

Karol BEDNAREK*, Artur BUGAŁA*, Natalia BUDZIŃSKA*
Mateusz WIELOGÓRSKI*

STANOWISKA DO BADAŃ I PREZENTACJI FUNKCJONOWANIA CZUJNIKÓW PRĘDKOŚCI OBROTOWEJ ORAZ POŁOŻEŃ LINIOWYCH I KĄTOWYCH

W artykule przedstawiono propozycje oryginalnych stanowisk do badań i prezentacji funkcjonowania czujników prędkości obrotowej oraz położeń liniowych i kątowych. Celem opracowania i wykonania tych stanowisk jest ich wykorzystanie w działaniach dydaktycznych jako elementów ćwiczeń laboratoryjnych, związanych z układami elektrycznymi i informatycznymi stosowanymi w przemyśle i w pojazdach. Z tych względów zajęto się również dydaktycznymi oraz technicznymi aspektami doboru i organizacji środków przekazu informacji w procesach kształcenia. Skupiono się na opracowaniu stanowisk badawczych w taki sposób, aby umożliwiły zdobywanie umiejętności praktycznych oraz zrozumienie teoretycznych aspektów przekazywanej wiedzy w zakresie rozważanych zagadnień. W pracy opisano konstrukcje zaprojektowanych i zrealizowanych stanowisk badawczych, sposoby ich wykonania oraz możliwości zastosowań.

SŁOWA KLUCZOWE: dydaktyczne stanowiska badawcze, diagnostyka podzespołów pojazdów, czujniki prędkości obrotowej, czujniki położeń liniowych i kątowych, pomoce dydaktyczne.

1. WPROWADZENIE

Przełom wieków XX i XXI charakteryzuje burzliwy rozwój techniki. Jedną z najbardziej dynamicznie rozwijających się gałęzi gospodarki jest przemysł samochodowy [1-4]. Początkowo w produkowanych pojazdach doskonalono konstrukcje silników spalinowych, a część z podzespołów mechanicznych zaczęto zastępować korzystniejszymi rozwiązaniami elementów i układów elektrycznych. Zelektronizowane, coraz precyzyjniej wysterowywane silniki spalinowe, charakteryzujące się ciągle poprawianymi osiąganymi (moc, moment obrotowy, a w konsekwencji przyspieszenie pojazdu), umożliwiają rozwijanie coraz większych prędkości i poprawę dynamiki pojazdu. Z tych względów rośnie zapotrzebowanie na zapewnienie bezpieczeństwa uczestników ruchu. Pojawiają się kolejne, sukcesywnie unowocześniane układy elektryczne i elektroniczne. Roz-

* Politechnika Poznańska

wijane są systemy bezpieczeństwa czynnego (takie jak ABS, ASR, ESP) oraz biernego (poduszki i kurtyny powietrzne, napinacze pasów bezpieczeństwa itp.). Coraz bardziej ekskluzywne limuzyny wyposażane są w różnorakie systemy poprawiające komfort użytkowania pojazdów. Produkowane są samochody elektryczne, których zasobniki energii będą buforami dla sieci elektroenergetycznej. Notorycznie wzrasta poziom skomplikowania urządzeń i systemów samochodowych [1–7].

Projektowanie, wytwarzanie i zapewnienie właściwego stanu technicznego wysoce zaawansowanych technicznie pojazdów nierozdzielnie wiąże się z koniecznością posiadania odpowiedniej wiedzy technicznej personelu z tymi działaniami związanego, czyli konstruktorów, diagnostów czy serwisantów. Rośnie więc zapotrzebowanie na kształcenie nowych kadr w zakresie budowy i funkcjonowania układów elektrycznych, elektronicznych oraz informatycznych stosowanych w przemyśle i pojazdach. W nowoczesnych systemach kształcenia wykorzystywane są odpowiednio dobrane środki przekazywania wiedzy w postaci stanowisk badawczych i demonstracyjnych, animowanych prezentacji multimedialnych, filmów szkoleniowych itp. [8, 9].

W pracy opisano zaprojektowane i zrealizowane w celach dydaktycznych stanowiska do badań i prezentacji funkcjonowania czujników prędkości obrotowej oraz położenia liniowych i kątowych. Przedstawiono aspekty dydaktyczne i techniczne związane z możliwościami przekazywania wiedzy w zakresie budowy oraz własności funkcjonalnych układów elektrycznych, elektronicznych, informatycznych, a w pewnym zakresie także mechanicznych, wykorzystywanych powszechnie w pojazdach i w ogóle w przemyśle. Skomentowano rolę, jaką pełnią środki przekazu dydaktycznego w postaci odpowiednio zorganizowanych i wykonanych stanowisk badawczo-demonstracyjnych w kształtowaniu poziomu wiedzy i rozumieniu przez odbiorców (studentów, słuchaczy czy uczniów) rozpatrywanych zagadnień.

