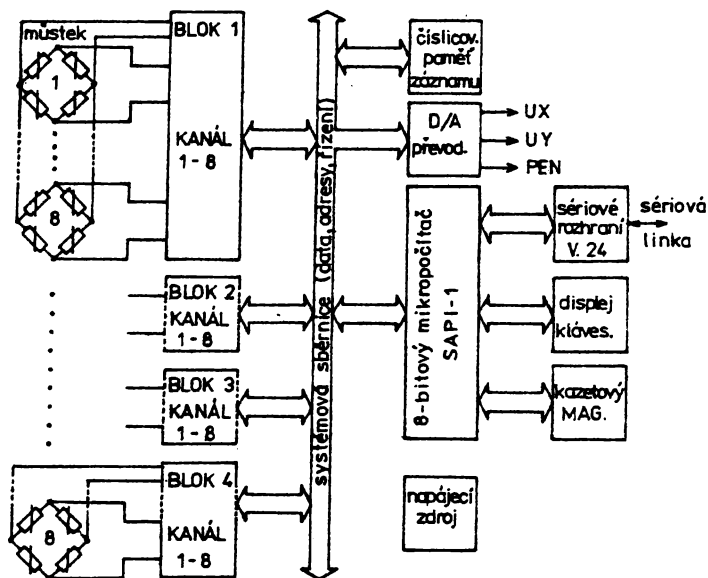


ZJIŠŤOVÁNÍ ZATÍŽENÍ A NAPJATOSTÍ VE TVÁŘENÍ POMOCÍ AUTOMATICKÉHO VÍCEKANÁLOVÉHO TENZOMETRICKÉHO ANALYZÁTORU

Ing.Milan FOREJT,CSc FS VUT Brno, Doc.Ing.Pavel LEGÁT,CSc
Doc.Ing.Radimír VRBA,CSc, Prof.Ing.Kamil VRBA,CSc FEL VUT
Brno, Ing.Vladimír ZEZULA Šroubárna n.p.Žďánice

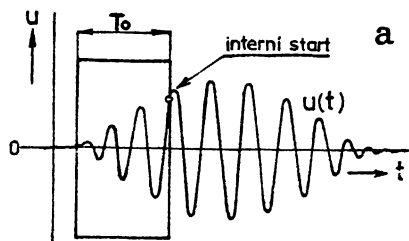
Na automatický vícekanálový tenzometrický analyzátor je kladena celá řada požadavků: měření, digitalizace a záznam nízkourovňových signálů z 1 až 32 tenzometrických můstků, rozsah prodloužení 100 až $10^5 \mu\text{m/m}$, vzorkování signálů s nastavitelnou periodou 10 μs až 65,5ms, kompenzace základního rozvážení můstku, grafický výstup zaznamenaných průběhů a přenos digitalizovaných průběhů po sériové lince do přípojitelného zařízení, např. počítače.

Princip činnosti analyzátoru je zřejmý z blokového schématu na obr.1 . Celkem 32 vstupních kanálů je rozděleno do 4 samostatných měřicích bloků. Každý blok obsahuje vlastní

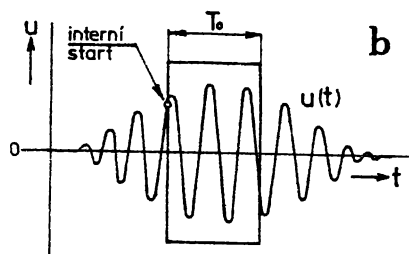


Obr.1 Skupinové schéma 32-kanálového tenzometrického analyzátoru

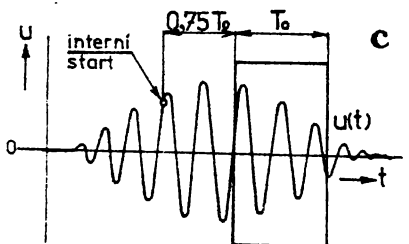
programovatelný zdroj pro napájení 8 tenzometrických můstků. Výstupní napětí měřící diagonály můstku je po přivedení do analyzátoru zesilováno a vzorkováno v kanálovém zesilovači s



a naprogramovaným konstantním zesílením. Podle aktivovaného kanálu analogového přepínače je pak takto upravené napětí ještě zesíleno ve společném zesilovači s programovatelným zesílením a převedeno v A/D převodníku na číslo ve dvojkovém kódu.



