

„Zakręcenie na maxa” - Historia układów kierowniczych 4WS

Trudno dokładnie określić czas pojawienia się układów kierowania wszystkich kół samochodów. Faktem jest, że rozwiązanie owo występowało już w parowych lokomobilach, tyle, że w niektórych za pomocą połączeń mechanicznych skręcana była cała tylna oś. Potem wyposażano w ten sposób napędzane silnikami spalinowymi maszyny rolnicze i samochody ciężarowe, ale zawsze dotyczyło to znikomej liczby pojazdów i poruszających się z niewielkimi prędkościami. Nieliczne przykłady to czterokołowe samochody Cotta Cottamobile z lat 1900-1902, oraz amerykańskie ciężarówki Jefferey, Quad, Golden West i Beech Creek produkowane do końca lat 20. Można jednak przyjąć, że bardziej zaawansowane konstrukcje układów kierowniczych powodujących skręcanie wszystkich kół pojawiły się dopiero we wczesnych latach 20. (prototyp angielskiego Holvertera), a potem w drugiej połowie lat 30., wraz z ideą napędu na 4 koła. Wymienić tu można amerykańskie samochody Nash Quad, w których mechaniczny układ sterowania kół tylnej osi załączany był czasowo w razie potrzeby pokonywania bardzo ostrych łuków, oraz wojskowe Mercedesy, 170VL z napędem 4x4 z roku 1938 i słynny G5 z roku 1939. We wszystkich tych przypadkach skręcanie kół realizowane było mechanicznie, poprzez dołączenie do mechanizmu kierowniczego przedniej osi systemu dźwigni i drążków powodujących skręcanie kół tylnej osi, w kierunku odwrotnym do przednich. W zastosowaniu do lekkich i niezbyt szybkich, głównie terenowych pojazdów rozwiązanie to miało uzasadnienie, ponieważ znacznie zmniejszało promień zawracania. Ze względu na niestabilność utrzymania zamierzonego toru jazdy nie nadawało się jednak do użycia w pojazdach drogowych. Dlatego Mercedes nie odważył się wtedy na wyposażenie w taki układ żadnego ze swoich aut osobowych.

Podobnej konstrukcji układy sterowania kół pojawiły się w roku 1940, w 70 prototypach pojazdów 4x4 Bantam (Mark II lub BRC-60) będących protoplastą słynnego Jeepa. Wiosną 1941 roku na specjalne zamówienie dowództwa U.S. Army Calvary Ford wyprodukował 50 sztuk modelu GP z wszystkimi skrętnymi kołami według koncepcji American Bantam Car Co. Mimo, że prowadzenie tych samochodów oceniane było przez kierowców niezbyt przychylnie i większość z nich za lepsze rozwiązanie uznała to z Nasha, to myślano jednak o kontynuacji tej

koncepcji w zastosowaniu do lekkich (4-kołowych) samochodów wojskowych. Idea umarła jednak śmiercią naturalną wraz z zakończeniem działań wojennych w roku 1944.

Bezpieczniej- może znaczyć inaczej

W latach 50. temat sterowania wszystkich kół ograniczał się do pojazdów specjalnych. Dopiero w latach 60 i na początku 70., kiedy wraz z tzw. „motoryzacją masową” pojawiła się konieczność zwiększenia bezpieczeństwa jazdy. Sprawa stała się w USA polityczna - staraniem NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) w roku 1973 ogłoszono projekt ESV (Experimental Safety Vehicle), do którego początkowo przystąpiło 7 krajów, w tym Japonia.

Program ESV dotyczył trzech podstawowych dziedzin: zwiększenia bezpieczeństwa biernego (nowe nadwozia), zmniejszenia emisji substancji szkodliwych, oraz bezpieczeństwa czynnego, czyli wszystkiego co wiąże się z własnościami trakcyjnymi, w tym również nowymi konstrukcjami układów kierowniczych.

Nie do końca wiadomo, dlaczego to nie Europa (mimo pac przez inżynierów Audi i VW), a właśnie Japonia poświęciła się temu zagadnieniu, ale faktem jest, że wszystko co od tej pory dotyczy układów sterowania 4 kół w samochodach osobowych pochodzi z „kraju kwitnącej wiśni i chryzantemy”.

