

Slutrapport vedrørende:

EUDP13 AdAmmine - cartridge refilling and dosing technology,

Journalnr.: 64013-0208

1. Baggrund

Nærværende projekt er et opfølgingsprojekt til EUDP 11-I, AdAmmine – cartridge refilling and dosing technology, J.nr. 64011-0061, der blev bevilliget 27-6-2011 med projektperiode indtil 30-6-2013. Som følge af Amminex A/S konkurs 29-10-2012 og efterfølgende rekonstruktion i selskabet Amminex Emissions Technology A/S, bortfaldt det første tilsagn. Som følge heraf financerede AET A/S projektperioden 1-11-2012 til 30-6-2013. Restbeløbet fra den første bevilling blev herefter overført til en ny bevilling for perioden 1-7-2013 til 31-12-2013.

2011		2012				2013			
Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4

Planlagt									
	64011-0061								
Faktisk									
	64011-0061				AET A/S			64013-0208	

2. Indledning

Et ammonia storage and delivery system (ASDS) bruges til ammoniakdorering på dieselmotorer til fjernelse af skadelige NOx gasser fra udstødningen gennem en katalytisk reaktion. Systemet består af flere dele: 1. ammoniakbeholdere (Main Units, MU) der indeholder den ammoniak, der skal doseres og som skiftes til en fuld beholder ved service. 2. En lille enhed (Start Up, STU) der kan levere ammoniak kort efter køretøjet er startet. 3. En doseringsenhed (Control Volume Dosing Ammonia Flow Manifold, CVD-AFM) der doserer ammoniakken fra de forskellige beholdere til udstødningen. 4. Software og kontrolenhed til styring af systemet. 5. Heatede, mekaniske komponenter, ledninger, slanger mv. til det komplette system.

Dette projekt har fokuseret på at udvikle et kommercialiserbart koncept til genfyldning af main units samt udvikle CVD-AFM'en til et kommercialiserbart niveau.

Overordnet set har projektet været en kæmpe succes. Ved projektstart sommer 2011 var status at Amminex havde udviklet koncepter til genfyldning af AdAmmine beholdere og en ammoniakdoseringsenhed. Begge var på "proof of concept" niveau, men havde væsentlige udfordringer på faktisk performance, cost og specielt holdbarhed.

På genfyldning var hovedudfordringen at funktionaliteten af AdAmmine beholderene efter nogle genfyldninger ændrede sig så det tog længere og længere tid af genfylde dem og deres evne til at afgive ammoniak blev forringet. Dette blev løst ved at optimere genfyldeprocessen og beholderdesignet. Herved er det lykkedes at gøre levetiden af beholderne længere and køretøjernes levetid, hvilket var målsætningen.

Tilsvarende var CVD-AFM'en på proof of conceptniveau, men manglede udvikling til af overholde alle hjørner af functional requirements. CVD-AFM'en opfylder nu alle funktionelle requirements og kan umiddelbart industrialiseres.

De gode resultater fra MU udviklingen kunne også overføres til STU beholderne, hvilket har medvirket til at forbedre disse væsentligt. De ændringer og forbedringer der er implementeret i beholdere og doseringsenhed har muliggjort en opdatering af hele ASDS systemet, hvor især software styringen er blevet optimeret.

De opnåede resultater er beskrevet nedenfor.

3. Udvikling

a. CVD-AFM

Formål:

Målsætningen med udviklingen af CVD-AFM doseringsenheden var primært at øge det mulige doseringsområde, samt at reducere støjbelastningen fra ventilerne. Internt mål for doseringsområdet er 100 mg/sec.

