

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Postup měření při garančních testech parní turbíny

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš DOSKOČIL**
Osobní číslo: **E11N0004K**
Studijní program: **N2044 Aplikovaná elektrotechnika**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**
Název tématu: **Postup měření při garančních testech parní turbíny**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Vypracujte postup měření hlavních parametrů pro výpočet účinnosti a měrné spotřeby tepla parní turbíny.
2. Uveďte základní principy měření elektrického výkonu na svorkách alternátoru.
3. Zpracujte postup měření hladiny akustického tlaku parní turbíny dle příslušných norem a navrhněte opatření v případě nevyhovujících výsledků.
4. Vypočítejte nejistotu měření jednotlivých veličin vstupujících do výpočtu účinnosti a měrné spotřeby tepla parní turbíny.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Konstantin Schejbal, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2012**
Termín odevzdání diplomové práce: **9. května 2013**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karol Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

Anotace

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na postup měření hlavních parametrů pro výpočet termodynamické účinnosti a měrné spotřeby tepla parní turbíny. Zároveň zachycuje poznatky z měření elektrického výkonu na svorkách alternátoru a mimo jiné i postup měření hladiny akustického tlaku parní turbíny dle příslušných norem. Součástí diplomové práce je i výpočet nejistoty měření jednotlivých veličin, vstupujících do výpočtu účinnosti a měrné spotřeby tepla parní turbíny.

Klíčová slova

Vnitřní termodynamická účinnost, měrná spotřeba tepla, entalpie, entropie, tlak, teplota, převodník tlaku, odporové snímače, termoelektrické snímače, průtočné množství, měřicí transformátory, budicí soustava, analyzátor výkonu, zvuk, hluk, akustický tlak, hladina akustického tlaku, zvukový vjem, nejistota měření.

Abstract

This thesis is focused on the main parameters of the measurement procedure for calculation of efficiency and heat rate of steam turbines. Also reflect findings from the measurement of electrical power at the terminals of the alternator and including procedure for measuring acoustic pressure steam turbine according to relevant standards. The thesis evaluation of the uncertainty of the quantities entering into the calculation efficiency and the heat rate of steam turbines.

Key words

Internal thermodynamic efficiency, Heat Rate, enthalpy, entropy, pressure, temperature, pressure transmitter, resistance thermometer, thermocouples, flow, measuring transformers, excitation system, power analyzer, sound, noise, acoustic pressure, level of acoustic pressure, sound perception, measurement uncertainty.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....
Podpis

V Plzni dne 3.5.2013

Bc. Lukáš Doskočil

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Konstantinovi Schejbalovi, CSc. za odbornou pomoc, cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení diplomové práce.

Také bych chtěl poděkovat svému kolegovi Ing. Vlastimilu Tykvartovi a Ing. Lukáši Bednářovi za rady a informace, které nemalou měrou přispěli k vytvoření této diplomové práce. Poděkování bych rád věnoval i všem pracovníkům ZČU v Plzni a rodině za trpělivost a podporu při studiu na vysoké škole.

Obsah

OBSAH	7
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	8
ÚVOD	9
1 MĚŘENÍ HLAVNÍCH PARAMETRŮ PRO VÝPOČET TERMODYNAMICKÉ ÚČINNOSTI A MĚRNÉ SPOTŘEBY TEPLA TURBOSOUSTROJÍ	10
1.1 ZÁKLADNÍ POJMY	10
1.1.1 <i>Vnitřní termodynamická účinnost</i>	10
1.1.2 <i>Měrná spotřeba tepla</i>	11
1.1.3 <i>Entalpie a Entropie</i>	11
1.1.4 <i>Tlak</i>	12
1.1.5 <i>Převodník tlaku</i>	13
1.1.6 <i>Teplota</i>	17
1.1.7 <i>Množství (průtok) a jeho měření</i>	20
1.2 VLASTNÍ MĚŘENÍ HLAVNÍCH PARAMETRŮ PRO VNITŘNÍ TERMODYNAMICKOU ÚČINNOST	21
1.3 VLASTNÍ MĚŘENÍ HLAVNÍCH PARAMETRŮ PRO MĚRNOU SPOTŘEBU TEPLA	24
2 MĚŘENÍ ELEKTRICKÉHO VÝKONU NA SVORKÁCH ALTERNÁTORU	26
2.1 OBECNÉ INFORMACE	26
2.2 PROJEKTOVÁ ČÁST	28
2.2.1 <i>Měřicí transformátory</i>	28
2.2.2 <i>Buzení</i>	30
2.3 ANALYZÁTOR VÝKONU ZES ZIMMER LMG 450	33
2.4 MĚŘENÍ VÝKONU VÍCEFÁZOVÝM ANALYZÁTOREM	34
3 MĚŘENÍ HLADINY AKUSTICKÉHO TLAKU PARNÍ TURBÍNY	37
3.1 ZÁKLADNÍ POJMY	37
3.1.1 <i>Zvuk</i>	37
3.1.2 <i>Decibel (dB)</i>	39
3.1.3 <i>Sluchový vjem</i>	40
3.2 HLUK TURBOSOUSTROJÍ	41
3.2.1 <i>Všeobecné informace</i>	41
3.2.2 <i>Postup měření hladiny akustického tlaku TG</i>	41
3.2.3 <i>Opatření v případě nevyhovujících výsledků</i>	46
4 NEJISTOTA MĚŘENÍ ÚČINNOSTI A MĚRNÉ SPOTŘEBY TEPLA PARNÍ TURBÍNY	48
4.2 URČENÍ NEJISTOTY MĚŘENÍ	48
4.2.1 <i>Tlak</i>	48
4.2.2 <i>Teplota</i>	48
4.2.3 <i>Entalpie</i>	49
4.2.4 <i>Nejistota měření při měření hmotnostního průtoku</i>	49
4.3 VÝPOČET NEJISTOTY MĚŘENÍ TERMODYNAMICKÉ ÚČINNOSTI	49
4.4 VÝPOČET NEJISTOTY MĚŘENÍ MĚRNÉ SPOTŘEBY TEPLA	50
5 ZÁVĚR	51
POUŽITÁ LITERATURA	53
PŘÍLOHY	53

Seznam symbolů a zkratk

GM	Garanční měření
PM	Provozní měření
SI	Mezinárodní systém fyzikálních jednotek
VT	Vysokotlaký
ST	Středotlaký
ZK	Zpětná klapka
RZV	Rychlozávěrný ventil
HART	komunikační protokol
PT	Platinový teploměr
TG	Turbogenerátor
PC	počítačová stanice
MTN	měřicí transformátor napětí
MTP	měřicí transformátor proudu
DC	stejnoseměrné napětí
AC	střídavé napětí
dB	jednotka akustického tlaku (decibel)

Označení

cosφ	účinník	-
h	měrná entalpie	kJ/kg
s	měrná entropie	kJ/kgK
HR	měrná spotřeba tepla	kJ/kWh
P	výkon	kW, MW
N	počet smyček vinutí	-
m	hmotnostní průtok	kg/s, t/h
L	akustický tlak	dB
p	tlak	kPa, MPa
t	teplota	°C
S	plocha	m ²
U	napětí	V, kV
I	proud	A
V	absolutní nejistota	
τ	relativní nejistota	%

Úvod

Dnešní život si nedokážeme představit bez elektrické energie. Na každém rohu se setkáváme s přístroji, které potřebují danou energii ke svému provozu. Bez elektrické energie by nebylo možné provozovat bezpečnostní systémy, navigační systémy, domácnosti, společnosti vyrábějící různá zařízení, atd.

Diplomovou prací bych chtěl navázat na zpracovanou bakalářskou práci, která se týkala Provedení garančního měření na parní turbíně.

Jedna část diplomové práce je zaměřena na měření hlavních parametrů vstupujících do výpočtu termodynamické účinnosti a měrné spotřeby tepla turbosoustrojí. Sledu událostí, který předchází samotnému výpočtu, je možné z této kapitoly porozumět. Obsahem jsou možnosti snímání jednotlivých parametrů média a informace o použitelnosti daných snímačů pro měření. Výsledné vyhodnocení je pak výpočtem naměřených hodnot daných médií.

Druhá část této práce se soustředí na měření elektrického výkonu pomocí vícefázového analyzátoru výkonu. Tato kapitola obsahuje informace popisující jednotlivá zařízení (měřicí transformátory, budící soustavy, atd.), která jsou zapotřebí nebo jsou součástí řetězce mezi svorkami alternátoru a vícefázovým analyzátozem výkonu. Naměřené hodnoty a výsledné zhodnocení je pak součástí této práce.

Další část diplomové práce je věnována měření hladiny akustického tlaku parní turbíny. Od obecných informací se tato kapitola přesouvá k vlastnímu měření hladiny akustického tlaku. Jsou zde vysvětleny pojmy z oblasti zvuku a hluku. Součástí je také provedení měření hluku turbosoustrojí s jeho vyhodnocením. V případě nevyhovujících výsledků je uveden stručný popis možných řešení. Výsledné vyhodnocení je součástí této kapitoly.

Poslední část této práce navazuje na první část. Vypočítané vnitřní termodynamické účinnosti a měrná spotřeba tepla turbosoustrojí jsou podstoupeny určení nejistoty měření dle měřených parametrů. Nejistota měření je pak počítána pro vnitřní termodynamické účinnosti VT a ST dílu a měrné spotřeby tepla parní turbíny.

1 Měření hlavních parametrů pro výpočet termodynamické účinnosti a měrné spotřeby tepla turbosoustrojí

Tato kapitola pojednává o snímání jednotlivých parametrů pro dané výpočty. Ve své podstatě se jedná o měření parametrů (tlak, teplota, množství, atd.) médií, které vstupují do výpočtu vnitřní termodynamické účinnosti a měrné spotřeby tepla turbosoustrojí. Navazují tímto na bakalářskou práci, která pojednávala o provedení garančního měření parní turbíny.

1.1 Základní pojmy

1.1.1 Vnitřní termodynamická účinnost

Je to poměr skutečně získané práce nebo výkonu, které by bylo možno teoreticky získat, kdyby přeměna energie ve stroji probíhala beze ztrát. Tato účinnost se vztahuje nejčastěji na práci, resp. výkon měřený na spojce turbíny a jsou v ní zahrnuty všechny ztráty v turbíně, anebo se vztahuje na výkon dosažený na svorkách generátoru, což je pak vlastně účinnost celého turbosoustrojí [6].

Termodynamická účinnost se může vztahovat i na vnitřní výkon odevzdaný pracovní párou rotoru turbíny. Respektuje všechny ztráty v turbíně, jejichž teplo zvyšuje entalpii pracovní páry nebo její výstupní energii. Tuto účinnost nazýváme termodynamickou vnitřní účinností [6].

Pro výpočet vnitřní termodynamické účinnosti jednotlivých dílů parní turbíny (tepelného cyklu s přihříváním) budou použity následující vztahy:

$$\eta_{TDi,VT} = \frac{(h_1 - h_2)}{(h_1 - h_{2s})} * 100 \quad [\%], \quad \eta_{TDi,ST} = \frac{(h_3 - h_4)}{(h_3 - h_{4s})} * 100 \quad [\%]$$

kde:

$\eta_{TDi,VT}$	-	Vnitřní termodynamická účinnost VT dílu turbíny	%
$\eta_{TDi,ST}$	-	Vnitřní termodynamická účinnost ST dílu turbíny	%
h_1	-	Entalpie přehřáté páry před VT RZV	kJ/kg
h_2	-	Entalpie vratné páry za VT dílem (před ZK)	kJ/kg
h_{2s}	-	Entalpie vratné páry za VT dílem (před ZK) (vypočítaná pro izoentropickou expanzi z parametrů přehřáté páry před VT RZV na tlak vratné páry za VT dílem (před zpětnou klapkou))	kJ/kg
h_3	-	Entalpie přihřáté páry před ST RZV	kJ/kg
h_4	-	Entalpie výstupní páry za ST dílem	kJ/kg
h_{4s}	-	Entalpie výstupní páry za ST dílem (vypočítaná pro izoentropickou expanzi z parametrů přihřáté páry před	kJ/kg

ST RZV na tlak výstupní páry za ST dílem)

1.1.2 Měrná spotřeba tepla

Měrná spotřeba tepla se tradičně používala a stále se používá se stejným cílem jako tepelná účinnost. Je označována symboly HR (z anglického překladu Heat Rate). V koherentním systému jednotek (SI): $HR = \frac{3600}{\eta_t}$. Jednotka takto vypočtené spotřeby tepla je kW/kW = kJ/kWh. Hodnoty spotřeby tepla, vyjádřené v jiných jednotkách, mohou být snadno přepočteny na hodnoty tepelné účinnosti použitím příslušných převodních součinitelů [2].

$$HR_m = \frac{[m_1 \cdot h_1 + m_3 \cdot (h_3 - h_2) - m_{11} \cdot h_{11} + m_{ir} \cdot (h_2 - h_{ir})]}{N_{elm}} \quad [\text{kJ/kWh}]$$

kde:

HR_m	-	Měrná spotřeba tepla turbosoustrojí měřená	kJ/kWh
m_1	-	Hmotnostní průtok přehřáté páry do VT dílu	t/hod
m_{11}	-	Hmotnostní průtok napájecí vody do kotle	t/hod
m_3	-	Hmotnostní průtok přehřáté páry za kotlem	t/hod
m_{ir}	-	Hmotnostní průtok vstříkové vody do vratné páry	t/hod
h_1	-	Entalpie přehřáté páry před VT dílem – před VTRZV	kJ/kg
h_{11}	-	Entalpie napájecí vody za posledním VTO	kJ/kg
h_3	-	Entalpie přehřáté páry před ST dílem - před STRV	kJ/kg
h_2	-	Entalpie vratné páry za VT dílem	kJ/kg
h_{ir}	-	Entalpie vstříkové vody	kJ/kg
N_{elm}	-	Elektrický výkon na svorkách alternátoru	MW

Pro výpočty budou použity tabulky termodynamických vlastností vody a vodní páry sestavené na základě průmyslového standardu IAPWS – IF97.

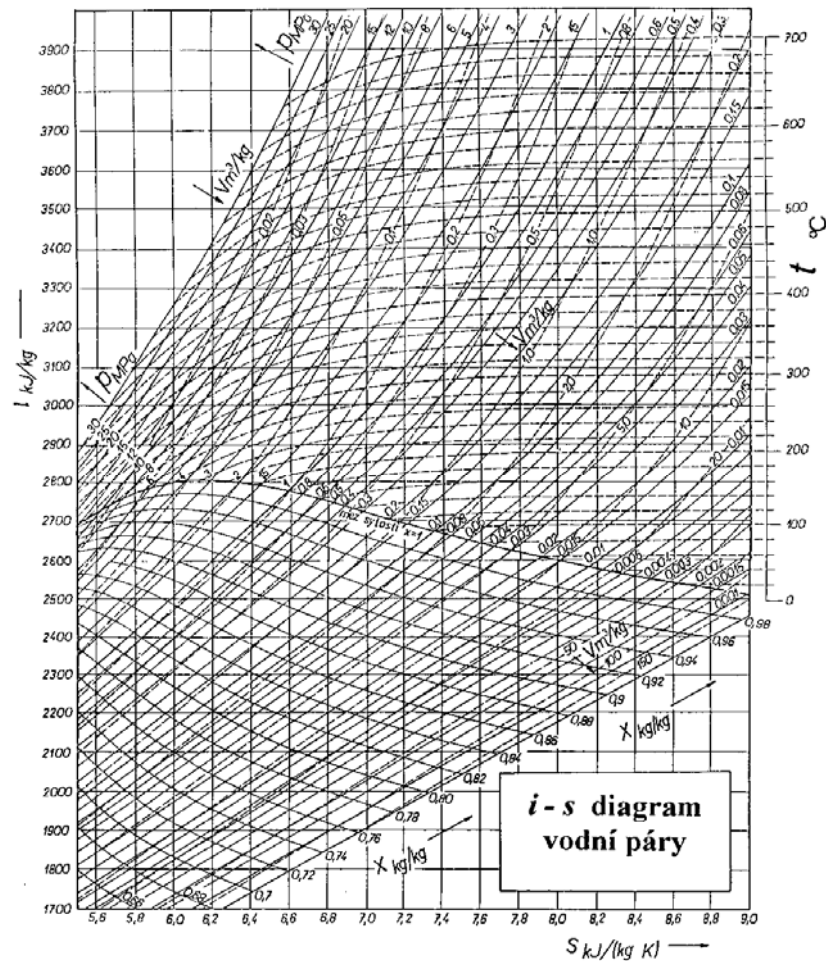
1.1.3 Entalpie a Entropie

Pod pojmem entalpie si představme součet vnitřní tepelné energie a mechanické energie látky. Hodnotu entalpie získáváme na základě znalostí parametrů (tlak a teplota) daného média.

Entropii lze vyjádřit pomocí tepla a teploty v diferenciálním tvaru jako $ds = \frac{\delta Q}{T}$.

Podíl tepla a teploty bývá také označován jako redukované teplo. Při Carnotově cyklu je součet redukovaných tepel roven nule.

Pro tyto případy je možné použít *i-s* diagram (Obr. 1.1) či tabulky termodynamických vlastností vody a vodní páry.



Obr. 1.1 *i-s* diagram vodní páry

1.1.4 Tlak

Je síla působící kolmo na jednotku plochy. Obvykle označována symbolem p a je možné ji definovat jako

$$p = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{S} \quad [\text{N} \cdot \text{m}^{-2} = \text{Pascal} = \text{Pa}]$$

kde:

F	síla	[N]
S	plocha	[m^2]
m	hmotnost	[kg]
g	místní tíhové zrychlení	[m/s^2]

nebo hydrostatickým tlakem sloupce kapaliny o výšce h a hustotě ρ

$$p = \rho \cdot g \cdot h \quad [\text{Pa}]$$

kde:

ρ	měrná hustota kapaliny	[kg/m ³]
h	výška	[m]

Obvykle bývá měření vztaženo k tlaku fyzikální atmosféry, jindy je to měření vzhledem k ideálnímu vakuu nebo vůči jinému referenčnímu tlaku. Při měření tlaku rozlišujeme následující pojmy:

- Absolutní tlak – je tlak měřený vůči ideálnímu vakuu, absolutní tlak je roven relativnímu tlaku + místní atmosférický tlak
- Relativní tlak - je tlak měřený vůči místnímu atmosférickému tlaku, takže je roven rozdílu absolutního tlaku a místního atmosférického tlaku.
- Diferenční tlak - je rozdíl tlaku mezi dvěma různými body.

V dnešní době se měření tlaku provádí pomocí převodníku tlaku. V dřívějších dobách se obvykle měřilo pomocí manometrů (Obr. 1.2). Manometry měly místní ukazatel pro sledování tlaku. V dnešní době se stále používají, ale pouze jako místní ukazatele. Moderní technologie postupně vytlačuje tyto snímače a jsou nahrazovány přesnějšími a dálkově řízenými snímači, tzv. převodníky tlaku.



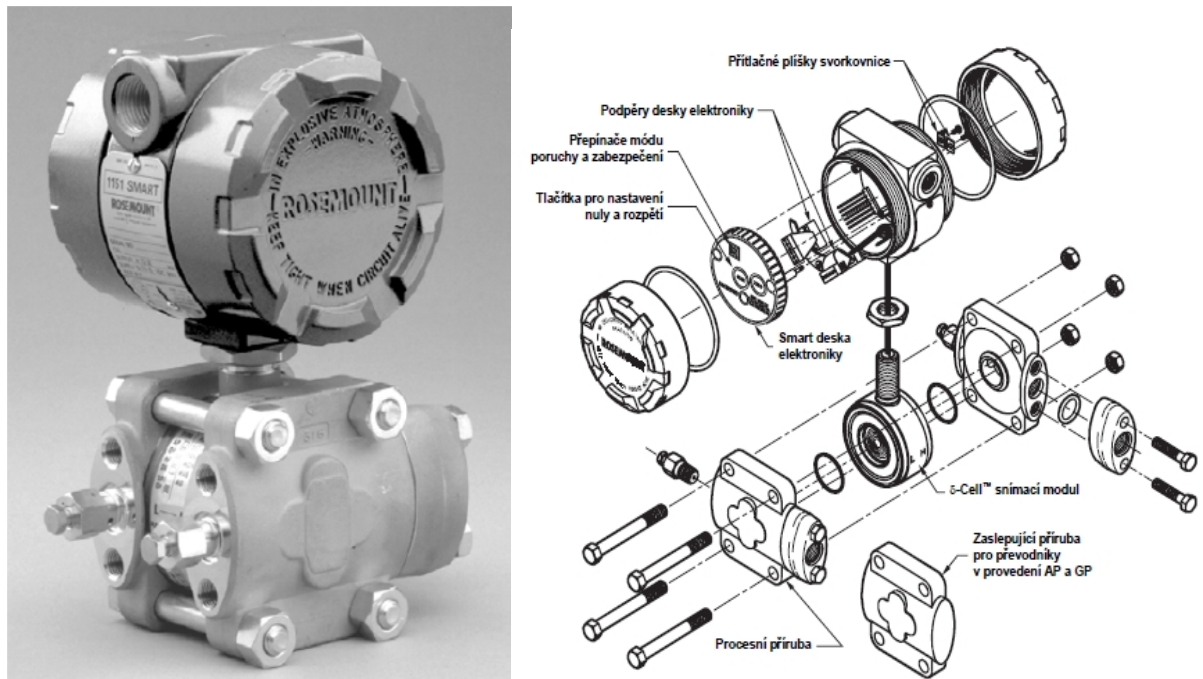
Obr. 1.2 Manometr

1.1.5 Převodník tlaku

Statické a diferenční tlaky jsou měřeny pomocí převodníku tlaku. Převodníky jsou nastaveny na daný rozsah na státně ověřeném testovacím zařízení firmy Desgranges et Huot, třídy přesnosti 0,01. Testovací zařízení je pravidelně ověřováno akreditovanou laboratoří.

V převodníku tlaku je umístěn tzv. snímací modul (Obr. 1.3), kde je umístěna

membrána, která je vychylována tlakem měřeného média. Pro malé tlaky se používá tenká membrána nebo vlnovec. Společnou vlastností všech těchto snímačů je rozlišovací schopnost a ochrana deformačního členu snímače před přetížením.



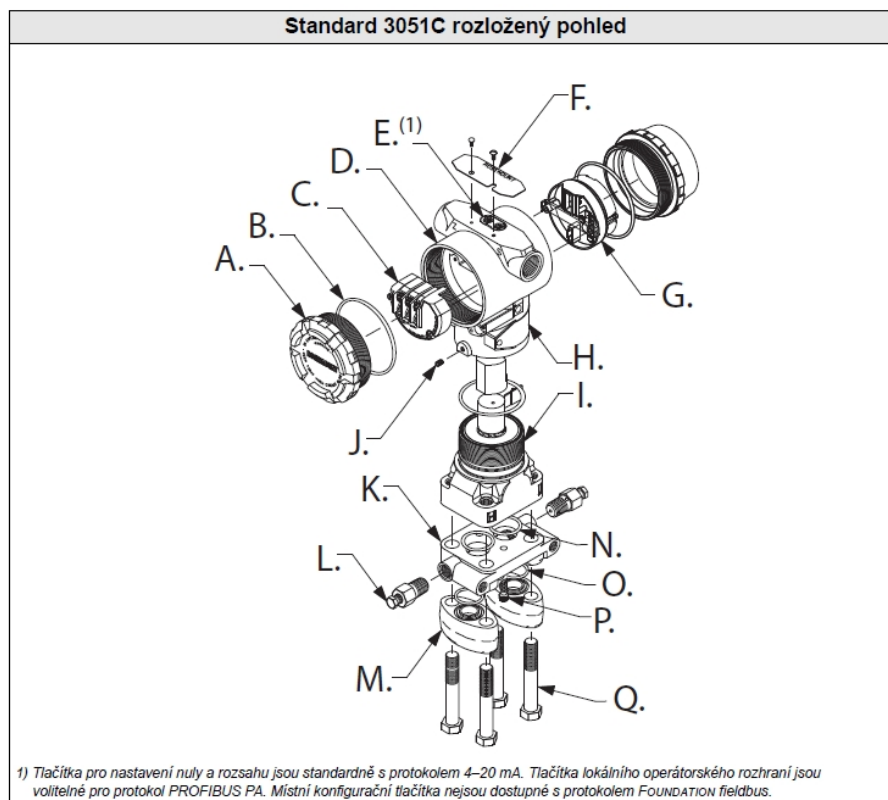
Obr. 1.3 Převodník tlaku Rosemount 1151 [7]

Mnoho výrobců v dnešní době nabízí různé druhy převodníků tlaku. Mezi nejznámější výrobce patří firmy Rosemount (Emerson), Siemens, Yokogawa, ABB, atd. Na Obr. 1.3 je uveden snímač tlaku od firmy Rosemount. Tento snímač byl použit při snímání tlaků pro vyhodnocení vnitřní termodynamické účinnosti a měrné spotřeby tepla.

Jedná se o převodník tlaku Rosemount 1151. Tyto převodníky pomáhají řídit průmyslové technologie kvalitně a spolehlivě a to dokonce v nejtěžších podmínkách. Tento převodník má vynikající přesnost $\pm 0,075 \%$. Elektronika Smart nabízí přestavitelnost rozsahu 50:1 a tím redukuje počet jednotlivých provedení převodníků. Řada Rosemount 1151 nabízí různé druhy konfigurací pro měření diferenčního, relativního a absolutního tlaku. Provedení pro vysokotlaké měření statického tlaku v potrubí až do hodnoty 31 MPa. Jelikož jsou tyto převodníky na trhu již 30 let, tak jsou dnes vytlačovány novější technologií a řada 1151 se již přestala vyrábět. Jsou nahrazeny novou řadou a to řadou 3051 (Obr. 1.4 a Obr. 1.5).



Obr. 1.4 Převodník tlaku Rosemount 3051 [7]



Standard 3051C rozložený pohled		
A. Kryt	G. Deska elektroniky	M. Přírubové adaptéry
B. O-kroužek krytu	H. Výrobní štítek	N. Procesní O-kroužek
C. Svorkovnice	I. Modul snímače	O. O-kroužek přírubového adaptéru
D. Skříň elektroniky	J. Šroub pro nastavení otáčení skříně (maximální otočení 180 stupňů bez dalšího rozebrání)	P. Vyrovnávací šrouby příruby (nedrží tlak)
E. Místní konfigurační tlačítka	K. Koplanární příruba	Q. Přírubové šrouby
F. Certifikační štítek	L. Vypouštěcí/odvzdušňovací ventil	

Obr. 1.5 Řez převodníkem tlaku Rosemount 3051 [7]

Jedná se o převodník tlaku s přesností 0,075 % z nastaveného rozsahu 10:1. Převodník má až desetiletou stabilitu v konkrétních provozních podmínkách. Snímače tlaku a tlakové difference řady 3051 C se vyznačují progresivní koncepcí, která jim dává dříve nedosažitelné vlastnosti a parametry. Miniaturní kapacitní čidlo snímače je umístěno v krku skříně elektroniky, kde je optimálně chráněno před mechanickými a teplotními vlivy prostředí a

média. V blízkosti kapacitního čidla je umístěno čidlo teploty, které slouží ke kompenzaci vlivu teploty. Modul elektronicky přebírá údaje z čidla v digitální formě a podle korekčních faktorů upravuje a linearizuje signál čidla. Výstupní část elektroniky obstarává komunikaci v protokolu HART a převádí digitální signál na analogový výstup 4 až 20 mA (nebo 1 až 5 V). Elektronika může být doplněna displejem typu LCD. V základní podobě se snímače dodávají s tzv. koplanární přírubou, kdy jsou oba tlakové vstupy v jedné rovině. Pokud je to potřeba může být snímač vybaven tradiční přírubou nebo integrální ventilovou soupravou.

1.1.5.1 Měření tlaku pomocí převodníku tlaku

Měření tlaku obnáší několik přípravných fází. Jednou takovou fází je kalibrace a nastavení převodníku. Převodníky tlaku jsou vyráběny v několika řadách a je možné je použít do určitého tlaku. Pokud chceme měřit tlak daného média, musíme znát maximální možný tlak tohoto média. Podle toho jsou pak přizpůsobeny převodníky tlaku danému rozsahu. Kalibrace a nastavení se provádí na testovacím zařízení, které je pravidelně ověřováno akreditovanou laboratoří. Jakmile máme všechny převodníky připravené a uzpůsobené k měření, tak je možné vyrazit na elektrárnu a provést instalaci.

