

Andrzej BŁAŻEJEWSKI, Sylwester JĘDRZEJCZYK

STANOWISKO DO BADANIA ELEMENTÓW ZAWIESZENIA POJAZDÓW JEDNOŚLADOWYCH

Streszczenie

Badanie sprawności technicznej pojazdów jednośladowych na stacjach diagnostycznych ma ograniczony zakres. Praktycznie nie przeprowadza się badania zawieszenia tych pojazdów. Jego sprawność wpływa na wiele czynników zarówno związanych z bezpieczeństwem jak i komfortem jazdy motocyklem. Niektóre z tych czynników przedstawiono w pierwszej części artykułu. W związku z powyższym zaproponowano idee stanowiska do badania elementów zawieszenia motocykla, takich jak amortyzatory, sprężyny, resory oraz ich zespoły. Stanowisko składa się z dwóch zasadniczych części: elektromechanicznej, symulującej ruch pojazdu oraz części pomiarowej. Pierwsza z nich to rama, w której zamocowano 3-fazowy silnik z przekładnią-reduktorem oraz układem mimośrodowym wymuszającym ruch posuwisto-zwrotny. Częstość ruchu zmieniana jest za pomocą falownika. Druga część pomiarowa stanowiska, to czujniki do rejestracji sygnałów siły działającej na badany element oraz prędkości ruchu odpowiednich jego części. Pomiaru po odpowiednim kondycjonowaniu, dokonywanym za pomocą modułu wejściowego mostka tensometrycznego oraz modułu wejściowego sygnałów przyspieszenia firmy National Instruments, rejestruje i analizuje odpowiednio skonfigurowane środowisko LabWiev. Dzięki pomiarom na stanowisku, można regulować, diagnozować i wnioskować o stanie zawieszenia pojazdu jednośladowego.

WSTĘP

W przemyśle ukierunkowanym na produkcję pojazdów jednośladowych pojawiają się coraz to nowsze konstrukcje zawieszenia układu jezdnego. We współczesnych motocyklach występuje podwozie, którego elementami składowymi są różnego rodzaju wyspecjalizowane w działaniu i funkcji urządzenia, umożliwiające przeniesienie sił z kół na kierowcę i pozostałe podzespoły motocykla. W tzw. klasie turystycznej motocykli, obecnie powszechnie występują zawieszenia mechaniczno-pneumatyczno-olejowe, zapewniające, z jednej strony właściwą współpracę jednostki napędowej (silnika) z elementami przeniesienia napędu na układ jezdny oraz komfort i bezpieczeństwo kierowcy. Innym rodzajem zawieszenia są zawieszenia olejowo-gazowe, wykorzystywane zazwyczaj w motocyklach rozwijających szczególnie duże prędkości i tam gdzie wymagana jest szczególna skuteczność i efektywność ich pracy - w pojazdach wyścigowych. Oprócz tego, że zawieszenie pojazdu należy do podzespołów bezpośrednio odpowiedzialnych za wyżej wymienione czynniki, to również w dużej mierze odpowiada za ekonomiczną eksploatację. Uszkodzone, znacznie przyspiesza zużycie opon, pogarsza właściwości trakcyjne, a tym samym wpływa na zwiększenie zużycia paliwa. W skrajnym przypadku niesprawne, niewłaściwie ustawione zawieszenie może być przyczyną groźnego wypadku.

We współczesnych motocyklach istnieją różnego rodzaju elementy regulacyjne, pozwalające na bardzo precyzyjne ustawienie zawieszenia tak, aby spełniało ono wszystkie swoje zadania. Innym ważnym problemem w tej dziedzinie jest diagnozowanie stanu technicznego, aktualnych właściwości, a tym samym zużycia elementów zawieszenia. Jednocześnie badanie sprawności technicznej pojazdów jednośladowych na stacjach diagnostycznych ma ograniczony zakres. Praktycznie nie przeprowadza się badania zawieszenia tych pojazdów.