2. POMOCE DYDAKTYCZNE W PROCESACH PRZEKAZYWANIA WIEDZY

Przekazywanie wiedzy technicznej nie ogranicza się tylko do przedstawienia budowy, zasady działania, zestawienia parametrów technicznych i procedur postępowania podczas projektowania bądź diagnozowania oraz obsługi podzespołów i systemów stosowanych w pojazdach lub w przemyśle. W głównej mierze powinno polegać także na zrozumieniu zjawisk fizycznych oraz procesów związanych z eksploatacją i współdziałaniem podzespołów składowych układów, na wytworzeniu umiejętności przewidywania zachowań elementów i urządzeń pod wpływem zmian określonych czynników regulacyjnych bądź zewnętrznych. W ten sposób usystematyzowana wiedza umożliwi właściwe zaprojektowanie, wytworzenie i obsługę nowoczesnych systemów samochodowych, uniknięcie

błędów w tworzonych koncepcjach, wprowadzanych technologiach produkcyjnych czy stawianych diagnozach w trakcie obsługi serwisowej, jak również może zainspirować do wprowadzania kolejnych innowacji [8, 9].

Osiągnięcie takich efektów w procesie kształcenia ułatwia zastosowanie właściwie opracowanych i skonstruowanych, działających na wyobraźnię pomocy dydaktycznych w postaci stanowisk do prezentacji działania, demonstracji wpływu różnych, odrębnie oddziałujących parametrów funkcjonalnych oraz czynników zewnętrznych na zachowanie się urządzeń i systemów, a także przeprowadzenia badań parametrów technicznych elementów i układów. Bardzo często należy w nich wprowadzić dodatkowe nienaturalne innowacje w celu wytworzenia szerszego obrazu prezentowanych zachowań układów. Uzyskuje się dzięki temu obrazowy przekaz informacji oraz fizyczny, manualny kontakt z analizowanym obiektem technicznym, co ma nieoceniony wpływ na prawidłowość kształtowania wiedzy i umiejętności praktycznych odbiorców oraz rozwój wyobraźni i kreatywności kształconych osób.

3. STANOWISKO DO BADAŃ CZUJNIKÓW PRĘDKOŚCI OBROTOWEJ

3.1. Założenia projektowe

Jako główny cel postawiono wykonanie stanowiska do wizualizacji funkcjonowania oraz badania czujników trzpieniowych (palcowych) prędkości obrotowej. Stanowisko badawcze ma być wykorzystywane w uczelnianym laboratorium układów elektrycznych i elektronicznych pojazdów. Ma służyć do celów dydaktycznych, zatem powinno umożliwiać obserwacje wpływu zmian ukształtowania wirującej tarczy na przebieg wytwarzanego sygnału wyjściowego. Wśród założeń szczegółowych wymienić można następujące oczekiwane właściwości stanowiska badawczego:

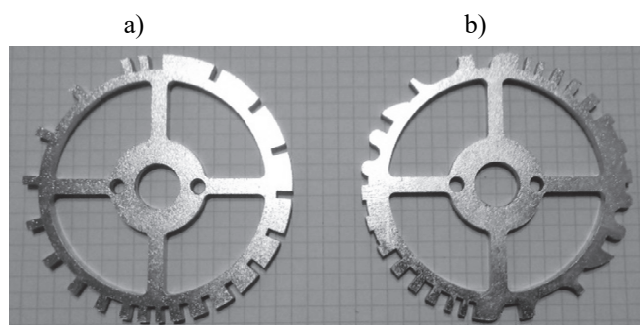
- zasilanie układu z sieci elektrycznej napięciem przemiennym 230 V oraz awaryjnie możliwość zasilania napięciem stałym o regulowanej wartości do 12 V (z zasilacza);
- możliwość zbadania wpływu kształtu zębów i przestrzeni międzyzębowych wirującej tarczy, z którą współpracuje czujnik prędkości obrotowej, na kształt i parametry generowanego sygnału napięciowego;
- regulacja prędkości obrotowej układu napędowego wirującej tarczy w zakresie użytecznym do pomiaru sygnałów czujników;
- możliwość zamocowania dwóch czujników prędkości obrotowej (np. indukcyjnych z wąskim i szerokim nabiegunnikiem) oraz wprowadzania zmian położenia czujników (obrotu wokół osi głównej ich trzpienia);
- przystosowanie wyprowadzeń z czujników do podłączenia oscyloskopu i ewentualnego ich zasilania (wykonanie złączy przejściowych);

- zabezpieczenie wirującej tarczy demontowalną obudową;
- możliwość wymiany tarczy z różnymi kształtami zębów oraz różnymi przerwami między zębami.

