

Analiza przyczyn zakłóceń pomiaru ClO_2 na przykładzie gminnej Stacji Uzdadniania Wody

Streszczenie. W pracy przedstawiono zasady oraz problemy związane z pomiarem dwutlenku chloru (ClO_2), który jest podstawowym parametrem optymalnej dezynfekcji wody z zastosowaniem tego rodzaju utleniacza. Na opisywanym obiekcie po montażu czujnika ClO_2 nastąpił problem z zakłóceniami niewiadomego pochodzenia, które powodowały generowanie fałszywych alarmów o przekroczeniu dopuszczalnej wartości chloru. Praca przedstawia drogę dochodzenia do ustalenia przyczyny zakłóceń, sposób ich wyeliminowania i porównuje rzeczywiste zarejestrowane dane.

Abstract. The paper presents the rules and the problems associated with the measurement of chlorine dioxide (ClO_2), which is a fundamental parameter of optimal water disinfection when such an oxidant is used. When ClO_2 sensor was installed on the described object a problem with disturbances of unknown origin, which caused false alarms about the exceeding of the permissible value of chlorine, appeared. The paper presents the way of the investigation to determine the cause of disturbances, shows how to eliminate them, and compares the real recorded data. (**An analysis of the causes of disturbance in measurement of ClO_2 on the example of Water Treatment Plant.**)

Słowa kluczowe: pomiar dwutlenku chloru, dezynfekcja wody, separator powietrza, analiza pomiarów.

Keywords: measurement chlorine dioxide, water disinfection, air separator, measurement analysis.

doi:10.12915/pe.2014.01.38

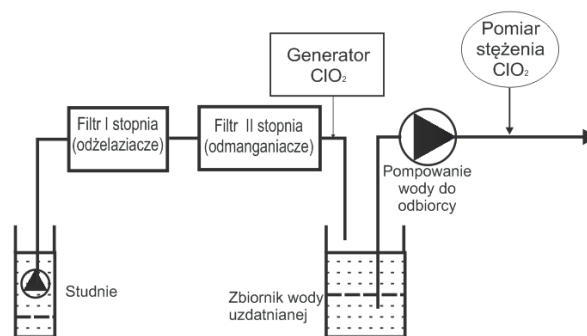
Wstęp

Głównym celem procesu uzdatniania wody zgodnie z obowiązującym rozporządzeniem Ministra Zdrowia z 2010 roku [1] jest dostarczenie do konsumentów wody zdatnej do spożycia, tzn. spełniającej wymogi fizyko-chemiczne oraz mikrobiologiczne określone w ww. rozporządzeniu. Wymagana jakość wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi jest najważniejszym zadaniem eksploatacyjnym przedsiębiorstwa wodociągowego. Parametry określone w ww. rozporządzeniu kontrolowane są przez odpowiednie organy Inspekcji Sanitarnej, a ich przekroczenie może skutkować nawet unieruchomieniem wodociągu. Priorytetem jest wymagana jakość mikrobiologiczna wody. Usunięcie mikroorganizmów chorobotwórczych (bakterii, wirusów, pierwotniaków) wymaga odpowiedniego procesu uzdatniania zawierającego procesy utleniania skutecznie eliminujące z wody uzdatnianej mikroorganizmy chorobotwórcze. [5] Odpowiednia dawka środków utleniających (związków chloru, ozonu, promieni UV) powinna być tak dobrana aby eliminować z wody mikroorganizmy patogenne na etapie uzdatniania oraz w całym systemie dystrybucji wody, przy jednoczesnym ich bezpiecznym stężeniu dla konsumentów wody. Dlatego jednym z najistotniejszych pomiarów wykonywanych na stacjach uzdatniania wody (SUW) jest pomiar stężenia utleniacza. Głównym celem pracy jest przedstawienie problemu związanego z pomiarem dwutlenku chloru stosowanego jako środek utleniający (dezynfektant) na przykładzie stacji uzdatniania wody.

W pracy zaprezentowano rzeczywiste wyniki pomiarów oraz przeanalizowano problem zakłóceń, co stanowiło poważny problem eksploatacyjny skutkujący zagrożeniem nieodpowiedniej dezynfekcji wody.

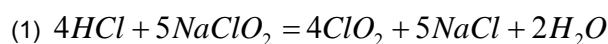
Proces uzdatniania wody

Proces uzdatniania wody przeznaczonej do spożycia, w zależności od przyjętej technologii i źródła wody składa się z kilku pod-stawowych etapów [2]. Inaczej przebiega proces uzdatniania wody powierzchniowej a inaczej wody czerpanej ze źródeł głębinowych. W opisywanym przypadku SUW przeznaczona jest dla uzdatniania wód podziemnych, które charakteryzują się przekroczoną wartością żelaza i manganu, w związku z tym, ciąg technologiczny uzdatniania zawiera filtry: odżelaziacze i odmanganiacze (rys. 1).



