

Stanisław TARYMA, Grzegorz RONOWSKI, Krzysztof BRZozowski, Łukasz LICHOTA, Marcin MIOTK,
Paweł Miodoński

SAMOCHÓD SPORTOWY DUOMOTO NAPĘDZANY DWOMA SILNIKAMI SPALINOWYMI

DOI: 10.24136/atest.2018.310

Data zgłoszenia: 30.08.2018. Data akceptacji: 25.09.2018.

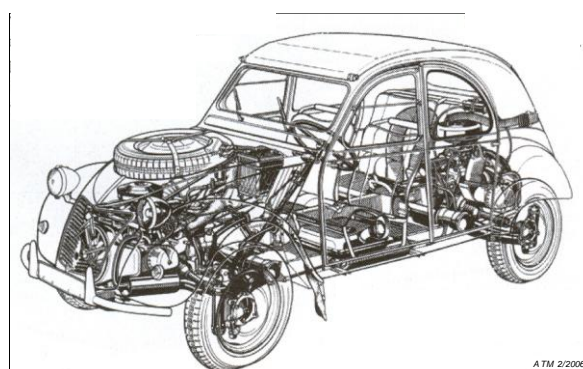
Prezentowano zaprojektowany i zbudowany przez zespół czterech dyplomantów Wydziału Mechanicznego Politechniki Gdańskiej samochód sportowy napędzany dwoma silnikami. Jeden z nich umieszczono z przodu pojazdu. Przekazuje on moment obrotowy na koła osi przedniej poprzez zespolony układ napędowy. Drugi silnik, usytuowany z tyłu pojazdu, w identyczny sposób przekazuje moment napędowy na koła osi tylnej. Samochód nazwany Duomoto powstał na bazie dwóch Volkswagenów Golfów GT. Poddano go badaniom drogowym. Wyniki badań oraz wnioski zamieszczono w niniejszym artykule.

WSTĘP

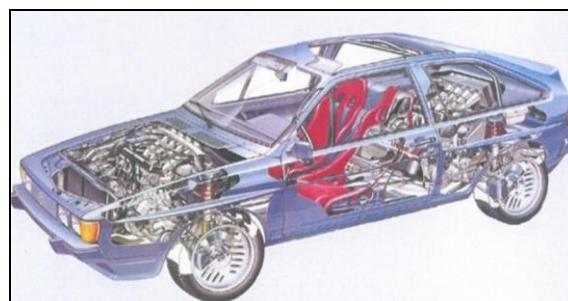
W historii motoryzacji można znaleźć kilka projektów pojazdów, w których zastosowano zdublowany zespolony układ napędowy. Jednym z nich był Citroen 2CV Sahara (rys. 1) przystosowany do pokonywania trudnych przeszkód w terenie. Napęd zapewniały dwa dwucylindrowe silniki o pojemności skokowej 425 cm³ wraz z układami napędowymi. Pierwszy układ znajdował się z przodu pojazdu i napędzał koła przednie a drugi z tyłu, zamiast bagażnika, napędzał koła tylne. Napęd przenosiły dwie skrzynie biegów z czterema synchronizowanymi przełoženiami do przodu i z biegiem wstecznym, sterowane jednocześnie za pomocą jednej dźwigni zmiany biegów umieszczonej w podłodze. Istniała możliwość odłączenia tylnej skrzyni biegów z zachowaniem układu przełożeń z przodu umożliwiającym jazdę tylko z napędem przedniego silnika.

W 1982 roku w koncernie Volkswagena zbudowano dwa prototypy samochodów z dwoma silnikami na bazie VW Sirocco. Jeden z nich miał dwa silniki o mocy 180 KM każdy i dwie skrzynie pięciobiegowe manualne. Przedstawiono go na rys. 2. Drugi zaś miał dwa silniki o mocy 140 KM każdy i dwie skrzynie trzy biegowe automatyczne. Kolejnym pojazdem był zaprezentowany w 2005 roku na wystawie w Detroit, jako pojazd koncepcyjny, Jeep Hurricane. Z przodu i z tyłu umiejscowiono silniki typu HEMI. Zostały one wyposażone w system zmiennej pojemności czynnej MDS, umożliwiający w zależności od potrzeb napędzanie pojazdu 4, 8, 12 lub 16 cylindrami. Napęd przenoszony był za pośrednictwem centralnej skrzyni rozdzielczej i półosi z mechanicznym rozdziałem mocy na każde koło. Ponadto Jeep Hurricane posiadał niezwykle możliwości manewrowe. Ze względu na skrętne koła osi przedniej i tylnej mógł on wykonać skręt „stojąc w miejscu”. Przedstawiono ten manewr na rys. 3. Pojazdy przedstawione w powyższym przeglądzie były inspiracją dla zespołu czterech dyplomantów Wydziału Mechanicznego Politechniki Gdańskiej do podjęcia decyzji o zaprojektowaniu i zbudowaniu samochodu sportowego Duomoto z dwoma silnikami i ze zdublowanym układem napędowym w ramach realizowanej pracy dyplomowej magisterskiej. W skład zespołu wchodził następujący

studenci: Krzysztof Brzozowski, Łukasz Lichota, Marcin Miotk i Paweł Miodoński. Opiekunami pracy byli Stanisław Taryma i Grzegorz Ronowski.



