

System akwizycji danych z kokpitu samochodu osobowego do zastosowania w symulatorze do nauki jazdy osób niepełnosprawnych

Gabriel Kost, Daniel Reclik, Waclaw Banaś

Instytut Automatyzacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania,
Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

Streszczenie: Od 2010 r. Wydział Mechaniczny Technologiczny Politechniki Śląskiej realizuje projekt mechatronicznego integratora procedur sterowania, przeznaczonego do sterowania symulatorem nauki jazdy. Symulator będzie przeznaczony do początkowych faz nauki jazdy osób niepełnosprawnych, gdyż osoby te – głównie z dysfunkcjami ruchu kończyn dolnych – mają ogromne kłopoty z przygotowaniem do egzaminu na prawo jazdy. Kłopoty te wynikają przede wszystkim z konieczności przygotowania we własnym zakresie pojazdu (przerobionego do jazdy z wykorzystaniem dodatkowych manetek zastępujących działanie pedałów gazu i hamulca, a także – w razie potrzeby – sprzęgła). Dodatkową trudnością jest znalezienie instruktora, który zgodziłby się na przeprowadzenie szkolenia z wykorzystaniem prywatnego samochodu kursanta. Aby ułatwić takim osobom zaadaptowanie do warunków drogowych, postanowiono opracować technologię zdolną do wprowadzenia do seryjnej produkcji i mającą na celu pełną integrację systemu sterowania symulatora z oprzyrządowaniem samochodu w taki sposób, aby obsługa symulatora samochodu możliwie wiernie odzwierciedlała rzeczywistą obsługę pojazdu mechanicznego. W pracy omówiono projekt i realizację systemu akwizycji danych z wnętrza pojazdu FIAT PANDA. System akwizycji danych ma umożliwiać odczyt położenia wszystkich przełączników znajdujących się na desce rozdzielczej oraz w kolumnie kierownicy samochodu w taki sposób, aby dane odczytywane mogły zostać wprowadzone do przemysłowego układu sterowania opartego na sterowniku PLC. Jest to warunek niezbędny, aby opracowywany system mógł znaleźć zastosowanie w projekcie mechatronicznego integratora procedur sterowania symulatorem samochodu z przeznaczeniem do nauki jazdy osób niepełnosprawnych, gdyż projekt został oparty o przemysłowe rozwiązania w zakresie sterowania napędami typu serwo. Ponieważ systemy automatyki przemysłowej pracują na zupełnie innych wartościach napięć niż instalacja pokładowa samochodów osobowych konieczne było zastąpienie praktycznie wszystkich elementów deski rozdzielczej nowymi podzespołami, których konstrukcja z jednej strony spełnia normy przemysłowej automatyki, a z drugiej strony pozwala na ukrycie w całości wewnątrz deski rozdzielczej, tak aby osoba ćwicząca na symulatorze nie odczuwała różnicy w ich obsłudze względem rzeczywistego pojazdu.

Słowa kluczowe: platforma Stewarta, nauka jazdy osób niepełnosprawnych, wirtualna rzeczywistość, mechatroniczny integrator, sterowanie, PLC

Współczesne realia życia wymuszają dużą mobilność społeczności. Mobilność ta jest wielokrotnie warunkiem koniecznym uzyskania dobrze płatnej pra-

cy zarobkowej, jak również warunkuje funkcjonowanie w życiu kulturalnym i społecznym. Osoby niepełnosprawne, podobnie jak pełnosprawne, muszą być mobilne. Przez pojęcie mobilności rozumie się przede wszystkim możliwość prowadzenia samochodu osobowego, który jest najbardziej rozpowszechnionym środkiem komunikacji. W przypadku wielu osób z dysfunkcjami kończyn niezbędne jest posiadanie odpowiednio przystosowanego samochodu, w którym funkcje pedałów przyspieszacza, sprzęgła i hamulca przejmują specjalne manetki ręczne.

Obsługa takiego pojazdu jest znacząco różna od prowadzenia typowego samochodu. Wiąże się to z koniecznością synchronizacji pracy rąk, które podczas prowadzenia pojazdu przerobionego na potrzeby inwalidów, poza typowymi zadaniami (kierowanie, zmiana biegów, przełączanie dźwigni kierunkowskazów i wycieraczek), muszą obsługiwać dodatkowo manetki sterowania hamulca i przepustnicy. W związku z tym bardzo często następuje konieczność przyspieszenia reakcji, tak aby poza typowymi zachowaniami (np. zmiana biegu) możliwe było dodanie gazu w odpowiednim momencie.

Wszystkie te czynniki sprawiają, że do prowadzenia pojazdów specjalnych (przystosowanych dla osób z dysfunkcjami kończyn dolnych) wymagane są dodatkowe umiejętności. Umiejętności te zdobywa się (podobnie jak podczas zwykłego kursu prawa jazdy) podczas ćwiczeń praktycznych. Kłopotem jest jednak to, że kursant musi na własny koszt przerobić swój pojazd, a następnie znaleźć instruktora, który zgodzi się nadzorować ćwiczenia praktyczne w warunkach drogowych na prywatnym pojeździe kursanta. Wszystkie te czynniki powodują, że osoby niepełnosprawne poddawane są dodatkowym obciążeniom psychicznym, które w sposób znaczący utrudniają pierwsze kontakty z ruchem ulicznym, co pozwoliło na sformułowanie założeń projektowych, a także określenie sposobu wyznaczenia wymaganych wartości przyspieszeń związanych z symulowaniem odczuć w rzeczywistym pojeździe.