1. ELEMENTY WCHĄDZĄCE W SKŁAD ZAWIESZENIA

Istnieją trzy istotne czynniki, które wpływają na cechy układu zawieszenia: sprężyny, amortyzatory oraz masa oddziałująca na to

zawieszenie. Masą resorowaną jednoślada określa się tę część pojazdu, która znajduje się w górnej części zawieszenia. Można w dużym przybliżeniu powiedzieć, że są to części, które poruszają się w górę i w dół względem podłoża, w momencie kiedy kierowca wsiada na motocykl. Tym samym masą nieresorowaną stanowią wszystkie pozostałe części, które nie poruszają się w tym momencie. W tym ujęciu masa nieresorowana motocykla to opony, felgi, tarcze hamulcowe z zaciskami, tylne koło zębate, dolna część wideł i wahacza oraz część masy sprężyn w zawieszeniu. Można zatem powiedzieć w uproszczeniu, że masa nieresorowana jest poza kontrolą i wpływem zawieszenia. Gdy koło wjeżdża na nierówność drogi, mniejsza masa nieresorowana umożliwi układowi zawieszenia bardziej efektywnie zredukować skutki wpływające na pojazd i kierowcę. Na przykład, efektywnie działające zawieszenie sprawia, że koło jest bardziej zdolne do pozostania w kontakcie z podłożem i nie zrywa przyczepności. Z tego względu motocykle wyścigowe i pojazdy wysokiej klasy posiadają bardzo lekkie aluminiowe felgi, zaciski kompaktowe i lekkie nieresorowane elementy zawieszenia. Uzyskanie niższej masy nieresorowanej i tym samym szybszej reakcji zawieszenia wpływa także na komfort jazdy kierowcy ze względu na tłumienie krótkich i gwałtownych przyspieszeń pionowych oddziałujących na kierowcę.

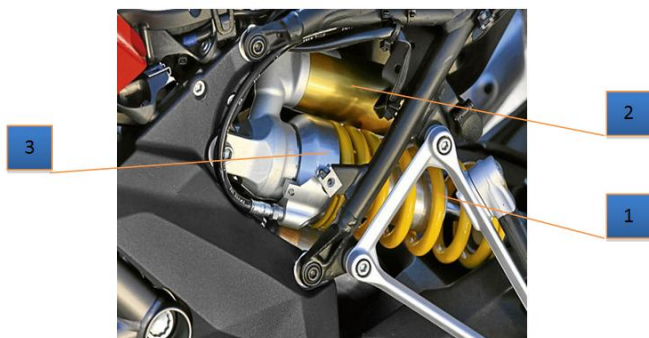
1.1. Sprężyny

Jednym z wymienionych elementów zawieszenia są sprężyny. Pochłaniają one energię generowaną w układzie motocykla wraz z kierowcą, w trakcie hamowania i przyspieszania. Wynika to w głównej mierze z powstających wtedy sił bezwładności, w pierwszym przypadku oraz energię od sił reakcji podłoża, w drugim. Twardość sprężyny jest cechą, która określa, to jak motocykl będzie reagował na takie obciążenia. Twardości sprężyny definiuje jej sztywność. Parametr ten oznacza siłę, jaką należy wyrzucić aby zmienić jej charakterystyczny wymiar, o jednostkę długości. Na ogół sztywność jest mierzona w N/mm. Sprężyny mogą być skonstruowane w taki sposób, że współczynnik sztywności jest stały. Im większa zmiana wymiaru tym większa proporcjonalnie (stały współczynnik proporcjonalności) potrzebna do tego siła. Są to sprężyny o charakterysty-

ce liniowej. Jednak w wielu rozwiązaniach konstrukcyjnych wykorzystywane są sprężyny progresywne, o współczynniku którego wartość rośnie wraz ze zmianą wydłużenia lub skrócenia. Ze względu na konstrukcję, najpowszechniej stosowane w motocyklach rodzaje sprężyn, to sprężyny śrubowe i gazowe. Resory piórowe, jako szczególny rodzaj sprężyn, są stosowane w stosunkowo niewielkiej liczbie motocykli. Zostały one wykorzystane w eksperymentalnej maszynie Yamaha i nie są jeszcze powszechne. W 1990 roku Yamaha stworzyła motocross YZ wyposażony w system resorów piórowych, znajdujących się pod silnikiem. Firmy Yamaha i Ohlins zbudowały również nowoczesny system tylnego zawieszenia, który zawiera resory piórowe w wahaczu. Wyjątkowy system niweluje potrzebę wykorzystania zewnętrznych sprężyn śrubowych i umożliwia pełen zakres regulacji wysokości oraz sztywności.

W klasycznych sprężynach, śrubę tworzy zwinięty pręt ze stali o odpowiednich właściwościach. Gdy odstęp między zwojami są równe, charakterystyka sprężyny jest liniowa. Jednakże czasami pożądane jest, aby w motocyklach zawieszenie miało progresywny współczynnik. Ten typ sprężyny śrubowej, pokazanej na przykład na rysunku 1 i wskazany przez cyfrę 1, posiada zwoje z większym oraz mniejszym skokiem. Wpływ takiej sprężyny na nierówności drogi jest taki, że część z mniejszym skokiem kompresuje się i tym samym zmniejsza się liczba zwojów czynnych. Powoduje to zwiększenie sztywności zawieszenia im bardziej jest ono obciążone.

