



**Experimentální Analýza Napětí 2001**

Experimental Stress Analysis 2001

**39<sup>th</sup> International Conference**

June 4 - 6, 2001 Tábor, Czech Republic

## **Devices for long-term observation of the structures.**

### **Aparatury pro dlouhodobé pozorování konstrukce.**

J. Švanda, J. Záruba, P. Štemberk

*Abstrakt: The speech discusses optimum parameters of measuring, evaluating, and recording units of a measuring system for long-term observations of real construction works including a selected set for the KU string system.*

**Klíčová slova:** wire measuring method, devices, telemetry

#### **1) Úvod**

Nutným předpokladem úspěšného a kvalitního měření parametrů stavebních konstrukcí je kromě vlastních měřicích prvků (snímačů neelektrických veličin) i elektronické vybavení pro t akovět o měření - aparatury pro vlastní měření a případný záznam dat. Díky rozvoji elektronických prvků a podstatnému snižování jejich ceny se stávají hlavní složkou výrobních nákladů měřicích ústředen i odečítacích aparatur jejich mechanické díly (skříňka, ovládací prvky, konektory, atd.), akumulátory a další součásti napájení a především jejich řídicí software.

Využití komplikovaných univerzálních ústředen je proto pro dlouhodobá měření nevhodným blokováním investic a je správnější orientovat se na funkčně jednoúčelová zařízení s maximálně unifikovaným zapojením, lišícím se pouze programovým vybavením.

Strunová měřicí metoda, charakteristická převodem měřené mechanické veličiny na frekvenci vlastního kmitání struny návazně převedené na frekvenci elektrického signálu, který lze dále snadno elektronicky přenášet a zpracovávat, je ovšem relativně málo univerzálně využitelná v průmyslové automatizaci. Strunová metoda je typickým případem metody předurčené pro malosériové výrobní zajištění a orientaci na dlouhodobé experimenty v podmínkách IN SITU. Pro dosažení konkurenceschopnosti musí být co nejvhodněji zajištěn ucelený soubor měřicích aparatur podle dále uvedeného koncepčního přístupu.

---

J. Švanda, Ing., CSc., U Havlíčkových sadů 9, 120 00 Praha 2, jsvanda@usis.cz

J. Záruba, Ing., CSc., Kloknerův ústav ČVUT, Šolínova 7, Praha 6, stem@klok.cvut.cz

P. Štemberk, Ing., Kloknerův ústav ČVUT, Šolínova 7, Praha 6, stem@klok.cvut.cz

## 2) Koncepční rozvaha

Pokročilá elektronika umožňuje v současné době realizovat automatické měřicí ústředny, popř. i automaticky zajištěný přenos naměřených dat. I když výsledky experimentu získané takovýmto plně automatizovaným bezobslužným systémem jsou nejpřesvědčivější, není žádný systém zcela imunní proti poruše (popř. proti úmyslnému poškození), takže u neopakovatelných experimentů je třeba alespoň část měřených dat zálohovat např. vizuálním odečtem přístrojů. V případě dlouhodobých experimentů je nutno zajistit kontrolu funkce automatizovaného systému s periodou kratší než je přípustný interval výpadku jeho funkce. Takovou kontrolu lze realizovat osobní kontrolou nebo i elektronicky.

U dlouhodobých experimentů, při kterých je předem znám harmonogram odečtů, je optimalizace míry automatizace měření výhradně záležitostí ekonomické rozvahy, která musí vycházet z reálných možností experimentátora. Při dlouhodobých experimentech je ovšem častější nejprve zjistit maximální informační obsah z kratšího časového vzorku (observaci systému) a až na základě výsledků této úvodní etapy experimentu upřesnit program vlastního dlouhodobého experimentu.

U dlouhodobých experimentů a při rozvoji aparatur pro tyto účely má zásadní ekonomický význam míra požadované telemetrie a návazně problém technického vybavení pro výrobu, ožívování a opravy náročnějších telemetrických soustav.

Hlavní výhodou strunové metody je mechanický převod měřené veličiny na frekvenci, čímž je vyřešen problém práce ve vlhkém prostředí a zjednodušeno zajištění digitalizace měřených dat. Ovšem díky tomu, že převodníkem je velmi málo tlumený mechanický systém vzniká riziko komplikací v důsledku tzv. rezonančního tlumení v tom případě, že některá ze součástí čidla, nebo upínacích přípravků má vlastní frekvenci v rozsahu využitelných pracovních frekvencí měřné struny čidla.

