

**Krzysztof ZARASKA, Michał CIEŻ, Wojciech GRZESIAK**  
Instytut Technologii Elektronowej, Kraków  
**Stanisław KOZIOŁ, Jan WIEJAK, Jarosław MOLEND**  
Instytut Technologii Eksploatacji – PIB, Radom

## **AUTOMATYCZNA STACJA WYKRYWANIA ZANIECZYSZCZEŃ ROPOPOCHODNYCH W ZBIORNIKACH WODNYCH**

### **Słowa kluczowe**

Zanieczyszczenia ropopochodne, wykrywanie, fotowoltaika, autonomiczny system zasilania.

### **Streszczenie**

Artykuł przedstawia zagadnienia badawcze, które należało podjąć, aby zrealizować prototyp autonomicznej stacji, będącej elementem systemu wykrywania skażeń wody produktami ropopochodnymi. Stacja ma postać pływającej platformy i przeznaczona jest do stosowania na akwenach lądowych (rzeki, jeziora). Podstawowym wymogiem konstrukcyjnym jest autonomiczność oraz bezobsługowość urządzenia. Omówiono zastosowane rozwiązania konstrukcyjne w aspekcie konstrukcji mechanicznej, systemu zasilania oraz metody wykrywania zanieczyszczeń ropopochodnych.

### **Wprowadzenie**

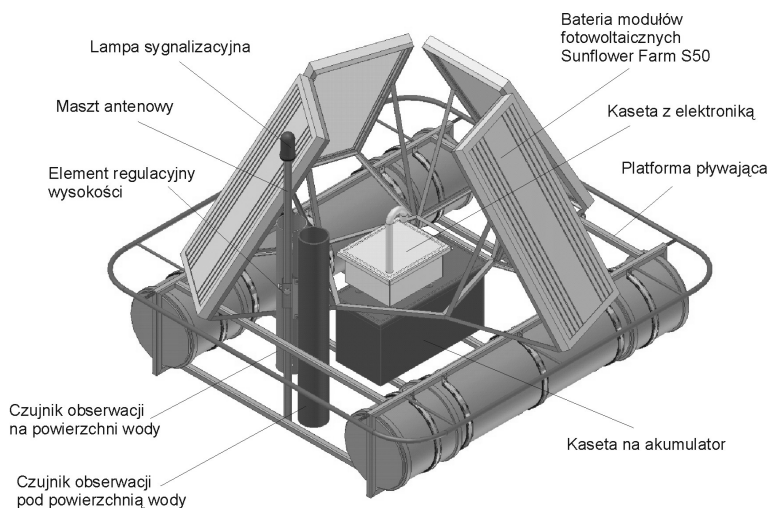
Istnieje rozwinięte zapotrzebowanie na rozproszone systemy monitorowania środowiska. System taki składa się typowo z sieci stacji monitorujących,

połączonych (najczęściej bezprzewodowo) ze stacją centralną, której zadaniem jest nadzór pracy całego systemu. Koncepcję takiego systemu przedstawiono między innymi w materiałach informacyjnych firmy Inter Ocean Systems [1]. Poszczególne stacje wyposażone są w zespół czujników czynników atmosferycznych (temperatura, wilgotność, prędkość wiatru itp.) i/lub czujników zanieczyszczeń. Szczególne zainteresowanie budzi zagadnienie automatycznego wykrywania skażeń ropopochodnych na akwenach (rzeki, jeziora, akweny morskie). Budowa modelu autonomicznej stacji systemu wykrywania zanieczyszczeń wymagała opracowania ogólnej koncepcji stacji oraz dokonania szczegółowych rozwiązań i opracowania zagadnień: analizy i wyboru metody detekcji zanieczyszczeń, bezobsługowego systemu zasilania, przetwarzania danych pomiarowych i ich bezprzewodowego przesyłania. Konieczne było również rozwiązanie szeregu problemów technicznych związanych z konstrukcją mechaniczną systemu, jego odpornością na długotrwałe oddziaływanie środowiska wodnego oraz „wandaloodporność”.

Celem artykułu jest przybliżenie zagadnień związanych z projektowaniem i realizacją tego typu stacji w oparciu o system zaprojektowany i wykonany przez Instytut Technologii Elektronowej w Krakowie we współpracy z Instytutem Technologii Eksploatacji – PIB w Radomiu.

