

Pneumatische

Het is altijd leuk om een artikel te schrijven aan de hand van een lezersvraag. Zoals dit keer, naar aanleiding van een vraag over de werking van pneumatische klepveren, zoals onder meer gebruikt in de Formule-1. Dankzij de wetenschappelijke publicaties van Honda over haar Formule-1-motorblok is sinds enige tijd bekend hoe zo'n systeem nu echt werkt. En het is verbazingwekkend wat er in zo'n Formule-1-motoren aan techniek zit!

Renault komt de eer toe de pneumatische klepveren te hebben geïntroduceerd. Dat was in 1986 bij de toenmalige 1,5-liter-V6-turbo-motor, zoals Lotus die gebruikte. Dankzij deze veren steeg het maximum toerental van 11.000 naar 12.500 tpm. De huidige Renault-V10-motor met drie liter cilinderinhoud draait in de laatste versie trouwens 18.000 tpm! Alle F1-motoren hebben tegenwoordig pneumatische klepveren, dus wordt het tijd om eens uit te leggen waarom deze worden gebruikt. En dat kan ik omdat Honda zo vriendelijk is geweest over haar racemotoren tot

en met 1992 te publiceren. De 3,5-liter-V12 zonder turbo werd voor het seizoen 1992 voorzien van zulke klepveren. Het gaat erom dat de stalen veren worden vervangen door een luchtveer, vandaar de naam pneumatisch (afkomstig van pneuma, hetgeen Grieks is voor wind).

Hoge toerentallen

Honda reed (en won) van 1989 tot en met 1991 met een 3,5-liter-V10-Formule-1-motor. In 1991 werd naast die V10 een V12 ingezet, omdat de Renault-V10 zo'n sterke concurrent werd. Honda zegt dat er elk jaar 4 tot 5% meer vermogen nodig

is om de concurrentie de baas te blijven. Dat lukt het beste door de motor elk seizoen 5 tot 7% meer toeren te laten maken. De 3,5-liter-V12 bood de beste vooruitzichten, maar dan moest er iets op worden gevonden om de kleppentrein bij die hogere toerentallen beter te laten werken. Het systeem bestond uit tweemaal twee bovenliggende nokkenassen die in totaal 48 kleppen door middel van stoterbussen (ook wel nokvolgers genaamd en vooral niet te verwarren met stoterstangen) bedienden. Dat is de meest nauwkeurige en stijve klepbediening en wordt bij alle F1-motoren gebruikt.

Het maximum toerental van de 1991-V12 met gewone stalen klepveren - 96 stuks - bedroeg 14.800 tpm, tot 15.400 tpm werkte dit systeem nog betrouwbaar. Dankzij de introductie van de luchtveren steeg het maximum toerental tot 15.600 tpm en bleef de klepbediening goed werken tot 16.800 tpm.

Fikse vermogens

De Honda RAI 122 E/B-V12 was een vrijaanzuigende (ik ben ook het woord „zelfaanzuig-

gend" tegengekomen) motor met een boring van 88,0 mm en een slag van 47,9 mm. De grote boring maakt fikse klepmaten mogelijk. Door de twee grote inlaatkleppen kan er een heleboel lucht en brandstof naar binnen stromen. De kleine slag zorgt voor een stevige krukas en een geringe bouwhoogte van de motor. Dat is zo belangrijk dat Honda de V-hoek tussen de cilinderbanken van 60° naar 75° vergrootte. Dat maakte de motor 20 mm lager! Uit in totaal 3496 cc haalde de Honda motor 570 kW (775 pk) bij 14.400 tpm.

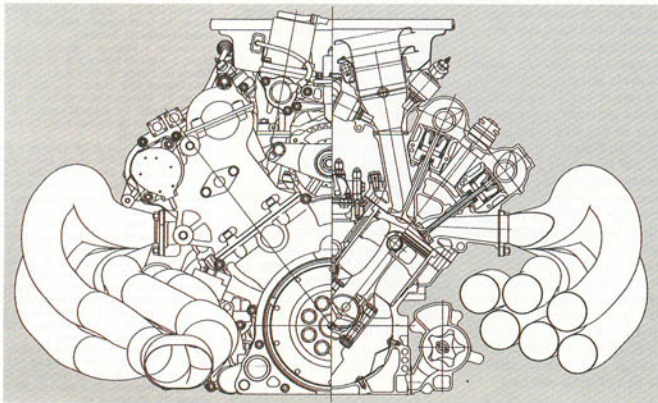
De compressieverhouding bedroeg 12,9:1. Deze hoge waarde was mogelijk door de speciale benzine, met een veel hoger octaangetal dan de 98 die bijvoorbeeld superplus-benzine heeft. Met een heel speciale racebrandstof haalde de motor zelfs meer dan 600 kW (815 pk), maar tegen de V10-motor van Renault was geen vermogenskrui gewassen en aan het eind van het seizoen 1992 besloot Honda te stoppen met F1-racen.

De lichte kleppentrein

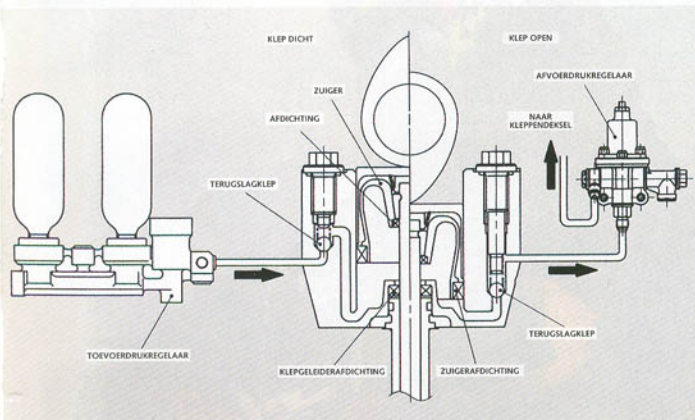
Honda geeft waarden op voor de diverse onderdelen van de klepbediening met stalen klepveren en luchtveren. Zo wogen de twee klepveren met hun klepschotels 53,7 gram, de overige onderdelen (klepstoters, klepspijten en klep) wogen 74,0 gram, samen dus 127,7 gram.

