

Literatuuronderzoek (V1)

Directe benzine injectie (FSI)



Maarten van der Velde (445095)

Semester 1 2009/2010

15-10-2009

TITELBLAD STAGEVERSLAG

Titel : Directe benzine injectie (FSI)

Verslagnummer :

Verslagcode : V1

Datum : 15-10-09

Studentgegevens

Naam : Maarten van der Velde

Studentcode : 445094

Stagedocent

Naam : J. Cnossen

Code : CSN

Bedrijfsgegevens

Naam : VR6specialist

Code : A31

Naam begeleider : R. Logmans

Paraaf voor akkoord bedrijf

Datum :

Paraaf bedrijfsbegeleider:

Beoordeling HTS-Autotechniek

Cijfer :

Datum :

Paraaf stagedocent :

Eigen beoordeling stageverslag

G V Z O -

G V Z O

I Structuur/onderdelen

Titelpagina				
- volledig				
-dekkende titel				
Samenvatting				
- zelfstandig leesbaar				
- doelstelling verslag				
- probleem-/vraagstelling				
- werkwijze				
- belangrijkste conclusies				
- eventuele aanbevelingen				
Inhoudsopgave				
- informatieve titels				
- volledige inhoudsopgave				
Inleiding				
- aanleiding onderwerpkeuze				
- probleem-/vraagstelling				
- doelstelling verslag				
- werkwijze				
- uitleg opbouw verslag				
Hoofdstukken				
- indeling in hoofdstukken				
- indeling in (sub)paragrafen				
-indeling in secties/alinea's				
Conclusie				
- zelfstandig te lezen				
- helder/overzichtelijk				
- verband met de inleiding				
Bronvermelding				
- in de tekst				
- literatuurlijst (einde rapport)				
Bijlagen				
- nummer en titel				
- zelfstandig leesbaar				

II Taal, uiterlijk en vormgeving

A. Taal

- (werkwoord)spelling				
- woordgebruik				
- interpunctie				
- zinsbouw				

B. Uiterlijk/vormgeving

--	--	--	--	--

III Vakinhoud

- onderwerp				
- actualiteit				
- niveau/inhoud				
- scheiding hoofd- en bijzaken				
- eigen opzet				
- gebruikte informatiebronnen				

G = goed, V = voldoende, Z = zwak, O = onvoldoende en - = ontbreekt

Samenvatting

De hoofddoelstelling van dit literatuuronderzoek is om meer inzicht te krijgen in het functioneren van directe benzine injectie en dan vooral het systeem dat gebruikt wordt door de VAG-Groep (FSI). Belangrijke vragen die hieruit voortvloeien en waar antwoord op gekregen is is hoe ziet de geschiedenis van benzine injectie eruit, uit welke componenten bestaat het systeem, wat zijn de werkwijzen van verbranding (operating modes), hoe wordt het mengsel gevormd en wat zijn daarbij invloedsfactoren.

(Directe) benzine injectie is niet een ontwikkeling van de laatste jaren. Bosch begon in 1912 al met de ontwikkeling van (directe) benzine injectie. De eerste mechanische (directe) injectiesystemen werden al in 1937 toegepast op vliegtuigen voor de Tweede Wereldoorlog. Het duurde tot 1952 voordat de eerste auto met benzine injectie werd uitgevoerd. 1967 is een mijlpaal in de geschiedenis van injectiesystemen aangezien Bosch toen het eerste elektronische systeem lanceerde, de D-Jetronic. In de jaren daarna volgden nog verschillende doorontwikkelingen. Dit waren alle systemen die benzine injecteren in de inlaat. In de jaren '70 werden voor het eerst lambda sensoren geïntegreerd in het injectie systeem. In 1988 lanceerde Bosch het single-point injectiesysteem Mono-Jetronic. Dit werkte met één centrale injector in plaats van voor elke cilinder een injector.

De injector bij directe injectie bevindt zich tussen de inlaatkleppen in de verbrandingskamer. Het is een elektromagnetische inspuitventiel dat wordt aangestuurd door het motormanagement. Het motormanagement krijgt zijn informatie uit verschillende sensoren en bepaald daaruit en uit voorgeprogrammeerde kenwaarden de juiste inspuitduur. De benzine wordt door de lage druk pomp onder een druk van ongeveer 5 bar uit de tank opgepompt naar de hoge druk pomp. Deze verhoogt de druk verder tot waarden ingegeven door het motormanagement. De druk kan dan maximaal verhoogd worden tot 200 bar. Vervolgens pompt de hoge druk pomp de benzine in de fuel rail waarna het door de injectoren wordt ingespoten.

In het inlaatspruitstuk bevindt zich een aanzuigklep die aangezogen lucht kan sturen. Dit wordt gedaan wanneer de verbranding verloopt volgens de stratified-charge (gelaagde vulling) werkwijze. Doel hiervan is om een compacte wolk van mengsel te creëren rond de bougie terwijl de rest van de verbrandingskamer is gevuld met frisse lucht en/ of recirculerend gas uit de uitlaat (EGR). Hierdoor daalt het verbruik. Naast stratified-charge werkwijze kan de verbranding ook verlopen volgens het homogene ontbranding proces (homogeneous). Hierbij is het doel een homogeen mengsel te creëren in de gehele verbrandingskamer. Deze laatste werkwijze van verbranding wordt toegepast vanaf ruwweg zo'n 3000 toeren. Daaronder wordt de stratified-charge werkwijze toegepast. Naast deze twee werkwijzen van verbranding zijn nog een aantal varianten/ combinaties (van de twee) ontwikkeld voor specifieke bedrijfssituaties.

Voor het vormen van een homogeen mengsel is het heel belangrijk dat alle ingespoten brandstof verdampt. Dit wordt bereikt door zo vroeg mogelijk tijdens de inlaatslag in te spuiten. Invloedsfactoren die op het vormen van een homogeen mengsel invloed hebben zijn druk, temperatuur en geometrie. Hoe hoger de druk waarop de brandstof wordt ingespoten, hoe kleiner de druppeltjes. Maar er geldt ook hoe hoger de druk in de cilinder, hoe sneller druppeltjes verdampen. Temperatuur is belangrijk omdat bij een te lage temperatuur druppeltjes benzine niet goed kunnen verdampen (denk aan koude start). De geometrie heeft invloed omdat ingespoten benzine moet verdampen voordat een cilinderwand of zuiger bereikt. Wanneer dat gebeurt ontstaat een benzinefilm waardoor die benzine niet meer meehelpt tijdens de verbranding.

