



Godkänd/Approved By

Telefax

Lagringsdata/File

Reg nr/Reg no

Utfärdare (intern postadress, namn)/Issued by

+46 520 78310

09001401.doc

TRV-09-0014

Per-Olof Stuesson

Telefon/Phone

+46 520 78125

Datum/Date

2009-05-04

Utgåva/Issue

01

Sida/Page

1 (7)

Fördelninga/To

För kännedom/For Information

Sammanfattning

Projektet har slutförts som planerat.

Teknisk Akustik, Chalmers: Experimentella och numeriska studier av ljudutbredning relaterat till kompakta motorrum har slutförts. Teori och numeriska modeller har utvecklats för prediktering av ljudutstrålning från bla motorrum. En metod för inkluderande av effekter av ljudspridande objekt i motorrum vid högre frekvenser har förslagits. Ett antal publikationer samt flertal exjobb har genomförts inom ramen för projektet.

Under det sista projektåret har KTH Farkost och Flyg fortsatt att utveckla metoden för reflektion och transmission av plana akustiska vågor. Metoden har utvärderats genom jämförelser med experimentella och teoretiska resultat på två olika geometrier, en kanal med platta och en kanal med plötslig areaexpansion. Metoden tar hänsyn till effekten av strömning på det akustiska fältet. Inga restriktioner finns på strömningsfältet. Resultaten har varit mycket tillfredsställande.

Under hösten har doktoranden i projektet, Axel Kierkegaard, presenterat sin licentiatavhandling, *Numerical investigations of generation and propagation of sound waves in low Mach number flows*. Granskare vid seminariet var Prof Wolfgang Polifke, Tekniska universitetet i München.

Saab Automobile AB har verifierat simuleringar av avgassystemskomponenters samt subsystems transmissionsförluster i laboratoriemiljö. Vidare har inverkan på avgasljudnivå för olika rörlängd från respektive bank hos V-motorer simulerats och verifierats i laboratoriemiljö.

Utöver detta har dieselmotorns ljudkaraktär modellerats, framförallt med avseende på förbränningsljud. Modeller för stationär drift (tomgång) samt transienta körfall (iväggkörning upp till 2000 varv och lätt last).

Under projektet har kunskap och metodik implementerats i flertalet nybilsprojekt samt publicerats och presenterats externt vid ett antal tillfällen.



Godkänd/Approved By

Telefax

Lagringsdata/File

Reg nr/Reg no

+46 520 78310

09001401.doc

TRV-09-0014

Utfärdare (intern postadress, namn)/Issued by

Telefon/Phone

Datum/Date

Utgåva/Issue

Sida/Page

Per-Olof Stuesson

+46 520 78125

2009-05-04

01

2 (7)

Slutrapportering från Teknisk Akustik, Chalmers

Projektet har slutförts som planerat. Experimentella och numeriska studier av ljudutbredning relaterat till kompakta motorrum har slutförts. Teori och numeriska modeller har utvecklats för prediktering av ljudutstrålning från bla motorrum. En metod för inkluderande av effekter av ljudspridande objekt i motorrum vid högre frekvenser har förslagits.

Vetenskapliga resultat

Experimentella och numeriska studier av akustiska egenskaper hos motorrum har påvisat kritiska källpositioner och nödvändigheten att inkludera effekten av alla ljudspridande objekt som finns i motorrummet vid högre frekvenser. Reduktion av öppningar till omgivningen och större distribution av absorbenter (även till positioner nära dessa öppningarna) är framtagna tumregler för minskat externljud.

Analys av olika absorbent- och skärmsystem för motorrum kommer utföras med de utvecklade numeriska modellerna under våren 2009 inom ett examensarbete. Vidareutveckling av modellerna för att inkludera effekten av ljudspridande objekt kommer att genomföras i mån av framtida finansiering. Projektansökan har skett tillsammans inom forskargruppen.

Förmedling av kunskap och resultat

Under projektet har resultat sammanställts till konferensbidrag:

1. "Boundary Element Formulation Using Generalised Green's Functions for Media With Random Distribution of Scattering Objects" Patrik Andersson, Proceedings of NOVEM (Noise and Vibration: Emerging Methods) 2009

Uppföljning av mål

Arbetet vid Teknisk Akustik, Chalmers löper enligt plan vetenskapligt men underspenderar enligt budget.