Rys. 1. Citroen 2CV Sahara z napędem na cztery koła za pomocą dwóch zespolonych układów napędowych [1],[2].



Rys. 2. Volkswagen Sirocco 360/4 ze zdublowanym zespolonym układem napędowym [3], [5].



Rys. 3. Jeep Hurricane wykonujący manewr „zawracania w miejscu” [4], [5].

1. CEL I ZAKRES PRACY

Celem pracy było zaprojektowanie i zbudowanie prototypu samochodu sportowego Duomoto oraz przeprowadzenie badań nad zastosowanym rozwiązaniem technicznym, jakim jest napęd za pomocą dwóch silników spalinowych, w celu znalezienia zalet i wad tego rozwiązania konstrukcyjnego.

Zakres prac przy pojeździe obejmował:

- zakup dwóch samochodów tej samej marki z przednim zespolonym układem napędowym (pierwszy jako baza do modyfikacji, drugi jako dawca zespołów oraz materiał do sprawdzenia różnych koncepcji i rozwiązań konstrukcyjnych),
- usunięcie podłogi z tyłu pojazdu bazowego pod układ zawieszenia przedniego z silnikiem i układem napędowym z drugiego pojazdu, modyfikacja elementów nośnych,
- zablokowanie mechanizmu kierowniczego w tylnej osi,
- projekt układu chłodzenia tylnego silnika dla nowych warunków pracy,
- synchronizacja pracy obu układów napędowych,
- projekt nowego układu paliwowego obu silników.
- modyfikacja wybranych elementów zawieszenia (sprężyny, amortyzatory, polimerowe łączniki),
- redukcja masy poprzez usunięcie zbędnych elementów wyposażenia wnętrza (tylna kanapa, tapicerka. itd.),

Główny nacisk położono na modyfikacje mające na celu poprawę właściwości trakcyjnych pojazdu, poprawę rozkładu masy na przednią i tylną oś (zbliżenie się do wartości 50:50), poprawę osiągnięć i poprawę skuteczności hamowania. Przybliżono metodykę konstruowania pojazdu, oraz przeprowadzenia jego badań. Opisa- no badania trakcyjne, badania na hamowni, oraz jazdy testowe. W podsumowaniu skomentowane zostały wyniki przeprowadzonych testów i badań oraz zawarto wnioski, które można wysnuć na podstawie zbudowanego pojazdu dotyczące tego, co należy udoskonalić, jakie rozwiązania można zastosować, gdyby prace nad pojazdem były kontynuowane.

2. OPIS BUDOWY SAMOCHODU DUOMOTO

Samochód sportowy Duomoto to pojazd napędzany dwoma silnikami spalinowymi, z których każdy miał pojemność skokową 1781 cm³ i moc 90 KM. Bazę modyfikacji w projekcie stanowił Volkswagen Golf GT produkowany w latach 1983 — 1992, pokazany na rys. 4. Drugi silnik wraz z całym osprzętem i zespolonym układem napędowym napędzającym oś tylną został zamontowany w tylnej części samochodu. Wymontowano go z drugiego pojazdu tego samego typu. Oba pojazdy „dawcę” i „biorcę” tylnego napędu przedstawiono na rys. 5. Volkswagen Golf jest wyznacznikiem poziomu klasy kompaktowej oraz jej prekursorem. Szczególnie druga generacja tego modelu wyrobiła sobie renomę pojazdu trwałego i niezawodnego. Do dziś można znaleźć wiele egzemplarzy znajdujących się w nienagannym stanie i w ciągłym użytku. Zalety te zdecydowały o wyborze tego pojazdu do realizacji projektu pojazdu dwusilnikowego. Na wyposażeniu posiadał on 5-biegową manualną skrzynię biegów i katalizator spalin. Zawieszenie składało się z kolumn McPhersona z przodu i osią wleczoną z tyłu. Dodatkowo posiadał on stabilizator poprzeczny z przodu oraz przekładnię kierowniczą zębatkową ze wspomaganie hydraulicznym. Głównym kryterium konstruowania było zachowanie oryginalnego kształtu nadwozia. Z zewnątrz pojazd się nie zmienił, natomiast wewnątrz niezbędne były modyfikacje. Polegały one przede wszystkim na wycięciu w tylnej części podłogi otworu, aby możliwe było umiejscowienie tam silnika z osprzętem i zespolonym układem napędo-

wym wraz z zawieszeniem i zablokowaną przekładnią kierowniczą w położeniu środkowym i wraz z zamocowaniem wsporników usztywniających nadwozie samonośne samochodu. Zamontowany układ napędowy wraz z silnikiem w tylnej części nadwozia przedstawiono na rys. 6.

