

11. AVGASRENING

Avgasemissioner och avgasrening

Vid förbränning i en dieselmotor bildas olika typer av avgasemissioner. Utsläppsnivån för en del av dessa är reglerade i lagar och förordningar. Sedan lagstiftningen infördes så har kraven successivt skärpts. De emissioner som är reglerade är kolväteemissioner (HC) koloxid (CO), Kväveoxider (NO_x) samt partiklar (PM). Koldioxid emitteras även vid dieselförbränning men denna gas är en förbränningsprodukt vars mängd är beroende av antalet kolatomer i bränslet. Koldioxiden är en gas som bidrar till växthuseffekten och om denna produceras vid förbränning av fossilt bränsle så utgår en skatt på denna s.k. koldioxidskatt.

Grundläggande för all motorutveckling avseende emissioner har sedan lång tid tillbaka varit att minska motorns basemissioner alltså de emissioner som bildas i motorns förbränningssystem. Detta har man lyckats mycket väl med genom åren genom avancerad förbränningsutveckling, insprutningssystem med mycket höga tryck och sekventiell insprutning samt avancerad gasväxling genom utveckling av turboladdningssystem. Detta har skett i kombination med en alltmer avancerad elektronisk styrning av motorn och dess komponenter.

Emellertid så har emissionskraven skärpts kraftigt under det senast decenniet och detta har medfört att olika typer av efterbehandlingssystem har utvecklats. Dessa system reducerar emissionerna ytterligare efter motorn.

Ett av de svåraste problemen att lösa är minska emissionerna av partiklar och NO_x. NO_x är ett resultat av oxidering mellan luftens syre och kväve och ökar snabbt med förbränningstemperaturen. Förbränning vid hög temperatur minskar HC, CO och bildande av partiklar samt bidrar till att bränsleförbrukningen minskar men ökar emissionen av kväveoxider.

Metoder för att minska utsläpp av NO_x

Kraven på att minska NO_x utsläpp från tunga dieselmotorer har genom åren skärpts drastiskt. Från första kravet (Euro I 1992) och fram till i dag (Euro VI 2013) har gränsvärdet skärpts med 95%.

Det har inte varit möjligt att åstadkomma denna minskning med utvecklad förbränningsteknik utan fristående tekniska lösningar har behövts utvecklats.

Exhaust Gas Recirculation (EGR)

Metoden bygger på att en del av avgaserna kyls ner och återcirkulerar till motorns luftinlopp och vidare in i cylindern. Dessa avgaser minskar NO_x produktionen genom att dels syrekoncentrationen minskar, dels att avgaserna kyler gasen i cylindern. Detta medför då en lägre förbränningstemperatur i själva flammen vilket minskar bildandet av NO_x.

Metoden är effektiv men mängden återcirkulerade avgaser måste styras beroende av motorns varvtal och last. Nackdelen är att partikelbildningen oftast går upp och metoden medverkar till högre belastning på partikelfiltret. Tekniken ökar motorns bränsleförbrukning något.

SCR - Selektiv Katalytisk Reduktion.

SCR innebär att en SCR-katalysator monteras efter motorn. På fordonet sitter en tank som innehåller en urealösning. Från tanken sprutas lösningen in i avgasröret före katalysatorn. Vid rätt inblandning omvandlas avgasernas kväveoxider till kvävgas och vatten. Insprutningen av urea styrs elektroniskt och varieras beroende på motorns varvtal och belastning.

Katalytisk reduktion av NO_x innebär en omvandling till kväve (N₂) och syre (O₂) (vatten: H₂O) av katalysatorn och ett reduktionsmedel som tillsätts före katalysatorn. Den mest förekommande reducerande kemikalien är ammoniak (NH₃) vanligen i form av urea. Urea (AdBlue®) lagras ombord på fordonet och omvandlas till ammoniak i samband med reduktionen.

