

# ŘÍZENÍ CHEMICKÉHO REŽIMU PAROVODNÍHO OKRUHU DLE DOPORUČENÍ EPRI VS. VGB

## WATER CHEMISTRY CONTROL OF STEAM/WATER CYCLE SYSTEM BY EPRI VS. VGB GUIDELINES

Alena Kobzová a Martin Krondřák

ÚJV Řež a.s., Hlavní 130, Řež, 250 68 Husinec, Česká Republika, tel.: +420 266 173 236, e-mail: [Alena.Kobzova@ujv.cz](mailto:Alena.Kobzova@ujv.cz)

### Abstrakt

Chemický režim v parovodním okruhu má vliv na efektivitu výroby a životnost zařízení. Hlavním cílem je minimalizace tvorby nánosů na teplosměnných plochách a minimalizace korozních dějů na komponentách parovodního okruhu. Existují různá doporučení na řízení chemického režimu: EPRI guidelines, VGB normy, doporučení výrobci jednotlivých komponent a místní standardy a provozní instrukce. V rámci VaV projektu: Turbíny - vývoj metodiky kontroly lopatek s využitím informací z EPRI byla porovnána výše uvedená doporučení a zhodnocen jejich přínos z hlediska vzniku důlkové koroze na lopatkách turbín.

Water chemistry of steam/water cycle system influences on production effectivity and lifetime of equipment. Minimisation of deposit formation on heat-exchange surfaces and minimisation of corrosion on components of steam/water cycle system is the main aim. Different recommendations could be used for water chemistry control, for example: EPRI guidelines, VGB standard, recommendation of component producer, local standard and operation manual. In terms of R&D Project – Turbines – Development of Procedures for Blade Degradation Management were compared these recommendations and their benefits was evaluated in light of pitting corrosion creation on turbine blades.

### Úvod

Cílem VaV projektu: Turbíny - vývoj metodiky kontroly lopatek s využitím informací z EPRI [1] bylo nasazení nových diagnostik monitorujících rozvoj důlkové koroze u oběžných lopatek a praktické využití informací z programu P65 EPRI pro posuzování rozvoje trhlin pro poškozené lopatky. Jedna z podetap projektu byla zaměřena na posouzení vlivu provozních podmínek a podmínek odstavení z hlediska vzniku a rozvoje důlkové koroze k možnosti její eliminace. V rámci této podetapy byla porovnána různá doporučení pro řízení chemického režimu a zhodnocen jejich přínos z hlediska vzniku důlkové koroze na lopatkách turbín. Chemický režim parovodního okruhu je řízen tuzemskými normami a standardy s ohledem na doporučení výrobců jednotlivých komponent. Další doporučení pro řízení parovodního cyklu uvádí EPRI guideline [2] a VGB norma [3].

### Parovodní okruh

Parní kotle lze podle tlakového systému rozdělit na bubnové kotle s přirozeným, či nuceným oběhem a na kotle průtlačné.

Energetická zařízení s bubnovými kotli vyšších tlaků jsou často určena pro kombinovanou výrobu elektřiny a dodávku tepla. Napájecí vodou je demineralizovaná voda. Napájecí voda se alkalizuje těkavými látkami dávkovanými do výtlaku kondenzátních čerpadel, např. amoniakem, aminy, a dále fosfátem nebo NaOH do bubnu kotle. Je-li v systému použita jako konstrukční materiál měděná slitina, přidává se hydrazin pro dosažení záporného redoxního potenciálu.

Energetická zařízení s průtlačnými kotli jsou většinou určena k výrobě elektřiny. Napájecí vodou je demineralizovaná voda vysoké kvality, s nízkým obsahem solí a zejména SiO<sub>2</sub>. Na

rozdíl od bubnového kotle, není u průtlačného kotle systém odluhování. Alkalizace je možná pouze těkavými látkami (aminy, amoniak), dávkovanými do výtlačku kondenzátních čerpadel.

Mezi faktory ovlivňující optimální provoz patří:

- konstrukční řešení,
- konstrukční materiál,
- kvalita napájecí a doplňovací vody,
- volba chemického režimu,
- způsob provozování.

### **Chemický režim parovodního okruhu**

Chemický režim je dán typem kotle (průtlačný nebo bubnový), pracovním tlakem (NT, ST, VT nebo nadkritický), materiálovým složením (s Cu nebo bez Cu) a způsobem provozu (četnost odstavování a najíždění).

Vzhledem k tomu, že proces koroze se zpomaluje s klesající koncentrací kyslíku a rostoucím pH, jsou napájecí a kotelní vody alkalizovány. Snížení obsahu kyslíku závisí na chemickém režimu okruhu.

Pro alkalizaci mohou být používány pevné alkalizační prostředky nebo těkavé alkalizanty. Mezi pevné alkalizanty patří fosfáty (PC režim) a NaOH (CT režim). Pevné alkalizanty nepřecházejí do páry a tudíž nechrání část okruhu po kondenzaci páry.

