



PJJSS
w Pile

KATEDRA INŻYNIERII MECHANICZNEJ

LABORATORIUM TERMODYNAMIKI TECHNICZNEJ

Ćwiczenie laboratoryjne nr 3

TEMAT: ŁĄCZENIE ZBIORNIKÓW O RÓŻNEJ OBJĘTOŚCI

1. Wprowadzenie

W praktyce technicznej bardzo często spotykamy się z koniecznością połączenia ze sobą pracujących w jednym układzie dwóch lub więcej zbiorników. Połączone zbiorniki mogą różnić się między sobą pojemnościami czy też ciśnieniami czynnika jakie w nich panuje. W przypadku złożonego układu roboczego przewody łączące zbiorniki mogą mieć pojemność na tyle dużą, że nie można jej w rozważaniach pominąć (stanowią one wówczas jak gdyby kolejny zbiornik w układzie o innym kształcie niż klasyczne zbiorniki).

Pod względem termodynamicznym każdy z wyżej wymienionych zbiorników stanowi oddzielny układ termodynamiczny, będący sam w sobie w równowadze termodynamicznej. Z chwilą połączenia tych zbiorników następuje ich wzajemne oddziaływanie aż do momentu zaistnienia równowagi w całym układzie.

W warunkach równowagi dla każdego z łączonych zbiorników słuszne jest równanie stanu gazów:

$$p_1 \cdot V_1 = m_1 \cdot R \cdot T$$

$$p_2 \cdot V_2 = m_2 \cdot R \cdot T$$

Ogólnie można napisać:

$$p_n \cdot V_n = m_n \cdot R \cdot T$$

Słuszne jest również następujące równanie dla układu zbiorników połączonych:

$$\sum_i p_i \cdot V_i = \sum_i m_i \cdot R \cdot T$$

gdzie:

i – ilość łączonych zbiorników

W niniejszym stanowisku do rejestracji danych oraz sterowania układem całego stanowiska dydaktycznego zastosowano mikrokontroler Arduino wraz z autorskim programem napisanym w języku programowania obsługiwany przez Arduino. Warunkiem koniecznym takiego rozwiązania konstrukcyjnego było obsługiwane przynajmniej 6 wejść analogowych.

Arduino jest mikrokontrolerem mającym postać płytki wyposażonej w złącza służące do podłączania zewnętrznych elementów elektronicznych, na przykład silników, przekaźników, diod, czy głośników, a także złącze uniwersalnej magistrali szeregowej (USB) służące do komunikacji z komputerem. Urządzenia podłączane do Arduino mogą być zasilane prądem pobieranym ze złącza USB, z baterii 9[V] lub przez zewnętrzny zasilacz oraz mogą być sterowane za pośrednictwem komputera lub przez samo Arduino, po wcześniejszym zaprogramowaniu i odłączeniu od komputera.

Oprogramowanie Arduino jest stosunkowo nieskomplikowane w obsłudze, oparte na języku programowania C i jest dostępne bezpłatnie na platformy Windows, Linux i Mac.

Arduino stanowi rodzinę płytek drukowanych, różniących się gabarytami, ilością pamięci, ilością złączy czy rodzajem kontrolera do komunikacji z komputerem. Obecnie najpopularniejszą z nich i jednocześnie zastosowaną w budowanym stanowisku laboratoryjnym, stanowi Arduino Uno.

Wyposażenie płyty Arduino Uno, to m.in.:

- mikrokontroler ATmega328 - wyprodukowany przez firmę Atmel., stanowi serce płytki Arduino. Jest 28-stykowym chipem umieszczonym w gnieździe znajdującym się w centralnej części płytki i posiada wbudowany układ procesora oraz pamięci, a także elektronikę odpowiedzialną za obsługę styków wejścia i wyjścia.
- Złącza wejścia i wyjścia – służą do łączenia z innymi elementami elektronicznymi. Mogą odbierać sygnał cyfrowy (stan zwarcia i rozwarcia), jak i analogowy (napięcie na złączu), co pozwala na podłączenie różnorodnych czujników, na przykład temperatury, ciśnienia czy światłomierzy. Na płytce znajduje się 6 złączy oznaczonych jako analogowe oraz 14 złączy cyfrowych, które mogą działać zarówno jako wejścia i jako wyjścia. Złącza te mogą zapewnić prąd maksymalnym natężeniu 40 [mA] przy napięciu 5 [V]. Stosując te złącza jako złącza prądowe należy uważać, aby ich zbyt nie obciążać.
- Zasilanie – na płytce zamontowano regulator napięcia, generujący stałe napięcie 5 [V], niezależnie od podanego mu napięcia w zakresie 7÷12 [V]. Regulator napięcia jest niezbędny do prawidłowej pracy mikrokontrolera, który jest wrażliwy na