Rys.1. Schemat technologiczny SUW

Niezależnie od zastosowanych technologii w procesie uzdatniania, oraz od rodzaju wody zasilającej SUW zawsze woda przeznaczona do spożycia musi być poddana procesowi dezynfekcji w celu usunięcia bakterii chorobotwórczych, mikroorganizmów wirusów itp. [1] [2] W zależności od zastosowanej metody dezynfekcji jak ozonowanie, lampy bakteriobójcze, chlor, dwutlenek chloru idea dezynfekcji jest wspólna: optymalna regulacja dawkowania związku dezynfekcyjnego polega na jednoczesnym zapewnieniu maksymalnej dezynfekcji wody w celu eliminacji mikroorganizmów chorobotwórczych przy jednoczesnym bezpiecznym stężeniu związku dezynfekcyjnego w wodzie. [4] W analizowanej SUW technologią zdecydował o dezynfekcji wody dwutlenkiem chloru. Dwutlenek chloru jest gazem o niestabilnej naturze, którego przechowywanie i magazynowanie w butlach jest niebezpieczne i ekonomicznie nieoptyczne. Ma jednak praktyczną zaletę na chlorem wolnym: najdogodniej wytwarzać go na miejscu w specjalnie do tego przeznaczonych urządzeniach zwanych najczęściej generatorami dwutlenku chloru. Urządzenia te wytwarzają wodny roztwór dwutlenku chloru w wyniku reakcji chlorku sodu ($NaClO_2$) i kwasu solnego (HCl) [6].



Roztwór ten można bezpiecznie i precyzyjnie dozować, jest także stosunkowo łatwo przewozić i magazynować składniki potrzebne do wytwarzania ClO_2 .

Opis montażu

W celu spełnienia warunków ciągłego monitorowania zawartości dwutlenku chloru w wodzie zdecydowano o zastosowaniu analizatora dwutlenku chloru typu 9187sc wraz przetwornikiem pomiarowym SC100. Urządzenie, które zgodnie z jego dokumentacją wykorzystuje membranę przepuszczającą tylko molekuły dwutlenku chloru. W ten sposób wyeliminowano zakłócenia wywołane przez brom, chlor, czy nadtlenek wodoru. Jedynym potencjalnym czynnikiem zakłócającym jest ozon, który rzadko bywa obecny w wodzie zawierającej dwutlenek chloru.

Potencjał utleniania dwutlenku chloru jest 2,5 razy wyższy niż w przypadku chloru. Pozostaje on relatywnie niezależny od wartości pH, przez co nadaje się do odkażania wody alkalicznej.

Reakcja elektrochemiczna oraz dyfuzja przez membranę są zależne od temperatury. Elektroda wyposażona jest w czujnik temperatury, z automatyczną jej kompensacją, w celu zapobiegania błędom pomiarowym [3].

Próbka do badania została pobierana z rurociągu wyjściowego ze SUW. Dzięki takiemu usytuowaniu miejsca poboru użytkownik ma na bieżąco informację o zawartości ClO_2 i można było w układzie sterowania automatycznie generować alarmy o przekroczeniu maksymalnej, warunkującej bezpieczeństwo konsumentów wody.

Jednocześnie takie umiejscowienie miejsca poboru próbki powoduje duże problemy w sterowaniu dawkowania utleniacza (rys.2).



Rys.2. Miejsce poboru próbki do pomiaru dwutlenku chloru

Układ technologiczny SUW wymusza miejsce dawkowania po układzie filtrów, przed zbiornikami na wodę uzdatnioną. Woda dla odbiorców, zmagazynowana w zbiornikach jest pobierana przez układ pomp i tłoczona do rurociągu głównego. W ostatnim miejscu, gdzie rurociąg tłoczny jest w budynku stacji uzdatniania woda jest pobierana do analizy ilość dwutlenku chloru (rys.3).

