

Transmissies ontwerpen en testen

Spicer Off-Highway Drivetrain Products in Brugge behoort tot de DANA Holding Corporation, een groep actief in de automobielindustrie, met hoofdkwartier in Toledo Ohio (VS), waar in totaal 35.000 mensen werken verspreid over 26 landen. De Brugse vestiging ontwikkelt en produceert transmissies voor zogenaamde 'off-highway' voertuigen. En alle nieuwe ontwikkelingen moeten eerst grondig worden uitgetest.

Als er echter tijdens deze testen iets misgaat, wil men hieruit leren. Men moet dus kunnen nagaan waar de fout is ontstaan, welk onderdeel er verantwoordelijk voor is. Waar het vroeger soms zeer moeilijk was om dit te achterhalen, heeft men recent testen uitgevoerd met SPM-meetapparatuur die aantoonden dat hiermee bij een beginnende faling tijdig kan gestopt worden. En als men tijdig stopt, kan men oorzaken achterhalen. Over deze nieuwe SPM-tools sprak *Industrie Technisch Management* met **Tommy Van Acker**, test engineer van het **Spicer Off-Highway Transmission Technology Center** en **Jef Dellafaille** van **SPM Instrument**.

TESTCENTRUM VOOR NIEUWE VERSNELLINGSBAKKEN

Off-highway voertuigen zijn alle voertuigen die je normaliter niet op de snelweg tegenkomt. Het zijn meestal zware voertuigen zoals landbouwtractoren, mijnbouwvoertuigen, grondverzetmachines, heftrucks, enz. maar bijvoorbeeld ook militaire voertuigen. Het sterke punt van de Brugse vestiging is haar maatwerk



Spicer Off-Highway Drivetrain Products in Brugge zet SPM meetapparatuur in voor het bewaken van de transmissietesten.

voor klanten: een versnellingsbak wordt op maat van het voertuig ontwikkeld en daarna in de fabriek van Brugge of een andere vestiging in serie geproduceerd.

Zo'n transmissie bestaat in hoofdzaak uit een koppelvormer, tandwieloverbrengingen en hydraulische koppelingen alsook een stuureenheid. De koppelvormer zorgt voor de verbinding tussen motor en versnellingsbak en heeft een koppelveerhogende werking. Dit laat toe om met een bescheiden motorvermogen toch

heel zware voertuigen en lasten in beweging te brengen. Via de stuureenheid wordt de gewenste versnelling doorgegeven naar de desbetreffende hydraulische koppelingen en zodoende de nodige tandwieloverbrengingen ingeschakeld. De redenen waarom *Off-highway* transmissies zo verschillen van gewone *automotive* versnellingsbakken zijn niet enkel de veel grotere koppels maar vooral het toepassingsgebied. Zo

hebben heel wat toepassingen bijvoorbeeld meerdere versnellingen in achteruit en kan je ongestoord van vooruit naar achteruit schakelen zonder stilstand.

Vooraleer de stap te kunnen zetten van ontwikkeling naar serieproductie moet elke nieuw ontworpen schakelkast, maar ook elke aanpassing in het ontwerp van een schakelkast, volledig worden getest. Want ondank alle digitale ontwerphulpmiddelen (3D, sterkteberekeningen...), blijft de praktijk, het uittesten

'onder reële omstandigheden', het onvermijdelijke sluitstuk van een ontwerp. Hiervoor beschikt de Brugse DANA-vestiging, naast de fabriek, over een specifiek testcentrum **TTC** (*Transmission Technology Center*). De testen starten met het beproeven van elke component afzonderlijk en gaan tot het uittesten van de volledige transmissie. Hierbij voert men naast de normale functionele testen ook onder andere levensduurtesten, langdurige schakeltesten, belastingtesten... uit. Voor elke test worden specifieke teststanden opgezet. Zo worden bijvoorbeeld de duurtesten uitgevoerd op testbanken die uitgerust zijn met zware elektromotoren of dieselmotoren, waarbij de belasting wordt gesimuleerd met een aanstuurbare rem. Voor de testen met dieselmotoren zijn er zeven volledig geëquipeerde testcellen voorzien die het mogelijk maken om 24 op 24, maanden aan één stuk te testen, en dit tot remkoppels van 10.000 Nm. Daarnaast zijn er nog zes elektrische en een groot aantal kleinere hydraulische testbanken.