En förutsättning för att SCR-system ska fungera är att avgastemperaturerna är tillräckligt höga. Om avgastemperaturen sjunker under ca 200°C är SCR-systemet inte längre aktivt och reduktionen av NO_x upphör. Vid ca 300 °C är reduktionen ca 90-95%. En annan förutsättning är också att det skall finnas tillräckligt med syre i avgaserna. Det finns även system som har luftassisterad ureainsprutning som dels finfördelar urealösningen så att sprayen blir mer finfördelad och utnyttjas effektivare. Metoden säkerställer även att syrehalten i avgaserna ligger på en lämplig nivå.

SCR-katalysator reducerar förutom NO_x även partiklar och HC på dieselmotorer. HC-emissioner kan reduceras upp till 80 procent och partiklar med 20–30 procent.

Att få SCR-system att fungera innebär flera tekniska utmaningar. Några exempel: den komplicerade hanteringen av urea och dess dosering, behovet av höga temperaturer för att katalysatorn ska fungera effektivt, kontrollen av ammoniaköverskott under transienta förhållanden och storleken på katalysatorn. Ammoniak i omgivningsluft kan bilda sekundärpartiklar och av den anledningen bör även en "ammoniakslipkatalysator" användas. SCR kan släppa ut mer små partiklar och används därför ofta i kombination med ett partikelfilter.

Reduktion av CO och HC emissioner

Halten av CO från en dieselmotor har utgjort ett relativt litet problem eftersom en dieselmotor har en förbränning som sker vid luftöverskott. Halterna av HC kan dock vara höga från motorn under start och uppvärmningsfasen. Vid normal drift är dessa halter normalt ganska låga.

Emissionerna av CO och HC är dock lätta att reducera med en oxidationskatalysator. Denna behöver ett överskott av syre i avgaserna och det är just vad en dieselmotor har. Med hjälp av detta syre oxideras CO, HC och HC-derivat till CO₂ och vattenånga. Svagheten är att det behövs en viss temperatur hos avgaserna för att katalysatorn skall vara aktiv och detta är oftast inte fallet vid uppstart och varmkörning av motorn.

Oxidationskatalysatorer har ingen effekt på de totala NO_x-emissionerna, men oxiderar NO till NO₂. Det är användbart när oxidationskatalysatorn används i kombination med ett partikelfilter (se nedan under "Kombinationer av dessa system"). Den används ofta i kombination med EGR-teknik för att minska utsläpp av kolväten.

Metoder för att reducera partikelnivån

Partiklar bildas i motorns förbränningsrum och får sedan viss tillväxt i avgasröret genom att mindre partiklar klumpas ihop till större partiklar och kondens av flyktiga ämnen. Partiklarna som är mycket små består huvudsakligen av kol, oförbränt bränsle, smörjolja, metallpartiklar och svavelföreningar. De är cancerogena och genom sin ringa storlek stannar de kvar i lungorna vid inandning och tränger därifrån ut i blodomloppet. De kan transporteras långa vägar. Man har därför skärpt kraven på partikelnivån i lagstiftningen till mycket låga värden.

För att reducera partikelutsläppet från en dieselmotor förser man motorn med ett partikelfilter, som installeras i avgassystemet och som fysiskt fångar partiklarna innan avgaserna lämnar avgasröret.

Efterhand som filtret fylls med partiklar blir genomströmningsmotståndet allt högre med ökad bränsleförbrukning som följd. De uppsamlade partiklarna behöver då avlägsnas från filtret vid en s.k. regenerering. Det finns väsentligen två metoder för detta.

Förbränning och oxidation av partiklarna genom att temperaturen på kontrollerad väg höjs så att kolet i partiklarna antänds och brinner upp.

Den andra metoden bygger på kontinuerlig regenerering. Dessa system kallas Continuously Regenerating Trap® (CRT®) Dessa filtersystem består av en oxidations-katalysator, framför ett partikelfilter. Katalysatorn funktion är att oxidera NO till NO₂. Det således bildade NO₂ oxiderar katalytiskt kolet till CO₂ och N₂. Katalysatorn oxiderar även HC och CO emissioner och är därmed ett system som reducerar samtliga emissioner.