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding.....	3
2	De geschiedenis van benzine injectie.....	4
3	Componenten van het directe injectie systeem (FSI).....	6
4	De verschillende werkwijzen van verbranding.....	8
5	Mengselvorming en invloedsfactoren.....	10
6	Conclusie.....	11
7	Bronnenvermelding/ literatuurlijst.....	12
Bijlage I	Injectiesystemen.....	13
Bijlage II	Werking hoge druk pomp.....	15

1 Inleiding

Injectiesystemen zijn niet meer weg te denken uit de automobiele wereld. Het is de oplossing in de zoektocht naar meer controle over processen in de verbrandingsmotor. De logische stap na de ontwikkeling van injectie in het inlaatspruitstuk is directe benzine injectie. Dankzij deze manier van injectie kan er op complexe manieren worden ingespoten wat resulteert in lagere verbruiken en emissies. Met de als maar grotere vraag naar verlaging van emissies en verbruik lijkt directe injectie dus het antwoordt. En directe injectie zal er voor zorgen dat de benzine verbrandingsmotor nog jaren mee kan.

Het doel van dit literatuuronderzoek is om meer inzicht te krijgen in het functioneren van directe benzine injectie. Belangrijke vragen die hieruit voortvloeien en waar antwoord op gekregen moet worden is uit welke componenten het systeem bestaat, wat de werkwijzen van verbranding (operating modes) zijn, hoe het mengsel wordt gevormd en wat daarbij invloedsfactoren zijn.

Om een goede basis te leggen en een duidelijk overzicht te krijgen wordt eerst de geschiedenis van injectie behandeld in hoofdstuk 2. Van daaruit worden in hoofdstuk 3 de componenten van het direct injectie systeem behandeld. Het gaat hierbij vooral om componenten die specifiek voor directe injectie (FSI) zijn. In hoofdstuk 4 worden de verschillende werkwijzen van verbranding (operating modes) behandeld. Hier wordt duidelijk dat het directe injectie motorblok op een aantal verschillende manieren kan 'lopen'. Vervolgens wordt in hoofdstuk 5 dieper ingegaan op de mengselvorming bij deze verschillende werkwijzen en wat invloedsfactoren daarbij zijn. Er wordt in hoofdstuk 6 afgesloten met een conclusie.

2 De geschiedenis van benzine injectie

Injectie systemen bestaan al zo'n 100 jaar. De motorenfabriek van Deutz produceerde in kleine oplage in 1898 al de eerste zuigerpompen voor injectiesystemen. Daarna verdween benzine injectie weer naar de achtergrond door de ontdekking van het venturi-effect voor de carburateur. Voor diesel motoren was injectie daarentegen in de jaren '20 al gemeengoed. In 1912 begon Bosch met onderzoek naar benzine injectie. (Directe) benzine injectie werd regelmatig toegepast in vliegtuigen voor de Tweede Wereldoorlog. Zo ontwikkelde Bosch in 1937 een injectiesysteem voor een vliegtuigmotor. Het werd ontwikkeld om de nadelen van carburateurs, zoals bevrozing en gevoeligheid voor g-krachten, op (vliegtuig)motoren teniet te doen. Maar het duurde tot 1952 totdat de eerste personenwagen werd uitgevoerd met (directe) benzine injectie. Het was de "Gutbrod Superior 600". Deze auto, met een 1000cc tweetakt motor, werd uitgevoerd met directe benzine injectie. Het systeem bestond uit een diesel injectie pomp en een gasklep opstelling. Benzine werd aangevoerd door een benzine pomp en de diesel injectiepomp verstuifte het onder hoge druk direct in de verbrandingskamer. Een van de eerste 'bekende' auto's die werd uitgevoerd met (directe) benzine injectie was de Mercedes 300SL "Gulwing" van 1954.

In 1967 werd het eerste elektronische injectie systeem gelanceerd door Bosch, de D-Jetronic (zie bijlage I figuur 3). Daarvoor waren injectiesystemen altijd mechanisch. Het systeem werkt doormiddel van inlaatspruitstuk druk. De D in D-Jetronic staat namelijk voor "drucksensorgesteuert". De ECU krijgt signalen voor inlaatspruitstuk druk, inlaatlucht temperatuur, koelwatertemperatuur, cilinderkop temperatuur, gaskleppositie en toerental. De ECU verwerkt deze gegevens en stuurt daarmee de injectoren aan. De injectoren spuiten op de inlaatklep en voor de koude start zit er een extra injector om te verrijken in het inlaatspruitstuk. De inspuitsduur wordt bepaald door de belasting van de motor. Dit wordt bepaald aan de hand van de druksensor in het inlaatspruitstuk (tussen gasklep en cilinder). Bij hoge belasting gaat er veel lucht de cilinder in en is de druk dus bijna gelijk aan de atmosferische druk en bij lage belasting is er sprake van onderdruk. De druksensor zet dit pneumatische signaal om naar elektrisch door een diagram met armatuur dat door druk dieper of ondieper in een spoel wordt gedrukt.

Vervolgens werd in 1973 door Bosch het K-Jetronic benzine injectiesysteem ontwikkeld (zie bijlage I figuur 4). Het is een mechanisch-hydraulisch gecontroleerd injectiesysteem. De brandstof wordt continue ingespoten, ongeacht de stand van de inlaatkleppen. De K in K-Jetronic staat namelijk voor "Kontinuierlich" wat betekent continu. De brandstof gaat via de brandstofpomp, brandstof accumulator en brandstoffilter naar de brandstof distributeur. Daar wordt het op 5 bar druk gehouden en wordt vervolgens naar de injectoren gevoerd. Daar wordt het continue tegen de inlaatklep aangespoten en wanneer de klep opent wordt de benzinedamp in de cilinder gezogen. De hoeveelheid aangezogen lucht wordt gemeten door de luchtstroommeter en die stuurt (mechanisch) daarmee weer de brandstof distributeur aan. Het mengsel wordt extra verrijkt bij de start, opwarmen, stationair loop en vol gas. Het standaard K-Jetronic systeem werd in 1976 uitgebreid met een lambda sensor. Dit is noodzakelijk bij gebruik van een drieweg katalysator. Het systeem is dan closed-loop, wat betekent dat de ingespoten hoeveelheid brandstof constant wordt aangepast aan de gemeten lambda waarde. Bij uitbreiding met een lambda zonde wordt een extra ECU toegevoegd die het lambda signaal verwerkt.

