

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci

Nositelka řádu práce

Fakulta strojní

Obor 23 - 21 - 8

Stroje a zařízení pro chemický, potravinářský
a spotřební průmysl

zaměření

Textilní stroje

Katedra textilních a oděvních strojů a teorie mechanismů

EXPERIMENTÁLNÍ ROZBOR CHVĚNÍ RÁMU TKACÍCH STROJŮ

Leoš Petržílka

vedoucí práce : Ing. Jiří Mrázek, CSc.

konzultant :

rozsah práce a příloh :

počet stran	35
počet příloh a tabulek	5
počet obrázků	17
počet výkresů	0

Datum : 23. května 1984

Vysoká škola: strojná a textilní v Liberci Fakulta: strojní
Katedra: textilních strojů a vlnění Školní rok: 1983/84

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro Bc. Petra Přítilku

obor 23-1-0, strojná vlnění pro chemické, potravinářské a textilní průmysl

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Experimentální rozbor ohvátí vlny tkaných látek

Zásady pro vypracování:

- 1) Všechny údaje a výsledky práce musí být uvedeny v práci.
- 2) Všechny údaje a výsledky práce musí být uvedeny v práci.
- 3) Proveďte měření vlnivosti na vzorku tkané látky a na vzorku tkané látky a na vzorku tkané látky.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÁ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 8
FSC 461 17

Aut. práce se řídí směnicemi
MŠK o státní záv. zkoušky č. j. 31
727 ze dne 13. července
1962 a MŠK XVII ze dne 24. ze
dne 1962 a MŠK XVIII ze dne 13. července 1962.

Rozsah grafických prací:

Rozsah průvodní zprávy:

Seznam odborné literatury:

1. ...
2. ...
3. ...
4. ...
5. ...
6. ...
7. ...
8. ...
9. ...
10. ...

Vedoucí diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce:

Termín odevzdání diplomové práce:

VYSOKÁ ŠKOLA ...
L.S.

...
Vedoucí katedry

...
Dekan

V ...
dne ...
19...

Prohlášení :

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci dne 20.května 1984

Obsah

- - -

	Strana
1.1. Úvod	3
1.2. Unifikace rámců tkacích strojů	4
1.3. Tkací stroje typu " PN " a " H "	4
2.1. Výběr měřicí metody	6
3.1. Snímání měřených hodnot	7
3.2. Podstata analogové měřicí metody	10
3.3. Konkrétní uspořádání měřicího řetězce při analogovém způsobu měření	13
4.1. Digitalizace měřicí metody	16
4.2. Digitální měřicí aparatura	17
4.3. Volba analogověčíslicového převodníku	20
4.4. Přizpůsobení měřicího řetězce parametrům převodníku	21
5.1. Cejchování měřených hodnot	23
6.1. Specifikace měřicích míst	24
7.1. Analýza měření a zhodnocení výsledků	27
7.2. Zpracování na číslicovém počítači	31
8.1. Závěr	33
Seznam literatury	35

1.1. Úvod

- - - -

Tato práce je součástí řešení problémů vznikajících při unifikaci tkacích strojů. Současný stav oboru textilních strojů svědčí o značné nejednotnosti ve vývoji strojů nových. V průběhu minulých let se zde projevila značná roztržitost v tomto průmyslovém odvětví. Je to dáno množstvím podniků a organizací zabývajících se vývojem nových strojů. Obzvláště výrobu tkacích strojů postihl tento trend nepříznivě, neboť v současné době existuje tolik typů a vývojových řad, že není naprosto možné sledovat světovou špičku. Ani v otázce servisu a výroby náhradních dílů není za těchto podmínek situace nejpříznivější.

Proto bylo nutné přistoupit k zásadním změnám v otázce konstrukce nových, výkonnějších a modernějších textilních strojů. Strojů, které by splňovaly požadavky světové úrovně, strojů, které by umožnily vrátit náš textilní průmysl do let, kdy stál mnohým ze současné světové špičky příkladem.

Ovšem nelze však opomenout ani tu skutečnost, že z pohledu celostátního hospodářství ČSSR je toto odvětví jedno z nejrozvinutějších a s nejlepšími předpoklady pro výrobu výrobků světové úrovně. Odvětví jež nepřináší žádné otázky v problematice efektivnosti, ekonomičnosti nebo na příklad i energetické náročnosti našeho národního hospodářství.

Avšak jedině nový způsob přístupu k vývoji nových typových řad strojů dokáže udržet textilní strojírenství na stávající úrovni popř. i zlepšit jejich postavení v celosvětovém měřítku. Technický rozvoj je nesmírně rychlý a je proto třeba včas reagovat na nástup stále nových a nových prvků.

1.2. Unifikace rámců tkacích strojů

Rychlý rozvoj textilního průmyslu v celosvětovém měřítku žádá nejen stále dokonalejší a výkonnější stroje, ale předpokládá i zjednodušení údržby a perfektní servis. To vše nám umožní právě unifikace.

Pod tímto pojmem rozumíme sjednocování a vytváření jednotné soustavy, jednotného technického řešení. Konkrétně v našem případě rámců pro tkací stroje "PN" a "H". Vývoj obou typů strojů dospěl k značným rozdílům v technickém řešení všech funkčních skupin a mechanismů, i značným rozdílům jejich uspořádání a rozmístění na rámu tkacího stroje. Z toho vyplývá, že nejdůležitějším článkem stroje je rám. Unifikovat rám tedy znamená unifikovat všechny hlavní mechanismy a funkční celky, jenž jsou na rámu uchyceny.

Aby bylo možné vůbec k unifikaci přistoupit je třeba nejprve ověřit základní parametry a chování rámců stávajících strojů. Ověřit znamená experimentálně zkoumat v neustálé konfrontaci s teoretickými úvahami. Na základě takového ověřování je pak možné přistoupit k úpravám.

Právě experimentální ověřování vlastností rámu tkacího stroje typu "PN" je předmětem této práce. Cílem je nalezení a zhodnocení vhodné metody pro měření cvěžení rámu tohoto typu stroje.

1.3. Tkací stroje typu "PN" a "H"

Vývoj obou typů dospěl k paralelnosti technického řešení ve všech funkčních skupinách a mechanismech, tedy ke značným rozdílům v jejich uspořádání a rozmístění na rámu tkacího stroje.

Unifikace rámců tkacích strojů je tedy nejdůležitějším a zároveň nejsložitějším úkolem unifikace tkacích strojů vůbec. Na tomto místě je však třeba poznamenat, že unifikovat rám znamená unifikovat všechny mechanismy a podskupiny na něm umístěné.

Rám tkacího stroje musí zajišťovat tyto základní parametry :

- 1/ Tvoří nosnou část pro uchycení prvků, mechanismů a ustavení stroje.
- 2/ Musí mít dostatečnou pevnost a tuhost při schopnosti tlumit vybrané za chodu stroje. Musí přenášet dynamické síly všech mechanismů do rámu.
- 3/ Musí umožňovat transport celého stroje.
- 4/ Splňovat požadavek desingu.
- 5/ Splňovat požadavek bezpečnosti práce.
- 6/ Tvoří základ pro uchycení pomocných a ovládacích prvků.

K unifikaci je možno přistupovat v zásadě dvěma způsoby. Stroje typu "PN" využít jako výchozí a přizpůsobit funkční skupiny stroje typu "H". Respektive naopak.

Rámy tkacích strojů řady "P" a "H" jsou tvořeny ze tří částí vytvářejících konstrukci stroje a jsou samostatné :

- a/ Ploché postranice
- b/ Skříňová část postranice
- c/ Spojníky

Konkrétně rám stroje typu "PN" se skládá ze dvou litinových postranic, které jsou navzájem propojeny ocelovými trubkami o průměrech 100mm a 60mm. Schéma levé bočnice stroje "PN" je na obrázku 1. Obrázek je na straně 26.

Problematika rámu je z hlediska jejich analýzy záležitostí dosti složitou. Rám stroje by vedle svých výše uvedených funkcí měl plnit i funkci jakéhosi tlumiče dynamických rázů, které vznikají na rámu v místech, kde jsou uloženy jednotlivé základní fční uzly.

Aby mohlo být přistoupeno k unifikaci, tj. k vlastním konstrukčním změnám, je třeba nejprve provést dokonalou analýzu všech částí stroje a jak již řečeno především rámu. Znamená to určit tuhosti a celkovou stabilitu konstrukce rámu, jeho dílčích částí a skupin, a aby konstrukční úpravy prováděné na stroji v rámci unifikace nemohly narušit jeho chování za provozu nebo dokonce znemožnit některou z jeho výše jmenovaných základních funkcí. S tímto úzce souvisí určení budících frekvencí od jednotlivých mechanismů na rámu uchyacených a sledování tlumících vlastností rámu. Tyto tuhosti určit a na jejich základě provádět konstrukční změny.

2.1. Výběr měřicí metody

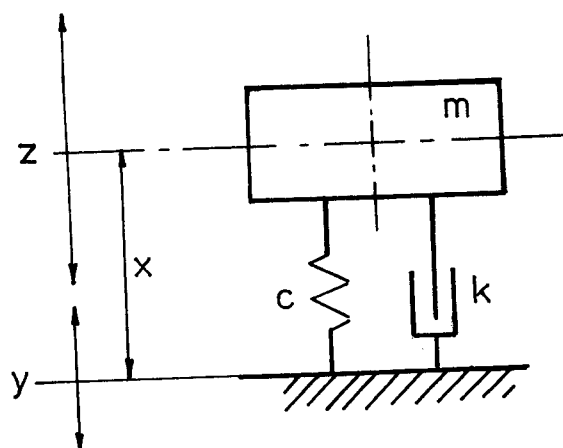
- - - - -

Protože úkolem této práce je určení a analýza vibrací tkacího stroje experimentální cestou, bylo nejprve nutné zvolit vhodnou měřicí metodu. Metodu, která by byla dostatečně přesná, časově nenáročná, s relativně mobilní aparaturou umožňující měření za provozních podmínek. Hlavní podstatou problematiky je zvolení vhodné měřicí metody za pomoci analogových měřících přístrojů. Z této metody vyjít a provést její digitalizaci. Takto vytvořit jednoduchou a rychlou měřicí soustavu, která plně využívá v poslední době rychle se vyvíjející mikroelektroniky a číslicové techniky

3.1. Snímání měřených hodnot

V první řadě je třeba vhodným systémem sejmout chvění rámu, tak, aby bylo co nejjednodušší hodnoty naměřených veličin analyzovat.

V experimentu bylo použito tak zvaného absolutního systému snímače zrychlení. U těchto snímacích soustav představuje měřicí systém o hmotnosti m relativně klidné těleso, které je s kmitajícím strojem M spojeno článkem s malou tuhostí c . Systém je naznačen na obrázku 2.



