



**PROGRAM
REGIONALNY**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



*Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Opolskiego na lata 2007 – 2013
"Inwestujemy w Twoją przyszłość"*

Technologia wyznaczania charakterystyk układów napędowych w oparciu o dwufazowy test drogowy w celu rozwoju i modyfikacji urządzenia PAAF (we współpracy z APE)

OPOLE 2014

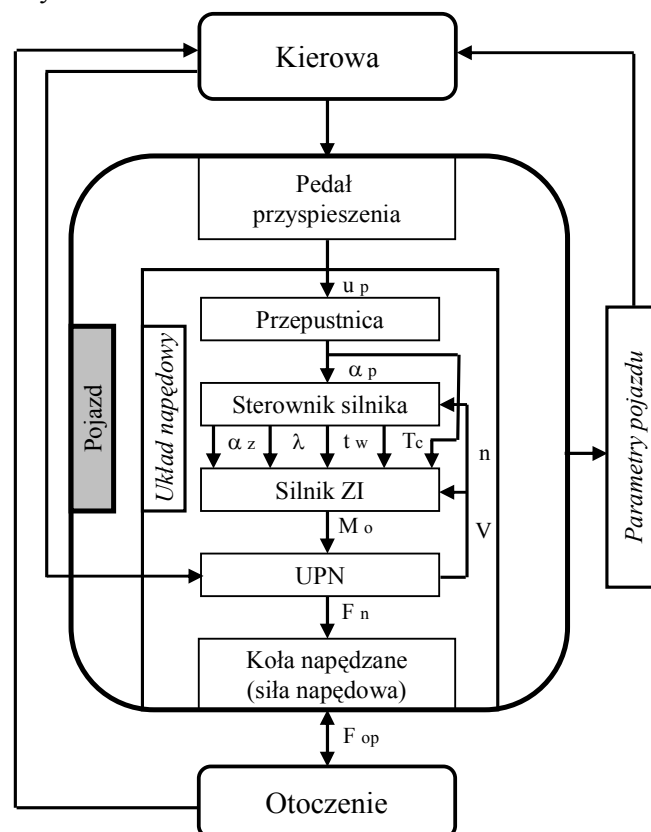
1. Wprowadzenie

Określenie chwilowych wartości parametrów trakcyjnych układu napędowego, w tym przyspieszenia wzdłużnego, siły i mocy w układzie napędowym, w rzeczywistych warunkach ruchu wymaga przeprowadzenia stosownej próby drogowej, opisanej w monografii dołączonej do raportu [11]. Zachowanie odpowiedniej dynamiki ruchu samochodu na drodze, wymaga od układu napędowego rozwijanie odpowiednio wysokiej:

- zdolności przyspieszania,
- maksymalnej prędkości jazdy,
- zdolności pokonywania wzniesień.

Wymienione powyżej własności trakcyjne samochodu wyraża się najczęściej ich najwyższymi wartościami i określa się je na podstawie badań drogowych. Przy czym pierwsze dwie wyznacza się na drodze poziomej przy braku wiatru oraz przy ustawieniu urządzeń sterujących mocą układu napędowego na pełną moc. W każdych warunkach droga powinna mieć nawierzchnię jezdni równą i suchą, zapewniającą wysoką przyczepność kół przy jednocześnie małej wartości współczynnika oporu toczenia.

Wobec tego, bezpośrednio o własnościach trakcyjnych decyduje dobór parametrów układu napędowego, a więc zależą one od parametrów silnika spalinowego, użytego w roli jednostki napędowej i doboru parametrów układu przeniesienia napędu (przełożenia). Samochód osobowy jest złożonym obiektem dynamicznym, którego własności trakcyjne zależą również od działania innych sił zewnętrznych powiązanych z kierowcą oraz otoczeniem, które wspólnie z układem napędowym samochodu tworzą tzw. system K-S-O (Kierowca-Samochód-Otoczenie) [3]. Schemat blokowy takiego systemu przedstawia rys. 1.1.



Rys. 1.1. Oddziaływanie w systemie kierowca (K) – samochód (S) – otoczenie (O)

Bezpośrednie oddziaływanie otoczenia na poruszający samochód w postaci sił zakłócających oraz oporów (toczenia, powietrza, wzniesienia i bezwładności) narzuca kierowcy konieczność dokonania wyboru punktu pracy jednostki napędowej oraz przełożenia układu przeniesienia napędu, w

szczegółności sprzęgła głównego oraz przekładni o zmiennym przełożeniu. Z kolei ruch samochodu wywołuje u kierowcy odczucie obciążenia, spowodowanego zmienną prędkością ruchu a tym samym zmiennym przyspieszaniem, które powiązane z masą wywołuje siłę bezwładności. Najważniejsze powiązania (przepływ sygnałów) w systemie przedstawiają strzałki, które pokazują wzajemne relacje pomiędzy elementami systemu, od których zależą podstawowe własności trakcyjne układu napędowego samochodu.

W nowoczesnych samochodach osobowych cały układ napędowy podlega nieustannej ewolucji, przejawiającej się lepszymi wskaźnikami jego pracy, które wynikają z konstrukcyjnego doskonalenia znanych rozwiązań. W tym kontekście coraz większa liczba samochodów jest wyposażona w drugą jednostkę napędową, którą stanowi np. silnik elektryczny w pojazdach hybrydowych. Tak rozbudowane jednostki napędowej, powiązane ze sobą w sposób funkcjonalny, umożliwiają znaczącą poprawę niektórych wskaźników jego pracy. Równolegle udoskonalane są układy przeniesienia napędu, których zadanie sprowadza się już nie tylko do jak najlepszego przetwarzania charakterystyki silnika ze względu na właściwości trakcyjne samochodu, ale również ze względu na wskaźniki emisji substancji szkodliwych w spalinach, zużycia paliwa czy komfortu i bezpieczeństwa jazdy [7, 8, 13].

Rozpoznanie własności trakcyjnych samochodu wymaga uwzględnienia specyfiki działania poszczególnych elementów systemu tj. otoczenia, jednostki napędowej oraz układu przeniesienia napędu. Stąd poniżej szczegółowo rozpatrzono te elementy.

2. Platforma pomiarowa PAAF II

Przedmiotem analizy w wykonanym projekcie są parametry trakcyjne i diagnostyczne pojazdu drogowego wyznaczone za pomiaru przyspieszenia wzdłużnego pojazdu w rzeczywistych warunkach drogowych. Z tego względu w ramach projektu podjęto prace zmierzające do budowy takiego urządzenia. Jednak realizacja tego zadania wymagała dokładnej analizy parametrów układu napędowego w rzeczywistych warunkach ruchu pojazdów o różnej konstrukcji, w szczególności dotyczy to: zastosowanej jednostki napędowej, konstrukcji układu przeniesienia napędu, masy pojazdu jak również przeznaczenia tzn. z jakiej klasy pojazdów on pochodził. Pojazdy te skrótowo przedstawiono w rozdziale 3. Stąd na potrzeby projektu wykonano autorski system pomiarowy przeznaczony do pomiaru chwilowych parametrów układu napędowego pochodzących z różnych źródeł. Wykorzystane narzędzia badawcze wchodzące w skład platformy pomiarowej PAAFII przedstawiono również w rozdziale 3. Umożliwia ona rejestrację parametrów kinematycznych układu napędowego pojazdu w dziedzinie czasu, z następujących systemów:

z pokładowego systemu diagnostycznego OBDII:

- prędkość obrotową silnika, obr/min;
- uchylenie przepustnicy, %;
- podciśnienie w kolektorze dolotowym, kPa;
- prędkość liniową, km/h;
- z karty pomiarowej NI 6212
- prędkość [km/h] oraz drogę [m] z głowicy optycznej Corrsys Datron L350,
- uchylenie przepustnicy, %,
- pedał przyspieszenia, %.

z układu pomiaru przyspieszenia z wielofunkcyjnego czujnika 3DM-GX3-25:

- kierunki magnetyczne osi X, Y, Z;
- przyspieszenie osi X, Y, Z, $m \cdot s^{-2}$;
- kąt obrotu osi pomiarowych, X, Y, Z, rad;

z pokładowej sieci transmisji danych opartego na magistrali CAN BUS m.in.:

- prędkość obrotową silnika, $obr \cdot min^{-1}$;
- uchylenie przepustnicy, %;
- podciśnienie w kolektorze dolotowym, kPa;
- przyspieszenie koła, $rad \cdot s^{-2}$;
- przebyta drogę koła, m;
- numer biegu;
- prędkość liniową, km/h;
- status pedału hamulca;

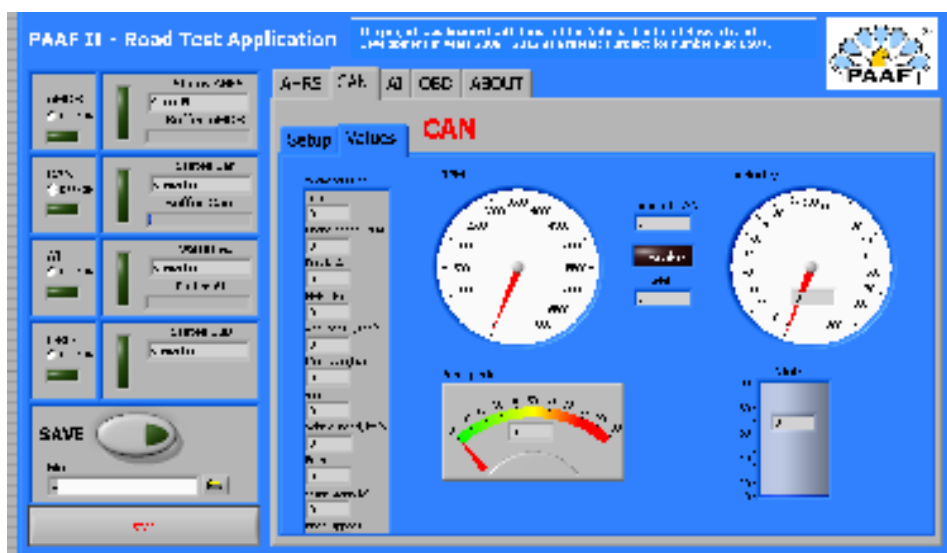
- zużyte paliwo, mg;

Dzięki elastycznemu systemowi pomiarowemu, aplikacja PAAF2 umożliwia swobodny wybór sposobu zapisu parametrów w zależności od użytego samochodu badawczego, jak również które źródło pomiarów ma być zapisywane. W badaniach drogowych wykonanych w zadaniu nr 1 użyto głównie tych pojazdów dla których istniała możliwość zapisywania danych pomiarowych ze wszystkich systemów jednocześnie.

Takie zestawienie platformy pomiarowej PAAFII jest unikalne i niedostępne w żadnej sieci sprzedaży w kraju i na świecie. Opracowana platforma pomiarowa stanowić może doskonały przedmiot sprzedaży dla ośrodków badawczych i uczelni zajmujących się badaniami drogowymi pojazdów. Odczyt parametrów z poszczególnych systemów był zależny od konstrukcji pojazdu i tak:

- układ OBDII, po podłączeniu był możliwy niezależnie od badanego testowego, pod warunkiem że posiadał on układ diagnostyki pokładowej OBDII. W tym systemie rejestrowano cztery parametry z uwagi na wydłużający się czas transmisji pomiędzy kolejnymi pomiarami,
- magistrala CAN BUS, rejestracja z sieci pokładowej transmisji danych mogła nastąpić dopiero po skonfigurowaniu układu pomiarowego do danego typu samochodu,
- układ AHR, wielozadaniowy i wielofunkcyjny czujnik pomiaru 3DM-GX3-25 pozwalający na pomiar niezależnie od konstrukcji pojazdu,
- układ z użyciem karty NI 6212, pozwalający na określenie drogi i prędkości pojazdu niezależnie od konstrukcji pojazdu.

Główne okno aplikacji, umożliwiające obsługę programu, przedstawiono na rysunku 2.1.



Rys.2.1. Główne okno sterujące programu PAAF2 - Front Panel.

Największe możliwości w zakresie swobody wyboru parametru i liczby rejestrowanych parametrów, przedstawiał tor pomiarowy oparty na rejestracji informacji przepływających między sterownikami pokładowej sieci transmisji danych CAN BUS.

Na podstawie doświadczeń oraz zebranych danych pomiarowych w testach drogowych opracowani przede wszystkim:

- założenia finalne do budowy uniwersalnego urządzenia pomiarowego tj. prototypu PAAFII,
- testowanie różnych algorytmów pomiarowych w środowisku Matlab pozwalających na zmniejszenie niepewności pomiarowej oraz zwiększenie powtarzalności pomiaru w warunkach laboratoryjnych,
- testowanie algorytmów pomiarowych i diagnostycznych zapisanych w zadaniu nr 2, 3 i 4.

W tym celu platforma pomiarowa umożliwia pomiarowa na każdym torze pomiarowym pracowała z maksymalną częstotliwością zapisu. Najszybszym torem był AHRs i NI 6212 którego częstotliwość rejestracji danych wynosiła 1 kHz. Natomiast najwolniejszy był tor pomiarowy OBDII. Opracowany model dynamiczny układu pomiarowego w środowisku Matlab wykorzystującego dane o dynamice czujników, umożliwia wielokrotną analizę danych z wykorzystaniem różnych algorytmów i ich modyfikacji. Analiza ta zmierzała do kalibracji czujników,

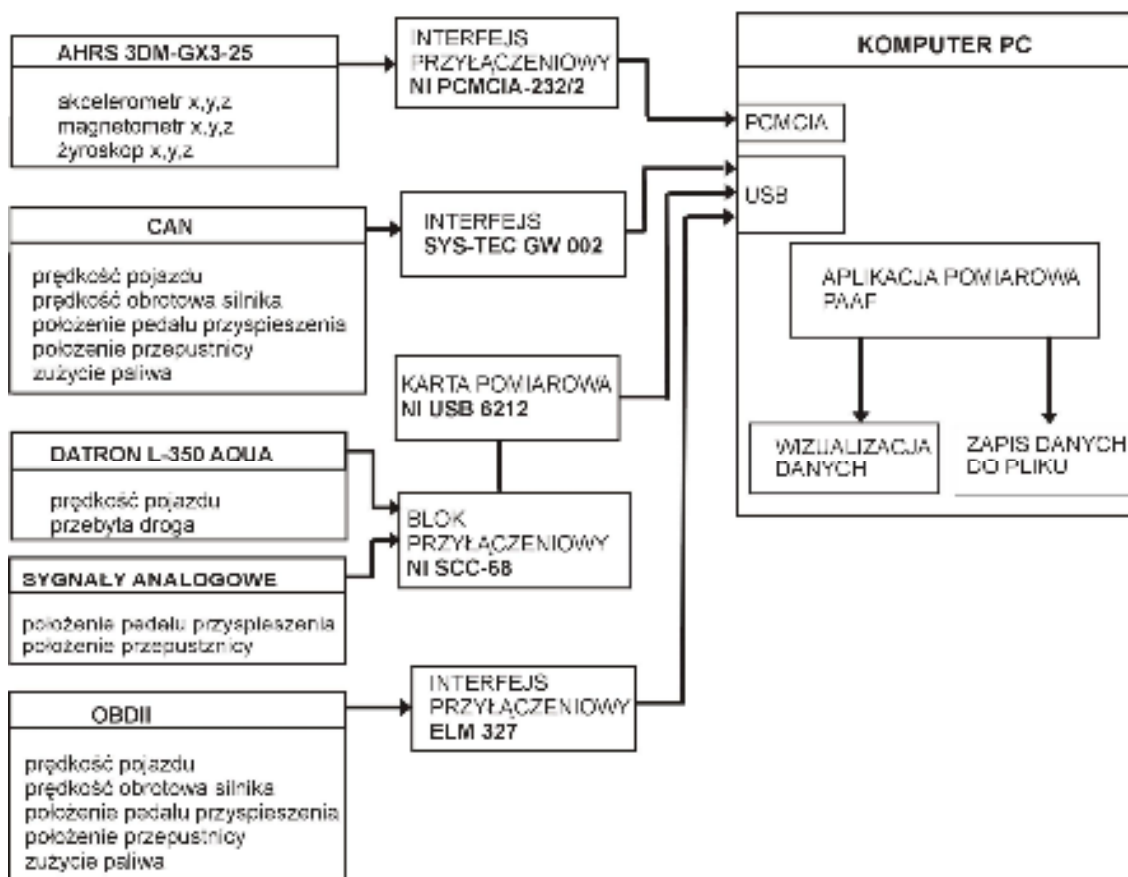
określenia szumów własnych sensorów oraz zakłóceń pochodzących od silnika, nierówności drogi oraz przechyłów wzdłużnych nadwozia samochodu w procesie rozpędzania.