## 1. Opis stacji

Stacja ma postać pływającej platformy, na której zamontowane są wszystkie jej elementy. Zasadniczymi elementami konstrukcji, przedstawionymi na rys. 1 są: pływaki, stelaż mocujący, zespół modułów fotowoltaicznych, kasetka na akumulator, kasetka z elektroniką, moduły detekcyjno-pomiarowe [2].



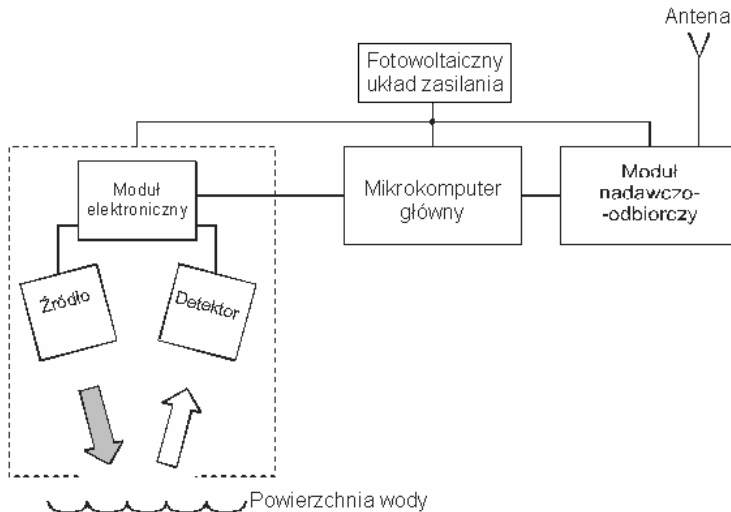
Rys. 1. Schemat konstrukcji mechanicznej stacji

Zadaniem pływaków jest zapewnienie odpowiednio dużej wyporności (240 lub 400 kg, w zależności od wersji) do utrzymania zasadniczej części urządzenia nad powierzchnią wody. Zapas wyporności umożliwia utrzymanie na powierzchni wody również osoby stojącej na stacji, np. w celu wykonania przeglądów lub napraw.

Zasadniczymi elementami funkcjonalnymi stacji są:

- fotowoltaiczny system zasilania, którego zadaniem jest zapewnienie energii elektrycznej dla działania urządzenia;
- główny mikrokomputer sterujący, którego zadaniem jest nadzór całego urządzenia oraz komunikacja z centralą systemu;
- moduł nadawczo-odbiorczy wraz z anteną (modem GSM), stanowiący system łączności z centralą;
- system wykrywania zanieczyszczeń ropopochodnych.

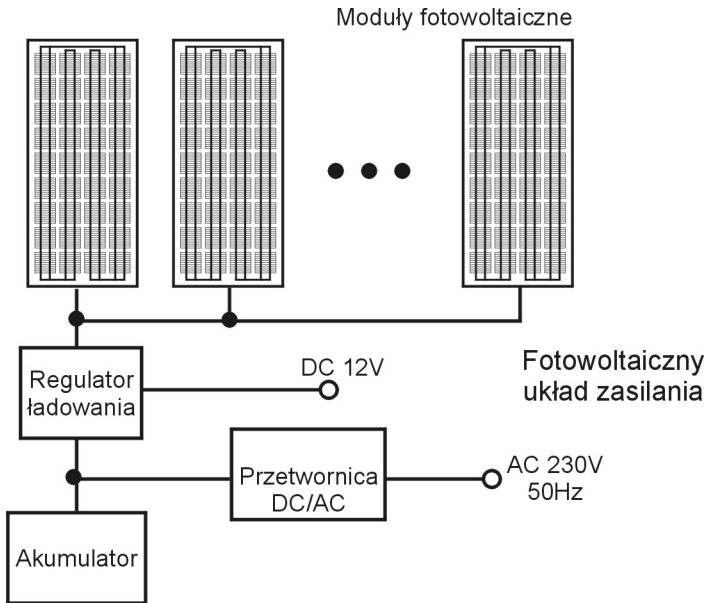
Blokowy schemat funkcjonalny stacji przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Schemat blokowy stacji

## 2. System zasilania

Podstawowym założeniem projektowym stacji jest jej autonomiczność. Oznacza to, że urządzenie musi posiadać własne źródło zasilania oraz być zdolne do samodzielnego działania przez długi okres (rzędu wielu tygodni), bez konieczności serwisowania. Podobnie jak w wielu innych dostępnych na rynku systemach wykrywania zanieczyszczeń przyjęto rozwiązanie polegające na zastosowaniu fotowoltaicznego systemu zasilania [3]. W porze nocnej stacja zasilana jest z akumulatora, ładowanego energią uzyskiwaną z ogniw fotowoltaicznych w porze dziennej. Schemat elektryczny systemu zasilania przedstawia rys. 3.