Innym rodzajem sprężyn są sprężyny gazowe. Uwidoczniona jest ona na rysunku 1, wskazana przez cyfrę 2. Korzyść z ich stosowania jest taka, że są stosunkowo proste, efektywne i cechują się progresywną charakterystyką. Prosty sposób na wyjaśnienie zasady działania tego typu sprężyny jest przykład pompki rowerowej w przypadku, gdy zatkaemy jest jej wylot. Zgodnie z prawem Boyle'a-Mariotte'a, przy naciskaniu tłoka opór będzie coraz większy wraz ze wzrostem ciśnienia w cylindrze. Ciśnienie gazu zmieniać będzie się odwrotnie proporcjonalnie do objętości, a zatem nieliniowo. Inną cechą sprężyn gazowych jest to, że ich charakterystykę można w pewnym zakresie zmieniać.



Rys. 1. Elementy zawieszenia motocykla Ducati [7].

Dopasowana twardość sprężyny to odpowiednie, w zalecanym zakresie, ugięcie statyczne i dynamiczne. Jeśli sprężyna jest zbyt twarda, ugięcie dynamiczne może być w normie, ale ugięcie statyczne może być zbyt małe. Z kolei w przypadku, gdy sprężyna jest zbyt miękka, ugięcie dynamiczne jest w normie, natomiast zbyt duże jest ugięcie statyczne.

Zbyt twarda sprężyna w zawieszeniu tylnym może powodować swobodne „wchodzenie” w zakręty, ale odczucie „twardego tyłu”, i niedostateczną przyczepność tylnej opony. Zbyt miękka sprężyna może natomiast powodować podsterowność podczas wchodzenia w zakręt, ale gwarantuje prawidłową przyczepność podczas przyspieszania, zwiększenie skoku tylnego zawieszenia powodując problem

z „przekładaniem” motocykla pomiędzy szykanami i „odczucie lekkiego przodu” motocykla.

W zawieszeniu przednim zbyt twarde sprężyny wpływają na korzystne reakcje pojazdu podczas hamowania, ale podsterowność w całym zakresie i „odczucie twardego przodu” motocykla. Zbyt miękkie sprężyny mogą natomiast powodować swobodne wchodzenie w zakręty, ale nadsterowność w całym zakresie, odczucie „chowania przodu pod motocykl”, „głębokie nurkowanie” i „dobijanie przodu” motocykla.

Trudności w kwestii regulacji ugięcia statycznego, mogą być powodem zastosowania przez producenta wewnętrznych sprężyn odbicia. Na ogół wymuszają one wzrost ugięcia statycznego, jednak nie powinny oddziaływać na ugięcie dynamiczne. Sprężyny odbicia wpływają na sprężyny główne powodując wzrost sztywności i mniejsze napięcie wstępne. Ich działanie korzystne jest w pobliżu górnej granicy skoku amortyzatora widelca, gdy siła niezbędna do wprowadzenia zawieszenia w ruch jest mniejsza, a tym samym większa jest czułość na mniejsze nierówności w trakcie dynamicznego przyspieszania lub hamowania.

Nie jest prawdą, że twarde zawieszenie niezbędne jest do uzyskania dobrego prowadzenia. Natomiast, powoduje ono spadek komfortu jazdy motocyklem, ogranicza pracę zawieszenia w przypadku wybojów i nierówności drogi. Z drugiej strony zupełnie rozprężone sprężyny będą powodowały, że koła nie będą mogły utrzymywać stałego kontaktu z podłożem i nie będą „podążać” za nierównościami pionowymi podłoża. Aby prawidłowo wybrać twardość sprężyn istnieją specjalne wykresy od producentów, kalkulatory lub wzory matematyczne, możliwy jest pomiar dynamometrem lub testy praktyczne.

Pierwszym elementem regulacji zawieszenia jest ugięcie wstępne. Parametr ten jest zależny od napięcia wstępnego sprężyny - ustawienia dostępnego w przypadku większości motocykli. Regulacje standardowe odnoszą się do przeciętnego kierowcy o przeciętnej masie. Tym samym, gdy kierowca jest stosunkowo lekki, to zawieszenie pod wpływem obciążenia może nie uginać się odpowiednio, pozostając w pobliżu największego wysunięcia i nie reagować odpowiednio na pokonywane nierówności nawierzchni. Wówczas dąży się do obniżenia napięcia wstępnego sprężyn zawieszenia. W sytuacji odwrotnej, całkowity skok zawieszenia można nie być realizowany i duże nierówności będą odczuwane przez kierowcę jak uderzenia w zawieszenie. Odpowiednie wartości regulacyjne można znaleźć w instrukcjach obsługi motocykla lub zmierzyć demontując sprężyny.