Wokół silnika i osprzętu zamocowane zostały kątowniki, które stanowiły konstrukcję nośną komory wygłuszającej. Do kątowników mocowane były blachy wraz z matą wygłuszającą. Po wykonaniu komory zmierzony został poziom hałasu wewnątrz samochodu. Badanie to wykonywane było na biegu jałowym przy 4500 obr/min, z i bez komory wygłuszającej, w celu porównania poziomu hałasu. W przypadku, gdy nie było komory, poziom hałasu oscylował w granicach ok. 95,5 dB, natomiast przy założonej komorze, hałas był w granicach 88,7 dB. Z przeprowadzonego pomiaru wynika, że komora pozwala obniżyć poziom hałasu wewnątrz pojazdu o ok. 6,8 dB. Tył samochodu Duomoto z widokiem na pokrywę wygłuszającą komory tylnego zespolonego układu napędowego pokazano na rys.7.



Rys. 4. Widok z boku samochodu Volkswagen Golf GT przed zmianami [5], [6].



Rys. 5. Z lewej strony samochód „dawca”, z prawej samochód „biorca” zespolonego układu napędowego [5], [6].



Rys. 6. Silnik wraz z zespolonym układem napędowym zamontowany w tylnej części nadwozia samochodu Duomoto [5],



Rys. 7. Tył samochodu Duomoto z widokiem na pokrywę wygłuszającą komory tylnego zespolonego układu napędowego [6].

3. STEROWANIE DWOMA UKŁADAMI NAPĘDOWYMI

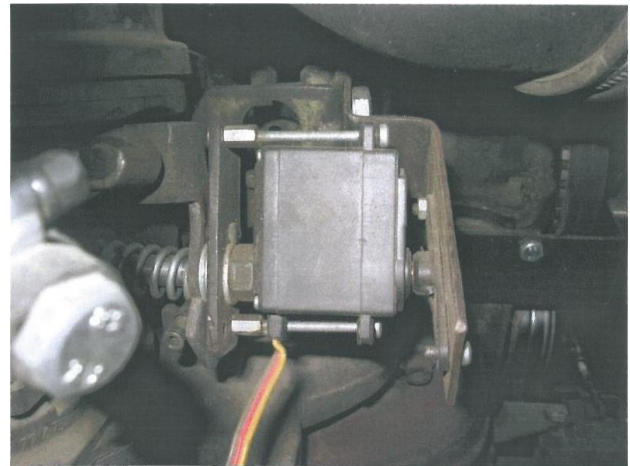
Sterowanie dwoma sprzęgłami zapewniał fabrycznie zastosowany pedał sprzęgła, który działał jednocześnie na oba zespoły. Zapewniał to nowy uchwyt przy pedale sprzęgła, który umożliwił podłączenie dwóch linek połączonych z dźwigniami przesuwającymi łożyska wyciskowe obu sprzęgła pojazdu. Regulację obu sprzęgła zapewniał fabryczny element zmieniający wstępny naciąg linek.

W obu skrzynkach przekładniowych biegi przełączane były synchronicznie jedną zmodyfikowaną dźwignią zmiany biegów. Do sterowania tylną skrzynką przekładniową zastosowano układ dźwigni i przegubów łączący ją z dźwignią sterującą.

Fabryczne sterowanie przepustnicą odbywało się w sposób mechaniczny, za pomocą linki, która otwierała bądź przysyskała przepustnicę. W pojeździe Duomoto zdecydowano się wykorzystać układ urządzeń elektronicznych. Jako elementy wykonawcze sterujące bezpośrednio pracą przepustnic powietrza użyto serwomechanizmów MG995H (rys. 8 i rys. 9). Serwomechanizmy te sterowane były za pomocą potencjometru zainstalowanego przy dźwigni przyspieszenia pojazdu rys. 10. Skok pedału przyspieszenia był dobrany odpowiednio do zakresu pracy serwomechanizmów. Obie przepustnice sterowane były sygnałami elektrycznymi zapewniającymi jednakową reakcję na wciśnięcie pedału przyspieszenia. Cały system sterowania przepustnicami silników sprzężony był układem elektronicznym, a informacje takie jak: aktualne położenie pedału przyspieszenia, stopień otwarcia każdej przepustnicy, rozdział mocy czy nastawy prędkości obrotowej biegu jałowego silników były pokazywane na wyświetlaczu LCD. Część funkcji była sterowana za pomocą potencjometrów umieszczonych na płycie czołowej panelu sterującego (rys. 11). Zmiana rozdziału mocy silników była realizowana za pomocą różnicowania stopnia otwarcia przepustnic obu silników.



