vratilo

- ugradnja elektro magnetnog ventila na pneumatskom vodu za izvrštavanje turbine

° Broj komada	1
° Napajanje	24 V DC
° Pneumatski priključak	¼" ženski
° Tlak zraka	7 bar g
° Protok zraka	1000 l/min

- novi hladnjak ulja

° Proizvođač	TTK
° Rashladna voda	slatka; 6.5 m ³ /h
° Ulazna temp. rashladne vode	maks. 30 °C (slatka voda)
° Smještaj	u dodatnom spremniku ulja

- završna montaža svih elemenata uljno regulacijskog sistema na temeljnu ploču

3.3.5 Rekonstrukcija parne turbine

- povećanje snage turbine (ugradnja dodatne sapnice) za cca 15%.
Povećanje potrošnje pare na 7800 kg/h.
- rekonstrukcija stražnjeg ležajnog bloka (odvodnja ulja, distribucija ulja prema regulacijskom ventilu)
- uklanjanje mehaničkog uređaja za izvrštavanje
- izrada nove izolacije i oplata
- AKZ
- montaža na temeljnu ploču (centriranje i priprema za start agregata)

3.3.6 Elektro oprema

- sonde za mjerenje brzine vrtnje
 - ° Proizvođač Braun - Tacho
 - ° Broj komada 3
 - ° Napajanje 24 V DC
 - ° Signal 24 VDC pravokutni impulsni
 - ° Montaža dužinom M12 x 1 navoj cijelom
 - ° Izvedba sigurnost 2/3
- elektronički sustav za regulaciju brzine vrtnje
 - ° Proizvođač Honeywell
 - ° Platforma Honeywell C200
 - ° Vrsta opreme procesni kontroler
 - ° Izlazni signal 4 – 20 mA
- elektronički sustav za zaštite
 - ° Proizvođač Honeywell
 - ° Platforma Honeywell FSC
 - ° Zaštita (2/3 tip) prekoračenje brzine vrtnje

- pretvarači frekvencije

° Proizvođač	Pepperl – Fuchs
° Vrsta opreme	duplikator signala / pretvarač Hz...mA
° Broj komada	3
° Napajanje	24 V DC
° Ulazni signal impulsni	24 VDC pravokutni

- električne instalacije

- ° Projektiranje i izvedba ožičenja za mjernu, regulacijsku i energetska opremu

3.3.7 Završna montaža svih elemenata i probni pogon

3.3.8 Obaveze naručitelja

Za siguran i pouzdan rad turboagregata potrebno je osigurati siguran izvor napajanja elektro uljne pumpe (UPS), kao i kontinuiranu opskrbu tehničkim zrakom cca 7 bar g.

3.4 LOKALNO UPRAVLJANJE I INSTRUMENTACIJA

Lokalno upravljanje turbinama G01 i G02 je vrlo ograničeno u smislu mogućnosti u usporedbi sa daljinskim upravljanjem. Lokalno na turbini nalazi se tipkalo za ručno izvrštavanje u nuždi i to je jedina mogućnost lokalnog djelovanja na rad turbine.

Lokalna instrumentacija koja se nalazi na svakoj turbini sastoji se od sljedećih mjerenja:

- tlakovi pare na ulazu i izlazu iz turbine i tlak regulacijskog ulja
- temperatura ulja u hladnjaku
- prikaz mjerenja brzine vrtnje

3.5 DALJINSKO UPRAVLJANJE I INSTRUMENTACIJA

Daljinsko upravljanje turbine omogućuje start i zaustavljanje turbine, izvrštavanje u nuždi i regulaciju broja okretaja turbine. Svi parametri stanja turbine biti će vidljivi na nadzornom ekranu rada kotlova. Preko DCS sustava moguć je automatski start turbine (u slučaju ispada elektro pogona) kao i ručni start na zahtjev operatera.

Parametri vidljivi na DCS sustavu za nadzor:

- brzina vrtnje
- tlak radnog ulja (alarm i zaštita)
- signal zaprljanosti filtra ulja (alarm)
- signal lokalnog izvrštavanja turbine
- status rada elektro uljne pumpe (alarm i zaštita)
- status zaštite elektomotora uljne pumpe (alarm i zaštita)

3.6 OPIS RADA NAKON REKONSTRUKCIJE

Namjena turbine je da preuzme pogon ventilatora u slučaju nužde, tj. ispada elektromotornog pogona. Zadana brzina vrtnje od DCS-a će se postići u roku 5 do 10 sekundi. Upravljanje turbinom je moguće automatski i ručno.

U automatskom režimu turbina je u „stand-by“ modu i kreće u pogon prilikom ispada elektromotornog pogona ventilatora. Sustav regulacije je u potpunosti izveden na Honeywell sustavu te će turbinu dovesti na potreban broj okretaja i isti održavati da osigura dovoljnu dobavu zraka u kotlu. Zaštita od prekoračenja brzine vrtnje je elektronička i izvedena na Honeywell DCS sustavu. Zaustavljanje turbine je moguće isključivo ručnim upravljanjem.

Ručno upravljanje turbinom izvodi se iz kontrolne sobe na operaterskom terminalu. Moguće je startati turbinu, mijenjati zadanu brzinu vrtnje, zaustaviti kao i izvrstiti turbinu.

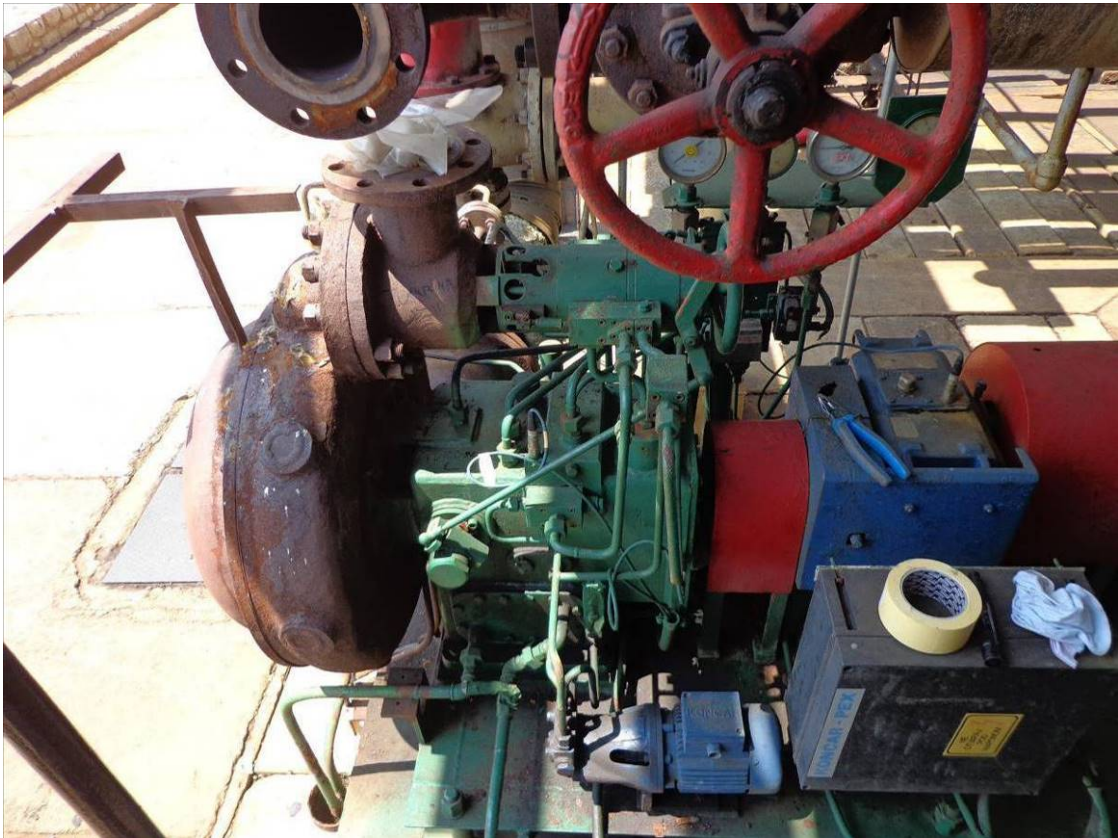
Povratak na rad elektromotornog pogona ventilatora vrši se u hodu (bez zaustavljanja ventilatora). Prelazak sa turbo na elektro pogon ventilatora izvodi se isključivo ručno, naredbom operatera.

Uljna pumpa je u stalnom pogonu napajana sa sigurnog izvora (UPS). Pumpa opskrbljuje ulje koje je potrebno da drži zatvoreni servomotor regulacijskog ventila kada turbina stoji kao i radno i regulacijsko ulje kada je turbina u pogonu.

U slučaju nekontroliranog rada turbine kao što je prekoračenje brzine vrtnje ili koji drugi kvar izvrštavanje turbine je elektro – pneumatsko. Izvrštavanje turbine je automatsko, ali ga je moguće odraditi ručno lokalno ili iz komandne sobe.



