



Politechnika Wroclawska

Katedra Techniki Ciepłej W9/K51

**Miernictwo i systemy pomiarowe – Lab**

# **Ultradźwiękowy pomiar poziomu**

**Instrukcja do ćwiczenia nr 7**

*Opracował: dr inż. Wiesław Wędrychowicz*

Wrocław, 2021

## WSTĘP

Czujnik ultradźwiękowy odległości może być wykorzystywany do pomiaru odległości lub poziomu. Mierzy on odległość, jaka dzieli go od znajdującej się przed nim przeszkody, za pomocą fal dźwiękowych niesłyszalnych dla ludzi (o częstotliwości przekraczającej 18 kHz). Czujnik emituje dźwięk, a następnie nasłuchuje jego powrotu wynikającego z odbicia od przeszkody. Czas upływający od wyemitowania dźwięku do jego odebrania w wyniku odbicia od przeszkody zależy od jej odległości od czujnika. Odległość można obliczyć na podstawie zmierzonego przez czujnik czasu.

Wiele czujników ultradźwiękowych to dwa połączone ze sobą urządzenia: nadajnik i odbiornik. Nadajnik generuje fale dźwiękowe o wysokiej częstotliwości, a odbiornik nasłuchuje echa powstającego w wyniku odbicia tych fal od przeszkody. Czujnik mierzy czas, jaki upłynął od wygenerowania sygnału do odebrania jego odbicia. Czas jest następnie przeliczany na standardowe jednostki odległości takie jak metry i centymetry na podstawie znajomości prędkości rozchodzenia się dźwięku w ośrodku. Zakres częstotliwości dźwięku zależy od danego czujnika. Na przykład przemysłowe czujniki ultradźwiękowe korzystają z częstotliwości od 25 do 500 kHz.

Częstotliwość pracy czujnika jest odwrotnie proporcjonalna do określanego zakresu odległości. Fala dźwiękowa o częstotliwości 50 kHz może wykryć obiekt znajdujący się w odległości 10 m lub więcej, a fala o częstotliwości 200 kHz ogranicza maksymalną odległość wykrywanych obiektów do ok. 1 m. Dlatego fale o niższych częstotliwościach mogą być używane do wykrywania obiektów znajdujących się w większych odległościach, a fale o wyższych częstotliwościach mogą być stosowane do wykrywania obiektów usytuowanych bliżej.

### Ograniczenia i dokładność czujnika ultradźwiękowego

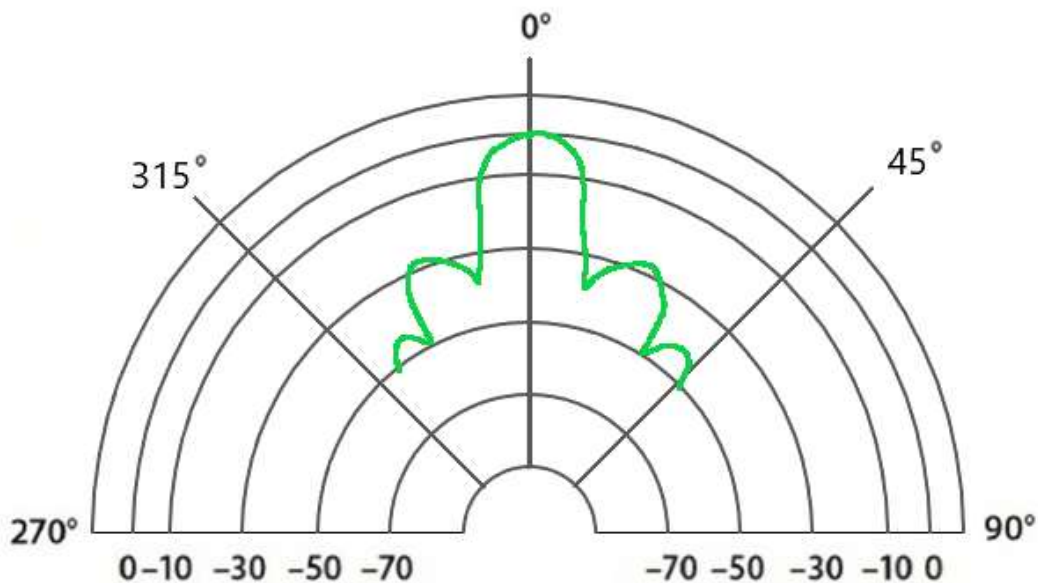
Czujnik emituje wiązkę w kształcie stożka (od długości stożka zależy zasięg czujnika). Wiązka ta definiuje jego pole widzenia. Jeżeli w polu widzenia czujnika ultradźwiękowego znajdzie się jakiś przedmiot, to fale dźwiękowe odbiją się od niego. Im większa odległość między obiektem, od którego odbija się fala, a czujnikiem, tym słabsze jest natężenie fali dźwiękowej powracającej do czujnika. Oznacza to, że odbiornik może nie wykryć zbyt słabej fali. Dotyczy to również obiektów znajdujących się w różnych punktach granicznych pola widzenia czujnika. Czujniki ultradźwiękowe charakteryzują się martwym polem zlokalizowanym tuż przed nimi. Nie wykrywają one obiektów znajdujących się w miejscu, w którym dochodzi do na tyle szybkiego odbicia fali, że czujnik nie przestał jeszcze jej emitować. Czujnik nie może pracować w takich warunkach. Martwe pole czujnika kończy się w odległości kilku centymetrów od niego. Zewnętrzna krawędź martwego pola określa minimalny zasięg pracy czujnika.