Obr.2 Mechanický systém snímače vibrací

Tlumení je nahrazeno kataktem k . Předpokládáme, že proměřované těleso vykonává pohyb, který můžeme vyjádřit jako časovou závislost y / t . Označíme-li poměrnou výchylku mezi hmotnostmi m a základem x , přičemž $x = z - y$, platí pro toto uspořádání diferenciální rovnice :

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} + k \frac{dx}{dt} + cx = 0$$

Která vyjadřuje rovnováhu dynamických sil, působících na seismickou hmotnost snímače m . Součet setrvačných sil :

$$m \frac{d^2 z}{dt^2}$$

tlumících sil :

$$k \frac{dx}{dt}$$

a pružné síly $c x$, musí být nulový. Řešením rovnice pro ustálený stav a harmonický budící pohyb s kmitočtem f ,

$$y = y_0 \sin \omega t, \quad \omega = 2\pi f$$

je výraz

$$x = \frac{\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 y_0 \sin(\omega t + \varphi)}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right]^2 + \left(2 \frac{k}{k_a} \frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}} \quad (1.10)$$

$$\varphi = \arctg \frac{2 \frac{k}{k_a} \frac{\omega}{\omega_0}}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} \quad (1.11)$$

kde φ je fázový úhel mezi harmonickým pohybem proměřovaného tělesa M a seismickou hmotností snímače m . Vlastní úhlový kmitočet systému snímače je :

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}}, \quad \omega_0 = 2\pi f_0$$

$$k_a = 2 \sqrt{cm}$$

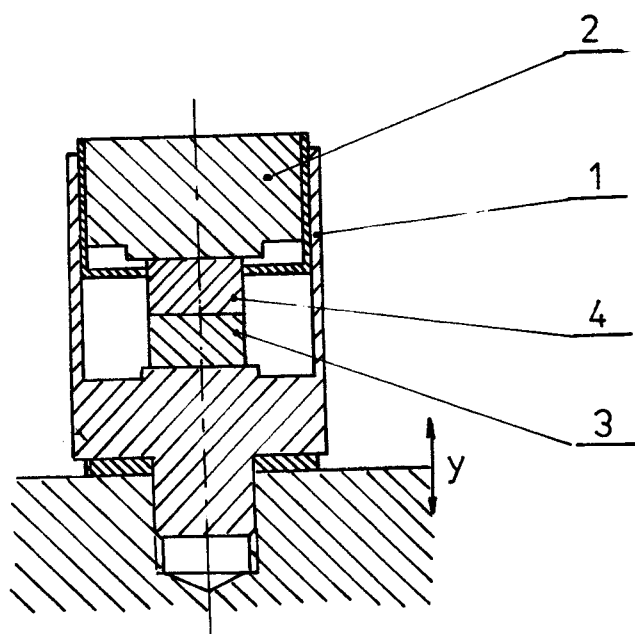
kritické tlumení, při němž již nedochází ke zvětšení amplitudy a jež charakterizuje mez aperiodicity.

Velikost poměru provozního kmitočtu f k vlastnímu kmitočtu systému snímače volíme podle toho, zda bude snímač určen pro měření amplitud chvění t.j. dráhy nebo jejich zrychlení. Pro $\frac{\omega}{\omega_0} \ll 1$, t.j. v oblasti hluboko podrezonanční je :

$$x_2 = \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 y_0 \sin t \quad (1.12)$$

U akcelerometru / snímačů zrychlení / musí být podle rovnice (1.12) rezonance systému snímače mnohem vyšší než provozní kmitočet chvění. Této podmínce vyhovují například snímače tenzometrické. Tenzometrický element realizovaný bud

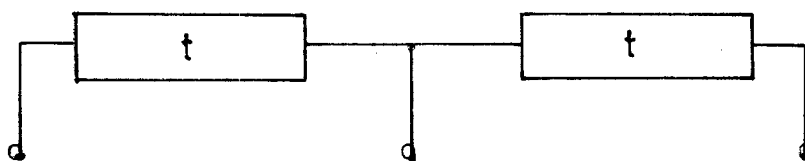
v podobě drátkového elementu nebo v podobě piezorezistivního elementu je pevně spojen s pomocným mechanickým členem, který je při chvění mechanicky namáhán v tlaku, ohybu nebo pod. Tenzometrický element potom měří deformaci tohoto mechanického členu.



Obr.3 Absolutní tenzometrický snímač chvění, akcelerometr /podrezonanční/

Na obrázku 3. je naznačeno konstrukční uspořádání tenzometrického akcelerometru s polovodičovými prvky. V jeho krytu 1, který současně přebírá funkci tuhosti, jsou maticí 2 předepnuty dva měřicí členy, křemíkové výbrusy typu P a typu N / díly 3 a 4 /. Snímač pracuje v podrezonanční oblasti a výstupní napětí můstku je tedy úměrné zrychlení proměřovaného kmitavého pohybu.

Pro naše účely byl použit tenzometrický akcelerometr
typu : B W H 3 0 1 , který je součástí tenzomet-
rické aparatury: U M 1 3 1 .
Elektrické zapojení tohoto snímače je na obrázku 4.



Obr. 4 Elektrické schéma použitého snímače
t- měřící tenzometrické elementy

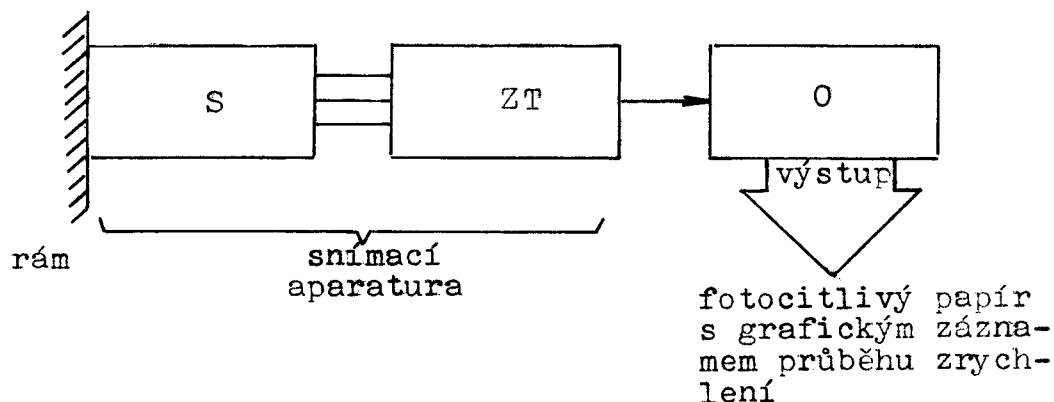
Jde v podstatě o dva měřící tenzometrické elementy zapoje-
né v serii s vyvedeným středem. To způsobuje, že napětí na
snímači je střídavého charakteru, přičemž vyvedený střed tvo-
ří "0" / " nulu " / kolem něhož napětí kmitá. Takto získané
střídavé napětí pak odpovídá změnám zrychlení kmitajícího
rámu tkacího stroje. Takto získané napětí je dále zpracová-
váno.

3.2. Podstata analogové měřící metody

Zhodnocování měřené veličiny analogovými metodami spo-
čívá v analýze spojitě se měnící hodnoty této veličiny.
Na obrázku 5. je blokové schéma použité měřící aparatury.
Napětový signál ze snímače tenzometrické aparatury je nejprve
nutné vhodně zesílit a přizpůsobit tak pro vstup oscilografu
nebo analyzátoru. Oscilograf zaznamenává okamžité změny napě-
tí na fotocitlivý papír, jehož vodorovná osa má dělení po 0,01s
a svislá osa dává po ocejchování okamžitou hodnotu zrychlení.
Tímto způsobem bylo získáno velmi nepřehledné pásmo šumu,

jež bylo pro další zpracování nevhodné / viz příloha 1 /.

Poněkud uspojivější výsledky, hlavně co se týče možnosti vytvořit změřením konkrétní závěry, dávalo měření s využitím analyzátoru frekvencí ve spojení se zapisovačem. Blokové schéma aparatury je na obrázku 6.

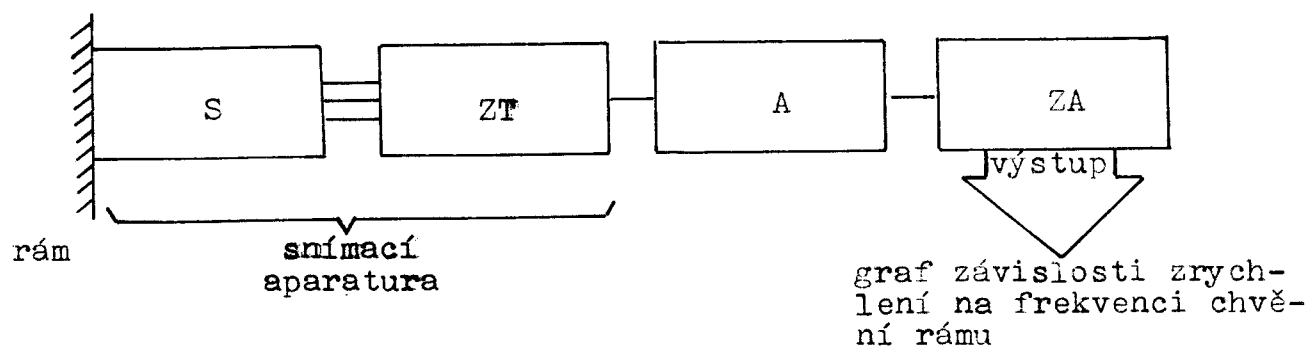


Obr.5 Blokové schéma aparatury s oscilografem

S.....tenzometrický snímač zrychlení

ZT....zesilovač napětí + tenzometrická aparatura

O.....oscilograf



Obr.6 Blokové schema měřicí aparatury s analyzátozem

A.....analyzátor frekvencí

ZA....zapisovač

Pro experiment byl však k dispozici pouze analyzátor určený pro měření v oblasti zvuku, t.j. 20 - 20 tisíc Hz, což vnášelo do měření jistá omezení na dolní hranici frekvencí a naproti tomu nevyužitelnost v oblasti frekvencí vyšších.

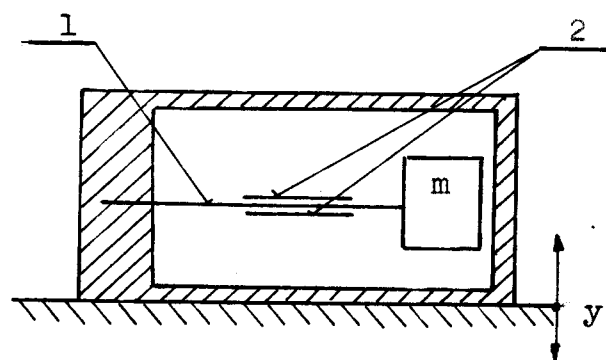
Pro měření byl úzkupásmový filtr analyzátoru nastaven na 3% zvoleného rozsahu. Což představuje pro rozsah 20 - 600 Hz poměrně vysokou přesnost, hlavně v oblasti nízkých frekvencí jež se na rámu stroje nevyskytují v takové hustotě jako frekvence od 200 Hz výše. Měření jsme zaznamenali pomocí zapisovače / viz příloha 2 /. V grafu jsou na vodorovné ose vyneseny frekvence od 20 Hz do 600 Hz a na svislé ose hodnoty naměřeného zrychlení. Z grafu je možno určit která z frekvencí je nejvýznamější t.j. na rámu stroje převládající. Nejvýznamnější frekvenci odpovídá frekvence s největší špičkou hodnoty zrychlení.

Rozhodujícím činitelem ve volbě rozsahu, zmíněných 20 - 600 Hz, byl použitý snímač, respektive jeho technické parametry. Tento snímač je určen pro rozsah frekvencí 0 až 600 Hz, nad touto hranicí už dochází k utlumení snímaných frekvencí. To byl také jeden z důvodů použití tohoto snímače pro daný účel. Jsou to totiž pouze některé frekvence, které nás při měření zajímaly a schopnost snímače utlumit frekvence vyšších řádů byla v tomto případě vítanou. To, že při experimentu je věnována pozornost právě nízkým kmitočtům vyplývá z předpokladu, že nízké frekvence mají poměrně značné amplitudy čili se poměrně dobře přenášejí konstrukcí rámu do všech jeho míst. Nejsou proto rámem tlumeny, nebo jen v zanedbatelné míře, To ovšem neplatí o frekvencích řádu kilohertz. Ačkoliv předpokládané vyskytující se množství těchto frekvencí je zřejmě značné, proto že jde o frekvence

jde o frekvence velmi vysoké jsou rámem brzy utlumeny a nešíří se konstrukcí rámu v takové míře jako frekvence řádu jednotek Hertzů. Amplitudy těchto frekvencí jsou velmi malé. Důvod proč bylo od vyšetřování těchto frekvencí ustoupeno je tedy zřejmý. Nemohou zdaleka v takové míře působit na tuhost a stabilitu rámu, ovlivňovat namáhání spojovacích a upevňovacích uzlů. Z hlediska dynamiky tvoří složku, kterou lze zanedbat.