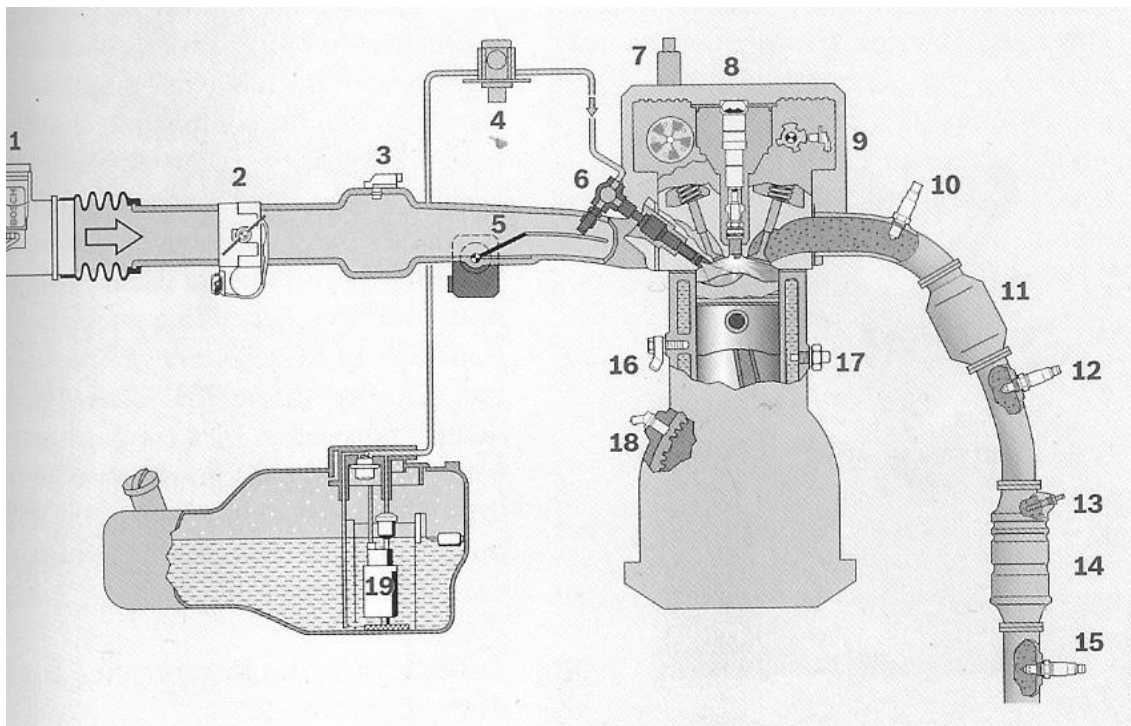
Eveneens lanceerde Bosch in 1973, naast de K-Jetronic, de L-Jetronic (zie bijlage I figuur 5). Het injectiesysteem werd heel veel toepast op productieauto's in de jaren '80. Andere fabrikanten als Lucas en Hitachi Automotive Products maakten gelijkwaardige systemen. De brandstof in dit injectiesysteem wordt niet continu, zoals bij K-Jetronic, maar met tussenpozen op de inlaatklep gespoten. De brandstof wordt naar de injectoren gevoerd en de ECU bepaald, aan de hand van andere sensoren, de lengte van inspuiting en daarmee de hoeveelheid brandstof die wordt ingespoten. Dit injectiesysteem werkt met een lambda zonde. Dit een closed-loop systeem waarbij gemeten lambda waarden worden vergeleken met een ideale waarde (setpoint). Op basis van de L-Jetronic zijn een aantal varianten ontwikkeld. Zo is er het L3-Jetronic systeem (1989) dat werkt met digitale techniek i.p.v. analoog. Dit betekent dat de lucht/brandstof verhouding wordt

aangepast door een last/toerental kenveld, en niet meer op het moment ' berekend' wordt zoals met oudere injectiesystemen. In 1982 werd het LH-Jetronic systeem gelanceerd op de Volvo 240. De letters 'LH' staan voor Luftmassa-Hitzdraht wat staat voor hete draad luchtmassameter. Het systeem is dus bijna identiek aan L-Jetronic alleen wordt de hoeveelheid lucht gemeten door een hete draad of hete film luchtmassameter.

Naast de bovenstaande injectie systemen die allemaal van het type multi-point, elke cilinder één injector, zijn lanceerde Bosch in 1988 Mono-Jetronic (zie bijlage I figuur 6). Dit is een single-point injectiesysteem wat betekent dat er één centrale injector is voor alle cilinders. De luchtmassa wordt niet direct bepaald door een luchtmassameter, zoals bij de andere systemen, maar indirect door de stand van de gasklep en het toerental. Dit injectiesysteem is digitaal en werkt met een lambda kenveld om de injectietijd te bepalen. De lambda sensor bij een Mono-Jetronic werkt closed-loop.