Fotografija 3.1 Stanje turboagregata prije demontaže



Fotografija 3.2 Stanje turbine prije demontaže



Fotografija 3.3 Stanje turboagregata prije demontaže



Fotografija 3.4 Demontaža turboagregata

4. DEFEKTAŽNI ZAPISNIK

Vrsta radova :	Rekonstrukcija turbine	Naručitelj :	INA industrija nafte d.d.
Objekt :	Parna turbina 341-TK-001	Korisnik :	INA rafinerija nafte, Rijeka
Ugovor br. :	4500440288	Izvoditelj :	Tvornica turbina d.o.o. Karlovac
Radni nalog :	P-806/12		

Defektaža parne turbine OPR 00,1; 120 kW je izvršena u periodu od 10.08. - 21.08.2015.g. u prostorima Tvornice turbina Karlovac sa svrhom defektažnog pregleda objekta, sklopova i pozicija za potrebe rekonstrukcije turbine 2015. godine.

Ovim defektažnim zapisnikom, (sastoji se od -- lista), definira se stanje, potrebni radovi i dijelovi za popravak i rekonstrukciju parne turbine OPR 00,1; 120 kW; 341-TK-001; Tv.Br. 1849

PODACI O STROJU :

Vrsta stroja	Parna turbina
Proizvođač	Tvornica turbina d.o.o. Karlovac
Tip	OPR 00,1
Godina gradnje	2004.
Snaga	120 kW
Brzina vrtnje	2970 °/min
Temperatura svježe pare	280 °C
Tlak svježe pare	13 bar g
Tvornički broj	1849

Nazočni:

Za TTK d.o.o.:

Mišel Štanjer

Za INA d.d.:

Igor Posarić

U Karlovcu 26.08.2015.



TVORNICA TURBINA d.o.o.

DEFEKTAŽNI ZAPISNIK

PREDMET BROJ	P-806/12-DF-1
LIST:	LISTOVA:

R.br.	Naziv sklopa/ pozicija/ Broj nacрта/ oznaka	Utvrđeno stanje	Prijedlog rješenja	Napomena
1.	Ventil svježe pare s prigonom 91.1630.0104	AKZ na VSP u vrlo lošem stanju, djelovi znatno zahvaćeni korozijom. Dijelovi VSP teško pokretljivi. Hidraulički dio se zbog rekonstrukcije izrađuje kompletan novi. Parno kućište i sito su u dobrom stanju. Sve mjere i zračnosti su u dozvoljenim granicama.	Izraditi novi AKZ. Nakon čišćenja, pjeskarenja i dorada, koristiti kakvo je.	Vidi mjerne protokole.
2.	Kućište turbine 91.1211.0047	Kućišta su korodirala izvana i iznutra. Prilikom demontaže, nađena znatna količina kondenzata i taloga unutar parnih kanala. Sjedište ventila, sapnice i skretni aparati u dobrom stanju, ali se zbog rekonstrukcije mijenjaju. Dimenzionalno su sve mjere i zračnosti u dozvoljenim granicama.	Izraditi novi AKZ. Nakon čišćenja, pjeskarenja i dorada, koristiti kakvo je.	Vidi mjerne protokole.
3.	Kolo rotora 11.1102.0102	Kolo rotora je u dobrom stanju, nađena neznatna količina korozije. Dimenzionalno sve u granicama dozvoljenog. NDT kontrolom zadovoljava.	Nakon čišćenja i pjeskarenja, koristiti kakvo je.	Vidi mjerne protokole.
4.	Osovina rotora 91.1111.0204	Osovina rotora u dobrom stanju, bez oštećenja i deformacija. Dimenzionalno sve mjere u granicama dozvoljenog.	Čišćenje, odmaščivanje, poliranje ležajnih rukavaca. Koristiti kakvo je.	Vidi mjerne protokole



TVORNICA TURBINA d.o.o.

DEFEKTAŽNI ZAPISNIK

PREDMET BROJ

P-806/12-DF-1

LIST:

LISTOVA:

R.br.	Naziv sklopa/ pozicija/ Broj nacрта/ oznaka	Utvrđeno stanje	Prijedlog rješenja	Napomena
5.	Labirintna brtva 91.1264.0214	Labirintna brtva u dobrom stanju, bez oštećenja i deformacija. Neznatna količina korozije. Sve mjere i zračnosti su u dozvoljenim granicama.	Nakon čišćenja i pjeskarenja, koristiti kakvo je.	Vidi mjerne protokole.
6.	Stražnji ležajni blok 91.1441.0103	AKZ na SLB-u mjestimično loš, izvan i unutar kartera ljuštenje laka. SLB zbog rekonstrukcije ide u doradu. Dosijedi ležajnih kućišta u dozvoljenim granicama.	Izraditi novi AKZ. Nakon čišćenja, pjeskarenja i dorada, koristiti kakvo je.	Vidi mjerne protokole.
7.	Kućišta ležajeva 11.1442.0026; 11.1444.0002	Kućišta ležajeva u dobrom stanju. Sve mjere i zračnosti su u dozvoljenim granicama.	Nakon čišćenja koristiti kakvo je. Ugraditi sve nove ležajeve.	Vidi mjerne protokole.
8.	Glavna uljna pumpa 11.1831.0030	GUP se zbog rekonstrukcije sustava izbacuje iz upotrebe.	Ugrađuje se nova vijčasta pumpa pogonjena elektromotorom.	
9.	Cjevovod turbine	Cjevovod je u izrazito lošem stanju, znatno zahvaćen korozijom, ali se zbog rekonstrukcije sustava zamjenjuje novim.	Izrada novog cjevovoda, prirubničkih spojeva, te ugradnja novih brtvi.	



R.br.	Naziv sklopa/ pozicija/ Broj nacрта/ oznaka	Utvrđeno stanje	Prijedlog rješenja	Napomena
10.	Instrument stalak i mjerni instrumenti	Instrument stalak je u izrazito lošem stanju, znatno zahvaćen korozijom, ali se zbog rekonstrukcije sustava zamjenjuje novim isto kao i mjerni instrumenti.	Izrada novog stalka. Nabava novih mjernih instrumenata.	
11.	Štitnici spojki	Štitnici spojki zahvaćeni korozijom, bubrenje i ljuštenje laka.	Čišćenje, pjeskarenje, te izrada novog AKZ-a.	
12.	Spojke	Spojke svih vratila su u dobrom stanju, manji utjecaj korozije.	Nakon čišćenja koristiti kakvo je.	
13.	Reduktor	Štitnici reduktora u izrazito lošem stanju, zbog korozije u stanju raspadanja. AKZ na kućištu mjestimično loš, bubrenje i ljuštenje laka. Vratila i zupčanici u dobrom stanju, sve mjere i zračnosti u dozvoljenim granicama. Ležajevi zahvaćeni korozijom, unutar kućišta. U zavojnici hladnjaka ulja, depozit taložnog kamenca.	Izraditi nove štitnike. Čišćenje, odmašćivanje te novi AKZ. Ugraditi nove ležajeve i brtve. Potrebno očistiti i otkloniti naslage kamenca.	Vidi mjerne protokole.
14.	Uključno-isključna spojka	AKZ na kućištu mjestimično loš, bubrenje i ljuštenje laka. Vratila i zupčanici u dobrom stanju, sve mjere i zračnosti u dozvoljenim granicama. Ležajevi i osovinska brtvila dotrajali.	Čišćenje, odmašćivanje te novi AKZ. Ugraditi nove ležajeve i brtve.	