3.3. Konkrétní uspořádání měřicího řetězce při analogovém způsobu měření.

Na obrázku 6.1 je schématicky znázorněn konkrétně použitý snímač zrychlení typu : BWH 301



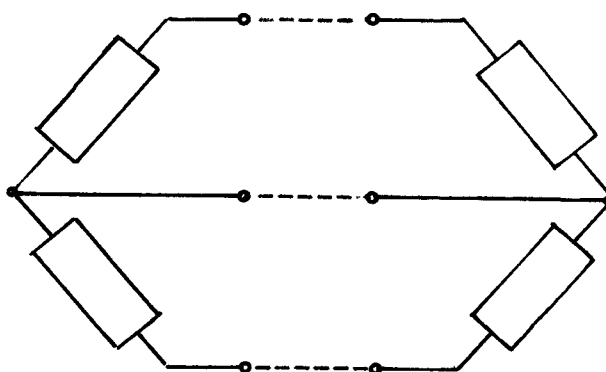
Obr. 6.1 Schéma akcelerometru BWH 301

Pracovní oblasti snímače jsou 0 až 600Hz a 0 až 2 000ms⁻²

Měřicí systém o hmotnosti m je upevněn na pružném plochém nosníku 1 na jehož povrchu jsou dva v sérii zapojené tenzometrické elementy 2. Tyto elementy jsou součástí odporového můstku, jehož druhá polovina je stěžejním prvkem tenzometrické aparatury, obrázek 6.2.

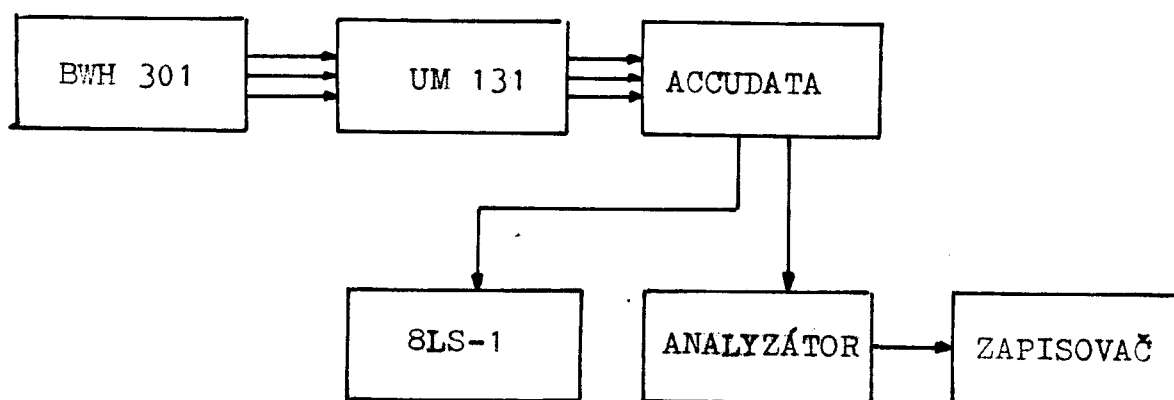
BWH 301

UM 131



Obr.6.2 Odporový můstek tvořený snímačem a aparaturou

Vnitřní prostor tělesa snímače je vyplněn kapalinou, jenž představuje katarakt k z obrázku 2, na němž je mechanický model takového to snímače. Na viskozitě kapaliny pak závisí tlumení pohybu měřicího elementu m a ovlivňuje rozsah použití snímače / 0 - 600Hz /.



BWH 301.....tenzometrický snímač/výroba NDR/

UM 131.....tenzometrická aparatura

ACCUDATA....zesilovač napětí

8LS-1.....oscilograf

ANALYZÁTOR..fy BRUEL KJAER /Dánsko/

ZAPISOVAČ...fy RAF /NDR/

Obr.6.3 Blokové schéma konkrétní měřicí aparatury

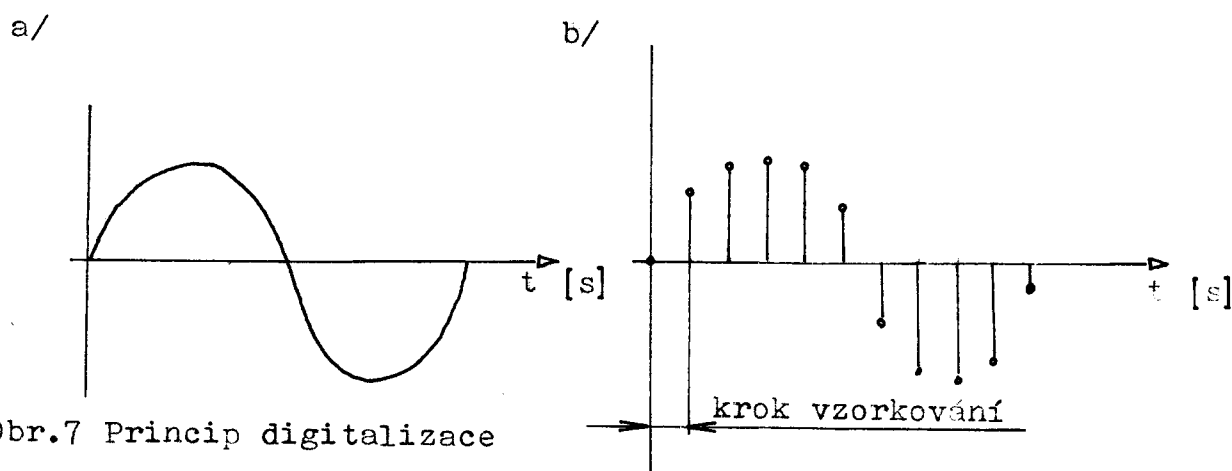
Na obrázku 6.3 je blokově naznačeno uspořádání měřících přístrojů s vyznačením typizací. O vlastnostech aparatury platí totéž, co je uvedeno v kapitole 3.2., kde je problematika rozebrána obecně.

V přílohách 1 a 2 jsou grafické záznamy z obou měření. Na grafech označených čísly směrů a specifikací měřícího místa v příloze číslo 1 jsou záznamy oscilografu. Na svislé jsou hodnoty zrychlení v ms^{-2} a na ose vodorovné čas v sekundách s dělením po setině sekundy. V některých případech je v grafu patrná základní frekvence a lze přibližně stanovit i délku její periody/viz např. oscilografický záznam měřícího místa B1/. Délka zřetelné periody je přibližně 0,065s to je frekvence asi 15,4Hz tedy přibližně 20Hz. Porovnáme-li takto vyvozený závěr se záznamy zapisovače frekvenčního analyzátoru, zjistíme, že skutečně tato frekvence se vyskytuje s největší špičkou. Záznamy zapisovače jsou v příloze číslo 2. V ostatních případech jsou takovéto závěry velmi nejisté a někdy i nemožné, viz např. oscilografický záznam z měřícího místa B2, kde je pásmo šumu velmi silné s velkými amplitúdami hodnot zrychlení. Ani na záznamu zapisovače analyzátoru v témže měřícím místě nelze jednoznačně určit, která z vyskytujících se frekvencí je převládající.

Soubor číslo 4 z přílohy 2 názorně demonstruje, jak jsou proměřované děje nestacionární, zejména v oblasti vyšších frekvencí. I když jde v každém případě o jiné zesílení signálu, vyplývá to z poměrného porovnání špiček zrychlení v jednom měření.

4.1. Digitalizace měřící metody

Cílem měření však nebylo získat jen hodnoty frekvencí, které se na rámu tkacího stroje vyskytují v rozsahu pouze od 20Hz, ale s větší přesností zjistit vyskytující se frekvence nižší i vyšší a navíc získat grafickou podobu jak naměřených hodnot, tak i identifikovaných frekvencí. V čem tedy spočívá digitalizace měřící metody? V podstatě jde o to převést spojitě se měnící veličinu do podoby diskretních bodů s určitým vzorkováním, t.j. počtem diskretních hodnot, jenž spojitou křivku reprezentují za časový interval. Viz obrázek 7.



Obr.7 Princip digitalizace

a/ analogový signál

b/ tentýž signál digitalizovaný

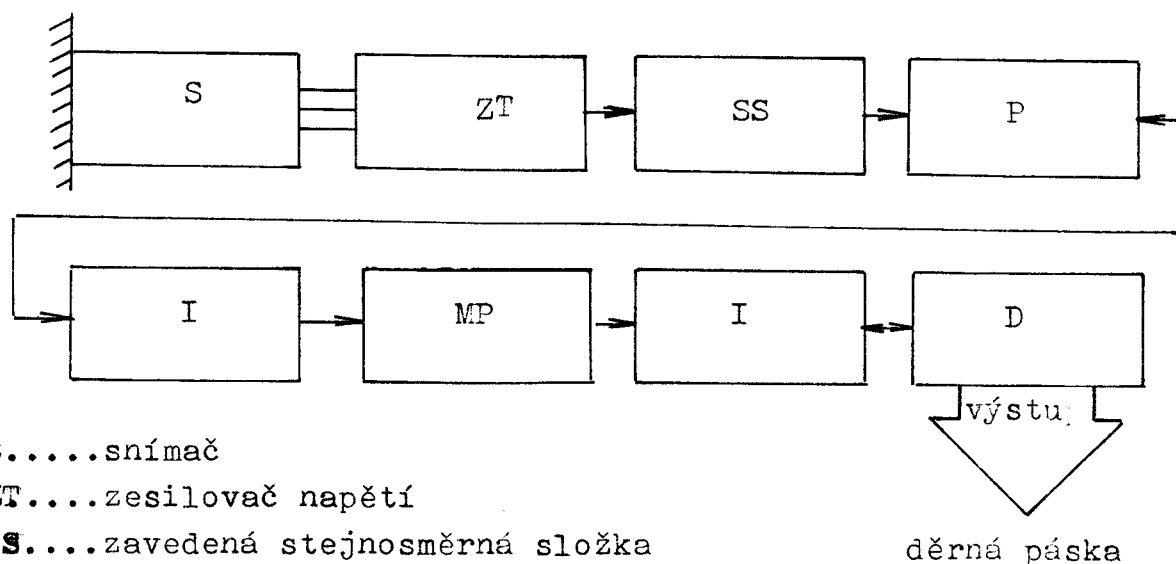
Čím přesněji chceme průběh analogové veličiny vyjádřit diskretními body tím více bodů za časový interval musíme vytvořit.

Analogovou veličinou, pro náš případ, bylo napětí na tenzometrickém snímači zesílené na potřebnou, dobře zpracovatelnou hodnotu. Jednalo se o již zmíněné pásmo šumu. Viz grafické záznamy v příloze 1.

4.2. Digitální měřicí aparatura

Jak bylo řečeno, je třeba digitalizovat analogovou veličinu na výstupu z tenzometrické aparatury, t.j. napětí vytvořené snímačem.

Na obrázku 8. je blokové schéma pro digitální záznam měřené veličiny.



S.....snímač

ZT....zesilovač napětí

SS....zavedená stejnosměrná složka

P.....analogově číslicový převodník - A/D

I.....interface 8255 - přizpůsobovací obvod

MP....mikropočítač

D.....pořizovač děrné pásky

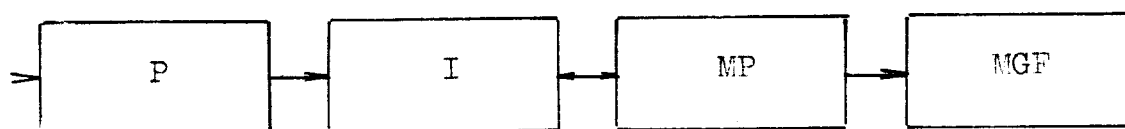
děrná páska

Obr.8 Blokové schéma digitální měřicí metody

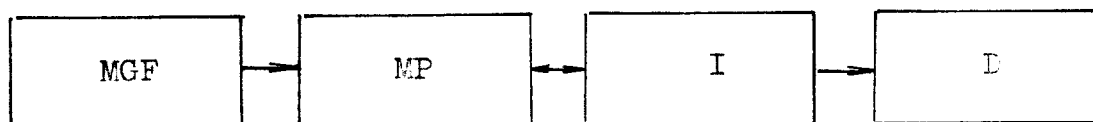
Úkolem mikropočítače v měřicím řetězci je řídit vzorkování analogově číslicového převodníku, ukládat naměřené hodnoty v podobě binárního kódu do vnitřní paměti mikropočítače a řídit vyděrování těchto hodnot na děrné pásce. Děrná páska pak představuje soubor vstupních dat pro vyhodnocování měření pomocí číslicového počítače.

