

Uitlaatsysteem - 2.7L TDV6-dieselmotor - Roetfilter - Systeemwerking en onderdeelbeschrijving

Beschrijving en werking

Systeemwerking

ROEFILTER (DPF)

Er worden twee processen gebruikt om het roetfilter (DPF) te regenereren: passief en actief.

Passieve regeneratie

Voor passieve regeneratie is geen speciale interventie van het motormanagement-systeem vereist. Passieve regeneratie vindt plaats gedurende normale werking van de motor. Bij de passieve regeneratie gaat het om een trage omzetting van de deeltjesmateriaal in het roetfilter (DPF) in kooldioxide. Dit proces treedt in werking wanneer het DPF de temperatuur van 250 °C (482 °F) overschrijdt en het proces blijft voortduren wanneer het voertuig sneller en met een hogere motorbelasting gaat rijden.

Gedurende passieve regeneratie wordt slechts een gedeelte van de deeltjesmateriaal omgezet in kooldioxide. Dit wordt veroorzaakt door de chemische reactie, die gebruik maakt van stikstofdioxide, die langzamer is dan de snelheid waarmee de motor deeltjes produceert en die van toepassing is vanaf 250 °C (482 °F).

Boven de 580°C stijgt het omzettingsrendement van de deeltjes in koolstofdioxide snel. Deze temperaturen kunnen gewoonlijk uitsluitend worden bereikt tijdens de actieve regeneratie.

Actieve regeneratie

Actieve regeneratie begint als de deeltjeslading in het DPF een drempelwaarde bereikt die wordt bewaakt of bepaald door de DPF-regelsoftware. De berekening van de drempelwaarde is gebaseerd op de rijstijl, de afgelegde afstand en signalen betreffende de tegendruk van de differentieeldruksensor.

Actieve regeneratie treedt over het algemeen op om de 400 km, hoewel dit uiteindelijk afhankelijk is van de manier waarop met het voertuig wordt gereden. Als bijvoorbeeld regelmatig langzaam met het voertuig in stadsverkeer wordt gereden, zal actieve regeneratie vaker plaatsvinden. Dit is het gevolg van de snelle accumulatie van deeltjes in het roetfilter (DPF). Die accumulatie vindt sneller plaats dan als met het voertuig met hoge snelheden wordt gereden daar in dat geval passieve regeneratie zal hebben plaatsgevonden.

In de software voor het roetfilter (DPF) is een initiator ingebouwd die is afgesteld op een bepaalde kilometerstand en die wordt gebruikt als reserve-activering voor actieve regeneratie. Als de actieve regeneratie niet wordt geactiveerd door een tegendruksignaal van de verschildruksensor, wordt de regeneratie aangevraagd op basis van de afgelegde afstand.

Met actieve regeneratie van het roetfilter (DPF) wordt aangevangen zodra de temperatuur van het roetfilter (DPF) is opgelopen tot de verbrandingstemperatuur van de roetdeeltjes. De temperatuur van het roetfilter (DPF) wordt verhoogd door verhoging van de temperatuur van de uitlaatgassen. Dit wordt bereikt door na de pilot- en hoofdbrandstofinspuiting nog een na-inspuiting te introduceren.

De DPF-software controleert de signalen van de twee DPF-temperatuursensors om zo de temperatuur van het DPF vast te stellen en verzoekt op basis hiervan om een na-injectie. Afhankelijk van de temperatuur van het roetfilter vraagt de DPF-software de motorregelmodule (ECM) één of twee na-inspuitingen van brandstof uit te voeren:

- De eerste na-inspuiting van brandstof heeft tot gevolg dat de verbranding in de cilinder wordt vertraagd waardoor de temperatuur van de uitlaatgassen oploopt.
- De tweede na-inspuiting van brandstof geschiedt laat gedurende de arbeidsslag. De brandstof zal in de cilinder gedeeltelijk worden verbrand maar een hoeveelheid brandstof die niet is verbrand gaat naar de uitlaat waar een exothermische gebeurtenis binnen de katalysator plaatsvindt waardoor de temperatuur van het roetfilter (DPF) nog verder wordt verhoogd.

