

Technická správa

Predprevádzková bezpečnostná správa

Kapitola 06.05.06.03 Riadiaci a ochranný systém TG

Stavba: Dostavba 3. a 4. blok JE Mochovce, stavenisko: Jadrová časť
Construction: 3&4 Unit NPP Mochovce Completion, site: Nuclear Island
Stavebník: Slovenské elektrárne, a.s., Bratislava, 3. a 4. blok JE Mochovce
Constructor: Slovenské elektrárne, a.s., Bratislava, 3&4 Unit NPP Mochovce

SE Rev	Date / Dátum	LC	IS	Supervision Outcome / Stav schválenia	Supervised by / Overil		Checked by / Kontroloval	Approved by / Schválil
				Language / Jazyk	S	Safety Class / Bezpečnostná trieda	N	SEC. INDEX / INDEX utajenia
				Submitted to Client to / Predložené odberateľovi na:	Approval / Schválenie	x	Information Only / Len na informáciu	Company use/P
				The SE a.s. approval refers to the contract clauses only. All design responsibilities are charged to the Contractor / Schválenie SE a.s. sa vzťahuje iba na zmluvné náležitosti. Za vypracovanie projektu nesie dodávateľ plnú zodpovednosť.				
EPS No / Číslo EPS: PNM34365000		Revisoin index / Index revízie: 06		Size / Veľkosť	Activity Code / Aktivita	Type / Subtype Typ / Podtyp	Discipline / Profesia	Plant Unit / Blok elektrárne
File name / Názov súboru:	SE doc. Code / SE číslo dokumentu: PNM34361069			A4	6.01	RS	Z	8
				Sheet / List	Of / z		Plant System / Systém elektrárne	Component / Komponent
				1	37			

SE Contract No. / Číslo zmluvy SE: 4600003952				VUJE Contract No. / číslo zmluvy VUJE: 1719/00/09			
Part name / Označenie časti: PNM3436106906_S_C00_V				Issued on / Vydané dňa: 06.08.2019			
Kód citlivosti ¹⁾ / Sensitivity code ¹⁾	3	Name / Meno	Organization / Organizácia	Dept. / Útvar	Date / Dátum	Signature / Podpis	
Author / Vypracoval:			• VUJE, a.s.	• 0530	• 06.08.2019	•	
Co-author / Spolupracoval:			•	•	•	•	
			•	•	•	•	
Checked by / Kontroloval:			• VUJE, a.s.	• 0520	• 06.08.2019	•	
			•	•	•	•	
Verified by / Overil:			• VUJE, a.s.	• 0720	• 06.08.2019	•	
Approved by / Schválil:			• VUJE, a.s.	• 1703	• 06.08.2019	•	

Tento dokument je vlastníctvom Slovenských elektrární, a.s.. Tento dokument, ako aj informácie z neho, môžu byť použité, kopírované, rozmnožované alebo zverejňované iba so súhlasom Slovenských elektrární, a.s.. Uvedené riešenie je obchodným tajomstvom VUJE, a.s..

This document is property of Slovenské elektrárne, a.s. This document as well as information it contains can only be used, copied, reproduced or published with consent of Slovenské elektrárne, a.s. The solution presented is trade secret of VUJE, a.s.

Revision record / Záznam o revízii

Identification / Identifikácia (part/page/chapter/ member/section) (časť/strana/kapitola/ článok/odstavce)	Brief description of modification / Stručná charakteristika úpravy (description of modification and manner of implementation) (popis úpravy a spôsobu zapracovanie)	Reason of modification / Dôvod úpravy (author company, number of comments or other stimulation, name of author, comment document No.) (firma autora a číslo pripomienky, resp. iný podnet, meno autora, č. dokumentu pripomienok)
• Celý dokument	• Zapracovanie pripomienok ÚJD podľa Aarhuského výboru	• V súlade s dokumentom PNM34482979
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•

List of document part

Zoznam častí dokumentu

Por. č. No.	Názov dokumentu Document name	Ev. č. súboru časti dokumentu / File ref. No. of document part	Číslo revízie / Revision No.
1.	• Kapitola 06.05.06.03 Riadiaci a ochranný systém TG	• PNM3436106906_S_C00_V	• 06
2.	• Kapitola 06.05.06.03 Riadiaci a ochranný systém TG	• PNM3436106906_S_C01_V	• 06
3.	.	.	.
4.	.	.	.
5.	.	.	.
6.	.	.	.
7.	.	.	.
8.	.	.	.
9.	.	.	.
10.	.	.	.
11.	.	.	.

OBSAH

OBSAH	4
ÚVOD	6
ZOZNAM SKRATIEK	7
6.5.6.3.1 Popis systému	9
6.5.6.3.1.1 Účel systému	9
6.5.6.3.1.2 Opis konštrukcie a funkčnosti	9
6.5.6.3.1.2.1 Bezpečnostné funkcie	9
6.5.6.3.1.2.2 Bezpečnostná a seizmická klasifikácia	9
6.5.6.3.1.2.3 Opis systému	9
6.5.6.3.1.2.4 Elektrické napájanie	12
6.5.6.3.1.3 Činnosť obsluhy	13
6.5.6.3.1.3.1 Normálna prevádzka bloku	13
6.5.6.3.1.3.2 Havarijná prevádzka bloku	13
6.5.6.3.1.3.3 Poruchy systému	13
6.5.6.3.1.4 Popis prevádzkových režimov	13
6.5.6.3.1.4.1 Regulačný systém turbíny v režimoch normálnej prevádzky	13
6.5.6.3.1.4.2 Činnosti regulácie TG pri nábehu a odstavení bloku	18
6.5.6.3.1.4.3 Prevádzka regulátora turbíny pri prevádzke bloku s jedným TG	19
6.5.6.3.1.4.4 TCS pri prevádzke bloku v primárnej a sekundárnej regulácii	19
6.5.6.3.1.4.5 Regulačný systém turbíny v priebehu prechodových procesov	20
6.5.6.3.1.4.6 Abnormálne stavy so zapôsobením RLS	21
6.5.6.3.1.4.7 Abnormálne stavy bez pôsobenia RLS	22
6.5.6.3.1.4.8 Abnormálne stavy zapríčinené poruchami vysokonapäťovej siete	24
6.5.6.3.1.4.9 Regulačný systém turbíny v priebehu havarijných procesov	26
6.5.6.3.1.5 Detailné prvky projektu	27
6.5.6.3.1.5.1 Dispozičné riešenie	27
6.5.6.3.1.5.2 Štruktúra systému a jeho charakteristiky	27
6.5.6.3.1.6 HW a SW prostriedky TCS/TPS	28
6.5.6.3.2 Technické hodnotenie systému	28
6.5.6.3.2.1 Požiadavky na vybrané zariadenia	28
6.5.6.3.2.2 Seizmická odolnosť	28
6.5.6.3.2.3 Princípy bezpečného projektovania	28
6.5.6.3.2.3.1 Kritérium jednoduchšej poruchy	28
6.5.6.3.2.3.2 Kritérium poruchy so spoločnou príčinou	29
6.5.6.3.2.3.3 Diverzita	29
6.5.6.3.2.3.4 Oddelenie	29
6.5.6.3.2.3.5 Kritérium bezpečnej poruchy	29
6.5.6.3.2.4 Analýza spoľahlivosti	29
6.5.6.3.2.5 Kvalifikácia systému	30
6.5.6.3.3 Bezpečnostné zhodnotenie	31
6.5.6.3.3.1 Preukázanie splnenia legislatívnych požiadaviek	31
6.5.6.3.3.2 Hodnotenie systému TCS/TPS	31

LITERATÚRA	33
ZOZNAM OBRÁZKOV	36
ZOZNAM TABULIEK.....	37

ÚVOD

Správa obsahuje kapitolu 6.5.6.3 – „Riadiaci a ochranný systém TG“ predprevádzkovej bezpečnostnej správy jadrovej elektrárne Mochovce 3. Blok.

Kapitola PpBS 6.5.6.3 je vypracovaná v súlade so: Zákonom ÚJD SR č. 541/2004 Z. z. o mierovom využívaní jadrovej energie (Atómový zákon) [II.8], Vyhláškou ÚJD č. 31/2012 Z. z [II.16], BNS I.1.2/2008 [II.7], (pričom bolo v primeranom rozsahu prihliadnuté k novému platnému návodu BNS I.1.2/2014 [II.10] a IAEA Safety Standards Series No. GS-G-4.1 [II.17]).

Pri vypracovaní kapitoly 6.5.6.3 PpBS boli uvažované a implementované pripomienky uvedené v Rozhodnutí NRA SR č. 267/2008.

Opatrenia Vyhlášky ÚJD SR č. 50/2006 Z.z. boli použité v rozsahu stanovenom prechodným opatrením § 7 Vyhlášky ÚJD SR č. 430/2011 Z.z.. Dokumenty spoločnosti Siemens AG pre vypracovanie tejto bezpečnostnej správy uvádzajú ako zdroj Vyhlášku ÚJD SR č. 50/2006 Z.z.

Opatrenia Vyhlášky ÚJD SR č. 56/2006 Z.z. boli použité v rozsahu stanovenom prechodným opatrením § 10 Vyhlášky ÚJD SR č. 431/2011 Z.z.. Dokumenty spoločnosti Siemens AG pre vypracovanie tejto bezpečnostnej správy uvádzajú ako zdroj Vyhlášku ÚJD SR č. 56/2006 Z.z.

Kapitola sa zaoberá technickým popisom a posúdením bezpečnosti regulačného systému TG na 3. a 4. bloku JE Mochovce na základe popisu systému TCS vo vykonávacom projekte, rozboru riešenia regulátoru vo VP a všeobecných kritérií, zadaných v úvodnom projekte. Strojná časť ochranného a riadiaceho systému TG je hodnotená samostatne v kap. 6.8 PpBS.

ZOZNAM SKRATIEK

AC	Striedavý prúd
ANT	Odbočkový transformátor
AO	Automatická ochrana reaktora
AP	Automatický procesor
ASDR	Automatický systém riadenia výstupného výkonu bloku
BD	Bloková dozorňa
CCF	Porucha zo spoločnej príčiny
DC	Jednosmerný prúd
DCS	Distribúovaný riadiaci systém
DRTS	Diverzný systém rýchleho odstavenia reaktora
EMC	Elektromagnetická kompatibilita
ESFAS	Systém aktivácie technických prostriedkov pre zabezpečenie bezpečnosti
HPK	Hlavný parný kolektor
HW	Hardware
I.O.	Primárny okruh
II.O.	Sekundárny okruh
JE	Jadrová elektrárňa
MTTR	Stredná doba opravy (Mean Time to Repair)
MO34	JE Mochovce 3. a 4. blok
NT	Nízkotlaký
PICS	Počítačový informačný a riadiaci systém
PIU	Postulovaná iniciačná udalosť
PCS	Riadiaci počítačový systém elektrárne
PCS7	Softwarový produkt
PG	Parogenerátor
PpBS	Predprevádzková bezpečnostná správa
PSK	Prepúšťacia stanica do kondenzátora
RCS	Systém regulácie (výkonu) reaktora
RK	Regulačná klapka
RLS	Systém obmedzenia výkonu reaktora - limitačný systém
RPS	Ochranný systém reaktora (Reactor Protection System - RTS alebo ESFAS)
RRCS	Systém skupinového a individuálneho riadenia havarijných, regulačných a kompenzačných kaziet
RTB	Havarijný vypínač (Reactor Trip Breaker)
RTS	Systém automatického (rýchleho) odstavenia reaktora
RV	Regulačný ventil
RZV	Rýchlo-záverný ventil
SAS	Automatizačný prevádzkový systém
SED	Slovenský energetický dispečing
SICS	Bezpečnostný SKR
SKR	Systém kontroly a riadenia
SOP	Spúšťacie olejové čerpadlo (start-up oil pump)
SW	Software
TCS	Systém riadenia turbíny
TG	Turbogenerátor

TPS	Ochranný systém turbíny
TVER	Tlakový výkonový elektronický regulátor výkonu TG
ÚJD SR	Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky
UPS	Zdroj neprerušovaného elektrického napájania
VP	Vykonávací projekt
VT	Vysokotlaký

6.5.6.3.1 Popis systému

6.5.6.3.1.1 Účel systému

Účelom riadiaceho systému turbíny (TCS) spoločne s ochranným systémom turbíny (TPS) je zabezpečiť riadenie a ochranu turbíny pri normálnej a abnormálnej prevádzke jadrového bloku.

