

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta strojní**  
**Katedra energetiky**

**Návrh ohřevu turbonapáječky**  
**bloku 200 MW v EDĚ**

**Proposal of Turbo Feedwater Pump**  
**of Unit 200 MW in EDĚ**

**Student:** Jan Kolomazník  
**Vedoucí bakalářské práce:** Ing. Radim Janalík, CSc.

**Ostrava 2009**

## Zadání bakalářské práce

Student: **Jan Kolomazník**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 3907R004 Provoz a řízení v energetice  
Téma: **Návrh ohřevu turbonapáječky bloku 200 MW v EDĚ**  
**Proposal of Turbo Feedwater Pump of Unit 200 MW in EDĚ**

Zásady pro vypracování:

Práce bude obsahovat :

a) Textová část

- Popis stávajícího způsobu ohřevu TN
- Stanovení potřebného množství tepla pro ohřev a jeho cena
- Návrh nového způsobu ohřevu TN
- Porovnání potřebného množství tepla pro ohřev TN, stávající a nový způsob ohřevu

b) Grafická část

- Schéma stávajícího ohřevu
- Schéma nového ohřevu
- Grafické porovnání stávajícího a nového ohřevu

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] RAJNIAK a kolektiv: *Tepelno-energetické a emisné meranie*. Ister Science, 1997.  
[2] AMBROS, F.: *Experimentální metody a technika*. Praha, ČVUT, 1993  
[3] ČSN EN ISO 9906 : *Hydrodynamická čerpadla – Přejímací zkoušky hydraulických výkonových parametrů – Stupeň přesnosti 1 a 2*


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Radim Janalík, CSc.**

Datum zadání: 29.09.2008

Datum odevzdání: 22.05.2009



  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Pavel Kolat, DrSc.  
vedoucí katedry

  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

## **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou (bakalářskou) práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové (bakalářské) práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

## Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové (bakalářské) práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové (bakalářské) práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Kolomazník, J. Tvorba návrhu ohřevu turbonapáječky bloku 200 MW v EDĚ. Ostrava: katedra energetiky, Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2009, 33 s. Diplomová práce, vedoucí Ing. Radim Janalík, CSc.

Diplomová práce se zabývá problematikou prohřevu napájecího čerpadla turbonapáječky 200 MW bloku Elektrárny Dětmárovice. V úvodu je popis funkce napájecího zařízení a příslušenství. Dále je řešen postup a podmínky prohřevu napájecího čerpadla a navržen nový způsob tohoto prohřevu a jeho řešení. Jsou zde vypočteny náklady obou ohřevů a rovněž vyčísleny úspory při provozování turbonapáječky. Na základě dosažených výsledků jsou porovnány oba způsoby prohřevů, včetně přínosu nového prohřevu v době najíždění výrobního bloku.

## **ANNOTATION OF THESIS**

Kolomazník, J. Proposal of Turbo Feedwater Pump of Unit 200 MW in EDĚ. Ostrava: Department of Power Engineering, Faculty of Mechanical Engineering VŠB - Technical University of Ostrava, 2009, 33 p. Thesis, head: Ing. Radim Janalík, CSc.

The thesis concerns problems of through heating a feed pump of a Power Station Detmarovice's turbo feedwater pump of 200 MW unit. Feed device and accessories functions are described in the introduction. Further on a process and conditions of through heating the feed pump are being dealt with and a new method of through heating and its resolution is proposed. The costs of both through heating options are calculated here and saving of running the turbo feedwater pump are evaluated. Based on the results achieved both methods of through heating are compared including the benefits of the new through heating in time of production unit start up.

## OBSAH:

1	Úvod .....	8
2	Popis zařízení.....	9
2.1	Popis podávacích čerpadel 300 QHP: .....	11
2.2	Popis napájecích čerpadel 300 KHN (VB1,4) .....	12
2.3	Popis napájecí čerpadel KNE 4.1 -300-7 (VB2,3) .....	15
2.4	Pomocná zařízení .....	15
2.5	Podmínky pro bezpečný provoz.....	15
3	Popis stávajícího způsobu prohřevu TN .....	17
3.1	Stav zařízení turbonapáječky před najetím .....	17
3.2	Technické provedení prohřevu napájecího čerpadla.....	18
3.3	Sled manipulací pro prohřev .....	19
3.4	Průběh teploty v napájecí nádrži v době najíždění.....	19
3.5	Zhodnocení izolace čerpadla při prohřevu .....	19
4	Návrh nového způsobu prohřevu TN.....	21
5	Stanovení a porovnání potřebného množství tepla pro prohřev NČ TN .....	23
5.1	Výpočet ceny stávajícího způsobu ohřevu .....	23
5.2	Stanovení ceny nového způsobu ohřevu .....	25
6	Ekonomie provozu TN oproti dvěma EN: .....	26
6.1	Použité teplo pro TN: .....	27
6.2	Elektrická energie pro dvě EN:.....	28
6.3	Přínos při napájení VB pomocí TN:.....	28
6.4	Celkové porovnání nákladů různého provozování .....	29
7	Vliv lidského faktoru při provozování .....	30
8	Závěr .....	32
	Seznam použité literatury:.....	33

Zkratky:

EA	elektro armatura
EN	elektronapáječka
EPK	expandér provozních kondenzátů
KOTG	kondenzátor turbogenerátoru
NČ	napájecí čerpadlo
NNV	nádrž napájecí vody
PČ	podávací čerpadlo
RA	ruční armatura
TN	turbonapáječka
VB	výrobní blok
VN	výškové nádrže
VNS	vysokotlaká napájecí stanice
VS	vstříky pro chlazení páry na kotli
ZK	zpětná klapa

P	příkon elektrický	[kW]
Q	teplo	[GJ/h]
Q <sub>k</sub>	teplo obsažené v kondenzátu	[GJ/h]
Q <sub>p</sub>	teplo obsažené v páře	[GJ/h]
c	měrná tepelná kapacita vody	[kJ/kg×K]
i	entalpie	[kJ/kg]
m´	hmotnostní průtok	[t/h]
p	tlak	[kPa]
Δt	rozdíl teplot	[°C]
t	teplota	[°C]

# 1 Úvod

Cílem této práce je zhodnocení prohřevu čerpadla turbonapáječky na výrobním bloku 200 MW v Elektrárně Dětmarovice. Snahou je upřednostnění provozování turbonapáječky před elektronapáječkami. Jedná se především o stav, kdy VB (výrobní blok) najíždí a napájení kotle je nejdříve zajištěno elektronapáječkami, poté je kotel napájen pomocí TN (turbonapáječky). V souvislosti na navazující funkční celky a zařízení kotelny i strojovny je problematika provozování napájení kotle velmi rozsáhlá.

V textu této práce jsou vypočteny náklady na provoz TN (turbonapáječky) vůči dvěma EN (elektronapáječkám). Je zde popsán stávající způsob prohřevu NČ TN (napájecího čerpadla turbonapáječky). Pro zkrácení doby prohřevu a dřívější zprovoznění TN je navržen nový způsob prohřevu NČ, ten zajistí dřívější připravenost napájecího čerpadla turbonapáječky pro napájení kotle. Novým prohřevem docílíme úspory vlastní spotřeby elektrické energie v době najíždění výrobního bloku. Na základě dosažených výsledků jsou porovnány oba způsoby prohřevu, včetně přínosu nového prohřevu v době najíždění výrobního bloku.



## 2 Popis zařízení

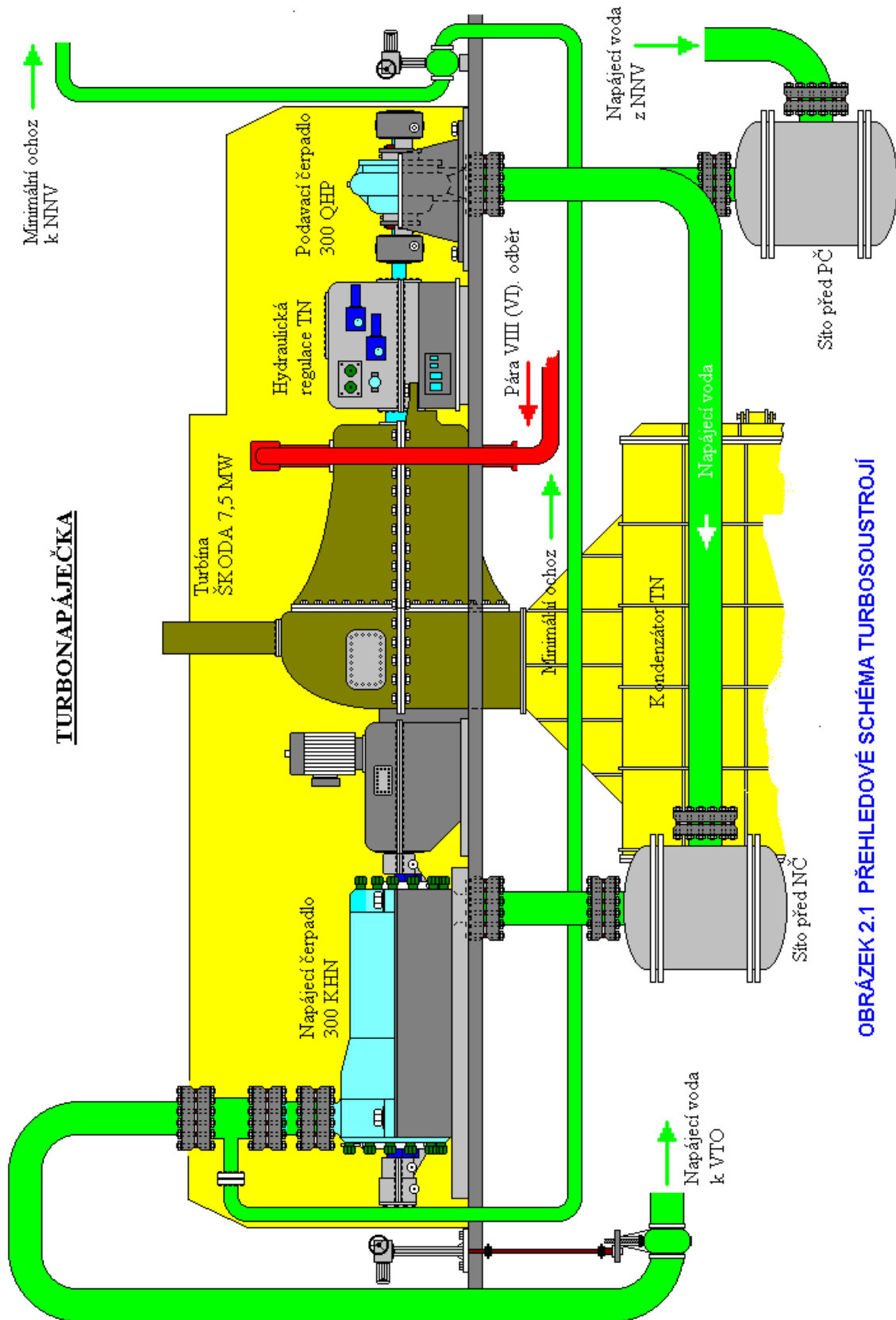
Pro kapitolu 2 byla použita literatura [1]