Rapporter och artiklar

1. Andersson, P. and Svensson, J., Experimental Investigation of Tube Sound Source for Measurements of Engine Bay FRFs, Report S05:02, Division of Applied Acoustics, Department of Civil and Environmental Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, December 2005.
2. Lindberg, E. & Andersson, P., Literature Review on Models for Sound Propagation in Engine Bays, Report S06:01, Division of Applied Acoustics, Department of Civil and Environmental Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 2006.
3. Andersson, P., Measurement of Air-Borne Frequency Response Functions from Engine Bay to Exterior: Data Treatment and Matlab Files, Report S06:02, Division of Applied



| | | | | |
|---|---------------|-------------------|---------------|-----------|
| Godkänd/Approved By | Telefax | Lagringsdata/File | Reg nr/Reg no | |
| | +46 520 78310 | 09001401.doc | TRV-09-0014 | |
| Utfärdare (intern postadress, namn)/Issued by | Telefon/Phone | Datum/Date | Utgåva/Issue | Sida/Page |
| Per-Olof Stuesson | +46 520 78125 | 2009-05-04 | 01 | 3 (7) |

Acoustics, Department of Civil and Environmental Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, Februari 2006.

4. Möbius, F., Characteristics and functioning of membrane absorbers covered with micro-perforated panels, Student Report 2007:S07-03, Institute of Solid Mechanics Technical University Dresden, Department of Civil and Environmental Engineering, Division of Applied Acoustics, Vibroacoustics Group, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden 2007.
5. Andersson, P., The Assumption of Locally Reacting Impedance: Error in Absorption Coefficient for Absorbers Subject to Plane Incident Waves, Report S07:05, Division of Applied Acoustics, Department of Civil and Environmental Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, October 2007.
6. Andersson, P., Boundary Element Method for Helmholtz Equation in Two and Three Dimensions: Theory, Implementation, and Users Guide, Report S08:02, Division of Applied Acoustics, Department of Civil and Environmental Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, December 2008.
7. Andersson, P., Validation of the Boundary Element Implementations BEM2D and BEM3D, Report S08:03, Division of Applied Acoustics, Department of Civil and Environmental Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, December 2008.
8. Atak, O., Preliminary Results from Numerical Evaluation of Sound Absorber Systems in Engine Bay, Report S08:04, Division of Applied Acoustics, Department of Civil and Environmental Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, December 2008.
9. Andersson, P., Characterisation of Acoustical Properties of Engine Bays by Using Measured FRFs, Report S08:05, Division of Applied Acoustics, Department of Civil and Environmental Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, December 2008.



| | | | | |
|---|---------------|-------------------|---------------|-----------|
| Godkänd/Approved By | Telefax | Lagringsdata/File | Reg nr/Reg no | |
| | +46 520 78310 | 09001401.doc | TRV-09-0014 | |
| Utfärdare (intern postadress, namn)/Issued by | Telefon/Phone | Datum/Date | Utgåva/Issue | Sida/Page |
| Per-Olof Stuesson | +46 520 78125 | 2009-05-04 | 01 | 4 (7) |

Slutrapportering från KTH Farkost och Flyg

Sammanfattning av läget i projektet

Under det sista projektåret har KTH Farkost och Flyg fortsatt att utveckla metoden för reflektion och transmission av plana akustiska vågor. Metoden har utvärderats genom jämförelser med experimentella och teoretiska resultat på två olika geometrier, en kanal med platta och en kanal med plötslig areaexpansion. Metoden tar hänsyn till effekten av strömning på det akustiska fältet. Inga restriktioner finns på strömningsfältet. Resultaten har varit mycket tillfredsställande.

Under hösten har doktoranden i projektet, Axel Kierkegaard, presenterat sin licentiatavhandling, *Numerical investigations of generation and propagation of sound waves in low Mach number flows*. Granskare vid seminariet var Prof Wolfgang Polifke, Tekniska universitetet i München.

Vetenskapliga resultat

KTH Farkost och Flyg har i projektet studerat ljudgenerering och ljudutbredning i rör med skarpa kanter. Effektiva metoder för att generering respektive utbredning har utvecklats och utvärderats.