6.5.6.3.1.2 Opis konštrukcie a funkčnosti

6.5.6.3.1.2.1 Bezpečnostné funkcie

Systém TCS/TPS je v projekte kategorizovaný ako systém nedôležitý z pohľadu jadrovej bezpečnosti. Riadiaci systém turbíny neplní v zmysle vyhlášky ÚJD SR 430/2011 [II.1] z hľadiska jadrovej bezpečnosti žiadne bezpečnostné funkcie ale hrá významnú úlohu z pohľadu bezpečnostných princípov ochrany do hĺbky.

V súlade s vyhláškou ÚJD SR č. 50/2006 Z.z.[II.11] a dokumentom „Zoznam vybraných zariadení pre 3. blok MO34 a spoločné zariadenia 3. a 4. bloku - textová časť [II.14] schváleného rozhodnutím ÚJD SR č. 63/2015 [II.15] a taktiež kapitolou 5.3 tejto PpBS nie je systém TCS/TPS zaradený do BT a neplní bezpečnostnú funkciu.

6.5.6.3.1.2.2 Bezpečnostná a seizmická klasifikácia

Regulačný systém turbíny TCS/TPS z pohľadu jadrovej bezpečnosti neplní žiadnu bezpečnostnú funkciu a preto nie vybraným zariadením podľa dokumentu [II.1]. TCS/TPS je systém normálnej prevádzky, pracujúci taktiež v niektorých abnormálnych režimoch JB.

Po uplynutí platnosti prechodného ustanovenia uvedeného vo vyhláške ÚJD SR č. 430/2011 (viď [II.1] §7 „Prechodné ustanovenie, t.j. 31.12.2014) je v platnosti §3 „Kategorizácia vybraných zariadení do bezpečnostných tried“ predmetnej vyhlášky [II.1].

Systém TCS/TPS je kvalifikovaný na EMC podľa požiadaviek funkčného kritéria B.

Požiadavky na podmienky prostredia v miestnostiach, v ktorých sú umiestnené zariadenia TCS/TPS, sú uvedené v [I.24]:

6.5.6.3.1.2.3 Opis systému

Riadiaci systém turbíny je realizovaný na platforme automatizačného systému Simatic.

Ochranný systém turbíny je realizovaný na platforme automatizačného systému Simatic.

Systém TCS/TPS je súčasťou zariadenia SKR sekundárnej časti jadrovej elektrárne; dôležité riadiace funkcie implementované v tomto systéme sú kategorizované a projektované v zmysle požiadaviek normy STN IEC 61226 (funkcie kategórie C). Relevantné technické podmienky a požiadavky podľa dokumentu „SEPS Technické podmienky“ [II.9] sú taktiež brané v úvahu v rozšírenom projektovom riešení MO34, ktoré kladie vždy prioritne dôraz na jadrovú bezpečnosť.

Z pohľadu priamej návaznosti na vyvedenie elektrického výkonu z jadrového bloku TCS spolupracuje s nasledujúcimi systémami (povelové alebo signálové prepojenie alebo prepojenie cez hodnoty fyzikálnych parametrov):

- Slovenský energetický dispečing (SED) cez sieťový terminál EMO.
- Systém elektrických ochrán rozvodnej siete.
- Systém elektrických ochrán vyvedenia výkonu bloku.
- Riadenie budenia generátora.

Najdôležitejšie časti systému (procesorové jednotky CPU, komunikačné procesory a napájanie) sú realizované v redundantnej štruktúre z dôvodu prevádzkovej spoľahlivosti / disponibility.

Základné funkcie TCS:

Regulátor turbíny (LTC)

Reguluje pomocou regulačných ventilov, zaisťuje jednotlivými regulačnými slučkami reguláciu základných fyzikálnych veličín (otáčky, tlak v HPK, elektrický výkon). Realizuje meranie, vyhodnocovanie a zobrazovanie otáčok TG v celom prevádzkovom pásme. Táto funkčná jednotka tiež umožňuje ručné ovládanie regulačných ventilov. Regulátor má priamu väzbu na vysokotlaký hydraulický systém ovládania RV, výstupné signály z regulátoru sú upravené a ďalej prenášané do vysokotlakého hydraulického systému.

Regulátor TG priamo riadi VT regulačné ventily a NT regulačné klapky TG a obsahuje:

- Modul regulácie otáčok TG.
- Modul regulácie tlaku v HPK.
- Modul regulácie elektrického výkonu TG.
- Modul ručného riadenia ventilov.
- Modul vyhodnocovania tepelného namáhania.
- Modul obmedzovacej regulácie.
- Modul regulácie ostrovnej prevádzky.
- Modul blokovania riadenia.

Pre ďalšie podrobnosti pozri kapitolu 6.5.6.3.1.4.1.

Vysokotlaký hydraulický systém (LTH)

Systém LTH zaisťuje vhodný tlak ovládacieho oleja VT rýchlozáverných ventilov, VT regulačných ventilov, NT rýchlozáverných klapiek a NT regulačných klapiek.

Ovládací olej je chladený prostredníctvom okruhu chladiacej vody, ktorá preteká cez chladič regulačnej kvapaliny. LTH môže byť riadený ručným zásahom na každý ovládač alebo s využitím sekvenčného automatu.

VT hydraulický systém ovláda:

- Motory čerpadiel hydraulickej regulačnej kvapaliny
- Motor pohlcovača vody .

Oleiový systém (LTO)

Systém mazacieho oleja zabezpečuje mazanie ložísk TG pri spúšťaní, prevádzke a vypínaní. Systém ovláda:

- Motory olejových čerpadiel spúšťania.
- Elektrický pohon klapiek na výtlaku SOP .
- Motory núdzových olejových čerpadiel DC
- Motory odlučovača olejovej hmly .
- Motor zberného olejového čerpadla .
- Pohon klapky vypúšťania olejovej nádrže.

Natáčadlo (LTT)

Natáčadlo zabezpečuje otáčanie turbíny po jej vypnutí a pri dobehu. To zabráni ohýbaniu rotora.

Spúšťanie a vypínanie motora natáčadla a čerpadiel zdvíhacieho oleja sa riadi podľa aktuálnych otáčok TG. Riadiaci systém natáčadla ovláda:

- Magnet natáčadla.
- Motor natáčadla.
- Motory čerpadiel zdvíhacieho oleja.

Systém upchávkovvej pary (LTS)

Funkčná skupina upchávkovvej pary slúži na reguláciu tlaku pary VT a NT upchávok na požadované hodnoty pomocou zmeny otvorenia:

- Regulačného ventilu odsávania.
- Regulačných ventilov zahltenia.
- Elektrických uzatváracích ventilov.

Vstrekovanie do NT výstupnej časti turbíny (LTI)

Zabezpečuje teplotné podmienky v zadnej časti NT dieloch počas celej prevádzky TG, najmä počas prevádzky TG na nízkych výkonoch. Vstrekovanie do NT výstupnej časti turbíny je riadené zatváracím ventilom s elektrickým pohonom.

Drenážny systém (LTD)

Regulácia tohto systému je prostredníctvom uzatváracích ventilov s elektrickým pohonom.

Kondenzátor komínkovej pary (LBV)

Systém riadi uzatváracie klapky a ventily s elektrickým pohonom a AC motory ventilátorov komínkovej pary.

TCS je riadiaci systém určený pre riadenie turbíny a jej pomocných systémov, systém je separovaný od systému PCS. Úlohou ochranného systému turbíny (TPS) je zabrániť nežiaducim, nebezpečným alebo neprijateľným kombináciám parametrov, ktoré môžu ohroziť vlastnú turbínu. Úlohou systému

TPS je tiež ochrana generátora pred nebezpečnými a neakceptovateľnými kombináciami technologických (nie elektrických) parametrov, ktoré môžu generátor ohroziť. Podľa platnej dokumentácie úvodného projektu [III.3] sú v TPS dve ochranné funkcie zaradené do kategórie C [II.3]:

Ochranný systém TG je realizovaný na báze prostriedkov prevádzkového zariadenia platformy PCS7. Strojné ochrany turbíny sú popísané v kap. 6.8 PpBS [I.19]. Elektrické ochrany v časti vyvedenia elektrického výkonu bloku sú popísané v kap. 6.6 PpBS (Elektrické napájanie) [I.21].

Systém TCS bezprostredne spolupracuje s riadiacim systémom reaktora RCS, z ktorého získava informácie o aktuálnom režime RCS a hodnote regulačnej odchýlky tlaku v HPK. Výstupom zo systému TCS sú riadiace signály, ktorými je ovládaná poloha akčných orgánov - VT RV a NT RK turbíny.

Systém TCS je vybavený vlastnými meracími obvodmi (napríklad: vyhodnocovanie hodnoty otáčok TG, teploty vnútorných častí VT telesa TG, polohy VT RV, NT RK, snímanie koncových polôh odvodňovacích armatúr, armatúr na upchávkach atd.). Analógové veličiny a binárne signály, potrebné k vykonávaniu svojich funkcií, získava algoritmus TCS z iných systémov (napríklad TPS, RCS, RRCS, elektrická časť, PCS). TCS vykonáva iba vyhodnocovacie a výberové operácie z vstupných signálov:

- Analógové signály - vyhodnotenie maxima alebo minima z dvoch kanálov, výpočet maxima alebo strednej hodnoty z troch kanálov.
- Binárne signály - výber 2 z 3 signálov (negatívna logika) alebo výber 1 z 2 signálov (pozitívna logika).

6.5.6.3.1.2.4 Elektrické napájanie

Elektrické napájanie systému TCS/TPS je zabezpečené z 2 príslušných systémov napájania.

V prípade poruchy oboch napájacích obvodov jednej redundancie TCS (procesorovej jednotky alebo komunikačnej jednotky) preberá beznárazovo činnosť druhá (redundantná) jednotka a zabezpečuje všetky svoje funkcie.

Systém TPS je napájaný zo systému TCS podľa rovnakých princípov, ako je uvedené vyššie.

6.5.6.3.1.3 Činnosť obsluhy

6.5.6.3.1.3.1 Normálna prevádzka bloku

Počas normálnej prevádzky systému TCS, je systém v automatickej činnosti v niektorom z navolených režimov regulácie. Personál BD vykonáva kontrolné činnosti aktuálneho stavu relevantných technologických parametrov a stavu jednotlivých zariadení SKR TCS. Systém umožňuje vykonávať počas normálnej prevádzky plánované skúšky a periodické testovanie.

6.5.6.3.1.3.2 Havarijná prevádzka bloku

Počas existencie núdzových havarijných podmienok na bloku vykonáva operátor II.O. kontrolu stavu relevantných technologických parametrov a zariadení, robí kvitovanie a resetovanie alarmov, pomocou technických prostriedkov, ktoré sú nezávislé na funkciách regulačného systému TG (bezpečnostný panel SICS).

6.5.6.3.1.3.3 Poruchy systému

V prípade zlyhania funkcie systému alebo niektorého komponentu personál zaisťuje neodkladné kontrolné činnosti, vedúce k identifikácii príčin poruchy - zaisťuje realizáciu spustenia diagnostických a testovacích procedúr a vykonáva opravy či výmenu nefunkčnej časti alebo konkrétneho komponentu systému TCS.

6.5.6.3.1.4 Popis prevádzkových režimov

6.5.6.3.1.4.1 Regulačný systém turbíny v režimoch normálnej prevádzky

Regulačný systém TG obsahuje funkcie regulácie otáčok TG, výkonu TG, tlaku v HPK, ručného ovládania ventilov, obmedzovacej regulácie, ostrovnej prevádzky, blokovania ovládania ventilov, vyhodnocovania teplotného namáhania, ktoré sa uplatňujú pri nábehu, fázovaní, výkonovej prevádzke a pri odstavovaní TG.

