

SVIB VIBRATIONS NYTT

Medlemsblad för Skandinaviska Vibrationsföreningen

Årg 29 Nr 1 Oktober 2011

2011 års vibrationsdag kommer att äga rum
22-23 november i Oslo

Besök även vår grupp på Linked In
SVIB. Skandinaviska vibrationsföreningen

ISSN 0281-6830

Vi löser vibrations- och bullerproblem



ISOTOP®  MECANOCAUCHO

SYLODYN® **SYLOMER®**

 **GERB**

DAMTEC® noise|trap®

CHRISTIAN BERNER AB • Box 88, 435 22 Mölnlycke • Tel 031 33 66 900 • Fax 031 33 66 999
info@christianberner.com • www.christianberner.com

Innehåll:

Ledare:

Elisabeth Blom 5

Alf 7

Kondoleanser 9

Rapport från skattmästaren

Torbkör Kloow 11

Stomljud från höghastighetståg

Tomas Odebrant 13

*Utökad tillsyn av vibrationer på
jobbet*

Johan Granlund 19

Acoustic emission stroboscope

Krystof Kryniski 24

SVIB styrelse

Ordförande

Elisabeth Blom

Qring Technology AB

Vice Ordförande

Ylva Vidhög

Forsmarks Kraftgrupp

Sekreterare

Skattmästare

Torbjörn kloow

Acoutronic AB

Övriga ledamöter

Soeren R.K Nielsen

Department of Civil Engineering

Aalborg University

Örjan Johansson

ÅF-Ingemansson AB

Anders Olsen

Vibratec Akustikprodukter ApS

Arbetsutskott

AU1 Vibrationsmätning och analys

Kjell Ahlin

AU2 Fordons- och maskinvibrationer

Juha Plunt

AU3 Trafik-, mark-och byggnadsvibrationer

Vakant

AU4 Vibrationers inverkan på människan

Johan Granlund

AU5 Forskning och utbildning inom

vibrationsområdet

Soeren R.K Nielsen

Annonskostnad (exkl moms)

Dubbeluppslag 10000 SEK

Baksida 7000 SEK

Hel insida 5000 SEK

Halvsida 3000 SEK

Medlemsavgift:

550 SEK

Pensionärer 280 SEK

Se Torbjörns artikel angående medlemsavgifter.

Det är med tungt hjärta jag skriver denna ledare. Alf finns inte mer..."han fattas mig". Han fattas oss. Det kan inte hjälpas att en stor man som betytt så mycket för föreningen inte ringer och frågar; "varför då? Har du gjort det här? Vad tycker du?". Mitt hjärta finns hos Alfs nära och kära och främst hustru Nina.

SVIB kommer i alla fall att leva vidare men det kräver att vi hjälps åt. Vi söker nu de som vill vara med i styrelsen och i arbetsutskotten för att föra vår kunskap vidare och för att kunna hjälpa varandra.

Ett av de viktiga målen jag ser för föreningen är att kunna erbjuda ett nätverk där teknik och samarbete går före kommersiella intressen. Det är förstås inte lätt då många av oss lever på konkurrensut-satta konsultuppdrag. Men ändå.. Jag ser vibrationsdagen som ett antikt olympiskt spel där vapnen lades ner och man visade upp vad man lärt sig och konkurrerade i annat. I vårt fall med smarta lösningar på krångliga problem. Vi måste ta vara på möjligheten till livslångt lärande och dela med oss för att få tillbaka. Nästa tillfälle att träffas är 23-24 november i Oslo.

Vad det gäller utbildning på grundnivå skall föreningen också vara en spelare. Det är nödvändigt att vi utbildar kandidater och masterstudenter i vibrationer både på mätsidan och simuleringssidan. Varför inte båda? Enligt Bolongaprotokollet så kommer eleverna göra två examensarbeten fram till masterexamen. Vi måste vara villiga att ta emot och hjälpa dessa studenter. Även om vi är småföretagare eller en liten grupp på ett större företag. I Linköping kommer man att inleda försök med samarbete med mindre företag för att även dessa skall kunna ta vara på idéer. Jag tror att nätverket inom SVIB kan bli mycket värdefullt för dessa studenter.

Jag önskar att alla skulle kunna fundera ut en sak som ni skulle vilja ha gjort men inte har tid med så skall jag se om vi kan ha en diskussion i ämnet under vibrationsdagen.

Då Svenska Vibrationsföreningen, SVIB, grundades ur IVA:s vibrationskommitté 1983 blev Alf Olsson vald till sekreterare. Valet var naturligt, Alf hade en central roll då han i sitt arbete på SEK, Svenska Elektriska Kommissionen, ansvarade för den svenska standardiseringen inom vibrationsområdet. Internationellt låg detta under



ISO. Under många år kunde Alf tillsammans med Ulla Nordin sköta SVIB:s kansli på SEK. Alf var en magnifik sångare, och han var under en tid deltidсанställd vid stockholmsoperan. Genom denna kontakt kunde SVIB:s årliga vibrationsdag hållas på operan, och Alf kunde se till att det till lunchen bjöds på storartad underhållning med musiker, sångare och dansare från operan. Så småningom blev Alf engagerad i Sjöfleooperan, och då hade han alltid en källa av artister att tillgå, inte bara för vibrationsdagarna utan också till de specialsymposier som föreningen arrangerade. Det hände att Alf själv bjöd på underhållningen. Ett helt oförglömligt minne var när Sjöfleooperan hade Teaterbåten på repertoaren, och Alf en vibrationsdag till lunchen bjöd på Ol' man river till en rysk tjugomannaorkester!

Alf var SVIB, SVIB var Alf! Han var artisten bland teknikerna, han var den vars bullriga skratt hördes tvärs över restaurangen, han var den som rätt som det var kunde brista ut i en sång till vinets lov. Då SEK inte längre önskade hantera vibrationsstandardiseringen, tog Alf själv ansvaret för SVIB:s kansli i ett eget företag. Han fortsatte också sitt stora engagemang inom ISO, nu inom det egna företaget. På SEK fick han ett nytt uppdrag, efter en omorganisation inom IEC hade en ny kommitté för miljötålighet bildats. Sverige fick det internationella sekretariatet, och Alf blev sekreterare, en uppgift han skötte tills han insjuknade.

Alf satte sin personliga prägel också på det internationella arbetet. Han var inte rädd för att ta på sig stort ansvar, och han blev därför den naturliga medelpunkten både under de tekniska överläggningarna och under fritiden. Man skulle se till att man följde Alf på utflykter och till måltider, det hände alltid något extra!

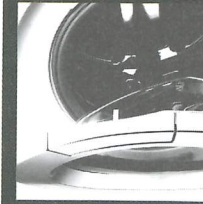
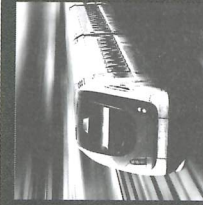
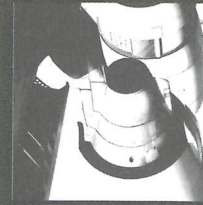
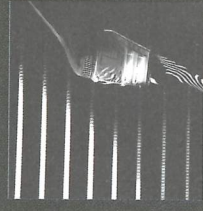
Alf var mycket omtyckt, här ett citat från en amerikansk deltagare i IEC-arbetet i svensk översättning:

”Han kom med en sorglöshet till en grupp som kunde vara ganska seriös, han gav oss alla en möjlighet att visa nya sidor, han lärde oss att vi alla bär ett barn inom oss som behöver tålmod och uppmuntran för att kunna prestera, och att även med allvarliga ting framför ögonen finns det alltid tid för ett skratt. Han berörde så många och framkallade så många leenden. Jag är säker på att han får änglarna att skratta nu.”