Pro řešení tohoto problému zatím není obecně známé nejvýhodnější řešení a proto existují zásadní odlišnosti i přístupu k tomuto problému u jednotlivých výrobců strunové měřicí techniky.

Nejčastějším řešením je:

- Robustnost snímacích snímačů zpomalit přechodové jevy natolik, že při běžném intervalu odečtů zůstanou negativní jevy nepozorovány
- Použít razantní impulsní buzení a pracovat v režimu tlumeného kmitání.
- Pomocí závaží na struně zúžit využívaný rozsah pracovních frekvencí měřicího systému a navíc ho převést do přehlednějších oblastí nižších frekvencí.
- Pokud je zájem neomezit aplikační možnosti strunové měřicí metody uvedenými cestami, je třeba používat kvalifikovanější obsluhu této přístrojové techniky, způsobilou operativně nalézt příčinu zhoršené funkce. Obsluha pak musí mít možnost operativně měnit funkční režim tak, aby se negativní vliv omezil, nebo přesunul do nevyužívané frekvenční oblasti.

Při vytipování základního souboru aparatur pro strunovou měřicí metodu je dále třeba respektovat další, často frekventované zájmy:

- Variabilitu připojovacích parametrů a vstupních obvodů tak, aby byl umožněn odečet strunových snímačů různých výrobců.
- Možnost zkontrolovat osobně každý odečet než bude zapsán do interní paměti aparatury tak, aby při výskytu jakéhokoliv rušivého momentu mohla obsluha sloužit jako filtr nejpravděpodobněji správného odečtu.
- Zajistit napájení aparatury v době výpadku hlavního napájecího zdroje a umožnit dálkovou kontrolu, nebo signalizaci poruchy.

- Pro jednorázové zkoušky rozlehlé konstrukce usnadnit propojení systému bezdrátovým spojením tak, aby náročnost přípravy zkoušky bylo možné snížit o instalaci kabelového spojení.
- Při potřebě dlouhodobého sledování krátkodobých občasných jevů je třeba, aby aparatura z důvodů nároků na interní paměť zajišťovala přetřídění informačního obsahu naměřených dat, nejlépe založené na metodických principech statistické dynamiky.
- Při kvazi -staticém pozorování souboru proměnných veličin je častou potřebou současnost odečtu vybraného souboru sledovaných veličin.

V případě měřící metody s malou nadějí na masovější rozšíření nezbyvá než zvyšovat konkurenceschopnost maximální unifikací, počínající tvarem přístrojové skříňky a potřebou využívat při tvorbě souboru aparatur prakticky výhradně základní soubor stavebnicových jednotek.

S ohledem na uvedené zájmy byl zvolen následující soubor stavebnicových jednotek,

- 1) Strunový oscilátor (soubor budících a snímacích obvodů pro rozkmitávání měrné struny).
- 2) Vysílač radiopojítka
- 3) Přijímač radiopojítka
- 4) Přepínač pro výběr odečítaného kanálu
- 5) Digitalizační a linearizační jednotka
- 6) Algebraické předzpracování dat
- 7) Třídíč informačního obsahu podle kvantitativních parametrů
- 8) Řídící jednotka s hodinami a řadičem
- 9) Paměťové jednotky
- 10) Displej a další interní prvky pro alternativní připojení výstupů aparatury
- 11) Systém dálkového přenosu dat formou SMS zpráv
- 12) Modemy pro připojení na systémy zavedených komunikačních sítí

Výběrem stavebnicových jednotek z uvedeného seznamu a cestou speciálně vytvořeného programového vybavení byl vytipován, vyroben a zkoušen následující základní soubor strunových aparatur.

- a) Základní jednokanálová bateriově napájená strunová aparatura s vizuálním odečtem hodnot na displeji a s alternativní volbou parametrů rozkmitávacích obvodů.
- b) Jednokanálová aparatura s vnitřní pamětí pro registraci naměřených dat včetně možnosti identifikace měřicího místa voleného externím zařízením.
- c) Přepínač měřicích míst s radiopojítky pro bezdrátový přenos signálu z oscilátorů strunových snímačů.
- d) Statická miniústředna pro měření a záznam dat (max. 64 vstupů)
- e) Osmikanálová ústředna se současným odečtem všech kanálů a ON LINE zpracováním informačního obsahu odečítaných dat v závislosti na vyhodnocení zvolených koeficientů charakteristik statistické dynamiky
- f) Souprava dálkového přenosu dat a ovládání přes veřejné komunikační síť.

