

MAREK DOMIN

JANUSZ MROCZKA

JAN ZUZOK

INSTYTUT METROLOGII ELEKTRYCZNEJ

POLITECHNIKI WROCŁAWSKIEJ

URZĄDZENIE DO POMIARU MĘTNOŚCI WODY

Streszczenie

W pracy omówiono zasadę działania urządzenia oraz budowę wybranych podzespołów. Przedstawiono algorytm pracy urządzenia, zwracając uwagę na możliwość dokonywania pomiarów mętności różnych standardowych zawiesin użytych do skalowania.

Do aktualnych problemów techniki pomiarowej w gospodarce wodnej należy opracowywanie metod i przyrządów pomiarowych, które pozwoliłyby na dokonywanie pomiaru badanej wielkości nie tylko z jak największą dokładnością, ale i w możliwie krótkim czasie, również w trudnych warunkach przemysłowych. Jedną z wielu aktualnie mierzonych wielkości w gospodarce wodnej jest mętność wody. Parametr ten jest wykorzystywany przy ocenie stopnia czystości wody. Przedstawione w literaturze [1], [2], [9], [15] rozważania wskazują na to, że żadna analityczna metoda nie miała tak dużego wpływu na planowanie, ekonomikę i postępowanie w badaniach wody w procesie uzdatniania, jak pomiar mętności. Okazuje się, że pomiar mętności jest najlepszym wskaźnikiem dla określenia dawki substancji chemicznych, użytych do oczyszczania wody, dzięki kontroli mętności można poczynić duże oszczędności w ich zużyciu. Produkcję urządzeń do pomiaru mętności na skalę przemysłową rozpoczęto kilkanaście lat temu. Na przykładzie urządzeń skonstruowanych przez czołowych producentów /firma Hach, Sigrist - Photometer/ można zauważyć główne kierunki ich doskonalenia, które omawia literatura [8], [10], [11], [12], [18], [19]. Szerokie rozpowszechnienie tego typu urządzeń uzasadniają ich właściwości:

- możliwość określenia strefy fotosyntetycznie aktywnej,
- określenie stopnia czystości wody w procesie jej uzdatniania,
- pomiar mętności od 0 do 5000 NTU^m z błędem rzędu pojedynczych procentów,
- prosta budowa,
- nieskomplikowana obsługa,
- niski koszt eksploatacji.

^m/ NTU - Nephelometric Turbidity Unit . Jednostka mętności.

W Polsce nie produkuje się tego typu urządzeń, a rosnące potrzeby zaspokajane są importowaną kosztowną aparaturą. Dotychczasowe prace prowadzone w kraju nad pomiarami mętności przedstawione w nielicznych publikacjach [3], [4], [5], [7], [15], [16], [17], [20] sugerują potrzebę kompleksowych badań, jak i podjęcie produkcji tego typu urządzeń.

Obecnie pomiar mętności jest przedmiotem wielu dyskusji. Podstawą ich jest między innymi fakt, że otrzymane wyniki pomiarowe z różnych urządzeń nie zawsze można porównać ze sobą, jak również to, że wyrażone są one w różnych jednostkach. Problem niejednoznaczności wskazań urządzeń do pomiaru mętności, jak również zagadnienia definicji i jednostek mętności oraz związane z nimi problemy metrologiczne omawia literatura [14]. Praktyczny sposób eliminacji niejednoznaczności w pomiarach mętności przedstawiony jest w literaturze [13]. Podejmowane próby wzajemnego powiązania istniejących jednostek mętności za pomocą odpowiednich współczynników ilustruje tab. 1.

Tabela 1

Przeliczniki jednostek mętności określone
za pomocą mętnościomierza UP52B2 typ T65 firmy Sigrist - Photometer

