

ZAWIESZENIE ELASTYCZNE ŚREDNIEJ PLATFORMY BEZZAŁOGOWEJ

Tomasz Czapla^{1a}, Rafał Pawlik

¹Institut Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej, Politechnika Śląska

^aTomasz.Czapla@polsl.pl

Streszczenie

Celem projektu opisanego w artykule jest opracowanie modułowego węzła zawieszenia zawierającego koło jezdne, wahacz wraz z zawieszeniem oraz silnik napędowy. W założeniu pojazd ma być wyposażony w modułowy, konfigurowalny układ napędowy z elektrycznymi silnikami trakcyjnymi. Źródłem energii elektrycznej jest generator oraz akumulatory w wersji hybrydowej lub bateria akumulatorów w wersji elektrycznej. W pracy przedstawiono analizę koncepcji zawieszenia, dobór elementów składowych oraz propozycję rozwiązania konstrukcyjnego.

Słowa kluczowe: platforma bezzałogowa, zawieszenie elastyczne, napęd elektryczny

ELASTIC SUSPENSION SYSTEM OF MEDIUM UNMANNED PLATFORM

Summary

The aim of the project described in this paper is modular suspension node development, containing wheel, traction motor and a rocker arm. The basic assumption is that vehicle should be equipped in modular, configurable propulsion system with electric traction motors. Power plant is an internal combustion engine driving generator as a series hybrid propulsion and battery for pure electric vehicle. The paper presents comparative analysis of different suspension concepts, component selection and design proposal.

Keywords: unmanned platform, elastic suspension system, electric propulsion

1. WSTĘP

Pojazd bezzałogowy, dla którego przeznaczone jest opisywane rozwiązanie elastycznego zawieszenia, oparty jest na platformie o masie własnej nieprzekraczającej 500 kg, stąd dążenie do minimalizacji masy.

Ze względu na wymóg minimalizacji kosztów budowy, eksploatacji oraz wsparcia logistycznego postanowiono wykorzystać w jak najszerszym zakresie dostępne na rynku rozwiązania. Najistotniejsze wymagania wobec platformy dotyczą pokonywania przeszkód terenowych, jazdy w trybie o obniżonej emisji hałasu oraz możliwości montażu wymaganej zabudowy.

Celem prac opisanych w niniejszym artykule jest opracowanie koncepcyjnego węzła zawieszenia pojazdu bezzałogowego spełniającego postawione kryteria. Napędy elektryczne stosowane w pojazdach kołowych można podzielić na dwie klasy: napędy centralne oraz napędy bezpośrednie w piastach kół. Napęd centralny jest

przesunięty przed tylną oś. Zespół napędowy ogranicza miejsce w kabinie. Napęd może być dostępny w wersji napędu elektrycznego lub napędu hybrydowego. Centralne umieszczenie silnika daje lepszy rozkład obciążeń na osie i korzystne położenie środka masy. Jako napęd bezpośredni rozumie się napędzanie pojazdu za pomocą silnika umieszczonego w kole. Główną zaletą takiego rozwiązania układu napędowego jest zwiększenie się przestrzeni użytkowej dostępnej we wnętrzu pojazdu[1].

Jednym z pierwszych pojazdów z napędem bezpośrednim był, skonstruowany w 1900 roku przez Ferdynanda Porsche samochód Semper Vivus, który posiadał napęd bezpośredni z zastosowaniem silników elektrycznych. Samochód napędzały dwa silniki umieszczone w piastach kół przednich. Silnik benzynowy napędzał generator elektryczny, który miał za zadanie ładowanie baterii akumulatorów składających się z 44 ogniw o napięciu 80

V. Silniki zamontowane w piastach miały moc 2,5-3,5 KM. Dzięki innowacyjnemu rozwiązaniu konstrukcji można było usunąć z pojazdu przekładnię, wał napędowy, umożliwiając tym samym redukcję strat mechanicznych. Podobny układ wybrano do opisywanego rozwiązania platformy bezzałogowej. Napęd hybrydowy szeregowy charakteryzuje się modułową budową, co pozwala zoptymalizować rozmieszczenie jego komponentów. Umieszczenie silników trakcyjnych w piastach kół pozwala na zwiększenie przestrzeni użytkowej w korpusie platformy.