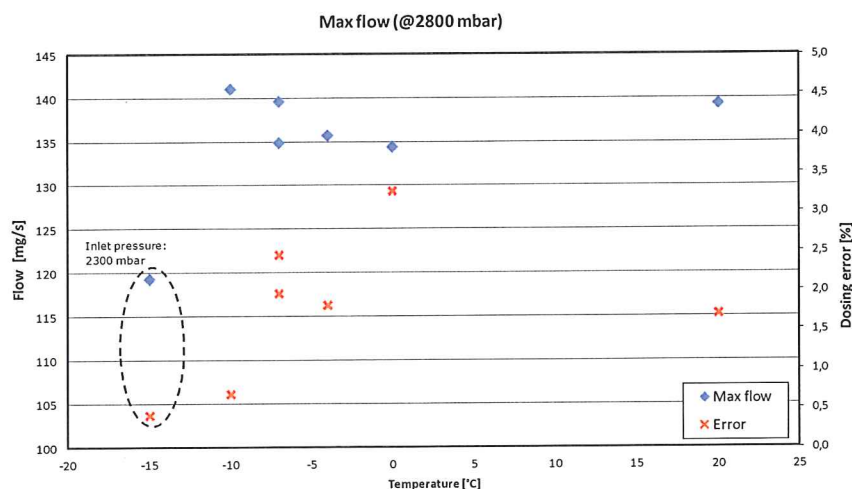
Udvikling:

Støjbelastningen fra ventilerne er blevet reduceret på 2 måder. 1) Montering af ventilblokken i systemerne er ændret 2) I samarbejde med leverandører af ventilerne er forskellige materialer blevet afprøvet som endestop, således at der opnås en lyddæmpende effekt når ventilen "slår" imod endestoppet. De valgte materialer er efterfølgende med succes blevet levetidstestet for at sikre at deres funktion er intakt efter forventet levetid. Den samlede effekt af initiativerne har været en væsentlig reduktion i støjbelastningen.

Forøgelse af det mulige doseringsområde er sket ved at optimere både hardware og styringssoftware. På hardware siden er ventilernes åbningsdiameter blevet øget fra 1,5mm til 2 mm, hvilket har medført et markant øget flow.

Der er ligelides opnået en forøgelse af doseringsområdet ved at optimere CVD-AFM'en styringssoftware. Softwaren er blevet forbedret på flere områder, mest bemærkelsesværdig er kontrollen af "control volume dosing" konceptet. Her er algoritmer blevet udviklet til at forudsige udviklingen af temperaturen inde i kontrolvolumenet, hvilket kan bruges til at øge flowet. En anden forbedring er en begrænsning på trin størrelsen, ved dosering i kolde omgivelser. Det blev erfaret at doseringen var nøjagtig nok ved lave

temperaturer på grund af kondensvand i kammeret. Der er derfor blevet implementert en funktion, som begrænser doseringen når der er risiko for at kondensation af vand. Herved opretholdes den doseringsnøjagtigheden over hele temperaturområdet.



Figur 1 Max doseringshastighed ved varierende temperatur

Resultater:

Ved hjælp af de beskrevne initiativer er der opnået en forøgelse af det mulige doseringsområde fra 60 mg/s til 135 mg/s ved temperaturer over -15°C. I figur 1 kan resultaterne fra udmålingen af den maksimale doseringshastighed ved varierende temperatur. Ved -15°C reduceres trykket i doseringsenheden for at undgå kondensation, hvilket medfører at den maksimale doseringshastighed reduceres.

Ud over de opnåede resultater er der ved analyse af den nye doseringsprofil identificeret yderligere optimeringspotentiale, som forventes, at kunne øge doseringsområdet 10-15%. Dette er endnu ikke implementeret.

b. Main units (MU), Genfyldning

I MU genfyldningsprojektet har vi færdigvalideret vores beholderdesigns i forhold til deres egnethed til genfyldning. Vi har overordnet arbejdet med to designs, henholdsvis vores Medium Duty (MD, 11 L) og vores Light Duty (LD, 2.6 L) beholder.

LD beholderen blev valideret først, da den var hurtigst at få igennem testforløbet og erfaringerne fra denne kunne bruges til at optimere MD designet inden dette skulle valideres. Vi opgraderede vores tidligere design med baggrund i erfaringer fra en række konceptbeholdere.