1. Wprowadzenie

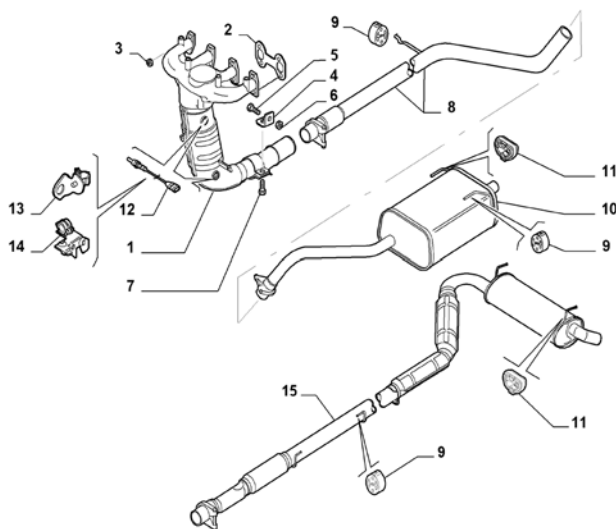
Aby ułatwić oswojenie się z prowadzeniem nietypowych pojazdów w warunkach drogowych, przy jednoczesnym zapewnieniu bezpieczeństwa dla kursanta, jak i pozostałych uczestników ruchu drogowego, rozpoczęto prace nad symulatorem samochodu przystosowanego do kierowania przez osoby niepełnosprawne. Po przeprowadzonym procesie koncygowania przyjęto, że symulator będzie stanowiła karoseria samochodu FIAT Panda umieszczona na 6-osio-

wej platformie Stewarta, która odpowiedzialna będzie za generowanie odczuć związanych z występującymi podczas normalnej jazdy samochodem przeciążeniami. Projektowany symulator musi pozwalać na symulowanie różnego rodzaju warunków drogowych przy możliwie wiernym odwzwierciedleniu zachowania się pojazdu. Aby uzyskać możliwie wierne odczuwanie prowadzenia pojazdu, poza koniecznością generowania przeciążeń związanych np. z działaniem siły odśrodkowej podczas pokonywania zakrętów, czy opóźnień wywołanych nagłym hamowaniem, koniecznym było opracowanie mechatronicznego integratora procedur sterowania, którego głównym zadaniem jest gromadzenie informacji o stanie przełączników kokpitu kierowcy samochodu, realizacja sprzężenia force feedback na kole kierownicy, jak również odwzwierciedlanie stanu pojazdu poprzez wychylenie wskazówek licznika, a także zapalanie kontrolki tablicy rozdzielczej.

Ponieważ bardzo ważnym aspektem jest maksymalna zgodność zachowania symulatora pojazdu z oryginalnym samochodem, opracowywany moduł funkcjonalny musi pozwalać na pełne ukrycie wewnątrz kabiny pojazdu, tak aby dodatkowo osprzęt elektroniczny nie rozpraszał kursanta ćwiczącego w symulatorze [1, 2]. Oczywiście, zgromadzone dane muszą być przesyłane do systemu obliczeniowego VR (wirtualnej rzeczywistości), aby na podstawie dynamicznych równań ruchu i opracowanych modułów reprezentacji zjawisk dynamicznych (fizyki pojazdu), mogły stanowić dane wejściowe do wyznaczenia odpowiednich wartości przeciążeń, jakie muszą wystąpić w kolejnym kroku symulacji, wygenerowane przez układ napędowy platformy nośnej symulatora.

2. Pierwszy etap przystosowywania kabiny pojazdu – demontaż seryjnego samochodu

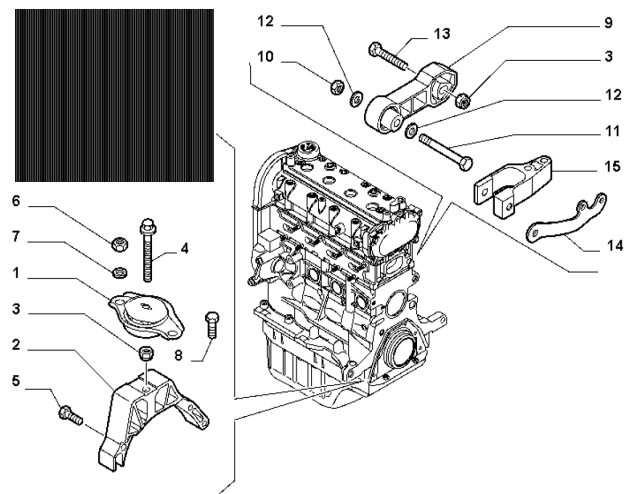
Pierwszym etapem przystosowywania kabiny pojazdu na potrzeby budowy symulatora było zdemontowanie wszelkich niepotrzebnych do procesu symulacji podzespołów samochodu. Prace demontażowe rozpoczęto od demontażu układu wydechowego. Po zdemontowaniu wszystkich osłon rozkręcono złącza kołnierzowe i zdjęto całość wydechu, co



Rys. 1. Elementy składowe układu wydechowego FIAT Panda [4]
Fig. 1. Parts of the FIAT Panda exhaust system [4]

pozwolilo na uzyskanie dostępu do osłony przewodów paliwowych i hamulcowych. Proces demontażu układu wydechowego pokazano na rys. 1.

Kolejnym etapem było usunięcie wszystkich płynów zespołu napędowego, hamulcowego i układu chłodzenia. Po opróżnieniu zbiorników wyrównawczych i misek olejowych rozpoczęto prace związane z demontażem układu napędowego. W pierwszej kolejności wyjęty został zespół silnika i skrzyni biegów. Aby umożliwić wyjęcie skrzyni biegów, konieczne było rozsprzęgnięcie przegubów półosi napędowych, w taki sposób, aby całość zespołu przekazywania momentu na koła została usunięta z pojazdu razem ze skrzynią biegów. Aby podnieść silnik z łoża, należało rozkręcić złącza kołnierzowe, a także zdemontować cięgna sterujące z korpusu skrzyni biegów oraz okablowania silnika (przewody czujników, przewody układu zasilania paliwem i powietrzem, a także przewody wysokiego napięcia). Dodatkowo konieczne było rozłączenie linek i dźwigni sterujących (przepustnica, cięgna sterujące skrzyni biegów, układ hydraulicznego sterowania sprzęgłem). Sam demontaż silnika wymagał rozkręcenia złączy wibroizolatorów, jak pokazano na rys. 2.