Binnen dit testcentrum werken zeven hoger opgeleide bedienden (testengineers, instrumentation) en zes arbeider-techniekers. Deze laatste staan in voor de samenbouw van de prototypes (*DUT's – device under test*) alsook het fysisch opbouwen of aanpassen van de testcellen. Uniek is dat het overgrote deel van de testbanken van eigen ontwerp zijn en dat het labo over de nodige middelen beschikt om zeer specifieke opbouwen snel en ter plaatse te verwezenlijken.

TESTEN OM TE LEREN

Het doel is natuurlijk door de praktijktesten zeker te zijn dat de ganse schakelkast voldoet aan alle duurzaamheidsvereisten waaraan deze in haar latere levensloop zal onderworpen zijn. Gelijktijdig wil men, als er iets fout is, te weten komen wat de zwakke schakel is, waar het foutlopen juist start. Men wil dus de test stoppen vanaf het ogenblik dat de eerste

dekken en op basis hiervan tijdig te kunnen stoppen, werden vorige jaren testen uitgevoerd met trillingsmetingen. De mensen van *Advanced Engineering* hebben er FFT (Fast Fourier transformatie) analyses op losgelaten en dan zijn er weldegelijk conclusies te trekken uit het ruissignaal, maar voor een testomgeving was de trillingsmeting zeker niet bruikbaar als beslissingstool. Het bleek



Vooraleer de stap te kunnen zetten van ontwikkeling naar serieproductie moet elke nieuwe ontwikkeling volledig worden uitgetest in het Transmission Technology Center.

abnormaliteit zich voordoet. Eigenlijk op het moment dat de eerste schade ontstaat, maar vooraleer deze schade er voor gezorgd heeft dat alles stuk is.

Hiervoor volgt men alle belangrijke parameters op, waaronder druk, snelheid, koppel, debiet in de hydraulica... In vele gevallen ziet men dan wel dat het mis gaat, maar pas als het te laat is. Eer men op basis van deze parameters een fout detecteert en de test kan stoppen, is de ganse aandrijving soms letterlijk in de soep gedraaid: gebroken assen, tanden van verschillende tandwielen zijn afgebroken... en het is nog moeilijk te achterhalen waar de fout eigenlijk is begonnen. En enkel op basis van de wetenschap waar de fout precies gestart is, kan men verbeteringen uitvoeren.

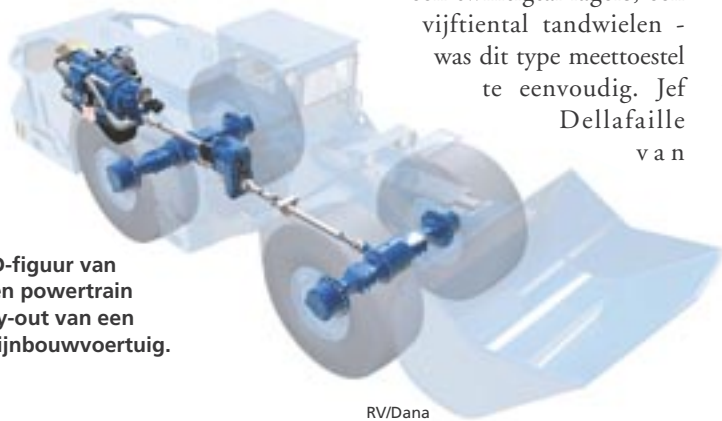
Om de startende anomalieën vroeger in het foutproces te ont-

namelijk niet doenbaar om uit een gemeten trillingsspectrum enig besluit te trekken. De trillingen van de dieselmotor, de rem, de cardankoppeling... bleken alles te overstemmen en maakten van het trillingssignaal een ruissignaal.