Toto je však ideální případ zapojení měřicího řetěz-

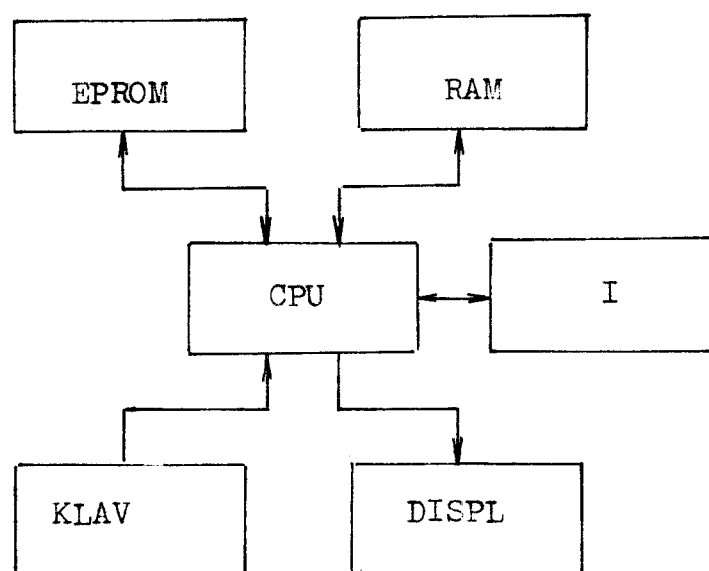
a/



b/



c/



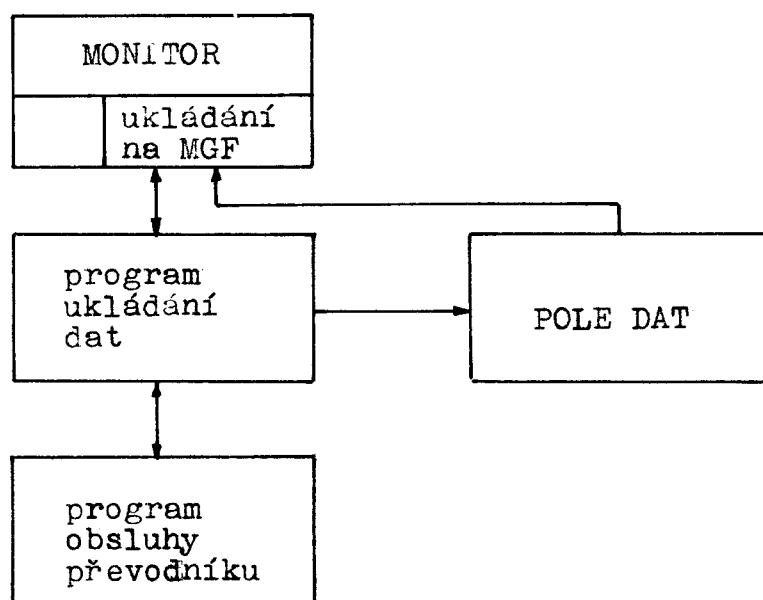
P.....A/D převodník
 MGF.....magnetofon
 MP.....mikropočítač
 I.....interface 8255 - přizpůsobovací obvod
 D.....pořizovač děrné pásky ROBOTRON
 EPROM.....programová paměť
 RAM.....datová paměť
 CPU.....řídící centrum mikropočítače
 KLAV.....klávesnice mikropočítače
 DISPL.....displej mikropočítače

Obr.9 Blokové schema dvoufázové digitální měřicí metody

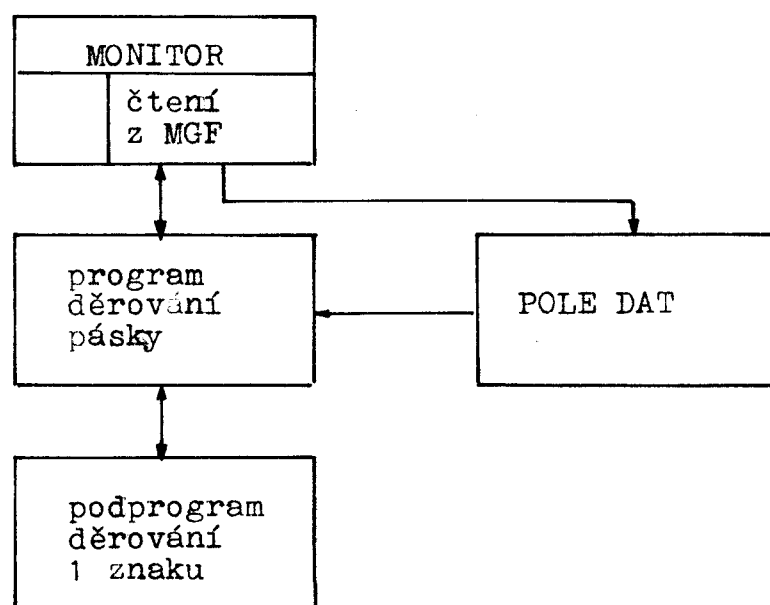
a/I. fáze měření

b/II. fáze měření

c/vnitřní uspořádání mikropočítače



Obr.10.1 Blokové schéma činnosti mikropoč. v první fázi měření t.j. ve fázi snímání hodnot a jejich záznamu na magnetofonový pásek.



Obr.10.2 Blokové schéma činnosti mikropočítače v druhé fázi měření t.j. přepisu naměřených hodnot z magnetofonové pásky na pásku děrnou.

ce aparatury. Pro provozní podmínky / prašnost, vibrující podlaha a hlučné prostředí, ve kterém se prováděla měření / se zdá výhodnější rozdělit celé měření na dvě fáze, viz obrázek 9.

V první fázi sejmутí průběhu měřené veličiny, vzorkování a uložení na magnetofonový pásek. V druhé fázi přepis z magnetofonové pásky a pořízení děrné pásky. Na obrázku 10.1 je pak blokově znázorněna funkce mikropočítače v první fázi měření a na obrázku 10.2 funkce mikropočítače v druhé fázi měření.

4.3. Volba analogově číslicového převodníku

- - - - -

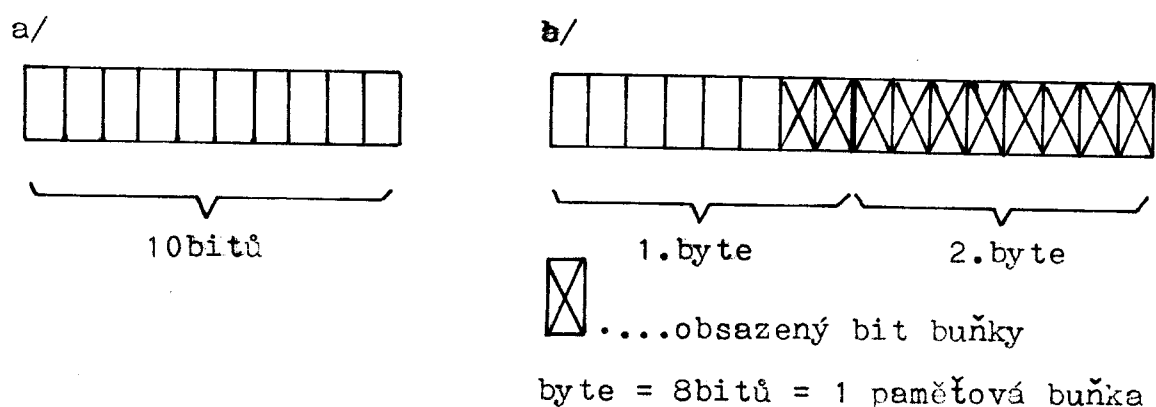
Převodník musí být dostatečně rychlý, co se týče jeho vzorkování. Musí provádět nejméně dvakrát více vzorků než činí nejvyšší frekvence, které chceme měřením postihnout. To znamená například jsou-li otáčky hlavního hřídele stroje 410 min^{-1} , t.j. $6,83 \text{ s}^{-1}$ tedy $6,83 \text{ Hz}$ a chceme-li je postihnout, postačil by převodník, který vzorkuje čtrnáckrát za sekundu. Pro účel tohoto experimentu byl využit převodník vyvinutý na katedře elektrotechniky vysoké školy strojní a textilní, v rámci diplomové práce autora J. Macka. /Viz příloha 4/. Problém byl na téže katedře prokonzultován a rozhodnuto, že daný převodník svými parametry pro účel experimentu vyhoví. Maximální počet vzorkování tohoto převodníku je 2 000 vzorků za sekundu. /Z katalogových údajů použitého integrovaného obvodu /.

Pro účel experimentu je to však zbytečně mnoho. Proto bylo pomocí mikropočítače programově zajištěno zpoždění tak, že převodník prováděl vzorkování v intervalech $1,039 \text{ ms}$, což představuje přibližně 963 vzorků za 1 sec.

4.4. Přizpůsobení měřícího řetězce parametrům převodníku

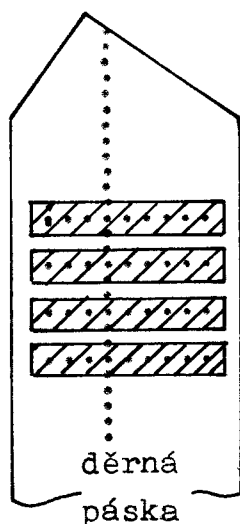
Převodník je schopen zpracovávat napětí buď 0 až +10V nebo 0 až -10V. Podle toho je třeba upravit výstupní napětí tenzometrické aparatury. V experimentu použitá tenzometrická aparatura však poskytovala pouze napětí střídavé a volitelným zesílením. Tento problém byl vyřešen zavedením stejnosměrné složky napětí do signálu z tenzometrické aparatury a zvolením zesílení tak, aby napětí kolísalo v rozsahu maximálně $\pm 5V$. Jako zdroj stejnosměrné složky posloužila plochá baterie o napětí přibližně 4,5V / u tohoto galvanicky odděleného zdroje je zajištěna značná stabilita napětí / čímž bylo docíleno posunutí " nuly " střídavého signálu z tenzometrické aparatury a výsledné napětí pak kmitalo skutečně mezi 0 a 10V.

Převodník převádí vzorkovaný signál do diskretních hodnot v dvojkové soustavě a to 10-ti bitové podobě. Paměťové buňky mikropočítače jsou však pouze 8-mi bitové. Bylo proto nutné programově zajistit, aby oněch 10 bitů bylo rozděleno do dvou paměťových buněk, viz obrázek 11.1 a 11.2.



Obr.11.1 Binární podoba naměřených hodnot.

- a/ forma naměřené hodnoty vytvořená převodníkem v binárním kodu je reprezentována 10-ti bity
- b/ uložení této hodnoty ve dvou paměťových buňkách



1. znak = 1. byte

2. znak = 2. byte

3. znak = 1. byte

4. znak = 2. byte

atd.

1. naměřená hodnota

2. naměřená hodnota

Obr.11.2 Systém děrné pásky s vyznačením ukládání naměřených hodnot. Vyznačeno několik znaků na začátku pásky.

soustava		
desítková	dvojková	šestnáctková
1	1	1
2	10	2
3	11	3
4	100	4
5	101	5
6	110	6
7	111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

Tab.1 Tabulka pro převod z jedné číselné soustavy do druhé.