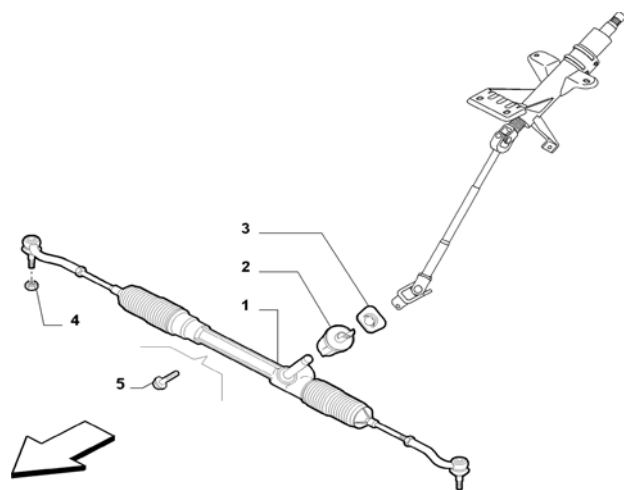


Rys. 2. Elementy systemu mocowania silnika FIAT Panda [4]
Fig. 2. Parts of the FIAT Panda engine clamping system [4]

Aby możliwe było usunięcie silnika, a w dalszej kolejności skrzyni biegów wraz z przekładnią główną i dyferencjałem konieczne było zdjęcie pokrywy komory silnika. Po wyjęciu zespołu napędowego konieczne było usunięcie elementów sterujących pracą silnika, okablowania i zespołu bezpieczników, a także niepotrzebnych już zbiorników płynu chłodzącego, hamulcowego i zespołu spryskiwaczy szyb, przedniej i tylnej.

Po usunięciu z pojazdu wszystkich elementów zespołu napędowego rozpoczęto prace nad demontażem zbędnych elementów układu kierowniczego. Ponieważ symulator musi odwzwierciedlać odczucia występujące podczas prowadzenia rzeczywistego pojazdu, konieczne jest, aby pozostawić w nim kompletną kolumnę kierowniczą. Postanowiono, że najskuteczniejszym sposobem demontażu niepotrzebnej części układu kierowniczego będzie rozsprzęgnięcie dolnego przegubu krzyżakowego i w dalszej kolejności wyjęcie zespołu maglownicy wraz z drążkami kierowniczymi. Aby jednak ułatwić to zadanie postanowiono, że demontaż maglownicy

nastąpi jednocześnie wraz z demontażem zawieszenia przedniego (co umożliwi skrócenie czasu pracy poprzez ominięcie kłopotliwego demontażu drążków kierowniczych). Widok zespołów układu kierowniczego pokazano na rys. 3.



Rys. 3. Elementy składowe układu kierowniczego FIAT Panda [4]
Fig. 3. Parts of the FIAT Panda steering system [4]

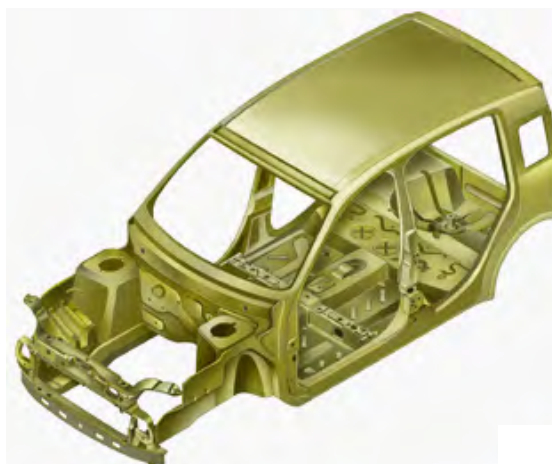
Po wykonaniu demontażu całości niepotrzebnych podzespołów samochodu możliwe było rozpoczęcie prac koncepcyjnych związanych z mocowaniem kabiny na platformie, a także nad opracowaniem projektów związanych z zabudową układów sensorycznych niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania systemu akwizycji danych z wnętrza pojazdu. Na rys. 4 pokazano zdjęcie przedziału silnikowego po dokonaniu demontażu podzespołów napędowych i zawieszenia. Zdjęcie pochodzi z wczesnego etapu montażu czujników, stąd można zauważyć znaczną liczbę nowych przewodów elektrycznych wychodzących z fabrycznego przepustu kablowego między kabiną a przedziałem silnika.



Rys. 4. Przedział silnikowy samochodu po procesie demontażu
Fig. 4. The engine chamber after disassembling process

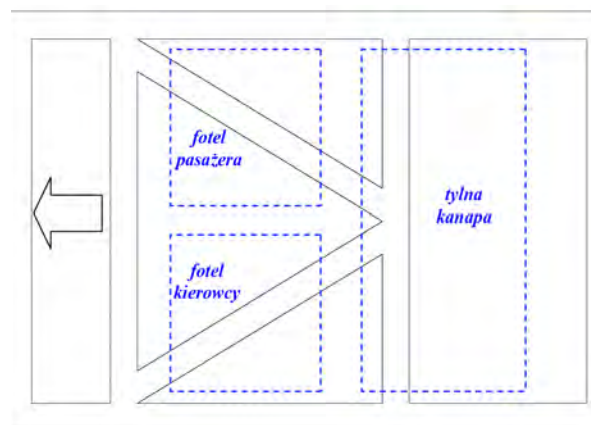
3. Koncepcja mocowania kabiny pojazdu do ramy nośnej platformy symulatora

Aby umożliwić montaż kabiny pojazdu na platformie nośnej symulatora (platformie Stewarta [1, 2]), konieczne było przygotowanie koncepcji zastępującej fabryczne rozporę zawieszenia sztywną ramą współpracującą z fabrycznymi punktami mocowania wahaczy i amortyzatorów. Pierwszym etapem prac koncepcyjnych było przyjęcie orientacji i położenia górnej platformy względem pojazdu. Platformy Stewarta wykonywane są na obrysie trójkąta. Chcąc zachować odpowiednie położenie górnego trójkąta względem pojazdu, koniecznym było oszacowanie położenia środka ciężkości kabiny po usunięciu całości niepotrzebnych podzespołów. Na rys. 5 pokazano karoserię pojazdu.