Fala dźwiękowa odbita od obiektów znajdujących się poza maksymalną odległością pracy czujnika może być zbyt słaba, aby czujnik mógł ją prawidłowo przetworzyć.

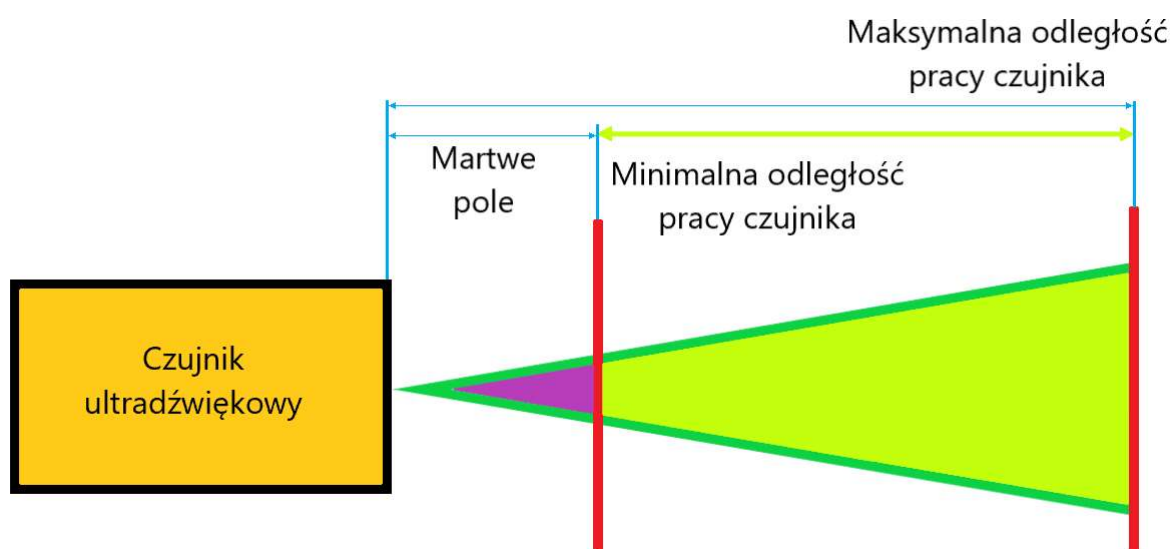
Na rysunku 1. został pokazany typowy rozkład energii dźwięku o częstotliwości 50 kHz (na osi x oznaczono znormalizowane decybele). Wykres pozwala określić wyrażone w decybelach natężenie dźwięku w punkcie znajdującym się w pewnej odległości od czujnika. Czujnik ma największy zasięg w linii prostej. Krzywe ilustrujące zasięg czujnika na boki informują o tym, że w miejscach tych charakteryzuje się on o wiele krótszym zasięgiem.

