

Nieuw principe toepasbaar in 'standaard' versnellingsbak

ZEROSHIFT: SCHAKELEN ZONDER ONDERBREKING

ERIC VAN SPELDE • Wanneer we van versnelling wisselen in een auto met handgeschakelde versnellingsbak (of een geautomatiseerde versie ervan) verbreken we telkens de verbinding tussen motor en aandrijflijn. Daarmee verspillen we kostbare tijd en energie, want gedurende de tijd die nodig is om te schakelen wordt de energie die de motor levert niet gebruikt om het voertuig aan te drijven, en bovendien moeten we de acceleratie (die tegen de tijd dat we de volgende versnelling hebben ingelegd en het koppelingspedaal laten opkomen door rol- en luchtweerstand en de energie die verloren gaat in de aandrijflijn is veranderd in deceleratie) telkens weer opnieuw op gang brengen. Geen wonder dat bijvoorbeeld in de autosport de technici er veel aan gelegen is om de schakeltijden zo kort mogelijk te maken.

Er is natuurlijk al een manier om te schakelen zonder onderbreking van de aandrijfkracht naar de wielen en dat is middels een automatische versnellingsbak met vloeistofkoppeling of met een CVT (Continu Variabele Transmissie). Beide hebben echter als belangrijk nadeel het lagere rendement ten opzichte van de normale handgeschakelde transmissie, hetgeen zich uit in een hoger brandstofverbruik en verminderde prestaties. Bovendien prefereren zeker in Europa veel automobilisten een handgeschakelde versnellingsbak die een 'directere' verbinding geeft tussen motor en wielen/wegdek (en dus meer controle over het gebeuren). Pogingen om de voordelen van een handgeschakelde bak met die van

een automaat te combineren hebben tot dusverre geleid tot de introductie van 'gerobotiseerde' handbakken zoals – om maar eens wat te noemen – het SMG (*Sequentielles Manuelles Getriebe*) dat BMW onder andere standaard in de M5 en M6 levert.

Knikkende hoofden

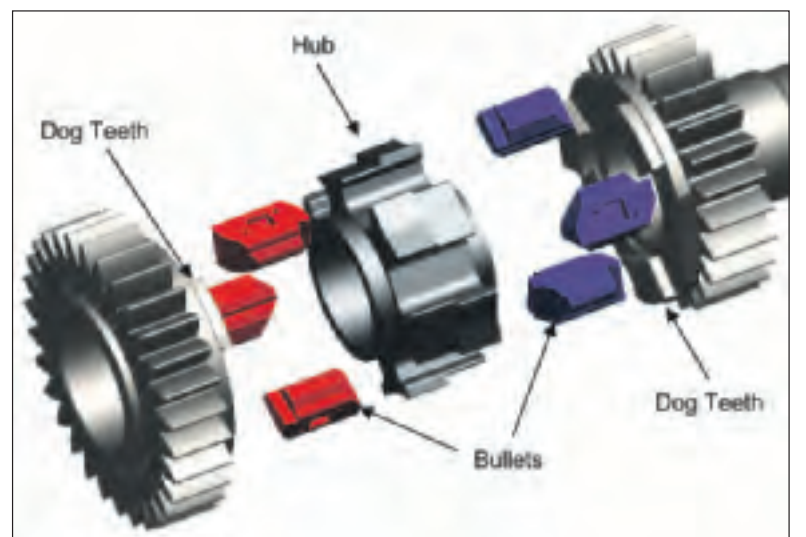
"Heb je wel eens in een M6 gereden?", vraagt Ray Heath, in zijn functie van business development manager bij het in het Engelse Milton Keynes – in de onmiddellijke nabijheid van Formule-1 teams als Williams – gevestigde Zeroshift net terug van een rondje langs een aantal belangrijke Duitse autofabrikanten. "In dat geval weet je ook dat je, telkens wanneer je opschakelt, met

