

MECHANISACE  
VYHODNOCOVÁNÍ GRAFICKÝCH ZÁZNAMŮ MĚŘENÍ

Ing. Hanák Ivan  
Moravan n.p. Otrokovice

Mechanisace  
vyhodnocování grafického záznamu měření.

Ing. Hanák Ivan

Příčinou malé účinnosti experimentu, posuzujeme-li ji z hlediska kvality a objemu získané informace, je přesné vyhodnocování grafických záznamů.

Výrazné změny této vlastnosti, dnes již "klasického" záznamu, dosáhneme zmechanisováním jeho digitalisace a zápisem dat ve tvaru vhodném pro vstup počítače. Na trhu však není vhodné zařízení, použitelné pro široký okruh měření.

Autorát naznačuje řešení tohoto stavu a popisuje zařízení, postavené svépomocí.

## Úvod

Oscilografický záznam si stále zachovává význam základního, na většině pracovišť jediného, záznamového zařízení.

Převod grafického záznamu do tvaru vhodného pro vstup počítače získal na důležitosti zvláště v posledních letech, kdy se neustále zvyšují nároky na objem a kvalitu informace získané experimentem i na předkládání výsledků v co nejkratším čase. Vyhovět těmto požadavkům i v případě, kdy pracoviště disponuje pouze "klasickým" měřicím řetězcem, lze jen za cenu zmechanizování digitalisace oscilografických záznamů a zpracování dat pomocí výpočetní techniky.

Na trhu však není vhodné a cenově přístupné zařízení, které by umožnilo převod grafického záznamu do digitálního tvaru. Jistým řešením je Digitizer fy Hewlett-Packard. Svou koncepcí /nutnost napojení na kalkulačtor, chybí ovládací komfort pro jednoznačné a rychlé odečítání souřadnic atd./ je však předurčen pro zpracování menšího množství záznamů majitele kalkulačtoru.

Digitalisace oscilografického záznamu však není tak náročným problémem, aby jej nebylo možno zvládnout svépomocí. Předložený referát naznačuje řešení a popisuje zařízení používané od r. 1972 ve zkušebně letadel n.p. Moravan v Otrokovicích.

## 1. Mechanisace vyhodnocování grafického záznamu

Pojmem "mechanisace vyhodnocování grafického záznamu" označujeme soubor činností, které z vyhodnocování záznamů vytváří rutinní, universálně použitelný pracovní postup. Zabýváme-li se otázkou mechanisace vyhodnocování, budeme ji řešit z hlediska:

- 1.1 mechanismu digitalisace analogového záznamu
- 1.2 převodu souřadnice analog. záznamu do digit. tvaru
- 1.3 přípravy záznamu k vyhodnocování

### 1.1 Mechanismus digitalisace analog. záznamu

Pro převod analogového záznamu do posloupnosti číselných údajů můžeme použít dvou postupů:

- a) digitalisace lokálních extrémů záznamu - metoda DLE
- b) digitalisace po ekvidistantních časových krocích - metoda DCK

Kterou z metod použijeme, to závisí na charakteru řešené úlohy. Metody

DLE /obr.1/ budeme používat k amplitudové analýze, DCK /obr.2/ pro hodnocení děje z hledisek statistické dynamiky. Vyskytne-li se potřeba hodnotit děj z obou hledisek současně, musíme v řadě praktických případů pořídit pro DCK samostatné vzorky, paralelní nahrávkou jiným zapisovačem. Vyžaduje to vysoká hustota vzorkování, kterou lze zajistit jen vysokými rychlostmi posuvu záznamového materiálu.

Stručnou informaci o určení hustoty vzorkování nalezneme např. v [1], kde autor pojednává o digitalisaci mgf. záznamu. Převeďme uváděné požadavky do podmínek grafického záznamu, nejlépe na obdobném příkladu.

#### Příklad.

Zaznamenaný signál obsahuje dvojamplitudy o frekvenci  $f_{\max} = 15 \text{ Hz}$ , které dosahují velikosti 40 mm záznamu. Máme určit rychlost posuvu záznamového materiálu oscilografu, chceme-li získat data pro

a/ stanovení výkonové spektrální hustoty

b/ určení lokálních extrémů záznamu

Rychlost posuvu  $P$  vypočítáme z požadované délky časového kroku  $\Delta t$  a požadované přesnosti  $\delta_t$ , s jakou ho odečteme ze záznamu. Chceme-li nastavit ekvivalentní časový krok s přesností  $h = 1\%$  a připustíme chybu odečítacího zařízení  $\delta_t = 0,1 \text{ mm}$ , pak musíme  $\Delta t$  zaznamenat jako úsečku  $\Delta t_m = 10 \text{ mm}$ .