Jednostki mętności	Jednostka zawiesiny krzemionkowej SiO_2	Jednostka absolutna /Zeiss-Pulfrich Turbidity Unit/	Jednostka zawiesiny formazynowej E.B.C.	Jednostka zawiesiny formazynowej A.S.B.C.	Jednostka Jacksona	Jednostka zawiesiny $BaSO_4$ /Helm Unit/	Jednostka zawiesiny żywicy /Mastic Unit/
Jednostka zawiesiny krzemionkowej SiO_2	1	0,000445	0,1	6,9	1	4	8
Jednostka absolutna /Zeiss-Pulfrich Turbidity Unit/	2250	1	225	15500	2250	9000	18000
Jednostka zawiesiny formazynowej E.B.C.	10	0,00445	1	69	10	40	80
Jednostka zawiesiny formazynowej A.S.B.C.	0,145	0,000065	0,0145	1	0,145	0,58	1,16
Jednostka Jacksona	1	0,000445	0,1	6,9	1	4	8
Jednostka zawiesiny $BaSO_4$ /Helm Unit/	0,25	0,00011	0,025	1,72	0,25	1	2
Jednostka zawiesiny żywicy /Mastic Unit/	0,125	0,000056	0,0125	0,86	0,125	0,5	1

Przedstawione wartości współczynników mogą być wyznaczone i zastosowane w jednym przyrządzie mierzącym mętność. Wynika to z faktu, że różne zawiesziny wzorcowe mają odmienne diagramy światła rozproszonego /indykatrysy/, które zależą od wielkości cząstek fazy rozproszonej, ich współczynników refrakcji, jak i właściwości fizycznych ośrodka dysperacyjnego.

W świetle przedstawionych tu spostrzeżeń w ramach Programu Rządowego PR-7 podjęto w Instytucie Metrologii Elektrycznej Politechniki Wrocławskiej prace związane z opracowaniem modelu urządzenia do pomiaru mętności wody [6], [17].

W praktycznej realizacji urządzenia przyjęto następujące dane wyjściowe:

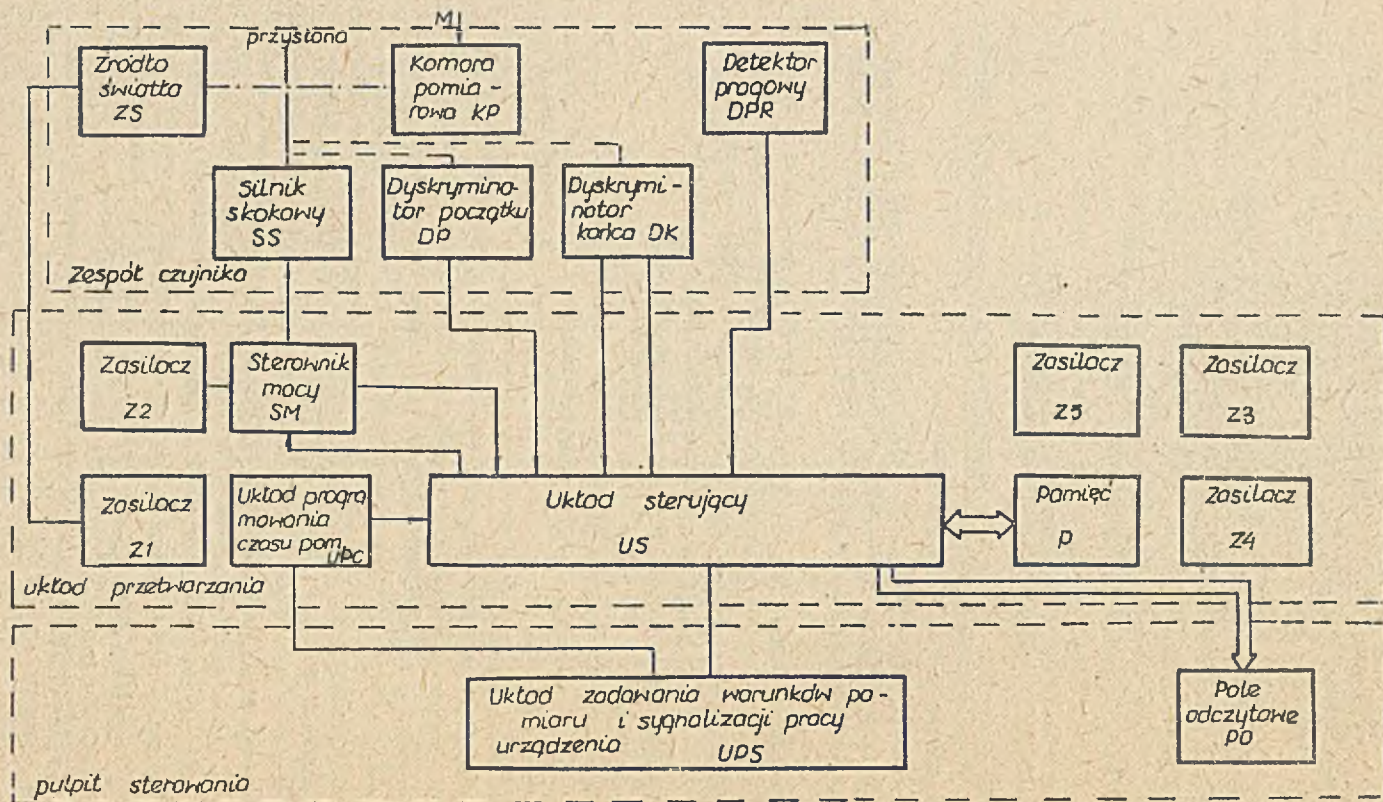
- fotometryczny sposób pomiaru,
- ciągły pomiar z jednoczesną eliminacją zanieczyszczeń naczyń pomiarowego,
- możliwość wzorcowania różnymi zawieszinami przy jednoczesnej możliwości porównywania otrzymanych wyników,
- cyfrowy sygnał wyjściowy.