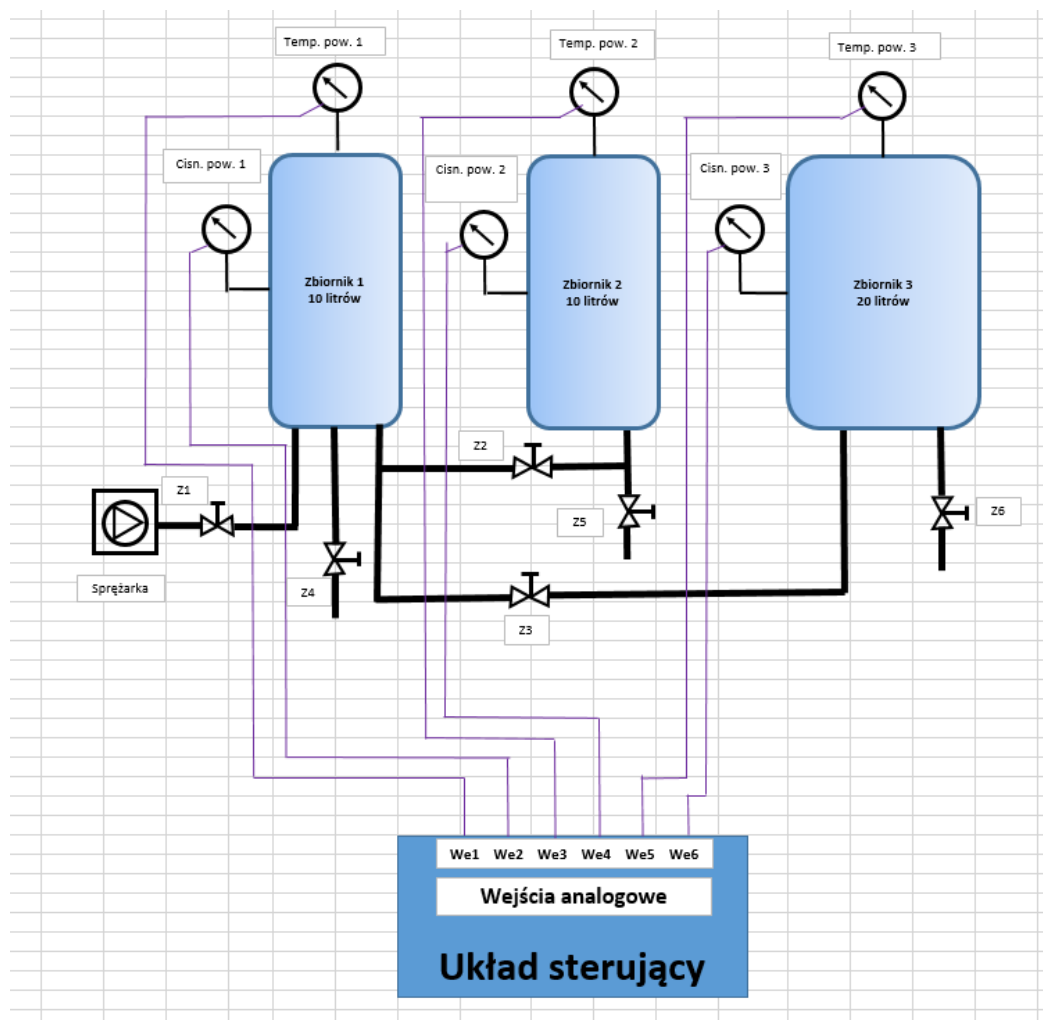
problemy z zasilaniem. Stosunkowo duże rozmiary kontrolera ułatwiają rozproszenie ciepła powstającego podczas regulacji napięcia, szczególnie podczas zasilania urządzeń zewnętrznych.

