



Politechnika Wroclawska

Zakład Miernictwa i Ochrony Atmosfery, W-9/I-20

**Siłownie ciepłe – laboratorium**

# **Gospodarka wodna elektrociepłowni**

Instrukcja do ćwiczenia nr 6

Opracował: dr inż. Andrzej Tatarek

Wrocław, październik 2008 r.

## 1. Wstęp

Utrzymanie elektrowni lub elektrociepłowni w ruchu wymaga ciągłego ich zasilania wodą. W obiektach energetycznych woda niezbędna jest do chłodzenia (skraplaczy, oleju, wodoru, łożysk urządzeń), do uzupełnienia strat w obiegach kotłowym i ciepłowniczym, a także do odzuzłania i odpopielania oraz do celów bytowych. Najwięcej wody jest zużywane na cele chłodzenia. Wymagania stawiane wodzie chłodzącej są najniższe. Nie powinna ona zawierać zanieczyszczeń mechanicznych, które mogłyby osadzać się w rurkach skraplaczy i chłodnic. Niepożądana jest również obecność kordująco działających kwasów, nadmierna ilość kwaśnych węglanów wytrącających się w postaci kamienia oraz substancji organicznych i drobnoustrojów mogących rozwijać się w rurkach skraplacza. Najwyższe wymagania stawiane są wodzie uzupełniającej obieg parowo-wodny, przy czym wymagania te rosną w miarę podwyższania parametrów kotła. Woda kotłowa nie powinna zawierać związków powodujących powstawanie kamienia kotłowego, korozji, osadów, a także związków powodujących pienienie się wody.

Szczegółowe wymagania odnośnie jakości wody zestawiono tabeli 1.

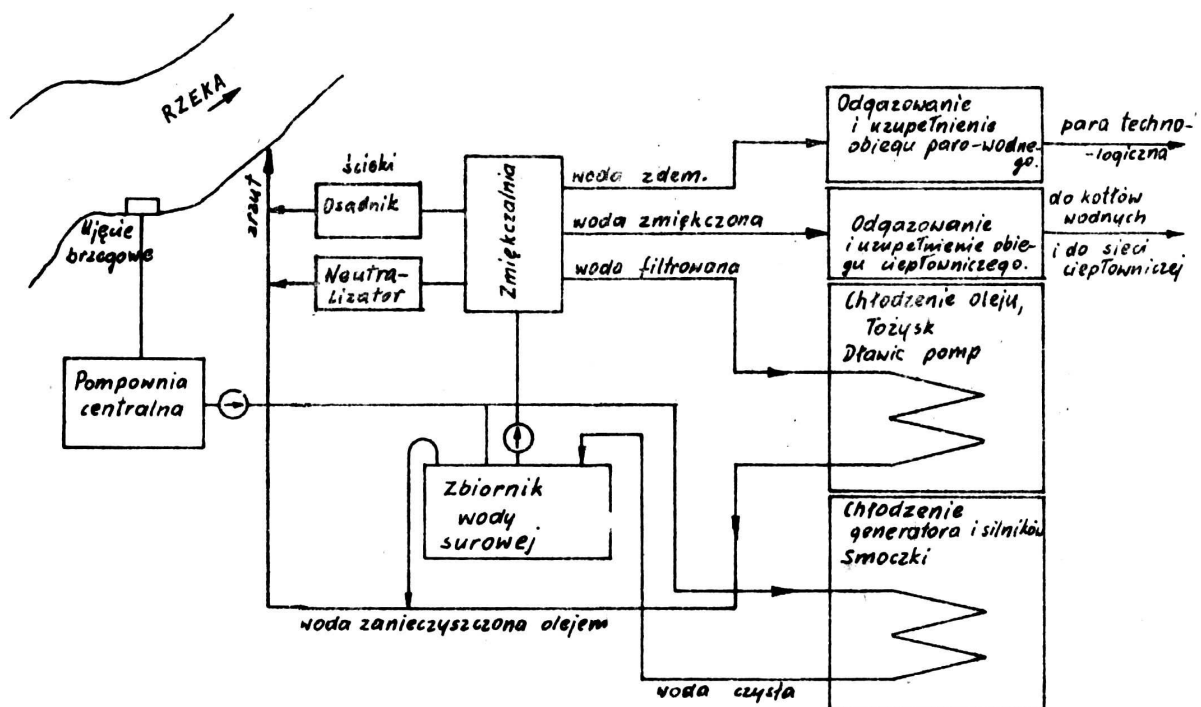
Tabela 1. Wymagania stawiane wodzie kotłowej