Příklad použití:

máme-li šestnáctkové číslo např. 03D1

rozdělíme ho na dvě části 03 a D1

pak 03 odpovídá 00000011 dvojkově v 8-mi bitech

a D1 odpovídá 11010001 dvojkově v 8-mi bitech

výsledné binární číslo tedy je 1111010001 což

následovně převedeme na desítkový tvar

$$\begin{array}{cccccccccc}
 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\
 \underline{x2^9} & \underline{x2^8} & \underline{x2^7} & \underline{x2^6} & \underline{x2^5} & \underline{x2^4} & \underline{x2^3} & \underline{x2^2} & \underline{x2^1} & \underline{x2^0} \\
 512+ & 256+ & 128+ & 64+ & 0 & + & 16+ & 0 & + & 0 & + & 0 & + & 0 & + & 1 = 977
 \end{array}$$

číslu 03D1 šestnáctkově odp. číslo 977 dvojkově

Ve stejné formě pak byla každá hodnota vyděrována, což znamená, že ve stejné formě byla k dispozici i data pro zpracování na číslicovém počítači. /Viz.obrázek 11.2/

5.1. Cejchování měřených hodnot

- - - - -

Jelikož u všech měření byly skutečné hodnoty zrychlení reprezentovány napětím ve Voltech, bylo třeba naměřené hodnoty ocejchovat a umožnit převod z jednotek napětí na jednotky zrychlení.

Bylo to provedeno takto : při statickém nastavení tenzometrického snímače do takové polohy, kdy jeho výchylka je nulová / zrychlení působící na snímač je rovno nule / bylo naměřeno napětí o hodnotě 001E / hexadecimálně - odečteno z displaye mikropočítače /, při statické poloze snímače, kdy jeho výchylka je maximální / výchylka způsobená tíhovým zrychlením $g \approx 9,81 \text{ m/s}^2$ / bylo na snímači naměřeno napětí o hodnotě 03D1 / opět odečteno z displaye počítače /. Po převodu do desítkové soustavy / dle tabulky 1 / dostaneme hodnoty 0,3V a 9,74V. Rozdíl těchto hodnot ve Voltech pak odpovídá hodnotě tíhového zrychlení $9,81 \text{ ms}^{-2}$. Jednoduchým výpočtem lze stanovit přepočtový koeficient, kterým vynásobíme každou naměřenou hodnotu ve Voltech a dostaneme skutečné hodnoty zrychlení v ms^{-2} :

Jelikož však A/D převodník převádí měřenou hodnotu v celočíselných konstantách od 0 do 1023 jsou vlastně hodnoty 30 a 974 hladiny z intervalu 0 až 1023. Ale představují napětí 0,3V a 9,74V.

pak tedy: $974 - 30 = 944$ odpovídá $9,81 \text{ ms}^{-2}$

čili: $A_1 = 9,81 / 944 = 0,010391949$ vyjadřuje zmíněný přepočtový koeficient, kterým se každá hodnota získaná převodníkem vynásobí, aby vyjadřovala hodnotu zrychlení v ms^{-2} .

Pro měření chvění ve svislém směru nebylo nutné zavádět stejnosměrnou složku napětí, neboť ta byla vyvozena přímo samotným snímačem respektive konstantním vychýlením jako měřícího elementu způsobeným tíhovým zrychlením. Bylo ovšem nutné vytvořit pro tato měření nový cejch. Hodnota při nulové výchylce snímače je rovna 0127 / hexadecimálně /. Hodnota při zatížení snímače tíhovým zrychlením je rovna 0026 / hexadecimálně /. Což odpovídá hodnotám po převodu do desítkové soustavy 2,95V a - 0,38V. Z toho opět jednoduchým výpočtem stanovíme koeficient, jímž násobíme hodnoty naměřeného napětí a získáme hodnoty okamžitého zrychlení na rámu stroje v ms^{-2} :

stejně jako v předcházejícím případě platí

$$295 - /-38/ = 333$$

čili: hladina 333 odpovídá zrychlení $9,81\text{ms}^{-2}$

potom: pro výpočet přepočtové konstanty platí

$$A_2 = 9,81 / 333$$

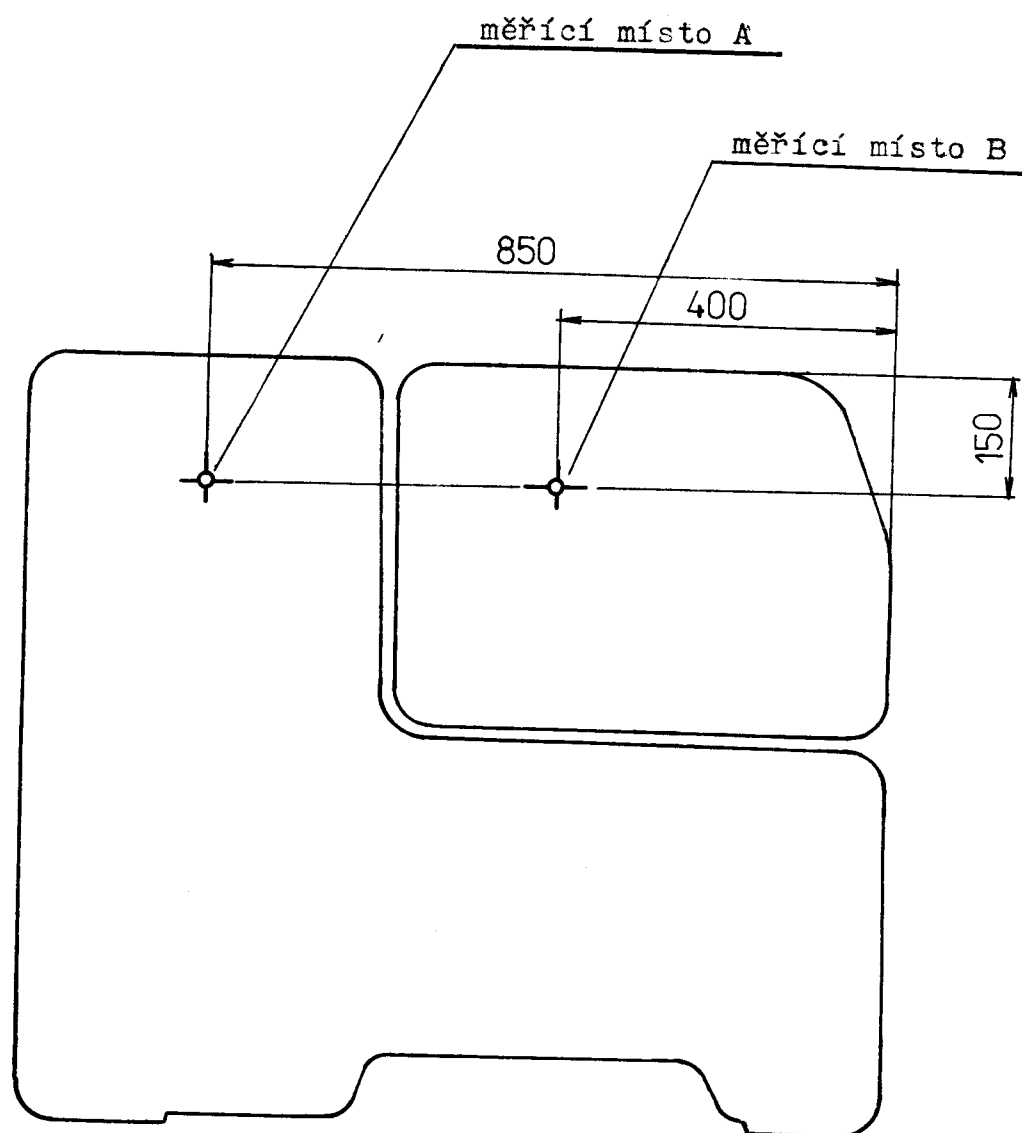
$$A_2 = 0,029459459$$

6.1. Specifikace měřících míst

- - - - -

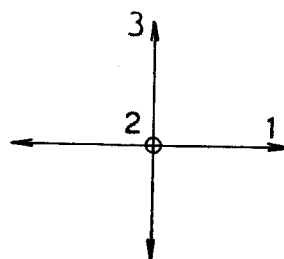
Na obrázku 12 je schéma levé bočnice rámu proměřovaného tkacího stroje. Je zde zakresleno a označeno rozložení měřících míst a směrů, ve kterých bylo snímáno chvění rámu.

Místa byla volena s ohledem na tuhost bočnice. Jelikož její skříňová a plochá část tvoří dva samostatné tuhé celky bylo chvění snímáno na obou těchto částech bočnice zvlášť. Místa měření jsou označena velkými písmeny A a B. Směry, ve kterých bylo prováděno měření, byly voleny s ohledem na funkci jednotlivých mechanismů, například ve směru prohozu útku,

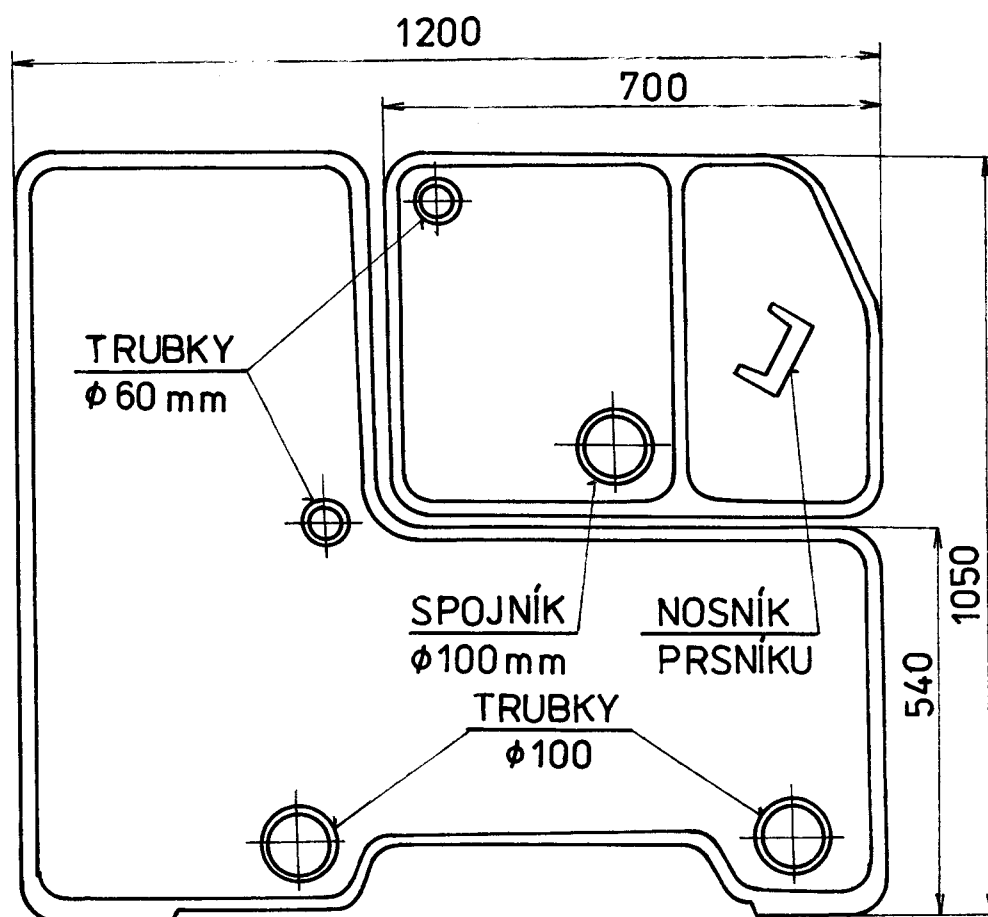


Směry měření:

- 1.....podélný /příraz/
- 2.....příčný /prohoz/
- 3.....svislý /prošlup/



Obr.12 Umístění snímačů na rámu a volba směrů ve kterých byla provedena měření.



Obr.1 Schéma levé bočnice rámu pneumatického stroje
 na kterém byla prováděna všechna uváděná měření.

přírazu nebo ve směru pohybu listů t.j. vytváření prošlupu. Všechna měření byla prováděna na zatkaném stroji, aby se experiment přiblížil co nejvíce skutečným provozním podmínkám. Aby bylo postihnuto tlumení kmitů stroje působením hmotností osnovního a zbožového válu a další vlivy za skutečného provozu.

7.1. Analýza měření a zhodnocení výsledků

- - - - -

V další fázi zvolené měřicí metody bylo v maximální možné míře využito číslicového počítače EC 1033 ve výpočetním středisku vysoké školy.