2. ZASTOSOWANIE PLATFORM BEZZAŁOGOWYCH

Rozwój techniki i technologii powoduje wdrażanie do wykonywania niebezpiecznych zadań systemów opartych na rozwiązaniach bezzałogowych, które powinny być przystosowane do realizacji szerokiego spektrum zadań w zróżnicowanym terenie, zarówno otwartym jak również w zurbanizowanym, wspierając działania taktyczne oraz patrolowe. Pojazdy bezzałogowe pełnią rolę platform rozpoznawczych, dozoru, logistycznych oraz inżynierskich. Ze względu na zróżnicowane wymagania wobec każdego z rodzajów zadań najkorzystniejsze jest projektowanie platformy jako systemu modułowego, opartego na zunifikowanych podzespołach.

3. ANALIZA KONCEPCJI

Pierwszym etapem opracowania konstrukcji węzła zawieszenia napędowego pojazdu o masie 800kg z silnikiem elektrycznym w piaście było wygenerowanie trzech koncepcji rozwiązania.

W pierwszej koncepcji założono, że pojazd będzie posiadać 6 kół (trzy osie). Koła pierwszej i drugiej osi zawieszane są z wykorzystaniem dwukołowych wózków. Trzecia oś stanowi belkę poprzeczną.

Druga koncepcja zakłada, że zawieszenie składa się z trzech osi. Wahacze zamocowane są do ramy pod kątem. Przednia i tylna oś jest wychylona na tyle, że koła znajdują się poza ramą. Daje to możliwość podjeżdżania na przeszkody, jak również daje większą stabilność podczas pokonywania wzniesień.

Ostatnia koncepcja zawiera niezależne zawieszenie elastyczne. Każdy z węzłów zawieszenia składa się z podwójnego wahacza z amortyzatorem. Ruch względem nadwozia lub ramy pojazdu będzie realizowany za pośrednictwem elementów podatnych. Wahacz górny lub dolny podparty będzie sprężyną śrubową i amortyzatorem.

Z powyższych rozwiązań dokonano optymalnego wyboru, określając najważniejsze cechy przyszłego środka technicznego. Wybrano osiem najważniejszych kryte-

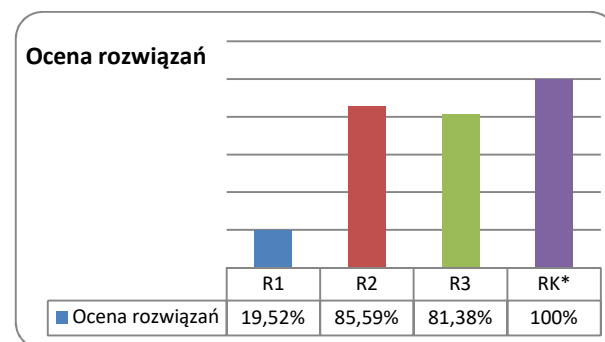
riów, które zostały uwzględnione w stadium optymalizacji punktowej[2,4,5].

Kryteria:

- K1 – szacunkowa masa węzła;
- K2 – podatność na modernizację
- K3 – możliwość zamontowania silnika elektrycznego w kole;
- K4 – stopień innowacyjności rozwiązania (indywidualna ocena);
- K5 – unifikacja części;
- K6 – prosta i zwarta budowa;
- K7 – szacunkowa cena;
- K8 – łatwość obsługi zawieszenia.

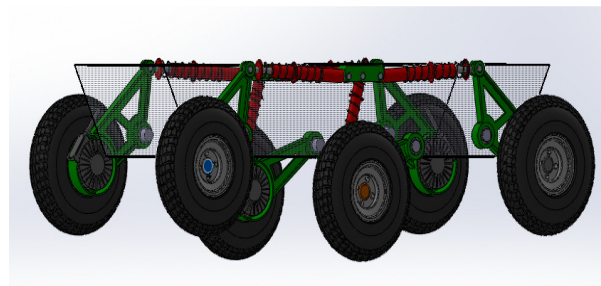
W kolejnej fazie procesu, w grupie osób obiektywnych jak i postronnych, została przeprowadzona krytyczna ocena zależności między kryteriami. W ten sposób pokazano najważniejsze kryteria wyboru dla projektu. Są nimi: K1, K3, K4, K6, K8. Mniej istotnymi kryteriami okazały się: K2, K5, K7.

W kolejnej części przeprowadzono ocenę rozwiązań względem każdego kryterium oraz jego wagi. Do tego celu dobrano skalę od 0 do 3.