Pomiar ugięcia polega na umieszczeniu przesuwnego znacznika pod samym uszczelniaczem amortyzatora przy całkowicie odciążonym, wysuniętym zawieszeniu. Następnie, obciąża się motocykl w normalnej pozycji do jazdy. Przy ponownym odciążeniu mierzy się powstałą odległość pomiędzy uszczelniaczem a znacznikiem. Podobnie czynności wykonywane są w przypadku tylnego zawieszenia.

1.2. Elementy tłumiące-amortyzatory

Stosowanie samej sprężyny bez amortyzatora nie jest odpowiednie ani dla kierowcy, ani dla pojazdu. Każda nierówność nawierzchni powoduje, że zawieszenie motocykla natychmiast skumuluje energię od sił reakcji podłoża i równie szybko odda ją z powrotem. Jest to niezwykle niebezpieczne dla kierującego pojazdem, ponieważ może on utracić nad nim kontrolę. Przykładowy amortyzator tłumiący pokazany jest na rysunku 1, wskazany przez cyfrę 3.

Amortyzatory w jednoślądzie zostały tak zbudowane, aby w pewnym stopniu pochłaniać energię zawieszenia, ale zasadniczą jego rolą jest jej rozpraszanie. W następstwie rozpraszania tej energii, system amortyzatorów zabezpiecza ciało motocyklisty oraz sam

pojazd przed nagłym działaniem sił pionowych, wywołanych nierównościami nawierzchni, których energia nie jest pochłonięta przez elementy sprężyste. Z drugiej strony chroni przed drganiami, które mogą generować się w nietłumionym układzie. Zawieszenie wyposażone w odpowiednie amortyzatory zmniejsza zmęczenie kierowcy i niszczenie części i podzespołów motocykla. Zazwyczaj bazą amortyzatora jest system hydrauliczny, który w najprostszej postaci składa się z pręta, tłoczyska związanego z tłokiem, poruszającym w cylindrze wypełnionym olejem. Otwory lub zawory umieszczone w tłoku, umożliwiają przepływ oleju z jednej jego strony na drugą. Proces ten rozprasza energię zgromadzoną w elementach sprężystych, poprzez zmianę energii kinetycznej ruchu tłoka w ciepło, które jest przekazywane do otoczenia.

Jednym z parametrów określających tłumienie zawieszenia jest tzw. tłumienie odbicia. Regulację tego parametru w przednim zawieszeniu można wykonać np. naciskając kierownicę motocykla, przy jednoczesnym naciśnięciu hamulca i sprawdzić z jaką prędkością wróci ono do stanu początkowego po zwolnieniu nacisku. Rozkład siły tłumienia odbicia można zweryfikować naciskając na motocykl tuż za wlewem paliwa i obserwując czy tył wraca nieco wolniej niż przód. Ustawienie tłumienia odbicia zależy przede wszystkim od upodobań kierowcy. Regulację zaczyna się od małych wartości, stopniowo je zwiększając po jeźdźdżach testowych realizowanych na tej samej trasie. Zwiększenie tłumienia odbicia polepsza kontrolę nad motocyklem i zmniejsza możliwość „dobicia” zawieszenia. Jednak nadmiar w tym zakresie generuje ograniczenie zakresu działania amortyzatora i tym samym ograniczone niwelowanie oddziaływania nierówności podłoża na pojazd i kierowcę.

W kwestii kierowania motocyklem, nadmierne tłumienie odbicia zawieszenia tylnego może powodować: przeniesienie tylnego koła z wyboju na wybój, nie nadażanie za wgłębieniami w nawierzchni, odbijanie się tylnego koła podczas hamowania, „nie przysiadanie” tyłu podczas przyspieszania, a tym samym podsterowność na wyścigach z zakrętów, przegrzewanie amortyzatora i tym samym spadek sprawności zawieszenia w trakcie jazdy.

Niewystarczające tłumienie odbicia może powodować: zbyt szybkie wysuwanie się tylnego zawieszenia podczas hamowania skutkujące „podbiciem tyłu”, niestabilność przy „przekładaniu” motocykla z zakrętu w zakręt, kołysanie na boki po dodaniu gazu przy wychodzeniu z zakrętu, „przysiadanie” tyłu przy ostrym otwarciu skutkujące utratą przyczepności przodu motocykla.

