



Budowa modelu fizycznego czujnika kąta obrotu kierownicy będącego elementem systemu kontroli trakcji

A. Dobrzańska-Danikiewicz^a, D. Łukowiec^b, T. Piotrowicz^c

^a Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania

email: anna.dobrzanska-danikiewicz@polsl.pl

^b Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytutu Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych

email: dariusz.lukowiec@polsl.pl

^c Student Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny

email: tomek_190@op.pl

Streszczenie: Niniejsza praca skupia się nad opisem zasady działania potencjometrycznego czujnika kąta obrotu kierownicy oraz budową jego modelu fizycznego. W kolejnych punktach opisano stanowisko pomiarowe oraz sposób pomiaru kąta obrotu kierownicy.

Abstract: This paper focuses on description of the principles of potentiometric steering angle sensor and construction of their physical mode. The following sections were described the meter circuit and procedure of measuring the angle of rotation of the steering wheel.

Słowa kluczowe: czujnik kąta obrotu kierownicy, potencjometr, ESP

1. WPROWADZENIE

Bezpieczeństwo ruchu pojazdów mechanicznych to problem z jakim spotykamy się w dzisiejszych czasach. Każda osoba biorąca udział w ruchu drogowym podejmuje ryzyko uczestniczenia w wypadkach drogowych, dlatego trzeba zdawać sobie sprawę z zagrożeń jakie mogą powodować środki transportu. Wzrost liczby wypadków powoduje szukanie skutecznych metod zapobiegania lub zmniejszenia skutków wystąpienia kolizji [1].

Układami samochodu wpływającymi na bezpieczeństwo czynne są: koła z oponami, zawieszenie pojazdu oraz układy hamulcowe (ABS, ASR, MSR) i kierownicze (ESP). Układy te stabilizują ruch pojazdu w sytuacjach krytycznych [2]. Elektroniczny układ stabilizacji toru jazdy samochodu (ESP) jest najbardziej zaawansowanym technologicznie układem bezpieczeństwa. System ESP automatycznie decyduje, który z układów przeciwoślizgowych ma zostać włączony w danej chwili na podstawie informacji ze współpracujących układów i czujników [3].

Głównym celem artykułu jest przedstawienie zasady działania potencjometrycznego czujnika kąta obrotu kierownicy będącego elementem systemu ESP oraz wykonanie jego modelu fizycznego.

2. OPIS I ZASADA DZIAŁANIA POTENCJOMETRYCZNEGO CZUJNIKA KĄTA OBROTU KIEROWNICY

Czujnik kąta obrotu kierownicy umożliwia wyznaczenie położenia koła sterowego samochodu. Pomiar położenia odbywa się poprzez złącze ślizgowe potencjometru [3]. Dzięki czujnikom kąta obrotu kierownicy system ESP monitoruje kąt skrętu kierownicy. Dodatkowo na podstawie aktualnej prędkości obrotowej kół zadanej przez kierowcę oblicza maksymalne przyspieszenie poprzeczne oraz maksymalną prędkość obrotową samochodu wokół osi pionowej. W tym samym czasie system przetwarza rzeczywiste dane z czujnika prędkości obrotowej samochodu wokół własnej osi oraz z czujnika przyspieszeń poprzecznych. W przypadku, gdy wartości rzeczywiste są większe od wartości teoretycznych uzyskanych z obliczeń, uzyskaną różnicę system ESP traktuje jako poślizg osi przedniej lub tylnej na zewnątrz zakrętu. Układ natychmiast uruchamia środki mające na celu skorygowanie poślizgu, czyli wytworzenie momentu przeciwdziałającego momentowi poślizgu.

Potencjometry w mechatronice samochodowej wykorzystywane są jako czujniki położenia liniowego lub kąтового o maksymalnym kącie obrotu 270° (rys. 1). Zaletą czujników wykorzystujących potencjometryczną zasadę pomiaru jest: prosta konstrukcja, dobra odporność na zakłócenia, duża dokładność oraz szeroki zakres pomiarowy. W potencjometrze ślizgowym do celów pomiarowych wykorzystuje się zależność (1) pomiędzy długością rezystora a wartością jego rezystancji [4]:

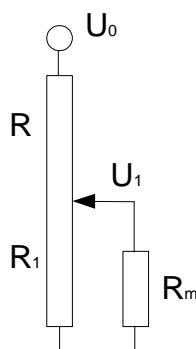
$$R_1 = \rho \frac{l}{S} \quad (1)$$

gdzie:

ρ – rezystywność, Ωm ,

l – długość ścieżki potencjometru do miejsca położenia ślizgacza, m,

S – przekrój ścieżki, m^2 .