De actieve regeneratie duurt maximaal 20 minuten. Gedurende de eerste fase wordt de temperatuur van het roetfilter (DPF) verhoogd tot 500°C. Gedurende de tweede fase wordt de temperatuur van het roetfilter (DPF) nog verder verhoogd tot 600°C. Dit is de optimale temperatuur voor verbranding van de roetdeeltjes. Deze temperatuur wordt 15 - 20 minuten gehandhaafd teneinde volledige oxidatie van de deeltjes in het roetfilter (DPF) te garanderen. Gedurende het oxidatieproces worden de koolstofdeeltjes omgezet in kooldioxide.

De actieve regeneratietemperatuur van het roetfilter (DPF) wordt nauwkeurig gecontroleerd door de software voor het roetfilter (DPF) zodat, aan de inlaat van het roetfilter (DPF), een doeltemperatuur van 600°C wordt gehandhaafd. Door de temperatuurregeling wordt gegarandeerd dat de temperaturen niet oplopen tot boven de bedrijfslimieten van de turbocompressor en de katalysator. De temperatuur van de turbochargerinlaat mag niet hoger zijn dan 830 °C (1526 °F), de temperatuur van de katalysator mag niet hoger zijn dan 800 °C (1472 °F) en de temperatuur in de katalysatoruitlaat mag niet hoger zijn dan 875°C (1382 °F).

Gedurende het actieve regeneratieproces worden door de ECM de volgende voor de regeling van het proces noodzakelijke maatregelen genomen:

- De schoepen van de turbocompressor blijven in de geheel geopende stand staan. Hierdoor wordt overdracht van hitte van de uitlaatgassen naar de turbocompressor zo laag mogelijk gehouden, terwijl tevens de doorstroming van de uitlaatgassen wordt verminderd. Dit resulteert in optimale verhitting van het roetfilter (DPF). Als door de bestuurder

een toename van het motorkoppel wordt aangevraagd reageert de turbocompressor door de schoepen net zo ver te sluiten als noodzakelijk is.

- De smoorklep wordt gesloten daar dit bijdraagt tot de verhoging van de temperatuur van de uitlaatgassen, terwijl tevens de doorstroming van de uitlaatgassen wordt verminderd, waardoor het roetfilter (DPF) sneller de optimum temperatuur bereikt.
- De uitlaatgas-recirculatieklep (EGR) wordt gesloten. Door toepassing van uitlaatgas-recirculatie (EGR) wordt de temperatuur van de uitlaatgassen verminderd, waardoor wordt voorkomen dat het roetfilter (DPF) de optimum temperatuur bereikt.

Indien, als gevolg van de manier waarop het voertuig wordt gebruikt en/of de rijstijl, het actieve regeneratieproces niet kan plaatsvinden, of als daardoor het roetfilter (DPF) niet kan worden geregenereerd, kan de dealer regeneratie van het roetfilter (DPF) forceren. Dit wordt mogelijk gemaakt door met het voertuig te rijden tot de motor de normale bedrijfstemperatuur heeft bereikt en vervolgens nog 20 minuten door te rijden met snelheden van meer dan 48 km/h.

DPF regeling

Het roetfilter (DPF) moet constant worden gecontroleerd teneinde er zeker van te kunnen zijn dat dit met optimale efficiëntie functioneert en niet verstopt raakt. De ECM bevat de software voor het roetfilter (DPF). Deze software regelt de controle en de werking van het roetfilter (DPF), maar controleert tevens alle andere voertuiggegevens teneinde de regeneratieperiode en onderhoudstussenpozen te kunnen vaststellen.

De software voor het roetfilter (DPF) kan worden onderverdeeld in drie afzonderlijke softwaremodules voor de regeling van het systeem: een DPF-supervisormodule, een DPF-brandstofmanagementmodule en een DPF-luchtmanagementmodule.

De werking van deze drie modules wordt geregeld door een vierde softwaremodule die bekend staat als de DPF-coördinatormodule. Door de coördinatormodule wordt de werking van de andere modules geregeld zodra een actieve regeneratie wordt aangevraagd.

DPF-brandstofregelmodule

De DPF-brandstofmanagementmodule regelt de volgende functies:

- Timing en hoeveelheid van de vier afzonderlijke brandstofinjecties per slag (voor-, hoofd- en twee na-injecties).
- De injectiedruk en de overgang tussen de drie verschillende kalibratieniveaus van de brandstofinjectie.

De bovenstaande functies zijn afhankelijk van de conditie van de katalysator en het roetfilter (DPF).