Rys. 1. Porównanie i ocena rozwiązań

Najlepiej spełniającym wszystkie kryteria i osiągającym 85,59% oczekiwanych punktów względem rozwiązania idealnego jest rozwiązanie R2. Rozwiązanie RK jest to rozwiązanie kontrolne. Posiada ono maksymalną ocenę. Dla pozostałych rozwiązań jest ono odniesieniem. Wyniki porównania zaprezentowano na wykresie na rys. 1..



Rys. 2. Wybrane rozwiązanie konstrukcyjne – indywidualne zawieszenie elastyczne.

Rozwiązanie przedstawione w koncepcji drugiej posiada największą możliwość zamontowania układu napędowego w piaście koła, co jest głównym założeniem projektu.

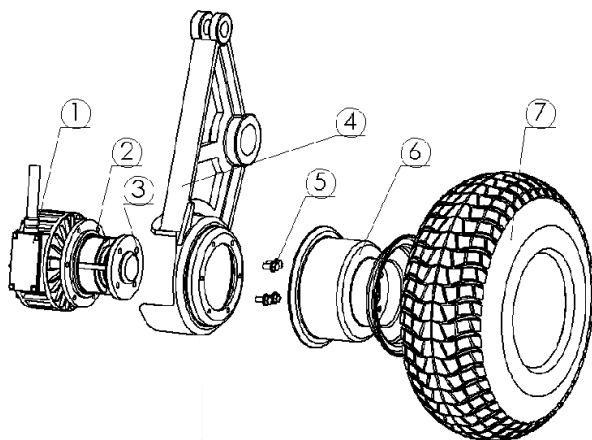
Geometrię wybranego wariantu zaprezentowano na rys. 2. Dodatkowo masa konstrukcji pojedynczego węzła nie jest duża. Jest to ważne ze względu na fakt, że cały pojazd nie może przekroczyć 500kg. Kolejnym argumentem jest możliwość rozbudowania zawieszenia w późniejszym czasie (dodatkowy montaż gąsienic). Ważne jest, że wiele podzespołów to elementy znormalizowane oraz zakupowe [6,7].

4. POSTAĆ KONSTRUKCYJNA WĘZŁA ZAWIESZENIA

Projektowanie układu zawieszenia rozpoczęto od specjalnie przystosowanej osłony silnika. W odróżnieniu od standardowej konstrukcji zawieszenia nie występują tu elementy takie jak zwrotnica, piasta koła, tarcza hamulcowa czy nakrętka centralna półosi napędowej. Zamiast tego w miejscu wyżej wymienionych elementów znajduje się jedynie silnik elektryczny, felga koła i opona.

Zaprojektowana osłona silnika pełni dodatkowo rolę wahacza przymocowanego do ramy pojazdu. Zaprojektowano dwie różne osłony: pierwszą dla kół znajdujących się na przedniej i tylnej osi, drugą dla kół znajdujących się w środkowej osi pojazdu. Różnica między nimi wynika ze sposobu przymocowania wahacza do ramy.

Pierwsza osłona z wahaczem przeznaczona dla kół przednich i tylnich składa się z blachy wykonanej z aluminium EN AW-6082. Jest to materiał często stosowany do produkcji elementów zawieszenia, posiadający bardzo dobre własności do obróbki plastycznej. Utrzymanie temperatury 500°C podczas kucia gwarantuje uzyskanie wytrzymałości na rozciąganie R_m w granicach 330MPa, a twardość rzędu 80-100HB [3]. Zespół zawieszenia przedstawiono na rys. 3.

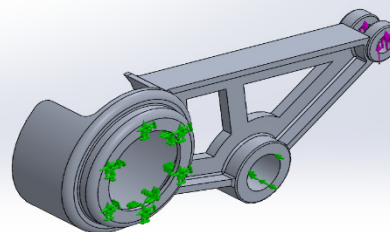


Rys. 3. Wybrane rozwiązanie konstrukcyjne – indywidualne zawieszenie elastyczne (1 – silnik elektryczny, 2 – osłona, 3 – piasta, 4 – osłona z wahaczem, 5 – śruby montażowe, 6 – felga, 7 – opona)

Następnie poszczególne elementy zostały połączone ze sobą za pomocą spoin pachwinowych. Tak zaprojektowany wahacz został połączony za pomocą sworznia do konstrukcji ramy.

