

**Auto & Motor
TECHNIEK**

© **WWW.AMT.NL** - Dé internetsite voor de Automotive Professional

Continu variabele transmissie automatiseert de aandrijflijn

De continu variabele transmissie of cvt is al lang niet meer alleen het 'pientere pookje' van Daf. Vooral het laatste jaar worden allerlei alternatieve systemen voorgesteld om de aandrijflijn verder te kunnen automatiseren. AMT doet verslag en rangschikt de constructies.

De automatische transmissie wordt sinds eind jaren vijftig, toen de 'Variomatic' van Hub van Doorne werd voorgesteld, traditiegetrouw in twee groepen onderverdeeld. 'Groepen' is eigenlijk een groot woord,

De P821 variator met smalle dubband van Van Doorne's Transmissie wordt gemonteerd in de Subaru Justy, Nissan Micra, Fiat Panda en Lancia Y10. Deze transmissie is uitgerust met een elektromagnetisch bediende metaalpoederkoppeling en een elektronische regeling.

want de getrapte automaat, sinds het begin van de jaren veertig in vele miljoenen exemplaren gebouwd en tot 1958 alleenheerser op het gebied van de automatische transmissie, kreeg er in dat jaar een heel klein traploos concurrentje bij.

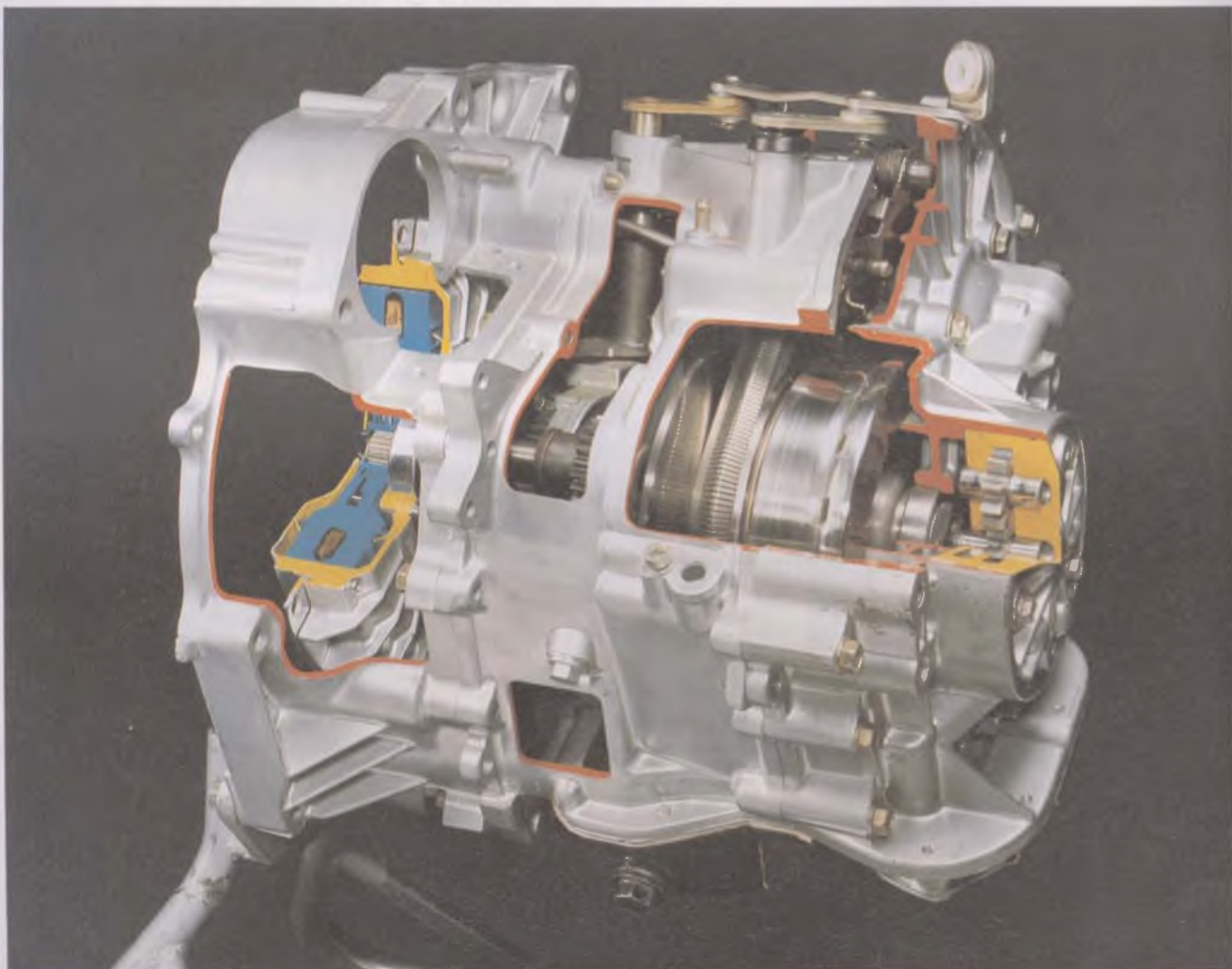
In de bijna vijfendertig jaar die sinds 1958 zijn verstreken is er in de autotechniek echter veel veranderd. Daarbij is het van belang te beseffen dat beide transmissietypen, zowel

