

Jacek Krenc, Veolia Energia Łódź S.A.
Marian Mazurkiewicz, Tomasz Ugorek Zakład Chemii i Diagnostyki „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o.

Pomiary fizykochemiczne a korekcja chemiczna obiegu wodnoparowego

na przykładzie EC3 Veolia Energia Łódź S.A.

Właściwe prowadzenie korekcji chemicznej, obserwacja wielkości parametrów fizykochemicznych czynnika w obiegu wodno-parowym podczas eksploatacji oraz odpowiednio szybkie reagowanie na te zmiany mają ogromny wpływ na utrzymanie wysokiej dyspozycyjności bloków energetycznych. Niedotrzymanie zalecanych parametrów wody zasilającej, kotłowej, pary, kondensatów i skroplin skutkuje awaryjnością kotłów i wymienników ciepła oraz występowaniem przyspieszonych procesów korozyjnych.

Właściwe prowadzenie korekcji chemicznej obiegów wodnoparowych bloków energetycznych ma zapewnić prawidłową i bezpieczną eksploatację urządzeń energetycznych.

W elektrociepłowni Veolia Energia Łódź S.A. EC3 do 2015 roku korekcję chemiczną prowadzono dawkując preparat Kotamina C. Sterowanie odbywało się na podstawie sygnału 4...20 mA wielkości przepływu wody uzupełniającej kotła i nastaw wydajności pompy dawkowania preparatu przeprowadzanych na polecenie laboranta ruchowego. W związku z potrzebą modernizacji przestarzałej stacji oraz automatyzacji zdecydowano się na zmianę reżimu z aminowego na fosforanowo-aminowy.

■ Cel budowy nowych stacji dozowania Elimin-oxu i fosforanów

Budowa stacji dozowania fosforanu trójsodowego (fosforanów) dla kotłów

1–3 oraz dozowania karbohydrydu (Elimin-oxu) dla bloków 1–4 miała na celu:

- zmianę środka korygującego z Kotaminy C na fosforan i Elimin-ox,
- optymalizację i automatyzację dawkowania koregentów,
- zmianę lokalizacji stacji dawkowania oraz ich kumulację,
- poprawę warunków BHP,
- zminimalizowanie kosztów bieżącej kontroli analitycznej i codziennej obsługi.

■ Kryteria, jakie powinny spełniać stacje dozowania

Głównym kryterium stawianym stacjom dozowania jest ich bezobsługowość. Obecnie w elektrowniach obserwuje się tendencję nakierowaną na likwidację stanowisk laborantów ruchowych, którzy na podstawie wykonywanych analiz podejmowali decyzję o uruchomieniu, zmianie wydajności

lub zatrzymaniu dozowania koregentów. Bezobsługowość nowych stacji jest realizowana poprzez analizę sygnałów wejściowych oraz automatycznie inicjowanie procesu dawkowania, który zostanie zakończony po osiągnięciu zdefiniowanego poziomu wartości parametrów mierzonych.

Kolejnym kryterium jest bezawaryjność, która przy braku obsługi jest kluczowa. Stacja powinna być zbudowana z odpowiednich materiałów, niezawodnych elementów oraz zgodnie z najlepszą wiedzą i doświadczeniem. Elementy kluczowe, pracujące pod wysokim ciśnieniem, wymagające najczęstszych prac serwisowych i narażone na usterki powinny być redundantne. Tymi samymi wymaganiami należy się kierować projektując i dobierając elementy sterowania i automatyki.

Trzecim kryterium jest sterowność – stacje na podstawie indywidualnych ustawień powinny utrzymywać stężenia dawkowanych koregentów w sposób in-

dywidualny dla danego bloku (kotła), tak by zminimalizować powstawanie zagrożeń ze strony korozji. Jest to najtrudniejsze kryterium do spełnienia, ponieważ w założeniu ma ono na celu zastąpienie wieloletniego doświadczenia i wiedzy laboranta ruchowego odpowiednimi algorytmami sterowanymi na podstawie sygnałów wejściowych pochodzących od analizatorów pomiarów fizykochemicznych.

