

# **ELECTROMAGNETIC AND ACOUSTIC EMISSION SIGNAL PROCESSING DURING MECHANICAL STRESSING OF SOLIDS**

**Martin Šopík**

Master Degree Programme (2), FEEC BUT  
E-mail: xsopik01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Pavel Koktavý  
E-mail: koktavy@feec.vutbr.cz

## **ABSTRACT**

Electromagnetic emission (EME) and acoustic emission (AE) are physical phenomena evoked in non-conductive material by the sudden release of energy that generate rising cracks in structure of material. The significant is a fact that EME and AE signals are detected already in stadium of materials loading whereof can be used e.g. at non-destructive diagnostics of building materials and constructions. Disadvantage is a minimal emitted energy and so danger of signal disappearance in sensor noise background. In the appropriate manner emitted signal processing then make possible to obtain valuable informations for improvement cracks localization and determining their physical properties.

## **1. ÚVOD**

Elektromagnetická emise (EME) a akustická emise (AE) jsou fyzikální jevy vyvolané náhlým uvolnění energie v nevodivém materiálu, kterou generují vznikající trhliny v jeho struktuře. Významný je přitom fakt, že signály EME a AE se objevují již ve stádiu zatěžování látek, čehož lze využít např. u nedestruktivní diagnostiky stavebních materiálů a konstrukcí. Nevýhodou je velmi malá emitovaná energie a tedy nebezpečí ztráty signálu v šumovém pozadí snímače. Vhodným způsobem zpracování emitovaných signálů lze získat cenné informace pro zpřesnění lokalizace trhlín a stanovení jejich fyzikálních vlastností.

## **2. GENERACE EME A AE V PEVNÝCH LÁTKÁCH**

Mechanickým namáháním pevné látky dochází v její struktuře k fyzikálním jevům, během kterých dochází k redistribuci elektrických nábojů obsažených v atomech. Náboje pak generují elektromagnetické pole, které může zprostředkovat informace o probíhajícím procesu v látce. Aplikovaný model generace EME je založen na pohybu nabitých stěn trhliny. Elektrický náboj vytváří na stěnách nově vytvořené trhliny elektrický dipól a díky jejich kmitání má signál EME frekvenci odpovídající délce trhliny. Signál AE, který je zpožděný oproti signálu EME, má frekvenci úměrnou rozměrům vzorku a rezonančnímu kmitočtu snímače. Pro snímání signálů EME v laboratorních podmínkách je vhodný kapacitní snímač tvořený dvěma deskami s dielektrikem daným sledovanou látkou ve tvaru kvádrů. Pro

snímání AE signálů se volí piezoelektrické ultrazvukové snímače, které se na vzorek připevňují ve vhodných měřicích bodech.

### 3. VLASTNOSTI SIGNÁLŮ EME A AE

Znalost vlastností signálů je velmi důležitá pro volbu způsobu jejich analýzy. Na základě experimentálních měření a studia signálů lze signály EME a AE klasifikovat jako aperiodické. Reálné signály jsou často povahy impulsů, avšak signály AE se v určitých případech a časových intervalech jeví jako kvazi-periodické. Dále lze emisním signálům přiřadit povahu stochastického procesu. Z výsledků dosavadního výzkumu totiž nevyplývá jednoznačná odpověď na otázku, jak předem určit, kdy, s jakou velikostí energie či s jakou četností mohou nastat mikrotrhliny v materiálu. Z toho se dá usoudit, že nelze považovat emisní signály za jednoznačně deterministické. Generované signály jsou v globálním měřítku nestacionární povahy, v krátkých časových úsecích však na ně lze pohlížet jako na stacionární.

V praktických aplikacích např. v rámci řešení projektů na Ústavu fyziky FEKT a FAST VUT v Brně se v současné době měří a využívá řada důležitých parametrů emisních signálů. V časové oblasti se zjišťuje především: doba příchodu, náběhu, trvání signálu; počet průchodů nulou; počet průchodů nulou před maximální hodnotou; špičková hodnota signálu; energie události; časová konstanta apod. Ve spektrální oblasti pak např. zjišťování dominantních frekvencí, střední frekvence a s ohledem na stochastický charakter signálů se provádí odhady spektrální výkonové hustoty.