je hoofd zowat in de voorruit wordt gelanceerd en daarna met net zoveel kracht weer richting hoofdsteun wordt geslingerd. Comfortabel is anders." Wanneer we met de stuurschakelaars van versnelling wisselen, wordt immers de motor ontkoppeld van de versnellingsbak waardoor de acceleratie in een oogwenk volledig wegvalt (sterker nog, op het moment dat de motor de auto niet meer aandrijft zal er sprake zijn van een vertraging omdat de auto nu wordt afgeremd door frictie in de aandrijflijn, rol- en luchtweerstand), vervolgens wordt de volgende versnelling gekozen en dan pas wordt de motor weer aangekoppeld op welk moment de acceleratie wordt hervat. Beter gaat het met een DSG (*Doppelkupplungs Schalt Getriebe*), ook wel PSG (*Parallel Schalt Getriebe*) genoemd; een versnellingsbak die quasi uit twee helften bestaat met twee koppelingen; de ene helft bevat de versnellingen 1, 3 en 5 terwijl de andere 2, 4 en 6 voor zijn rekening neemt. Op het moment dat de DSG-bak in zijn één staat is in de andere helft de tweede versnelling al 'voorgeselecteerd' zodat de schakeltijd beperkt blijft tot de tijd die nodig is de ene helft van de versnellingsbak te ontkoppelen en de andere tegelijkertijd aan te koppelen. Daarmee heb je nog steeds geen ononderbroken aandrijving tijdens het overschakelen. Om dat te bewerkstelligen moeten twee versnellingen – al is het maar voor een ogenblik – tegelijkertijd zijn ingeschakeld. Alleen de gedachte al laat iedere technicus de haren ten berge rijzen – wanneer een lage en een hogere versnelling tegelijkertijd op dezelfde as werken, moet het resultaat toch een doffe knal en een versnellingsbakhuis vol met 'puin' opleveren? Aan de andere kant is het wel mogelijk om een marathonloper vanaf de zijlijn van het parkoers een fles water aan te reiken terwijl hij loopt en je zelf stilstaat – ook hier hebben beide voor een kort ogenblik de fles vast.

Daarmee heb je nog steeds geen ononderbroken aandrijving tijdens het overschakelen. Om dat te bewerkstelligen moeten twee versnellingen – al is het maar voor een ogenblik – tegelijkertijd zijn ingeschakeld. Alleen de gedachte al laat iedere technicus de haren ten berge rijzen – wanneer een lage en een hogere versnelling tegelijkertijd op dezelfde as werken, moet het resultaat toch een doffe knal en een versnellingsbakhuis vol met 'puin' opleveren? Aan de andere kant is het wel mogelijk om een marathonloper vanaf de zijlijn van het parkoers een fles water aan te reiken terwijl hij loopt en je zelf stilstaat – ook hier hebben beide voor een kort ogenblik de fles vast.

Derailleur

Iets vergelijkbaars zien we bij de Zeroshift-transmissie. Deze is ontwikkeld naar een idee van Bill Martin, een ingenieur wiens werkterrein tot dusverre buiten de automotive-wereld lag (onder andere airconditioning en mijnbouw-installaties). Steen des aanstoots was het derailleur-systeem van de mountainbike van een vriend die er wedstrijden mee reed – er moest toch wel iets beters te



verzinnen zijn dan de ketting telkens van het ene naar het andere tandwiel te tillen met als gevolg dat niet alleen de aandrijving telkens voor een zekere periode wordt onderbroken (en als er iets is dat je in het terrein niet wilt, dan is het verlies van momentum telkens wanneer je moet schakelen), maar ook dat er een gerede kans was dat de ketting eraf loopt? Volgens ontwerpchef Tony Child is het aan de frisse kijk van een 'buitenstaander' te danken dat het idee voor het Zeroshift-principe überhaupt bestaat. "Ook ik heb in vroegere hoedanigheden in de auto-industrie en autosport vaak genoeg gekeken hoe je bepaalde zaken zou kunnen verbeteren, maar altijd met wat we al hadden in het achterhoofd. Toen ik Zeroshift voor het eerst zag, vielen mij de schellen van de ogen – het is zó ontstellend eenvoudig in zijn werking en doet toch precies wat we met heel ingewikkelde systemen nooit helemaal bereikten – het elimineren van onderbrekingen in de aandrijving tijdens het wisselen van overbrenging. Kennelijk hadden we iemand van buiten de auto-industrie nodig om ons te laten zien dat het ook helemaal anders – en beter – kan."

Het geniale aan het Zeroshift-concept is dat het in principe toegepast kan worden op elke bestaande handgeschakelde versnellingsbak en dat alle bestaande onderdelen, behalve de synchroneshes, ongewijzigd hun functie kunnen blijven vervullen. "Antonov zegt in principe tegen de autofabrikanten: gooi alle bestaande ontwerpen en die fabriek met alle machines maar weg, we gaan het heel anders doen. Niet verwonderlijk dat een doorbraak voor de originele

Antonov-transmissie vooralsnog uitblijft. Wij doen het ook heel anders, maar wel onder gebruikmaking van de bestaande transmissie-ontwerpen inclusief behuizingen, assen, versnellingen et cetera."