Rychlost posuvu vypočteme ze vztahu

$$P = \frac{\delta_t \cdot 100}{h \cdot \Delta t} \quad [\text{mm/s}]$$

Velikost časového kroku  $\Delta t$  bude

$$a/ \quad \Delta t = \frac{1}{f_{vz}}, \text{ kde } f_{vz} = 3 f_{\max}$$

$$b/ \quad \Delta t = \frac{2\delta_A}{S}, \text{ kde } \delta_A \text{ (mm) je chyba určení velikosti extrému}$$

$S \text{ (mm/s)}$  je max. strmost průběhu měřeného signálu

Požadovaná rychlost posuvu  $P$  :

$$a/ \quad P = \frac{0,1 \cdot 100}{1 \cdot 0,02} = 500 \text{ mm/s}$$

$$b/ \quad P = \frac{0,1 \cdot 100}{1,0,67 \cdot 10^{-3}} = 1500 \text{ mm/s}$$

Z toho je vidět, že chceme-li použít DCK pro získání podkladů k amplitudové analýze, musíme splnit vysoké požadavky na rychlost posuvu záznamového materiálu.

Pro tento typ úlohy je vhodnější DLE. Rychlost posuvu zde přizpůsobíme pouze požadavku dobré rozlišitelnosti sousedních špiček záznamu. Považujeme-li za přijatelnou vzdálenost mezi špičkami nejvyšší frekvence  $\Delta t_m = 2 \text{ mm}$ , pak  $P$  vypočítáme ze vztahu

$$P = f_{\max} \cdot \Delta t_m = 15 \cdot 2 = 30 \text{ mm/s},$$

což je běžně používaná hodnota.

Z toho, co bylo řečeno je zřejmé, že metoda DLE je pohotová a nevyžaduje speciální přípravy k měření. Pro DCK doplníme záznam zápisem pulzů vzorkovacího generátoru, kterými určíme délku časového kroku  $\Delta t$ . Možností automatizace posuvu odečítací jednotky o  $\Delta t$  se nezabýváme. Této výhody pro nerovnoměrnost posuvů běžných oscilografů nevyužijeme. Sama realizace podobného požadavku je příliš náročná.

Tolik k mechanismu digitalisace analogového grafického záznamu.

## 1.2 Převod souřadnice analogového záznamu do digitálního tvaru

Zablokujeme-li posuv záznamového materiálu zapisovače a měníme hodnoty zaznamenávaných veličin v celém měřicím rozsahu, získáme v obecném případě soustavu čar. U oscilografického záznamu soustava přechází v přímku, společnou všem zaznamenávaným veličinám. U písátkových zapisovačů s přímočarým pohybem písátek, která jsou vzájemně odsazena, to bude soustava rovnoběžných úseček. Konají-li písátka kruhový pohyb, získáme soustavu kruhových oblouků a pod.

Grafický zápis soustavy takto získaných čar považujeme za stopu časového (vyhodnocovaného) řezu záznamem. Stopa časového řezu (dále SR) vytíná na záznamu měřených veličin body, jejichž vzdálenosti od příslušných nulových úrovní jsou úměrné hodnotám, kterých tyto veličiny dosáhly v okamžiku určeném polohou SR na časové ose záznamu.

Naším úkolem bude vyjádřit velikost této úsečky (měříme-li od báze záznamu, můžeme ji považovat za souřadnici) v digitálním tvaru. Toho dosáhneme nejdříve změnou polohy odečítacího prvku vhodného mechanismu, který přesuneme z jednoho do druhého koncového bodu úsečky. Převodníkem, vřazeným do tohoto "odečítacího" mechanismu transformujeme velikost změny polohy odečítacího prvku na změnu elektrického napětí. To už dovedeme pomocí dnes běžně dostupných

zařízení digitalisovat a uchovat ve tvaru vhodném pro další zpracování.

