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

Sequentieel multipoint aardgassysteem

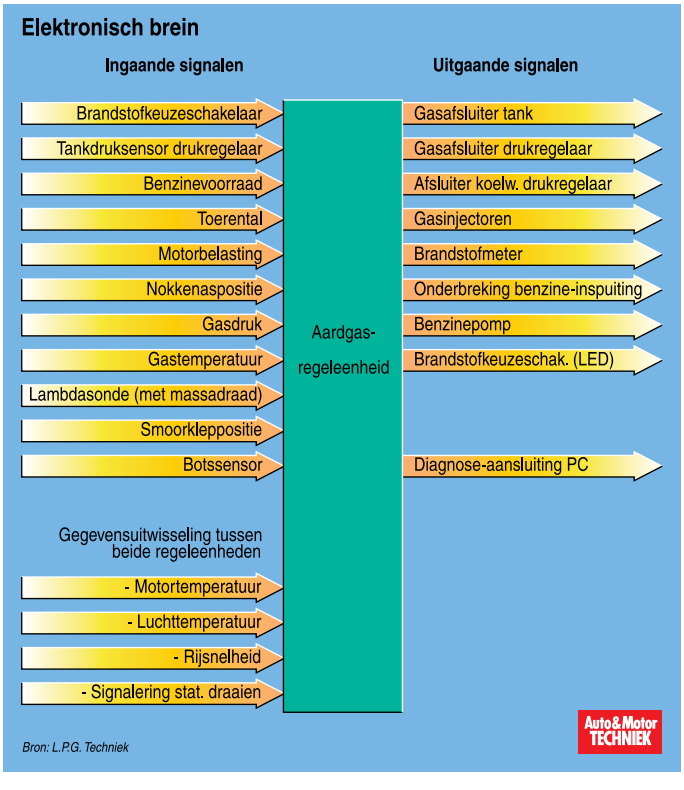
Aardgasinjectie nadert perfectie

Aardgas is een buitengewoon schone brandstof en in ruime mate beschikbaar. Toepassing als motorbrandstof ligt dan ook voor de hand. L.P.G. Techniek Zevenaar ontwikkelde een high-tech aardgas-systeem waar men grote toekomst in ziet. Het bedrijf is zelfs aangesteld als huisleverancier van het prestigieuze merk Mercedes-Benz!

In feite is er veel te zeggen voor aardgas als motorbrandstof. Het is in zeer grote hoeveelheden direct beschikbaar en het verbrandt nog schoner dan LPG, terwijl daarbij, ten opzichte van benzine en diesel, ook nog veel minder CO_2 vrijkomt. Aardgas bestaat immers grotendeels uit methaan (CH_4), dat relatief weinig koolstof bevat. Positief aan de verbranding van aardgas is ook nog dat de bijdrage aan de fotochemische luchtvervuiling (ozonvorming in de onderste luchtlagen!) aanzienlijk geringer is.

Overigens is er nóg een reden om op grote schaal op aardgas te gaan rijden. De aardolie zou dan, als onmisbare grondstof voor talrijke producten, meer voor betere doeleinden gebruikt kunnen worden. De olievoorraden reiken naar verwachting nog slechts tot in de tweede helft van de volgende eeuw, terwijl we ons over de beschikbaarheid van aardgas pas over een paar eeuwen zorgen hoeven te gaan maken. Factoren van politieke aard even buiten beschouwing gelaten!

Aangezien er voorlopig dus meer dan genoeg aardgas is en het huishoudelijk gasverbruik door de betere woningisolatie nog wordt afgeremd ook, zien de leveranciers uit naar nieuwe afzetmarkten. Als brandstof voor het autoverkeer bijvoorbeeld, onder een druk van circa 200 bar samengeperst in één of meer stevige stalen tanks. Helaas zijn er ook nadelen verbonden aan het gebruik van gecomprimeerd aardgas (CNG, Compressed Natural Gas) als motorbrandstof. Dat zijn onder andere de beperkte actieradius, het lagere motorvermogen, de hoge apparatuurkosten, het hoge gewicht van de gastank(s) en de nog zeer beperkte tankmogelijkheden. Wat dat laatste betreft is 'aan huis' tanken vanuit het wijdvertakte aardgasnet in principe natuurlijk mogelijk, maar dat zal met een betaalbare compressor toch vele uren vergen. Ook zitten er aan deze vorm van privé-tanken de nodige discutabele veiligheidsaspecten.