Projektowane stanowisko ma być wykorzystywane przez studentów w celu poznania zasad funkcjonowania czujników prędkości obrotowej, dlatego powinno być funkcjonalne i ergonomiczne, powinno także zapewniać dużą uniwersalność podczas badań oraz bezpieczeństwo obsługi.

3.2. Opis projektu i realizacji stanowiska badawczego

Zaprojektowano dwie różne tarcze z materiału ferromagnetycznego (o różnych kształtach oraz szerokościach zębów i przestrzeni międzyzębowych) współpracujące z czujnikami (rys. 3.1). Tarcze są wymienne i mocowane dwoma śrubami M3×10 do piasty zamocowanej na wale silnika.



Rys. 3.1. Wykonane do stanowiska ferromagnetyczne tarcze
a) tarcza niesymetryczna z różnymi odległościami między zębami i szerokościami zębów,
b) tarcza symetryczna z różnymi kształtami zębów i przerw między zębami

Uchwyty do czujników wykonano z poliwęglanu dymionego o grubości 10 mm. Do uchwytów można zamontować czujniki i zmieniać położenie kątowe nabiegownika względem płaszczyzny wirującej tarczy (rys. 3.2).



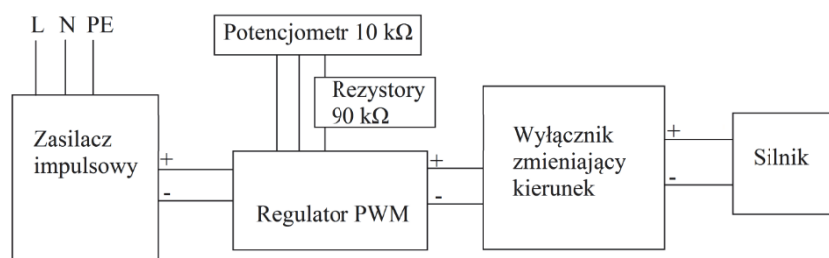
Rys. 3.2. Uchwyt czujnika: a) widok uchwytu na stanowisku, b) widok czujnika w uchwycie

Stanowisko wyposażono w dwa czujniki indukcyjne prędkości obrotowej o różnej grubości nabiegowników. Aby zaobserwować generowane sygnały, należy podłączyć badany czujnik do oscyloskopu. W tym celu skonstruowano przejściówki pozwalające na szybkie połączenie czujnika z oscyloskopem. Z jednej strony jest gniazdo 3-pinowe pasujące do czujnika, a na drugim końcu przewodu zamontowano gniazda do wtyków bananowych.

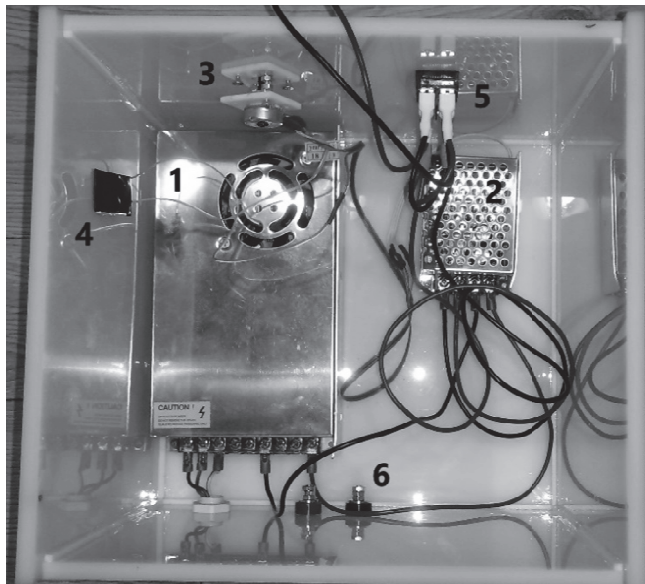
Silnik układu napędowego tarczy to silnik prądu stałego o napięciu 12 V i o mocy maksymalnej 200 W. Jest to silnik o oznaczeniu YH775T-9119F produkowany przez YuanHang Motor CO Ltd. Jego prędkość maksymalna wynosi 20100 obr/min. Do założeń projektowych prędkość ta jest zbyt duża, dlatego możliwość jej regulacji została ograniczona do ok. 4000 obr/min. Aby można było zasilac stanowisko z sieci prądem przemiennym zastosowano zasilacz impulsowy o parametrach: napięcie zasilania 230/115 V AC, napięcie wyjściowe 12 V DC, wydajność prądowa 25 A, moc maksymalna 300 W.

