© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

INSTRUMENT FÖR KOMPLETT ANALYS OCH ÖVERVAKNING AV MARKVIBRATIONER

Per Lindström, Nitro Consult AB

Bakgrund

Vibrationskontroll av sprängningsarbeten är idag en väl etablerad teknik. De officiella svenska föreskrifter och normer som hittills gällt inom området har emellertid varit påtagligt sparsamma. Svensk Byggnorm 1980 föreskriver t.ex. kort och gott:

> "När risk för skada genom markskakning föreligger skall vibrationsmätning utföras till ledning för avgörande av åtgärder."

Trots detta har det inom branschen sedan länge funnits en gemensam syn på hur vibrationskontroll skall utföras och vilka krav som skall ställas.

Nya förutsättningar

På senare år har emellertid ett antal nya omständigheter gjort sig gällande:

* ROT-programmet och den s.k. varsamma stadsförnyelsen har ställt nya krav på vår förmåga att spränga under restriktiva förhållanden.

* Vibratonskänslig utrustning blir allt vanligare, vilket ökar behovet av att mäta andra parametrar än den på byggnadskonstruktioner tillämpliga svängningshastigheten.

* Störningsaspekten för de kringboende uppmärksammas alltmer vid sidan av de materiella skaderiskerna. Detta ökar bl.a. behovet av att mäta vibrationer med låga nivåer och frekvenser.

* Flera internationella normer för mätning föreligger (ISO/DIS 4866, 2631 och 8569) och skall nu följas av nationella tillämpningsföreskrifter. Här synes emellertid en hel del arbete återstå.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Krav och önskemål

Dessa omständigheter ställer alltså nya krav på **vad** mätutrustingen skall kunna utföra.

Ett annat önskemål gäller **hur** mätutrustningen skall fungera i praktiken. Enkel hantering, lätt-tillgänglig information och minimal driftservice på arbetsplatsen är uttalade behov, liksom entydig och pålitlig dokumentation av mätresultaten. Dessutom ställer byggplatsens miljö stora krav på fältut-utrustningen vad avser temperaturtålighet, täthet mot damm och väta och allmänt robust utförande.

Traditionell mätning

Den traditionella vibrationsmätningsutrustningen för sprängningsarbeten kan representeras av Nitro Consults "arbetshäst" sedan 10 år tillbaka, Vibrametern. Den mäter toppvärde av svängningshastighet i en kanal. Instrumentet drivs med en laddningsbar blyackumulator och mätvärdena registreras mekaniskt på en pappersremsa. Utvärdering av mätresultaten sker genom avläsning av remsan och manuell överföring av data till ett protokoll.

UVS-systemet

Nitro Consults nya generation av mätinstrument, UVS-systemet, består av tre olika instrumentenheter med ett omfattande gemensamt tillbehörsprogram.

* Den enkanaliga UVS 1201 kan sägas vara en direkt ersättare av Vibrametern.

* Den fyrkanaliga UVS 1404 som nu funnits på marknaden i drygt två år, kan ses som en "storebror" till 1201:an, men har också ett antal ytterligare egenskaper.

* UVS 1608 är en komplett 4-eller 8-kanalig Time History Recorder, som alltså registrerar hela svängningsförloppet.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

UVS 1201 UVS 1404 UVS 1608

Många möjligheter

UVS-systemet erbjuder bl.a. följande möjligheter:

* Samtidig mätning av de tre vibrationsenheterna förflyttning, svängningshastighet och acceleration i en punkt.

  Att vissa installationers vibrationskänslighet är proportionell mot andra enheter än svängningshastighet är ju välkänt, och UVS-systemet innehåller flera olika möjligheter till mätning av dessa storheter.

  Med maximalvärdena för dessa tre mätenheter från en och samma mätpunkt och ett s.k. trepartitdiagram kan dessutom en frekvensrelaterad mätning göras utan att någon regelrätt frekvensanalys behöver utföras.

* Mätning av tre komponenter i en punkt.

  Detta är numera standard i många andra länder och lär framdeles bli vanligare även i Sverige, särskilt vid mätning på stora avstånd.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

* Mätning av låga frekvenser (ner till ca 1 Hz), även detta betydelsefullt vid stora avstånd.

* Direkt analys av hela kurvförloppet och frekvensinnehållet.

* Mätning av andra parametrar, t.ex.

    * Luftstötvåg (‹20 Hz)

    * Buller (›20 Hz)

    * Vattenstötvåg

Accelerationsmätning

Acceleration kan mätas på två olika sätt: Antingen direkt med accelerometer (piezoelektrisk kristall), eller genom elektronisk behandling (derivering) av en geofonsignal.