Urządzenie to składa się z dwóch części: czujnika oraz układu przetwarzania z pulpitem sterowania. Schemat blokowy układu pomiarowego przedstawia rys. 1.

Źródło światła ZS wysyła wiązkę światła, która po przejściu przez przesłonę wnika w głąb komory pomiarowej KP, zawierającej badaną ciecz. W skonstruowanym układzie pomiarowym zastosowano żarówkę halogenową, należącą do specjalnej grupy lamp żarowych gazowanych. O wyborze takiego źródła światła zdecydowały następujące właściwości:

- duża światłość,
- stałość strumienia świetlnego w czasie,
- znany rozkład widmowy energii promieniowania,
- duża sprawność,
- prosty układ zasilający.

Istotną zaletą lamp halogenowych jest tzw. cykl autoregeneracyjny, polegający na cyklicznej syntezie i rozpadzie wolframu, zapewniający tym samym ciągły proces regeneracji żarnika. Przesłona sprzężona z przekładnią napędzana jest przez silnik skokowy SS i umożliwia kontrolowaną zmianę strumienia światła, wnikającego w ciecz. Ciągły sposób oszkieblenia wiązki światła uzyskano przez zastosowanie przesłony w kształcie kwadratu /"kocie oko"/. Zmiany strumienia wnikającego do naczyń pomiarowego realizuje się poprzez zmianę otworu przesłony. Strumień świetlny przechodzący przez przesłonę jest proporcjonalny do pola otworu przesłony. Ponieważ pomiar dokonywany jest bezpośrednio na miejscu pobierania próbek wody, zanieczyszczenie naczyń pomiarowego przez różnorodne substancje, osadzające się na jego ściankach, stanowi istotny problem. Aby tego uniknąć przyjęto konstrukcję naczyń pomiarowego realizującego zasadę wolno przelewającej się cieczy. Strumień światła ulega



Rys. 1. Schemat blokowy urządzenia

w cieczy rozproszeniu na cząstkach, tworzących zawiesinę. Część strumienia światła rozproszonego, wychodzącego z badanego roztworu, pada na detektor światła DPR, działający progowo. Z detektora progowego otrzymywany jest sygnał elektryczny dwustanowy. Przyjęto, że stan logiczny wyjścia detektora jest "1", gdy wartość strumienia światła jest większa od wartości przyjętej jako próg działania oraz "0", gdy jest mniejsza od tego progu. Fotoelementem w detektorze progowym jest fototranzystor skompensowany termicznie za pomocą fototranzystora tego samego typu. Fotoelement dostarcza prąd do przetwornika prąd - napięcie, zbudowanego na wzmacniaczu operacyjnym. Zastosowanie przetwornika prąd - napięcie jest optymalnym rozwiązaniem w przypadku, gdy wymagana jest duża czułość oraz liniowość przetwarzania [14]. Sygnał z wyjścia przetwornika I - U jest doprowadzany na wejście komparatora, którego próg ustala poziom napięcia na wejściu nieodwracającym wzmacniacza operacyjnego. Do istotnych parametrów detektora progowego należą:

- czułość,
- stabilność temperaturowa progu zadziałania,
- stabilność czasowa progu zadziałania,
- odporność na zakłócenia.