Jeśli chodzi o zawieszenie przednie, zbyt silne tłumienie odbicia może powodować: nadsterowność, niedostateczną przyczepność przedniej opony, szczególnie podczas gwałtownego hamowania, wrażenie „chowania się” opony pod pojazd, słabe tłumienie nierówności nawierzchni.

Z kolei zbyt słabe tłumienie odbicia może powodować: podsterowność, niestabilność przodu motocykla, głębokie „nurkowanie” podczas hamowania [1-9].

2. STANOWISKO BADAWCZE

Pracę elementów zawieszenia, takich jak: amortyzator, sprężyna oraz całe podzespoły zawieszenia można badać na dedykowanym w tym celu stanowisku. Należy podkreślić, że prezentowane w dalszej części stanowisko zbudowane zostało od podstaw i nie jest kopią istniejących rozwiązań. Badania w tym zakresie nie są prowadzone powszechnie nawet na stacjach diagnostycznych. Stanowiska badawcze posiadają zazwyczaj firmy zajmujące się produkcją lub tuningiem zawiesznień. W opisywanym poniżej stanowisku można wyszczególnić dwie zasadnicze części: elektromechaniczną oraz część pomiarową (tor pomiarowy)[6-9].

2.1. Część elektromechaniczna stanowiska

Pierwsza, przedstawiona na rysunku 2, to część elektromechaniczna, która ma za zadanie symulowanie różnych warunków jazdy, a co za tym idzie, wymuszanie pracy badanych elementów zawieszenia. Na rysunku 2 przedstawiono kolejno elementy stanowiska numerując cyframi: 1 – amortyzator wraz ze sprężyną gazową, 2 – falownik, 3 – silnik elektryczny, 4 – przekładnię ślimakową z reduktorem i układem mimośrodowym, 5 - włącznik zasilania, 6 – stalową ramę z podstawą, 7 – osłonę z pleksi, 8 – miejsce mocowania czujnika siły i 9 – miejsce pomiaru prędkości ruchu tłoczyska.

Ruch wymuszany jest 3-fazowym silnikiem elektrycznym VE-LA-STM włoskiej firmy STM, zasilanym prądem o napięciu 230/400V (50Hz), o mocy 2,2kW, o znamionowej prędkości obrotowej 2800obr/min i wielkości mechanicznej 90L2. Silnik z korpusem aluminiowym o masie 16,5kg pokazany jest na rysunku 2 i wskazany cyfrą 3.

Moment z wału silnika przekazywany jest na układ mimośrodowy, do którego mocowany jest badany element zawieszenia. Pośredniczy w tym reduktor - przekładnia ślimakowa STM UMI 63, również firmy STM. Parametry przekładni pokazanej na rysunku 2, wskazanej cyfrą 4 są następujące: przełożenie 1:10, przekazywany moment obrotowy minimalny 80Nm oraz maksymalny 195Nm (zależy od mocy silnika), przekazywana moc minimalna 0,15kW oraz maksymalna 4,1kW (zależy od przełożenia), masa 6kg.



Rys. 2. Część elektromechaniczna stanowiska: 1 – amortyzator wraz ze sprężyną gazową, 2 – falownik, 3 – silnik, 4 – przekładnia-reduktor wraz układem mimośrodowym, 5 - włącznik zasilania, 6 – stalowa rama z podstawą, 7 – osłona z pleksi, 8 – miejsce mocowania czujnika siły, 9 – miejsce pomiaru prędkości ruchu.

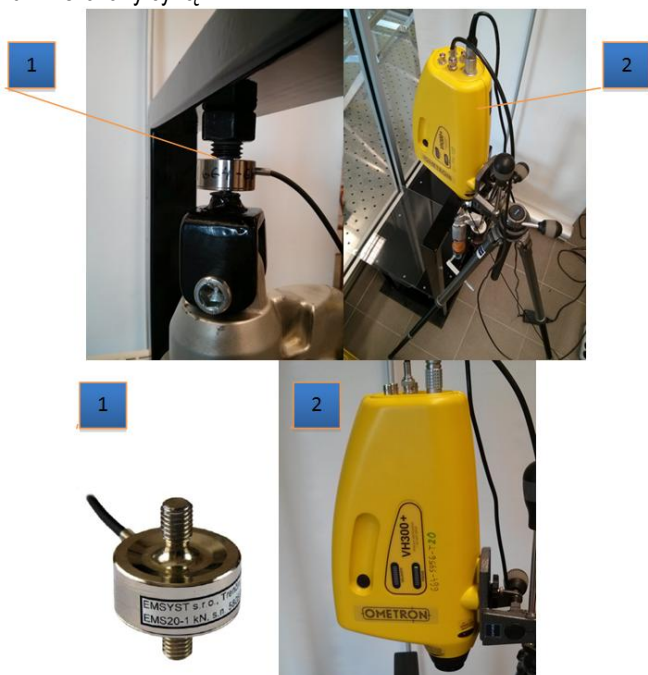
2.2. Część pomiarowa stanowiska (tor pomiarowy)

