

## EXPERIMENTÁLNÍ ANALÝZA NAPĚTÍ ZA VYUŽITÍ NEJMODERNĚJŠÍ TECHNIKY HBM

---

Souvislost mezi názvem naší konference "Experimentální analýza napětí" a mottem firmy Hottinger Baldwin Messtechnik /HBM/, "Elektrická měření mechanických veličin" je nasnadě. Dále, vycházejí ze zkušenosti, že technická veřejnost, která se konference zúčastňuje, je obvykle na vysokém stupni informovanosti, omezím tento článek na strohý výčet snímačů a zařízení z programu HBM a bližší pozornost budu věnovat dvěma problémům:

a/ zajištění vysoké kvality a přesnosti jak u výrobce, tak i uživatele

b/ nové směry v získávání a zpracování měřených hodnot

### Snimače

#### 1/ Snimače hmotnosti a síly

využívají pro převod mechanické deformace na elektrický signál převážně odporových tensometrů, případně také induktivních diferenciálních transformátorů.

Snimače buď hmotnosti nebo sil jsou konstrukčně shodné a liší se pouze typem jednotek - snimače hmotnosti jsou cejchovány v kg a snimače sil jsou kalibrovány v Newtonech. Jmenovité měřicí rozsahy seriově vyráběných snímačů se pohybují v rozsahu od 5 g až do 1000 t, při třídách přesnosti od 1,0 do 0,025, případně pro rozlišení až H6, tedy 6000 dílků. Typickou vlastností všech snímačů je vysoká stabilita, deformace blízké nule a vysoká odolnost vůči vlivům okolního prostředí, včetně možnosti nasazení v explozivním prostředí.

#### 2/ Snimače tlaků kapalin a plynů

jsou opět vyráběny na bázi tensometrů nebo induktivních snímačů. Jsou dodávány jako snimače absolutního tlaku, přetlaku a diferenciálních tlaků. Rozsah jmenovitých hodnot tlaků běžných snímačů je od 0,01 do 3000 barů při třídách přesnosti 1,0 - 0,025. Snimače jsou vyráběny z oceli, dovolujících použití i pro korozivní látky, pro obzvlášť vysoké nároky nebo i pro potravinářský průmysl jsou dodávány mechanické převodníky tlaku, které zajišťují nejspíše oddělení snímače od měřeného media.

Za zmínku stojí jedna z novinek, Digibar, který je vysoce kvalitní elektronickou alternativou pro mechanické manometry.

#### 3/ Snimače kroutících momentů

vycházejí opět z převodu signálu na bázi odporového tensometru. Pro přenos signálu z rotujícího hřídele je užito buď kroužkových sběračů, nebo častěji bezkontaktního přenosu kroutícího momentu a otáček. Původní rozsah jmenovitých kroutících momentů od 50 Nm do 25 kNm byl rozšířen o řadu snímačů T 34 FN, která zahrnuje rozsah 1 až 20 Nm. Snimače lze použít pro rychlosti až do 40 000 ot/min.

#### 4/ Ostatní snímače

zahrnují měření dráhy od  $\pm 1\text{mm}$  do  $\pm 200\text{ mm}$ , případně až  $10\text{m}$ , snímače chvění pro frekvenční obor  $1$  až  $1000\text{ Hz}$  a v neposlední řadě širokou nabídku odporových tensometrů, od běžných typů až po speciální tensometry pro výrobu snímačů. Užití a aplikace tensometrů je natolik rozsáhlá problematika, která sama vyžaduje dostatek prostoru a času, k čemuž jsou určena tensometrická praktika, která budou pravidelně konána i u nás.

#### Zpracování signálu

Pro zpracování měřicího signálu ze snímačů nabízí HBM program celou paletu přístrojů, která začíná u jednotlivých jednoduchých přenosných přístrojů, napájených z baterie, pokračuje přes vícekanálové zesilovače řady "Alpha 3000" a měřicí ústředny typu UPM až po nejpresnější číslicové kompensátory, které jsou užívány jako referenční zařízení. Díky tomu, že všechny přístroje tvoří jistý stavebnicový systém, je možno je kombinovat do celků, jak pro statická, tak i pro dynamická měření, zahrnující stovky měřených míst. Výstup měřeného signálu je možný v analogovém tvaru stejně tak jako číslicový případně za využití paralelních nebo seriových sběrnic, mohou všechny přístroje pracovat v dialogu s počítačem.

Zajištění vysoké kvality a přesnosti u výrobce je podmíněno jednak systémem kontrol kvality nejen výrobků, ale zejména trvalou kontrolou správnosti jednotlivých technologických postupů a dále pak zajištěním způsobu kalibrace snímačů na nejvyšší dosažitelné úrovni. Díky těmto předpokladům získala firma HBM od německého metrologického ústavu /FTB/ oprávnění jako státní zkušebna /Kalibrierstelle des Deutschen Kalibrierdienstes - DKD/ s pravomocí vydávat cejchovní listy pro snímače hmotnosti a kalibrační listy pro snímače sil, tlaků a kroutících momentů.