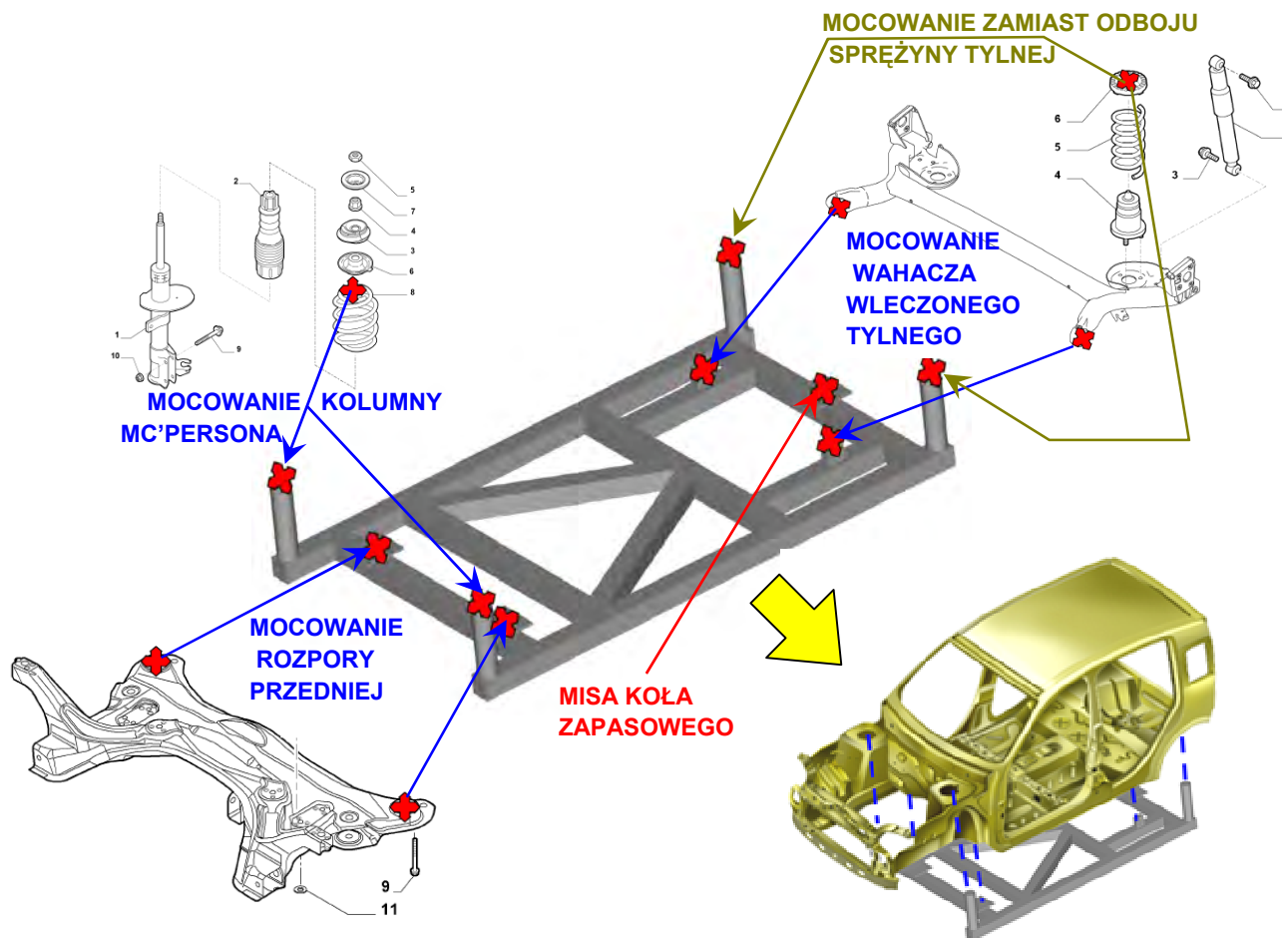


Rys. 5. Karoseria samochodu FIAT Panda [4]
Fig. 5. The FIAT Panda body [4]

Przyjęto, że po odciążeniu przedziału silnika, środek ciężkości będzie zlokalizowany w okolicy tylnej części foteli przedniego rzędu siedzeń. Ponieważ pojazd jest symetryczny, zatem poprzeczne usytuowanie środka ciężkości będzie pokrywało się z osią pojazdu. Aby jednak umożliwić możliwie wierne symulowanie przeciążeń występujących podczas jazdy rzeczywistym pojazdem, położenie środka górnego trójkąta platformy powinno znajdować się w możliwie bliskiej odle-



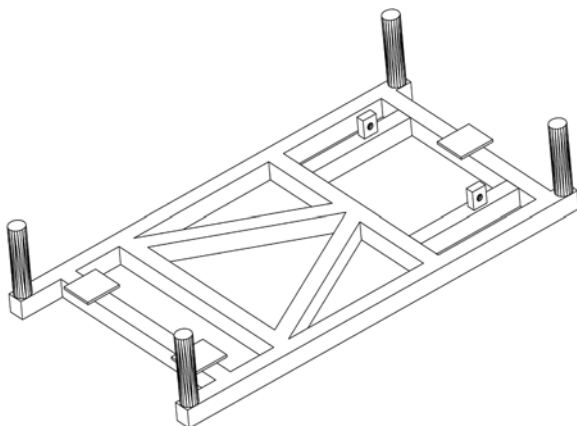
Rys. 6. Położenie górnego trójkąta platformy Stewarta powiększonego o ramę nośną względem foteli samochodu
Fig. 6. The position of upper triangle of the Stewart's platform enlarge on panel frame in relation to the car seats



Rys. 7. Schemat doboru punktów mocowania kabiny samochodu do platformy Stewarta w punktach mocowania zawieszenia
Fig. 7. The diagram of the fixing method of the car cab to the Stewarts platform

głości od środka fotelu kierowcy. Dlatego też zdecydowano się na przesunięcie środka trójkąta względem oszacowanego środka ciężkości kabiny, jak to pokazano na rys. 6.

Aby umożliwić symulację przeciążeń, należało zapewnić odpowiednio wytrzymałe i sztywne mocowanie górnej części platformy do kabiny pojazdu (rys. 7). Opracowano zatem zastępczy schemat mocowania górnej platformy do nadwozia w taki sposób, aby punkty łączące platformę z kabiną pokrywały się z mocowaniem fabrycznego zawieszenia pojazdu. Ostateczną koncepcję ramy pokazano na rys. 8. Koncepcja ta zostanie w dalszej części poddana weryfikacji



Rys. 8. Ostateczna koncepcja górnej platformy symulatora
Fig. 8. The final idea of simulator's upper platform

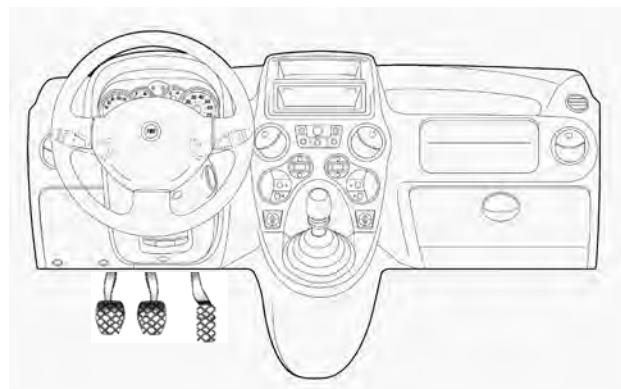
wytrzymałościowej, aby umożliwić wyznaczenie przekrojów profili nośnych, a także wymiarów minimalnych spoin.