Regulátor turbíny priamo riadi VT RV a NT RK a obsahuje:

Regulácia otáčok

Prostredníctvom tohto modulu sú regulované otáčky TG v celom rozsahu otáčok pri spúšťaní, synchronizácii, odpájaní, testovaní a v prechodových stavov po odfázovaní TG. Modul umožňuje:

- Nastaviť požadovanú hodnotu otáčok:
 - Automaticky, sledovaním aktuálnej hodnoty otáčok.
 - Manuálne, nastavením požadovanej hodnoty otáčok.
 - Automaticky, ak operátor navolil automatický režim -
- Externe, s monitorovaním externe zadaných požadovaných otáčok prostredníctvom synchronizačného automatu
 - Procedúra automatického nábehu. Nábehové procedúry podľa nábehového diagramu (všetky sú popísané v [I.13]):
 - Synchronizačná procedúra. Ak sú dosiahnuté synchronizačné otáčky, stredná integrálna teplota rotora a nadotáčkový test je vypnutý, potom turbína je pripravená k auto-synchronizácii, kedy

požadované otáčky turbíny sú zadané externe pulznými signálmi zo synchronizačného zariadenia.

- Vysledovanie synchronizačných otáčok. Hodnota požadovaných otáčok turbíny prechádza automaticky do režimu monitorovania nominálnych otáčok po synchronizácii TG, ak nenastal režim ostrovnej prevádzky. Prepnutie zadávača požadovaných otáčok do manuálneho režimu nie je ďalej možné.

Regulácia tlaku pary v HPK – režim „P“

Tento modul umožňuje riadenie tlaku pary v HPK zmenami otvorenia VT RV na TG. Do regulátora tlaku pary vstupuje regulačná odchýlka, ktorá je posielaná z RCS.

Modul regulácie tlaku môže byť navolený operátorom po splnení určených podmienok.

Regulácia výkonu TG – režim „Ne“

Tento režim umožňuje riadenie elektrického výkonu turbogenerátoru. V tomto režime je výkon TG riadený otváraním / zatváraním VT RV a NT RK (činnosť NT klapiek nastáva iba pri nízkom výkone TG). Výkonový režim musí byť obvykle navolený operátorom. Automaticky sa režim regulácie výkonu TG navolí, ak je TG synchronizovaný. V iných prípadoch musí byť tento režim navolený operátorom manuálne.

Tento režim je ukončený, ak:

- TG nie je synchronizovaný.
- Je zapnutý režim regulácie tlaku, režim ručného riadenia ventilov alebo režim obmedzujúcej regulácie alebo režim ostrovnej prevádzky (po predchádzajúcom navolenom režime regulácie výkonu).
- Riadiaci signál ventilov je blokový.

Modul umožňuje:

- Nastavenie požadovanej hodnoty počiatočného výkonu alebo cieľového výkonu. Nastavenie žiadanej hodnoty počiatočného výkonu môže byť generovaný automaticky, keď TG nie je synchronizovaný a jeho hodnota je stanovená na základe počiatočných otáčok TG a strednej integrálnej teploty VT rotoru TG. Hodnota cieľového výkonu môže byť nastavená aj manuálne zadaním hodnoty požadovaného výkonu. Táto voľba je aktívna po synchronizácii TG a po dosiahnutí počiatočného výkonu, v režime riadenia elektrického výkonu s primárnou reguláciou a neaktívnou sekundárnou reguláciou. Zapnutie počiatočného výkonu / cieľového výkonu nastáva automaticky po synchronizácii.
- Nastavenie hodnoty minimálneho a maximálneho výkonu. Ak je aktívny režim regulácie výkonu, je hodnota minimálneho výkonu nastavená manuálne.
- Nastavenie hodnoty požadovaného výkonu. Požadovaný výkon môže byť nastavený automaticky vysledovaním výstupného výkonu, keď cieľový výkon je automatický (pozri „Nastavenie požadovanej hodnoty počiatočného výkonu alebo cieľového výkonu“). Pre zvyšovanie alebo znižovanie výkonu bloku manuálne operátorom, operátor manuálne zadá požadovanú hodnotu cieľového výkonu do zadávača výkonu TG a po prepnutí zadávača výkonu TG do automatického režimu dôjde, nastaveným trendom, ku zmene aktuálneho výkonu na požadovanú hodnotu.

Keď je aktívna primárna alebo sekundárna regulácia frekvencie siete, je požadovaný výkon pevne nastavený externe cez ASDR rozhranie.

- Nastavenie hodnoty trendu zmeny výkonu. Táto hodnota môže byť nastená automaticky.
- Riadenie primárnej regulácie výkonu a frekvencie siete (PRV). Táto podporná služba zaisťuje rovnováhu medzi výrobou a spotrebou elektrickej energie prostredníctvom regulátoru TG.
- Sekundárna regulácia výkonu a frekvencie (SRV). Táto funkcia slúži k riadeniu celkovej bilancie výkonu (saldo) a frekvencie v elektrickej sieti..
- Korekcia výkonu podľa odchýlky tlaku dP+. Korektor upravuje hodnotu nastaveného elektrického výkonu podľa aktuálnej odchýlky tlaku pary v HPK
- Korekcia výkonu podľa odchýlky tlaku dP-. Korektor dP- upravuje hodnotu nastaveného elektrického výkonu podľa aktuálnej odchýlky tlaku pary v HPK.

Ručné ovládanie ventilov

Modul umožňuje manuálne nastavenie hodnoty otvorenia regulačných ventilov operátorom, keď je TG synchronizovaný. Manuálne ovládanie ventilov taktiež umožňuje tzv. „servisný režim“, keď TG nieje v prevádzke. Servisný režim je vo všeobecnosti používaný pre testovanie prevádzkyschopnosti ventilov pred nábehom TG.

Vyhodnocovanie teplotného namáhania

Tento modul je určený na kontinuálne meranie, vyhodnocovanie a zaznamenávanie teplotného namáhania VT rotoru TG. Vďaka tomuto monitorovaniu je prevádzka TG optimalizovaná v závislosti na aktuálnom teplotnom namáhaní VT rotoru. Modul vyhodnocuje dve limitné hodnoty:

H1 – dovoľený limit namáhania,

H2 – maximálny limit namáhania.

Medza H1 je variabilná .

Obmedzovacia regulácia

Nasledujúce typy obmedzovacej regulácie sú implementované v TCS:

- Obmedzenie od tlaku za 1. VT obežným kolesom turbíny.
- Obmedzenie od vákua zatvára RV TG,
- Obmedzenie výkonu TG
- Obmedzenie od „nízkyh parametrov“

Obmedzenie od „nízkyh parametrov“ má prioritu pred reguláciu tlaku v HPK, výkonu TG, ručným riadením a ostrovnou prevádzkou. Obmedzenie od „nízkyh parametrov“ nemá prioritu nad režimom blokovania riadenia ventilov. V prípade aktivácie obmedzenia od „nízkyh parametrov“, keď TCS je v režime regulácie otáčok je režim blokovania riadenia aktivovaný automaticky.

Regulácia v režime ostrovnej prevádzky

TG prechádza do ostrovnej prevádzky, keď odchýlka frekvencie siete od nominálnej hodnoty prekročí definovanú. Signál je do TCS privedený z externého zariadenia umiestneného vo výkonovom výstupe bloku, alebo je diagnostikovaný interne v TCS. V tomto prípade je riadenie TG pripojené v plne proporcionálnom riadiacom režime otáčok, RV TG sú riadené automaticky (použitím proporcionálnej korekcie v závislosti na skutočnej odchýlke požadovaných otáčok TG od frekvencie v ostrovnej sieti). Plne proporcionálne riadenie otáčok umožňuje zachovať akceptovateľnú hodnotu frekvencie a stabilnú výkonovú bilanciu medzi aktuálnym zaťažením a generovaným výkonom bloku pracujúceho do ostrovnej siete. Operátor II.O. má možnosť riadiť otvorenie RV TG alebo požadované prevádzkové otáčky zadávaním požadovaných hodnôt, ak nejednajú žiadne obmedzenia od „nízkyh parametrov“. Tieto manuálne činnosti sú koordinované z centrálneho dozorného pracoviska rozvodnej siete a umožňujú odpojenie ostrovnej siete od zvyšku synchronizovanej siete. Obmedzenie od „nízkyh parametrov“ má prioritu nad ostrovnou prevádzkou. Ukončenie ostrovnej prevádzky je umožnené, keď odchýlka frekvencie siete je v dovolených medziach a operátor potvrdil tlačidlom ukončenie ostrovnej prevádzky.

Blokovanie ovládania

V prípade vzniku nebezpečenstva prebehu otáčok z dôvodu špecifických prevádzkových podmienok (napr. prebeh otáčok TG alebo neočakávané rozopnutie sieťových vypínačov) poskytuje aktivácia blokovania ovládania rýchle uzavretie VT RV, zastavenie zvyšovania otáčok TG a následné uvoľnenie ovládania ventilov pre relevantné regulátory (aktiváciou blokovania ovládania nie je TG odstavený). Táto funkcia vykonáva prevenciu pred odstavením TG v dôsledku prekročenia otáčkových limitov. Blokovanie ovládania je permanentné, keď je turbína odstavená.

Prevádzkové režimy

Vo výkonovom režime bloku je z hľadiska stabilnej a spoľahlivej prevádzky jadrového zariadenia dôležité, aby bola vyrovnaná výkonová bilancia medzi I.O. a II.O. (podľa [I.1]). Ukazovateľom vyrovnanej výkonovej bilancie je stabilný tlak pary v HPK, resp. jeho kvazistacionárne zmeny v definovanom pásme necitlivosti regulácie tlaku pary v HPK.

V JE MO34 reguláciu tlaku pary v HPK vykonáva systém TCS alebo RCS. Spoločná regulácia tlaku pary v HPK v tom istom čase prostredníctvom TCS a RCS je v algoritme ovládania TCS vylúčená. Dovolené kombinácie režimu RCS s režimom TCS pre normálny výkonový režim bloku sú uvedené v nasledujúcej tabuľke:

Tabuľka 6.5.6.3-1 Doporučené prevádzkové stavy RCS a TCS [I.1]

STAV	RCS	TCS 1	TCS 2	Popis
1	N	Ne + DP	Ne + DP	Základný režim
2	N	P (alebo Ne)	Ne (alebo P)	Regulácia tlaku v HPK
3	S	Ne* + Df	Ne* + Df	Primárna regulácia frekvencie v sieti
4	S	Ne + DP	Ne + DP	Tlakové prechodové podmienky bloku v režime S (napr. pri pôsobení AO3)
5	T	Ne* + DN	Ne* + DN	Sekundárna regulácia frekvencie v el. sieti
6	T	Ne	Ne	Plánovaná zmena výkonu

*Poznámka:**N – regulátor RCS v režime regulácie výkonu**S – regulátor RCS v strážnom režime**T – regulátor RCS v režime regulácie tlaku pary v HPK**Ne – regulátor TCS v režime regulácie činného výkonu TG (požadovaný výkon je nastavený operátorom)**Ne* – regulátor TCS v režime regulácie činného výkonu TG (požadovaný výkon je nastavený z ASDR)**P – regulátor TCS v režime regulácie tlaku pary v HPK**DP – požadovaný výkon TG je korigovaný korektorom tlaku**Df – požadovaný výkon TG je korigovaný korektorom frekvencie v sieti pri primárnej regulácii**DN – požadovaný výkon TG je korigovaný korektorom frekvencie v sieti pri sekundárnej regulácii*

V priebehu prevádzky JE MO34 na nominálnom výkone počas stabilného prevádzkového stavu bloku sú najčastejšie používané prevádzkové stavy 1 a 2 alebo prevádzkový stav 6, ktorý je tiež určený pre plánované zmeny výkonu bloku t.j. zvyšovanie/znižovanie výkonu bloku pri nábehu/odstávke bloku alebo pre operatívne zmeny výkonu bloku.