Rysunek 1. Schemat elektryczny potencjometru: U_0 – napięcie zasilania, R – całkowita rezystancja ścieżki przewodzącej, R_1 – rezystancja ścieżki przewodzącej do miejsca położenia ślizgacza, R_m – rezystancja wewnętrzna ślizgacza i przyrządu pomiarowego, U_1 – sygnał pomiarowy [4]

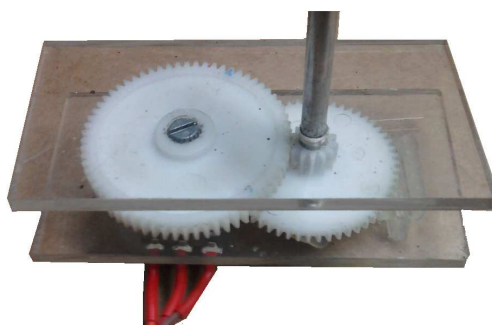
Figure 1. Electrical diagram potentiometer: U_0 – voltage, R – the total resistance of the conductive path R_1 – resistance of the conductive path to the location of the shoe, R_m – internal resistance of the shoe and the gauge, U_1 – measuring signal [4]

3. OPIS STANOWISKA POMIAROWEGO

Układ do pomiaru kąta obrotu kierownicy składa się z następujących elementów: potencjometru, przekładni zębatej, układu elektronicznego, wyświetlacza oraz przycisków.

Do pomiaru kąta obrotu kierownicy został wykorzystany potencjometr obrotowy 10 k Ω który działa jak dzielnik napięcia. Przy pomocy pokrętki można zmienić położenie ślizgacza na płytce oporowej, zmieniając w ten sposób rezystancję potencjometru.

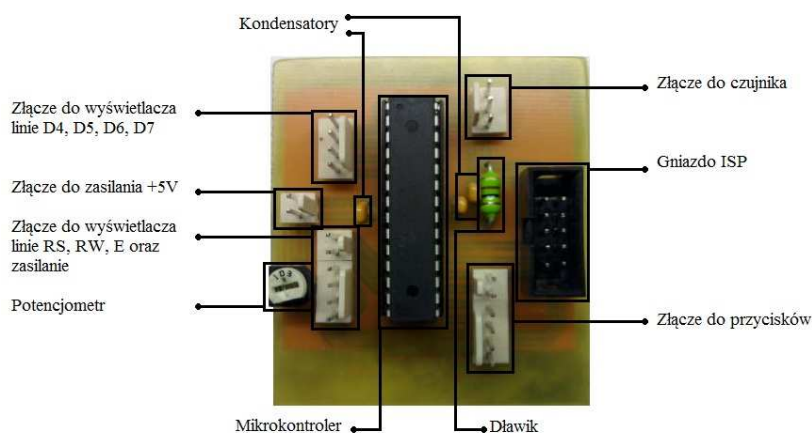
Do połączenia wałka kierownicy z potencjometrem została zastosowana przekładnia zębata jednostopniowa o walcowym kształcie zębów. Koło bierne składa się z 65 zębów i jest nasadzone na potencjometr w wyniku połączenia wciskowego. Koło czynne posiada 13 zębów i jest nasadzone na wałek kierownicy stosując połączenie wciskowe zabezpieczone klejem. Na rysunku 2 przedstawiono zdjęcie wykonanej przekładni zębatej.



Rysunek 2. Przekładnia zębata

Figure 2. Gear train

Układ elektroniczny odpowiada za wykonywanie wszystkich obliczeń oraz odczyt danych z czujnika. Zbudowany jest z elementów biernych takich jak kondensator, potencjometr, dławik oraz z elementów czynnych tj. mikrokontrolera. Schemat układu elektronicznego oraz wzór płytki został zaprojektowany w programie Eagle [5]. Program umożliwia wykonanie płytki w ograniczonych rozmiarach w wersji darmowej. Na rysunku 3 przedstawiono zdjęcie wykonanego układu elektronicznego.