b) jako stejnosměrné, aby bylo možné zpracovávat i rychlé přechodné děje bez přidavného zkreslení. Indukované rušivé napětí do přívodního vodiče se úspěšně potlačí symetrickým zpracováním napětí v kanálovém zesilovači. Vliv termoelektrických napětí se vykompenzuje automatickou kalibrací měřícího kanálu před záznamem celého děje. Každý blok 8 tenzometrických můstků má společný zdroj stabilizovaného napájecího napětí které je voleno programově tak, aby nebyl překročen povolený proud žádného tenzometru.



Obr.2 Příklady zpoždění startu záznamu
a) zpoždění $-T_0$
b) zpoždění 0
c) zpoždění $0,75 T_0$

měření. Kanály je možné hrubě vynulovat a jemně dokalibrovat. Tím se dá vykompenzovat počáteční stejnosměrná nevyváženost měřených můstků. Podle zvoleného typu startu je zahájen záznam digitalizovaných vzorků do paměti. Paměť má kapacitu do 32 768 devítibitových slov. Při záznamu ze všech 32 můstků je pro každý kanál vyhrazeno 1024 slov paměti. Při záznamu pouze

Před měřením-záznamem je možné pomocí klávesnice a displeje interaktivně zadávat parametry

s 1 místku je k dispozici celá kapacita 32 768 slov pro jediný záznam.

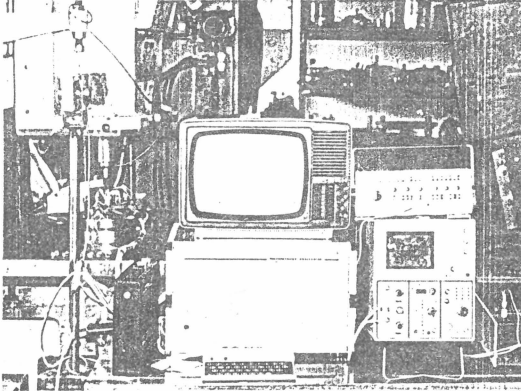
Impuls startu záznamu může být použit přímo nebo s časovým zpožděním. Nastavené zpoždění určuje, která část průběhu má být zaznamenána, jak je zřejmé z obr.2. Doba T_0 je čas pro naplnění celé kapacity záznamové paměti s právě zvolenou periodou vzorkování. Zpoždění $-T_0$ znamená, že příchod startovacího impulsu okamžitě ukončí záznam do paměti, kde je uložen průběh předcházející startovacímu impulsu. Jde o tzv. záznam post mortem. Zpoždění $\Delta t=0$ se neprojeví na poloze synchronizačního impulsu. V paměti se uchová průběh začínající okamžikem startu a trvající dobu T_0 . Zpoždění $\Delta t>0$, např. $\Delta t=0,75T_0$, znamená, že se v paměti uchová průběh který byl do paměti ukládán v době od $0,75T_0$ do $1,75T_0$ od příchodu startovacího impulsu.

Digitalizované průběhy lze po skončení záznamu zobrazit na grafickém displeji, na osciloskopu, vykreslit na souřadnicovém zapisovači, nebo vyslat sériovou linkou do počítače.

Metoda grafického výstupu má v 8-bitovém zobrazení 256 rozlišitelných bodů ve vodorovném směru a ve svislém směru je dána počtem vzorků v kanálu, tj. 1024 až 32 768. Lineární interpolace je použita u grafického výstupu na displej TV přijímače s omezenou rozlišovací schopností obrazovky, danou sítí 320 x 240 bodů ovladatelných programem. U výstupu na souřadnicový zapisovač buzený ze dvou 12-bitových rekonstrukčních převodníků čísla na napětí, by mohlo dojít při záznamu signálů s rychlými změnami k nežádoucím překmitům záznamového pera. Proto je sledována i derivace signálu.

