

NAUKI TECHNICZNE

Andrzej BAIER*

Jerzy MYDLARZ**

KRZYŻOWY UKŁAD NAPĘDOWY, JAKO KONCEPCJA OPTIMALIZACJI NAPĘDU 4x4, DLA POJAZDÓW SPECJALNYCH

W referacie omówiono zjawiska związane z przyspieszonym ruchem pojazdu po torze krzywoliniowym z prędkością zbliżoną do granicznej. Zjawiska te zostały zbadane przy pomocy trzech narzędzi: klasycznej mechaniki analitycznej, symulacji komputerowej i modelu fizycznego. Celem badań było przeprowadzenia porównania klasycznego układu napędowego 4x4 z niekonwencjonalnym, opatentowanym przez autora napędem krzyżowym.

Słowa kluczowe: pojazdy specjalne, krzyżowy układ napędowy, napęd 4x4

WPROWADZENIE

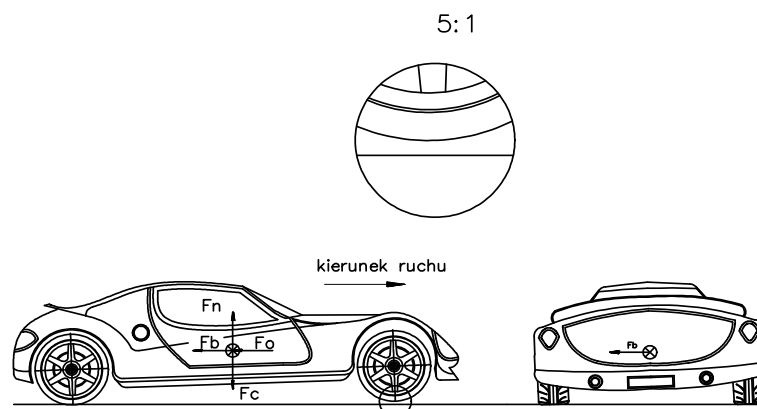
Układy napędowe pojazdów samochodowych, w obecnym kształcie (rok 2010), są rezultatem wielu lat ewolucji. Choć cała historia motoryzacji ma ponad sto lat, to dynamiczny rozwój napędu wszystkich czterech kół w samochodach osobowych nastąpił dopiero od lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku. Napęd taki wykazuje wiele zalet, w porównaniu z napędem tylko na jedną oś. Najistotniejsze jest jednak bezpieczeństwo. Napęd ten góruje na śliskich nawierzchniach nad wszystkimi innymi rozwiązaniami. Współczesne napędy czterokołowe pomimo wielkiej różnorodności konstrukcji i zasad działania, mają jedną wspólną cechę konstrukcyjną. Koła każdej osi są ze sobą sprzężone, najczęściej przez jeden z wielu typów mechanizmów różnicowych. I tu tkwi problem. Taka konstrukcja a priori uniemożliwia optymalizację rozdziału siły napędowej na poszczególne koła. Obserwacje pojazdów wyczynowych

* dr hab. inż. Andrzej BAIER prof. nadzw. PŚl. – Instytut Automatyzacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania Politechniki Śląskiej

** mgr inż. Jerzy MYDLARZ - Invenio Sp z o.o.

doprowadziły do kilku wniosków, które pozwoliły sformułować nowe podejście do sposobu rozdziału siły napędowej. Rozumowanie jest następujące:

1. Stosując pewne uproszczenia można stwierdzić, że w ruchu jednostajnym pojazdu na wprost, wszystkie siły oporów ruchu powodują odciążenie kół osi przedniej i dociążenie kół osi tylnej¹. Taki układ sił powoduje uniesienie przedniej części pojazdu widoczne na rys.1. Można założyć, że wszystkie siły oporów ruchu jako siła F_o skupiona, działają w punkcie położenia środka masy pojazdu. W przypadku ruchu jednostajnie przyspieszonego dodatkowo pojawiają się siły oporu bezwładności i oporu mas wirujących przedstawione jako wektor siły skupionej F_b . One również mają ten sam kierunek i zwrot. Dla zachowania czytelności rysunku pojazd porusza się po drodze poziomej. W przypadku pojawienia się oporów wzniesienia siła od nich pochodząca może być przedstawiona jako wektor siły skupionej przyłożony w środku ciężkości pojazdu F_w . Siły pochodzące od układu napędowego, niezależnie od jego typu i od tego, która oś jest napędzana, również powodują, przy jeździe do przodu, odciążenie kół osi przedniej i dociążenie kół osi tylnej. Są one przedstawione na rysunku 1 jako wektor siły skupionej skierowany w górę F_n .
2. W czasie jazdy po łuku, oprócz wszystkich wymienionych już sił, pojawia się siła odśrodkowa i związane z nią reakcje. Również siła odśrodkowa jest przedstawiona jako siła skupiona oddziaływująca w środku masy pojazdu. Powoduje ona, że koła zewnętrzne, względem teoretycznego środka skrętu, są dociskane do podłoża z większą siłą niż koła wewnętrzne pojazdu, względem teoretycznego punktu skrętu. Granicą tego zjawiska jest poślizg lub wywrócenie się pojazdu. Sprężyste zawieszenie pojazdu powoduje, że w wyniku działania tych sił, przednie koło znajdujące się od strony teoretycznego środka skrętu traci kontakt z podłożem. Zjawisko utraty kontaktu przez przednie wewnętrzne, względem środka skrętu, koło jest przedstawione na rysunku 1. Jedyne w wyjątkowych sytuacjach zjawisko to przechodzi w wywrócenie się pojazdu.



