

**Auto & Motor**  
**TECHNIEK**

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

Prototypen met variabele compressieverhouding

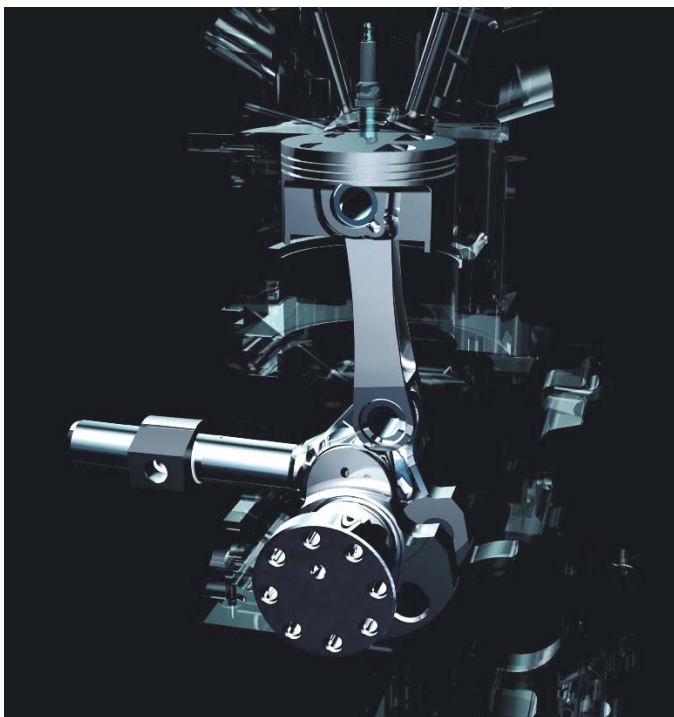
## Brandstof besparen met complexe motortechniek

# Variabel comprimeren

Een lager verbruik met behoud van prestaties. Dat zou mooi zijn. Een aantal uitvinders menen dit ei van columbus ontwikkeld te hebben. Het geheim schuilt in een variabele compressieverhouding gekoppeld aan een kleinere cilinderinhoud en drukvulling. In theorie klinkt alles prachtig, maar is het ook praktisch haalbaar?

De gedachtegang achter de variabele compressieverhouding is bijna net zo oud als de ottomotor zelf. Als we bij alle toerentallen en belastingen zo hoog kunnen comprimeren dat de klopgrens bereikt wordt, halen we het hoogste rendement uit de dure brandstof.

Een ottomotor die bij 1500 t/min vollast draait met  $\lambda = 1$  kan zonder kans op detoneren (kloppen of pingelen) met een compressieverhouding van 9:1 werken. De gemiddelde effectieve druk ( $P_e$ ) zal dan 9 á 10 bar zijn. Zodra we de gemiddelde effectieve druk tot 7 bar laten dalen, kan de compressieverhouding omhoog tot 12,0 voordat er detonatie optreedt. Sluiten we de gasklep nog verder dan is er bij een  $P_e$  van 5 bar een compressieverhouding van 12,5 mogelijk en bij een  $P_e$  van 3 bar zelfs 13,0. Daarbij is het brandstofverbruik met respectievelijk 5, 6 en 9% gedaald. Let wel, dit zijn gegevens uit een onderzoek van 15 jaar



**De Mayflower e3 motor is één van de nieuwste creaties op het gebied van variabele compressie. Hij maakt gebruik van een extra hulp-arm die aan de hulpdrijfstang op de krukpen is bevestigd. Hier is goed te zien dat de drijfstang als 'koppeldrijfstang' is uitgevoerd. Om de hulparm zit een lagerbus die de hulparm geleid als deze naar binnen en naar buiten beweegt.**

TEKENING: MAYFLOWER

geleden. De moderne 4 klepsmotoren zijn al hoger gecompriemd en worden door klopsensoren voor pingelen behoedt. Maar toch, het variëren van de compressieverhouding verlaagt het verbruik.

Het tweede punt in de gedachtegang is de kleinere cilinderinhoud. Om een bepaald vermogen te kunnen leveren heeft een motor met een kleinere cilinderinhoud een hogere gemiddelde effectieve druk nodig. Dat is gunstig voor het verbruik, want bij die hogere  $P_e$  daalt

het specifiek brandstofverbruik, dat is het verbruik in gram per kilowatt per uur (g/kWh). Omdat het vermogen gelijk blijft, daalt ook het brandstofverbruik.

Hoe bereik je dan toch het gewenste topvermogen? Of je schakelt cilinders in- en uit of je past drukvulling toe. Het interessante van de nieuwste motor met variabele compressieverhouding (Mayflower) is dat ook de slag, en daarmee dus de cilinderinhoud, kan worden gewijzigd. Dat lijkt de beste oplossing, maar let op: er is geen voordeel zonder nadeel.

