



Odborná informace

Dipl.-Wirtschaftsing. (FH), Dipl.-Informationswirt (FH)
Markus Tuffner, Bosch Industriekessel GmbH



BOSCH

Stvořeno pro život

Moderní úprava vody a analytické sledování kvality vody

Při každém použití, když se voda ohřívá na vyšší teploty, se mohou vyskytnout problémy, které jsou způsobeny látkami obsaženými ve vodě. Nejčastější příčiny škod při provozu kotlů jsou nekvalitní úprava vody a nedostatečné analytické sledování složení vody.

V důsledku korozivních látek v napájecí vodě nebo kondenzátu může dojít k poškození napájecí nádrže, kotle nebo kondenzátového systému. Tyto škody bývají obvykle důsledkem kyslíkové koroze nebo koroze kysličníkem uhličitým. Kromě toho vedou některé látky obsažené ve vodě k tvorbě nežádoucích povlaků a usazenin na výhřevných plochách. Nejznámější povlak vzniká v důsledku tvrdosti vody. Jestliže není tvorba vrstev na výhřevných plochách včas zjištěna, dochází v důsledku zhoršeného přestupu tepla ke snížení účinnosti kotle. Pokud se vrstvy usazenin dále zesilují, může to vést k přehřátí výhřevných ploch a k následným vážným škodám až k explozi kotle. Často vznikají také problémy v navazujících technologických procesech v důsledku zpěnění a strhávání vodních kapek párou, vyráběnou z nedostatečně upravené kotlové vody. Vedle zhoršení kvality vody to může zčásti dramaticky ovlivnit životnost dále připojených částí zařízení, armatur, potrubí a napojených technologických spotřebičů páry.

Z tohoto důvodu byly schváleny normy, které požadují dodržení přesně definované kvality vody. Norma EN 12953-10 udává hodnoty, které se týkají vzhledu, vodivosti, pH, celkové tvrdosti, zjevné alkality, koncentrace železa, mědi, obsahu křemíku, oleje/tuku, fosfátu a kyslíku. Navíc nesmí voda obsahovat žádné organické látky.

V závislosti na výkonu a velikosti kotlového zařízení se při úpravě vody provádí různá opatření. Používá se obvykle vstupní surová voda z komunální zásobovací sítě a mimo jiné je pro provoz kotlů upravována níže uvedenými postupy.

Změkčení nebo demineralizace

Nejčastějšími postupy jsou změkčení pomocí iontoměníčů a demineralizace reverzní osmózou.

U malých zařízení nebo u zařízení s vysokou vratností kondenzátu bývá častěji používáno cenově příznivé změkčování. U tohoto procesu jsou složky vody, které způsobují tvrdost (hlavně: Ca- a Mg-ionty), vyměněny za ionty sodíku. Obsah solí ve vodě zůstává u tohoto procesu téměř konstantní. Měníče iontů jsou pak regenerovány solným roztokem (NaCl).

Reverzní osmóza je naproti tomu cenově náročnější a z tohoto důvodu se používá převážně u zařízení s vysokým podílem přídatné surové vody, nebo když z jiných důvodů (např. kvality páry) musí mít kotlová voda nízkou vodivost. V tomto procesu se používají jednosměrně prostupné membrány, které na molekulární úrovni působí jako filtr. Jestliže se vodní roztok protlačuje membránou pod vysokým tlakem (vyšším než je osmotický tlak), zůstává hlavní podíl solí a jiných látek před membránou a čistá voda prochází membránou. V závislosti na velikosti se u procesu osmózy doporučuje zařadit před nebo za proces osmózy přídatné

změkčování. Předřazené změkčování je provedeno jako výše popsané zařízení a obvykle se používá u menších výkonů. Má-li být procesem osmózy zbaveno solí (demineralizováno) velké množství vody, jsou zpravidla před vstupem do zařízení osmózy v závislosti na průtočném množství do vody dávkovány chemikálie, jež mají zabránit zablokování modulu osmózy látkami, které vyvolávají tvrdost vody. Přídatné změkčovací zařízení, zařazené za modul osmózy, musí pak eliminovat zbylé alkalické látky (Ca- a Mg-ionty).