SPM-ANALYSE ALS TIJDIGE TRIGGER

Men zocht een systeem waarmee een testingenieur in een oogopslag (en geen FFT-specialist na vele analysesessies) kan zien dat er een anomalie opstart, zodat de test meteen kan gestopt worden en men de beginschade kan waarnemen. Bij de zoektocht naar een oplossing kwam men in contact met SPM Instrument, leverancier van meettoestellen gebaseerd op een SPM-meting. SPM is de afkorting van Shock Puls Methode, een (in 1969 door SPM Instrument gepatenteerde) techniek waarbij men in roterende onder-

3D-figuur van een powertrain lay-out van een mijnbouwvoertuig.



RV/Dana

delen optredende schokgolven opvolgt en uit het patroon de conditie en schadeoorzaak van lagers en tandwielen afleidt.

Deze techniek wordt gebruikt voor conditiebewaking van wettelagers, tandwielkasten en andere roterende machines. Hierbij meet de apparatuur het schoksignaal in een decibelschaal op twee niveaus. De microprocessor evalueert het signaal op basis van het lagertype (ISO nummer) en de rolsnelheid (RPM en lagerdiameter). Wanneer er oppervlakte-schade in het roterend onderdeel begint op te treden, veroorzaakt deze een grote stijging in de schokpulssterktes, maar er ontstaat eveneens een duidelijke verandering in de verhouding tussen de sterke en zwakkere pulsen. Via de ingebouwde analysesoftware worden deze schokpulswaarden vertaald naar 'conditie'. In het toestel worden de optredende signalen opgenomen (voor analyse), maar er is softwarematig een indicatie 'groen' (geen schade), 'geel' (startende anomalie) en 'rood' (zware schade).

Als kennismaking met de techniek werd een eenvoudige SPM condition monitoring module gekocht, maar het bleek snel dat deze geen oplossing bood. Voor detectie van lagerschade op de Inertie-vliegwiel kon deze module wel ingezet worden. Maar voor de overbrengingskasten -

waar men spreekt over zeker een twintigtal lagers, een vijftiental tandwielen - was dit type meettoestel te eenvoudig. Jef Dellafaille van

SPM

Instrument werd om raad gevraagd. Hij kwam langs met een Leonova Infinity, een multifunctionele, draagbare datalogger. Door in te geven welke lager hij wilde analyseren en de handprobe tegen de behuizing te houden kon hij bewijzen dat de SPM-meetmethode ook in deze complexe toepassing zou werken.

EERST TESTEN, DAN INVESTEREN

Aarzelend door de negatieve ervaring met trillingsmetingen, wou men zich bij Spicer niet engageren voor de investering in het online SPM-meetsysteem. Er werd uiteindelijk - voor een eerste test - overgegaan op de aankoop van een occasie online monitoring en analysesysteem van de eerste generatie. Deze oplossing werd in drie opstellingen getest.

De eerste was een *pump drive test* voor het uittesten van de *pump drive train*; de aandrijving van één of meerdere hydrauliekpompen (De meeste tractoren hebben een bijkomend hydraulisch circuit om een aantal externe werktuigen aan te drijven. De pompen hiervoor worden door de dieselmotor aangedreven via een snelheidsreductor tussen pompas en aandrijfjas.) Bij de test liet men deze *pump drive train* (3 gelagerde tandwielen, één aandrijvende en twee gedreven) functioneren terwijl een hydraulisch circuit geschakeld op de twee pom-

pen via aangestuurde kleppen werd gesmoord tot 200 bar. Dit non-stop voor een periode van een maand. En - ongelukkig voor het ontwerp, maar zeer interessant voor het labo - had men een tandwiefout tijdens de test. Een techniek kwam 's morgens binnen en zag dat er op het SPM-meetsysteem een anomalie was geregistreerd, terwijl de klassieke meettoestellen geen alarm gaven. Er werd gestopt en de tandwielkast werd endoscopisch gecontroleerd. Van een tandwiel bleken al enkele tanden stuk. Nog enkele uren later en men zou de ganse tandwielkast hebben stuk gedraaid. Uit analyse van het meet-signaal bleek dat deze fout al zes uur door het SPM-systeem was gedetecteerd. Hiermee was het bewijs geleverd dat het systeem werkt. En de investering in het toestel was hiermee direct terugbetaald.