Fotografija 4.1 Defektaža reduktora



Fotografija 4.2 Defektaža kućišta turbine, SLB-a i GUP-e

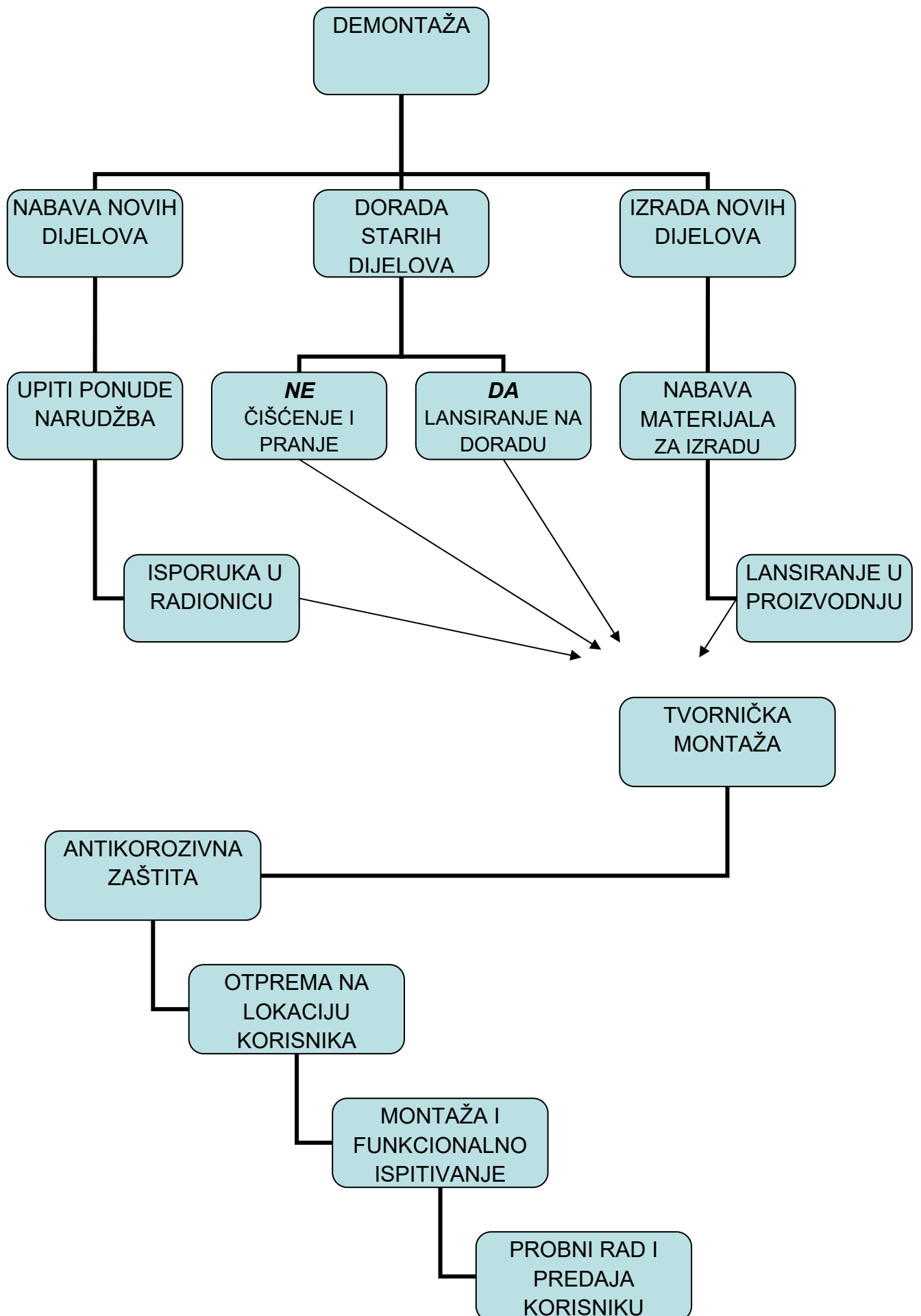


Fotografija 4.3 Podmontaža turbine



Fotografija 4.4 Podmontaža reduktora i uključno-isključne spojke

5. TOKOVI AKTIVNOSTI NAKON DEMONTAŽE



6. POPIS DJELOVA ZA IZRADU I ZAMJENU NOVIMA

Turbine za pogon ventilatora G1 i G2; 341-TK-001; 341-TK-002:

- prigon ventila svježe pare, hidraulički dio VSP-a - novi
- dorada parnog dijela VSP-a
- dorada parnog kućišta turbine, sapnice i skretni aparati, sjedište ventila
- ležajevi osovine rotora
- brtveni materijal, kompletan
- ležajevi reduktora, te novi brtveni materijal
- ležajevi uključno-isključne spojke, te novi brtveni materijal
- izrada novih štitnika reduktora
- izrada novih štitnika spojki
- dorada, izmjena SLB-a, novo podmazivanje
- vijčasta uljna pumpa (glavna i start UPS)
- novi spremnik ulja
- novi hladnjak ulja
- novi uljovod



Fotografija 6.1 Montaža reduktora i uključno-isključne spojke



Fotografija 6.2 Montaža turbine



Fotografija 6.3 Montaža turboagregata



Fotografija 6.4 Montaža cjevovoda i uljnog spremnika

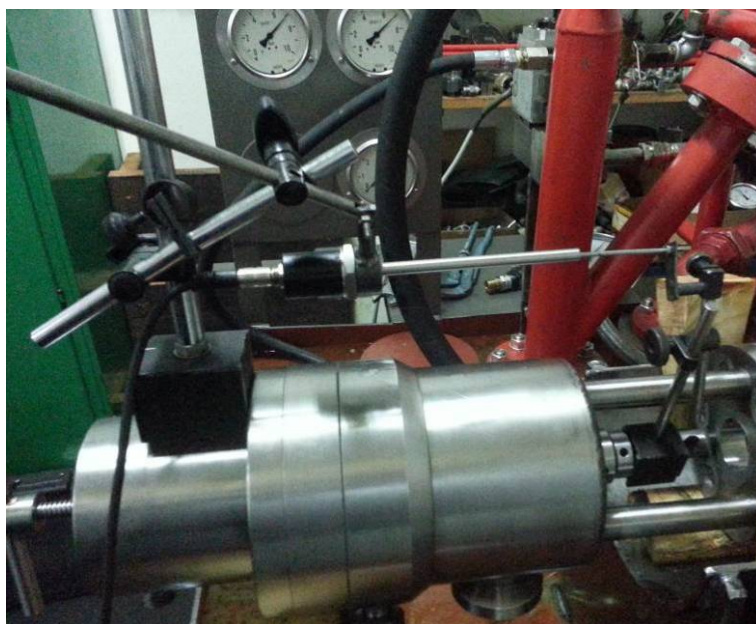


Fotografija 6.5 Montaža lokalne instrumentacije



Fotografija 6.6 Montaža E/H pretvarača, punjenje uljnog spremnika

7. IZVJEŠTAJ SNIMLJENE STATIKE SERVOMOTORA



Izveštaj izradio:

Željko Kasunić, mag.ing.el.

Karlovac, veljača 2016.

SADRŽAJ

7.1 UVOD

7.2 OPĆI PODACI O TURBINI

7.3 UPOTREBLJENA INSTRUMENTACIJA

7.4 NAČIN SNIMANJA

7.5 REZULTATI

7.6 STATIČKA KARAKTERISTIKA SERVOMOTORA

7.1 UVOD

U ovom izvješću prikazano je statičko snimanje karakteristike novog servomotora poslije svih provedenih potrebnih podešavanja.

7.2 OPĆI PODACI O TURBINI

Oznaka agregata	345-TP-001B
Proizvođač	Tvornica turbina d.o.o., Karlovac
Tip	0PR 00,1
Nominalna brzina vrtnje	$n = 3.000 \text{ o/min}$
Nominalna snaga	$N = 20 \text{ kW}$
Tlak ulazne pare	$p = 13 \text{ bar}_g$
Temperatura ulazne pare	$t = 280 \text{ °C}$
Tlak izlazne pare	$p = 0,7 \text{ bar}_g$

Mjesto snimanja: Karlovac

Datum snimanja sustava regulacije: 02.02.2016.

7.3 UPOTREBLJENA INSTRUMENTACIJA

Za ispitivanje je korištena sljedeća mjerna oprema:

1. Prijenosno digitalno računalo HP 6550b, inv. broj 876;
2. Mjerni kofer sa ugrađenom opremom od "National Instruments"-a. Pomoću kartice NI 9208 koja ima 16 analognih ulaza 4-20mA omogućeno je primiti signale na računalo, dok pomoću NI 9265 moguće je slati izlazni analogni signal 4-20mA. Mjerni podaci su pohranjivani na tvrdi disk računala s vremenskim korakom od 100 ms. Inv. broj mjernog kofera je 903.
3. Pretvarač tlaka WIKA A-10, mjerni opseg 0-10 bar, izlaz 4-20 mA, kl. 0.5, SN: 001260KVMC
4. Pretvarač linearnog pomaka LVP, mjerni opseg 0-100 mm, izlaz 4-20 mA, kl. 0,5, SN: 2070

7.4 NAČIN SNIMANJA

Statičko snimanje rada servomotora provedeno je praćenjem impulsnog tlaka te hoda servomotora prilikom postepenog povećanja i smanjenja impulsnog tlaka pomoću VOITH E/H pretvarača. Rezultat snimanja je dobivena karakteristika ovisnost hoda servomotora o promjeni iznosa impulsnog tlaka.