Aby ułatwić proces samego montażu przyjęto, że w miejscach mocowania kolumn McPerson przedniego zawieszenia, jak również sprężyn tylnych, zostaną wstawione słupy z rury grubościenniej z dospawaną pokrywą z blachy $g=10$ mm do przykręcenia śrub montażowych po nałożeniu kabiny na platformę (co ułatwi kompensację błędów powstałych podczas wykonywania ramy nośnej górnej części platformy symulatora).

4. System akwizycji danych – symulacja działania wskaźników i kontrolki

Mając opracowaną koncepcję montażu kabiny na platformie symulacyjnej, rozpoczęto prace nad systemem pozwalającym na symulowanie działania poszczególnych urządzeń pokładowych. Aby możliwe było określenie wymagań związanych z osprzętem automatyki współpracującej z kokpitem samochodu FIAT Panda konieczne jest, aby w pierwszej kolejności wyznaczyć zakres odzwierciedlenia rzeczywistości podczas ćwiczeń symulacyjnych osoby niepełnosprawnej. Na rys. 9 pokazano wnętrze kokpitu kierowcy samochodu. Ustalono, że najważniejszymi umiejętnościami, jakie musi posiadać kursant podczas ćwiczeń na symulatorze są: zapoznanie z obsługą osprzętu zastępującego pedały gazu i hamulca (osprzęt dla osób niepełnosprawnych), oswoje-

nie z ruchem ulicznym, koordynacja ruchów zmiany biegów ze sterowaniem położenia przepustnicy lub hamulca. Aby spełnić postawione założenia, konieczne jest zapewnienie poprawności odzwierciedlenia działania niektórych podzespołów i przełączników kokpitu samochodu. Pozostałe, mniej znaczące przełączniki (np. sterowanie nawiewami, opuszczanie i podnoszenie szyb, obsługa dwupoziomowego wspomaganie kierownicy, czy też obsługa komputera pokładowego) mogą zostać wyłączone z użytku, gdyż niepotrzebnie będą rozpraszały kursanta, a ich działanie nie wpływa bezpośrednio na bezpieczeństwo jazdy i tym samym nie musi być ćwiczone w warunkach wirtualnej rzeczywistości.



Rys. 9. Kokpit samochodu FIAT Panda [4]

Fig. 9. The FIAT Panda cockpit [4]

Ostatecznie przyjęto, że na potrzeby realizacji sterowania mechatronicznego integratora ograniczone zostają funkcje akwizycji danych do:

- odczytu kąta obrotu kierownicy,
- odczytu położenia kluczyka w stacyjce samochodu,
- odczyt położenia lewarka zmiany biegów,
- odczyt położenia przełączników obsługi wycieraczek,
- odczyt położenia dźwigni świateł i kierunkowskazów,
- odczyt położenia pedałów: gazu, sprzęgła i hamulca,
- odczyt położenia lewarka hamulca ręcznego,
- odczyt stanu przełącznika świateł awaryjnych.

Dodatkowo przyjęto zakres interakcji (symulacji działania kokpitu) jako:

- realizacja wychyłu wskazówki prędkościomierza,
- realizacja sprzężenia siłowego (force feedback) na kole kierownicy,
- symulacja działania kontrolki: kierunkowskazów, świateł pozycyjnych, braku ładowania akumulatora, działania pompy paliwa przy przekręcaniu kluczyka w stacyjce,
- obsługa mechanizmu wycieraczek samochodu.

Jako pierwsze przygotowane zostały plany zastąpienia oryginalnego modułu prędkościomierza systemem pozwalającym na zdalne zadawanie wychylenia wskazówek licznika prędkości i pozostałych wskaźników. Główną ideą, jaka przyświecała autorom, było umożliwienie połączenia układu mechanicznego i elektrycznego wskaźników z systemem sterowania platformy w taki sposób, aby nadrzędny system sterowania, w oparciu o obliczone w wirtualnej rzeczywistości parametry ruchu pojazdu (w tym prędkość), był w stanie wygenerować odpowied-

nie wymuszenie dla poszczególnych kontrolki i wskaźników pojazdu, co w połączeniu z wyświetlanym obrazem i generowanymi przeciążeniami ma sprawić, że odczucia z jazdy symulatorem będą maksymalnie zbliżone do tych, jakie można zaobserwować w rzeczywistych warunkach drogowych.

4.1. Modyfikacja bloku licznika

Chcąc umożliwić realizację zdalnie zadawanego wychyłu licznika, konieczne było w pierwszej kolejności ustalenie zakresów wychyłu poszczególnych wskazówek. Ponieważ największy zakres kątowny obrotu posiada wskazówka prędkościomierza, prace związane z doborem napędu wskazówek rozpoczęto właśnie od niej. Na rys. 10 pokazano blok licznika samochodu FIAT Panda. Kolorem żółtym zaznaczono minimalny zestaw kontrolki, jaki musi zostać obsłużony w celu zapewnienia pełnej zgodności z warunkami drogowymi.



Rys. 10. Blok licznika samochodu FIAT Panda [4]

Fig. 10. The FIAT Panda speedometer block [4]

Analizując aktualny stan prawny związany z przepisami ruchu drogowego przyjęto, że samochód nie powinien przekroczyć prędkości 140 km/h. Po dokonaniu pomiaru kąta wychylenia wskazówki ustalono, że dobrane napędy muszą zapewniać możliwość obrotu o 134°. Parametr ten jest bardzo istotny, gdyż postanowiono zastosować serwonapędy modelarskie i konieczne było określenie kąta wychyłu wodzika (rys. 11).

Chcąc dobrać właściwe napędy wskazówek, sprawdzono fabrycznie zainstalowane silniki krokowe pod względem generowanego momentu. Fabryczne wskaźniki zostały wykonane w oparciu o silniki PM20T-036-MMB0 firmy NMB.