De in- en uitgaande signalen van de door L.P.G.Techniek ontwikkelde aardgasregeleenheid.

De hoofdcomponenten van het door L.P.G. Techniek Zevenaar ontwikkelde sequentiële multipoint aardgas-injectiesysteem. Vooraan de brandstofrail met injectoren en sensors voor gasdruk en gastemperatuur. Voorts ziet u de regeleenheid, het filter en de gasdrukregelaar. De laatste reduceert de tankdruk (maximaal 200 bar) naar 8,5 bar op de brandstofrail. Momenteel bouwt L.P.G.Techniek Zevenaar 150 tot 200 aardgasauto's per jaar!

Vergroten actieradius

Als de plaatsruimte dat toelaat, kan met extra stalen gastanks de actie-

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

FOTO'S: JAN LIEFTINK

Aardgas schoner dan schoon

	CO g/km	HC g/km	NOx g/km	HC+NOx g/km	PM g/km
Huidige limieten 94/12/EG fase 2; meting na 40 s warmdraaien					
Benzine	2,2	-	-	0,5	-
Diesel	1,0	-	-	0,7	0,08
DI-diesel	1,0	-	-	0,9	0,10
Voorstel limieten fase 3, geldig vanaf 1/2000; meting direct vanaf koude start (20°C).					
Benzine	2,3	0,2	0,15	-	-
Diesel	0,64	-	0,5	0,56	0,05
Meting Mercedes Sprinter aardgas dual-fuel (fase 3); meting nog na 40 s warmdraaien.					
Benzine	0,957	0,076	0,023		
Aardgas	0,22	0,062	0,028		

Het gemiddelde resultaat van drie emissiemetingen aan een Mercedes Sprinter met dual-fuel aardgasinstallatie. Opvallend zijn ook de lage waarden voor HC en NOx op benzine!

radius natuurlijk wel worden vergroot, maar de prijs in de vorm van gewicht is hoog: voor elke kilometer meer actieradius, stijgt het wagengewicht met een kilogram! Gelukkig zijn er inmiddels met glasvezel versterkte composiettanks ontwikkeld, die zo'n 20 procent lichter zijn. Dankzij de kunststof buitenmantel op het cilindrische deel van de tank, kan bij gelijke sterkte dunner staal worden gebruikt. Met tanks die geheel van kunststof zijn vervaardigd kan zelfs een gewichtsreductie worden gerealiseerd van 60 à 70 procent! Deze zijn in Europa echter nog niet goedgekeurd.

Een andere manier om de actieradius te vergroten, is door het aardgas diepgekoeld (-163 °C!) in vloeibare staat in de auto mee te voeren (LNG, Liquefied Natural Gas). Dit vereist echter een kostbare cryogene techniek met vacuümgeïsoleerde tanks, die op dit moment nog wordt beschouwd als een stap te ver.