Především bylo nutné převést soubor dat z děrné pásky do takové podoby, která by umožňovala další matematické zpracování. Program pro tento účel vytvořený obsahuje tyto základní celky : načtení binárních čísel z děrné pásky, složení 10-ti bitového čísla ze dvou 8-mi bitových, ve kterých bylo číslo rozloženo / viz výše /, dále program obsahuje převod na desítkový tvar, čímž dostáváme naměřené hodnoty ve Voltech a po vynásobení přepočtovými koeficienty A_1 popřípadě A_2 / vytvořeny cejchováním / dostaneme skutečné diskrétní hodnoty zrychlení v ms^{-2} . Program zajišťuje číselný i grafický výstup těchto hodnot. Viz soubor číslo 1 až 6 v příloze 3. Proložíme-li těmito body křivku, můžeme výsledek porovnat s analogovou měřicí metodou prováděnou pomocí oscilografu. Takto vytvořený soubor se stal výchozím pro určení signifikantních frekvencí a period, které se na rámu stroje vyskytují. K tomuto účelu bylo využito matematického aparátu " statického zpracování časových řad ".

Výchozím bodem této analýzy je tak zvaný periodogram posloupnosti náhodných veličin / v našem případě je to soubor naměřených hodnot na děrné pásce /.

Jsou-li $X_1 \dots X_N$ náhodné veličiny pak periodogram je definován funkcí :

$$I(\lambda) = \frac{1}{2\pi N} \left| \sum_{t=1}^N X_t e^{-i\lambda t} \right|^2$$

Pro zpracování na počítači bylo nutno tento tvar následujícím způsobem upravit :

$$\begin{aligned} I(\lambda) &= \frac{1}{2\pi N} \left| \sum_{t=1}^N X_t e^{-i\lambda t} \right|^2 = \frac{1}{2\pi N} \left| \sum_{t=1}^N X_t (\cos t\lambda - i \sin t\lambda) \right|^2 = \\ &= \frac{1}{2\pi N} \left| \sum_{t=1}^N X_t \cos t\lambda - i \sum_{t=1}^N X_t \sin t\lambda \right|^2 = \\ &= \frac{1}{2\pi N} \left| \sum_{t=1}^N X_t \cos t\lambda - i \sum_{t=1}^N X_t \sin t\lambda \right|^2 \end{aligned}$$

označíme-li:

$$\sum_{t=1}^N X_t \cos t\lambda = a, \quad \sum_{t=1}^N X_t \sin t\lambda = b$$

pak lze psát:

$$I(\lambda) = \frac{1}{2\pi N} |a - ib|^2$$

a platí-li pro absolutní hodnotu komplexního čísla:

$$|a - ib| = \sqrt{a^2 + b^2}$$

pak výsledný vztah je:

$$I(\lambda) = \frac{1}{2\pi N} (a^2 + b^2)$$

kde za a a b dosadíme výše uvedené vztahy.

tento tvar lze již snadno programově zpracovat pro číslicový počítač.

Výpočet hodnot periodogramu se provádí v bodech :

$$\lambda_r = \frac{2\pi r}{N} \quad (10.5)$$

kde : $r = 1, 2, \dots, m$

$$m = \frac{N-1}{2}$$

z čehož plyne, že náhodných veličin musí být vybrán právě lichý počet N .

Takto vypočtené hodnoty setřídíme podle velikosti a označíme postupně $V_1, \dots, V_m$. Vytvoříme hodnoty :

$$W_r = \frac{V_r}{V_r + \dots + V_m}$$

a dosadíme do vztahu za x :

$$P(W > x) = m - 1 (1 - x)^{m-2} \quad \text{kde: } m = m-1, m-2, \dots$$

a platí-li, že $P(W > x)$ musí být větší než 0,05. Což představuje, že pravděpodobnost, uvažovaná frekvence λ_r je signifikantní, je větší než 5%. Tato proceduru opakujeme, dokud následující hodnoty periodogramu vycházejí jako významné, to znamená dokud $P(W > x) > 0,05$.

Takto stanovíme signifikantní frekvence $\lambda_1, \dots, \lambda_p$.

Tyto frekvence vypočtené ze vztahu (10.5) přepočteme na skutečné podle toho, s jakým krokem vzorkování jsme prováděli měření. Z frekvence λ_r dle vztahu (10.5) vypočteme délku periody T_r , kterou vynásobíme délkou kroku v sekundách.

V našem případě /jak uvedeno výše/ byl tento krok $1039 \mu s$ to je $0,001039 s$.

Jestliže takto stanovíme frekvence $\lambda'_1, \dots, \lambda'_p$ lze psát vyrovnávací funkci, která nám umožní grafický výstup a znázornění stanovených nejvýznamnějších frekvencí, v tomto tvaru:

$$EX_t = \sum_{k=1}^p (a_k \cos t\lambda'_k + b_k \sin t\lambda'_k)$$

kde koeficienty a_k , b_k lze stanovit obvyklým způsobem metodou nejmenších čtverců:

$$a_k = \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N X_t \cos t\lambda'_k, \quad b_k = \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N X_t \sin t\lambda'_k.$$

Při rozboru se zprvu zdálo, že pro výpočet pravděpodobnosti $P(W > x)$ bude postačovat pouze první člen z celého vztahu :

$$P(W > x) = m(1-x)^{m-1} - \binom{m}{2}(1-2x)^{m-1} + \binom{m}{3}(1-3x)^{m-1} - \dots \quad (10.5)$$

Dobrou aproximaci pravděpodobnosti $P(W > x)$ prvním členem vztahu (10.6) lze však získat pouze pro malá m , přibližně $m < 50$. Takto se podaří určit jen několik signifikantních frekvencí / dvě až tři /.

Proto bylo vztahu využito v plném rozsahu bez uvedeného zjednodušení, aby počet signifikantních frekvencí byl co největší. Větší počet takto stanovených frekvencí umožní snažší porovnání s výsledky získanými měřeními na analyzátoru. Při výpočtu pravděpodobnosti sčítáme ve vztahu tak dlouho, dokud výrazy $(1 - kx)$ vycházejí kladné. Ostatní zásady postupu výpočtu zůstávají stejné jako v případě aproximace pouze prvním členem.

7.2. Zpracování na číslicovém počítači

- - - - -

První požadavek kladený na závěrečnou fázi této metody byl : získat naměřené hodnoty v takové podobě, aby bylo v první řadě možno měření porovnat se zápisy chvění sejmutého z rámu stroje pomocí oscilografu.

V příloze 3 je zpracování tohoto problému v podobě výpisu zdrojového programu a výpisu naměřených hodnot jednoho ze šesti prováděných měření. Grafický výstup hodnot na výpisu z počítače je v podstatě digitální podobou zápisu z oscilografu. Umožnilo nám to získat představu o skutečných hodnotách zrychlení na rámu se vyskytujících. Soubor hodnot je dostatečně dlouhý, neboť zahrnuje několik otáček hlavního hřídele tkacího stroje. Budeme-li považovat periodu jedné otáčky za jakýsi základní interval, ve kterém se opakují provozní stavy stroje, pak lze snadno stanovit kolik otáček hlavního hřídele stroje jsme jedním měřením postihli a jakou škálu hodnot budeme moci posuzovat.

Tedy je-li na děrné pásce zachyceno 768 hodnot okamžitého zrychlení na rámu a je-li perioda vzorkování převodníku 1 039 μ s, pak hodnota :

$$768 \cdot 1,039 \cdot 10^{-3} = 0,7979 \text{ [s]}$$

představuje celkovou dobu jednoho měření, tedy přibližně 0,8 sekundy. Otáčky stroje jsou 410 min.⁻¹ tj. 6,83 s⁻¹, čemuž odpovídá délka periody jedné otáčky hlavního hřídele 0,1463 sekund. Z toho lze určit, že jedním měřením jsme postihly přibližně 5,5 otáček hlavního hřídele stroje. To už je množství umožňující výběr libovolného souboru hodnot, které by postihly alespoň 1,5 otáčky. Zároveň je možno, po provede-

nám matematickém zpracování, posuzovat nestacionaritu dějů na rámu probíhajících. Například podle zjištěných frekvencí a jejich významnosti. Budme-li z naměřených veličin vybírat soubory po 150-ti hodnotách / což plně postačí k postihnutí nejméně jedné otáčky /, lze navzájem tyto soubory porovnávat a určit do jaké míry je který děj stacionární nebo ne. Toto je jedna z největších výhod digitalizace prováděných měření - totiž získat větší množství hodnot k posuzování a zpřesnit tak závěry vyvozované z jednotlivých měření.

S rostoucím počtem dat, které chceme zpracovávat, rostou na jejich numerické vyhodnocování. Nelze si takovéto zpracování výsledků představit jinak než s pomocí číslicové techniky, tedy počítače.

Další soubor přílohy je zdrojový text / program /, který výše uvedeným matematickým aparátem zpracovává naměřené hodnoty.

První část programu / končí cyklem 6 / zpracovává data z děrné pásky. Načítá znaky děrné pásky do operační paměti počítače, provádí /jak uvedeno v kapitole 4.4./ 10ti bitové číslo uložené do dvou 8mi bitových znaků děrné pásky zpět na deseti bitové a vytváří jeho desítkový ekvivalent, toto číslo násobí přepočtovým koeficientem A_1 nebo A_2 /, čímž vlastně každou hodnotu cejchuje a převádí do jednotek zrychlení. Potom výpočtem střední hodnoty a odchylek získáme data ve tvaru střídavých hodnot /kmitajících kolem nulové hladiny/ kompenzujeme zavedení stejnosměrné složky v měřícím řetězci. Poslední operací této části programu je vyhledání maxima a minima získaných hodnot, které jsou určeny

pro program grafického výstupu hodnot v němž slouží pro stanovení šířky pásma grafu.

Celá zbývající část programu je v podstatě numericky zpracovaný matematický aparát / viz kapitola 7.1. /. Jehož úkolem je stanovit signifikantní frekvence a setřídít je podle významnosti. Počítá se i zde s grafickým výstupem vyrovnávací funkce pro stanovení signifikantní frekvence.

Formáty výstupu jsou voleny s ohledem na jejich přehlednost bez použití jakéhokoliv doplňujícího textu.

8.1. Závěr

- - -

Úkolem této práce bylo tedy vytvořit a navrhnout měřicí metodu s využitím číslicové techniky. Připravit podklady pro skutečné realizování měřicí soustavy, která by byla k dispozici. Vytvořit tak jednoduchou, rychlou, spolehlivou a přesnou měřicí metodu. Pokud však možno u experimentu obecně o těchto kvalifikátorech vůbec hovořit.

Snahou bylo vytvořit základnu, na níž se dá vybudovat konkrétní měřicí aparatura sestávající ze snímače, tenzometrické aparatury, mikropočítače s A/D převodníkem a numericky zpracovatelného matematického aparátu. Numerické zhodnocování naměřených hodnot je sestaveno pro obecné použití, jde pouze o to pořídit při měření děrnou pásku s nejméně 768mi hodnotami a s počátečním znakem tvořeným plně obsazeným osmibitovým číslem. Při nesplnění podmínky minimálního počtu hodnot na děrné pásce by došlo k tomu, že počítač by zpracování neprovedl pro chybu v datech, to znamená, že data jsou kratší, než pro která je program sestaven. Pro každé nové měření

je třeba program zpustit znovu, tj. pro každou děrnou pásku s daty provést nový start programu.

Zpracování číslicové metody je provedeno tak, aby bylo možné nejprve posoudit, dává-li výsledky srovnatelné s analogovými metodami měření. Je možno porovnat / v souborech z příloh/ zápis z oscilografu s výpisem naměřených hodnot převodníkem, dále graf ze zapisovače analyzátoru s výčtem signifikantních frekvencí na výpisu z počítače. Navíc stanovit významnost frekvencí pomocí analyzátoru je pracnější, neboť je třeba graf nejprve opticky posoudit a podle výšky špiček zrychlení sestavit tabulku vyskytujících se frekvencí dle významnosti. Výpis z počítače dává tyto výsledky daleko přesněji v číselné podobě a navíc umožňuje graficky znázornit průběhy vyskytujících se frekvencí.