■ Wymogi

Zadanie miało być zrealizowane w systemie „pod klucz”. Prace były wykonywane podczas postoju remontowego (stacja dozowania fosforanów) oraz przy pracujących kotłach (stacja dozowania Elimin-oxu). W realizacji prac bardzo ważną kwestią było zapewnienie możliwości prowadzenia korekcji obiegu wodnoparowego na pracujących blokach. Termin realizacji zadania był przewidziany na okres od 30.10.2015 r. do 12.11.2016 r. (stacja dozowania fosforanów) oraz od 18.05.2015 r. do 30.11.2016 r. (stacja dozowania Elimin-oxu).

■ Wykonanie

Po zapoznaniu się ze Specyfikacją Istotnych Warunków Zamówienia, wymogami i oczekiwaniami specjalistów Veolia Energia Łódź S.A., „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. przygotował oferty na wykonanie zadań: „Wykonanie instalacji automatycznego dawkowania Elimin-oxu dla kotłów parowych wraz z zabudową pomiarów fizykochemicznych dla bloku 3 i 4” oraz „Wykonanie kompleksowego przystosowania instalacji korekcji wody kotłowej do wdrożenia reżimu fosforanoaminowego dla kotłów parowych w EC3 Veolia Energia Łódź S.A.”

Realizację zamówienia wykonano w następujący sposób:

- „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o.:
 - prowadzenie kontraktu,
 - wykonanie projektu,
 - budowa i montaż stacji dozowania fosforanów i Elimin-oxu,
 - wykonanie i montaż układów po-

miarów fizykochemicznych na blokach 3 i 4,

- montaż nowych sond poboru próbek oraz tras impulsowych na blokach 3 i 4,
- doprowadzenie sygnałów od analizatorów do szaf sterowniczych,
- rozruch, optymalizacja i nadzór nad układem przez okres 6 miesięcy,
- sporządzenie instrukcji eksploatacji,
- szkolenie obsługi Zamawiającego w zakresie eksploatacji i obsługi stacji,
- udział w pracach serwisowych.
- Podwykonawcy i poddostawcy:
 - P.W. Semako Sp. z o.o. – dostawy i montaż w branży elektrycznej i AKPiA oraz udział w uruchomieniu, optymalizacji i szkoleniu w zakresie eksploatacji;
 - FAPO - Pompy i Systemy Dozowania – wykonanie stacji dawkowania fosforanów w zakresie branży mechanicznej;
 - Elektro-Automatika – prace montażowe i spawalnicze w branży mechanicznej.

■ Stan instalacji przed modernizacją

Wcześniejsza korekcja obiegu wodno-parowego w EC3 prowadzona była poprzez dozowanie wyłącznie roztworu Kotaminy C do rurociągów ssących pomp wody zasilającej poszczególnych kotłów parowych.

Głównymi urządzeniami instalacji dawkowania Kotaminy C były:

- zbiornik magazynowy Kotaminy C o objętości 1,7 m³ – 1 szt.,
- zbiorniki robocze roztworu Kotaminy C o objętości 0,78 m³ – 2 szt.,
- pompy dozujące roztwór Kotaminy C o wydajności maksymalnej 13,3 dm³/h i ciśnieniu 8 bar – 6 szt.

■ Stacja dozowania fosforanów

Zakres prac przewidywał budowę stacji dozowania fosforanów dla kotłów K-1, K-2 i K-3. Instalację usytuowano w nowo wyremontowanym pomieszczeniu, w bezpośrednim sąsiedztwie istniejącej stacji dozującej fosforan do kotłów K-6 i K-9. Do celów optymalizacji pracy



Fot. 1. Stacja dozowania fosforanów dla kotłów K-1, K-2, K-3 (źródło: ENERGOPOMIAR)

obsługi przy przygotowaniu roztworu, po konsultacjach z Veolia Energia Łódź S.A., zdecydowano się skorzystać z wykonanego wcześniej zbiornika fosforanów.