Zjišťování zatížení a napjatosti bylo prováděno na složené lisovnici v sestavě 4.tvářecí operace používané pro výrobu matic M16 na automatu TPM 12. Její uchycení v pracovním prostoru výstředníkového lisu LEPU 100 s vyhazovacím mechanismem je zřejmé ze sestavy měření na obr.3. Vnější povrch lisovnice i její objímky byl opatřen 20 odporovými tenzometry typu HEM (3/120 LY 11, 2/120 KY 41) se střídavou orientací ve směru hlavních radiálních a tečných napětí, nalepenými obvyklou technologií dvousložkového lepidla X 60 a chráněné vrstvou BLM. Tenzometry byly zapojeny do poloviny mostu s kompenzačními

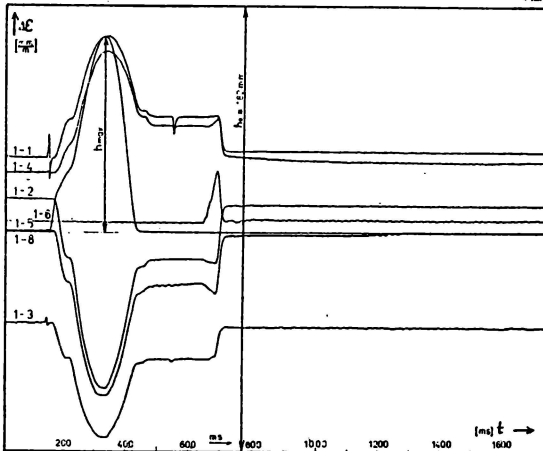
a připojeny do pěti kanálů v každém ze čtyř bloků analyzátoru. Na 6. a 8. kanál v prvním bloku byly připojeny dynamometry k měření tvářecí a vyhazovací síly. Po seřízení sestavy



Obr.3

Sestava analyzátoru s kontrolními přístroji při měření na lisu LEPU 100

Po seřízení sestavy stroje a nástroje bylo provedeno interaktivní zadání vstupních parametrů měření pomocí nabídek vypisovaných v účelném pořadí na obrazovce a jejich potvrzení prostřednictvím membránové klávesnice. Při ověřovacím měření byl analyzátor doplněn testovacím generátorem a paměťovým osciloskopem. Výsledky měření byly zaznamenány na magnetickou pásku a graficky vykresleny souřadnicovým zapisovačem XY RECORDER 4105. Příklad grafického záznamu změřených závislostí $\Delta \varepsilon = f(t)$ v 1. bloku je na obr.4 .



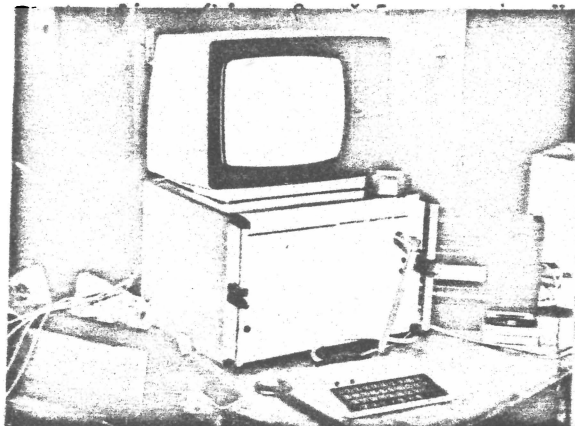
Obr.4

Příklad záznamu změřených závislostí $\Delta \varepsilon = f(t)$ na kanálech v 1. bloku analyzátoru

Vyhodnocení normálních a tečných přírůstků provozních napětí v měřených místech, pro celé záznamy, nebo jen pro maxima jejich amplitud je provedeno z platného vztahu Hookova zákona $\Delta\sigma = E \cdot \Delta\varepsilon$, kde $\Delta\varepsilon = n \cdot z \cdot \frac{1}{10^3} \cdot \frac{h}{h_0}$ je změřená poměrná deformace; $n=1$ počet aktivních tenzometrů v mostu; $z \cdot 10^3$ je zesílení (nastavená citlivost) analyzátoru v $\left[\frac{\text{mN}}{\text{mm}}\right]$; h_0 je cejchovní výška záznamu v [mm] a h je amplituda záznamu v [mm]. Tvářecí a vyhazovací síly byly vyhodnoceny z rovnic cejchovních regresních přímek ve tvaru $F = K \cdot \Delta\varepsilon^{\pm} F_0$, [kN], kde K je konstanta úměrnosti a F_0 je úsek na ose F . Přehled vyhodnocených napětí a tvářecích (vyhazovacích) sil je v následující tabulce.