Pro návrh odečítacího mechanismu je vhodné vzít v úvahu:

- a) Zda výsledek digitalisace má být vyjádřen ve fyzikální dimenzi měřené veličiny, nebo může být vyjádřen v hodnotách elektrického napětí a převod do fyzikální dimenze budeme řešit v rámci výpočtu.  
Sem samozřejmě náleží i požadavek korekce změn polohy báze záznamu. V prvním případě korekci obstará operátor, ve druhém výpočetní program.
- b) Zda SR je přímka společná všem zaznamenaným stopám, kolmá k časové ose záznamu, či nikoliv.
- c) Požadavek linearity vazby mezi pohybem odečítací značky mechanismu, kterým odměřujeme velikost úsečky záznamu a velikostí el.napětí naměřeného na výstupu převodníku.
- d) Požadavek minimálního počtu elektronických článků v řetězci převodu dle c).
- e) Rozpětí šířek záznamu, které budeme vyhodnocovat.
- f) Další požadavky, které sice neovlivní koncepci mechanismu, ale umožní větší ovládací komfort vyhodnocovacího zařízení. Jako příklad můžeme uvést - blokování posuvu SR pokud nejsou vyhodnoceny všechny veličiny v řezu, světelná indikace následující vyhodnocované veličiny, atd.

Na obr. 3 a obr. 4 je schematicky zaznačeno možné řešení hledaného mechanismu.

Provedení dle obr. 3 - poskytne výsledek ve fyzikální dimenzi

- umožní vyhodnocovat záznam z libovolného typu záznamové jednotky (obecný tvar SR) se značným rozpětím šířek záznamového materiálu.

Provedení dle obr. 4 - poskytne výsledek v jednotkách el.napětí

- umožní vyhodnocovat záznamy se společnou SR, kolmou k časové ose záznamu
- rozpětí šířek vyhodnocovaných záznamů je dáno chodem odečítacího mechanismu.

Obě provedení používají jako převodníku soustavy přesných potenciometrů ARIPOT.



čátku záznamu. Sem píšeme i komentář k provedenému měření.

- Podle požadovaného způsobu dalšího zpracování dat vybereme výpočetní program a vyznačíme rovněž na začátku záznamu.

Redakci záznamu provádí kvalifikovaný pracovník. Operátor vyhodnocovacího zařízení, který nebývá seznámen s detaily vyhodnocovaného problému, musí na záznamu nalézt všechny potřebné údaje jak pro vyplnění formuláře dat, tak pro způsob vyhodnocování.

Formulář dat a uspořádání záznamu, které označíme jako "formát záznamu" je na obr. 6.

Klademe důraz na estetické uspořádání záznamu. Ukazuje se, že pečlivost dalších pracovníků, kteří s ním přijdou při vyhodnocování do styku, bývá obdobná péči, s jakou byl pořízen a "předzpracován".

## 2. Popis vyhodnocovacího zařízení PVZ - M 1.

Schema odečítací jednotky vyhodnocovacího zařízení PVZ-M1 je shodné s obr. 3. Konkrétní uspořádání je patrné z obr. 7.

Jednotku tvoří dva nosiče. Větší z nich nese celou odečítací jednotku, t.j. rám s průhlednou folií pro nakreslení SR a vodička vlastního odečítacího mechanismu, který opět nese rám s průhlednou folií, na kterou kreslíme odečítací křivku OK. Větší z nosičů "vozí" celou jednotku podél časové osy do libovolného místa manipulační délky zařízení. SR, jejíž rám je s tímto nosičem pevně spojen, vytíná na stopách záznamu body, které je třeba odečíst. Odečítací křivka OK (funkce je zřejmá z obr. 3) je použitelná pouze pro stopu záznamu, z jejíž cejchovní části byla pořízena. Pro vícestopý záznam (vyhodnocení ve fyzikální dimenzi) budeme mít soustavu OK, jejichž počet bude shodný s počtem vyhodnocovaných stop. Při digitalisaci v rozměru el.napětí vystačíme s jedinou, vhodně sestrojenou, OK. Změnu polohy báze záznamu při digitalisaci ve fyzikální dimenzi koriguje operátor pomocí stavěcího zařízení (na fotografii obr. 7 po levé straně rámu OK).

Vlastní převod na napětí zajistí posunutí OK do odpovídajícího průsečíku stopy záznamu a SR. Rám OK je mechanicky spojen s běžcem potenciometru, zapojeného jako dělič napětí. Na jeho výstupu naměříme napětí odpovídající poloze OK vůči SR. Převod el.napětí do číslcového tvaru zajišťuje A-D převodník NR 10. Výstupní kód 1 z 10 je dekodován dekodérem vlastní konstrukce do kódu

organizačního automatu Consul 263.