Rysunek 1 przedstawia pole widzenia przykładowego czujnika ultradźwiękowego i poziom detekcji przeszkód. Wraz ze wzrostem odległości zawężeniu ulega pole widzenia czujnika (przy maksymalnej odległości jest ono o połowę mniejsze).





Rys 1. Rozchodzenie się energii dźwięku o częstotliwości 50 kHz



Rys 2. Zakres pracy czujnika

Ograniczenia wynikające z kierunkowości i zakresu pracy czujnika nie stanowią największego problemu. Inne ograniczenia są związane z materiałem, z którego wykonany jest obiekt, i z jego ustawieniem względem czujnika — czynniki te wpływają na dokładność pracy czujnika. Od dokładności czujnika zależy zgodność otrzymywanych wartości ze stanem faktycznym. Wykrywanie przedmiotów, których powierzchnia jest wykonana z materiałów pochłaniających dźwięk, takich jak gąbka, bawełna i guma, jest trudniejsze od wykrywania obiektów, których powierzchnia jest wykonana z materiałów odbijających dźwięk, takich jak plastik, stal lub szkło. Materiały pochłaniające dźwięk ograniczają maksymalną odległość, z której mogą być wykryte przez czujnik.

#### Tryby pracy czujnika ultradźwiękowego

Czujnik ultradźwiękowy może pracować w różnych trybach. Liczba dostępnych trybów zależy od producenta, programistów opracowujących biblioteki i oprogramowania używanego do sterowania pracą czujnika. Czujnik ultradźwiękowy może dokonywać pomiarów, stale generując fale dźwiękowe lub wysyłając pojedynczy impuls.

Czujnik ultradźwiękowy poziomy wyposażony jest w przetwornik prądowy, dzięki któremu



sygnał poziomy przesyłany jest do systemu pomiarowego lub automatyki. W zależności od aplikacji można określić zakres odległości jaki ma być przetworzony na sygnał prądowy (np. w zależności od wysokości zbiornika). Wartość zmierzona długości (wysokości) jest zamieniana proporcjonalnie na wartość prądu w obwodzie pętli prądowej. Powszechnie stosowanym standardem jest pętla prądowa 4-20 mA. Wartość 4 mA oznacza stan zerowy lub początkowy zakresu, a prąd 20 mA maksymalną wartość wskazywaną. W przypadku pojawienia się w pętli wartości 0 mA oznacza to uszkodzenie linii sygnałowej i powinno uruchomić alarm uszkodzenia.

Do przeliczenia prądu na długość wykorzystuje się wzór:

$$L = L_{min} + (I_p - I_{min}) \cdot \frac{(L_{max} - L_{min})}{(I_{max} - I_{min})}$$

gdzie:

$L$  – szukana odległość

$I_p$  – wskazany prąd przetwornika

$L_{min}$  – odległość minimalna zakresu przetwornika

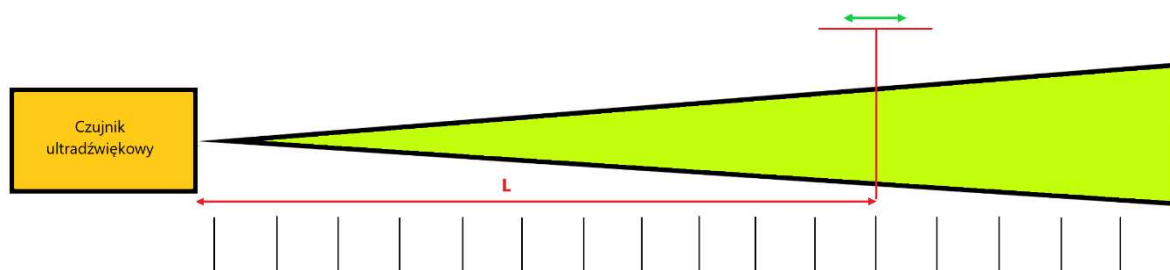
$L_{max}$  – odległość maksymalna zakresu przetwornika