Rys. 1. Widok układu sił działających na pojazd

Źródło: Opracowanie własne

¹ W pojazdach wyścigowych stosuje się specjalne ukształtowanie podwozia i nadwozia oraz dodatkowe elementy aerodynamiczne zwane potocznie deflektorami, w celu zwiększenia nacisku przedniej osi na podłoże i zniwelowania tzw. siły unoszącej.

W oparciu o powyższe stwierdzenia, sformułowano następujące wnioski:

- W czasie ruchu przyspieszonego na łuku drogi, koło tylne zewnętrzne (względem teoretycznego punktu skrętu) wywiera największy nacisk na podłoże, a zatem może przenieść największą siłę napędową.
- W czasie ruchu przyspieszonego na łuku drogi, koło przednie wewnętrzne (względem teoretycznego punktu skrętu) wywiera najmniejszy nacisk na podłoże, a zatem może przenieść najmniejszą siłę napędową.
- Z uwagi na stwierdzenia a i b, należy uznać za pożądane, w czasie jazdy po łuku ruchem przyspieszonym, przeniesienie części siły napędowej z przedniego wewnętrznego koła na tylne zewnętrzne. Ta część to siła, której odciążone koło nie może przenieść na podłoże z powodu zmniejszonego nacisku.

Współczesne produkowane komercyjnie układy napędowe, nie dają takiej możliwości. W tej sytuacji autor opracował nową koncepcję układu napędowego, w którym koła pojazdu są sprzężone mechanicznie po przekątnej. Układ taki został opatentowany w 2007 roku pod nazwą „Układ napędowy pojazdu silnikowego” numer patentu PL 194829. Układ ten został nazwany krzyżowym bądź przekątnym układem napędowym.

1. OBLICZANIE PIONOWYCH OBCIĄŻEŃ KÓŁ

W ruchu po torze krzywoliniowym z prędkością poniżej prędkości granicznej oddziaływanie siły odśrodkowej wpływa na zmiany położenia nadwozia samochodu. W celu wyznaczenia zmian obciążeń pionowych kół należy ustalić środki bocznego przechyłu nadwozia dla przedniej i tylnej osi samochodu i przechodzącej przez nie osi bocznego przechyłu nadwozia. Metody ich wyznaczania opisano w literaturze przedmiotu [1].

Schemat pojazdu poruszającego się ruchem krzywoliniowym o promieniu R jest pokazany na rys.2. Jest to pojazd z zawieszeniem na sprężynach śrubowych z wyznaczoną osią O₁-O₂ bocznego przechyłu nadwozia. Obie osie kół są tzw. osiami sztywnymi dla uproszczenia rozumowania. Środek masy znajduje się na wysokości *h*' powyżej osi przechyłu nadwozia. Działanie siły odśrodkowej powoduje przemieszczenie środka masy i odkształcenie sprężyn zawieszenia. Opierając się wywodzie profesora Manfreda Mitschke'go można wyznaczyć siły i ich reakcje [1].

$$\Delta Z_1 = C_n a \left(\frac{a_1 h_{o1}}{L b_1} + \frac{C_1}{C_1 + C_2 - C \cdot h'} \frac{h'}{b_1} + \frac{C_{o1} h_{sc1}}{C_n b_1} \right) \quad (1)$$

$$\Delta Z_2 = C_n a \left(\frac{a_2 h_{o2}}{L b_2} + \frac{C_2}{C_1 + C_2 - C \cdot h'} \frac{h'}{b_2} + \frac{C_{o1} h_{sc2}}{C_n b_2} \right) \quad (2)$$

Dla przykładu obliczeniowego:

$a_1=a_2$	odległość osi od środka masy nadwozia	1/2L	[m]
$b_{1,2}$	rozstaw kół	1,2	[m]
C	ciężar samochodu	1080	[daN]
C_n	ciężar nadwozia	960	[daN]

C_{o1}, C_{o2}	ciężar osi przedniej, tylnej	60	[daN]
h_1	wysokość środka masy nadwozia	0,30	[m]
h_{sc1}, h_{sc2}	wysokość środka masy osi przedniej, tylnej	0,30	[m]
h_{o1}, h_{o2}	wysokość środka przechyłu osi przedniej, tylnej	0,35	[m]
h'	wysokość środka masy nadwozia od osi przechyłu	0,25	[m]
$Z_{1Z,1W}$	obciążenie koła przedniego zewnętrznego, wewnętrznego		[daN]
$Z_{2Z,2W}$	obciążenie koła tylnego zewnętrznego, wewnętrznego		[daN]

po podstawieniu wartości liczbowych:

$$Z_{1Z} = Z_{2Z} = 1080/4 + 255 \cdot a = 270 + 255 \cdot a \text{ [daN]}$$

$$Z_{1W} = Z_{2W} = 1080/4 + 255 \cdot a = 270 - 255 \cdot a \text{ [daN]}$$

Dla określonego względnego przyspieszenia dośrodkowego $a = \frac{v^2}{Rg}$ [-] i danych:

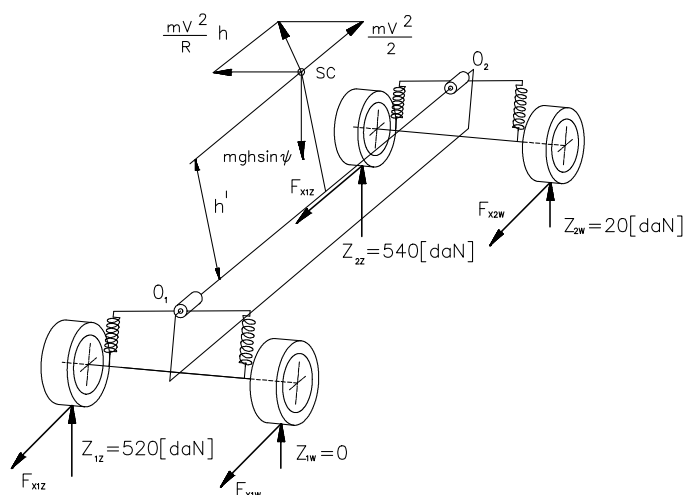
R	promień krzywizny	40	[m]
v	prędkość jazdy	20	[m/s]