### 3) Strunové aparatury

3a) Jednokanálová měřicí aparatura pro strunovou tenzometrii je řízena jednočipovým mikropočítačem, který zajišťuje všechny funkce přístroje. Tím je dán vysoký výkon, spolehlivost, nízká spotřeba energie a malé rozměry. Naměřená hodnota se průběžně zobrazuje na LCD displeji. Obr.1



Obr.1

3b) Jednakanálová měřicí aparatura se záznamem dat vhodná pro manuální i automatizovaná měření. Pohodlné a intuitivní ovládání systémem menu. Naměřená data se ukládají do paměti i s časem a datem měření. Z paměti mohou být přenesena do PC. Měřicí interval pro automatizované měření lze nastavit v širokých mezích. Aparatura umožňuje i následné zobrazování naměřených dat na displeji. Síťové napájení je zálohováno vestavěným akumulátorem. Obr.2



Obr.2

3c) Přepínač měřících míst pro bezdrátové připojení tenzometrů. Frekvenční signál strunových čidel je možné jednoduše přenášet bezdrátovým systémem s malým dosahem. Pro konkrétní použití bylo použito průmyslových modulů vysílače a přijímače. Přijímač signálu může být připojen k jednakanálové aparatuře pro strunovou tenzometrii. Ručním přepínačem se volí, který z nainstalovaných snímačů (každý má vlastní jednoznačnou adresu) se má aktivovat. Obr.3



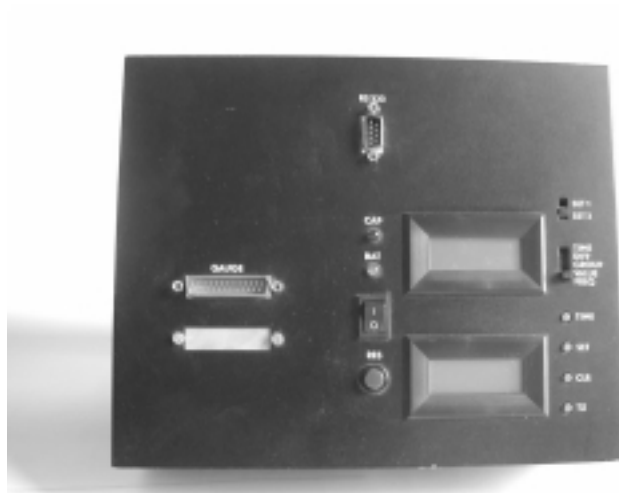
Obr.3

3d) Automatizovaná měřicí ústředna pro stacionární tenzometrie je určena pro měření většího počtu tenzometrických snímačů a záznam naměřených dat do paměti, odkud mohou být podle potřeby přenesena do PC. Měřicí interval i počet měřených kanálů lze jednoduše nastavovat. Data se ukládají i s informací o čase a datu, kdy konkrétní měření proběhlo. Ústředna je schopna i autonomního provozu mimo dosah elektrické sítě. Obr.4



Obr.4

3e) Osmikanálová ústředna se současným odečtem všech kanálů je určena pro experimenty vyžadující zaručenou současnost měření všech kanálů. Měření na každém kanále řídí samostatný mikropočítač. Data i s informací o čase a datu kdy byla pořízena se ukládají do paměti. Data lze přenést do PC. Obr.5



Obr.5

3f) Pro dálkové ovládání, sledování stavu a přenos menších objemů dat byl vyvinut elektronický modul spolupracující s mobilním telefonem v síti GSM. Tento modul umožňuje komunikaci prostřednictvím krátkých textových zpráv (SMS). Tyto zprávy obsahující data nebo logické hodnoty sledovaných stavů mohou být zaslány z modulu na jiný telefon nebo jako zpráva elektronické pošty. Pomocí modulu je možno dále nastavovat hodnoty výstupů a tak ovládat připojené zařízení. Veškeré nastavování se provádí dále pomocí telefonu GSM. Tento modul je možno připojit např. k automatické měřicí ústředně pro strunovou tenzometrii. Obr.6



Obr.6

#### 4) Poznámka

Zatím méně častý požadavek aplikace strunové měřicí techniky při laboratorních experimentech, kde je zájem o funkční univerzálnost aparatur, je řešen cestou vývoje specializovaného hardware na kartě do PC jako alternativní možnost prodloužení morální životnosti starších PC.

Systématické řešení rozvoje strunových aparatur je realizováno v rámci záměru CEZ: J04/98:210000030 a současně též v rámci podpory řešení grantového úkolu GAČR r.č. 103/00/0705