Gedurende de gecontroleerde brandstofinspuiting wordt het vereiste inspuitniveau bepaald terwijl tevens de activiteiten van de katalysator en het roetfilter (DPF) worden gemeten. Door het brandstofmanagement-systeem worden de hoeveelheid en het moment berekend van de vier afzonderlijke brandstofinspuitingen voor ieder van drie kalibratieniveaus voor de inspuitdruk. Tevens wordt de overgang tussen die niveaus geregeld.

De twee na-inspuitingen zijn noodzakelijk om de functionaliteit van de temperatuur van de gassen in de cilinder en de productie van koolwaterstoffen te verhogen. De eerste na-inspuiting wordt gebruikt om hogere temperaturen van de gassen in de cilinder te genereren, terwijl dan tegelijkertijd hetzelfde motorkoppel wordt gehandhaafd dat wordt geproduceerd gedurende de normale werking van de motor (zonder regeneratie). De tweede na-inspuiting wordt gebruikt voor het genereren van koolwaterstoffen door de brandstof die niet is verbrand de gelegenheid te geven de katalysator te bereiken zonder een hoger motorkoppel te veroorzaken.

DPF-luchtregelmodule

De DPF-luchtmanagementmodule regelt de volgende functies:

- Uitlaatgas-recirculatie (EGR) - regeling
- Turbocompressor - bekrachtigingsdrukregeling
- Regeling van de vulluchttemperatuur en -druk.

Tijdens de actieve regeneratie is de werking van de EGR uitgeschakeld (behalve bij te hoge toerentallen) en wordt de gesloten-lusregeling van de vuldrukregelaar van de turbocharger berekend. Door de luchtmanagement-module wordt de druk van de lucht in het inlaatspruitstuk geregeld op een vooraf vastgestelde drukwaarde en temperatuur. Deze regeling is essentieel om in de cilinders de juiste condities te creëren voor een stabiele en robuuste verbranding van de brandstof die gedurende de na-inspuiting in de cilinders wordt gespoten.

De module regelt de temperatuur van de inlaatlucht door de EGR-smoorklep te activeren en door de regeling van de bekrachtigingsdruk van de turbocompressor aan te passen.

DPF-coördinatormodule

Door de DPF-coördinatormodule wordt gereageerd op een regeneratie-aanvraag van de supervisor-module doordat de volgende aanvragen voor regeneratie van het roetfilter (DPF) worden ingesteld en gecoördineerd:

- Uitschakeling EGR - behalve bij te hoge toerentallen
- Turbocompressor - bekrachtigingsdrukregeling
- Motorbelasting - verhoging
- Regeling van de luchtdruk en temperatuur in het inlaatspruitstuk
- Regeling van de brandstofinjectie.

Als door de supervisor-module een aanvraag tot regeneratie wordt geproduceerd, worden door de coördinator-module deactivering van de uitlaatgas-recirculatie (EGR) en een regeneratie-specifieke regeling van de bekrachtigingsdruk van de

turbocompressor aangevraagd. Vervolgens wacht het systeem op een feedback-sigitaal van het EGR-systeem waardoor wordt bevestigd dat de EGR-klep is gesloten.

Zodra de EGR-klep is gesloten, produceert de coördinator-module aanvragen om de belasting op de motor te verhogen door regeling van de inlaatlucht-temperatuur en druk.

Zodra bevestiging is ontvangen dat de inlaatcondities zijn geregeld, of dat een kalibreringsperiode is verstreken, gaat de coördinator-module over op een status waarin wordt gewacht op het moment dat de bestuurder het gaspedaal loslaat. Zodra dat gebeurt of als de kalibratieperiode is verstreken, genereert de coördinator-module een aanvraag voor de regeling van de brandstofinspuitingen gericht op verhoging van de temperatuur van de uitlaatgassen.

VERSCHILDRIKSENSOR

Met het toenemen van de hoeveelheid deeltjes die door het roetfilter (DPF) worden vastgehouden, zal de druk aan de inlaatkant van het roetfilter (DPF) stijgen ten opzichte van de uitlaat van het roetfilter (DPF). De DPF-software gebruikt deze vergelijking samen met andere gegevens om de totale hoeveelheid opgeslagen deeltjes te berekenen.

Door meting van het drukverschil tussen de inlaat- en uitlaatkant van het roetfilter (DPF) en de temperatuur van het roetfilter (DPF) wordt de software voor het roetfilter (DPF) in staat gesteld om vast te stellen of het roetfilter (DPF) verstopt raakt en moet worden geregenereerd.