Stację dozowania fosforanów przedstawiono na fotografii 1.

Główną zaletą zbudowanej stacji dawkowania jest fakt, iż proces dozowania może odbywać się w sposób ciągły lub okresowy według parametrów mierzonych wartości zadanych przez sterownik.

Dzięki prawidłowemu rozmieszczeniu poszczególnych elementów stacja jest funkcjonalna i dostosowana do ergonomii użytkownika, co zapewnia wygodę podczas rutynowej obsługi instalacji. Budowa zespołu pozwala na wygodne wykonanie zabiegów konserwacyjnych i naprawczych urządzenia.

Zbiornik roztworu fosforanów posiada czujnik poziomu, który poprzez sterownik informuje o niskim stanie roztworu w zbiorniku oraz zapobiega pracy „na sucho”.

■ Główne elementy stacji dozowania fosforanów

Kompletna stacja składa się z następujących elementów:

■ Układ przygotowawczy:

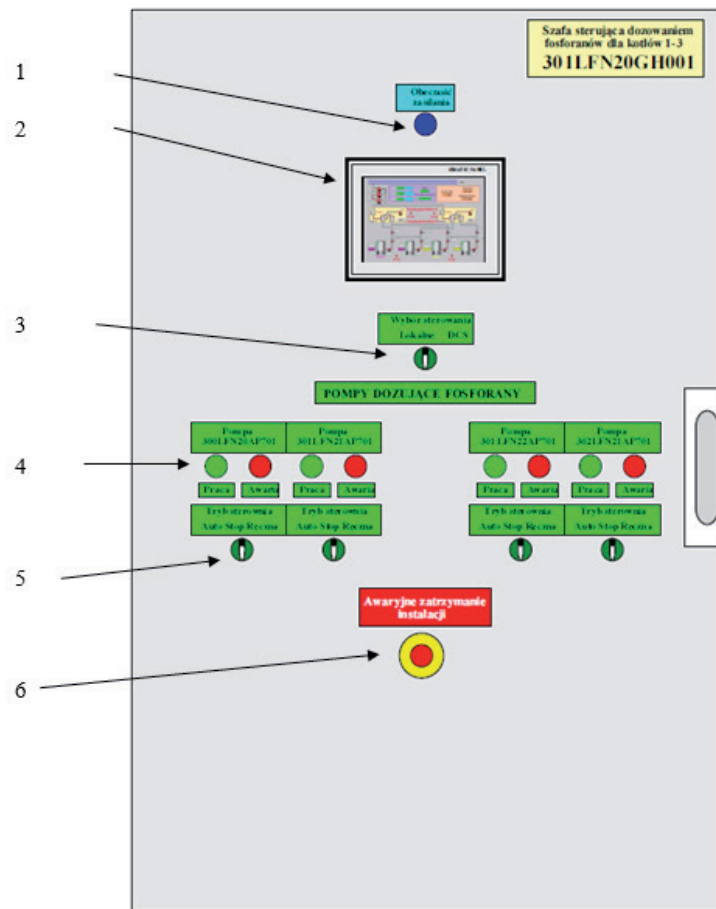
Układ przygotowawczy, w skład którego wchodzi: zbiornik przygotowawczy i roboczy, mieszadło, poziomowskaz wraz z czujnikiem poziomu (wykonane przez firmę Babcock) i stanowią część wspólną instalacji dozowania fosforanów dla kotłów K-1, K-2, K-3 (prod. ENERGOPIOMIAR) oraz K-6 i K-9 (prod. Babcock).

■ Osadnik:

Osadnik ma na celu zatrzymanie ewentualnych zanieczyszczeń przedostających się ze zbiornika do pompy podczas poboru roztworu koregenta.