$$a = \frac{20^2}{40 \cdot 9,81} = 1,0193$$

$$Z_{1Z} = Z_{2Z} = 270 + 255 \cdot 1,0193 = 270 + 260 = 530 \text{ [daN]}$$

$$Z_{1W} = Z_{2W} = 270 - 255 \cdot 1,0193 = 270 - 260 = 10 \text{ [daN]}$$

Jak widać na przykładzie, w takiej sytuacji ruchowej przyłożenie siły napędowej, której reakcja, w postaci siły bezwładności, spowoduje odciążenie kół osi przedniej siłą większą niż 20[daN], doprowadzi do utraty kontaktu przedniego wewnętrznego koła z nawierzchnią. Pozostałe koła pozostaną w kontakcie z podłożem. Koło tylne zewnętrzne będzie obciążone siłą 540 [daN]. Taką sytuację ruchową przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Reakcje pionowe kół pod wpływem działania sił bezwładności. Siłami tymi są siła odśrodkowa i reakcja siły napędowej

Źródło: Opracowanie własne

Na rysunku 3 przedstawiono samochód rzeczywisty, jadący po torze krzywoliniowym ruchem przyspieszonym. Układ sił i ich reakcji jest bardzo podobny do przedstawionego na rysunku 2. W obu przypadkach oddziaływanie sił napędowej i bezwładności powoduje odciążenie koła przedniego wewnętrznego, od strony środka skrełu i dociążenie koła tylnego zewnętrznego.



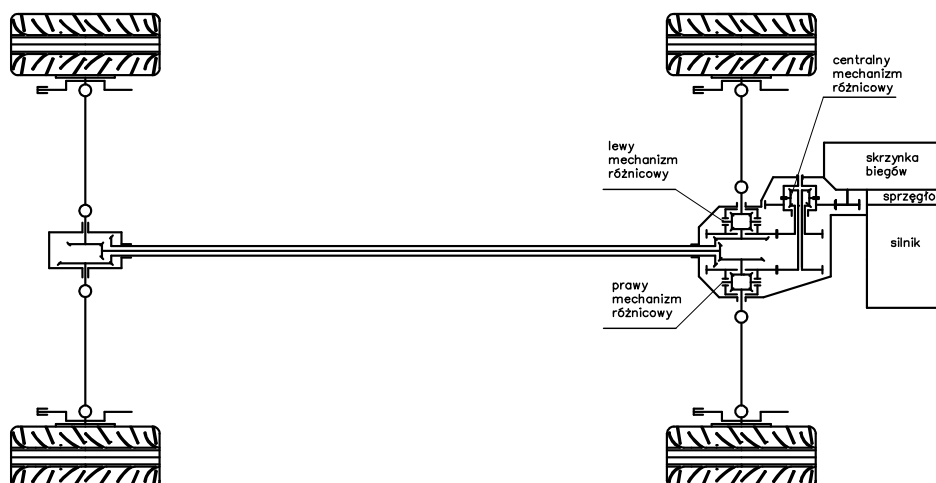
Rys. 3. Zjawisko odrywania się przedniego wewnętrznego (od strony środka skrełu) koła pod wpływem działania siły napędowej i odśrodkowej

Źródło: Zdjęcie ze zbioru Subaru World Rally Team, zamieszczono za zgodą Subaru Import Polska Sp. z o.o

2. NAPEŁD KRZYŻOWY

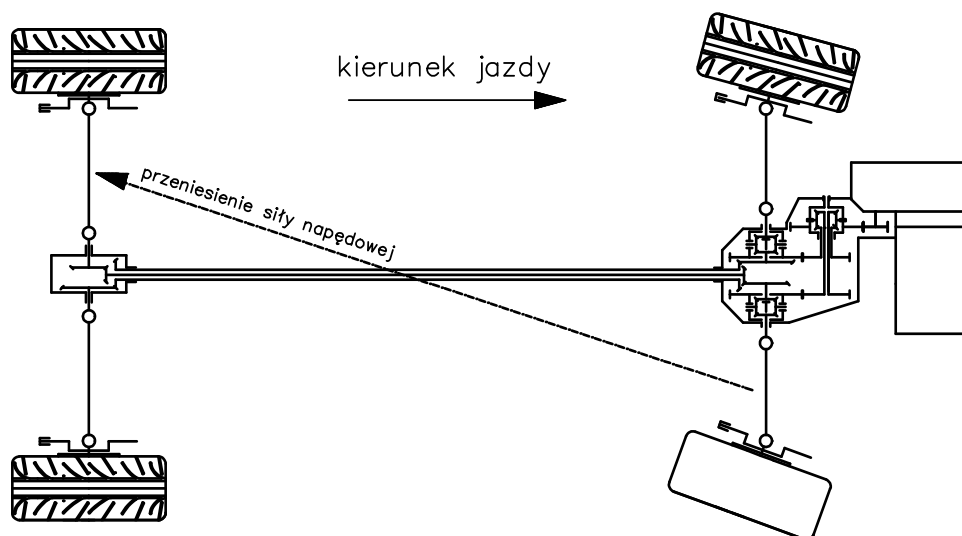
Główną cechą napędu krzyżowego jest sprzężenie napędzanych kół po przekątnej, jak to pokazano na rysunku 4a. Taka konstrukcja ma na celu zoptymalizowanie dystrybucji siły napędowej w samochodach wyczynowych i zwiększenie bezpieczeństwa ruchu w samochodach użytkowych. Napęd ten posiada trzy mechanizmy różnicowe: centralny i dwa przekątne.