'Hubs' en 'bullets'

Het geheim van Zeroshift zit hem in de zogenoemde 'hubs'. Deze worden tussen de versnellingen geplaatst waar normaal de synchroneshes zitten en bestaan uit een schijf die iets smaller is dan een complete synchroneshes, met 'bullets' die de verbinding tussen de twee versnellingsstandwiel maken. Deze 'bullets' vallen in wat Zeroshift 'dog teeth' noemt – een vrij vlakke vertanding op het versnellingsstandwiel, maar vullen hem niet geheel op. Met andere woorden, de 'bullet' maakt eerst een gedeelte van een rotatie ten opzichte van het versnellingsstandwiel en komt dan pas een 'dog tooth' tegen waaraan hij vastgrijpt (zie serie plaatjes bovenaan deze pagina, plaatjes 1, 2 en 3). De twee tandwielen zijn nu in één draairichting met elkaar verbonden. Op dit moment zal ook een tweede 'bullet' door middel van veerkracht richting het versnellingsstandwiel gaan en de 'dog tooth' aan de andere kant 'vastzetten' zodat hij nu in twee richtingen is geborgd (3 en 4). Dit om 'backlash' tegen te gaan. Nu komt de 'grote truc': we schakelen de volgende versnelling in. De 'achterste' van de twee 'bullets' wordt naar het tandwiel van de naast hogere versnelling bewogen, terwijl de 'huidige' versnelling nog steeds is 'ingelegd' door middel van de voorste 'bullet' (7 t/m 10). Nu staan, voor een gedeelte van een omwenteling, beide versnellingen tegelijk 'ingeschakeld' (11). Het

ADVERTENTIE



Pro for life

Facom Gereedschappen B.V.

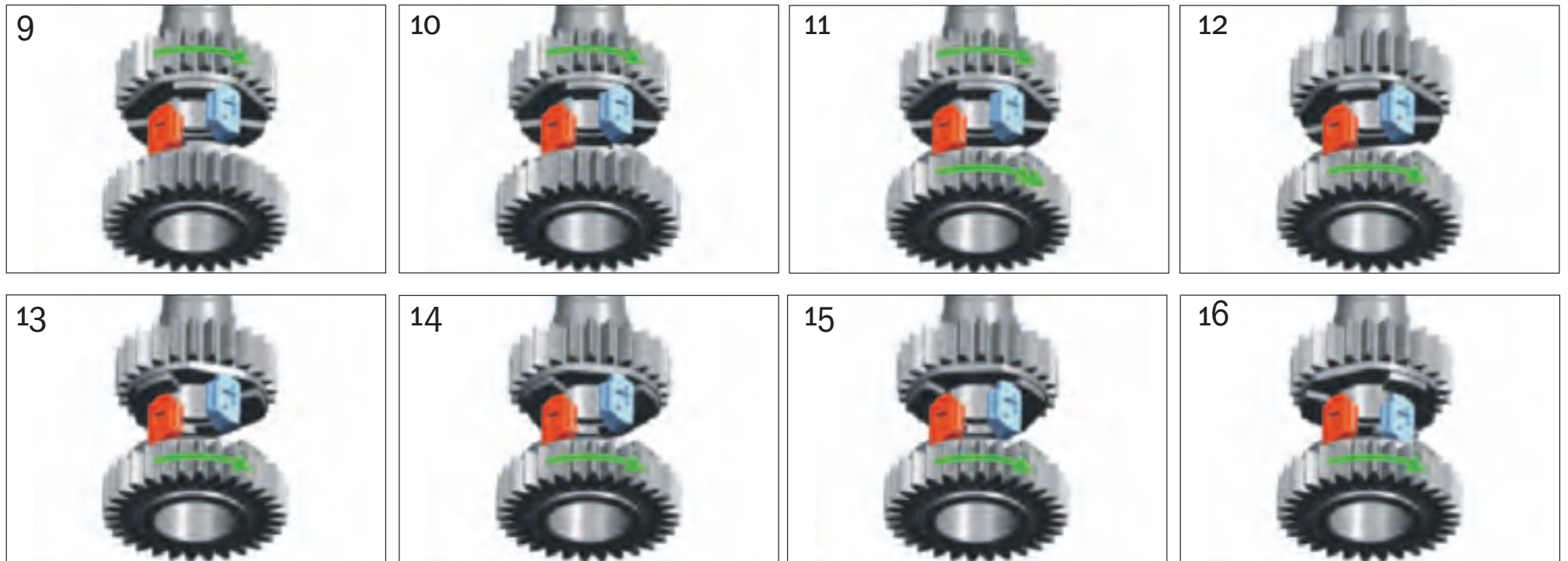
Kamerlingh Onnesweg 2, 4131 PK Vianen, Postbus 134, 4130 EC Vianen
Telefoon 0347 - 362 362, Telefax 0347 - 37 60 20, www.facom.nl

