



**1.º Congresso da Sociedade
Brasileira de Geofísica
1st Congress of the Brazilian
Geophysical Society**

20 a 24 de novembro de 1989

Rio de Janeiro

ANAIS - ANNALS

SBGf

Divisão Centro-Sul

VOLUME 3

EQUIPAMENTO PARA MONITORAÇÃO DE EMISSÃO ACÚSTICA

Vilmondes Ribeiro

Fábio Taioli

IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo

RESUMO

A técnica de monitoração de Emissão Acústica consiste na captação e análise dos microrruídos gerados por uma estrutura sob tensão.

Esta técnica tem se mostrado de grande valia na análise de problemas de estabilidade de maciços rochosos tanto a céu aberto como subterrâneos, uma vez que possibilita a detecção de fraturas ainda nos seus primeiros estágios de evolução.

Este trabalho descreve, em detalhe, o equipamento para monitoração de emissão acústica desenvolvido pelo IPT/DMGA, tanto do ponto de vista do usuário como de sua parte eletrônica e sensores.

ABSTRACT

The Acoustic Emission/Microseismic (AE/MS) monitoring technique consists in the detection and analysis of "low level" sounds emitted by a material under stress.

This technique has proved to be effective on the analysis of rock mass stability either on the ground or underground structures. The advantage of the AE/MS technique is that it allows the detection of failures in the very first stages of development.

The present paper describes a complete AE/MS monitoring system developed by the IPT/DMGA.

1. INTRODUÇÃO

A área de Geofísica de Engenharia, apesar de seu desenvolvimento relativamente recente, tem crescido exponencialmente nos últimos anos, à medida que mais resultados positivos são obtidos. A Geofísica de Engenharia envolve técnicas geofísicas no estudo de problemas específicos em engenharia tanto civil como de minas.

Os métodos sísmicos comumente utilizados em tais estudos são: sísmica de refração, sísmica de reflexão de alta resolução, "cross-hole", tomografia horizontal, tomografia vertical, microsísmica e emissão acústica.

Todas essas técnicas são baseadas na teoria de propagação de ondas sísmicas em meios sólidos descontínuos e heterogêneos, apresentando, deste modo, inúmeras características e problemas em comum. Ao mesmo tempo, cada uma dessas técnicas é mais apropriada para o estudo de problemas específicos de engenharia, podendo-se citar a tomografia como a técnica mais indicada para o estudo e avaliação de cavidades e erosibilidade de estruturas superficiais, enquanto a emissão acústica, por ser uma técnica passiva, é mais indicada em problemas onde existe uma fonte emissora de eventos sísmicos, e necessita-se localizá-la com precisão em três dimensões, por estar normalmente relacionada com o problema que se pretende detectar ou corrigir (acúmulo de tensões, instabilidade, etc.).

Em particular a técnica de monitoramento por emissão acústica vem sendo utilizada rotineiramente em diversos países (p.e. USA, Alemanha, África do Sul, Japão, Polônia, etc.) tendo se mostrado bastante eficiente na previsão e controle de instabilidades em Geotecnia e Mineração, ou associada a processos naturais. Como exemplos de aplicação pode-se citar:

- a) localização e controle de "rock-bursts" em minerações subterrâneas de sal, ouro, carvão, etc.;
- b) avaliação e controle de estabilidade de taludes tanto em minas como em rodovias, barragens, etc.;
- c) controle de eficácia de métodos de fraturamento hidráulico

co na determinação de tensões virgens em maciços rochosos;

- d) ferramenta de controle na exploração de recursos geotermiais;
- e) como técnica de determinação em laboratório do sistema original de tensões a que a rocha estava submetida "in situ", utilizando o fenômeno de "efeito Kaiser".

Nesta técnica, diferentemente de outras que se utilizam da sísmica, o interesse na reconstrução precisa da onda sísmica tem uma importância secundária, uma vez que se procura trabalhar com uma grande quantidade de eventos sísmicos (centenas a milhares por hora, o que tornaria qualquer interpretação convencional impossível) e classificá-los estatisticamente segundo alguns parâmetros (p.e. intensidade, tempo de duração, conteúdo em energia, local de origem, etc.). Portanto o equipamento que se deve utilizar é bastante diferente do convencionalmente utilizado para outras técnicas sísmicas, tornando-se aqui importante uma parametrização e classificação em tempo real, uma vez que devido à alta taxa de eventos, envolveria instrumentação extremamente onerosa, o que dificultaria sua utilização em ambientes hostis.