Rys. 3. System zasilania stacji

Stacja zasilana jest z zespołu połączonych równolegle modułów fotowoltaicznych o mocy szczytowej 50 Wp każdy. Moduły te zainstalowane są pod kątem  $60^\circ$  do poziomu. Taki kąt nachylenia modułów, jak wynika z doświadczeń własnych, jest optymalny dla statycznych systemów fotowoltaicznych na terenie Polski. Zastosowano zestaw pięciu modułów, rozmieszczony równomiernie dookoła osi pionowej urządzenia. Taka konfiguracja zapewnia, że niezależnie od pory dnia oraz ustawienia urządzenia względem stron świata, przynajmniej jeden moduł będzie zawsze oświetlony. Przyjęte rozwiązanie jest uzasadnione ekonomicznie, ponieważ alternatywę wobec niego stanowi zastosowanie pojedynczego modułu wraz z serwomechanizmem automatycznie nakierowującym moduł na słońce. Rozwiązanie takie charakteryzowałoby się jednakże znacznie wyższą ceną oraz mniejszą niezawodnością.

Większość dostępnych z importu systemów monitorowania środowiska, zasilanych z instalacji fotowoltaicznej, wyposażona jest w ogniwa zamontowane poziomo. Rozwiązanie to jest dedykowane dla krajów położonych w niższych szerokościach geograficznych, natomiast nie nadaje się dobrze do stosowania w warunkach krajowych. Ze względu na kąt padania promieni słonecznych wydajność energetyczna całego systemu byłaby istotnie niższa. Dodatkowo występuje problem zanieczyszczenia powierzchni ogniwa, co prowadzi do spadku jego wydajności. Zastosowana konstrukcja rozwiązuje ten problem, ponieważ przy ukośnym montażu ogniw zanieczyszczenia zgromadzone na ich powierzchni zmywane są przez deszcz.

Moduły fotowoltaiczne połączone są z akumulatorem za pomocą regulatora ładowania produkcji ITE typ RSS-02. Zadaniem akumulatora jest zapewnienie energii elektrycznej dla działania urządzenia w nocy oraz w dni pochmurne; akumulator ładowany jest podczas dnia prądem z ogniw PV. Zastosowanie regulatora ładowania istotnie zwiększa sprawność energetyczną systemu poprzez zapewnienie dopasowania elektrycznego modułów PV, akumulatora i obciążenia oraz zapewnienia optymalnego punktu pracy akumulatora. Regulator pracuje w oparciu o algorytm śledzenia punktu mocy maksymalnej (*Maximum Power Point Tracking*, MPPT) [4, 5]. Rozładowany akumulator ładowany jest maksymalnym dostępnym prądem do napięcia 14,4 V, po czym następuje przejście do długotrwałego stanu na poziomie 13,7 V. Jeśli, skutkiem dużego poboru mocy, napięcie na akumulatorze spadnie poniżej 11,1 V, następuje automatyczne odłączenie obciążenia; obciążenie zostaje przyłączone ponownie dopiero wtedy, gdy napięcie na ładowanym akumulatorze osiągnie wartość 12,6 V. Ponadto poziomy napięć, przy których następuje zmiana stanu systemu uzależnione są od temperatury otoczenia, dzięki czemu system uwzględnia zmiany charakterystyk akumulatora spowodowanych zmianami temperatury.

W stacji zastosowano akumulator żelowy o pojemności 210 Ah. Akumulator zainstalowany jest w wodoszczelnej kasecie, znajdującej się poniżej linii wodnej urządzenia. Rozwiązanie takie umożliwia zwiększenie stabilności urządzenia poprzez obniżenie środka ciężkości. Dno kasety umieszczone jest na poziomie takim jak spód pływaków urządzenia, dzięki czemu stacja może być przewożona np. na przyczepie samochodowej, spoczywając stabilnie na pływakach oraz kasecie z akumulatorem. Kaseca wyposażona jest w zawór odpowietrzający, umieszczony na końcu króćca o takiej długości, aby zawór znajdował się zawsze nad powierzchnią wody. Zadaniem zaworu jest odprowadzenie gazów powstałych w czasie pracy akumulatora oraz pary wodnej, której kondensacja mogłaby spowodować zawilgocenie wnętrza kasety. Jako dodatkowe zabezpieczenie przed wilgocią wewnątrz kasety umieszczono torebkę z silica-żel, absorbującym parę wodną.