De pneumatische klepveer heeft een zuiger(tje) met afdichting die 27,8 gram weegt. De overige onderdelen wegen evenveel als voorheen, dus 74,0 gram, vandaar het totale gewicht van 101,8 gram. Dat is een 20% besparing, die zich vertaalt in de

Stel je eens voor dat dit een doorsnede van een 584-cc-V12 is met 90 kW of 120 pkl! De doorsnede is in werkelijkheid van de 3,5-liter-V12 van Honda, die naast pneumatische klepveren ook nog een variabele inlaatlengte had. Toptechniek anno 1992



klepveren



eerder genoemde fikse toeren-talstijging.

Het pneumatische systeem heeft als tweede voordeel dat het een progressief krachtverloop geeft. Daarmee wordt bedoeld dat de kracht meer dan evenredig toeneemt bij het indrukken van de veer. Als een klep zo snel wordt geopend dat de bediening het contact met de nok verliest, is er sprake van klepzeven. De gasveer - want er wordt stikstof gebruikt - zal het iets te ver openen, want dat gebeurt er bij klepzeven, opvangen met een extra hoge tegenkracht. Het gas uit dit pneumatische systeem raakt bovendien niet vermoeid en dat gebeurt zelfs bij de allerbeste klepveren wel. De stalen veren verliezen tijdens het gebruik altijd iets van hun voorspanning en ze breken zelfs wanneer ze te lang overbelast worden. En in zo'n sneldraaiende motor is de puinhoop niet te overzien als de klep met de gebroken veer de zuiger raakt.

Dankzij de elektronische toerenbegrenzer is er bij optrekken geen gevaar voor een te hoog toeren, maar terug- of mischakelen levert al gauw klep-zuigercontact op. Dankzij de

pneumatische klepveren is het aantal beschadigde motoren drastisch afgenomen.

Nog wat details

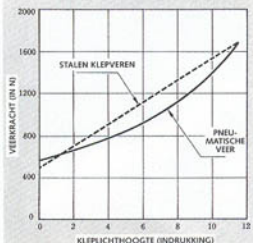
Honda gebruikte inlaatkleppen van een titaniumlegering om het gewicht van de kleppen zo laag mogelijk te houden. De uitlaatkleppen zijn van een hittebestendige nikkellegering gemaakt. De klepsteel is hol en gevuld met natrium. Natrium smelt en klotst in de steel op en meer om de warmte te verspreiden en zo snel mogelijk af te voeren via de klepgeleider. Dit soort materialen komen we anno 1997 ook bij de gewone sneldraaiende automotoren tegen. De nieuwste 1,8-liter-Honda-viercilinder draait 8800 tpm. Overigens moet deze automotor probleemloos minimaal 160.000 km (of meer) meegaan als er op de openbare weg mee wordt gereden. Een F1-motor moet in

Dankzij speciale nokprofielen lukte het Honda om het gevaarlijke klepsuiteren te voorkomen. Bij het sluiten op de klepzitting ontstaan er zeer grote krachten, die de klep kunnen doen breken.

ieder geval 300 km heel blijven, iets meer mag ook, maar is niet strikt nodig.

Even dromen

Als we van zo'n twaalfcilinder nu eens een plak van twee cilinders afzagen, ontstaat er een V-motor met een hoek van 75° tussen de cilinders en een cilinderinhoud van 584 cc. Op gewone superplus moet de compressieverhouding iets omlaag, maar toch moet er ruim 90 kW (120 pk) bij 14.400 tpm uit zo'n blok komen. Het gewicht ervan zal hoger zijn dan een zesde deel van de 154 kg die de Honda-V12 weegt, maar 30 kg of



Duidelijk is te zien dat de stalen klepveren een veerkracht hebben die evenredig is met de indrukking, dat heet een lineaire veer karakteristiek. De pneumatische klepveer heeft een progressieve veer karakteristiek. Dat wil zeggen dat de veerkracht toeneemt met de indrukking

Op deze tekening is aangegeven hoe de pneumatische klepveer werkt. Links is de klep gesloten, recht geheel geopend. De druk in de stikstofjes links bedroeg 150 bar, onder de zuiger was de druk gereduceerd tot zes à acht bar

zo is toch niet echt veel of wel soms? Stel je dus even voor: een Honda Transalp-motorblokje dat 120 pk levert...

Inhakend op Coen Verburgs woorden in het Startpunt in de vorige MOTO 73 over de „superfiet supersport-machines“ wil ik erop wijzen dat nieuwe modellen als de Yamaha YZF R1, de Kawasaki ZX-9R en de Suzuki GSX-R750 echt nog maar het begin vormen van een nieuwe trend, want met name de Formule-1 leert ons dat er technisch nog heel veel mogelijk is. Al blijft bij een motorfiets natuurlijk wel de vraag hoe die al maar stijgende vermogens goed hanteerbaar blijven; het is immers niet alleen een kwestie van simpelweg zo veel mogelijk motorvermogen.

tekst: Paul Klaver
tekeningen: Honda