Jednocześnie na danych pomiarowych testowano algorytmy diagnostyczne przewidziane do diagnostyki i estymacji parametrów układu napędowego. Modele testowane są pod kątem pracy w technologii real time. W szczególności nacisk położono na redukcję szumów pomiarowych, kompensacji zmiany kąta pochylenia wzdłużnego nadwozia. Do opracowania monitorów diagnostycznych z wykorzystaniem środowiska matlab na podstawie danych pomiarowych wykorzystano metodę residuów i filtr Kalmana. Jednocześnie prowadzona jest wieloetapowa analiza funkcjonalności oraz uniwersalności projektowanego urządzenia pod kątem ergonomii, kosztów produkcji, funkcjonalności.

Na podstawie analizy sygnałów opracowano kilka algorytmów estymacji parametrów charakteryzujących układ napędowy pojazdu oraz opracowano wstępne założenia autorskiego algorytmu diagnostycznego układu napędowego dla urządzenia PAAF II.

Struktura platformy pomiarowej

Układ do pomiaru parametrów trakcyjnych pojazdu PAAF (rys. 2.1) składa się z trzech głównych podzespołów: komputera PC z aplikacją pomiarową, interfejsów przyłączeniowych oraz czujników pomiarowych. Wykorzystano kilka źródeł zawierających informacje o parametrach układu napędowego pojazdu: magistrała CAN, OBDII, AHRS, NI6212 z maksymalną częstotliwością zapisu. Pozwoliło to na dokonanie korelacji między danymi, które zarejestrowano w celu określenia rozrzutu otrzymanych wyników oraz wyznaczenie parametrów za pomocą korelacji.



Rys.2.2. Schemat układu do pomiarów trakcyjnych pojazdu PAAF.

Poszczególne tory pomiarowe:

- dane z magistrali CAN samochodu odbierane są przez interfejs Sys-Tec, a następnie przesyłane wykorzystując port USB komputera do aplikacji pomiarowej. Pozwala to na podgląd danych w czasie rzeczywistym.

- dane z pokładowego systemu diagnostycznego OBDII aktualizowane są co 1 ms (wolniej niż CAN) i są przesyłane do aplikacji pomiarowej przez interfejs ELM327 podłączony do porty USB.

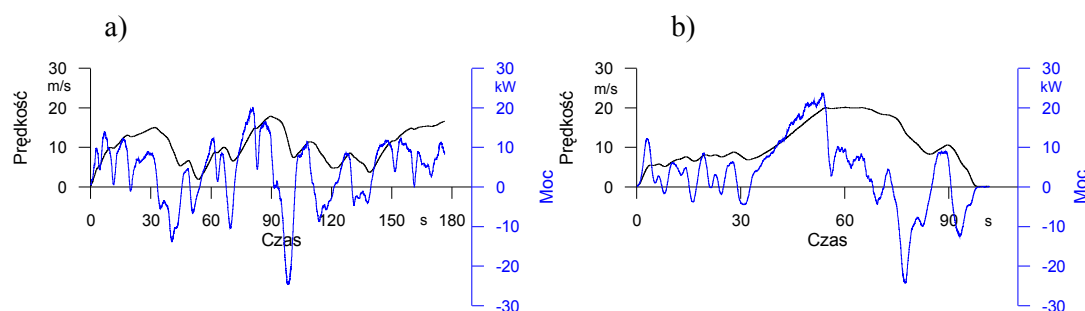
- dane z NI 6212 do określenia prędkości pojazdu (nadwozia) wykorzystano głowicę Datron L-350 Aqua, która wysyła sygnał analogowy. Głowicę podłączono do bloku przyłączeniowego NI SCC-68, który połączony jest z kartą pomiarową NI USB 6212. Do wymienionego bloku podłączono również przewody sygnałowe z czujników pojazdu takie jak położenie przepustnicy, położenie pedału gazu, ale tylko dla tych pojazdów które stanowiły własność Katedry Pojazdów Drogowych i Rolniczych. Kartę podłączono do komputera wykorzystując port USB.

- dane z AHRS do określenia przyspieszenia, zmiany kąta pochylecia nadwozia czasie testu wykorzystano wielofunkcyjny czujnik 3DMX, który wysyła sygnał przez port szeregowy RS232 z częstotliwości 1 kHz. Do jego połączenia z komputerem PC wykorzystano kartę przyłączeniową PCMCIA- 232/2.

3. Zmienność prędkości liniowej samochodu

Określenie zdolności pojazdu do przyspieszania przy wykorzystaniu siły napędowej można uznać za wystarczająco dokładne w przypadku stałej prędkości samochodu. Wtedy jednostka napędowa samochodu pracuje w ustalonym punkcie pracy, a pominięcie poślizgu kół napędzanych i opisanych powyżej zjawisk, towarzyszące kontaktowi koła z nawierzchnią drogi przy stałej wartości sprawności układu przeniesienia napędu oraz promienia dynamicznego, skutkuje stosunkowo niewielkim błędem. Natomiast podczas przyspieszania, gdy układ napędowy jest w warunkach przejściowych (stan dynamiczny), a przyjęte wartości jako stałe są w rzeczywistości zmienne (dotyczy to współczynnika przyczepności, współczynnika oporu toczenia, zmiennego promienia dynamicznego), wyznaczanie chwilowej wartości przyspieszenia samochodu w rzeczywistych warunkach ruchu wymaga precyzyjnego pomiaru.

Sytuację dodatkowo komplikuje otoczenie, które wymusza ciągłe zmiany mocy doprowadzonej do kół. Zarejestrowaną prędkość oraz obliczoną moc w układzie napędowym w warunkach rzeczywistego ruchu drogowego przedstawiono na rysunku 3.1.



Rys. 3.1. Przykładowy czasowy przebieg prędkości jazdy i mocy układu napędowego w warunkach ruchu drogowego w województwie Opolskim: a) miejskiego b) pozamiejskiego

Różnica siły napędowej oraz siły oporów ruchu, jest określona mianem zapasu siły napędowej i decyduje o własnościach trakcyjnych samochodu w tym o zdolności jego przyspieszania, pokonywania wzniesienia i osiągania prędkości maksymalnej. Zważywszy, że siły oporów podstawowych są jednoznacznie determinowane parametrami konstrukcyjnymi samochodu i otoczenia, to jednak dla tych samych warunków otoczenia i konstrukcji nadwozia samochodu jego parametry trakcyjne zależą bezpośrednio od parametrów jednostki napędowej i układu przeniesienia napędu. Wpływ tych wielkości na zapas siły napędowej jest tematem wielu opracowań [8, 11, 12, 20].

Analizując równanie (3.1), w którym siła napędowa jest równoważona przez sumaryczne opory ruchu samochodu możemy dojść do wniosku, że bilans tych sił zależy głównie od składowej siły oporu bezwładności. Założenie to jest słuszne dla ustalonych warunków otoczenia tj. niezmiennego pochylenia drogi, braku siły uciążu oraz skrętu. W takiej sytuacji każdy niedobór lub nadwyżka siły napędowej na kołach jest równoważona właśnie przez siłę bezwładności, która w tym wzorze jest w gruncie rzeczy siłą pozorną. Jest ona związana z układem odniesienia, którym w tym przypadku jest droga. Siła bezwładności występuje tylko wówczas, gdy układ odniesienia będzie poruszał się z pewnym, co dzieje się w istocie i jest związane z działaniem siły Coriolisa, przyspieszeniem względem środka obrotu ziemi. W tym przypadku założono, że jest ona równa zero i układ odniesienia jest niezmienny względem środka ziemi.

$$\frac{dv}{dt} = \frac{(F_n - F_t - F_p \pm F_w)}{m \cdot \delta} \quad (3.1)$$

Z tej zależności wynika już wprost, że chwilowe przyspieszenie samochodu (w czasie przyspieszania w jeździe na wprost po nie niezmiennie pochyłej nawierzchni drogi) zależy od jego masy i chwilowej różnicy siły napędowej pomniejszonej o sumaryczne chwilowe opory ruchu, którą nazywamy zapasem siły napędowej. Od znaku tej różnicy zależy uzyskana wartość przyspieszenia. Zależnie od uzyskanego znaku, możemy mieć do czynienia z ruchem:

a) przyspieszonym (nadwyżka siły napędowej)

$$F_n - F_t - F_p \pm F_w > 0 \text{ to } \frac{dv}{dt} > 0 \quad (3.2)$$

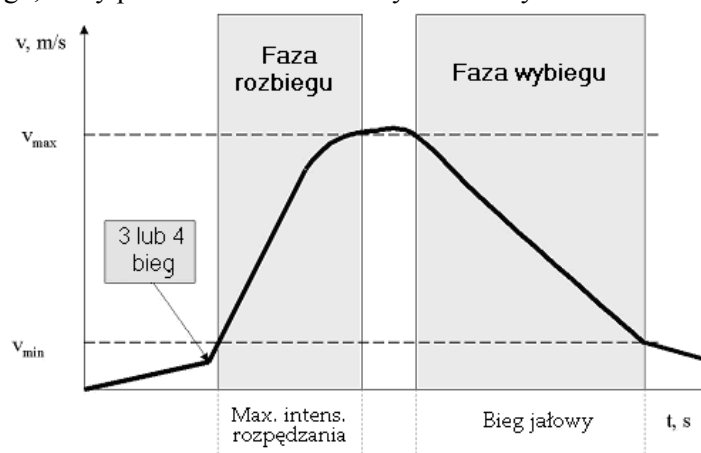
b) opóźnionym (niedobór siły napędowej)

$$F_n - F_t - F_p \pm F_w < 0 \text{ to } \frac{dv}{dt} < 0 \quad (3.3)$$

c) jednostajny (stan równowagi)

$$F_n - F_t - F_p \pm F_w = 0 \text{ to } \frac{dv}{dt} = 0 \quad (3.4)$$

Jak wynika z bilansu sił działających na pojazd w procesie przyspieszania, siły napędowej przeciwstawiają się siły oporów ruchu – między innymi oporów toczenia, aerodynamicznych i bezwładności. Określenie chwilowych wartości siły napędowej i mocy układu napędowego wymaga wyznaczenia wartości oporów podstawowych, czyli toczenia F_t , aerodynamicznego F_p , wzniesienia F_w , lub ich sumarycznej wartości. Można tego dokonać doświadczalnie, wykonując odpowiednie procedury, przy czym należy mieć na uwadze fakt, że korzystne jest wykonanie wszystkich procedur w trakcie jednego testu drogowego, którego przebieg jest zbliżony do typowych manewrów kierowcy w rzeczywistych warunkach ruchu. Na podstawie powyższych rozważań przyjęto następujący przebieg testu drogowego, który przedstawiono schematycznie na rysunku 3.2.



Rys. 3.2. Profil prędkości przyjęty w teście drogowym dla urządzenia PAAF [11]

W pierwszej fazie testu, na drodze o zerowym lub znanym współczynniku nachylenia, kierujący samochodem powinien przyspieszać z maksymalną intensywnością. W tej fazie mierzone jest chwilowe przyspieszenie wzdłużne samochodu, którego wartość zależy od chwilowej wartości nadwyżki siły napędowej określanej mianem zapasu siły napędowej. Zapas siły napędowej zależy w głównej mierze od charakterystyki silnika, a ponadto w mniejszym stopniu, od zastosowanego układu napędowego i sił oporów.

Druga faza testu następuje po osiągnięciu założonej prędkości maksymalnej. W tej fazie realizowany jest proces wybiegu samochodu. Przyjmuje się, że nie działa siła napędowa, a zmierzone chwilowe przyspieszenie ma wartość ujemną i zależy tylko od sumarycznych oporów ruchu samochodu oraz jego bezwładności. Zatem znając masę samochodu podczas testu drogowego, jedyną niewiadomą są sumaryczne opory ruchu samochodu, które są wyznaczone w drugiej fazie testu.

Opisana powyżej procedura nie uwzględnia oddziaływania bezwładnościowego mas wirujących związanych z układem napędowym, takich jak koła jezdne, koła zębate wały i tarcze. Te wirujące elementy działają jako tzw. „magazyny energii”, które gromadzą energię podczas rozpędzania, natomiast oddają ją podczas wybiegu. W przypadku większych mas wirujących efekcie zarówno intensywność przyspieszania, jak i opóźnienia samochodu jest mniejsza, co wynika z powyższych rozważań. Ponadto nie zostały uwzględnione straty siły napędowej w układzie przeniesienia napędu. Te oddziaływania mają bezpośredni wpływ na wyznaczone wartości układu napędowego i zostały omówione szerzej w monografii dołączonej do raportu [4].

W fazie rozpędzania mamy do czynienia z nadwyżką siły napędowej nad siłami oporu a w fazie wybiegu przy rozłączonym układzie napędowym, mamy do czynienia wyłącznie z jego oporami ruchu.

