

## PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ PRO ŘÍZENÍ A VYHODNOCOVÁNÍ TENZOMETRICKÝCH MĚŘENÍ POČÍTAČEM

---

Soudobým trendem v měřicí technice je automatizace měření a jeho následného vyhodnocování. Tento trend vyžadují především její uživatelé, respektují její výrobci měřicí techniky, v mnohých případech je automatizace měření nutnou podmínkou pro splnění jeho cílů.

Koncepce tenzometrických měřicích ústředen UPM-60 firmy Hottinger Baldwin Messtechnik umožňuje umocnit jejich využití použitím výpočetní techniky. Zájemce o pořízení automatizovaného tenzometrického měřicího systému však brzy dospěje k vážnému problému, a tím je potřebné programové vybavení počítače. Na toto vybavení má prakticky každý uživatel specifické nároky, vyplývající z problematiky měření tenzometrických veličin v odlišných podmínkách. Komerčně nabízené programy buď funkčně nevyhoví, nebo nejsou nabízeny pro jeho typ počítače, někdy může být překážkou v pořízení i jejich cena. Často tak dojde k rozhodnutí vytvořit si potřebné programové vybavení vlastními silami. Rozumnost tohoto rozhodnutí si musí každý předem dobře uvážit, neboť vyvinout programové vybavení na profesionální úrovni je po všech stránkách náročné. Při potřebě automatizace měření až dvěma tenzometrickými ústřednami UPM-60 s 32 bitovým počítačem HP-310 firmy Hewlett - Packard však bylo toto rozhodnutí vynuceno neexistencí jakéhokoliv vhodného programového vybavení.

Koncepce vyvinutého programového vybavení vyšla z jeho určení pro měření napjatosti potrubí tranzitního plynovodu, kde dochází k poměrně pomalým změnám deformací a kde je nutno trvale uchovat velký počet datových souborů, které obsahují naměřené tenzometrické hodnoty z mnoha měřicích míst. Programové vybavení se skládá ze dvou samostatných programových celků, uložených na pružné disketě. První umožňuje nastavení parametrů ústředen UPM-60 pomocí klávesnice počítače; výpis parametrů nastavených na ústřednách i na počítači na obrazovku nebo tiskárnu; automatické i manuální řízení vlastního procesu měření; automatické nebo manuální řízení záznamu naměřených dat na obrazovku, pružnou disketu, či tiskárnu; funkční a kalibrační test měřicího obvodu. Druhý programový celek, který se z důvodu úspory operační paměti počítače skládá z deseti programových souborů, umožňuje načtení naměřených dat z pružného disku; výpis těchto dat na obrazovku, či tiskárnu; možnost úprav dat a jejich zpětné uložení na disketu; úpravu naměřených hodnot jejich vyrovnáním na první měření / nastavení nulové základny /; dodatečné korekce naměřených hodnot / nastavení individuálních nenulových základen /; výpočty deformací a napětí u jednotlivých tenzometrů, hlavních deformací, hlavních napětí a úhlů odchylek os hlavních směrů od os tenzometrů při měření tenzometrickými rozetami typů R nebo D / tj. rozet s charakteristickými úhly 45 nebo 60 stupňů /; výpis naměřených a vyhodnocených dat na obrazovku, či tiskárnu formou tabulek; vykreslení naměřených a vyhodnocených dat

na obrazovku nebo souřadnicový zapisovač formou barevných grafů ; sestavení a výpis doprovodného textu , popisujícího měření, na obrazovku a posléze na tiskárnu.