3 Componenten van het directe injectie systeem (FSI)

Onderstaande afbeelding (figuur 1) laat de verschillende componenten zien in het directe injectiesysteem (FSI) van de VAG-Groep. Het meest karakteristieke onderdeel is de injector (6) die de benzine direct in de verbrandingskamer spuit. Daar wordt pas het mengsel gevormd en dus niet in het inlaatspruitstuk zoals bij de meeste 'ouderwetse' injectiesystemen. De injector is een hoge druk injector die de brandstof onder zo'n 30 tot 200 bar druk krijgt aangevoerd. Het is een elektromagnetische injector die de naald dus lift doormiddel van een magnetisch veld dat is opgewekt in een spoel. Die hoge druk is noodzakelijk omdat de inspuittijd bij directe injectie vele malen korter is dan bij injectie in het inlaatspruitstuk. Bij deze laatste kan er ingespoten worden tijdens twee omwentelingen van de krukas, wat neerkomt op een inspuittijd van 20 milliseconde bij 6000 toeren. Bij directe injectie kan er alleen ingespoten worden tijdens de inlaatslag en dat komt neer op een inspuittijd van 5 milliseconde bij 6000 toeren. De injector kan op verschillende manieren inspuiten. In stratified mode (zie hoofdstuk werkwijzen van verbranding) wordt de benzine rond de bougie gespoten en in homogeneous mode wordt de gehele verbrandingskamer gevuld.



Figuur 1: FSI systeem

Het directe injectiesysteem (FSI) van de VAG-Groep is een continu toevoer of een vraaggestuurd brandstofsysteem welke bestaan uit een lage en hoge druk gedeelte. Het voordeel van het vraaggestuurde systeem, zoals op bovenstaande afbeelding, is dat er alleen geleverd wordt wat wordt gevraagd zodat de mechanische en elektrische energie beperkt wordt en dus brandstof wordt bespaard. Alle motoren die nu (2009) worden gebouwd zijn van de tweede generatie wat betekent dat ze vraaggestuurd zijn. Het lage druk gedeelte (19) is redelijk vergelijkbaar met dat van conventieel inlaatspruitstuk injectie. Het voert de druk op tot tussen de 0,5 en 5 bar en in speciale condities tot 6,5 bar. Speciale condities zijn koude en hete start. Het hoge druk gedeelte bestaat uit een hoge druk pomp (4), hoge druk fuel rail, hoge druk sensoren en, afhankelijk van continu toevoer of vraaggestuurd, een druk controle klep of drukbegrenzer klep. De drukken in het hoge druk gedeelte lopen op tot tussen 50 en 120 bar bij eerste generatie systemen en tot 200 bar bij tweede generatie systemen. Bij eerste generatie systemen pompt de hoge druk pomp, in de vorm van een drie zuiger radiaalpompe, de benzine in de fuel rail. De hoeveelheid is niet variabel. De druk controle klep zorgt ervoor dat de gewenste druk wordt bereikt en dat bij te hoge drukken de druk wordt

verlaagd. Overvloedige brandstof wordt door de controle klep in druk verlaagd en teruggestuurd naar het lage druk gedeelte. Nadeel hiervan is dat de temperatuur in het brandstofsysteem stijgt doordat brandstof langs warme delen van de motor is gelopen. Bij het vraaggestuurde systeem (tweede generatie) pompt de hoge druk pomp, die is aangedreven door de nokkenas, enkel de hoeveelheid die nodig is. Deze hoeveelheid wordt bepaald door de ECU en die stuurt vervolgens de drukk begrenzer klep aan. Op deze vraaggestuurde manier stuurt de hoge druk pomp de overvloedige benzine terug die is aangevoerd door de lage druk pomp en wordt het systeem minder verwarmd door motordelen. In de hoge druk pomp zit een overdrukventiel ingebouwd die de druk begrenst wanneer die over een maximum grens komt. De exacte werking van de hoge druk pomp is als volgt (zie bijlage II). Eén slag van de krukas is opgedeeld in drie stadia van de pompzuiger namelijk inlaatstadium, compressiestadium en arbeidsstadium (zie figuur 10). Dit komt omdat de nok tijdens één slag van hoog naar laag en weer naar hoog gaat. Tijdens het inlaatstadium (zie figuur 7) gaat de zuiger van de pomp omlaag en wordt de inlaatklep geopend door de kracht van de naaldklepveer. Tijdens de complete duur van het inlaatstadium wordt benzine in de kamer gezogen. De druk is tijdens deze duur ongeveer gelijk aan de die van het lage druk gedeelte van het brandstofsysteem. Vervolgens gaat de zuiger omhoog door de nok op de nokkenas (zie figuur 8). De inlaatklep is nog open en overvloedige benzine wordt teruggeduwd zodat zich precies de gewenste hoeveelheid brandstof in de zuiger bevindt. Wanneer dat punt is bereikt wordt de inlaatklep gesloten en de druk begint zich op te bouwen. Op het moment (zie figuur 9) dat de druk in de cilinder groter is dan in de fuel rail gaat de uitlaatklep open en stroomt de brandstof naar de injectoren.

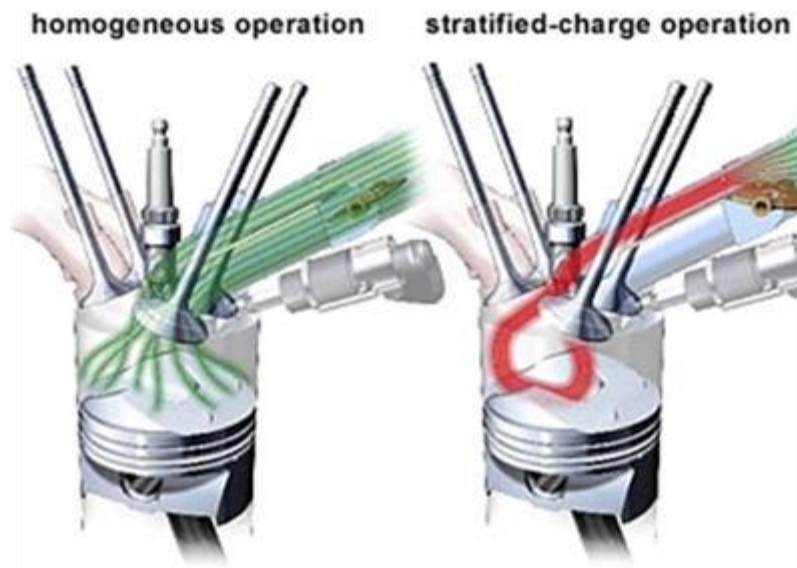
Een ander opvallend onderdeel is de aanzuigklep (5) in het inlaatspruitstuk. Deze klep heeft als functie de lucht die wordt aangezogen te sturen. De klep gaat dicht wanneer de motor in stratified mode loopt. Hierdoor komt de aangezogen lucht op een 'speciale' manier in de verbrandingsruimte en op de zuiger. Bij homogeneous mode is de klep open. Meer hierover in het hoofdstuk over werkwijzen van verbranding. De gasklep (2) bij dit directe injectiesysteem is een elektronische gasklep (ETC). Waar conventionele auto's een fysieke verbinding hebben tussen gaspedaal en gasklep in de vorm van een gaskabel, is daar bij dit systeem geen sprake meer van. De gasklep is uitgevoerd met een elektromotor en wordt aangestuurd door de ECU. De ECU krijgt zijn signalen van de gaspedaalpositiemeter, toerentalsensor en snelheidsmeter. Uit de gegevens berekend de ECU de juiste gasklep stand. Een voordeel van ETC is dat systemen als cruise control, traction control en stability control (ESP) beter geïntegreerd kunnen worden.