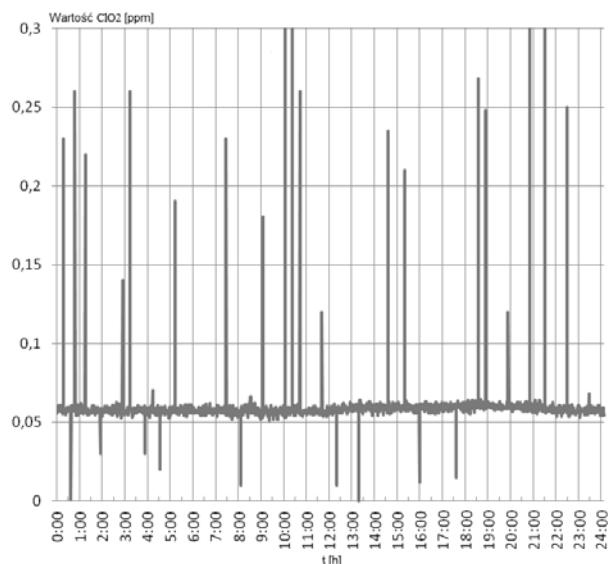


Rys.3. Sposób montażu analizatora i przetwornika pomiarowego

Analiza zarejestrowanych danych

W zależności od przepływu wody, czas jaką musi pokonać woda pomiędzy miejscem dawkowania dwutlenku chloru a miejscem jego pomiaru wynosi od kilkunastu minut do kilku, a w skrajnych przypadkach kilkunastu godzin. Powodowało to duże problemy ze znalezieniem odpowiedniego algorytmu sterowania. Po długim rozruchu i dobraniu odpowiednich parametrów regulacyjnych okazało się, że wartość mierzona utrzymuje się w zasadzie na stałym poziomie, ale występują znaczne, krótkotrwałe skoki wartości pomiaru.

Przykładowe zarejestrowane wartości ClO_2 w czasie 24 godzin przedstawiono na rys.4.



Rys.4. Wykres wartości ClO_2 z widocznymi skokami wartości

Taki sposób pomiaru był nie do przyjęcia dla obsługi SUW. Jeżeli krótkotrwały skok wartości przekraczał wartość ustaloną jako maksymalną to generował alarm. Na przykładowym wykresie widać, że w ciągu przedstawionych, zarejestrowanych 24 godzin wystąpiło 4 razy. Za każdym razem był zgłaszany alarm, na który obsługa musiała w maksymalnie szybki sposób reagować, ponieważ prawdziwe przekroczenia wartości maksymalnych ClO_2 jest niebezpieczne dla zdrowia, a nawet życia konsumentów wody.

Po analizie wytypowano kilka możliwych przyczyn:

- wadliwe działanie czujnika pomiarowego,
- zakłócenia na przesyle sygnału do systemu SCADA rejestrującego dane,
- zakłócenia na trasie poboru próbki do analizatora,
- inny, nieznan czynniki w wodzie zakłócający pracę analizatora ClO_2 .

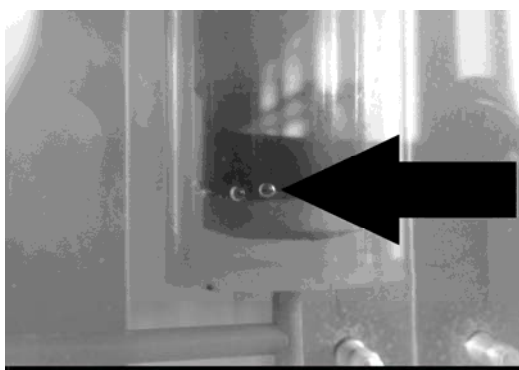
Aby zlikwidować możliwe przyczyny postanowiono wyeliminować je w kolejności ich wytypowania:

- wadliwe działanie czujnika pomiarowego jako przyczynę nieprawidłowości wyeliminowano, wypożyczając inny i uruchamiając na kilka dni. W trakcie kiedy pracował inny analizator okazało się, że rejestrowane dane nie odbiegają od danych czujnika zainstalowanego jako pierwszy. Jeżeli więc dwa analizatory pokazują niemalże to samo to przyczyna nie mogła tkwić w niepoprawnej pracy jednego z nich,
- zakłócenia w przesyle sygnału jako przyczynę nieprawidłowości wyeliminowano, obserwując przez kilka godzin miejscowy przetwornik pomiarowy SC100.

Dwie osoby obserwowały jednocześnie komputer z systemem SCADA i miejscowy przetwornik pomiarowy. Odległość pomiędzy nimi wynosiła kilkanaście metrów i bez problemów mogli się porozumiewać. Okazało się, że w momencie, kiedy komputer rejestrował podwyższoną lub obniżoną znacznie wartość, taka sama wartość była wyświetlana na przetworniku pomiarowym. Dało to definitywną jednoznaczną informację, że przesył sygnału był prawidłowy i to nie on powodował zakłócenia.

Pozostała więc sprawa nieznanego czynnika istniejącego w wodzie i zakłócającego pracę analizatora. Producent deklarował, że analizator jest nieczuły na wszelkiego rodzaju możliwe do zidentyfikowania w wodzie do picia zakłócenia [3].