W sytuacji pokazanej na rysunku 4b, uruchomienie hamulca koła, które straciło kontakt z podłożem, przez sterownik wykorzystujący czujniki systemu ABS, umożliwia przekazanie nadwyżki siły napędowej na koło, które wywiera największy nacisk na podłoże.



Rys. 4a. Krzyżowy układ napędowy

Źródło: Opracowanie własne



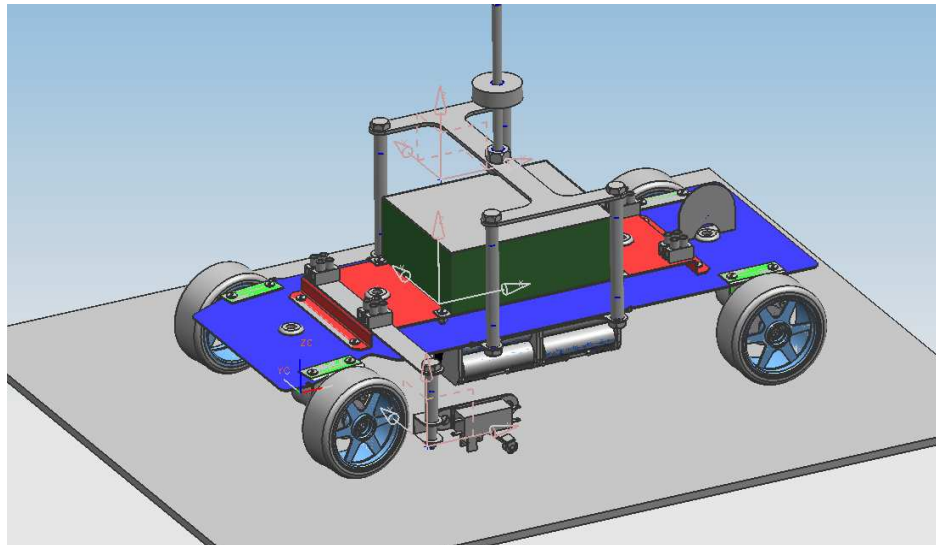
Rys. 4b. Krzyżowy układ napędowy zapewnia pełniejsze wykorzystanie siły napędowej w czasie ruchu po torze krzywoliniowym. Koło, które utraciło kontakt z podłożem zaznaczono umownie bez bieżnika. Sterownik przyhamowuje koło, które utraciło kontakt z podłożem a moment obrotowy przez mechanizm różnicowy napędza koło sprzężone po przekątnej.

Źródło: Opracowanie własne

3. BADANIA

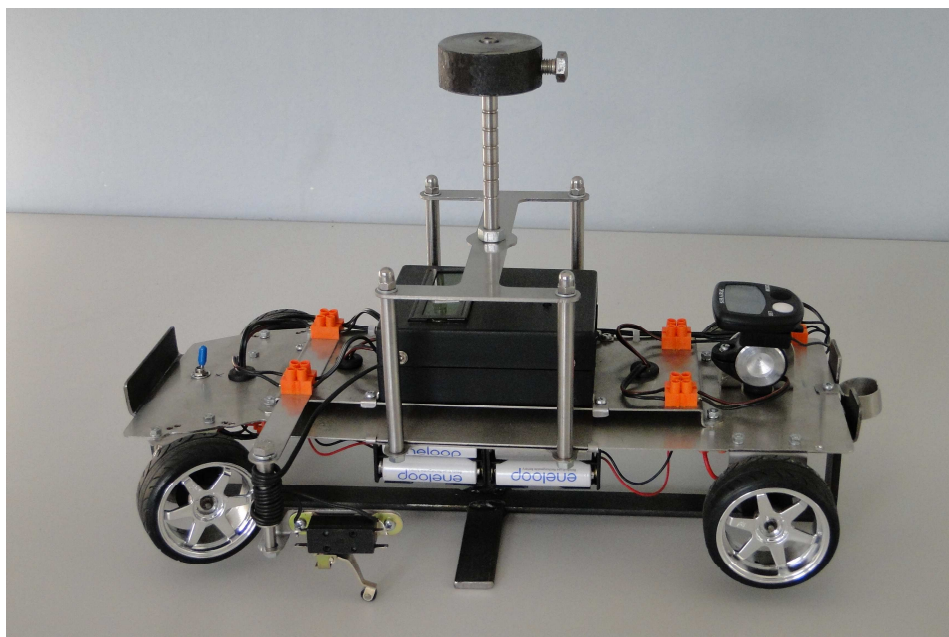
Badania wirtualne i fizyczne zrealizowano przy wykorzystaniu Mechatronicznego Pojazdu Badawczego – MPB. Model 3D pojazdu został stworzony i zbadany w środowisku programu Unigraphics NX5. Powstał on w oparciu o dokumentację konstrukcyjną programu 2D. W oparciu o tę samą dokumentację

zbudowano model fizyczny. Na rysunku 5 pokazano model 3D w środowisku NX5, a na rysunku 6 model fizyczny MPB. Oba modele, wirtualny i fizyczny, posłużyły do badania przypadku ruchu przyspieszonego na łuku.



Rys. 5. Model 3D pojazdu badawczego w programie NX5

Źródło: Opracowano na podstawie [2]



Rys. 6. MPB umieszczony w ramie

Źródło: Opracowanie własne

3.1. Badania wirtualne i uzyskane wyniki

Moduł Motion Simulation umożliwia zasymulowanie ruchu pojazdu w następujących krokach realizowanych z użyciem modelu 3D MPB:

- stworzenie nowej symulacji – New Simulation;
- definiowanie elementów pojazdu – Links;
- definiowanie relacji pomiędzy elementami – Joint;
- definiowanie kontaktu z podłożem – 3D Contact;
- definiowanie napędu – Driver;
- definiowanie funkcji sterującej napędem – STEP;
- uruchomienie symulacji;
- przedstawienie wyniku symulacji.