4 De verschillende werkwijzen van verbranding

In grote lijnen zijn er twee verschillende werkwijzen van verbranding. Aan de ene kant is er het homogene ontbranding proces (homogeneous) en de andere kant gelaagde vulling (stratified-charge). De juiste werkwijze van verbranding wordt bepaald door het motormanagement.

Stratified-charge houdt in dat er een mengsel van benzine en lucht wordt gevormd bij de bougie dat wordt geïsoleerd door frisse lucht en/ of recirculerend gas uit de uitlaat (EGR). Er is dan dus een lucht/brandstof verhouding in de verbrandingskamer aanwezig die groter is dan 1. Het wordt alleen toegepast bij een lage motorbelasting en toerental en is ontwikkeld om brandstofverbruik terug te dringen. Er bestaan twee concepten van stratified-charge: wall/air guided en spray guided. Bij het eerste concept bevindt de injector zich tussen de inlaatkleppen. Dit is ook het geval bij de directe injectie motoren (FSI) van de VAG-Groep. Lucht wordt aangezogen en wordt via de aanzuigklep in het inlaatspruitstuk naar een uitsparing in de zuiger gestuurd (goed zichtbaar in figuur 2). De aangezogen lucht wordt richting de bougie gestuurd en pas bij de compressieslag wordt brandstof ingespoten zodat er alleen rond de bougie een ontvlambaar mengsel ontstaat. Bij spray-guided bevindt de injector zich naast de bougie. Het voordeel van dit systeem is dat de ingespoten nevel direct in de buurt van de bougie kan worden ingespoten. Maar dat kan ook weer een nadeel hebben omdat de thermische belasting voor de bougie dan heel groot is. Na een hete verbranding wordt de bougie sterk afgekoeld door de benzine nevel en dan weer opgewarmd door verbranding enzovoort. Het is bij spray-guided dus heel belangrijk dat de injector op de juiste plek inspuit en zo min mogelijk de bougie raakt. Met spray-guided stratified-charge is een hogere efficiency te halen dan met wall/air guided.

Bij het homogene ontbranding proces is het doel om een zo homogeen mogelijk mengsel te krijgen van benzine en lucht. Zichtbaar in onderstaande afbeelding is ook dat de aanzuigklep in het inlaatspruitstuk volledig is geopend omdat lucht niet meer gestuurd hoeft te worden.



Figuur 2: Werkwijzen verbranding

De motor kan tot ongeveer 3000 toeren lopen op stratified-charge modus daarboven kan er niet meer een geïsoleerde mengselwolk gecreëerd worden. Boven 3000 toeren wordt overgeschakeld op het homogene ontbrandingsproces. Naast deze twee verschillende werkwijzen zijn er nog een aantal varianten/ combinaties ontwikkeld. Tijdens de overgang tussen homogeneous en stratified kan de motor lopen in homogeneous lean mode. Dit houdt in dat het een arm homogeen mengsel is dat een lambda waarde heeft dat groter is dan 1. Nadeel van het arme mengsel is het ontstaan van NOx emissies.

Een andere variant die wordt gebruikt tijdens de overgang tussen de twee 'basis' werkwijzen is homogeneous stratified charge. Hierbij wordt de cilinder gevuld met een homogeen arm mengsel dat wordt gevormd door brandstof in te spuiten tijdens de inlaatslag. Vervolgens wordt tijdens de compressieslag een tweede keer ingespoten in een zone rond de bougie zodat het mengsel daar rijk is en makkelijk ontvlambaar. Het vlamfront dat bij de bougie ontstaat kan op deze manier ook het arme mengsel goed ontbranden. Het voordeel van deze methode is dat het verbruik lager is dan bij het 'gewone' homogeneous proces en er minder roet ontstaat dan bij het 'gewone' stratified-charge proces.

Om de katalysator zo snel mogelijk op te warmen bij het starten van de auto is homogeneous split ontwikkeld. Het lijkt heel veel op homogeneous stratified charge alleen wordt nu de ontsteking verlaat met zo'n 15° tot 30° na BDP (bovenste dode punt). Een groot gedeelte van de ontbrandingsenergie wordt niet meer omgezet in koppel maar in een hogere uitlaatgastemperatuur. Het duurt daarom maar enkele seconden voordat de katalysator op bedrijfstemperatuur is.

Een andere variant die helpt emissies te verlagen is stratified-charge starting. Dit houdt in dat wanneer de auto wordt gestart in koude toestand er pas ingespoten wordt tijdens de compressieslag. Dit is beter omdat lucht die wordt gecomprimeerd warmer wordt. Daardoor zal er minder benzine aan de cilinderwand blijven kleven, wat wel gebeurt als tijdens de inlaatslag wordt ingespoten. Hierdoor wordt er minder HC uitgestoten. Dit is helemaal gunstig omdat de katalysator bij koude start nog niet warm is en dus HC niet kan omzetten.