Målsætningen for vores validering var at beholderen skulle kunne holde til 15 genfyldninger inden den måtte tages ud af testforløbet pga. defekt eller degradering af performance. Alle 15 genfyldninger skulle foretages med vores standard genfyldningsprocedure/opskrift og inspiceres/opmåles, samt performance testes efterfølgende.

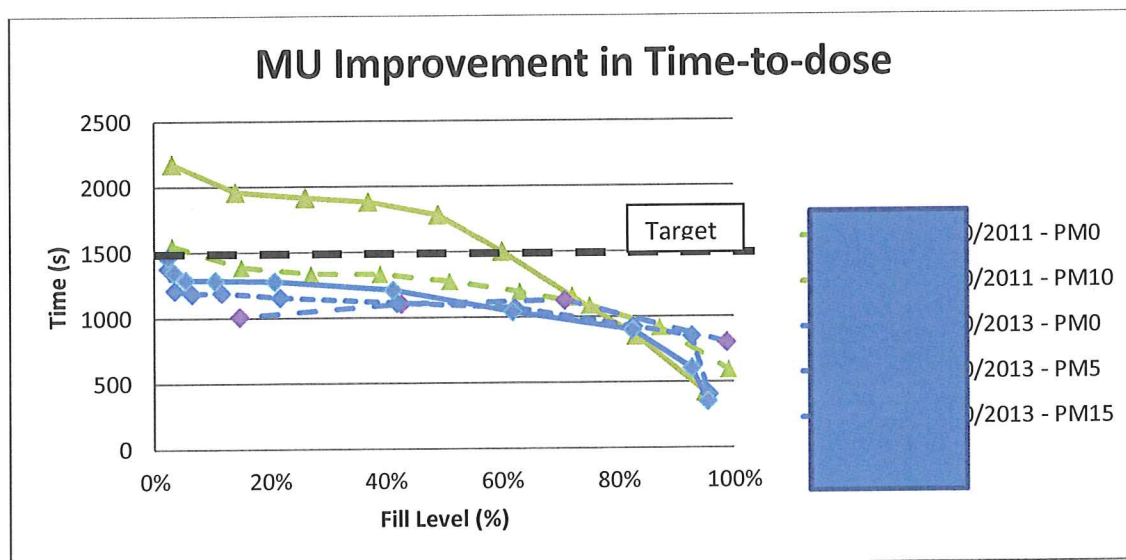
LD beholderen viste en performanceændring på 8% ifølge vores KPI for performance time-to-dose, som er den tid det tager at opvarme beholderen fra kold til driftstryk med den i systemet afsatte elektriske effekt. Time-to-dose kunne holdes under 1500 s ned til 3%, som var et andet kvalitetskrav.

Forbedringen ifht. tidligere design på LD er klar, da dette design performede bedre efter 15 genfyldninger end det tidligere design fra ny.

For MD beholderens vedkommende var deformationerne i udgangspunktet værre, selv med designforberingerne fra LD beholderen, og førte til defekt efter 6 genfyldninger, men en mindre optimering af designet førte til at beholderen kunne genfyldes 15 gange med acceptable deformationer og performance.

Udover, at vi har løftet vores design og dermed produkter signifikant, har vi også høstet mange erfaringer og viden i dette projekt, som vi vil udmønte sig i yderligere forbedringer indenfor beholderdesign men også genfyldningsprocessen.

Genfyldningerne blev udført på vores EUDP finansierede genfyldningspilot, mens performance målingerne blev udført i seneste generation af vores systemer med vores egenudviklede doseringsenhed (CVD-AFM).



Figur 2: Sammenligning af performance af vores nyeste LD design (MU03300) mod det tidligere design (MU02500) hhv. før og efter 15/10 genfyldninger. Vores nye design viser en mindre degradering i performance på 8%, mens det tidligere design degraderede 25%, samt var væsentligt langsommere fra ny.

c. Start Up unit (STU)

Formål:

De første langtids laboratorie test af Start Up enheden (STU) viste en uventet hurtig degradering af enhedens performance. Strukturen til at fordele varmen fra det indbyggede varmelegeme blev ødelagt