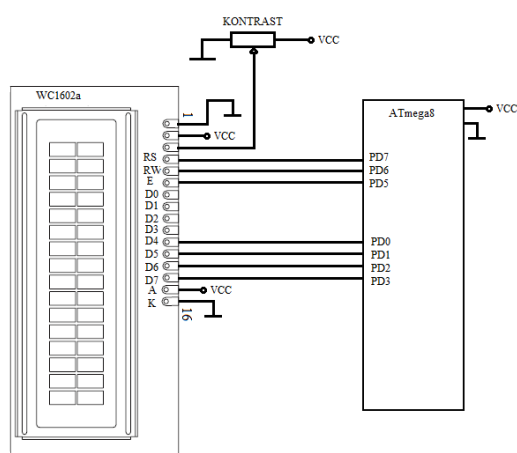


Rysunek 3. Układ elektroniczny czujnika kąta obrotu kierownicy

Figure 3. The electronic system of steering angle sensor

W układzie elektronicznym czujnika kąta obrotu został zastosowany mikrokontroler ATmega8L charakteryzujący się jednym niepełnym oraz dwoma pełnymi 8-bitowymi portami cyfrowymi wejścia/wyjścia. Cały układ zasilany jest napięciem +5 V, które doprowadzone jest z zasilacza sieciowego. Wartości z czujnika odczytywane są w postaci cyfrowej, dzięki zastosowaniu w układzie 10-bitowego przetwornika analogowo-cyfrowego ADC z sukcesywną aproksymacją. Przetwornik stanowi element składowy mikrokontrolera. W układzie znajduje się również gniazdo ISP (ang. *In System Programming*) umożliwiające bezpośrednie szeregowe programowanie. Wsad do mikrokontrolera został wgrany przy pomocy programu AVRDUDE [6].

Wyniki pomiaru przedstawiane są na wyświetlaczu alfanumerycznym WC1602a zgodnym ze standardem sterownika HD44780. Wyświetlacz połączony jest z mikrokontrolerem za pomocą trzech linii sterujących: RS, RW oraz E a także czterech linii danych D4-D7 (rys. 4).



Rysunek 4. Schemat podłączenia wyświetlacza do mikrokontrolera
Figure 4. Wiring diagram of the display to the microcontroller

Do zmian prędkości oraz interfejsu użytkownika zastosowano cztery monostabilne przyciski Tact switch. Pierwsze dwa przyciski służą do ustawienia prędkości samochodu, kolejne dwa do zmiany ekranu. Możliwe jest uzyskanie 3 pozycji na wyświetlaczu:

- wyświetlenie kąta obrotu kierownicy oraz prędkości samochodu,
- wyświetlenie prędkości kątowej samochodu,
- wyświetlenie wszystkich wyników.

4. POMIAR KĄTA OBROTU ORAZ PRĘDKOŚCI KĄTOWEJ SAMOCHODU

Dane techniczne niezbędne do wykonania obliczeń zostały pobrane z samochodu Skoda Fabia 1. Kąt obrotu δ oraz rozstaw osi l_{12} wynosiły odpowiednio:

- $\delta = 1080^\circ$,
- $l_{12} = 2462$ mm.

Pomiar kąta obrotu kierownicy odbywa się przy pomocy przetwornika analogowo-cyfrowego w trybie 10-bitowym. Oznacza to, że wartości napięcia z potencjometru będą przetwarzane do postaci cyfrowej zawierającej się w przedziale od 0 do 1023. Liczby są odpowiednio proporcjonalne do wartości napięć. Kąt 0° musi znajdować się w środkowym położeniu pokrętki. W tej pozycji odczyt wynosi 512. Uzyskanej wartości nie można zmienić

w sposób mechaniczny lub elektryczny. W związku, z powyższym zastosowano rozwiązanie programowe (2).

$$\text{kąt} = 512 - \text{ADCW} \quad (2)$$

gdzie, ADCW jest rejestrem w którym umieszczone są wyniki każdego pomiaru (0-1023). Przy środkowym położeniu pokrętki występuje wartość 512 więc po odjęciu tej samej wartości zmiennej kąt przyjmie wartość 0. Następnie w instrukcji warunkowej „if” sprawdzane jest czy kąt jest ujemny. W przypadku potwierdzenia wartości ujemnej kąta całość mnożona jest przez -1. Kolejno obliczany jest kąt właściwy (w) według zależności (3):