Na elektrárně je zapotřebí lokalizovat připojení převodníku tlaku. Obvykle bývá toto místo zajištěno již v projektové fázi daného projektu. Odběrová místa jsou dvojího druhu. Buď je řešeno paralelním připojením k provoznímu snímači tlaku, nebo je vyvedeno samostatné odběrové místo.

Jakmile je připojovací místo lokalizováno, dojde k připojení převodníku tlaku pomocí měděných trubek (do 7 MPa) či pomocí tlakových hadic (do 35 MPa). Převodníky tlaku jsou pak připojeny přístrojovým kabelem k měřicí ústředně, která snímá napěťovou hodnotu z převodníku tlaku. Převodník tlaku má výstupní signál 4-20 mA. Napěťová hodnota je měřena na 100 ohmovém odporu. Ta je pak přepočítávána na MPa. Přepočet je prováděn v programu, který ovládá ústřednu, a jsou jím snímány veškeré snímače umístěné na elektrárně. Do programu jsou pak zadávány určité parametry. Patří mezi ně cejch převodníku tlaku, vodní sloupec, korekce na místní atmosférický tlak.

Výsledný absolutní tlak měřený převodníkem je vyhodnocen podle vztahu:

$$P = P_m + P_b + P_w \quad \text{MPa}$$

kde:

P_m - změřený tlak převodníkem MPa

P_b - místní atmosférický tlak MPa

P_w - korekce na vodní sloupec MPa

1.1.6 Teplota

Teplota je stavová veličina vyjadřující tepelný stav látky. Obvykle ji značíme t [$^{\circ}\text{C}$ – stupně Celsia]. Absolutní teplota je $T = T_0 + t$ [K - Kelvin], kde T_0 je absolutní nula, která je rovna 273,15 K. V našem případě je možné teplotu snímat odporovými snímači či termoelektrickými snímači (termočlánky). Odporový snímač je snímač, ve kterém se k měření teploty využívá závislost elektrického odporu vodiče nebo polovodiče na teplotě. Termoelektrický snímač teploty je snímač, ve kterém se k měření teploty využívá termoelektrický jev (elektrony, které jsou nositeli elektrického proudu, se významně podílejí na vedení tepla). Změnou teploty spoje dvou různých kovů se mění vzniklé termoelektrické napětí.

1.1.6.1 Měření teploty pomocí odporového snímače

Odporové snímače teploty patří mezi dotykové snímače (snímač je v přímém dotyku s měřeným prostředím - médiem) používané k dálkovému měření teploty. Jejich čidlo (měřicí odpor) převádí teplotní změnu prostředí na změnu elektrického odporu. Využívá se přitom toho, že některé (zvláště kovové) materiály mění svůj elektrický odpor v závislosti na změně své teploty.

Odporová čidla k měření teploty v průmyslových podmínkách lze v zásadě rozdělit na čidla vinutá z platinového, niklového, respektive měděného drátu a čidla vrstevná, kde odporová vrstva je nejčastěji z Pt nebo Ni.

Závislost odporu na teplotě a dovolené odchylky platinových čidel pro průmyslové odporové snímače teploty jsou dány normou ČSN EN 751.

Dovolené odchylky ve $^{\circ}\text{C}$, Pt čidel dle IEC 751 pro provozní snímače:

Pro třídu přesnosti AA: $\pm (0,1 + 0,0017 \text{ t})$ - (použití do 250°C)

Pro třídu přesnosti A: $\pm (0,15 + 0,002 \text{ t})$ - (použití do 450°C)

Pro třídu přesnosti B: $\pm (0,3 + 0,005 \text{ t})$ - (použití do 600°C)

Pro třídu přesnosti C: $\pm (0,6 + 0,01 \text{ t})$ - (použití do 600°C)

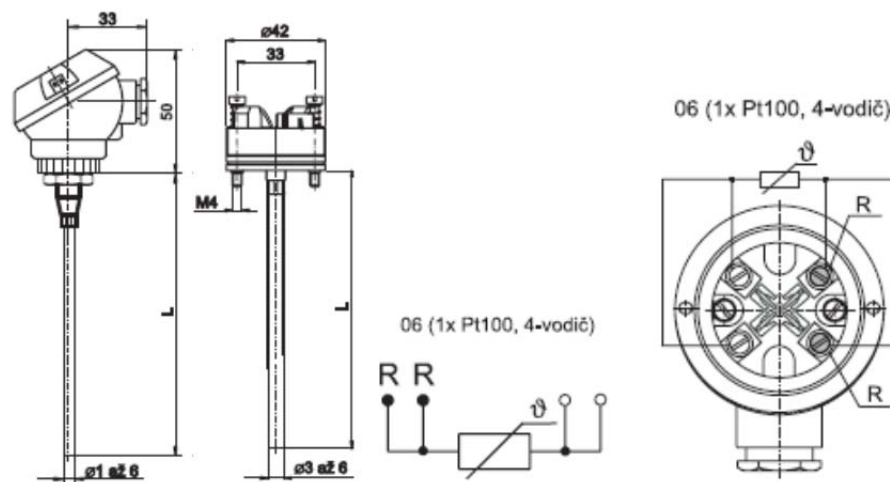
kde t je absolutní hodnota teploty ve stupních Celsia.

Snímače jsou určeny k dálkovému měření teploty plyných a kapalných médií. Jsou kompletovány s jímkami jednak k zašroubování do návarků navařených na potrubí, nebo na technologickém zařízení, jednak k zavaření do vývrtu ve stěně potrubí, nebo technologického zařízení. Jímky k zašroubování se po namontování obvykle zajišťují pojistným svárem.

Odporové snímače teploty s hlavicí jsou vybaveny měřicími vložkami s přírubou a keramickou svorkovnicí a s upevňovacími šrouby. V posledních letech se rozšiřuje i

provedení, kdy je svorkovnice nahrazena dvou vodičovým převodníkem do hlavičky snímače teploty.

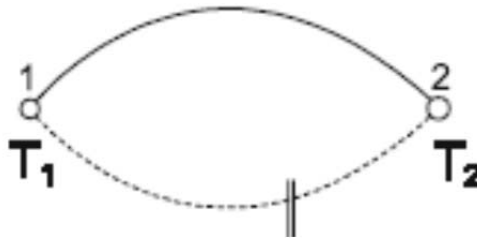
Instalace měření teploty na elektrárně je provedena již do připravených teploměrných jímek, které byly naprojektovány před výstavbou daného projektu (elektrárny) a realizovány při výstavbě do potrubí či technologických zařízení. Vlastní instalace snímače je pak prováděna na stavbě pracovníky měřicí skupiny. Snímač je propojen přístrojovým kabelem a napěťová hodnota je pak snímána ústřednou a převáděna pomocí měřicí karty do PC. Program pak přepočítává napěťovou hodnotu na stupně Celsia. Tento postup nebo proces je obdobně realizován i u termoelektrických snímačů teploty, které jsou popsány níže.



Obr. 1.6 Odporový snímač teploty ve čtyřvodičovém provedení [9]

1.1.6.2 Měření teploty pomocí termoelektrického snímače

Termoelektrické snímače teploty patří mezi kontaktní snímače používané k dálkovému měření teploty a jejich čidlo převádí teplotní změnu prostředí na změnu elektrického napětí. Využívá se přitom toho, že jsou v jednoduchém elektrickém obvodu, tvořeném dvěma vodiči z různých kovů (Obr. 1.7), oba jejich spoje 1 a 2 jsou umístěny v prostředí se dvěma různými teplotami T_1 a T_2 , začne obvod procházet elektrický proud. Pokud obvod v naznačeném místě přerušíme a zařadíme do něj vhodný měřicí přístroj, naměříme malý rozdíl elektrických potenciálů, který je funkcí rozdílu teplot $T_2 - T_1$. Tento rozdíl potenciálů se nazývá termoelektrické napětí. Takto je zjednodušeně popsán tzv. Seebeckův jev, na kterém je založeno měření teploty termoelektrickými články (termočlánky) [10].



Obr. 1.7 Seebeckův jev [10]

K Seebeckovu jevu existuje jev opačný, který se nazývá Peltierův jev. Ten se projevuje tak, že při průchodu elektrického proudu zmíněným elektrickým obvodem se jeden z jeho spojů zahřívá a druhý naopak ochlazuje [10].

V současné době se doporučuje používat termočlánky dle normy ČSN EN 60584-1. Tato norma obsahuje tabulky základních hodnot termoelektrického napětí jednotlivých termočlánků. Je nutné dát pozor na to, že v normách jsou uvedeny základní hodnoty termoelektrického napětí pro vztažnou teplotu 0 °C [10].

Uvedl bych příklad korekce termoelektrického napětí:

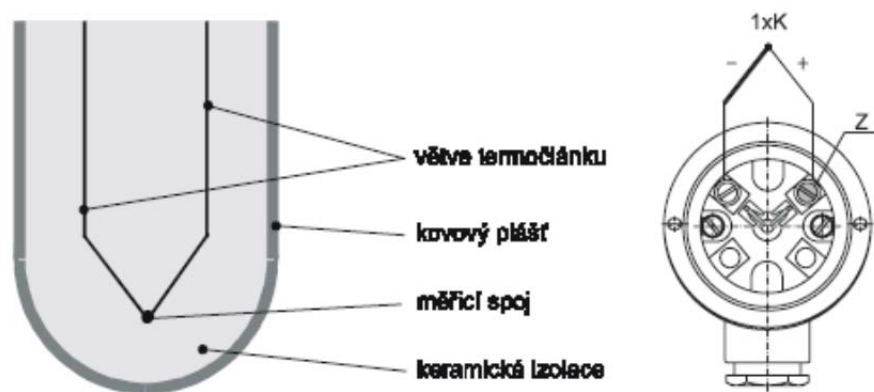
Termočlánek „K“ (NiCr-Ni)

- měřená teplota + 800 °C
- srovnávací teplota + 20°C (teplota studeného konce)
- termoelektrické napětí při +800°C = 33,277 mV
- termoelektrické napětí při +20 °C = - 0,798 mV
- výsledné termoelektrické napětí = 32,479 mV

Termoelektrické snímače mají takovou vlastnost, že se dají ohýbat. Jejich použitelnost je možné uplatnit v nepřístupných podmínkách. Síla stonku snímače se pohybuje již od \varnothing 1 mm. Měřicí obvody s termočlánky netvoří jen termočlánek a vyhodnocovací přístroj, ale tyto obvody jsou poněkud komplikovanější. Již v minulosti byly použity ve spojení nulovacího (studeného) konce a kompenzačního vedení. V dnešní době se již používají termočlánky s převodníkem, které mají v sobě zabudován elektronicky nastavený studený konec termočlánku. Výstupním signálem je pak 4 až 20 mA. Jedinou nevýhodou těchto termočlánků s převodníkem je to, že při zahřátí hlavice na vyšší či nižší teplotu, je výsledná teplota ovlivňována. Proto se klade velký důraz na okolní teplotu při instalaci tohoto snímače.



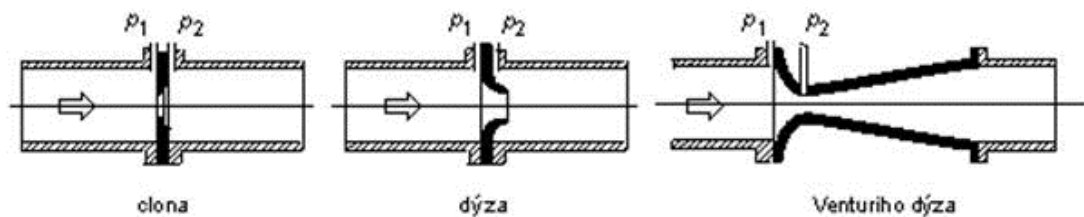
Obr. 1.8a Termoelektrický snímač



Obr. 1.8b Termoelektrický snímač [10]

1.1.7 Množství (průtok) a jeho měření

Měření průtočných množství se provádí na provozních škrťacích orgánech (dýzy, clony, atd.) - (Obr. 1.9). Tlaková diference na škrťacích orgánech je měřena diferenčním převodníkem tlaku připojeného paralelně k provoznímu měření (Obr. 1.10) nebo na samostatný odběr pro měření.



Obr. 1.9 Clona a dýza



Obr. 1.10 Paralelní připojení k provoznímu měření

Měření hlavních průtoků jako je přehřátá pára, napájecí voda, atd. jsou měřeny pomocí dýzy ISA 1932 a clon dle ČSN ISO 5167. Při umísťování škrticích orgánů je nutno respektovat nerušené rovné délky potrubí před a za škrticím orgánem. Při výrobě a montáži škrticích orgánů je třeba se řídit ustanovením ISO 5167, kde jsou kladeny požadavky na kruhovitost potrubí, polohu primárního prvku a metody upevnění a těsnění. Od dodavatele škrticích orgánů je nezbytné požadovat dodání výpočtového listu, ověřovacího listu a protokolu o proměření. Na těchto dokumentech jsou pak nalezeny potřebné parametry pro zadání výpočtu správného množství procházejícího tímto škrticím orgánem. Jedná se zejména o rozměry vnitřního průměru škrticího orgánu, vnitřního průměru potrubí, materiál potrubí a škrticího orgánu a další.

V programu, který pak snímá hodnoty z diferenčního převodníku přes ústřednu, jsou zadávány další parametry pro výpočet průtočného množství. Provádí se tím i kontrola správnosti snímaných parametrů. Je zde zadáván kód určující stav média (pára, voda), jestli se jedná o clonu či dýzu, spojitost s teplotou a tlakem měřeného média a výše uvedené parametry ke škrticímu orgánu.

Po instalaci snímačů jsou pak programem vyhodnocovány zadané parametry a výslednou hodnotou je pak průtočné množství v kg/s nebo t/hod.

1.2 Vlastní měření hlavních parametrů pro vnitřní termodynamickou účinnost

Výše uvedené poznatky bych shrnul do jednoho příkladu. Navázal bych tak na výsledky, které byly zpracovány v mé bakalářské práci před dvěma lety, týkající se provedení

garančního měření parní turbíny.

V první řadě si musíme říci, co pro vyhodnocení vnitřní termodynamické účinnosti potřebujeme měřit. Vyhodnocení bude provedeno dle vztahů:

$$\eta_{TDi,VT} = \frac{(h_1 - h_2)}{(h_1 - h_{2s})} * 100 \quad [\%], \quad \eta_{TDi,ST} = \frac{(h_3 - h_4)}{(h_3 - h_{4s})} * 100 \quad [\%]$$

Abychom získali potřebné vstupní a výstupní entalpie, tak musí dojít ke snímání tlaků a teplot v daných místech. Všechny přístroje pro měření máme připravené, zkalibrované a je možné je použít.

Pro měření vnitřní termodynamické účinnosti VT dílu byly naměřeny níže uvedené parametry. Hodnoty jsou průměrné za dobu snímání jedné hodiny:

Vstupní parametry do VT dílu

p ₁	Tlak	Admisní pára před RZV – průměr	12,925	MPa
t ₁	Teplota	Admisní pára před RZV – průměr	538,56	°C

Výstupní parametry z VT dílu

p ₂	Tlak	Pára na výstupu z VT dílu – průměr	3,565	MPa
t ₂	Teplota	Pára na výstupu z VT dílu – průměr	369,89	°C

Z těchto parametrů jsou pak následně určeny entalpie a entropie, které budou použity do vzorečku pro výpočet vnitřní termodynamické účinnosti.

Vstupní parametry do VT dílu

h ₁	Entalpie	Admisní pára před RZV - průměr	3 442,057	kJ/Kg
----------------	----------	--------------------------------	-----------	-------

Výstupní parametry z VT dílu

h ₂	Entalpie	Pára na výstupu z VT dílu - průměr	3 151,172	kJ/Kg
s ₂	Entropie	Pára na výstupu z VT dílu - průměr	6,5753	kJ/kgK
h _{2s}	Entalpie	Pára na výstupu z VT dílu - průměr	3 057,665	kJ/Kg

$$\begin{aligned} \eta_{TDi,VT} &= \frac{(h_1 - h_2)}{(h_1 - h_{2s})} * 100 = \frac{(3442,057 - 3151,172)}{(3442,057 - 3057,665)} * 100 = \\ &= \frac{290,885}{384,392} * 100 = 75,67 \% \end{aligned}$$

Vnitřní termodynamická účinnost VT dílu je 75,67 %.

Pro měření vnitřní termodynamické účinnosti ST dílu byly naměřeny níže uvedené parametry. Hodnoty jsou průměrné za dobu snímání jedné hodiny:

Vstupní parametry do ST dílu

p_3	Tlak	Pára do STTG - průměr	3,105	MPa
t_3	Teplota	Pára do STTG - průměr	528,91	°C

Výstupní parametry z ST dílu

p_4	Tlak	Odběrová para - odběr č. IV	0,298	MPa
t_4	Teplota	Pára na výstupu z ST dílu - průměr	221,14	°C

Z těchto parametrů jsou pak následně určeny entalpie a entropie, které budou použity do vzorečku pro výpočet vnitřní termodynamické účinnosti.

Vstupní parametry do ST dílu

h_3	Entalpie	Pára do STTG - průměr	3 521,006	kJ/Kg
-------	----------	-----------------------	-----------	-------

Výstupní parametry z ST dílu

h_4	Entalpie	Pára na výstupu z ST dílu	2 909,293	kJ/Kg
s_4	Entropie	Pára na výstupu z ST dílu	7,3013	kJ/kgK
h_{is4}	Entalpie	Pára na výstupu z ST dílu	2 858,914	kJ/Kg

$$\begin{aligned}\eta_{TDi,ST} &= \frac{(h_3 - h_4)}{(h_3 - h_{4s})} * 100 = \frac{(3521,006 - 2909,293)}{(3521,006 - 2858,914)} * 100 = \\ &= \frac{611,713}{662,092} * 100 = 92,39 \%\end{aligned}$$

Vnitřní termodynamická účinnost ST dílu je 92,39 %.

1.3 Vlastní měření hlavních parametrů pro měrnou spotřebu tepla

Měrná spotřeba tepla bude vyhodnocena dle vzorce:

$$HR_m = \frac{[m_1 \cdot h_1 + m_3 \cdot (h_3 - h_2) - m_{11} \cdot h_{11} + m_{ir} \cdot (h_2 - h_{ir})]}{N_{elm}} \quad [\text{kJ/kWh}]$$

Abychom získali potřebné parametry pro výpočet entalpií, tak musí dojít ke snímání tlaků a teplot v daných místech. Zároveň musí být snímány potřebná množství, která povedou k řádnému výpočtu měrné spotřeby tepla. Všechny přístroje pro měření máme připravené, zkalibrované a je možné je použít pro měření.

Pro měření měrné spotřeby tepla turbosoustrojí byly naměřeny níže uvedené parametry. Hodnoty jsou průměrné za dobu snímání jedné hodiny:

Admisní (přehřátá) pára

m_1	Množství	316,16	t/hod
p_1	Tlak	12,925	MPa
t_1	Teplota	538,56	°C

Výstup z VT dílu

p_2	Tlak	3,565	MPa
t_2	Teplota	369,89	°C

Napájecí voda

m_{11}	Množství	315,67	t/hod
p_{11}	Tlak	15,72	MPa
t_{11}	Teplota	214,21	°C

Vratná pára

m_3	Množství	295,68	t/hod
p_3	Tlak	3,1049	MPa
t_3	Teplota	528,91	°C

ST vstříky

m_{ir}	Množství	0,00	t/hod
----------	----------	------	-------

Elektrický výkon

N_{elm}	Výkon	105,10	MW
-----------	-------	--------	----

Z těchto parametrů jsou pak následně určeny entalpie, které budou použity do vzorečku pro výpočet měrné spotřeby tepla turbosoustrojí.

Admisní (přehřátá) pára

h_1 Entalpie 3 442,057 kJ/Kg

Výstup z VT dílu

h_2 Entalpie 3 151,172 kJ/Kg

Napájecí voda

h_{11} Entalpie 921,6799 kJ/Kg

Vratná pára do kotle

h_3 Entalpie 3 521,007 kJ/Kg

$$\begin{aligned}
 HR_m &= \frac{[m_1 * h_1 + m_3 * (h_3 - h_2) - m_{11} * h_{11} + m_{ir} * (h_2 - h_{ir})]}{N_{elm}} \\
 &= \frac{[316,16 * 3442,06 + 295,68 * (3521,0 - 3151,17) - 315,67 * 921,68 + 0,00 * (3151,17 - 0,00)]}{105,10} \\
 &= \frac{906646,8599}{105,10} = 8626,51 \text{ kJ/kWh}
 \end{aligned}$$

Měrná spotřeba tepla turbosoustrojí je 8626,51 kJ/kWh.

2 Měření elektrického výkonu na svorkách alternátoru

2.1 Obecné informace

Měření elektrického výkonu na svorkách alternátoru je možné provádět několika způsoby. U třífázového alternátoru s přímo uzemněným nulovým vývodem nebo u čtyřvodičového systému se měří výkon jednotky metodou tří wattmetrů [2].

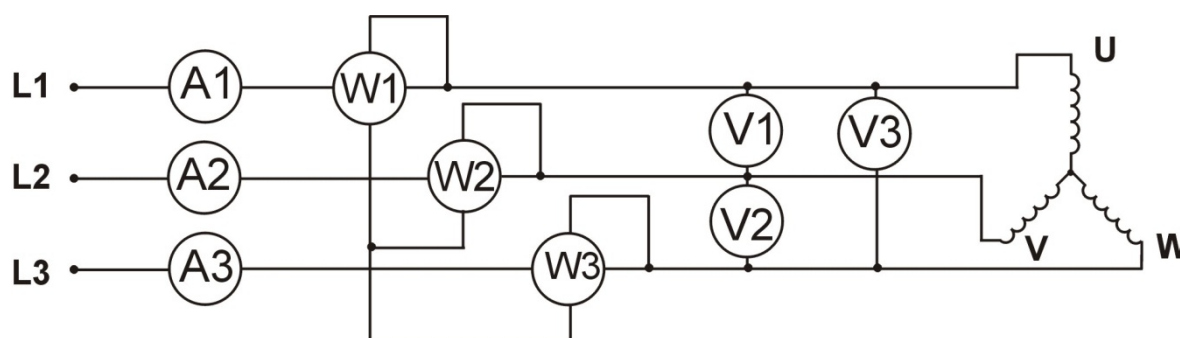
U třífázového alternátoru s uzemněným nulovým vývodem přes odpor, reaktanci nebo přes transformátor s odporem může být výkon jednotky měřen metodou dvou wattmetrů, ale při preferování metody tří wattmetrů. Ve všech případech mohou být místo wattmetrů použity elektroměry. Zdvojené měření elektrického výkonu, pokud je to proveditelné, včetně zdvojených napěťových a proudových transformátorů, má výhodu zvýšené přesnosti [2].

V rovnoměrně zatížené soustavě změříme výkon jedné fáze a vynásobíme jej třemi a při nerovnoměrném zatížení měříme v každé fázi.

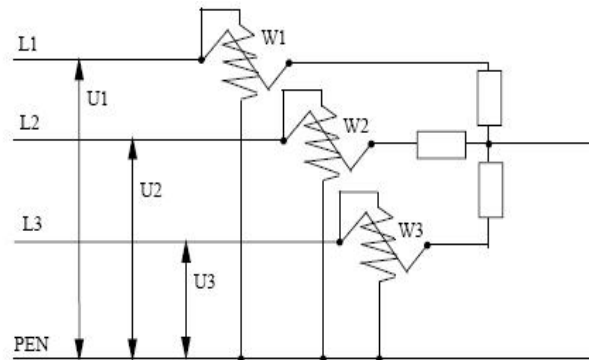
Trojfázová soustava představuje tři jednofázové soustavy navzájem vodivě spojené, jejichž fázory napětí jsou posunuty o 120° . Na přenos energie se používá trojvodičové nebo čtyřvodičové vedení. Vodiče značíme L_1 , L_2 , L_3 , PEN. Metodu měření činného výkonu v trojfázové soustavě volíme podle toho, zda zatížení jednotlivých fází je souměrné nebo nesouměrné zátěže.

Výkon trojfázové soustavy určíme tak, že změříme výkony jednotlivých fází L_1 , L_2 , L_3 a součet nám dá celkovou hodnotu výkonu.

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

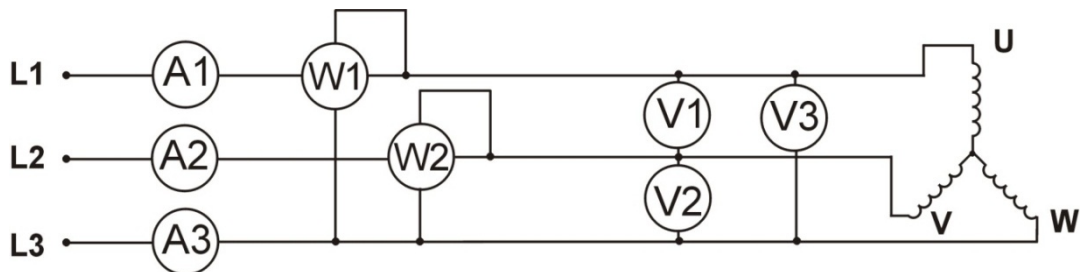


Obr. 2.1 Metoda tří wattmetrů bez nulového vodiče



Obr. 2.2 Metoda tří wattmetrů s nulovým vodičem

Činný výkon v trojfázové soustavě bez nulového vodiče můžeme měřit pomocí dvou wattmetrů.



Obr. 2.3 Aronovo zapojení

Proudové cívky wattmetru zapojíme tak, aby jimi procházely fázové proudy dvou libovolných fází např. fáze L_1 a L_2 . Napěťové cívky připojíme na sdružené napětí a to mezi fází, v níž je proudová cívka vlastního wattmetru a mezi fází v níž není zapojena žádná proudová cívka. V tomto případě zapojíme napěťovou cívku prvního wattmetru mezi fáze L_1 a L_3 a napěťovou cívku druhého wattmetru mezi fáze L_2 a L_3 .

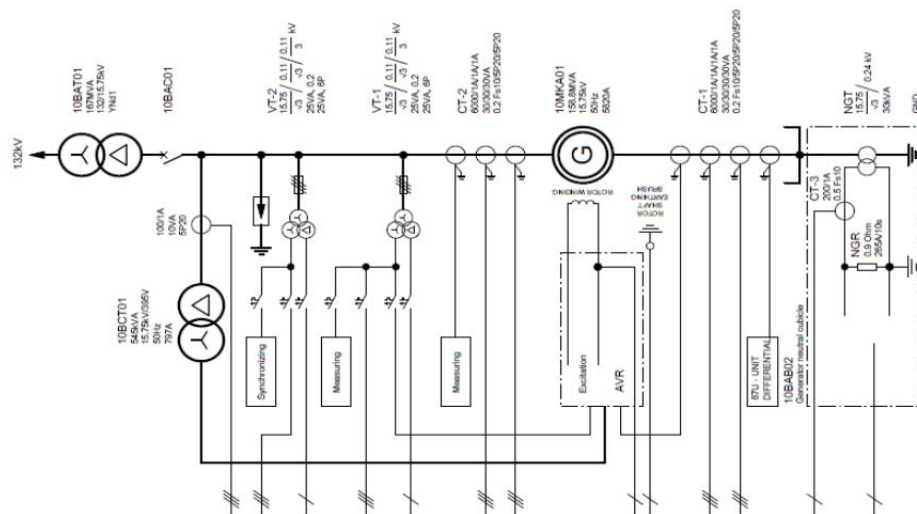
$$\text{Celkový okamžitý výkon: } P = P_1 + P_2$$

Výchylka wattmetrů závisí na fázovém posunu mezi proudem a napětím (vliv zátěže). Při větších fázových posunech (60°) bude výchylka příslušného wattmetru směřovat ven ze stupnice, v takovém případě je nutné vzájemně zaměnit přívody k proudové cívce. Údaj příslušného wattmetru potom bereme se záporným znaménkem. Vyrábějí se i dvou systémové wattmetry, u nichž proudové momenty dvou samostatných měřicích ústrojí působí na jednu společnou osu, takže ručka ukazuje součet výkonů, a tedy činný výkon celé třífázové soustavy. Výchylka takového přístroje je vždy kladná.