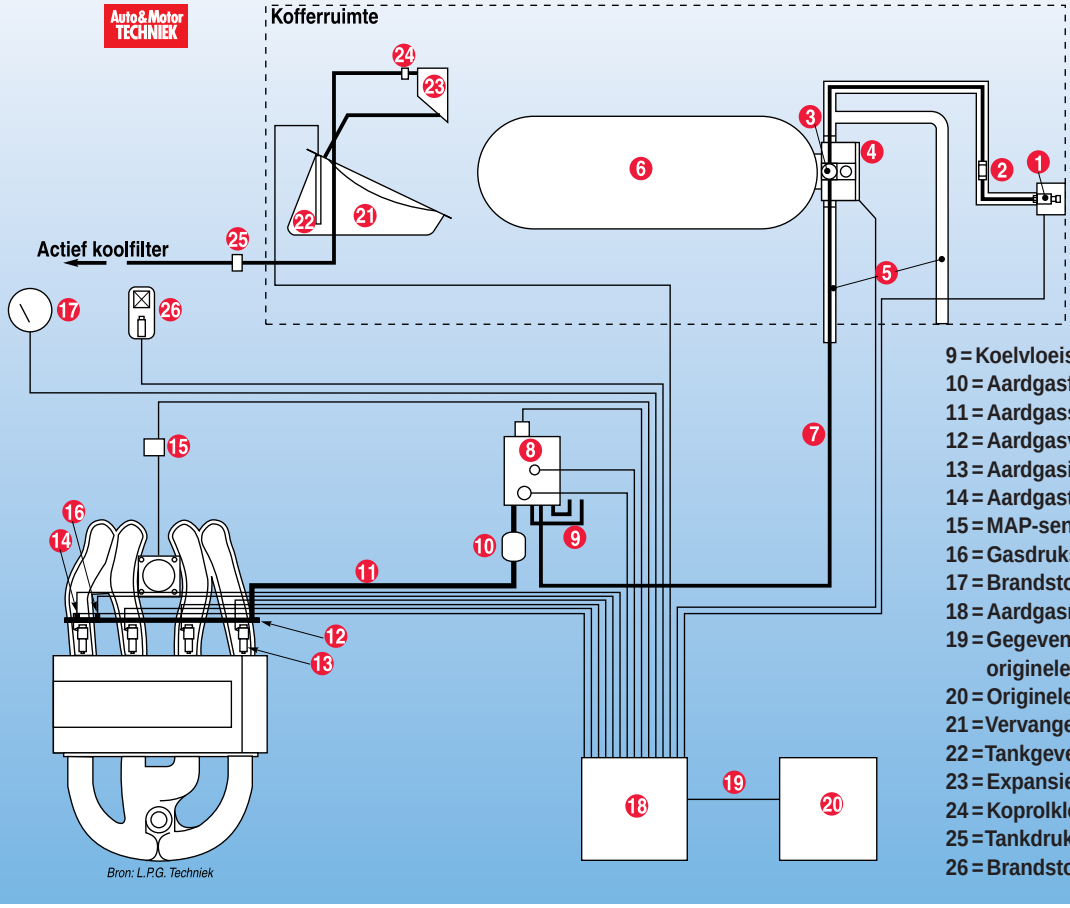
Al met al wordt de aanwending van aardgas als motorbrandstof toch algemeen gezien als een aantrekkelijk tussenstation op de weg naar het rijden op waterstof. Op aardgas draaiende dieselmotoren hebben, naast de schonere uitlaatgassen, nog het voordeel van het aanmerkelijk stillere draaien.

In de praktijk

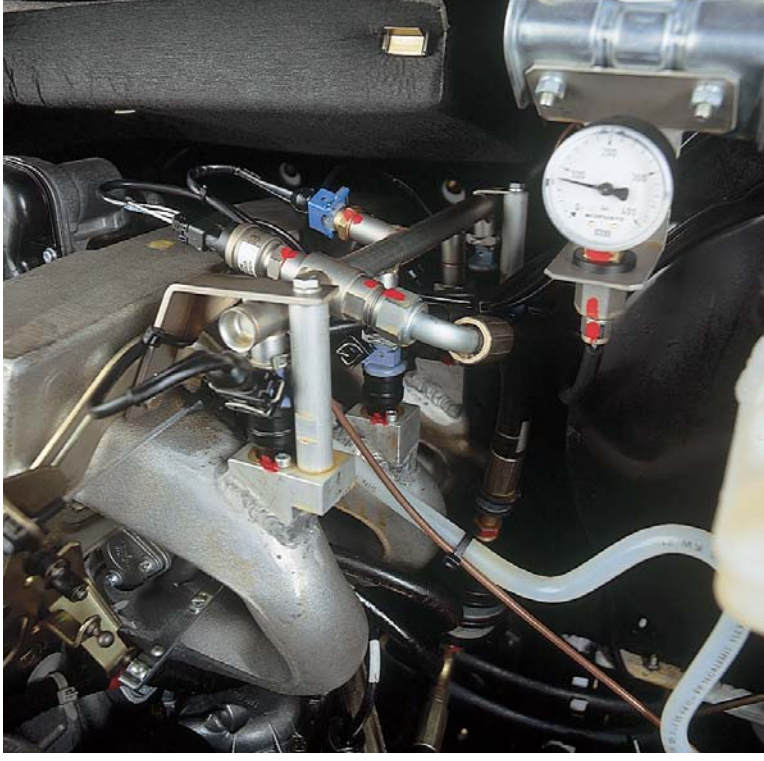
Om ervaring op te doen en de luchtvervuiling te beperken, rijden er hier en daar al auto's, meest lichte bedrijfsauto's en stadsbussen, op aardgas. Met name in de VS, Australië en Nieuw Zeeland. Van de Europese landen is het vooral Duitsland, waar de overheid het rijden op aardgas tot voor kort

Dit schema laat de opbouw zien van het dual-fuel aardgassysteem, zoals geleverd wordt voor de Mercedes-Benz C- en E-klasse met 2.3 liter motor.