Kjell Ahlin

Styrelsemedlem SVIB, f.d. ordförande SVIB

Projektleddare ISO TC 108, svensk chefsdelegat IEC TC 104



rotational speed and rotation angle; rpm from CAN; rpm sensor, angle transducer, incremental encoder; airborne sound: ICP® microphone, 200 volt polarized microphone, head phone microphone, analog artificial head, digital artificial head; conducted sound: piezoelectric accelerometer, ICP® accelerometer, strain gauge, laser vibrometer; voltage input; electrical energy management; digital inputs; digital audio; CAN; vehicle and test rig; GPS for time and position, IRIG for time; control outputs e.g. function generator: white noise, ramp, fade, chirp, sine, square, triangular, playback from file; EtherCAT®; FlexRay™; temperature: E, J, K, T thermocouples, PT100 sensor; displacement: rope transducer, inductive transducer; stress and fatigue analysis: strain gauge, force transducer, load cell, pressure transducer; piezoelectric accelerometer

Measure. Analyse. Assess. Manage.

Acoustics | Vibration | Strength | and more

PAK. Pathbreaking measurement technology. The perfect choice when pursuing measurement perfection.

PAK

www.MuellerBBM-vas.com
www.MuellerBBM.se

Kondoleanser för Alf

Dear Friends of Alf,

we are very sorrowful hearing this really bad news. Alf's voice singing in the evening deeply impressed and relaxed all meeting members of different nations and cultural backgrounds. This, all his amusing and profound contributions we will keep in mind...

Kjell, could you please express our deep compassion to his wife Nina and his relatives Christian and Michael [IEC TC 104]

Dear Friends,

I'm sad to hear this news, although we knew he had not been well for a while.

Alf was a personality with big heart and gave spirit in all the events and meetings he attended.

There are not too many artists among us engineers and scientists.

His contribution will be missed.

Sleep well Alf.

Markku [IEC TC 104]

I have so many memories of Alf: the booming laugh that could be heard across a restaurant, breaking into song suddenly, his desire to do things right even though he sometimes made mistakes, and sometimes a pouty child though that never lasted for long and he would be back in infectious good spirits. I remember visiting Finland in the winter, and I would ask the other members if I might hold onto their arms so that I wouldn't slip on the ice. Everyone was very good natured about it but when it was Alf's turn you would have thought I was a porcelain doll and he half carried me. :)

I got the chance to work with him closely on the editing days. He felt it deeply when he knew he couldn't always keep up with the typing or would make mistakes, but did so well with patience. I will always remember Alf with a smile. To me he was a great big kid, sometimes needing a little extra kindness but more than repaying it. He brought with him a light heartedness to a group which could be pretty serious, gave us all a chance to shine in new ways, and that taught me lessons I will carry with me the rest of my life. He reminded me of the magic of sharing in front of a group (why I had people at one dinner sing or tell jokes), of how we all carry a child inside that needs patience and praise in order to excel, and that even with serious business at hand there is always time for a laugh. He touched so many lives and gave so many smiles. I am sure he has the angels laughing now.

Chris [IEC TC 104]

Kjell,

Thank you for letting us know about Alf. He was one of the more interesting persons I have ever met. Always friendly and a joy to be around.

Peter [IEC TC 104]

Dear Friends,

I am deeply shocked to hear this news..

I am certain that his passing must be a great loss to TC104 members, as he has been such a capable and cheerful person and had made so much contribution to TC104.

We are so very sorry to hear about your loss.

p.s. Kjell, thank you for telling us.

Toshimi Ishida [IEC TC 104]

Det var verkligen sorgligt att höra. Jag visste ju att han var dålig men nu blev det definitivt. Trist - vi har ju haft mycket kontakter under snart 30 år och han var ju en fantastisk person. Jag har många trevliga minnen av honom inte minst från olika ISO möten på olika ställen i världen.

Ylva Vidhög [SVIB]

I am so sorry to hear this! Was he sick?

We will miss Alf's contributions, both professional and his vibrant personality!

With sympathy,

Susan [ISO TC 108]

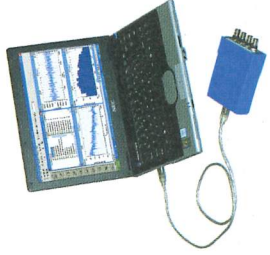
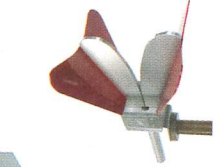
I sorg och stor saknad av käre Alf, tänker jag särskilt på hans varma bullriga röst och på hur han till alla våra sammankomster såg till att lyfta stämningen med hjälp av gästande musiker, sångare, spexare o s v.

Johan Granlund [SVIB]

Glöm inte att säga att Alf var som en stor "Nalle" för alla även om någon hade glömt en och annan nål kvar när han syddes....

Elisabet [SVIB]

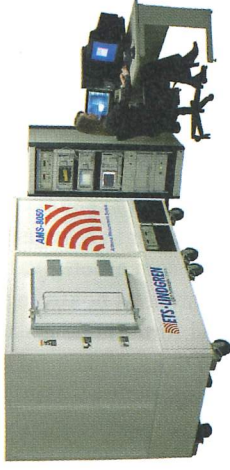
Din leverantör av utrustning och service inom
EMC, Elsäkerhet och Temperatur/Vukt/Vibration



Elsäkerhet



EMC



Temperatur/Vukt/Vibration



Rapport från Skattemästaren

Hoppas alla medlemmar haft en riktigt skön sommar, själv har föreningen varit mycket aktiv under juli då vi nu lyckats fakturera ut medlemsavgifterna som Ni säkert märkt. Som Ni vet genomförs nu stora förändringar av organisationen och för tillfället pågår överföringen av "kansliet" från SVIB Normtjänst AB till föreningen själv. I december 2010 tömde jag även kontoret i Säfte och jag har (temporärt) ett antal pärmar och gamla SVIB-nytt arkiverade här.

Inte minst på det ekonomiska planet blir det stora förändringar och under våren ansökte om:

- att bli en ideell förening utan näringsverksamhet
- att avregistrera föreningen från moms
- att avregistrera föreningen som arbetsgivare

Beslut har fattats från skatteverket att från den 25 mars är vi avregistrerade från moms och som arbetsgivare. Tyvärr innebär detta att årets bokföring blir lite krånglig, då vi fortfarande måste redovisa moms tom 24 mars. Vidare måste F-skatt betalas tom augusti 2011. Det är inskickat en preliminär självdeklaration med 0:- i näringsresultat så vi hoppas kunna slippa F-skatt senare.