Bilans sił wzdłużnych samochodu, przy założeniu, że droga jest pozioma, można zapisać

$$F_n - \sum F_{op} - F_b = 0, \quad (3.5)$$

gdzie:

F_b – siła bezwładności,
 F_n – siła napędowa,
 F_{op} – siły oporów,

a chwilowe przyspieszenie wzdłużne samochodu:

$$a_r = \left(\frac{dv}{dt} \right)_r = \frac{F_n - \sum F_{op}}{m + \frac{1}{r_d^2} \cdot \left(\sum_{i=1}^n I_k + i_c^2 \cdot I_{UN} \right)} \quad (3.6)$$

gdzie:

a_r – chwilowe przyspieszenie wzdłużne,
 F_n – siła napędowa,
 F_{op} – siły oporów,
 m – masa pojazdu,
 r_d – promień dynamiczny koła,
 I_k – moment bezwładności koła,
 i_c – przełożenie całkowite,
 I_{UN} – moment bezwładności układu napędowego,
 v – prędkość liniowa samochodu,
 t – czas.

Z równania (3.6) wynika, że pomiar przyspieszenia wzdłużnego samochodu może stanowić podstawę do szacowania wartości siły bezwładności, oceny warunków ruchu (oporu), względnie masy samochodu. Podczas wybiegu na drodze poziomej opory ruchu są pokonywane wyłącznie kosztem akumulowanej siły bezwładności. Bilans sił wzdłużnych samochodu dla wybiegu można zapisać:

$$F_b - \sum F_{op} = 0, \quad (3.7)$$

stąd chwilowe opóźnienie wzdłużne samochodu można zapisać:

$$a_w = \left(\frac{dv}{dt} \right)_w = \frac{\sum F_{op}}{m + \frac{1}{r_d^2} \cdot \left(\sum_{i=1}^n I_k + i_c^2 \cdot I_{UN} \right)} \quad (3.8)$$

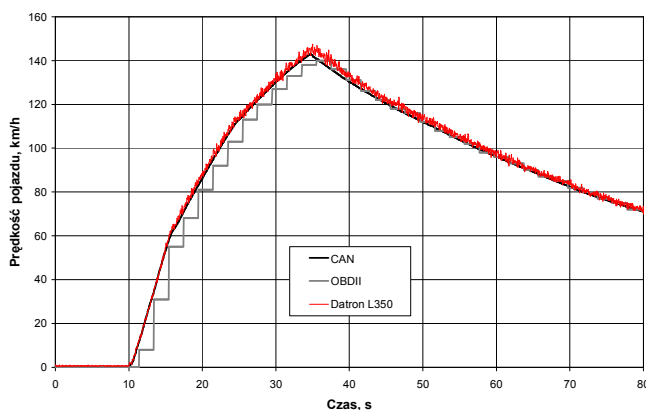
gdzie: a_w – chwilowe opóźnienie wzdłużne.

Tak więc wykonanie testu drogowego w określonych warunkach ruchu pozwala na wyznaczenie parametrów układu napędowego.

Na tej podstawie, przy założeniu biernego wpływu kierowcy na proces generowania siły napędowej, można stwierdzić, że **podstawową wielkością decydującą o chwilowych parametrach układu napędowego dla pojazdu o znanej o znanej masie i konstrukcji układu napędowego jest chwilowe przyspieszenie**. Zatem dokładne rozpoznanie dynamiki samochodu, przez analizę jego chwilowego przyspieszenia jest zagadnieniem pierwszoplanowym.

Są różne metody pomiaru chwilowego przyspieszenia samochodu w warunkach drogowych podczas przyspieszania, które można podzielić na dwa odmienne sposoby [12, 11, 13] tj.:

miar pośredni – w celu wyznaczenia przyspieszenia tą metodą należy wykonać dwa kroki. W pierwszym kroku należy dokonać pomiaru wartości fizycznej tj. prędkości liniowej, prędkości kątowej koła czy przebytej drogi. Następnie w kroku drugim w oparciu o operacje matematyczne wyznaczyć przyspieszenie wzdłużne samochodu. Wadą tej metody jest znaczny udział składowej losowej w sygnale przyspieszenia nie zależnie od przyjętego sposobu pomiaru. Ponadto zmierzony sygnał musi zostać poddany obróbce matematycznej, najczęściej jednokrotnemu lub dwukrotnemu różniczkowaniu numerycznemu. Natomiast zaletą tego sposobu pomiaru jest prostoty oraz łatwy dostęp do sygnałów prędkości liniowej samochodu a szczególnie w przypadku korzystania z czujników umieszczonych w układzie napędowym, podłączonych do pokładowej sieci transmisyjnej. Pomiar tą metodą jest wiarygodny, jeśli nie występuje poślizg kół względem podłoża. Poniżej przedstawiono (rys. 3.3) przykładowy przebieg procesu rozpędzania i wybiegu metodą pośrednią dla testowanego samochodu osobowego Citroen C5, w którym zarejestrowano prędkość liniową trzema metodami tj. z pokładowego systemu diagnostycznego OBDII, z pokładowej sieci transmisji danych (magistrala CAN BUS).



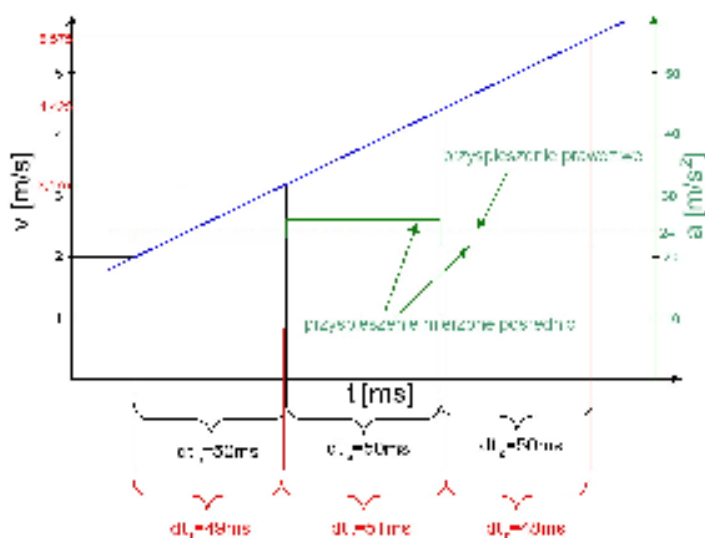
Rys. 3.3. Przykładowy przebieg procesu rozpędzania i wybiegu od prędkości początkowej $V_p=0$ km/h dla samochodu osobowego Citroen C5 charakterystyka zmiany prędkości liniowej samochodu w funkcji czasu.

Przyspieszenie liniowe wzdłużne samochodu oblicza się z zależności zmiany prędkości w czasie (3.9) tj. przyspieszenie „a” oblicza się ze zmiany prędkości „dv” w czasie „dt”, a wektor działania przyspieszenia odpowiada kierunkowi osi wzdłużnej samochodu „x”. Przyspieszenie to

pierwsza pochodna prędkości według czasu. Jeżeli pojazd przyspiesza od prędkości v_1 do prędkości v_2 w czasie t_1 do t_2 , to średnia wartość przyspieszenia tego pojazdu wynosi:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}, \quad (3.9)$$

W stosunku do pomiaru bezpośredniego ta metoda zawiera dwie wady. Z jednej strony sygnał musi być dodatkowo obrabiany a z drugiej strony różniczkowany sygnał staje się bardzo niedokładny, jeżeli częstotliwość poboru próbek prędkości jest przyjmowana za stałą, czyli $\Delta t = \text{const}$. W rzeczywistości czas pomiędzy próbkami różni się w bardzo małym stopniu. To prowadzi do powstawania szumów odbieranych wraz z sygnałem przyspieszenia, które stają się trudne do wyeliminowania. Problem ten zademonstrowano graficznie na rysunku 3.4. Dla obiektu, którego przyspieszenie ma wartość 24 m/s^2 prędkość mierzona jest z częstotliwością próbkowania 20 Hz . Czas próbkowania nie jest stały i odchyła się od oczekiwanej wartości 50 ms o jedną milisekundę. Przeliczenie wartości przyspieszenia z prędkości liniowej zakłada, że częstotliwość próbkowania wynosi dokładnie $\Delta t = 50 \text{ ms}$, a więc oblicza dla tych trzech przedstawionych kroków przyspieszenie z $dv(t)/dt = 23,5; 25; 23 \text{ m/s}^2$.

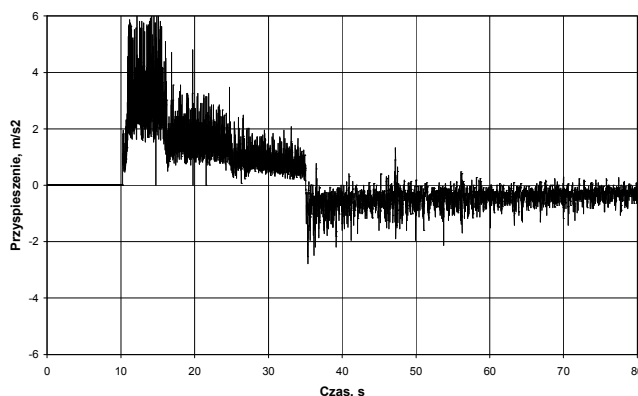


Rys. 3.4. Obliczenie przyspieszenia metodą pośrednią.

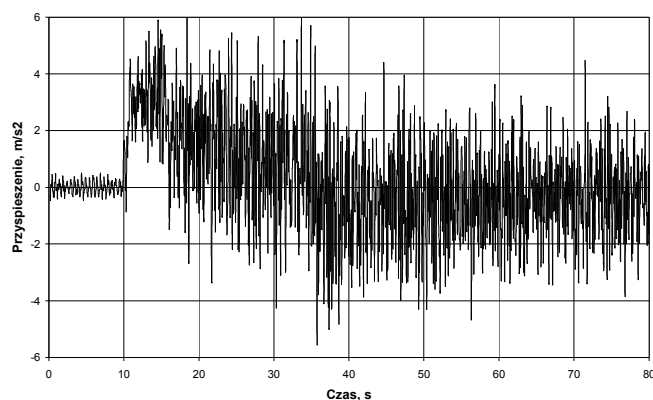
Obliczając przyspieszenie metodą pośrednią dla testowanego samochodu z trzech czujników pomiarowych wymaga przeanalizowania przebiegu sygnału prędkości liniowej. Różnice między wskazaniem wartości prędkości liniowej samochodu dla czujnika CAN i Datron L350 AQUA są niewielkie a sygnał jest ciągły. Można, zatem wnioskować o przydatności analizowanego profilu prędkości liniowej do określenia przyspieszenia samochodu metodą różniczkową. Natomiast metodę pomiaru prędkości opartą o system diagnostyki pokładowej OBDII uznano za nie przydatną, z powodu nie ciągłego (schodkowego) kształtu przebiegu profilu prędkości liniowej samochodu.

Obliczone przyspieszenie wzdłużne samochodu, w oparciu o wyniki pomiarów metodą drugą i trzecią, przedstawiono na rysunku 3.5.

a)



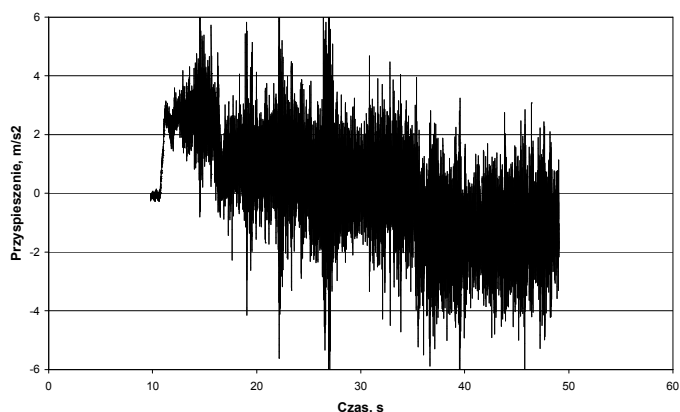
b)



3.5. Obliczony przebieg sygnału przyspieszenia wzdłużnego: a) z magistrali CAN, b) z czujnika optycznego

Obliczone przebiegi przyspieszenia wzdłużnego pomimo, że są liczone według tego samego algorytmu charakteryzują się znacznym szumem. Na tym przykładzie widoczna jest niedokładność zastosowanej metody, która może powstawać z pomiaru pośredniego, z tego powodu w niniejszej pracy koncentrowano się na bezpośrednim pomiarze przyspieszenia, używając w pomiarach doświadczalnych czujnika przyspieszenia. Ponadto szczegółowa analiza błędów pomiarowych oraz warunków wpływających na dokładność pomiaru została przeprowadzona w monografii stanowiącej załącznik do niniejszego raportu.

miar bezpośredni – nowoczesne technologie wykorzystywane we wszystkich dziedzinach motoryzacji, dają nowe możliwości w zakresie realizacji pomiaru przyspieszenia metodą bezpośrednią. Zaletą tej metody jest szybkość pomiaru jednak jest ona obciążona dużą niepewnością pomiarową, co zostanie szczegółowo omówione w dalszej części rozdziału. Do pomiaru przyspieszenia wykorzystuje się obecnie coraz częściej czujniki inercyjne przyspieszenia tzw. akcelerometry, wykonane w postaci układu scalonego, w tym przypadku wykorzystano sensor 3DMX MICROSTRAIN pozwalający dokonywać równocześnie pomiar w kilku wybranych kierunkach, który zakupiony na potrzeby badań drogowych oraz budowy prototypowego urządzenia PAAF II. Podczas bezpośredniego pomiaru przyspieszenia samochodu osobowego w teście drogowym na czujnik umieszczonym w nadwoziu działają oprócz przyspieszenia ziemskiego związanego z ruchem również inne czynniki zakłócające wynikające z pracy silnika, pochodzące z układu zawieszenia, z układu przeniesienia napędu, z reorientacji układu pomiarowego względem układu odniesienia. Zakłócenia te zostaną szczegółowo przeanalizowane w dalszej części pracy. Dla przedstawionego na rysunku 3.10 profilu prędkości wzdłużnej samochodu osobowego Citroen C5, zarejestrowano metodą bezpośrednią przyspieszenie wzdłużne (rys. 3.6).



3.6. Przebieg przyspieszenie wzdłużnego samochodu w kierunku osi głównej pomiarowej „X” zarejestrowany podczas rozpędzania

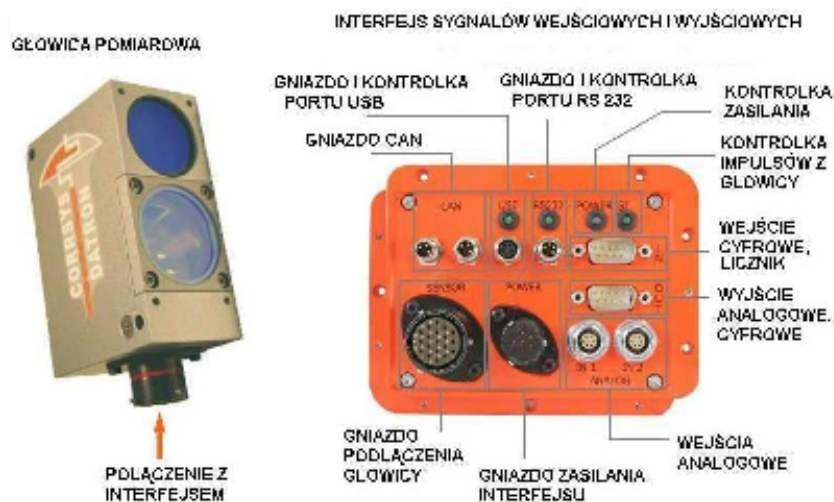
W celu wyeliminowania zakłóceń w mierzonym sygnale przyspieszenia należy zastosować odpowiednie filtry, które również będą przedmiotem analizy w dalszej części pracy.