5 Mengselvorming en invloedsfactoren

Het doel van mengselvorming is een zo homogeen mogelijk mengsel te krijgen en dus alle benzine te verdampen in de aangevoerde lucht. Invloedsfactoren bij mengselvorming zijn druk, geometrie en temperatuur. Druk is belangrijk in verband met het volledig verdampen van druppeltjes benzine. Hoe hoger de druk waarop de brandstof wordt ingespoten, hoe kleiner de druppeltjes. Maar er geldt ook hoe hoger de druk in de cilinder, hoe sneller druppeltjes verdampen. De geometrie is belangrijk in verband met diepte van inspuiting en turbulentie/air flow. Wanneer de benzine met steeds hogere druk wordt ingespoten zal de afgelegde afstand van druppeltjes voordat ze zijn verdampd langer zijn. Als de druppeltjes voordat ze zijn verdampd de cilinderwand en/ of zuiger bereiken kan er een benzinefilm ontstaan. En wanneer deze film geen tijd heeft om te verdampen werkt die benzine niet mee tijdens de verbranding. De temperatuur is een andere invloedsfactor van mengselvorming. Bij te lage temperaturen kan benzine namelijk niet goed verdampen (denk aan koude start). Een hoge temperatuur in de verbrandingskamer is daarom gewenst.

In homogeneous mode (homogeen ontbrandingsproces) is het doel om het mengsel in de gehele verbrandingskamer zo homogeen als mogelijk te krijgen. De injectie begint zo vroeg mogelijk tijdens de inlaatslag zodat de binnenstromende lucht helpt om de benzine te verdampen en te mengen. De injector bevindt zich dicht bij de inlaatklep waar luchtsnelheid en turbulentie groot is wat de vorming van een homogeen mengsel helpt.

Daarentegen is het vormen van een homogeen mengsel in de gehele cilinder niet de bedoeling bij stratified-charge (gelaagde vulling). Dan is het de bedoeling om een compacte mengselwolk te creëren rond de bougie welke geïsoleerd is in frisse lucht en/ of recirculerend gas uit de uitlaat (EGR). Daarom wordt de benzine pas tijdens de compressieslag ingespoten wanneer de zuiger al richting BDP gaat. Het exacte punt van inspuiting is weer afhankelijk van gevraagd vermogen en toerental. Deze werkwijze van verbranding heeft ook baat bij de hogere temperatuur en druk die ontstaat tijdens de compressieslag.

6 Conclusie

Tijdens mijn stage zal ik aan een stageopdracht werken. Deze stageopdracht luidt: optimaliseer het 2 ltr T-FSI blok van de VAG-Groep verder. Voor optimalisatie moet eerst het brandstofsysteem (directe injectie) aangepast worden zodat hogere vermogens mogelijk worden. Hogere vermogens zijn pas mogelijk wanneer (o.a.) meer mengsel wordt ontbrandt dus er moet meer brandstof worden ingespoten. Het is dus noodzakelijk dat ik weet hoe directe injectie (FSI) werkt en uit welke componenten het systeem is opgebouwd. De hoofdvraag die ik me bij dit onderzoek dus heb gesteld is: hoe functioneert directe benzine injectie?

Directe benzine injectie (FSI) werkt door het inspuiten van benzine direct in de verbrandingskamer. De lage druk pomp voert de benzine onder een druk van ongeveer 5 bar op naar de hoge druk pomp. Deze hoge druk pomp wordt aangedreven door de nokkenas en voert de druk op tot maximaal 200 bar. Waarna het via de fuel rail ingespoten wordt door de elektromagnetische injector. Het motormanagement haalt uit verscheidene sensoren informatie waarna vervolgens uit een kenveld bepaald wordt hoelang de injector moet openen.

Het brandstofsysteem is in de (tegenwoordig veel toegepaste) tweede generatie varianten vraaggestuurd. Dit betekent dat enkel geleverd wordt wat wordt gevraagd zodat de mechanische en elektrische energie beperkt wordt en dus brandstof wordt bespaard. Verbrandingsmotoren van de VAG-Groep zijn uitgevoerd met een elektronische gasklep (ETC) waardoor er geen fysieke verbinding meer is tussen gaspedaal en gasklep. In het inlaatspruitstuk bevindt zich een aanzuigklep die de aangezogen lucht kan sturen. Dit wordt toegepast wanneer wordt gereden volgens de stratified-charge (gelaagde vulling) werkwijze. De lucht wordt op zo'n manier gestuurd dat het via een speciale bolling in de zuiger richting de bougie wordt gestuurd. Pas tijdens de compressieslag wordt brandstof ingespoten zodat er rond de bougie een homogeen mengsel ontstaat dat is geïsoleerd door frisse lucht. Dit kan toegepast worden tot ongeveer 3000 toeren. Het doel van deze werkwijze van verbranding is een laag benzineverbruik. Boven de 3000 toeren wordt overgeschakeld op de homogeneous (homogene ontbranding proces) werkwijze. Hierbij is de aanzuigklep in het inlaatspruitstuk volledig geopend aangezien lucht niet meer gestuurd hoeft te worden. Het doel is een zo homogeen mogelijk mengsel in de gehele verbrandingskamer te krijgen. De injectie van brandstof begint zo vroeg mogelijk tijdens de inlaatslag zodat mengsel vorming optimaal is. Invloedsfactoren bij het vormen van een homogeen mengsel zijn temperatuur, druk en geometrie. Naast deze twee werkwijzen van verbranding zijn nog een aantal varianten/ combinaties (van de twee) ontwikkeld voor specifieke bedrijfssituaties.