Tzv. částečná demineralizace, tj. proces mezi změkčováním a osmózou, také známý pod názvem dekarbonizace, ustupuje vedle obou dříve uvedených procesů do pozadí. Dekarbonizace pracuje obdobně jako změkčování na principu výměny iontů. Rovnováha mezi vápnem a kyselinou uhličitou se posune přidáním vodíkových (H⁺) iontů. Kyslík uhličitý, který je vázán v karbonátových sloučeninách (HCO₃), se tím uvolní. Rozpuštěné ionty vápníku a hořčíku (nekarbonátová tvrdost) jsou pak v následujícím procesu výměny iontů zaměněny za sodíkové ionty. Měníče iontů se regenerují kyselinou solnou resp. chloridem sodným (NaCl).



Obr. 1: V důsledku nedostatečné úpravy vody se vytvořil povlak, který v extrémním případě může vést k explozi kotle.



Obr. 2: Modul úpravy vody WTM pro změkčení napájecí vody

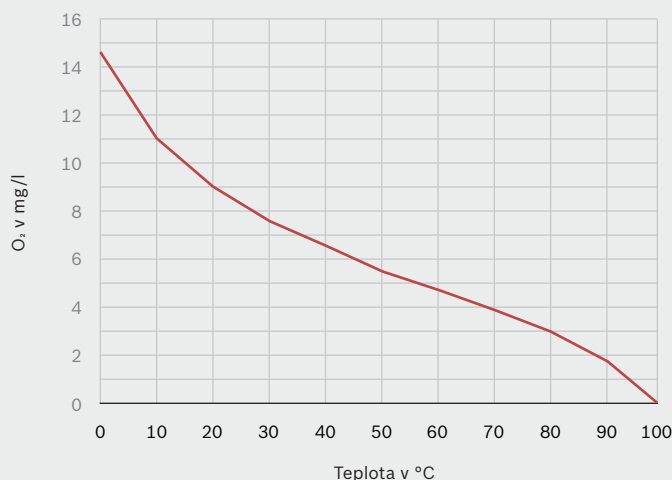
Termické odplynění (redukce O₂ resp. CO₂)

Za změkčováním nebo demineralizací je zařazeno termické odplynění. V tomto procesu je využívána chemicko-fyzikální zákonitost, dle které se rozpustnost plynů v kapalině snižuje se stoupající teplotou a v bodu varu se rozpustnost blíží nule.

Z důvodu nízkých investičních nákladů bývá u menších zařízení a zařízení s velkou vratností kondenzátu často používáno částečné odplynění. V důsledku nízkých pracovních teplot v rozpětí mezi 85 °C až 90 °C nemusí být při částečném odplynění zásobník napájecí vody konstruován jako tlaková nádoba. Plyny, které se vyskytují ve vodě v rozpuštěné formě, jsou během ohřevu uvolňovány z upravené přídavné vody a vratného kondenzátu a jsou vypouštěny ze systému spolu s tzv. brýdovou párou. V důsledku nastavených pracovních teplot neproběhne tento proces v plném rozsahu. Ve vodě zůstávají ještě malé koncentrace plynů, zvláště kyslíku a kysličníku uhličitého. Je proto nutné následně zařadit dávkování chemikálií.

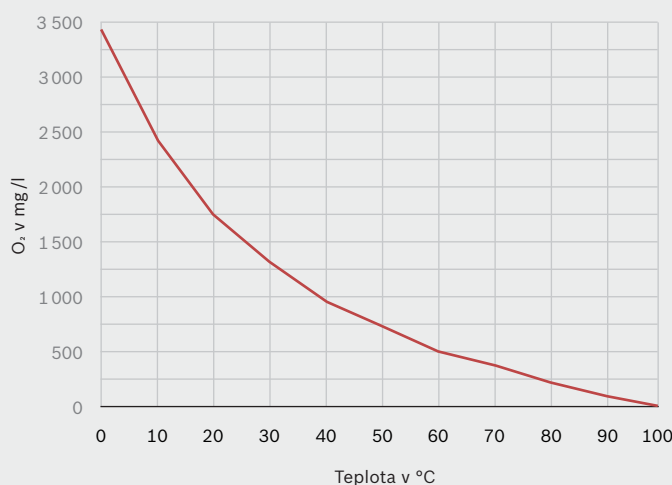
Pro větší zařízení a zařízení s velmi nízkou vratností kondenzátu se z tohoto důvodu používá obvykle úplné odplynění. V tomto procesu se pracuje v teplotní oblasti mezi 100 °C až 110 °C. Na napájecí nádrž se v tomto případě instaluje kaskádový nebo tryskový odplyňovák, který zvětšuje povrch přídavné vody přicházející z chemické úpravy nebo vratného kondenzátu. Pomocí přímé injektáže páry se voda v napájecí nádrži ohřívá na teplotu varu. Pára, která při tom vzniká, ohřívá přiváděnou vodu a uvolňuje z ní plyny. Ty pak unikají brýdovou clonou v hlavě odplyňováku. Spolu s nimi vždy uniká i určité množství páry jako transportní médium (brýdová pára). Brýdová clona musí být nastavena tak, aby i v nejnejpříznivějších podmínkách byly odvedeny všechny uvolněné plyny. Podle údajů z literatury činí potřebné množství brýdové páry až 0,5 % parního výkonu kotle. Zbytky kyslíku a kysličníku uhličitého jsou za dobře fungujícím úplným odplyněním zanedbatelné. Pouze z důvodů měření nebo z bezpečnostních důvodů je nutné dodatečně nepatrně dávkovat chemikálie.