Realizując przedstawiony na rysunku 3.3 przebieg procesu rozpędzania samochodu z maksymalną intensywnością tj, z ustawieniem urządzeń sterujących na pełną moc silnika, a następnie jego wybiegu w czasie jednej próby, mierząc podczas całej próby jego przyspieszenie możemy określić zdolność przyspieszania samochodu.

3.1. Narzędzia badawcze

3.1.1. Głowica optyczna

Do pomiaru prędkości i przebytej drogi w trakcie badań drogowych wykorzystano głowicę optyczną Datron Corrsys, służącą do bezdotykowego pomiaru prędkości i przebytej drogi dowolnego pojazdu drogowego. Jest to pokładowy system, montowany do nadwozia pojazdu i służy do precyzyjnego pomiaru dynamiki pojazdu, wyposażony w bezdotkowy optyczny czujnik (głowica) L-350 Aqua służący do pomiaru prędkości i przebytej drogi oraz interfejs sygnałów wejściowych i wyjściowych (rys. 3.7). Interfejs sygnałów zasilany jest napięciem z instalacji elektrycznej pojazdu 12V. Głowica L-350 aqua pozwala na wykonywanie pomiarów na różnych typach powierzchni: mokrej (śnieg, lód lub woda) lub suchej. Głowica pomiarowa wyposażona jest w lampę halogenową z aluminium odbłyśnikiem.



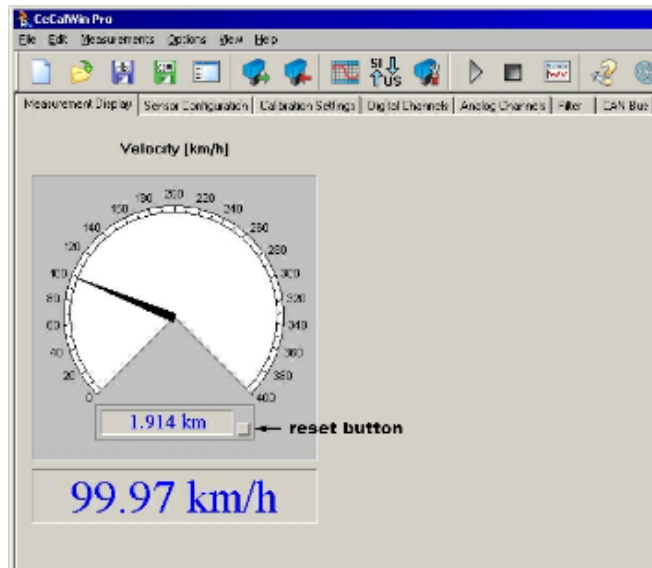
Rys. 3.7. Głowica pomiarowa L-350 AQUA i interfejs sygnałowy DATRON.

Pomiar prędkość i odległości przebytej drogi są aktualizowane na poziomie 250Hz, w trakcie dużej dynamiki ruchu pojazdu. Układ jest skonfigurowany z dwoma dodatkowymi wejściami analogowymi i jednym wejściem wyzwalającym. Umożliwia to bezpośrednie połączenie akcelerometru.

Tabela 3.1. Charakterystyka czujnika L-350 AQUA

Pomiar prędkości pojazdu	0,3 – 250 km/h
Rozdzielczość pomiaru drogi	1,5 mm
Dokładność pomiaru przy odległości	$< \pm 0,1\%$
Liniowości kierunku jazdy w żądanej odległości:	$< \pm 0,2\%$
Liniowość Zakres pracy	$< \pm 0,2$
Odległość czujnika od powierzchni drogi	350 ± 130 mm
CAN Bus	CAN 2.0B
Wyjście analogowe	0... +10 V
Wejście analogowe	± 10 V
Wyjście cyfrowe	1... 1000 im/m
Połączenie z PC	USB 2.0 oraz RS232
Napięcie zasilania układu	10... 28 V, 32 W
Temperatura otoczenia w czasie pracy	-25... +50 °C
Drgania pojazdu	10Hz ... 150Hz

Pomiar wykonywany jest przy użyciu programu *CeCalWin Pro*, który jest dostarczony przez firmę DATRON. Przykładowy panel pomiarowy z tarczą prędkości pojazdu oraz licznikiem przebytej drogi przedstawiono na rys.3.8. Program umożliwia zapis wyników do pamięci komputera w formacie *.dls.

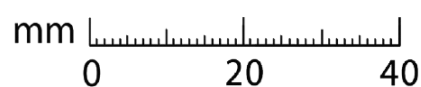


Rys. 3.8. Panel pomiaru prędkości i przebytej drogi.

Urządzenie umożliwia pomiar przebytej drogi metodą bezstykową z rozdzielczością 250 Hz przy rozdzielczości pomiarowej 1,5 mm i dokładności $\pm 0,2\%$. System za pomocą algorytmu cyfrowego oblicza również prędkość pojazdu w zakresie 0,3 do 255 km/h. Rejestrowany sygnał przemieszczenia samochodu (drogi) jest o wysokiej rozdzielczości i przesyłany jest bez opóźnienia. Jednak sygnał prędkości linowej pojazdu można uzyskać bez filtracji, z filtrem średniej kroczącej w zakresie od 8-512 ms, lub filtrem cyfrowym impulsowym FIR w zakresie od 2-100 Hz. W efekcie końcowym przy maksymalnym filtrze uzyskamy opóźnienie pomiaru prędkości 0,5 s, ale zarejestrowany sygnał jest ciągły

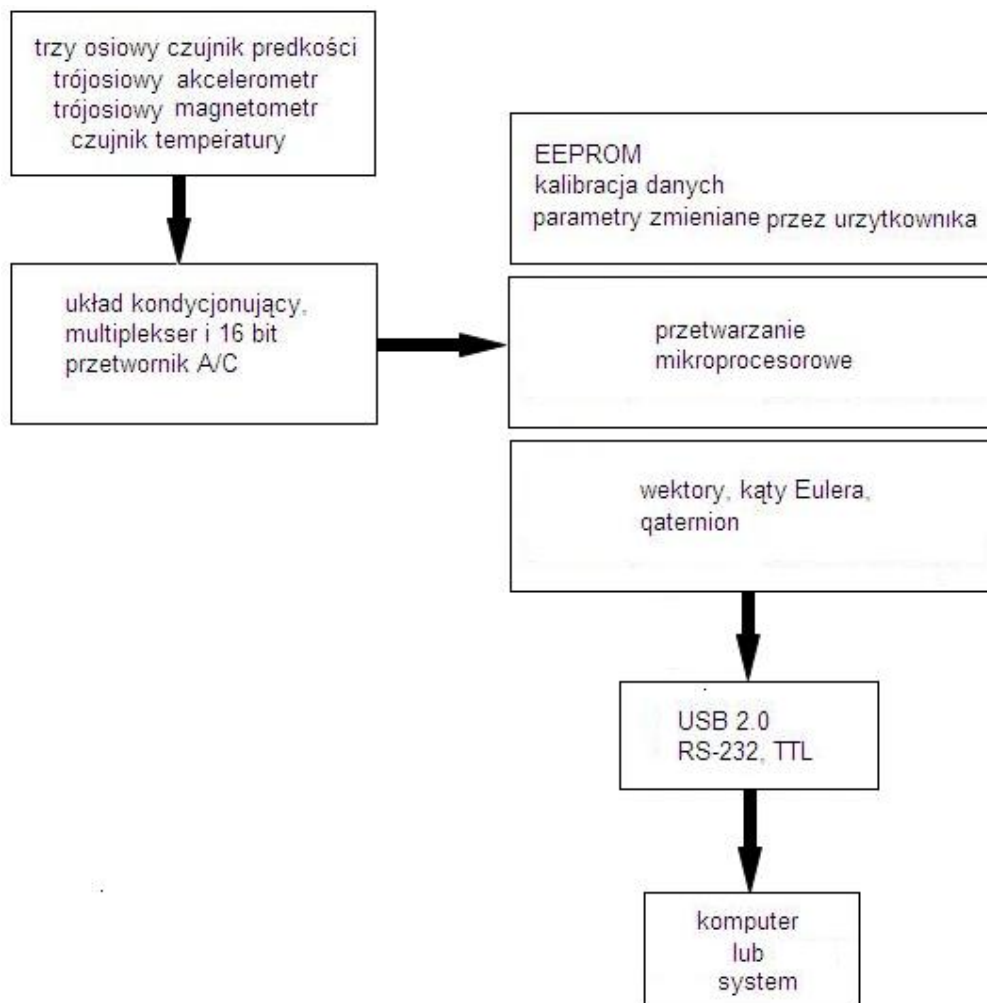
3.1.2. Czujnik przyspieszenia

Do rejestracji chwilowego przyspieszenia samochodu wykorzystano czujnik 3DM-GX3-25 (Miniature Attitude Heading Reference System) (rys. 3.9) jest wysokiej jakości miniaturowym układem, zbudowanym w oparciu o technologię czujników MEMS. Łączy on w sobie trójosiowy żyroskop, trójosiowy magnetometr, czujnik temperatury oraz procesor działający według określonego algorytmu. Służy do określenia orientacji i położenia sensora w przestrzeni. Do tego celu wykorzystywany jest algorytm AHRS (rys. 3.10).



Rys. 3.9. Czujnik AHRS 3DM-GX3-25

Zastosowany czujnik firmy MicroStrain (specyfikacja techniczna tabela 3.4), jest nieczuły na wpływ szumów własnych układów kondycjonujących, przez zastosowanie zespołu czujników z wyjściem impulsowym PWM. Wyposażony jest w wewnętrzny cyfrowy algorytm obróbki mierzonego sygnału, który pracuje z częstotliwością 30 kHz tak, aby sygnał na wyjściu z czujnika był skalowany w jednostkach fizycznych i wysyłany do aplikacji rejestrującej z częstotliwością do 1 kHz.

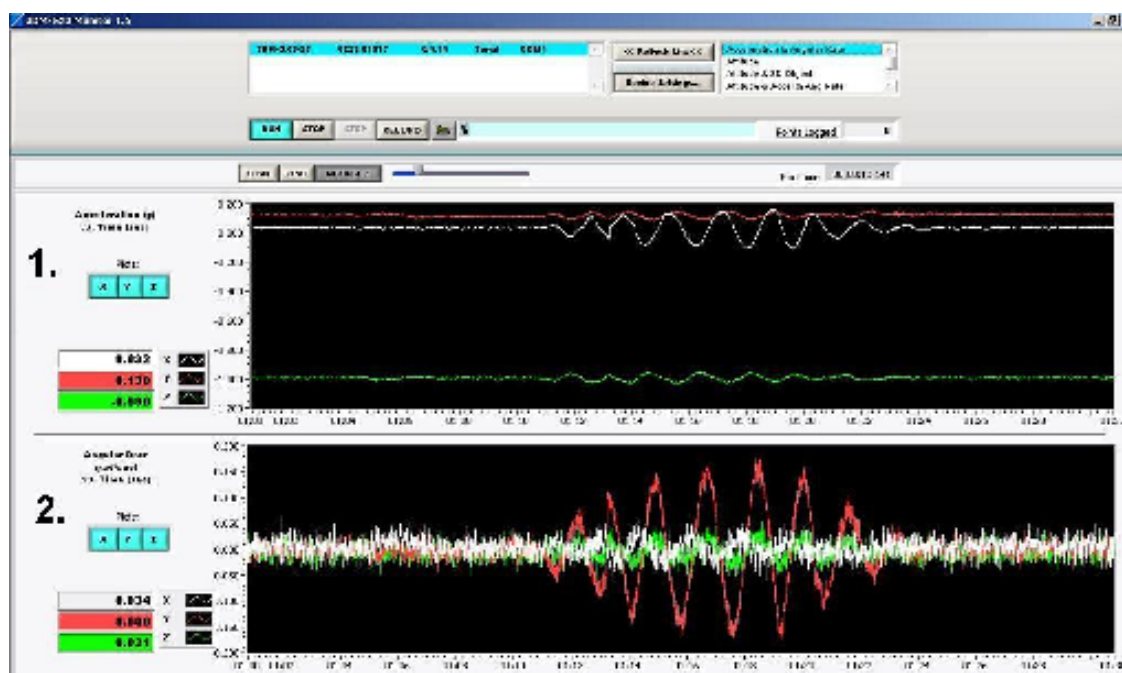


Rys. 3.10. Schemat blokowy przetwarzania danych w sensorze 3DM-GX3-25

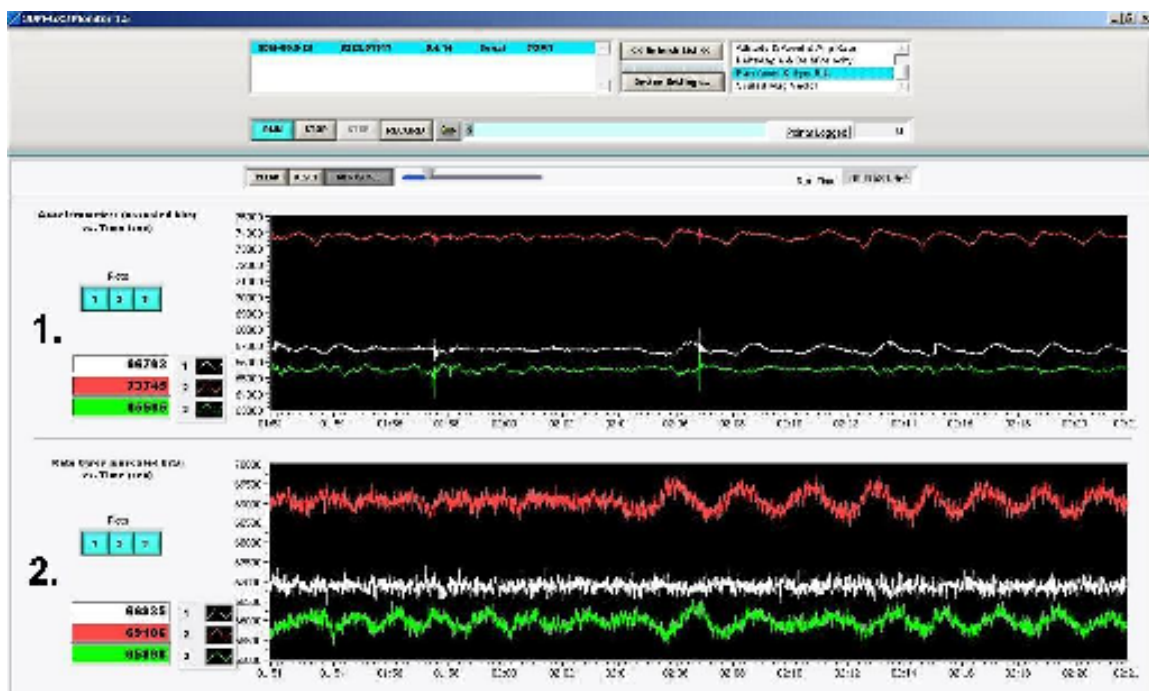
Czujnik jest wyposażony w specjalistyczne oprogramowanie do wizualizacji i zapisu danych 3DM-GX Monitor 1.5. Po uruchomieniu programu automatycznie rozpoczyna skanowanie w poszukiwaniu urządzeń 3DM-GX3 podłączonych do komputera. Po chwili skanowania w oknie aplikacji 3DM-GX3 Monitor 1.5 pojawi się okienko Device w lewym górnym rogu. W oknie Device podane są następujące informacje: numer modelu urządzenia, numer seryjny, wersja oprogramowania, sposobu podłączenia i przypisanym portem komunikacji z czujnikiem. W celu wyświetlenia danych należy wybrać w okienku wyświetlacza urządzenie, które ma być monitorowane. Następnie należy wybrać rodzaj danych (okienko w prawym górnym rogu), które będą prezentowane na panelu. Przykładowe wykresy danych przedstawiono na rys. 3.11 i rys. 3.12 Aby zapisać plik wyjściowy, należy włączyć przycisk Record, z panelu Data Display. Dane zapisywane są w formacie CSV.