I UVS-systemet används bägge metoderna. Acceleration erhålles i UVS 1201 genom derivering av en geofonsignal, i UVS 1404 från en accelerometer och i UVS 1608 via bägge metoderna. Signalbehandlingsmetoden har fördelen av att vara enkel och billig, men kan ge felaktiga värden om störningar förekommer, särskilt i det högre frekvensområdet. Accelerometern har ej dessa svagheter och fungerar dessutom ner till ca 1 Hz, men är å andra sidan dyrare och kräver strömförsörjning.

Till skillnad från de konventionella typerna är emellertid UVS-accelerometern försedd med inbyggd elektronik som strömmatas från instrumentet. Detta innebär att UVS-accelerometern är lika enkel att hantera som en geofon, eftersom man slipper de tidigare systemens laddningsförstärkare och separata strömförsörjning.

Förflyttningsmätning

För förflyttning finns å andra sidan ingen i sammanhanget lämplig givare varför denna mätenhet enbart erhålles via integrering av en geofonsignal. I UVS 1201 och UVS 1608 sker detta internt medan UVS 1404 har en separat integreringsbox som kopplas mellan geofonen och instrumentet. Integrering saknar de störningsproblem som derivering innebär men kan å andra sidan ge dålig noggrannhet vid låga frekvenser.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Långtidsövervakning

Även om en sprängningsvibration är ett mycket komplicerat förlopp ger maximalvärdet i de flesta fall fullt tillräcklig information. Detta gäller särskilt under det "juridiska" övervakningsskedet, dvs då resultaten från vibrationsmätningen inte medför att några förändringar i sprängplanen behöver göras.

I de två övervakningsinstrumenten UVS 1201 och UVS 1404 detekteras maxvärden kontinuerligt och lagras i ett elektroniskt långtidsminne i 2-minutersperioder. Mätvärdena, gamla som nya, kan när som helst redovisas på LCD; alfanumeriskt i UVS 1201 och som stapeldiagram i UVS 1404.

Från bägge instrumenten kan minnesinnehållet kopieras till en 3,5" diskett. Detta sker med en Hewlett-Packard batteridriven diskettstation. Hela proceduren tar ca 90 sekunder och kan utföras under pågående mätning.

Mätprotokoll i A4-format kan erhållas i grafisk form eller som tabeller. I det senare fallet sätts först ett lämpligt tröskelvärde för utskriften så att ointressanta mätvärden "silas" bort.

Detaljerad analys

I vissa sammanhang kan emellertid max-värdesregistrering vara otillräcklig. Detta gäller särskilt vid uppstartningen av ett bergsprängningsprojekt då analyser av tändarföljder, vibrationssignalens frekvensinnehåll etc kan erfodras.

UVS 1608 registrerar fullständiga svängningsförlopp i 4 eller 8 kanaler. Registrering startar vanligtvis automatiskt genom att en förinställd vibrationsnivå (trigger-nivån) överskrids, men den kan även startas manuellt eller t.ex. genom sammankoppling med sprängsalvans tändapparat.

Salvlängder på upp till 20 sek kan registreras. En samplingsfrekvens på upp till 5000 Hz per kanal ger mätresultat med mycket hög kvalitet.

Även UVS 1608 lagrar all mätinformation i ett elektroniskt minne, vars innehåll när som helst kan visas på en grafisk LCD-skärm. Den registrerade signalen kan deriveras och integreras och den på skärmen presen-terade kurvan kan för detaljstudium expanderas både vertikalt och horizontalt.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

En markörfunktion möjliggör noggrann mätning av tidsskillnader.

Till skillnad från de andra två instrumenten har UVS 1608 en inbyggd skrivare på vilken utskrift av godtyckliga avsnitt i minnet kan erhållas. Härtill finns motsvarande system för minneskopiering till diskett samt separata protokollutskrifter som för UVS 1201 och UVS 1404. Dessutom har UVS 1608 en RS 232-utgång för direktkommunikation med PC-kompatibel dator, modem etc.

UVS på byggplatsen

UVS-instrumenten bestyckats med komponenter med stort temperaturområde, och omfattande arbete har lagts ner på att göra instrumentenheterna täta.

Stor omsorg har också lagts ner på att göra instrumenten strömsnåla så att lång drifttid kan erhållas med torrbatterier av standardtyp. Härigenom uppnås enkel och snabb driftservice samtidigt som risken för elektriska störningar minimeras. Torrbatterier ger dessutom en lägre total driftkostnad än laddningsbara ackumulatorer.

Specialkonstruerade tangentbord skall så långt det är möjligt göra UVS-instrumenten självinstruerande för de grundläggande operationerna i fält.