Stacja może być wyposażona dodatkowo w dołączaną mikroprocesorową przetwornicę DC/AC, typ PAS150/12, wytwarzającą sinusoidalne napięcie przemiennie 230 V/50 Hz ze stałego napięcia akumulatora (12 V). Przetwornica przeznaczona jest przede wszystkim do użycia w trakcie serwisowania urządzenia w terenie, w celu podłączenia niezbędnych narzędzi i aparatury pomiarowej.

### 3. Sterowanie i system komunikacyjny

Stacja sterowana jest przez komputer główny zainstalowany w głównej kasecie elektroniki. Komputer ten oparty jest na zintegrowanym jednocukłowym mikrokontrolerze Philips LPC2106. Jest to mikroprocesor 32-bitowy o architekturze ARM7, z wbudowaną pamięcią Flash ROM 128 KB, RAM 64 KB oraz

zintegrowanymi urządzeniami peryferyjnymi, takimi jak porty szeregowo. Zastosowanie mikrokomputera jednokładowego umożliwiło istotne zmniejszenie ilości elementów, a co za tym idzie wzrost niezawodności oraz zmniejszenie kosztów urządzenia, jak również obniżenie poboru mocy. Pewną wadą jest mniejsza niż w innych rozwiązaniach moc obliczeniowa, tym niemniej próby praktyczne wykazały, że możliwości zastosowanego mikrokontrolera są w tym zakresie całkowicie zadowalające. Zadania komputera głównego są następujące:

- zapewnienie komunikacji z centralą systemu;
- nadzór pracy systemu wykrywania zanieczyszczeń i innych elementów stacji;
- zarządzanie poborem energii przez urządzenie.

Mikrokomputer główny komunikuje się z systemem nadzorczym za pomocą modemu GSM, umieszczonego w tej samej kasecie. Rozwiązanie takie umożliwia wykorzystanie gotowej istniejącej w kraju infrastruktury komunikacyjnej. Antena modemu umieszczona jest na szczycie urządzenia. W przypadku wykrycia skażenia, stacja automatycznie wysyła komunikat alarmowy do centrali systemu. Algorytm komunikowania się ze stacją zapewnia możliwość uruchomienia pomiaru zdalnie przez centralę systemu oraz odczyt parametrów diagnostycznych, opisujących funkcjonowanie stacji. System umożliwia również realizację zdalnych uaktualnień oprogramowania. Zastosowany protokół komunikacyjny zawiera ponadto mechanizm uwierzytelniania, zapobiegający dostępowi do systemu przez osoby niepowołane. System ten opiera się na weryfikacji numerów telefonicznych poszczególnych urządzeń oraz haseł do nich przypisanych.

#### 4. Wykrywanie substancji ropopochodnych

Rozpatrując różnorakie rozwiązania detektorów zanieczyszczeń wybrano i zaprojektowano optyczny bezkontaktowy system wykrywania substancji ropopochodnych. System działa na zasadzie pomiaru refleksyjności tafli wody. Występowanie na powierzchni wody filmu złożonego z węglowodorów powoduje zwiększenie ilości światła odbijanego przez powierzchnię wody. Konstrukcję systemu przedstawia rys. 2. System składa się z dwóch oddzielnych modułów, oświetlacza oraz miernika z detektorem, przeznaczonych do zamontowania ponad powierzchnią wody, na wysokości kilkunastu – kilkadziesiątu centymetrów, typowo pod kątem  $56^\circ$  do powierzchni wody. Zadaniem oświetlacza jest oświetlenie powierzchni wody, która jednocześnie obserwowana jest przez detektor, mierzący jej jasność. Oświetlacz zbudowany jest w oparciu o zespół 8 diod świecących LED dużej mocy. Istotnym problemem rozwiązany w pracy i konstrukcji detektora jest niezależnienie jego funkcjonowania od oświetlenia zewnętrznego – detektor wyposażony jest w automatyczny system kompensacji oświetlenia dziennego, co umożliwia stosowanie systemu zarówno w dzień jak

i w nocy. Zmierzona jasność powierzchni poddawana jest obróbce statystycznej, która eliminuje fałszywe alarmy, jak również wpływ falowania wody. Zastosowana procedura pomiarowa wymaga uruchomienia oświetlacza na okres ok. 100 ms w celu przeprowadzenia pomiaru; rozwiązanie takie zmniejsza znacząco pobór energii przez urządzenie. Przeprowadzone próby urządzenia wykazały, że nadaje się ono do wykrywania skażeń typowymi substancjami ropopochodnymi, takimi jak: benzyna, nafta, olej napędowy, olej silnikowy, olej silnikowy przepracowany. Wyniki pomiarów wstępnych przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Wyniki pomiarów wstępnych systemu wykrywania substancji ropopochodnych