Men was eigenlijk toen reeds overtuigd dat men moest investe-

een *gear & bearing test*. Hierbij wordt een versnellingsbak stelselmatig afgetest op de tandwielen en lagers en dit in al zijn versnellingen. De duur van deze test is het equivalent van een "levensduur" en bedroeg in dit geval 82 dagen onder extreme belasting. Deze test liep goed, maar op het einde was er natuurlijk slijtage-schade en deze was ook te volgen bij de analyse van de SPM-meting. Er was een derde test, eveneens een *gear & bearing test*, maar door een gebrek aan mogelijkheden van het systeem had men enkel de kritisch geachte onderdelen opgevolgd en het ging mis op een niet gecontroleerde positie. Hiermee was nogmaals het bewijs geleverd dat er moest geïnvesteerd worden in het nieuwste, meest performante Intellinova systeem. Dit systeem is gecentreerd rondom Commander Units die elk 32 kanalen hebben voor schokpuls-, vibratie en/of analoge metingen op te volgen en dit in een door de gebruiker zelf



RV/Dana

Via de testen wil men zeker zijn dat de schakelkast voldoet aan alle duurzaamheidsvereisten waaraan deze in haar latere levensloop zal onderworpen zijn (hier de Hertz-testopstelling).

ren in meer uitgebreide apparatuur die zou toelaten - via meldingen naar de alarmcentrale, waardoor technici opgeroepen konden worden - alarmen direct te constateren (en niet als men op het toestel ging kijken). Maar er werd toch eerst overgegaan op een tweede, iets complexere test:

gedefinieerde combinatie. Het LinX communicatie softwareprogramma triggert, controleert en filtert metingen en data, en verwerkt alle berichten tussen de database en een of meerdere Commander Units. Hiermee kan men alle kritische punten van een aandrijflijn opvolgen. Er werden vijf



Voor elke test zijn specifieke teststanden gebouwd (hier een zicht op de Watt-testopstelling).

systemen aangekocht die mobiel werden opgesteld om *plug & play* dienst te kunnen doen op een tiental testbanken.

Men wil op termijn via een SQL- of een OPC-link een koppeling maken met het IT-systeem, waardoor techniekers van wacht naast de reeds bestaande mail-

Niet alleen moet de test opnieuw lopen (met quasi zekerheid dat dezelfde opstelling terug fout zal aflopen), maar de financiële gevolgen, waaronder de brandstofkost (bijv. V8-diesel die *full-throttle* zo'n 75 l/h consumeert, 24 uur per dag, drie maanden aan een stuk!) nemen drastisch toe.



Ondanks alle digitale ontwerphulpmiddelen blijft het testen in de praktijk het onvermijdelijke sluitstuk van een ontwerp (hier de Ampère-testopstelling).

dienst via SMS een alarm kunnen ontvangen en opkomen om in te grijpen. Via OPC kan men meetresultaten koppelen aan specifieke belastingen van bepaalde onderdelen.

Om een idee te geven van de mogelijke winst met dergelijke meting: neem aan dat een duurtijdtest van drie maanden op het einde misloopt en niet tijdig kon worden gestopt, waardoor er geen zekerheid omtrent de oorzaak is.

Dus één snelle detectie en de ganze investering is terugbetaald. Bovendien is de gelogde data van het SPM-systeem waardevol voor het analyseren van mogelijke oorzaken van de faling. Het is nu reeds beslist dat er op de prototypes de nodige schroefdraad wordt voorzien voor de SPM-sensoren, wat de testopstelling een stuk sneller aankoppelbaar moet maken.

www.industrie.be