Výše uvedené metody jsou v dnešní době nahrazovány jednoduššími variantami a to měření pomocí vícefázových analyzátorů, které dokáží mimo snímání napětí, proudu a výkonu měřit i další parametry. Je možné je použít též jako osciloskop a na grafickém displeji se dá zjistit i rozložení harmonických.

2.2 Projektová část

Již na počátku se musíme zaměřit na možnost připojení vícefázového analyzátoru na svorky pro možné měření napětí a proudu jednotlivých fází. U nových projektů je tato záležitost řešena již v projektové dokumentaci. Ve své podstatě se jedná o zajištění svorek pro připojení proudů a napětí, které jsou vyvedeny z transformátorů pro měření, umístěných co nejlíže ke generátoru. Obvykle bývá vyvedeno v kobce generátoru či v místnosti na elektrárně, kam bývají svedeny všechny signály od generátoru. Zpracovaná dokumentace, nám naskýtá možnosti, kam je možné vícefázový analyzátor připojit. Základním prvkem pro zjištění dostupných informací je jednopólové schéma (Obr. 2.4).



Obr. 2.4 Jednopólové schéma (Příloha 2.1)

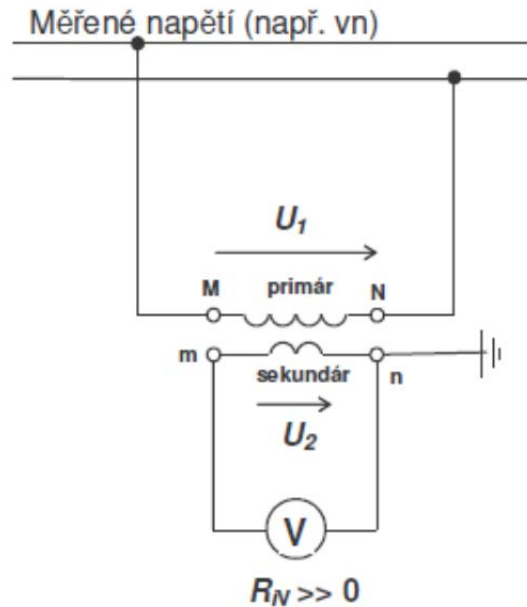
Jednopólové schéma nám dokáže říci, kde se nacházejí transformátory pro měření napětí a proudu, zároveň je možné vyčíst, zda je budicí soustava napájena před těmito měřicími transformátory či za nimi. Na základě těchto informací je možné určit podmínky pro měření a vyhodnocení výkonu alternátoru.

2.2.1 Měřicí transformátory

Převádějí velká střídavá napětí a velké střídavé proudy na hodnoty, vhodné pro měřicí přístroje, při současném galvanickém oddělení obvodu měřicího přístroje od měřeného obvodu. Měřicí přístroje se do obvodu nezapojují přímo, ale přes měřicí transformátory.

2.2.1.1 Měřicí transformátor napětí (MTN)

Primární vinutí je paralelně připojeno k měřenému obvodu s vysokým napětím a sekundární vinutí s menším počtem závitů k voltmetru s velkým vnitřním odporem.



Obr. 2.5 MTN

Pomocí MTN měřené napětí určíme:

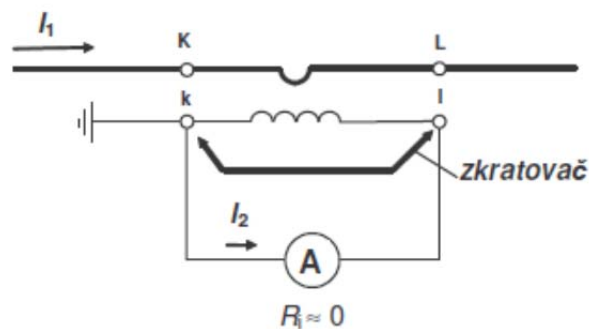
$$U_1 = K \cdot U_2$$

$$K = N_1/N_2, \quad N_1 > N_2$$

Jmenovité sekundární napětí transformátoru U_2 bývá obvykle 100 V.

2.2.1.2 Měřicí transformátor proudu (MTP)

Primární vinutí je zapojeno do série s měřeným obvodem a sekundární vinutí s velkým počtem závitů je připojeno k ampérmetru s co nejmenším vnitřním odporem.



Obr. 2.6 MTP

Pomocí MTP měřený proud určíme:

$$I_1 = K \cdot I_2$$

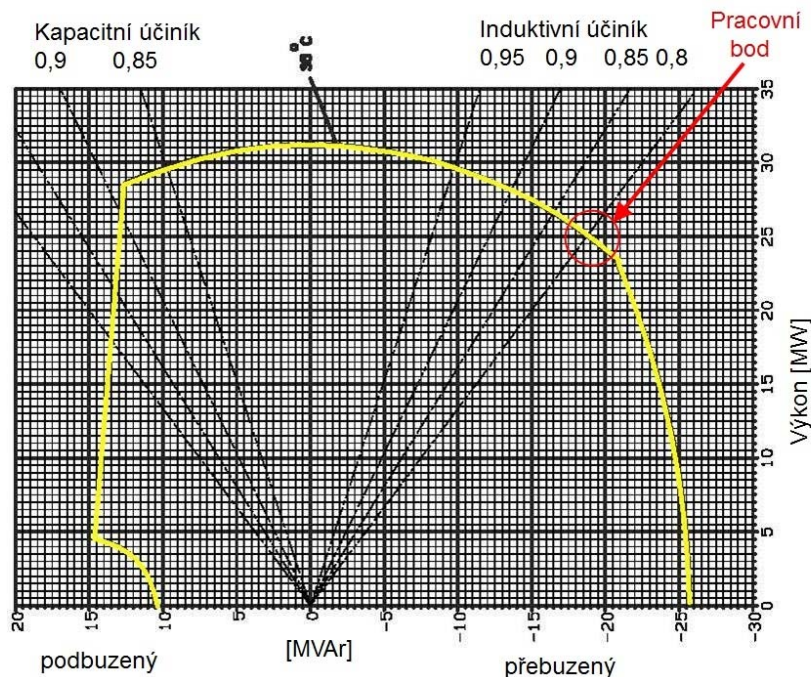
$$K = N_1/N_2, \quad N_2 > N_1$$

Jmenovitý sekundární proud transformátoru I_2 je obvykle 5 A, resp. 1 A.

MTP mohou mít několik výstupů i pro jistící přístroje. MTP bývá doplněn zkratovačem, neboť se výstupní svorky nesmí nikdy rozpojit!

2.2.2 Buzení

Buzením stroje řídíme množství jalového výkonu dodávaného do sítě. Obvykle pracuje stroj jako přebuzený, tím dodává síti induktivní (jalovou) energii, kterou potřebují asynchronní motory, elektromagnety, atd.. Poměr induktivní energie udává účinník, který bývá 0,8 až 0,9 (20 až 10 % jalové energie). Přidáme-li buzení, přidáváme tím jalovou složku výkonu.



Obr. 2.7 Graf – výkon, buzení a účinník pro generátor 25 MW

Stroj je buzen z rotoru stejnosměrným proudem. Máme dvě možnosti buzení:

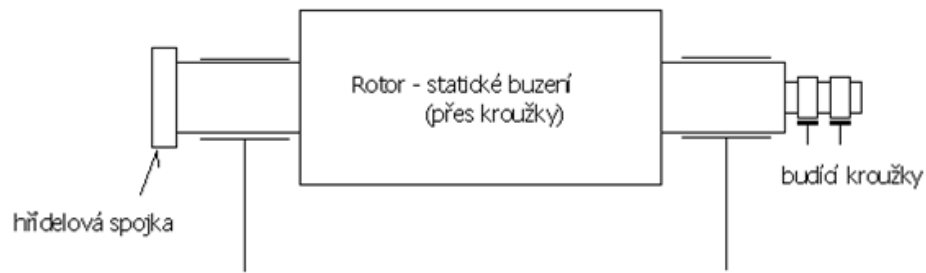
1. Statické buzení
2. Buzení pomocí jiného zdroje

2.2.2.1 Statická budicí souprava

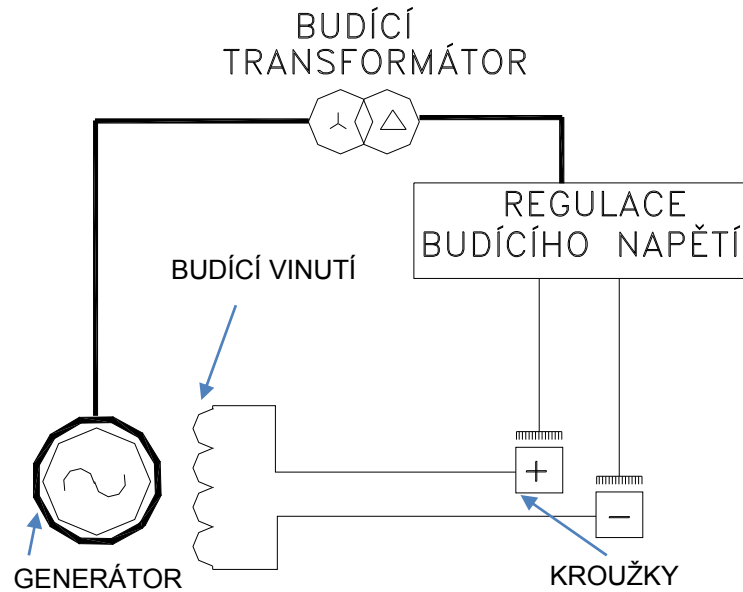
Statické budicí soupravy neobsahují žádné rotační zařízení či komponenty, to už samo vypovídá z názvu „statická“. Statické budicí soupravy se obvykle používají u generátorů, které pracují v paralelním provozu s distribuční sítí elektrického vedení. Transformátor pro buzení bývá obvykle napájen ze samostatné odbočky sítě pro vlastní spotřebu (tzn. Generátor není možné, bez předchozí přítomnosti síťového napětí, nabudit).

Buzení je prováděno z transformátoru a proud je dodáván na rotor přes dva kroužky (Obr. 2.7).

Výhoda je v rychlé regulaci budicího napětí, ale nevýhodou je nutnost nabíhání s pomocným zdrojem napětí (pro napájení transformátoru), než naběhne samotný turbogenerátor a začne do transformátoru dodávat proud.



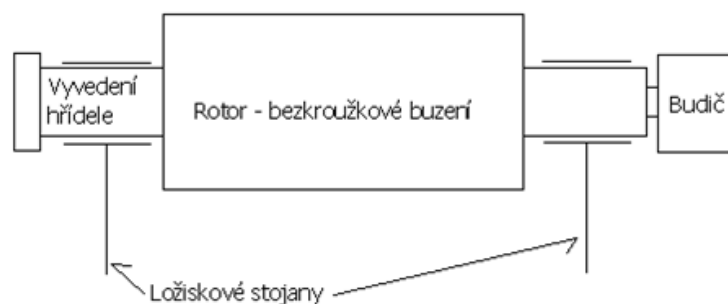
Obr. 2.8 Statické buzení



Obr. 2.9 Schéma statického buzení

2.2.2.2 Bezkartáčové (bezkroužkové) buzení

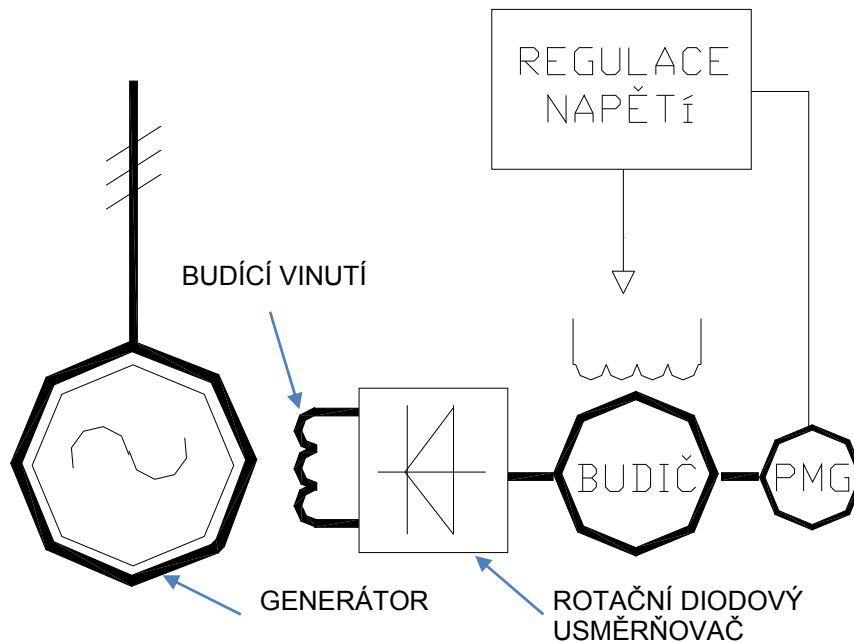
Základem takovéto budicí soustavy je rotující usměrňovač, který vykonává funkci polovodičového komutátoru. Mimo vinutí pomocného buzení jsou všechny výkonové prvky budicí soustavy umístěny na rotoru generátoru. U generátorů vyšších výkonů je vyžadováno trvalé monitorování izolačního stavu rotorového vinutí a funkce polovodičových diod. Monitorování stavu takovéto budicí soustavy bývá řešeno opět pomocí kroužků a kartáčů, které už nemusí být dimenzovány na pracovní proudy buzení.



Obr. 2.10 Bezkroužkové buzení

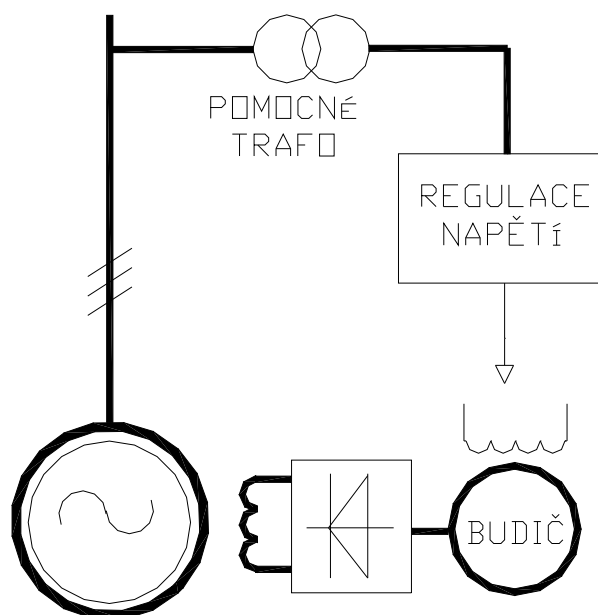
Výhodou je, že generátor naběhne bez pomocného zdroje napětí pro buzení. Nevýhodou je, že regulace buzení trvá poměrně dlouho. Budič (synchronní generátor) má dost velkou časovou konstantu a odezva na požadavek změny napětí je dlouhá. Rozeznáváme dva druhy buzení samotného budiče:

1. Budič je buzen z pilotního budiče s pomocným motorem (PM)



Obr. 2.11 Schéma bezkartáčového buzení s pilotním budičem s PM

2. Budič je buzen z pomocného transformátoru



Obr. 2.12 Schéma bezkartáčového buzení s pomocným transformátorem

2.3 Analyzátor výkonu ZES ZIMMER LMG 450

Analyzátor výkonu ZES ZIMMER LMG450 je přístroj, který disponuje čtyřmi měřicími kanály (napětí i proud). Je možné jej použít i s externími senzory. Na grafickém displeji je snadno zjištělné rozložení harmonických případně jej můžeme využít jako osciloskop. Je možné jej aplikovat pro měření třífázových motorů a pohonů, napájecích zdrojů s více vstupy / výstupy. Snadné a přesné měření výkonu do rozváděče. Je univerzálním přístrojem pro napájení elektroniky.

Základní parametry:

- Frekvenční rozsah: DC - 20 kHz.
- Základní přesnost: 0,1 %.
- Napěťové rozsahy: 6 až 600 V.
- Proudové rozsahy: 0,6 až 16 A.
- Komunikační rozhraní: GPIB, RS232, USB tiskárna, procesní rozhraní.
- Harmonické a mezi harmonické analýzy až 99. harmonické resp. až 99 meziharmonických
- Analogové a digitální vstupy / výstupy
- Dodatečné vstupy pro proudové snímače
- Grafický barevný displej pro zobrazení 4-8 naměřených hodnot, tvaru vlny, schémata vypočtených hodnot, sloupcové grafy a vektorových diagramů (fresnel diagramy)



Obr. 2.13 Analyzátor výkonu ZES ZIMMER LMG 450

Analyzátor výkonu podléhá přesné kontrole a je pravidelně kalibrován akreditovanou laboratoří takovým způsobem, aby vyhovoval třídě přesnosti při daném měření. Nejlepší možnou ukázkou, je provedení přímého měření na elektrárně pomocí zmíněného vícefázového analyzátoru.

2.4 Měření výkonu vícefázovým analyzátozem

Elektrický výkon byl měřen číslicovým vícefázovým analyzátozem výkonu firmy ZES ZIMMER, tř. přesnosti 0,1 v třífázovém zapojení, který byl při měření umístěn v nejbližším možném místě připojení a řízen Notebookem. Měřené hodnoty byly snímány, zpracovávány a ukládány synchronně se systémem v 10-ti sekundových intervalech.

Připojení přístroje bylo provedeno na nové kalibrované příslušné transformátory pro měření proudu a napětí tř. přesnosti 0,2.

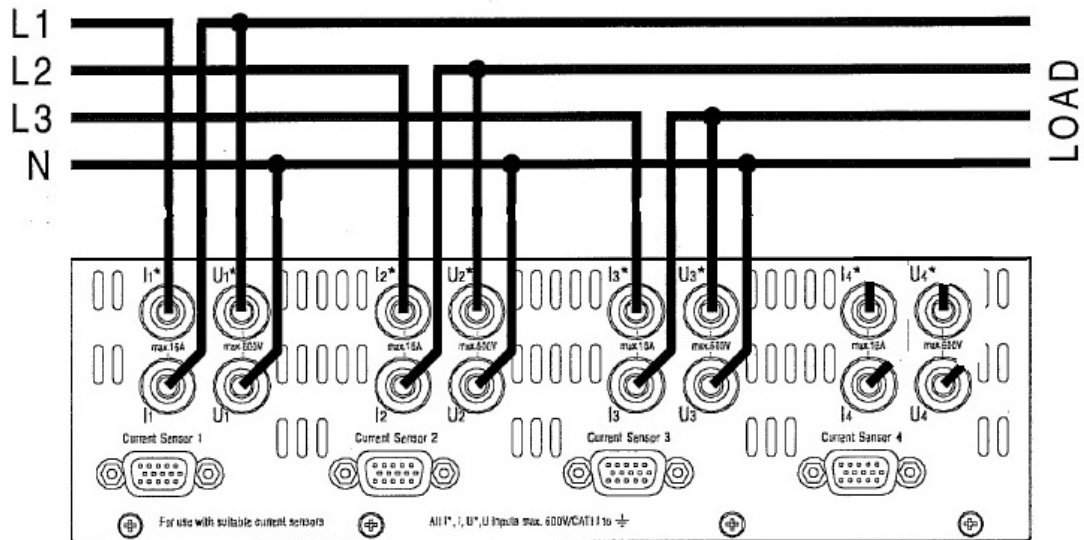
Výstupem měřicího přístroje výkonu jsou všechny dílčí hodnoty jednotlivých fází (U, I, $\cos \varphi$).

$$\begin{array}{ll}
 P_1 = \text{výkon fáze 1} = f_{ce}(K_U, K_I, U_1, I_1, \cos \varphi) & \text{W} \\
 P_2 = \text{výkon fáze 2} = f_{ce}(K_U, K_I, U_2, I_2, \cos \varphi) & \text{W} \\
 P_3 = \text{výkon fáze 3} = f_{ce}(K_U, K_I, U_3, I_3, \cos \varphi) & \text{W} \\
 P_{1-3} = P_1 + P_2 + P_3 & \text{W}
 \end{array}$$

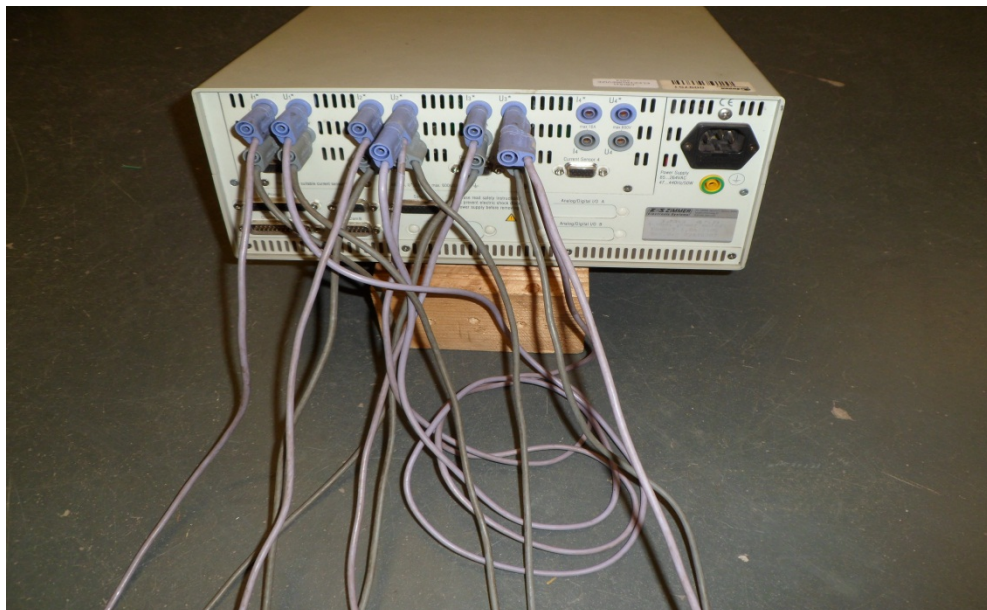
kde:

$$\begin{array}{ll}
 K_U & - \text{transformační konstanta měřících transformátorů napětí fází 1, 2, 3} \\
 K_I & - \text{transformační konstanta měřících transformátorů proudu fází 1, 2, 3} \\
 U_{1,2,3} & - \text{napětí fází 1, 2, 3} & \text{V} \\
 I_{1,2,3} & - \text{proud fází 1, 2, 3} & \text{A} \\
 P_{1-3} & - \text{celkový výkon} & \text{W}
 \end{array}$$

Zapojení vícefázového analyzátoru bylo provedeno dle následujícího obrázku Obr. 2.14a a Obr. 2.14b.



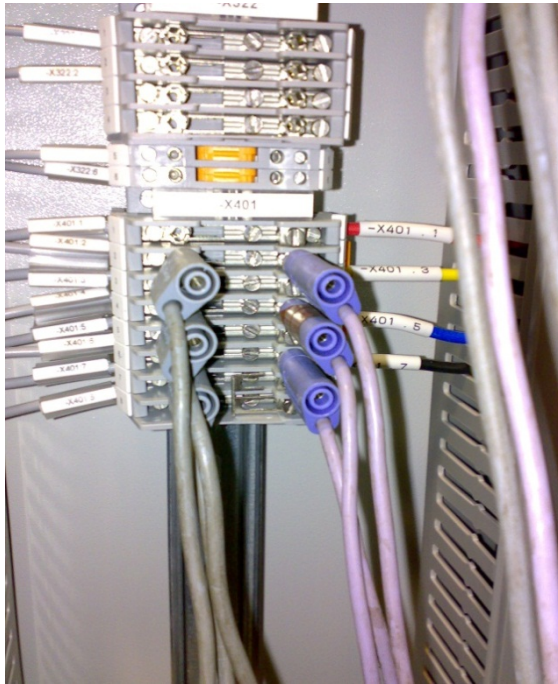
Obr. 2.14a Zapojení vícefázového analyzátoru



Obr. 2.14b Zapojení vícefázového analyzátoru

Na základě znalostí jednopólového schéma a komunikace s dodavatelem systému pro snímání dat od generátoru byly vybrány příslušné svorky pro měření napětí a proudu. Proudové svorky (Obr. 2.15) není možné za provozu rozpojit, jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, ale za pomocí spojených zkratovacích svorek (zkratovače) je možné, se na jednotlivé fáze připojit (sériové připojení vícefázového analyzátoru) a následně zkratovací svorky odpojit. V případě, že není svorkovnice vybavena zkratovacími svorkami, dohodneme

se zákazníkem na možné odstávce stroje a při odstavení stroje připojíme vícefázový analyzátor výkonu. Tato varianta se obvykle vyskytuje u starších typů elektráren. Vybavenost novějších elektráren, či rekonstruovaných, počítá s možným připojením a tak jsou vybavovány již zkratovacími svorkami. Jakmile dojde k odpojení zkratovacích svorek, proud začne procházet vícefázovým analyzátozem výkonu. Co se týká napěťových svorek (Obr. 2.16), tak ty jsou obvykle zapojovány bez větších komplikací. Jen je zapotřebí si ohlídat správné svorky k jednotlivým fázím, které přiřazujeme k daným proudům těchto fází.



Obr. 2.15 Proudové svorky



Obr. 2.16 Napěťové svorky

Jelikož se jedná o práci pod napětím, musí připojení vícefázového analyzátoru provádět kvalifikovaný pracovník. Jelikož pravidelně absolvuji školení, ohledně kvalifikace práce pod napětím, tak zapojení přístroje bylo provedeno mou osobou se souhlasem zákazníka přímo na elektrárně.

Následně byl upraven program takovým způsobem, že byly dodány převodní konstanty jednotlivých transformátorů pro měření napětí a proudu. Ty byly odečteny z jednopólového schéma. V našem případě se jednalo o převod u MTP 6000/1A a u MTN 15,75/0,11kV.

Jakmile byl přístroj připojen a v programu upraveno vše potřebné, bylo možné nastavit garantovaný provoz a provést 1,5 hodinové měření s 10-ti sekundovým snímáním. Po tomto měření byly výsledky zpracovány a vyhodnoceny. Výsledky a vyhodnocení jsou uvedeny v přílohách této práce. Naměřené hodnoty jednotlivých fází jsou v Příloze 2.2 a průměrné hodnoty jsou v Příloze 2.3.

3 Měření hladiny akustického tlaku parní turbíny

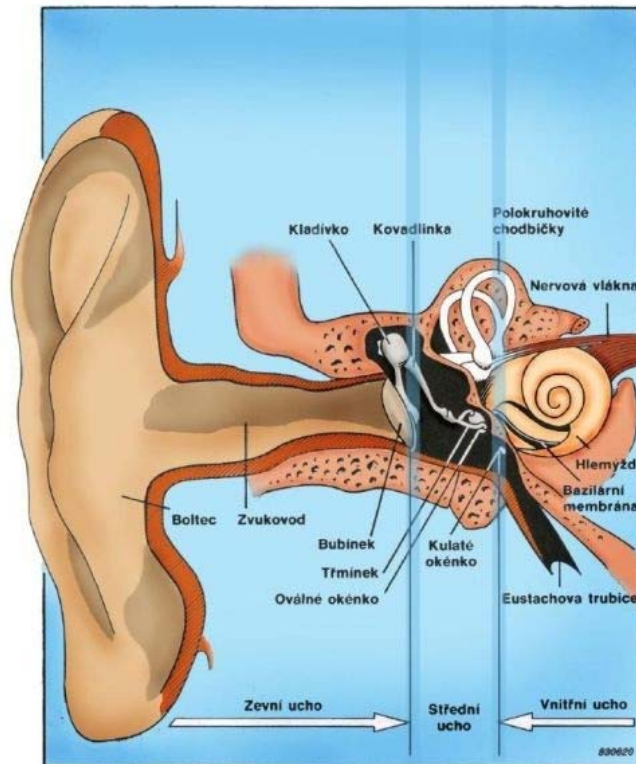
3.1 Základní pojmy

3.1.1 Zvuk

Zvuk je běžnou součástí každodenního života. Přináší člověku uspokojení při poslechu hudby, zpěvu a jiných zvuků v prostředí, v kterém žije. Zvuk je prostředkem v dorozumívání se mezi přáteli, jednotlivci a skupinami lidí. Zvuk může být prostředkem výstrahy a varování, a umožňuje kvalitativní a kvantitativní hodnocení a stanovení diagnóz. V moderní vyspělé společnosti je však zvuk často a někdy až příliš často nepříjemným, rušivým nebo až nebezpečným činitelem. Řadu zvuků je proto možno označit jako nežádoucí zvuky nebo souhrnně jako hluk. Za připomenutí stojí, že míra nepříjemnosti a rušivosti hluku není určena jen jeho fyzikálními parametry, ale také subjektivním postojem jeho dobrovolných nebo nedobrovolných posluchačů. Pro leteckého konstruktéra může být hluk navrženého jím proudového letadla při startu příjemnou technickou hudbou, zatímco tentýž hluk je pravděpodobně téměř nesnesitelným břemenem pro obyvatele, žijícího v blízkosti letiště. Nejhorší vlastností zvuku a hluku je však jeho potenciální nebezpečnost, spočívající v možnosti způsobení přechodných či trvalých škod. Aerodynamický třesk může být příčinou poškození oken a popraskání omítky, avšak nejhorší ze všeho je, když zvuk způsobí poškození nejjemnějšího a současně i nejsložitějšího zařízení k jeho příjmu – lidského sluchu [3].