Rys. 8. Serwomechanizm MG995H [5].



Rys. 9. Zamontowany serwomechanizm sterujący pracą przepustnicy silnika [5].



Rys. 10. Potencjometr zamontowany przy dźwigni przyspieszenia pojazdu [5].



Rys. 11. Panel sterujący stopniem otwarcia przepustnic silników [5].

4. BADANIA POJAZDU DUOMOTO

4.1. Badania z wykorzystaniem przenośnej hamowni

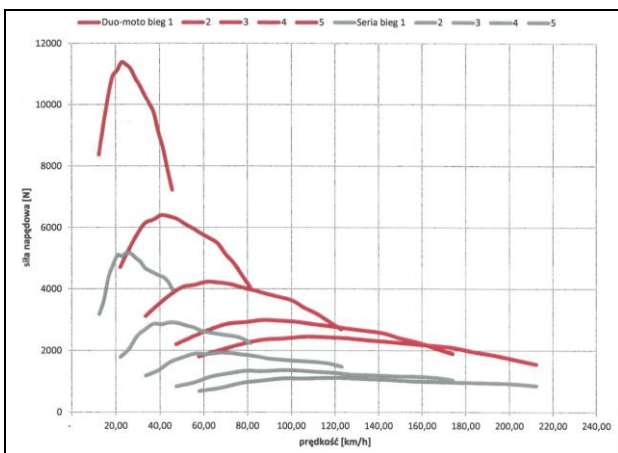
Do badań zastosowano przenośną hamownię firmy Dynomet [7], [5] przedstawioną na rys. 12. Po zamontowaniu elementów roboczych hamowni w samochodzie i wprowadzeniu danych pojazdu badanego takie jak: masa samochodu, obwód koła itp., można było przeprowadzić badania. Oprócz przebiegu mocy i momentu obrotowego w funkcji prędkości można także wyznaczyć przyspieszenie na danych biegach pojazdu, czas i prędkość uzyskaną podczas przejazdu na ćwierć mili, drogę hamowania, czy charakterystykę wskazań prędkościomierza zamontowanego w samochodzie. Częstotliwość pomiaru wynosi 60 razy na każdy obrót koła badanego samochodu. Moc jest mierzony z dokładnością 0.1 KM a moment obrotowy z dokładnością 0.1 Nm, przy dokładności prędkości obrotowej 1 obr/min. Najważniejszym elementem, który wchodzi w skład takiej hamowni jest dysk z czujnikiem optycznym oraz przetwornik podłączany do komputera [7].

Za pomocą przenośnej hamowni montowanej na koło samochodu została wyznaczona charakterystyka zewnętrzna układu napędowego podczas pomiarów drogowych. Na jej podstawie

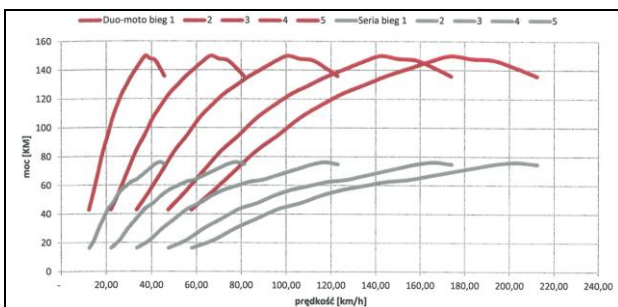


Rys. 12. Hamownia przenośna firmy Dynomet [5].

wykreślono linią czerwoną charakterystykę trakcyjną pojazdu Duomoto przedstawioną na rys.13 a linią niebieską narysowano wykres trakcyjny dla samochodu bazowego VW Golf GT 4x2 w celu porównania własności trakcyjnych po zamontowaniu drugiego silnika. Na rys. 14 pokazano przebiegi mocy na poszczególnych biegach dla pojazdu Duomoto linie czerwone i dla samochodu bazowego VW Golf linie niebieskie. Poniższe wykresy pokazują uzyskane efekty w postaci około dwukrotnego wzrostu siły napędowej oraz mocy na kołach pojazdu Duomoto w porównaniu do



Rys. 13. Wykres trakcyjny pojazdu Duomoto z napędem 4x4 i samochodu bazowego Volkswagena Golfa GT 4x2 [5].