■ Układ pompowy:

Układ pompowy instalacji składa się z czterech pomp dozujących nurnikowych (w tym jedna rezerwowa) jednostronnego działania, umożliwiających płynną regulację wydajności od zera do maksimum w czasie pracy.



rys. 1. Wykaz elementów na drzwiach szafy sterowniczej 301LFN20GH001 (źródło: ENERGOPIOMIAR)

■ Manometr kontaktowy:

Manometr kontaktowy umożliwia chwilowy odczyt ciśnienia próbki z jednoczesnym zamknięciem lub otwarciem obwodu elektrycznego, w zależności od zadanego ciśnienia.

■ Tłumik pulsacji:

Tłumiki pulsacji zostały zastosowane w celu kompensacji impulsowego wzrostu ciśnienia w instalacji tłocznej pompy.

■ Zawór bezpieczeństwa:

Zawór bezpieczeństwa służy do zabezpieczenia instalacji przed przekroczeniem dopuszczalnej wartości ciśnienia.

■ Wanna odciekowa:

Wanna odciekowa jest wykonana ze stali kwasoodpornej. Jej zadaniem jest przejęcie całej zawartości fosforanu w przypadku nieszczelności.

■ System sterowania oraz monitorowania

W EC3 Veolia Energia Łódź S.A. stacja dozowania fosforanów może pracować w trybie automatycznym lub ręcz-

nym. Sterowanie czasem pracy pomp dozujących odbywa się na podstawie miliamperowego sygnału z analizatora odczynu pH wody kotłowej.

Praca sterownika polega na ciągłym porównaniu wartości zadanej i mierzonej. W przypadku spadku lub wzrostu poziomu odczynu pH poniżej lub powyżej wartości zadanej, czas pracy pompy dawkującej w jednakowych odcinkach czasu będzie wydłużał się lub skracał. Uwzględniana jest również korekta od tendencji zmian wartości pomiarowej.

Dodatkowo, przez sterownik monitorowany jest pomiar przewodności wody kotłowej oraz sprawdzane są warunki, które układ musi spełnić, aby stacja mogła pracować:

- poziomu roztworu fosforanów w zbiorniku,
- wartości ciśnienia w rurociągu tłocznym pompy dawkującej.

W przypadku przekroczenia wartości granicznych następuje zatrzymanie pompy i uruchomienie alarmu – sygnału świetlnego. Za sterowanie i wi-

zualizację pracy instalacji dozowania fosforanów dla kotłów K-1, K-2, K-3 odpowiedzialny jest sterownik programowalny typu S7-300 firmy Siemens, wraz z graficznym dotykowym panelem operatorskim TP700, zainstalowany w szafie sterowniczej (rys. 1). Panel pozwala na kontrolę pracy poszczególnych urządzeń instalacji, odczyt pomiarów i przegląd alarmów. Służy również do sterowania poszczególnymi napędami wchodzącymi w skład instalacji.

1. lampa sygnalizacji obecności zasilania w szafie;
 2. panel operatorski z matrycą dotykową;
 3. wybór sterowania „lokalnie/DCS”. W trybie lokalnym instalacja sterowana jest przez sterownik zabudowany w szafie, zaś w trybie DCS sterowanie urządzeniami odbywa się z systemu nadrzędnego;
 4. lampy sygnalizacyjne pomp dozujących fosforan;
 5. przełącznik trybu pracy pomp dozujących fosforan. Każda z pomp dozujących fosforan posiada własny przełącznik trójpozycyjny, który pozwala na przełączanie pomiędzy następującymi trybami:
 - „auto” – automatyczne sterowanie pracą pompy poprzez sterownik,
 - „stop” – wyłączenie pompy, brak możliwości pracy pompy,
 - „ręczny” – załączenie pompy dozującej w trybie ręcznym.
- Zbiornikowy wyłącznik bezpieczeństwa. Awaryjne wyłączenie pomp.