Under juli har vi så fakturerat medlemsavgifterna. Steg 1 var att konvertera det gamla "Access"-registret till kompatibilitet med befintligt bokföringsprogram. Steg 2 var att skapa elektroniska fakturor av typ pdf och slutligen i steg 3 mailades dessa ut till medlemmarna. Ca 75st medlemsadresser var fel och

dessa måste nu kontrolleras manuellt. Genom att skapa medlemsfakturor i bokföringsprogrammet bokfördes dessa därefter automatiskt och när betalningen inkommer kan man enkelt bocka av dem. Vi har nu skickat en medlemsfaktura med beloppet SEK 550:- till samtliga medlemmar oberoende av vilket land man är verksam i. Genom att vi inte längre är momspliktiga behöver vi inte ange andra länders VAT-nummer. Pensionärer betalar SEK 280:-. En annan punkt att notera är att SVIB har verksamhetsår 1 september till 31 augusti. Det betyder att de fakturor som skickats ut nu, avser medlemskap i SVIB för perioden 1:a september 2010 till 31:a augusti 2011.

Det vi inte hann med var att kunna skicka ut grupp faktura till storföretag med många medlemmar. Några medlemmar har påpekat detta och jag hoppas det blir klart till nästa år. En annan sak att notera är att vissa företag kräver beställningsnummer på fakturan, mao. att medlemmen/inköpsavdelningen först ger SVIB beställningsnumret så att det står på fakturan.

OBS! Bara ca 170 medlemmar har betalt de elektroniska fakturorna, när detta skrivs håller vi på med att maila runt påminnelser och sedan skickas resterande med post.

Saknar Ni medlemsfaktura – maila till SVIB@acoutronic.se

Hälsningar / Torbjörn Kloow

Vibratorservice...



**Ring oss idag!
0141-580 00**

... OCH RESERVDELAR TILL ALLA MÄRKEN

- Reparationer, underhåll och uppgraderingar
- Förebyggande servicekontrakt
- Garanterade inställelsetider 24/48h
- Omlindning av armaturspolar och fältspolar
- Uppgradering med nya switchande effektförstärkare
- Glidbord till alla märken oljefilm/linjär/hydrostatlager
- Headexpanders och fixturer
- Uppgradering av vibratörer till längre slaglängd
- Nya och renoverade vibrationstestsystem
- Stort lager med reservdelar till alla vibratormärken
- Ackrediterad kalibrering av accelerometrar

Vi erbjuder kvalificerad service och reservdelar till alla vibratormärken. Med egen erfaren servicepersonal och i samarbete med välkända CVMS Ltd i England kan vi snabbt hjälpa till med service på plats hos er.

Stomljud från höghastighetståg

Tomas Odebrant
ÅF-Infrastructure AB, Ljud och vibrationer
(f.d. Ingemansson)
Box 1551, 401 51 Göteborg
e-post: tomas.odebrant@afconsult.com
telefon: 010-5058437

Bakgrund

Trafikverket driver ett projekt som skall belysa alla aspekter på driften av höghastighetsbanor. Höghastighetståg definieras som tåg med hastighet minst 250 km/h. Hastigheten på höghastighetsbanorna i Sverige kommer troligen att ligga på drygt 300 km/h i framtiden.

Inom Höghastighetsprojektet startade i mars 2010 ett delprojekt om stomljud från höghastighetståg. Man ville utreda ett antal punkter som kanske skiljer sig från vad som gäller för tåg i mer normala hastigheter.

Hastighetsberoendet för luftljud har undersökts i många år och de olika delarna motorljud, rullningsljud och aerodynamiskt ljuds andel vid olika hastigheter är väl utrett. För stomljud finns inte lika mycket arbete gjort men forskning utförs exempelvis i Storbritannien och Nederländerna och beräkningsmodeller tas fram. Inom ISO finns också en arbetsgrupp för stomljud från tunnlar. De flesta tunnlar som ligger invid bostäder är också nära stationer där hastigheten inte är så hög. För höga hastigheter finns det enstaka referenser men underlaget är inte lika bra där.

Projektet mål var att ge förslag till principlösningar att användas för stomljudsisolering vid projektering av tunnlar för höghastighetslinjer.

Projektet skulle om möjligt belysa följande punkter:

1. Lämpligt målvärde för stomljud från höghastighetståg
2. Genomgång av teorier och beräkningsmodeller för stomljudsspridning, speciellt för höga hastigheter
3. Genomgång av vad som påverkar stomljudsöverföringen.
4. Val av målvärde för stomljud från höghastighetståg
5. Genomgång av mätningar vid tidigare stomljudsuppdrag. Kontroll om hastighetsberoende kan fastställas från mätningarna.
6. Tidig indikation om målvärdet är möjligt att uppfylla
7. Beräkning av stomljuds nivåer och förslag till principlösningar att användas för stomljudsisolering vid projektering av tunnlar för höghastighetslinjer.
8. Tumregler för acceptabla avstånd mellan bostäder och tunnel beroende på val av åtgärd

Vilka faktorer påverkas av en hastighetsökning?

Källan

I litteraturen finns en del försök till beskrivningar av hur de olika faktorerna i källans egenskaper enligt ovan, påverkas. Det är dock svårt att avgöra vilka delar av de hastighetsberoende faktorerna som kan bidra till vibrationsalstringen utöver den del som av räl- och hjuljämnheter bidrar med.

I ISO 14837 görs ett försök att visa på de olika delarnas inbördes förhållande vid 80 resp. 250 km/h. Här visas att de bredbandiga vibrationerna orsakade av räl- och hjuljämnheterna dominerar. Deras redovisning indikerar att kraft orsakad av sliperfrekvensen kommer in och bidrar till en ökning vid högre hastigheter, utöver den generella ökningen pga. räl- och hjuljämnheterna. Därefter kommer boggifrekvensen eventuellt in. För 320 km/ skulle de aktuella frekvenserna vara ca 140 Hz för sliperfrekvensen och 20-30 Hz för boggifrekvenserna. Boggifrekvenserna är för låga för att bidra väsentligt till den A-vägda nivån. Sliperfrekvensen skulle dock kunna ge ett visst bidrag och därmed kunna ge en något högre frekvens för toppen i det A-vägda spektret. Den närmare analysen av hastighetsberoendet vid mätningar vid Håknästunneln visade att detta stämmer bra. En högre frekvens innebär också att effekten för olika typer av elastisk uppläggning av spåret får större effekt.

Överföringen

Eftersom spektret verkar bli något mer högfrekvent med högre tåghastighet kommer materialdämpningen i överföringsvägen troligen bli något högre eftersom förlustfaktorn vanligtvis är högre vid högre frekvenser.

Materialdämpningen är proportionell mot:

$$e^{-\alpha(r_2-r_1)}$$

r_1 = referensavstånd

r_2 = aktuellt avstånd

Dämpfaktorn α ger ett mått på berggrundens egenskaper och är beroende av flera faktorer: materialdämpning, frekvens och våghastighet.