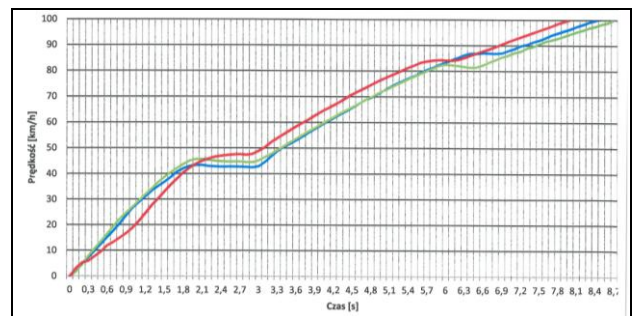


Rys. 14. Przebieg zmienności mocy na kołach dla pojazdu Duomoto z napędem 4x4 i samochodu bazowego VW Golf GT 4x2 [5]

samochodu bazowego VW Golf GT. Wzrosła także zdolność przyspieszania na skutek zastosowania zdublowanego układu napędowego. Bardzo ciekawą sytuację przedstawiają wykresy na rys. 13 i 14, które po przeanalizowaniu pokazują, w jakim momencie najkorzystniej zmieniać bieg podczas przyspieszania. Na pierwszym i drugim biegu w obu przypadkach najkorzystniej jest zwiększać prędkość obrotową do prędkości maksymalnej silników, gdyż siła napędowa jest i tak większa (pomimo spadku mocy po przekroczeniu 4500 obr/min) niż na kolejnym biegu. Natomiast na 2 kolejnych biegach w przypadku Duomoto lepiej jest zmienić przełożenie na wyższe wcześniej przed punktem przecięcia krzywych mocy. Taka sytuacja nie miała miejsca w przypadku pojazdu fabrycznego VW Golf GT.

4.2. Badania przy pomocy urządzenia wykorzystującego sygnał GPS

Za pomocą urządzenia PerformanceBox Sport [12] firmy Ralcelogic przeprowadzono badania przyspieszenia pojazdu Duomoto. W przypadku zastosowania tego testu dla pojazdu Duomoto, mał on na celu stwierdzenie zakresu zmian, oraz rzeczywistych przełożeń tych modyfikacji na czasy uzyskiwane podczas przyspieszania samochodu w stosunku do fabrycznie zastosowanego układu napędowego. Można także wykorzystać wyniki takiego badania, gdy auto ma startować w różnego rodzaju próbach czasowych np. zawodach typu Drag Racing, gdzie setne części sekundy często mają znaczenie. Urządzenie do pomiaru jest wyposażone w antenę, która umożliwia dokładny odbiór sygnału GPS, rejestrator, oraz urządzenie magazynujące dane. Określana jest dokładna pozycja obiektu (do 0,1 m), a następnie podczas pomiaru, mierzony jest czas i zapisywane kolejne pozycje. Na tej podstawie określa się prędkość oraz przyspieszenie, jakie uzyskano [12]. Badania wykonano przyspieszając pojazdem od 0 do 100 km/h w jak najkrótszym czasie, poruszając się po suchej asfaltowej jezdni.

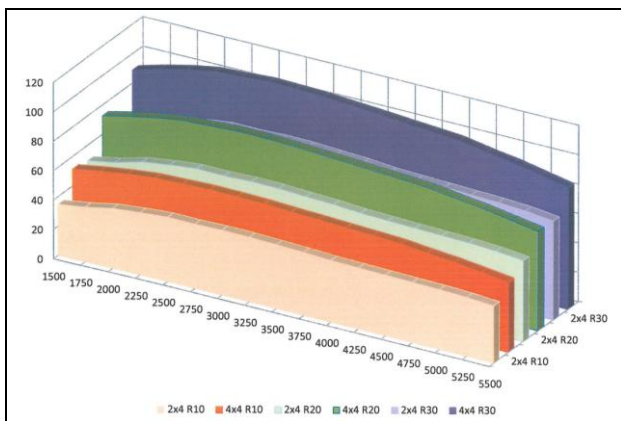


Rys. 15. Przebieg prędkości w funkcji czasu podczas trzech prób rozpędzania samochodu Duomoto [5].

Najlepszy wynik, jaki uzyskano podczas próby przyspieszania wyniósł 8 sekund od 0 do 100 km/h. Analizując powyższy wykres można stwierdzić, iż najlepszy możliwy wynik do uzyskania oscyluje w granicach 7,8 sekundy. Próby były przeprowadzane przy nastawie obrotów silnika w stosunku 50:50. W takim przypadku koła przednie tracą na pierwszym przełożeniu przyczepność, co wpływa negatywnie na szybkość przyspieszania. Jeśli udałoby się skonfigurować system ustalający rozdział obrotów na pierwszych biegach w taki sposób by mógł zmniejszyć prędkość obrotową przedniego silnika względem tylnego, a później wracający do rozkładu 50:50, można by ograniczyć poślizg kół przednich. Takie próby zostały przeprowadzone, jednak ograniczyły się do przyspieszania tylko na pierwszym przełożeniu. Subiektywnie stwierdzono, że takie sterowanie przynosi poprawę. Szczególne znaczenie mogłoby znaleźć to rozwiązanie w przypadku zastosowanie mocniejszych jednostek