Schema dual-fuel sequentieel aardgassysteem



1 = Vulaansluiting
2 = Terugslagklep
3 = Elektromagnetische gasafsluiter met doorstroombegrenzer en smeltveiligheid
4 = Gasdichte kast
5 = Ont-/beluchting
6 = CNG tank
7 = Hogedrukleiding (200 bar)
8 = Hogedrukregelaar met elektromagnetische gasafsluiter, tankdruksensor en koelvloeistofafsluiter
9 = Koelvloeistofaansluitingen 2x
10 = Aardgasfilter
11 = Aardgasslang
12 = Aardgasverdeelleiding
13 = Aardgasinjector
14 = Aardgastemperatuursensor
15 = MAP-sensor
16 = Gasdruksensor
17 = Brandstofmeter
18 = Aardgasregeleenheid
19 = Gegevensuitwisseling over de seriële poort van de originele regeleenheid
20 = Originele regeleenheid
21 = Vervangende benzinetank 30 liter (alleen E230)
22 = Tankgever (alleen E230)
23 = Expansietankje 4.5 liter
24 = Koprolklep
25 = Tankdrukklep
26 = Brandstofkeuzeschakelaar.



De brandstofrail met injectoren wordt bovenop het inlaatspruitstuk gemonteerd. De motor blijft geschikt voor dual-fuel, dus aardgas én benzine.

daadwerkelijk met subsidies heeft trachten te bevorderen (thans 85 tankmogelijkheden). Intussen heeft BMW sinds voorjaar 1996 als eerste Europese autofabrikant twee personenauto's in het leveringsprogramma die, naast op benzine, op aardgas kunnen rijden (316 en 518, meerprijs DM 7000, totaal circa 1000 verkocht). Bij ons is van dat merk alleen een aardgas-316 te koop (dual-fuel), maar de uiterst beperkte tankmogelijkheden en hoge aanschafprijs maken zo'n auto vooralsnog onverkoopbaar. Andere Europese landen, die buiten Duitsland actief zijn met aardgas als motorbrandstof, zijn onder andere Zweden, Finland, Zwitserland en Italië. In ons land en in België is dat veel minder, vanwege de 'concurrentie' van... LPG! Vreemd genoeg speelt dat niet in Italië, want daar zijn beide gasvormige brandstoffen redelijk populair.

Recente, positieve geluiden komen daarentegen uit de door luchtvervuiling geplaagde Maleisische hoofdstad Kuala Lumpur, waarvoor Matra 4000 aardgastaxi's gaat leveren van het type Espace (Matra is ook de fabrikant van dit Renault-type). Als ze aan de verwachtingen voldoen, kunnen het er ook 8000 worden! De 2 liter benzinemotor is daartoe aangepast door Koltec-Necam, met hulp van TNO Wegtransportmiddelen. Dankzij een op aardgasbedrijf afgestemde vervroegingscurve van de ontsteking kon de gebruikelijke 25 procent vermogensverlies ten opzichte van benzine tot 10 à 15 procent worden beperkt, blijkens een enthousiast persbericht van TNO. Die 25 procent vermogensverlies waar TNO het over heeft is overigens niet meer realistisch; elk modern aardgassysteem van goede kwaliteit weet dat verlies al tot minstens 15 procent te beperken.

Mono aardgassysteem

In 1992 besloot directeur J.C.M. van Eijk van L.P.G. Techniek Zevenaar bv, om een monopoint aardgassysteem voor de Nederlandse markt te gaan ontwikkelen, met gebruikmaking van een Impco hogedrukregelaar. Dit systeem werd al spoedig in de Mercedes-Benz bestelauto's met carburateurmotor en driewegkatalysator ingebouwd. Intussen was ing. G.J. Rap bij de firma in dienst getreden; thans vervult hij de functie van productieleider.