Lidský sluchový orgán se skládá ze tří částí: zevního ucha, středního ucha a vnitřního ucha (Obr. 3.1). Zevní ucho, skládající se z boltce a zvukovodu, soustřeďuje šířící se vzduchem zvukové vlny a přenáší odpovídající změny tlaku na bubínek. Bubínek je součástí středního ucha, ke kterému patří i kladívko, třmínek a kovádlíka, tzv. sluchové kůstky. Sluchové kůstky tvoří soustavu malých pák, přenášejících chvění vyvolané zvukem bubínku k orgánům vnitřního ucha. Vnitřní ucho se skládá ze dvou vzájemně nezávislých částí: polokruhovitých chodbiček, spolupůsobících při regulaci rovnováhy, a hlemýžďe. Hlemýžď je spirálně stočená trubice, naplněná tekutinou a rozdělená po délce bazilární membránou. Zvukem způsobené chvění zneklidňuje tekutinu v hlemýždi a vyvolává deformace bazilární membrány, na jejímž povrchu jsou tisíce citlivých vlasových buněk. Tyto buňky zaznamenávají a přeměňují deformace bazilární membrány na nervové podněty, odváděné sluchovým nervem do mozku. Dlouhodobé působení zvuků s vysokými hladinami poškozuje buňky na povrchu bazilární membrány a postupně snižuje citlivost sluchového orgánu. Poškození sluchu je provázáno splýváním mluvené řeči, neschopností rozlišit řeč a hluk

pozadí a zkreslením vjemu hudby. Poškození sluchu v důsledku působení hluku je zpravidla největší v kmitočtové oblasti, odpovídající největší citlivosti sluchového orgánu, tj. kolem kmitočtu 4 kHz [3].



Obr. 3.1 Lidský sluchový orgán [3]

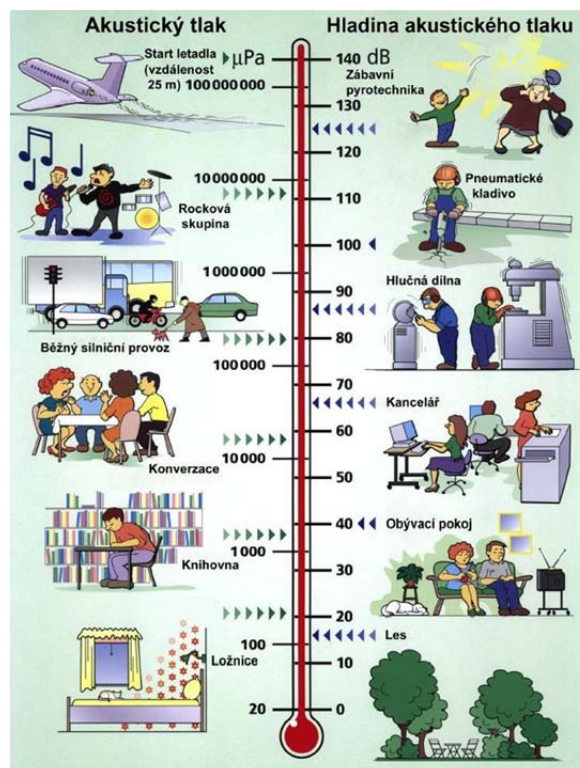
Zvukem se nazývají všechny změny tlaku rozeznatelné lidským sluchem. Počet změn tlaku za jednotku času určuje kmitočet zvuku, jehož mezinárodně užívanou jednotkou je Herzt (Hz). Kmitočet je veličinou, umožňující popis tonálních vlastností zvuku. Kmitočtový rozsah sluchu zdravého mladého člověka sahá přibližně od 20 do 20 kHz, zatím co rozsah klavíru je určen nejnižším a nejvyšším tónem s kmitočty 27,5 a 4186 Hz. Tlakové vlny se šíří pružným prostředím od zdroje zvuku ke sluchovému orgánu posluchače. Na základě znalosti kmitočtu a rychlosti šíření zvuku je možno jednoduše vypočítat jeho vlnovou délku, tj. fyzikální vzdálenost mezi jednotlivými periodicky se opakujícími maximy či minimy tlaku:

$$\text{délka vlny } (\lambda) = \frac{\text{rychlost šíření zvuku}}{\text{kmitočet}}$$

Pomocí uvedeného vztahu je možno určit délku vlny zvuků s různými kmitočty. Obecně platí, že zvuky s vysokými kmitočty mají malou vlnovou délku, zatím co délka vlny zvuků s nízkými kmitočty velká. Hluk většinou obsahuje celou řadu složek s různými kmitočty a má tedy povahu širokopásmového šumu. Hluk, jehož složky jsou rovnoměrně rozloženy v pásmu akustických kmitočtů, se často nazývá bílým šumem [3].

3.1.2 Decibel (dB)

Amplituda odpovídajících změn tlaku je další veličinou, sloužící k popisu a hodnocení zvuku. Nejslabší zvuk, zaznamenávaný nepoškozeným lidským sluchem, je charakterizován akustickým tlakem dvaceti milióntin základní jednotky tlaku 1 Pa (Pascal), tj. $20\mu\text{Pa}$. Tato hodnota je $5\,000\,000\,000$ x menší než normální barometrický tlak. Změna tlaku s hodnotou kolem $20\mu\text{Pa}$ je tak malá, že vyvolává výchylku ušního bubínku, jež je menší než průměr jediné molekuly vodíku. Naproti tomu je překvapivé, že lidský sluch je schopen snášet akustický tlak s hodnotami více než milionkrát většími. Z toho vyplývá, že vyjadřování amplitudy zvuku pomocí základních jednotek (Pa) akustického tlaku vede k nepřehledným číselným údajům a proto se v akustice běžně používá logaritmická stupnice a s ní související hladiny s jednotkami decibel (dB). Decibel není absolutní, ale relativní jednotkou, vztaženou k dohodnuté vztažné (referenční) hodnotě. Logaritmická decibelová stupnice má jako výchozí bod prahovou hodnotu akustického tlaku, tj. $20\mu\text{Pa}$. Tomuto bodu odpovídá hladina 0 dB. Každému desetinásobku akustického tlaku v Pa, odpovídá zvýšení hladiny o 20 dB. Logaritmická stupnice s dB komprimuje $1\,000\,000 : 1$ do rozsahu 0 – 120 dB. Obr. 3.2 znázorňuje některé běžné zdroje zvuku a hluku s typickými hodnotami akustického tlaku v Pa a hladiny akustického tlaku v dB [3].

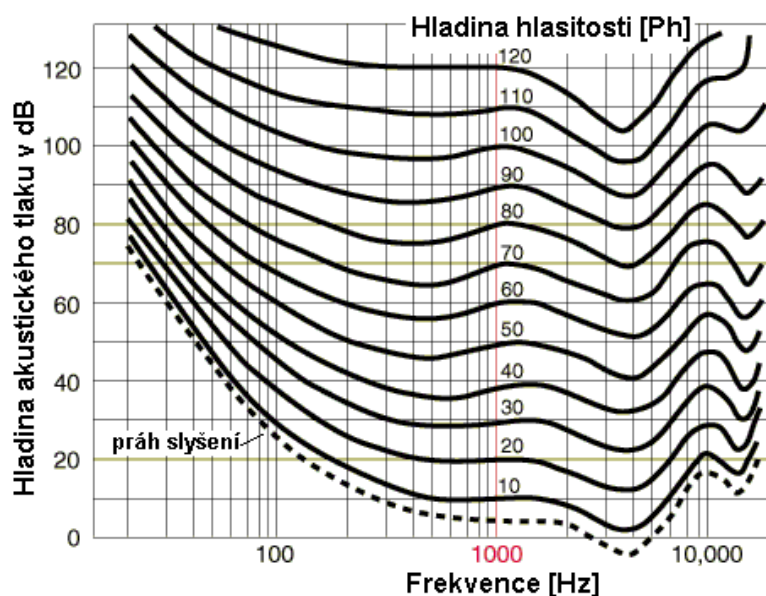


Obr. 3.2 Stupnice akustického tlaku a hladiny akustického tlaku [3]

3.1.3 Sluchový vjem

Z hlediska dynamického rozsahu se slyšitelné pásmo prostírá od prahu slyšitelnosti, jemuž odpovídá hladina akustického tlaku 0 dB, k prahu bolestivosti, tj. vyšší než 130 dB hladině akustického tlaku. Ačkoliv zvýšení hladiny o 6 dB odpovídá zdvojnásobení akustického tlaku, k dosažení dvojnásobně silného subjektivního sluchového vjemu je nutné zvýšení hladiny akustického tlaku o 10 dB. Poznamenejme, že rozdíl hladin přibližně 3 dB je nejmenší změnou, kterou lidský sluch může zaznamenat. Výsledný subjektivní vjem zvuku, odpovídající souhrnně jeho hlasitosti, je ovlivňován řadou složitých činitelů. Jedním z těchto činitelů je nestejná citlivost lidského sluchu na různých kmitočtech. Lidský sluch je nejvíce citlivý v oblasti od 2 do 5 kHz a méně citlivý v oblastech nízkých a vysokých kmitočtů. Ke složitosti situace přispívá i to, že závislost sluchu je výraznější při nízkých hladinách akustického tlaku a méně výrazná v oblasti vysokých hladin akustického tlaku. Tyto závislosti ilustruje obrázek (Obr. 3.3), na němž pole křivek stejných hladin hlasitosti slouží k určování hladin akustického tlaku na různých kmitočtech, jevících se při subjektivním porovnání jako stejné hlasité s čistým tónem s kmitočtem 1 kHz [3].

Trvání zvuku je dalším činitelem, ovlivňujícím hodnocení jeho hlasitosti. Krátkodobé zvuky, t.j. zvuky s trváním kratším než 1s, se nazývají impulsovými. Jako příklad takových zvuků je možno uvést hluk mechanických kladiv. Lidský sluch je méně citlivý ke zvukům, působícím v průběhu krátkých časových intervalů. Akustičtí odborníci se obecně shodují na tom, že subjektivní vjem hlasitosti klesá v případě zvuků s trváním kratším než 70ms, tj. že tyto zvuky jsou subjektivně méně hlasité než zvuky se stejnými hladinami akustického tlaku, avšak s delším trváním [3].



Obr. 3.3 Křivky stejné hlasitosti

3.2 Hluk turbosoustrojí

3.2.1 Všeobecné informace

Konstrukce turbosoustrojí prochází stálým technickým vývojem. Je snaha zkvalitňovat jeho technické parametry. Týká se to i omezení hluku. Jelikož tlakové rozruhy jsou v daném případě součástí pracovní funkce stroje, je prostor na utlumení hluku vhodnou konstrukční úpravou zařízení značně omezený. Lze se domnívat, že proces úprav vedoucích ke snížení hluku je již do značné míry ukončen. Utlumení hluku pod určitou úroveň je možné jen za pomoci pasivních prostředků, jako jsou zástěny a zvukoizolační kryty.

Současná úroveň hluku turbín Doosan Škoda Power s.r.o. je na úrovni 85 dB (A). Skutečná hladina akustického tlaku může být nepatrně nižší nebo i nepatrně vyšší. Čím vyšší výkon turbíny, tím vyšší je i generovaný hluk. Úroveň hluku je dána i otáčkami stroje. Vyšší otáčky vedou i k vyšší hladině akustického tlaku. Platí to zejména pro stroje se spojkou a převodovkou. Rovněž se projevuje sirénový hluk od šroubů na spojce. Generovaný hluk v daném případě přesahuje 90 dB(A). Uplatnění zvukoizolačního krytu v tomto případě je nezbytné. Použití krytu turbosoustrojí garantuje snížení hladiny akustického tlaku pod úroveň 85 dB(A). Je tedy potřebné zvážit míru rizika zda se při garancích hluku na maximální úrovni 85 dB(A), zvukoizolační kryt použije či nikoliv. Vždy je možné uvažovat o jeho dodatečné instalaci.

3.2.2 Postup měření hladiny akustického tlaku TG

Postup měření hladiny akustického tlaku turbosoustrojí bych uvedl na jednom příkladu měřeného turbosoustrojí o výkonu 50 MW.

3.2.2.1 Úvod

Ve strojovně elektrárny jsou instalována dvě nová turbosoustrojí TG3 a TG4, každé o výkonu 50 MW. Jsou umístěna na jednom podlaží (+9,2 m). Provozní otáčky turbíny a generátoru jsou 3000 1/min.

3.2.2.2 Použité měřicí přístroje

K měření byl použit hlukoměr firmy Brüel&Kjaer typ 2250 (Obr. 3.4), výrobní číslo 2463175. Byl použit 1/2“ mikrofon 4189 s umístěním na nastavci ZC 0032. K podrobnější analýze hlukového spektra se použil třetinooktávový filtr, který je součástí hlukoměru. Kalibraci hlukoměru umožňuje pistonfon 4231. Aby byla přesně definovaná výška přístroje nad podlahou a omezil se vliv rozměrů měřicího přístroje a obsluhy na výslednou hladinu hluku, byl hlukoměr upevněn na stativu pomocí držáku UA 1317 (Obr. 3.5), který umožňuje

optimální polohu přístroje takovou, aby bylo zvukové pole v okolí přístroje co nejméně ovlivněno.



Obr. 3.4 Hlukoměr Brüel&Kjaer typ 2250



Obr. 3.5 Hlukoměr v pracovní poloze

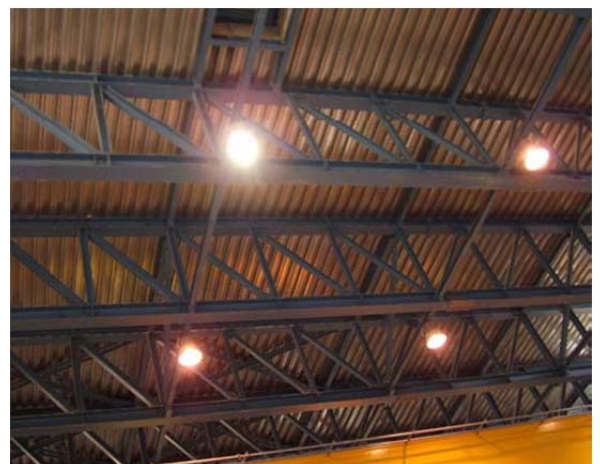
3.2.2.3 Strojovna

Stěny strojovny jsou z hladkého betonu (Obr. 3.6). Ze stěn vystupují podpěrné sloupce a jeřábová dráha. Strop budovy je z trapézových pozinkovaných plechů, je podepřený nosníky příhradové konstrukce (Obr. 3.7). Turbosoustrojí je bez zvukoizolačního krytu, potrubí a VT část je opatřena tepelnou izolací.

Garantovaná hladina hluku turbosoustrojí je 85 dB (A).



Obr. 3.6 Stěny strojovny



Obr. 3.7 Strop strojovny

Pomocné agregáty jsou umístěny ve spodních podlažích. Spodní podlaží jsou propojena s horním montážním otvorem. Před čelem turbíny je podlaha zakryta rošty. Zbylá část

strojovny má plnou dlaždičkovanou podlahu. Hluk ze spodních podlaží je nižší než 85 dB (A), takže hladinu hluku ve strojovně výrazně neovlivňuje.

Cílem měření hluku bylo stanovit skutečnou hladinu akustického tlaku v okolí turbosoustrojí a potvrdit splnění garantovaného limitu. Hluk u každé turbíny je ovlivněn provozem druhého turbosoustrojí. Při vyhodnocení hluku se postupovalo v souladu s normou ČSN ISO 3746. Hluk se zaznamenával ve vzdálenosti 1 m od obrysu stroje a ve výšce 1,2 m.

Rozměry strojovny a provedení stěn mají vliv na rozsah výskytu volného zvukového pole. Norma ČSN ISO 3746 vyžaduje aplikovat korekci na vliv prostředí, ve kterém se hluk zařízení sleduje. Měřená hodnota hluku se koriguje podle vztahu

$$K_{2A} = 10 \lg \left[1 + 4 \times \left(\frac{S}{A} \right) \right] \quad [\text{dB}]$$

Kde

A je celková pohltivost zvuku místnosti na kmitočtu 1 kHz v m²

S je plošný obsah měřicí plochy v m²

Platí, že

$$A = \alpha \times S_v$$

kde

α je střední činitel pohltivosti, který se, podle ČSN ISO 3746 pro dílny a průmyslové provozy, uvažuje $\alpha = 0,15$

S_v je celková plocha ohraničující zkušební místnost v m²

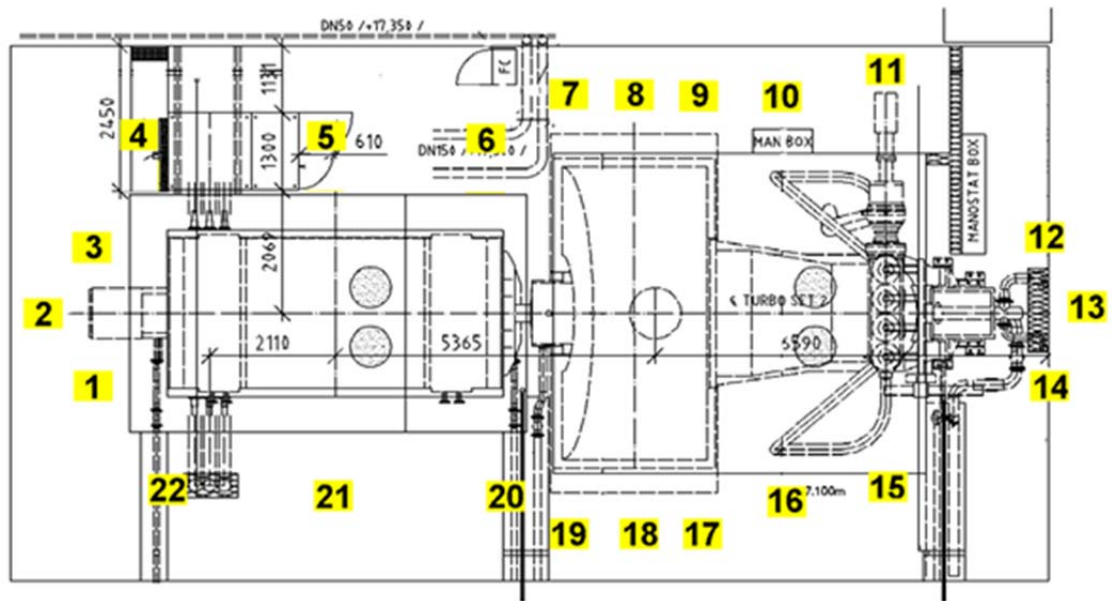
Pro rozměry strojovny vychází $A = 4572,434 \text{ m}^2$. Měřicí plocha turbosoustrojí je $S = 352,42 \text{ m}^2$. Korekce na vliv prostředí vychází $K_{2A} = 4,9 \text{ dB}$. Výpočet je uveden v Příloze 3.1.

Poměr $A/S = 1,9$. Je-li tento poměr větší nebo roven jedné, místnost splňuje podmínky pro měření hluku.

3.2.2.4 Výsledky měření hluku

3.2.2.4.1 Hluk v okolí turbosoustrojí při nominálním provozu 50 MW

Uspořádání měřicích míst v okolí jednotlivých částí turbogenerátoru je vyznačeno na Obr. 3.8. Jednotlivá místa se volila tak, aby byly zastoupeny všechny podstatné části systému. Bylo zvoleno 22 měřicích míst. Základní měření bylo provedeno okolo TG3 při výkonu 50 MW. TG4 bylo odstaveno.



Obr. 3.8 Měřící místa v okolí turbosoustrojí

Změřené hodnoty jsou uvedeny v Příloze 3.2. Střední hodnoty hladin akustického tlaku turbíny a generátoru se nacházejí v tabulce TAB. 3.1. Ve většině měřených míst jsou hladiny akustického tlaku po korekci na prostředí nižší než 85 dB (A). Nejvyšší hodnoty se objevují v okolí mezery mezi generátorem a NT dílem, kde je hladina akustického tlaku ovlivněna několika faktory – u generátoru silně vibruje čelní deska, jsou pod ní chladicí ventilátory, u turbíny píská hřídelová ucpávka, dále je zde kousek nezakryté hřídele se dvěma bezdotykovými čidly – do úzké mezery mezi čidlem a hřídelí je strháván vzduch a tím je produkován hluk. Změřené hodnoty byly také ovlivněny silným pískáním ucpávky na TG4 – turbína byla sice odstavena, ale bylo v ní udržováno vakuum, zvuk vznikal ve hřídelové ucpávce NT dílu. Při krátkém zahlcení ucpávek parou se pískání přerušilo, v místě měření poklesla hladina hluku asi o 0,3 dB (A). Výsledné hodnoty jsou tedy mírně zvýšeny o toto zkreslení.

TAB. 3.1

Místo	VT část turbíny	NT část turbíny	Turbína	Generátor	TG
L_p [dB(A)]	82,7	83,0	82,8	84,5	83,6

Střední hladina akustického tlaku po korekci na prostředí je:

$$\text{u turbíny} \quad L_p = 82,8 \text{ dB(A)}$$

$$\text{u generátoru} \quad L_p = 84,5 \text{ dB(A)}$$

Střední hodnota hluku po korekci na prostředí je u turbosoustrojí

$$L_p = 83,6 \text{ dB(A)}$$

3.2.2.4.2 Hluk v okolí turbosoustruj při provozu 35 MW

Měření bylo provedeno okolo TG4 při výkonu 35 MW. Na TG3 byl nastaven provoz s výkonem 30 MW. Měření kolem turbíny TG4 bylo provedeno v menším počtu míst – bylo pouze orientační. Hodnoty jsou uvedeny v TAB. 3.2

TAB. 3.2

Místo	Výkon		VT část turbíny	NT část turbíny	Turbína	Generátor	TG
TG4	35 MW	L_p [dB(A)]	85,5	85,2	85,4	86,6	85,9
TG3	30 MW	L_p [dB(A)]	85,4	84,6	84,9	84,6	85,0

Zvýšená hladina akustického tlaku oproti nominálnímu provozu je způsobena prouděním páry regulačními ventily, které při tomto provozu páru škrťí, pára protéká mezi kuželkou a sedlem větší rychlostí a způsobuje větší hluk. Další zvýšení hladiny akustického tlaku je od společného provozu obou turbín. Toto navýšení může být až o 2,5 dB, aby bylo možné hodnotu přesně určit muselo by být provedeno měření při stejném výkonu a odstaveném druhém turbosoustruj. Hladina akustického tlaku je mírně vyšší než garantovaná, ale obě turbíny nebyly provozovány v nominálních hodnotách.

3.2.2.4.3 Hluk ve strojovně

Hluk ve strojovně při současném provozu obou strojů na výkonu 50 MW bude vyšší o 3dB (vlivem součtu hladin hluku od obou dvou turbosoustruj). Na strojovně není jiné zařízení, které by vytvářelo vyšší hladinu akustického tlaku než turbosoustruj.

3.2.2.5 Poznatky z provedeného měření

Měření hluku ve strojovně elektrárny prokázalo následující skutečnosti:

1. Hluk v okolí turbosoustruj TG 3 splňuje i bez zvukoizolačního krytu požadované parametry a jeho střední hodnota je 83,6 dB (A). Garantovaná hodnota je splněna.
2. Vzhledem k tomu, že TG4 je stejné konstrukce a ve stejném prostředí lze předpokládat, že střední hodnota akustického tlaku bude stejná.
3. Hluk při menším výkonu turbosoustruj je větší než při nominálním provozu. Je to způsobeno vyšším hlukem u VT dílu turbíny. Ventily jsou otevřeny jen částečně a tím v nich pára proudí větší rychlostí, což se projeví zvýšeným hlukem.
4. U obou strojů unikala pára kolem vřeten ventilů ucpávkové páry, což také mírně zvyšuje akustický tlak kolem VT dílu.

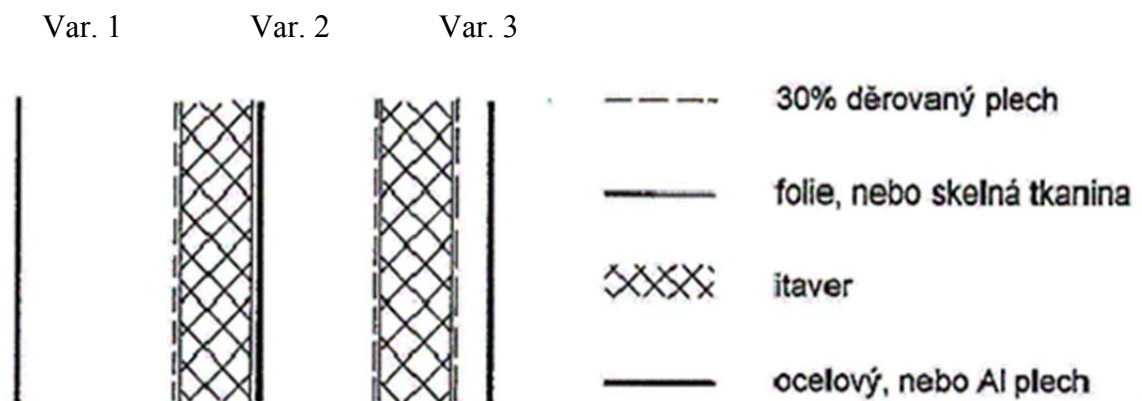
3.2.3 Opatření v případě nevyhovujících výsledků

Hluk je jistým nebezpečím civilizace. Dochází k soustavnému rozvoji technického pokroku, staví se nové energetické jednotky velkého výkonu a uplatňují se nové technologie výroby. Negativním průvodním jevem se často stává zhoršení pracovního prostředí a vystavení lidského organismu vyšší hlukové zátěži. Na druhé straně se však zpřísňují zdravotní hlediska a požadavky hygieniků. Rozvoj automatizace a zkvalitnění řídicích a kontrolních procesů umožňují mnohdy zkrátit nutný pobyt člověka v hlučném prostředí na přijatelnou míru, nebo ho zcela vyloučit.

V případě nevyhovujících výsledků se hledají příčiny vzniku hluku. Pokud jsou nalezeny zařízení, které se podílejí na vzniku nejvyšší hladiny akustického tlaku, tak jsou na základě poznatků z minulosti řešena takovým způsobem, aby byl zdroj hluku omezen na povolenou hranici. V případě, že není možné odstranit hluk na základě technických řešení, přistupuje se k navržení protihlukového krytu s umístěním okolo TG.