Formát zapsaného slova:

P x x x N R - při psaní do sloupců  
 P x x x M P x x x M N R - při psaní do řádků formuláře

P - polarita  
 x - třímístný číselný údaj  
 N - návrat válce  
 R - přeřádkování  
 M - mezera

Povel pro návrat válce a přeřádkování při zápisu do formuláře vysílá koncový spínač umístěný na psacím stroji.

Základní technické údaje PVZ-MI

|                                     |                                          |
|-------------------------------------|------------------------------------------|
| Zpracovávaný záznamový materiál:    | foto-papír 0+250 mm<br>kinofilm 35 mm    |
| Přesouvání vyhodnocovaného záznamu: | foto-papír - ručně<br>kinofilm - al.mot. |
| Přesnost odečtení bodu:             | max.chyba $\pm 0,1$ mm                   |
| Reprodukovatelnost převodu:         | 1 %                                      |
| Počet chyb:                         | 1/5000 znaků                             |
| Rychlost zápisu                     | 15 zn/sec                                |
| Výkon zaprac. operátora             | 800 - 900 bodů/hod.                      |
| Napájecí napětí                     | 220 V AC, 1A                             |
| Napájení odečítacích potenciometrů  | 10 V DC                                  |
| Kód děrné pásky                     | BCD - CONSUL                             |

Nedoporučuje se více jak 4 hodiny intenzivní práce denně na jednoho operátora. Nedodržování tohoto doporučení vede ke zrakovým a nervovým komplikacím a k rychlé ztrátě pracovní výkonnosti.

Zařízení PVZ-MI bylo vyrobeno ve zkušebně letadel n.p. Moravan. Je odvozeno z vyhodnocovacího zařízení OSCAR fy Benson a z obdobného zařízení

POLAVYZA, které bylo postaveno ve VZS 031.

### 3. Závěr

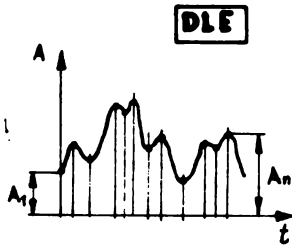
Grafický záznam je právem považován za neperspektivní, ale neprávem opomíjen. Je velmi užitečné, když široký kádr experimentálních pracovníků má velmi intimní vztah ke špičkovým možnostem soudobé měřicí a výpočetní techniky, protože jim umožní správnou orientaci při výběru této techniky v době, kdy se jim povede získat nikoliv nízké prostředky na její nákup.

Méně potěšitelný je skutečný stav vybavení většiny pracovišť, kdy pro získání dat z měření je k dispozici oscilografický záznam, měřítko, vyjímec-ně kapesní kalkulátor a formulář.

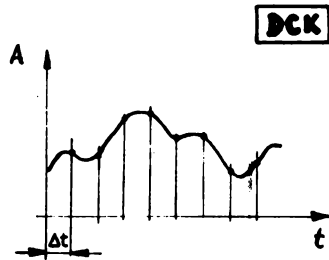
Skok z těchto pracovních podmínek na využití zmíněné špičkové techniky je pak velmi náročný. Proto i z hlediska dosažení určité spojitosti kvalitativního růstu pracovišť jako celku je vhodné, aby se organizace práce s "klasickým" měřicím řetězcem přiblížila k praktikám při využívání např. magnetického záznamu. Takto zaměřená činnost, založená na mechanisaci zpracování grafických záznamů, vypěstuje potřebné návyky pro dobu, kdy i dokonalejší měřicí technika dozná masového rozšíření.

### Literatura:

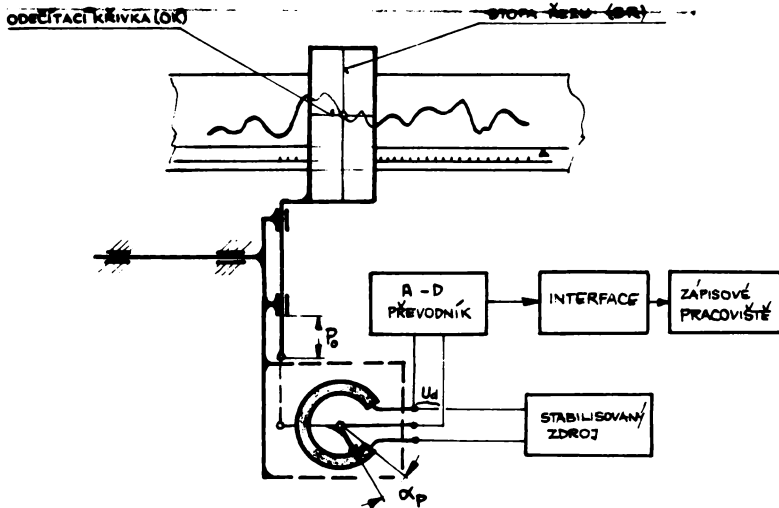
- [1] Hromíř: Vyhodnocení provozních kmitavých namáhání pomocí číslicového počítáče. (Příspěvek pro Cyklus stavba strojů XXXV)  
Dům techniky ČSVTS Praha, 1975.
- [2] Hanák: Metodika měření na mobilním objektu.  
Interní zpráva zkušebny letadel n.p. Moravan.