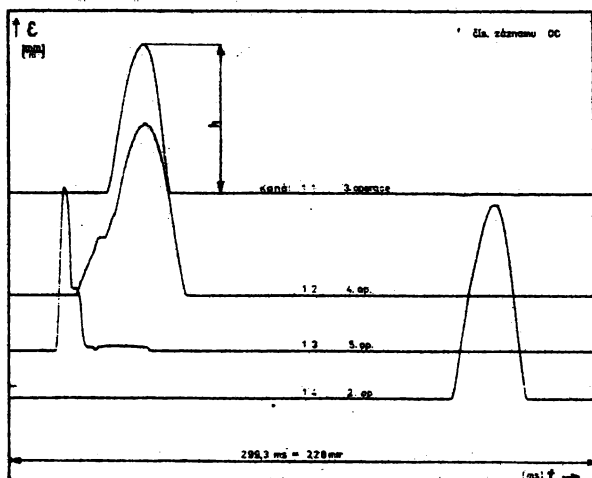
Kaná	Měřící tenzometr	Zesílení z	n	$h_{\max}$	E		F_0	K	F
-	-	$\frac{\text{mN}}{\text{m}}$	-	mm	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	kN	kN	kN
1-1	②②	1,29	1	50,1	$2,06 \cdot 10^5$	$\Delta\sigma_r = -73,1$	-	-	-
1-2	②③	1,29	1	77,0		$\Delta\sigma_p = +112,4$	-	-	-
1-3	①②	0,84	1	46,5		$\Delta\sigma_p = +44,2$	-	-	-
1-4	④	1,29	1	50,0	$4,9 \cdot 10^5$	$\Delta\sigma_r = -173,7$	-	-	-
1-5	①	3,04	1	67,5		$\Delta\sigma_p = +552,5$	-	-	-
1-6	F_{vyh}	1,29	2	21,3	-	-	1,2	88000	25,4
1-8	$F_{\text{tvář.}}$	12,82	2	80,5	-	-	5,08	64280	722,9

Zjišťování tvářecích sil na víceoperačním automatu MS 3 při výrobě matic M 10 bylo prováděno cestou měření elastických deformací opěrných válečků-dynamometrů vestavěných do



Obr.5
Měřicí pracoviště
automatu MS 3 s
analyzátozem

pracoviště s analyzátozem je na obr.5 . Přívodní stíněné vodiče byly připojeny konektorem FRB na 1.blok. Po seřízení automatu podle běžných svyvklostí výroby byly interaktivně nastaveny vstupní parametry, které po ověřovacím měření a kontrole grafických záznamů byly upřesněny. Výsledky měření pro 4 konfigurace (zpracovávané oceli) pod označením 00, 11, 22 a 33, byly zobrazeny na displeji a po jejich kontrole postupně v rozsahu 32 kilobitů paměti analyzátoru zaznamenány na magnetickou pásku magnetofonem K 10. V laboratoři pak byly zpětně nahrány do analyzátoru a vykresleny na XY zapisovači. Příklad záznamu měření 00 je ve zmenšeném měřítku je na obr.6.



Obr.6
Záznam závislosti
 $\epsilon = f(t)$ na kaná-
lech bloku 1
(měření 00)

Vyhodnocení byla získána maxima tvářecích sil ($F_2=160,2$, $F_3=102,7$; $F_4=339,2$ a $F_5=56,2$ kN). Celé průběhy lze vyhodnotit pomocí počítače, např. PP 01. Pro inženýrskou praxi jsou vedle hodnot největších tvářecích sil a maxim napětí důležité i znalosti o jejich rozdělení v čase. Z obr.6 je např. vidět nevhodné souběžné působení velkých tvářecích sil ve 3. a 4. operaci. Při jejich časovém posunu lze podstatně snížit zatížení mechanismů automatu MS 3.

- [1] LEGÁT, P.-VRBA, R.-VRBA, K.-PROVAZNÍK, F.-FOREJT, M.: Vícekanálový tenzometrický analyzátor mechanických signálů. Návod k obsluze, Uživatelská příručka, MON Servis Brno 1988
- [2] FOREJT, M.: Měření tvářecích sil na víceoperačním automatu MS 3 při výrobě matic M 10. FS VUT Brno, prosinec 1988