Elektrárna Dětmarovice má čtyři shodné výrobní bloky o výkonu 200MW. Pro napájení průtlačných kotlů 650 t/h je určena NS, která se sestává z TN a dvou elektronapáječek EN. NS čerpá vodu přes dva vysokotlaké ohříváky VTO do systému kotle. Napájecí voda je do sání TN a dvou EN přivedena z NNV.

Hlavní napájecí soustrojí turbonapáječky se skládá z NČ typu Sigma 300 KHN na VB 1 a VB 4 nebo typu Sigma KNE 4.1-300-7 na VB 2 a VB 3. NČ je poháněno parní kondenzační turbínou typu Škoda K 7,5 - 10. Od druhého volného konce hřídele turbíny je poháněno podávací čerpadlo typu Sigma 300 QHP.

TN používáme za provozu VB. Při najíždění VB jsou v provozu jedna, poté druhá elektronapáječka a po prohřátí napájecího čerpadla turbonapáječky napájí kotel TN. Odstavené EN slouží jako 100 % záloha, pro případ výpadku TN.

Cesta napájecí vody (viz obrázek 2.1 přehledové schéma turbosoustrojí) z NNV vede do sání PČ TN a výtlač tohoto podávacího čerpadla je zaveden do sání NČ TN. Z meziodběru NČ TN je vyvedena trasa tzv. meziodběru, který slouží v kotli jako vstříkovací voda pro regulaci teploty přihřáté páry pro vstříky VS III. Z výtlaču NČ TN je kromě výtlaču napájecí vody přes uzavírací EA vyvedena trasa minimálního obtoku TN zpět do NNV (přes EA) a trasa prohřevu napájecího čerpadla do expandéru provozních kondenzátů (přes RA a EA). Z předpisu výrobce vyplývá nutnost prohřívání napájecího čerpadla TN na VB 1 a VB 4 po dobu minimálně 210 minut. Prohřev napájecích čerpadel na VB 2 a VB 3 se neprovádí. Prohřev stojícího napájecího čerpadla je proveden tak, že teplá voda protéká přes PČ TN, poté proudí do NČ TN, kde předá teplo, poté je odvedena přes uzavírací armatury do EPK. Minimální obtok TN zajišťuje minimální průtok vody přes TN a prohřev slouží k prohřátí čerpadla před samotným najetím TN. Výtlač je veden přes VTO do systému kotle přes uzavírací EA výtlaču TN. Výtlačky a meziodběry TN, EN 1 a EN 2 jsou na výstupech vždy spojeny do samostatné trasy výtlačů a trasy meziodběrů vysokotlaké napájecí stanice. Výkon napájecího čerpadla TN je 690 t/hod, měrná energie je 29,1 kJ/kg.



**TURBONAPÁJEČKA**

**OBRÁZEK 2.1 PŘEHLEDOVÉ SCHÉMA TURBOSOUSTROJÍ**

## 2.1 Popis podávacích čerpadel 300 QHP:

Podávací čerpadla typu QHP jsou řešená jako odstředivá, horizontální, spirální, s oběžným kolem a oboustranným vstupem, měkkými ucpávkami s valivými ložisky. (viz Obrázek 2.2 podávací čerpadlo 300 qhp)

### a.) Stator

Stator čerpadla tvoří těleso čerpadla, víko, ucpávková tělesa, ložiskové konzoly, statorové těsnící kruhy a spojkové součásti. Na těleso čerpadla jsou umístěna hrdla ve vertikálním směru (nahoru nebo dolů). Upevňovací patky čerpadla jsou umístěna v horizontální rovině, která prochází v bezpečnostní blízkosti podélné osy čerpadla. Těleso čerpadla tvoří výtlačnou spirálu a jednu sací spirálu. K tělesu čerpadla se strany opačné pohonu je připevněno víko tělesa, které současně tvoří druhou sací spirálu. K tělesu čerpadla a víku tělesa jsou připevněna ucpávková tělesa opatřená chladíci komorami spolu s ložiskovými konzolami. Konstruktivní řešení statoru umožňuje demontáž vnitřních dílů čerpadla bez demontáže tělesa čerpadla ze základové desky a bez demontáže sacího a výtlačného potrubí.

### b.) Rotor

Rotor čerpadla tvoří hřídel, oběžné kolo, ucpávková pouzdra, upínací matice (případně těsnící matice ucpávkových pouzder) pera, distanční kroužky, těsnící kroužky a odstříkávací kroužky. Rotor čerpadla je dynamicky vyvážen s dovoleným nevyvážkem dle podnikové normy.

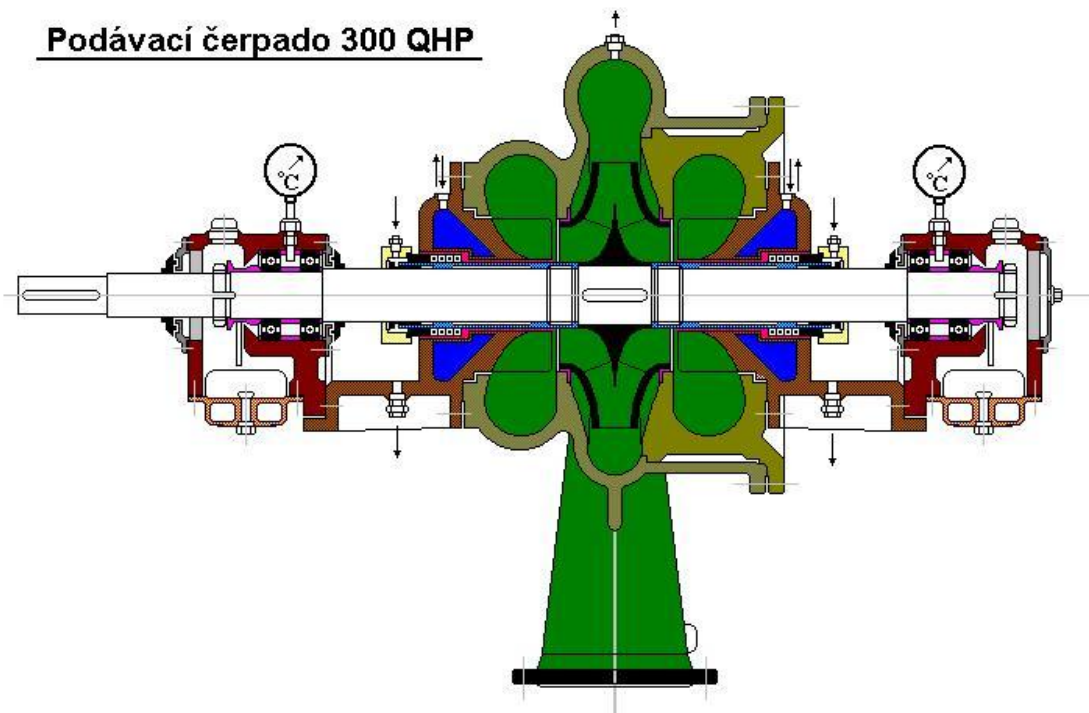
### c.) Ložiska

Rotor čerpadla je oboustranně uložen ve valivých ložiskách. Ložisko ze strany pohonu zachycuje pouze radiální zatížení rotoru a další ze strany opačného pohonu zachycuje jak radiální, tak i případné axiální zatížení rotoru. Ložiska jsou mazána olejem pomocí mazacích kroužků a mazacích pouzder. Ložiskové konzoly jsou chlazeny vodou z VN.

### d.) Ucpávky

Utěsnění rotoru vůči statoru v místech, kde rotor vystupuje z hydraulické části čerpadla, je provedeno měkkými ucpávkami, chlazenými vodou přiváděnou do chladících komor v ucpávkových tělesech a ucpávkových přírub.

## Podávací čerpadlo 300 QHP



OBRÁZEK 2.2 PODÁVACÍ ČERPADLO 300 QHP

## 2.2 Popis napájecích čerpadel 300 KHN (VB1,4)

Teplota napájecí vody	169 °C
Dopravní výška	2973 m
Dopravované množství	690 t/h
Otáčky	4 625 ot/min
Příkon	7 520 kW
Výkon na spojce turbíny	7 520 kW
Otáčky (pracovní oblast)	3 600 - 4 625 ot/min

Tato napájecí čerpadla jsou řešená jako článková, horizontální, odstředivá a zapouzdřená ve válcovém plášti.