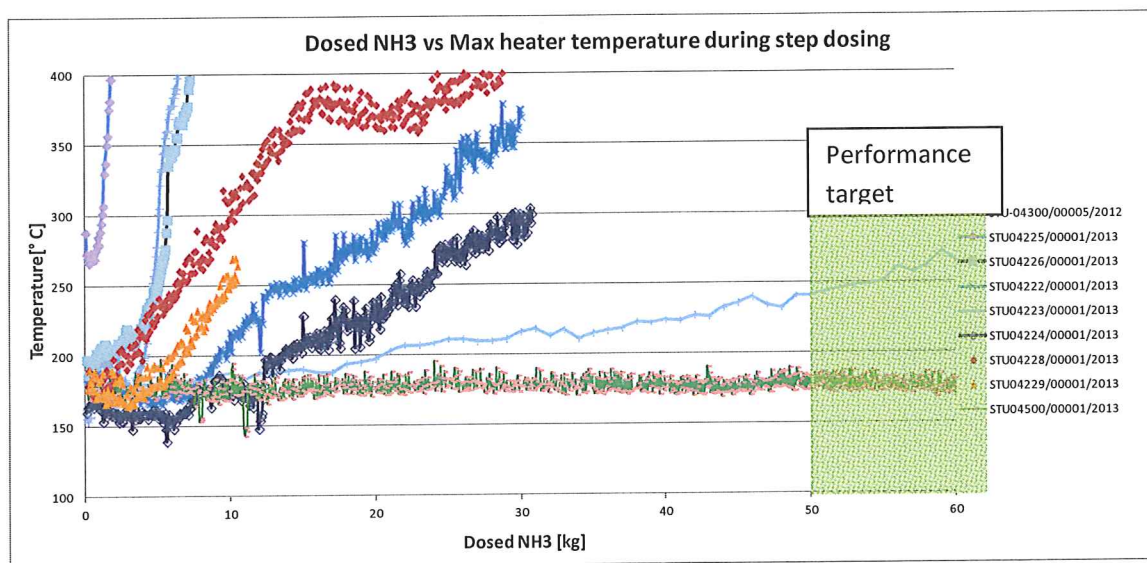
efter forholdsvis få cyklusser af dosering og genmætning. Derfor skulle der udvikles et bedre design for bedre langtidsholdbarhed.

Udvikling:

Med den nylige indhentede viden om hvordan materialet udvikler sig ved genmætning og undersøgelser af tidligere testet MU og STU designs, blev der forslået 12 nye designs, med forskellige konstruktioner til bedre varmfordeling for at reducere materialekræfter ved genmætning, samt stærkere konstruktioner, som kunne klare kræfterne. Af de 12 forslag, blev 6 udvalgte efter kriterier, som produktionsbarhed, forventet pris, udviklingsomkostning og forventet succes. De 6 designs blev lavet i flere varianter så der i alt blev fremstillet 17 prototyper til langtidstest.

Resultat:

Flere af prototyperne gave endog meget tilfredsstillende resultater. Figur 1 viser deres forbedret holdbarhed. Lav varmelegemetemperatur er et udtryk for god varmeledning i enheden. Stigende temperatur er et udtryk for en degradering af varmeledningen. Som det kan ses på figuren, har nogle af prototyperne overholdt vores interne designkrav.



Figur 3: Max varmelegeme temperatur ved dosering af ammoniak i langtidstest

Konklusion:

Udviklingen af nye STU designs har givet tilfredsstillende resultater for enhedernes holdbarhed. Der er forsat arbejde i at reducere produktionsomkostninger, og optimere deres performance. Bl.a. deres energiforbrug under drift.

d. Software

Softwaren er blevet forbedret på flere områder, mest bemærkelsesværdig er kontrollen af "control volume dosing" konceptet. Her er algoritmer blevet udviklet til at forudsige udviklingen af temperaturen inde i kontrol volumenet, efter en ventil er lukket. Med denne funktion er vi i stand til at forudsige hvor trykket vil falde til ro. Ved at bruge den forudsigelse ved påfyldning af CVD'en, kan vi begynde doseringen igen inden trykket er faldet til ro, og dermed øge flowet.