O equipamento desenvolvido e descrito neste trabalho foi concebido com uma arquitetura modular a fim de permitir expansões futuras. Consiste das partes básicas de detecção e registro parametrizado de eventos, além de fonte de alimentação e baterias dimensionadas para trabalho de campo por pelo menos dez horas ininterruptas.

2. EQUIPAMENTO

Este equipamento é composto por cinco partes, sendo uma delas o sensor e as outras quatro módulos para bastidor padrão. Descreve-se abaixo cada uma dessas partes.

2.1. Sensor

Deve-se lembrar que a técnica de emissão acústica trabalha com sinais de alta frequência e conseqüentemente de baixa amplitude e, como muitas vezes não se interessa pela forma

da onda, torna-se possível trabalhar com sensores ressonantes (ao invés de lineares), aproveitando assim uma amplificação mecânica do próprio sistema massa-mola do sensor.

Para este sistema foram desenvolvidos vários sensores ressonantes com frequência de ressonância diferentes (de 8 kHz a 30 kHz) e alguns sensores lineares (acelerômetros) de 10 Hz até 2 kHz. Todos os sensores utilizam-se de cristais piezoelétricos montados sobre uma base rígida (lineares) ou base flexível (ressonantes). Em ambos os casos um pré-amplificador foi incorporado na própria carcaça do sensor. A característica principal deste pré-amplificador é sua alta impedância de entrada, além da boa linearidade na faixa de utilização.

2.2. Pré-Amplificador

O sinal captado pelo transdutor é injetado neste módulo, que constitui-se de três estágios de amplificação em cascata. Cada estágio tem ganho variável linear de 1 a 10 vezes, em incrementos de 1. Portanto combinando-se estes três amplificadores, pode-se obter um ganho de até 1000 vezes (60 dB).

2.3. Unidade Monitora (UM)

Depois de manipulado pelo pré-amplificador, o sinal é introduzido neste módulo, onde é primeiramente filtrado por dois filtros, passa altas e passa baixas, que determinam a banda de frequência escolhida para trabalho. Pode-se optar por qualquer combinação entre passa altas de 5, 10, 50 ou 100 kHz e passa baixas de 50, 100, 200 ou 400 kHz.

Em seguida, um comparador inversor recebe o sinal de saída dos filtros. Aqui o sinal é comparado com um nível de tensão (dc) que pode variar, continuamente, de 0 V e 1 V. Este comparador determina o nível mínimo de aceitação (threshold) do sistema, fazendo com que seja computado o evento que ultrapassar esse limiar pré-ajustado.

À saída do comparador, o sinal é tratado pelo dispositivo de análise, que consiste em:

a) Monoestável reacionável;

- b) Contador BCD;
- c) Display 3 1/2 dígitos.

Esse dispositivo é responsável pelo armazenamento da informação útil e apresentação da mesma em displays.

À entrada do dispositivo de análise o sinal pode tomar dois caminhos, direto ou via monoestável reacionável. Quando este módulo (UM) está em modo CONTAGEM, o sinal é introduzido diretamente ao contador, isto é, toda vez que o sinal ultrapassa a referência (nível dc ou "threshold"), o contador é acionado e transfere seu estado (informação) ao display. Por outro lado, em modo EVENTO, o sinal é examinado através de monoestável reacionável, isto quer dizer que além de determinar a existência de ultrapassagem pelo nível de referência (threshold), verifica-se também a ocorrência de outra ultrapassagem posterior, defasado de até um determinado tempo previamente fixado (0,1 ms; 0,2 ms; 1 ms; 3 ms ou 10 ms), para verificar se os dois sinais se enquadram no mesmo evento ou não. Só então é que se permite a transferência de informação ao contador. Desta forma o display irá indicar o número de vezes que o "threshold" foi ultrapassado (em modo contagem) ou o número de eventos independentes que ocorreram (em modo evento).