Dämpfaktorn α bl.a. proportionell mot frekvensen. Mätningar i Håknästunneln visade att den dominerande frekvensen ökar något (upp till en ters) vid en hastighetsökning från 80 till 320 km/h. En beräkning visar att det skulle innebära ca 1 dB(A) högre materialdämpning på typiska avstånd för 320 km/h jämfört med 80 km/h vilket kan betraktas som en liten skillnad.

Mottagaren

Även här får vi en, troligen marginell, ökning av dämpningen pga. hastighetsökningen.

Teorier och beräkningsmodeller

Litteratursökning

Trafikverket har inom Höghastighetsprojektet utfört en litteratursökning, ref(10). Två modeller nämns speciellt, "Find-wave" från Rupert Taylor och "Pipe-in-Pipe" (Hunt & Hussein, 2007). Hunt & Hussein gör en genomgång av osäkerheterna i modellen Pipe-in-Pipe och kommer fram till att onoggrannheten vid stomljudsberäkningar inte är bättre än ± 10 dB.

I Andreas Eitzenbergers lic-avhandling, ref. (8), listas en rad fall där FEM och BEM har använts vid olika tunnelprojekt. I de flesta fall verkar det vara enstaka projekt som analyserats och att det inte har tagits fram någon verifierad beräkningsmodell som skulle kunna användas kommersiellt.

Empiriska modeller

Inom olika konsultbolag har man tagit fram modeller som baseras på erfarenheter från en stor mängd mätuppdrag. Det gäller exempelvis Brekke & Strand i Norge och ÅF-Ljud och vibrationer i Sverige. Dessa modeller utvecklas successivt och fler och fler parametrar tas med i modellerna.

Dessutom finns programmet BanePro som utvecklats för den danska Banestyrelsen.

ISO-standard 14837

En grupp inom ISO arbetar med en standard med namnet "Mechanical vibration – Ground-borne noise and vibration arising from rail systems", på svenska som SS-ISO 14837-1:2005 "Vibration och stöt – Markburet buller och markburna vibrationer från järnvägstrafik".

Standarden planeras innehålla ett antal delar. Endast del 1, General guidance, är klar. Den behandlar bakgrund samt listar parametrar att beakta när en beräkningsmodell skall utvecklas, exempelvis excitationmekanismer, utbredning i mark etc..

Resultat från tidigare mätningar

Inom projektet sökte vi mätresultat i egna uppdrag samt i andra källor.

Amerikanska mätningar på höghastighetståg i Europa

I mitten av 90-talet gjorde Harris, Miller, Miller & Hanson omfattande ljud och vibrationsmätningar på fyra olika höghastighetståg i Europa. Vi hjälpte till med deras mätningar på X2000-tåg i Sverige. Mätningarna presenterades i ref. (1). Resultaten användes därefter till en handbok, ref. (3).

Mätningar av ÅF-Ljud och vibrationer för tågtilverkare

Vid dessa mätningar gjordes ett antal mätningar i höghastighet med samma exemplar av ett höghastighetståg. Dessutom gjordes mätningar vid lägre hastighet vid återtransport samt dessutom passager av ett antal normala passager av Intercity-tåg och X2000. Mätningarna gjordes i mjuk mark på olika avstånd från spåret men även på själva rälen.

Nya mätningar inom höghastighetsprojektet

I samband med ett annat mätuppdrag för Botniabanan gjordes också ett antal vibrationsmätningar för Höghastighetsprojektet vid Håknästunneln genom granitberg. Mätningarna utfördes i samband med testkörningar före banan öppnades

för reguljär trafik.

Mätpunkter placerads på sliprar, på tunnelväggen och på berget ovanför tunneln på olika avstånd.

Mätningarna gjordes dels vid de planerade testkörningarna med Reginatåg i hastigheterna 120-280 km/h, dels vid några transportkörningar av tåget till andra sidan tunneln i ca 80 km/h.

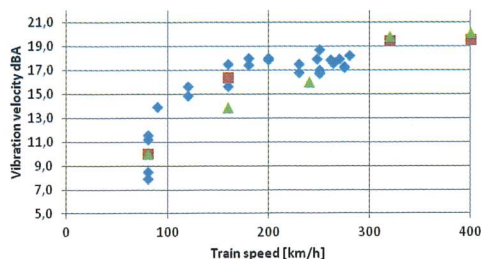
Beräkningar

Vi utförde också beräkningar med några olika modeller:

1. Beräkning för hastigheterna 80, 160, 320 och 400 km/h med programmet FindWave (Rupert Taylor)
2. Beräkning med det danska programmet BanePro för hastigheterna 130-200 km/h vilket är det hastighetsområde som programmet anses giltigt för.
3. Beräkning med egna empiriska modeller

Sammanfattning av resultaten

I nedanstående figur redovisas vibrationsmätningarna (dBA rel. $5 \cdot 10^{-8}$ m/s) i terrängen snett ovanför tunneln (vertikalt), blå romber. Röda kvadrater anger beräkningsvärden (normerade till 80 km/h) enligt FindWave för kalkberg, gröna trianglar för granit.



Mätningarna tycks indikera att hastighetsberoendet avtar och upphör över 200 km/h. Beräkningarna med FindWave visar också att hastighetsberoendet avtar men dock vid en högre hastighet, ca 300 km/h.

Frekvensanalys av mätningarna visade också att den dominerande frekvensen ökar med hastigheten. Nära spåret ökar frekvensen med 25-40 % från 80 till 280 km/h. För nivån uppe på berget är ökningen mindre än 25%.

En sammanfattande bedömning visar att stomljudet ev. kan öka med upp till 2 dBA som mest vid en ökning från 200 till 320 km/h. Samtidigt visar beräkningar att stomljudsisolering av spåret ger större effekt vid högre hastigheter eftersom den dominerande frekvensen ökar. Detta gäller speciellt för enklare typer av åtgärder. Vi har beräknat ökningen av insättningsdämpningen från 200 km/h till 320 km/h till:

Under-sleeper-pad: 1,5 dB(A)

Enklare typ av ballastmatta: 1 dB(A)

Bästa ballastmattan: 0 dB(A)

Att förbättringen av insättningsdämpningen sjunker vid de effektivare åtgärderna beror på att de har nästan lika bra effekt vid de aktuella frekvenserna, både för 200 och 320 km/h. Enklare Under-sleeper-pads har däremot bättre isolering mot de högre frekvenserna för det snabbare tåget.

Huruvida vi får några höghastighetsbanor i Sverige de närmaste decennierna står väl just nu skrivet i stjärnorna med tanke på de ramar som regeringen har satt upp för kommande järnvägsinvesteringar (se också Finansdepartementets rapport

från 2009 "Höghastighetsjärnvägar - ett klimatpolitiskt stickspår" (!)).

Referenser i urval

1. Harris, Miller, Miller & Hanson, 1996
Summary of European High-Speed Rail
Noise and Vibration Measurements,
HMMH report no. 2936-30-2, April 1996
2. Krylov, Victor V., 2001.
Noise and Vibration from High-Speed
Trains. Thomas Telford Ltd.,
ISBN: 0 7277 2963 2.
3. Harris, Miller, Miller & Hanson, October 2005
High Speed Ground Transportation Noise
and Vibration Impact Assessment, U.S
Department of Transportation, Federal
Railroad Administration.
4. Swedish Standards Institute, 2005.
SS-ISO 14837-1:2005 Vibration och
stöt – Markburet buller och markburna
vibrationer från järnvägstrafik. Del :1
Vägledning (ISO 14837-1:2005, IDT).
5. Kaufman, A.A. and Levshin, A.L.,
2005.
Acoustic and Elastic Wave Fields in Geophysics, III. Elsevier Ltd,
ISBN 0 444 51955 6.