„Zakręcona” Honda

Pod koniec roku 1977 roku zarząd Hondy urządził tzw. „burzę mózgów” w celu określenia przyszłych koncepcji budowy samochodów, a jednym z pomysłów dotyczył właśnie opracowania projektu 4WS (four wheel steering). Zajęło się nim początkowo dwóch inżynierów, Shichi Sano i Osamu Furukawa, a wkrótce dołączył do nich profesor Instytutu Technologii Shibaura- Oguchi. Pierwsze prace polegały na analizie mechaniki ruchu wzorcowego samochodu* i wyborze ogólnej koncepcji konstrukcji układu sterowania. Należało określić, czy koła przednie i tylne powinny być skręcane w jednym kierunku, tak aby pojazd poruszał się ruchem ukośnym po linii prostej odchylonej do osi podłużnej auta, w ten sposób, że oś podłużna pozostaje równoległa do pierwotnego toru ruchu. Było to założenie odwrotne niż we wcześniej wspomnianych konstrukcjach, powodujących, że promień skrętu jest zdecydowanie mniejszy, a ruch odbywa się dookoła chwilowego środka obrotu.

W praktyce pierwsza ewentualność pozwalałaby na poprawienie kierowalności auta poruszającego się z dużą prędkością po łuku i podczas zmiany pasa ruchu, druga zaś spowodowałaby zwiększenie zwrotności pojazdu podczas manewrowania na ograniczonej powierzchni np. podczas parkowania. Dysponując dotychczasową wiedzą, że „idealny” pojazd powinien posiadać lekko nadsterowną charakterystykę przy małych prędkościach i być podsterowny przy większych prędkościach gdy występują duże przyspieszenia poprzeczne co zapewnia dobrą kierowalność, zdecydowano się połączyć te cechy. W roku 1978 opracowano i skonstruowano układ kierowniczy 4WS, oparty w pierwszej wersji na zastosowaniu przekładni zębatkowych. Zanim został sprawdzony w praktyce, w tym samym roku został opatentowany. Dopiero w roku 1981 zbudowano i przekazano do testów na torze Suzuka dwa prototypy samochodów Honda Accord, wyposażone w zmodyfikowany i ulepszony nieco w porównaniu z pierwowzorem układ 4WS. Ciekawostką jest, że każdy z samochodów testowych składał się ze złączonych ze sobą dwóch przodów Accordów. Przy małych prędkościach (do ok. 40 km/h) i obrocie koła kierownicy powyżej kąta 240° następowało w nich skręcanie kół tylnych w przeciwnym kierunku do przednich. Przy największym skręcie kół przednich o kąt 35° w prawo, koła tylne skręcane były w lewo kąt 5° . Uzyskano w ten sposób zmniejszenie promienia zawracania o 1 metr. Przy większych prędkościach i obrocie koła kierownicy o kąt mniejszy niż 240° przednie tylne koła aut testowych skręcały się w tym samym kierunku, ale w różnym stopniu, z zachowaniem „współczynnika skrętu” $K=0,1$. Jeśli więc koła przednie wychylone były o kąt 20° , koła tylne ustawiały się pod kątem 2° . Cały mechanizm oparty był wyłącznie na elementach mechanicznych i składał się z przedniego mechanizmu kierowniczego, wału pośredniego i tylnego mechanizmu kierowniczego zbudowanego w oparciu o zębaty układ mimośrodowy i przekładnię planetarną.

W roku 1987 podczas salonu samochodowego w Genewie Honda oficjalnie zaprezentowała Prelude, pierwszy na świecie seryjnie produkowany samochód osobowy wyposażony w układ 4WS.

System 4WS Honda stosowała z powodzeniem w Prelude 2.0 16v z roku 1990 i Acura 1997. Wraz z zakończeniem produkcji Prelude zaprzestano również stosowania układów 4WS w innych modelach.

Mazda i Nissan - skręcające inaczej

Nieco wcześniej, podobne w działaniu, lecz inne pod względem konstrukcyjnym rozwiązanie systemu 4WS zaproponowała w swoim samochodzie eksperymentalnym MX-02 z roku 1984 Mazda.