Tabela 3.2. Specyfikacja sensora 3DM-GX3-25

Możliwe orientacje	360° we wszystkich osiach
Zakres mierzonych przyspieszeń	$\pm 5g$
Stabilności wskazań akcelerometru	$\pm 0.005g$
Nieliniowość akcelerometru	0.2%
Zakres mierzonych prędkości kątowych	$\pm 300^\circ/\text{sec}$
Stabilności wskazań czujnika żyroskopowego	$\pm 0.2^\circ/\text{sec}$
Nieliniowość czujnika żyroskopowego	0.2%
Zakres wskazań magnetometru	± 2.5 Gauss
Nieliniowość wskazań magnetometru	0.4%
Stabilność wskazań magnetometru	0.01 Gauss
Rozdzielczość przetwornika analogowo-cyfrowego	16 bit
Dokładność określenia orientacji	$\pm 0.5^\circ$ dla każdej z osi
Rozdzielczość określenia orientacji	$<0.1^\circ$
Powtarzalność	0.2°
Tryby przesyłania danych wyjściowych	Przyspieszenie, prędkość kątowa i pole magnetyczne Przyrost kątów, przyrost prędkości, kąty Eklera, qaternion
Interfejs	RS232
Szybkość transmisji danych	1 do 1000 Hz
Szybkość przesyłu danych	115200 bit/sec do 921,600 bit/sec
Napięcie zasilania	4,4 do 6 volt
Pobór mocy	80 mA
Złącza	Micro-DB9,
Temperatura pracy	-40 do +75°C
Wymiary	44 mm x 25 mm x 11mm
Waga	18 gram



Rys. 3.11. Wykresy wybranych danych - „Acceleration & Angular Rate”: 1. Wskazanie akcelerometru (g), czas (sec), 2. Prędkość kątowa (rad/sec), czas (sec)

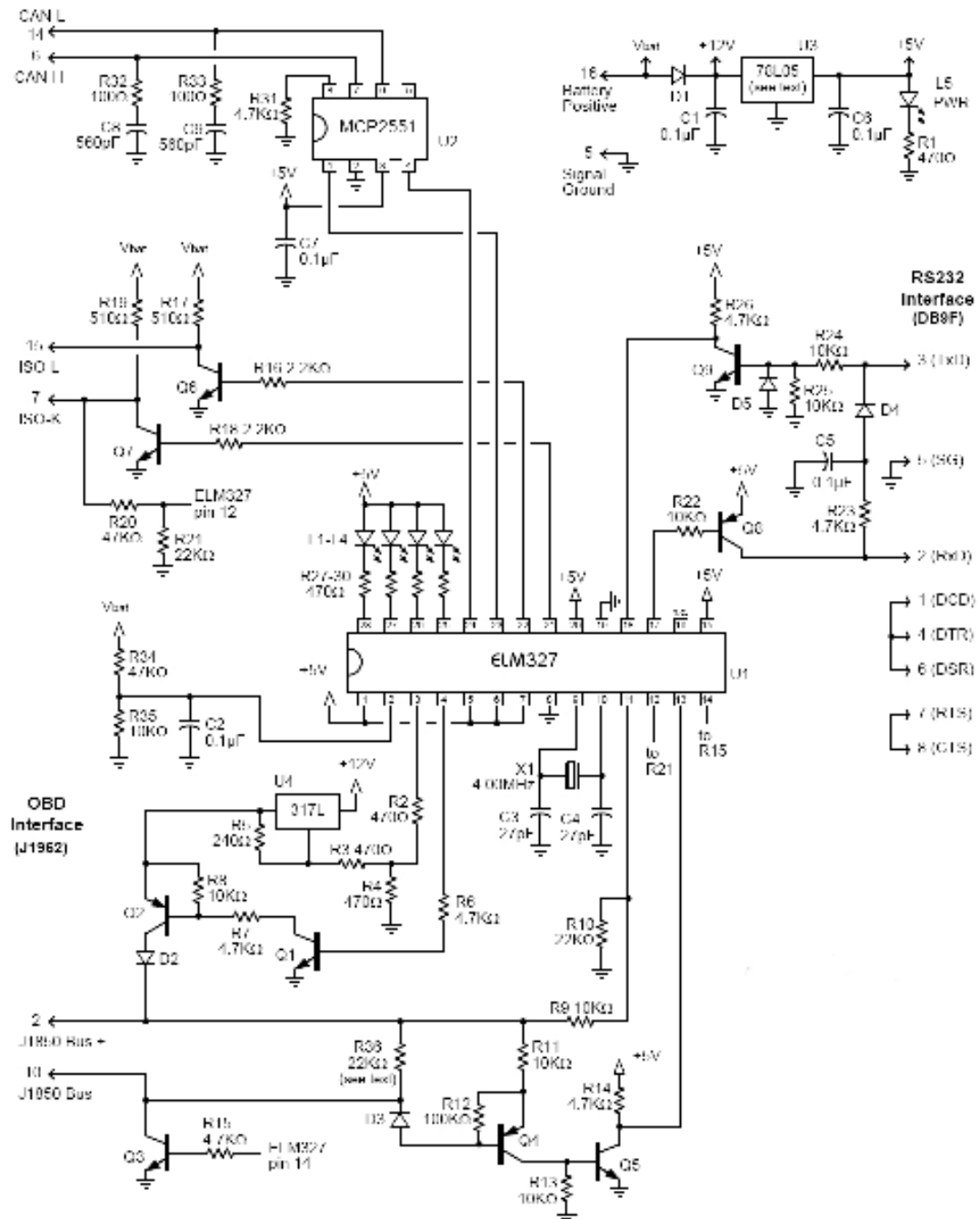


Rys. 3.12. Wykresy wybranych danych- „Raw Accel & Gyro Bits”: 1. Wskazanie akcelerometru (bit), czas (sec), 2. Wartość przetwornika analogo- cyfrowego od sygnału z czujnika prędkości kątowej (bit), czas (sec)

3.1.3. Czytnik układu diagnostyki pokładowej OBDII

Do pomiaru prędkości pojazdu podczas badań stanowiskowych wykorzystano również układ pokładowej diagnostyki pojazdu OBDII dla tych pojazdów, które były w niego wyposażone.

Interfejs umożliwiający komunikację pomiędzy komputerem PC i pokładowym systemem diagnostycznym wykorzystując złącze diagnostyczne OBDII, wykonano na potrzeby projektu. Do komunikacji z interfejsem wykorzystywany jest port szeregowy RS 232. Na rysunku 3.13 przedstawiono schemat elektryczny interfejsu z zastosowaniem mikroprocesora ELM327.



Rys. 3.13. Interfejs do komunikacji portem szeregowym RS 232

Gotową zbudowaną płytkę przedstawiono na następujących rysunku 3.14.



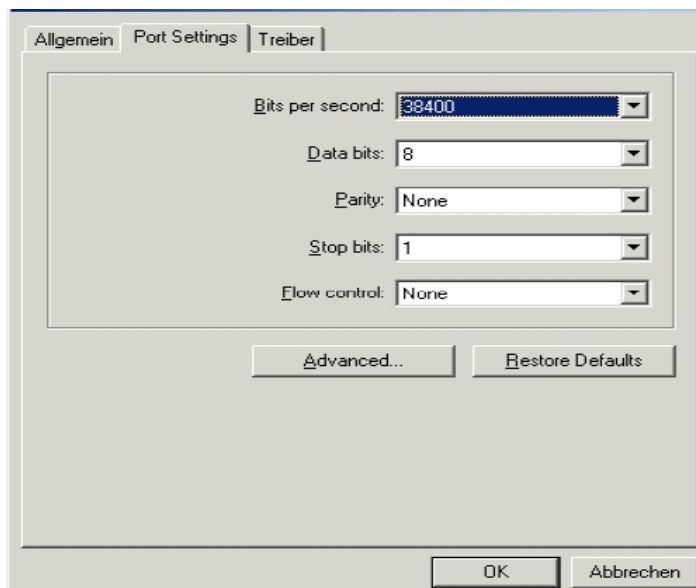
Rys. 3.14. Płytkę interfejsu dla portu szeregowego

Element ELM327 posiada w swojej pamięci główne protokoły do komunikacji OBDII, których funkcje dostępne są przez przesyłanie prostych poleceń. ELM327 obsługuje następujące protokoły:

- ISO 9141
- ISO 14230

- SAE J1858 (PWM, VPW)
- ISO 15765 (CAN)

Do uruchomienia komunikacji należy połączyć interfejs do portu szeregowego RS232 komputera PC lub notebook, a następnie ustawić następujące parametry portu, które pokazano na rysunku 3.15.



Rys. 3.15. Okno ustawienia portu szeregowego

3.1.4. Czytnik transmisji danych sieci pokładowej CAN BUS

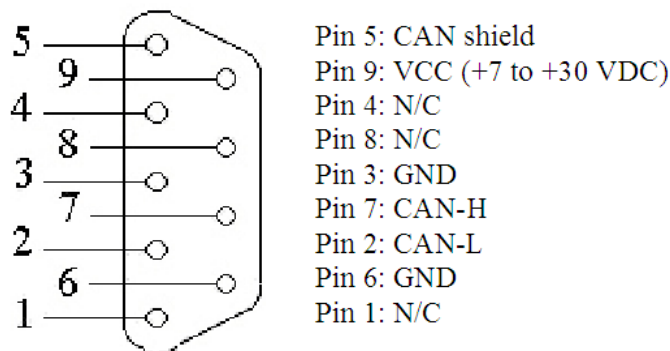
Do identyfikacji protokołu transmisji magistrali CAN BUS wykorzystano urządzenie firmy SYS-TEC o numerze GW-002 (rys. 3.16), w który jest wyposażona Katedra Pojazdów Drogowych i Rolniczych Politechniki Opolskiej.



Rys.3.16. Interfejs diagnostyczny SYS-TEC GW-002 [19].

Urządzenie to jest przystosowane do współpracy z programem PCANView, który jest nakładką programową CANbus Toolset firmy Expert Control, oraz programem LabVIEW. Interfejs GW 002 ma napięcie zasilania z portu USB i jest przeznaczony do odczytu transmisji z magistrali CAN o standardzie B. Wbudowano w niego seryjnie układ nadajnik/odbiornik typu 82C250 od prędkości transferu 250 kbit/s.

Z jednej strony urządzenie współpracuje z komputerem PC poprzez złącze szeregowe USB, a z drugiej strony urządzenia wyprowadzony jest port RS 232 do połączenia z pojazdem, którego opis został przedstawiony na (rys.3.17).



Rys.3.17. Port RS 232 interfejsu SYS-TEC [19].

Pomimo ogólnieuropejskiej standaryzacji, poszczególne koncerny samochodów które stosuje w swoich produktach magistralę CAN BUS wprowadzają swoje wewnętrzne standardy i rozwiązania, powoduje to, iż różnią się one wartością transmisji np. poziomy napięcia czy formowanie ramki transmisji. Dlatego oferta firmy SYS – TEC obejmuje urządzenia do konwersji różnych poziomów napięć, wykorzystywanych do oferowanych interfejsów. Do komunikacji i odczytu parametrów magistrali CAN wykorzystano ogólnie dostępny program o nazwie PCANView, dostarczony przez producenta interfejsu SYS-TEC. Firma udostępnia również podstawowe moduły oprogramowania interfejsu w programie LabVIEW. Program PCANView umożliwia zarówno odczyt jak i transmisję danych na magistralę CAN. Za pomocą transmisji szeregowej USB interfejs SYS-TEC przesyła odpowiednie paczki danych do komputera.

Po podłączeniu interfejsu w linię CAN, przed jej skanowaniem poprzez program PCANView należy wybrać typ Magistrali – Standard lub Extended oraz określić prędkość transmisji 250 kbit/s lub 500 kbit/s. Po uzyskaniu połączenia, w oknie programu wyświetlane są dane zlokalizowanych transmisji w postaci ramek transmisyjnych. Odczytywane dane są sortowane i wyświetlane od wartości najmniejszej do największej wartości (rys.3.18).

Message	Length	Data	Period	Count	RTR-Per.	RTR-Cnt.
101h	8	41 48 00 00 00 00 00 00	20	21		0
111h	8	03 F2 3E 6B 00 00 00 00	20	2		0
200h	8	02 0C 00 00 00 00 00 00	20	164		0
208h	8	00 20 60 00 00 00 00 00	20	164		0
210h	8	00 00 00 00 40 00 7F 00	20	159		0
212h	8	03 84 47 24 27 24 87 24	20	159		0
232h	4	47 FF 00 FF	10	435		0
236h	8	0D 9F 10 00 14 FF FF E8	10	435		0
238h	8	00 00 8A 61 FF 00 00 00	21	217		0
240h	8	00 12 00 00 00 00 00 00	20	166		0
248h	8	00 03 00 00 57 00 00 00	20	166		0
24Ch	8	00 00 80 00 00 7D 00 00	100	33		0
268h	8	05 FE 00 05 00 00 FF FF	20	639		0
270h	8	00 00 00 FF FF 00 30 1E	20	164		0
2F3h	8	FF 00 00 00 00 FF 00 00	200	16		0
300h	8	80 88 9F FF 80 00 80 00	20	164		0
308h	8	80 FF FF 00 00 4A 32 3C	20	640		0
312h	8	07 A3 07 A3 09 66 07 24	20	159		0

Rys.3.18. Okno transmisji w programie PCANView – dla samochodu z silnikiem o zapłonie samoczynnym.