Graf 1: Rozpustnost kyslíku v závislosti na teplotě při 1 bar (a) v čisté vodě



Zdroj: WABAG-Handbuch Wasser

Graf 2: Rozpustnost kysličníku uhličitého v závislosti na teplotě při 1 bar (a) v čisté vodě



Zdroj: TÜV Nord

Dávkování chemikálií (v závislosti na O₂ resp. CO₂)

V závislosti na různých fyzikálních postupech úpravy vody se musí provádět vázání zbytkové tvrdosti a zbytkového kyslíku chemickou cestou. Dodatečně je zapotřebí provádět také alkalizaci (zvýšení hodnoty pH). Až dosud se stávalo, že se chemická dávkovací čidla velmi často silně předávkovala. Důvody pro to spočívají v zásadě v přerušovaném dozoru a v empiricky nastaveném dávkování. Příčinou předávkování látek pro odstranění zbytkového kyslíku byly chyby v dostupné rentabilní měřicí metodě pro přímé měření. Z tohoto důvodu se nestanovil přímo obsah zbytkového kyslíku, nýbrž přebytek dávkovacího činidla v kotlové vodě, aby bylo možné alespoň periodicky garantovat nepřítomnost kyslíku. Vedle nadměrně zvýšené spotřeby dávkovacích prostředků to má také jednu značnou energetickou nevýhodu. Předávkování chemikálií má za následek několikanásobné zvýšení vodivosti (obsahu solí), resp. tím vyvolané odloučení kalů, které má enormní vliv na energetické ztráty odluhem nebo odkalováním kotle. Vedle toho mohou také vyvstat problémy se zpěňováním kotelní vody. To má za následek poruchy ve formě nedostatku vody, resp. odstavení kotle z důvodu vysoké hladiny vody. Vlivem strhávání vody dochází ke zhoršování kvality páry, k parním rázům a ke škodám na připojených spotřebičích páry.



Obr. 3: Účinky kyslíku na jednom vyříznutém úseku žárové trubky



Obr. 4: Modul tepelné úpravy vody WSM pro odplynění a zásobování napájecí vodou, dávkování chemikálií a pro expanzi a chlazení teplých odpadních vod

Měřicí analytické metody

Aby bylo možné zajistit správnou kvalitu kotlové vody, musí být parametry vody kontinuálně a/nebo periodicky kontrolovány. Napájecí a kotlová voda v parních kotlích a kotlová voda v horkovodních kotlích se musí kontrolovat z hlediska hlavních parametrů (hodnota pH, přímá vodivost, zjevná alkalita, celková tvrdost a obsah kyslíku). Četnost těchto kontrolních rozborů a měření musí odpovídat požadavkům výrobce, provozovatele a příslušných organizací technického dozoru. Zatím se tyto kontroly obvykle provádějí ručně (s výjimkou vodivosti), což je náročné na pracovní čas. Různé analýzy vody se musí provádět v denním rytmu, resp. pokud je kotel vybaven pro provoz bez trvalého dozoru nejméně jednou za tři dny.

Aby bylo možné provádět shora uvedená měření, musí být zařízení vybaveno na reprezentativních místech systému patřičnými odběry vzorků.