6. Schulte-Wernig, Burkhard (ed.) et al.
2007.

Noise and Vibration Mitigation for Rail
Transportation Systems. Proceedings of
the 9th International Workshop on Rail-
way Noise, Munich, Germany. Springer
Verlag, ISBN 978-3-540-74892-2

7. Eitzenberger, Andreas, 2008.

Train-induced Vibrations in Tunnels – A
Review. Luleå University of Technology,
ISSN 1402-1536

8. Eitzenberger, Andreas, 2008.

Inventory of geomechanical phenomena
related to train-induced vibrations from
tunnels. Licentiate Thesis, Luleå Univer-
sity of Technology.

ISSN 1402-1757

9. Thompson, David, 2009.

Railway Noise and Vibration. Mecha-
nisms, Modelling and Means of Control.
Elsevier Ltd. ISBN-13: 978-0-08-
04555147-3.

10. Jonas Andersson, 2010-05-05.

Stomljud Litteraturstudie. Banverket

Nor848 Acoustic Camera

- Robust mikrofonsystem baserat på en circular antenn med 1,02m diameter, vikt endast 15 kg då antennen är tillverkad i carbon material
- Placeringen av och den stora mängden mikrofoner, tillgodoser god precision och reducerar problemet med "side lobe effects" jämfört mot andra traditionella kamerasystem.
- Kameran kan drivas via 230Vac eller 12Vdc
- Mycket pedagogisk och användarvänlig software med alla nödvändiga funktioner för detaljerad analys av komplexa ljudproblem
- Realtids frekvensanalys i 1/1-oktav, 1/3-oktav och FFT.
- Användardefinierad analysrange med upp till 30dB dynamik
- Olika ljudstyrkor markeras pedagogiskt ut med fält i olika färger, baserat på nivå eller frekvens
- Ställbart frekvensomfång 20Hz- 20 KHz, även möjlighet till analys av singel frequency
- Live vattenfallsdiagram
- RPM funktion
- Konkurrentskraftigt pris!



Ta gärna kontakt för mer info, eventuell demo eller prisuppgifter.

Ni Norsonic - innovative sound instrumentation

Kontakta gärna vår svenska säljare för eventuell demo eller mer info.
Jani Huhtala, Sales Manager Sweden, 0709 699 370, jani.huhtala@norsonic.com

www.norsonic.se

Utökad tillsyn av vibration på jobbet

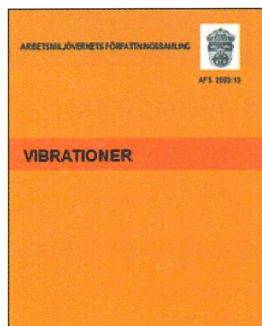
Johan Granlund, ordförande i SVIB AU 4, teknikchef vid Vectura

Denna artikel bygger till stor del på information i föredrag vid SVIB Vibration Day 2010 av Stefan Nygård vid Arbetsmiljöverket i Sverige. AV har beslutat att öka tillsynen av hand-arm vibration samt helkropps vibration på jobbet. Under 2011 utförs särskild tillsyn på mer än 400 företag i norra Sverige. Därtill kommer marknadskontroll att utföras på handhållna vi-brerande maskiner.

Hälso- och säkerhetsdirektiv för vibration

Forskare har länge studerat samband mellan exponering från hög vibration och olyckor samt ohälsa. Under många år var bilden av orsakssamband otidlig, då det fanns motstridiga resultat. På senare tid har kvalitetskriterier använts för att sälla bort studier med bristande vetenskaplighet; både resultat som talat för och som talat mot orsakssamband. De vetenskapliga sållningarna resulterat i en tydlig bild av konsistenta och starka samband mellan vibration och olyckor respektive ohälsa. Hälso- och säkerhetsriskerna ökar med ökande exponering, samt är logiskt rimliga respektive biologiskt sannolika. För nio år sedan fastställde EU gemensamma minimiregler för vibration på jobbet, genom direktiv 2002/44/EC. Alla EUs medlemsstater införde 2005 en harmoniserad lag-

stiftning om hälso- och säkerhetsrisker från vibration på jobbet. I



AFS 2005:15
Vibrationer

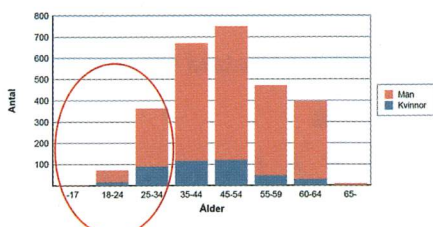
Sverige är EUs hälso- och säkerhetsregler införda genom AFS 2005:15 Vibrationer. Omfattande medicinsk kontroll förväntades

När vibrationsföreskrifterna infördes, bedömde svenska Arbetsmiljöverket (AV) att 345 000 arbetstagare utsätts för hand-arm vibration (HAV), varav 10 % i så hög grad att de ska erbjudas medicinsk kontroll. Vidare bedömdes 275 000 berörda av helkropps vibration (HKV), varav 77 000 med så hög dos att de ska erbjudas medicinsk kontroll. Totalt förväntades över 111 000 medicinska kontroller i Sverige.

Många unga tvingas byta yrke av hälsoskäl

AV har fått signaler från arbets- och miljömedicinska kliniker, samt från företagshälsovård, att antalet medicinska kontroller som genomförs inte är i närheten av de 111 000 st som förväntats. Särskilt allvarligt i sammanhanget är att de kontroller som utförts, visar att många - varav relativt hög andel unga (se figur) - får bestående vibrationsskador som tvingar till yrkesbyte. Vibrationsskador är flerfaldigt vanligare hos män än hos kvinnor.

Anmälda arbetsskador 2005-2010



Anmärkningsvärt många unga arbetstagare har drabbats av vibrationsskada

Kampanj visade på utbredda kunskapsluckor om risker med vibration. Under 2010 genomförde AV en kampanj med vibrationstillsyn i södra Sverige. 600 företag inspekterades. Över 70 % av företagen fick krav på åtgärd. En vanlig brist var att riskbedömning var bristfällig eller saknades helt. I många av företagen saknades uppenbart medvetenhet om riskerna med vibrationer och om det gällande regelverket för vibration på jobbet.

Vibration ska i första hand elimineras vid källan

Regelverket ställer krav på arbetets planering, likväl som på genomförandet och på uppföljning. Ett övergripande krav är att arbetet ska planeras så att vibration i möjligaste mån elimineras vid källan.