Z wymienionych punktów więcej komentarza wymaga funkcja STEP. Funkcja ta ma następującą składnię: STEP (x, x_0, h_0, x_1, h_1)

gdzie:

- x – niezależna zmienna, najczęściej czas symulacji,
- x_0 – rzeczywista wartość określająca, kiedy parametr x ma się rozpocząć,
- h_0 – początkowa wartość funkcji STEP
- x_1 – rzeczywista wartość określająca, kiedy parametr x ma się zakończyć,
- h_1 – końcowa wartość funkcji STEP

Opis matematyczny funkcji STEP wyraża się wzorami [3]:

$$\begin{aligned}
 a &= h_1 - h_0 \\
 \Delta &= (x - x_0) / (x_1 - x_0) \\
 STEP &= \begin{cases} h_0 : x \leq x_0 \\ h_0 + a \cdot \Delta^2 (3 - 2\Delta) : x_0 < x < x_1 \\ h_1 : x \geq x_1 \end{cases}
 \end{aligned} \tag{3}$$

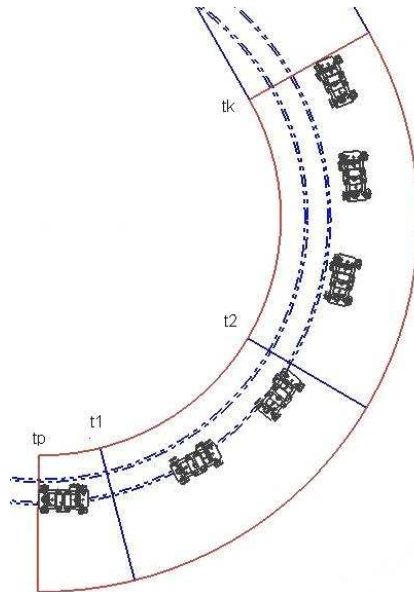
W rezultacie przeprowadzonych symulacji uzyskano rysunki torów jazdy, wykresy prędkości poszczególnych kół i tabele liniowej prędkości środka ciężkości pojazdu. Na rysunku 7 pokazano tor jazdy po łuku pojazdu z napędem krzyżowym.

W badaniach porównawczych napęd krzyżowy uzyskał nieco krótszy czas przejazdu. Wyniki przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Czasy przejazdu przez zakręt [2]

Napęd	Czas [s]
Napęd krzyżowy	1,200
Klasyczny napęd 4x4	1,220

Źródło: Opracowanie własne

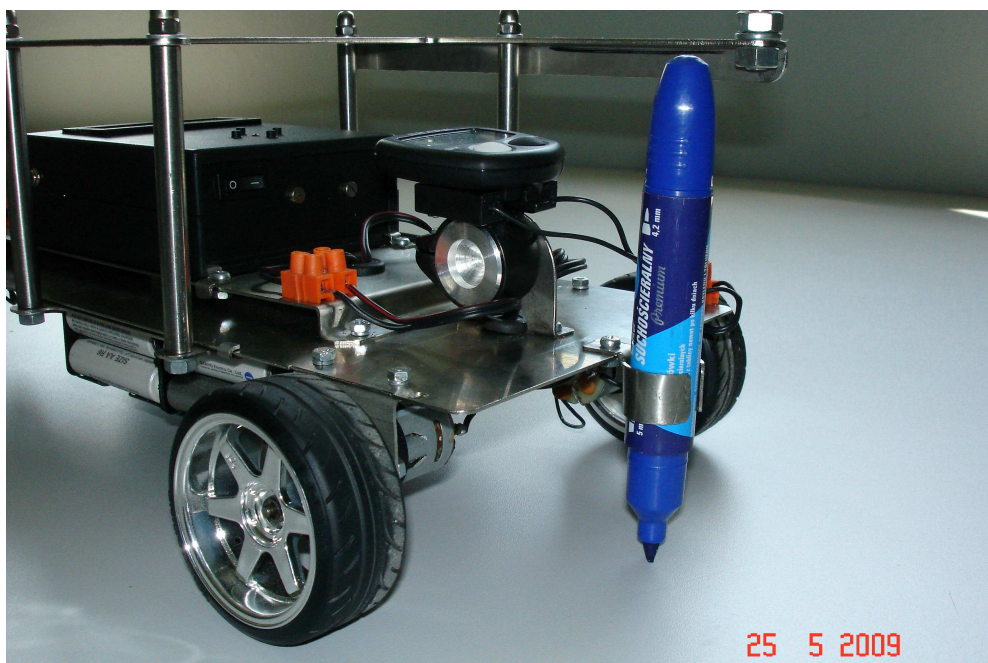


Rys. 7. Tor jazdy – napęd krzyżowy. Linia przerywana pokazuje teoretyczny tor jazdy wynikający z promienia skreću kół

Źródło: Opracowano na podstawie [2]