Metoden för ljudgenerering, numerisk lösning av de icke-linjära Navier-Stokes ekvationer, fanns vara lovande. Däremot behöver koden som användes utvidgas och effektiviseras för att mer realistiska strömningsfall ska kunna studeras. En alternativ metod för att studera ljudgenerering har även studerats där strömningsfältet först delades upp i s.k. globala moder. Därefter beräknades det genererade ljudet med en akustisk analogi. Metoden gav god inblick i ljudgenererande mekanismer, men är begränsad av att den är giltig då strömningen är laminär.

Metoden för ljudutbredning av plana vågor, som även tar hänsyn till reflektion och transmission vid plötsliga areavariationer, har funnits mycket lovande. Här löses de lineariserade Navier-Stokes ekvationer i frekvensdomän. God överensstämmelse med teoretiska och experimentella resultat har uppnåtts. I detta arbete ingår även framtagande av bättre verktyg och utökad förståelse för hur plana akustiska vågor kan extraheras ur numeriska data.

Förmedling av kunskap och resultat

Under projektet har resultat presenterats vid följande tillfällen:

1. International Congress of Sound and Vibrations (ICSV), Vienna, Austria, 2006
2. 5th ERCOFTAC SIG 33 Workshop, Laminar-Turbulent Transition Mechanisms, Prediction and Control, Stockholm, 2006
3. 13th AIAA-CEAS Aeroacoustics conference, Rom, Italien, 2007
4. Svenska Mekanikdagarna, Luleå, 2007
5. ISMA International Conference on Noise and Vibration Engineering, Leuven, Belgien, 2008



| | | | | |
|---|---------------|-------------------|---------------|-----------|
| Godkänd/Approved By | Telefax | Lagringsdata/File | Reg nr/Reg no | |
| | +46 520 78310 | 09001401.doc | TRV-09-0014 | |
| Utfärdare (intern postadress, namn)/Issued by | Telefon/Phone | Datum/Date | Utgåva/Issue | Sida/Page |
| Per-Olof Stuesson | +46 520 78125 | 2009-05-04 | 01 | 5 (7) |

Uppföljning av mål

Arbetet vid KTH Farkost och Flyg har uppfyllt de mål som finns i den senaste projektplanen.

Rapporter och artiklar

1. A. Kierkegaard, Numerical Aspects of Curle's Equation, TRITA-AVE 2006:19, ISSN 1651-7660. Exjobbssrapport.
2. A. Kierkegaard, Numerical Investigations of Generation and Propagation of Sound Waves in Low Mach Number Internal Flows, TRITA-AVE-2008:58, ISSN-1651-7660. Licentiat avhandling.
3. A. Kierkegaard, G. Efraimsson, A Numerical Investigation of Interpolation Methods for Acoustic Analogies. (Inskickad för publicering).
4. A. Kierkegaard, E. Åkervik, G. Efraimsson, D. S. Henningson, Flowfield eigenmode decompositions in aeroacoustics. (Inskickad för publicering. Utvidgad version av version av A. Kierkegaard, G. Efraimsson, J. Hoepffner, E. Åkervik, D. Henningson and M. Åbom - Identification of sources of sound in low Mach number flows by the use of flowfield eigenmodes, Proceedings of the 13th International Congress of Sound and Vibrations (ICSV), Vienna, Austria, 2006).
5. A. Kierkegaard, G. Efraimsson, Generation and Propagation of Sound Waves in Low Mach Number Flows, Proceedings of the 13th AIAA-CEAS Aeroacoustics conference, Rome, Italy, 2007.
G. Efraimsson, T. Pieper, M. Åbom and S. Boij, Simulation of Wave Scattering at an Orifice by using a Navier-Stokes Solver, AIAA-2007-3402, 13th AIAA/CEAS conference, 21-23 May, 2007.
6. A. Kierkegaard, G. Efraimsson, S. Boij, Acoustic propagation in a flow duct with an orifice plate, ISMA conference, Leuven, Belgium, 2008.