napędowych. Wtedy wymierny efekt lepszego przyspieszania uzyskiwałoby się na większej ilości przełożeń. Fabryczny pojazd rozprędał się w 11 sekund do 100 km/h. Modyfikacje pozwoliły uzyskać poprawę przyspieszenia o 40%. Korzystając z proporcji, uwzględniając teoretyczny podwójny przyrost siły napędowej, oraz zwiększenie masy pojazdu o 20%, obliczono najniższą wartość czasu przyspieszania, która wynosiła 6,6 sekundy do 100 km/h, czyli skrócenie czasu przyspieszania o 4,4 sekundy. Wyznaczone podczas badań drogowych skrócenie czasu przyspieszenia do 100 km/h wyniosło tylko 3,2 sekundy.

Na wykresie 5 porównano graniczne prędkości, jakie może uzyskać samochód poruszający się po łukach o różnych promieniach. Oznacza to, że zbudowany pojazd Duomoto może średnio poruszać się z prędkością o 29% wyższą niż fabryczny pojazd VW Golf GT na nawierzchni o współczynniku przyczepności 0,9.



Rys. 16. Graniczna prędkość samochodu Duomoto i samochodu bazowego Volkswagena Golfa GT osiągnięta na łukach o różnym promieniu skrętu 10, 20 i 30 m [5].

4.3. Badania wykonywane w formie jazd testowych

Wykonano szereg jazd testowych zarówno podczas przyspieszania, jazdy w linii prostej, po łuku, hamowania w celu zmniejszenia prędkości i chwilowego obciążenia tylnej osi pojazdu. Jazdy testowe odbywały się w różnych warunkach, jeżdżono po asfalcie suchym i mokrym, po szutrze, błocie, śniegu, oraz lodzie. Szereg przeprowadzonych w ten sposób testów pozwala na subiektywną ocenę zastosowanych modyfikacji, unikalnych właściwości związanych z nietypową budową, przydatności w budowie pojazdów sportowych, ale również niedociągnięć, czy rozwiązań, które można byłoby wykonać w inny sposób. Tego rodzaju testy są bardzo ważne i wszyscy producenci aut z nich korzystają, chociaż wyniki mogą być rozbieżne w zależności od indywidualnych preferencji kierowcy.

Pojazd testowano w różnych warunkach atmosferycznych i na różnych nawierzchniach. Każdy z kierowców opisywał swoje odczucia z jazdy, część była spójna, ale niektóre wrażenia były skrajnie różne. Świadczy to o tym, że ocena subiektywna jest trudna i musi być wypracowany kompromis by ustalić jedną wersję. Jednak skupianie się na różnych szczegółach dla projektu jest bardzo korzystne, ponieważ po przyjęciu sugestii i wdrożeniu ich, pojazd staje się bardziej uniwersalny i dostarcza przyjemności z prowadzenia dla szerszego grona odbiorców. Jazdy po asfalcie odbywały się zarówno po suchej jak i mokrej nawierzchni. Na pewno dodatkowe przeniesienie momentu obrotowego przez tylne koła usprawnia ruszanie z miejsca. Dociążenie tylnych kół podczas przyspieszania powoduje, że moment obrotowy jest przekazywany efektywniej niż w przypadku zastosowanego fabrycznego napędu tylko na przednią oś. Tym samym jest możliwość przeniesienia większej

wartości momentu bez utraty przyczepności. Zastosowany napęd na obie osie uniezależnia pojazd od warunków pogodowych w aspekcie ruszania. Przy tej wartości mocy, jaką dysponuje obecnie samochód nie było żadnej różnicy przy przyspieszaniu na mokrej nawierzchni w stosunku do suchej, podczas gdy auta z napędem na jedną oś zdecydowanie szybciej tracą właściwości trakcyjne podczas deszczowej pogody. Układ 4x4, oraz bardziej równomierne rozłożenie masy pozwala także na szybsze pokonywanie zakrętów, jednak z uwagi na niemożliwe do przewidzenia niedoskonałości przedniego układu zawieszenia zaadaptowanego z tyłu nie można było tego subiektywnie ocenić. Seryjnie stosowane tuleje metalowo-gumowe należałoby zmienić na bardziej sztywne odpowiadniki wykonane z poliuretanu, albo zastosować tzw. uniballe wykorzystywane w sporcie motorowym, które wpływałyby na bardziej precyzyjne prowadzenia auta, a w przypadku pojazdu Duomoto, są po prostu niezbędne.