### 4. NÁVRH METODIKY ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLŮ

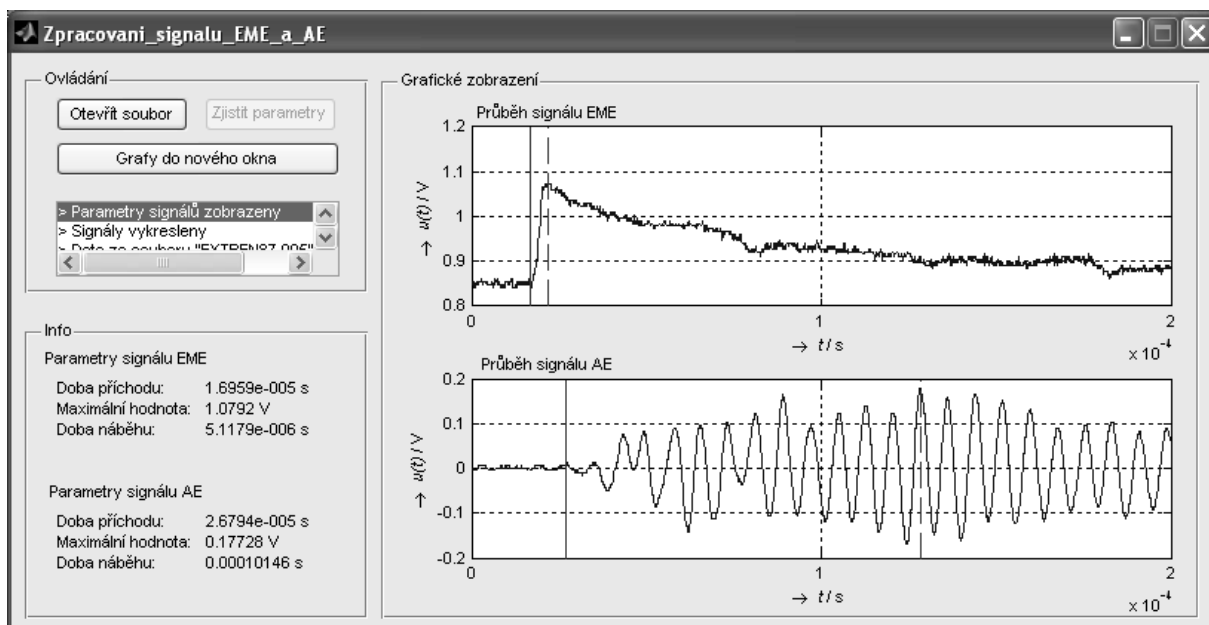
Aby byl signál správně vyhodnocen a dále zpracován, je jedním z nejdůležitějších údajů při analýze emisních signálů zjištění doby příchodu signálu. Navrhnul jsem tedy metodu, založenou na výpočtu absolutní hodnoty velikosti změny (absolutní hodnoty gradientu) signálu nezávisle na jeho polaritě. Matematicky by formulace šla napsat do tvaru:

$$y(t) = \left| \frac{dx}{dt} \right|. \quad (1)$$

Přitom se přibližně prvních 8% hodnot považuje za reprezentaci šumových podmínek měření. Tyto hodnoty jsou porovnávány se zbytkem vypočtených hodnot. Je-li některá další hodnota větší, než maximální hodnota gradientu signálu v šumové oblasti, pak je nalezen přibližný počátek užitečného signálu. Zároveň zde musí platit, že absolutní hodnota užitečného signálu má vyšší hodnotu, než průměrná absolutní hodnota šumu. Přesnější dohledání pak je od tohoto místa prováděno cyklem, který zpětně hledá místo, kde ještě platí podmínka, že absolutní hodnota signálu je větší než maximální absolutní hodnota šumu.

Dalšími metodami zjišťují maximální hodnoty signálu a doby náběhu signálu. Doba náběhu je v případě signálu EME, pro jeho impulzní charakter, počítána mezi 10% a 90% jeho velikosti, v případě signálu AE pak od 0% do 100% velikosti signálu.

Pro veškeré návrhy jsem využil programový balík MATLAB. V něm jsem zhotovil program pro zpracování signálů, který využívá navržené metody. Náhled okna programu je uveden na obrázku 1. Nasazení programu jsem provedl na signály EME a AE materiálu Extren, které byly získány z fakulty stavební VUT v Brně ve formě textových souborů.



**Obrázek 1:** Okno realizace programu zpracování signálů EME a AE.

## 5. ZÁVĚR

Metody elektromagnetické a akustické emise se jeví jako velmi perspektivní techniky spadající do oblasti nedestruktivního zkoumání vlastností látek. Jejich aplikace mohou tvořit alternativu k řešení úloh např. v materiálovém inženýrství. Neoddělitelnou součástí metod je adekvátní zpracování generovaných signálů EME a AE. V tomto příspěvku jsem snažil poukázat na některé možné způsoby jejich zpracování. Navržené metody a jejich přehledná realizace ve formě programu je zaměřena na zjišťování vybraných parametrů těchto signálů v časové oblasti. Využitím metod je možné především zvýšit přesnost dalších procesů analýzy signálů a vlastností materiálů. Práce na programu však není zdaleka u konce a v blízké budoucnosti bude obsahovat i metody zjišťující i parametry ze spektrální oblasti.

## PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za podpory grantu GAČR GA 103/06/0708 a výzkumného záměru MSM 0021630503.

## LITERATURA

- [1] JAN, Jiří. Číslíková filtrace, analýza a restaurace signálů. 2. upravené a rozšířené vyd. Brno: VUTIUM, 2002. 427 s. ISBN 80-214-2911-9.
- [2] KOKTAVÝ, Pavel. Využití impulzních náhodných procesů pro diagnostiku materiálů a součástek. 2006. 118 s. Habilitační práce.
- [3] KOKTAVÝ, Pavel, PAVELKA, Jan, ŠIKULA, Josef. Characterization of acoustic and electromagnetic emission sources. Measurement Science and Technology [online]. 2004, vol. 15, no. 1 [cit. 2007-11-20], s. 973-977. Dostupný z WWW: <[http://www.iop.org/EJ/article/0957-0233/15/5/028/mst4\\_5\\_028.pdf](http://www.iop.org/EJ/article/0957-0233/15/5/028/mst4_5_028.pdf)>. ISSN 0957-0233.