Proti axiálnímu posunutí rotoru napájecího čerpadla je instalován HD kotouč, kde je přiváděna část vody z výtlaku a tlakem vody na HD kotouč je kompenzován axiální posuv rotoru. Odpad vody od HD kotouče je odveden zpět do sání napájecího čerpadla. (Schéma viz OBRÁZEK 2.3. NAPÁJECÍ ČERPADLO)

### a.) Stator

Hlavní částí statoru je plášť čerpadla, na kterém je přivařeno sací a výtlačné hrdlo. Do pláště jsou vsunuta jednotlivá tělesa článků s rozvaděči a jsou

stažena dvěma přítlačnými talíři, které dotlačují výtlačné víko. Tělesa článků jsou v plášti zajištěna proti pootočení perem. Další součástí statoru je vysokotlaké víko, ucpávková tělesa, dělené ložiskové konzoly. V ložiskových konzolách jsou uloženy dvoudílné pánve a na výtlačné straně axiální segmentové ložisko. K hlavním statorovým dílům patří dosedací deska, která je umístěna ve výtlačném víku.

#### b.) Rotor

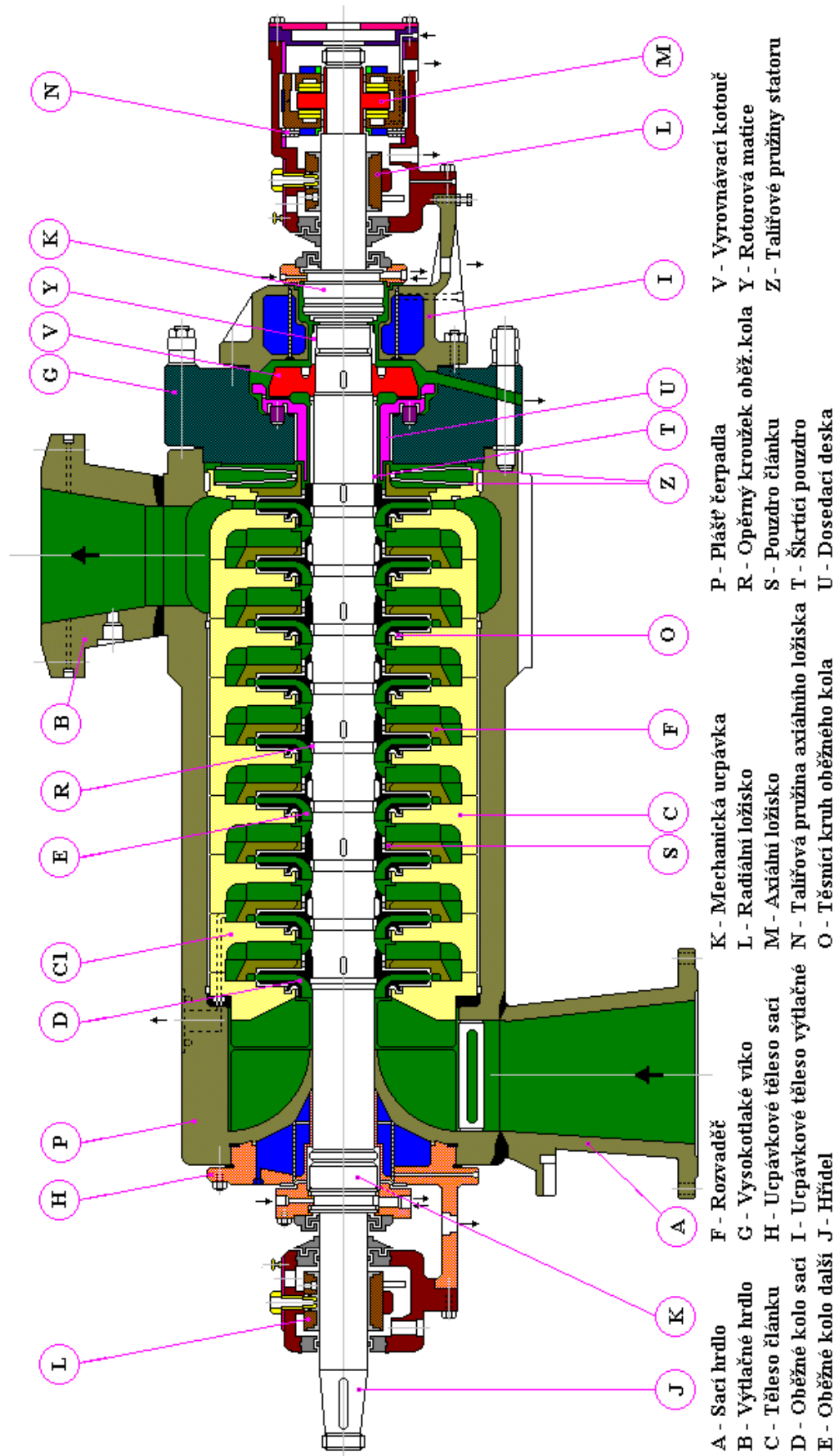
Rotor napájecího čerpadla tvoří hřídel, škrťící pouzdro, hřídelové matice, vyrovnávací kotouč, rozpěrací pouzdra, oběžná kola, odstříkovací kroužky, kotouče segmentového ložiska, mazací kroužky a hřídelová pera.

#### c.) Ložiska

Rotor čerpadla je oboustranně uložen v dělených, radiálních ložiscích. Částečný axiální tah rotoru, nutný pro odlehčení vyrovnávacího zařízení při rozběhu a doběhu čerpadla, kdy ještě plně vyrovnávací zařízení nefunguje, je zachycen kluzným axiálním ložiskem s naklápěcími segmenty. Axiální segmentové ložisko je řešeno jako obousměrné. Ze strany sání je ložisko opřeno o talířovou pružinu. Obousměrné provedení axiálního ložiska je z toho důvodu, aby při případném axiálním posuvu rotoru směrem do výtlačku (při rozběhu) nedošlo k dosednutí oběžných kol zadními disky na rozvaděče.

#### d.) Ucpávky

Utěsnění rotoru vůči statoru v místech, kde rotor vystupuje z hydraulické části čerpadla do ložiskových konzol, je provedeno speciálními mechanickými ucpávkami. Je použito tzv. stacionárních ucpávek s rotujícím sedlem. Stacionární nerotující části mechanické ucpávky (uhlíkový kroužek, teflonový klín, pružiny a těleso ucpávky) jsou upevněny na válcovém pouzdře ucpávkové příruby, přičemž uhlíkový těsnící kroužek spolu s teflonovým klínem jsou axiálně posuvné se zajištěním proti protočení. Příruby mechanických ucpávek jsou pevně spojeny šrouby s tělesy ucpávek. Rotační část mechanické ucpávky (sedlo) je pevně spojena s hřídelem.



**OBRÁZEK 2.3 NAPÁJECÍ ČERPADLO 300KHN**

## **2.3 Popis napájecí čerpadel KNE 4.1 -300-7 (VB2,3)**

Čerpadlo je konstruováno na tzv. „studené starty“. To znamená, že z hlediska pevnosti tlakem namáhaných dílců je řešeno na teplotní šok 160°C. „Studeným startem“ se rozumí stav, kdy je v čerpadle před jeho spuštěním napájecí voda o teplotě nižší než 80 °C. Během provozu snáší i teplotní šoky, související s náhlým poklesem teploty napájecí vody. Další popis není náplní této práce.

## **2.4 Pomocná zařízení**

Pomocná zařízení zajišťují všechny potřebné podmínky, jejichž splnění umožňuje správný chod napájecího zařízení.

Pomocné zařízení sestává z:

- přívodu a odvodu upravené chladicí vody (změkčená voda VN „A“ a „B“)
- přívodu a odvodu chladicí vody pro chladiče a kondenzátor (dekarbonizovaná voda)
- zahlcení ucpávek NČ z výtlačku KČ II°
- potrubí olejového rozvodu a chladiče oleje
- měřících přístrojů
- potrubí přívodu páry
- veškerých ostatních potrubí - zahlcení ucpávek, odsávání chladiče apod.
- armatur na všech potrubních rozvodech
- olejového hospodářství turbíny
- kontinuálního čištění kondenzátoru

Napájecí voda je do podávacích čerpadel přiváděna z napájecí nádrže a odtud je čerpána napájecími čerpadly přes vysokotlaké ohříváky do systému kotle. Množství napájecí vody do kotle je udržováno regulací otáček napájecího čerpadla pomocí hydraulické spojky u elektronapáječek a pomocí změny otáček turbíny u turbonapáječky.

## **2.5 Podmínky pro bezpečný provoz**

- Montáž potrubí a armatur na čerpadlo musí být provedena tak, aby síly přenášené na hrdla napáječky byly v souladu s údaji obsaženými v montážních předpisech.
- Kontrolu je třeba provádět po každé demontáži přímo na hrdle, zpětné klapě a výtlačné armatuře.