Typická odběrová místa jsou z napájecí nádrže, dále kotlové vody z kontinuálního odluhování a přídavné vody z úpravní vody. Tato místa odběru vzorku musí být vybavena vhodnými chladiči (chladič vzorku vody), které zajistí správný a bezpečný odběr vzorku vody.

Vodivost se měří kontinuálně pomocí měřicí elektrody vodivosti, zabudované v úrovni horní hladiny vody v kotli. Celková tvrdost, stejně jako karbonátová tvrdost (p-hodnota) se až dosud zjišťuje pomocí titrace s měrnými roztoky resp. fotometricky vhodnými měřicími přístroji. Při titraci se do zkoumaného vzorku vody dávkuje po kapkách reakční roztok tak dlouho, až dojde ke změně barvy vzorku. Na základě množství použitého reakčního roztoku lze zpětně vypočítat zjevnou alkalitu resp. celkovou tvrdost vzorku vody. Fotometrické procesy pracují podobně, ovšem měří se síla zabarvení vzorku po přidání definovaného množství reakčního roztoku. Co až dosud bylo možné zjišťovat jen pomocí velmi drahé měřicí analytické metody, je obsah kyslíku ve vodě.

Všem běžným měřicím metodám je společná časová náročnost a náchylnost k chybám.



Obr. 5: Nově vyvinutý analyzátor vody WA, který zajišťuje plně automatické měření a dozor nad kvalitou kotelní vody

Analyzátor vody WA

Nově vyvinutý modul analyzátoru vody WA řeší uvedenou problematiku a zajistí již plně automaticky kontinuální měření a řízení následujících parametrů:

- ▶ hodnota pH napájecí vody
- ▶ obsah O_2 v napájecí vodě
- ▶ zbytková tvrdost v přídatné vodě
- ▶ hodnota pH kotlové vody

Speciálně k tomuto účelu byly vyvinuty nové měřicí postupy: Nepřítomnost kyslíku se již nestanoví pomocí přebytku chemikálie, která váže kyslík, nýbrž se měří přímo obsah O_2 v jeho skutečné výši. Jako měřicí elektroda se při tom používá reakční kapalinou naplněná skleněná mikrokapilára, která na základě dovnitř difundovaného kyslíku vyrábí elektrický proud. Tento proud se měří, čímž se určí přesný obsah kyslíku v měřicím rozsahu od 0,001 do 0,1 mg/l, který je relevantní v kotlové technice.