In 1995 volgde voor de nieuwe Sprinter van Mercedes-Benz een dual-fuel multipoint aardgassysteem met ononderbroken brandstoftoediening, afgeleid van het al eerder ontwikkelde LPG-systeem dat gebruik maakt van onderdelen van het dito Koltec/Necam systeem. Vervolgens startte bij L.P.G. Techniek de ontwikkeling van een nieuw multipoint aardgassysteem voor de Sprinter, dat het gas beurtelings bij twee cilinders tegelijk toedient aan de motor. Dit zowel voor toepassing als een mono-gassysteem, als in de meer gebruikelijke dual-fuel configuratie. Levering is sinds 1997 mogelijk en het wordt nu ook geleverd op de Vito. Een variant met sequentiële gastoediening en zelf ontwikkelde regeleenheid is sinds 1996 op de C230 en E230 personenauto's met 2.3 liter benzinemotor leverbaar (dual-fuel).

De procedure die bij de bouw van de Sprinter wordt gevolgd, die alleen op aardgas kan rijden, is als volgt: de voor dat doel bestemde auto's van dat model worden zonder brandstofsysteem van de lopende band in de fabriek te Düsseldorf genomen en naar Zevenaar getransporteerd voor montage van het aardgassysteem. Na een grondige test op het functioneren ervan, keren de auto's terug naar de fabriek voor de verdere afbouw en de gebruikelijke procedures van de eindcontrole. De aardgassprinters worden dus af fabriek aan de dealers geleverd, als een volledig en volwaardig product van Mercedes-Benz en met de volledige fabrieksgarantie.

Het mono-aardgassysteem werkt met een elektronische regeleenheid van Siemens, aangepaste benzineverstuivers van Bosch (grotere doorlaat en krachtiger elektro-

Bij deze Mercedes Sprinter zijn in de laadruimte twee 80 liter tanks gemonteerd en onder de wagenbodem nog eens vier 16 liter tanks. Daarmee heeft de bestelauto een actieradius van 300 km op aardgas. De originele benzinetank is bovendien behouden gebleven. Het reservewiel is verhuisd naar de laadruimte.

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

magneet) en een hogedrukregelaar van het Canadese GFI. De gasinspuiting geschiedt groepsgewijs (twee aan twee bij de viercilinder motoren), dus nog niet sequentieel. Het voordeel van 'mono' is, dat de motor optimaal aan de aard van de brandstof kan worden aangepast, en wel door een 20 procent hogere compressieverhouding dan met benzine mogelijk is en een andere vervroegingskarakteristiek van de ontsteking. Ook de katalysator kan worden aangepast aan de andere samenstelling van de uitlaatgassen.

Dual-Fuel

Eind vorig jaar was inmiddels een nieuw aardgassysteem voor dual-fuel gebruik gereed gekomen, voorzien van een zelf ontwikkelde regeleenheid die echter, waar nodig, ook samenwerkt met de originele regeleenheid van de auto. Deze variant, die qua regeling in feite is afgeleid van het huidige sequentiële LPG-systeem, wordt onder eigen naam verkocht en is nu eveneens leverbaar op de Mercedes Sprinter. Uiteraard kan dit systeem ook aan andere merken pasklaar worden geleverd.

In de stalen gastanks van 80 liter waterinhoud die L.P.G. Techniek standaard monteert, kan onder een druk van 200 bar ruwweg 16 m^3 gas worden opgeslagen. Een hoeveelheid waar de Sprinter zo'n 100 km op kan rijden. Voor een energievergelijk kunnen we de volgende vuistregel hanteren: een kubieke meter aardgas onder atmosferische druk vertegenwoordigt min of meer dezelfde hoeveelheid energie als een liter benzine. Verder worden ook kleinere gastanks van 16 en 22 liter gemonteerd, voor inbouw onder de laadvloer van lichte bedrijfsauto's of in de kofferruimte van een personenauto. De tanks worden ter controle afgeperst op een druk van 300 bar.

De voordelen van de dual-fuel aardgasauto ten slotte, zijn de veel grotere actieradius en de hogere restwaarde.

Tijdgestuurd inspuiten

Zoals vermeld is het nieuwste aardgassysteem wat de elektronische regeling betreft nauw verwant aan het LPG-systeem, zoals dat al is beschreven in AMT nr. 4 van 1994. Ook hier dus de berekening voor de brandstofdosering met behulp van een rekenkundige formule (algoritme), in plaats van het meer gebruikelijke uitlezen van één of meer kenvelden. Ook voor dit nieuwste aardgassysteem van L.P.G. Techniek Zevenaar worden geen componenten van Koltec-Necam meer gebruikt. Het gas wordt nu tijdgestuurd door elektromagnetisch bediende injectoren aan de afzonderlijke cilinders toegediend, net zoals dat gebeurt bij een elektronisch benzine-injectiesysteem.