Okno transmisji (rys.3.18) podzielone jest na siedem kolumn [5]:

1. **Message** - identyfikator czyli adres, któremu przyporządkowane jest odpowiednie urządzenie, np. drzwi, światła stop, kierunkowskaz, sterowanie fotelem itd. W polu Receive są dostępne następujące informacje o sygnałach w danym czasie,
2. **Length** - oznacza, ile w kolumnie **Data** pojawia się danych, maksymalnie ilość bajtów wynosi 8,

3. **Data** - przedstawia transmitowane paczki danych, czyli informacja jaką wysyła dany węzeł. Niestety nie ma uniwersalnych opisów adresów w magistralach CAN. Identyfikacji polega na obserwacji przesyłanych paczek i wychwyceniu zmiennej wielkości przy wykonaniu danej akcji np. włączenie i wyłączenie klimatyzacji czy naciskaniu na pedał hamulca. Przesyłane dane są wielkościami hexadecymalnymi. Czynność ta wymaga dużej podzielności uwagi,
4. **Period** – jest to czas w jakim węzeł wysyła dane. Zakres czasu waha się od 8ms do 999 ms,
5. **Count** – wskazuje ilość przesyłanych ramek z danego węzła, oraz czy dany węzeł wysyła dane,
6. **RTR-Per** - czas pomiędzy dwoma ostatnimi zdalnymi ramkami,
7. **RTR-Cnt** – numer ramki z tym samym identyfikatorem.

Diagnostując pojazd należy brać pod uwagę fakt, iż każda marka pojazdu ma różne paczki danych przesyłane w szynie CAN BUS. Zmianie ulega identyfikator jak i zakres przesyłanych danych. Ramka transmisyjna także ulega zmianie i dalsza diagnoza musi być poddana weryfikacji i analizie.

Pierwszą identyfikację przeprowadzono w programie PCANView poprzez obserwację trzech kolumn w okienku DATA. Pole to składa się z ośmiu bajtów.

Cześć zidentyfikowanych parametrów zmieniła się w jednym bajcie, a pozostałe wykorzystywały dwa bajty w zapisie hexagonalnym. Jeden bajt zmieniał się od wartości 0 do 250, a drugi zmieniał się od 0 do 65535.

3.1.5. Oscyloskop DM-1

Do wstępnej identyfikacji sygnałów wykorzystano mikroprocesorowy diagnostyczny oscyloskop samochodowy DM-1 (rys 3.19), służy on do diagnozowania osprzętu elektronicznego samochodu. Przykładowe funkcje testowe diagnostycznego oscyloskopu:

- Czujnik ABS,
- Alternator- tętnienia napięcia,
- Napięcie akumulatora,
- Czujnik wałka rozrządu,
- Czujnik wału korbowego,
- Magistrala CAN/BUS



Rys.3.19. Diagnostyczny oscyloskop DM-1

Diagnostyczny oscyloskop DM-1 może służyć także jako przystawka do komputera PC zamieniająca go w oscyloskop, wówczas umożliwia on zapis danych pomiarowych na dysk twardy. Podstawowe dane techniczne diagnostycznego oscyloskopu zestawiono w tabeli 3.5.

Tabela 3.3. Dane techniczne diagnostycznego oscyloskopu:

Przetwornik analogowo cyfrowy	32MHz
Pasma wejściowe	1 MHz (-3dB dla 1V/dz)
Impedancja wejściowa	1MW/ 20pF
Zakres napięcia wejściowego	-100V do 100V w szczycie (bez sondy x10)
Rodzaj sygnału wejściowego	AC, DC, GND
Rozdzielczość pomiaru	8bit
Liniowość	+/- 1 bit
Wyświetlacz	LCD podświetlany monochromatyczny, 64x128pikseli
Zakres pomiaru napięcia stałego	-80V do 80V (bez sondy x 10)
Zakres pomiaru napięcia międzyszczytowego	0 do 160V (bez sondy x 10)

Podstawy czasu	1,25μs; 2,5μs; 5μs; 10μs; 20μs; 50μs; 100μs; 200μs; 500μs; 1ms; 2ms; 5ms; 10ms; 20ms; 50ms; 100ms; 200ms; 500ms; 1s; 2s; 5s; 10s; 20s; 30s; 1min; 2min; 5min; 10min; 20min; 30min; 1h na działkę
Wzmocnienie (bez sondy x10)	5mV; 10mV; 20mV; 50mV; 0,1V; 0,2 V; 0,4V; 1V; 2V; 4V; 8V; 20V na działkę
Wyjście sygnału kalibracji sondy x 10	1kHz/ ok. 5Vpp, wzmocnienie 50% (opcja)
Ilość komórek pamięci	7
Napięcie zasilania	11 VDC do 15VDC 500mA
Akumulatory	Typ AA NiMH minimum 180mAh- 5 szt.
Maksymalny prąd ładowania akumulatorów	200 mA
Maksymalny czas pracy na akumulatorach	10 h
Temperatura pracy	0 – 50 °C
Rozmiar	80x200x120mm

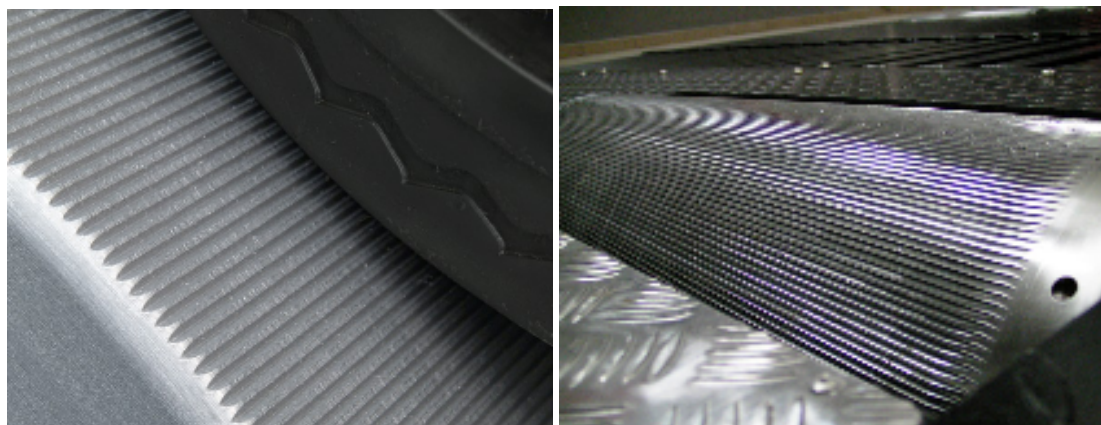
3.1.6. Hamownia podwoziowa

Badania stanowiskowe na hamowni podwoziowej mające na celu określenie parametrów układu napędowego pojazdu, które stanowią punkt odniesienia do badań drogowych wykonanych w rzeczywistych warunkach drogowych. Hamownia Podwoziowa umożliwia min. pomiar mocy na kołach, zużycia paliwa w warunkach zbliżonych do rzeczywistych, ogólną ocenę stanu technicznego na podstawie próby wybiegu, ocenę prawidłowości działania prędkościomierza i licznika kilometrów. Podstawowymi wielkościami mierzonymi na hamowni jest moc na kołach (NK) oraz kontrolne zużycie paliwa (QK). W celu określenia mocy na kołach przyjmuje się za zwyczaj warunki ustalone, to znaczy prędkości jazdy $V = \text{const}$, kąt wzniesienia $\alpha = 0^\circ$, przyspieszenie $a = 0$. Na hamowni odwzorowuje się opory toczenia. Badania mogą być również wykonywane w warunkach ruchu nieustalonego ($V^1 \text{ const}$, $a^1 0$). Na hamowni podwoziowej należy wówczas odwzorować opory toczenia, powietrza oraz bezwładności. Badania w ruchu nieustalonym pozwalają określić efektywność pracy układu napędowego za pomocą rozpędzania oraz próby wybiegu. W przypadku próby wybiegu mierzoną wielkością jest droga (SW). Wartość tego parametru świadczy o stratach w zespołach układu napędowego (jezdnego).

Warunki pomiarowe na hamowni podwoziowej odbiegają od tych panujących na drodze. Do podstawowych różnic należy zaliczyć brak oporu powietrza. W przypadku wyznaczania mocy i momentu obrotowego należy tą zmianę uznać za korzystną – minimalizujemy opory, które należałoby wyznaczyć. Nie należy jednak zapominać, iż prawidłowy wpływ powietrza zapewnia odpowiednie odprowadzenie ciepła i chroni silnik przed przegrzaniem. Drugim poważnym odstępstwem jest współpraca koła ogumionego z nawierzchnią. W przypadku napędu rolkowego mamy do czynienia z inną powierzchnią styku oraz z innym rozkładem sił.

Kolejną różnicą jest materiał pokrywający rolkę. Spotyka się rolki stalowe gładkie i ryflowane, rolki z powierzchnią bitumiczną o różnej chropowatości oraz rolki z powierzchnią betonową. W celu zapewnienia odpowiedniej przyczepności opony do rolki stosuje się pasy napinające, które generują dodatkowy opór związany ze zwiększonym odkształceniem powierzchni opony (rys.3.20.). Najlepsze odwzorowanie kontaktu opony z nawierzchnią daje stanowisko, gdzie koło porusza się po metalowej taśmie.

Stanowisko wyposażone w bieżnię taśmową zapewnia wprawdzie prawidłową symulację płaskości powierzchni jednak są one dużo droższe i zdecydowanie bardziej kłopotliwe w użyciu ze względu na konieczność podparcia oraz prowadzenia taśmy. Taki rodzaj hamowni znajduje najczęściej zastosowanie w tunelach aerodynamicznych, gdzie bada się opór powietrza obracających się kół jednak stosuje się do nie dużych prędkości. Jednak stanowiska badawcze, w postaci hamowni podwoziowych, zapewniają dużą powtarzalność wyników, przy pewnym stopniu niedokładności pomiarów z powodu trudności z prawidłowym odwzorowaniem rzeczywistych warunków ruchu pojazdu na drodze. Stąd przy projektowaniu urządzenia PAAFII duży nacisk położono na zmniejszenie niepewności pomiarowej i zwiększenia powtarzalności pomiarów.



Rys 3.20. Rolki stalowe z powierzchnią ząbkowaną

Tabela 3.4. Dane techniczne Hamowni podwoziowej

Średnica	762 mm / 30"
Obwód toczny / długość rolki	2392mm / 700mm
Szerokość najazdowa	900mm - 2700mm
Grubość ścianki / waga na rolkę	20mm / 550kg
Mechaniczna masa zamachowa	około 700 kg na zestaw rolkowy
Dopuszczalny nacisk na oś	2,4 t
Minimalny / maksymalny rozstaw wierzchołek-wierzchołek rolki	2200mm / 3200mm
Minimalny / maksymalny rozstaw osi	1900mm / 3500mm
Prędkość maksymalna	320 km/h
Maksymalna siła pociągowa	około 8500N

Poniżej na rysunku przedstawiono, jedną z nowszych hamowni podwoziowych, wykorzystaną w badaniach (rys. 3.21), a dane techniczne zestawiono w tabeli 3.6.



Rys. 3.21. Hamownia podwoziowa

3.1.7. Urządzenie diagnostyczne CDIF

Urządzenie to służy do diagnostyki za pomocą złącza OBDII ale również do pomiarów oscyloskopowych, sterowania elementami wykonawczymi, emulację czujników oraz pomiarów bezpośrednich. System obejmuje diagnostykę większości znanych marek samochodów (np. Citroen, Volkswagen, Volvo, Skoda, Renault, Peugeot, Opel, Mercedes i wiele innych). System CDIF/2 umożliwia nawiązanie połączenia z komputerem pokładowym pojazdu dzięki czemu otrzymuje się wszystkie niezbędne informacje o działaniu i usterkach poszczególnych układów pojazdu. Pozwala to szybko zlokalizować problemy i usterki oraz dokonać niezbędnych regulacji i rekonfiguracji. Współpracuje z nowoczesnymi systemami komputerowymi, umożliwiając diagnozę w szynach CAN 1.0, CAN 2.0A i CAN 2.0B (rys. 3.22).



Rys. 3.22. Urządzenie diagnostyczne CDIF/2

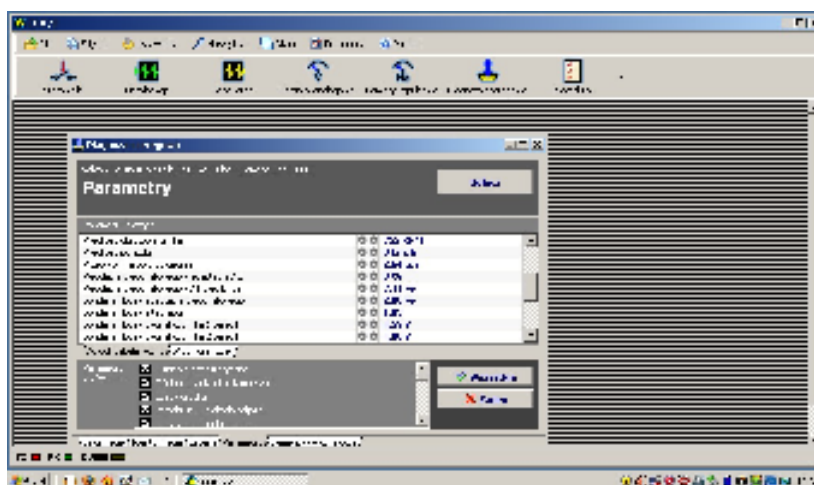
Funkcja oscyloskopu pozwala na bezpośrednią obserwację zmian sygnału w czasie, zarówno dla bardzo szybkozmiennych jak i wolnozmiennych sygnałów. System CDIF/2 posiada czterokanałowy oscyloskop cyfrowy, który pozwala na porównywanie mierzonych sygnałów z wzorcami i zapisywanie ich na dysku twardym komputera. Funkcja sterowania elementami wykonawczymi. Układ czterech kanałów sterujących masą oraz dwa kanały sterujące plusem, przy obciążeniu do 8A na kanał. Pozwala to na sterowanie dwustanowe "włącz/wyłącz", sterowanie impulsem oraz kluczkowanie z definiowanymi czasami włączenia i wyłączenia. Funkcja generator sygnałów i napięć pozwala na emulowanie pracy czujnika - podstawienia własnego, wzorcowego sygnału zamiast sygnału rzeczywistego czujnika. Generator zawarty w systemie CDIF/2 może emulować dowolne sygnały. Generator może dostarczać napięcie w zakresie od zera do 20V, bez względu na wielkość napięcia zasilającego. Każdy z dwóch kanałów może pracować niezależnie i dostarczać do 2.5A prądu, z programowanym ograniczeniem. Pozwala to na wykorzystanie go jako stabilizowanego zasilacza, np. do zasilania testowanych czujników napięciem 5V. Funkcja pomiaru bezpośredniego pozwala w kilku punktach jednocześnie dokonywać pomiarów analogicznie do tego, jak odbywa się to w przypadku korzystania z multimetru. W zależności od zastosowanych akcesoriów pomiarowych możliwe jest dokonywanie pomiaru szeregu wielkości.