Układ sterujący US synchronizuje i porządkuje logicznie czynności wykonywane przez poszczególne bloki. Elementy tego układu zapewniają współpracę z blokiem UPS /klawiatura/. Wśród tych elementów znajduje się programowany dzielnik częstotliwości $x1, x0,1, x0,01$ połączony z pierwszym licznikiem, którego zawartość eksponowana jest na polu odczytowym, jako średnia wartość wyników pomiarów mętności. Drugi licznik programowany o pojemności 1, 10, 100 zapewnia przepisanie wartości średniej z 1, 10 lub 100 pomiarów na pole odczytowe po zakończeniu ostatniego pomiaru. Trzeci licznik zlicza te same impulsy co i licznik pierwszy i steruje polem odczytowym wartości chwilowej, jak również wybiera odpowiednie komórki /adresy/ z pamięci P. Wybierane słowa pamięci są podawane na jedno wejście odpowiedniego komparatora i porównywane z ilością skoków wykonywanych przez silnik skokowy. Sygnał z komparatora steruje ruchem przesłony oraz napełnia odpowiednie liczniki według algorytmu zapisanego w pamięci P. Algorytm ten umożliwia uzyskanie wyniku pomiaru na polu odczytowym PO po zmianie stanu detektora DPR. Pamięć zastosowana w przyrządzie jest typu matrycy diodowej i posiada pojemność 100 słów 10-bitowych. Adresy wybierane są w kodzie BCD, natomiast słowa zapisane są w naturalnym kodzie dwójkowym. Adresami są stany licznika, zliczającego jednostki mętności, natomiast słowa pamięci odpowiadają ilości skoków, jakie musi wykonać silnik skokowy napędzający przesłonę, aby sygnał przepisujący stan licznika na pole odczytowe wystąpił przy odpowiedniej wartości mętności. Przy założonej dokładności aproksymacji charakterystyki skalowania przyrządu można określić maksymalną wymaganą ilość bitów w słowie pamięci. Okres czasu od rozpoczęcia cyklu pomiarowego do zmiany stanu detektora zależy od wartości mętności cieczy wypełniającej komorę pomiarową.

Układ programowania czasu pomiaru UPC jest programowanym zegarem, którego impulsy powodują rozpoczęcie cyklu pomiarowego. Układ zadawania warunków pomiaru i sygnalizacji pracy urządzenia UPS to klawiatura oraz lampki sygnalizujące obecność napięć zasilających i fazę cyklu pomiarowego. W skład układu zadawania warunków pomiaru i sygnalizacji pracy urządzenia wchodzi:

- 5 przycisków zależnych, połączonych z blokiem UPC, służących do wyboru okresu czasu między kolejnymi eksponowanymi wynikami pomiarów;
- 3 przyciski zależne, połączone z blokiem UPC oraz US, służące do wyboru ilości pomiarów, z których obliczona jest wartość średnia eksponowana na polu odczytowym;
- 2 przyciski zależne, połączone z blokiem US, umożliwiające start ręczny, zdalny oraz automatyczny;
- 1 przycisk niestabilny, połączony z blokiem US oraz UPC, oznaczony "START", umożliwiający rozpoczęcie jednego cyklu pomiarowego, gdy rodzaj wyzwalania ustawiony jest na ręczny lub ciągły pomiarów, gdy rodzaj wyzwalania ustawiony jest na automatyczny;
- 1 przycisk stabilny połączony z blokiem US, oznaczony "STOP" umożliwiający zatrzymanie pomiaru w dowolnym momencie. Czynność "STOP" sygnalizowana jest świeceniem się czerwonej diody elektroluminescencyjnej;
- 1 przycisk niestabilny, połączony z blokiem US oznaczony "ZERO", umożliwiający wyzerowanie bloku US po włączeniu przyrządu do sieci;
- 2 diody elektroluminescencyjne czerwone, sygnalizujące obecność napięć 12 V, 5 V-w układzie;
- 3 diody elektroluminescencyjne, podłączone do bloku US, sygnalizujące fazę cyklu pomiarowego.