■ Stacja dozowania Elimin-oxu

Stanowiska stacji dozowania Elimin-oxu rozmieszczone w układzie: jedna stacja na dwa bloki. Instalacja składa się z dwóch beczek roztworu Elimin-oxu o pojemności 200 l umieszczonych na wannach odciekowych. Obok beczek usytuowana jest konstrukcja stacji dawkowania wykonana z profili i blach nierdzewnych, na której zamontowane są dawkujące pompy membranowe wraz z niezbędną armaturą. Zespół dwóch

stanowisk sterowany jest z jednej szafy AKPiA. Na fotografii 2 przedstawiono instalację dozowania Elimin-oxu dla bloków 1 i 2.

Działanie instalacji dozowania Elimin-oxu polega na dostarczeniu, poprzez pompę membranową, żądanej dawki Elimin-oxu do rurociągu ssącego pomp wody zasilającej. Część dawki razem z wydzielającymi się oparami jest zwracana do zbiornika poprzez samoodpowietrzającą głowicę dozującą. Układ został zabezpieczony zaworem bezpieczeństwa z wypływem skierowanym do zbiornika.

■ Główne elementy stacji dozowania Elimin-oxu

Kompletna stacja składa się z następujących elementów:

- Zbiornik: Zbiornik Elimin-oxu o pojemności 200 l.
- Wanna odciekowa: Wanna odciekowa o pojemności 200 l służąca do przejścia całej zawartości beczek Elimin-oxu w przypadku nieszczelności.
- Układ pompowy:

Układ pompowy instalacji dozowania Elimin-oxu na jeden blok składa się z dwóch pomp membranowych (jednej pracującej i jednej rezerwowej).

■ Manometr kontaktowy:

Manometr kontaktowy umożliwia odczyt ciśnienia próbki z jednoczesnym zamknięciem lub otwarciem obwodu elektrycznego, w zależności od zadanego ciśnienia.

■ Tłumik pulsacji:

Tłumiki pulsacji zostały użyte w celu kompensacji impulsowego wzrostu ciśnienia w instalacji tłocznej pompy.

■ Zawór bezpieczeństwa:

Zawór bezpieczeństwa przeznaczony jest do zabezpieczenia instalacji przed przekroczeniem dopuszczalnej wartości ciśnienia.

■ System sterowania oraz monitorowania

Stacja dozowania Elimin-oxu pracuje w trybie automatycznym lub ręcznym. Sterowanie odbywa się poprzez ciągłą analizę wskazań pomiaru odczynu pH dla bloków 1 i 2 wody zasilającej, a dla bloków 3 i 4 kondensatu lub przewodności właściwej kondensatu. Sterownik



Fot. 2. Instalacja dozowania Elimin-oxu (źródło: ENERGOPIMIAR)

w sposób ciągły dokonuje korekt wydajności pomp dozujących. W przypadku spadku lub wzrostu wartości mierzonej poniżej lub powyżej wartości zadanej, na podstawie ciągłego porównania wartości mierzonej i tendencji zmian automatycznie dokonywane są nowe nastawy pompy dozującej.

Dodatkowo sprawdzane są warunki na gotowość układu do pracy:

- poziom roztworu Eliminox w beczce,
- wartość ciśnienia w rurociągu tłocznym pompy dawkującej.

W przypadku przekroczenia wartości granicznych następuje zatrzymanie pracy pompy i uruchomienie alarmu – sygnału świetlnego.