Nackdelen med systemet är att det måste över tid finnas en balans mellan NO₂ och partikelflödet samt att avgastemperaturen måste ligga över ca 250 grader C för att katalysatorerna skall vara aktiva. Om dessa villkor över tid ej är uppfyllda kan partikelfiltret bli mättat på partiklar med ökad bränsleförbrukning som följd och i värsta fall haverera. Med tiden så fylls dock filtret med askprodukter och då behöver filtret bytas eller rengöras. För en normal lastbil (40 tons långtradare) behöver kan detta behövas efter (skiljer mellan användning mm) ca 30 000 mil.

Många applikationer kan ha svårt att nå upp till temperaturkravet, t.ex. distributionsbilar och sopbilar med frekventa stopp, låg hastighet och mycket tomgång. Det behövs då ett aktivt system som höjer avgastemperaturen. Ett vanligt system är att injicera bränsle före katalysatorn som då brinner katalytiskt och höjer avgastemperaturen. Grundproblemet med att avgastemperaturen är för låg för att katalysatorn skall vara aktiv kan dock kvarstå. I dessa fall kan man addera en brännare eller elektrisk uppvärmning till systemet.

Diskussion

För att klara emissionslagstiftningen har de stora tillverkarna valt att använda antingen EGR-teknik, SCR-teknik eller kombinationer av dessa. Inför en nyinvestering är det därför bra att informera sig om teknikernas för- och nackdelar och analysera vilken betydelse de kan ha i den egna verksamheten.

Både SCR- och EGR-teknikerna har sina för- och nackdelar.

Dieselförbrukningen minskar vid användning av SCR-teknik i ungefär motsvarande grad till insprutad mängd urea (Euro V cirka 5 procent). Förutsatt att priset på urea är väsentligt lägre än dieselpriiset, blir bränslekostnaden för fordonet totalt sett lägre.

Ett sätt att hålla nere kostnaden för urea är att hålla sig med egen depå där urean köps in i större kvantiteter till lägre pris.

En EGR-motor kräver troligen tätare byten av motorsmörjolja än en SCR-motor på grund av de recirkulerade avgaserna.

EGR-tekniken är känd och beprövad. Den reducerar utsläppen vid källan, d.v.s. motorn. Tekniken förfinas också successivt.

SCR är ett aktivt efterbehandlingssystem som kräver extra tillsyn och underhåll. Som fordonsägare får man ytterligare en produkt att hantera för fordonets drift samt ytterligare ett system att underhålla. Fordonets vikt ökar p.g.a. tillsatsmedlet, vilket medför lägre nyttolast för fordonet.

En SCR-katalysator kräver en lägsta arbetstemperatur på cirka 300°C för att fungera effektivt. Det kan vara svårt att uppnå för exempelvis fordon i stadstrafik, med många starter och stopp. När SCR-katalysatorn inte fungerar blir utsläppen av NO_x likvärdiga med dem som släpps ut från en Euro I – eller Euro II-motor.

Eftersom partikelfilter samlar aska från bränsle och olja, är det bra att använda bränsle med låg askhalt för att öka filtrets livslängd.

Varken SCR eller EGR fungerar (SCR) eller kan användas (EGR) när motorn värms upp, vilket i praktiken innebär att reduktionen av NO_x-emissioner är lika med noll från start till dess att motorn uppnått en viss temperatur. Utvecklingen av SCR katalysatorer syftar till att få katalysatorn att fungera vid lägre temperatur och EGR skulle potentiellt kunna användas (nästan) direkt från start. Ännu har dock de målen inte nåtts. Valet mellan reningssystem borde göras med hänsyn till driftsförhållandet för att få den miljömässigt bästa lösningen men ofta sakas underlag för sådana överväganden.