Předností zvolené metody určování významnosti frekvencí je podle literatury [2] to, že není odkázána napouze harmonické složky signálu /tj. měřené veličiny/.

Metoda je vhodná především pro rychle probíhající děje, kde jiným způsobem nelze získat potřebné množství hodnot pro zmíněnou analýzu, kde výsledky pořízené analogovými měřicími metodami jsou neuspokojivé.

Seznam literatury :

- 1/ Svatý, V., Talavášek, O. :
Bezčlunkové stavy. Praha, SNTL, 1975
- 2/ Mrázek, J. :
Využití metody skrytých period při analýze experimentálních závislostí. Sborník prací VŠST, Liberec, 1982
- 3/ Trpíševský, T. :
Základní programové vybavení školního mikropočítače TEMS - 80 03. ČSVTS, Praha, 1981
- 4/ Zelenka, J. :
Elektrotechnika a průmyslová elektronika, část Elektrická měření neelektrických veličin. Skripta VŠST, Liberec, 1980
- 5/ Olehla, M., Tišer, J. :
Základy numerických metod a programování. Skripta VŠST, Liberec, 1979

PŘÍLOHA 2

Záznamy pořízené zapisovačem ve spojení s analyzátozem frekvencí.

Počet souborů: 4

PŘÍLOHA 1

Grafy průměrných hodnot zrychlení na rámu stroje
pořízené z oscilografických záznamů, s ozna-
čením měřicích míst a směrů.

Počet souborů: 3

PŘÍLOHA 4

Podklady pro stavbu analogověčíslicového
převodníku použitého v popisovaném expe-
rimentu

Počet souborů: 3

PŘÍLOHA 3

Výpisy z počítače; zdrojového textu a naměřených hodnot v grafické podobě.

Počet souborů: 2

```

0      TENZOMETRICKA MERENI
      DC 10 I2=1,6
      IG=I2
      DIMENSION G(1),AP2(4800)
      INTEGER*2 IP(2,9600)
      INTEGER*4 IP2(9600)
      EQUIVALENCE(IP(1,1),IP2(1))
      A=0.010391049
      IF (I2.GT.4) A=0.029459459
      FMIN=0.0
      FMAX=0.0
      SUM=0.0
      WRITE(6,103) I2
      WRITE(6,102)
      DC 1 I=1,1600
1      IP2(I)=0
      J=1
      DC 2 K=80,1600,80
      READ(5,111) (IP(2,I),I=J,K)
2      J=J+80
      DC 60 I=1,1600
      IP2(I)=IP2(I)/256
60     CONTINUE
      I3=1
4      IFA=IP2(I3)
      IF (IFA.EQ.255) GO TO 5
      I3=I3+1
      GO TO 4
5      I3=I3+1
      I4=I3+1532
      I1=1
      DC 3 J=I3,I4,2
      I=J+1
      IF (IP2(J).EQ.1) IP2(J)=256
      IF (IP2(J).EQ.2) IP2(J)=512
      IF (IP2(J).EQ.3) IP2(J)=768
      APA=IP2(I)+IP2(J)
      AP2(I1)=APA*A
      SUM=SUM+AP2(I1)
3      I1=I1+1
      ST=SUM/767
      DC 6 I=1,767
      AP2(I)=AP2(I)-ST
      IF (FMIN.GT.AP2(I)) FMIN=AP2(I)
      IF (FMAX.LT.AP2(I)) FMAX=AP2(I)
6      CONTINUE
      IF (I2.EQ.1) GO TO 38
      DC 7 I=1,500
      C=AP2(I)
      G(1)=AP2(I)
      CALL RADGR(1,FMIN,FMAX,G,C)
7      CONTINUE
88     WRITE(6,555) I2
555    FORMAT(' '// MERENI CÍSLO:',I2,'           KONEC'///)
10     CONTINUE
111    FORMAT(80A1)
102    FORMAT(' TENZOMETRICKA MERENI "NAMERENE HODNOTY ZRYCHLENÍ POMOCI A
//D PŘEVODNÍKU'///' HODNOTA GRAF HODNOT
// + <----- 0 -----> -'//)
103    FORMAT(' MERENI CÍSLO:',I2,'           V MÍSTĚ:       VE SMĚRU:')
      STOP
      END

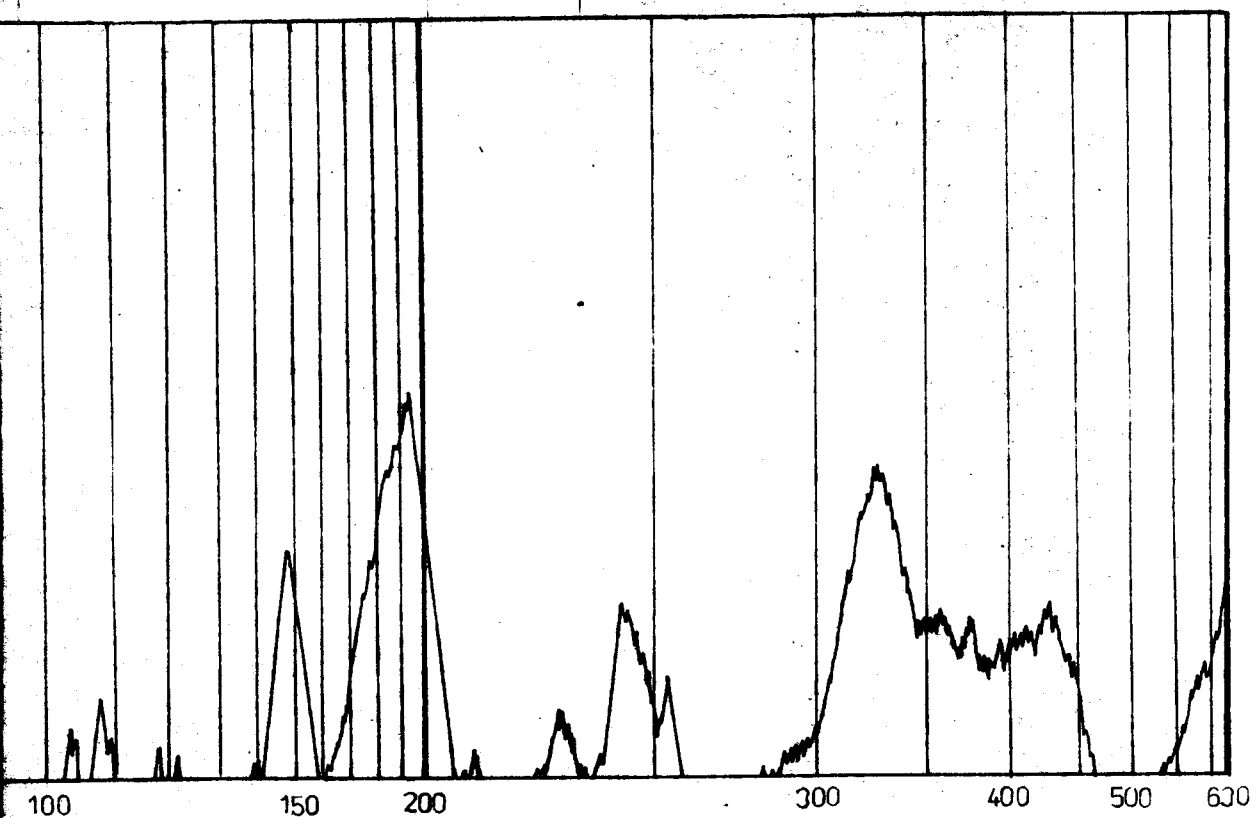
C*
      SUBROUTINE RADGR(N,FHI,FMA,FH,X)
      DIMENSION FH(3)
      DIMENSION JZN(3),JP(101)

```

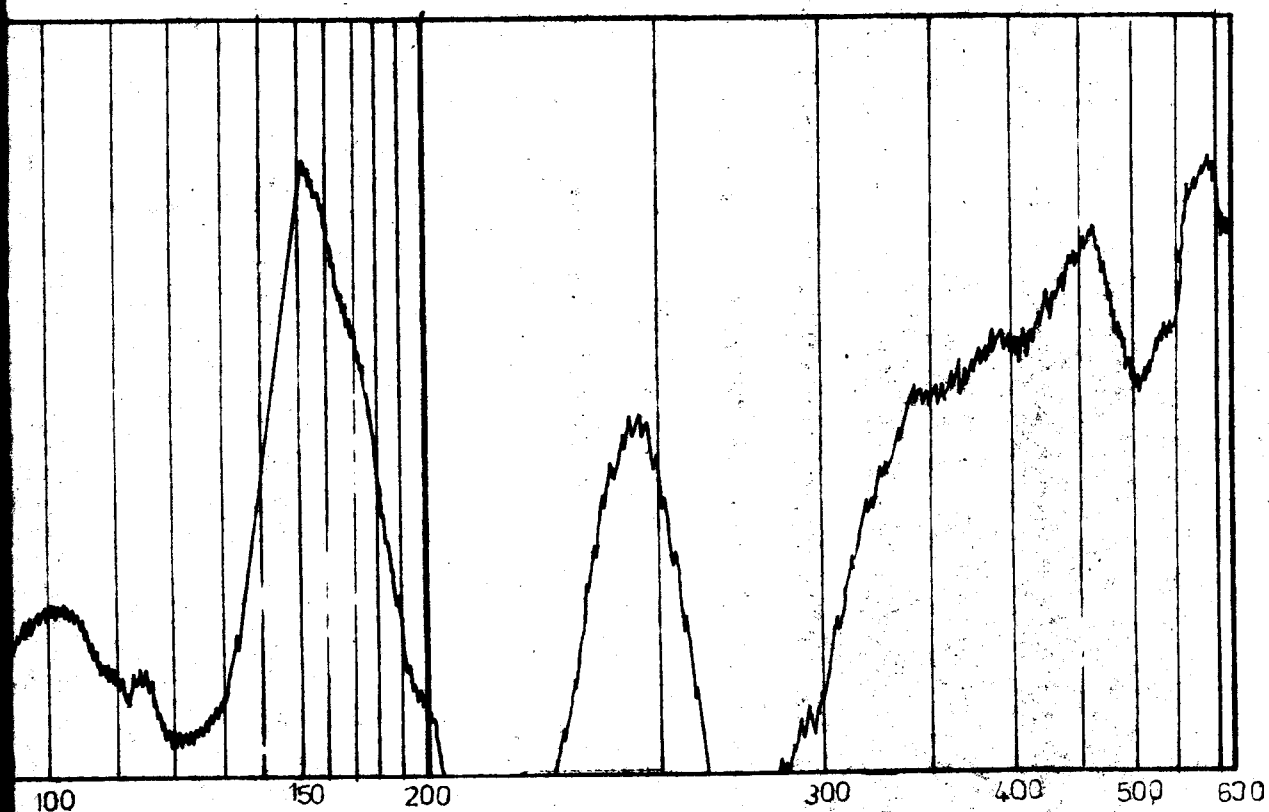
```
DATA ISA/1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100,101,102,103,104,105,106,107,108,109,110,111,112,113,114,115,116,117,118,119,120,121,122,123,124,125,126,127,128,129,130,131,132,133,134,135,136,137,138,139,140,141,142,143,144,145,146,147,148,149,150,151,152,153,154,155,156,157,158,159,160,161,162,163,164,165,166,167,168,169,170,171,172,173,174,175,176,177,178,179,180,181,182,183,184,185,186,187,188,189,190,191,192,193,194,195,196,197,198,199,200,201,202,203,204,205,206,207,208,209,210,211,212,213,214,215,216,217,218,219,220,221,222,223,224,225,226,227,228,229,230,231,232,233,234,235,236,237,238,239,240,241,242,243,244,245,246,247,248,249,250,251,252,253,254,255,256,257,258,259,260,261,262,263,264,265,266,267,268,269,270,271,272,273,274,275,276,277,278,279,280,281,282,283,284,285,286,287,288,289,290,291,292,293,294,295,296,297,298,299,300,301,302,303,304,305,306,307,308,309,310,311,312,313,314,315,316,317,318,319,320,321,322,323,324,325,326,327,328,329,330,331,332,333,334,335,336,337,338,339,340,341,342,343,344,345,346,347,348,349,350,351,352,353,354,355,356,357,358,359,360,361,362,363,364,365,366,367,368,369,370,371,372,373,374,375,376,377,378,379,380,381,382,383,384,385,386,387,388,389,390,391,392,393,394,395,396,397,398,399,400,401,402,403,404,405,406,407,408,409,410,411,412,413,414,415,416,417,418,419,420,421,422,423,424,425,426,427,428,429,430,431,432,433,434,435,436,437,438,439,440,441,442,443,444,445,446,447,448,449,450,451,452,453,454,455,456,457,458,459,460,461,462,463,464,465,466,467,468,469,470,471,472,473,474,475,476,477,478,479,480,481,482,483,484,485,486,487,488,489,490,491,492,493,494,495,496,497,498,499,500,501,502,503,504,505,506,507,508,509,510,511,512,513,514,515,516,517,518,519,520,521,522,523,524,525,526,527,528,529,530,531,532,533,534,535,536,537,538,539,540,541,542,543,544,545,546,547,548,549,550,551,552,553,554,555,556,557,558,559,560,561,562,563,564,565,566,567,568,569,570,571,572,573,574,575,576,577,578,579,580,581,582,583,584,585,586,587,588,589,590,591,592,593,594,595,596,597,598,599,600,601,602,603,604,605,606,607,608,609,610,611,612,613,614,615,616,617,618,619,620,621,622,623,624,625,626,627,628,629,630,631,632,633,634,635,636,637,638,639,640,641,642,643,644,645,646,647,648,649,650,651,652,653,654,655,656,657,658,659,660,661,662,663,664,665,666,667,668,669,670,671,672,673,674,675,676,677,678,679,680,681,682,683,684,685,686,687,688,689,690,691,692,693,694,695,696,697,698,699,700,701,702,703,704,705,706,707,708,709,710,711,712,713,714,715,716,717,718,719,720,721,722,723,724,725,726,727,728,729,730,731,732,733,734,735,736,737,738,739,740,741,742,743,744,745,746,747,748,749,750,751,752,753,754,755,756,757,758,759,760,761,762,763,764,765,766,767,768,769,770,771,772,773,774,775,776,777,778,779,780,781,782,783,784,785,786,787,788,789,790,791,792,793,794,795,796,797,798,799,800,801,802,803,804,805,806,807,808,809,810,811,812,813,814,815,816,817,818,819,820,821,822,823,824,825,826,827,828,829,830,831,832,833,834,835,836,837,838,839,840,841,842,843,844,845,846,847,848,849,850,851,852,853,854,855,856,857,858,859,860,861,862,863,864,865,866,867,868,869,870,871,872,873,874,875,876,877,878,879,880,881,882,883,884,885,886,887,888,889,890,891,892,893,894,895,896,897,898,899,900,901,902,903,904,905,906,907,908,909,910,911,912,913,914,915,916,917,918,919,920,921,922,923,924,925,926,927,928,929,930,931,932,933,934,935,936,937,938,939,940,941,942,943,944,945,946,947,948,949,950,951,952,953,954,955,956,957,958,959,960,961,962,963,964,965,966,967,968,969,970,971,972,973,974,975,976,977,978,979,980,981,982,983,984,985,986,987,988,989,990,991,992,993,994,995,996,997,998,999,1000,1001,1002,1003,1004,1005,1006,1007,1008,1009,1010,1011,1012,1013,1014,1015,1016,1017,1018,1019,1020,1021,1022,1023,1024,1025,1026,1027,1028,1029,1030,1031,1032,1033,1034,1035,1036,1037,1038,1039,104
```