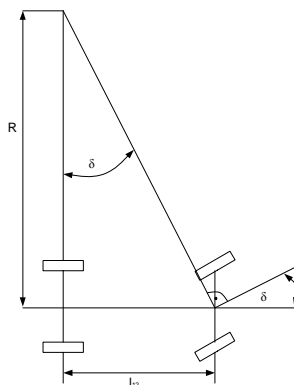
$$w = [(\text{kąt} * 0,35) * 3] + [\{ (\text{kąt} * 0,35) * 3 \} * 0,2] \quad (3)$$

W pierwszej kolejności założony kąt przeliczany jest na kąt obrotu potencjometru ($\text{kąt} * 0,35 = 180^\circ$). Następnie uzyskana wartość mnożona jest przez 3 i dodawana do tej samej wartości (180°) pomnożonej przez przełożenie przekładni zębatej 0.2. Kończym wynikiem obliczenia jest kąt obrotu kierownicy czyli kąt 540° .

Dodatkowo została obliczona prędkość kątowa samochodu ψ , która jest stosunkiem prędkości postępowej v do promienia R (4) [1].

$$\psi = \frac{v \delta}{l_{12}} \left[\frac{\frac{m}{s} \text{ rad}}{m} = \frac{\text{rad}}{s} \right] \quad (4)$$

Wartość prędkości kątowej z czujnika porównywana jest z wartością obliczoną przez system. W przypadku różnicy w wartościach zostaje podejmowany proces regulacji przez system ESP w celu uniknięcia podsterowności lub nadsterowności pojazdu. Na rysunku 5 przedstawiono zależność kąta od promienia zakrętu.



Rysunek 5. Kąt skrętu kół [1]

Figure 5. Steering angle [1]

Prędkość samochodu zadawana jest w km/h. W celu przeliczenia zadanej prędkości na m/s posłużono się równaniem (5):

$$\text{predkosc} = \frac{i * 10,0}{36} \quad (5)$$

gdzie:

i – prędkość w km/h.

Kąt obrotu kierownicy wyświetlany jest w stopniach. Do celów obliczeniowych wymagane są wartości kąta ujęte w radianach. Zamiana stopni na radiany została obliczona z wykorzystaniem równania (6):

$$rad = \frac{3,14 * w}{180} \quad (6)$$

gdzie:

w – kąt obrotu kierownicy w stopniach.

Na rysunku 6 przedstawiono wykonany model fizyczny czujnika kąta obrotu kierownicy.



Rysunek 6. Wykonany układ czujnika kąta obrotu kierownicy

Figure 6. Made steering angle sensor system

5. PODSUMOWANIE

Na podstawie skonstruowanego modelu fizycznego czujnika kąta obrotu kierownicy można stwierdzić, iż uzyskiwany wynik pomiaru kąta obrotu kierownicy przy użyciu sygnału cyfrowego jest dokładniejszy niż w przypadku sygnału analogowego. Otrzymany sygnał cyfrowy można dowolnie obrabiać za pomocą zastosowanego sterownika oraz źródłowego kodu programu. Do zmniejszenia liczby obrotów potencjometru została zastosowana jedno-stopniowa przekładnia zębata o walcowym kształcie zębów. Rezystancja potencjometru może ulegać zmianie w wyniku zmian temperatury.

LITERATURA

1. A. Reński, Bezpieczeństwo czynne samochodu. Zawieszenia oraz układy hamulcowe i kierownicze, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2011.
2. Informator techniczny Bosh. Konwencjonalne i elektroniczne układy hamulcowe, WKŁ, Warszawa, 2006.
3. Informator techniczny Bosh. Układ stabilizacji toru jazdy ESP, WKŁ, Warszawa, 2000.
4. A. Gajek, Z. Juda, Mechatronika samochodowa. Czujniki, WKŁ, Warszawa, 2009.
5. strona internetowa: <http://www.eagle-pcb.pl/>
6. strona internetowa: <http://www.nongnu.org/avrdude/>