Onderdeelbeschrijving

ROETFILTER (DPF)

Het DPF-systeem zorgt ervoor dat de uitstoot van roetdeeltjes door dieselmotoren zal worden verminderd tot verwaarloosbare niveaus, zodat wordt voldaan aan de huidige Euro 5-emissienorm.

Dieseldeeltjesemissies zijn de zwarte rookwolkjes die onder bedrijfsomstandigheden door de dieselmotor worden uitgestoten. De emissies zijn een complexe combinatie van vaste en vloeibare stoffen. De meeste deeltjes bestaan uit microscopische koolstofbolletjes, waarop koolwaterstoffen uit de brandstof en olie zijn gecondenseerd.

Het roetfilter (DPF) bestaat uit de volgende componenten:

- Roetfilter (DPF)
- DPF-regelsoftware, ingebouwd in de ECM
- Verschilddruksensor.

Het DPF is stroomafwaarts van de katalysator in het uitlaatsysteem gemonteerd. Het heeft als functie om deeltjes in de uitlaatgassen, die de motor verlaten, te vangen. Een belangrijk kenmerk van het is het regeneratievermogen daarvan. Regeneratie is het verbranden van deeltjes die achterblijven in het filter om te voorkomen dat de vrije stroom van uitlaatgassen wordt gehinderd. Het regeneratieproces vindt plaats op berekende intervallen en wordt niet door de bestuurder van het voertuig opgemerkt.

Regeneratie is uiterst belangrijk, omdat een te vol DPF de motor vanwege een te hoge tegendruk van de uitlaat kan beschadigen. Dit kan ook een beschadigd DPF tot gevolg hebben. Het in het DPF verzamelde materiaal bestaat voor het grootste gedeelte uit koolstofdeeltjes met enkele geabsorbeerde koolwaterstoffen.

In het roetfilter (DPF) wordt een filtertechnologie toegepast die is gebaseerd op een filter met een katalyserende coating. Het DPF is vervaardigd van siliciumcarbide, bevindt zich in een stalen koker, is uitstekend bestand tegen thermische schokken en beschikt over warmtegeleidingseigenschappen. Het DPF is ontworpen om onder alle bedrijfsomstandigheden van de motor een optimale tegendruk te leveren.

Het poreuze oppervlak van het filter bestaat uit duizenden kleine parallel geplaatste kanaaltjes die in de lengterichting van het uitlaatsysteem zijn geplaatst. Naast elkaar geplaatste kanaaltjes in het filter worden om beurten, aan het uiteinde, afgesloten. Door dit ontwerp worden de uitlaatgassen gedwongen om door de poreuze filterwanden te stromen die fungeren als een filtermedium. Deeltjes die te groot zijn om het poreuze oppervlak te passeren worden verzameld en opgeslagen in de kanaaltjes.

Door de verzamelde roetdeeltjes kan een belemmering worden gevormd voor de uitstroom van de uitlaatgassen als die deeltjes niet worden verwijderd. De opgeslagen deeltjes worden verwijderd door een regeneratieproces dat de deeltjes oxideert.

Temperatuursensors van het roetfilter

De sensors meten de temperatuur van de uitlaatgassen die de turbocompressor verlaten en voordat die het roetfilter (DPF) passeren. Op die manier wordt de informatie verschaft die noodzakelijk is voor het berekenen van de temperatuur van het roetfilter (DPF).

De informatie wordt, in combinatie met andere gegevens, gebruikt om inzicht te verkrijgen in de hoeveelheid geaccumuleerde roetdeeltjes. Ook wordt deze informatie gebruikt voor het regelen van de temperatuur van het roetfilter (DPF).