Kolejnym etapem testowania auta były jazdy po torze szutrowym. Spotkano się tutaj z różnymi typami nawierzchni o różnych współczynnikach przyczepności za sprawą zmiennych warunków pogodowych. Jeżdżono po suchym szutrze, błocie, śniegu i lodzie. Na nawierzchniach o małej przyczepności wielkości sił dociążenia i odciążenia osi przy hamowaniu i przyśpieszaniu nie były już tak duże jak na asfalcie. W takich warunkach pojazd Duomoto sprawdził się bardzo dobrze. Stały napęd na obie osie pozwalał na poprawne przyspieszanie. Pokonywanie zakrętów mogło odbywać się z większą prędkością, z poślizgiem bocznym wykorzystywanym w celu utrzymania prawidłowej trajektorii pokonywania łuku.

W takich warunkach można było ocenić zastosowany układ napędu i porównać go z któryś z dotychczas stosowanych fabrycznie w autach 4x4. W przypadku Duomoto nie występował międzyosiowy mechanizm różnicowy, a napęd z obu silników nie był połączony za pomocą przekładni mechanicznych. Nie można go jednak porównać z innymi napędami 4x4 bez centralnego mechanizmu różnicowego, które wykorzystują np. sprzęgło Haldex bądź sprzęgło wiskotyczne, ponieważ sprzęgła te włączają się tylko podczas wystąpienia poślizgu na jednej z osi, a w Duomoto napęd na obie osie przenoszony był w sposób ciągły. Kolejnym brany pod uwagę napędem był stosowany w pierwszych latach produkcji stałych napędów na obie osie, napęd wykorzystujący międzyosiowy mechanizm różnicowy bez powiększonego tarcia wewnętrznego. Jednak w przypadku tego rozwiązania też nie udało się odnaleźć podobieństw, gdyż podczas wystąpienia poślizgu na danej osi moment obrotowy przestaje być przenoszony przez drugą oś, a w Duomoto, pomimo wystąpienia poślizgu kół jednej osi moment cały czas przenoszony był przez koła drugiej osi. Tak więc układ napędowy pojazdu Duomoto podobny był do rozwiązania, w którym zastosowano podwyższone tarcie wewnętrzne w międzyosiowym mechanizmie różnicowym. W historii układów 4x4 powstało wiele sposobów na wytworzenie tarcia wewnętrznego i trudno jest bezpośrednio znaleźć najbliższe podobieństwo, jednak wszystkie wykazywały dobre właściwości trakcyjne szczególnie podczas poruszania się po nawierzchniach o współczynniku przyczepności mniejszym od 0,5, podobnie jak w przypadku pojazdu Duomoto.

Właściwości pojazdu oceniano, gdy sterowanie przepustnicami było jednakowe, jednak wykorzystanie do sterowania przyspieszaniem pojazdu układu elektronicznego, pozwalało na stosowanie różnych stopni otwarcia przepustnic obu silników. Zmieniając proporcje otwarcia przepustnic można było wpływać na charakterystykę prowadzenia pojazdu. Zauważono wyraźnie zmianę w prowadzeniu podczas testów na śniegu i lodzie. Zmniejszając stopień otwarcia przedniej przepustnicy powietrza w stosunku do tylnej (próbowano różnych proporcji od 40:60 do 20:80), zwiększa-

no nadsterowność, jaka występowała podczas przyspieszania na łuku. Umożliwiało to przyspieszanie podczas jazdy na zakręcie, oraz pokonywanie łagodniejszych łuków z poślizgiem, czyli w obu przypadkach na wyjściu z zakrętu osiągano większą prędkość, niż dla pojazdów wykazujących w takich warunkach tendencję do podsterowności i właściwie brak możliwości przyspieszania, gdy nie jedzie się po linii prostej.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Należy zaznaczyć, iż tego typu rozwiązanie napędu znacznie pogarsza właściwości użytkowe samochodu. Brak przestrzeni bagażowej, oraz drugiego rzędu siedzeń ogranicza zastosowanie takiego jako pojazd użytkowy. Ponadto zamontowanie tylnego silnika przyczynia się do zwiększonego hałasu w kabinie pasażerskiej. Dlatego trzeba zaznaczyć, że pojazd jest przeznaczony do sportowych jazd sprawnościowych, gdzie mierzony jest czas przejazdu, o którym decydują właściwości trakcyjne.

Po zbudowaniu pojazdu można wysnuć kilka wniosków, które ułatwiłyby budowę kolejnych tego typu samochodów, bądź usprawniłyby poruszanie się nimi. Zaczynając od osadzenia drugiego zespolonego układu napędowego z tyłu pojazdu najważniejsze jest zachowanie parametrów geometrii zawieszenia. Okazało się, że siły poprzeczne działające na tylną część pojazdu są większe niż w przypadku samochodu bazowego i dlatego należałoby zastosować w zawieszeniu sztywniejsze elementy zamiast tulei metalowo-gumowych. Takie rozwiązanie poprawia znacznie prowadzenie pojazdu, ale nie tłumi drgań pogarszając komfort jazdy, co w przypadku samochodu sportowego ma drugorzędne znaczenie.