7 Bronnenvermelding/ literatuurlijst

Boeken

- Gasoline-Engine Management (3^{de} druk)
Robert Bosch GmbH, 2006
Bentley Publishers
ISBN 0-8376-1390-6
- Internal Combustion Engine handbook
Richard van Basshuysen en Fred Schäfer
SAE International
ISBN 0-7680-1139-6
- Self-Study Program 334: The fuel system in FSI engines
Volkswagen AG, Wolfsburg, VK-21 Service Training
000.2811.49.20

Internet

- <http://en.wikipedia.org>

Bijlage I Injectiesystemen

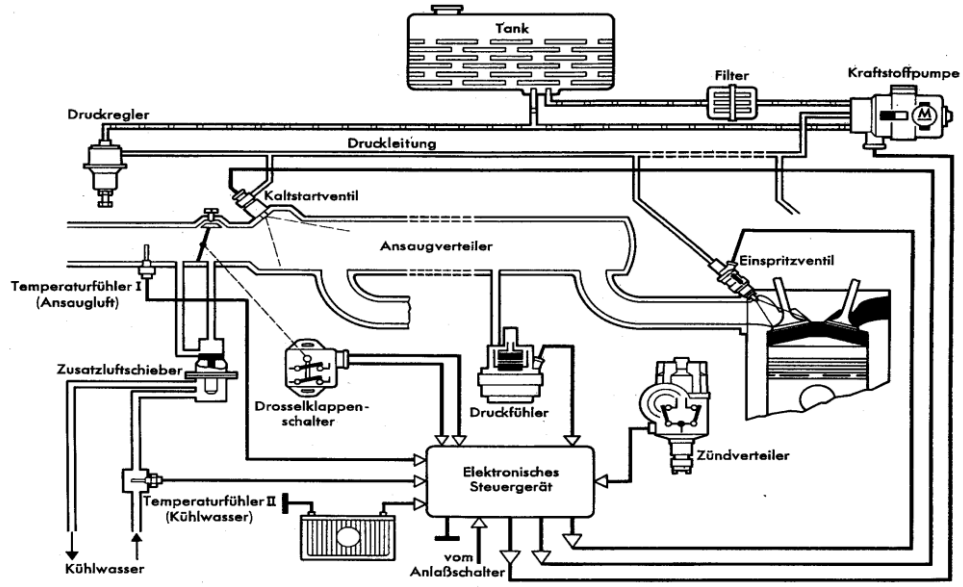
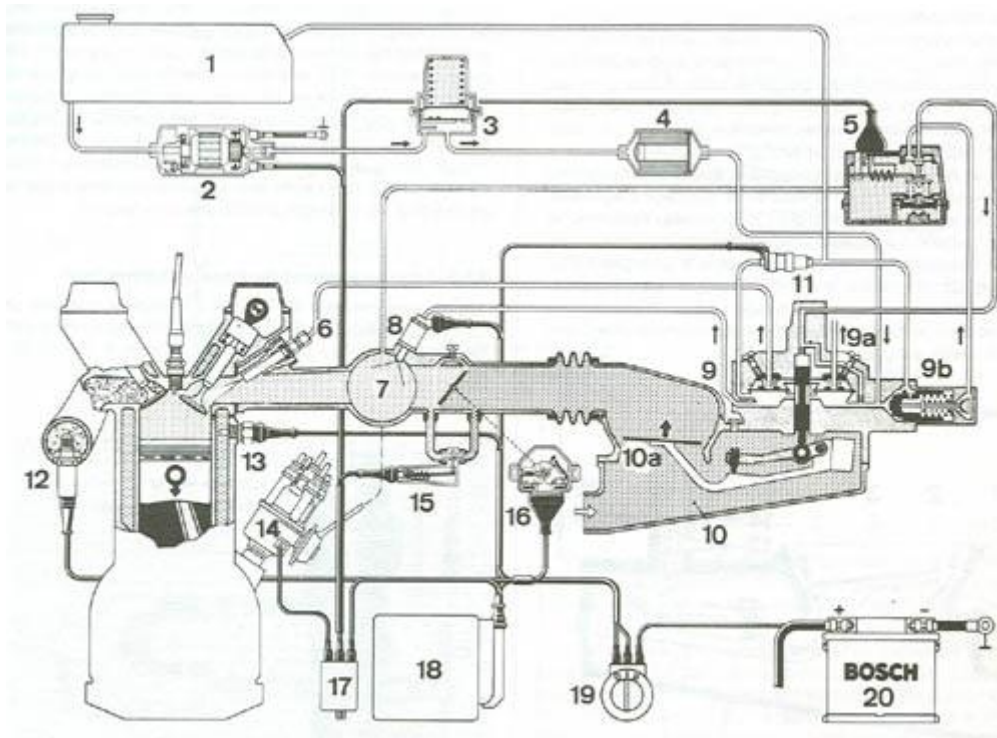
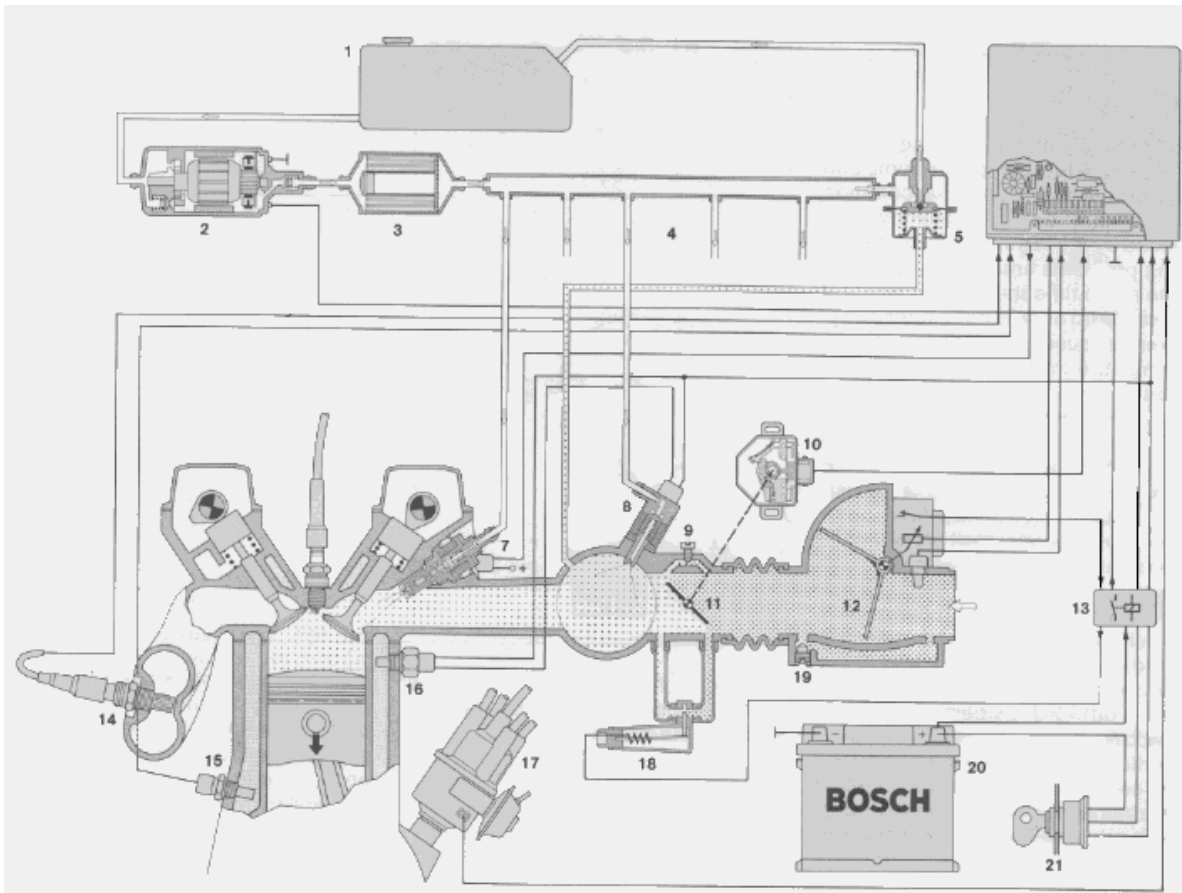