Arbetsgivaren ska låta bedöma olycksrisk och hälsorisk

Bedömning av hälsorisk ska ta hänsyn till:

- Daglig vibrationsexponering, A(8)
- Exponeringens nivå, typ och varaktighet
- Resultat från medicinska kontroller
- Särskilt känsliga personer, t ex gravida vinnor
- Speciella arbetsförhållanden
- Information från arbetsutrustningens tillverkare

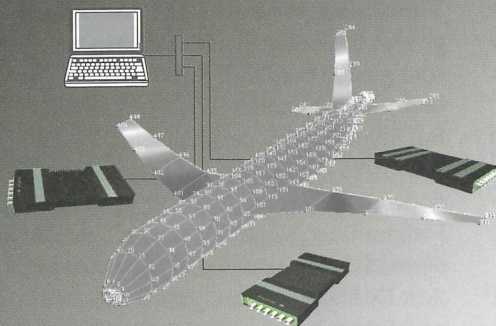
De svenska vibrationsreglerna har lagt stor tyngd på hälsorisk och då i synnerhet för ryggen. Vibration kan även medföra ökad olycksrisk, varför 2002/44/EC är ett kombinerat hälso- och säkerhetsdirektiv.

Ett område där vibration har extra stor betydelse för olycksrisk är arbete med mobila maskiner, exempelvis vid yrkes-

mässig vägtrafik. När fordon med hög tyngdpunkt kränger, åtföljs rotationsrörelsen av snabbt oscillerande sidkrafter. Vid körning på ishal väg kan detta såväl genom fordonets dynamiska respons som genom olämplig manövrering leda till sladd, trafikolycka och i värsta fall mycket svåra personskador. Under åren 1995 – 2009 skedde i Sverige 1006 dödsfall på arbetet. Av dessa skedde 227 i vägtrafiken. Vägtrafik är med sina 23 % därmed den omständighet som skördar flest liv bland arbetstagar. Hur stor andel av dessa olyckor som är relaterade till färdvibration är okänt. Väg- och Transportforskningsinstitutet VTI har gjort en studie av samband mellan 78 000 trafikolyckor och IRI-värde (mått på vägojämnhets, omräknad till färdvibration i ett referensfordon). Studien omfattade alla olyckor på svenska statliga vägar under 6 år. Resultatet visar mycket stark korrelation mellan ökad färdvibration och ökad olycksfrekvens. Effekten av färdvibration är klart högre vintertid (halare vägar) än sommartid. Detta visar att intensiv färdvibration medför hög risk för vägtrafikolyckor, i synnerhet på ishal väg. I vägtransportsektorn är det därför väsentligt att riskanalysen inkluderar trafikolycksrisk.

Regelverket AFS 2005:15 Vibration ställer även krav på information till arbetstagarna om de risker de utsätts för. Arbetstagarna ska utbildas i arbetsrutiner som minimerar riskerna.

Från 2 till över 1000 kanaler



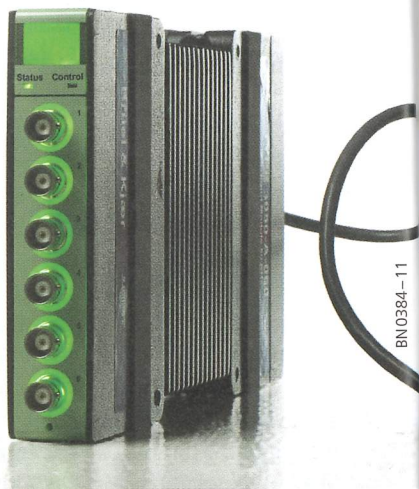
Nästa generation av PULSE hårdvara är här i form av LAN-XI

Med möjligheter som distribuerat system med hårdvara utplacerad vid olika mätpunkter alternativt samlad med många kanaler i en låda.

Fördelar med LAN-XI:

- Minskad kabeldragning genom placering av mätmodulerna nära mätpunkterna.
- LAN-kabel överför signalerna till dator samtidigt som spänning och klocksynkronisering överförs till respektive modul.
- Inga fläktar i modulerna dvs helt tyst drift
- Byggt både för fältbruk såväl som laboratorium
- Dyn-X ger ett magnifikt mätområde och minimerar över och understyrning
- Kompatibel med tidigare PULSE och I-deas
- Gigabit LAN för snabb överföring

Se mer på www.bksv.com/LAN-XI



Huvudkontor: DK-2850 Nærum · Danmark · Telefon: +45 45 80 05 00
Fax: +45 45 80 14 05 · www.bksv.com · info@bksv.com

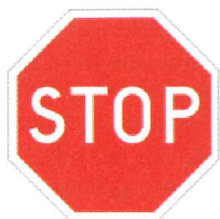
Brüel & Kjær Sverige · seinfo@bksv.com
Boråskontoret: 033-22 56 22 · fax: 033-12 31 40
Huddinge-kontoret: 08-449 86 00 · fax: 08-449 86 09
Örebrokontoret: 019-32 35 10

LAN-XI

Brüel & Kjær 

Exponeringsvärden

Regelverket har villkorade krav kopplade till två typer av exponeringsvärden, se tabell nedan. Om Insatsvärdet överskrids, krävs insatser av teknisk och/eller organisatorisk typ. Insatserna ska ha målet att så långt rimligt minimera exponeringen, de får inte inriktas på att enbart sänka exponeringen till under Insatsvärdet.



Arbete får inte bedrivas så att vibrations-exponeringen överstiger Exponeringsgränsen. EU-direktivet anger gränsvärdet för helkroppsvibration (HKV) till 1.15 m/s². Detta kan jämföras med att standard ISO 2631-1 anger att vid långtidsexponering från HKV över 0.8 m/s² är hälsorisk sannolik, dvs direktivets gränsvärde ligger på osäker sida. I Sverige har AV skärpt gränsvärdet för HKV något, från 1.15 till 1.1 m/s².

Tabell med exponeringsvärden för vibration på jobbet

Daglig vibrationsexponering A(B)	Insatsvärden	Gränsvärden
Hand- och armvibrationer	2,5 m/s ²	5 m/s ²
Helkroppsvibrationer	0,5 m/s ²	1,1 m/s ²



Exempel på utrustning som kan minska vibration

Åtgärder som inte genomförs omedelbart ska föras in i en skriftlig handlingsplan som beskriver vad, när och ansvarig.

Medicinsk kontroll

Arbetsgivaren ska erbjuda arbetstagaren medicinsk kontroll enligt AFS

2005:06:Om vibrationsexponeringen överskrider Insatsvärdet

- Då det finns skäl att misstänka att skadliga hälsoeffekter kan uppstå även om insats-värdet inte överskrids, så som vid arbete med verktyg som vibrerar med mycket hög frekvens (t ex tandvårds-personal) eller snabba impulser (t ex plåtslagare)

Om tecken på skada upptäcks vid undersökning, ska medicinsk kontroll erbjudas till övriga arbetstagare som exponerats på liknande sätt.

Positiva trender

En positiv utveckling är att många maskintillverkare blivit medvetna och utvecklingen mot maskiner med lägre vibration har tagit ordentlig fart. AV utför nu marknadskontroll på handhållna vibrerande maskiner. Nytt är att inte bara emissionsvärde ska deklarerars, utan även mätosäkerhet i detta värde.