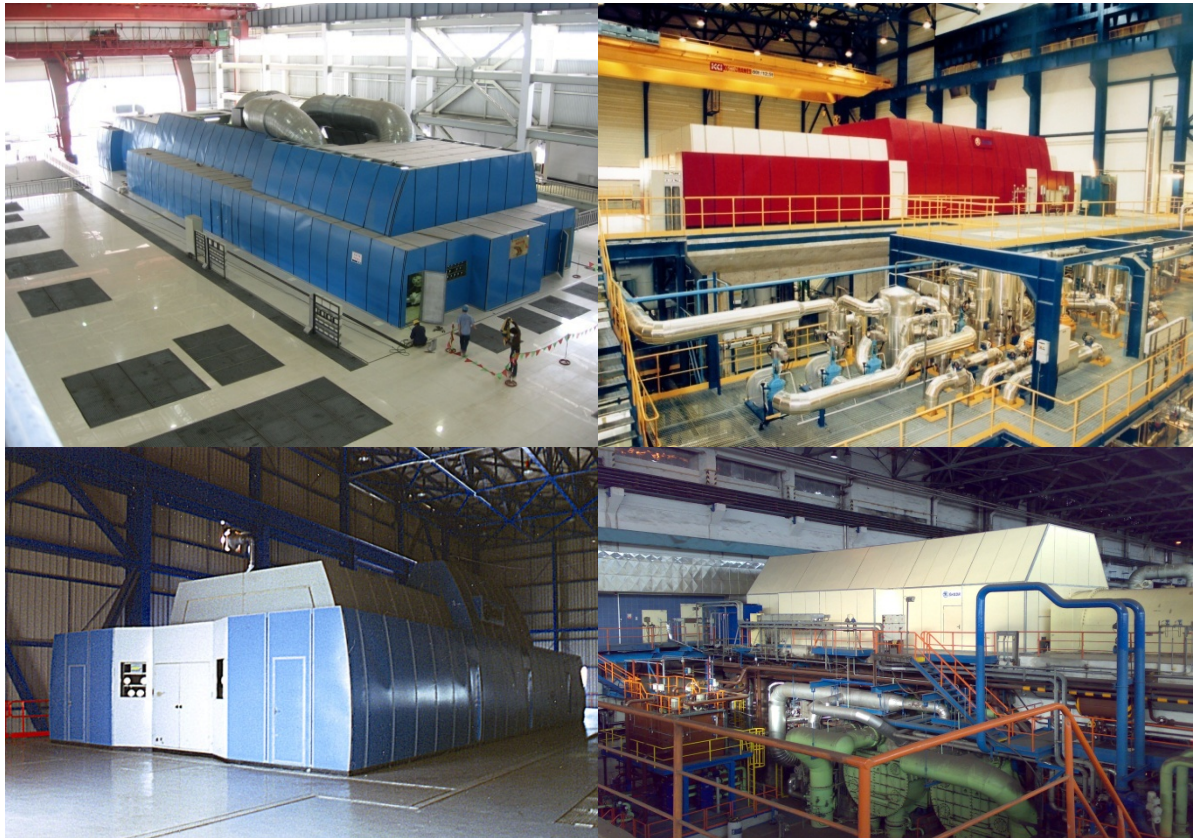
Nejjednodušší konstrukci omezující šíření zvukových vln představuje zástěna [5]. Je vhodná pro zastínění zdroje hluku malých rozměrů a potřebu menšího útlumu hluku převážně v oblasti vysokých frekvencí.

Zvukoizolační kryt turbosoustrojí je zpravidla sestaven z panelů, které se upevňují na rám nebo jsou samonosné. Kryt obklopuje celé turbosoustrojí, tj. všechny části turbíny, generátor a budič. Větrací otvory ve stropní části krytu jsou alternativně opatřeny deskovými tlumiči hluku. Potrubí a různé přípojky by neměly procházet stěnou krytu. Rovněž provedení krytu jen přes část zařízení je nevhodné, pokud se s tímto řešením dopředu nepočítá. Spojení krytu a zařízení může být nedokonalé a vzniklé otvory mohou zhoršit vložný útlum krytu. Volí se různá provedení stěny. Podle potřeby se může použít některá z variant vyznačených na Obr. 3.9.



Obr. 3.9 Varianty provedení stěn krytu

Někdy se místo ocelového plechu vyžaduje a používá hliníkový plech. Nabízejí se i nové možnosti s využitím sendvičového uspořádání zvukoizolačních plechů. Jejich vlastnosti jsou v porovnání s jednoduchou plechovou stěnou, resp. se stěnou s vyložení, lepší. Na obrázcích níže jsou uvedeny příklady zvukoizolačních krytů na TG.



Obr. 3.10 Zvukoizolační kryty umístěná okolo TG

4 Nejistota měření účinnosti a měrné spotřeby tepla parní turbíny

4.1 Obecné informace

Měření každé veličiny, vstupující do výpočtu výsledku zkoušky, je zatíženo určitým stupněm chyby, který je závislý na jakosti měřících přístrojů a podmínkách měření. Výsledek zkoušky je závislý na stupni nejistoty, který je závislý na kombinovaném vlivu všech chyb měření [2].

Měření pomocí kalibrovaných přístrojů, kde je průměr čtení korigován na odchylky přístroje určené kalibrováním, může být ještě ovlivněno chybami, způsobenými rozdílnými podmínkami během měření a kalibrování. Tyto chyby jsou ovlivněny třídou přesnosti každého přístroje. Dovolená úchylka pro tyto chyby by se měla stanovit – bude-li to potřebné – pro určení celkové nejistoty podle všeobecného zákona pro šíření chyb částkou mezi 0 a 100 % ze třídy přesnosti [2].

V případě vícenásobného měření nejistota měření $V_{\tilde{x}}$ vážené průměrné hodnoty \tilde{x} několika nezávislých měření x_j stejné proměnné x bude přibližně [2]:

$$V_{\tilde{x}} = \pm \frac{1}{\sqrt{\sum \left(\frac{1}{V_{x_j}} \right)^2}}$$

4.2 Určení nejistoty měření

4.2.1 Tlak

Při měření tlaku pomocí převodníků, je nejistota měření určena třídou přesnosti přístrojů a mezní chybou cejchování. Přesnost měření je také ovlivněna konstrukcí a umístěním odběru tlaku, teplotou okolní atmosféry a vibracemi [2].

4.2.2 Teplota

Při měření teplot termočlánky nebo odporovými teploměry je nejistota měření dána mezi chybami od křivky elektromotorické síly nebo mezemi chyb měřícího odporu (obě mohou být vymezeny kalibrováním) a třídami přesnosti měřících přístrojů [2].

Při měření teplot má nejistota měření tendenci ke značnému nárůstu při nevhodné instalaci čidel, při nepřesné teplotě studeného spoje, při rozdílných teplotách na svorkách, chybami způsobenými nerovnoměrným rozložením teplot nebo poruchami průtoku [2].

4.2.3 Entalpie

Entalpie je obvykle určována z odečtu přístrojů pro měření tlaku a teploty. Nejistoty těchto veličin jsou proto zahrnovány do nejistoty entalpie. Další přídavek musí být proveden na toleranci R_h hodnot entalpie v parních tabulkách. Nejistota hodnoty entalpie je [2]:

1. Přehřátá (Admisní) pára

$$V_h = \pm \sqrt{\left(\frac{\delta h}{\delta T} * V_T\right)^2 + \left(\frac{\delta h}{\delta p} * V_p\right)^2} + R_h \quad \dots\dots\dots \text{absolutní nejistota}$$

$$\tau_X = \frac{V_X}{X} \quad \dots\dots\dots \text{relativní nejistota}$$

kde h stavová veličina, jejíž nejistota je zjišťována
 p, t měřené stavové veličiny (teplota, tlak, suchost, ...), ze kterých je „X“ určena resp. počítána
 R_h nejistota tabulek resp. rovnic vlastností vody a vodní páry (≈ 0)
 V_j absolutní nejistota stavové veličiny „j“ (h, t, p)

2. Mokrý pára

$$V_h = \pm \sqrt{\left[(1-x)\frac{\delta h'}{\delta p_{sat}} + x\frac{\delta h''}{\delta p_{sat}}\right]^2 \cdot V^2 p_{sat} + (h''-h') \cdot V^2 x + R_{h'}^2 + R_{h''}^2}$$

p_{sat} může být nahrazeno t_{sat} [2].

4.2.4 Nejistota měření při měření hmotnostního průtoku

Nejistota měření hmotnostního průtoku pro ostrohranné clony a dýzy s odběrem tlakového impulsu ve stěně potrubí je určena podle ISO 5167. Největší vliv na nejistotu měření průtoků má nejistota určení průtočného součinitele – dle ISO 5167 je tato nejistota dána empirickým vzorcem. Je-li měřicí clona či dýza kalibrována na speciální kalibrační trati průtoků, pak je nejistota průtočného součinitele podstatně nižší a je uvedena v kalibračním protokolu..

4.3 Výpočet nejistoty měření termodynamické účinnosti

Termodynamická účinnost η_{td} turbíny je definována v 1.1.1. Pro velmi zjednodušený případ je relativní nejistota měření [2]:

$$\tau_{\eta_{td}} = \pm \sqrt{\tau_{m_1}^2 + \tau_{\Delta h_s}^2 + \tau_p^2}$$

Určení nejistot vnitřní termodynamické účinnosti VT a ST dílu bylo zpracováno v programu Excel, kdy pro výpočet entalpií a entropií bylo použito tabulek vlastností vody a páry. Výpočet a určení nejistot vnitřní termodynamické účinnosti jsou uvedeny v příloze 4.1 a 4.2.

4.4 Výpočet nejistoty měření měrné spotřeby tepla

V příloze 4.3 je uveden výpočet nejistoty měrné spotřeby tepla. Nejistota měřených veličin vstupujících do vzorce měrné spotřeby ovlivňuje vypočtenou hodnotu.

Nejistota průtoků přehřáté a vratné páry je dána nejistotou určení hustoty média, tlakové difference, průměry, přímými délkami, atd. Odhad nejistoty u průtoku přehřáté páry 1 % a u průtoku vratné páry 0,75 %. Uváděné nejistoty měření průtoků jsou dle ISO 5167 a jsou dány pro nekalibrované sekce měření průtoku. Nižší hodnoty by pak odpovídaly kalibrovaným sekcím.

Nejistota měření výkonu je dána nejistotou vlastního převodníku trasy s měřicí ústřednou a měřicími transformátory proudu a napětí. Odhadovaná nejistota měření výkonu 0,71 %.

Výsledná poměrná nejistota měrné spotřeby tepla byla určena ze vztahu:

$$V_{HR} = \sqrt{\sum_i (C_{xi} V_{xi})^2}$$

kde:

V_{HR}	poměrná nejistota určení měrné spotřeby tepla	% z HR
C_{xi}	součinitel citlivosti i-té veličiny na měrnou spotřebu tepla	%.% ⁻¹
V_{xi}	nejistota určení i-té veličiny, která vstupuje do výpočtu HR	%

5 Závěr

Obsah této diplomové práce byl pojat jako podrobnější rozpracování některých částí bakalářské práce, které bylo zpracováno pod tématem Provedení garančního měření parní turbíny. Některé uvedené hodnoty byly měřeny ve spolupráci několika pracovníků. Tímto bych jim chtěl poděkovat za spolupráci a trpělivost při realizaci příprav a měření. Některá zhodnocení vypočtených a naměřených hodnot jsou součástí příloh této práce. Pomocným programem pro vyhodnocení byl tabulkový program Microsoft Excel a soubor zpracovaných tabulek termodynamických vlastností vody a vodní páry - Flow04.

Dosažené výsledky:

1. Vnitřní termodynamická účinnost VT a ST dílu

Vnitřní termodynamická účinnost VT dílu 75,67 %

Vnitřní termodynamická účinnost ST dílu 92,39 %

Měřené hodnoty tlaku a teploty na vstupu do TG byly měřeny před rychlozávěrnými a regulačními ventily. Pokud bychom chtěli dosáhnout lepších výsledků, znamenalo by to, měřit potřebné hodnoty za ventily. Jednalo by se o tzv. čistou termodynamickou účinnost.

2. Měrná spotřeba tepla

Měrná spotřeba tepla TG 8626,51 kJ/kWh

Vypočtená hodnota měrné spotřeby tepla je výsledkem měření parametrů a výpočtů daných médií. V případě, že bychom chtěli získat přesnější výsledek je několik možností jak jej dosáhnout. Jedna z možností je zpřesnit měření pomocí většího počtu snímačů, jak teploty, tak i tlaku. Pro zpřesnění měrné spotřeby tepla je dále nutnost ohlídat si případné úniky média a energetické zkraty v parovodním cyklu, které by mohly nepříjemným způsobem ovlivnit výslednou hodnotu.

3. Elektrický výkon

Průměrná hodnota měřeného elektrického výkonu 129,05 MW

Měřená hodnota elektrického výkonu na svorkách alternátoru je výslednou hodnotou pro případné korekce. Korigovaná hodnota elektrického výkonu je pak porovnávána vůči garantované hodnotě. Porovnání korigované a garantované hodnoty bylo předmětem mé bakalářské práce. Tímto měřením jsem chtěl poukázat na možnost snímání elektrického výkonu pomocí vícefázového analyzátoru výkonu.

4. Hladina akustického tlaku

Střední hladina akustického tlaku u turbíny	82,8 dB (A)
Střední hladina akustického tlaku u generátoru	84,5 dB (A)
Střední hodnota hluku u turbosoustrojí	83,6 dB (A)

Výsledná hodnota hluku u turbosoustrojí TG3 je hodnotou korigovanou na okolní prostředí. Tato hodnota byla porovnávána vůči garantované hodnotě, která činila 85 dB (A). Garance byla splněna.

Vzhledem k tomu, že již z minulosti až do současnosti je tato hodnota ve většině případů součástí smluv se zákazníkem, tak bychom si měli uvědomit, za jakých podmínek se dříve provozovaly turbíny a jak je provozováno dnes. Obsluha TG se obvykle pohybovala 8 hodin na strojovně. Tím byla vystavena neustálému hluku od turbosoustrojí. Dnes tomu tak není. Veškerá zařízení (čerpadla, ventily, snímače tlaku, teploty, polohy atd.) jsou ovládána dálkově (z řídicí místnosti - velín) a obsluha se zřídka dostane na strojovnu. Proto se domnívám, že by nemusely být kladeny takové nároky na hlučnost turbosoustrojí a garantovaná hladina akustického tlaku by pak mohla být vyšší.

5. Nejistota měření

Poměrná nejistota určení vnitřní termodynamické účinnosti VT dílu	0,98%
Výsledná hodnota vnitřní termodynamické účinnosti VT dílu	75,67±0,74%

Poměrná nejistota určení vnitřní termodynamické účinnosti ST dílu	0,44%
Výsledná hodnota vnitřní termodynamické účinnosti ST dílu	92,39±0,41%

Poměrná nejistota určení měrné spotřeby tepla	1,31%
Výsledná hodnota měrné spotřeby tepla	8626,51±113,01kJ/kWh

Diplomová práce by měla objasnit některé postupy při daných měřeních. Domnívám se, že výše uvedený materiál by mohl posloužit svému účelu a uvedená fakta budou moci být využita dalšími studenty, zabývajícími se podobnou problematikou.

Použitá literatura

- [1] ŠKODA POWER s.r.o., *Soubor interní dokumentace (doprovodná dokumentace a výkresová dokumentace – Al Qatrana 139 MW, Atherinolakos 35 MW, ...)*, 2008-2011.
- [2] ČSN EN ISO 60 953-2, *Pravidla pro tepelné přejímací zkoušky parních turbín – Část 2: Metoda B – Široký rozsah přesnosti pro různé typy velikosti turbín*, listopad 1998.
- [3] BRÜEL&KJAER, *Měření zvuku*, Czech Br0135-12.
- [4] ČSN ISO 3746, *Akustika - Určení hladin akustického výkonu zdrojů hluku pomocí akustického tlaku - Provozní metoda měření ve volném poli nad odrazivou rovinou*, Říjen 1996.
- [5] C. SMETANA, *Měření hluku a chvění*, vyd. Praha: SNTL, 1974.
- [6] Prof. Ing. J. Bečvář a kolektiv, *Tepelné turbíny*, vyd. Praha: SNTL, 1968.
- [7] EMERSON – ROSEMOUNT, *Katalogový list Rosemount*, Srpen 2004
- [8] ČSN EN 60751, *Průmyslové platinové odporové teploměry a platinové snímače teploty*, květen 2009
- [9] JSP Měření a regulace, *Katalogový list: Plášťové odporové a termoelektrické snímače teploty*, Květen 2008
- [10] JSP, *Měření teploty*, 2010

Přílohy

Elektrický výkon na svorkách alternátoru

- 2.1 - Jednopolové schéma
- 2.2 - Okamžité naměřené hodnoty
- 2.3 - Průměry naměřených hodnot

Akustický tlak parní turbíny

- 3.1 - Výpočet strojovny
- 3.2 - Naměřené hodnoty

Nejistota měření

- 4.1 - Určení nejistoty vnitřní termodynamické účinnosti VT dílu
- 4.2 - Určení nejistoty vnitřní termodynamické účinnosti ST dílu
- 4.3 - Určení nejistoty měrné spotřeby tepla turbosoustrojí

Příloha 2.1 – Jednopolové schéma

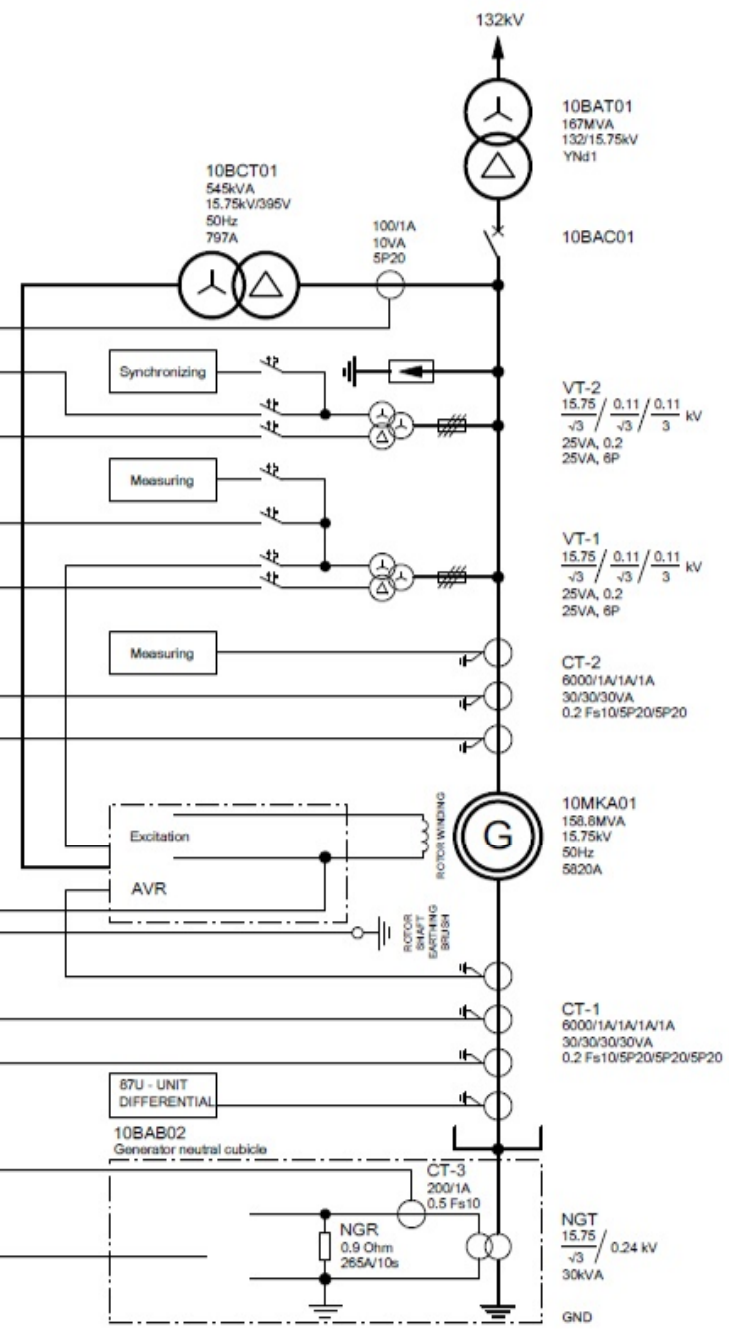
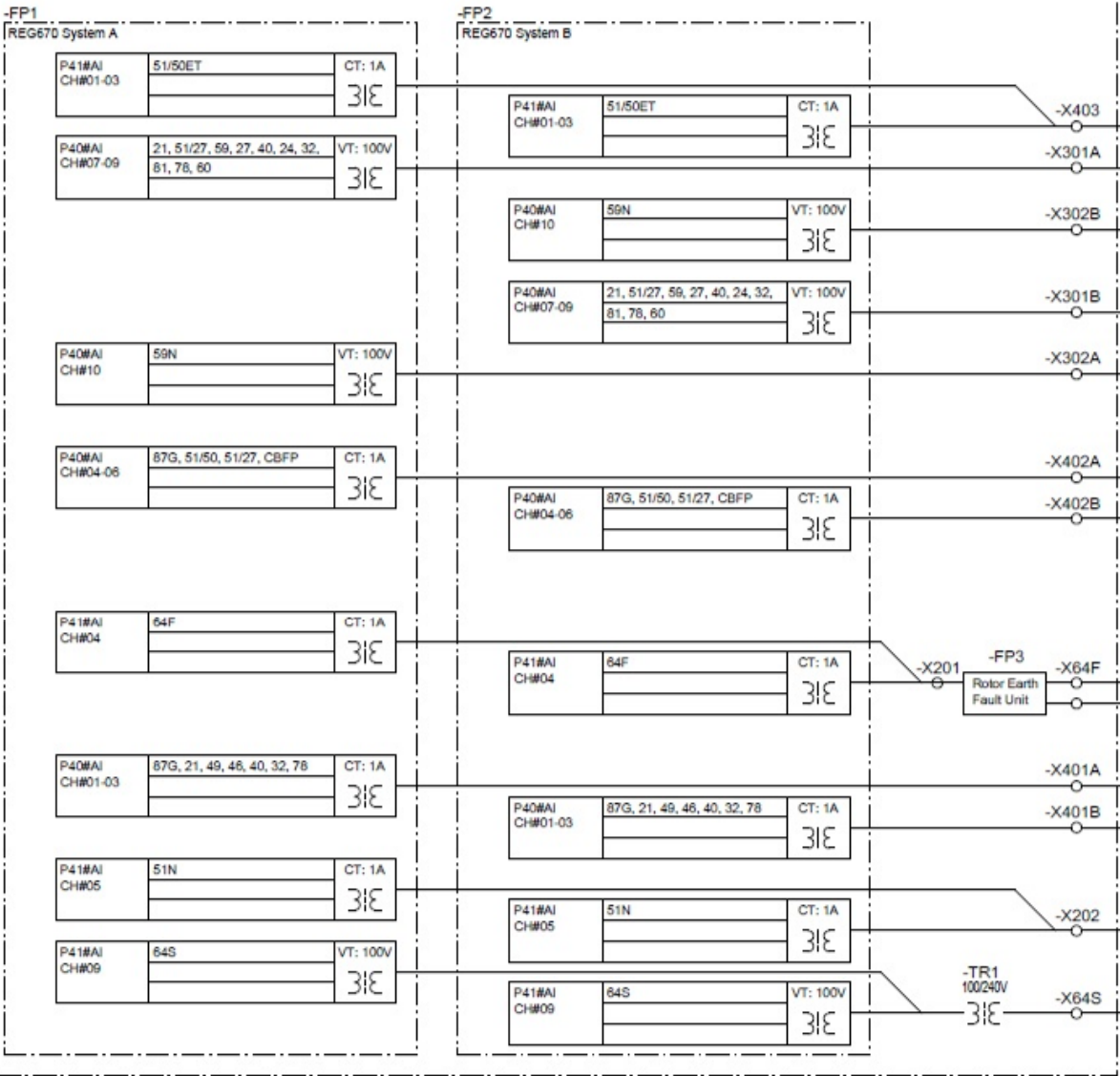
+10CHA01
Generator Protection System

PROTECTION FUNCTION:

- 87G - GENERATOR DIFFERENTIAL
- 21 - UNDERIMPEDANCE
- 51/50 - OVERCURRENT/SHORT CIRCUIT
- 51/27 - OVERCURRENT/UNDERVOLTAGE
- 49 - STATOR THERMAL OVERLOAD
- 46 - NEGATIVE PHASE SEQUENCE

- 59 - OVERVOLTAGE
- 27 - UNDERVOLTAGE
- 40 - UNDER/LOSS OF EXCITATION
- 24 - OVERFLUXING U/F
- 32 - REVERSE POWER
- 81 - UNDER/OVERFREQUENCY

- 59N, 64S - STATOR EARTH FAULT
- 64F - ROTOR EARTH FAULT
- CBFP - GENERATOR CB FAIL
- 78 - POLE SLIP (OUT OF STEP)
- 60 - FUSE FAIL SUPERVISION
- 51/50ET - EXCITATION TRANSFORMER OVERCURRENT/SHORT CIRCUIT



10BAT01
167MVA
132/15.75kV
YNd1

10BAC01

VT-2
 $\frac{15.75}{\sqrt{3}} / \frac{0.11}{\sqrt{3}} / \frac{0.11}{3}$ kV
25VA, 0.2
25VA, 6P

VT-1
 $\frac{15.75}{\sqrt{3}} / \frac{0.11}{\sqrt{3}} / \frac{0.11}{3}$ kV
25VA, 0.2
25VA, 6P