3.2. Badania fizyczne i uzyskane wyniki

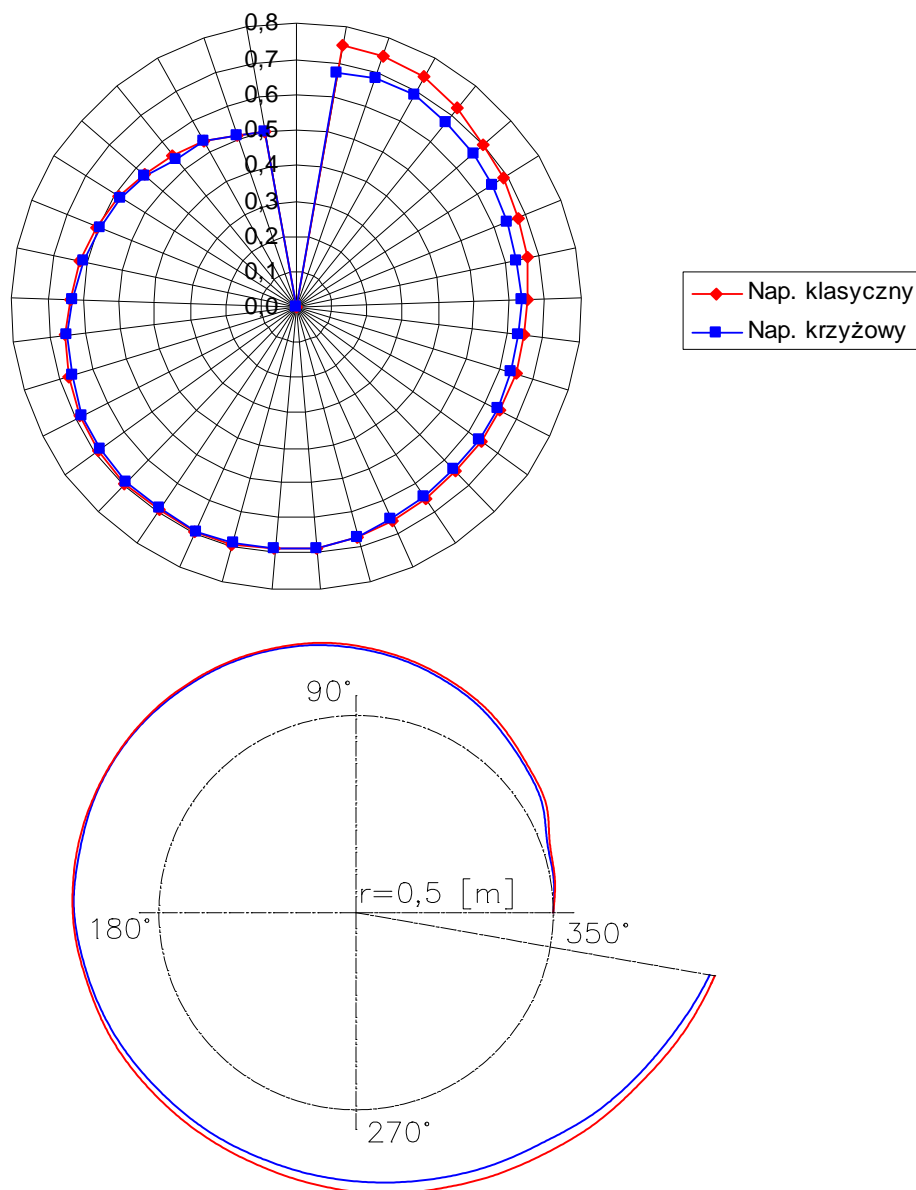
PBM jest wyposażony w układ pomiarowy, który umożliwia pomiar prędkości maksymalnej, czas jazdy, prędkość średniej i przejechanej odległości. Tor jazdy był kreślony na podłożu pisakiem umieszczonym w tylnej części pojazdu. Układ kreślenia toru jazdy pokazano na rysunku 8.



Rys. 8. Sposób kreślenia krzywej toru jazdy na podłożu

Źródło: Opracowanie własne

W rezultacie przeprowadzonych prób otrzymano krzywe torów jazdy dla obu rodzajów napędu. Tory jazdy dygitalizowano i przeniesiono do arkuszy Microsoft Excell i programu AutoCAD. Przykładowe krzywe przedstawiono na rysunku 9.



Rys. 9. Wykres porównawczy torów jazdy utworzony w programach Excell i AutoCAD na podstawie danych z pomiarów

Źródło: Opracowanie własne

Średnia prędkość maksymalna z czterech przejazdów została przedstawiona w tabeli 2. Przed wyliczeniem wartości średnich zastosowano metodę Dixona² do usunięcia wartości odstających.

² Metoda Dixona wg ASTM Designation: E 178 – 02, jest zalecana do oceniania wyników uzyskanych w badaniach eksperymentalnych. Metoda ta jest powszechnie stosowana w m.in. w Instytucie Technologii Eksploatacji Państwowym Instytucie Badawczym w Radomiu.