Chcąc regulować prędkość obrotową silnika zastosowano regulator PWM 12 V o prądzie maksymalnym 30 A. Regulacja prędkości obrotowej silnika (w regulatorze współczynnikiem wypełnienia impulsów) realizowana jest za pomocą potencjometru o rezystancji całkowitej 100 k Ω . Aby ograniczyć maksymalną prędkość obrotową osiąganą przez silnik, wymieniono potencjometr na 10 k Ω i do skrajnego złącza potencjometru dolutowano trzy szeregowo połączone rezystory o wspólnej rezystancji 90 k Ω . Dzięki temu rozwiązaniu ograniczono maksymalną prędkość obrotową do ok. 4000 obr/min, co jest bezpieczne dla użytkowników i wystarczające do wykonania pomiarów.

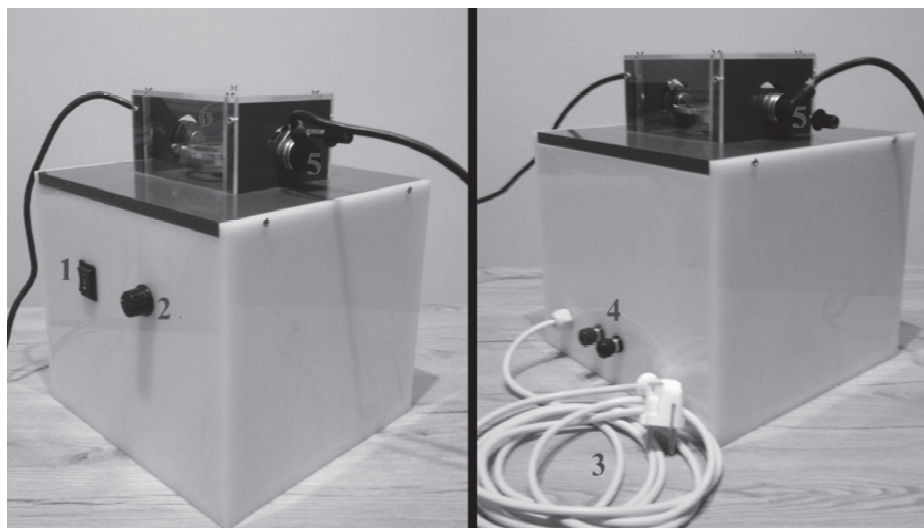
Opisane elementy składowe stanowiska zostały ze sobą połączone według schematu blokowego przedstawionego na rys. 3.3 i umieszczone w obudowie o wymiarach 250×250×200 mm zbudowanej z pleksi o grubości ścianki 8 mm (rys. 3.4). W obudowie wykonano otwory na przewód zasilający, zaciski awaryjnego zasilania, potencjometr regulujący prędkość obrotową oraz wyłącznik odłączający zasilanie od silnika i zmieniający kierunek obrotów silnika. Wnętrze stanowiska z oznaczonymi elementami widać na rys. 3.4, natomiast wygląd stanowiska po zmontowaniu przedstawiono na rys. 3.5.



Rys. 3.3. Schemat blokowy połączeń elementów elektrycznych stanowiska



Rys. 3.4. Widok wnętrza stanowiska z zamontowanymi podzespołami
1 – zasilacz impulsowy stanowiska, 2 – regulator PWM, 3 – potencjometr regulacji prędkości obrotowej, 4 – rezystory ograniczające maksymalną prędkość obrotową, 5 – wyłącznik zasilania i przełącznik zmiany kierunku obrotu tarczy, 6 – zaciski zasilania awaryjnego (DC) stanowiska