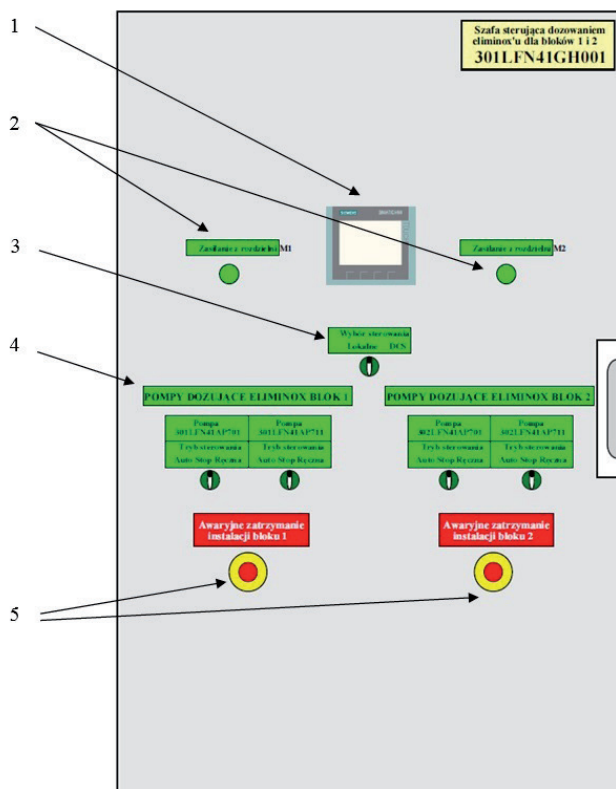
Do sterowania i wizualizacji pracą instalacji dozowania Eliminox zastosowano sterownik programowalny typu S7-1200 firmy Siemens oraz graficzny dotykowy panel operatorski KTP400 zainstalowany w szafie sterowniczej (rys. 2).

Oznaczenia na rysunku:

1. panel operatorski z matrycą dotykową
 2. wybór źródła zasilania
 3. wybór sterowania (lokalne lub DCS)
 4. przełącznik trybu pracy pomp dozujących Eliminox. Każda z pomp dozujących posiada własny przełącznik trójpozycyjny, który pozwala na przełączanie pomiędzy następującymi trybami:
 5. „auto” – automatyczne sterowanie pracą pompy poprzez sterownik,
 6. „stop” – wyłączenie pompy, brak możliwości pracy pompy,
 7. „ręczny” – załączenie pompy dozującej w trybie ręcznym.
- zbijakowy wyłącznik bezpieczeństwa. Wyłączenie awaryjne

■ Dodatkowe pomiary fizykochemiczne

W ramach zadania przewidziano również rozbudowę istniejących systemów pomiarów fizykochemicznych dla kotłów K-6 i K-9 o dodatkowe pomiary niezbędne do sterowania dozowaniem



Rys. 2. Widok drzwi szafy sterowniczej 301LFN41GH001 (źródło: ENERGOPOMIAR)

Eliminox. Dobudowano cztery nowe układy przygotowania próbki skroplin i wody zasilającej na ssaniu pomp. Zostały one umiejscowione na stojakach wzdłuż istniejącego już systemu poboru próbek między blokami nr 3 i 4 na poziomie +8,5 m. Każdy panel wyposażony jest w: pojedyncze zawory odcinające na instalacji przedmuchu, chłodnicę, dodatkowy zawór regulacyjno-odcinający, zawór regulacyjny poboru próbki dla celów laboratoryjnych w okresie uruchamiania kotła (próbka tymczasowo zanieczyszczona), automatyczny bezpiecznik termiczny, regulator ciśnienia wsteczny zapewniający stałą wielkość przepływu próbki dla pomiarów ciągłych niezależnie od wahań ciśnienia na wlocie, termomanometr do pomiarów temperatury i ciśnienia próbki kierowanej do pomiarów ciągłych oraz rotametr dla określenia ilości próbki kierowanej do przyrządów pomiarowych.

Na fotografii 3 przedstawiono stojak z dobudowanymi panelami poboru próbek.

Wszystkie elementy paneli zostały wykonane ze stali austenitycznej, co ogranicza wpływ materiału, z którego są wykonane na wyniki analiz fizycznych i chemicznych.