Celý výrobní program HBM je stavěn tak, aby umožňoval získat při experimentální analýze napětí co nejhodnověrnější výsledky. Nejvyšší nároky na měřicí techniku jsou kladeny tam, kde experimentátor přikročí sám k výrobě různých snímačů. Pro tyto případy jsou dodávány tensometry série K, které umožňují co nejlepší teplotní kompensaci a respektují i vliv tečení materiálu. Díky různému příslušenství lze také dosáhnout dokonalé vyvážení a dobrou linearitu snímačů. Pro cejchovní a kalibrační účely jsou dodávány snímače, které díky individuální kalibraci s daným měřicím přístrojem mohou sloužit jako srovnávací normály. Ostatně třída přesnosti přesného číslicového kompensátoru DMP 39, která činí  $0,0005$ , mluví sama za sebe.

Rychlý vývoj elektronických stavebních prvků umožnil vyvinout a vyrobit měřicí přístroje, které dnes splňují i ty nejvyšší nároky, kladené na experimentální analýzu napětí.

Typickým představitelem moderní měřicí ústředny je systém UPM 100. Systém vychází ze stomístných jednotek, kterých je možno společně provozovat  $10$  i více.

Vstupní dekády jsou koncipovány pro zapojení tensometrů

v libovolné konfiguraci, induktivních snímačů, termočlánků, odporových teploměrů, napěťových a proudových zdrojů a odporových snímačů. Rychlost přepínání měřených míst je až 500 míst/sec, při setrvání na jednom místě dokonce až 1000 míst/sec. Toto umožňuje použít tuto statickou ústřednu i pro měření dynamických signálů do asi 40 Hz. Díky použití HBM patentovaného způsobu zapojení vstupních jednotek, je možno použít kabelů až do délky 500 m bez ovlivnění přesnosti naměřených výsledků. Ústředna může pracovat jako autonomní přístroj s ukládáním výsledků měření do vnitřní paměti a s výstupem na vestavěnou tiskárnu. Přitom je možno použít různých typů měření při integračních časech nastavitelných od 1 mS až do 1sec, případně při měření dynamických signálů použít vzorkovací doby 1 mS až 100 mS při vyhodnocení špičkových hodnot v časovém rozmezí 0,1 až 10 sec. Ústředna provádí periodicky auto-kalibraci, umožňuje kontrolu správnosti připojení měřících míst, hlásí překročení libovolně nastavitelných úrovní atd.

Díky paralelní a seriové sběrnici může systém UPM 100 pracovat v dialogu s počítačem. Pro tento způsob použití je dodáván program, který umožňuje využití všech, v měřičské praxi běžných způsobů vyhodnocení.

Dalším přístrojem nové generace je číslicový měřicí zesilovač DMC 9012 A. Jedná se o vícekanálový měřicí systém - v jedné skříni je až 12 kanálů a tyto je možno kombinovat - pro měření statických a zejména dynamických signálů do měřené frekvence až 1200 Hz. Vzhledem k tomu, že každý kanál má svůj vlastní A/D převodník jsou všechny signály měřeny vždy v absolutně shodném čase. Přístroj pracuje výhradně v dialogu s počítačem, přičemž s ohledem na možnost zpracování signálu v reálném čase, jsou užívány počítače Melntosh, které této podmínce nejlépe vyhovují. Nedílnou součástí zesilovače DMC 9012 A je původní HBM programové vybavení označené BEAM. Program umožňuje jednoduchou grafickou formou provést veškerá potřebná funkční nastavení zesilovače. Pro vyhodnocení měřených signálů jsou k dispozici veškeré statistické funkce a další, potřebné při experimentální analýze napětí, jako např. rychlá Fourierova transformace, metoda stékajícího deště a pod. Obsluha je zde opět myší, jednoduchým grafickým výběrem, stejně tak, jako při volbě výstupů, grafických nebo tabelárních. Celý měřicí systém DMC 9012 A je koncipován tak, aby umožnil u složitých dynamických měření zredukovat dobu mezi vlastním měřením a jeho komplexním zpracováním z dřívějších několika měsíců na dny, či dokonce hodiny. Toto umožňuje potřebné změny realizovat v průběhu vlastního experimentu a v poměrně krátkém čase nalézt experimentální cestou optimální řešení daného problému.

Dalším oborem využití tohoto měřicího systému je řízení technologických procesů, což je však téma, které by si zasloužilo samostatný referát.

---

Ing. Ivan Wasgestian - HBM, 128 00 Praha 2, Podskalská 7