V menšej miere sa budú využívať prevádzkové stavy 3 a 5 pre podporné služby elektrizačnej prenosovej sústavy.

Prevádzkový stav 4 je určený iba pre prechodové stavy bloku. Doba prevádzky v tejto kombinácii je zanedbateľná voči celkovej dobe prevádzky. Tento prevádzkový stav však má význam z hľadiska spoľahlivej prevádzky bloku v prechodovom stave.

Vo výkonovom režime je úlohou regulátorov RCS a TCS udržiavať stabilný tlak v HPK na požadovanej hodnote.

Popis prevádzkových stavov

Všetky nižšie uvedené kombinácie režimov predpokladajú, že RV PSK sú zatvorené a nepodieľajú sa na regulácii tlaku v HPK.

STAV 1 - RCS v režime „N“ a TCS oboch TG v režime „Ne + dP“

V prevádzkovom stave regulátor RCS v regulácii výkonu a oba TCS v regulácii výkonu s korektormi tlaku (Tabuľka 6.5.6.3-2 Stav 1). Tlak pary v HPK nie je priamo riadený žiadnym regulátorom. Regulátory TCS regulujú požadovaný elektrický výkon a dochádza k miernym zmenám tlaku pary v HPK, ktoré v dôsledku spätnoväzobných teplotných účinkov ovplyvňujú výkon reaktora. Ak zmeny výkonu reaktora prekročia nastavenú odchýlku [I.4]) regulátor RCS zreguluje výkon reaktora na požadovanú hodnotu zmenou polohy 6. skupiny HRK. Veľkosť zmien odchýlky tlaku pary v HPK je závislá od regulačných schopností RCS.

Pri odchýlke tlaku v HPK vyššej ako zadaná hodnota, TCS automaticky uvedie do činnosti korektor tlaku dP+ a dP-, ktorých vplyv na požadovanú hodnotu výkonu TG je závislý na algoritme implementovanom v TCS.

Ak odchýlka tlaku pary v HPK poklesne pod zadanú hodnotu, TCS automaticky uvedie do činnosti korektor tlaku dP-. Ak odchýlka tlaku prekročí zadanú hodnotu automaticky uvedie do činnosti korektor tlaku dP+. Po znížení odchýlky tlaku na zadanú hodnotu už korektor dP+ neovplyvňuje požadovanú hodnotu výkonu TG.

Po zapôsobení korektora tlaku dP- je pôsobenie korektora ukončené až po potvrdení operátorom a súčasne musí byť odchýlka tlaku pary v HPK nad zadanou hodnotou. Pokiaľ operátor neukončí pôsobenie korektora dP-, je požadovaný výkon TG naďalej ovplyvňovaný týmto korektorom v závislosti na algoritme implementovanom do riadenia TG.

STAV 2 - RCS v režime „N“ a jeden TCS v režime „P“ a druhý v režime „Ne“

V tejto kombinácii prevádzkových stavov je tlak pary v HPK riadený jedným TG na požadovanej hodnote takmer s nulovou odchýlkou. Veľkosť odchýlky tlaku pary v HPK je určená necitlivosťou regulátora tlaku TG.

Výkon TG navoleného v režime „Ne“ je udržiavaný na požadovanej úrovni. Výkon druhého TG, ktorého TCS je navolený v režime „P“, sa bude meniť podľa výkonových pomerov medzi I.O. a II.O.

STAV 6 - RCS v režime „T“ a oba TCS v režime „Ne“

Tlak pary v HPK pre tento STAV je priamo riadený regulátorom tlaku RCS s nastavenou necitlivosťou [I.4]. TCS oboch TG regulujú výkon každého TG na požadovanej hodnote s odchýlkou danou necitlivosťou regulátorov výkonu každého TG. Korektory tlaku dP+ a dP- v TCS sú pre tento prevádzkový stav blokované v algoritme ovládania TCS rovnako ako režim „P“. Prepnutie niektorého TCS do regulácie tlaku je v tomto prevádzkovom stave vylúčené.

Pri nastavení RCS v režime regulácie tlaku a pri normálnej prevádzke bloku nedôjde k dlhodobému zvýšeniu absolútnej hodnoty odchýlky tlaku v HPK nad zadanú hodnotu.

Poznámka.

Pre prepnutie TCS do regulácie tlaku je nutné najprv prepnúť RCS do režimu „N“ (v stabilnom stave bloku resp. pri stabilnom tlaku pary v HPK) a následne algoritmus ovládania umožňuje prepnúť TCS do regulácie tlaku.

Tento prevádzkový režim je vhodný aj pre plánované zmeny elektrického výkonu bloku napr. pri nábehu, odstavení alebo pre operatívne plánované zmeny elektrického výkonu – bližšie v kap. 6.5.6.3.3.4.1.2.

Jeden alebo oba TCS sú v ručnom riadení

Režim ručného riadenia RV TG sa uplatňuje v stave, keď je turbogenerátor prifázovaný k elektrickej sieti. Je možné ho aktivovať ručne povelom operátora alebo sa do neho prepína automaticky po splnení niektorej z podmienok vid'. [I.5]. Modul umožňuje operátorovi ručne ovládať VT RV TG priamym zadávaním polohy regulačných ventilov.

Reguláciu tlaku v HPK vykonáva RCS prostredníctvom operátorom navoleného prevádzkového režimu „T“.

6.5.6.3.1.4.2 Činnosti regulácie TG pri nábehu a odstavení bloku

Modul riadenia otáčok sa počas nábehu TG zapína do funkcie a v činnosti zostáva až do prifázovania TG do siete. Počas prvej fáze nábehu turbíny je úlohou modulu zvyšovanie otáčok na prehrievacie

otáčky. Akonáhle sú prehrievacie otáčky dosiahnuté, je zastavené zvyšovanie otáčok (zmena požadovanej hodnoty otáčok je zastavená) aby bolo možné prehrievať rotor TG: doba výdrže na prehrievacích otáčkach je stanovená v algoritme nábehového diagramu. Po uplynutí prehrievacej výdrže pokračuje zvyšovanie otáčok na fázovacie otáčky po povelu operátora. Ak sú dosiahnuté synchronizačné otáčky, je zmena požadovanej hodnoty otáčok zastavená: následné zmeny požadovaných otáčok pre synchronizáciu TG môžu byť vykonané manuálne z pultu operátora alebo automaticky zo synchronizačného automatu.

Po prífázovaní a prepnutí TCS do výkonového režimu sa výkon zvýši na základné zaťaženie a to v súlade s nábehovým diagramom výrobcu.

RCS v režime „T“ a oba TG v režime „Ne“ (Stav 6) je využívaný pri nábehu a zvyšovaní výkonu alebo pri znižovaní a odstavovaní. Operátor II.O. nastaví na oboch TG trend (rýchlosť) zvyšovania výkonu TG a cieľový výkon každého TG a povelom zaháji zmenu elektrického výkonu TG – regulátor výkonu TG otvára RV príslušného TG. RCS zvyšuje výkon v odozve na meniaci sa tlak pary v HPK, t.j. od odchýlky tlaku väčšej ako pásmo necitlivosti. To isté sa deje aj v prípade znižovania výkonu TG (RV TG zatvárajú a výkon v RCS klesá).

Normálne odstavenie TG sa realizuje v opačnom poradí ako nábeh, tzn. znížením výkonu TG na minimálny výkon TG, ručné odstavenie TG tlačidlom s následným „VYSMEKNUTÍM“ a dobehom turbíny na natáčacie otáčky s prechodom na natáčadlo.

6.5.6.3.1.4.3 Prevádzka regulátora turbíny pri prevádzke bloku s jedným TG

Prevádzka bloku s jedným TG môže nastať v týchto prípadoch: pri normálnej prevádzke, po prífázovaní prvého TG k sieti, po skončení prechodového procesu, keď v priebehu abnormálneho stavu došlo k odstaveniu jedného z dvoch pracujúcich TG alebo, ak obsluha BD plánovane odstavila jeden z dvoch prevádzkovaných TG.

Prevádzka s jedným TG po prífázovaní

Po prífázovaní TG do siete sa TCS automaticky prepne z regulácie otáčok do regulácie výkonu. Požadovaný výkon TG je nastavený na základné zaťaženie, ktoré sa automaticky generuje podľa teplotného stavu telies turbíny, prípadne je nastavené operátorom II.O. Druhý TG je v regulácii otáčok alebo výstupný signál na polohu RV je 0 %.

Tlak pary v HPK je regulovaný regulátorom tlaku RCS v operátorom navolenom režime „T“, alebo regulátorom PSK TG.

Prevádzka s jedným TG na vyššej výkonovej hladine

Pri prevádzke jedného TG na vyšších výkonových hladinách alebo po skončení prechodového procesu, keď v prevádzke je iba jeden TG, sú pre pracujúci TG a jeho regulačný systém TCS dostupné všetky prevádzkové stavy, ktoré sú pre danú konfiguráciu RCS a TCS povolené - STAV 1 až 6.

6.5.6.3.1.4.4 TCS pri prevádzke bloku v primárnej a sekundárnej regulácii

V prevádzkovom STAVE 3 a 5 blok poskytuje podporné služby pre Slovenskú elektrizačnú prenosovú sústavu - primárnu a sekundárnu reguláciu činného výkonu bloku. Po splnení podmienok pre aktiváciu primárnej alebo sekundárnej regulácie, operátor II.O. zadá ponuku požadovaného režimu a po vykonaní tohto povelu je požadovaný činný výkon TG riadený:

- ASDR s korekciou výkonu prostredníctvom korektora lokálnej frekvencie siete v režime primárneho riadenia.
- Centrálnym výkonovým regulátorom zo spoločnej elektro-dozorne v režime sekundárneho riadenia.

Povolenie režimu primárnej regulácie je možné, ak RCS je v režime „S“ a regulátor TCS je v režime „Ne + Df“ pričom odchýlka tlaku pary v HPK sa musí nachádzať v zadanom rozsahu. V tomto prevádzkovom stave tlak v HPK nie je priamo regulovaný, nie sú dostupné ani korektory tlaku dP+, dP-. Priebeh tlaku pary v HPK a jeho odchýlky od požadovanej hodnoty súvisí s veľkosťou zmien korektora frekvencie ovplyvňujúceho požadovaný činný výkon regulátorov TG a s nastavenými parametrami korektora frekvencie v regulátore TCS. Ak v priebehu tohto prevádzkového stavu dôjde k zvýšeniu odchýlky tlaku v HPK nad zadanú medzu, automaticky sa ukončí primárna regulácia. RCS zostane v režime „S“ TCS zostane v regulácii výkonu, požadovaná hodnota činného výkonu sa nastaví na aktuálnu hodnotu výkonu a automaticky sa ukončí primárna alebo sekundárna regulácia.

K ukončeniu primárnej regulácie frekvencie môže dôjsť aj po ručnom zásahu operátora – vypnutie ponuky primárnej regulácie frekvencie, neprítomnosťou signálu z RCS o stave režimu „S“ alebo, ak TCS nie je v režime „Ne“.

Povolenie režimu sekundárnej regulácie je umožnené, ak RCS je v režime „T“ a regulátor TCS je v režime „Ne“. V tomto prevádzkovom stave je tlak v HPK regulovaný RCS, odchýlka tlaku pary v HPK je udržiavaná v pásme necitlivosti.

K ukončeniu sekundárnej regulácie frekvencie môže dôjsť po ručnom zásahu operátora – vypnutie ponuky sekundárnej regulácie frekvencie, alebo neprítomnosťou signálu z RCS o stave režimu „T“ alebo, ak TCS nie je v režime „Ne“.

6.5.6.3.1.4.5 Regulačný systém turbíny v priebehu prechodových procesov

Prechodové procesy je možno rozdeliť do dvoch skupín:

1. skupina – prechodové procesy vzniknuté počas normálnej prevádzky. Jedná sa plánované zmeny výkonu bloku, keď všetky technologické zariadenia pracujú v stave zodpovedajúcom normálnej prevádzke. Tento prevádzkový stav bol popísaný v predošlých kapitolách.