Godkänd/Approved By

Telefax

Lagringsdata/File

Reg nr/Reg no

Utfärdare (intern postadress, namn)/Issued by

+46 520 78310

09001401.doc

TRV-09-0014

Per-Olof Stuesson

Telefon/Phone

+46 520 78125

Datum/Date

2009-05-04

Utgåva/Issue

01

Sida/Page

6 (7)

Slutrapportering från Saab Automobile AB

Sammanfattning av läget i projektet

Under det sista projektåret har Saab Automobile AB verifierat simuleringar av avgassystemskomponenters samt subsystems transmissionsförluster i laboratoriemiljö. Vidare har inverkan på avgasljudnivå för olika rörlängd från respektive bank hos V-motorer simulerats och verifierats i laboratoriemiljö.

Utöver detta har dieselmotorns ljudkaraktär modellerats, framförallt med avseende på förbränningsljud. Modeller för stationär drift (tomgång) samt transienta körfall (iväggkörning upp till 2000 varv och lätt last).

Vetenskapliga resultat

Saab Automobile har i projektet studerat ljudgenerering och ljudutbredning för fundamentala förbränningsordningar i avgas och insugsystem (lågfrekvent ljud). Fundamentala modeller för att beskriva dieselmotorns speciella impulsiva förbränningsljud för olika körfall har utvecklats.

Kommersiella verktyg (GT-Power) har utnyttjats för analys/syntes av lågfrekvent ljudutbredning i avgas och insugsystem. Vid validering av simuleringssmodeller påträffades signifikanta skillnader för olika dämpningsgrader (ulltäthet). Resultaten återfördes till leverantören av källkoden. Metodiken påvisar god överensstämmelse för de fundamentala motorförbränningsordningarna vid lägre dämpning. God överensstämmelse med prov vid simuleringar av ljudnivå för ändror för olika avgassystemsrörlängder för V-motorer påvisades.

Modell för beskrivning av dieselmotors speciella impulskaraktär har utvecklats och har påvisat god överensstämmelse med subjektiva mätningar.

Ett förutvecklingsprojekt har utförts tillsammans GM Powertrain Diesel Center i Turin, Italien med avseende på dieselmotorljudskaraktär.

Förmedling av kunskap och resultat

Under projektet har kunskap och metodik implementerats i flertalet nybilsprojekt samt publicerats och presenterats externt vid följande tillfällen:

1. 5:th International Styrian Noise, Vibration & Harshness Congress, Graz, Austria, 2008.
2. 17. Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motorentechnik, Aachen, Germany, 2008

Resultat från senaste året inom området modellering av förbränningsljud kommer att publiceras inom snar framtid.

Uppföljning av mål

Arbetet vid Saab Automobile AB har uppfyllt de vetenskapliga målen som finns i den projektplanen. Den ekonomiska rapporteringen av nedlagda timmar och kostnader på avsett



| | | | | |
|---|---------------|-------------------|---------------|-----------|
| Godkänd/Approved By | Telefax | Lagringsdata/File | Reg nr/Reg no | |
| | +46 520 78310 | 09001401.doc | TRV-09-0014 | |
| Utfärdare (intern postadress, namn)/Issued by | Telefon/Phone | Datum/Date | Utgåva/Issue | Sida/Page |
| Per-Olof Stuesson | +46 520 78125 | 2009-05-04 | 01 | 7 (7) |

internt konto har inte uppfyllt mål. I flertalet nybilsprojekt har tid och kostnader rapporterats som har anknytning till projektet.

Rapporter och artiklar

1. Lindqvist, C., Engine Sound Character using GT-Power, 2007 GM Global CAE Conference.
2. Lindqvist, C., Olsson, H., Final report EMFO project, internal report, Saab Automobile AB, 2008.
3. Svensson, C, Diesel Knocking Sound, Internal Report, Saab Automobile AB, 2008
4. Johansson, P., LF3 Exhaust Sound, " Internal Report, Saab Automobile AB, 2008.
5. Stuesson, P.-O. et al, Application of N&V development synthesis and tools for a global vehicle architecture, 5:th International Styrian Noise, Vibration & Harshness Congress, Graz, Austria, 2008.
6. Belluscio, M. et al, Sound design for diesel passenger cars, 17. Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motorentechnik 2008, Aachen, Germany,