de getrapte als de traploze, niet 'uit zichzelf' automatisch zijn: zij moeten worden geautomatiseerd door een regelsysteem, meestal hydraulisch of elektrisch, of een combinatie van beide.

Dit besef is belangrijk, omdat ook de aloude wisselbak met handbediening niet aan de algemene automatiseringstrend kan ontsnappen. Er zijn reeds wisselbakken met cilindrische tandwielen en uitwendige vertanding op de

markt, waarvan het schakelgedrag met behulp van een elektronisch-hydraulisch systeem wordt geregeld, buiten de directe invloed van de bestuurder om.

Voor een helder inzicht in de opbouw van de verschillende transmissies is de vraag naar de automatisering dus niet wezenlijk: elk transmissie-type kan in principe worden geautomatiseerd, en zal dat hoogstwaarschijnlijk in de toekomst ook wel worden.



Planetaire stelsels

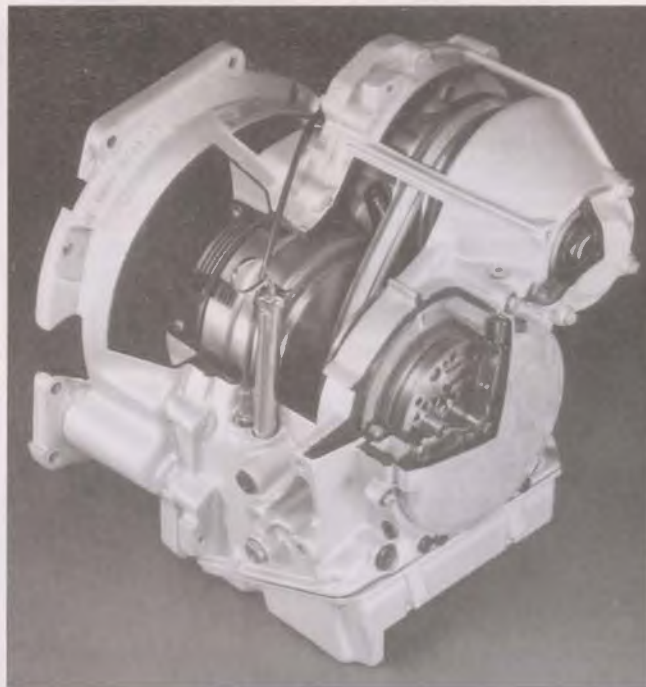
Een systematiek van de transmissie kan dan ook beter worden gebaseerd op de aard van de overbrengingslichamen. Worden deze gevormd door tandwielen, dan hebben we te maken met getrapte systemen, waarbij wat wij 'auto-maat' hebben leren noemen meestal (maar niet altijd!) is opgebouwd uit planetaire tandwielstelsels, waarvan de overbrengingsverhouding getrapd kan worden gewijzigd door de elementen ervan door middel van wrijvingskoppelingen met elkaar te verbinden of te ontkoppelen.