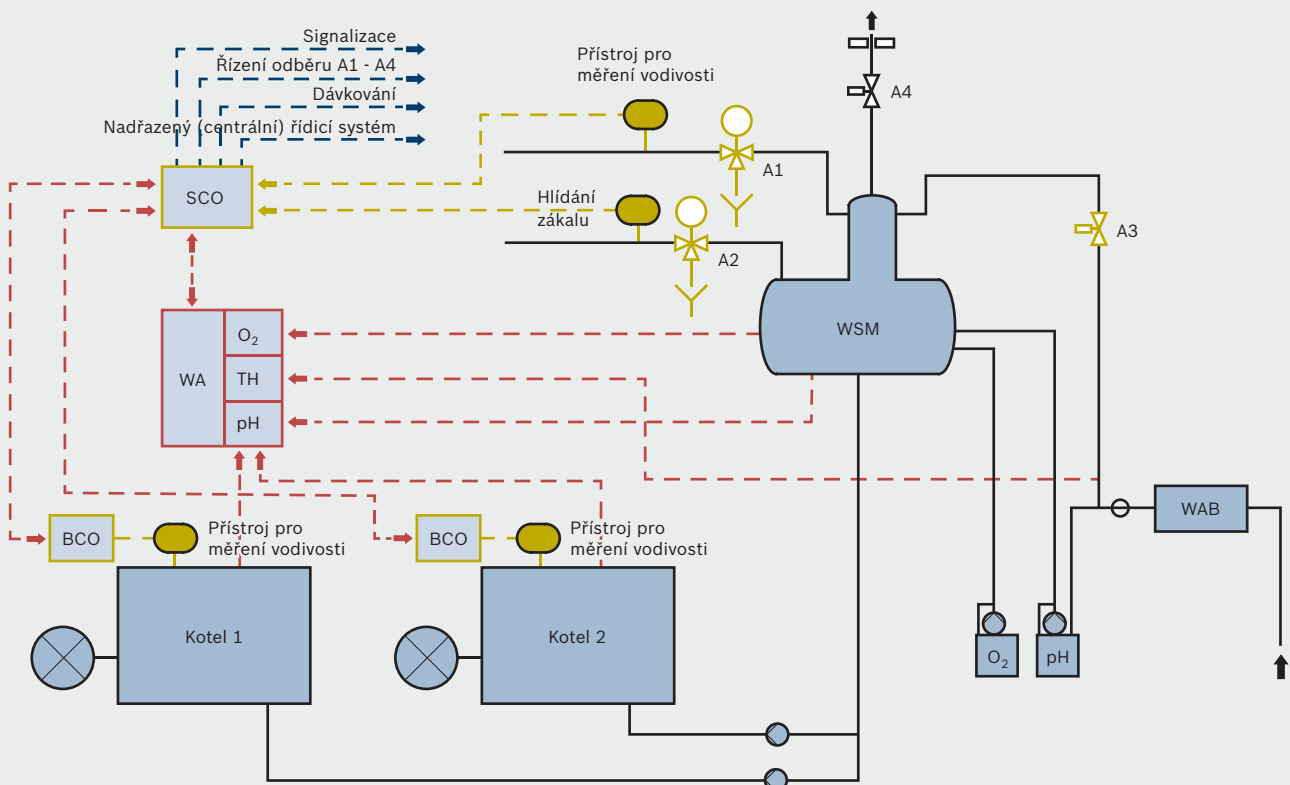
Měření tvrdosti probíhá pomocí měřicí elektrody, která je založena na iontové selektivní polymerové membráně. Tato membrána je průchodná pouze pro tvrdost vyvolávající ionty Ca a Mg.

Na základě množství iontů se indukuje napětí, ze kterého lze stanovit tvrdost vody. V rozmezí mezi 0,0018 - 0,18 mmol/l (tj. 0,01 - 1° tvrdosti něm. stupnice) mohou být bezpečně zjištěny všechny odchylky.

Hodnota pH v napájecí a kotelní vodě se zjišťuje pomocí referenční pH měřicí elektrody, která změří ve vodě obsažené pozitivní vodíkové ionty. Také zde se indukuje nepatrné elektrické napětí, s jehož pomocí lze bezpečně posoudit hodnotu pH v rozmezí 7 - 14.

Všechny elektrody jsou vybaveny systémem automatické sebekontroly. V předem určených časových intervalech se automaticky provádějí referenční srovnávací měření k surové vodě nebo vůči kontrolní elektrodě, aby se zajistila jejich bezchybná funkce. Různé měřicí elektrody podléhají přirozenému opotřebení. Náklady na náhradní elektrody odpovídají přibližně nákladům na indikátorové roztoky a zkušební proužky, které jsou nutné při ručních analýzách vody. Veškeré údaje se přenášejí systémem BUS do řídicího systému kotleny SCO. Podle vodivosti kotlové vody a vodivosti kondenzátů jsou v řídicím systému kotleny SCO uloženy všechny relevantní parametry vody.

Obr. 6: Integrace modulu analyzátoru vody WA zařazeného do celkového systému kotleny



Při použití analyzátoru vody WA se projeví četné výhody oproti konvenčnímu, ručnímu způsobu kontroly:

- ▶ Omezení škod na kotli a ostatním zařízení v důsledku zvýšení bezpečnosti provozu.
- ▶ Aby bylo dosaženo správných výsledků, musí ruční měření provádět dobře vyškolený personál. Při odběru různých vzorků nebo při zacházení s reakčními roztoky dochází k četným chybám, které dramaticky ovlivňují výsledky analýz.
- ▶ Naproti tomu zkoušky prováděné analyzátozem vody WA, probíhají plně automaticky bez nutnosti jakýchkoliv zásahů obsluhy, v důsledku toho jsou výsledky měření správné a přesné.
- ▶ Jestliže dojde k překročení stanovených mezních hodnot kvality vody, systém řízení kotle sám zabrání škodám. V závislosti na způsobu překročení budou následovat předem definované řídicí činnosti. Jestliže např. hrozí průnik tvrdosti, je okamžitě uzavřen ventil na přídavné vodě.