Właściwości	Jednostka	Woda chłodząca (obieg otwarty)	Woda zasilająca kotły WP-70 i WP-120 (obieg ciepłowniczy)	Woda zasilająca kotły parowe z naturalną cyrkulacją pracujące przy ciśnieniu >2MPa
Twardość ogólna	mval/dm <sup>3</sup>	do 18	do 2,5	niewykrywalna
Twardość węglanowa	mval/dm <sup>3</sup>	2,8-5,4	do 0,4	-
Zawartość żelaza	mg Fe/dm <sup>3</sup>	do 1	do 0,05	do 0,03
Zawartość miedzi	mg Cu/dm <sup>3</sup>	-	-	do 0,05
Zawartość tlenu	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	-	do 0,05	do 0,02
Zawartość CO <sub>2</sub> wolnego	mg CO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	do 20	0	-
Zawartość CO <sub>2</sub> wolnego i związanego	mg CO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	-	-	do 1
pH	-	7,02-9,5	7-8	7-9,5
Zawartość krzemionki	mg SiO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	-	-	taka, aby możliwe było dochowanie wymagań stawianych wodzie kotłowej i jednocześnie nie nastąpiło przekroczenie zalecanej wysokości odsalania
Zawartość oleju	mg/dm <sup>3</sup>	0	0	nie wyżej niż 0,3
ChZT	mg KMnO/dm <sup>3</sup>	-	do 5,0	do 5,0
Rozwój glonów i mikroorganizmów		niedopuszczalny	-	-

## 2. Układ zasilania wodą elektrociepłowni

Ogólny układ zasilania elektrociepłowni wodą przedstawiono na rys. 1. Z ujęcia wody rurowciągiem lewarowym woda z rzeki jest doprowadzana do zbiornika w pompowni centralnej.

Napełnianie lewara odbywa się za pomocą pomp próżniowych. Ujście wody jest wyposażone w kraty do zatrzymywania grubych zanieczyszczeń i ciał pływających. Kraty powinny być czyszczone dostatecznie często, aby nie występowała różnica poziomów wody przed i za kratami. Ze zbiornika woda przelewa się do komór sit obrotowych, a następnie przepływa do komór ssących pomp wody chłodzącej. Pompy te tłoczą wodę do zbiornika wody surowej, z którego jest zasilana stacja uzdatniania a wody oraz układ chłodzenia generatora i silników.