En anden forbedring er en begrænsning på trin størrelsen, ved dosering i kolde omgivelser. Vi fandt ud af, at doseringen var meget unøjagtige ved lave temperaturer på grund af kondensvand i kammeret. Nu begrænser vi doseringen når gasserne når dugpunktet.

Derudover er såkaldt "empty detection" funktion blevet kalibreret til de nye beholdere og softwaren er blevet valideret på det samlede system.

Resultaterne er listet nedenfor:

1. CVD'en er afprøvet og kortlagt ved lave temperaturer. (-7 og -15)
2. Algoritme til at undgå kondens i CVD kammer er blevet implementeret.
3. Softwaren er valideret med nye støjsvage ventiler.
4. Algoritme til at forudsige udviklingen i gastemperaturen er blevet udviklet.
5. Der er optimeret for øget flow.
6. CVD'en er verificeret med 140 mg/s ved 20° C.
7. Kalibreret og verificeret med ny Main Unit.
8. Kalibreret og verificeret med ny STU.

e. System

Formålet med den EUDP støttede del af systemudviklingen har været at implementere de opgraderede CVD-AFM, MU, STU komponenter med opdateret software i komplette ASDS systemer både til light duty (LD) og medium duty (MD) køretøjer og demonstrere systemernes evne til at dosere NH₃ efter et givet behov, på en sikker måde.

Hvad er testet

Det er testet at det er muligt at bruge genfyldte MD/LD beholdere i de respektive systemer og performance i hele driftsspektret ikke er ringere end specificeret, dette uden at skulle gå på kompromis med sikkerhed og kapabilitet.

Systemerne er herudover blevet opgraderet med de øvrige opgraderede komponenter og det er testet i laboratoriet at systemet i specificerede arbejdsområder er i stand til sikkert at dosere en given mængde NH₃ på et givet krav.

AET har herudover haft mulighed for at montere MD systemet på en bybus i hovedstadsområdet som en forløber til et delvist finansieret udviklingsprojekt hvor der skal monteres ASDS systemer på 3 busser også i hovedstadsområdet. Med de opgraderede komponenter fra EUDP projektet har dette bragt AET i stand til at dokumentere:

1. det er muligt at indbygge et ASDS system i en bus
2. systemet er i stand til at erstatte det eksisterende AdBlue system og reducere NOx tilsvarende eller bedre over den eksisterende katalysator
3. det sikkerhedsmæssigt er forsvarligt at operere med systemet
4. systemet er driftsstabilt
5. komponenterne holder i miljøet

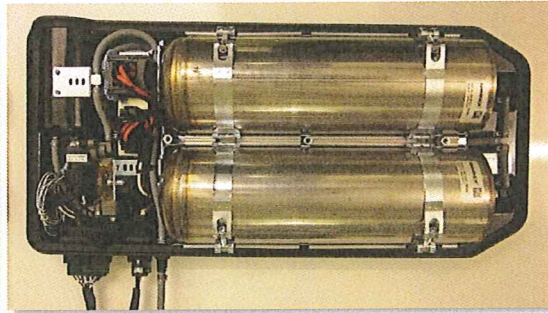
4. Konklusioner

Det er gennem projektet lykkedes væsentligt at forbedre CVD_AFM og beholdere i ASDS samt udvikle et tilfredsstillende genfyldningskoncept. Baseret på dette er ASDS systemerne nu valideret til B-sample niveau med de opgraderede komponenter og er klar til et specifikt videre udviklingsforløb med en potentiel OEM.

Det har haft stor betydning for forretningsmodellen at vise det er muligt at bruge en genfyldt MU i ASDS systemet og har betydet en reduktion af levetidsomkostningen, og dermed gjort systemet konkurrencedygtigt med eksisterende teknologi. Den optimerede CVD kan bruges i både LD og MD systemet hvilket giver en stor fleksibilitet på systemniveau. Projektet har været en stor succes.



MD ASDS system monteret på en bus



LD ASDS system