2. skupina – prechodové procesy vznikajú neplánovane a sú spôsobené v dôsledku vzniku abnormálnych stavov, napr. v dôsledku výpadku technologického zariadenia alebo prekročenia bezpečnostne významného technologického parametra. V takomto prevádzkovom stave musia byť hlavné regulátory bloku schopné stabilizovať blok na zníženej výkonovej úrovni.

3. skupina – prechodové procesy vzniknuté narušením rovnováhy vo vonkajšej rozvodnej sieti. To môžu byť lokálne poruchy (skraty) alebo systémové zlyhania alebo ich kombinácie. Hlavnou úlohou TCS je v spolupráci s ostatnými regulátormi a ochranami zachovávať stabilitu rozvodnej siete a stabilnú prevádzku TG (udržiavať blok v podmienkach 1. alebo maximálne 2. úrovne ochrany do hĺbky).

Vznik abnormálneho stavu môže mať svoj pôvod v I.O. alebo v II.O. a prechodový proces môže byť spojený so znižovaním výkonu reaktoru zásahom RLS alebo bez zapôsobenia RLS.

TCS TG sú schopné plynulo, rýchlo a bezpečne reagovať na výkonové zmeny bloku, prípadne znižovať výkon TG na požadovanú prednastavenú hodnotu „Limit výkonu 1,2,3“ alebo po dobu trvania signálu na znižovanie výkonu TG („nízke parametre“) znižovať výkon TG.

Zmena prevádzkového režimu TCS je závislá na tom, aký druh prechodového procesu prebieha (so zapôsobením RLS alebo bez pôsobenia RLS), vid' ďalšie odstavce.

6.5.6.3.1.4.6 Abnormálne stavy so zapôsobením RLS

Prvopríčiny pre zapôsobenie RLS sú uvedené v samostatnej kapitole 6.5.5.5 PpBS a nie sú predmetom hodnotenia v tejto kapitole.

Zapôsobenie RLS spôsobuje prechodové procesy, ktoré znižujú výkon reaktora, spôsobujú pokles tlaku v HPK a na ktoré musí TCS adekvátnym spôsobom reagovať. Ak je TCS v režime regulácie tlaku, reaguje okamžite podľa odchýlky tlaku pary v HPK od žiadanej hodnoty. Ak je TCS navolený v režime „Ne“ s povoleným tlakovým korektorom, aktivuje sa zvýšený mínusový korektor tlaku dP- okamžite po aktivácii signálu z RLS z normálnej hodnoty trendu na zvýšenú hodnotu. V druhom prípade, keď mínusový korektor tlaku dP- nie je aktivovaný operátorom, potom sa mínusový korektor pripína automaticky v priebehu procesu s oneskorením až po prekročení prevádzkovo významnej hodnoty odchýlky tlaku v HPK.

Činnosť regulátorov TG počas a po skončení abnormálneho stavu je závislý na tom, v akom prevádzkovom režime sa TCS nachádzal v okamihu vzniku prechodového procesu a na veľkosti regulačnej odchýlky tlaku pary v HPK po ukončení pôsobenia RLS, ktorá je určujúca, do akého režimu sa prepne RCS. Ďalej sú popísané základné kombinácie režimových stavov, ktoré môžu nastať pri vzniku abnormálneho stavu so zapôsobením RLS .

Jeden TCS je v regulácii tlaku

Tlak v HPK v dôsledku pôsobenia RLS ,t.j. počas znižovania výkonu reaktora klesá a záporná odchýlka tlaku v HPK rastie.

Ak TCS TG je v regulácii tlaku - režim „P“, potom TCS v reakcii na zápornú odchýlku tlaku v HPK vydáva povel na zatváranie RV TG - výkon príslušného TG sa znižuje. Zregulovanie zápornej odchýlky tlaku v HPK na nulovú hodnotu závisí na rýchlosti a plynulosti regulátora tlaku TCS. Po prechode na zníženú výkonovú úroveň a po jej stabilizácii je regulačná odchýlka tlaku v HPK prakticky nulová.

Poznámka: Druhý TG v režime „Ne“ neovplyvňuje riadenie prechodového procesu, keď tlakový korektor nieje v činnosti.

Oba TCS v regulácii výkonu

V okamihu, keď začne pôsobiť RLS, začne pôsobiť zvýšený korektor tlaku dP- ,(bud' okamžite v prípade aktivácie operátorom alebo s oneskorením v prípade automatickej aktivácie po prekročení zadanej odchýlky tlaku – vid' výklad vyššie v texte), ktorý vydáva povel na zatváranie RV TG a tým znižuje výkon TG na požadovanú hodnotu.

Zvýšený korektor tlaku dP- bude korigovať žiadanú hodnotu výkonu po dobu, pokiaľ odchýlka tlaku v HPK nedosiahne zadanú hodnotu (kedy výstup zvýšeného korektora je nulový – zvýšený dP- korektor obmedzuje svoj účinok pri zadanej odchýlke tlaku v HPK, zatiaľ čo normálny dP- korektor rozširuje svoje pôsobenie až po zadanú hodnotu) alebo dokiaľ ho operátor II.O. ručne nevypne.

Ostatné prípady režimov TCS pre abnormálne stavy s pôsobením RLS

V prípade, keď TCS sa nachádza v režime ručného ovládania alebo keď znižovanie výkonu TG v režime „Ne“ alebo „P“ je nedostatočné, potom od poklesu odchýlky tlaku pary v HPK pod zadanú

hodnotu sa aktivuje obmedzujúca regulácia od „nízkyh parametrov“ spolu s aktiváciou signálu RLS. Obmedzujúci regulátor zadanou rýchlosťou plynulo znižuje veľkosť otvorenia RV a klapiek turbíny po dobu trvania obmedzenia „nizkými parametrami“. Po ukončení obmedzujúcej regulácie sa TCS automaticky nastaví do ručného ovládania.

V závislosti na veľkosti odchýlky tlaku pary v HPK bude po ukončení pôsobenia RLS tlak v HPK riadený prostredníctvom RCS v režime „T“ v prípade, keď odchýlka tlaku v HPK prekročí zadanú hodnotu.

Pri prevádzke TCS v primárnej regulácii sa v dôsledku zapôsobenia RLS frekvenčný korektor siete vypne - nie je aktívny signál RCS v režime „S“. Aktivácia signálu RLS automaticky blokuje RCS režim „S“. TCS pri prevádzke v primárnej regulácii nemá realizované žiadne priame blokovanie signálom RLS. Regulátor TCS zostáva v regulácii výkonu so zvýšeným dP- korektorom, ktorý najneskoršie od zadanej odchýlky začne znižovať zadanú hodnotu výkonu TG v závislosti na algoritme ovládania TCS. VT RV a NT RK TG sa zatvárajú. Po ukončení pôsobenia RLS, TCS zostáva v regulácii výkonu s pôsobiacim korektorom a RCS sa prepne do režimu „N“ alebo „T“ v závislosti od veľkosti odchýlky tlaku v HPK v okamihu ukončenia zásahu RLS.

Pri prevádzke TCS v sekundárnej regulácii sa v dôsledku zapôsobenia RLS frekvenčný korektor siete takisto vypne - nie je aktívny signál RCS v režime „T“. Ďalej sa algoritmus riadenia správa, ako v prípade primárnej regulácie.

6.5.6.3.1.4.7 Abnormálne stavy bez pôsobenia RLS

Abnormálne stavy bez pôsobenia RLS majú pôvod prvopríčiny predovšetkým v technologickej časti II.O. alebo vo vyvedení elektrického výkonu do elektrickej siete. Prevažná časť prechodových procesov je charakterizovaná zvyšovaním tlaku v HPK v dôsledku znižovania výkonu TG.

Pôsobenie obmedzovacej regulácie TG s prvopríčinou v technologickej časti II.O.

Obmedzovacia regulácia má v logike riadenia TCS prioritu pred reguláciou výkonu, tlaku, ostrovnou prevádzkou a ručným riadením RV TG. Obmedzujúca regulácia nemá prioritu pred reguláciou otáčok a blokovaním riadenia ventilov. Obmedzujúca regulácia znižuje výkon TG zatváraním VT RV TG na prednastavenú hodnotu výkonu po dobu trvania príčiny obmedzenia od „nízkyh parametrov“ (uzatváranie VTRV TG zadanou rýchlosťou). Obmedzenie od otvorenia VT RV „nizkými parametrami“ bolo popísané v predchádzajúcom odseku.

TCS sa po ukončení pôsobenia obmedzujúcej regulácie automaticky prepne do ručného riadenia RV TG.

Abnormálny stav s prvopríčinou vo vyvedení elektrického výkonu (zníženie výkonu)

Nižšie uvedené prípady popisujú stav, kedy dôjde k poruche vyvedenia elektrického výkonu. Pri poruche na 1 z 2 pracujúcich TG je výkon reaktoru znížený na zadaný výkon alebo pri jednom pracujúcom TG je výkon znížený na zadaný výkon, alebo, ak dôjde k zlyhaniu RLS. Tieto prípady reprezentujú okrajové abnormálne podmienky. Pre bližšie informácie pozri komentár nižšie v bodoch a), b) a c).

a) Zregulovanie TG na chod naprázdno

Po odpojení jedného z dvoch pracujúcich TG generátorovým vypínačom dôjde k odľahčeniu generátora a systém TCS aktivuje režim „blokovaníe ovládania“ – pozri kapitolu 6.5.6.3.1.4.1.

Aktivácia „blokovanie ovládania“ v tomto prípade je realizovaná priamo od signálu odpojenie generátorového vypínača alebo je „blokovanie ovládania“ generované po vyhodnotení stavu „PREBEH“ („OVERSPEED“) od prekročenia povolenej rýchlosti zvyšovania otáčok TG.

TG je v stave „ZASMEKNUTO“, ale je odpojený od siete a po ukončení pôsobenia blokovania ovládania sa TCS prepne do regulácie otáčok a zreguluje na požadované otáčky.

Pri odstavení TG sú automaticky otvárané PSK a ich poloha sa nastaví do prednastavenej polohy, ktorá je funkciou výkonu TG pred jeho odstavením, takže PSK efektívne preberajú parnú produkciu; účelom tejto doprednej väzby je minimalizovať nárazové prechodové tlakové procesy v HPK. Akonáhle je prednastavená poloha PSK dosiahnutá, je ich riadenie uvoľnené pre tlakový regulátor v DCS.

U druhého TG, ktorý ostal v prevádzke, sa k zadanej hodnote výkonu pripočítava plusový korektor dP+, pričom zadaná hodnota výkonu je upravená podľa výkonu reaktoru - zmení sa zadanou rýchlosťou.

b) Zregulovanie TG na vlastnú spotrebu

Po odpojení vývodového vypínača turbogenerátor odľahčí a systém TCS, obdobne ako v prípade a), vyhodnotí stav „PREBEH“, následne zapôsobí obvod „blokovanie ovládania“ – pozri kapitolu 6.5.6.3.1.4.1, alebo je obvod „blokovanie ovládania“ priamo aktivovaný signálom „Vypnutý generátorový vypínač“.

Turbogenerátor je v stave „ZASMEKNUTO“ a po ukončení pôsobenia blokovania ovládania sa TCS prepne do nasledujúcich režimov:

- b1) Ostrovná prevádzka aktivovaná na obidvoch TG, keď oba TG boli pred rozpojením vývodového vypínača v prevádzke.
- b2) Regulácia otáčok a zreguluje na vlastnú spotrebu, keď iba jeden TG bol pred rozpojením vývodového vypínača v prevádzke.

Po úspešnom zregulovaní TG na vlastnú spotrebu sa obvykle jeden TG ručným zásahom obsluhy odstaví a druhý TG sa ponechá v prevádzke s výkonom zodpovedajúcim výkonu vlastnej spotreby bloku.