System hlášení poruch

Všechny příslušné parametry se při překročení mezní hodnoty přenášejí do paměti poruchových hlášení systému SCO. Tak je možné snadněji zjistit a analyzovat příčiny poruch.

Zaznamenávání údajů

Rovněž je možné plynulé protokolování dat. To lze buď v předem stanovených intervalech znázornit jako diagramy křivek na dotykovém panelu nebo pomocí systému Profibus přenést do nadřazeného řídicího systému nebo přes definované rozhraní přímo na místní tiskárnu či textový terminál. Potom lze vypustit ruční měření a vedení zápisů o hodnotách kvality vody do provozní knihy kotle. Následkem toho lze uspořit na mzdách.

Úloha regulace a řízení

Na základě naměřených údajů o kvalitě vody se provádí regulace různých dávkovacích čerpadel. Může se zcela upustit od předávkování, protože parametry vody jsou vyhodnocovány přímými metodami. Značně se tak uspoří dávkovací chemikálie a podstatně se sníží ztráty odluhem a odkalem

Množství brýdových par je při konvenčním způsobu provozu vypočítáno na cca 0,5 % jmenovitého výkonu kotle. V důsledku odcházející brýdové páry vzniká trvalá energetická ztráta. Měření obsahu kyslíku pomocí analyzátoru vody WA umožňuje cílené řízení ventilu brýdové páry. Uvnitř povolených mezních hodnot obsahu O_2 může být ventil uzavřen. Teprve tehdy, když jsou mezní hodnoty překročeny, tj. když je skutečně zapotřebí využít funkce odplynění, otevírá se ventil brýdové páry a umožní tak vypustit ze systému brýdovou páru obohacenou kyslíkem a kysličníkem uhličitým. Docílí se tak značné úspory paliva.

Potenciál úspor

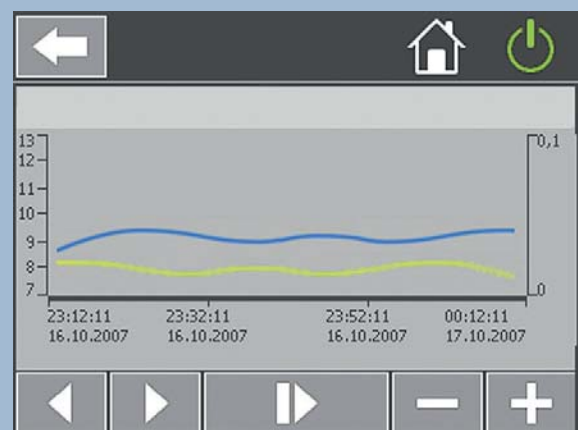
Potenciál úspor nákladů s použitím analyzátoru vody WA je enormní.

V závislosti na velikosti a vybavení zařízení se úsporami nákladů na personálu, palivu a vodě docílí velmi krátké amortizační doby.

Zvýšení provozní bezpečnosti v důsledku analyticky správných výsledků měření a redukce škod na zařízení, způsobených nedostatečnými parametry vody, jsou zde ponechány zcela mimo pozornost.



Obr. 7: Řídicí systém kotelny SCO sbírá a ukládá relevantní data vody a řeší úlohy řízení v oblasti bezpečnosti a regulace provozu.



Obr. 8: Parametry vody uložené v SCO mohou být znázorněny jako křivkový diagram.