- Kontrola a záruka čistoty napájecího čerpadla, hlavně uvnitř v prostoru hydraulického kotouče a ložisek (po demontáži).
- Provést kontrolu zabudování a čistoty filtru do sacího potrubí napájecího čerpadla.
- Vlastní síťová vložka musí být ze strany průtoku potažena nerez sítovinou o max. světlosti ok 0,5 x 0,5 mm. Světlý průřez síta musí být 3 - 4 krát větší než světlost potrubí.
- Zajištění přívodu a odvodu mazacího oleje do hydraulické spojky a seřízení množství k jednotlivým ložiskům  $p_{\min} = 60$  kPa za škrťacím ventilem.
- Zajištění přívodu a odpadu chladicí vody, seřízení pro jednotlivá odběrná místa  $p = 200$  kPa.
- Napájecí vody musí být bez mechanických přímíšenin,  $\text{pH} = 7,5 - 8,5$  při teplotě  $20^{\circ}\text{C}$  a max. teplotě napájecí vody  $180^{\circ}\text{C}$ . Kvalita musí odpovídat ČSN 077401.
- Provozní otáčky nesmí překročit dovolený pracovní rozsah 3 600 - 4 625 ot/min. (Výjimečně při zkoušení pojistného regulátoru nebo digitální otáčkové ochrany přejetím přes otáčky 9 -11%).
- Po spuštění soustrojí musí být zajištěn minimální odběr  $Q_{\min} = 150$  t/h.
- Kolísání provozní teploty napájecí vody se může pohybovat v rozmezí  $+10^{\circ}\text{C}$  -  $-20^{\circ}\text{C}/\text{max}$ .
- Maximální teplota zahlcovací vody ucpávek může být max.  $60^{\circ}\text{C}$ .
- Pravidelná kontrola stavu ložisek, chvění, teploty a tlaku. Max. teplota  $70^{\circ}\text{C}$ , chvění 30  $\mu\text{m}$ , tlak za regulačním ventilem  $p_{\min} = 60$  kPa.
- Pravidelná kontrola tlaku v sání, na výtlaku napáječky a ve vyrovnávacím potrubí. V sacím hrdle napájecího čerpadla musí být zajištěn vždy minimální tlak odpovídající tlaku napětí par čerpané kapaliny dané teploty + delta  $h_{\text{dov}}$  pro zajištění kapalinného skupenství.
- Provádět kontrolu přístrojů pro signalizaci, blokování a ovládání, kontrolu nastavení hodnot dle provozních předpisů.
- Provádět pravidelnou kontrolu ucpávek, kontrolovat odvod chladicí vody, aby nedošlo k vniknutí vody do mazacího oleje.
- Pravidelně kontrolovat tlakovou diferenci na filtru před napájecím čerpadlem - 10 kPa max.



### **3 Popis stávajícího způsobu prohřevu TN**

Pro kapitolu 3 byla použita literatura [1]

Prohřev slouží k prohřátí čerpadla před samotným najetím TN. Potřebné množství vody pro prohřívání je cca 11 t/h. Každé prohřívání musí být prováděno v klidu čerpadla, bez protáčení. Z předpisu výrobce vyplývá nutnost prohřívání napájecího čerpadla TN po dobu minimálně 210 minut. Teplota napájecí vody v NNV nesmí klesnout více než 20 °C, jinak musí být celý prohřev po ustálení teploty v napájecí nádrži na minimálně 120 °C opakován v trvání 3,5 hod. Rozdíl teplot svršek - spodek čerpadla nesmí být větší než 10°C.

Při odstávce TN, kdy nedojde k poklesu teploty napájecí vody většímu než 20°C, se soustrojí neprohřívá, protáčí se 5 minut před příštím startem (zavřený prohřev NČ).

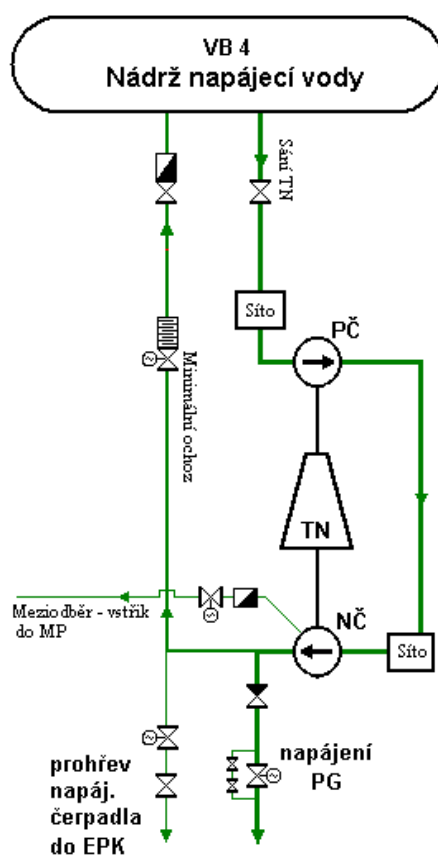
Při odstávce nebo výpadku TN z provozu, kdy pokles teploty napájecí vody je větší než 20 °C, zůstává prohřívací potrubí uzavřeno a soustrojí se protáčí až do doby poklesu teploty tělesa hnací turbíny pod 100 °C. TN může být uvedena do provozního stavu i s teplotou tělesa turbíny větším než 100 °C s podmínkou, že rozdíl teplot kovu svršku a spodku těles turbíny nebude větší než 15 °C. Tato teplotní diference musí však být spolehlivě měřena. Maximální teplotní rozdíl mezi teplotou napájecího čerpadla a teplotou napájecí vody v napájecí nádrži může být 20 °C




#### **3.1 Stav zařízení turbonapáječky před najetím**

Turbonapáječku jako celek můžeme zprovoznit ze studeného nebo teplého stavu. Studeným stavem se rozumí, že těleso turbíny a rovněž napájecího čerpadla je již vychladlé. Problematickým stavem je teplý stav, kdy je TN jen chvíli odstavena, protože vlivem špatné izolace tělesa turbíny roste teplotní rozdíl „svršek – spodek“ statoru. Následně se tak i rotor vlivem rozdílu teplot prohýbá vzhůru, toto následně vyvolá zvýšené chvění při roztočení TN. Při dosažení maximální hodnoty chvění bude TN odstavena ochranou. Proto je velmi vhodné protočit těleso rotoru ručně o 180° při odstavené TN alespoň co 8hodin.

### 3.2 Technické provedení prohřevu napájecího čerpadla

Cesta napájecí vody z NNV vede přes síto do sání PČ TN a výtlak tohoto podávacího čerpadla je zaveden přes síto do sání NČ TN. (Viz Obrázek 3.1 okruh zapojení tn). Z meziodběru NČ TN je vyvedena trasa tzv. meziodběru, který slouží v kotli jako vstřikovací voda pro regulaci teploty přehřáté páry pomocí vstříků VS III. Z výtlaku NČ TN kromě výtlaku vlastní napájecí vody je přes uzavírací armaturu vyvedena trasa minimálního obtoku TN zpět do NNV. Dále je z výtlaku NČ TN přes ruční uzavírací armaturu a elektroarmaturu vyvedena trasa prohřevu napájecího čerpadla vedoucí do expandéru provozních kondenzátů.



-  elektro armatura
-  zpětná klapa
-  ruční armatura

OBRÁZEK 3.1 OKRUH ZAPOJENÍ TN

### **3.3 Sled manipulací pro prohřev**

Dispečer vydá příkaz k najetí výrobního bloku. Pro možnost prohřevu NČ TN je nutné naplnění a prohřátí NNV. Potřebná hladina v NNV k zajištění prohřevu NČ TN bývá zpravidla dostupná po 1,5 hod od příkazu k najetí.

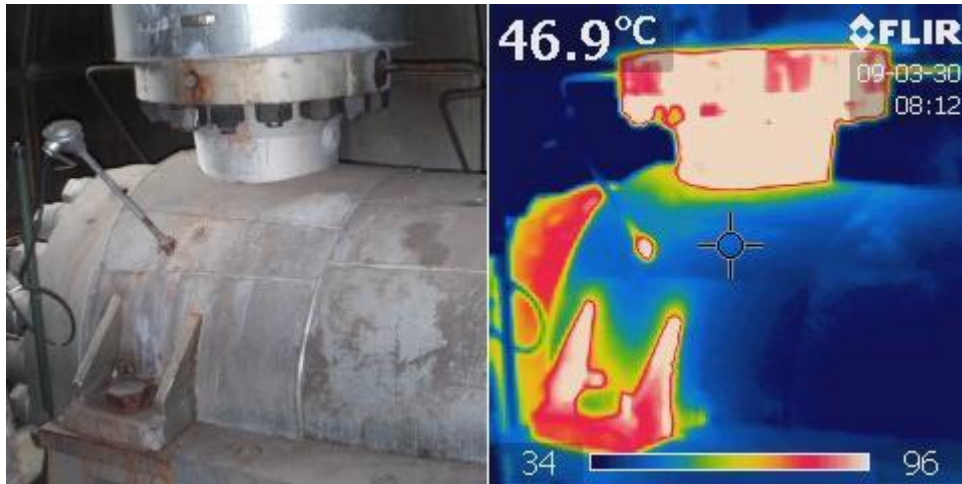
Zajištění trasy prohřevu se provádí přes RA sání PČ TN a trasou z výtlaku NČ před uzavírací armaturou, kde je odvedena napájecí voda přes uzavírací armatury do EPK. V době prohřevu by měla být zastavena chladící voda z KČII° na chlazení ucpávek napájecího čerpadla, protože průtok studené vody přes komory ucpávek by tak ochlazoval čerpadlo.