Podczas analizy możliwych przyczyn zwrócono uwagę na pęcherze powietrza w celce pomiarowej analizatora (rys.5).



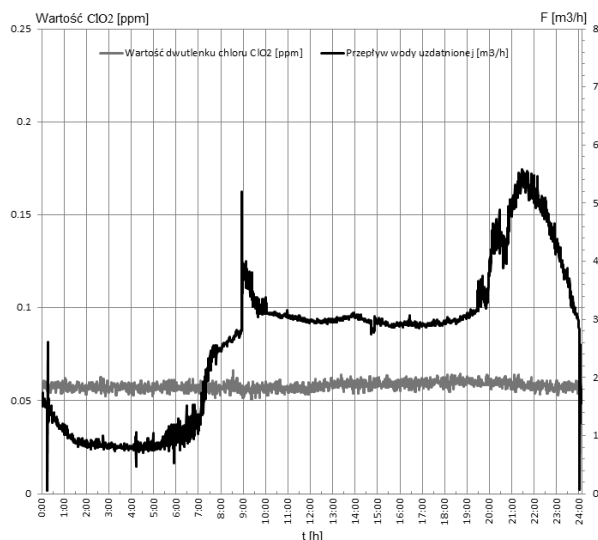
Rys.5. Pęcherze powietrza wewnątrz celki pomiarowej analizatora

Wg deklaracji producenta, pęcherze powietrza nie powinny zakłócać działania czujnika pomiarowego. Nie mniej jednak postanowiono się ich pozbyć i w tym celu najłatwiej było zastosować separator powietrza używany w układach ciepłowniczych, instalacjach solarnych itp. (rys.6)



Rys.6. Zastosowany separator powietrza

Po zastosowaniu separatora wykres z danymi z zarejestrowanymi danymi ClO_2 wygląda jak na rysunku poniższym. Popielata linia ilustrująca trend wartości ClO_2 przebiega poziomo bez żadnych fałszywych wartości (rys.7). Wartość jest utrzymywana bez względu na zmienną wartość przepływu wody uzdatnionej (czarna linia na wykresie rys7.).



Rys.7. Wykres dwutlenku chloru po zastosowaniu separatora powietrza w mierzonej próbce

Wnioski

- Pęcherzyki powietrza w wodzie zakłócają proces pomiarowy analizatora dwutlenku chloru 9187 sc
- Zastosowanie separatora powietrza w znacznej mierze redukującego ilość pęcherzyków powietrza w badanej próbce pozwoliło na otrzymanie wyników bez zakłóceń
- Bez względu na wcześniejsze doświadczenia należy zawsze dążyć do tego aby reprezentacyjna próbka pomiarowa była bez wtrąceń mogących potencjalnie powodować zakłócenia pomiarowe.
- Należy również unikać zakłóceń, na które układ pomiarowy jest niewrażliwy wg deklaracji producenta.
- Odpowiedni sposób wykonywania pomiarów kluczowych parametrów uzdatniania wody jest jednym z czynników warunkujących bezpieczeństwo zdrowotne konsumentów wody.
- Szczegółowa analiza zaprezentowanego problemu przyczyni się do poprawy parametrów eksploatacyjnych uzdatniania wody.
- Przedstawiony w pracy problem zakłóceń pomiarów na przykładzie stacji uzdatniania wody może występować w innych procesach technologicznych i przemysłowych i zawsze stanowi poważny problem eksploatacyjny.

LITERATURA

- [1] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. z dnia 6 kwietnia 2007 r. Dz. U. z dnia 29 kwietnia 2010 r.)
- [2] Kowal A.L., Świdarska-Bróż M „Oczyszczanie wody” Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa 1996
- [3] Bernd Schoemaker B., Nowy czujnik dwutlenku chloru do kontroli dezynfekcji, *Hach-Lange* (2008)
- [4] Kowal A.L., Bezpieczeństwo sanitarne wody w wodociągach publicznych. Ochrona Środowiska, *Wydawnictwo PZiTS O/Dolnośląski*, (2001), n. 4(83), s. 3-4.
- [5] Urbaniak A., Monitorowanie i sterowanie procesami wodociągowymi. Wodociągi-Kanalizacja, *Wydawnictwo Komunalne*, Poznań (2006), n. 7/8(39/30), s. 36-39.
- [6] <http://www.demichem.hg.pl/genchlo.htm>

Autorzy: dr hab. inż. Adam Kowalczyk, prof. Politechniki Rzeszowskiej; mgr inż. Radosław Cieślak; mgr inż. Rafał Chorzeпа¹, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza, Katedra Metrologii i Systemów Diagnostycznych, ul. Wincentego Pola 2, 35-959 Rzeszów, E-meil: chorzeпа.rafal@gmail.com¹.