De traploze transmissies daarentegen werken volgens een volledig ander principe: zij missen het hoge overbrengingsrendement van de slipvrije tandwieloverbrenging, maar krijgen daarvoor in de plaats de mogelijkheid om een oneindig aantal overbrengingsverhoudingen te realiseren. Daardoor kan de energie van de verbrandingsmotor veel preciezer op de aandrijfkarakteristiek van de auto worden afgestemd.

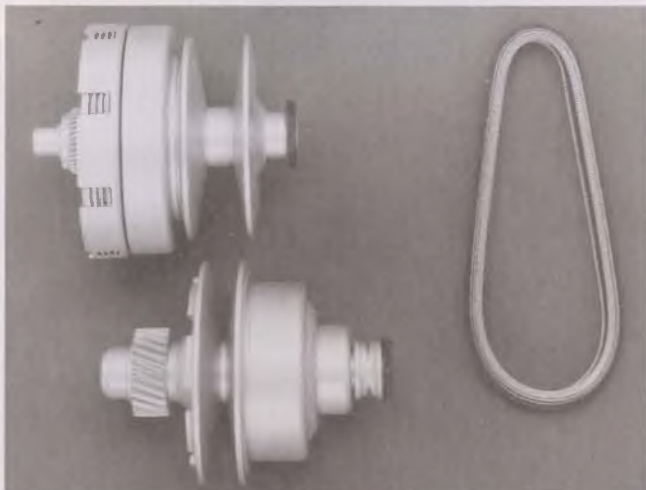
Als men probeert de veelheid aan cvt-typen verder te systematiseren, dan dient men eerst een onderscheid te maken tussen de verschillende energievormen waarin de doorgeleiding van het motorkoppel plaatsvindt. Op grond hiervan ontstaan drie hoofdgroepen: elektrische, hydraulische en mechanische cvt's.

In de eerste twee gevallen is niet echt sprake van 'overbrengingsorganen': bij de elektrische transmissie wordt de overbrengingsverhouding gerealiseerd door de krachtwerking van de elektromagnetische velden in de elektrische machines, terwijl bij de hydraulische cvt oppervlakteverschillen in de hydropompen en -motoren voor de krachtvergroting zorgen.

In het laatste geval maakt men nog een onderscheid tussen hydrostatische en hydrodynamische transmissie. De hydrostatische transmissie is de lawaaiige, zware, dure, maar uitermate effectieve aandrijving zoals we die uit grondverzetmachines en sommige landbouwmachines kennen; toch wordt zij nu ook voor personenauto toepassingen



De duwbandvariator P811 van Van Doorne's Transmissie wordt inmiddels al toegepast in de Ford Fiesta, Escort en Orion en de Fiat Uno, Tipo en Tempra. Verwante versies worden ingebouwd door Lancia, Subaru, Nissan en Rover. De productie bij VDT ligt nu bij 1000 banden per dag en een uitbreiding naar 2000 per dag wordt voorbereid.



Het hart van de automatische poelietransmissie met stalen duwband. Links de belde poelies, waarvan de schijven hydraulisch traploos kunnen worden versteld. Rechts de duwband (24 mm), waarvan de afzonderlijke schakels goed te zien zijn.

onderzocht, bijvoorbeeld aan de Universiteit van Bochum.

De hydrodynamische cvt kennen we uit de conventionele automaat. Vooral in sommige oudere Amerikaanse automaten was het aandeel van de vloeistofkoppelvormer in de totale overbrenging zo groot, dat in sommige rijomstandigheden van een zuiver hydraulische cvt sprake was.

Mechanische cvt

De meeste bekendheid hebben echter de mechanische

cvt's gekregen. De grootste bloei ondervond dit type transmissie in de industriële aandrijving van gereedschapsmachines en in dat vakgebied is de kennis hierover dan ook het grootst.

Voor zover nu valt te overzien zijn er drie mechanische cvt-families, die voor voertuigtoepassing interessant kunnen zijn: de roltransmissie, de variabele-slagtransmissie en de poelietransmissie. Tot de laatste groep behoort de riemtransmissie van Daf, waarvan

zoals bekend inmiddels een type met stalen band, de duwbandvariator van Van Doorne's Transmissie, in de personenauto wordt toegepast.