### **3.4 Průběh teploty v napájecí nádrži v době najíždění**

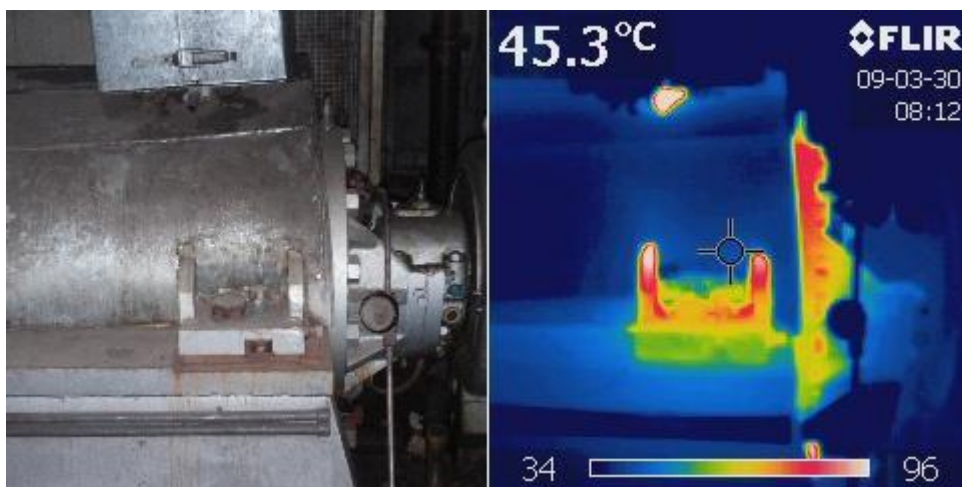
Se zvyšováním elektrického výkonu bloku po přirázování je nutné udržovat pokud možno co nejmenší nárůst další teploty vody v NNV. Vyrůstající tlak v neregulovaných odběrech turbíny ohřívá vodu proudící přes pět nízkotlakých ohříváků a tím zvyšuje teplotu vody v NNV. Do NNV je přivedena pára z 6. odběru, kterou záměrně necháme zavřenou. Bude otevřena až po najetí TN. Teplota vody v době najíždění je 120 °C a tlak cca 250 kPa abs. Snahou operátora je zprovoznění TN ihned po splnění podmínek prohřevu. Zpoždění najetí TN by znamenalo možné zvýšení rozdílu teplot mezi NNV a již prohřátého NČ TN o 20°C. Při výkonu 130MW dosáhne teplota v NNV cca 140°C a tlaku 370kPa abs.

### **3.5 Zhodnocení izolace čerpadla při prohřevu**

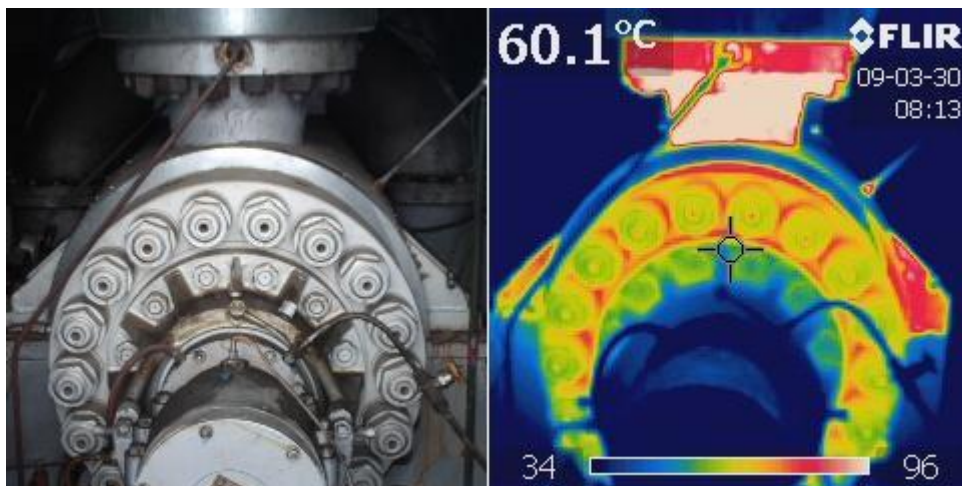
Cílem prohřívání je prohřátí vnitřních částí čerpadla. Termovizní snímky byly pořízeny jen pro ilustraci a nejsou běžným způsobem stanovení úrovně prohřátí čerpadla. Termovizní snímky jsou pro přehlednost paralelně doplněny standardními fotkami. Na snímcích je vidět rozdíl mezi staršími čerpadly, které je nutno prohřívát, a čerpadly novými nezaizolovanými určenými i pro studené starty. Těleso čerpadla 300 KHN je zaizolováno minerální vatou a povrch je opatřen hliníkovým plechem. Snímky termokamerou byly pořízeny těsně před najetím Turbonapáječky, kdy již byly splněny podmínky prohřevu. Obrázky prohřívání čerpadla 300 KHN viz: Obrázek 3.2 KHN 300 pohled z boku na výtlak+ Obrázek 3.3 KHN 300 pohled z boku na sání +Obrázek 3.4 KHN 300 pohled zepředu na výtlak



**OBRÁZEK 3.2 KHN 300 POHLED ZBOKU NA VÝTLAK**



**OBRÁZEK 3.3 KHN 300 POHLED ZBOKU NA SÁNÍ**

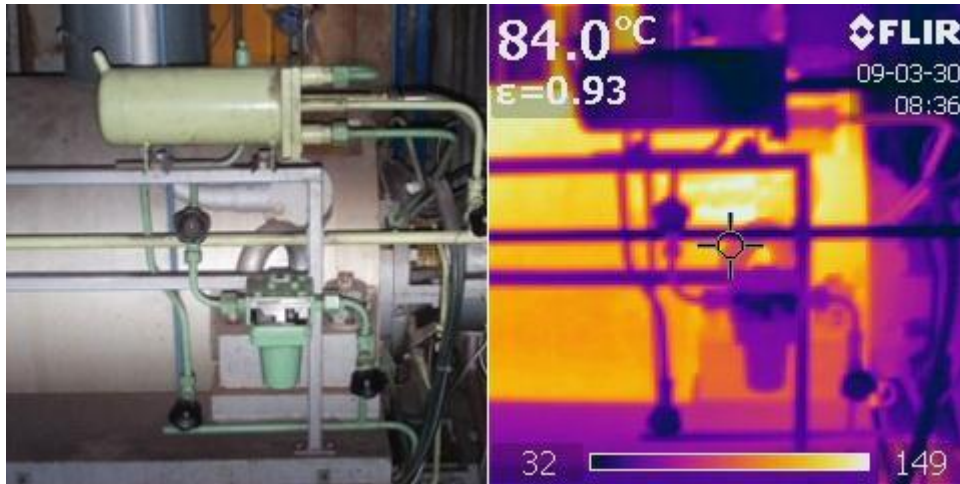


**OBRÁZEK 3.4 KHN 300 POHLED ZEPŘEDU NA VÝTLAK**

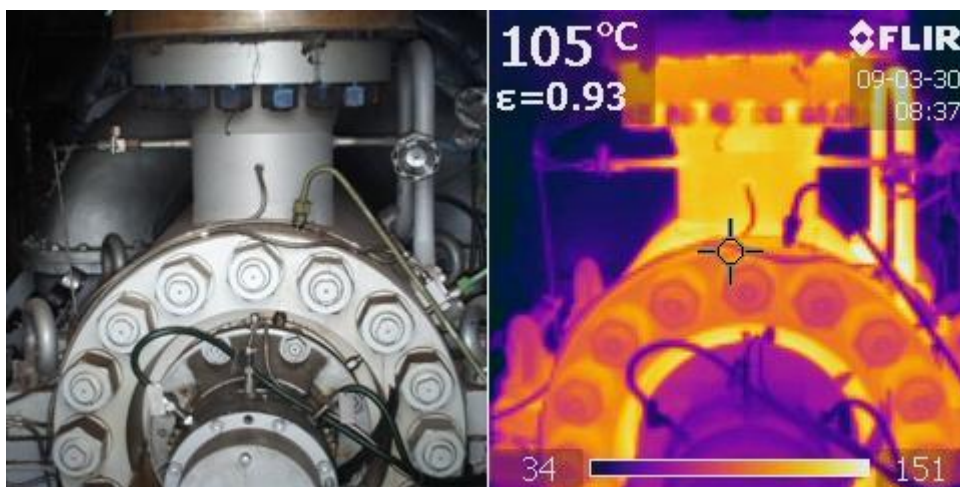
Nová čerpadla typu KNE se neprohřívají, proto mohou být bez izolace.

viz: Obrázek 3.5 KNE pohled z boku na sání

Obrázek 3.6 KNE pohled z boku na výtlak



OBRÁZEK 3.5 KNE POHLED ZBOKU NA SÁNÍ



OBRÁZEK 3.6 KNE POHLED ZBOKU NA VÝTLAK

## 4 Návrh nového způsobu prohřevu TN

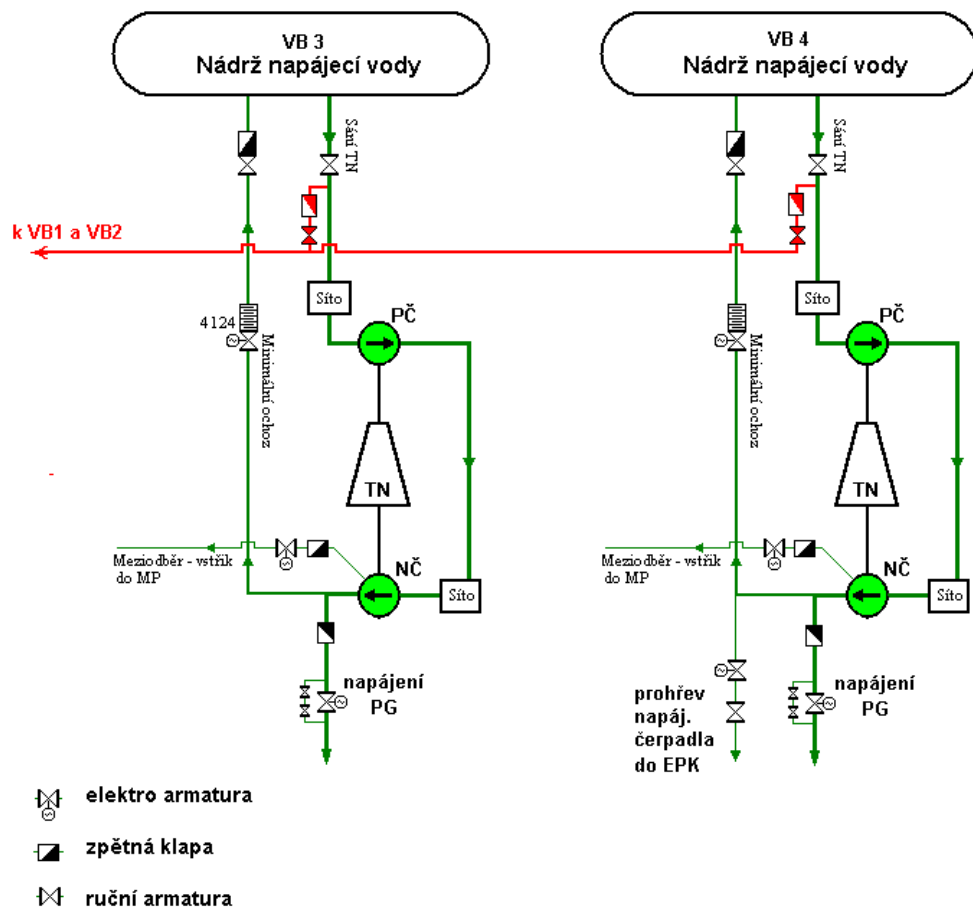
Aby byl zajištěn provoz TN pokud možno co nejdříve, musíme zajistit prohřev NČ TN co nejdříve. Ekonomicky výhodné je provozovat napájení kotle pomocí TN. V případě najíždění VB 1 a VB 4 to bude možné, jen pokud budou splněny všechny podmínky pro najetí TN, zejména pak prohřátí NČ TN. Pro splnění všech podmínek prohřevu NČ TN by bylo vhodné prohřát toto čerpadlo s předstihem, a to vodou z vedlejšího již provozovaného bloku.