Podobnie jak w Hondzie Prelude, podczas manewrowania i prędkości ok. 40 km/h koła tylne wychylały się w przeciwną stronę, a podczas szybkiej jazdy skręcały w tę samą stronę, ale za działanie systemu 4WS odpowiedzialny był już nie tylko układ mechaniczny, ale również układ hydrauliczny i skomplikowany jak na swoje czasy - elektroniczny.

Działanie układu 4WS Mazdy MX-02 polegało na realizacji wartości kąta skrętu kół tylnych i ich kierunku przez układ mechaniczno-hydrauliczny sterowany komputerem pokładowym. W zależności od analizy danych pochodzących z czujników prędkości i czujników skrętu kół przednich, następowało przyporządkowanie zakodowanych informacji i przekazanie ich w formie określonych wartości wykonawczych do zaworów sterujących hydraulicznymi siłownikami.

W roku 1987, zastosowany w pojeździe studialnym Mazda MX-3 system 4WS został udoskonalony pod względem poprawy stabilności pojazdu podczas pokonywania łuków oraz możliwości decyzji o trybie jego pracy przez kierowcę. Nadal jednak w porównaniu z Hondą był znacznie bardziej skomplikowany, droższy i wzbudzał mniejsze zaufanie wśród ewentualnych użytkowników. Mimo to stosowany był w modelach MX-6 GT z roku 1990, MX-6 1991 (poza rynkiem brytyjskim) i w autach kierowanych na rynek amerykański oraz australijski. Pojazdem, w którym stosuje się układ 4WS pozostaje nadal Mazda 929.

Podobne, oparte na wykorzystaniu elektroniki i układów hydraulicznych rozwiązanie sterowania wychylenia kół tylnych w stronę przeciwną do skrętu przednich podczas parkowania, zastosowane zostało w eksperymentalnym samochodzie Nisana (CUE-X), a następnie w wersjach produkcyjnych- 300ZX i Skyline GTR. Prawdę mówiąc układ stosowany w Nissanie stanowił „techniczne rozwinięcie” aktywnego zawieszenia tylnych kół HICAS (High Capacity Actively Controlled Suspension) uzupełnionego o dodatkowe urządzenie skręcające tylne koła o 7°. Składało się ono z drążka łączącego dwa koła tylne (odpowiednik drążka środkowego) i siłownika hydraulicznego.

Rozwój elektronicznych układów sterujących, tak powszechnych w dzisiejszej motoryzacji, prowokuje producentów do zastosowania aktywnych, uwzględniających dane z popularnych systemów ESP, układów sterowania kół tylnych. W roku 2001

Delphi i General Motors przedstawiły urządzenie QuadraSteer, poprawiające zdolność manewrowania i bezpieczeństwo jazdy w dużych pickupach i vanach. Ważna w tym przypadku średnica zawracania została zmniejszona z 45 do 34 stóp. O ile koncepcja wychylania tylnych kół nie różni się od tej opracowanej w latach 70 XX w, wykonanie jest całkiem inne – w tylnej osi zamocowano najzwyczajniejszy układ zwrotniczy i kierowniczy z przedniej osi, z popularnym dziś wspomaganie elektrycznym – oczywiście pracującym w niewielkim zakresie wychyleń za to precyzyjniej niż w przedniej osi. Sterowaniem zajmuje się elektronika, wysyłająca odpowiednie sygnały do silnika elektrycznego tylnej przekładni kierowniczej, a więc jest to rozwiązanie stosunkowo tanie i proste.

Z kolei inną drogą poszła firma Continental Teves, przedstawiając trzy lata temu uproszczony układ sterowania tylnych kół za pomocą oddzielnych siłowników hydraulicznych, ale bez dodatkowych zwrotnic z tyłu. Drobne wychylenia kół dokonują się w ramach elastyczności elementów metalowo – gumowych tylnego zawieszenia. Podobny system o nazwie AGCS (aktywna kontrola geometrii zawieszenia) badał już w 2002 r. Hyundai, uznając, że stabilność i opory jazdy samochodu można zoptymalizować zmieniając dynamicznie zbieżność tylnych kół.