6.5.6.3.1.4.8 Abnormálne stavy zapríčinené poruchami vysokonapäťovej siete**a) Skrat prenosovej siete**

Skrat v prenosovej sieti (napríklad vo výstupnej linke z rozvodne) zapríčiní rýchly a veľký nesúlad medzi mechanickým výkonom turbíny a skutočným elektrickým výkonom generátora. Skutočný výkon generátora je znížený z dôvodu okamžitého poklesu napätia zapríčineného skratom. Neprimeraný mechanický výkon spôsobí zrýchľovanie turbogenerátora a môže viesť k negatívnym podmienkam (dlhý čas trvania skratu) - stratu synchronicity a odchýlenie od frekvencie siete. Počet týchto odchýlení je limitovaný výrobcom TG, pretože tento stav spôsobuje extrémne mechanické a elektrické namáhanie TG a ďalšieho zariadenia. Obyčajne sú dovolené 2 až 3 odchýlenia TG v závislosti na type poruchy.

Riadenie tohto prechodového procesu je zaistené prostredníctvom:

- Rýchlej odozvy elektrických ochrán v prenosovom systéme, ktoré selektívne odpájajú tu časť systému, kde sa vyskytuje porucha.
- Riadenia budiaceho systému generátora, ktoré veľmi rýchlo zvyšuje elektrický výkon generátora (regulátor napätia zvyšuje budiace napätie až k hornému limitu).
- Zásahu elektrických ochrán TG, ktoré po prvom odchýlení TG aktivujú signál "full speed no load", ktorý vedie k rýchlemu zatvoreniu VT RV a NT RK povelom z TCS.
- TCS, ktorý rýchlo znižuje mechanický výkon. Rýchly pokles výkonu je iniciovaný signálom „prebeh“ (pozri „Regulácia otáčok“ v kapitole 6.5.6.3.1.4.1), ktoré okamžite uzatvára všetky RV a odberové klapky, keď je detekovaný neprimeraný nárast otáčok TG (od prekročenia zrýchlenia TG).

Keď uvedené zásahy regulačného a ochranného systému sú nedostačujúce, potom dôjde k vypnutiu generátorového vypínača. TG je tým odpojený a napájanie vlastnej spotreby je potom zaistené **z rozvodne VVN**.

b) Skrat v oblasti výkonového vývodu bloku – na rozvodni VVN, blokových transformátoroch, odbočkových transformátoroch a VN rozvodniach.

Skrat v tejto oblasti vždy vedie k odpojeniu všetkých skratovaných prúdových prostredníctvom skratových ochrán zariadenia. Funkcia ochrán a rozopnutia vývodových vypínačov generujú logický povel, ktorý vyhodnotí stav „prebeh“ v TCS.

Výkon odpojených TG je regulovaný na vlastnú spotrebu (generátory sú elektricky oddelené) a vlastná spotreba je zaistená z ich vlastných ANT. Funkcia riadiacich a ochranných systémov je analogická, ako je popísané vyššie v bode a).

Ak zregulovanie na vlastnú spotrebu niektorého TG nie je úspešná, TG je odstavený (rozopnutie generátorového vypínača, zatvorenie rýchlozáverných ventilov). Vlastná spotreba je automaticky zaistená z rozvodu VVN.

c) Systémová porucha v prenosovej sústave – ostrovná prevádzka bloku

Systémové poruchy v ES môžu byť zapríčinené komplikovanými lokálnymi poruchami (vedúcimi k odpojeniu prevádzkovaného bloku a /alebo vývodových liniek), synchronne pracujúca sieť je oddelená do niekoľkých nesynchronizovaných ostrovov, ktoré vykazujú podstatnú nerovnováhu

v spotrebe elektrickej energie (ostrovna sieť s deficitom alebo prebytok výkonu). Dôsledkom tejto nerovnováhy je veľká odchýlka systémovej frekvencie a napätia v ostrovných sieťach.

Ostrovná prevádzka siete je špecifická vysokou odchýlkou frekvencie, prekračujúcou limit ± 200 mHz, stanovenou v [II.9].

Podmienky prevádzky blokov MO34 v režime ostrovnej prevádzky vyhovujú podmienkam deklarovaným v [II.9] (princípy ochrany siete). Je možno rozlíšiť nasledujúce fáze prevádzky:

1. Aktívna fáza – Blok aktívne podporuje sieť v ostrovnej prevádzke (riadenie a stabilizácia výkonovej rovnováhy v ostrovnej sieti).

Dôležitou podmienkou ostrovnej prevádzky je schopnosť bloku odolať rôznym typom porúch, nesúladow a prechodových procesov, ktoré môžu sprevádzať vznik sieťového ostrova. Podmienky a funkcie nutné pre stabilitu bloku v úrovni 1. ochrany do hĺbky sú popísané vyššie.

Signál „ostrovný režim“ je generovaný prostredníctvom frekvenčného relé umiestnenom na vývode z bloku, keď frekvencie prekročí zadaný limit (bez oneskorenia). Ako záloha je detekovaná odchýlka frekvencie priamo v TCS. Blok zostáva pripojený do siete a jeho riadenie je prepnuté do režimu ostrovnej prevádzky.

Prechody systému TCS z regulácie tlaku alebo výkonu do automatického riadenia RV TG s proporcionálnou korekciou závisia na aktuálnej odchýlke otáčok. Operátor II.O. môže upravovať regulačný proces počas ostrovnej prevádzky prostredníctvom zmeny požadovaných otáčok TG zadavačom otáčok. Odchýlka otáčok odpovedá prevádzkovému stavu v ostrovnej sieti. Plne proporcionálne riadenie otáčok podporuje stabilnú spoluprácu obidvoch TG (stabilná distribúcia záťaže) medzi blokmi pracujúcimi do toho istého sieťového ostrova.

Aktiváciou ostrovnej prevádzky je ukončená alebo blokováná obmedzovacia regulácia tlaku pred prvým obežným kolesom TG alebo obmedzovacia regulácia od vákua v HK.

Ak je počas ostrovnej prevádzky aktivovaná obmedzovacia regulácia od nízkych parametrov, alebo je aktivovaný zabezpečovací systém TG, majú tieto ochranné funkcie riadenia priority. RV TG sú počas pôsobenia obmedzovacej regulácie uzatvárané (nastaveným trendom v prípade obmedzovania od nízkych parametrov a na prednastavenú výkonovú úroveň TG v prípade aktivovania výkonového limitu 1,2,3).

V princípe existujú dva typy ostrovnej prevádzky:

- a) Ostrov s prebytkom výkonu. Výkonová bilancia medzi generovaným a spotrebovaným výkonom je kladná. Automatická proporcionálna regulácia otáčok prevádzkovaných blokov automaticky znižuje generovaný výkon, aby bolo dosiahnuto vyrovnanej bilancie; to znamená že tento ostrov pracuje s permanentne zvýšenou frekvenciou.
- b) Ostrov s deficitom výkonu. Výkonová bilancia medzi generovaným a spotrebovaným výkonom je záporná. Pretože u prevádzkovaných blokov nieje obvykle možné zvýšiť generovaný výkon, výkonová bilancia ostrova je korigovaná automatom znižovania výkonu v sieti. Tento ostrov pracuje s permanentne zníženou frekvenciou. Napriek tomu, v prípade MO34, regulátor ostrova ovplyvňuje výstupný výkon aj v tomto prípade, automaticky zvyšuje generovaný výkon v prípade negatívnej bilancie (záporná odchýlka otáčok TG).

2. Pasívna fáza – Keď aktívna fáza ostrovnej prevádzky nie je úspešná, blok je automaticky odpojený od ostrovnej siete a pasívne vyčkáva v režime regulácie vlastnej spotreby, dokiaľ prevádzka siete nieje obnovená zo SED.

To znamená, že pokiaľ výkonová bilancia v ostrovnej prevádzke nie je stabilizovaná, frekvencia sa naďalej zvyšuje alebo znižuje v závislosti na type ostrova (s prebytkom výkonu, s deficitom výkonu). Pri odchýlke frekvencie mimo definované pásmo je blok prostredníctvom rozopnutia vypínača VVN odpojený od siete s nastaveným časovým spozdením (niekoľko sekúnd). Tento limit bol v úvodnom projekte (WP04.1) koordinovaný s bezpečnostnými a technickými limitmi zariadenia blokov MO34. Blok a jeho pracujúce turbíny zregulujú do režimu vlastnej spotreby. Funkcia TCS je popísaná vyššie v podkapitole „Zregulovanie TG na vlastnú spotrebu“.

3. Obnovenie normálnej prevádzky siete – Táto fáza je riadená zo SED. Bloky (prevádzkované v aktívnej fáze) menia v ručnom ovládaní výkon (to znamená frekvenciu v ostrovnej prevádzke), takže je možné previesť nafádzovanie ostrova ku zbytku siete. Bloky prevádzkované v „pasívnej fáze“ sú neskoršie individuálne prifázované k sieti, obvyčajne prostredníctvom vypínača VVN.

Operátor II.O. môže ukončiť režim ostrovnej prevádzky povelom tlačidlom v momente, kedy odchýlka sieťovej frekvencie je v dovolenom pásme.

6.5.6.3.1.4.9 Regulačný systém turbíny v priebehu havarijných procesov

V havarijných stavoch, spojených s únikom pary z parovodov PG, HPK, z prívodov pary k spotrebičom pary napájaným z HPK a vtedy, ak blok zostáva na výkone (nezapôsobí RTS, DRTS, ESFAS ani RLS), je únik pary (menšie únikové otvory) kompenzovaný znížením výkonu TG:

- Ak je TCS v regulácii tlaku, výkon TG je znižovaný pôsobením tlakového regulátora podľa zápornej odchýlky tlaku v HPK.
- Ak je TCS v regulácii výkonu, výkon TG je znižovaný pôsobením dP- korektora (iba, ak tlakové korektory sú povolené).

V prípade veľkých únikov, kedy za účelom obmedzenia poklesu tlaku v HPK nie je vyššie uvedené zásahy možné previesť, nastane pozvoľné znižovanie výkonu TG pôsobením ochrany od nízkeho tlaku v HPK (predvolený TG sa odstaví pri zadanom tlaku a nepredvolený TG sa odstaví pri nižšom tlaku) Obmedzujúca regulácia v regulačnom systéme TG sa neuplatní.

Podobným spôsobom sa regulátor TCS správa, ak dôjde k náhodnému úplnému otvoreniu jednej vetvy PSK. Ak dôjde k plnému otvoreniu jednej vetvy PSK je regulátor TCS (na TG s reguláciou „P“ vo funkcii) schopný tento únik kompenzovať privretím VT RV turbíny. Korektor tlaku na druhej TG (druhý TG v režime „Ne“ bez tlakového korektora) neprispieje ku zmierneniu rýchlosti poklesu tlaku pary v HPK, zatiaľ čo tlakový korektor nie je povolený z dôvodu, že druhý TG je v režime „P“. Ak budú oba TG v režime „Ne“ s korektormi tlaku vo funkcii, znižovanie výkonov oboch TG s korektormi tlaku nezabráni ďalšiemu poklesu tlaku v HPK (v tom prípade dôjde ochrannému zatvoreniu PSK od nízkeho tlaku v HPK, alebo v prípade ďalšieho poklesu tlaku dôjde k odstaveniu predvoleného TG ochranou od nízkeho tlaku v HPK (ako je popísané vyššie).

6.5.6.3.1.5 Detailné prvky projektu

6.5.6.3.1.5.1 Dispozičné riešenie

Každý TG má svoj vlastný riadiaci systém turbíny (TCS), ktorý je implementovaný v samostatnej skrini.

Každý TG má svoj vlastný ochranný systém turbíny (TPS), ktorý je implementovaný v samostatnej skrini .

Začlenenie systému TCS do štruktúry SKR je uvedené v [I.10]. Rozhranie človek-stroj v BD pre TCS je umiestnené na BD v obslužných paneloch ovládania technologických systém II.O. bloku.