Tabela 2. Średnie prędkości maksymalne

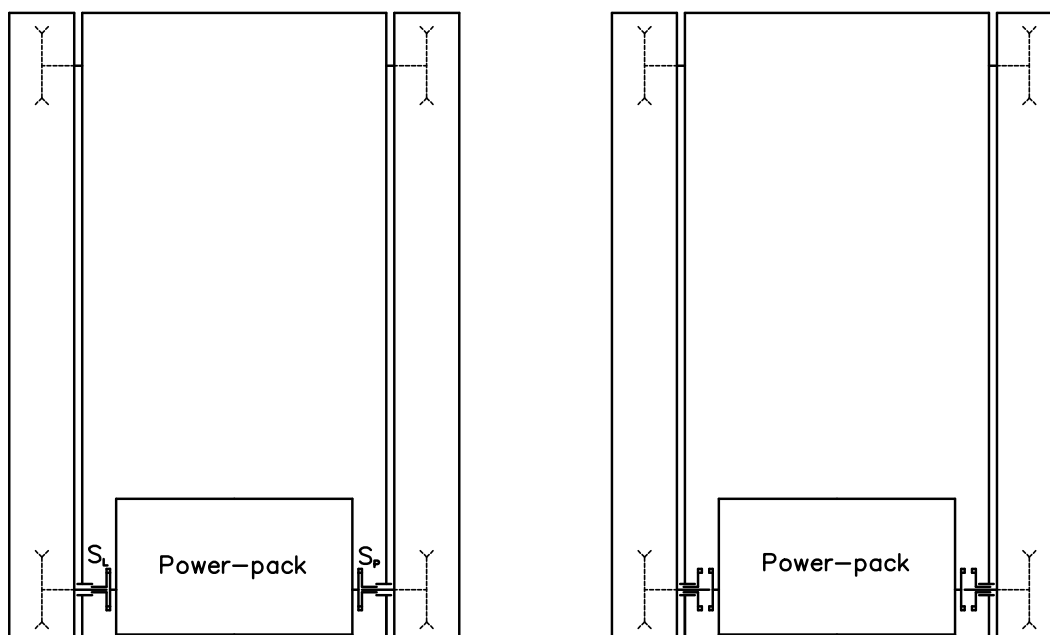
Układ napędowy klasyczny Średnia prędkość maksymalna [km/h]	Układ napędowy krzyżowy Średnia prędkość maksymalna [km/h]
7,69	8,62

Źródło: Opracowanie własne

4. SAMOCHÓD SPECJALNY Z NAPĘDEM KRZYŻOWYM WYPOSAŻONY W POWER-PACK

Istotnym aspektem praktycznym, oprócz optymalizacji dystrybucji siły napędowej, samochodu z napędem czterech kół jest wykorzystanie krzyżowego układu napędowego w pojazdach specjalnych w wersji power-pack. Rozwiązania typu power-pack są dziś standardem w technice napędowej czołgów współczesnych. Konceptja tego rozwiązania opiera się na filozofii szybkiej wymiany całego zespołu napędowego w celu jak najszybszego przywrócenia mobilności pojazdu. Naprawa ma się odbywać poza polem walki w wyspecjalizowanych warsztatach naprawczych. Trudno odmówić logiki takiemu rozumowaniu.

Konceptję power-packu udało się skutecznie zrealizować w pojazdach gaśnicowych dzięki ich specyficznej budowie, w której wszystkie elementy układu napędowego są zgrupowane w jednym miejscu, z tyłu lub z przodu pojazdu. Schemat Power-packa w pojeździe gaśnicowym przedstawiono na rysunku 10 [4].



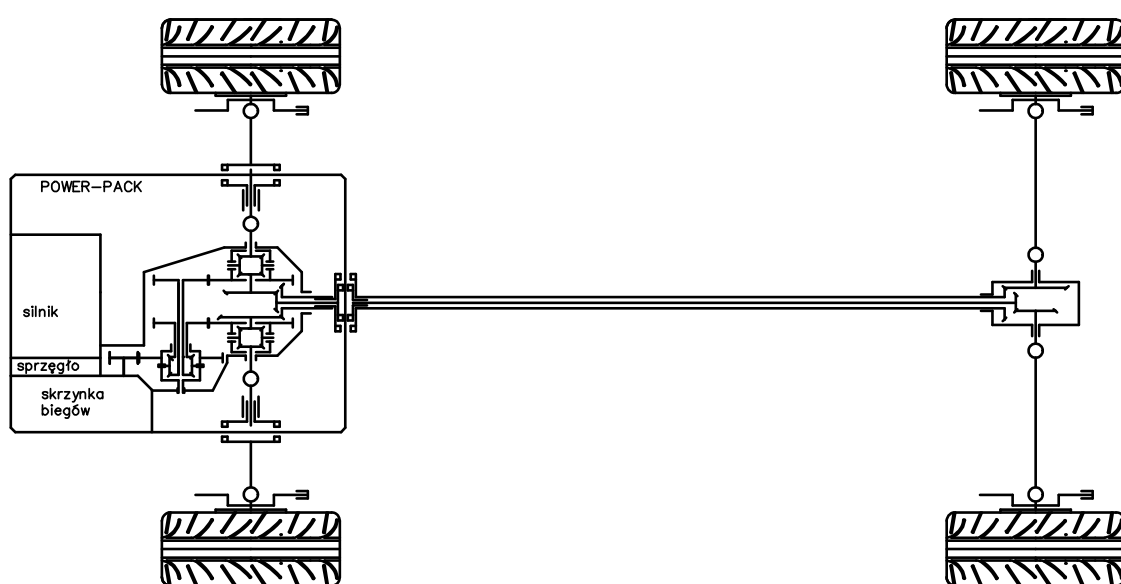
Rys. 10. Schemat rozwiązania typu power-pack
S₁ i S_p- sprzęgła kłowe odłączania power-packu od kół napędzających gaśnicę

Źródło: Opracowano na podstawie [4]

Power-pack tworzy silnik z układem chłodzenia, instalacją elektryczną wraz ze skrzynką biegów, mechanizmem skrętu, i wszystkimi urządzeniami pomocniczymi.

Cały zintegrowany zespół jest osadzony w przestrzennej ramie pomocniczej. Po odłączeniu instalacji elektrycznej od czołgu, oraz rozłączeniu sprzęgieł S_L i S_P , odkręceniu ramy pomocniczej od korpusu czołgu, power-pack może być, przy pomocy dźwigu, wymontowany z pojazdu.

W pojazdach kołowych o klasycznej konstrukcji układu napędowego, rozwiązanie typu power-pack nie jest możliwe z powodu rozproszenia elementów układu napędowego. Inaczej jest w przypadku krzyżowego układu napędowego. Skupienie wszystkich istotnych mechanizmów układu napędowego w pobliżu silnika umożliwia takie rozwiązanie. Jedynym niezintegrowanym zespołem pozostają dwie proste przekładnie stożkowe służące do napędu tylnych kół. Na rysunku 11 przedstawiono koncepcję pojazdu specjalnego wyposażonego w zintegrowany układ napędowy typu Power-pack.