Fotometryczny sposób pomiaru, wykorzystujący zasadę nefelometryczną, pozwolił na taką konstrukcję naczynia pomiarowego, że zanieczyszczenia osadzające się na jego ściankach nie mają wpływu na wynik pomiaru. Zaproponowany algorytm działania urządzenia pozwala na skalowanie urządzenia różnymi zawiesinami standardowymi, jak i umożliwia przeprowadzanie pomiarów porównawczych dla różnych wzorów. Możliwość taka istnieje dzięki wymiennej pamięci. Odpowiednia konstrukcja układu zadawania warunków pomiaru pozwala na pomiar wartości chwilowej mętności w wybranych odstępach czasu, jak i wartości średniej w określonym przedziale czasu.

LITERATURA

- [1] Cleasby I.L., Turbidimetric Control of Filter Effluent Quality, JAWWA, Vol 52, 1960, No 11.
- [2] Conley W.R., Pitman R.W., Innovation in Water Clarification, JAWWA, Vol 52, 1960, No 10.
- [3] Czyż A., Brodzikowski A., Urbański H., Mętnościomierz, Patent PRL Nr 83555 Opub. 30.06.1976.

- [4] Dohnalik K.: Aparatura do pomiaru mętności wody w świetle potrzeb eksploatacji zakładów wodociagowych. Gaz Woda i Technika Sanitarna, 1970, Nr 5.
- [5] Dohnalik K.: Fotoelektryczny miernik wody ICK, Przegląd Informacyjny Wodociągi i Kanalizacja, 1962, Nr 4.
- [6] Damin M., Mrocza J., Zuzok J., Urządzenie do pomiaru mętności wody. Instytut Metrologii Elektrycznej Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1979.
- [7] Fagiewicz K.: Urządzenie do automatycznego ciągłego pomiaru i sygnalizacji mętności wody, Pomiar Automatyka Kontrola, 1968, Nr 10.
- [8] Hach C.C.: Principles of "Surface Scatter" light scattering, nephelometry, Hach Chemical Company 1971.
- [9] Katzer M.F.: Control of Turbidity at Construction Sites, Reprinted from Economical Construction of Concrete Dams Engineering Foundation Conference, May 1972, Published by ASCE.
- [10] Model 303T Suspended Solids Monitor, Bulletin 600, Anacon, INC.
- [11] Monitor - Systeme und Messgerate zur Gewässergüte-Uberwachung NTW, 1976.
- [12] Mrocza J.: Fizyczne aspekty pomiaru mętności wody w świetle potrzeb ochrony środowiska, Komunikat Nr 252, Politechnika Wrocławska, 1978.
- [13] Mrocza J.: Sposób i układ pomiaru mętności cieczy. Zgłoszenie patentowe P-210888.
- [14] Mrocza J.: Zagadnienie pomiaru mętności wody oraz wielkości cząstek roztworów koloidalnych za pomocą światła rozproszonego. Praca doktorska. Instytut Metrologii Elektrycznej Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1979.
- [15] Pitman R.W.: Increasing Water Filtration at Hanford, AED Report UC-2, Miscellaneous and Progress Reports /T-10-4500, 34th ED/.
- [16] Praca zbiorowa: Miernik przeźroczystości wody. Instytut Kształtowania Środowiska Oddział w Krakowie, Kraków 1980.
- [17] Praca zbiorowa: Urządzenie do pomiaru mętności wody "Nefelometr M-10" Instytut Metrologii Elektrycznej Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1980.
- [18] Products for Water and Wastewater Analysis. Catalog No 11B, Hach Chemical Company 1976.
- [19] Sigrist - Photometer zur kontinuierlichen Überwachung von Trink - Brauch - und AB - Wasser, Sigrist - Photometer AG 1978.
- [20] Zuzok J.: Układ do pomiaru mętności. Patent PRL Nr 111250.

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Резюме:

В работе дано описание принципа действия установки и строение отдельных составных частей. Представлено алгоритм работы установки обращая внимание на возможность измерений мутности различных стандартных суспензий применяемых для градуировки.

THE INSTRUMENT FOR WATER TURBIDITY MEASUREMENT

Summary:

The instrument for water turbidity measurement is presented in the paper. The algorithm of the instrument work is discussed with special attention paid to the possibility of turbidity measurements for different standard suspensions used for the calibration.