CT-2
6000/1A/1A/1A
30/30/30VA
0.2 F510/5P20/5P20

10MKA01
158.8MVA
15.75kV
50Hz
5820A

CT-1
6000/1A/1A/1A/1A
30/30/30/30VA
0.2 F510/5P20/5P20/5P20

NGT
 $\frac{15.75}{\sqrt{3}} / 0.24$ kV
30kVA

GND

Příloha 2.2 – Okamžité naměřené hodnoty

datum 15.9.2011 cas 14:30:00 - 16:00:00 vzorku 541 per.vzork 10
 AL QATRANA CCPP
 Preliminary Test
 Steam turbine - Test 3
 Power output - 129 MW

cas	U1	U2	U3	I1	I2	I3	Pbm1	Pbm2	Pbm3	Pb400	Cosfi
14:30:00	9052,6704	9047,3727	9030,9068	4711,02	4764,66	4807,26	42,630668	43,098872	43,40385	129,13339	0,99972521
14:30:10	9050,9523	9045,6545	9029,475	4710,36	4763,64	4805,7	42,617781	43,08169	43,383231	129,0827	0,99973876
14:30:20	9054,1023	9048,8045	9032,9114	4705,44	4757,52	4799,34	42,585136	43,041313	43,341136	128,96758	0,99970675
14:30:30	9050,3795	9045,225	9029,1886	4711,56	4763,82	4806,84	42,624654	43,080831	43,391822	129,09731	0,99972287
14:30:40	9053,1	9048,0886	9031,7659	4706,7	4759,02	4803,3	42,592009	43,051622	43,371204	129,01483	0,99970782
14:30:50	9050,0932	9045,225	9028,7591	4705,92	4759,8	4803,12	42,57225	43,04475	43,3566	128,9736	0,99972799
14:31:00	9048,5182	9043,2204	9027,0409	4713,84	4766,76	4809,42	42,6384	43,098013	43,406427	129,14284	0,99975135
14:31:10	9049,8068	9044,6523	9028,6159	4711,44	4763,82	4807,14	42,621218	43,079113	43,391822	129,09215	0,99973371
14:31:20	9046,6568	9041,7886	9025,4659	4726,5	4779,66	4822,98	42,744927	43,207118	43,521545	129,47359	0,99975483
14:31:30	9049,5204	9044,5091	9028,1864	4723,38	4776,6	4820,04	42,728604	43,193372	43,50694	129,42892	0,99974025
14:31:40	9051,525	9046,5136	9030,3341	4723,14	4775,4	4819,56	42,734618	43,192513	43,512095	129,43923	0,99972696
14:31:50	9047,3727	9042,3614	9026,1818	4731,06	4784,16	4827,3	42,787881	43,25179	43,562781	129,60245	0,99974235
14:32:00	9050,0932	9045,225	9028,4727	4721,04	4775,52	4818,72	42,709704	43,1865	43,495772	129,39198	0,99972795
14:32:10	9047,3727	9042,3614	9025,7523	4737,42	4792,08	4834,2	42,8463	43,322236	43,622918	129,79145	0,99973994
14:32:20	9048,375	9043,2204	9026,7545	4736,7	4790,7	4832,76	42,843722	43,313645	43,614327	129,77169	0,99972853
14:32:30	9048,0886	9043,3636	9026,7545	4735,68	4790,1	4832,82	42,833413	43,30935	43,615186	129,75795	0,9997365
14:32:40	9047,9454	9042,9341	9026,1818	4735,74	4790,76	4833,9	42,832554	43,313645	43,622059	129,76826	0,99973308
14:32:50	9048,375	9043,3636	9026,7545	4735,5	4789,74	4832,7	42,831695	43,306772	43,613468	129,75193	0,99972569
14:33:00	9047,9454	9042,7909	9026,1818	4735,86	4790,16	4832,58	42,833413	43,307631	43,610031	129,75108	0,99973119
14:33:10	9048,9477	9043,65	9027,3273	4736,76	4790,58	4832,76	42,84544	43,316222	43,616904	129,77857	0,99972776
14:33:20	9052,2409	9046,9432	9030,4773	4720,68	4774,8	4817,34	42,714	43,188218	43,491477	129,39369	0,99969666
14:33:30	9046,6568	9041,6454	9023,3182	4732,98	4795,86	4835,64	42,801627	43,353163	43,623777	129,77857	0,9997299
14:33:40	9048,375	9044,3659	9027,4704	4722,12	4774,86	4821,54	42,710563	43,17705	43,515531	129,40314	0,99971988
14:33:50	9043,2204	9037,9227	9021,8864	4756,86	4808,76	4851,48	43,000936	43,451959	43,758654	130,21155	0,99971986
14:34:00	9053,3864	9047,9454	9032,1954	4743,9	4794,9	4837,74	42,93135	43,3755	43,684772	129,99162	0,99972202
14:34:10	9055,2477	9050,2364	9033,7704	4737	4790,22	4833,12	42,877227	43,343713	43,651268	129,87221	0,99971965
14:34:20	9047,5159	9042,2182	9024,6068	4732,98	4792,98	4833,12	42,801627	43,329109	43,6023	129,73303	0,99965437
14:34:30	9047,3727	9043,2204	9027,0409	4739,16	4788,36	4836,24	42,856609	43,293027	43,645254	129,79489	0,99968276
14:34:40	9042,3614	9036,7773	9020,8841	4750,32	4802,34	4844,46	42,936504	43,388386	43,690786	130,01568	0,99971225
14:34:50	9048,0886	9044,0795	9026,4682	4755,42	4811,4	4856,4	43,00609	43,505222	43,821368	130,33268	0,99965021
14:35:00	9042,6477	9038,4954	9021,6	4736,1	4789,68	4835,52	42,810218	43,281859	43,614327	129,7064	0,99972169
14:35:10	9042,2182	9036,7773	9020,5977	4741,56	4795,68	4836,84	42,856609	43,32825	43,62034	129,8052	0,99970964
14:35:20	9040,3568	9035,775	9019,5954	4738,2	4789,56	4835,34	42,816231	43,268113	43,60144	129,68578	0,99969604
14:35:30	9035,9182	9031,9091	9015,5864	4744,2	4794,9	4842,66	42,851454	43,297322	43,64955	129,79833	0,99971966
14:35:40	9038,4954	9032,9114	9016,4454	4750,8	4806,42	4846,2	42,926195	43,405568	43,68735	130,01911	0,99975059
14:35:50	9044,5091	9039,2114	9022,7454	4740,76	4785,3	4826,46	42,774136	43,245777	43,540445	129,56036	0,99976617
14:36:00	9033,4841	9029,7614	9012,0068	4744,02	4800,18	4846,8	42,839427	43,333404	43,670168	129,843	0,99972355
14:36:10	9042,7909	9038,4954	9021,6	4735,56	4790,04	4834,38	42,80764	43,285295	43,604877	129,69781	0,99974205
14:36:20	9040,9295	9036,9204	9019,5954	4734,84	4789,44	4835,4	42,791318	43,27155	43,604877	129,66774	0,99973207
14:36:30	9039,9273	9034,9159	9018,45	4733,64	4786,8	4829,82	42,776713	43,238904	43,547318	129,65293	0,99973262
14:36:40	9043,3636	9039,4977	9021,3136	4699,02	4757,52	4802,7	42,47775	42,995781	43,316222	128,78975	0,99970932
14:36:50	9038,925	9035,4886	9018,8795	4713,72	4761,9	4813,38	42,589431	43,01554	43,401272	129,00624	0,99970471
14:37:00	9045,3682	9041,7886	9024,75	4709,46	4761,12	4810,38	42,583418	43,038736	43,40385	129,026	0,99973413
14:37:10	9038,2091	9034,7727	9017,4477	4716,42	4769,4	4818	42,612627	43,080831	43,436495	129,12995	0,99973255
14:37:20	9031,1932	9025,3227	9009	4737	4793,22	4830,84	42,765545	43,250931	43,509518	129,52599	0,99972088
14:37:30	9036,7773	9030,7636	9014,2977	4704,6	4760,16	4798,86	42,499227	42,97774	43,249213	128,72618	0,99973226
14:37:40	9043,0773	9038,925	9022,7454	4711,2	4760,52	4807,74	42,588572	43,019836	43,371204	128,97961	0,9997432
14:37:50	9038,6386	9034,0568	9017,4477	4714,32	4766,4	4811,94	42,593727	43,050763	43,381513	129,026	0,99971814
14:38:00	9044,6523	9040,0704	9022,7454	4694,64	4752,42	4794,24	42,447681	42,951968	43,248354	128,648	0,99974509
14:38:10	9037,4932	9032,3386	9015,0136	4726,02	4783,98	4824,36	42,696818	43,201104	43,482027	129,37995	0,99974019
14:38:20	9035,0591	9030,7636	9013,8682	4722,3	4776,18	4820,4	42,651286	43,122068	43,44165	129,215	0,99973494
14:38:30	9039,0682	9034,7727	9018,7364	4730,76	4779,78	4826,7	42,745786	43,174472	43,521545	129,4418	0,99973107
14:38:40	9039,6409	9035,2023	9020,025	4730,1	4774,86	4823,4	42,74235	43,132377	43,496631	129,37136	0,99972133
14:38:50	9042,075	9037,9227	9021,3136	4727,52	4779,54	4825,14	42,730322	43,1865	43,519827	129,43665	0,99972074
14:39:00	9037,4932	9033,1977	9016,5886	4731,48	4783,86	4829,34	42,744068	43,20454	43,534431	129,48304	0,99972665
14:39:10	9039,6409	9035,9182	9018,3068	4715,04	4770,12	4817,1	42,605754	43,092	43,433059	129,13081	0,99972163
14:39:20	9039,7841	9035,775	9019,4523	4728,9	4778,16	4826,46	42,731181	43,164163	43,522404	129,41775	0,99971503
14:39:30	9040,6432	9036,3477	9019,1659	4732,32	4787,16	4832,1	42,766404	43,248354	43,571372	129,51613	0,99971425
14:39:40	9035,0591	9032,4818	9015,7295	4744,32	4791,9	4846,86	42,8463	43,272409	43,688209	129,80692	0,99969947
14:39:50	9042,3614	9037,6364	9021,0273	4727,28	4780,44	4824,54	42,729463	43,194231	43,512095	129,43579	0,99972064
14:40:00	9038,6386	9034,0568	9016,875	4725,06	4781,7	4824	42,69424	43,1865	43,4889	129,36964	0,99973707
14:40:10	9037,7795	9034,0568	9017,7341	4735,5	4784,4	4833,9	42,782727	43,212272	43,581681	129,57668	0,99972926
14:40:20	9036,7773	9032,625	9016,3023	4739,46	4788,72	4836,42	42,812795	43,244918	43,597145	129,65486	0,99972301
14:40:30	9037,2068	9033,0545	9016,0159	4732,92	4786,02	4831,74	42,756954	43,222581	43,553331	129,53287	0,99973038
14:40:40	9040,6432	9037,7795	9021,4568	4727,1	4773,18	4827	42,720013	43,1298	43,53615	129,38596	0,99972506
14:40:50	9044,6523	9039,0682	9022,3159	4724,1	4781,1	4820,52	42,710563	43,207977	43,481168	129,39971	0,99971355
14:41:00	9038,7818	9035,0591	9018,1636	4723,8	4776,54	4823,88	42,683931	43,146122	43,494054	129,32411	0,99975146
14:41:10	9040,9295	9037,35	9020,4545	4740,66	4793,58	4841,34	42,843722	43,311927	43,660718	129,81637	0,99972312
14:41:20	9036,9204	9032,0523	9015,4432	4740,06	4793,76	4837,68	42,821386	43,287013	43,605736	129,71413	0,99974774
14:41:30	9037,35	9034,3432	9016,7318	4741,26	4794,78	4844,82	42,832554	43,306772	43,675322	129,81465	0,99972347
14:41:40	9038,0659	9034,2	9017,1614	4745,28	4798,5	4844,52	42,87379	43,340277	43,675322	129,88939	0,99974453
14:41:50	9039,3545	9034,2	9017,5909	4738,68	4792,92	4835,28	42,821386	43,29045	43,593709	129,70554	0,99975459
14:42:00	9039,3545	9035,3454	9018,7364	4733,22	4783,92	4831,92	42,771559	43,21399	43,568795	129,55434	0,99974464
14:42:10	9041,3591	9038,6386	9021,0273	4733,46	4786,38	4838,34	42,78015	43,25265			

14:44:30	9045,225	9041,2159	9025,0364	4713,66	4762,32	4810,5	42,622077	43,047327	43,407286	129,07669	0,99975581
14:44:40	9043,5068	9039,2114	9022,8886	4708,38	4758	4805,28	42,564518	43,000077	43,348009	128,9126	0,99973836
14:44:50	9043,2204	9038,6386	9022,7454	4709,22	4758,36	4804,44	42,57139	43,000077	43,340277	128,91174	0,99974325
14:45:00	9044,9386	9041,2159	9025,0364	4706,76	4754,52	4804,74	42,554209	42,97774	43,352304	128,88425	0,9997076
14:45:10	9043,65	9039,2114	9023,0318	4705,92	4755,9	4803,42	42,541322	42,981177	43,331686	128,85419	0,99972453
14:45:20	9044,6523	9040,7864	9024,3204	4712,22	4762,2	4810,74	42,604036	43,045609	43,40385	129,05349	0,99973205
14:45:30	9045,7977	9041,0727	9024,75	4705,56	4757,28	4801,81	42,55249	43,000936	43,32739	128,88082	0,99976196
14:45:40	9045,5114	9040,9295	9024,4636	4706,64	4758,96	4803,78	42,56194	43,01554	43,344572	128,92205	0,99977761
14:45:50	9047,5159	9043,3636	9026,6114	4706,04	4758,66	4804,14	42,564518	43,024131	43,357459	128,94611	0,99975762
14:46:00	9048,0886	9043,65	9026,8977	4704,9	4757,52	4802,7	42,556786	43,01554	43,34629	128,91862	0,99976299
14:46:10	9049,0909	9044,3659	9028,1864	4704,48	4755,18	4800,42	42,557645	42,998359	43,331686	128,88769	0,99976534
14:46:20	9049,0909	9044,7954	9028,3295	4699,08	4750,44	4796,58	42,507818	42,957122	43,296463	128,7614	0,99974485
14:46:30	9047,3727	9042,9341	9026,325	4701,18	4753,32	4798,8	42,520704	42,974304	43,307631	128,80264	0,99976577
14:46:40	9047,5159	9043,0773	9026,6114	4704,9	4757,16	4801,44	42,554209	43,009527	43,332545	128,89628	0,99975587
14:46:50	9048,6614	9043,9364	9027,9	4703,64	4754,7	4799,4	42,547336	42,992345	43,319659	128,85934	0,99975163
14:47:00	9046,9432	9042,5045	9026,325	4712,34	4762,92	4808,52	42,617781	43,060213	43,395259	129,07325	0,99975981
14:47:10	9050,2364	9045,7977	9029,6182	4708,98	4759,02	4805,52	42,6006	43,040454	43,382372	129,02343	0,99972804
14:47:20	9050,8091	9046,2273	9030,0477	4706,58	4757,7	4803,24	42,580884	43,031004	43,362613	128,97446	0,99971614
14:47:30	9049,5204	9044,6523	9028,6159	4709,16	4759,74	4804,8	42,598022	43,041313	43,369486	129,00882	0,99970782
14:47:40	9049,3773	9044,9386	9028,7591	4701,18	4751,16	4797,18	42,526718	42,965713	43,303336	128,79577	0,99973983
14:47:50	9046,9432	9042,6477	9026,1818	4699,38	4750,62	4797,54	42,500945	42,94939	43,294745	128,74508	0,99975466
14:48:00	9049,2341	9044,9386	9028,3295	4696,74	4748,82	4794,18	42,4872	42,944236	43,274986	128,70642	0,99975376
14:48:10	9048,375	9043,7932	9027,4704	4696,2	4747,08	4792,86	42,47775	42,922759	43,259522	128,66003	0,99975166
14:48:20	9047,9454	9043,65	9027,3273	4693,62	4744,44	4790,64	42,452836	42,897845	43,238904	128,58959	0,99975305
14:48:30	9049,95	9045,9409	9029,3318	4686,24	4737,96	4784,16	42,394418	42,850595	43,189077	128,43409	0,9997414
14:48:40	9046,3704	9041,6454	9025,1795	4698,48	4750,74	4795,02	42,490636	42,945095	43,268972	128,7047	0,99976766
14:48:50	9048,2318	9043,3636	9027,3273	4694,64	4745,82	4790,7	42,464004	42,909013	43,238045	128,61106	0,9997472
14:49:00	9050,2364	9045,7977	9029,475	4685,58	4736,52	4782,66	42,390122	42,83685	43,17619	128,40316	0,99974341
14:49:10	9048,5182	9044,3659	9027,7568	4690,14	4742,7	4788,06	42,424486	42,885818	43,217427	128,52773	0,99975698
14:49:20	9047,8023	9042,7909	9026,7545	4690,74	4741,62	4786,14	42,425345	42,869495	43,19509	128,48993	0,99975299
14:49:30	9050,2364	9045,3682	9029,475	4681,74	4731,84	4777,02	42,3549	42,793036	43,124645	128,27258	0,99973898
14:49:40	9048,0886	9043,5068	9027,1841	4679,64	4730,64	4776,36	42,328268	42,772418	43,109181	128,20987	0,99976149
14:49:50	9047,9454	9043,2204	9026,6114	4683,12	4735,62	4780,26	42,359195	42,815372	43,142686	128,31725	0,99976497
14:50:00	9050,0932	9045,225	9029,0454	4682,7	4734,12	4778,46	42,365209	42,811936	43,137531	128,31468	0,99976385
14:50:10	9047,2295	9042,5045	9026,4682	4687,68	4737,72	4782,84	42,369695	42,831695	43,165022	128,39371	0,99976786
14:50:20	9050,3795	9046,3704	9029,7614	4678,26	4729,68	4776,54	42,32655	42,777572	43,122927	128,22705	0,99976272
14:50:30	9050,9523	9046,5136	9029,7614	4676,22	4729,14	4773,96	42,311086	42,772418	43,10059	128,18409	0,99976525
14:50:40	9049,2341	9044,5091	9028,1864	4682,34	4733,7	4778,4	42,358336	42,803345	43,133236	128,29492	0,9997588
14:50:50	9047,8023	9043,0773	9026,8977	4687,38	4738,62	4783,44	42,397854	42,842004	43,172754	128,41261	0,99977262
14:51:00	9050,5227	9045,7977	9029,3318	4687,02	4739,04	4783,86	42,405586	42,859186	43,187359	128,45213	0,99975633
14:51:10	9049,95	9045,3682	9028,7591	4679,46	4733,04	4776,6	42,336	42,802486	43,11949	128,25798	0,999768
14:51:20	9049,8068	9045,0818	9028,7591	4683,72	4736,16	4779,9	42,3738	42,829977	43,1487	128,35248	0,99976784
14:51:30	9050,0932	9046,3682	9029,3318	4689,96	4740,36	4785,36	42,431359	42,869495	43,201963	128,50282	0,999777
14:51:40	9051,6682	9046,9432	9030,9068	4686,48	4737,18	4782,06	42,406445	42,848018	43,178768	128,43323	0,99976205
14:51:50	9046,3704	9043,65	9027,6136	4696,38	4740,96	4795,5	42,469159	42,8652	43,282718	128,61708	0,99972312
14:52:00	9048,9477	9046,6568	9027,4704	4688,22	4747,98	4798,2	42,406445	42,944236	43,304195	128,65488	0,99970833
14:52:10	9046,5136	9042,075	9026,1818	4691,46	4740,9	4786,26	42,427922	42,857468	43,194231	128,47962	0,99975907
14:52:20	9051,8114	9047,6591	9031,1932	4685,1	4735,56	4782,78	42,394418	42,83599	43,1865	128,41691	0,99975339
14:52:30	9050,5227	9045,7977	9029,6182	4692,78	4744,56	4788,78	42,458885	42,909013	43,23375	128,60161	0,99976923
14:52:40	9052,0977	9047,0864	9030,9068	4689,72	4741,14	4785,42	42,438231	42,8841	43,209695	128,53203	0,99976694
14:52:50	9051,8114	9047,0864	9030,9068	4692,48	4743,42	4788,72	42,461427	42,904718	43,238904	128,60505	0,99975894
14:53:00	9050,9523	9046,6568	9030,0477	4693,86	4746,12	4791,78	42,470018	42,927054	43,2621	128,65917	0,99975715
14:53:10	9050,0932	9045,3682	9028,7591	4695,78	4749,12	4792,92	42,483763	42,947672	43,266395	128,69783	0,9997586
14:53:20	9052,3841	9047,3727	9031,1932	4692,3	4744,08	4788,54	42,462286	42,91245	43,238045	128,61278	0,99975583
14:53:30	9051,9545	9047,2295	9031,05	4690,2	4740,96	4786,68	42,43995	42,8841	43,220004	128,54405	0,99974549
14:53:40	9049,3773	9046,3682	9028,7591	4686	4737,72	4784,16	42,3927	42,843722	43,188218	128,42464	0,99976496
14:53:50	9052,9568	9048,6614	9032,0523	4675,68	4728,42	4773,12	42,314522	42,776713	43,103168	128,1944	0,99975616
14:54:00	9051,3818	9046,5136	9030,3341	4676,34	4727,82	4772,52	42,313663	42,76125	43,090281	128,16519	0,9997669
14:54:10	9051,8114	9047,0864	9031,05	4675,2	4725,12	4771,2	42,305072	42,739772	43,08169	128,12654	0,99976585
14:54:20	9051,525	9047,3727	9030,7636	4671,06	4722,48	4768,92	42,265554	42,716577	43,059354	128,04149	0,99975204
14:54:30	9052,6704	9048,0886	9031,4795	4669,44	4722,66	4766,1	42,256963	42,721731	43,037018	128,01571	0,99975657
14:54:40	9051,9545	9047,5159	9031,3364	4668,24	4719	4764	42,243218	42,68479	43,017259	127,94527	0,9997504
14:54:50	9054,5318	9050,3795	9033,9136	4665,84	4716,72	4763,64	42,232909	42,678777	43,026709	127,93839	0,99975759
14:55:00	9050,6659	9046,2273	9029,6182	4668,72	4721,16	4766,76	42,243218	42,697677	43,0353	127,97619	0,99976923
14:55:10	9055,5341	9050,6659	9033,7704	4673,16	4727,76	4771,02	42,304213	42,78015	43,092859	128,17722	0,99976278
14:55:20	9058,1114	9053,5295	9037,4932	4673,22	4722,72	4767,9	42,315381	42,748363	43,080831	128,14458	0,99974161
14:55:30	9056,3932	9051,9545	9035,4886	4679,52	4729,32	4776	42,362631	42,800768	43,144404	128,3078	0,99972844
14:55:40	9055,5341	9051,0954	9034,4864	4685,04	4738,02	4782,48	42,4116	42,87465	43,199386	128,48564	0,99975547
14:55:50	9055,9636	9051,3818	9034,7727	4694,7	4746,78	4791,36	42,501804	42,955404	43,281859	128,73907	0,9997691
14:56:00	9056,8227	9052,2409	9036,0614	4691,7	4741,38	4787,52	42,47775	42,910731	43,25265	128,64113	0,9997575
14:56:10	9057,9682	9053,6727	9037,2068	4692,36	4742,82	4789,86	42,488918	42,93049	43,279281	128,69869	0,99975566
14:56:20	9053,3864	9049,0909	9032,3386	4694,04	4747,2	4791,78	42,484622	42,946813	43,274127	128,70556	0,99976526
14:56:30	9060,4023	9055,6773	9039,4977	4690,74	4741,14	4785,84	42,485481	42,924477	43,253509	128,66347	0,99974865
14:56:40	9058,5409	9053,5295	9037,7795	4694,58	4743,96	4788,78	42,512972	42,93994	43,272409	128,72532	0,99976511
14:56:50	9057,3954	9053,3864	9037,0636	4692,36	4742,34	4789,74	42,48634	42,924477	43,277563	128,6	

15:00:10	9057,6818	9053,1	9037,0636	4698,66	4747,98	4794,6	42,5439	42,975163	43,321377	128,84044	0,99975502
15:00:20	9059,2568	9054,8182	9038,6386	4695,06	4744,86	4790,82	42,518127	42,954545	43,293886	128,76656	0,99973966
15:00:30	9059,2568	9054,8182	9038,925	4692,54	4741,98	4788,72	42,494931	42,928772	43,275845	128,69955	0,9997357
15:00:40	9060,4023	9055,6773	9039,7841	4687,08	4736,88	4782,54	42,451118	42,887536	43,2243	128,56295	0,99974601
15:00:50	9058,3977	9053,6727	9037,35	4688,1	4739,7	4784,7	42,451977	42,903	43,23289	128,58787	0,99975502
15:01:00	9059,6864	9055,3909	9039,2114	4687,2	4737,36	4783,26	42,450259	42,889254	43,228595	128,56811	0,99975118
15:01:10	9057,1091	9052,5273	9036,4909	4684,92	4735,26	4780,92	42,417613	42,857468	43,194231	128,46931	0,99975619
15:01:20	9059,6864	9055,2477	9039,0682	4682,7	4732,8	4778,58	42,409022	42,848018	43,18564	128,44268	0,99975326
15:01:30	9058,9704	9054,8182	9038,4954	4674,24	4724,28	4770,84	42,329127	42,768122	43,113477	128,21073	0,99975213
15:01:40	9058,8273	9054,2454	9038,0659	4674	4724,28	4769,64	42,32655	42,766404	43,10059	128,19354	0,99976193
15:01:50	9060,8318	9056,25	9040,2136	4670,4	4720,44	4765,86	42,302495	42,740631	43,075677	128,1188	0,99974419
15:02:00	9059,6864	9055,3909	9039,0682	4663,74	4714,38	4760,04	42,237204	42,681354	43,017259	127,93582	0,99974146
15:02:10	9060,8318	9056,25	9039,9273	4662,66	4713,3	4758,96	42,232909	42,6762	43,012104	127,92121	0,99975115
15:02:20	9057,3954	9052,5273	9036,3477	4664,88	4716	4760,82	42,238063	42,683072	43,012963	127,9341	0,99976784
15:02:30	9059,2568	9054,675	9038,4954	4660,8	4711,32	4756,86	42,208854	42,650427	42,986331	127,84561	0,99974897
15:02:40	9058,1114	9053,8159	9037,35	4665,78	4717,14	4762,8	42,248372	42,699395	43,03444	127,98221	0,99974882
15:02:50	9059,8295	9054,9614	9038,4954	4665,36	4717,56	4762,38	42,251809	42,707986	43,036159	127,99595	0,99973845
15:03:00	9059,5432	9054,8182	9038,2091	4671,18	4724,4	4768,26	42,305072	42,76984	43,088563	128,16348	0,9997629
15:03:10	9061,1182	9056,25	9040,2136	4672,98	4723,32	4768,56	42,32655	42,767263	43,099731	128,19354	0,99974071
15:03:20	9057,825	9053,5295	9036,9204	4675,98	4727,58	4773,9	42,340295	42,792177	43,134095	128,26657	0,99976397
15:03:30	9060,2591	9055,6773	9039,0682	4682,64	4735,38	4780,56	42,4116	42,872931	43,202822	128,48735	0,99974744
15:03:40	9059,4	9054,8182	9038,2091	4682,4	4735,5	4780,38	42,406445	42,869495	43,198527	128,47447	0,99976318
15:03:50	9059,8295	9054,675	9038,4954	4682,7	4734,54	4778,58	42,41074	42,860904	43,182204	128,45385	0,99975476
15:04:00	9059,6864	9055,3909	9039,0682	4680,9	4732,32	4777,98	42,393559	42,844581	43,179627	128,41777	0,999757
15:04:10	9065,1273	9058,1114	9043,5068	4669,74	4719,72	4756,38	42,3171	42,743209	43,005231	128,06554	0,99974744
15:04:20	9057,6818	9052,5273	9038,4954	4695,84	4736,82	4783,86	42,517268	42,871213	43,228595	128,61708	0,99972455
15:04:30	9061,8341	9056,9659	9040,6432	4669,14	4721,34	4764,66	42,293904	42,7518	43,065368	128,11107	0,99971512
15:04:40	9056,6795	9051,9545	9033,6273	4692,24	4755,06	4795,32	42,478609	43,033581	43,307631	128,81982	0,999705
15:04:50	9062,9795	9058,6841	9041,9318	4683,24	4735,08	4782,72	42,426204	42,8841	43,23289	128,54319	0,99969252
15:05:00	9053,9591	9050,0932	9034,6295	4697,94	4742,76	4793,64	42,51555	42,913309	43,297322	128,72618	0,99968969
15:05:10	9060,1159	9055,6773	9039,9273	4684,32	4732,5	4778,94	42,423627	42,8463	43,191654	128,46158	0,99971856
15:05:20	9063,2659	9060,2591	9043,0773	4697,82	4748,64	4800	42,558504	43,014681	43,396118	128,9693	0,99969794
15:05:30	9060,4023	9057,3954	9040,2136	4698,9	4748,64	4801,68	42,555068	43,000936	43,397836	128,95384	0,9997007
15:05:40	9054,1023	9050,3795	9033,6273	4710,12	4760,82	4808,34	42,624654	43,077395	43,426309	129,12566	0,99965759
15:05:50	9060,975	9057,9682	9042,2182	4707,3	4750,32	4805,4	42,634963	43,018977	43,44165	129,09559	0,99971455
15:06:00	9057,825	9053,9591	9037,4932	4704,48	4755,18	4802,64	42,596304	43,04389	43,3944	129,03459	0,99973043
15:06:10	9059,4	9056,1068	9039,2114	4704,72	4754,58	4805,28	42,604036	43,048186	43,425327	129,07755	0,99970323
15:06:20	9058,5409	9055,5341	9038,925	4711,74	4758,06	4812,36	42,659877	43,077395	43,486322	129,22359	0,99966557
15:06:30	9057,825	9053,5295	9037,6364	4716,48	4763,52	4811,7	42,699395	43,117772	43,474295	129,29146	0,99967022
15:06:40	9056,8227	9052,9568	9036,3477	4713,6	4763,76	4813,26	42,669327	43,116054	43,481168	129,26655	0,999695
15:06:50	9059,8295	9055,8204	9039,6409	4714,92	4763,34	4812,72	42,695959	43,126363	43,493195	129,31552	0,9996748
15:07:00	9057,9682	9053,5295	9037,4932	4719,12	4768,5	4814,88	42,724309	43,162445	43,500927	129,38768	0,99965882
15:07:10	9058,9704	9054,5318	9039,0682	4716,9	4762,5	4811,16	42,711422	43,112618	43,477731	129,30177	0,99969772
15:07:20	9059,9727	9055,5341	9039,3545	4723,2	4772,34	4820,46	42,771559	43,206259	43,5961063	129,53888	0,99966726
15:07:30	9058,5409	9055,1045	9039,2114	4714,26	4759,38	4811,52	42,683072	43,087704	43,481168	129,25194	0,99967978
15:07:40	9058,6841	9055,2477	9039,0682	4708,14	4754,7	4806,42	42,62809	43,045609	43,433918	129,10762	0,99967108
15:07:50	9056,8227	9053,1	9037,0636	4728,06	4774,56	4824,84	42,800768	43,21485	43,591131	129,60675	0,99968061
15:08:00	9060,8318	9056,8227	9040,6432	4717,14	4765,62	4814,4	42,721731	43,152136	43,513813	129,38768	0,99968956
15:08:10	9054,2454	9050,5227	9033,7704	4720,56	4771,62	4818,9	42,724309	43,17619	43,524122	129,42462	0,99972981
15:08:20	9060,2591	9056,6795	9040,3568	4712,22	4761,36	4810,44	42,673622	43,112618	43,476872	129,26311	0,99968271
15:08:30	9062,1204	9058,1114	9041,7886	4711,98	4759,5	4809,36	42,680495	43,102309	43,473436	129,25624	0,99967835
15:08:40	9056,3932	9052,9568	9036,6341	4724,22	4772,46	4823,52	42,768122	43,19595	43,579104	129,54318	0,99973393
15:08:50	9058,3977	9055,2477	9038,7818	4720,8	4768,32	4820,82	42,744068	43,169318	43,56364	129,47703	0,99970261
15:09:00	9060,2591	9056,25	9039,6409	4722,48	4772,4	4821,42	42,768122	43,211413	43,57309	129,55263	0,99970508
15:09:10	9060,8318	9056,8227	9039,9273	4710,24	4762,56	4809,66	42,658159	43,124645	43,467422	129,25023	0,99968208
15:09:20	9055,3909	9051,9545	9035,6318	4732,08	4780,92	4830,42	42,834272	43,268113	43,636663	129,73905	0,99973529
15:09:30	9057,9682	9054,9614	9038,3523	4732,56	4780,38	4833,12	42,847159	43,277563	43,672745	129,79747	0,99969571
15:09:40	9060,1159	9056,5364	9040,2136	4723,62	4771,32	4822,08	42,778431	43,201963	43,58254	129,56293	0,99970775
15:09:50	9057,9682	9053,3864	9037,35	4723,08	4771,8	4819,14	42,763827	43,192513	43,542163	129,4985	0,99972047
15:10:00	9059,6864	9056,1068	9039,9273	4721,04	4767,96	4819,26	42,75094	43,170177	43,553331	129,47445	0,99967874
15:10:10	9057,6818	9054,5318	9038,0659	4716,6	4764,12	4815,54	42,70455	43,128081	43,513813	129,34644	0,999729
15:10:20	9059,4	9055,5341	9038,925	4698,84	4748,34	4797,72	42,550772	42,989768	43,354881	128,89542	0,99970345
15:10:30	9059,1136	9055,1045	9038,2091	4694,28	4745,4	4793,58	42,511254	42,960559	43,317081	128,78889	0,99974699
15:10:40	9052,5273	9048,8045	9032,3386	4708,44	4757,16	4806,66	42,60919	43,037018	43,408145	129,05435	0,99976047
15:10:50	9054,675	9050,6659	9034,3432	4705,26	4754,94	4802,46	42,589431	43,02585	43,378077	128,99336	0,99973891
15:11:00	9059,5432	9054,3886	9039,0682	4686,54	4734,06	4779,42	42,440809	42,85489	43,190795	128,48649	0,99971259
15:11:10	9050,9523	9047,9454	9031,05	4691,34	4740,9	4791,66	42,445104	42,885818	43,265536	128,59646	0,99973753
15:11:20	9050,8091	9047,9454	9031,1932	4710,48	4758,84	4812	42,616922	43,048186	43,448522	129,11363	0,99972241
15:11:30	9057,9682	9054,2454	9037,7795	4694,4	4743,66	4793,46	42,506959	42,9408	43,313645	128,7614	0,99974518
15:11:40	9055,9636	9051,9545	9035,6318	4693,92	4743,3	4791,48	42,494072	42,927054	43,286154	128,70228	0,99976018
15:11:50	9057,825	9053,5295	9037,35	4694,94	4743,78	4791,36	42,509536	42,93994	43,292168	128,74164	0,99974024
15:12:00	9056,25	9052,2409	9036,0614	4699,26	4747,98	4796,22	42,542181	42,970868	43,329968	128,84302	0,99974042
15:12:10	9054,675	9050,5227	9034,4864	4702,02	4750,08	4798,5	42,558504	42,982036	43,343713	128,88425	0,9997386
15:12:20	9055,1045	9051,0954	9035,3454	4703,4	4749,78	4799,58	42,573109	42,982036	43,35574	128,91088	0,99972493
15:12:30	9056,25	9052,2409	9036,0614	4702,02	4750,32	4799,34	42,563659	42,992345	43,35574	128,91174	0,999