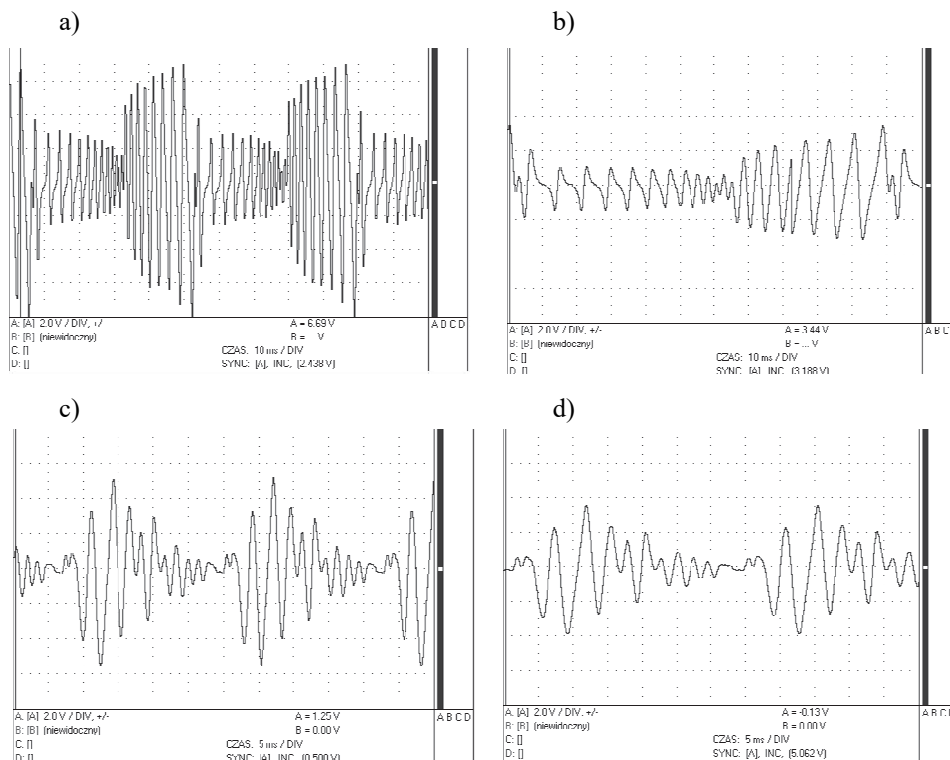
Rys. 3.5. Widoki stanowiska z oznaczonymi elementami składowymi
1 – wyłącznik zasilania, 2 – pokrętko potencjometru, 3 – przewód zasilający, 4 – zaciski zasilania awaryjnego, 5 – czujnik indukcyjny prędkości obrotowej (dwa na stanowisku), 6 – wirująca tarcza

W zaprojektowanym stanowisku zastosowano dwa czujniki indukcyjne prędkości obrotowej o różnej grubości nabiegunków. Jednak wymiary i złącza czujników prędkości obrotowej stosowanych w pojazdach są znormalizowane. Hallotronowe czujniki prędkości obrotowej również podlegają tej normalizacji. Dzięki temu mogą one podlegać badaniom na zaprojektowanym i wykonanym stanowisku badawczym. W uchwytach można również zamontować czujniki o mniejszej średnicy (z systemów przemysłowych) przy pomocy tulejek zwiększających średnicę i unieruchamiających czujnik.

3.3. Przykładowe badania przeprowadzone na stanowisku

Po zmontowaniu stanowiska i zasileniu układu sprawdzono, czy zostały osiągnięte przyjęte założenia. Układ działa bez problemów. Moc maksymalna silnika to 200 W, jednak po zastosowaniu ograniczenia prędkości obrotowej i niewielkim obciążeniu silnika prąd pobierany przez silnik z regulatora PWM przy napięciu 12 V i przy prędkości maksymalnej wynosi ok. 3 A. Wynika z tego, że zasilacz i regulator zostały mocno przewymiarowane. Poczyniono to z premedytacją w celu uzyskania jak najdłuższego okresu bezawaryjnej pracy stanowiska w warunkach laboratorium dydaktycznego.

Rezultaty przykładowych badań przebiegów czasowych sygnałów napięciowych z czujników indukcyjnych trzpieniowych, współpracujących kolejno z dwoma różnymi wirującymi tarczami ferromagnetycznymi przedstawiono na rys. 3.6. Zmiana prędkości obrotowej tarczy powoduje zmianę częstotliwości i amplitudy wytwarzanego sygnału napięciowego. Szybkość zmian pola magnetycznego związana z ukształtowaniem zębów i przerw w obwodni tarczy również ma wpływ na przebieg zmian napięcia wytwarzanego w czujniku (rys. 3.6a-d). W zrealizowanych badaniach zarejestrowano fragmenty przebiegów, na których widać te charakterystyczne zmiany w przebiegach czasowych generowanych sygnałów. Jeżeli szerokości zębów ferromagnetycznej tarczy są podobne do szerokości przestrzeni międzyzębowych to generowany sygnał jest sinusoidalny (rys. 3.6a). Intensywna zmiana proporcji między szerokością zęba, a szerokością odległości międzyzębowej powoduje odkształcenie przebiegu sygnału od sinusoidy i pojawienie się naprzemiennie stromych i łagodnych zboczy – jedne z nich są narastające, a drugie opadające (rys. 3.6b). Niuanse w kształtach zarejestrowanych sygnałów umożliwiają zobrazowanie kształconym osobom konsekwencji oddziałujących zjawisk fizycznych w postaci wpływu ukształtowania ferromagnetycznej tarczy oraz szerokości nabiegunków czujników na powstawanie zmian w generowanym sygnale napięciowym.



Rys. 3.6. Przykładowe przebiegi oscyloskopowe sygnałów napięciowych z czujników stanowiska badawczego dla różnych tarcz ferromagnetycznych i prędkości obrotowych
 a) dla tarczy asymetrycznej, duża prędkość obr., b) dla tarczy asymetrycznej, mała prędkość obr.,
 c) dla tarczy symetrycznej, duża prędkość obr., d) dla tarczy symetrycznej, mała prędkość obr.