Rodzaj substancji	Benzyna bezołowiowa 95 oktanów		Olej napędowy		Olej silnikowy mineralny 15 W/40	Olej silnikowy syntetyczny 5 W/40 przepracowany
	3,5	35	3,5	35	35	35
Grubość filmu [ $\mu\text{m}$ ]	3,5	35	3,5	35	35	35
Refleksyjność tafli względem czystej wody [%]	100	132	121,5	122	114	112

Cechą charakterystyczną systemu jest fakt, że wykrywana jest obecność substancji ropopochodnej powyżej progu detekcji, natomiast nie można określić ilości substancji. Inaczej mówiąc, na wynik pomiaru wpływa jedynie obecność warstwy węglowodorów na powierzchni wody, natomiast już nie grubość tej warstwy. Wysokość progu detekcji zależna jest od rodzaju substancji. Jak widać z powyższego zestawienia, w przypadku benzyny próg detekcji znajduje się pomiędzy 3,5 a 35  $\mu\text{m}$ , podczas gdy dla oleju napędowego znajduje się on poniżej 3,5  $\mu\text{m}$ .

W porównaniu z innymi dostępnymi na rynku konstrukcjami, opracowana sonda charakteryzuje się relatywnie niską ceną, wysoką niezawodnością (pomiar bezkontaktowy, brak części ruchomych) oraz stanowi rozwiązanie bezobsługowe (brak konieczności uzupełniania odczynników stosowanych w metodach analitycznych).

## Podsumowanie

W pracy opisano praktyczną realizację autonomicznej stacji systemu wykrywania zanieczyszczeń, w postaci pływającej platformy z fotowoltaicznym systemem zasilania i omówiono istotne aspekty zastosowanych rozwiązań. Przeprowadzone próby dowodzą poprawności zastosowanych rozwiązań i wskazują, że stacja może być stosowana w warunkach rzeczywistych. Kontynuowane będą badania eksploatacyjne, niezbędne dla dokonania oceny niezawodności elementów funkcjonalnych stacji oraz stabilności i powtarzalności bloku detekcyjno-pomiarowego.

*Praca naukowa finansowana ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego, wykonanej w ramach realizacji Programu Wieloletniego pn. „Dokształcenie systemów rozwoju innowacyjności w produkcji i eksploatacji w latach 2004–2008”.*

## **Bibliografia**

1. Slick Sleuth™ Remote Oil Spill Monitor and Alarm  
www.interoceansystems.com, marzec 2007.
2. Grzesiak W., Cież M., Maj T., Zaraska K., Kozioł S., Wiejak J.: Zastosowanie autonomicznych systemów PV do zasilania pływających stacji monitorowania wody. V Krajowa Konferencja Elektroniki, Darłówko Wschodnie, 2006, 479–484.
3. Messenger R., Ventre J.: Photovoltaic Systems Engineering Second Edition. CRC Press, 2003.
4. Grzesiak W.: MPPT solar charge controller for high voltage thin film PV-modules 4<sup>th</sup> World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, 2006, , Waikoloa, Hawaii, 2264–2267.
5. Grzesiak W.: Struktury wewnętrzne regulatorów ładowania dla autonomicznych systemów PV, Sympozjum nt.: Jakość i efektywne użytkowanie energii elektrycznej, Kraków, 2004, 193+201.

Recenzent:  
**Paweł GIERYCZ**

## **Automatic station for oil spill detection**

### **Key words**

Oil spill pollution, detection, photovoltaic, autonomous supply system.

### **Summary**

This paper describes a research problem which should be undertaken to create a prototype structure and practical implementation of an autonomous floating station destined for an automatic oil spill detection system. The device has the form of a floating platform, applicable for use on inland waters (lakes, rivers). The main requirement for such a device is that it should be autonomous and not require maintenance. The paper describes in detail the solutions applied, in particular with respect to the mechanical construction, photovoltaic power supply system and method of oil spill detection.