Rys. 1. Obieg wody w elektrociepłowni

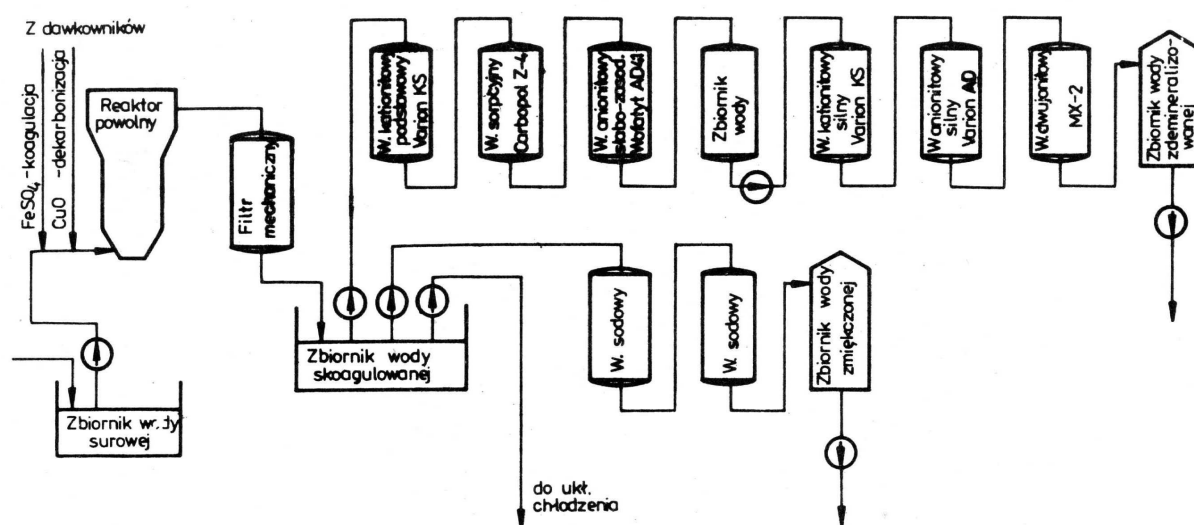
Ze stacji uzdatniania zasilane są: układ chłodzenia oleju - wodą pozbawioną zanieczyszczeń mechanicznych i koloidalnych, obieg ciepłowniczy - wodą zmiękczoną, obieg kotłowy - wodą zdemineralizowaną.

Powstające w procesie uzdatniania wody ścieki przed odprowadzeniem ich do rzeki są neutralizowane oraz oczyszczane z osadów.

### 3. Przygotowanie wody

#### 3.1. Koagulacja i dekarbonizacja

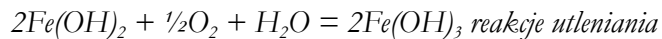
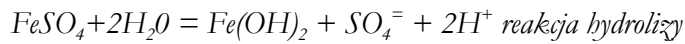
Proces uzdatniania wody ilustruje rys. 2. Koagulacja ma na celu zmniejszenie stopnia rozproszenia cząstek koloidalnych, które ze względu na zbyt małe rozmiary nie mogą być usunięte w filtrach mechanicznych. Obecność zanieczyszczeń koloidalnych w wodzie powoduje pienie się wody, plucie kotłów, obniża poprzez blokowanie mikropylar zdolność wymienną jonitów, opóźnia przebieg reakcji chemicznych przy stosowaniu metod strąceniowych oraz dodatkowo obciąża filtry i skraca okresy między kolejnymi płukaniem.



Rys. 2. Schemat instalacji uzdatniania wody

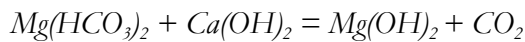
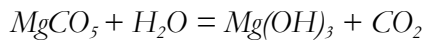
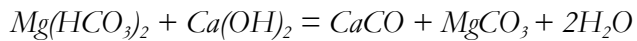
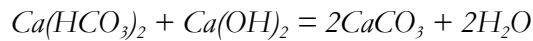
Koagulacja jest procesem wspomagającym mechaniczne oczyszczanie wody. Pozwala ona usunąć zanieczyszczenia koloidowe oraz trudno opadającą zawiesinę. Cząsteczki koloidowe na ogół posiadają ładunki ujemne. Wzajemne odpychanie tych cząstek utrudnia ich łączenie. Koagulacja polega na aglomeracji cząstek w wyniku wprowadzenia do wody związków chemicznych ułatwiających ten proces. Koagulacja zachodzi w dwóch procesach - chemicznym i fizykochemicznym. Proces chemiczny polega na hydrolizie koagulanta, powstawaniu aktywnego wodorotlenku i reakcji z substancjami znajdującymi się w wodzie. Proces fizykochemiczny polega na zobojętnianiu ładunków i aglomeracji cząstek koloidowych oraz powstaniu osadów kłaczkowatych z jednoczesnym zjawiskiem adsorpcji i absorpcji. Jako koagulanty najczęściej stosuje się sole glinu i żelaza. Typowymi koagulantami są:  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Na}_3\text{AlO}_3$  oraz  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ .

