

Nr 98/2017, 185–192  
ISSN 1644-1818  
e-ISSN 2451-2486

## ZASTOSOWANIE TECHNOLOGII BEZPRZEWODOWYCH DO ZARZĄDZANIA OBIEKTAMI ELEKTROPNEUMATYCZNYMI

### THE USE OF WIRELESS TECHNOLOGIES TO MANAGE OBJECTS ELECTROPNEUMATIC

**Adam Muc**

Akademia Morska w Gdyni, Morska 81–87, 81-581 Gdynia, Wydział Elektryczny,  
Katedra Automatyki Okrętowej, e-mail: a.muc@we.am.gdynia.pl

**Streszczenie:** W artykule rozpoznano bezprzewodowe technologie dostępne, które mogą być wykorzystane do zdalnego zarządzania elektrozaworami. Na bazie dedykowanych modułów transmisji radiowej RF i WiFi opracowano układy, umożliwiające zdalne sterowanie zaworami, które są załączane przez elektromagnes w urządzeniach pneumatycznych znajdujących się na terenie portu. Zaproponowane układy zdalnego załączania zaworów zostały zainstalowane w modelowym układzie pneumatycznym, który posłużył do przeprowadzenia testów. Celem zaplanowanych testów była ocena skuteczności załączania modułów dla różnych odległości i zmiennej częstotliwości procesu załączania.

**Słowa kluczowe:** technologie bezprzewodowe, elektropneumatyka, sterowanie, platformy cyfrowe, infrastruktura portowa.

**Abstract:** The article diagnosed wireless access technologies that can be used for remote switching solenoid. On the basis of dedicated transmission modules RF and standard of WiFi the system of manage the valves was developed. The valves are part of a pneumatic devices located in the port area. The proposed systems remote switching valves were installed in the model pneumatic system, which was used to carry out tests. The purpose of planned tests was to evaluate the efficacy of switching modules for different distances and variable frequency switching process.

**Keywords:** internet technologies, electropneumatic, control, digital platforms, port infrastructure.

## 1. WSTĘP

Infrastruktura portowa charakteryzuje się różnorodnością urządzeń i instalacji oraz ich znacznym rozproszeniem przestrzennym. W związku z tym, aby zapewnić sprawne, niezawodne i elastyczne zarządzanie nią, należy zbudować system zdalnego sterowania, kontrolowania i monitorowania, który będzie działał na terenie portu.

W realizacji przedstawionych funkcjonalności wykorzystać można powszechnie używane urządzenia mobilne, które przez aplikację sieciową będą mogły komunikować się z bezprzewodowymi elementami wykonawczymi, zainstalowanymi na urządzeniach portowych. Proponowana koncepcja systemu obejmuje warstwę fizyczną w modelu ISO (*Open Systems Interconnection*), która odpowiadać będzie za transmisję danych i generowanie sygnałów sterujących, oraz warstwę aplikacji, dostarczającą interfejs użytkownika, pozwalający na operowanie urządzeniami [Ross 2009].

W artykule skoncentrowano się na opracowaniu i przetestowaniu układów, które można wykorzystać w warstwie fizycznej sieci bezprzewodowej do załączania zaworów w urządzeniach pneumatycznych pracujących na terenie portu.

## 2. KONCEPCJA I FUNKCJONALNOŚĆ SYSTEMU

Koncepcja proponowanego systemu zarządzania zaworami w urządzeniach pneumatycznych opiera się na wykorzystaniu technologii internetowych, które będą obejmować zarówno urządzenia telekomunikacyjne, jak i oprogramowanie. Urządzenia telekomunikacyjne pozwolą na transmisję informacji, natomiast oprogramowanie w postaci aplikacji webowych lub mobilnych pozwoli stworzyć interfejs użytkownika [Chaładyniak 2011].