15:15:50	9061,2614	9057,3954	9040,9295	4742,4	4792,74	4839,66	42,956263	43,401272	43,745768	130,1033	0,99974189
15:16:00	9059,9727	9059,8204	9039,3545	4741,86	4791,9	4839,06	42,945095	43,385809	43,732881	130,06378	0,99973941
15:16:10	9060,1159	9055,6773	9039,3545	4731,42	4782,06	4828,56	42,850595	43,296463	43,637522	129,78458	0,99973432
15:16:20	9058,9704	9053,9591	9037,7795	4762,5	4813,44	4858,32	43,123786	43,572231	43,896968	130,59298	0,99969781
15:16:30	9057,9682	9053,2432	9037,0636	4763,64	4814,28	4860	43,130659	43,576527	43,909895	130,61618	0,99971148
15:16:40	9059,5432	9054,9614	9038,7818	4755,66	4805,52	4851,48	43,066227	43,504363	43,841127	130,41172	0,99971133
15:16:50	9058,3977	9053,8159	9037,4932	4736,16	4787,22	4833,06	42,885818	43,333404	43,669309	129,88853	0,99973108
15:17:00	9062,2636	9057,6818	9041,5023	4731,54	4781,52	4827,3	42,860904	43,301618	43,636663	129,79918	0,9997319
15:17:10	9061,2614	9056,8227	9040,5	4728,72	4779,78	4826,1	42,830836	43,28014	43,62034	129,73132	0,9997162
15:17:20	9056,9659	9052,2409	9035,9182	4742,52	4793,94	4839,24	42,937363	43,387527	43,718277	130,04317	0,99974975
15:17:30	9064,8409	9060,4023	9043,9364	4730,76	4782	4827,96	42,866059	43,3188	43,653845	129,8387	0,99972673
15:17:40	9060,2591	9055,6773	9039,2114	4730,82	4781,88	4827,9	42,8463	43,293886	43,63065	129,77083	0,9997289
15:17:50	9063,6954	9059,6864	9042,7909	4726,2	4778,22	4824,72	42,821386	43,28014	43,62034	129,72187	0,99974506
15:18:00	9061,1182	9057,2523	9040,3568	4736,34	4788,6	4835,52	42,899563	43,362613	43,704531	129,96671	0,99972144
15:18:10	9056,6795	9052,0977	9035,4886	4735,68	4788,84	4833,48	42,872931	43,340277	43,662436	129,87564	0,99972448
15:18:20	9067,1318	9062,55	9045,7977	4722,48	4775,04	4820,46	42,801627	43,265536	43,593709	129,66087	0,99971147
15:18:30	9062,8364	9058,6841	9041,7886	4723,62	4775,7	4822,02	42,796472	43,250931	43,59199	129,63939	0,99975905
15:18:40	9056,5364	9052,2409	9035,4886	4745,76	4798,26	4843,68	42,967431	43,425327	43,757795	130,15055	0,99977225
15:18:50	9063,1227	9058,8273	9042,2182	4730,94	4782,18	4828,5	42,862622	43,31927	43,652127	129,82668	0,99975584
15:19:00	9062,55	9058,9704	9041,7886	4723,74	4776,36	4824	42,794754	43,259522	43,609172	129,66345	0,99975193
15:19:10	9064,125	9060,2591	9042,6477	4725,3	4779,9	4826,82	42,816231	43,297322	43,63924	129,75279	0,99975127
15:19:20	9061,9773	9057,2523	9040,3568	4727,1	4781,46	4824,06	42,823963	43,297322	43,603159	129,72444	0,99976462
15:19:30	9060,2591	9056,25	9039,0682	4730,1	4784,16	4829,64	42,842863	43,316222	43,647831	129,80692	0,99976117
15:19:40	9059,1136	9055,2477	9038,2091	4731,24	4784,04	4831,02	42,848018	43,311068	43,655563	129,81465	0,99976412
15:19:50	9061,4045	9057,6818	9040,3568	4726,32	4780,5	4826,94	42,814513	43,29045	43,62979	129,73475	0,99976995
15:20:00	9062,55	9058,1114	9041,2159	4729,32	4781,88	4827,24	42,8463	43,305054	43,636663	129,78802	0,99976427
15:20:10	9057,6818	9053,5295	9036,4909	4741,14	4794,06	4839,18	42,93049	43,39354	43,722572	130,0466	0,99977318
15:20:20	9062,4068	9058,2545	9040,7864	4733,1	4787,82	4834,02	42,878945	43,360036	43,695081	129,93406	0,99975494
15:20:30	9060,975	9056,6795	9039,3545	4735,14	4789,92	4835,04	42,891831	43,371204	43,697659	129,96069	0,99976381
15:20:40	9059,2568	9054,9614	9037,6364	4723,38	4777,8	4823,64	42,776713	43,253509	43,585977	129,6162	0,99975925
15:20:50	9058,2545	9054,5318	9038,3523	4750,26	4797,48	4846,26	43,012963	43,428763	43,793877	130,2356	0,99973439
15:21:00	9058,3977	9054,8182	9037,6364	4742,4	4795,08	4842,3	42,93994	43,409863	43,75264	130,10244	0,99971089
15:21:10	9063,5523	9060,1159	9043,0773	4735,56	4785,66	4836,24	42,900422	43,348868	43,722572	129,97186	0,99967496
15:21:20	9057,825	9054,5318	9037,4932	4732,86	4782,96	4833,54	42,853172	43,298181	43,673604	129,82496	0,99973042
15:21:30	9066,9886	9063,1227	9045,9409	4737,84	4789,92	4837,74	42,9408	43,402131	43,750922	130,09385	0,99971082
15:21:40	9056,1068	9052,3841	9035,0591	4746,18	4798,92	4845,84	42,964854	43,4322	43,77154	130,16859	0,99971248
15:21:50	9059,5432	9057,2523	9039,6409	4719,72	4770,3	4823,16	42,739772	43,19595	43,589413	129,52513	0,9997004
15:22:00	9060,2591	9057,6818	9039,0682	4726,38	4782,72	4833,24	42,803345	43,310209	43,67704	129,79059	0,9996921
15:22:10	9061,1182	9057,1091	9041,2159	4722,24	4769,28	4818,48	42,773277	43,18564	43,555909	129,51483	0,99973172
15:22:20	9055,1045	9050,9523	9034,7727	4741,38	4790,22	4837,38	42,918463	43,34629	43,695081	129,95883	0,99973431
15:22:30	9069,5659	9064,9841	9048,2318	4711,08	4763,16	4808,1	42,710563	43,168459	43,494913	129,37393	0,99971959
15:22:40	9056,8227	9053,8159	9036,7773	4740,9	4790,94	4841,52	42,919322	43,36605	43,739754	130,02513	0,99968945
15:22:50	9063,6954	9060,5454	9042,7909	4719,9	4773,42	4822,62	42,756954	43,239763	43,595427	129,59214	0,99963495
15:23:00	9056,6795	9052,5273	9034,9159	4736,16	4791,96	4836,9	42,87465	43,368627	43,688209	129,93148	0,99967123
15:23:10	9061,6909	9058,8273	9041,9318	4736,04	4783,26	4838,1	42,896127	43,321377	43,73374	129,95124	0,99967858
15:23:20	9059,6864	9056,5364	9039,2114	4733,1	4783,56	4834,2	42,858327	43,311927	43,683913	129,85417	0,9996453
15:23:30	9060,5454	9055,9636	9038,925	4722,72	4776,84	4821	42,7707	43,249213	43,56364	129,58355	0,99967281
15:23:40	9063,8386	9060,1159	9042,7909	4704,12	4757,28	4805,04	42,617781	43,092859	43,439931	129,15057	0,99969585
15:23:50	9058,3977	9053,9591	9037,9227	4726,08	4774,5	4821,3	42,78874	43,218286	43,561063	129,56809	0,99965606
15:24:00	9058,9704	9055,2477	9038,6386	4727,7	4776,96	4825,98	42,813654	43,246636	43,61175	129,67204	0,99974634
15:24:10	9059,6864	9055,9636	9038,3523	4722,48	4775,88	4824,96	42,764686	43,241481	43,598004	129,60417	0,99969223
15:24:20	9063,4091	9059,5432	9042,3614	4714,38	4766,28	4814,76	42,709704	43,171895	43,52584	129,40744	0,99970618
15:24:30	9059,6864	9055,5341	9038,6386	4721,94	4774,14	4820,52	42,762968	43,2243	43,561922	129,54919	0,99974201
15:24:40	9059,5432	9056,25	9038,925	4721,16	4773,42	4823,16	42,754377	43,220863	43,585977	129,56122	0,99972374
15:24:50	9060,8318	9057,1091	9040,2136	4722,12	4773,18	4821,72	42,768981	43,22581	43,579104	129,57067	0,99972024
15:25:00	9058,2545	9054,8182	9037,7795	4722,06	4772,94	4822,38	42,756954	43,208836	43,57395	129,53974	0,99972531
15:25:10	9062,2636	9058,5409	9041,0727	4724,04	4778,16	4824,9	42,793036	43,274127	43,61175	129,67891	0,99971466
15:25:20	9064,5545	9061,2614	9042,9341	4708,32	4765,2	4812,66	42,659018	43,169318	43,5078	129,33613	0,99967554
15:25:30	9058,9704	9056,5364	9038,7818	4719	4769,82	4824,06	42,7329	43,189077	43,593709	129,51568	0,99972775
15:25:40	9062,4068	9058,5409	9039,7841	4713,78	4774,5	4818,24	42,702831	43,239763	43,547318	129,48991	0,99973648
15:25:50	9058,6841	9055,8204	9038,2091	4715,82	4768,2	4819,56	42,70455	43,171036	43,551613	129,4272	0,99975221
15:26:00	9059,8295	9056,5364	9038,6386	4711,98	4766,04	4815,54	42,673622	43,154713	43,51725	129,34558	0,99973805
15:26:10	9062,4068	9059,8295	9041,5023	4702,92	4757,52	4809,48	42,602318	43,092859	43,472577	129,16775	0,9996961
15:26:20	9059,4	9054,5318	9038,6386	4714,5	4763,22	4808,22	42,693381	43,11949	43,45024	129,26311	0,9997222
15:26:30	9066,5591	9063,2659	9045,3682	4687,32	4741,26	4791,36	42,479468	42,962277	43,32825	128,76999	0,9996989
15:26:40	9061,5477	9058,6841	9041,2159	4700,82	4752,18	4803,24	42,58084	43,039595	43,418454	129,03889	0,9997409
15:26:50	9062,2636	9057,9682	9040,5	4692,78	4748,04	4793,76	42,508677	42,998359	43,326531	128,83357	0,99969563
15:27:00	9059,8295	9057,3954	9040,3568	4695,6	4743,78	4798,92	42,52414	42,957122	43,373781	128,85504	0,99971657
15:27:10	9062,1204	9059,6864	9043,0773	4689,3	4734,36	4790,82	42,47689	42,882381	43,314504	128,67378	0,99971411
15:27:20	9060,5454	9057,1091	9040,3568	4701,06	4750,98	4800,72	42,575686	43,020695	43,389245	128,98563	0,99969845
15:27:30	9061,9773	9058,2545	9040,6432	4690,98	4745,4	4793,22	42,492354	42,976022	43,323954	128,79233	0,99972012
15:27:40	9059,6864	9056,1068	9039,0682	4689,78	4741,38	4790,58	42,474313	42,928772	43,294745	128,69783	0,99975974
15:27:50	9060,6886	9057,1091	9040,3568	4700,22	4750,44	4799,22	42,57225	43,01554	43,378936	128,96673	0,99974869
15:28:00	9058,2545	9054,675	9037,7795	4706,34	4757,46	4806,66	42,617781	43,067086	43,433918	129,11878	0,9997582
15:28:10	9064,125	9060,8318	9043,9364	4690,86	4740,96	4790,34	42,50524	42,946813	43,317081	128,	

15:31:30	9082,4523	9078,3	9061,5477	4685,52	4736,7	4784,46	42,541322	42,991486	43,34629	128,8791	0,99974627
15:31:40	9077,5841	9073,4318	9056,6795	4693,38	4745,16	4791,24	42,59115	43,04389	43,385809	129,02085	0,99975736
15:31:50	9082,5954	9078,4432	9061,6909	4688,58	4740,9	4786,14	42,570531	43,031004	43,361754	128,96329	0,99975427
15:32:00	9079,875	9075,8659	9059,2568	4696,02	4747,32	4792,98	42,624654	43,076536	43,41224	129,11363	0,99974819
15:32:10	9082,3091	9078,1568	9061,6909	4693,08	4742,88	4790,4	42,608331	43,047327	43,400413	129,05607	0,99973922
15:32:20	9079,7318	9075,7227	9058,8273	4698,24	4750,02	4797,06	42,645272	43,10059	43,448522	129,19438	0,99976803
15:32:30	9079,7318	9075,15	9058,3977	4699,62	4752,66	4797,06	42,65644	43,122068	43,445086	129,22359	0,99974876
15:32:40	9080,5909	9076,0091	9059,6864	4706,7	4756,68	4802,76	42,725168	43,161586	43,503504	129,39026	0,99974866
15:32:50	9080,4477	9076,1523	9059,6864	4705,5	4756,08	4802,76	42,71314	43,15815	43,502645	129,37393	0,99974872
15:33:00	9080,8773	9076,725	9059,8295	4703,52	4755,78	4802,22	42,697677	43,15815	43,499209	129,35503	0,99975844
15:33:10	9083,025	9078,7295	9061,6909	4682,52	4735,68	4781,52	42,516409	42,984613	43,319659	128,82068	0,99974095
15:33:20	9077,1545	9072,5727	9056,1068	4708,26	4759,68	4805,52	42,720013	43,174472	43,509518	129,404	0,99972616
15:33:30	9080,5909	9076,5818	9059,8295	4695,06	4747,02	4793,52	42,617781	43,078254	43,418454	129,11449	0,99973195
15:33:40	9083,8841	9079,875	9062,6932	4716,24	4769,94	4816,44	42,823104	43,301618	43,638381	129,7631	0,99969915
15:33:50	9081,7364	9077,4409	9060,5454	4701,84	4754,7	4799,76	42,68479	43,151277	43,47859	129,31466	0,99972814
15:34:00	9079,4454	9075,0068	9058,2545	4701,42	4753,74	4798,56	42,673622	43,1298	43,458831	129,26225	0,99976152
15:34:10	9081,45	9077,4409	9060,1159	4706,64	4760,04	4806,06	42,729463	43,198527	43,53615	129,46414	0,99975738
15:34:20	9082,4523	9078,3	9060,8318	4695,42	4750,74	4794,84	42,633245	43,118631	43,473354	129,18823	0,99976336
15:34:30	9086,175	9081,7364	9064,8409	4690,98	4742,88	4788,24	42,607472	43,065368	43,396977	129,06982	0,99975625
15:34:40	9076,4386	9072,8591	9055,9636	4717,8	4768,08	4816,74	42,80764	43,247495	43,613468	129,6686	0,99974897
15:34:50	9082,0227	9075,4364	9061,2614	4729,38	4774,02	4813,62	42,936504	43,317081	43,608313	129,8619	0,99973655
15:35:00	9081,7364	9074,1477	9061,9773	4726,92	4764,78	4802,64	42,915027	43,226877	43,513813	129,65572	0,99976361
15:35:10	9081,1636	9077,7273	9059,5432	4733,76	4789,32	4836,84	42,96915	43,465704	43,808481	130,24333	0,99968979
15:35:20	9076,2954	9072,4295	9055,8204	4710,12	4760,82	4808,22	42,731181	43,182204	43,530995	129,44438	0,99968613
15:35:30	9086,8909	9082,0227	9065,2704	4690,08	4743,36	4787,52	42,601459	43,070522	43,388386	129,06037	0,99971072
15:35:40	9083,4545	9079,7318	9062,6932	4682,7	4734	4782,78	42,517268	42,974304	43,333404	128,82498	0,99970174
15:35:50	9079,3023	9077,7273	9059,2568	4700,4	4752,18	4808,76	42,655581	43,1298	43,550754	129,33613	0,99966762
15:36:00	9081,1636	9078,0136	9061,9773	4677,48	4723,62	4775,88	42,457399	42,872072	43,268113	128,59818	0,99969847
15:36:10	9088,3227	9084,3136	9067,4182	4667,58	4719,06	4766,7	42,399572	42,860045	43,207977	128,46759	0,99965791
15:36:20	9073,2886	9069,8523	9053,1	4701,54	4751,04	4801,62	42,634963	43,080831	43,452818	129,16861	0,99960846
15:36:30	9072,8591	9068,4204	9051,9545	4685,94	4737,72	4782,9	42,499227	42,953686	43,284436	128,73735	0,99972234
15:36:40	9073,1454	9069,4227	9052,5273	4661,22	4712,7	4761,66	42,276722	42,73204	43,095436	128,1042	0,99973268
15:36:50	9072,2864	9068,5636	9051,8114	4673,22	4724,76	4773,84	42,380672	42,837709	43,201963	128,42034	0,99972651
15:37:00	9079,4454	9075,2932	9059,1136	4663,14	4712,52	4759,74	42,322254	42,756954	43,109181	128,18839	0,99971252
15:37:10	9070,7114	9066,2727	9049,6636	4675,5	4727,16	4773,18	42,395277	42,847159	43,1865	128,42894	0,99973089
15:37:20	9075,4364	9071,1409	9053,8159	4679,16	4734,06	4778,4	42,450259	42,932209	43,253509	128,63598	0,99972393
15:37:30	9079,0159	9075,15	9057,825	4680	4733,52	4780,32	42,471736	42,948531	43,288731	128,709	0,99970872
15:37:40	9074,8636	9072	9053,2432	4677,3	4736,46	4784,46	42,42964	42,957122	43,306772	128,69354	0,99971747
15:37:50	9082,1659	9077,5841	9061,2614	4656,54	4707,24	4752,18	42,275863	42,720013	43,051622	128,0475	0,9997261
15:38:00	9074,1477	9072	9054,8182	4673,46	4720,2	4777,14	42,390981	42,811936	43,246636	128,44955	0,99972058
15:38:10	9077,8704	9074,7204	9058,5409	4668,18	4713,96	4766,58	42,360913	42,768981	43,16674	128,29664	0,99971459
15:38:20	9075,7227	9071,8568	9054,1023	4685,58	4741,56	4786,38	42,509536	43,005231	43,326531	128,8413	0,99972956
15:38:30	9078,3	9074,7204	9056,9659	4682,94	4737,06	4785	42,497509	42,976881	43,329109	128,8035	0,99973057
15:38:40	9079,875	9077,0114	9060,1159	4686,54	4733,64	4786,68	42,53445	42,957122	43,358318	128,84989	0,99970139
15:38:50	9077,2977	9073,1454	9056,25	4687,2	4738,92	4785,48	42,532731	42,98805	43,329968	128,85075	0,99975346
15:39:00	9076,4386	9072,8591	9055,8204	4696,86	4747,8	4796,52	42,614345	43,066227	43,425327	129,1059	0,99971034
15:39:10	9085,1727	9081,1636	9063,9818	4673,52	4726,38	4773,84	42,444245	42,910731	43,260381	128,61536	0,99972478
15:39:20	9076,2954	9072	9054,9614	4686,42	4738,68	4784,94	42,518986	42,9786	43,31794	128,81553	0,99971628
15:39:30	9078,7295	9073,4318	9057,5386	4685,58	4736,82	4778,7	42,523281	42,970009	43,273268	128,76656	0,99972804
15:39:40	9077,2977	9073,4318	9056,3932	4700,58	4751,94	4799,1	42,652145	43,106604	43,452818	129,21157	0,99972195
15:39:50	9079,1591	9075,7227	9057,9682	4685,28	4739,46	4787,46	42,522422	43,004372	43,35574	128,88253	0,99973198
15:40:00	9079,1591	9075,2932	9058,5409	4690,8	4740,84	4788,96	42,573109	43,01554	43,372063	128,96071	0,99974177
15:40:10	9082,4523	9079,0159	9061,8341	4693,08	4745,34	4794,06	42,61005	43,073959	43,433918	129,11793	0,99974648
15:40:20	9080,7341	9076,725	9059,8295	4680,84	4732,44	4779,3	42,491495	42,945095	43,291309	128,7279	0,99974942
15:40:30	9075,15	9071,8568	9054,2454	4695,06	4748,7	4795,74	42,592868	43,069663	43,411581	129,07411	0,99972431
15:40:40	9081,45	9077,5841	9061,4045	4688,1	4735,26	4785,24	42,559363	42,975163	43,351445	128,88597	0,99973247
15:40:50	9082,5954	9079,0159	9061,5477	4664,64	4717,38	4765,2	42,351463	42,818809	43,171036	128,34131	0,99972748
15:41:00	9077,4409	9074,2909	9057,2523	4681,5	4731,48	4781,76	42,480327	42,925336	43,300759	128,70642	0,99973551
15:41:10	9079,4454	9075,5795	9058,8273	4676,22	4726,56	4775,64	42,441668	42,887536	43,25179	128,58099	0,99973207
15:41:20	9074,1477	9071,1409	9054,1023	4683,9	4733,52	4784,58	42,4872	42,928772	43,311068	128,72704	0,999737
15:41:30	9082,7386	9078,7295	9061,6909	4668,84	4721,4	4767,6	42,390981	42,85575	43,193372	128,4401	0,99974639
15:41:40	9077,7273	9074,0045	9057,5386	4686,84	4735,68	4784,52	42,531013	42,963136	43,32825	128,8224	0,99975931
15:41:50	9078,7295	9075,2932	9057,825	4681,68	4734,42	4783,44	42,488059	42,956263	43,319659	128,76398	0,99973961
15:42:00	9080,5909	9077,0114	9059,1136	4666,62	4721,58	4768,32	42,360913	42,847159	43,188218	128,39629	0,99973553
15:42:10	9082,1659	9077,8704	9060,975	4666,02	4718,28	4764,18	42,362631	42,823104	43,159868	128,3456	0,99975062
15:42:20	9079,3023	9075,2932	9058,6841	4686,48	4736,76	4783,98	42,535309	42,9786	43,32739	128,8413	0,99974612
15:42:30	9079,875	9076,4386	9059,6864	4681,2	4729,92	4780,5	42,488918	42,920181	43,300759	128,70986	0,99972417
15:42:40	9075,15	9070,8545	9054,3886	4689,12	4739,04	4785,66	42,540463	42,976881	43,323095	128,84044	0,99974862
15:42:50	9077,8704	9074,4341	9056,9659	4680,06	4732,5	4781,28	42,470877	42,935645	43,295604	128,70213	0,9997553
15:43:00	9081,3068	9078,0136	9060,6886	4678,44	4730,88	4779,18	42,471736	42,937363	43,293886	128,70299	0,99974351
15:43:10	9077,8704	9073,1454	9055,6773	4689,12	4744,8	4787,82	42,55335	43,039595	43,348868	128,94181	0,99974704
15:43:20	9080,0182	9076,1523	9059,5432	4685,16	4734,66	4782,42	42,527577	42,963136	43,319659	128,81037	0,99976714
15:43:30	9078,3	9074,5773	9057,3954	4693,38	4745,7	4792,86	42,594586	43,0542	43,402131	129,05092	0,99974401
15:43:40	9080,5909	9076,725	9059,8295	4676,28	4727,16	4775,52	42,450259	42,896986	43,257804	128,60505	0,99976006
15:43:50	9079,7318	9076,2954	9058,8273	4679,4	4732,02	4780,5	42,474313	42,939081	43,298181	128,71158	0