De poelietransmissie brengt net als de roltransmissie het motorkoppel over in de vorm van wrijvingskrachten tussen de poelieschijven en een flexibel overbrengingslichaam. Door de zogenaamde loopstraal van dit overbrengingslichaam over de poelies te variëren, wordt de overbrengingsverhouding traploos gewijzigd.

Het overbrengingslichaam behoeft echter niet een rubberriem of stalen band te zijn; ook de ketting behoort tot de constructieve mogelijkheden. Zo'n ketting wijkt af van de gebruikelijke typen in de auto-techniek (zoals de rolketting in de klepbediening van sommige verbrandingsmotoren) doordat speciale drukstukken zijn toegevoegd om de wrijvingskrachten op de poelieschijven over te brengen.

Inmiddels is deze mogelijkheid gerealiseerd door Suzuki, dat in Japan het model Cultus met een variator op basis van een Borg-Warner-ketting op de markt bracht. Het werkingsprincipe is hetzelfde, maar de ketting kan volgens de voorstanders een groter koppel doorgeleiden, overigens wel tegen een hogere lawaai-productie en bij een beperktere maximale omloopsnelheid vanwege de hogere massa van de ketting.

Dat betekent trouwens niet dat de stalen band niet voor een dergelijke vergrote koppeldoorvoer kan worden ontworpen. Dit misverstand, dat onder autotechnici wijd verbreid is, werd afgelopen zomer gelogenstraft toen Van Doorne's Transmissie een nieuwe duwband met een breedte van 30 mm voorstelde (de oude is 24 mm breed), die was ingebouwd in een Chrysler Voyager met 3,3 L-motor van 112 kW (152 pk).

Variabele slag

Een bijzondere eend in de bijt is de variabele-slagtransmissie, ook wel vrijloopwiel- of pendeltransmissie genoemd. Dit type is in de loop van de autotechniek in allerlei gecompliceerde vormen voorgesteld. Zij berusten alle op het

omzetten van een pendelslag in een draaiende beweging en zijn daardoor vergelijkbaar met de aandrijving van een Vliegende Hollander: ook hier wordt één slag in een draaiende beweging omgezet, de teruggaande slag wordt vervolgens 'uitgefilterd' door een vrijlooppkoppeling (een inrichtingskoppeling). Het verschil met de Vliegende Hollander is echter, dat de slag variabel is: die wordt door het regelsysteem traploos ingesteld.

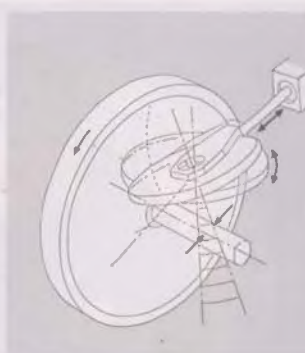
Tot ieders verrassing werd dit principe, dat sinds de oorlog (althans in de autotechniek) was doodgewaand, een paar jaar geleden opnieuw voor personenauto's, fietsen en zelfs voor zware trucks voorgesteld door een Amerikaans bedrijf, Epilogics.

De werking van de Epilogics-cvt is niet in een paar woorden uit te leggen, zodat we er in een latere bijdrage nog apart op terug komen.

Roltransmissie

En dan is er nog de roltrans-

Werkingsprincipe van de rolvariator van Torotrak. Anders dan bij de Hayes-transmissie wordt de rol niet actief verdraaid, maar slechts lineair verplaatst met behulp van een hydraulische actuator. Door deze lineaire verplaatsing verdraait de rol 'vanzelf' (opgewekt door reactiekrachten) in een nieuwe stand, net zoals dat door de wielnaalop (caster) van een autowiel gebeurt. Daardoor wordt een ingewikkeld verdraaiingsmechanisme à la Hayes uitgespaard en is Torotrak erin geslaagd een veel eenvoudiger en goedkopere constructie te realiseren.



Het hart van de dubbeltorische-schijfvariator van Torotrak. De rollen worden hydraulisch verplaatst, de hoek ten opzichte van de schijven komt automatisch (door reactiekrachten van de schijven) tot stand.