Výhoda této možnosti spočívá v tom, že vedlejší provozovaný VB má vodu v NNV již teplou. Teplo obsažené ve vodě v NNV vedlejšího bloku je dosaženo systémem ohřevu v pěti nízkotlakých rekuperačních ohřívácích s následným dohřevem v NNV. Ohřev v systému této regenerace je zajištěn pomocí neregulovaných parních odběrů turbíny. Tento ohřev vody je tedy ekonomicky

výhodnější než ohřev vody na najížděném bloku, kterou ohříváme z najížděcí sběrný, jež je zahlcovaná redukovanou vratnou párou z provozovaných bloků.

Pokud bude NČ TN prohříváno vyšší teplotou (cca 140 °C – 150 °C), bude prohřev intenzivnější a vyhneme se problému s nemožností najetí TN v případě, že dispečer ihned zvyšuje výkon na najížděném bloku.

Způsob zapojení mezi bloky by byl proveden potrubím od VB1 až k VB4 na úrovni podlaží 10m. Propojovací potrubí by bylo napojeno vždy přes ZK a RA na potrubí pod RA sání PČ TN na každém bloku (viz Obrázek 4.1 PROPOJ MEZI BLOKY Obrázek 4.1 ). Potrubí by bylo zaizolováno minerální vatou a pozinkovaným plechem. Tím by byla zajištěna možnost napojení prohřevu mezi všemi bloky. Teplá voda z vedlejšího bloku by pak předala teplo NČ a pokračovala by stávajícím odpadním potrubím do EPK. Po dobu prohřevu by byla uzavřena RA v sání PČ. Po prohřátí NČ a dorovnání teploty v NNV na najížděném bloku by se mohlo započít s najížděním TN.



**OBRÁZEK 4.1 PROPOJ MEZI BLOKY**



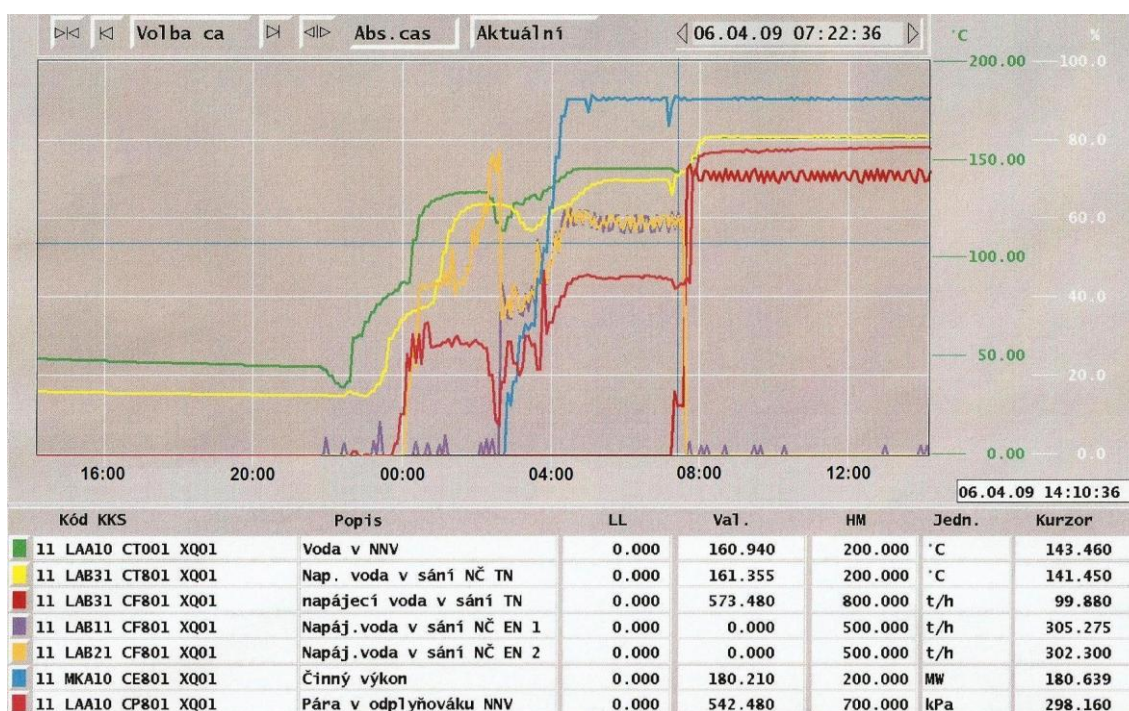
## 5 Stanovení a porovnání potřebného množství tepla pro prohřev NČ TN

Pro kapitolu 5 byla použita literatura [2]

### 5.1 Výpočet ceny stávajícího způsobu ohřevu

Z předpisů výrobce vyplývá, že potřebné množství vody pro prohřívání je cca 11 t/h. Pro tento průtok bylo také navrženo potrubí prohřevu. Rozměr trubky, která odvádí vodu z prohřívajícího čerpadla je  $\varnothing 32 \times 6$  v délce 33m.

Z průběhu hodnot z grafu při najetí VB 1 dne 6. 4. 2009 (viz. Obrázek 5.1 najetí VB1, sken obrazovky řídicího systému TELEPERM) vypočteme náklady na prohřev.



OBRÁZEK 5.1 NAJETÍ VB1

Měřené hodnoty v grafu:

- zelená      Teplota vody v NNV      rozsah 0 - 200 °C  
způsob měření: odporový teploměr PT100
- žlutá      teplota napájecí vody v sání NČ TN      rozsah 0 - 200°C  
způsob měření: odporový teploměr PT100
- červená      průtok napájecí vody v sání TN      rozsah 0 – 800 t/h  
způsob měření: diferenční měření tlaku na cloně snímačem Rosemount
- tm.modrá      průtok napájecí vody v sání NČ EN1      rozsah 0 – 500 t/h

	způsob měření: diferenční měření tlaku na cloně snímačem Rosemount	
okrová	průtok napájecí vody v sání NČ EN2 způsob měření: diferenční měření tlaku na cloně snímačem Rosemount	rozsah 0 – 500 t/h
sv.modrá	činný výkon způsob měření: elektrické převodníky	rozsah 0 – 200 MW
sv.červená	tlak páry v odplyňováku NNV způsob měření: měření tlaku snímačem Rosemount	rozsah 0 – 700 kPa

Prohřev začíná v době, kdy se začíná zvedat teplota „napájecí voda v sání NČ TN“ (žlutá). Ukončení prohřevu je v okamžiku, kdy se začíná zvyšovat průtok „napájecí voda v sání TN“ (červená). Odečtený čas prohřevu z grafu je 8 hodin. Teplota vody v napájecí nádrži v době najíždění se stále zvyšuje, přičemž její průměrná teplota vody v NNV v době prohřevu je 130°C.

V době prohřívání NČ TN prostupuje voda z NNV napájecím čerpadlem. Poté, co voda předá část své tepelné energie napájecímu čerpadlu, proudí do EPK a pak následně do KOTG, kde se uvolní zbytkové teplo a kondenzát o teplotě 30°C se vrací zpět do okruhu. Rozdíl teplot tedy představuje 100°C.

### Výpočet využitého tepla pro ohřev:

Využitě teplo pro ohřev NČ za hodinu je:

rozdíl teplot	$\Delta t$	= 100 °C
měrná tepelná kapacita vody	$c$	= 4,19 kJ/kg × K
hmotnostní průtok	$m$	= 11 t/h = 11000 kg/h

$$Q_{\text{ohřev}} = m \times c \times \Delta t \quad [\text{GJ/h}] \quad (1)$$

$$Q_{\text{ohřev}} = 11000 \times 4,19 \times 100$$

$$Q_{\text{ohřev}} = 4\,609\,000 \text{ kJ/h} = 4,6 \text{ GJ/h}$$

Doba od započetí prohřevu NČ TN do najetí TN je 8 hodin.