HW prostriedky riadenia sú v prípade TCS umiestnené v SO. Priestory elektrického zariadenia sú umiestnené v HVB. 3.bloku.

Dispozičné riešenie koncového člena regulačného systému TG (VT RV a NT RK turbíny) je súčasťou dispozičného riešenia zariadenia TG, ktoré je popísané nižšie v texte v kap. 6.5.6.3.1.6. a taktiež v samostatnej kap. 6.8 Systém premeny energie.

6.5.6.3.1.5.2 Štruktúra systému a jeho charakteristiky

Podľa hierarchického usporiadania majú moduly aktivované od „VYSMEKNUTIA“ TG a moduly aktivované od prekročenia limitných hodnôt vyššiu prioritu v štruktúre riadenia turbíny, ako moduly používané pri normálnej prevádzke turbíny (modul regulácie tlaku, výkonu a ručné riadenie ventilov).

Najvyššiu prioritu v systéme TCS má režim „Blokovanie ovládania“, ktorý bez ohľadu na výstupy z ostatných regulačných modulov TCS nastaví požadovanú hodnotu otvorenia VT RV a NT RK turbíny na 0 %.

Druhú najvyššiu prioritu má modul regulácie otáčok, ktorý je aktívny iba v nesynchronizovanom stave po „ZASMEKNUTIE“ TG. V synchronizovanom stave TG sa regulátor otáčok neuplatňuje.

V režime „Ostrovnej prevádzky“ prechádza systém TCS do riadenia regulačných ventilov s proporcionálnou korekciou v závislosti od skutočnej odchýlky otáčok. Operátor II.O. môže počas ostrovnej prevádzky vstúpiť do procesu regulácie cez zadávač otáčok a meniť požadované otáčky turbíny. Ovplyvňovaním odchýlky otáčok reaguje na prevádzkový stav v ostrovnej sieti. Manuálne riadenie RV TG je aktivované po prechode do režimu ostrovnej prevádzky, alebo po ukončení ostrovnej prevádzky.

Ďalším režimom v hierarchii povelov je nútené otvorenie regulačných ventilov na 25 % v prípade, ak TG je synchronizovaný, pripojený k elektrickej sieti, ale nie je dosiahnuté základné zaťaženie a je blokový režim regulácie výkonu.

Povel na znižovanie otvorenia VT RV a NT RK od pôsobenia nízkych parametrov je v hierarchii riadenia RV TG až za ostrovnou prevádzkou.

V najnižšej úrovni hierarchie riadenia sú na rovnakej úrovni režim regulácie výkonu, režim regulácie tlaku. Prepnutie do režimu regulácie tlaku vykoná operátor II.O. ručným povelením, ak sú splnené definované podmienky pre daný režim alebo je prepnutie automatické.

6.5.6.3.1.6 HW a SW prostriedky TCS/TPS

VT regulačné ventily a RZV turbíny sa nachádzajú v dvoch samostatne stojacich ventilových komorách umiestnených vedľa VT časti turbíny. Regulačné klapky NT časti turbíny sú umiestnené tandemovo po oboch stranách NT dielu TG. VT RV a NT RK sú riadené elektrickým signálom a ich poloha je ovládaná servopohonom vysokotlakového hydraulického systému. Všetky hydraulické komponenty na ovládanie pohonu VT RV resp. NT RK sú umiestnené na hydraulickom ovládacom bloku. Tlaková regulačná kvapalina je piestovými čerpadlami dopravovaná z nádrže cez plnoprietokové filtre a vákuové akumulátory do hydraulického ovládacieho bloku každého VT RV a NT RK turbíny. Priebežnú reguláciu VT RV a NT RK zabezpečuje servoventil poháňaný solenoidom s cievkami, na ktorý je prenášaný riadiaci signál z TCS.

SW vybavenie TCS/TPS je štandardnými prostriedkami Process Control System PCS7. Prenos dát na obrazovky PICS prislúchajúce k TG (iba pre informácie) z riadiaceho systému Simatic PCS7 do PICS je realizovaný, interne do PICS, cez tri metalické dátové komunikačné systémy: Terminal Bus, Plant Bus a Island Bus, [I.2], [I.10] a medzi SIMATIC PCS7 a GW Island Bus prostredníctvom optického prepojenia. Interný prenos dát do TCS je realizovaný dvoma metalickými komunikačnými systémami: Terminal Bus and System Bus.

6.5.6.3.2 Technické hodnotenie systému

6.5.6.3.2.1 Požiadavky na vybrané zariadenia

Systém TCS/TPS podľa [II.1] nie je kategorizovaným systémom SKR, patrí medzi systémy normálnej prevádzky nedôležité z hľadiska jadrovej bezpečnosti. Systém TCS nie je vybraným zariadením.

6.5.6.3.2.2 Seizmická odolnosť

Zariadenie systému TCS/TPS je do seizmickej kategórie 2a (viď tabuľka 6.5.6.3-1), ktorá predstavuje systémy a komponenty zariadení, ktoré môžu priamo alebo nepriamo zapríčiniť stratu funkčnosti, celistvosti alebo stability polohy systémov, komponentov či zariadení, zaradených do seizmickej kategórie 1.

6.5.6.3.2.3 Princípy bezpečného projektovania

6.5.6.3.2.3.1 Kritérium jednoduchej poruchy

Plnenie kritéria jednoduchej poruchy sa nepožaduje, nakoľko systém TCS/TPS nie je vybraným zariadením [II.1].

Zariadenie TCS/TPS obsahuje časti, ktoré sú z dôvodu zaistenia prevádzkovej spoľahlivosti / dostupnosti riešené redundantne. Redundancia je zabezpečená v časti výkonných, komunikačných automatických procesorov a v časti elektrického napájania systému. V logike systému TCS/TPS je redundancia uplatnená u významných vstupných signálov, ktoré sa spracovávajú v samostatných kanáloch výberom 1 z 2 (pozitívna logika) alebo 2 z 3 (negatívna logika). Dôvodom tohto realizačného prístupu je dodržanie projektového princípu, že zariadenie s vysokou koncentráciou implementovaných funkcií má byť realizované redundantne. Uvedené riešenie prispieva k odolnosti príslušnej časti zariadenia TCS/TPS voči jednoduchej poruche, zvýšeniu spoľahlivosti, funkčnej bezpečnosti zariadení TG a k priaznivému priebehu prechodových procesov pri abnormálnych stavoch.

Systém TCS umožňuje testovanie a realizáciu opráv za prevádzky, tzn. že operatívne dochádza ku zvýšeniu odolnosti proti jednoduchšej poruche a ku zníženiu rizika porúch a vynútených odstávok.

6.5.6.3.2.3.2 Kritérium poruchy so spoločnou príčinou

S prihliadnutím ku klasifikácii TCS/TPS, plnenie kritéria poruchy so spoločnou príčinou nie je aplikované.

Vo vykonávacom projekte a pri realizácii regulačného a ochranného systému TG je plnenie kritéria poruchy so spoločnou príčinou (CCF) dosiahnuté spôsobmi:

- a) Nezávislosť subsystémov jednotlivých redundancií TCS/TPS:
 - Inštaláciou zariadenia do rôznych požiarnych úsekov a z nezávislých zdrojov silového napájania.
 - Separovanými trasami komunikácie.
- b) Oddelenie redundantných komponentov v každom subsystéme:
 - Samostatnými poistkami pre AP.
 - Oddelenými komunikačnými procesormi a komunikačnými prepojeniami.

V realizácii systému TCS/TPS je uplatnený princíp, funkčnej nezávislosti a separácie TCS/TPS od ostatných systémov SKR a komponentov s vyššou bezpečnostnou klasifikáciou (PICS, SICS). Poskytuje vnútorne implementované riešenie samokontroly a samotestovania.

6.5.6.3.2.3.3 Diverzita

S prihliadnutím ku kategorizácii systému TCS/TPS podľa [II.1], nie sú na systém TCS/TPS kladené požiadavky na diverznú štruktúru.

6.5.6.3.2.3.4 Oddelenie

Nakoľko projektové funkcie systému TCS/TPS sú vykonávané samostatnými funkčnými modulmi s pevne stanovenou prioritou výstupných povelov na akčné orgány, je v každom podsystéme TCS/TPS zaistená funkčná izolovanosť.

6.5.6.3.2.3.5 Kritérium bezpečnej poruchy

Na systém nie sú kladené požiadavky na plnenie kritéria bezpečnej poruchy.

6.5.6.3.2.4 Analýza spoľahlivosti

Systém TCS/TPS je systém určený pre normálnu prevádzku.

Riešenie aplikované v projekte a realizované v riadiacom systéme TG je charakterizované:

- Inováciou pôvodnej hydraulikkej regulácie TG na čisto elektronickú reguláciu, s využitím silových prvkov pôvodnej vysokotlakovej hydraulikkej regulácie (servo-pohony regulačných ventilov, rýchlozáverných klapiek, rýchlozáverných ventilov).
- Poloha každého servo-ventila RV a regulačných klapiek je riadená z elektronickej časti riadiaceho systému pomocou dvoj-cievkových solenoidov (redundancia riadenia).

- Pôvodné mechanicko-hydraulické poistné regulátory sú nahradené autonómnou vysoko spoľahlivou elektronickou trojkanálovou nadotáčkovou ochranou, ktorá je nezávislá na vlastnom riadiacom systéme turbíny (3 násobná redundancia ochranného zásahu pred pretočením rotora). Toto riešenie umožňuje testovanie ochrannej funkcie aj počas prevádzky TG simuláciou signálu nárastu prevádzkových otáčok.
- SKR hydraulickej regulácie TG je riešené jedným SKR systémom postaveným na báze distribuovaného riadiaceho systému (TCS – riadiaci systém turbogenerátora).
- TCS umožňuje testovanie a opravu počas prevádzky TG, to znamená, že sa zvyšuje odolnosť voči jednoduchšej poruche a znižuje sa nebezpečenstvo porúch a vynútených odstávok TG.

Napriek tomu, že systém TCS nie je bezpečnostne kategorizovaným systémom, má v svojej logickej štruktúre implementované dva režimové algoritmy, ktoré sú schopné uzatvoriť RZV TG a zabezpečiť rýchle prerušenie prívodu pary do turbíny zatvorením VTRV a NT regulačných klapiek TG.

Elektronické riešenie systému TCS/TPS vďaka svojím charakterom / realizačným riešením umožňuje zvýšenie prevádzkového komfortu pre operátorov II.O. predovšetkým v týchto prevádzkových stavoch:

- nábeh TG zo studeného stavu.
- Prechodové procesy po výpadku jedného alebo dvoch TG s väzbou na tlak v HPK a výkon reaktora.
- overovacie skúšky TG realizované počas prevádzky (nadotáčkové ochrany, ochrany a blokády TG, skúšky pohyblivosti akčných orgánov TG).
- Periodické skúšky pri odstavovaní TG.

Všetky tieto schopnosti prispievajú k zvýšenej spoľahlivosti systému.

Boli vykonané kvantitatívne pravdepodobnostné spoľahlivostné analýzy pre funkciu nadotáčkovej ochrany turbín TG31, 32, 41, 42 [I.15]. Z výsledkov týchto analýz plynie, že stredná hodnota pravdepodobnosti poruchy pri výzve k činnosti činí $5,3 \times 10^{-4}$.

Poznámka:

Riadiaci systém PSK nie je súčasťou riadiaceho systému TCS. Je to samostatný regulačný systém, ktorého popis a bezpečnostné hodnotenie je uvedené v kapitole 6.5.6.2 PpBS „Regulátory sekundárneho okruhu“.

6.5.6.3.2.5 Kvalifikácia systému

Systém TCS/TPS je kvalifikovaný na:

- Podmienky prostredia, v ktorom sa nachádzajú jeho zariadenia, podľa požiadaviek uvedených v [I.24]:
- Elektromagnetickú kompatibilitu (EMC) podľa požiadaviek funkčného kritéria B (požiadavky na zariadenie nedôležité pre bezpečnosť) podľa dokumentov [III.1] a [I.2].
- Životnosť zariadenia, je definovaná s tým, že bude zabezpečená dodávka náhradných dielov počas celej životnosti.