Do rejestracji siły działającej zgodnie z założeniami konstrukcyjnymi na element układu zawieszenia (kierunek działania sił w czasie jazdy motocykla), wykorzystano czujnik firmy Wobit typu tensometrycznego KMM20-2kN, o zakresie pomiarowym 0-2kN, działający na rozciąganie i ściskanie, z wewnętrznym układem mostkowym. Miejsce zamocowania czujnika na stanowisku pomiarowym pokazano na rysunku 2 wskazane cyfrą 8. Szczegóły połączenia gwintem M8 ze śrubą mocującą do ramy oraz do widełek utrzymujących element badany oraz wygląd czujnika pokazano na rysunku 3 wskazane cyfrą 1.

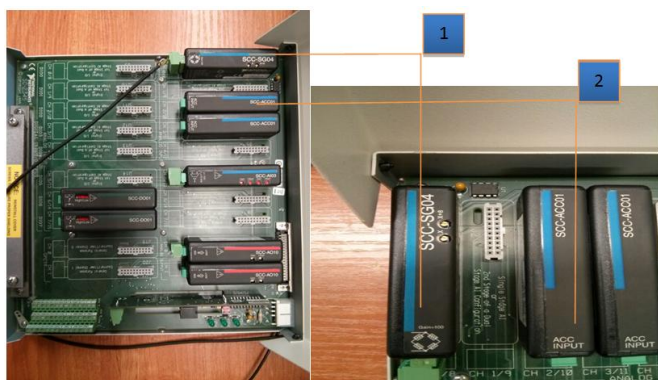
Do rejestracji prędkości przemieszczenia wykorzystano wibrometr laserowy firmy Ometron typu VH 300+. Wibrometr służy do bezkontaktowego (w odległości od 0.4m do 25m), względnego

jednopunktowego pomiaru prędkości przemieszczeń w zakresie 0-425mm/s. Wibrometr może rejestrować sygnały o częstotliwości od 0,1Hz do 25kHz. Przy wymuszonych ruchach pionowych, jak pokazuje czerwona strzałka na rysunku 1, ustawienie wibrometru przy stanowisku oraz jego wygląd pokazano na rysunku 3 wskazane cyfrą 2.

Zastosowane czujniki rejestrują napięciowy sygnał analogowy. Czujnik siły przekazuje sygnał do dodatkowego mostka tensometrycznego National Instruments typu SCC-SG04, który jednocześnie wzmacnia sygnał. Moduł działa w układzie pełnego mostka i pokazany jest na rysunku 4 wskazany cyfrą 1. Sygnał napięciowy z wibrometru przekazywany jest na moduł wejściowy typu SCC-ACC01. Zawiera on na wejściu filtr górnoprzepustowy o częstotliwości granicznej 0,8Hz. Sygnał jest następnie wzmacniany (stałe wzmocnienie o współczynniku 2) i ponownie filtrowany filtrem dolnoprzepustowym Bessela o częstotliwości granicznej 19kHz. Maksymalne napięcie na wyjściu modułu 5V. Moduł pokazano na rysunku 4 wskazany cyfrą 2.



Rys. 3. Część pomiarowa stanowiska. 1-usytuowanie oraz mocowanie czujnika siły KMM20-2kN, 2- usytuowanie oraz wygląd wibrometru laserowego Ometron VH300+.



Rys. 4. Część pomiarowa stanowiska. Kasetka kondycjonowania sygnałów SC-2345 oraz 1-mostek tensometryczny SCC-SG04 połączony do czujnika siły oraz 2- moduł wejściowy SCC-ACC01 połączony do wibrometru laserowego, czujnika prędkości.