Vullen onder druk

Als we de compressieverhouding gaan variëren, heeft dat meer effect als we van 8 naar 12 gaan dan wanneer we de compressieverhouding van 10 naar 14 verhogen. Er is dus veel voor te zeggen om hogedruk vulling toe te passen, omdat die een lage compressieverhouding vereist. Als de drukvulling bij heel

lage toerentallen begint, dankzij een elektrisch aangedreven turbo- of mechanische compressor, zal een kleine motor evenwel trekkracht leveren als een grote. Bovendien kan het toerental laag blijven en dat spaart, door de lage inwendige wrijving, brandstof.

Vandaar dat Saab experimenteert met een kleine vijfcilinder met een vuldruk van maar liefst 2,8 bar. Uiteraard moet daar een stevige transmissie achter zitten, want het motorkoppel is hoog.

Grote beperkingen

De motor met variabele compressieverhouding moet aan vele eisen voldoen:

- De verbrandingskamervorm moet gunstig blijven.
- Het verstellen van de compressieverhouding mag niet teveel kracht kosten.
- De zaak mag niet te gecompliceerd zijn.
- Er mag niet teveel extra ruimte nodig zijn.
- De balancering moet in orde zijn.
- Het gewicht mag niet teveel toenemen.

We zullen deze criteria eens loslaten op de verschillende concepten die momenteel in de belangstelling staan.

Alle moderne ontwikkelingen laten de verbrandingskamervorm intact. Dat is nodig om de emissies en het verbruik zo laag mogelijk te houden. Het verstellen of kantelen van het cilinderblok brengt grote krachten met zich mee omdat de verbrandingsdruk volledig op de te bewegen onderdelen staat. Bovendien moet ook de cilinderkop met de beide spruitstukken bewegen en dat is voor de uitlaat niet zo eenvoudig. Bij de systemen met hulpstangen is het oppassen geblazen, net als bij sommige excentersystemen kunnen er grote krachten in het spel zijn.

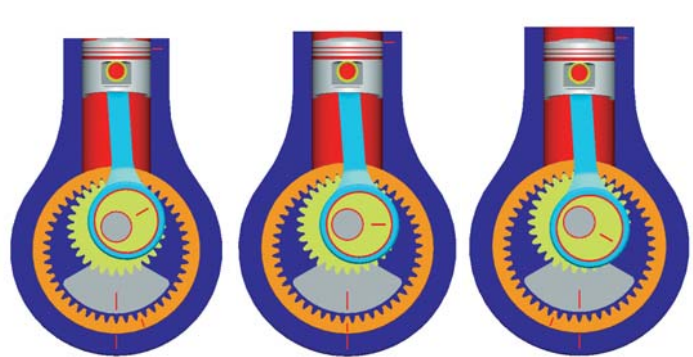
Als de drijfstanglengte of de compressiehoogte van de zuiger



Bij een gewone motor is de drijf-stang rechtstreeks verbonden met de krukpen. Het 'grote oog' voert een cirkelvormige beweging uit tijdens het ronddraaien van de krukas.



Bij de Mayflower e3 motor zorgt een korte hulpdrijf-stang die aan een hulparm is bevestigd, voor een ellipsvormige beweging van het onderste drijf-stangoog.



Bij de motor van Gomecsys kan de stand van de zuiger in de cilinder worden gewijzigd door het verdraaien van het ringtandwiel. Het resultaat is dat de compressieverhouding varieert, hetgeen de motor geschikt maakt voor hoge drukvulling.

TEKENING: GOMECSYS



Door de lagerbus van de hulparm omhoog of omlaag, dus verticaal, te bewegen, wordt de compressieverhouding veranderd. De slag van de zuiger vindt dan lager of hoger in de cilinder plaats.