- Złącza zasilania – dostarczają prąd zgodnie z oznaczeniami: 3,3 [V]; 5 [V] oraz 9 [V]. Złącze GND (tzw. masa) dostarcza napięcie 0 [V]. Ponadto, występuje tu również złącze oznaczone jako „Reset”, które po połączeniu z pinem (złączem) masy ma taką samą funkcję jak przycisk Reset, czyli powoduje rozpoczęcie przez mikrokontroler wykonywania programu od początku.

2. Opis budowy stanowiska do rejestracji, wizualizacji i archiwizacji danych procesu łączenia zbiorników o tej samej lub różnej objętości

Niniejsze stanowisko dydaktyczne składa się z trzech współpracujących układów:

- pneumatycznego;
- elektryczno-elektronicznego;
- warstwy programistycznej, tj. skryptu w języku obsługiwanym przez Arduino, który pozwala na rejestrację pomiarów.

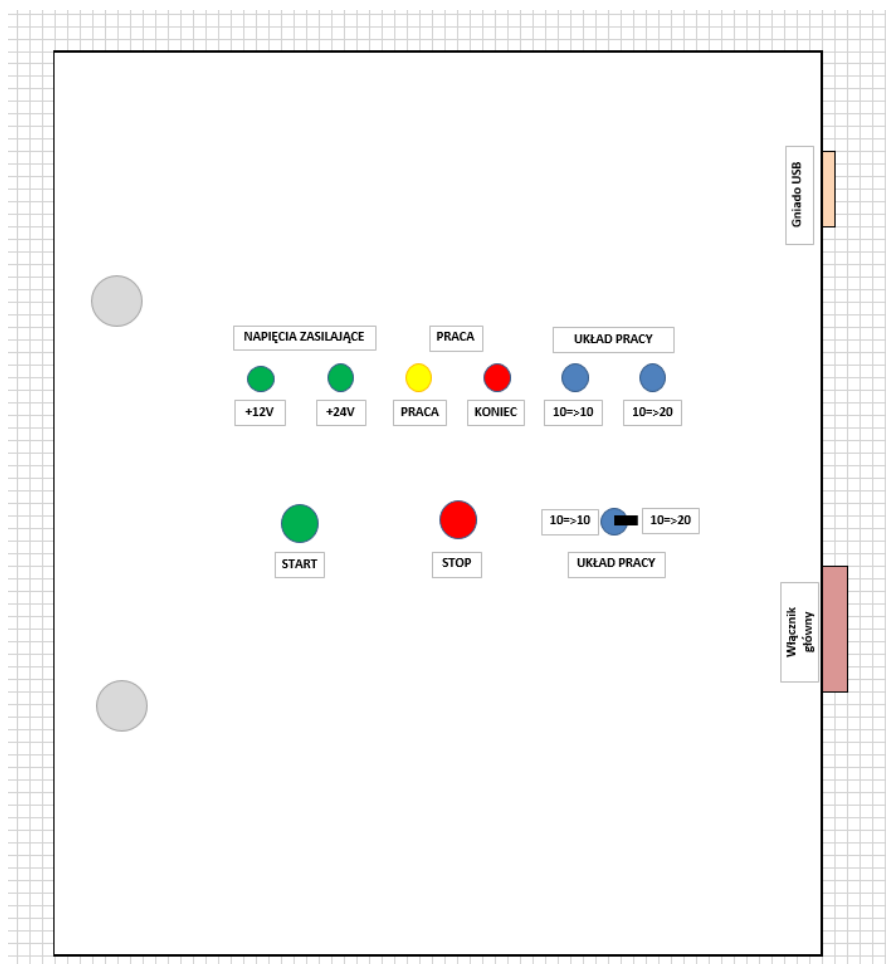


Rys. 1. Schemat układu pneumatycznego (rys. A. Hołubowska)

Podstawą budowy stanowiska są zbiorniki sprężonego powietrza o pojemnościach odpowiednio: 10L, 10L i 20L. Zbiorniki służą do zmagazynowania odpowiedniej ilości sprężonego powietrza. Zbiorniki są wykonane ze stali węglowej, malowane proszkowo w

celu zabezpieczenia przed korozją. Wykorzystano zbiorniki powietrza przeznaczone do samochodów ciężarowych, ze względu na łatwą dostępność oraz odpowiednią ilość nagwintowanych przyłączy.