Cena tepla jednoho GJ pro ohřev NČ TN je shodná s cenou tepla jednoho GJ vratné páry ve sběrně, kterou se ohřívá voda v napájecí nádrži. Oddělení ekonomie EDĚ vypočítává a stanovuje cenu jednoho GJ, která pro tento výpočet nebude zveřejněna. Pro tento výpočet bude cena GJ stanovena na 100Kč



Celková cena tepla pro ohřev NČ TN je tedy  $4,6 \times 8 \times 100 = 3680$  Kč

## 5.2 Stanovení ceny nového způsobu ohřevu

Pokud by byl realizován nový způsob ohřevu pomocí teplé vody z vedlejšího bloku, byl by tento ohřev zajištěn v podstatně kratším čase. Při najíždění výrobního bloku bývá na vedlejším bloku výkon větší než 160 MW. Je to z důvodu zvýšené dodávky páry do najížděcí sběrný. Tím by byla teplota vody v NNV ve vedlejším bloku nejméně 150 °C, což je dáno tlakem v 6. odběru turbíny, který ohřívá tuto vodu. Z prohřevem by se mohlo započít zhruba v čase 4 hodiny před zvedáním výkonu na najížděném bloku. V této době se obvykle najíždí druhá elektronapáječka pro posílení průtoku napájecí vody do kotle. Avšak místo druhé elektronapáječky by byla najata již připravená turbonapáječka pro plné napájení kotle.

Ohřev vody na již provozovaném bloku je ekonomicky výhodnější (viz kapitola 4. Návrh nového způsobu prohřevu TN).

V době prohřívání NČ TN by byla použita z NNV vedlejšího bloku o teplotě 150°. Poté, co by voda předala část své tepelné energie napájecímu čerpadlu, by proudila stávající potrubím do EPK a pak následně do KOTG, kde by se uvolnilo zbytkové teplo a kondenzát o teplotě 30 °C by se vrátil zpět do okruhu. Rozdíl teplot by tedy představoval 120 °C. Uvažujme, že průtok vody by byl stejný 11 t/h. Čas potřebný pro ohřev by byl 4 hodiny.

### Výpočet využitého tepla pro ohřev novým způsobem:

Využitě teplo pro ohřev NČ za hodinu je:

rozdíl teplot	$\Delta t$	= 120°C
měrná tepelná kapacita vody	$c$	= 4,19 kJ/kg
hmotnostní průtok	$m$	= 11 t/h = 11 000kg/h

$$Q_{\text{ohřev}} = m \times c \times \Delta t \quad [\text{GJ/h}] \quad (2)$$

$$Q_{\text{ohřev}} = 11\,000 \times 4,19 \times 120$$

$$Q_{\text{ohřev}} = 5\,530\,800 \text{ kJ/h} = 5,53 \text{ GJ/h}$$

Doba od započetí prohřevu NČ TN do najetí TN by byla 4 hodiny.

I když ohřev vody na provozovaném bloku je výhodnější, uvažujme s cenou jednoho GJ nadále 100 Kč.

Celková cena tepla pro ohřev NČ TN je tedy  $5,53 \times 4 \times 100 = 2212$  Kč

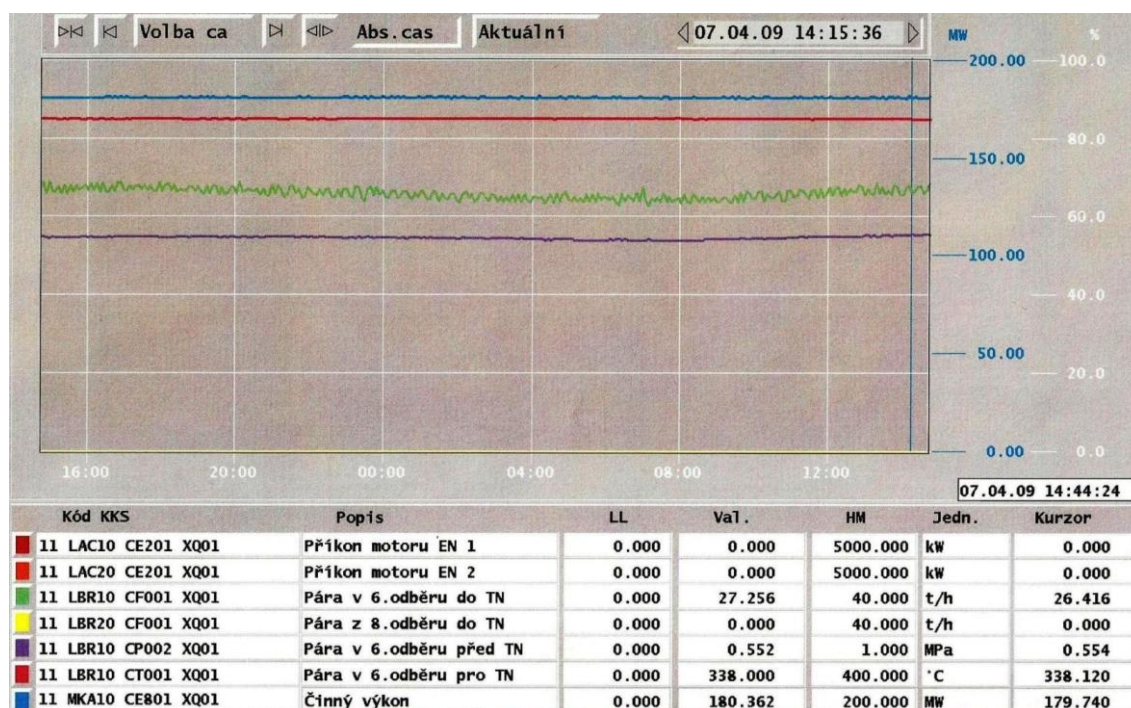
Z obou způsobů prohřevů a jejich výpočtů jsou zřejmé energetické úspory na prohřev při použití nového způsobu prohřevu.

## 6 Ekonomie provozu TN oproti dvěma EN:

Pro kapitolu 6 byla použita literatura [2]

Nový způsob prohřevu by umožnil zkrátit dobu prohřívání NČ TN a urychlit připravenost TN pro napájení kotle. Použití elektronapáječek bude tedy mnohem kratší. Aby byl zřejmý přínos dřívějšího najetí TN díky novému prohřevu, jsou níže uvedeny výpočty objasňující náklady na provozování napájení kotle na výkonové hladině 180 MW.

Z průběhu hodnot z grafu (viz Obrázek 6.1 PROVOZ TN 180MW, sken obrazovky řídicího systému TELEPERM) při provozování VB 1 na výkonové hladině 180 MW po dobu 24 hodin ze dne 6. – 7. 4. 2009 můžeme odečíst průměrné hodnoty pro výpočet nákladů na provozování TN. Pro pohon turbíny je použita pára z 6. neregulovaného odběru turbogenerátoru. Pro pohon může být využita také pára z 8. neregulovaného odběru, avšak tato pára v této době nebyla použita.



OBRÁZEK 6.1 PROVOZ TN 180MW

zelená	průtok páry v 6.odběru do TN způsob měření: diferenční měření tlaku na cloně snímačem Rosemount průměrná hodnota je 26 t/h	rozsah 0 – 40 t/h
fialová	tlak páry v 6.odběru před TN způsob měření: měření tlaku snímačem Rosemount průměrná hodnota je 550 kPa	rozsah 0 – 1 MPa
červená	teplota páry v 6.odběru pro TN průměrná hodnota je 338 °C	rozsah 0 – 400 °C
modrá	činný výkon způsob měření: elektrické převodníky průměrná hodnota je 180 MW	rozsah 0 – 200 MW

### 6.1 Použité teplo pro TN:

Spotřeba páry 6. odběru pro provozování TN při výkonu bloku 180 MW:

$$F = 26 \text{ t/h} = 26\,000 \text{ kg/h}$$

$$t = 338 \text{ °C}$$

$$p = 550 \text{ kPa}$$

Entalpie (  $i$  ) spotřebované páry je dle software IAPWS IF97 (ověřeno v diagramu  $i$ - $s$ ):

$$i = 3\,142 \text{ kJ/kg}$$

množství tepla  $Q_p$  obsažené v páře do TN je:

$$Q_p = i \times F \tag{3}$$

$$Q_p = 3\,142 \times 26\,000$$

$$Q_p = 81\,692\,000 \text{ kJ/h} = 81,7 \text{ GJ/h}$$

Pára předá svou energii a poté zkondenzuje. Vzniklý kondenzát o teplotě 30°C se zpět vrací do okruhu. Teplo (  $Q_k$  ) obsažené v kondenzátu:

$$Q_k = m \times c \times t \tag{4}$$

$$Q_k = 26\,000 \times 4,19 \times 30$$

$$Q_k = 3\,268\,200 \text{ kJ/h} = 3,268 \text{ GJ/h}$$

Použité teplo pro TN:

$$Q = Q_p - Q_k \tag{5}$$

$$Q = 81,7 - 3,268$$

$$Q = 78,432 \text{ GJ/h}$$

Oddělení ekonomie EDĚ vypočítává a stanovuje cenu jednoho GJ, která pro tento výpočet nebude zveřejněna. Pro tento výpočet bude cena GJ stanovena na 100Kč

Náklady pro provoz TN tedy činí  $100 \times 78,432 = 7843 \text{ Kč/h}$

## 6.2 Elektrická energie pro dvě EN:

Stejným způsobem jako v předchozí kapitole (náklady na provoz TN na výkonové hladině 180 MW) byly stanoveny průměrné elektrické příkony obou elektronapáječek pro výpočet nákladů na jejich provoz.

Příkon EN 1 měřeno elektro převodníky rozsah 0 – 5 000 kW

Průměrná hodnota byla stanovena na 3400 kW

Příkon EN 2 měřeno elektro převodníky rozsah 0 – 5 000 kW

Průměrná hodnota byla stanovena na 3400 kW

Celkový spotřebovaný výkon motorů pro napájení kotle na výkonové hladině 180 MW je tak:

$$P_1 + P_2 = 2 \times 3400 \text{ kW} = 6,8 \text{ MW}$$

Cena energie potřebné pro provoz po dobu jedné hodiny se vypočítá z ceny vlastní spotřeby. Oddělení ekonomie EDĚ vypočítává a stanovuje cenu jedné MWh, která pro tento výpočet nebude zveřejněna. Pro tento výpočet bude cena jedné MWh stanovena na 1500Kč.