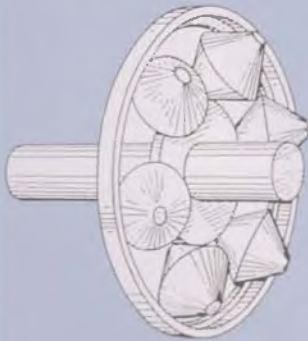
missie. Hier komen nog twee subgroepen voor: systemen met en zonder extra overbrengingslichaam. De laatste subgroep heeft in het begin van de autohistorie nog een belangrijke rol gespeeld in de aandrijving van de cyclecars, die kruising tussen fiets en kleine auto uit de periode toen de 'volwassen auto' nog op zoek was naar zijn definitieve technische vorm. De aandrijving van dergelijke lichte auto's gebeurde met zogenaamde wrijvingswielen, waarvan de straal waarop de wielen op elkaar afrollen traploos kon worden gewijzigd en daarmee de overbrengingsverhouding.

De aandrijving is eigenlijk te vergelijken met het poltenbakkerswiel met directe voetaandrijving. Door de voet verder naar de rand van het wiel te verplaatsen wordt de overbrengingsverhouding gewijzigd.

Men kan op dit thema voortborduren door tussen de schijven aparte overbrengingsli-

Nieuwe Nederlandse cvt voor fietsaandrijving

Net nu we wat gewend raken aan de poelievariator van Van Doorne's Transmissie als alternatief voor de gelrapte automaat, is een nieuw Nederlands initiatief op het gebied van de continu variabele transmissie bekend geworden. Het is een variant op de roltransmissie, gebaseerd op een oud idee uit de industriële aandrijftechniek, maar ge-



Octrooitekening van de dubbele-kegelvariator, uitgevoerd als planetair stelsel. Door de dubbele kegels axiaal te verplaatsen kan de overbrengingsverhouding tussen de zonnewielas en het buitenste ringwiel traploos worden gevarieerd.

schikt gemaakt voor voertuigaandrijving door een tweetal Nederlandse ingenieurs, Van Rooij en Wubs.

Ze spelen met hun vinding in op de in de fietsenbranche al langer gevoelde behoefte aan een traploze versnellingsvariëte. Na een eerste poging in de richting van een poelie-transmissie kwam men al snel bij de zogenaamde kegelvariator uit, waarvan het principe al sinds jaar en dag wordt toegepast in de Kopp-variator zoals geproduceerd door het Zwitserse Rasterwerk AG.

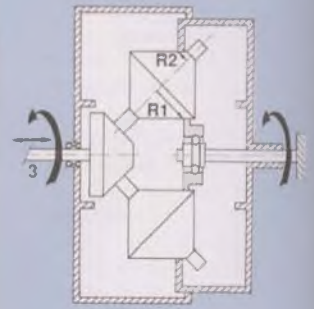
Het voordeel van dit systeem boven een poelievariator is, dat de in- en uitgaande as in elkaars verlengde liggen en de transmissie in de naaf van het achterwiel kan worden ondergebracht. Het uitwisselen van het achterwiel en het aanbrengen van een handbedieningsinrichting is voldoende om de fiets te 'automatiseren'. Aan het frame zelf zijn dus verder geen wijzigingen nodig. Automatisering is bij dit systeem niet nodig: anders dan de verbrandingsmotor in een

auto zijn de menselijke beenspieren voor een effectieve werking niet afhankelijk van een 'stationair toerental'. Net als bij een stoommachine en een elektromotor kan al bij een geringe verplaatsing een maximale kracht worden opgewekt. Ook een regelsysteem is 'gratis' al aanwezig: dat bevindt zich immers in de hersenen van de fietser.

Opbouw kegelvariator

De opbouw van de kegelvariator is die van een planetair tandwielstelsel, waarvan de planeetwielen vervangen zijn door rollen in de vorm van dubbele kegels. In de Kopp-transmissie drijft de ingaande as het zonnewiel aan, dat in contact staat met de dubbele kegels. Via de kegels wordt het ringwiel aangedreven, dat vast met de uitgaande as is verbonden. De traploze variatie van de overbrengingsverhouding komt tot stand door de kegels axiaal te verschuiven. Elke dubbele kegel heeft door zijn contact met zowel het zonnewiel als het

ringwiel twee loopstralen. Door nu deze rollen te verplaatsen wordt de verhouding van deze beide loopstralen gewijzigd en daarmee de overbrengingsverhouding van het planetaire stelsel. De inmiddels geïmplementeerde vondst van Van Rooij en Wubs zit hem in een omkering van de kinematische rol van de diverse omwentelingslicha-



Schematische doorsnede van de dubbele-kegelvariator. Door het verschuiven van as 3 wordt de loopstraalverhouding R1/R2 veranderd en daarmee de overbrengingsverhouding.