Na drzwiach skrzynki umieszczono diody LED sygnalizujące obecność napięć zasilających, stan pracy urządzenia i wybrany układ pracy, przyciski START i STOP oraz przełącznik układu pracy. Na dolnej ścianie skrzynki umieszczono przepusty do przewodu zasilającego oraz do przewodów czujników temperatury i przetworników ciśnienia.



Rys. 2. Widok ogólny frontu skrzynki montażowej (rys. A. Hołubowska)

Przed przystąpieniem do odczytów wybrać z menu „Narzędzia” opcję „Monitor portu szeregowego”. Dopiero w tym momencie należy uruchomić pomiar wciskając przycisk START. Po zakończonym pomiarze należy wcisnąć przycisk KONIEC, przytrzymując go 1 sekundę.

Dane uzyskane podczas pomiarów, w celu wizualizacji i archiwizacji należy opracować w następujący sposób:

1. Zatrzymać pomiary (czerwony przycisk STOP – przycisnąć 3 sekundy).
2. Utworzyć nowy folder na pulpicie pod nazwą pomiary_RRRR_MM_DD_, gdzie RRRR oznacza rok, MM – miesiąc, a DD – dzień pomiarów, natomiast X oznacza kolejny pomiar danego dnia.
3. Zaznaczyć wyniki w oknie Monitora portu szeregowego (CTRL + A).
4. Skopiować zaznaczone wyniki (CTRL + C).

5. Otworzyć pusty plik notatnika i wkleić do niego skopiowane wyniki (CTRL + V).
6. Zapisać plik notatnika w folderze utworzonym w punkcie drugim.
7. Otworzyć nowy arkusz kalkulacyjny w programie Microsoft Excel.
8. Z menu Plik wybrać opcję Otwórz.
9. W otwartym oknie wybrać rodzaj plików - Wszystkie (All) i wskazać do otwarcia za pisany wcześniej plik notatnika.
10. W kolejnym oknie wybrać kolumny separowane (nie Jednakowej szerokości).
11. Wskazać separatory: przecinek (z listy) oraz dwukropek (wpisać w wolne pole), na podglądzie widać czy jest poprawna separacja kolumn.
12. Jeśli separacja kolumn jest OK, to kliknąć na Zakończ.
13. Zapisać plik jako arkusz Excel.
14. Uzyskaliśmy dane w arkuszu kalkulacyjnym, ale części całkowite są odseparowane od części ułamkowych kropką, a nie przecinkiem, więc Excel traktuje dane jako tekst.
15. Na karcie „Edytowanie” należy odszukać polecenie „Znajdź i Zaznacz”, wybrać „Zamień”; w polu „Znajdź” wpisać kropkę, w polu „Zamień” wpisać przecinek. Ostatecznie należy potwierdzić klikając „Zamień wszystko”.
16. Otrzymaliśmy wyniki w postaci kolumn danych liczbowych w arkuszu kalkulacyjnym.
17. Korzystając z menu „Wstawianie”, zakładka „Wykresy” należy zwizualizować wyniki.
18. Następnie należy zarchiwizować dane zapisując arkusz kalkulacyjny w folderze utworzonym w punkcie 2, nadając mu nazwę pomiary_RRRR_MM_DD_X.
19. Opiekun pracowni na zakończenie każdego semestru powinien utworzyć folder:
 - „Pomiary_rok_202X-202Y_semestr_letni” lub
 - „Pomiary_rok_202X-202Y_semestr_zimowy” i przenieść tam wszystkie foldery, zawierające wyniki pomiarów z danego okresu.
20. Wyniki należy przechowywać na dysku komputera przez okres 5 lat. Po tym czasie opiekun pracowni powinien je usunąć, usuwając odpowiedni folder.