In het schema is te zien waaruit het aardgassysteem is opgebouwd, in dit geval in de uitvoering voor de Mercedes-Benz C- en E-klasse met viercilinder benzinemotor. De benzinetank is hier door een kleiner exemplaar vervangen, om door het scheppen van extra ruimte voor de gastank zoveel mogelijk bagageruimte vrij te laten. Centraal in het schema ziet u de hogedrukregelaar met filter en aansluiting op het koelsysteem van de motor. De in de regelaar verzorgde drukdaling (uitzetting) gaat immers gepaard met warmteverlies, hoewel natuurlijk lang niet in die mate als bij de verdampingsprocessen in de verdamper/drukregelaar van een LPG-systeem. De drukregelaar reduceert de gasdruk van de maximale waarde van 200 bar tot circa 8,3 bar aan de injectoren. In het huis van de drukregelaar zijn nog de volgende componenten geïntegreerd: elektromagnetische afsluiter, tankdruksensor (voor de brandstofmeter), drukveiligheidsklep en koelvloeistofafsluitklep (temperatuurregeling van het aardgas).

Vanuit de gemeenschappelijke metalen brandstofleiding voorzien van sensors voor de gasdruk en de gastemperatuur, wordt het gas via de injectoren sequentieel (dus in de cyclische cilindervolgorde) via de geopende inlaatkleppen in de cilinders geblazen. Momenteel wordt onderzocht of door het aanbrengen van dunne pijpjes in de injectoren, die zijn gericht naar de inlaatkleppen (de Mercedes-Benz motoren hebben er twee per cilinder), de

Bij deze Mercedes E-230 is een staalcomposiet tank toegepast met een inhoud van 80 liter. Het betreft een dunwandig stalen tank die is verstevigd met een composiet buitenmantel. Dat spaart 20 procent gewicht. De originele benzinetank (die bij de E-klasse achter de achterbank staat) is vervangen door een 'nood'tankje van 30 liter met een apart expansietankje.

vullingsgraad nog kan worden verbeterd (foto). Het gas kan dan pas grotendeels in de cilinders expanderen en zo de instroom van lucht dus in mindere mate hinderen.

Elektronische regeling

De door ir. J.A.M. de Brouwer van L.P.G. Techniek ontwikkelde regeleenheid verzorgt uiteraard de aardgasdosering en neemt ook de lambdaregeling voor zijn rekening, evenals de deceleratie-onderbreking, de toerenbegrenzing en de aanwijzing van de aardgasvoorraad op de benzinemeter. Er vindt daarbij de gebruikelijke gegevensuitwisseling plaats met de originele regeleenheid van de auto, die echter zelf de stabilisatie van het stationair toerental en de ontsteking voor zijn rekening blijft nemen. Starten gaat altijd op benzine, tenzij er geen benzine naar de motor komt (automatisch na ca. 6 seconden doorstarten).

Om nog even op die benzinemeter terug te komen, die verlangt bij rijden op aardgas een eigen aansturing van het stappenmotortje, omdat de gasvoorraad zoveel sneller daalt dan de benzinevoorraad. De in de elektronica ingebouwde vertraging in de aansturing is van dien aard, dat zonder ingrijpen het stappenmotortje niet snel genoeg kan worden aangestuurd om de relatief snelle daling van de aardgasvoorraad te kunnen volgen! De vele in- en uitgangssignalen van de aardgasregeleenheid ziet u in de desbetreffende figuur.