TRANSMISSIE

chamen aan te brengen die de vorm kunnen hebben van een kogel, kegel, dubbele kegel, rol en allerlei andere wentellichamen. Vandaar dat dergelijke transmissies in het Duits 'Wälzgetriebe' (afwettelings-overbrengingen) worden genoemd en hun werking vergelijkbaar is met die van een

wentellager. Bij een lager wordt de toegevoerde energie echter in het inwendige in warmte omgezet: bij een roltransmissie worden de extra overbrengingslichamen op de een of andere wijze gefixeerd, zodat de energie in mechanische vorm naar buiten kan worden geleid.

De meeste bekendheid vóór de oorlog op dit gebied

kreeg de Hayes-transmissie, toegepast in enkele duizenden Austins en na de oorlog als Perbury-transmissie doorontwikkeld door Leyland. Inmiddels zijn alle belangrijke octrooien in handen gekomen van de British Technology Group (BTG), een researchinstelling die technische innovaties produktierijp probeert te maken.

De BTG richtte enkele jaren terug Torotrak Ltd op, dat in-

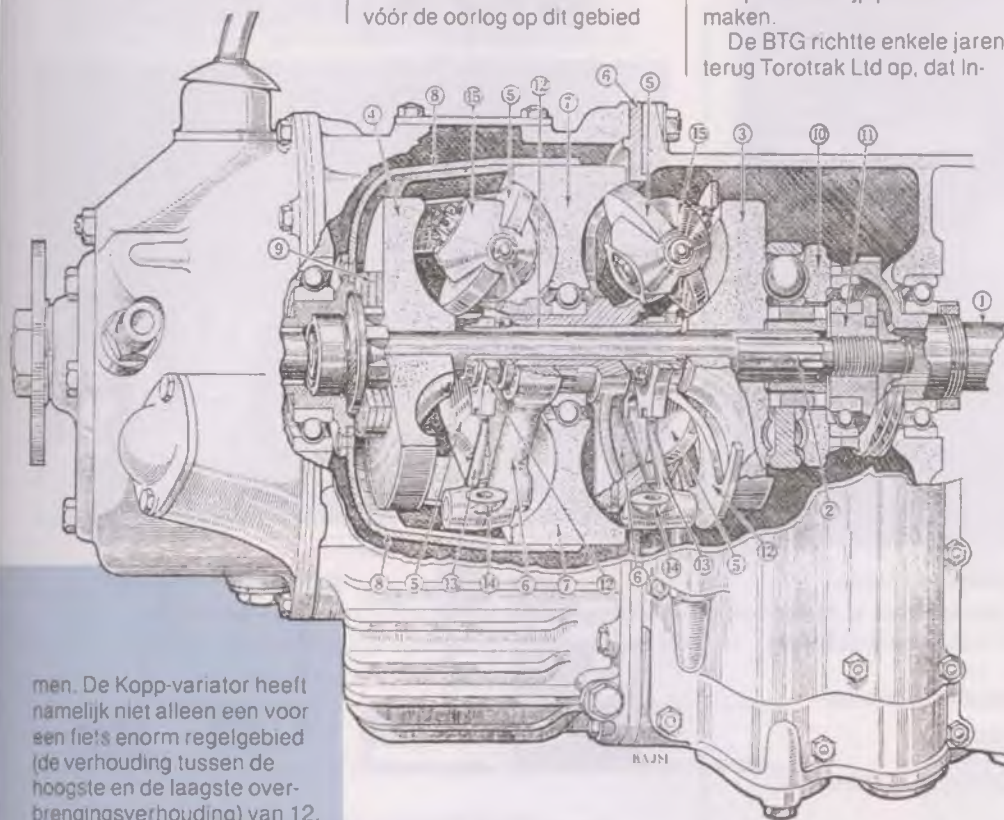
middels zeer ver is met een doorontwikkelde Perbury-transmissie. Deze Torotrak-transmissie wordt ook wel torische-schijftransmissie genoemd, omdat de extra overbrengingslichamen in de vorm van een rol zijn opgesloten tussen schijven waarin een 'torus', een ringvormige holte is uitgefreesd. Door nu de stand van de rollen tussen de schijven te veranderen, kan de overbrengingsverhouding van dit systeem traploos worden gevarieerd.