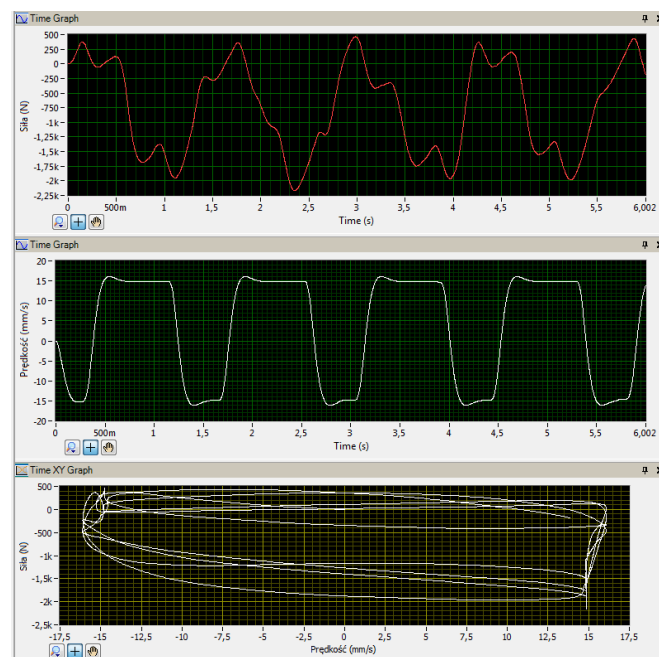
Oba moduły umieszczono w kasecie kondycjonowania sygnałów typu SC-2345 firmy National Instruments, co umożliwia rejestra-

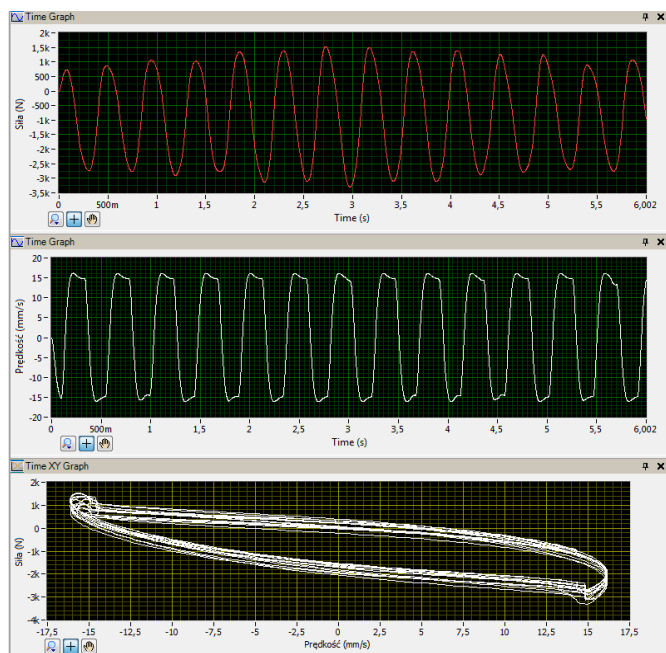
cję pomiarów wielkości siły i prędkości oraz ich wizualizację oraz analizę w środowisku LabView. Kasetka wraz z modułami pokazana jest na rysunku 4.

2.3. Przykładowe pomiary

Do testów wybrano amortyzator firm Szukiel Racing, zbudowany z zasadniczego tłumika hydraulicznego oraz sprężyny gazowej, stosowany w motocyklach wyścigowych. Mocowanie tego elementu w czasie badań pokazano na rysunku 1 i wskazano cyfrą 1. Celem tych badań jest wyznaczenie charakterystyki elementu zawieszenia, w tym przypadku zależności siły reakcji w zależności od kierunku i wartości prędkości ruchu tłoczyska amortyzatora. Zastosowano wymuszenie o charakterze harmonicznym, o stałej częstotliwości w całym zakresie pomiarowym. Można porównać tę sytuację do jazdy motocyklem po nierównościach drogi, o podobnym kształcie do krzywej opisującej charakter wymuszenia. Na rysunku 5, przejście krzywej prędkości przez wartość zero oznacza maksymalne lub minimalne wysunięcie tłoczyska amortyzatora. W czasie oznaczonym na rysunku pionowymi liniami odbywa się ruch posuwisto-zwrotny tłoczyska. Strzałki oznaczają kierunek ruchu. Siła w zakresie wartości ujemnych oznacza działanie w kierunku ściskania, skracanie, wsuwanie tłoczyska. Prędkość w zakresie wartości dodatnich oznacza ruch w tym kierunku.