Rys. 11. Koncepcja krzyżowego układu napędowego w wersji Power-pack dla pojazdów specjalnych

Źródło: Opracowanie własne

Pozostawienie dwóch prostych przekładni stożkowych w tylnym moście napędowym nie powoduje większego ryzyka dla trwałości układu napędowego niż koła napinające gaśienic również oddalone od Power-packa w pojazdach gaśienicowych.

Pierwszą firmą, która wyraziła zainteresowanie wdrożeniem krzyżowego układu napędowego, w pojeździe specjalnym swojej konstrukcji, jest Słowacka firma Transmisie S.R.O. Układ krzyżowy będzie brany pod uwagę w przypadku modernizacji pojazdu ALIGATOR. Jest to uniwersalny kołowy pojazd specjalny przeznaczony do przewożenia 8 żołnierzy wraz z kierowcą. Pojazd ten, oprócz bardzo dobrych parametrów jezdnych, ma również zdolność do pływania. Pojazd ALIGATOR w wersji podstawowej pokazano na rysunku 12 [5]. Z uwagi na to iż pojazd ALIGATOR posiada w każdej wersji układ centralnego pompowania kół, może być wyposażony w krzyżowy układ napędowy zarówno w wersję z dwoma, jak i z trzema mechanizmami różnicowymi.

Rozmiar niniejszej publikacji uniemożliwia pełne omówienie, możliwego teoretycznie układu napędowego z czterema kołami napędzanymi i jedynie dwoma mechanizmami różnicowymi.

Równie interesującym zagadnieniem jest zastosowanie krzyżowego układu napędowego do poprawy bezpieczeństwa czynnego w drodze współpracy z ESP³ i stworzenie aktywnego układu stabilizacji toru jazdy w miejsce obecnie stosowanych pasywnych.



Rys. 12. Słowacki pojazd specjalny ALIGATOR

Źródło: Zdjęcie z archiwum firmy TRANSMISIE S.R.O

WNIOSKI

Analiza teoretyczna pionowych obciążeń kół w ruchu przyspieszonym po łuku wskazuje, że tylne zewnętrzne koło jest najbardziej obciążone siłą pionową. Przednie wewnętrzne koło, położone od strony środka skrętu jest odciążone. Klasyczny układ napędowy uniemożliwia przekazanie nadwyżki siły napędowej z koła najbardziej odciążonego na najbardziej obciążone. Możliwość taka istnieje w krzyżowym układzie napędowym. Wstępne badania modelowe oraz badania fizyczne potwierdzają potencjał tkwiący w innej metodzie dystrybucji siły napędowej. Dodatkowo zarówno w symulacjach komputerowych, jak i w testach fizycznych (tabela 1 i 2) zaobserwowano w pewnych warunkach wyższe prędkości jazdy dla krzyżowego układu napędowego.

Krzyżowy układ napędowy może być zastosowany w pojazdach wyczynowych do poprawy osiągnięć lub w pojazdach użytkowych do poprawy bezpieczeństwa, w ramach aktywnego ESP, oraz w pojazdach specjalnych, gdzie oprócz wymienionych

³ Akronim ESP pochodzi od angielskich słów Electronic Stability Program, co można przetłumaczyć jako elektroniczny program stabilizacji (ruchu).

właściwości może przyczynić się do zwiększenia zdolności operacyjnej przez szybką wymianę, w warunkach polowych, prawie całego układu napędowego. Należy podkreślić, że krzyżowy układ napędowy składa się z konwencjonalnych elementów produkowanych masowo. Jego innowacyjność polega na ich skonfigurowaniu w inny sposób.

Opisane prace są pierwszą próbą naukowego zweryfikowania rozwiązania, które powstało jako rezultat obserwacji i intuicji. Krzyżowy układ wymaga dalszych badań zarówno w obszarze doświadczeń fizycznych, jak i symulacji komputerowych, w celu opracowania zaleceń konstrukcyjnych dla dalszych prac rozwojowych.

LITERATURA

- [1] Mitschke M., *Dynamika samochodu*. Wydawnictwo IWKŁ 1977.
- [2] Fajer A., *Badania zmodernizowanego układu przeniesienia napędu w samochodach wyścigowych*, Praca dyplomowa magisterska – promotor dr hab. inż. Andrzej Baier, Politechnika Śląska, Gliwice 2009.
- [3] Help programu NX5.
- [4] Mydlarz J., *Modernizacje napędu czołgu T-72*, [w:] „Nowa Technika Wojskowa”, nr 9/1998, s. 20-23.
- [5] Materiały informacyjne firmy TRANSMISIE S.R.O. – ALIGATOR 4X4 Master presentation.

SELECTED ASPECTS OF POWER DISTRIBUTION FOR 4WD VEHICLE MOVING ON CURVE

Summary

Observation of the vehicles indicates that during acceleration on the curve the rear external wheel is the most loaded with vertical power. At the same time the front internal wheel is underloaded and even loses contact with the surface. The traditional drive line is not able to transfer the surplus power from the front internal wheel to the rear external one. In the new patented solution, wheels are connected diagonally to improve vehicle performance and safety. Initial investigations of the new drive line performed at first theoretically, then in the NX Motion Simulation environment, and finally by physical tests, confirmed the potential of the new solution. In addition, the article presents potential military applications of the diagonal drive line for the Power-pack configuration.

Key words: *special vehicles, diagonal power transmission system, four-wheel drive*

Artykuł recenzował: prof. dr hab. inż. Andrzej BUCHACZ