2.4. Registrador Potenciométrico

Este módulo consiste num sistema de cálculo de taxa de contagens ou eventos mostrando-os de dois modos:

- a) através de display de 3 1/2 dígitos, com capacidade de registrar até 999 contagens ou eventos;
- b) através de uma saída para registrador potenciométrico, que registrará a informação em forma de histograma. Esta saída habilita o registrador a realizar até 99 contagens ou eventos.

Este módulo permite a variação da razão de atualização da informação de forma que pode-se obter taxas de contagens ou eventos com base de tempo em segundos.

2.5. Fonte de Alimentação

Este módulo possui duas baterias, recarregáveis, de 6 V cada. Um voltímetro no painel permite verificar a carga das baterias, determinando a necessidade de uma eventual recarga ou troca das mesmas. O módulo de alimentação possui também o circuito que permite esta recarga.

3. CONCLUSÕES

O sistema apresentado tem se mostrado bastante versátil, uma vez que permite uma gama de possibilidades de utilização ampla, devido principalmente ao banco de pré-amplificadores e filtros.

Sua arquitetura modular também abre uma facilidade para futuras expansões, estando já em projeto um módulo para localização espacial unidimensional.

BIBLIOGRAFIA

HARDY JR, H.R. Applications of acoustic emission techniques to rock and rock structures: a state-the-art review. Philadelphia, ASTM, 1981. p.4.92 (ASTM-STP, 750).

HARDY JR, H.R. Geotechnical applications of acoustic emission techniques: present status and future goals. Japan, 1984. (Paper prepared for presentation at the 7 International Acoustic Emission Symposium).

HARDY JR, H.R. & MOWREY, G.L. Study of underground structural stability using near-surface and down-hole micro seismic techniques. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FIELD MEASUREMENTS IN ROCK MECHANICS, Zurich, 1977. Proceedings p.75-92.

HARDY JR, H.R. & TAIOLI, F. Mechanical waveguides for use in AE/MS geotechnical applications - progress in acoustic emission IV. In: INTERNATIONAL ACOUSTIC EMISSION SYMPOSIUM, 9, Kobe Japan, 1988. Proceedings. p.292-302.

HARDY JR, H.R.; TAIOLI, F.; HAEGER, M. Use of mechanical waveguides and acoustic antennae in geotechnical AE/MS studies. 9p. (Paper submitted for presentation at the International Acoustic Emission World Meeting, Charlotte,

-121

North Carolina, 20-22 mar. 1989).

HARDY JR, H.R. et al. A study to monitor microseismic activity to detect sinkholes. Pennsylvania University Park, 1986. 183 p. (FAA Contract Dot-DTFA01-84-C-005, final report).

POLLOCK, A.A. Metals and rocks: AE physics and technology in common and in contrast. In: CONFERENCE ON ACOUSTIC EMISSION/MICROSEISMIC ACTIVITY IN GEOLOGY STRUCTURES AND MATERIALS, University Park, 1977. Proceedings... Clausthal, Trans.Tech Publications. p.243-256. (Series on Rock and Soil Mechanics, v.2, n.3, 1974-77).

TAIOLI, F. Laboratory evaluation of waveguides for acoustic emission/Microseismic monitoring. Pennsylvania State University, Department of Mineral Engineering, 1987. 144p. (MSc Thesis).

TAIOLI, F. et al. Tecnologia nacional em emissão acústica perspectivas de utilização em fraturamento e cedência de rochas e maciços rochosos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, Balneário de Camboriu, 1980. Anais... Balneário de Camboriu, SBG. v.2, p.1198-1206.

UEDA, T.; NAKASAKI, H.; YAMAMOTO, T. Acoustic emission monitoring of rock grouting of dam foundations. In: INTERNATIONAL ACOUSTIC EMISSION SYMPOSIUM, 7, Japan, 1984. Proceedings. p.706-714.

YUDA, S. et al. Prediction of slope failure by acoustic emission technique. In: INTERNATIONAL ACOUSTIC EMISSION SYMPOSIUM, 7, Japan, 1984. Proceedings. p.660-667.