Przykład przebiegu reakcji chemicznej:



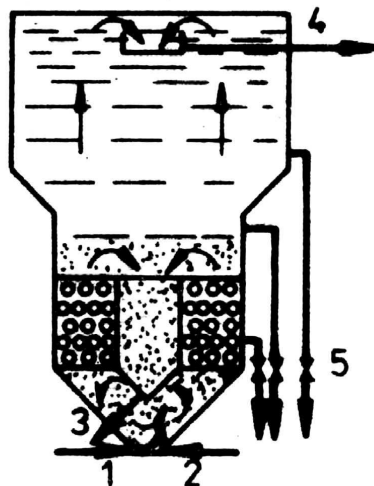
Dekarbonizacja polega na usuwaniu z wody węglanów wapnia i magnezu. Najczęściej stosowaną metodą usuwania z wody twardości węglanowej jest dekarbonizacja wapnem.

Przebiega ona według reakcji:



W wyniku tych reakcji powstają trudno rozpuszczalne obojętne węglany wapnia i wodorotlenek magnezu, które można oddzielić przez sedymentację i filtrację. Przebieg procesu dekarbonizacji wody wapnem zależy od temperatury, czasu reakcji, składu chemicznego wody surowej oraz ilości i rodzaju substancji organicznych. Za wody podatne do dekarbonizacji uważa się takie, które mają dużą twardość wapniową niewęglanową i małą twardość magnezową.

Hamująco na dekarbonizację wapnem oddziałują koloidy organiczne. Jeżeli w wodzie występują związki koloidowe dekarbonizację łączy się z koagulacją. Przydatność wody surowej zdekarbonizowanej w obiegu chłodniczym i ciepłym określa tzw. stabilność. Jest to właściwość wody charakteryzująca się tym, że nie rozpuszcza ani nie wytrąca ona węglanu wapniowego.



Rys. 3. Reaktor powolny z częścią wirową

1 - dopływ wody, 2 - doprowadzenie wapna, 3 - odprowadzenie osadu, 4 - odpływ wody zdekarbonizowanej, 5 - kurki do pobierania próbek

Procesy koagulacji i dekarbonizacji przebiegają równolegle w reaktorze powolnym z komorą wirową (rys. 3). Roztwór koagulantu i mleko wapienne dawkuje się do rurociągu wody surowej. Wodę wprowadza się po stycznej do przekroju poprzecznego stożka od dołu tak, aby powstałe zawirowanie spowodowało wymieszanie czynników i przyspieszenie procesu reakcji. Wbudowane w pierwszej, cylindrycznej części reaktora pionowe, perforowane blachy uspokajają ruch wirowy. Wytrącony osad gromadzi się w koszu, a woda przepływa do góry. Zwiększenie średnicy reaktora w górnej części ma na celu zmniejszenie prędkości przepływu i sklarowanie wody. Czas przebywania wody w tego typu reaktorach wynosi 1-1,5 h.

### 3.2. Filtrowanie wody

Filtrowanie ma na celu usunięcie z wody zanieczyszczeń, których średnica jest większa od około 1  $\mu\text{m}$ . Efekt oczyszczania wody w filtrach zależy od zanieczyszczeń występujących w wodzie, granulacji materiału filtracyjnego, prędkości przepływu i wysokości złoża filtracyjnego. Granulacja materiału filtracyjnego jest uzależniona od wielkości cząstek zawiesiny usuwanej z wody i powinna być tym mniejsza im drobniejsza jest zawiesina.

Materiały filtracyjne (najczęściej żwir) powinny być odporne fizycznie i chemicznie, a ich struktura winna umożliwiać łatwe odmycie w czasie płukania. W zmiękczalni wody zastosowano dwustrumieniowe filtry żwirowe.