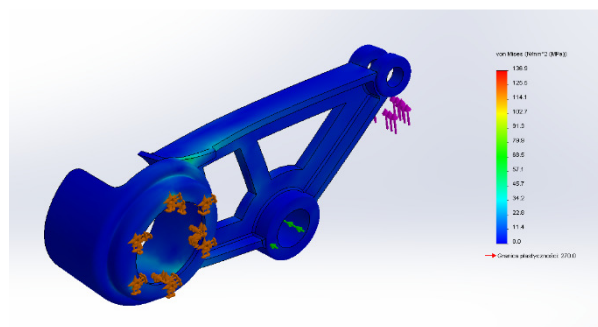
5. WERYFIKACJA WYTRZYMAŁOŚCIOWA WĘZŁA ZAWIESZENIA

W celu sprawdzenia elementów konstrukcji zawieszenia pod względem prawidłowego doboru materiału konstrukcyjnego dokonano numerycznego badania wytrzymałościowego zaprojektowanego elementu zawieszenia.



Rys. 4. Wahacz wraz z prezentacją stanu obciążenia i utwierdzenia.

Badanie rozpoczęto od nałożenia więzów oraz obciążenia modelu wahacza. W badanym elemencie utworzono nieruchome podpory w miejscach otworów montażowych. Podporę ruchomą natomiast umieszczono w sworzniu obrotu. Następnie przyłożono siłę działającą w kierunku amortyzatora. Wartość siły wynosiła 2kN. Na rys. 4 przedstawiono wyżej wymienione podpory oraz przyłożone siły do modelu.



Rys. 5. Sposób utwierdzenia oraz obciążenia modelu.

Dla tak obciążonego elementu dokonano optymalizacji konstrukcji celem minimalizacji naprężeń w miejscach łączenia blach. Na rys. 4,5 przedstawiono zmodyfikowany element oraz stan obciążenia i sposób utwierdzenia.

Ujednorodnienie oraz obniżenie maksymalnej wartości naprężeń pozwala na zmniejszenie grubości elementu, zastosowanie tworzywa o gorszych parametrach wy-

trzymałościowych lub też pozostawienie zapasu modernizacyjnego.

6. PODSUMOWANIE

Wynikiem niniejszej pracy jest projekt i konstrukcja węzła zawieszenia koła napędowego pojazdu bezzałogowego z silnikiem elektrycznym w piaście. Większość z zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych jest powszechnie znana i stosowana w różnego rodzaju pojazdach i maszynach. Dzięki innowacyjnemu wykorzystaniu istniejących technologii i komponentów uzyskano rozwiązanie funkcjonalne, które umożliwia optymalizację

układu jezdnego platformy bezzałogowej. Z wykorzystaniem środowiska CAx wykonano wirtualny model przedstawiający szczegółową postać konstrukcyjną zawieszenia. Oprogramowanie inżynierskie wykorzystano do weryfikacji poprawności doboru cech konstrukcyjnych. Dobrze przeprowadzony proces projektowania uwzględniający wiele rozwiązań i optymalizacje kryterialną doprowadza do rozwiązania problemu.

W ramach dalszych prac zaplanowano sformułowanie modelu dynamicznego konstrukcji oraz symulację działania zawieszenia w warunkach rzeczywistych.

Literatura

1. Dąbala K., Dudziński J.: Napęd bezpośredni w pojazdach samochodowych: przegląd konstrukcji. Warszawa: Zakład Maszyn Elektrycznych, Instytut Elektrotechniki, 2012. Prace Instytutu Elektrotechniki, z. 260.
2. Dietrich M, Kocańda S, Korytkowski B, Zimowski W, Stupnicki J, Szopa T.: Podstawy konstrukcji maszyn. Warszawa: WNT, 1999.
3. Fischer U.: Poradnik mechanika. Warszawa: Wyd. REA, 2008.
4. Gendarz P.: Metodologia tworzenia uporządkowanych zbiorów konstrukcji maszyn. Gliwice: Wyd. Pol. Śl., 2002.
5. Kamiński E., Pokorski J.: Dynamika zawiesznień i układów napędowych pojazdów samochodowych. Warszawa: WKiŁ, 1983.
6. Reza N. Jazar: Vehicle dynamics: theory and application. Springer 2008.
7. Rajamani R.: Vehicle dynamics and control. Springer 2006.



Artykuł dostępny na podstawie licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 3.0 Polska.
<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/pl>