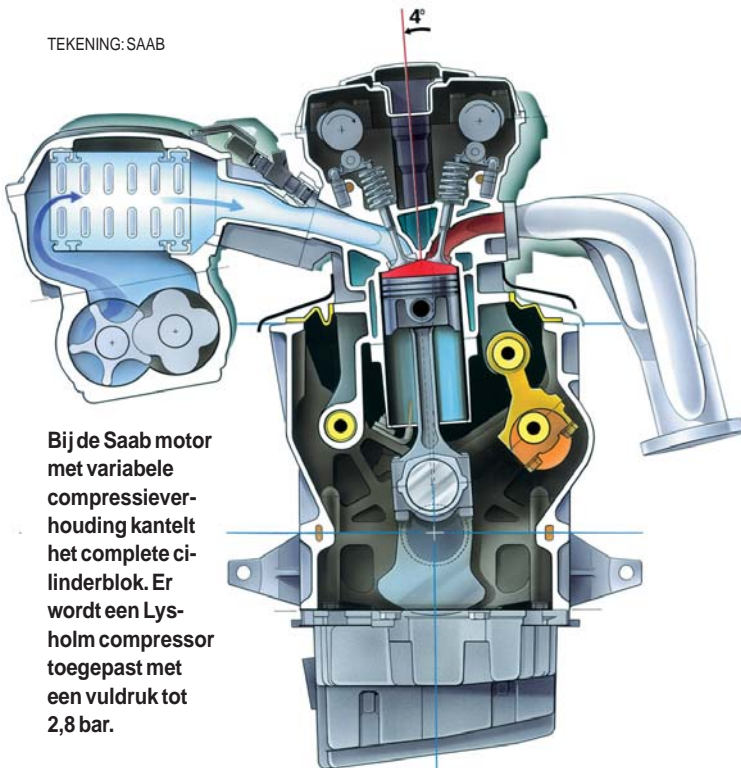


Als de lagerbus naar binnen of naar buiten beweegt, dus horizontaal, verandert de positie van het Onderste Dode Punt. Dat heeft tot gevolg dat de slag wijzigt en daarmee de cilinderinhoud.

wordt gevarieerd moet dat automatisch gebeuren anders wordt het verstellen te ingewikkeld. Het verstellen gebeurt tijdens de topdruk

en in de klepoverlap, respectievelijk door de gaskracht en de traagheidskracht. Maar er is niemand die met zo'n systeem werkt, want

TEKENING: SAAB



Bij de Saab motor met variabele compressieverhouding kantelt het complete cilinderblok. Er wordt een Lys-holm compressor toegepast met een vuldruk tot 2,8 bar.

zo'n zuiger weegt 20% meer en we willen juist alles lichter bouwen.

Gaan we extra drijf-stangen met hulparmen gebruiken dan ontstaan er andere problemen. De massa-krachten nemen toe en er ontstaat een andere zuigerbeweging die om balancering vraagt, op extra trillingen zitten we niet te wachten. De zaak is ook complexer, er zijn gewoon meer onderdelen. Gelukkig zit het verstelmecanisme zelf op een bereikbare plaats, namelijk aan de zijkant van het blok. Maar vaak is daar eigenlijk geen ruimte, zeker bij dwarsgeplaatste motoren.

Verschillende varianten Het Duitse onderzoekcentrum FEV heeft enkele jaren geleden een variabele compressieverhouding volgens het concept met extra drijf-stang en hulparm gebouwd. Nu komt men met een concept dat is uitgevoerd met excentrisch gelagerde hoofd-lagers. Volgens de ontwerpers zijn de wijzigingen aan het motorblok minimaal en dat is volgens hen absoluut nodig om succes te hebben. Wat ze kennelijk niet zo gecompliceerd vinden is dat het vliegwiel en de V-snaarpolie op hun plaats moeten blijven. Een 'armen en benen' stelsel is nodig om deze onderdelen aan te drijven, weer de wet van behoud van ellende of niet soms?

Over de door de heer De Gooijer ontwikkelde Gomecsysmotor heeft al het nodige in AMT gestaan (1/2000). Het gaat om een uitvoering met excentrisch gelagerde drijf-stang. Daarbij blijft de krukas gelukkig op zijn plaats zodat het ontwerp in dat opzicht eenvoudiger is dan dat van FEV.

Nummer vier met verstelbare compressieverhouding is de Mayflowermotor van dr. Joe Ehrlich. Hij maakt gebruik van een hulp-drijf-stang die aan een hulparm is

bevestigd. Het interessante is dat de hulparm in een lagerbus beweegt die zowel verticaal als horizontaal kan worden verplaatst. Daardoor kan de slag van de zuiger(s) worden gewijzigd zodat de cilinderinhoud wordt gevarieerd.

De voordelen van de Mayflower motor zijn indrukwekkend. Eigenlijk heb je in één motor alle variabelen die je nodig hebt om het brandstofverbruik zo gunstig mogelijk te krijgen. Helaas valt er niets te vernemen over het nadeel van het concept: zo'n stelmech-anisme is voor de autofabrikanten te gecompliceerd. Of het pluspunt van de verstelbare slag groot genoeg is om de Mayflower te laten slagen, blijft de vraag. Er moet immers ook het nodige aan de balancering worden gedaan en dat zal met zo'n verplaatsbare lagerbus niet eenvoudig zijn.

En de praktijk? Zoals altijd zal de praktijk de doorslag geven. Eerst op de proefstand en dan in het voertuig. Daar gaat veel tijd in zitten en die heeft de auto-industrie niet. Gelijktijdig zal er aan de extra kosten moeten worden gerekend, want elke eurocent telt. Elke wijziging moet aantoonbare en zwaarwegende voordelen hebben, anders neemt niemand zo'n complexe motor in productie.

Wat de laatste jaren wel anders is dan voorheen, is dat de computerprogramma's zulke schitterende 3D plaatjes verzorgen terwijl er nog geen onderdeel van zo'n motor bestaat. Zonder de snelle rekenen tekenprogramma's kwamen zulke ideeën ook uiterst moeilijk op papier. We wachten met spanning het verloop van de ontwikkelingen op het terrein van de variabele compressieverhouding af.

Paul Klaver