6.5.6.3.3 Bezpečnostné zhodnotenie

6.5.6.3.3.1 Preukázanie splnenia legislatívnych požiadaviek

Z dôvodov uvedených v kap. 6.5.6.3.1.2.1 vyššie na systém TCS/TPS nie sú uplatňované všeobecné požiadavky definované vo vyhláške ÚJD SR č. 50/2006 [II.11], v prílohe č.3 v časti B/I (posúdenie plnenia požiadaviek platnej vyhlášky ÚJD SR č. 430/2011 [II.1] voči požiadavkám vyhlášky ÚJD SR. č. 50/2006 [II.11] je uvedené na konci tejto kapitoly):

L. Bezpečnostné systémy a riadiace systémy

Regulačný systém turbogenerátorov TCS/TPS je systém normálnej prevádzky. Regulačný systém z pohľadu jadrovej bezpečnosti, neplní žiadnu bezpečnostnú funkciu a preto nie je vybraným zariadením [II.1].

TCS plní významnú úlohu v bezpečnostných princípoch ochrany do hĺbky (DID). Podieľa sa na udržiavaní bloku v úrovni 1. ochrany do hĺbky DID1 (stabilná prevádzka bloku v spolupráci so sieťou, vrátane podporných služieb, schopnosti obmedzovať a odolávať kolísaniu odchýlky siete, zaistiť stabilitu v podmienkach skratu a ostrovnej prevádzky) a vykonáva niektoré funkcie na úrovni 2. ochrany do hĺbky DID2 (zregulovanie TG na vlastnú spotrebu).

Na systém TCS/TPS v projekte MO34 sa nevzťahujú legislatívne požiadavky na riadiace systémy uvedené v [II.1] v Prílohe č. 3, v časti B, sekcia I., písmeno L.

S ohľadom na skutočnosť, že systém TCS/TPS je súčasťou zariadenia SKR sekundárnej časti jadrovej elektrárne, sú dôležité riadiace funkcie implementované v zariadení SKR klasifikované podľa požiadaviek normy STN IEC 61226 (kategória C – viď vyššie v texte, kap. 6.5.6.3.1.2).

6.5.6.3.3.2 Hodnotenie systému TCS/TPS

Systém TCS/TPS je realizovaný pomocou štandardného riešenia Process Control System SIMATIC PCS7 (hardwarom riadiaceho systému SIMATIC S7-400 so softwarovou platformou PCS7).

Najdôležitejšie časti systému sú z dôvodu prevádzkovej spoľahlivosti / disponibility realizované v redundantnej štruktúre, čo takisto prispieva k odolnosti TCS/TPS v týchto častiach systému voči jednoduchej poruche.

Systém TCS/TPS je kvalifikovaný na plnenie požiadaviek okolitého prostredia, v ktorom je inštalovaný, na plnenie požiadaviek EMC a životnosti zariadenia. Z hľadiska seizmicity je TCS/TPS zaradené do kategórie 2a (viď kap. 6.5.6.3.2.2) a podľa vykonávacieho projektu kvalifikovaný v súlade s požiadavkami tejto seizmickej kategórie.

Ako vyplýva zo zmeny projektového riešenia, pôvodný elektro-hydraulický riadiaci a zabezpečovací systém turbíny (TVER) je nahradený moderným, plne elektronickým systémom riadenia a ochrán, riešeným na báze prevádzkových riadiacich prostriedkov (hardwerových a softwerových) vhodných pre použitie na jadrových energetických blokoch. Tým je podstatne zvýšený prevádzkový komfort pre operátorov BD nielen pre oblasť riešenia normálnych a prechodových stavov, ale aj pre plánované funkčné skúšky TG.

Ako je uvedené vyššie v texte v kapitole 6.5.6.3, sú v štruktúre TCS vhodne implementované dôležité obmedzujúce algoritmy, ktoré sú schopné dvomi spôsobmi prerušiť prívod pary do turbíny v prípade zlyhania povelu na zatvorenie RZV TG (povel na funkciu kategórie C podľa STN IEC 61226) pri

pôsobení ochranného zásahu RTS AO1, tým zabrániť podchladzovaniu I.O. a tak predísť nežiadúcemu zapracovaniu bezpečnostného systému ESFAS nasledovne:

- a) Režimom „blokovaní ovládania“ regulačných ventilov.
- b) Režimom obmedzujúcej regulácie od „nizkých parametrov“, ktorý sa po zlyhaní povelu na uzatvorenie RZV TG uplatní následkom pôsobenia RLS .

Obidva spôsoby a),b) sú podrobne popísané vyššie v texte, podkapitole 6.5.6.3.1.4.1.

Funkcionalita riadiacich algoritmov vrátane obmedzujúcich algoritmov implementovaných v regulačnom systéme TCS i ochranných zásahov z TPS podľa riešenia vo vykonávacom projekte a z výsledkov technického a bezpečnostného hodnotenia tohto systému umožní:

- a) Spôľahlivú ustálenú prevádzku bloku vo výkonovom režime,
- b) Kvazistacionárne zmeny výkonu - nábeh a odstavovanie bloku (spolupráca RCS – TCS pri zmenách výkonu),
- c) Priaznivý priebeh prechodových procesov pri abnormálnych stavoch na bloku. V týchto prípadoch sa zníži frekvencia vzniku iniciačných udalostí (PIU) so zapôsobením ESFAS.

Regulačný a ochranný systém TCS/TPS ako celok vyhovuje požiadavkám, kladeným na dôležité zariadenia SKR sekundárneho okruhu jadrovej elektrárne a je schopný spoľahlivo plniť funkcie systému normálnej prevádzky vo všetkých projektom predpokladaných režimoch.

Na systém TCS/TPS v projekte MO34 sa nevzťahujú legislatívne požiadavky na riadiace systémy uvedené v [II.1] v Prílohe č. 3, v časti B, sekcia I., písmeno L.

LITERATÚRA**I Zdrojové dokumenty, ktoré sú vlastníctvom SE, a.s.**

- [I.1] Electrical Load and Secondary Side Pressure Control Philosophy
- [I.2] TCS/TPS Hardware Specification
- [I.3] Control, Protection and Supervision Specification for Steam Turbine Mochovce NPP, Unit 3,4
- [I.4] Popis SKR - RCS
- [I.5] Predbežný prevádzkový predpis turbíny Mochovce 265 MW
- [I.6] Riadiace blokové diagramy pre turbogenerátor TG31
- [I.7] TCS Erection specification and procedures
- [I.8] RLS I&C Function Specification (Level 3)
- [I.9] 3LP/1001 – Limity a podmienky bezpečnej prevádzky
- [I.10] Support Document for Overview Over IEC- Categories, BT-Classes and Seismic Categories
- [I.11] Požiadavky na kvalitu jadrového zariadenia MO34 v procese spúšťania a prevádzky
- [I.12] PpBS kapitola 6.5.5.7 Systém riadenia procesov - PCS (SAS1, SAS2, PAS)
- [I.13] Start-Up and Shut-Down Specification
- [I.14] 8TP/6008 Riadiaci systém turbíny TCS
- [I.15] The reliability of safety function of the overspeed protection system of turbogenerator TG31, TG32, TG41, TG42
- [I.16] Data sheet PSK
- [I.17] Proces kvalifikácie prevádzkového SKR
- [I.18] Verification and Validation Plan for 'Operational I&C'
- [I.19] PpBS kapitola 06.08 Systém premeny energie
- [I.20] Generická analýza vhodnosti: Platforma SPPA-T2000
- [I.21] PpBS kapitola 06.06 Elektrické napájanie
- [I.22] Spoločná dokumentácia elektrickej časti – Štúdia výberových kritérií – koncept HV, MV, LV ochrán,
- [I.23] BDA 0012, EMC koncept, sprievodná technická správa
- [I.24] BDA 0003, Charakteristiky prostredia sprievodná správa pozmenovacieho návrhu

II Legislatívne dokumenty (zákony, vyhlášky, normy, dokumenty MAAE, apod.)

- [II.1] Vyhláška ÚJD SR č. 430/2011, §7(Vyhláška ÚJD SR č. 50/2006) o požiadavkách na jadrovú bezpečnosť
- [II.2] Vyhláška ÚJD SR č. 431/2011, o systéme manažérstva kvality
- [II.3] STN IEC 61226 Nuclear powerplants - Instrumentation and control important to safety - Classification of instrumentation and control functions, 2009
- [II.4] STN IEC 61508 Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems (Funkční bezpečnost elektrických/elektronických/elektronických programovatelných systémů souvisejících s bezpečností), 2002.
- [II.5] Vyhláška ÚJD SR č. 58/2006 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o rozsahu, obsahu a spôsobe vyhotovovania dokumentácie jadrových zariadení potrebnej k jednotlivým rozhodnutiam
- [II.6] STN IEC 61513 Nuclear power plants – Instrumentation and control for systems important to safety - General requirements for systems (Jaderné elektrárny – Systémy kontroly a řízení důležité pro bezpečnost – Všeobecné požadavky na systémy), 2003
- [II.7] BNS I.1.2 2008 Rozsah a obsah bezpečnostnej správy
- [II.8] Atómový zákon č. 541/2004 Z.z.
- [II.9] SEPS Technické podmienky („Grid Code“)
- [II.10] BNS I.1.2/2014 Rozsah a obsah bezpečnostnej správy, ÚJD SR, Bratislava, 01/2014
- [II.11] Vyhláška ÚJD SR č. 50/2006 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na jadrovú bezpečnosť jadrových zariadení pri ich umiestňovaní, projektovaní, výstavbe, uvádzaní do prevádzky, prevádzke, vyradovaní a pri uzatvorení úložiska, ako aj kritériá pre kategorizáciu vybraných zariadení do bezpečnostných tried
- [II.12] Vyhláška ÚJD SR č. 56/2006 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na dokumentáciu systému kvality držiteľa povolenia, ako aj podrobnosti o požiadavkách na kvalitu jadrových zariadení, podrobnosti o požiadavkách na kvalitu vybraných zariadení a podrobnosti o rozsahu ich schvaľovania
- [II.13] Rozhodnutie ÚJD SR č. 267/2008 Pripomienky k rozsahu a obsahu PBS pre MO34
- [II.14] Zoznam vybraných zariadení pre 3. blok MO34 a spoločné zariadenia 3. a 4. bloku - textová časť, PNM34361188
- [II.15] Rozhodnutie ÚJD SR no. 63/2015. Schválenie kategorizácie vybraných zariadení do bezpečnostných tried podľa dokumentov PNM34361188 a PNM34361189
- [II.16] Vyhláška č. 31/2012 Z. z, ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška ÚJD SR č. 58/2006 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o rozsahu, obsahu a spôsobe vyhotovovania dokumentácie jadrových zariadení potrebnej k jednotlivým rozhodnutiam
- [II.17] Format and Content of the Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. GS-G-4.1, Vienna, 5/2004

III Zdrojové dokumenty, ktoré sú spravidla vytvorené VUJE, a.s.

- [III.1] Zpráva č.: rep 63-99.se, prosinec 2001; Požadavky na seizmickou odolnost zařízení pro JE Mochovce ve Slovenské republice. Název přílohy so spektrami: PŘÍLOHA I, Seizmická spektra odezvy v úrovni terénu pro lokalitu EMO (5% útlum, úroveň MVZ = SL2 = RLE) a tabuľka
- [III.2] Hlavné regulátory bloku - II.O. DPS 1.10.02
- [III.3] DPS 3.04.01, 3.04.05, 3.04.06 Technická zpráva, Popisy funkcí
- [III.4] Predbežná bezpečnostná správa MO34, kap. 6.4.1 Systémy SKR dôležité pre bezpečnosť
- [III.5] Společná dokumentace SKŘ

ZOZNAM OBRÁZKOV

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 6.5.6.3-1 Doporučené prevádzkové stavy RCS a TCS.....	16
---	----