4. STANOWISKO DO BADAŃ CZUJNIKÓW POŁOŻEŃ LINIOWYCH I KĄTOWYCH

4.1. Założenia projektowe

Celem stworzenia stanowiska do badania czujników przemieszczeń liniowych i kątowych jest możliwość dydaktycznej prezentacji pracy czujników Halla, które znalazły zastosowanie w przemyśle i pojazdach. Stanowisko ma pozwalać wyznaczać charakterystyki zmiany wartości i biegunowości napięcia w zależności od przesunięcia liniowego lub kątowego ruchomego elementu pomiarowego (magnesu trwałego). Pomiary mają być możliwe do przeprowadzenia dla dwóch konfiguracji czujników Halla, tzn. dla pojedynczego czujnika oraz dla dwóch czujników usytuowanych względem siebie pod kątem prostym (co pozwala na prezentację możliwości jednoznacznego odczytu położenia kątowego w zakresie 360° , dzięki uwzględnieniu wartości i biegunowości oddziałującego

poła magnetycznego). Obudowa stanowiska i rozmieszczenie poszczególnych elementów mają umożliwić szybki, prosty montaż układu, wykonywanie pomiarów za pomocą woltomierzy cyfrowych, a także przetwarzanie mikroprocesorowe w celu odpowiedniego ukształtowania przebiegu wytwarzanego napięcia Halla oraz prezentację odczytywanych danych (napięć i ich biegunowości) na wyświetlaczu.

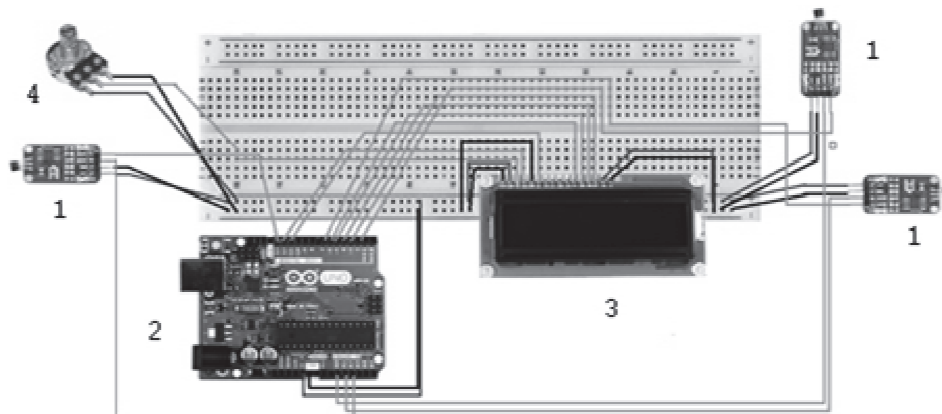
4.2. Opis projektu i wykonania stanowiska badawczego

Wykorzystane czujniki Halla mają 4-pinowe złącza wyprowadzone z współpracujących z nimi modułów. Parametr VCC oznacza napięcie zasilania i mieści się w przedziale od 2,3 V do 5,3 V, masa układu jest standardowo oznakowana GND, AOUT i DOUT oznaczają kolejno wyjście analogowe i cyfrowe. Wyjście analogowe ma regulowaną czułość za pomocą wbudowanego potencjometru. Sygnały napięciowe z poszczególnych czujników Halla wyprowadzone są na złącza pomiarowe (możliwość pomiaru woltomierzem). Poziom mierzonego sygnału można sprawdzić za pomocą wskaźnika sygnału na module – zaświeci się on, gdy magnes znajduje się blisko czujnika, a wyłącza się, gdy magnes znajduje się z dala od czujnika. Współpracujące z czujnikami Halla magnesy neodymowe cechują się dużymi wartościami indukcji magnetycznej, co umożliwia właściwe funkcjonowanie stanowiska badawczego.

Jednym z ważniejszych elementów składowych projektowanego stanowiska badawczego jest zestaw Arduino Uno z 8 bitowym mikrokontrolerem firmy Atmel AVR Atmega 328 o częstotliwości pracy 16 MHz. Arduino bazuje na programowaniu w języku C/C++ oraz wykorzystaniu ogólnodostępnych bibliotek. Ma on 32 kB pamięci programu Flash oraz 2 kB pamięci operacyjnej. Wyposażony jest w 14 cyfrowych wejść/wyjść, dzięki którym umożliwione jest sterowanie m.in. diodami LED, przekaźnikami czy odczytywanie stanów przycisków. 6 wyjść PWM pozwala np. na sterowanie silnikami oraz regulowanie jasności diod, natomiast 6 wejść wbudowanego przetwornika analogowo-cyfrowego o rozdzielczości 10-bitów obsługuje m.in. czujniki z wyjściem analogowym.