Shrnutí

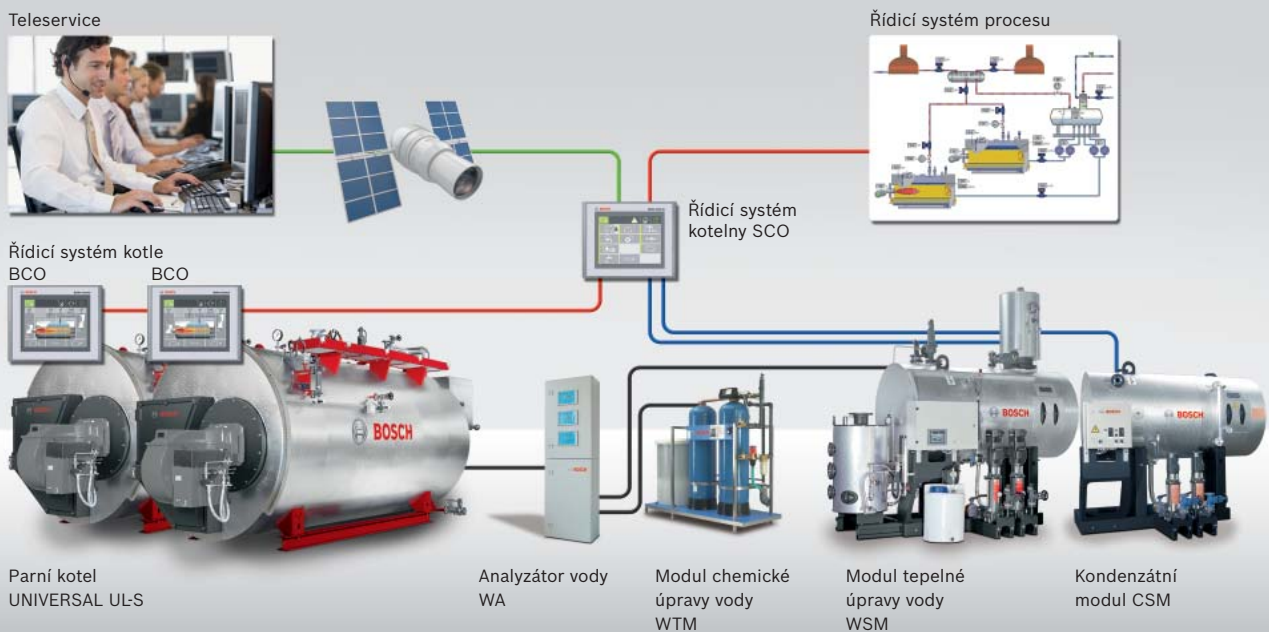
Výše zmíněné postupy úpravy vody pomocí změkčování, demineralizace, odplynění nebo dávkování chemikálií popisují velmi zřetelně, jak náročné a občas velmi těžké může být dosažení správné kvality kotelní vody pomocí dosavadních, manuálních prostředků.

Automatická analýza vody pomocí analyzátoru vody nabízí proto následující výhody:

- ▶ Dávkování chemikálií v rozsahu, který odpovídá skutečné potřebě v závislosti na hodnotě pH a obsahu O_2 v napájecí vodě - žádné nákladné předávkování se zvýšenými ztrátami odluhem a odkalem.
- ▶ Automatizované hlídání zbytkové tvrdosti vody z předřazené změkčovací stanice, která pracuje na základě výměny iontů.

- ▶ Řízení ventilu brýdové páry v závislosti na obsahu kyslíku v nádrži napájecí vody umožňuje vyhnout se zbytečným energetickým ztrátám.
- ▶ Zvýšení bezpečnosti provozu pomocí analyticky správných výsledků měření.
- ▶ Úspora času v důsledku automaticky prováděných měření.
- ▶ Omezení škod, které vznikají na základě nedostatečných parametrů vody.
- ▶ Všechny údaje zjištěné kontinuálními a plně automatizovanými analýzami vody mohou být sběrníci přenášeny na registrační přístroj s obrazovkou nebo na tiskárnu, mohou být zobrazeny vytištěny nebo uloženy do paměti. Je možné upustit od ručního vedení záznamů v provozní knize.

Obr. 9: Zařízení s více kotli, analýzou vody, úpravou vody, odplyňovacím zařízením, kondenzátním hospodářstvím, palivovým hospodářstvím - SCO má vše pod kontrolou.



Bosch Termotechnika s.r.o.
Průmyslová 372/1
108 00 Praha 10
Tel.: +420 272 191 111
Fax: +420 272 700 618

www.bosch-industrial.com

Výrobní závody:
Závod 1 Gunzenhausen
Bosch Industriekessel GmbH
Nürnberger Straße 73
91710 Gunzenhausen
Německo

Závod 2 Schlungenhof
Bosch Industriekessel GmbH
Ansbacher Straße 44
91710 Gunzenhausen
Německo

Závod 3 Bischofshofen
Bosch Industriekessel Austria
GmbH
Haldenweg 7
5500 Bischofshofen
Rakousko

© Bosch Industriekessel GmbH |
Ilustrace slouží pouze jako příklad |
Změny vyhrazeny | 07/2012 |