Bild 1: Prinzip der elektronisch gesteuerten Einspritzanlage.

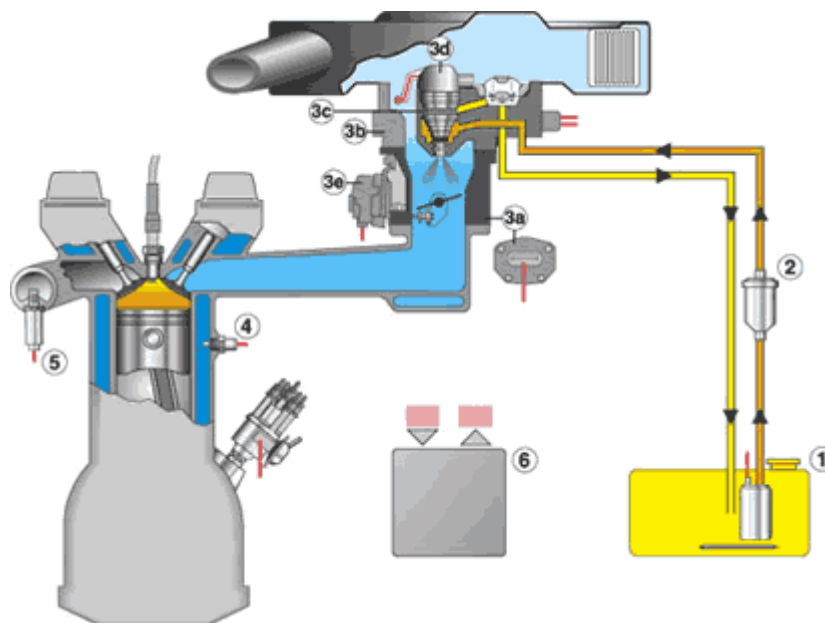
Figuur 3: D-Jetronic



Figuur 4: K-Jetronic

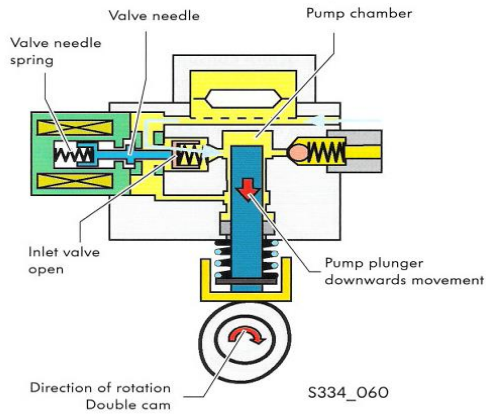


Figuur 5: L-Jetronic

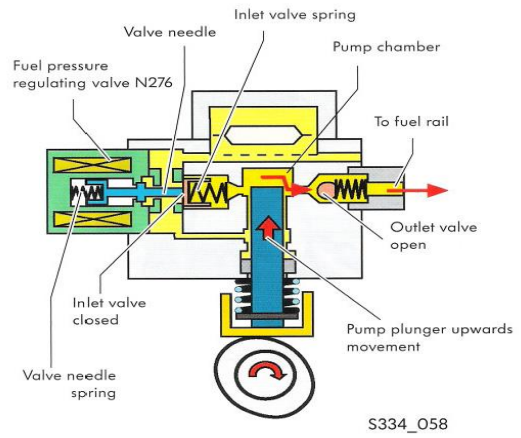


Figuur 6: Mono-Jetronic

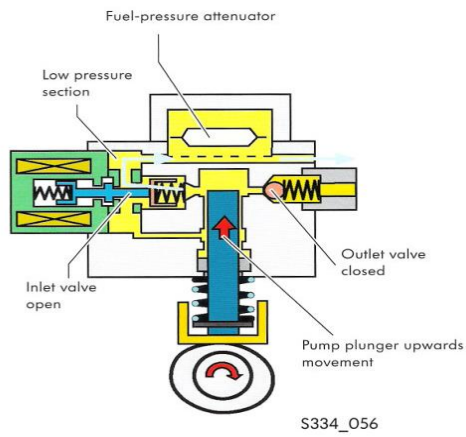
Bijlage II Werking hoge druk pomp



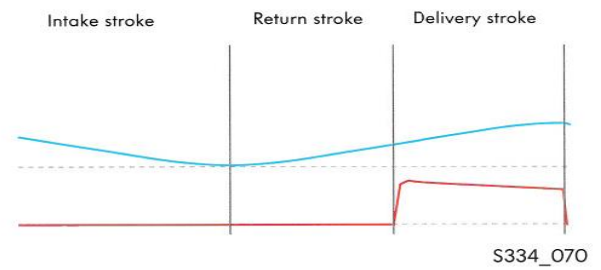
Figuur 7: Inlaatstadium



Figuur 9:Arbeidsstadium



Figuur 8: Compressiestadium



Figuur 10: Stadia hoge druk pomp