Aktywne zawieszenia tylnych kół

Już w końcu lat 70. zauważono, że rola zawieszenia tylnego w prowadzeniu pojazdów nie zawsze ogranicza się do właściwego kontrolowania ruchów kół w płaszczyźnie pionowej, a zatem nie wystarcza dobór elementów sprężystych i tłumienia amortyzatorów. Po analizach testów i okazało się, że ruchy wzdłużne elementów zawieszenia tylnych kół samochodu nie tylko są w stanie poprawić komfort podróżowania, ale również mogą wspomagać układ kierowniczy i pozytywnie wpływają na kierowność pojazdu. Mniej więcej w tym czasie pojawiły się więc w samochodach osobowych nowe rodzaje zawieszzeń, które dziś ogólnie nazywamy „wielowahaczowymi” z możliwością niewielkich (ok. 0.5°) zmian ustawienia kąta koła w płaszczyźnie poziomej. Nie można tego rozwiązania nazwać układem 4WS, ale faktem jest, że poprzez zastosowanie odpowiednich materiałów sprężystych, bądź dodatkowych urządzeń hydraulicznych, następuje dzięki niemu samoczynne lub wymuszone skręcanie kół tylnej osi. Zawieszenia takie po raz pierwszy stosowane były w samochodach z połowy lat 80. takich jak Mercedes-Benz, Porsche, Opel, Mazda i Nissan.

W przypadku Mazdy znalazło się ono w seryjnych modelach drugiej generacji RX-7 z roku 1985, gdzie nazywało się DTSS (Dynamic Tracking Suspension System).

To co w układach 4WS do skręcania kół tylnych wymagało dodatkowego oprzyrządowania i siłownika, w tym przypadku uzyskiwano dzięki odpowiedniemu odkształcaniu zewnętrznego elementu gumowo - metalowego prowadzącego tylny wahacz. Kiedy przy niewielkiej prędkości (np. podczas manewrowania) wartość przyspieszenia poprzecznego nie przekraczała 0,2 g, następowało takie odkształcanie elementu, że koła tylne skręcały się o kąt ok. 0.5° w kierunku odwrotnym do przednich. Przy wzroście prędkości pojazdu i występującej podczas pokonywania luków większej sile dośrodkowej (ok. 0,4 g) koła tylne uzyskiwały położenie równoległe, a przy przekraczaniu tej wartości wychylały się w kierunku zgodnym z przednimi.

W samochodach Nissan wyposażonych we wspomniane wcześniej zawieszenie typu HICAS zasada pozostała ta sama, tyle że trójkątne tylne wahacze mocowane były do ukośnie montowanych w samochodzie elementów nośnych. Mechanizm wyposażony był ponadto w elektroniczny sterownik i połączone zaworami siłowniki hydrauliczne, zasilane z pompy wspomagania układu kierowniczego. Działanie siłowników powodowało odkształcanie tulejek gumowo-metalowych łączących element nośny z nadwoziem i zmianę jego ustawienia (tym samym kąta wychylenia kół tylnych) w zakresie ok. $0,5^\circ$. Jak widać jest to poniekąd powrót do dawnych czasów gdy skręcano całe osie, ale w nieco innym wymiarze. System aktywnego zawieszenia HICAS z powodzeniem stosowany był przez Nissana w modelach Skyline i Fairlady. Dużo prostsze, już bez siłowników i hydrauliki zawieszenia pseudo - aktywne dzięki nowym technologiom wykonywania zespołów są dziś stosowane przez wielu producentów popularnych nawet samochodów. Układ „samosterującej” tylnej osi z wahaczami wleczonymi przedstawił też Citroen w kompaktowym ZX, dziś w pewnym zakresie stosuje te rozwiązania praktycznie każdy producent samochodów. Z pewnością lepiej spełniają swoją rolę dla poprawy bezpieczeństwa niż te sprzed blisko 25 lat, a mimo to z pewnością nie są jeszcze „ostatnim słowem” na „ciągłym zakręcie” rozwoju motoryzacji.