Aandrijsassen & homokineten



PAGID

www.epspagid.nl



voertuig rijdt echter nog steeds in de lagere versnelling. Omdat het versnellingsbaktandwiel van de hogere versnelling sneller draait dan dat van de lagere, wordt deze laatste 'ingehaald'. Op het moment dat de 'bullet' wordt 'meegenomen' door de eerstvolgende 'dog tooth' van de hogere versnelling is deze ingeschakeld en de lagere versnelling tegelijkertijd ontkoppeld. Voilà; we hebben geschakeld zonder op enig moment de aandrijfkracht naar de wielen te onderbreken. Bij het terugschakelen gebeurt hetzelfde in omgekeerde richting: ook dan blijft de verbinding tussen motor en aandrijflijn te allen tijde ononderbroken. U kunt een en ander op www.autokompas.nl ook als animatie bekijken.

Toerental

Op het moment dat een andere versnelling wordt ingeschakeld, moet ook het motortoerental veranderen. Als we bijvoorbeeld van de eerste naar de tweede versnelling schakelen en het motortoerental op het moment van schakelen is 4.000 toeren per minuut, dan zal het overeenkomstige toerental voor de snelheid die we inmiddels hebben bereikt, in de hogere versnelling misschien 3.000 toeren bedragen. Normaal is dat niet zo'n probleem, want in de tijd die we nodig hebben om de koppeling te bedienen en de volgende versnelling te kiezen is het motortoerental doorgaans al een stuk verder teruggezaakt, zodat we met het gaspedaal tijdens het weer laten opkomen van de koppeling weer naar het gewenste niveau brengen. Omdat er bij Zeroshift geen sprake is van een schakel'pauze', moet het motortoerental echter in nul milliseconden omhoog of omlaag. Dat kan natuurlijk niet, want het draaiend gedeelte in een motor (zuigers, drijfstukken, krukas, vliegwiel en drukgroep van de koppeling) beschikt nog altijd over een behoorlijke massa-inertie. We zien

dan ook in grafieken die het draaimomentverloop op de aandrijflijn tijdens het accelereren met Zeroshift aangeven een flinke koppelpiek op het moment dat de volgende versnelling wordt ingeschakeld, maar de motor nog met het hogere toerental draait dat hoort bij de voertuigsnellheid en de lagere versnelling. Dat dit zowel voor het rijcomfort als voor de levensduur van de aandrijflijncomponenten geen goede zaak is, behoeft geen betoog.

Koppeling

Zeroshift heeft twee strategieën om deze draaimomentpiek af te vlakken: de eerste, die in de tot nu toe omgebouwde demonstratieauto's (een TVR Cerbera en een Ford Mustang, beide met de Tremec/Borg-Warner T5 versnellingsbak) is toegepast bestaat uit het introduceren van een zekere mate van koppelingsslip op het moment dat wordt geschakeld. Een andere optie is het ingrijpen in het motormanagement. "Op dit ogenblik ligt die route nog niet voor ons open, omdat we niet over de relevante gegevens omtrent de motormanagementsystemen van autofabrikanten en hun interactie met andere voertuigsystemen beschikken", aldus Ray Heath. "Maar wanneer Zeroshift het OEM-stadium bereikt, zal het motormanagement zeker onderdeel gaan uitmaken van het systeem." Autofabrikanten zijn volgens Heath uitermate gecharmeerd van Zeroshift, omdat de méerkosten ten opzichte van een handgeschakelde versnellingsbak niet hoger liggen dan die van een eenvoudige gerobotiseerde, semi-automatische handbak - net als bij deze laatste moet immers de koppeling door een servo worden bediend, en volgens Zeroshift is de kostprijs van een 'hub' met 'bullets' niet hoger dan die van een conventionele synchromesh. Bij toekomstige nieuwe ontwikkelingen is het van voordeel dat de 'hubs' van Zeroshift

wat minder ruimte in beslag nemen dan een synchromesh die dezelfde belastingen aankan. Dit leidt er toe dat een Zeroshift-versnellingsbak met zes versnellingen al gauw een millimeter of vijftien korter kan uitvallen dan zijn conventionele tegenhanger.