Řízení měření a záznamu naměřených dat je naprogramováno tak , že vyhovuje dvěma základním požadavkům uživatele. Za prvé chce mít uživatel neustále k dispozici podrobnou informaci o momentálních hodnotách měřených veličin a tyto informace chce mít v co největším objemu trvale uchovány / na disketě , či formou výpisu z tiskárny / . Za druhé, v případě dlouhodobých měření, je uživatel omezen kapacitou záznamových medií a zanedbatelná není ani ekonomická stránka spotřebovaného záznamového materiálu , takže má zájem o objem trvale zaznamenaných dat minimalizovat. Řešením těchto protichůdných požadavků je přijatelný kompromis. Na obrazovce se v průběhu měření postupně zobrazují veškerá naměřená data. Trvalý záznam těchto dat se však na základě optimalizačního rozhodnutí uživatele provádí pouze občas. Prakticky to znamená, že v části programu zabezpečující vlastní měření , je stále se opakující měřicí smyčka , ve které se provádí odměření tenzometrických dat z ústřední UPM-60 a odměření hodinového času z počítače . Pokud je tak předem zadáno , proběhne i odměření až dvou externích parametrů / např. tlaku v potrubí , objemu vody do potrubí přičerpané / . Dále v této smyčce následuje zobrazení právě naměřených dat na obrazovce , a to v jedné ze dvou variant grafů / průběžného nebo sloupcového / , kterou si uživatel předem zvolil. Následuje testování , zda nenastal důvod pro ukončení měření z důvodu vyčerpání doby vymezené pro měření , z důvodu dosažení zadané hodnoty externího parametru / např. tlaku / , nebo z důvodu vykonání určitého počtu trvalých záznamů naměřených dat. Současně je testováno , zda mají být právě odměřená data zaznamenána na pružnou disketu nebo tiskárnu , či na obě záznamová media. Řízení tohoto záznamu je možno volit z několika variant. Záznam je možno provádět vždy po uplynutí určitého časového intervalu , nebo vždy po určitém nárůstu hodnoty externího parametru , přičemž velikost tohoto nárůstu je možno v průběhu měření jedenkrát změnit. Záznam je také možno uskutečnit vždy při překročení zadaného přírůstku gradientu měřené tenzometrické veličiny v některém měřicím místě / tj. překročení povolené odchylky od lineárního nárůstu deformace / . Dále je možno dát v průběhu měření příkaz k provedení záznamu manuálně , tj. když uživatel stiskne příslušnou programovatelnou klávesu. Taktéž může uživatel manuálně zadat v průběhu měření z klávesnice hodnoty zmíněných externích parametrů, nebo si vyžádat záznam tzv. "zásobníku naměřených tenzometrických dat". V tomto zásobníku je vždy obsaženo posledních deset kompletních odměření tenzometrických dat ze všech měřicích míst. Smysl vytváření zásobníku spočívá v zabezpečení významného objemu naměřených údajů v případě , kdy dojde v průběhu měření k nějaké neočekávané a rychlé události zrovna v době , kdy není důvod k automatickému záznamu měřených dat a přitom uživatel vzhledem ke své reakční schopnosti a okolnostem není schopen včas vydat příkaz k zápisu. Doba , za kterou se provede jedna měřicí smyčka , resp. jeden cyklus odměření , včetně případného záznamu dat, je závislá jednak na celkovém počtu měřicích míst , jednak na počtu různých testování ve smyčce. Řádově se pohybuje při deseti měřicích místech od dvou do tří sekund , včetně

záznamu dat tiskem na tiskárně a zúpisem na pružný disk. Při větším počtu snímaných měřicích míst se tato doba prodlužuje. Její konkrétní velikost je nutno si zjistit předem zkouškou, neboť je závislá mimo uvedených faktorů i na celé řadě dalších, např. na nastaveném čase integrace v ústředně UPM-60, na rychlosti tisku tiskárny, rychlosti odměřování hodnot externích parametrů. Z uvedeného vyplývá i určení tohoto programového vybavení pro měření nedynamických změn napjatosti. Uvedené možnosti řízení měřicího procesu ukazují na jeho značnou variabilitu a jistou univerzálnost použití v mnoha praktických případech experimentální analýzy napětí. Možnost manuálního řízení záznamu dat je výhodná při skokových změnách napjatosti, kdy se taktéž výhodně uplatní použití sloupcového grafu pro sledování velikostí deformací ve všech měřicích místech najednou / až 100 míst /, přičemž minimální a maximální hodnoty v každém z těchto míst jsou trvale vyznačeny. K snadné orientaci v grafu významně přispívá možnost barevného odlišení sloupců / např. je výhodné barevně shodně označit sloupce příslušné všem tenzometrům v jednom směru, odlišit měřicí místa zvláštní důležitosti, která mají být experimentátorem sledována přednostně /. Možnost automatického řízení záznamu dat, kdy například náhlá činnost tiskárny může alarmovat nepřilís pozornou obsluhu / tj. dojde-li k odklonu nárůstu deformace od lineárního průběhu /, je výhodná zejména při kontinuálním zatěžování sledované konstrukce, jakou je i potrubí tranzitního plynovodu při probíhající napětové zkoušce. V tomto případě je výhodné použít ke sledování vývoje napjatosti grafu průběžného, přičemž k identifikaci jednotlivých záznamových stop v grafu slouží jejich barevné odlišení, odlišení tvarem symbolu jednotlivých odměřených bodů a dokonce i typem čáry spojující tyto body. K usnadnění identifikace jednotlivých stop lze pod graf kdykoli vyvolat tabulku, ve které je uveden popis až deseti vykreslovaných stop. Pro usnadnění orientace v čase jsou pod grafem vypisovány hodinový čas a čas od spuštění měření s přesností na setinu sekundy, který je i spolehlivou signalizací nepřerušeni chodu programu.