Ter beveiliging zijn de volgende maatregelen getroffen:

1. Afsluiters op gastank en gasdrukregelaar vallen dicht als:
   a. de motor wordt afgezet,
b. de motor afslaat (bij rijden op aardgas),
c. de auto op benzine rijdt,
d. de botssensor bij een aanrijding (voor-opzij) wordt geactiveerd; het systeem schakelt over op benzinebedrijf en het controlelampje in brandstofkeuzeschakelaar gaat knipperen; om weer op aardgas te kunnen rijden is het nodig om eerst de aardgasregeleenheid te resetten (regeleenheid even stroomloos maken is voldoende),
e. de gasdruk aan de injectoren onder de 7,5 bar daalt (gastank leeg); het systeem schakelt over op benzine en het controlelampje gaat knipperen,
f. de gasdruk aan de injectoren de 12,5 bar te boven gaat (defect in drukregelaar); het systeem schakelt over op benzine en het lampje gaat knipperen,
g. de brandstoftoediening wordt afgebroken door een storing in

de ontsteking; het systeem schakelt over op benzine en het lampje gaat knipperen.
2. Benzinepomp wordt uitgeschakeld (ter bescherming van pomp zelf) als de benzinetank leeg raakt; in dat geval start de motor op aardgas.
3. Als het tankdopklepje is geopend, kan de startmotor niet werken. Dit voorkomt wegrijden met nog niet losgekoppelde vulslang.

Het voordeel van het gebruik van een algoritme voor het berekenen van de aantijden van de injectormagneten is, dat correcties op de regeling sneller en binnen een bredere marge mogelijk zijn dan met een kenveldregeling. Als de lambdaregeling bijvoorbeeld door tanken van aardgas van een andere samenstelling buiten zijn regelgebied raakt, zoals in Duitsland veelvuldig kan gebeuren, dan vindt automatisch en snel de vereiste aanpassing plaats, door de algoritme met een andere parameter te laten rekenen. Het wordt dus niet aan de lambdaregeling overgelaten om bij te groot wordende afwijkingen van lambda één corrigerend op te gaan treden. Bij de aardgas-BMW's moet de bestuurder bij tanken van aardgas met een andere samenstelling nog een schakelaar omdraaien, opdat het systeem een ander kenveld gaat uitlezen. In Duitsland komt immers naast het Nederlandse aardgas ook aardgas voor dat afkomstig is van de Noordzee of van Rusland, met elk een ander percentage methaan. Ook mengsels van de drie komen voor.

Andere variabele parameters voor de algoritme zijn de vullingsgraad en die bij draaien onder zeer lichte belasting (lichte deellast).

Momenteel onderzoekt L.P.G.Techniek of de vullingsgraad kan worden verbeterd door het gas via buisjes vlak voor de geopende inlaatkleppen in de cilinder te blazen. Daarmee wordt de aardgasmotor nóg milieuvriendelijker.

Deze Mercedes bestelauto met dubbele cabine rijdt zowel op benzine als op aardgas. Aan beide zijden van het chassis is een 60 liter tank aangebracht, die een actieradius van 150 km op aardgas mogelijk maken. De originele benzinetank is in tact gebleven.

De aardgas-vulaansluiting verschilt weinig van die van LPG. Wel zit er een startonderbreker op, die starten van de auto tijdens het vullen onmogelijk maakt. De chauffeur kan dus niet wegrijden met een aangekoppelde slang waar 200 bar druk op staat! Het tanken duurt met de huidige 'thuis-vulinstallaties' helaas nog lang. Tijdens uw nachtrust tanken is het devies.

Overheid aan zet

U ziet, rijden op het milieuvriendelijke aardgas vormt technisch geen probleem meer. Aan zet is nu de overheid om zodanige voorwaarden te scheppen dat automobilisten daadwerkelijk voor aardgas kunnen kiezen en die brandstof ook overal kunnen tanken.
Dat laatste vereist uitbreiding van de tankfaciliteiten; een kostbare investering waarin de overheid een helpende hand zou moeten bieden zoals ook in Duitsland is gebeurd. Helaas leert de ervaring dat uit Den Haag op dit punt weinig daadkracht valt te verwachten. LPG is ook nooit echt gestimuleerd en de verlaagde toeslag van vorig jaar was wederom te krenterig, om een opleving van de gasmarkt te bewerkstelligen.
Tot slot is hier zeker een woord van waardering op zijn plaats voor het vakmanschap en doorzettingsvermogen, waarmee het kleine L.P.G. Techniek Zevenaar het ook met aardgasapparatuur weer voor elkaar heeft gekregen, om zó nauw met die grote, machtige autofabrikant uit Duitsland samen te kunnen werken. Het blijft meestal in het verborgene, maar onder de toeleveranciers van de grote autofabrikanten zijn er tal van kleine specialisten, die in veel gevallen zelfs een beslissende rol spelen in de totstandkoming van een zo hoogwaardig eindproduct als de automobiel.

D.J. Boosman

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