Podobnej funkcjonalności, ale w znacznie ograniczonym zakresie, dostarczają sterowniki programowalne. Zaletą sterowników programowalnych jest możliwość wyboru kilku języków programowania i różnorodnych modułów rozszerzających. Z drugiej strony, sterowniki są stosunkowo drogie, duże i generują ograniczenia w integracji z nowoczesnym oprogramowaniem. Moduły rozszerzające funkcjonalność sterowników PLC są drogie, a ich możliwości nie są znowu aż tak różnorodne. Przykładowo, pozwalają na obsługę Ethernetu, ale już problemem jest obsługa transmisji w standardzie WiFi czy Bluetooth. Komunikacja przez WiFi czy Bluetooth jest zaś podstawowym standardem dla współczesnych komputerów przenośnych, tabletów lub telefonów.

Tych ograniczeń nie mają platformy cyfrowe. Są one sukcesywnie upraszczane, przez co ich programowanie staje się znacznie łatwiejsze, a wymagana znajomość elektroniki ogranicza się do obsługi podstawowych przyrządów elektronicznych i urządzeń [Zieliński 1994]. Natomiast, gdy uwzględni się ich parametry robocze, właściwości konstrukcyjne, różnorodność interfejsów komunikacyjnych, łatwość programowania i integracji z aplikacjami internetowymi lub mobilnymi oraz bogactwo dostępnych układów peryferyjnych, to można na ich bazie budować aplikacje na potrzeby sterowania, kontroli i monitorowania, które będą wykorzystywać dostępne usługi internetowe. Przez swoje właściwości użytkowe platformy cyfrowe mogą stanowić poważną konkurencję dla sterowników PLC, które są powszechnie stosowane w inżynierii [Ross 2009; Muc i in. 2015].

Obecnie przełączanie zaworów elektromagnetycznych instalowanych na urządzeniach pneumatycznych odbywa się przez układy przekaźnikowe lub sterowniki PLC. W tym zestawieniu jedynie sterowniki PLC pozwalają na zdalne zarządzanie obiektem, ale nie jest ono dostatecznie wygodne i elastyczne, zwłaszcza z poziomu współczesnych urządzeń przenośnych, które posiadają pracownicy portu [Zieliński 1994].

Stworzenie możliwości dostępu do zaworów w obiekcie pneumatycznym z poziomu urządzenia przenośnego, typu: smartfon, tablet lub laptop, za pośrednictwem bezprzewodowego dostępu do Intranetu pozwoli na duże uproszczenie pracy, zwiększenie jej efektywności i ograniczenie konieczności budowy dodatkowej instalacji sieciowej.

### **3. BEZPRZEWODOWE MODUŁY DO STEROWANIA ZAWORAMI SIŁOWNIKA PNEUMATYCZNEGO**

Do komunikacji w sieci urządzeń komputerowych wykorzystuje się transmisję przewodową lub bezprzewodową. Transmisja przewodowa uznawana jest za wydajną, bezpieczną i niezawodną. Wymaga jednak dedykowanej instalacji, do której należy podłączyć urządzenia ją wykorzystujące. W znacznym też stopniu wpływa na ograniczenie mobilności podłączonych urządzeń i terminali. W odróżnieniu od rozwiązań przewodowych transmisja bezprzewodowa charakteryzuje się większą elastycznością i mobilnością. Elastyczność w tym przypadku przejawia się tym, że bardzo łatwo jest dołączyć nowy moduł do istniejącej sieci, a mobilność oznacza, że łatwo jest uzyskać dostęp do urządzeń z modułami komunikacyjnymi z poziomu współczesnych przenośnych urządzeń komputerowych, np. laptopa, tableta czy smartfona [Krysiak 2005].

Wśród bezprzewodowych standardów transmisji, które rozważano przy rozwiązywaniu postawionego problemu, wyróżnić należy komunikację typu Bluetooth, IrDA, WiFi czy wykorzystującą moduły radiowe, tj. RF (*Radio Frequency*). Z wymienionych możliwości technologia Bluetooth i IrDA charakteryzują się najmniejszym zasięgiem i dlatego, nawet bez dodatkowych analiz, nie zostały uwzględnione w badaniach [Krysiak 2005; *Standard WiFi*].