$I_{min}$  – minimalny prąd przetwornika

$I_{max}$  – maksymalny prąd przetwornika

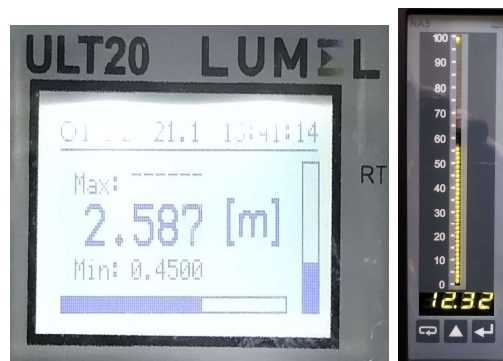
## Część doświadczalna

W części doświadczalnej badaniu zostanie poddany ultradźwiękowy czujnik poziomy ULT20 wyprodukowany przez firmę Lumel. Dla tego czujnika zostanie wyznaczone martwe pole czujnika, dokładność wskazania dla odległości do 5 m.



## Przebieg ćwiczenia

1. Włączyć zasilanie czujnika wraz z bargrafem. Odczekać na ukończenie testów.
2. Ustawić przesłonę w odległości według protokołu pomiarowego, korzystając z miarki.
3. Odczekać na ustabilizowanie się wskazania. Odczytać i zanotować wartości wskazywane bezpośrednio na wyświetlaczu czujnika oraz prąd wyświetlany poniżej bargrafu (mA).
4. Powtarzać punkty 2 i 3 aż do ostatniego punktu pomiarowego.



**Uwaga:** Wpływ temperatury jest automatycznie kompensowany przez czujnik – nie jest wymagany pomiar temperatury otoczenia w celu obliczenia poprawki na zmianę prędkości dźwięku w powietrzu.



## I. Ultradźwiękowy pomiar poziomu

Protokół pomiarowy z dnia .....

$L_{wz}$  – Odległość przesłony od przetwornika zmierzona linijką (w cm, dokładność  $\pm 1\text{mm}$ );  $L_p$  – odległość przesłony od przetwornika odczytana z wyświetlacza przyrządu (w m, dokładność  $\pm 1\text{mm}$ );  $I$  – prąd w pętli prądowej odczytany z bargrafu (w mA, dokładność  $\pm 0.01\text{mA}$ )

$L_{wz}$	$L_p$	$I$	$L_{wz}$	$L_p$	$I$
cm	m	mA	cm	m	mA
15			38		
16			39		
17			40		
18			41		
19			42		
20			43		
21			44		
22			45		
23			46		
24			47		
25			48		
26			49		
27			50		
28			100		
29			150		
30			200		
31			250		
32			300		
33			350		
34			400		
35			450		
36			500		
37					

Ustawienia przetwornika poziomu:  $L_{min} = 0\text{ m}$ ,  $L_{max} = 5\text{ m}$ ,  $I_{min} = 4\text{ mA}$ ,  $I_{max} = 20\text{ mA}$

Uwagi:



W programie pomiarów zagęszczone zostały punkty pomiarowe w pobliżu czujnika, aby można było doświadczalnie określić zakres występowania martwego pola. W martwym polu ze względu na zbyt krótki czas pomiędzy nadawaniem i odbiorem sygnału układ nie nadąża z pomiarem, dlatego pojawiają się błędne wyniki. Wiele z takich pomiarów czujnik jest w stanie zdiagnozować wtedy wyświetlana jest wartość nieokreślona „-----”. W czasie pomiarów należy notować wszystkie wskazania nawet „oczywiście błędne”. W trakcie opracowywania wyników zostanie określona minimalna odległość od czujnika dla której pomiar jest poprawny, co będzie stanowiło koniec martwego pola.

**Zawartość sprawozdania:**

1. Przeliczyć wskazania prądu z pętli prądowej na odległość (w cm).
2. Sporządzić tabelę wynikową w której znajdą się wartości  $L_{wz}$ ,  $L_p$ ,  $L_I$  wszystkie wyrażone w cm z dokładnością  $\pm 1$  mm.
3. Na wykresie narysować zależności  $L_p(L_{wz})$ ,  $L_I(L_{wz})$ . Obie osie wykresu powinny mieć taką samą skalę.
4. Na podstawie wykresu i pomocniczo tabeli określić odległość końca martwego pola.
5. Określić dokładność wskazań czujnika. Wyznaczyć poprawkę wskazania.
6. Podać zakres pomiarowy czujnika poziomu.