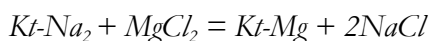
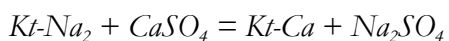
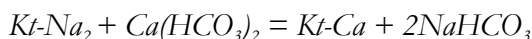
W filtrze dwustrumieniowym złożo filtracyjne nie jest jednorodne, a woda doprowadzana jest równocześnie od dołu i od góry. Odpływ wody przefiltrowanej następuje przez specjalny ruszt drenażowy wbudowany w warstwę żwiru o najmniejszej granulacji. Granulacja ziarn w warstwach żwiru rośnie ku dołowi. W fazie początkowej przepływ filtratu przez górną część złoża jest znacznie większy, jednak w miarę zanieczyszczenia złoża wzrasta opór przepływu tej części i zwiększa się natężenie przepływu od dołu przez grubsze ziarna żwiru. Pod koniec pracy filtra przez dolną część złoża przepływa prawie cała ilość filtrowanej wody. Rozwiązanie takie zapewnia znacznie lepsze wykorzystanie złoża filtracyjnego i przedłużenie czasu pracy filtra.

Granulacja żwiru wynosi 1,4-5,0 mm. Obciążenie filtra dochodzi do 31,5  $\text{m}^3/\text{h}$  przy szybkości filtrowania około  $1,25 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ .

Po procesie filtracji woda zostaje odprowadzona do zbiornika wody skoagulowanej o objętości 350  $\text{m}^3$ . W ten sposób zakończony zostaje pierwszy etap uzdatniania wody. Woda ze zbiornika pompami jest tłoczona do układu chłodzenia oraz do zmiękczalni i stacji demineralizacji, gdzie poddana jest dalszej obróbce.

### 3.3. Zmiękczenie wody

Do zmiękczenia wody używane są kationity silnie i słabo kwasowe sodowe lub wodorowe. Praca kationitu sodowego polega na wymianie zawartych w wodzie jonów wapnia i magnezu na jony sodowe. Zachodzący proces obrazują reakcje

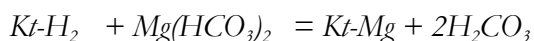
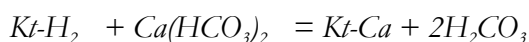


Sole sodowe otrzymane w wyniku wymiany są dobrze rozpuszczalne w wodzie i nie wywołują szkodliwych następstw właściwych solom wapnia i magnezu.

Twardość szczytkowa wody zmiękczonej zależy jest od zawartości sodu i twardości ogólnej wody surowej. Duża zawartość sodu powoduje, że już w czasie pracy wymiennika następuje częściowa jego regeneracja, co powoduje wzrost twardości szczytkowej w wycieku. Podobny wpływ ma bardzo wysoka twardość ogólna. W górnej warstwie jonitu w czasie zmiękczenia powstaje duże stężenie jonów sodu, powodujące wypieranie wapnia i magnezu z niżej położonych warstw jonitu. Tym niekorzystnym zjawiskom zapobiega się przez stosowanie dwóch wymienników sodowych połączonych szeregowo. Woda zmiękczonej jest gromadzona w zbiorniku wody zmiękczonej, z którego są uzupełniane straty obiegu ciepłowniczego.

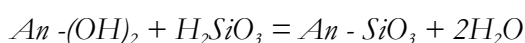
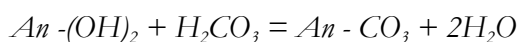
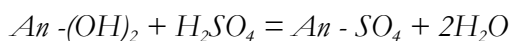
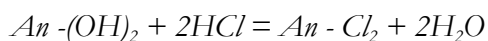
### 3.4. Demineralizacja wody

Proces demineralizacji wody polega na usunięciu z niej wszystkich jonów zdysocjowanych soli. Demineralizacja jest procesem dwuetapowym i składa się na niego dekatonizacja oraz deanionizacja. W najprostszym przypadku może to być układ dwóch wymienników - silnie kwaśnego i silnie zasadowego. W czasie procesu dekatonizacji zachodzą reakcje:



W wyniku tego procesu wszystkie kationy zawarte w wodzie zostają związane przez jonit, natomiast do roztworu przechodzi jon wodorowy, w wyniku czego wyciek staje się rozcieńczoną mieszaniną kwasów mineralnych.