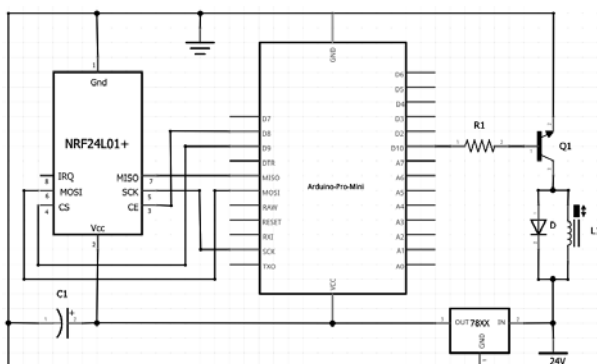
Każdy z proponowanych modułów zbudowany został na odrębnym układzie, realizującym dany typ transmisji bezprzewodowej. W tabeli 1 przedstawiono porównanie najważniejszych parametrów katalogowych tych układów. Dane te nie są jedynym wyznacznikiem oceny modułów, ponieważ duży wpływ na ich działanie ma otoczenie. Do pełnej ich oceny niezbędna jest analiza wyników otrzymanych w testach przeprowadzonych na miejscu wdrożenia.

**Tabela 1.** Zestawienie wybranych parametrów katalogowych modułów bezprzewodowych [Ross 2009; Standard WiFi]

**Table 1.** Selected parameters of wireless modules from datasheets [Ross 2009; Standard WiFi]

Cecha	Moduł radiowy – nRF24L01+	Moduł WiFi – ESP8266
Zasilanie	1,9 V–3,3 V	3 V–12 V
Pobór prądu	13 mA (odbiór)/11 mA (transmisja)	300 mA
Częstotliwość	2,4 GHz	2,4 GHz
Interfejsy	SPI	I2C, SPI, UART
Prędkość transmisji	250 kbps, 1 Mbps, 2 Mbps	11 Mbps, 54 Mbps, 150 Mbps
Maksymalny zasięg transmisji w otwartej przestrzeni	100 m (z zewnętrzną anteną)	100 m
Piny możliwe do wykorzystania	0	9 GPIO, 1 analogowy
Adresacja	ciąg alfanumeryczny, od 3 do 5 bajtów	IP, MAC
Cena	6 zł	49 zł

Na rysunku 1 i 2 przedstawiono projekty układów, pozwalających na bezprzewodowe zarządzanie zaworami elektropneumatycznymi. Na rysunku 1 zaprezentowano układ, pozwalający na sterowanie zaworami elektropneumatycznymi za pośrednictwem transmisji radiowej typu RF. Praca z opracowanym modułem wymaga zbudowania układu serwerowego, w którym należy wykorzystać moduł transmisji radiowej. Zadaniem modułu będzie wysyłanie i odbieranie komunikatów od sterowników radiowych umieszczonych na zaworach elektromagnetycznych.

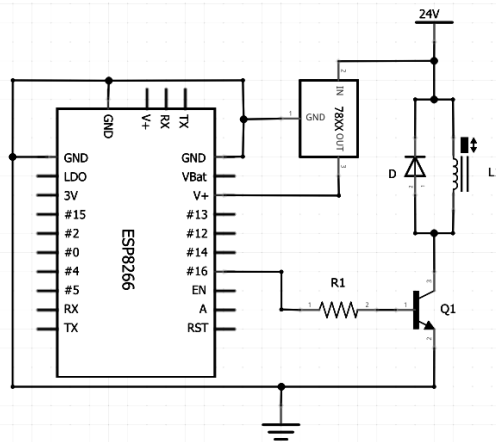


**Rys. 1.** Schemat modułu do przełączania zaworów elektropneumatycznych za pomocą transmisji radiowej RF

**Fig. 1.** Scheme of module for switching electro-pneumatic valves by transmitting RF

Moduły adresowane są w systemie alfanumerycznym, dlatego wymagane jest zdefiniowanie, dla każdego z nich, unikatowej nazwy. Liczba obsługiwanych urządzeń w tym rozwiązaniu zależy od liczby kanałów. Przykładowo, wykorzystany układ udostępnia 125 kanałów, co oznacza, że maksymalnie może obsłużyć 125 sterowników. Budując system zarządzania bezprzewodowego, który miałby pracować w sieci Intranet i wykorzystywać transmisję radiową, wymaga się dodatkowego układu w postaci serwera, który zapewniłby dostęp do tej sieci modułom wykonawczym. Zadaniem serwera jest zbieranie informacji od sterowników oraz informowanie ich o konieczności zmiany stanu.