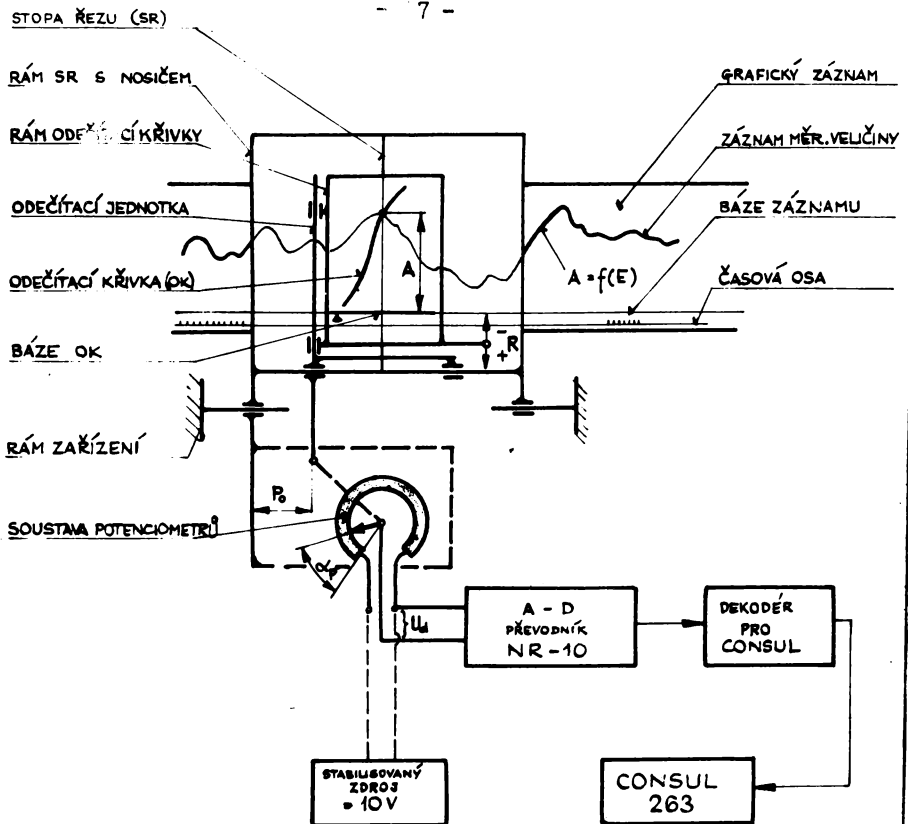
Obr. 1.



Obr. 2.



Obr. 4.



- E ..... měřená veličina  
 A ..... vyhodnocovaná souřadnice  
 R ..... korekce změn báze  
 $U_d$  ..... napětí na děliči  
 $\alpha_p$  ..... natočení hřídele potenciometrů  
 $P_0$  ..... posun OK vůči SR

Schema vyhodnocovacího zařízení PVZ-M1

Obr. 3.

|             |               |
|-------------|---------------|
| Název úkolu | číslo záznamu |
|             | číslo měření  |
| Letoun      | hmotnost      |
|             | centráž       |
| Pilot       | datum         |
| Technik     |               |

## RAZÍTKO II

|       |              |          |           |           |           |           |           |           |           |           |
|-------|--------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 510°C | 2,05<br>2,1E | 2,0<br>% | 42,0<br>1 | 43,5<br>2 | 43,1<br>3 | 42,9<br>4 | 42,8<br>5 | 42,7<br>6 | 42,6<br>7 | 43,0<br>8 |
| A     | B            | C        | D         |           |           |           |           |           |           |           |

- A .... číslo měřicího místa  
B .... K- faktor / modul pružnosti  
C .... velikost kalibračního signálu  $\frac{\Delta R}{R}$   
D .... velikost kalibračního signálu v mm /  
/ časový úsek záznamu.

Razítka formuláře dat formátu záznamu