Kolejnym układem, który należałoby zbudować w inny sposób jest sterowanie sprzęgłami. Zmiana biegu zajmuje więcej czasu niż w przypadku pojazdu z jedną przekładnią. Dzieje się tak, ponieważ linka mechanicznie uruchamiająca tylne sprzęgło posiada duże opory ruchu. Jeśli prace nad pojazdem miałyby być kontynuowane warto byłoby znaleźć inne rozwiązanie np.: zastosowanie hydraulicznego układu sterowania sprzęgłami.

Sterowanie pedałem przyspieszenia ma największy potencjał, który można wykorzystać, jeśli jakiś zespół budujący auta sportowe chciałby zastosować taki rodzaj przenoszenia napędu. Przy zastosowaniu precyzyjnych elementów wykonawczych, wykorzystaniu czujników prędkości każdego z kół można byłoby stworzyć system, który na bieżąco zmieniałby rozkład otwarcia przepustnic.

Pojazd Duomoto został zbudowany w 2010 roku. Przygotowując niniejszy artykuł na podstawie informacji internetowych stwierdzono, że pomysł pojazdu z dwoma silnikami został zrealizowany także w samochodzie Tsunami Opel Calibra Bimoto przestawionym na rys. 17.



Rys. 17. Samochód Tsunami Opel Calibra Bimoto [8], [9].

Dwa silniki o mocy około 1000 KM każdy napędzają poprzez oddzielne układy napędowe przednią i tylną oś samochodu. Samochód został skonstruowany w celu osiągnięcia jak najlepszych czasów w wyścigach równoległych. Optymalny ze względu na przyspieszenie pojazdu w danych warunkach ruchu rozdział mocy na obie osie zapewniają dwa współpracujące ze sobą sterowniki obu silników [10], [11].

BIBLIOGRAFIA

1. AUTO Technika Motoryzacyjna, 2/2006.
2. <http://www.autocentrum.pl/kultowe-wozy/citroen-2-cv-4x4-sahara/> (10.10.2010).
3. <http://faldach.net/vwtwincirocco3604.htm> VW Duorocco (11.10.2010).
4. <http://www.autocentrum.pl/concept-cars/jeep-hurricane-huragan/> (20.03.2018).
5. Brzozowski K.: Projekt układu napędowego w pojeździe samochodowym z dwoma silnikami Duomoto, praca magisterska, Politechnika Gdańska Wydział Mechaniczny (2010).
6. Lichota Ł.: Projekt nadwozia samochodu sportowego Duomoto praca magisterska, Politechnika Gdańska Wydział Mechaniczny (2010).
7. http://www.dynomet.dk/en_portableroadaddyno.htm (29.03.2018).
8. <https://www.youtube.com/watch?v=sU1V2yeJCTE> (20.03.2018).
9. <http://www.mickey-garage.com/tsunami> (20.03.2018).
10. https://www.youtube.com/watch?v=_qIP9rhyaHs (20.03.2018)
11. <https://www.youtube.com/watch?v=Lo6mDaT9kr0> (20.03.2018)
12. <http://www.driftbox.pl/jakdzialaPBSPort.shtm> (10.02.2011)
13. Miotk M.: Projekt sterowania układem jezdnym samochodu sportowego Duomoto, praca magisterska, Politechnika Gdańska Wydział Mechaniczny (2010).
14. Miodoński P.: Projekt układu zawieszenia, kierowniczego, chłodniczego oraz hamulcowego w pojeździe samochodowym z dwoma silnikami: "Duomoto", praca magisterska, Politechnika Gdańska Wydział Mechaniczny (2010).

Duomoto sport car with two-stroled transmission systems

The sports car, powered by two engines, designed and built by a team of four graduates of the Faculty of Mechanical Engineering at the Gdańsk University of Technology is presented. One (engine) of them was placed at the front of the vehicle. It transmits the torque to the wheels of the front axle through a combined system. The second engine, located at the rear of the vehicle, in the same way transmits the drive torque to the wheels of the rear axle. The car named Duomoto was built on the basis of two Volkswagen Golf GT. It was subjected to road tests. The test results and conclusions are included in this article.

Autorzy:

dr hab. inż. **Stanisław Taryma**, prof. nadzw. PG – Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny, staryma@pg.edu.pl
dr. inż. **Grzegorz Ronowski** – Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny, gronowsk@pg.edu.pl,
mgr inż. **Krzysztof Brzozowski**
mgr inż. **Łukasz Lichota**
mgr inż. **Paweł Miodoński**
mgr inż. **Marcin Miotk**