Na rysunku 2 przedstawiono wariant układu do bezprzewodowego sterowania zaworami elektropneumatycznymi przez sieć WiFi. W rozwiązaniu tym moduł może być podłączony do routera WiFi, z którym współpracuje serwer WWW i komputer kliencki. Interfejs, będący aplikacją webową, jest osadzony na serwerze WWW, a dostęp do niego możliwy jest z dowolnego komputera z działającą przeglądarką WWW.



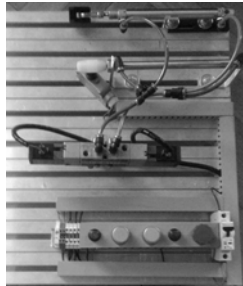
**Rys. 2.** Schemat modułu do przełączania zaworów elektropneumatycznych za pomocą WiFi

**Fig. 2.** Scheme of module for switching electro-pneumatic valves by transmitting WiFi

W każdym z proponowanych układów, przedstawionych na rysunku 1 i 2, zastosowano interfejs tranzystorowy oparty na tranzystorze Q1, którego zadaniem jest załączanie prądu przepływającego przez elektromagnes. Oznacza to, że tranzystor Q1 jest elementem wykonawczym. Moduły komunikacyjne zasilane są tym samym napięciem co elektrozawory. Proponowane moduły zostały zainstalowane w prostym układzie pneumatycznym, pokazanym na rysunku 3.

#### 4. TESTY MODUŁÓW BEZPRZEWODOWYCH NA TERENIE PORTU

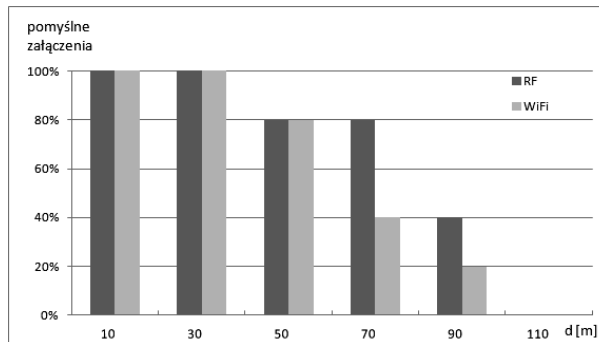
Opracowane układy zostały przetestowane w prostym układzie pneumatycznym z rysunku 3 w warunkach pracy portu.



**Rys. 3.** Układ pneumatyczny wykorzystany do testowania modułów bezprzewodowych

**Fig. 3.** Pneumatic system used for testing wireless modules

Celem przeprowadzonych testów była próba oceny efektywności ich działania i stworzenie możliwości porównania wybranych technologii transmisji bezprzewodowej. Wstępnej oceny wykorzystanych modułów dokonano już na podstawie danych katalogowych, ale uznano za celowe sprawdzenie ich działania w układzie rzeczywistym, ponieważ na transmisję bezprzewodową duży wpływ ma otoczenie.

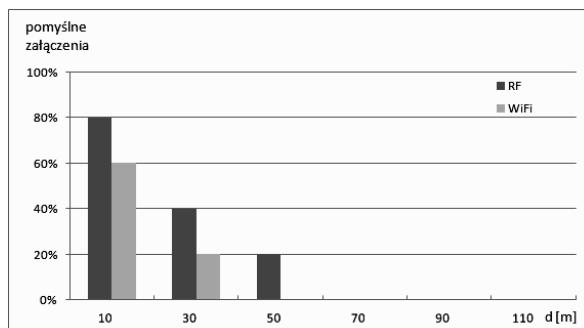


**Rys. 4.** Wyniki testów dla załączania zaworów sterowanych przez moduły w równomiernym cyklu

**Fig. 4.** The test results for the switching valves controlled by the modules in the uniform cycle

Proponowane moduły transmisji bezprzewodowej zostały zamontowane w układzie przedstawionym na rysunku 3 i były uruchamiane z poziomu prostej aplikacji webowej. W badaniu skupiono się na ocenie skuteczności zadziałania elektrozaworu z modułem bezprzewodowym w zależności od odległości między miejscem sterowania a zaworem oraz częstotliwości załączania. W pierwszym wariantcie dla każdej zadanej odległości czynność załączania elektrozaworu powtórzono pięć razy w równych odstępach czasu. Częstotliwość załączania była