7.5 REZULTATI

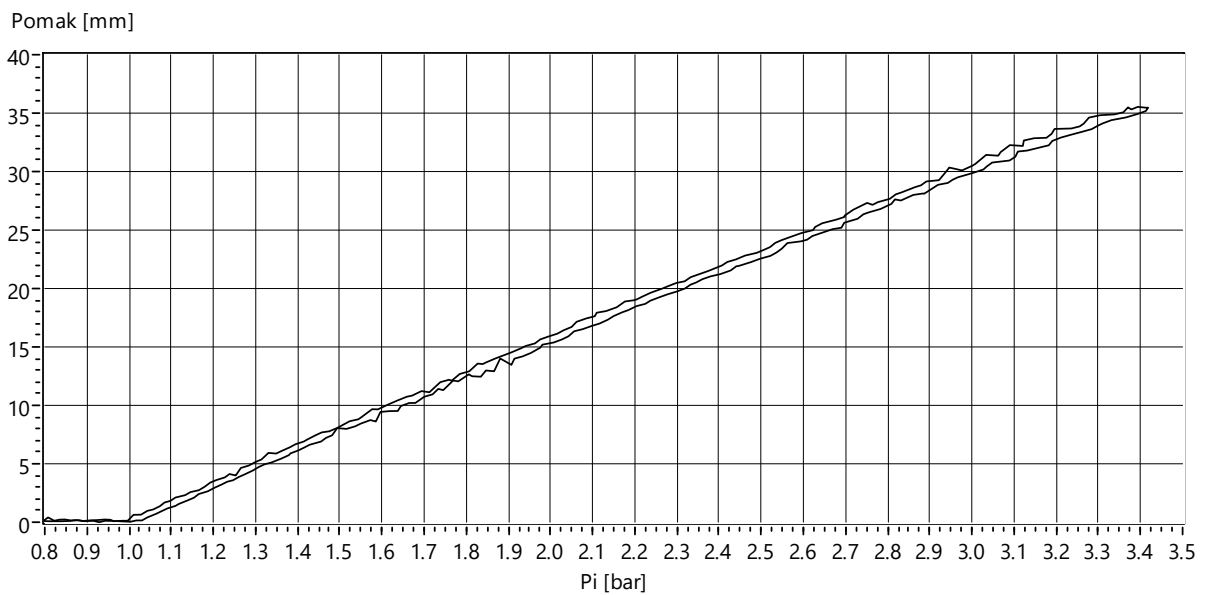
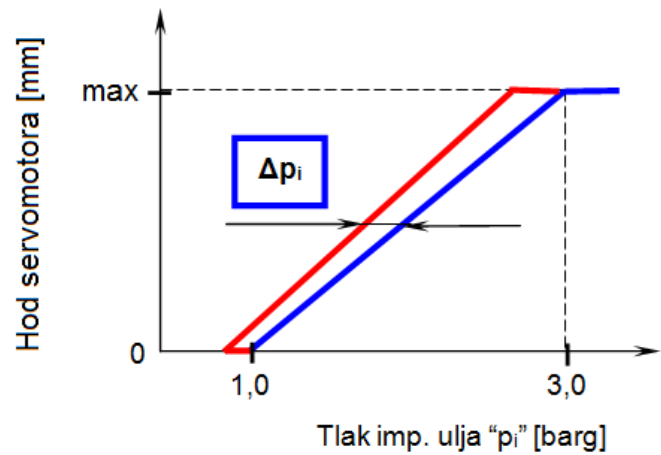
Nakon svih potrebnih podešavanja nakon izrade novog servomotora postignuto je da servomotor počinje otvarati kod tlaka 1 bar_g te ostvaruje odgovarajući hod uz postignutu usku histerezu krivulje.

7.6 STATIČKA KARAKTERISTIKA SERVOMOTORA

Ispitivanje provedeno uz temperaturu radnog ulja 40°C te tlak radnog ulja 7 bar_g.

Snimljena karakteristika
servo motora $h = f(p_i)$:

$$\Delta p_i = 0,1 \text{ bar max}$$





8. ISPITIVANJE METODAMA BEZ RAZARANJA

341-TK-001 & 341-TK-002 (NDT)

Karlovac, veljača 2016.

Issued:

Ž. Kasunić

Checked by:

M.Štanjer

Released:

I.Mikšić

Date:

09.02.2016.

Report No.:

A-09.02.2016.



Sadržaj

8.1. Uvod.....	3
8.2. Svrha i opseg ispitivanja.....	3
8.3. Provođenje ispitivanja.....	3
8.3.1 Ispitivanje metodama bez razaranja	3
8.3.2 Izvještaji o provedenom ispitivanju metodama bez razaranja.....	3
8.3.3 Oprema i sredstva za provođenje ispitivanja	4
8.4. Rezultati ispitivanja	4
8.5. Zaključak	4
8.6. Izvještaji ispitivanja metodama bez razaranja.....	5

Issued:

Ž. Kasunić

Checked by:

M.Štanjer

Released:

I.Mikšić

Date:

09.02.2016.

Report No.:

A-09.02.2016.



8.1. Uvod

Prilikom rekonstrukcije parnih turbina, u toku defektažnih radova, na oba rotora turbine provedena su ispitivanja da nije došlo do nastanka pukotina.

8.2. Svrha i opseg ispitivanja

Ispitivanja metodama bez razaranja provedena su sa svrhom provjere stanja osnovnog materijala prilikom rekonstrukcije parnih turbina.

	Primjenjene metode kontrole			
	Vizualna (VT)	Penetrantska (PT)	Magnetska (MT)	Ultrazvučna (UT)
Kolo rotora 1		+		
Kolo rotora 2		+		

8.3. Provođenje ispitivanja

8.3.1 Ispitivanje metodama bez razaranja

Ispitivanje metodama bez razaranja provedena su na osnovi svjetski priznatih normi (ASTM, ISO, DIN, EN) i pisanih postupaka koji pored osnova za provođenje ispitivanja sadrže i kriterije prihvatljivosti.

Ispitivanje su proveli djelatnici stručno osposobljeni u **Qtechna, Krško, SI** u skladu s normama **EN 473 i ISO 9712**.

Voditelj ispitivanja je Željko Kasunić, dipl.ing.el., UT 1, PT 2, VT 2, MT 2. Voditelj radova je izvršio ocjenjivanje svih indikacija i nesukladnosti pronađenih ispitivanjem.

Ispitivanja su, prema pisanim postupcima, proveli djelatnici osposobljen za rad u slijedećim metodama:

	Metoda kontrole bez razaranja			
	Vizualna (VT)	Penetrantska (PT)	Magnetska (MT)	Ultrazvučna (UT)
Željko Kasunić, dipl.ing.el.	2	2	2	1

8.3.2 Izvještaji o provedenom ispitivanju metodama bez razaranja

Izvještaji o provedenom ispitivanju metodama bez razaranja svakog dijela i primjenjene metode ispitivanja upisani su u obrasce u skladu s pisanim postupcima za provođenje ispitivanja i nalaze se u Prilogu. Sažetak rezultata prema izvještajima nalazi su u poglavlju 8.4. *Rezultati ispitivanja* i zaključno mišljenje o statusu pojedinih pozicija u poglavlju 8.5 *Zaključak*.

Issued:

Ž. Kasunić

Checked by:

M.Štanjer

Released:

I.Mikšić

Date:

09.02.2016.

Report No.:

A-09.02.2016.



8.3.3 Oprema i sredstva za provođenje ispitivanja

Za provođenje ispitivanja korišteni su oprema i sredstva navedena u tabeli.

PENETRANTSKA KONTROLA	čistač	TIEDE RL40
	penetrant	TIEDE PWL1
	razvijač	TIEDE DL20

8.4. Rezultati ispitivanja

	Naziv pozicije	STATUS (prema izvještaju)
4.1	Kolo rotora 1	ZADOVOLJAVA
4.2	Kolo rotora 2	ZADOVOLJAVA

8.5. Zaključak

Na osnovu provedenih ispitivanja može se zaključiti da oba ispitana kola rotora u potpunosti zadovoljavaju te su spremni za ugradnju u turbinu i daljnju eksploataciju.

Željko Kasunić, mag.ing.el.

U Karlovcu, 09.02.2016.

Issued:

Ž. Kasunić

Checked by:

M.Štanjer

Released:

I.Mikšić

Date:

09.02.2016.

Report No.:

A-09.02.2016.

**8.6. Izvještaji ispitivanja metodama bez razaranja**

<i>Naziv dijela</i>	<i>Metoda</i>	<i>Broj izvještaja</i>	<i>List</i>
Kolo rotora 1	penetranstska (PT)	PT-001-16	06/07
Kolo rotora 2	penetranstska (PT)	PT-002-16	07/07

Issued:

Ž. Kasunić

Checked by:

M.Štanjer

Released:

I.Mikšić

Date:

09.02.2016.

Report No.:

A-09.02.2016.

 TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd.	Naziv / Name: PENETRANTSKA KONTROLA <i>LIQUID PENETRANT EXAMINATION</i>		PT-001-16	
	List: Page: 6		Listova: Pages: 7	
Naziv objekta i pozicija/Object name and position: Rafinerija nafte Rijeka – Urinj 341-TK-001 Kolo rotora	Broj crteža/Drawing number: -		Broj RN/WO number: P-806/12	
	Materijal/Material: čelik		Komada/Pieces: 1	
Norma ispitivanja/Testing procedure: TTK-RU-09-09	Primjenjeni postupak ispitivanja/Applied technique: TTK-RU-09-09	Kriterij prihvatljivosti/Acceptance criteria: TTK-RU-09-09		
Priprema površine/Surface preparation: očišćeno	Oprema za kontrolu/Testing equipment: Čistač TIEDE RL40 r.n:114301 pen. TIEDE PWL1 r.n:114001 raz. TIEDE DL20 r.n:114401		Parametri ispitivanja/Testing parameters: Trajanje penetriranja 20 min Jakost svjetla 1000 lx	

Skica i rezultat ispitivanja/Sketch and testing results:



Izvršenim površinskog ispitivanja kola rotora na bandažnoj traci gdje je uvaljana žica, nisu pronađene vidljive nedozvoljene indikacije u obliku pukotina osnovnog materijala.