Inom transportsektorn börjar allt fler väghållare bli medvetna om den grundläggande bety-delse som en jämn vägbana har för att förebygga hög färdvibration. Vibrationsföreskriften lägger inget ansvar på väghållare, utan enbart på arbetsgivare och arbetstagare. Väghållares ansvar för att hålla vägbanan jämn är reglerad genom Väglagens § 26.

Andelen arbetstagare med vibrationsrelaterade besvär har minskat sedan regelverket inför-des år 2005 och motsvarar idag ca 9000 personer.

ACOUSTIC EMISSION STROBOSCOPE

Krystof Kryniski

ÅF - Ljud och Vibrationer

(fd. Ingemansson)

BACKGROUND

Acoustic emission signals with the frequency content of 100 kHz or higher, appears to be much sharper than vibration or shock pulse signals taken at identical conditions. It is quite well-known behavior of waves propagating through the media of being attenuated faster with the increased frequency content. But how does that affect a diagnostic technique of machinery health? Are there any advantages over using a standard vibration monitoring technique?

Firstly, due to the high frequency operational range, AE signals are strongly influenced by the faults, enhanced by the fact that the sensitivity to the effects of normal running conditions is reduced. Healthy machines are much quieter at 100 kHz, than a machine with faults resulting from a deteriorating contact surface, increased friction, metal removal, poor lubrication, etc.

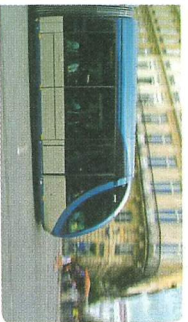
Secondly, the rapid decay of acoustic emission signals, helps to localize the origin. An analogy to high speed photography can be drawn. When we are taking a photo, image often represents the scene over a period of time. As objects in a scene move, an image of that scene is representing an integration of all positions of those objects. In such an image, any object moving with respect to the camera looks blurred or smeared along the direction of relative motion.

By using a high speed camera, the photograph itself is taken in a way as to appear to freeze the motion, especially to reduce a motion blur.

The power of acoustic emission lies in the fact that it directly detects the physical processes such as friction, impacts and metal removal which occur when machinery degrades. AE responses feature extremely short duration as compared to the acceleration signal, which appears ringing for a relatively long period. Because of this, acoustic emission can be applied to virtually all rotating machinery including those traditionally difficult areas such as slow speed machinery, rolling element bearings and complex planetary gearboxes.

Further, a lesson learnt from a digital signal processing ensures that short duration responses of acoustic emission in time domain, appears in the frequency domain as series of harmonics. In consequence the spectral patterns become clearer and better pronounced, enhancing machinery faults even in their early stage of the development. It is an important behavior paying-off itself in monitoring of bearings and gearboxes.

To balance the advantages of acoustic emission some of its limitation should be pointed-out too. Firstly, low amplitude signals and high frequency content requires the use of very sensitive sensors



res using e.g., impact or shaker excitation has been a considerable challenge, requiring very large excitation forces to generate sufficient response levels at distant points of interest (e.g., from the engine foundations and the hull at the propellers to the bridge in large ships). It has also been practically impossible to apply TPA to industrial process plants or other machinery running continuously.

Operational TPA (OTPA) [1], [2], [3] has been developed and tested (mainly in vehicles) during the last 4-5 years. It is a fast and efficient method of identifying critical sound and vibration paths and source contributions since only measurement of operational data is needed to perform the analysis. It has also been demonstrated that similar or improved results are obtained with OTPA, when compared to the "classic" FRF matrix-inversion method [2].

As many operating conditions as possible should be used to excite all vibrational modes of the system for the derivation of the characteristics of the different transfer paths. Usually this is obtained by measuring during a slow run-up of the major source(s). This may also be obtained approximately for a continuous industrial process, without the need to shutdown, by varying process parameters that influence sound and vibration during a relatively short measurement time.

2 Theory overview

OTPA, as implemented in the PAK® software from Müller-BBM VibroAkustik Systeme GmbH, uses a method to find linearized transfer functions (TF) between a set of chosen input and output channels from a multichannel measurement. The input-output relations are determined as independent quantities. The resulting TFs are used in a transfer path analysis to determine the contributions of a source path

to the response of interest.

The relation between simultaneously measured data of sources and receivers is derived by statistical methods. Principal Component Analysis (PCA) is used to separate the total signal into individual path contributions (cross-talk cancellation, CTC), while operating on airborne and structure-borne contributions simultaneously. Since the CTC is based on principal component analysis (PCA) it can also be applied to operational data. The OTPA module in PAK® (AMM) is used to normalize the airborne and structure borne parts during cross-talk cancellation. The main difference of the CTC is that it skips the normalization to the excitation forces. Thus this method is not based on FRFs but uses PCA to statistically find the relation H_i between observed signals on the source side and simultaneously observed signals on the receiver side. The main advantage is that this method is not limited to the use of synthetic point excitation forces but can also be applied directly to operational data. This makes it also possible to investigate the transfer behavior for different load conditions like e.g. a run-up and a run-down. Consider an arbitrary, linear system with a number of input and output degrees of freedom (DOFs), represented by a "black box" of transfer functions. The relationship in matrix form is

$$[H(\omega)]\{x(\omega)\} = \{y(\omega)\} \quad \text{Figure 1}$$

$[H(\omega)]$ is the transfer function matrix connecting the vector of output (response) DOFs $\{y(\omega)\}$ to the input (source) DOFs $\{x(\omega)\}$. The signals are usually accelerations $a^{(s)}$ or sound pressures $p^{(s)}$ or forces $f^{(s)}$. The input and output vectors can thus be assembled from those quantities

Figure 1

RockDelta® High-efficiency mats

for vibration isolation and ballast protection

and high-speed analog to digital converters. These issues have put down a few years ago the enthusiasm towards the acoustic emission. However, with current advances in electronics and digital signal processors the technique regains its territory back.

To increase the sensitivity of acoustic emission sensor and provide its high accuracy the transducer is often designed to operate in a stable resonance mode. Further, by implementing an enveloping scheme the sensor is faithfully responding to elastic waves within 92 dB ranges and streaming out digitized values at the rate up to 10 kHz.

TARGET APPLICATIONS

Direct detection of increased friction, impacts or metal removal occurring when machinery degrades makes acoustic emission suitable to virtually all rotating machinery including those traditionally difficult areas such as slow speed machinery, rolling element bearings and complex planetary gearboxes.

Acoustic emission envelope spectra are capable of detecting bearing fault in its early stage and monitor its growth. A map displaying the frequency component amplitudes over the time in a form of color intensity (e.g. jet scheme) provides a tool to visualize the fault development. The pattern formed allows identifying the fault and tracing its growth even without knowing the bearing type and bearing defect frequencies.

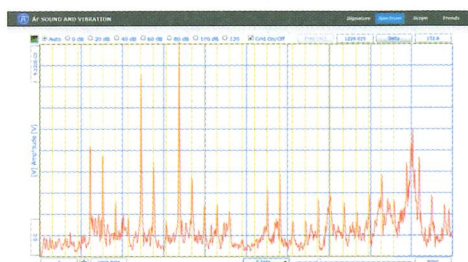


Fig.2 Acoustic Emission Envelope Spectrum

A number of different techniques are being implemented to derive the envelope from the raw acoustic emission signal. The technology has been adopted from high-frequency vibration and therefore it is generally appreciated directly. It does not require any additional learning curves. The resulting envelope signals are being slowed-down and therefore are containing low frequency components only. Typical frequency content is ranging from 1 kHz to 5 kHz.