Tabela 3.5 Dane techniczne systemu CDIF/2

Parametry elektryczne	
Napięcie zasilania	7-35V DC
Spoczynkowy pobór prądu	0,2A przy 13,8V
Parametry mechaniczne i środowiskowe	
Wymiary	103x31x120
Temperatura pracy	-40°C ~+ 85°C
Stopień szczelności	IP40

Złącza	USB/B, RS232 DB-9
Diagnoza szeregowo	
Obsługiwane protokoły	ISO9141, ISO9141-2, ISO14230, J1850 VPW, J1850 PWM, protokoły niestandardowe
Funkcje	Identyfikacja, odczyt kodów usterek, kasowanie kodów usterek, odczyt parametrów, aktywacja elementów wykonawczych, odczyt adaptacji, zapis adaptacji, odczyt kodowania, zapis kodowania
Sterownik elementów wykonawczych	
Ilość kanałów typu „-”	4 kanały
Ilość kanałów typu „+”	2 kanały
Obciążalność prądowa	5A (8A max)
Rodzaj pracy	Włącz/ wyłącz, sterowanie impulsem, sterowanie PWM
Oscyloskop	
Ilość kanałów	4
Rozdzielczość napięciowa	1024 próbki (10 bit)
Zakres napięć mierzonych	0~ 40V DC
Impedancja wejściowa	>20Ω
Podstawa czasu	2ms/dz. ~ 10s/dz.
Funkcje	Zapis i odczyt na dysk, wyświetlanie wzorca, kursory czasu i napięcia, automatyczne pomiary
Generator sygnałów i napięć	
Ilość kanałów	2
Rozdzielczość napięciowa	1024 próbki (10bit)
Zakres napięć wyjściowych	0~20V DC (niezależnie od napięcia zasilania)
Prąd wyjściowy	2,5A (regulowany)
Okres próbkowania	50μs
Funkcje	Edycja wzorców, zapis i odczyt na dysk
Pomiary analogowe	
Ilość kanałów	4
Zakres napięć mierzonych	0~40V DC
Impedancja wejściowa	>20Ω
Pomiary impulsowe	
Ilość kanałów	2
Próg detekcji	0~20V DC
Zakres napięć mierzonych	0~40V DC
Impedancja wejściowa	>10Ω

Urządzenie diagnostyczne komunikuje się z komputerem PC za pomocą złącza USB.



Rys. 3.23. Panel oprogramowania urządzenia CDIF/2

3.1.8. Karta pomiarowa NI 6212 oraz mostek przyłączeniowy NI SCC-68

Zestaw składający się z karty pomiarowej NI 6212 współpracującej z mostkiem przyłączeniowym NI SCC-68 umożliwia pomiar z sygnałów analogowych i cyfrowych pochodzących bezpośrednio z czujników pojazdu. Mostem NI SCC -68 (rys. 3.24) umożliwia podłączenie przewodów bezpośrednio z czujników pomiarowych, za pomocą separowanych zacisków. Mostek jest połączony złączem 68 pinowym z kartą pomiarową National Instrument serii M 6212.



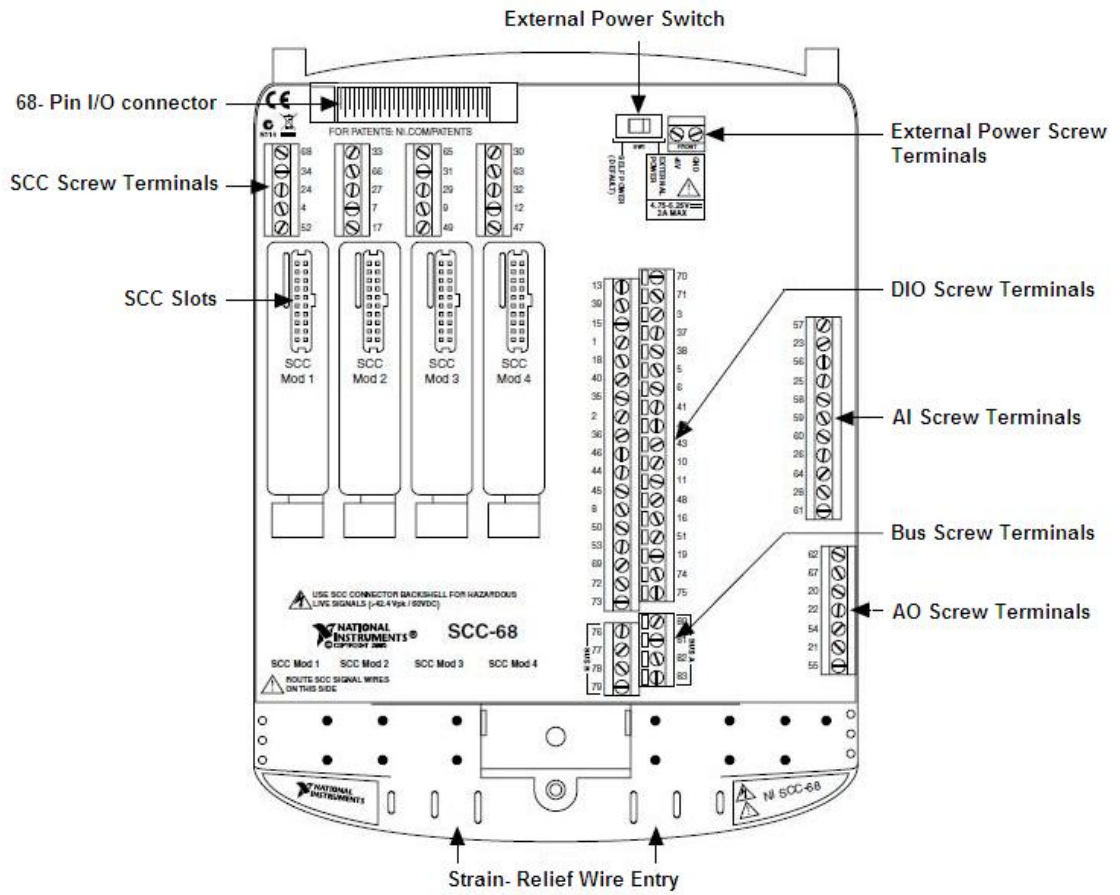
Rys. 3.24. Mostek przyłączeniowy NI SCC-68

- 68 - pinowe złącze SCSI (wejście, wyjście),
- 4 gniazda gniazd SCC (moduły)
- 64 Zaciski: 54 Wejścia i wyjścia analogowe, Wejścia i wyjścia cyfrowe,
- 20 Zacisków SCC;
- 8 bitową magistralę danych,
- 2 zewnętrzne gniazda zasilania.

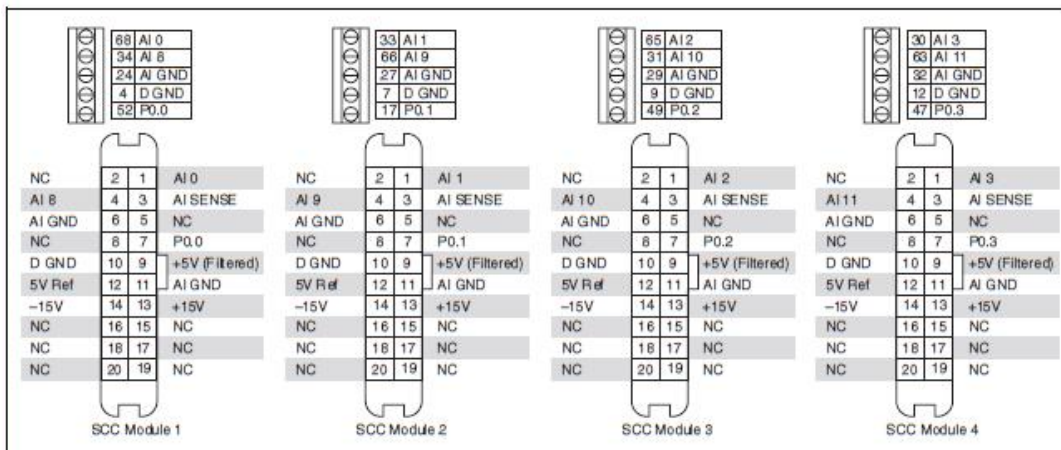
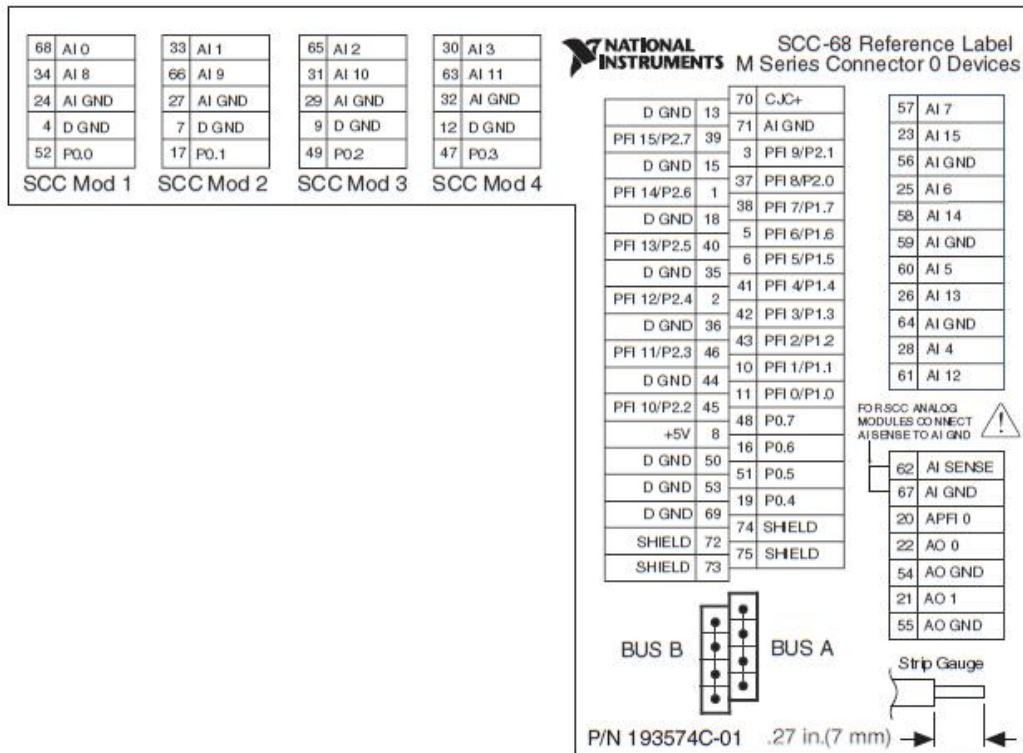
Na rysunku 3.25 przedstawiono schemat rozmieszczenia zacisków wejścia i wyjścia sygnałów oraz modułów SCC a w tabeli 3.6 przedstawiono parametry techniczne.

Tabela 3.6 Działanie czynników zewnętrznych na panel przyłączeniowy

Temperatura pracy	od 0 do 55 C
Temperatura przechowywania	-20 do 70 ° C
Wilgotność otoczenia	5 do 90% RH, bez kondensacji
Dopuszczalne drgania podczas pracy	5 do 500 Hz, 0,3 g _{rms}



Rys. 3.25. Rozmieszczenie zacisków w bloku przyłączeniowym NI SCC-68



Rys. 3.26. Opis pinów modułu NI SCC-68

Karta pomiarowa NI USB-6212 obsługuje (rys. 3.27): 16 wejść analogowych (16-bitowy, 400 kS / s),

- 2 wyjścia analogowe (16-bitowy, 250 kS / s),
- 32 wejść / wyjść cyfrowych,
- dwa 32-bitowe liczniki,
- cztery programowalne zakresy wejściowe ($\pm 0,2$ do ± 10 V) na kanał;
- Zasilanie przez USB o wysokiej mobilności
- NI Signal Streaming trwałego szybkich strumieni danych przez USB, dostępny w wersji OEM,
- Zgodność z LabVIEW, ANSI C / C ++, C #, Visual Basic. NET i Visual Basic 6.0,
- sterownik NI-DAQmx oraz LabVIEW SignalExpress LE interaktywne oprogramowanie do rejestracji danych



Rys. 3.27. Karta pomiarowa NI USB-6212

Tabela. 3.9. Parametry karty USB-6212

System operacyjny	Windows
Rodzina produktów DAQ	serja M
Zgodny z RoHS	tak
Wejście analogowe pojedyncze	16
Wejścia analogowe różnicowo prądowe	8
Rozdzielczość	16 bitów
Próbkowanie	400 kS / s
Napięcie maksymalne	10 V
Maksymalny zakres napięcia	-10 V, 10 V
Maksymalny błąd pomiarowy napięcia	2,69 mV
Maksymalne napięcie zakresu czułości	91,6 μ V
Minimalne napięcie	-200 mV, 200 mV
Minimalne napięcie dokładności zakresu	0,088 mV
Minimalne napięcie zakresu czułości	4,8 μ V
Liczba zakresów	4
On-Board Memory	4095 próbek
Wyjście analogowe	
Kanały	2
Rozdzielczość	16 bitów
Napięcie maksymalne	10 V
Maksymalny zakres napięcia	-10 V, 10 V
Dokładność wskazania napięcia	3,512 mV
Minimalny zakres napięcia	-10 V, 10 V
Minimalne napięcie Dokładności Zakresu	3,512 mV
Update Rate	250 kS /s
Obecna Single Drive	2 mA
Obecna napęd na wszystkie	4 mA
Wejścia/ wyjścia cyfrowe	
Kanały dwukierunkowe	32
Liczba kanałów	32
Czas	Software
Poziomy logiczne	TTL
Wejście prądu	Sinking
Wyjście prądu	Sourcing
Wejście Maksymalny zasięg	0 V, 5,25 V
Maksymalna moc wyjściowa	Zakres 0 V, 3,8 V

Licznik / Zegary	
Liczniki	2
Operacje buforowane	Tak
Podbicie / Usuwanie Glitch	Tak
Maksymalny zasięg	0 V, 5,25 V
Źródło częstotliwości	80 MHz Max
Rozdzielczość	32 bitów
Stabilność podstawy czasu	50 ppm
Poziomy logiczne	TTL

3.2. Obiekt badań

Jako obiekty badań wykorzystano pojazdy drogowe z różnych klas (tab.3.10). Pojazdy te różniły się zarówno klasą jak również odmienną konstrukcją układu napędowego. Zastosowanie takiego podziału ma na celu sprawdzenie możliwości określenia parametrów trakcyjnych dla równych pojazdów drogowych, bez ściśle określonych kryteriów, za pomocą jednego urządzenia. Jednym z podstawowych kryteriów podziału pojazdów na klasy jest wielkość samochodu i masa.