Analizując pokazane wyniki można stwierdzić, że kształty przebiegów siły przy niższych częstotliwościach, wskazują na zdecydowanie większą jej wartość przy ściskaniu amortyzatora. Oznacza to większe tłumienie w tym kierunku. Tłumienie w kierunku przeciwnym jest dużo mniejsze, zarówno dla małych jak i dużych częstotliwości wymuszenia. Świadczą o tym zarówno mniejsze wartości siły ponad „linią zero” oraz krótszy czas jej narastania. Należy jednak pamiętać, że amortyzator współpracuje ze sprężyną tak, jak to pokazuje rysunek 1. Zatem, taka charakterystyka pozwala na lepsze utrzymywanie kontaktu koła z podłożem. Jak widać na rysunku 5 krzywa zmian siły w stosunku do zmian prędkości jest przesunięta w fazie. Skutkuje to znaczną histerezą, co pokazują rysunki poniżej.





Rys. 5. Wyniki pomiaru amortyzatora hydrauliczno-gazowego przy niezmiennych nastawach regulacyjnych, przy zmiennych warunkach wymuszenia (różna częstota wymuszenia)

WNIOSKI

W artykule przedstawiono prototypowe stanowisko do badania elementów zawieszni motocykla, dzięki któremu można określać stan oraz jego przydatność w danym rodzaju pojazdu. Jak pokazały zaprezentowane podstawowe pomiary, już na ich podstawie można wstępnie określić, że ten rodzaj amortyzatora, z tymi nastawami, sprawdzać będzie się przy dużych prędkościach. Przy małych zaś prędkościach komfort jazdy może nie być wystarczający. Widoczne zmiany, fluktuacje siły w czasie pracy badanego elementu mogą generować drgania zawieszenia i tym samym całego pojazdu.

W artykule nie pokazano procedury i metodologii badań, które można rozwijać dla wielu badanych elementów i warunków ich pracy. Skupiono się na budowie i samej idei stanowiska. Z pewnością przykładowe wyniki badań nie pokazują innych możliwości jakie są do wykorzystania w tym przypadku. Część elektromechaniczna, dzięki programowalnemu falownikowi umożliwia zaimplementowanie różnych trybów, odpowiadających różnym, zmiennym warunkom na drodze. Możliwe jest ustawianie różnych częstotliwości występowania nierówności, a regulacja mimośrodem umożliwia zmianę amplitudy wymuszenia. W części pomiarowej, środowisko LabView daje możliwość wielokierunkowej analizy, filtrowania oraz prezentacji mierzonych sygnałów.

BIBLIOGRAFIA

1. Gabryelewicz M., *Podwozia i nadwozia pojazdów samochodowych*. Część 2. Układ hamulcowy i kierowniczy, zawieszenie oraz nadwozie. WKiŁ, Warszawa 2013.
2. Kamiński E., *Drgania pojazdów i teoria zawieszni*. Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1977.
3. Kamiński E., Pokorski J., *Dynamika zawieszni i układów napędowych pojazdów samochodowych*. Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1983.
4. Sikorski J., *Amortyzatory pojazdów samochodowych*. WKiŁ, Warszawa 1970.
5. Weighill K., *Motocykle. Poradnik obsługi i naprawy*. WKiŁ, Warszawa 2012.
6. <http://www.motogen.pl>.

7. www.dreamstime.com.
8. <http://www.motocykl-online.pl>.
9. www.sportrider.com

TEST STAND FOR MOTORCYCLE'S SUSPENSION PARTS EXAMINATION

Abstract

Examination of motorcycles conducted by a motor vehicle inspection station in order to check they meet a minimum technical standard is limited. The bike's suspension is not inspected practically. The suspension's technical functionality influences many factors related to safety standards and driving comfort. Some of the factors are presented in the first part of article. Consider that mentioned above, the test stand for motorcycle suspension parts examination, such as dampers, mainsprings, springs and these parts ensembles, is suggested. The stand is built of two main constituents: the electrometrical, which simulates motorcycle movement and the measuring one. First of them consists of the steel frame, where three-phase electric motor together with torque converter and the eccentric delivering back-and-forth motion, is mounted. The frequency of this motion is controlled by a variable frequency drive. Second constituent, the measuring one is consisted of sensors, which the first of them detects a force acting on suspension element and the second detects a velocity of proper parts. The measurements, after signals conditioning using the National Instruments strain gage input module and accelerometer input module, are recorded and analysed in LabView software. Basing on the results of measurements, it is possible to tune, diagnose and predict a technical condition of the motorcycle suspension.

Autorzy:

Andrzej Błażejowski, Sylwester Jędrzejczyk - Politechnika Koszalińska, Wydział Technologii i Edukacji; 75-453 Koszalin; ul. Śniadeckich 2. Tel: + 48 94 3478 65 41, 94 3478 66 00, Fax: + 48 94 348 66 52