15:47:10	9087,3204	9083,7409	9066,5591	4663,98	4715,76	4764,18	42,366927	42,8274	43,18564	128,37997	0,99973075
15:47:20	9086,0318	9082,3091	9065,8432	4672,92	4722,42	4770,6	42,441668	42,881522	43,240622	128,56381	0,9997319
15:47:30	9086,6045	9082,4523	9065,7	4668,96	4719,54	4766,46	42,409881	42,85575	43,202822	128,46845	0,99974449
15:47:40	9088,7523	9085,1727	9068,2773	4660,44	4710,84	4759,92	42,339436	42,790459	43,154713	128,28461	0,99971909
15:47:50	9086,4614	9082,5954	9065,5568	4663,32	4714,56	4762,14	42,355759	42,811936	43,161586	128,32928	0,99972198
15:48:00	9090,1841	9086,7477	9069,8523	4662,12	4711,68	4761,66	42,360913	42,805922	43,17705	128,34389	0,99971145
15:48:10	9088,4659	9085,0295	9067,5614	4654,98	4707,06	4756,5	42,28789	42,754377	43,118631	128,1609	0,99969296
15:48:20	9085,4591	9081,8795	9064,6977	4670,04	4720,86	4770,12	42,412459	42,8652	43,229454	128,50711	0,99971743
15:48:30	9085,0295	9081,1636	9064,125	4678,02	4729,5	4777,2	42,482045	42,9408	43,29045	128,71329	0,9997114
15:48:40	9085,4591	9081,7364	9064,5545	4673,94	4725,9	4773,3	42,446822	42,910731	43,256086	128,61364	0,9997101
15:48:50	9083,3114	9080,0182	9062,9795	4673,4	4723,62	4772,58	42,433077	42,881522	43,244059	128,55866	0,99972285
15:49:00	9087,0341	9083,3114	9066,5591	4677,66	4726,74	4776	42,4872	42,925336	43,29045	128,70299	0,9996939
15:49:10	9085,8886	9082,0227	9065,4136	4671,24	4720,8	4769,04	42,425345	42,8652	43,222581	128,51313	0,99971238
15:49:20	9086,3182	9082,4523	9065,5568	4667,7	4719,24	4766,28	42,393559	42,853172	43,197668	128,4444	0,99969597
15:49:30	9085,4591	9081,1636	9064,2682	4674,42	4727,22	4773,24	42,451977	42,920181	43,255227	128,62739	0,99971669
15:49:40	9087,75	9084,4568	9066,9886	4663,14	4714,62	4764,36	42,358336	42,820527	43,187359	128,36622	0,99969325
15:49:50	9083,1682	9079,5886	9062,2636	4672,14	4723,74	4773,06	42,42105	42,880663	43,245777	128,54749	0,99973023
15:50:00	9086,4614	9082,8818	9065,7	4669,56	4720,92	4769,76	42,4116	42,871213	43,231172	128,51399	0,99971557
15:50:10	9084,8864	9081,3068	9063,8386	4674,78	4727,7	4775,82	42,452836	42,925336	43,277563	128,65574	0,99972752
15:50:20	9087,4636	9083,7409	9066,5591	4669,62	4721,52	4770,06	42,419331	42,880663	43,238045	128,53804	0,99973511
15:50:30	9088,7523	9085,1727	9067,9909	4669,86	4720,68	4769,7	42,425345	42,879804	43,241481	128,54663	0,99971723
15:50:40	9081,45	9078,3	9060,6886	4678,5	4730,94	4780,8	42,474313	42,939081	43,30935	128,72274	0,99975882
15:50:50	9086,3182	9082,8818	9065,4136	4671,84	4724,16	4773,48	42,435654	42,899563	43,264677	128,59989	0,99974743
15:51:00	9084,0273	9080,5909	9062,8364	4676,22	4729,56	4778,22	42,465722	42,936504	43,296463	128,69869	0,99975417
15:51:10	9086,7477	9083,3114	9065,7	4681,74	4735,44	4782,96	42,527577	43,003513	43,352304	128,88339	0,99974594
15:51:20	9085,6023	9082,1659	9064,6977	4684,86	4737,78	4786,08	42,550772	43,019836	43,376359	128,94697	0,99975593
15:51:30	9084,4568	9081,5932	9063,9818	4696,38	4749	4798,38	42,650427	43,118631	43,484604	129,25366	0,99975779
15:51:40	9084,6	9081,3068	9063,8386	4691,94	4744,08	4793,1	42,610909	43,07224	43,435636	129,11878	0,99975266
15:51:50	9084,6	9081,45	9064,125	4695,6	4747,38	4796,34	42,642695	43,104027	43,465704	129,21243	0,99974513
15:52:00	9092,475	9088,8954	9072	4689,18	4738,98	4788,72	42,621218	43,06279	43,434777	129,11878	0,99974582
15:52:10	9085,0295	9081,5932	9064,4114	4693,32	4744,08	4792,98	42,625513	43,0731	43,438213	129,13683	0,99975635
15:52:20	9082,7386	9079,4454	9062,6932	4702,56	4751,52	4801,02	42,700254	43,1298	43,503504	129,33356	0,99976884
15:52:30	9087,8932	9084,8864	9067,8477	4696,86	4746,12	4796,88	42,671045	43,107463	43,490618	129,26913	0,99976199
15:52:40	9090,7568	9087,1773	9070,425	4683,84	4733,1	4782,66	42,564518	43,001795	43,372063	128,93838	0,9997476
15:52:50	9084,0273	9080,8773	9064,2682	4680,96	4728,48	4779	42,509536	42,927913	43,311927	128,74938	0,9997715
15:53:00	9090,6136	9087,6068	9070,7114	4671,12	4718,76	4770,84	42,4494	42,872072	43,267254	128,58873	0,999753
15:53:10	9090,4704	9087,6068	9070,9977	4671,96	4718,94	4770,96	42,457131	42,872931	43,27069	128,60075	0,99976056
15:53:20	9095,4818	9092,1886	9075,0068	4666,32	4716,54	4766,22	42,426204	42,87465	43,244918	128,54577	0,99973707
15:53:30	9094,7659	9091,3295	9074,4341	4668,66	4718,52	4768,68	42,444245	42,889254	43,263818	128,59732	0,99973766
15:53:40	9094,3364	9091,3295	9074,0045	4673,46	4723,8	4774,74	42,484622	42,936504	43,315363	128,73649	0,99971141
15:53:50	9091,7591	9088,6091	9071,1409	4673,22	4724,7	4774,26	42,470018	42,932209	43,297322	128,69955	0,99971121
15:54:00	9094,1932	9091,3295	9073,8614	4663,86	4714,56	4766,46	42,396136	42,852313	43,239763	128,48821	0,99970708
15:54:10	9095,7682	9092,9045	9075,5795	4660,56	4710,6	4763,04	42,372081	42,824822	43,216568	128,41347	0,99970194
15:54:20	9092,6182	9089,6114	9072,2864	4667,28	4717,38	4769,1	42,42019	42,870354	43,256086	128,54663	0,99971259
15:54:30	9096,7704	9093,1909	9076,2954	4659,78	4709,88	4759,14	42,372081	42,819668	43,18564	128,37739	0,99972932
15:54:40	9093,4773	9089,8977	9072,5727	4666,14	4718,64	4766,64	42,418472	42,881522	43,238045	128,53804	0,99975856
15:54:50	9097,4864	9093,6204	9076,4386	4667,4	4719,42	4766,28	42,447681	42,907295	43,25265	128,60763	0,99975556
15:55:00	9093,6204	9089,7545	9072,8591	4681,26	4731,72	4779,12	42,556786	42,999218	43,353163	128,90917	0,99976043
15:55:10	9101,6386	9097,7727	9081,3068	4665,66	4713,84	4762,74	42,452836	42,87465	43,244918	128,5724	0,99976598
15:55:20	9100,35	9096,7704	9080,1614	4678,08	4727,28	4776,06	42,560222	42,993204	43,360036	128,91346	0,99977448
15:55:30	9102,2114	9098,0591	9081,5932	4677,96	4727,52	4774,5	42,566236	43,000936	43,353163	128,92033	0,99976139
15:55:40	9102,9273	9098,9182	9082,5954	4682,58	4730,94	4778,28	42,612627	43,036159	43,392681	129,04147	0,99977727
15:55:50	9103,0704	9099,4909	9083,025	4684,44	4732,92	4781,52	42,629809	43,055918	43,423609	129,10933	0,99975778
15:56:00	9105,2182	9101,6386	9085,0295	4684,08	4732,5	4782,3	42,635822	43,06365	43,439931	129,1394	0,99975994
15:56:10	9105,6477	9101,4954	9084,7432	4686,66	4737,48	4785,3	42,659018	43,11004	43,463986	129,23304	0,99974158
15:56:20	9107,3659	9103,5	9086,6045	4683,12	4734	4782,18	42,631527	43,086845	43,442509	129,16088	0,99969231
15:56:30	9107,2227	9103,2136	9086,3182	4682,82	4733,1	4781,4	42,627231	43,077395	43,433918	129,13854	0,99968507
15:56:40	9105,7909	9102,0682	9084,8864	4683,06	4735,68	4783,38	42,624654	43,095436	43,445945	129,16603	0,99970685
15:56:50	9105,075	9101,2091	9084,3136	4685,64	4737,3	4785	42,645272	43,106604	43,457113	129,20899	0,99970821
15:57:00	9106,3636	9102,3545	9085,6023	4683,42	4734,48	4781,94	42,631527	43,086845	43,435636	129,15401	0,9997164
15:57:10	9106,3636	9102,2114	9085,3159	4686,54	4738,38	4785,48	42,658159	43,121209	43,466563	129,24593	0,99970035
15:57:20	9107,7954	9103,9295	9087,1773	4685,4	4735,8	4784,58	42,654722	43,105745	43,466563	129,22703	0,99969559
15:57:30	9105,3614	9101,3523	9084,3136	4678,08	4731	4777,8	42,578263	43,049904	43,392681	129,02085	0,9997188
15:57:40	9105,2182	9101,0659	9084,1704	4678,62	4730,52	4777,38	42,582559	43,04389	43,388386	129,01483	0,99971849
15:57:50	9103,7864	9099,6341	9082,4523	4673,88	4727,64	4772,94	42,534445	43,010386	43,341136	128,88597	0,99973761
15:58:00	9106,7932	9102,9273	9086,0318	4669,8	4720,2	4769,52	42,509536	42,95884	43,325672	128,79405	0,99971667
15:58:10	9105,2182	9101,2091	9084,3136	4669,5	4720,98	4768,26	42,500086	42,957981	43,306772	128,76484	0,99972848
15:58:20	9108,3682	9104,6454	9087,6068	4658,1	4709,52	4757,64	42,41074	42,869495	43,225159	128,50539	0,99971708
15:58:30	9101,3523	9097,7727	9080,5909	4665,48	4717,2	4766,1	42,4494	42,905577	43,27155	128,62653	0,99976162
15:58:40	9107,0795	9103,3568	9086,0318	4653,48	4705,62	4753,14	42,365209	42,8274	43,178768	128,37138	0,99974802
15:58:50	9102,4977	9098,6318	9081,45	4661,28	4714,5	4760,82	42,416754	42,884959	43,227736	128,52945	0,99976283
15:59:00	9106,0773	9102,0682	9085,6023	4656,6	4706,1	4753,92	42,390981	42,825681	43,184781	128,40144	0,9997712
15:59:10	9107,0795	9103,2136	9086,6045	4658,1	4707,3	4756,02	42,407304	42,842004	43,207977	128,45729	0,9997507
15:59:20	9105,5045	9101,6386	9084,8864	4655,94	4707,3	4753,92	42,38239	42,833413	43,181345	128,39715	0,99976251
15:59:30	9110,6591	9106,0773	9089,325	4656,78	4709,04	4754,1	42,4116	42,872072	43,202822	128,48649	0,99

Příloha 2.3 – Průměry naměřených hodnot

```

*****
AL QATRANA CCPP                                     file : test3.txt
Preliminary Test                                   date: 15.09.2011  time: 14:30:00 - 16:00:00
Steam turbine - Test 3                             printed : 15.09.2011 - 16:03:54
Power output - 129 MW                             number of readings: 541  sampl. period: 10 [sec]
-----                                           page: 1
*****

```

```

Symbol          Measured quantity          Characteristic values          Short statistic
-----          -----          -----          -----
SKODA          Unit  Average  Minimum  Maximum  Standard valid  Readings in range %
*****          *****          *****          *****          *****          *****

```

E L E C T R I C Q U A N T I T I S															
Symbol	Measured quantity	Unit	Average	Minimum	Maximum	Standard	valid	Readings	in	range	%				
U1	Voltage - phase 1	[V]	9064.646	9031.193	9110.659	17.7745	541	541	0	0	0	0	0	0	0
U2	Voltage - phase 2	[V]	9060.560	9025.322	9106.077	17.9942	541	541	0	0	0	0	0	0	0
U3	Voltage - phase 3	[V]	9043.889	9009.000	9089.325	17.8577	541	541	0	0	0	0	0	0	0
I1	Current - phase 1	[A]	4701.565	4653.479	4763.640	23.9518	541	531	10	0	0	0	0	0	0
I2	Current - phase 2	[A]	4752.730	4705.619	4814.280	24.3950	541	533	8	0	0	0	0	0	0
I3	Current - phase 3	[A]	4799.789	4752.180	4860.000	23.9316	541	535	6	0	0	0	0	0	0
Pbm1	Generator elektric power output - phase 1	[MW]	42.60207	42.20885	43.13065	.177788	541	537	4	0	0	0	0	0	0
Pbm2	Generator elektric power output - phase 2	[MW]	43.05272	42.65042	43.57652	.180908	541	536	5	0	0	0	0	0	0
Pbm3	Generator elektric power output - phase 3	[MW]	43.39937	42.98633	43.90899	.178322	541	538	3	0	0	0	0	0	0
Pb400	Generator elektric power output	[MW]	129.0541	127.8456	130.6161	.535391	541	537	4	0	0	0	0	0	0
Cosfi	Power factor	[Cos]	.9997347	.9996084	.9997770	.000026	541	541	0	0	0	0	0	0	0

Příloha 3.1 – Výpočet strojovny

Budova

Výška stropu

Strop – trapézový plech, šikmá střecha, podepřeno nosníky, měřeno ve všech 4 rozích, jak na spodní vlnu, tak na horní vlnu plechu.

	Spodní	Horní
1	14,617	14,707
2	14,276	14,364
3	14,613	14,530
4	14,192	14,201
Průměr	14,4375 m	

Délka strojovny

Stěny strojovny hladký litý beton, vystupují sloupy, které podpírají jeřábovou dráhu a střechu.
43,46 m

Šířka strojovny

28,65 m

Turbína

Měřicí plocha	Rozměry + 1 (resp. 2) m						
	šířka	délka	výška	šířka	délka	výška	Plocha
Generátor	2,712	6,641	3,58	4,712	7,641	4,58	127,58
Turbína	6,162	8,91	3,58	8,162	9,91	4,58	224,84
Suma							352,42

Korekce na vliv prostředí

Alfa	0,15	pro strojovny
S_v	4572,43 m ²	plocha ohraničující zkušební místnost (strojovnu)
A	685,87 m ²	pohltivost
S	352,42 m ²	plošný obsah měřicí plochy turbosoustrojí
K_{2A}	4,9 dB	korekce na vliv prostředí
A/S	1,9	místnost způsobila k měření

	šířka (m)	délka (m)	výška (m)	Plášť (m ²)
Strojovna	28,65	43,46	14,44	4572,4
Měřicí plocha				352,42

Příloha 3.2 – Naměřené hodnoty

TG3 - výkon 50 MW

TG4 - před najetím, vakuum (pískají ucpávky $f = 4K$, zvyšuje hluk u TG3 asi o 0.3 dB(A). U ucpávky TG4 naměřeno 97,8 dB(A).

Turbogenerátor	L_p [dB(A)]	Po korekci na prostředí
1	87,0	82,1
2	86,7	81,8
3	87,8	82,9
4	89,9	85,1
5	90,1	85,3
6	90,4	85,6
7	89,0	84,2
8	87,9	83,1
9	87,2	82,3
10	87,2	82,3
11	87,4	82,5
12	88,8	83,9
13	86,7	81,8
14	88,4	83,5
15	86,9	82,1
16	87,2	82,3
17	86,9	82,1
18	87,6	82,7
19	87,9	83,0
20	90,7	85,9
21	90,5	85,6
22	88,5	83,6
Střední hodnota	88,4	83,6

Generátor	L_p [dB(A)]	Po korekci na prostředí
1	87,0	82,1
2	86,7	81,8
3	87,8	82,9
4	89,9	85,1
5	90,1	85,3
6	90,4	85,6
20	90,7	85,9
21	90,5	85,6
22	88,5	83,6
Střední hodnota	89,3	84,5

Turbina	L_p [dB(A)]	Po korekci na prostředí
7	89,0	84,1
8	87,9	83,0
9	87,1	82,3
10	87,1	82,3
11	87,3	82,5
12	88,7	83,9
13	86,6	81,8
14	88,4	83,5
15	86,9	82,0
16	87,1	82,3
17	86,9	82,0
18	87,5	82,7
19	87,8	83,0
Střední hodnota	87,6	82,8

Turbina NT část	L_p [dB(A)]	Po korekci na prostředí
7	89,0	84,1
8	87,9	83,0
9	87,1	82,3
17	86,9	82,0
18	87,5	82,7
19	87,8	83,0
Střední hodnota	87,8	82,9

Turbina VT část	L_p [dB(A)]	Po korekci na prostředí
10	87,1	82,3
11	87,3	82,5
12	88,7	83,9
13	86,6	81,8
14	88,4	83,5
15	86,9	82,0
16	87,1	82,3
Střední hodnota	87,5	82,7

Příloha 4.1 – Určení nejistoty vnitřní termodynamické účinnosti VT dílu

Určení nejistoty vnitřní termodynamické účinnosti VT dílu

Vstupní měřené veličiny

Ozn.	Název místa měření	Jednotka	Hodnota	Typ snímače	Rozsah MPa, °C	Nejistota z rozsahu %	Nejistota %
p420	Admisní pára před RZV - levá	MPa	12,9	1151	15	0,25	0,29
p421	Admisní pára před RZV - pravá	MPa	12,95	1151	15	0,25	0,29
p428	Pára na výstupu z VT dílu - levá	MPa	3,56	1151	4	0,25	0,28
p429	Pára na výstupu z VT dílu - pravá	MPa	3,57	1151	4	0,25	0,28
t420	Admisní pára před RZV - levá	°C	538,87	Pt100	650	-	0,35
t421	Admisní pára před RZV - pravá	°C	538,25	Pt100	650	-	0,35
t428	Pára na výstupu z VT dílu - levá	°C	372,29	Pt100	650	-	0,35
t429	Pára na výstupu z VT dílu - pravá	°C	367,49	Pt100	650	-	0,35

Výpočet nejistoty termodynamické účinnosti VT dílu

	Název	Jednotka	Hodnota	Počet míst měření	Přídavná nejistota %	Chyba parních tabulek %	Nejistota celková %	$\eta_{tdVT}=f(X+\Delta X)$	$\eta_{tdVT}=f(X-\Delta X)$	Citlivost %/%
1.	Střední tlak vstupní páry před RZV	MPa	12,925	2	-	-	0,21	75,93122901	75,41751935	1,22312
2.	Střední tlak páry na výstupu VT	MPa	3,565	2	-	-	0,2	75,62433864	75,72346813	-0,24782
3.	Střední teplota vstupní páry před RZV	°C	538,56	2	-	-	0,25	75,01399636	76,32971091	-2,63143
4.	Střední teplota výstupní páry z VT	°C	369,89	2	-	-	0,25	76,33588891	75,01243216	2,64691

Výpočet nejistoty termodynamické účinnosti VT dílu - pokračování

	Název	Jednotka	Hodnota	Počet míst měření	Přídavná nejistota %	Chyba parních tabulek* %	Nejistota celková %	$\eta_{tdVT}=f(X+\Delta X)$	$\eta_{tdVT}=f(X-\Delta X)$	Citlivost %/%
5.	Entalpie vstupní páry	kJ/kg	3442,057	-	-	0,01	-	75,76345515	75,5843641	8,95455
6.	Entalpie výstupní páry	kJ/kg	3151,172	-	-	0,01	-	75,59193149	75,75588776	-8,19781
7.	Isoentropický spád VT	kJ/kg	384,3918	-	-	0,15	-	75,56056877	75,78759101	-0,75674
	Poměrná nejistota určení termodynamické účinnosti	%					0,98			
	Termodynamická účinnost VT	%					75,674			
	Výsledná hodnota účinnosti VT	%					75,67 ± 0,74			

* Předpokládaná chyba parních tabulek 0,4 kJ/kg - IAPWS IF97.

Příloha 4.2 – Určení nejistoty vnitřní termodynamické účinnosti ST dílu

Určení nejistoty vnitřní termodynamické účinnosti ST dílu

Vstupní měřené veličiny

Ozn.	Název místa měření	Jednotka	Hodnota	Typ snímače	Rozsah MPa, °C	Nejistota z rozsahu %	Nejistota %
p432	Pára do STTG - levá	MPa	3,1049	1151	3,5	0,25	0,28
p433	Pára do STTG - pravá	MPa	3,1049	1151	3,5	0,25	0,28
p441	Odběrová pára - odběr č. IV	MPa	0,298	1151	0,35	0,25	0,29
t433	Pára do STTG - pravá	°C	528,91	Pt100	650	-	0,35
t444	Pára na výstupu z ST dílu - levá	°C	220,7	Pt100	650	-	0,35
t445	Pára na výstupu z ST dílu - pravá	°C	221,57	Pt100	650	-	0,35

Výpočet nejistoty termodynamické účinnosti ST dílu

	Název	Jednotka	Hodnota	Počet míst měření	Přidavná nejistota %	Chyba parních tabulek %	Nejistota celková %	$\eta_{tdST}=f(X+DX)$	$\eta_{tdST}=f(X-DX)$	Citlivost %/%
1.	Střední tlak páry do STTG	MPa	3,105	2	-	-	0,2	92,50929442	92,27280331	0,59123
2.	Střední tlak páry na výstupu z ST	MPa	0,298	1	-	-	0,29	92,35233857	92,42934514	-0,13277
3.	Střední teplota vstupní páry do STTG	°C	528,91	1	-	-	0,35	92,05407969	92,72597093	-0,95984
4.	Střední teplota výstupní páry z ST dílu	°C	221,14	2	-	-	0,25	92,61434395	92,16748061	0,89373

Výpočet nejistoty termodynamické účinnosti ST dílu - pokračování

	Název	Jednotka	Hodnota	Počet míst měření	Přidavná nejistota %	Chyba parních tabulek* %	Nejistota celková %	$\eta_{tdST}=f(X+DX)$	$\eta_{tdST}=f(X-DX)$	Citlivost %/%
5.	Entalpie vstupní páry	kJ/kg	3521,006	-	-	0,01	-	92,44408113	92,33772107	5,318
6.	Entalpie výstupní páry	kJ/kg	2909,293	-	-	0,01	-	92,34696016	92,43484204	-4,39409
7.	Isoentropický spád ST	kJ/kg	662,0917	-	-	0,09	-	92,30782406	92,47412781	-0,92391
	Poměrná nejistota určení termodynamické účinnosti	%					0,44			
	Termodynamická účinnost ST	%					92,391			
	Výsledná hodnota účinnosti ST	%					92,39 ± 0,41			

* Předpokládaná chyba parních tabulek 0,4 kJ/kg - IAPWS IF97.

Příloha 4.3 – Určení nejistoty měrné spotřeby tepla

Určení nejistoty měrné spotřeby tepla

Vstupní měřené veličiny

Ozn.	Název místa měření	Jednotka	Hodnota	Typ snímače	Rozsah MPa, K	Nejistota z rozsahu %	Nejistota %
F401	Admisní pára - levá	t/h	158,03	-	-	-	-
F402	Admisní pára - pravá	t/h	158,13	-	-	-	-
F403	Vratná pára u clony - levá	t/h	147,12	-	-	-	-
F404	Vratná pára u clony - pravá	t/h	148,56	-	-	-	-
F405	Napájecí voda do kotle	t/h	315,67	-	-	-	-
p420	Admisní pára před RZV - levá	MPa	12,9	1151	15	0,25	0,29
p421	Admisní pára před RZV - pravá	MPa	12,95	1151	15	0,25	0,29
p428	Pára na výstupu z VT dílu - levá	MPa	3,56	1151	4	0,25	0,28
p429	Pára na výstupu z VT dílu - pravá	MPa	3,57	1151	4	0,25	0,28
p432	Přihřátá pára - levá	MPa	3,1049	1151	4	0,25	0,32
p433	Přihřátá pára - pravá	MPa	3,1049	1151	4	0,25	0,32
p405	Napájecí voda do kotle	MPa	15,72	1151	18	0,25	0,29
t420	Admisní pára před RZV - levá	°C	538,87	Pt100	650	-	0,35
t421	Admisní pára před RZV - pravá	°C	538,25	Pt100	650	-	0,35
t428	Pára na výstupu z VT dílu - levá	°C	372,29	Pt100	650	-	0,35
t429	Pára na výstupu z VT dílu - pravá	°C	367,49	Pt100	650	-	0,35
t433	Přihřátá pára před RZZV - pravá	°C	528,91	Pt100	650	-	0,35
t405	Napájecí voda do kotle	°C	214,21	Pt100	650	-	0,35
NeI400	Činný elektrický výkon TG na svorkách alternátoru	MW	105,1	LMG 450	-	0,1	-

Odhad vlivnosti nejistot měřených veličin, které vstupují do vzorce měrné spotřeby tepla

	Název	Jednotka	Hodnota	Počet míst měření	Chyba parních tabulek % **	Nejistota celková V %	HR=f(X+ΔX)	HR=f(X-ΔX)	Citlivost Cx %/%	Součin (Vx.Cx)^2
1.	Součet průtoků páry *	t/h	316,16	-	-	1	8730,057	8522,97	1,03544	1,072135994
2.	Průtok vratné páry *	t/h	295,68	-	-	0,75	8634,317	8618,71	0,10405	0,006089851
3.	Napájecí voda do kotle	t/h	315,67	-	-	1	8598,831	8654,197	-0,27683	0,076634849
* U průtoků je uvažována pouze nejistota určení tlakové diference a hustoty média.										
4.	Střední tlak vstupní páry před RZV	MPa	12,925	2	-	0,21	8625,628	8627,399	-0,04217	7,84234E-05
5.	Střední tlak páry na výstupu z VT dílu	MPa	3,565	2	-	0,2	8626,92	8626,108	0,0203	1,64836E-05
6.	Střední tlak páry před RZZV	MPa	3,1049	2	-	0,23	8626,312	8626,716	-0,00878	4,07798E-06
7.	Tlak napájecí vody	MPa	15,72	1	-	0,29	8626,463	8626,565	-0,00176	2,60508E-07
8.	Střední teplota vstupní páry před RZV	°C	538,56	2	-	0,25	8637,218	8609,046	0,56344	0,01984154
9.	Střední teplota výstupní páry z VT	°C	369,89	2	-	0,25	8620,329	8632,704	-0,2475	0,003828516
10.	Teplota páry před RZZV	°C	528,91	1	-	0,35	8638,259	8614,77	0,33556	0,013793563
11.	Teplota napájecí vody	°C	214,21	1	-	0,35	8616,411	8636,608	-0,28853	0,010198071
12.	Elektrický výkon na svorkách	MW	105,1	1	-	0,71	-	-	-1	0,5041
13.	Entalpie páry před VT RZV	kJ/kg	3442,057	-	0,01	-	8627,549	8625,478	1,0355	0,000107226
14.	Entalpie páry za VT	kJ/kg	3151,172	-	0,01	-	8625,627	8627,4	-0,8865	7,85882E-05
15.	Entalpie páry před RZZV	kJ/kg	3521,007	-	0,01	-	8627,504	8625,523	0,9905	9,8109E-05
16.	Entalpie napájecí vody	kJ/kg	921,6799	-	0,04	-	8626,237	8626,791	-0,06925	7,6729E-06
	Poměrná nejistota určení měrné spotřeby tepla	%			-		1,31		-	
	Měrná spotřeba tepla	kJ/kWh					8626,51			
	Výsledná hodnota měrné spotřeby tepla	kJ/kWh					8626,51 ± 113,01			

** Předpokládaná chyba parních tabulek 0,4 kJ/kg - IAPWS IF97.