Downsizing

Maar er is meer. "Doordat er geen onderbreking meer is van de aandrijfkracht, kan een auto met een Zeroshift-versnellingsbak met een 1,4 liter motor sneller en soepeler accelereren dan een identieke auto met een gewone versnellingsbak en een 1,6 liter motor. En dat past weer prima in het streven naar downsizing ten bate van lagere verbruikscijfers en emissiewaarden." Bovendien hoeven aandrijflijncomponenten niet meer gedimensioneerd te worden op basis van een worst case scenario ten aanzien van de manier waarop de bestuurder het mechaniek behandelt - wie bijvoorbeeld schakelt, het gas er weer vol op zet en vervolgens de koppeling met een grote klap laat 'inkomen' stelt de verschillende onderdelen van de krachtoverbrenging zwaar op de proef.

Het eerste proefmodel van Zeroshift, dat voor ontwikkelings- en demonstratiedoeleinden in een auto werd ingebouwd, had alleen Zeroshift op de eerste en tweede versnelling. "Daarmee kon je goed vergelijken tussen een schakelmoment mét en zonder Zeroshift", zegt Tony Child. "Om diezelfde reden hebben we een stationaire testopstelling met een 5 pk elektromotor gebouwd waarbij met Zeroshift wordt geschakeld tussen één en twee, terwijl de andere op conventionele wijze worden geschakeld. Kun je zelf eens het verschil ervaren." Dat verschil is inderdaad heel duidelijk merkbaar; bij het overschakelen van de eerste naar de tweede versnelling lijkt er helemaal niets te gebeuren, totdat je naar de uitgaande as kijkt en ziet dat deze sneller draait; van de tweede naar de derde versnelling moet een stevige weerstand overwonnen worden wanneer je het versnellingshendel beweegt.

Jaguar

De huidige (tweede) testauto beschikt over dezelfde Tremec T5-transmissie als de eerste, maar nu worden vier versnellingen volgens het Zeroshift-principe geschakeld. Dat schakelen gebeurt pneumatisch met behulp van de inhoud van een acht liter grote perslucht tank. In een uitvoering voor serieproductie zou de versnellingsbak elektrohydraulisch of elektrisch worden bediend. De koppeling wordt elektromechanisch bediend, net als bij een normale gerobotiseerde handversnellingsbak. Tijdens een korte proefrit blijkt het systeem verbluffend goed te werken, het schakelen (middels drukknoppen) gaat inderdaad gevoelsma-

tig zonder enige vorm van schokken, het enige - afgezien van het stijgende en dalende motortoerental - dat je er van merkt is een duidelijk hoorbare 'klonk'. "Dat is inderdaad datgene waar we volgens de autofabrikanten waarmee we gesproken hebben nu nog aan moeten werken. Deze Mustang schakelt van zichzelf niet erg verfijnd, het is daarom niet zo moeilijk om met Zeroshift een comfortverbetering te bewerkstelligen. Ons volgende demonstratievoertuig dat we inmiddels hebben aangeschaft is echter een Jaguar XK8, waarvan de automatische transmissie wordt

vervangen door de derde generatie Zeroshift, een sequentiële zesversnellingsbak gebaseerd op de Tremec T56. Hierbij gaan we voor het eerst ook het motormanagement in het verhaal betrekken door via het onderbreken van de ontsteking op individuele cilinders het motorkoppel te beïnvloeden. Wij verwachten in deze limousine een perfect schakelcomfort te bieden dat de automatische versnellingsbak in alle opzichten overtreft, onder behoud van alle voordelen ten aanzien van efficiëntie en prestaties die het Zeroshift-principe biedt."

Ray Heath (links) en Tony Child: straks hewken je 'premium'versies van auto's niet meer aan het TDI- of GTI-logo, maar aan de 'Z' van Zeroshift.



ADVERTENTIE

Gecombineerde revisiekracht!

 Autrans <small>Transmissions - Parts & Service</small> <small>Member of the ABC Remanufacturing Group by</small> <small>T +31 (0)318 48 41 44</small> <small>W www.autrans.nl</small>		 Bols & Kooijman <small>Engines - Parts & Service</small> <small>Member of the ABC Remanufacturing Group by</small> <small>T +31 (0)13 505 84 00</small> <small>W www.bolsmotor.nl</small>
<small>Revisie van automatische en handgeschakelde transmissies</small>		<small>Revisie van motoren, cilinderkoppelen en brandstofpompen</small>



TURBO'S HOTLINE

035-5420241

www.turboshoet.nl 