Těkavé alkalizanty chrání kondenzační i napájecí část okruhu. Mezi těkavé alkalizanty patří amoniak (oxidační a redukční AVT režim) nebo alkalizační či filmotvorné aminy. Posledním typem chemického režimu je kyslíkový režim, kdy je dávkován čpavek pro nastavení optimálního pH spolu s kyslíkem pro pasivaci ocelových materiálů ve styku s vodou. Tento režim je určen pro systémy s ocelovými komponentami a s možností udržet čistotu napájecí vody do 0.15  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . U systémů bez použití materiálů z měděných slitin je doporučen režim AVT(O) nebo OT. U provozů s mosaznými komponentami je doporučován režim AVT(R).

Cílem optimálního chemického režimu je:

- snížení koroze na minimum,
- maximalizace účinnosti kotle (minimalizovat tvorbu nánosů),
- maximální výkon turbíny (minimalizovat tvorbu nánosů),
- snížení nákladů na údržbu a opravy (bezporuchovost a bezpečnost),
- prodloužení životnosti.

Podstatou pro zjištění, co se děje v parovodním okruhu je monitoring chemických parametrů ve specifikovaných vzorkovacích lokalitách. On-line monitoring umožňuje řízení chemického režimu (např. dávkování alkalizačních činidel, atd.) a okamžitou indikaci neprovozních hodnot parametru a její lokalitu (obr.1). Specifikace a doporučení rozsahu, kvality a limit pro řízení chemického režimu jsou udávány EPRI, VGB, normami či výrobcem komponenty.

### **Monitorované parametry**

Jsou definovány dvě hlavní skupiny základních parametrů:

- limity parametrů kotlové vody (pro bubnové kotle),
- limity parametrů páry (pro bubnové i průtlačné kotle).

Limity kotlové vody minimalizují korozi a vznik nánosů v kotli. Limity parametrů v páře minimalizují vliv koroze a vzniku nánosů v parní části, především na turbíně.

Dalším kritériem pro rozdělení parametrů je jejich využití pro řízení chemického režimu – řídicí a diagnostické parametry.

Řídicí parametry zahrnují požadované minimum pro dosažení optimální chemické kontroly. Všechny jsou měřeny on-line (pH, katexovaná vodivost, odplyněná katexovaná vodivost, specifická vodivost, rozpuštěný kyslík, sodík, křemík) s výjimkou pro monitorování přenosu železa, přestříku u bubnových kotlů a obsah chloridů. Tyto parametry jsou stanovovány periodicky laboratorně.

Diagnostické parametry slouží k odhalení problémů při provozu nebo jsou důležité při neprovozních stavech (najíždění, odstavení, cyklování atd.).

Pro provoz jsou definovány akční linie, udávající požadované hodnoty při standardním provozu (obvykle značené N) a linie AL1-4 udávající hodnoty, při kterých je nezbytné provést určitá opatření až do odstavení bloku do opravy. Hodnoty se v jednotlivých normách mírně liší.

### Vzorkovací místa

Vzorkovací místa parovodního cyklu jsou dle doporučení EPRI následující (obr. 1):

- vstup do ekonomizéru (napájecí voda),
- kotlová voda (u bubnových kotlů),
- přehřátá/nasycená pára,
- výstup na doplňovací vodě,
- výstup z odplyňovaku,
- výtlak kondenzátních čerpadel,
- výstup BÚK (bloková úpravna kondenzátu).

VGB norma doporučuje limity pouze pro napájecí vodu, kotlovou vodu a páru. V jiných lokalitách nedefinuje žádný monitoring.

**Vstup do ekonomizéru** – mezi řídicí parametry napájecí vody patří hodnota pH, která úzce souvisí s korozní rychlostí konstrukčních materiálů a na jejím základě je řízeno dávkování alkalizačního činidla. Specifická vodivost je funkcí obsahu amoniaku a pH. Její hodnota odráží veškeré změny chemického režimu. Dalším řídicím parametrem je hodnota odplyněné katexované vodivosti, která nepřímo odráží obsah aniontů a organického uhlíku, které mají vliv na korozi. Limit pro obsah rozpuštěného kyslíku je dán z důvodu zamezení tokem urychlené koroze, mj. je známkou netěsnosti systému. Nízké limity pro obsah sodíku umožňují docílení dostatečné čistoty páry. Splnění limitu pro železo a měď je indikátorem dobrého chemického režimu, nedochází ke korozi materiálů.