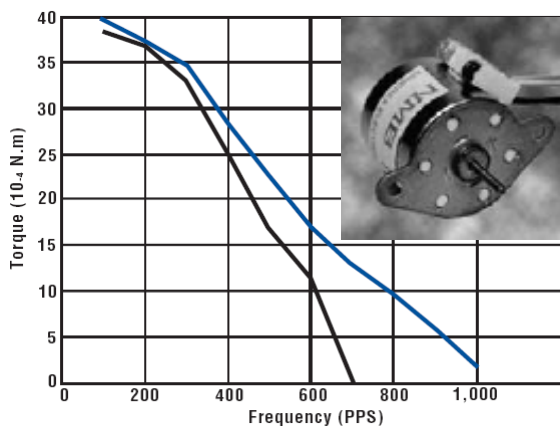


Rys. 11. Minimalny kąt obrotu wskazówki prędkościomierza

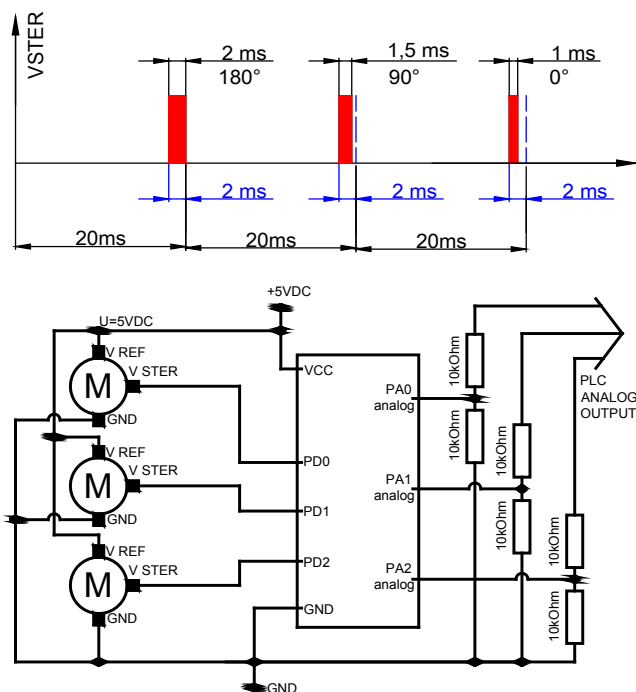
Fig. 11. The minimal angle of the speed indicator rotation

Według danych katalogowych silniki te generują moment trzymający 0,004 Nm. W miarę zwiększania częstotliwości zmian położenia moment maleje do 0,001 Nm przy częstotliwości 800 Hz. Wykres momentu seryjnych napędów pokazano na rys. 12. Po analizie dostępnych serwonapędów modelarskich okazało się, że wymagane momenty i zakresy ruchu spełnia większość mikroserwonapędów lotniczych. Ostatecznie dobrano napęd TSX90 ze względu na warunki zabudowy, które były odpowiednie do umieszczenia wewnątrz bloku licznika. Sterowanie serwonapędem odbywa się poprzez odpowiednio formowane szerokości impulsów elektrycznych.

Chcąc zapewnić poprawne sterowanie dobranych serwonapędów modelarskich, konieczne było wykonanie konwertera, który zamieniałby wartość zadaną na szerokość impulsów



Rys. 12. Charakterystyka silnika PM20T-036-MMB0
 Fig. 12. The PM20T-036-MMB0 drive characteristic

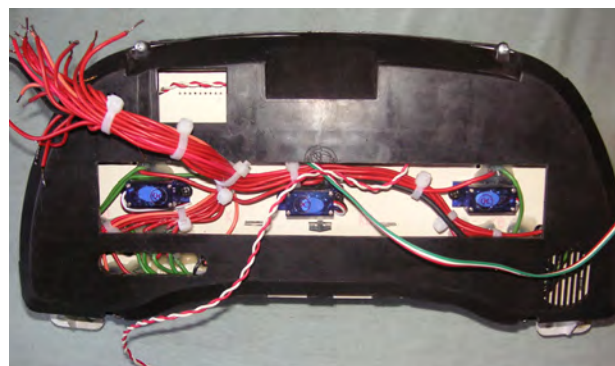


Rys. 13. Formowanie impulsów sterujących mikrokontrolera wraz ze schematem połączeń do serwonapędów TSX90
 Fig. 13. Forming of the microcontroller's steering pulses with the wiring diagram to the TSX90 servo

sterujących napędami. W tym celu zaprogramowano odpowiedni procesor AVR. Widok charakterystyki wyjściowej wraz ze schematem elektrycznym połączeń serwonapędów pokazano na rys. 13.

Chcąc zapewnić zgodność napięcia zadającego ze standardem automatyki przemysłowej zastosowano dzielniki napięciowe 1:2 (wykonane na rezystorach precyzyjnych 10 kΩ), co pozwoliło na pomiary napięć 0-10 VDC mikrokontrolerem pracującym w standardzie TTL (0-5,5 V).

Kolejnym krokiem modyfikacji seryjnego bloku licznika na potrzeby budowy symulatora było zastąpienie seryjnych diod kontrolki i podświetlenia wskaźników układem zdolnym do pracy na przemysłowych standardach napięć. Aby umożliwić zastosowanie bezpośredniego sterowania w logice source napięciem 24 V DC konieczne było zainstalowanie w bloku licznika przemysłowych kontrolki. Ze względu na ograniczoną ilość miejsca zdecydowano się na zastosowanie kontrolki diodowych. Widok bloku licznika po wykonaniu niezbędnych prac pokazano na rys. 14.



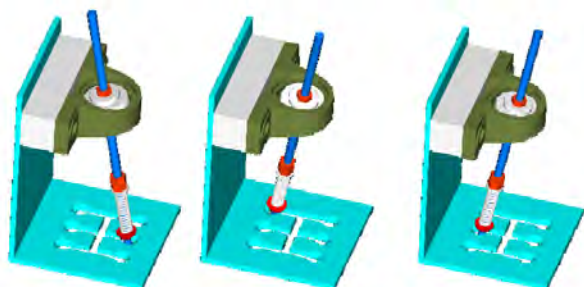
Rys. 14. Gotowy moduł licznika przygotowany do montażu
 Fig. 14. The speedometer block ready to mount in the car

4.2. Modyfikacja lewarka zmiany biegów

Kolejnym krokiem prac nad przygotowaniem systemu akwizycji danych z wnętrza pojazdu było opracowanie koncepcji zastąpienia fabrycznego lewarka zmiany biegów układem pozwalającym na symulację skrzyni biegów. W seryjnym samochodzie odpowiedni tor ruchu lewarka wymusza układ wodzików skrzyni biegów. Po demontażu skrzyni utracony został układ ograniczeń ruchu. W tym celu konieczne było zastąpienie pracującej skrzyni biegów układem mechanicznego ograniczania możliwości ruchowych lewarka. O konieczności wykonania nowego układu mechanicznego, zastępującego fabryczny lewarek, zdecydował również fakt, że poza właściwym kierowaniem ruchu gałki zmiany biegów konieczne jest ponadto odczytywanie jej położenia, a w przypadku fabrycznego lewarka byłoby to niezmiernie trudne do osiągnięcia.