Aanvankelijk werd de Perbury-cvt in een Leyland-truck beproefd, maar toen Daf Trucks Leyland overnam, werd de Perbury-erfenis uit de over te nemen inboedel gelicht en kwam de ontwikkeling in deze richting tot stilstand.

Torotrak is intussen met een belangrijk verbeterde versie in een vergevorderd stadium met tests in een Rover personenauto. Deze versie wordt een dubbel-torische transmissie genoemd, omdat er twee stel schijven worden toegepast met een dubbel stel overbrengingsrollen. Er zijn echter ook halftorodale varianten (de zogenaamde kantelschijftransmissie), waaraan aan de Technische Hogeschool van Aken wordt gewerkt.

Van zeer recente datum is een Nederlandse ontwikkeling (zie kaderstukje elders op deze pagina's), oorspronkelijk ontworpen als fietsoverbrenging, waarin de rollen zijn vervangen door dubbele kegels.

Gijs Mom



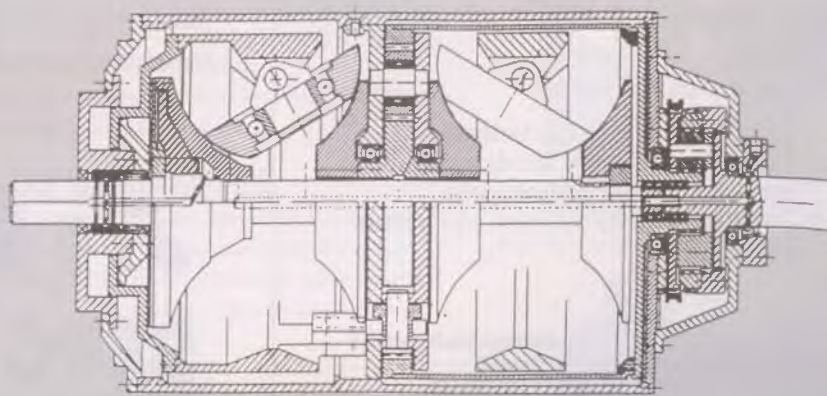
De vooroorlogse dubbel-torische Hayes-rolvariator, destijds door Austin in enkele duizenden modellen ingebouwd en rechtstreekse voorloper van de Torotrak-transmissie. De rollen 15 zitten opgesloten tussen de torische schijven 3, 4 en 7. Door de stand van de rolschijven 5 te veranderen wordt de 'loopstraal' gewijzigd en is een continue variabele aanpassing van de overbrengingsverhouding mogelijk.

men. De Kopp-variator heeft namelijk niet alleen een voor een fiets enorm regelgebied (de verhouding tussen de hoogste en de laagste overbrengingsverhouding) van 12, maar bovendien draaien de in- en uitgaande as tegengesteld ten opzichte van elkaar.

De ingenieurs verbonden nu in hun ontwerp de ingaande as met de planeetdrager, door de uitgaande as met het ringwiel te verbinden draaien in- en uitgaande as nu in dezelfde richting, met een regelgebied van 2,5 wat ruim voldoende is voor een fietstransmissie.

De variator is een typische 'natte-frictie-cvt': een spat-smering in de hermetisch afgesloten behuizing zorgt voor een hydrodynamische smeerfilm tussen de rollichamen, terwijl een aantal kogels zorgt voor een voorspanning die afhankelijk is van het doorgevoerde koppel.

Met een diameter van 25 cm en een massa van 2 kg is de variator netjes in de achternaaf weggewerkt.



Een half-toroidale rolvariator (kantelschijfvariator) met dubbel schijvenstelsels zoals ontwikkeld door het Ika, een ontwikkelingsbureau geleerd aan de Technische Hogeschool van het Duitse Aken.