Mjesto i datum ispitivanja/ Place and date of testing: Karlovac, 26.01.2016.	Ispitao/kvalifikacija / Inspector/Qualification: Željko Kasunić / PT II Odobrio/Approved by: Mišel Štanjer	Ocjena prihvatljivosti/Acceptance rating: ZADOVOLJAVA
--	---	---

 TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd.	Naziv / Name: PENETRANTSKA KONTROLA <i>LIQUID PENETRANT EXAMINATION</i>		PT-002-16	
	List: Page: 7		Listova: Pages: 7	
Naziv objekta i pozicija/ Object name and position: Rafinerija nafte Rijeka – Urinj 341-TK-002 Kolo rotora		Broj crteža/ Drawing number: -		Broj RN/WO number: P-806/12
		Materijal/ Material: čelik		Komada/ Pieces: 1
Norma ispitivanja/ Testing procedure: TTK-RU-09-09		Primjenjeni postupak ispitivanja/ Applied technique TTK-RU-09-09		Kriterij prihvatljivosti/ Acceptance criteria: TTK-RU-09-09
Priprema površine/ Surface preparation: očišćeno		Oprema za kontrolu/ Testing equipment: Čistač TIEDE RL40 r.n:114301 pen. TIEDE PWL1 r.n:114001 raz. TIEDE DL20 r.n:114401		Parametri ispitivanja/ Testing parameters: Trajanje penetriranja 20 min Jakost svjetla 1000 lx

Skica i rezultat ispitivanja/Sketch and testing results:



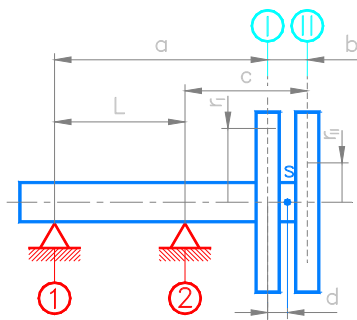
Izvršenim površinskom ispitivanju kola rotora na bandažnoj traci gdje je uvaljana žica, nisu pronađene vidljive nedozvoljene indikacije u obliku pukotina osnovnog materijala.

Mjesto i datum ispitivanja/ Place and date of testing: Karlovac, 26.01.2016.	Ispitao/kvalifikacija / Inspector/Qualification: Željko Kasunić / PT II	Ocjena prihvatljivosti/ Acceptance rating: ZADOVOLJAVA
	Odobrio/ Approved by: Mišel Štanier	

9. DINAMIČKO URAVNOTEŽIVANJE ROTORA

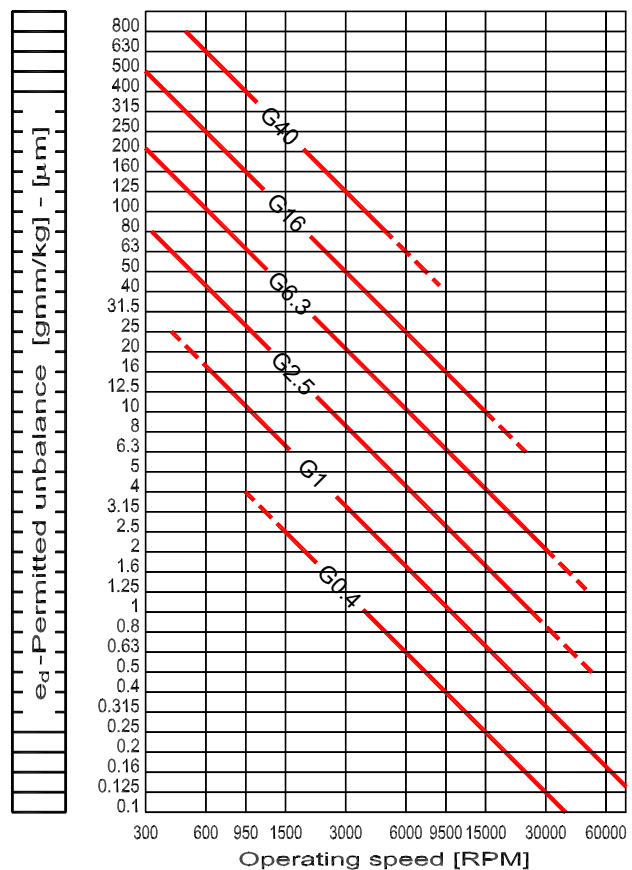
9.1 ATEST O URAVNOTEŽIVANJU

NARUČITELJ:	Rafinerija Nafta Rijeka
REF. BR. NARUČITELJA	-
TTK REF. BR.	P-806/12
VRSTA ROTORA:	Rotor parnih turbina T3, G2 i G1
BROJ NACRTA:	-
RADNA BRZINA VRTNJE:	$n = 3000 \text{ o/min}$
STUPANJ KVALITETE URAVNOTEŽIVANJA PREMA ISO 1940:	G 1
MASA PRIPREMA:	-
NAČIN KOREKCIJE MASE:	Oduzimanje mase
NAZIV STROJA ZA URAVNOTEŽIVANJE:	"SCHENCK" AR 53/81
NAPOMENA:	Pogon rotora kod balansiranja je remenom



I, II – ravnine korekcije

$a = 510$	mm	$r_I = 150$	mm
$b = 15$	mm	$r_{II} = 150$	mm
$c = 190$	mm		
$d = 7.5$	mm		
$L = 335$	mm		



OZNAKA ROTORA:				T3, 345-TP-001 B (TV. BR. 1846)						
MASA ROTORA:				37 kg						
BRZINA VRTNJE PRI URAVNOTEŽIVANJU:				500 min ⁻¹						
VELIČINE I POLOŽAJI NEURAVNOTEŽENOSTI										
DOZVOLJENO UKUPNO NEURAVNOTEŽENJE:				e _d = 3.18 gmmkg ⁻¹		DOZVOLJENI UKUPNI MOMENT NEURAVNOTEŽENJA:			U _d = 117.77 gmm	
RAVNINA	POČETNO			DOZVOLJENO			ZAVRŠNO			
i	u_{pi}	α_{pi}	U_{pi}	u_{di}	U_{di}	u_{zi}	α_{zi}	U_{zi}	G_z	
I	2.6	96	390	1.2	181.7	0.2	53	30	-	

u - masa neuravnoteženja [g]

α - kut neuravnoteženja [°]

U - moment neuravnoteženja [gmm]

OZNAKA ROTORA:				G2, 341-TK-002 (TV. BR. 1850)						
MASA ROTORA:				37 kg						
BRZINA VRTNJE PRI URAVNOTEŽIVANJU:				500 min ⁻¹						
VELIČINE I POLOŽAJI NEURAVNOTEŽENOSTI										
DOZVOLJENO UKUPNO NEURAVNOTEŽENJE:				e _d = 3.18 gmmkg ⁻¹		DOZVOLJENI UKUPNI MOMENT NEURAVNOTEŽENJA:			U _d = 117.77 gmm	
RAVNINA	POČETNO			DOZVOLJENO			ZAVRŠNO			
i	u_{pi}	α_{pi}	U_{pi}	u_{di}	U_{di}	u_{zi}	α_{zi}	U_{zi}	G_z	
I	3	162	450	1.2	181.7	0.4	313	60	-	

u - masa neuravnoteženja [g]

α - kut neuravnoteženja [°]