Významným pomocníkem při testování sestaveného měřicího obvodu tvořeného tenzometry, signálními kabely, měřicími ústřednami UPM-60 a počítačem, je testovací a kalibrační program. Jeho použití je následující: Uživatel nastaví buď z předního panelu, nebo pomocí klávesnice počítače veškeré parametry ústředni UPM-60, které si může pro archivační účely zaznamenat pomocí tiskárny počítače, zadá veškeré parametry, kterými se má měření řídit, přičemž si je může taktéž zaznamenat. Spustí měření s tím, že měřenou konstrukci stupňovitě zatěžuje a v každém stupni provede záznam jednoho souboru dat na pružnou disketu. Stejný počet záznamů provede i při stejném způsobu stupňovitého odlehčování. Po ukončení měření zpracuje takto naměřená data příslušným testovacím programem. Tento v podstatě automaticky vyhodnocuje získané "hysterezní" smyčky a graficky je postupně předkládá uživateli k posouzení. Pořadí, ve kterém jsou uživateli předkládány smyčky z jednotlivých tenzometrů, je od tenzometru s nejvyšší naměřenou hysterezí, u kterého je tedy možnost nesprávné funkce pravděpodobně nejvyšší. Tenzometry u nichž se alespoň jednou vyskytlo chybové hlášení "ERROR n" jsou uživateli ohlášeny zvlášť. Z vykreslených grafů lze posoudit nejen funkci přístrojů, ale i kvalitu

lepení tenzometrů. Provedení tohoto testu ušetří uživateli mnoho starostí v průběhu vlastního měření a získané "hysterzní" smyčky jsou i cenným materiálem pro konečné vyhodnocení výsledků experimentu.

Po ukončení měření jsou veškerá naměřená data zaznamenána na disketě. Popisované programové vybavení umožní uživateli jejich podrobné vyhodnocení. Před vlastním vyhodnocováním je možno naměřená data upravit, provést korekce a to jak na disketě, tj. provést trvalé změny, tak pouze v paměti počítače, tj. provést změny pouze pro účely jednorázového vyhodnocení a původní data na disketě zachovat pro pozdější dobu. Počet naměřených souborů, který lze najednou vyhodnocovat, je při 100 měřicích místech 70, resp. při 10 místech 700 / toto je omezeno disponibilní velikostí operační paměti /. Po načtení dat z diskety a po výpočtu veličin charakterizujících napjatost, může uživatel vytvářet a vypisovat na obrazovku nebo tiskárnu až 17 různých tabulek. Dále je možno sestavovat a vykreslovat na obrazovku, či plotter nepřeberné množství různých grafů. Na každou souřadnicovou osu si lze vybrat z 38 možností vynášených parametrů, a sice 9 základních parametrů / např. čas nebo hlavní napětí /, 9 přírůstkových parametrů / např. přírůstek času mezi dvěma měřeními /, 19 poměrných přírůstkových parametrů / např. poměrný časový přírůstek hlavního napětí mezi dvěma měřeními / a konečně jeden doplňkový externí parametr / který to bude si uživatel vybere ze dvou ext. parametrů sám - např. přičerpávaný objem vody /. Při sestavování grafů je možno volit velikost a umístění grafu na obrazovce, polohu závislé a nezávislé osy, barvu vykreslované stopy, tvar zobrazovaného bodu, typ spojovací čáry, popis grafu je možno zadat z klávesnice nebo automaticky, totéž platí pro popis obou souřadnicových os, měřítko grafu je možno zadat manuálně, nebo využít nabízené možnosti, které jsou nabízeny v pořadí využití plochy grafu, změnou měřítka grafu lze jeho vybranou část zvětšit, lze direktivně ustavit nulové body grafu, v grafu lze vynášet pouze jednotlivé body, nebo pouze spojovací čáry, ale samozřejmě i obojí, lze vykreslit souřadnicový mřížkový rastr, nebo jen souřadnicový kříž se středem v nulovém bodě, je možno volit hustoty očíslování os, které se automaticky provede v semilogaritmickém, nebo celočíselném tvaru, je možno odečítat pomocí kurzorem ovládané záměrné značky přesné souřadnice bodů v grafu. Graf je možno vykreslit na obrazovku, nebo pomocí souřadnicového zapisovače na papír. Pod graf je možno vykreslit popis až deseti stop.

Toto programové vybavení pro řízení a vyhodnocování tenzometrických měření se skládá z téměř padesáti podprogramů typu SUBROUTINE, na pružném disku je zaznamenáno v 11 programových souborech. Je výhodné si tyto soubory před použitím zavést na Winchester disk.

Program ovládá až dvě tenzometrické ústředny UPM-60 s celkem 10-ti přístrojovými kartami UMH-3209. K měření externích parametrů slouží měřicí ústředna HP-3497A s extenderem HP-3498A. Řídícím počítačem je 32-bitový HP-310 s 1MB RAM, s OS-BASIC 4.0. Program má přes 10000 řádek a 350 KB.

---

Ing. Jaroslav Křístek - Tranzitní plynovod, 113 94 Praha 1