**Kotlová voda** – limity pro kotlovou vodu jsou definovány pro systémy s bubnovým kotlem. EPRI i VGB doporučení definují limity pro parametry: pH, obsah fosfátů, specifická a katexovaná vodivost a obsah křemičitanů. Hodnota pH je základním parametrem pro řízení chemického režimu. Limit pro křemičitan v kotlové vodě je zaveden kvůli ochraně turbíny, kam se dostávají díky své těkavosti. EPRI doporučení navíc definuje limity pro obsah chloridů, síranů, sodíku, hydroxidu sodného a rozpuštěného kyslíku. Limity pro obsah chloridů a síranů zajišťují ochranu kotle před korozi.

**Přehřátá pára** – základními řídicími parametry páry jsou odplyněná katexovaná vodivost a obsah sodíku. Odplyněná katexovaná vodivost nepřímo odráží obsah aniontů a organického uhlíku (TOC), které mají vliv na tvorbu depozitů. Chloridy, sírany a TOC mají limity a předpis pro periodická měření. Sloučeniny sodíku podněcují korozi a jejich obsah by měl být maximálně minimalizován. Jako diagnostický parametr je definován obsah křemičitanů,

který odráží vznik nerozpustných depozitů na turbíně. VGB norma navíc definuje limity pro obsah železa a mědi.

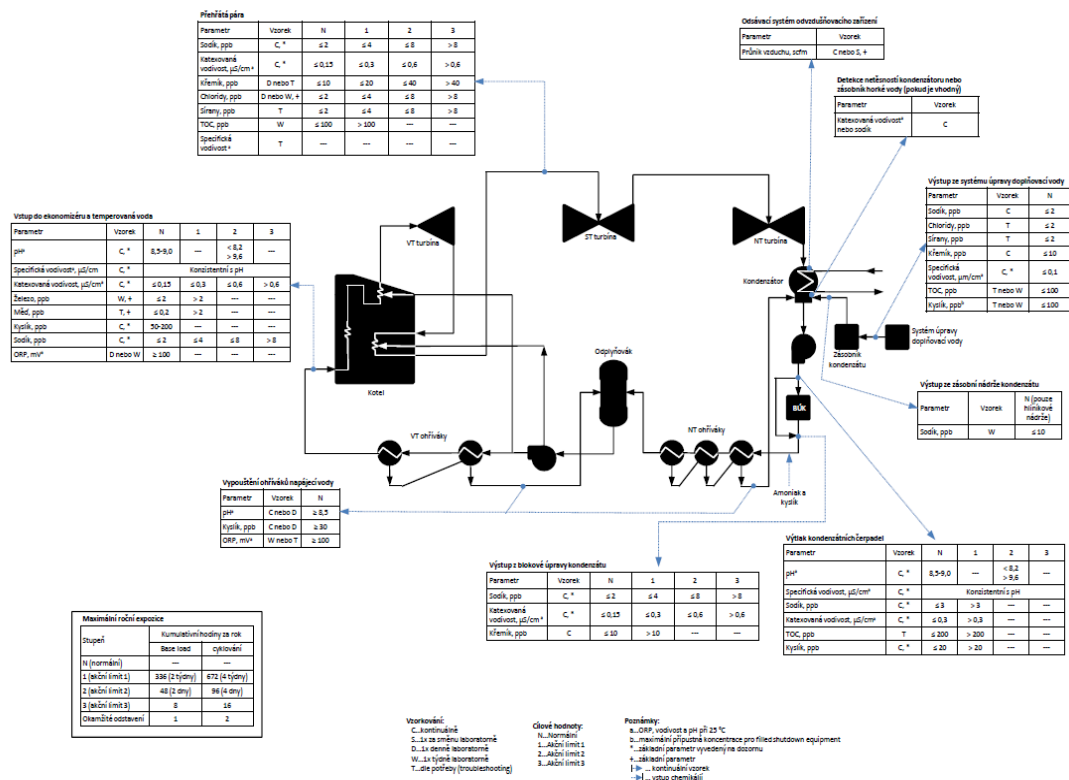
## Závěr

Řízení a kontrola chemického režimu parovodního cyklu je jedním z důležitých faktorů zajišťujících optimální provoz. Optimální chemický režim si klade za cíle:

- minimalizace poškození teplosměnných trubek,
- žádné problémy na turbíně (lopatky, disky, úsady),
- minimalizace výskytu tokem urychlené koroze (FAC),
- optimalizovat neprovozní stavy (najíždění, odstavování, konzervace).

## Literatura

- [1] Kobzová, A. (2017): Projekt VaV: Turbíny – vývoj metodiky kontrol lopatek s využitím informací z EPRI, Etapa M5A – Hodnocení chemického režimu za provozu a v přechodových stavech, technická zpráva ÚJV-2302/425 rev.1
- [2] EPRI guideline 1021767 (2011): *Comprehensive Cycle Chemistry Guidelines for Fossil Plant*
- [3] VGB-R 450Le (2004): *Guidelines for Feed Water, Boiler Water and Steam Quality for Power Plants/ Industrial Plants*, VGB PowerTech e.V.



Obr. 1: Schéma parovodního okruhu pro monitorovací systém