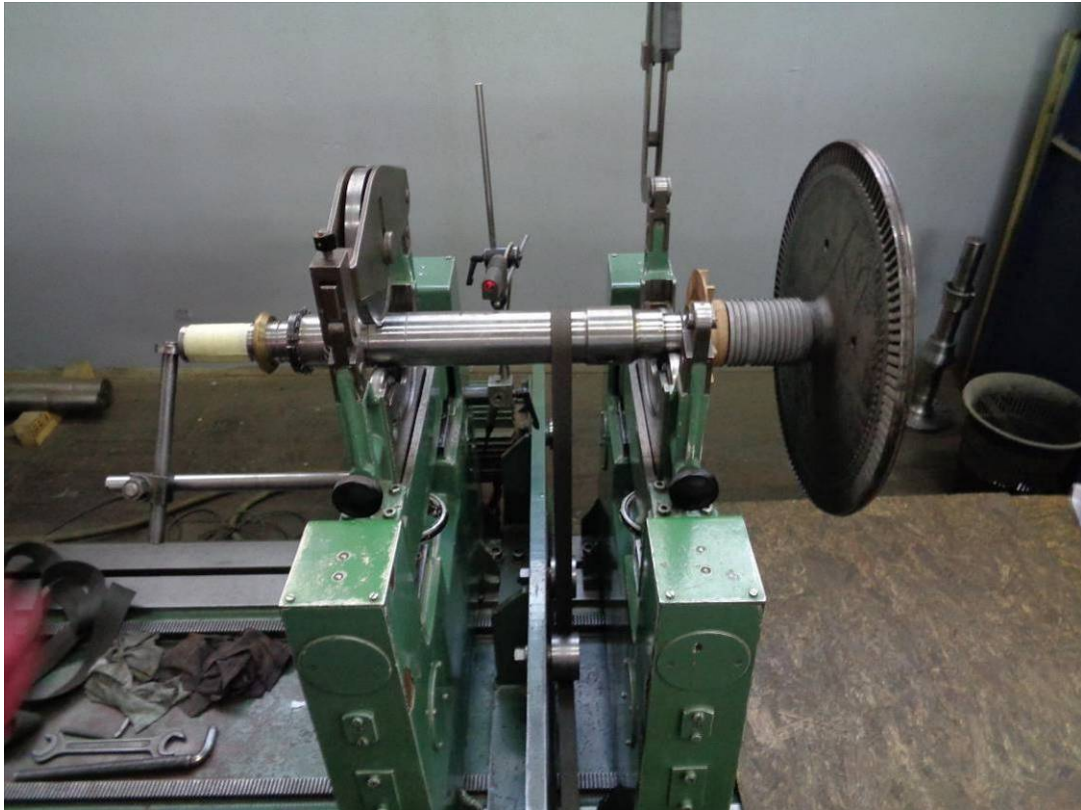
U - moment neuravnoteženja [gmm]

OZNAKA ROTORA:				G1, 341-TK-001 (TV. BR. 1849)						
MASA ROTORA:				37 kg						
BRZINA VRTNJE PRI URAVNOTEŽIVANJU:				500 min ⁻¹						
VELIČINE I POLOŽAJI NEURAVNOTEŽENOSTI										
DOZVOLJENO UKUPNO NEURAVNOTEŽENJE:				e _d = 3.18 gmmkg ⁻¹		DOZVOLJENI UKUPNI MOMENT NEURAVNOTEŽENJA:			U _d = 117.77 gmm	
RAVNINA	POČETNO			DOZVOLJENO			ZAVRŠNO			
i	u_{pi}	α_{pi}	U_{pi}	u_{di}	U_{di}	u_{zi}	α_{zi}	U_{zi}	G_z	
I	4.3	312	645	1.2	181.7	0.3	258	45	-	

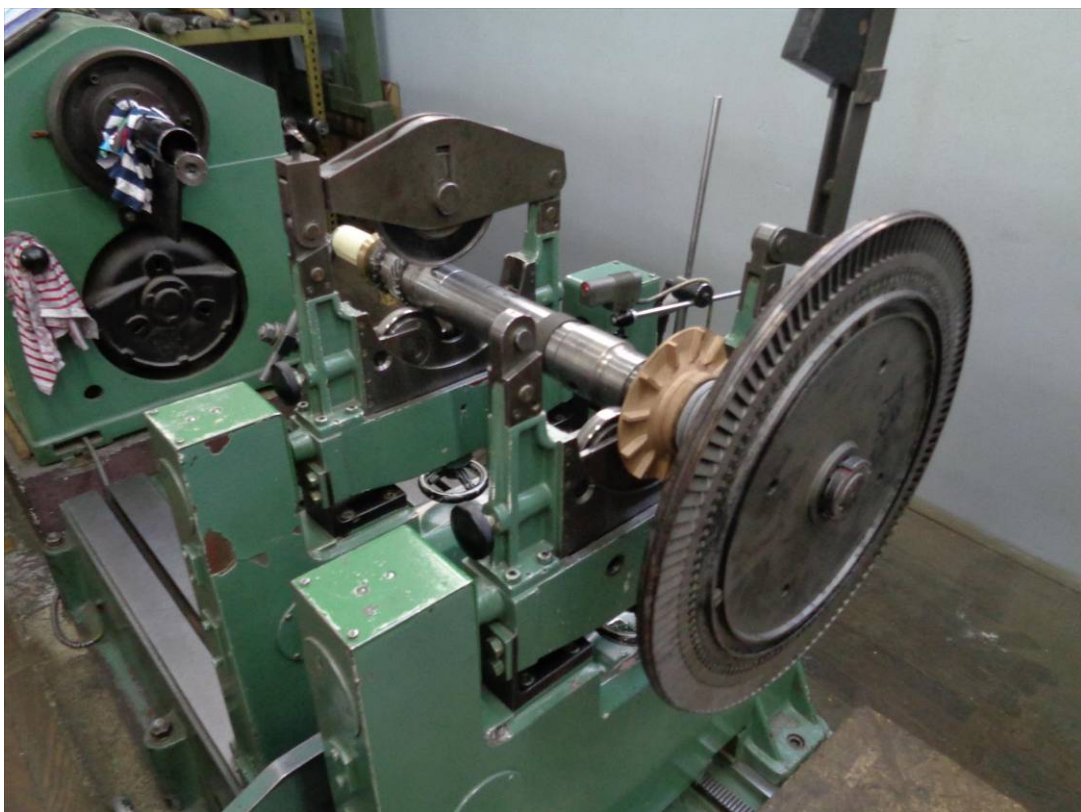
u - masa neuravnoteženja [g]

α - kut neuravnoteženja [°]

U - moment neuravnoteženja [gmm]



Fotografija 9.1 Osovina i rotor turbine na stroju za uravnoteživanje



Fotografija 9.2 Osovina i rotor turbine na stroju za uravnoteživanje

10. PRIMOPREDAJNI ZAPISNIK SA ZAVRŠNOG ISPITIVANJA TURBINE VENTILATORA GENERATORA PARE

Objekt: 341-G-001

Ugovor br.: SN-274/15

TTK Ref.: P-806/12

Oprema: Parna turbina tip TTK 0-PR 00,1, tv.br.1849

Prilikom ispitivanja funkcionalnosti turbine ventilatora generatora pare G1 koje je trajalo u završnoj fazi od 07.09. do 12.09.2016 u kojoj je TTK kao nositelj i voditelj aktivnosti uz podizvođače PHB, Honeywell i Siemens izvršio sve aktivnosti predviđene programom ispitivanja od 07. Lipnja 2016. i prema programu ispitivanja turbine TTQ-7.

Sve aktivnosti su uspješno provedene.

Preuzimanje rada kotla od strane turbinskog pogona ventilatora zraka kao i povrat na elektromotorni pogon je uspješno izvršen bez ispada rada kotla. Aktivnosti su uspješno ponovljene kod raznih opterećenja kotla. Napominjemo da automatski povrat sa turbinskog na elektromotorni pogon nije predviđen ugovorom te je dodatno implementiran po zahtjevu kupca.

Nakon ovih ispitivanja turbina za pogon ventilatora kao i sva prateća oprema ostavljena je kupcu spremna za kontinuirani rad.

Potrebno je od strane Honeywell-a izraditi novo grafičko sučelje za kontrolu rada turbine kao i finalna uputa za korištenje sustava od strane TTK.

Sva potrebna dokumentacija o izvedenoj rekonstrukciji sustava biti dostavljena.

U Rijeci, 13.09.2016.

Za TTK:


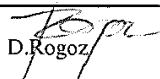
Damir Rogoz

Za INA-RNR:

Andrija Marković

PRILOG:

- 10.1 Priprema turbine za ispitivanje TTQ-6
- 10.2 Program ispitivanja turbine tip TTK 0-PR 001
- 10.3 Program rada funkcionalnog ispitivanja turbine ventilatora

 TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd.	Name: Priprema turbine za ispitivanje	TTQ-6		
		Pages: 2	Page: 1	
<p>PODACI O TURBINI</p> <p>Tip turbine: TTK 0-PR 00,1</p> <p>Tvornički broj.: 1849</p> <p>Proizvođač: Tvornica turbina d.o.o., Karlovac</p> <p>Goina proizvodnje: 2004.</p> <p>Godina rekonstrukcije: 2015.</p> <p>Krajnji korisnik: INA – Rafinerija Rijeka</p> <p>UGOVORENE KARAKTERISTIKE TURBINE</p> <p>Snaga: 120 kW</p> <p>Brzina vrtnje turbine: 2970 min⁻¹</p> <p>Brzina vrtnje reduktora: 1485 min⁻¹</p> <p>Tlak pare na ulazu u turbinu: 13 bar</p> <p>Temperatura pare na ulazu u turbinu: 280°C</p> <p>Tlak pare na ispuhu turbine: 0,7 bar</p> <p>Potrošnja pare: 850 kg/h</p> <p>METODE ISPITIVANJA TURBINE</p> <ul style="list-style-type: none"> - ispitivanje regulacije i zaštite turbine - funkcionalno ispitivanje u praznom hodu - ispitivanje turbine pod teretom <p>Nakon montaže turbine su provedene slijedeće aktivnosti kako bi se moglo pristupiti ispitivanju turbine:</p>				
Issued:  D. Rogoz	Checked by: M. Štanjer	Released: M. Musulin	Date: 04.04.2016	Revision:

TTK-069



1. ZAVRŠNA KONTROLA TURBINE I OPREME

2. PRIPREMA CJEVOVODA SVJEŽE PARE

2.1 Kontrola izvedbe i učvršćenja cjevovoda svježe pare.

2.2 Propuhivanje cjevovoda svježe pare.

3. FUNKCIONALNO ISPITIVANJE TURBINE U PRAZONOM HODU

3.1 Postići parametre pare za start turbine.

3.2 Uključiti elektroulnu pumpu.

3.3 Startati turbinu preko elektronskog regulatora brzine vrtnje. Provjeriti brzinu vrtnje.

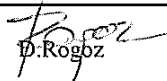
3.4 Podesiti regulaciju brzine vrtnje

3.5 Izvršiti ispitivanje prema "Programu ispitivanja turbine TTQ -7"

4. ZAUSTAVLJANJE TURBINE

4.1 Zaustaviti turbinu

4.2 Izraditi izvještaj o ispitivanju turbine.

Issued:  D. Rogoz	Checked by: M. Štanjer	Released: M. Musulin	Date: 04.04.2016	Revision:
--	---------------------------	-------------------------	---------------------	-----------



TVORNICA TURBINA d.o.o.
TURBINE WORKS Ltd.

Name: **PROGRAM ISPITIVANJA TURBINE**
tip 0-PR 00,1

TTQ-7

Pages: 1

Page: 1

-Tip turbine:		TTK 0-PR 00,1		Tvornički broj:		1249	
Ugovor broj :		SN-274/15		Brzina vrtnje:		2970 / 1485 RPM	
Temperatura u strojarnici:		28 °C		Vanjska temperatura:		°C	
Početak ispitivanja:		12.09.2016.		Završetak ispitivanja:		12.09.2016.	
Naziv		Projektna veličina	Izmjerena veličina	Potvrda		napomena	
				Da	ne		
1. ISPITIVANJE PRIJE POČETKA VRTNJE				-	-	Temperatura ulja iznad 35°C	
1.1 provjera tlakova							
<input type="checkbox"/>	1.1.1 tlak ulja kod uključene elektropumpe	bar g	6	6	-	-	
<input type="checkbox"/>	1.1.2 tlak pare na ulazu u turbinu	bar g	13	13	-	-	
<input type="checkbox"/>	1.1.3 tlak pare na ispuhu iz turbine	bar g	0,7	0,2	-	-	
1.4 provjera izvrštavanja							
<input type="checkbox"/>	1.4.1 nizak tlak ulja za podmazivanje	bar g	2	2	-	-	
<input type="checkbox"/>	1.4.2 daljinski pritiskom na tipkalo		-	-	X		
<input type="checkbox"/>	1.4.3 ručno izvrštavanje- mehaničko na tipkalo		-	-	X		
1.3 provjera signalizacije							
<input type="checkbox"/>	1.3.1 signalizacija izvrštene turbine		-	-	X		
2. AUTOMATSKI START TURBINE							
<input type="checkbox"/>	2.1 nalogom el. Regulatora turbine		-	-	X		
3. TURBINA U POGONU							
<input type="checkbox"/> OPTEREĆENA <input type="checkbox"/> U PRAZKOM HODU							
3.1 provjera tlakova							
<input type="checkbox"/>	3.1.1 tlak ulja kod uključene elektro pumpe	bar g	6	6,2	-	-	
<input type="checkbox"/>	3.1.2 tlak pare na ulazu u turbinu	bar g	13	13	-	-	
<input type="checkbox"/>	3.1.3 tlak pare na ispuhu iz turbine	bar g	0,7	0,2	-	-	
3.2 rad uređaja za namještanje brzine vrtnje							
<input type="checkbox"/>	3.2.1 namještanje od 1000 min ⁻¹ do 3000 min ⁻¹		-	-	X		
3.3 regulator brzine vrtnje							
<input type="checkbox"/>	3.3.1 podešavanje od 1000 min ⁻¹ do 3000 min ⁻¹		-	-	X		
3.4 izvrštavanje turbine							
<input type="checkbox"/>	3.4.1 nizak tlak ulja za podmazivanje	bar g	2	2	-	-	
<input type="checkbox"/>	3.4.2 daljinski, pritiskom, na tipkalo		-	-	X		
<input type="checkbox"/>	3.4.3 ručnim pritiskom na tipkalo		-	-	X		
3.5 signalizacija izvrštavanja							
<input type="checkbox"/>	3.5.1 signalizacija izvrštene turbine		-	-	X		

U tvornici se ispituju stavke označene s x

Ispitivači: 1. D. Rogoz

2. _____

Issued: <u>D. Rogoz</u>	Checked by: M. Štanjer	Released: M. Musulin	Date: 04.04.2016.	Revision:
-------------------------	------------------------	----------------------	-------------------	-----------

10.3 Program rada funkcionalnog ispitivanja turbine ventilatora za generator pare 341-G-001 (nakon odobrenja Energetike za početak aktivnosti)

1. **Stvaranje preduvjeta za funkcionalno ispitivanje:** Voditelj ispitivanja (Damir Rogoz, TTK) – u daljnjem tekstu Voditelj, traži odgovarajući režim rada Energane od Koordinatora ispitivanja (Sanjin Jurešić, INA-RNR) – u daljnjem tekstu Koordinator.
2. Preduvjet za ova ispitivanja su stabilni vremenski uvjeti i smanjena potrošnja pare u RNR (proizvodnja pare na GP3 i GP5 i raspoloživost generatora pare 341-G-001, 341-G-002 i 341-G-005). Procjenjuje se da će pripremni radovi trajati oko 8 sati, te ispitivanje u radu oko 8 sati.
3. Koordinator informira Rukovoditelja Energetike (Robert Koprivnjak) i Vodećeg specijalista za energetiku (Sanjin Grgurić) o načinu na koji je predviđeno ispitivanje u Energani.
4. Oni daju upute Voditelju RNR Energetike u smjeni o načinu na koji će se provoditi funkcionalno ispitivanje.
5. Voditelj RNR Energetike u smjeni daje upute operaterima o načinu na koji će se provoditi funkcionalno ispitivanje i traži od njih pripravnost na eventualni ispad generatora pare 341-G-001 i 341-G-002, tijekom najkritičnijih perioda ispitivanja, te njihovo brzo vraćanje u normalni rad.
6. Voditelj RNR Energetike u smjeni informira Koordinatora o spremnosti smjenskog osoblja Energane, te Koordinator odobrava početak radova.
7. **Radovi na spajanju kabela za 341-MP-130:** Po izdavanju dozvole za rad na spajanju signalnih i upravljačkih kabela za 341-MP-130 (pumpa ulja za podmazivanje i regulaciju turbine ventilatora za G1), TTK/PHB započinje s radovima.
8. **Radovi na FSC-u:** Paralelno s gornjim aktivnostima Voditelj traži dozvolu za učitavanje (download) novog modula konfiguracije zaštite predmetnih turbina (turbine ventilatora za G1 i G2) u FSC (Fail Safe Controller) sustav.
9. Koordinator nakon provjere spremnosti osoblja Energane odobrava početak te aktivnosti – očekivano trajanje iste je cca 30 minuta.
10. Najbitniji trenutak je onaj u kojem FSC po završetku učitavanja mora preuzeti nadzor sustava i nesmetano nastaviti rad. Taj trenutak će Voditelj na vrijeme najaviti Koordinatoru, radi održavanja visoke spremnosti za reakciju osoblja Energane.
11. Po završetku gornje aktivnosti Voditelj potvrđuje Koordinatoru uspješnost iste.
12. **Završetak pripremnih radova:** Nakon spajanja svih predviđenih kabela za 341-MP-130, Voditelj daje nalog da se ispita njihova funkcionalnost. Svaku funkciju paralelno se ispituje u polju (TTK/PHB) i na DCS-u (na inženjerskoj stanici u FAR-u Energane (TTK/Honeywell)).
13. **Ispitivanje turbine:** Voditelj traži dozvolu za pokretanje turbine 341-TK-001, te provjeru njenog sustava regulacije i zaštite; **turbina je još uvijek odvojena** od ventilatora i motora.
14. Nakon provjere spremnosti osoblja Energane i radnih uvjeta u polju, Koordinator odobrava pokretanje iste.
15. Nakon usklađivanja svih parametara u sustavu regulacije i zaštite turbine 341-TK-001, TTK **spaja turbinu na uključno/isključnu spojku** i Voditelj potvrđuje Koordinatoru uspješnost završetka te aktivnosti.