dobrana na podstawie danych katalogowych. Przeprowadzono również próby załączania elektrozaworów z uwzględnieniem krótszego czasu między kolejnymi załączeniami.



**Rys. 5.** Wyniki testów dla załączania zaworów sterowanych przez moduły w nierównomiernym cyklu

**Fig. 5.** The test results for the switching valves controlled by the modules in the uneven cycle

Wszystkie testy zostały przeprowadzone w terenie mieszanym, tj. z przeszkodami na otwartej przestrzeni (np. stojące maszyny, pojazdy, ścianki). Jest to ważny fakt, ponieważ katalogowe parametry transmisyjne modułów wyznaczone były dla otwartej przestrzeni bez przeszkód.

## 5. PODSUMOWANIE

Przedstawione moduły transmisji bezprzewodowej mogą być instalowane na elektrozaworach, stanowiących element przełączający stan urządzeń portowych. Połączenie za pośrednictwem modułów urządzeń pracujących na terenie portu w sieć komputerową pozwoli na zbudowanie systemu zdalnego zarządzania nimi.

Z przeprowadzonych testów można wnioskować, że moduły oparte na transmisji radiowej RF pozwalają sterować zaworami z większej odległości i zmieniać ich stan w krótszym czasie. Wymagają jednak dedykowanej sieci z układem pełniącym rolę serwera. W rozwiązaniu tym głównym ograniczeniem jest pojemność systemu i prędkość przesyłania danych. Liczba zaworów, którymi można sterować, jest ograniczona do liczby kanałów.

Alternatywną propozycją, którą przedstawiono w artykule, jest zastosowanie transmisji bezprzewodowej w standardzie WiFi. Moduł wykorzystany w testach obsługuje podstawowe wersje standardu 802.11, dlatego można komunikować się z nim za pośrednictwem zwykłych urządzeń sieciowych, takich jak punkty dostępu (ang. *access point*) czy routery WiFi. W tym przypadku pojemność systemu jest bardziej ograniczona budową samej sieci niż modułu.

Proponowane układy transmisji bezprzewodowej zostały przebadane tylko pod kątem efektywności załączania, należałoby również zbadać sygnały elektryczne i wpływ zakłóceń elektromagnetycznych pochodzących z otoczenia na proces komutacji.

Każdy z proponowanych układów może współpracować z aplikacją webową, dlatego do zbudowania systemu, integrującego proponowane moduły transmisji bezprzewodowej z oprogramowaniem do zarządzania urządzeniami portowymi, wymagany jest wybór właściwej technologii i architektury oprogramowania. Zadanie to stanowi dalszy etap badań.

## LITERATURA

- Chaładyniak, D., 2011, *Wybrane technologie bezprzewodowej transmisji danych*, Zeszyty Naukowe, Warszawska Wyższa Szkoła Informatyki, nr 5, Warszawa.
- Krysiak, K., 2005, *Sieci komputerowe. Kompendium*, Helion, Gliwice.
- Muc, A., Murawski, L., Gessella, G., Szeleziński, A., 2015, *Zastosowanie platform cyfrowych ARDUINO i RASPBERRY Pi w nauczaniu sterowania obiektem pneumatycznym*, Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej, nr 41, Gdańsk.
- Ross, J., 2009, *Sieci bezprzewodowe. Przewodnik po sieciach Wi-Fi i szerokopasmowych sieciach bezprzewodowych*, wyd. 2, Helion, Gliwice.
- Standard WiFi*, <http://standards.ieee.org>.
- Zieliński, B., 1994, *Wybrane zagadnienia bezprzewodowej transmisji danych*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, nr 31, Gliwice.