Indicatielampjes van de instrumentengroep (IC)

Voor bestuurders die vaak korte ritten bij lage snelheden maken, is het misschien niet mogelijk om het DPF effectief te regenereren. In dit geval wordt door de DPF-software een verstopping gedetecteerd van het roetfilter (DPF). Die detectie vindt plaats op basis van signalen van de differentieeldruksensor. Vervolgens wordt de bestuurder als volgt gewaarschuwd:

De bestuurder wordt hierop geattendeerd door het bericht 'UITLAATFILTER BIJNA VOL'. Zie "HANDLEIDING". Zoals beschreven in het instructieboekje, moet de bestuurder met het voertuig rijden tot de normale bedrijfstemperatuur is bereikt en vervolgens gedurende 20 minuten rijden met een snelheid van ten minste 48 km/u (30 mph). Een geslaagde regeneratie van het DPF wordt aangegeven doordat de mededeling 'UITLAATFILTER BIJNA VOL' niet langer wordt weergegeven. Als de DPF-software detecteert dat het roetfilter nog steeds verstopt is, zal de mededeling weergegeven blijven of wordt er verschijnt een extra mededeling 'UITLAATFILTER VOL, BEZOEK DEALER'. De bestuurder dient zijn voertuig dan naar een erkende dealer te brengen om het roetfilter met behulp van een goedgekeurd diagnostisch systeem te laten regenereren.

Neveneffecten van het roetfilter

Als het waarschuwinglampje gaat knipperen wijst dit erop dat, gedurende het regeneratieproces, de regeneratie van het roetfilter (DPF) niet is gelukt. In dat geval moet het voertuig door de bestuurder worden aangeboden aan een officiële dealer waar de regeneratie van het roetfilter (DPF) kan worden geforceerd.

Motorolieverduunning

Verduunning van de motorolie kan plaatsvinden doordat tijdens de na-injectiefasen kleine hoeveelheden brandstof het carter van de motor binnendringen. Succesvolle regeneratie van het roetfilter (DPF) wordt de bestuurder duidelijk gemaakt doordat het bericht "DPF FULL" (DPF VOL) niet langer wordt weergegeven. De bestuurder wordt attent gemaakt op de noodzaak de olie te verversen via een mededeling in de instrumentengroep.

De software voor het roetfilter (DPF) controleert de rijstijl en de regelmaat en duur van de actieve regeneratie. In de onderstaande sectie wordt een aantal nevenverschijnselen beschreven die worden veroorzaakt door het actieve regeneratieproces. Als de DPF-software heeft berekend dat de verduunning van de motorolie een vooraf vastgestelde drempelwaarde heeft bereikt (brandstof 7% van het motorolievolume), wordt een onderhoudsmededeling in de instrumentengroep weergegeven.

Het is mogelijk dat verduunning van de motorolie optreedt als gevolg van kleine hoeveelheden brandstof die, gedurende de na-inspuitingsfase, de motorkrukkast bereiken. Wanneer een onderhoudsmededeling wordt weergegeven, moet het voertuig een volledige onderhoudsbeurt ondergaan en wordt de aanduiding van het onderhoudsinterval gereset.

Brandstofverbruik

Tijdens het actieve regeneratieproces van het DPF zal het brandstofverbruik toenemen.

Omdat actieve regeneratie niet zo vaak gebeurt, is het totale effect op het brandstofverbruik ongeveer 2%. Afhankelijk van de rijstijl is het mogelijk dat op bepaalde voertuigen een smeerbeurt eerder moet worden uitgevoerd dan officieel is vastgesteld.

VERSCHILDRUKSENSOR

De differentieel-druksensor wordt door de software voor het roetfilter (DPF) gebruikt om de conditie te controleren van het roetfilter (DPF). Twee pijpansluitingen op de sensor zijn, via andere pijpen, aangesloten op de inlaat- en uitlaatkant van het roetfilter (DPF). Via de pijpen wordt de sensor in staat gesteld om de inlaat- en uitlaatdruk van het roetfilter (DPF) te meten.

Aftermarket reinigingsvloeistoffen voor het roetfilter

De afgelopen jaren zijn er 'DPF-reinigingsvloeistoffen' geïntroduceerd in de (niet door JLR goedgekeurde) aftermarket-verkoop. Deze producten claimen de temperatuur te verlagen waarbij de reactie van het roet plaatsvindt. Het moet worden benadrukt dat, gedurende de ontwikkelingsactiviteiten van het voertuig, er alles aan is gedaan om DPF-regeneratietemperaturen te genereren met behoud van de veiligheidsniveaus voor alle andere onderdelen van de auto. Ongeoorloofd gebruik van de aftermarket-vloeistoffen brengt een aanzienlijk risico met zich mee voor de mate van roetverbranding en DPF-piektemperaturen in rijomstandigheden in de echte wereld. Het gebruik van deze vloeistoffen is niet toegestaan voor JLR.