Náklady pro provoz dvou EN tedy činí  $6,8 \times 1500 = 10200 \text{ Kč/h}$

## 6.3 Přínos při napájení VB pomocí TN:

Přínos při napájení kotle na výkonové hladině 180 MW pomocí turbonapáječky je zřejmý. Cena spotřebovaného tepla v páře pro TN za jednu hodinu odečtena od ceny elektrické energie pro dvě EN za jednu hodinu:

$$\text{Přínos} = 10200 - 7843$$

Přínos = 2357 Kč/h

## 6.4 Celkové porovnání nákladů různého provozování

Celkovým cílem při najíždění VB je ušetření nákladů při napájení kotle. Běžným způsobem je zpočátku napájet kotel pouze jednou elektronapáječkou, poté při zvýšení parního výkonu kotle je přiřazena druhá EN a po prohřátí napájecího čerpadla TN bude kotel napájen již pouze turbonapáječkou. Nový prohřev NČ TN by umožnil nahradit první provozovanou elektronapáječku po zvýšení výkonu kotle turbonapáječkou. Porovnáme oba možné způsoby najetí včetně vyčíslení nákladů. Budeme vycházet ze standardního najetí VB na výkon 180 MW. Z kapitoly 5.1 vyplývá, že celková doba potřebná pro najetí TN je 8 hodin. V obou případech se budeme zabývat pouze prvními osmi hodinami provozu, protože po osmi hodinách by byl provoz shodný.

Pro výpočty dílčích nákladů vycházíme z předchozích kapitol:

Průměrný příkon EN	= 3400 kW
Cena tepla starého ohřevu NČ TN po dobu 8 hodin	= 3680 Kč
Cena tepla nového ohřevu NČ TN po dobu 4 hodin	= 2212 Kč
Cena tepla v páře pro provozování TN	= 7843 Kč/h

### Stávající způsob a jeho fáze:

- najetí EN 1 - provoz 3 hodiny
- najetí EN 2 - provoz 5 hodin (současně provoz EN1)
- po osmi hodinách najetí TN a odstavení EN1 + EN 2 (před najetím TN prohříváno 8 hodin NČ TN)
- provoz TN

### náklady:

provoz EN 1:  $3 \times 3400 \text{ kW} = 10200 \text{ kWh}$

provoz EN1 + EN2  $5 \times 7200 \text{ kW} = 36000 \text{ kWh}$

Celková spotřeba elektrické energie pro provoz obou EN je 46200 kWh = 46,2 MWh. Stanovená cena za 1 MWh je 1500 Kč. Výsledná cena pro provoz obou EN je  $46,2 \times 1500 = \mathbf{69300 \text{ Kč}}$

Prohřev NČ TN po dobu 8 hodin = **3680 Kč**

Celková cena napájení stávajícím způsobem po dobu prvních osmi hodin je:

$69300 + 3680 = \mathbf{72980 \text{ Kč}}$

### Nový způsob a jeho fáze:

- najetí EN 1 - provoz 3 hodiny
- najetí TN - provoz 5 hodin (před najetím TN prohříváno 4 hodiny NČ TN)
- provoz TN

### náklady:

provoz EN 1:  $3 \times 3400 \text{ kW} = 10200 \text{ kWh} = 10,2 \text{ MWh}$

Cena elektrické energie při ceně 1 MWh = 1500 Kč je:  $10,2 \times 1500 = \mathbf{15300 \text{ Kč}}$

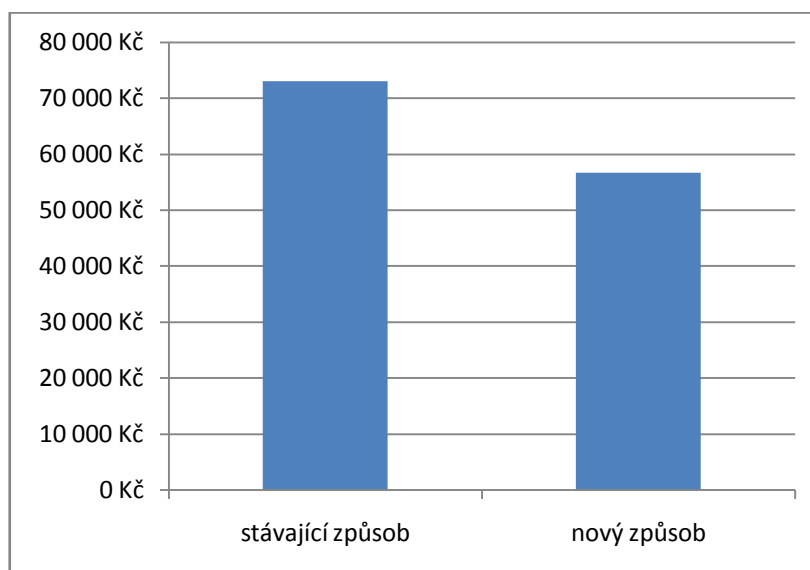
provoz TN:  $5 \times 7843 \text{ Kč} = \mathbf{39215 \text{ Kč}}$

Prohřev NČ TN po dobu 4 hodin =  $\mathbf{2212 \text{ Kč}}$

Celková cena napájení novým způsobem po dobu prvních osmi hodin je:

$15300 + 39215 + 2212 = \mathbf{56727 \text{ Kč}}$

Grafické porovnání stávajícího a nového způsobu ohřevu s následným provozováním různých způsobů napájení: viz (graf 6.1 porovnání nákladů).



**GRAF 6.1 POROVNÁNÍ NÁKLADŮ**

Rozdíl mezi stávajícím a novým způsobem je tedy  $72980 - 56727 = \mathbf{16253 \text{ Kč}}$

## **7 Vliv lidského faktoru při provozování**

Vliv lidského faktoru při najíždění, provozování, řešení poruchových stavů a odstavování má zásadní dopad na míru poruchovosti i na ekonomii

provozování. O těchto stavech nejvíce rozhodují operátoři, kteří ponejvíce tyto stavy řeší. Jeden výrobní blok obsluhují dva operátoři, přičemž jeden je zodpovědný za celek KOTELNA a druhý za celek STROJOVNA. O napájecí stanici se operátoři dělí.

Společně tak i rozhodují, kdy se při najíždění výrobního bloku uvede TN do provozu. Nesoulad při tomto rozhodnutí je dán mírou důležitosti při manipulování s jednotlivými funkčními celky. Pokud jsou v době najíždění již provozovány obě EN, je tak plně pokryto napájení kotle. Operátor kotle má tak zajištěno napájení a může se věnovat dalším důležitým funkčním celkům jako je:

- řízení teploty za výparníkem
- vzduch, spaliny, elektro odlučovače
- teploty přehřátí, přihřátí
- mlýnice, plynové stabilizační hořáky
- přepouštěcí stanice

Operátor turbíny je zodpovědný za prohřátí NČ TN a následné uvedení turbonapáječky na prohřívací otáčky. Musí však splnit všechna velmi přísná kritéria, viz kapitola "podmínky prohřevu". V některých případech a stavech zařízení jsou bohužel některá kritéria těžko splnitelná. Operátor pak musí zhodnotit míru rizika, které by mohlo mít negativní vliv na životnost turbonapáječky. Mnohdy je třeba dát přednost požadavkům dispečinku, který požaduje ihned po přifázování zvýšení výkonu a zařazení výrobního bloku do dálkové regulace a služeb. Výkon bloku má vliv na tlak v odběrech turbíny, což následně zvedne teplotu v napájecí nádrži, jenž je prohřívána šestým odběrem. S nárůstem teploty vody v napájecí nádrži dojde k nesouladu teplotních podmínek pro najetí TN, které se tak zbytečně zdrží.

## 8 Závěr

V sedmdesátých letech minulého století byl při výstavbě 200 MW bloků trend napájet kotle pomocí turbonapáječek. V současné době je při výstavbě nových zdrojů trend napájet průtlačné kotle o vysokých výkonech pouze elektro-napáječkami, a to pro vysoké pořizovací náklady na turbíny pohánějící napájecí čerpadla. Vzhledem k tomu, že na všech výrobních blocích Elektrárny Dětmarovice jsou již instalována napájecí čerpadla poháněná turbínkou, je ekonomicky výhodné napájet kotle turbonapáječkami a elektro-napáječky ponechat pro 100% zálohu. Z předchozích kapitol vyplývá, jaká je energetická i cenová náročnost provozování jednotlivých způsobů napájení. Je zřejmé, že provozování turbonapáječky pro napájení kotle je ekonomicky nejvýhodnější. Kvalita úrovně prohřevu napájecího čerpadla turbonapáječky se rozhodně velkou mírou podílí na připravenosti k najetí. Návrh nového způsobu prohřevu by rozhodně zkrátil celkovou dobu prohřívání čerpadla a ušetřil i náklady. Rozdíl nákladů mezi stávající a novou možností prohřevu při standardním najetí výrobního bloku je zhruba 16 tis. Kč.

Situace plánování výroby je v současné době nestabilní. Nelze tedy říct, jakou mírou se bude Elektrárna Dětmarovice podílet na výrobě elektrické energie. Ze statistik a vyhodnocování ekonomie jednotlivých elektráren je zřejmé, že Elektrárna Dětmarovice, respektive její čtyři výrobní bloky, patří k těm, jež mají vyšší počet startů za rok. Je tedy přínosem investovat do zařízení, které zvýší úroveň připravenosti najetí výrobních bloků a navíc sníží náklady.



## **Seznam použité literatury:**

- [1] ADÁMEK, L.: *Místní provozní předpis Napájecí stanice EDĚ*. 2006.
- [2] RAJNIK a kolektiv: *Tepelno-energetické a emisné meranie*. 1997.