3.2.1. Citroen C5

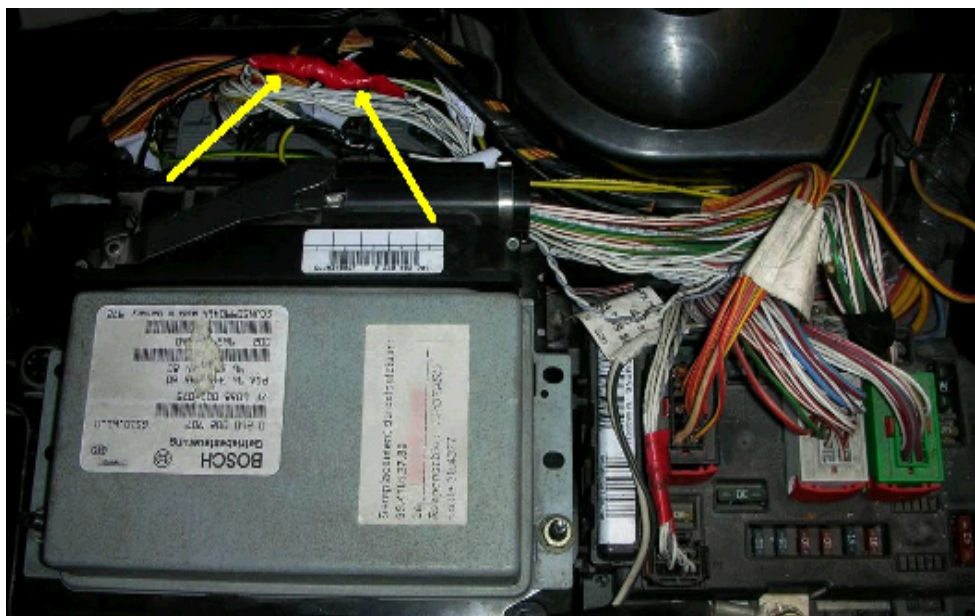
Samochód testowy Citroen C5, wyposażony w silnik benzynowy z wielopunktowym zewnętrznym wtryskiem paliwa, o pojemności 2946 cm³, mocy 150 kW i momencie obrotowym 285 N·m, wyposażony w elektronicznie sterowaną przepustnicę. Układ przeniesienia napędu wyposażony jest w 5 biegową skrzynię biegów sterowaną automatycznie lub sekwencyjnie. Prędkość maksymalna 240 km/h. Stanowi on wyposażenie Katedry Pojazdów Drogowych i Rolniczych Politechniki Opolskiej (rys.3.28).



Rys.3.28. Samochód badawczy Citroen C5 na wyposażeniu Politechniki Opolskiej.

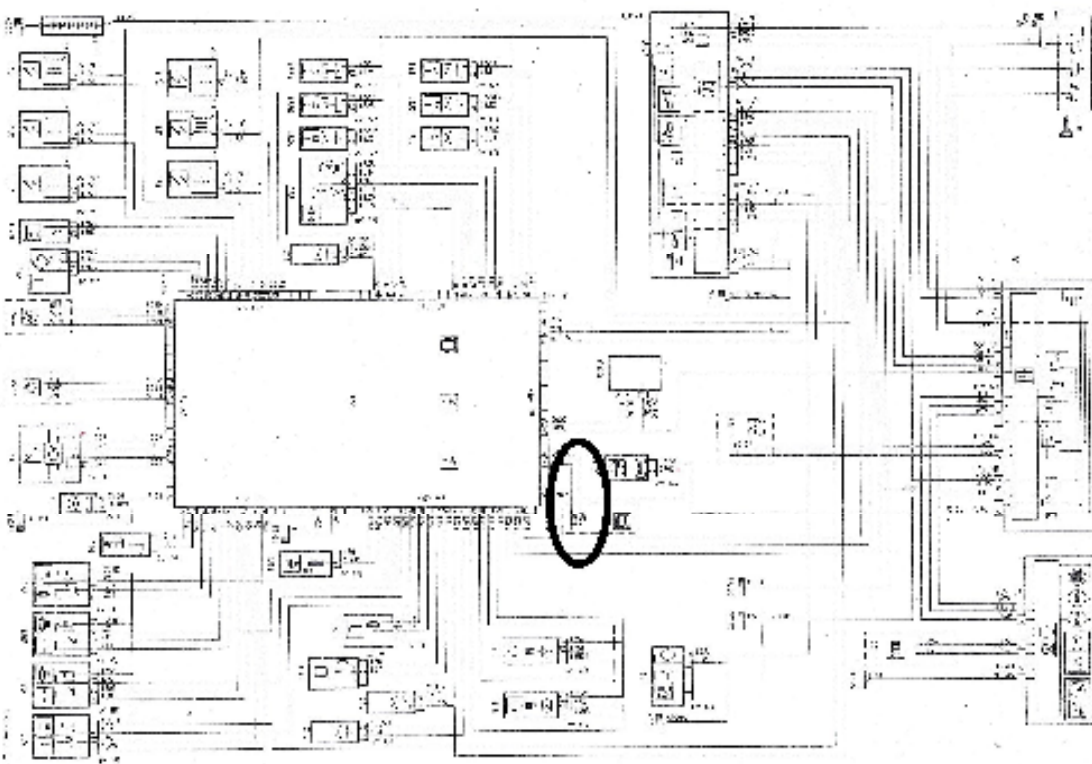
W pojeździe, tym dostęp do bezpośrednich danych magistrali CAN BUS jest nie możliwy poprzez gniazdo OBDII. Wiele producentów, między innymi Citroen w złączu diagnostycznym na pinach 6 i

14 nie udostępnia informacji z magistrali, dlatego też zostały wykonane nowe węzły sieci CAN BUS (rys.3.29).



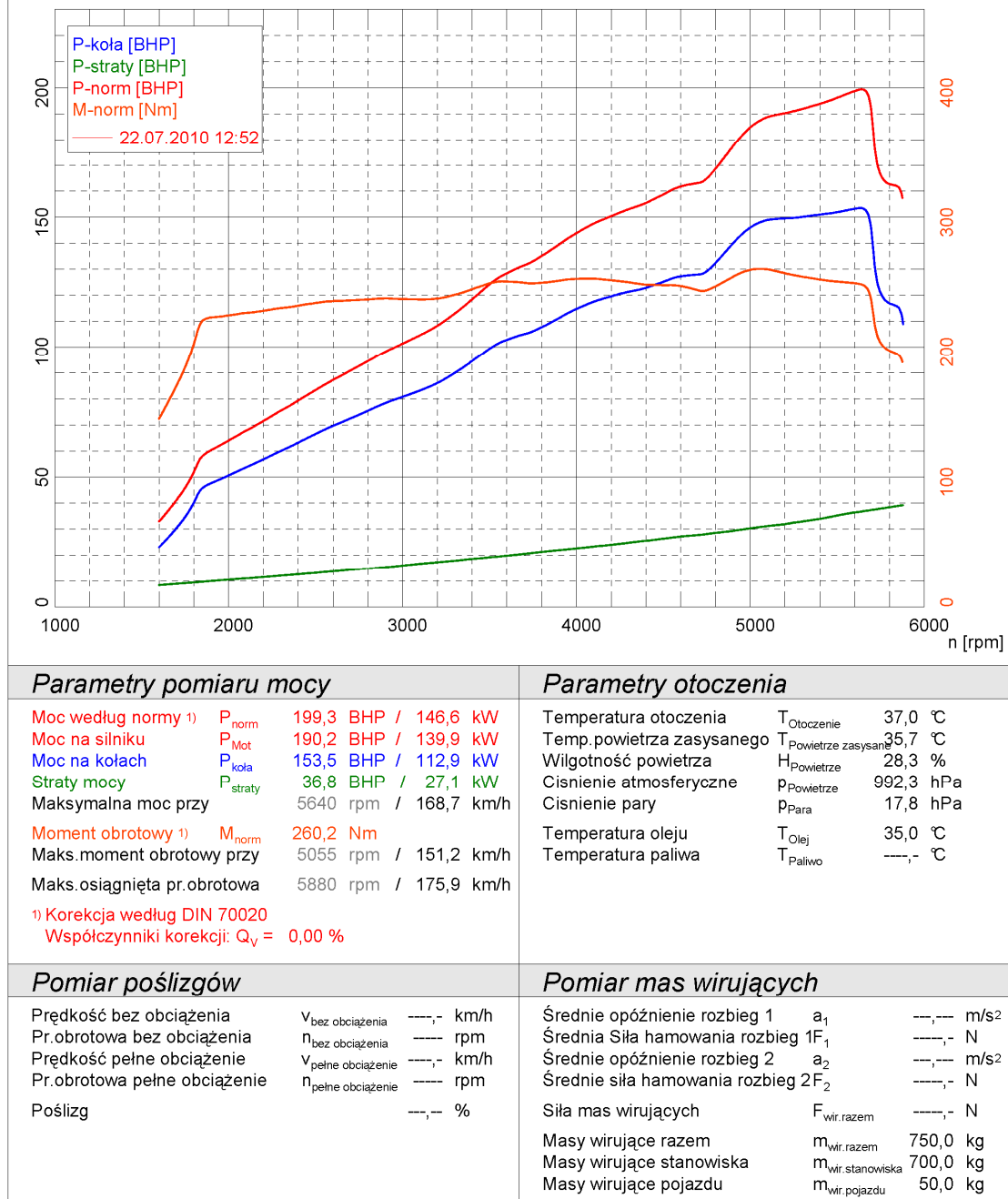
Rys.3.29. Odczep z instalacji magistrali CAN pojazdu Citroen C5.

Dany węzeł wykonano z głównego modułu BSI (rys.3.30) na przewodach skrętki 9000 i 9001. W przewodach tych przepływają wszystkie sygnały wysyłane przez poszczególne węzły sieci na linii CAN_H oraz CAN_L.



Rys.3.30. Miejsce podłączenia odczepu na głównej szynie magistrali CAN w pojeździe Citroenie C5.

Charakterystykę samochodu Citroen C5 określoną na hamowni podwoziowej przedstawiono na rys.3.31.



Rys.3.41. Charakterystyka samochodu Citroen C5.

Literatura

- [1] Arbeits – und informationsunterlagen Fiat Punto Speedgear – Fiat Automobil AG, 2000
- [2] ARCZYŃSKI S.: Teoria ruchu samochodu WPN, Warszawa 1976.
- [3] AUGUSTYNOWICZ A.: Modelowanie typu kierowcy samochodu, Studia i monografie z. 232, Oficyna wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 2009.
- [4] BROL S., MAMALA J.: Sposób wyznaczania parametrów trakcyjnych pojazdu drogowego i układ do wyznaczania parametrów trakcyjnych pojazdu drogowego, MKP, Politechnika Opolska. – Patent, Polska, nr PL380401 Opubl:2007.
- [5] DASyLab 9.0.2, National Instruments Ireland Resources Limited, 2006

- [6] Dual Mode 5V/ Programmable Micropower Voltage Regulators, Maxim Integradet Products, USA 1996
- [7] JANTOS J.: Nowa koncepcja systemu sterowania napędu w samochodzie osobowym z silnikiem ZI, Czasopismo Techniczne - Mechanika, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 1998, str. 142-153
- [8] JANTOS J.: Sterowanie optymalne w procesie ruszania samochodu; Folia Societatis Scientiarum Lublinensis, Vol.2, nr 1-2, Lublin 1993, str. 51-59.
- [9] JANTOS J.: Interpretacja położenia pedału przyspieszenia w układzie napędowym z przekładnią bezstopniową, Teza Komisji Naukowo-Problemovej Motoryzacji PAN, ISSN 1642-1639, Kraków 2001, zeszyt 22, str. 192-198
- [10] JANTOS J.: Regulacja mocy silnika ZI w samochodzie osobowym w aspekcie energetyczno-ekologicznym, Materiały konferencyjne V. Konferencji Naukowo-Technicznej „Diagnostyka pojazdów samochodowych 2000”, Katowice 2000, tom II, str. 101-110
- [11] MAMALA J., BROL S., JANTOS J.: Estymacja charakterystyk układu napędowego na podstawie pomiaru przyspieszenia samochodu, Studia i monografie z. 235, Oficyna wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 2008.
- [12] MAMALA J.: Kompensacja niedostatku siły napędowej w procesie rozpędzania samochodu osobowego, Studia i monografie z. 290, Oficyna wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 2011.
- [13] MERKISZ J., MAZUREK S., PIELECHA J.: Pokładowe urządzenia rejestrujące w samochodach, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2007
- [14] MITSCHKE M.: ;Dynamika samochodu
- [15] Monolithic Thermocouple Amplifiers with Cold Junction Compensation AD594/AD595, Analog Devices, USA 1999
- [16] PACEJKA H. B.: Tyre and vehicle dynamics, Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier 2002.
- [17] PCI-DAS6013 and PCI-DAS614 Analog and Digital I/O Boards, Identical specifications, Measurement Computing Corporation, May 2005
- [18] PROCHOWSKI L.: Mechanika ruchu, WKŁ, Warszawa 2008.
- [19] Raport z projektu badawczego, Mamala J., i inni, nr 4T12D 02329 - Samochodowy układ napędowy o zerowej inercji, Opole 2008
- [20] SIŁKA W.: Teoria ruchu samochodu, WNT Warszawa, 2002.
- [21] www.dasylab.com
- [22] www.maxim-ic.com\quick.html

Nazwa projektu: „Utworzenie nowoczesnego stanowiska badawczego do badania układów napędowych pojazdów drogowych i rolniczych spełniającego wymogi określone w PN oraz w certyfikacie TUV na Politechnice Opolskiej,,

Nr ewidencyjny wniosku: WND-RPOP.01.03.01-16-010/12

Nr umowy o dofinansowanie projektu: RPOP.01.03.01-16-010/12-00

Nazwa programu: Regionalny Program Operacyjny Województwa Opolskiego na lata 2007 – 2013

Oś priorytetowa: RPOP.01.00.00 – Wzmocnienie atrakcyjności gospodarczej regionu

Działanie: RPOP.01.03.00 – Innowacje, badania, rozwój technologiczny

Poddziałanie: RPOP.01.03.01 – Wsparcie sektora B+R oraz innowacji na rzecz przedsiębiorstw

Jednostka organizacyjna/wydział – Wydział Mechaniczny