Derived spectra of acoustic emission envelopes are usually offering high-frequency resolution and are capable to separate quite well the defect frequency components, including these low RPM applications. As it has been mentioned, due to short duration of acoustic emis-

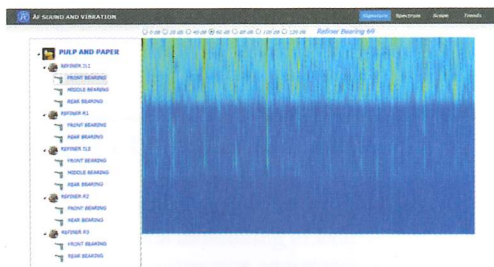


Fig.1 Development of BPFO Fault on Refiner

sion, the signals have impulsive character and appear in its spectrum in a form of clear harmonics. This enhances machinery faults well, particularly in the presence of any mechanical or electrical interference.

Unique implementation of acoustic emission homes-in directly on the high frequency component of the elastic waves being generated by operating machinery. The resulting signal is strongly influenced by fault processes and has a much reduced sensitivity to the effects of normal running machines. Because of this, it is possible to analyze the overall signal without homing in on defect repetition frequencies.

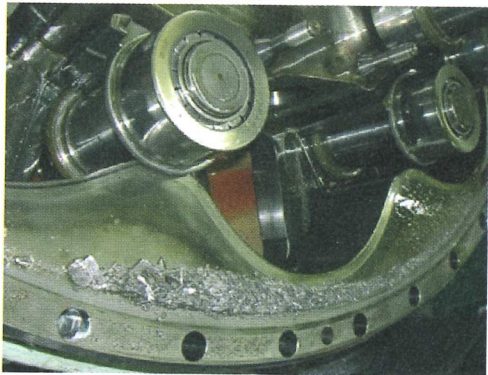


Fig.3 Failure of Hydraulic Drive

Due to low rotational speed of 6 RPM, a hydraulic drive response being synchronized with the rotation speed was able to be analyzed at the different angular position of a driving shaft. The color map was constructed to visualize the behavior at different angular sections of the shaft rotation.

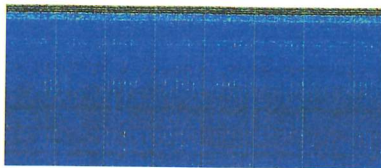


Fig.4 Color Map on Hydraulic Drive @ 6 RPM

The color map is revealing a series of impacts at consistent angular position of a hydraulic drive. Two months later, the measurements were repeated at similar operating condition. The constructed color map (Fig.5) showed a significant increase of the impact presence. The drive failed 1.5 months later.

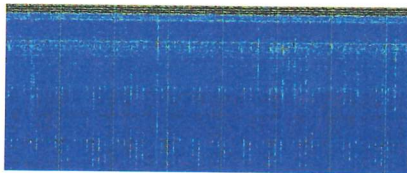


Fig.5 Color Map on Hydraulic Drive Two Months Later @ 6 RPM

STROBOSCOPIC TECHNIQUE

The ability of acoustic emission to localize the origin of a defect can be embraced by creating a sort of stroboscopic image. The technique has been developed [1] to diagnose a planetary gearbox using the acceleration envelope. However, acoustic emission signals operate in much higher frequency range and have by that an increased immunity to any audible responses. Their dB level (floor level) is low and clearly distinguishable from the distress measure. So, for that reason the acoustic emission stroboscope is expected to function more efficient than its vibration sibling.

The technique has great potential in diagnosis gear-boxes, twin-roll presses, twin-wires presses, diesel engine, and hyper-compressors and so on.

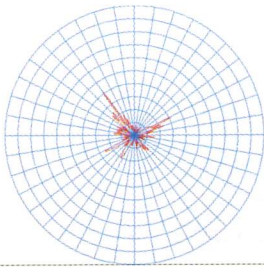


Fig.6 Impacts on a Diesel Engine at 778 RPM

REFERENCES

Krystof Kryniski, 1999 KTH, Sweden
"Vibration monitoring of axle testing rig at Volvo construction equipment components, Eskilstuna.

AZURE SERVICE

ÅF Sound and Vibration is offering an acoustic emission service and its support directly or via a Cloud Service to manage and analyze data. There are no needs to install any software or keep-up with its updates. Everything is directly operating in a standard web browser including Internet Explorer, Safari, Opera or Fire Fox, and so on. A choice of the computer operating system is also arbitrary; the software runs on Windows, Linux or Mac.

For remote application, where the maintenance service is difficult e.g. off-shore wind-mills, ÅF Sound and Vibration is introducing a mobile approach. Machine behavior, performance and status are obtained on the host systems and moved to the server. All gathered information, from different machines often being located at different places, becomes immediately available on any network device, including mobile phones. Figure 7 presents a few screen printouts from an I-Phone.



Fig.7 Mobile Monitoring System

Acoustic emission sensors connected to the mobile system are offering very efficient and cost-effective machine condition monitoring solution. The results obtained can be easily discussed within the maintenance team and, if necessary, external consulting advices obtained.

MÜLLER-BBM

Müller-BBM is a technical consulting company with more than 300 employees at eleven different sites in Germany and a broad international customer base. With its independent consultants, planners and technical specialists, Müller-BBM GmbH has been providing expert consultation and advice to its clients since 1962 and today holds a leading position in the areas of buildings, environment and technology.



The range of services offered by BBM Akustik Technologie GmbH comprises acoustic engineering and product-specific advice re large-scale silencers as well as acoustically optimized Facades and enclosures, particularly in power stations and production plants, all over the world.



M+P – consulting engineers bv is an internationally active company, based in the Netherlands. Its services cover the fields of noise, vibration and air quality aspects of industry, building and road, rail and air transport. Their competences are research, development and project based consultancy.

MÜLLER-BBM VibroAkustik Systeme

Müller-BBM VibroAkustik Systeme GmbH develops multi-channel measurement technology and provides solutions for any application involving measurement of vibration and acoustic signals. The main product, PAK, is an all-modular platform consisting of a front end series and the corresponding software. Vehicle manufacturers and suppliers as well as the aeronautics and space industry have been using the system to collect, analyze, and evaluate dynamic data.

MÜLLER-BBM Scandinavia AB

Is a consulting and engineering company specialized in acoustics and vibration in the fields of buildings, environment and technology. Deep consulting expertise in the automotive industry and other industrial sectors distinguish the company. The consulting engineers will also be happy to answer any questions regarding Müller-BBM VibroAkustik Systeme's PAK system and its uses.

→ www.MuellerBBM.se

MÜLLER-BBM ACTIVE SOUND TECHNOLOGY

Müller-BBM Active Sound Technology operates internationally in the field of active noise control and sound design. Customers all over the world use its innovative tools and system solutions to design the sound of their products, relying on a unique combination of decades of experience in acoustics with competence in hard- and software systems.