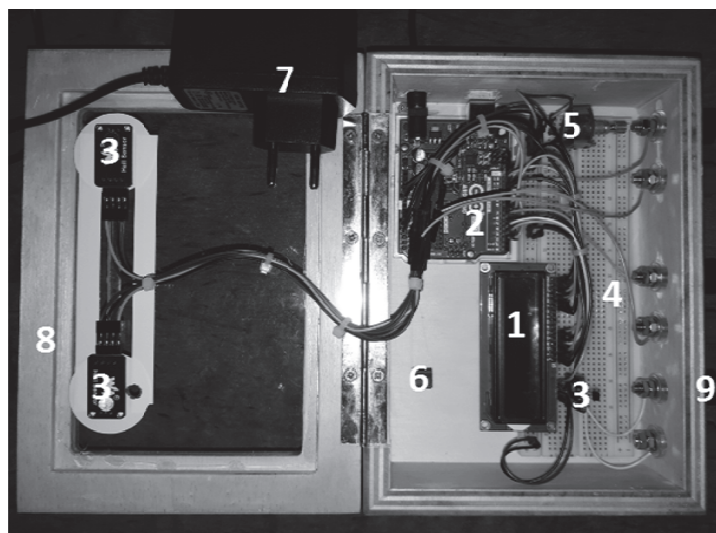
Zastosowany alfanumeryczny wyświetlacz LCD jest zasilany napięciem 5 V. Charakteryzuje się prostą obsługą, wysoką dostępnością oraz możliwością pracy z mikrokontrolerami różnych producentów. Zapis wyświetlacza LCD 2x16 znaków wskazuje na możliwość wyświetlenia w jednej chwili 2 wierszy po 16 znaków.

Zastosowany zasilacz impulsowy umożliwia zasilanie elektryczne całego układu poprzez wtyk DC 5,5/2,5 mm. Wszystkie elementy stanowiska zostały połączone na płycie stykowej (z 830 otworami). Schemat połączeń elementów układu przedstawiono na rys. 4.1.



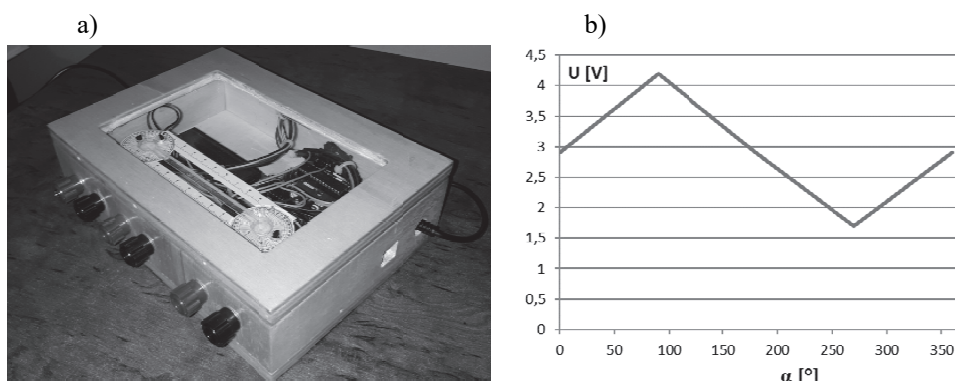
Rys. 4.1. Schemat połączeń zaprojektowanego stanowiska badawczego: 1 – moduły z czujnikami Halla, 2 – Arduino Uno z mikrokontrolerem, 3 – wyświetlacz LCD, 4 – potencjometr

Elementy układu umieszczone są w obudowie z polakierowanej sklejki o wymiarach 20,3 cm × 15 cm × 6,6 cm; o głębokości 3,8 cm, z wiekiem otwieranym za pomocą zawiasów, oknem wykonanym ze szkła akrylowego z naniesionym, wyfrezowanym torem dla przemieszczeń liniowych i kątowych magnesu oraz otworami umożliwiającymi pracę czujników Halla (rys. 4.2).



Rys. 4.2. Widok wnętrza stanowiska badawczego z zamontowanymi podzespołami 1 – wyświetlacz LCD, 2 – Arduino Uno z mikrokontrolerem AVR ATmega328, 3 – trzy moduły z czujnikiem Halla, 4 – płytkę stykową, 5 – potencjometr, 6 – magnesy neodymowe, 7 – zasilacz impulsowy, 8 – wieczko obudowy z przewodnicami, 9 – zaciski pomiarowe

Z boku obudowy znajdują się dwa wywiercone otwory i wyprowadzone: złącze (USB A) Arduino (umożliwiające połączenie do komputera i realizację programowania), a także złącze służące do zasilania stanowiska (DC 5,5/2,1 mm). Widok zewnętrzny zaprojektowanego i zbudowanego stanowiska badawczego przedstawiono na rys. 4.3a.