Aby uzyskać maksymalną zbieżność działania nowego układu mechanicznego z rozwiązaniem seryjnym, przygotowano model 3D, który następnie poddano symulacji. Za odczyt położenia lewarka odpowiedzialne będą czujniki indukcyjne umieszczone pod grzebieniem prowadzącym. Przyjęto, że będą to czujniki SELS o średnicy 12 mm. Układ mechaniczny musi możliwie dokładnie odwzorować zakresy kątowe ruchów oryginalnego lewarka, które po dokonanych pomiarach zostały przeniesione na przygotowany model. Zakresy kątowe wychyłu dźwigni fabrycznej wynoszą ±15°. Jako przegubu kulistego

użyto łożyska samonastawnego UCP201. Dźwignia główna została wykonana w postaci pręta gwintowanego, mocowanego na kołnierzach skręcanych nakrętkami M8 do kołnierza łożyska. Całość układu mechanicznego (rys. 15) osadzono na płycie z blachy $g=4$ mm z otworami pasującymi do oryginalnego mocowania. Aby dodatkowo utrzymać położenia lewarka w polu działania czujników, każde z położen włączonego biegu wykonano w kształcie otworu stożkowego współpracującego z układem docisku mechanicznego z zakończeniem kulistym. Siłę docisku regulować można wykręceniem nakrętki oporowej napinającej sprężynę dociskową.



Rys. 15. Symulacja modelu 3D nowego układu mechanicznego lewarka zmiany biegów

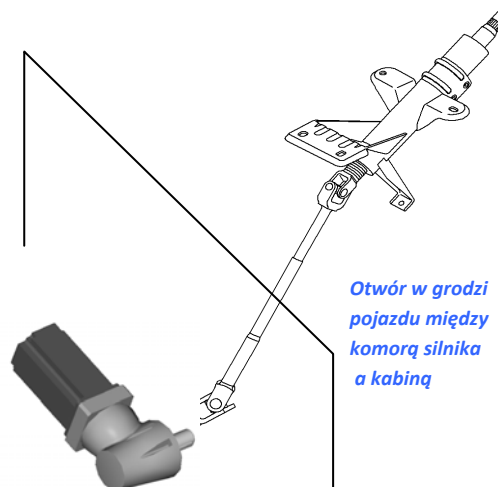
Fig. 15. The 3D model simulation of the new gear lever mechanic

4.3. Pomiar kąta wychylenia kierownicy

Kolejnym krokiem prac nad przygotowaniem systemu akwizycji danych z wnętrza pojazdu było opracowanie systemu pomiarowego kąta obrotu koła kierownicy. Ponieważ zgodnie z założeniami projektu konieczne jest zapewnienie możliwości oddziaływania pojazdu na koło kierownicy (szarpnięcie przy najechaniu na przeszkodę, samoczynne prostowanie kół po wyjściu z zakrętu itp.), konieczne było połączenie układu kierowniczego z aktuatorem kątowym sprzężenia force-feedback. Układ ten ma ponadto pozwalać na pomiar szybkości reakcji kierowcy na zaistniałe zdarzenie (np. wtargnięcie pieszego na jezdnię). Aby uzyskać postawione cele, koniecznym okazało się zastosowanie przemysłowego serwonapędu z możliwością zadawania momentu, przy jednoczesnym ograniczaniu prędkości obrotowej wału silnika. Warunek ten musi być spełniony ze względów bezpieczeństwa, gdyż przypadkowe włożenie ręki w otwór między ramionami kierownicy podczas symulowania samoczynnego prostowania kół pojazdy, np. po wyjściu z zakrętu, przy zbyt dużej wartości momentu generowanego przez układ force-feedback spowodowałby możliwość odniesienia obrażeń przez kierującego. Z drugiej jednak strony dobór silnika serwo o zbyt małym momencie skutecznie ograniczałby możliwość szarpnięcia kierownicą przy najechaniu np. na krawężnik, albo podczas symulacji jazdy samochodem po kostce brukowej.

Przyjęto, że zastosowany układ będzie pracował w dwóch zakresach momentu. Pierwszy zakres będzie posiadał ograniczenie 2 Nm przy jednoczesnym utrzymywaniu prędkości poniżej 0,4 rad/s. W przypadku przejścia na tryb wysokomomentowy napęd zapamiętuje położenie i zezwala na ruch jedynie w zakresie $\pm 10^\circ$ względem położenia, w którym znajdował się w momencie odczytu wymuszenia z systemu VR. Ostatecznie dobrano napęd 8LSA35.EB030D000 firmy B&R [4] sterowany serwowzmacniaczem ACOPOSmulti 8BVI0014HWS0 [4]. Napęd ten pozwala na wygenerowanie

momentu 2,3 Nm, co w połączeniu z przekładnią planetarną 1:10 pozwala na uzyskanie szczytowego momentu (na potrzeby symulacji krótkotrwałego szarpnięcia kierownicą przy wystąpieniu np. kolizji na poziomie 30 Nm przy zastosowaniu forsowania prądowego). Dobry model przekładni planetarnej pozwala na znaczne obciążenia poprzeczne wału, co było niezbędne przy założonej koncepcji integracji z kolumną kierownicy fabrycznego pojazdu. Przyjęto, że przekładnia będzie zamocowana w fabrycznym otworze mocowania kołnierza maglownicy przekładni kierowniczej. Do zasprzęglenia napędu zostanie wykorzystany fabryczny łącznik krzyżakowy przegubu kardana, jak pokazano na rys.16. Dodatkowym atutem zastosowanego rozwiązania jest możliwość odczytu kąta wychyłu kierownicy bezpośrednio z enkodera absolutnego serwonapędu (ekoder wielobrotowy EnDat 2.2)



Rys. 16. Układ pomiaru położenia i symulacji oddziaływań force-feedback układu kierowniczego