Wyciek ten zostaje skierowany do wymiennika silnie zasodowanego, w którym anionit jest obsadzony jonami wodorotlenowymi i gdzie związaniu ulegają wszystkie aniony



W wyniku odkationowania wody tworzy się kwas węglowy, który może być również związany przez anionit silnie zasadowy. Jednak taniej i prościej jest usuwać go z wody przez desorpcję w czasie przedmuchiwania przez wodę powietrza. W rezultacie otrzymuje się wodę całkowicie pozbawioną soli.

Układ demineralizacji składający się tylko z dwóch wymienników jest rzadko stosowany, gdyż nadaje się tylko dla wód o małym stopniu zasolenia. Wody silniej zasolone wymagają układów bardziej rozbudowanych. Wybór układu technologicznego zależy od ilości i składu chemicznego zawartych w wodzie soli, od wymaganego stopnia jej oczyszczenia oraz od wydajności instalacji. Przykładem rozbudowanej instalacji jest układ demineralizacji w elektrociepłowni (rys. 2). Składa się on z wielu wymienników, których przeznaczenie zostanie omówione poniżej:

- Wymiennik wodorowy podstawowy - zatrzymywanie wszystkich kationów soli rozpuszczonych w wodzie.
- Wymiennik sorpcyjny - wychwytywanie z wody związków organicznych oraz ochrona wymienników anionitowych przed blokowaniem grup funkcyjnych związkami organicznymi.
- Wymiennik anionitowy słabo zasadowy - usuwanie anionów silnych kwasów.
- Wymiennik kationitowy wyrównawczy - buforowy - zatrzymanie resztek kationów nie usuniętych przez wymienniki kationitowe podstawowe.
- Wymiennik silnie zasadowy - odkrzemiający - usuwanie z wody anionów słabszych kwasów, głównie krzemionki i dwutlenku węgla.
- Wymiennik dwujonitowy - korekcja jakości wody i zatrzymywanie ewentualnych związków, które przedostały się przez poprzednie wymienniki.



Wymienniki jonitowe są zbudowane w postaci stalowych zbiorników cylindrycznych ustawionych pionowo. Wewnątrz zbiorników, pod złożem masy jonitu, znajduje dno dyszowe z dyszami o szczelinach 0,25 mm, zabezpieczających masę przed wyrzuceniem. Powierzchnia wewnętrzna zarówno zbiorników jak i rurociągów zabezpieczona jest przed korozją wykładziną chemoodporną.

#### 4. Oczyszczanie ścieków

Proces uzdatniania wody pociąga za sobą powstanie pewnej ilości ścieków. Ścieki te przed odprowadzeniem ich do rzeki, ze względów na dotrzymanie norm jakości wydalanych ścieków, muszą być neutralizowane oraz pozbawiane osadów. Ścieki powstające w procesie regeneracji wymienników jonitowych, a także ścieki pochodzące z odwodnień magazynu stężonych chemikaliów oraz z urządzeń rozładowniczych i dawkujących stężony kwas solny i ług sodowy są kierowane do stacji neutralizacji ścieków. Po zneutralizowaniu i napowietrzeniu są odprowadzane do rzeki. Procesowi oczyszczania w osadnikach są poddawane ścieki:

- pochodzące z odmulania reaktorów,
- z płukania filtrów wody ruchowej i zdekarbonizowanej,
- z urządzeń przygotowujących roztwór siarczanu żelazowego do koagulacji,
- z urządzeń przygotowujących mleko wapienne do dekarbonizacji,
- z instalacji przygotowujących solankę do regeneracji wymienników sodowych,
- ze spulchniania, regeneracji i płukania stacji zmiękczenia wody,
- z mycia posadzki stacji przygotowania wody

Ścieki po oczyszczeniu w komorach osadnika są kierowane do rzeki, a osady wytrącone ze ścieków wywożone samochodami na składowisko popiołu.

*Przy opracowaniu instrukcji korzystano z „Laboratorium procesów termoenergetycznych”, praca zbiorowa, t. 2, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1983.*