Aparatura pomiarowa zainstalowana została na stojaku wewnątrz kontenera umieszczonego między kotłami K-6 i K-9, w bezpośrednim sąsiedztwie układów przygotowania próbek. Wszystkie analizatory posiadają wskaźniki miejscowe, na których wyświetlane są wyniki pomiarów oraz inne, niezbędne do przyjaznej komunikacji i prawidłowej pracy wskazania i komunikaty. Urządzenia pomiarowe posiadają możliwość swobodnego programowania zakresów pomiarowych z proporcjonalnym sygnałem wyjściowym 4...20 mA. Przed każdym pomiarem zainstalowano rotametr pozwalający na pełną kontrolę ilości próbki kierowanej do poszczególnych analizatorów oraz zawór igłowy umożliwiający odcięcie dopływu próbki w przypadku serwisowania celki pomiarowej.

Na fotografii 4 przedstawiono aparaturę pomiarową wody zasilającej i skroplin z głowicami pomiarowymi.

Wszystkie sygnały wyjściowe zostały zebrane i wpięte do istniejących szaf obiektowych w kontenerze. Sygnały sterownicze (wartość odczynu pH i przewodność kondensatu) zostały przekazane do właściwych sta-

cji dozowania Elimin-oxu. W tabeli 1 przedstawiono zestawienie dobudowanych punktów poboru próbek, realizowanych pomiarów fizykochemicznych dla poszczególnych próbek oraz zakresy pomiarowe.

Wszystkie zbudowane stacje działają poprawnie, a sterownik odpowiednio dostosowuje pracę pomp utrzymując wartość zadaną na wymaganym poziomie.

Trwają dalsze prace nad optymalizacją procesu dawkowania Elimin-oxu do wody zasilającej. Zdecydowano się na zmodyfikowanie dozowanego koregenta poprzez przygotowywanie mieszaniny roztworu Elimin-oxu, wody amoniakalnej i wody zdeminiarowanej w odpowiednich proporcjach.

W wyniku powyższych działań odnotowano:

- znaczne zmniejszenie zapotrzebowania układu na Elimin-ox,
- obniżenie wartości przewodności kwasowej pary i wody zasilającej,
- sumaryczne zmniejszenie kosztów eksploatacji stacji dozowania Elimin-oxu.

■ Podsumowanie

W wyniku modernizacji stacji dawkowania koregentów w EC3 Veolia Energia Łódź S.A. uzyskano następujące efekty:

- wyższy poziom standardu eksploatacji instalacji pomiarów fizykochemicznych tak pod względem BHP, jak i zaleceń wytycznych oraz wymogów norm,
- zmniejszenie ilości wykonywanych analiz chemicznych przez pracowników laboratorium chemicznego przy równoczesnym zapewnieniu prawidłowej kontroli procesu dawkowania koregentów,
- zwiększenie zakresu automatyzacji stacji,
- ograniczenie zakresu prac konserwacyjnych i remontowych, zminimalizowanie kosztów kontroli chemicznej czynnika obiegowego.



Fot. 3. Stojak z panelami przygotowania próbki (źródło: ENERGOPOMIAR)



Fot. 4. Aparatura pomiarowa wody zasilającej i skroplin z głowicami pomiarowymi (źródło: ENERGOPOMIAR)

Tab.1. Zestawienie punktów poboru próbek i realizowanych pomiarów fizykochemicznych (źródło: ENERGOPOMIAR)

| Lp. | Punkt poboru próbek | Dodatkowo zabudowane pomiary |
|-----|----------------------------|---|
| 1 | Woda zasilająca ssanie | Manualne + ciągłe: Przewodność kwasowa (za kolumną kationową) 0–1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ Tlen 0–100 ppb O_2/l |
| 2 | Kondensat główny tłoczenie | Manualne + ciągłe: Odczyn 0–14 pH Przewodność właściwa 0–20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ Przewodność kwasowa (za kolumną kationową) 0–1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ |

Stan na dzień 31.03.2017 r.