Fig. 16. The steering well force-feedback and angular measurement system

4.4. Pomiary położenia lewarka hamulca ręcznego, pedałów gazu, hamulca i sprzęgła

Kolejnym krokiem prac nad przygotowaniem systemu akwizycji danych było opracowanie systemu pomiarowego wielkości analogowych, związanych z położeniami dźwigni hamulca ręcznego oraz pedałów hamulca, gazu i sprzęgła. Ponieważ konieczne było uzyskanie bardzo dokładnego odwzorowania tych wielkości, zastosowano układy pomiarowe o odpowiednio dużej rozdzielczości. Dodatkowo wymagane było, aby dobrany układ pomiarowy był układem pomiarowym absolutnym, gdyż zastosowany osprzęt dla osób niepełnosprawnych nie gwarantuje, że podczas rozpoczynania symulacji pedały znajdują się w pozycji referencyjnej (zastosowany osprzęt ma blokady położenia), co może skutkować, że przy rozpoczęciu kolejnej symulacji manetki nie będą znajdowały się w położeniu zerowym i tym samym nie mogą stanowić położenia odniesienia dla układu sterowania. Zdecydowano się na zastosowanie jednego typu czujników pomiarowych do wszystkich dźwigni. Ze względu na możliwość wystąpienia dużych wibracji dobrano układ, którego odporność na wibracje wynosi (wg danych producenta) do 50 m/s². Wybrano czujniki Tempsonics firmy MTS Sensors. Przyjęto, że wystarczające będą 50 mm zakresy pomiarowe, gdyż czujniki te będą montowane bezpośrednio do dźwigni pedałów w części środkowej,



Rys. 17. Czujnik Tempsonics firmy MTS Sensors
Fig. 17. The MTS Tempsonics sensor

tak aby nie były widoczne dla kursantów. Mocowanie czujników musi umożliwiać pomiar położenia przy zmiennych ustawieniach kątowych, dlatego przewidziane zostały mocowania na podwójnym układzie przegubów kulistych, jak to pokazano na rys. 17.

5. Podsumowanie

Prace nad podłączeniem systemu akwizycji danych są w trakcie realizacji, stąd część niniejszego artykułu stanowi pokazanie już wykonanych modyfikacji. Pozostałe fragmenty prezentują opracowania koncepcji, które w najbliższych tygodniach zostaną wykorzystane do dalszych etapów budowy.

Praca finansowana w ramach projektu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) nr N R03 – 0005 -10 „Mechatroniczny integrator procedur sterowania pojazdem samochodowym dla osób niepełnosprawnych”.

Bibliografia

1. Kost G., Reclik D. i inni: *Experimental determination of perceptible acceleration exerted on the driver of a passenger car* [w] *Machine-Building and Technosphere of the XXI Century, Materiały Konferencyjne*. Sewastopol. 2011.
2. Kost G., Dymarek A. i inni: *Concept of a simulator for teaching how to drive a car for people with disabilities* [w] *Machine-Building and Technosphere of the XXI Century, Materiały Konferencyjne*. Sewastopol. 2011.
3. Katalog B&R, B&R PC Innovations, B&R 2002.
4. Elektroniczny katalog serwisowy koncernu FIAT (EPER – dostęp przez www). ■

Data acquisition system from car cockpit applied in simulator for driving course for handicapped people

Abstract: The project of mechatronic integrating unit for steering of the simulator for driving course have started on Silesian Technical University in 2010. This simulator is destined for initial phase of learning how to drive a car for handicapped people, because of their huge problems with preparation to the driving license exam. Mainly, those problems are connected with the necessity of suitable car preparation by themselves, e.g. application of additional levers which replace gas, break and clutch pedals. Another problem is that, it is very difficult to find an instructor who will carry out the driving course with using a private car. To make getting used to street traffic more easy for handicapped people, there was necessary to work out a special technology of full integration of simulator steering system with car instrumentation. The point is that the si-

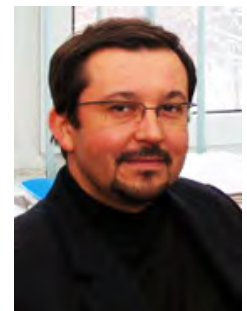
mulator must remind as much as it is possible the real car use. In this paper there is presented the project and data acquisition system applied in FIAT PANDA. This data acquisition system can read off the position of all applied switches which are attached on car board and in steering gear column. The read data are loaded to industrial steering system based on PLC controller. This solution is necessary to use if the system is applied in mechatronic integrator system for procedure steering of simulator for driving course for handicapped people, because the whole project is based on industrial solutions for servo steering drives. Moreover, there was necessary to replace all car board elements with other components because industrial automatic systems work on different voltage values than the on-board car installation. Furthermore, the main point is that, the new car structure must fulfill the two assumptions: it must fulfill standards of industrial automatic systems and it must cover every single switch and cable as it is in real traditional car. Those things are so important because the main goal of this project is to guarantee the handicapped people to feel exactly the same as they are in a real car in traffic street.

Keywords: Steward platform, driving school for the handicapped people, virtual reality, integrated mechatronic control system, PLC

dr hab. inż. Gabriel Kost, prof. PŚI

Kierownik zakładu Automatykacji i Robotyzacji Procesów Technologicznych w Instytucie Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania Politechniki Śląskiej. W swojej działalności naukowej dr hab. inż. Gabriel Kost zajmuje się zagadnieniami integracji i programowania zrobotyzowanych, elastycznych systemów technologicznych. Prof. Gabriel Kost jest kierownikiem projektu nr N R03–0005–10.

e-mail: gabriel.kost@polsl.pl



dr inż. Daniel Reclik

Adiunkt w Instytucie Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania Politechniki Śląskiej. W swojej działalności naukowej dr inż. Daniel Reclik zajmuje się programowaniem i optymalizacją trajektorii ruchu robotów przemysłowych z wykorzystaniem komputerowych systemów wspomagania prac inżynierskich.

e-mail: daniel.reclik@polsl.pl



dr inż. Waclaw Banaś

Adiunkt w Instytucie Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania Politechniki Śląskiej. W swojej działalności naukowej dr inż. Waclaw Banaś zajmuje się robotyką i mikroprocesorowymi systemami nadzoru i sterowania, w tym systemami przemysłowych sterowników logicznych PLC.

e-mail: waclaw.banas@polsl.pl