Tab. 1. Wyniki pomiarów procesu łączenia zbiorników nr 1 oraz nr 3

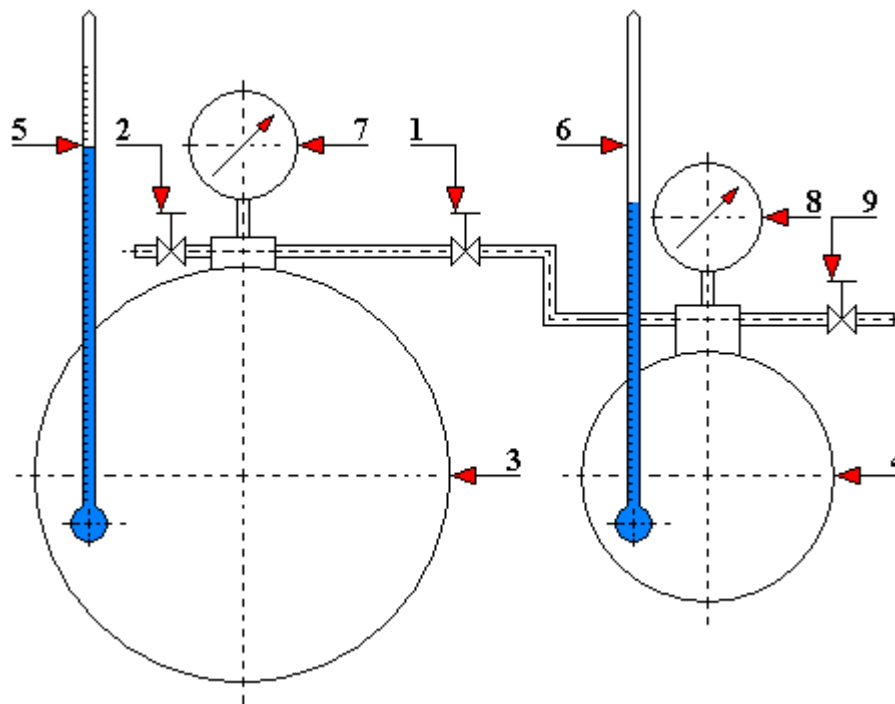
czas [s]	ciśnienie w zbiorniku 1 [bar]	ciśnienie w zbiorniku 3[bar]	temp. w zbiorniku 1 [° C]	temp. w zbiorniku 3 [° C]

3. Cel ćwiczenia

Celem niniejszego ćwiczenia jest praktyczne potwierdzenie powyższych zależności oraz zastosowanie ich i uzyskanych wyników obliczeń do określenia np. nieznaney pojemności jednego ze zbiorników.

4. Opis ćwiczenia

W niniejszym ćwiczeniu łączymy zbiorniki o różnej objętości i zadanych ciśnieniach. Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów ciśnień przed i po połączeniu zbiorników należy obliczyć pojemność mniejszego zbiornika.



Rys. 3. Schemat połączenia zbiorników o różnej objętości (rys. J. Mikołajczyk)

1 – zawór łączący zbiorniki; 2 – zawór do napełniania i opróżniania zbiornika dużego; 3 – zbiornik duży; 4 – zbiornik mały; 5 – termometr T_1 ; 6 – termometr T_2 ; 7 – manometr p_1 ; 8 – manometr p_2 ; 9 – zawór do napełniania i opróżniania zbiornika małego

Uwaga: Ze względów bezpieczeństwa zarówno studentów jak i prowadzącego nie należy przekraczać ciśnienia 5 [bar].

5. Opracowanie wyników

- uzyskane wyniki pomiarów należy porównać z obliczeniami teoretycznymi;
- dla łączenia zbiorników o różnej objętości należy obliczyć pojemność zbiornika mniejszego.

6. Pytania sprawdzające

- Jakie warunki muszą być spełnione, aby ciśnienie po połączeniu zbiorników było średnią wartością ciśnień początkowych w zbiornikach?

- W jakim przypadku ciśnienie po połączeniu zbiorników będzie wyższe od średniej wartości ciśnień początkowych w zbiornikach?

7. Literatura

- Lewiński J.: Wymiana ciepła. Wydawnictwo PWSZ w Pile, Piła 2012.
- Różański S.A.: Fizyka. Repetytorium dla studentów I roku studiów inżynierskich. Wydawnictwo PWSZ w Pile, Piła 2011.
- Różański S.A.: Przez fizykę na skróty. Wydawnictwo PWSZ w Pile, Piła 2013.
- Różański S.A.: Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki wspomagane komputerem. Wydawnictwo PWSZ w Pile, Piła 2014.
- Skorka M.: Fizyka. Podręcznik dla studentów wyższych technicznych studiów zawodowych dla pracujących. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1973.
- Staniszewski B.: Termodynamika. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1978.