16. **Obustava rada G1:** Voditelj traži dozvolu za obustavu rada generatora pare 341-G-001 radi spajanja signalnih i upravljačkih kabela na ormar 341-MK-001/VSD, te parametriranja i ispitivanja istog.
17. Nakon provjere uvjeta rada u RNR i spremnosti osoblja Energane, Koordinator odobrava obustavu rada generatora pare 341-G-001, obavještava Voditelja o tome i odobrava početak radova na ormara 341-MK-001/VSD.
18. Po izdavanju dozvole za rad TTK/Siemens/PHB pristupa spajanju signalnih i upravljačkih kabela za frekvencijski regulator 341-MK-001/VSD i promjeni parametara uređaja.
19. TTK/Siemens/PHB simuliranjem signala provjerava funkcionanost novih upravljačkih i signalnih krugova.
20. **Ispitivanje turbine pod teretom:** Po uspješnoj provjeri signalnih i upravljačkih krugova, ponovno se pokreće 341-TK-001, ali ovog puta pod teretom (sustav turbina-ventilator; **elektromotor je isključen**). Provjerava se sustav regulacije pod teretom i izvršava se usklađivanje parametara po potrebi. Nakon provjere, **turbina ostaje u pogonu**.
21. **Ispitivanje preuzimanja tereta od strane elektromotora:** TTK/Honeywell zadaje nalog na DCS-u (na inženjerskoj stanici u FAR-u Energane) za istovremeno zaustavljanje turbine i pokretanje elektromotora. Usporedno mjeri brzinu dostizanja stabilne radne točke. Time se provjerava funkcionalnost povrata u normalni režim rada bez zaustavljanja ventilatora – elektromotor preuzima kompletan teret ventilatora. Potom turbina miruje, a elektromotor ostaje u radu. TTK/Siemens/Honeywell dodatno provjerava analogni signal brzine vrtnje iz ormara 341-MK-001/VSD prema DCS-u.
22. **Ispitivanje preuzimanja tereta od strane turbine:** Za elektromotor pod teretom (sustav elektromotor-ventilator; turbina stoji) TTK/Siemens/Honeywell simulira nestanak napajanja isključenjem odvoda za ormar 341-MK-001/VSD. Usporedno mjeri brzinu odziva preuzimanja tereta ventilatora od strane turbine 341-TK-001.
23. Ukoliko brzina dostizanja stabilne radne točke (u točki 21.) i vrijeme odziva preuzimanja tereta (u točki 22.) budu u okvirima traženog za kontinuirani rad generatora pare, točke 24-31. Programa se preskaču.
24. **Radovi na FSC-u:** Ukoliko brzina dostizanja stabilne radne točke (u točki 21.) i vrijeme odziva preuzimanja tereta (u točki 22.) ne budu u okvirima traženog za kontinuirani rad generatora pare, morat će se izvršiti korekcija podešenja vremena zatezanja u **BMS (Burner Management System)** dijelu FSC sustava.
25. Voditelj predlaže korekciju iznosa vremenskog zatezanja zaštite u BMS-u.
26. Koordinator organizira sastanak nadležnih specijalista i rukovoditelja u INA-RNR radi razmatranja i odobrenja predložene korekcije u BMS-u.
27. Ukoliko se predložene korekcije ne odobre, funkcionalno ispitivanje se prekida i pokreću se aktivnosti radi što bržeg pokretanja generatora pare 341-G-001, te stavljanje istoga na raspolaganje osoblju Energane, o čemu Koordinator obavještava sve sudionike ovog ispitivanja, a Voditelj sastavlja Zapisnik o izvršenom funkcionalnom ispitivanju.
28. Koordinator sastavlja zapisnik o odobrenju korekcija u BMS-u i dostavlja ga Voditelju.

29. Voditelj traži dozvolu za učitavanje (download) novih podešenja/korekcija u BMS-u (povećanih vremena zatezanja zaštite u sustavu loženja generatora pare) u FSC sustav.
30. Koordinator nakon provjere spremnosti osoblja Energane odobrava početak te aktivnosti – očekivano trajanje iste je cca 30 minuta.
31. Najbitniji trenutak je onaj u kojem FSC po završetku učitavanja mora preuzeti nadzor sustava i nesmetano nastaviti rad. Taj trenutak će Voditelj na vrijeme najaviti Koordinatoru, radi održavanja visoke spremnosti za reakciju osoblja Energane.
32. Po završetku gornje aktivnosti Voditelj potvrđuje Koordinatoru uspješnost iste.
33. **Pokretanje G1:** Voditelj traži od Koordinatora omogućavanje uvjeta za ispitivanje u radu generatora pare 341-G-001.
34. Koordinator traži od osoblja Energane pokretanje generatora pare 341-G-001 i obavještava Voditelja da su postignuti uvjeti za ispitivanje u radu.
35. **Ispitivanje G1 u radu:** Koordinator odobrava Voditelju početak ispitivanja u radu.
36. TTK ponavlja ispitivanje navedeno u točki 22. uz održavanje generatora pare 341-G-001 u kontinuiranom radu - na **minimalnom teretu**.
37. TTK ponavlja ispitivanje navedeno u točki 21. uz održavanje generatora pare 341-G-001 u kontinuiranom radu - na **minimalnom teretu**.
38. TTK ponavlja ispitivanje navedeno u točki 22. uz održavanje generatora pare 341-G-001 u kontinuiranom radu - na **srednjem teretu**.
39. TTK ponavlja ispitivanje navedeno u točki 21. uz održavanje generatora pare 341-G-001 u kontinuiranom radu - na **srednjem teretu**.
40. TTK ponavlja ispitivanje navedeno u točki 22. uz održavanje generatora pare 341-G-001 u kontinuiranom radu - na **visokom teretu**.
41. TTK ponavlja ispitivanje navedeno u točki 21. uz održavanje generatora pare 341-G-001 u kontinuiranom radu - na **visokom teretu**.
42. **Radovi na FSC-u:** Po završetku gornjih aktivnosti Voditelj će zatražiti dozvolu za učitavanje (download) korekcija u FSC sustav (za generatore pare 341-G-001 i 341-G-002).
43. Koordinator nakon provjere spremnosti osoblja Energane odobrava početak te aktivnosti – očekivano trajanje iste je cca 30 minuta.
44. Najbitniji trenutak je onaj u kojem FSC po završetku učitavanja mora preuzeti nadzor sustava i nesmetano nastaviti rad. Taj trenutak će Voditelj na vrijeme najaviti Koordinatoru, radi održavanja visoke spremnosti za reakciju osoblja Energane.
45. Po završetku gornje aktivnosti Voditelj potvrđuje Koordinatoru uspješnost iste.

46. **Završetak ispitivanja G1 u radu:** Nakon toga sve je spremno za kontinuirani pogon G1 i za nastavak istih funkcionalnih ispitivanja na G2 - kada se isto odobri od strane Energetike.
47. Po završetku gornjih aktivnosti Voditelj potvrđuje Koordinatoru uspješnost istih i završetak funkcionalnog ispitivanja za turbinu 341-TK-001.
48. Koordinator informira Voditelja RNR Energetike u smjeni o završetku funkcionalnih ispitivanja.
49. Voditelj RNR Energetike u smjeni obavještava smjensko osoblje o završetku funkcionalnih ispitivanja.
50. Nakon što Voditelj dostavi Koordinatoru Zapisnik o izvršenom funkcionalnom ispitivanju, ispitivanje se smatra završenim.

Sastavili:

Damir Rogoz, TTK

Sanjin Jurešić, INA-RNR

U Kostreni, 7. lipanj 2016.

11. ZAKLJUČAK

Ugrađena parna turbina ima ulogu rezervnog pogonskog stroja za ventilatore kotla, a u slučaju nestanka napajanja glavnih pogonskih strojeva - elektromotora.

Pošto prethodno ugrađen sustav za upuštanje i regulaciju rada turbine nije zadovoljavao nove zahtjeve za automatskim startom i regulacijom rada, a sve u svrhu sprječavanja neželjenih ispada kotla prilikom nestanka napajanja pogonskih elektromotora, provedena je rekonstrukcija i modernizacija svih električnih, mehaničkih i hidrauličkih elemenata, te se time uspješno omogućio automatski start turbina prema novim uvjetima, te stabilan i pouzdan rad.

Novo implementirani sustav nije podložan bilo kakvim vanjskim poremećajima, te prilikom ispada elektromotora, turbina uspješno preuzima pogon ventilatora unutar potrebnog vremenskog intervala, te se brzo sinkronizira i stabilizira broj okretaja na potrebnu vrijednost.

Provedenom revitalizacijom turbinskog postrojenja, uspješno je izvršen zadatak, odnosno zahtjev i potreba kupca, te time osiguran pouzdan rad opreme unutar proizvodnog procesa kupca.

12. POPIS LITERATURE

- [1] Zvonko Elčić: Parne turbine, ABB, Karlovac, 1995.
- [2] Internet – Wikipedija – Parna turbina; dostupno na:
https://hr.wikipedia.org/wiki/Parna_turbina
- [3] Tvornica turbina Karlovac d.o.o., projektna, tehnička, proizvodna, te izvedbena dokumentacija