Rys. 4.3. Widok zewnętrzny stanowiska badawczego (a) oraz przykładowa charakterystyka napięcia wyjściowego w zależności od położenia kątownego i biegunowości magnesu trwałego (b)

W pracy zostały wykorzystane czujniki Halla stosowane w przemyśle. Ich specyfiką jest występowanie określonej wartości progowej napięcia na wyjściu modułu czujnika Halla, gdy pole magnetyczne na czujnik nie oddziałuje. Po wprowadzeniu magnesu trwałego do układu wytwarzane przez czujnik Halla napięcie w zależności od ustawienia i biegunowości magnesu działa dodawczo na sygnał progowy (sygnał wyjściowy narasta) bądź różnicowo (sygnał wyjściowy zmniejsza się względem napięcia progowego). W rezultacie przy zmianach kąta położenia lub odległości i biegunowości magnesu względem czujnika Halla wartość sygnału zmienia się w zakresie 1,7–4,2 V (rys. 4.3b).

5. UWAGI KOŃCOWE I WNIOSKI

Wprowadzanie w procesach kształcenia (szczególnie w zakresie zagadnień technicznych) pomocy dydaktycznych w postaci właściwie dobranych i opracowanych, uaktywniających wyobraźnię i rozwijających umiejętności praktyczne stanowisk demonstracyjnych oraz badawczych jest nieodzownym działaniem w celu osiągnięcia efektywnego przekazywania wiedzy z zakresu budowy, funkcjonowania, interakcji z innymi podzespołami i otoczeniem nowoczesnych elementów, urządzeń i systemów stosowanych w przemyśle i w pojazdach. Dzięki nim można pokazywać oraz objaśniać różne aspekty i niuanse funkcjonowania analizowanych podzespołów w różnych charakterologicznie warunkach ich eksploatacji oraz diagnozowania poprawności ich pracy.

LITERATURA

- [1] Pacholski K., Elektryczne i elektroniczne wyposażenie pojazdów samochodowych, cz. 2, WKŁ, Warszawa, 2013.
- [2] Herner A., Riehl H., Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych, WKŁ, Warszawa, 2013.
- [3] Gołębiowski J., Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych, Ćwiczenia laboratoryjne, Politechnika Łódzka, Łódź, 2005.
- [4] Praca zbiorowa: Czujniki w pojazdach samochodowych. Informatory techniczne Bosch, WKiŁ, Warszawa, 2014.
- [5] Kasprzyk L., Pietracho R., Bednarek K., Analysis of the impact of electric vehicles on the power grid, EKO-DOK 2018, E3S Web of Conferences 44, 00065, 2018, pp. 1–8.
- [6] Kasprzyk L., Bednarek K., Dobór hybrydowego zasobnika energii do pojazdu elektrycznego, Przegląd Elektrotechniczny, No 12 (91), 2015, s. 129–132, nr DOI: 10.15199/48.2015.12.32.
- [7] Kasprzyk L., Bednarek K., Burzyński D., Symulacja pracy akumulatorów kwasowo-ołowiowych, Przegląd Elektrotechniczny, Nr 12 (92), 2016, s. 61–64, nr DOI: 10.15199/48.2016.12.16.
- [8] Bednarek K., Bałchanowski T., Aspekty dydaktyczne oraz techniczne projektu i budowy stanowiska do badań samochodowych układów zapłonowych, Poznan University of Technology Academic Journals, Electrical Engineering, nr 82, Poznań, 2015, s. 243–252.
- [9] Bednarek K., Bałchanowski T., Educational and technical aspects of the design and construction of the test bench for testing the automotive ignition systems, in: Computer Applications in Electrical Engineering, edited by R. Nawrowski, Publishing House of Poznan University of Technology, vol. 13, Poznan, 2015, pp. 197–208.

STANDS FOR TESTING AND PRESENTING THE FUNCTIONING OF ROTATIONAL SPEED, LINEAR AND ANGULAR POSITIONS SENSORS

The article presents original stations for testing and presenting the functioning of rotational speed as well as linear and angular positions sensors. The purpose of the development and implementation of these stands is their use in didactic activities as elements of laboratory exercises related to electrical and IT systems used in industry and vehicles. For these reasons, didactic and technical aspects of the information selection and organization in educational processes were considered. The aim was to develop a stands that allow to obtain practical skills and understand the theoretical aspects. The work describes the construction of designed and realized research stands, the ways of their implementation and the possibilities of applications.

(Received: 14.02.2019, revised: 07.03.2019)