Seznam příloh

- Příloha 1 Grafy průběhů hodnot zrychlení na rámu stroje pořízené z oscilografických záznamů, s označením měřících míst a směrů.
- Příloha 2 Záznamy pořízené zapisovačem ve spojení s analyzátozem frekvencí.
- Příloha 3 Výpisy z počítače: zdrojového textu a naměřených hodnot v grafické podobě.
- Příloha 4 Podklady pro stavbu analogově-číslicového převodníku použitého v popisovaném experimentu



f[Hz]

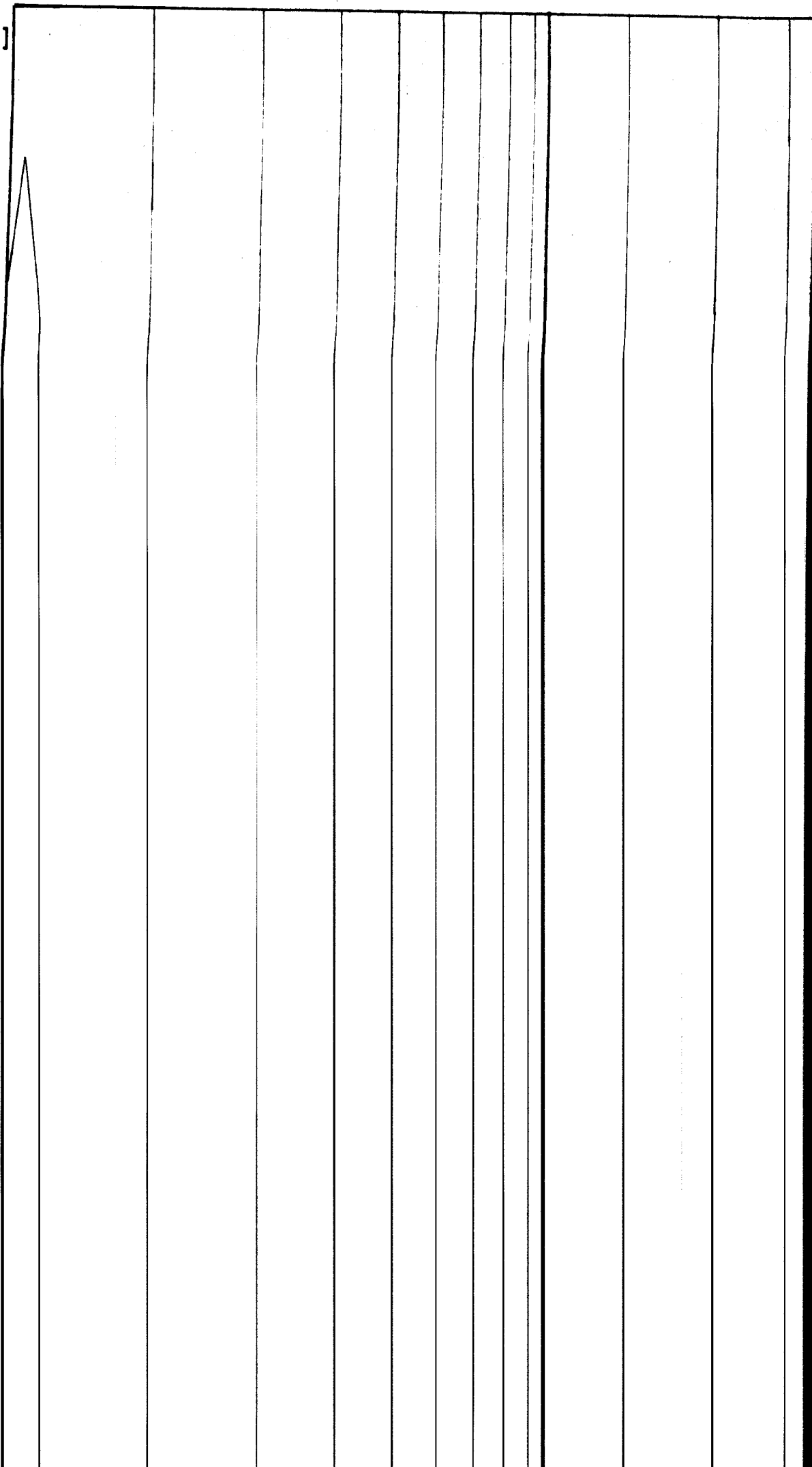


f[Hz]

a
[ms⁻²]

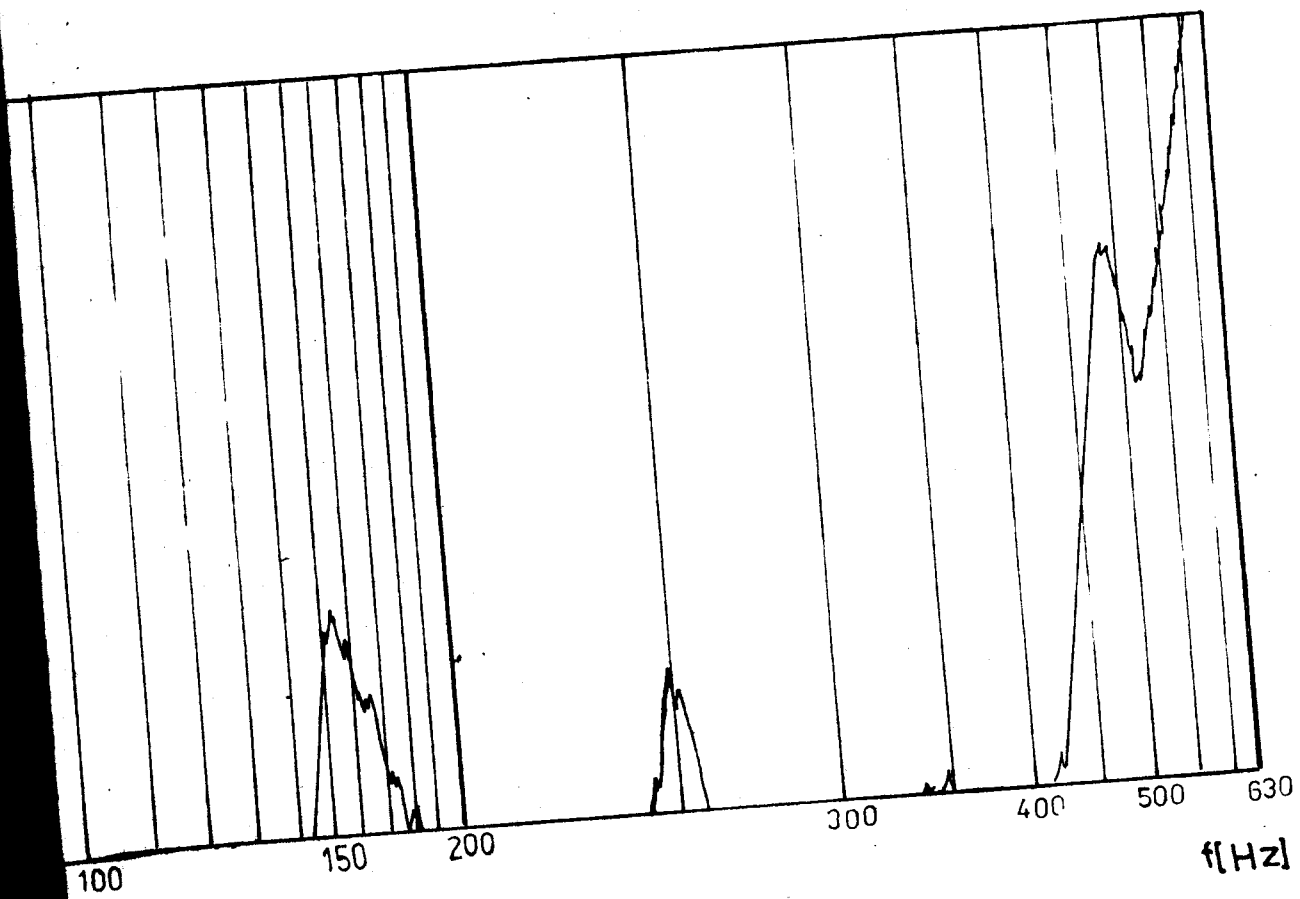
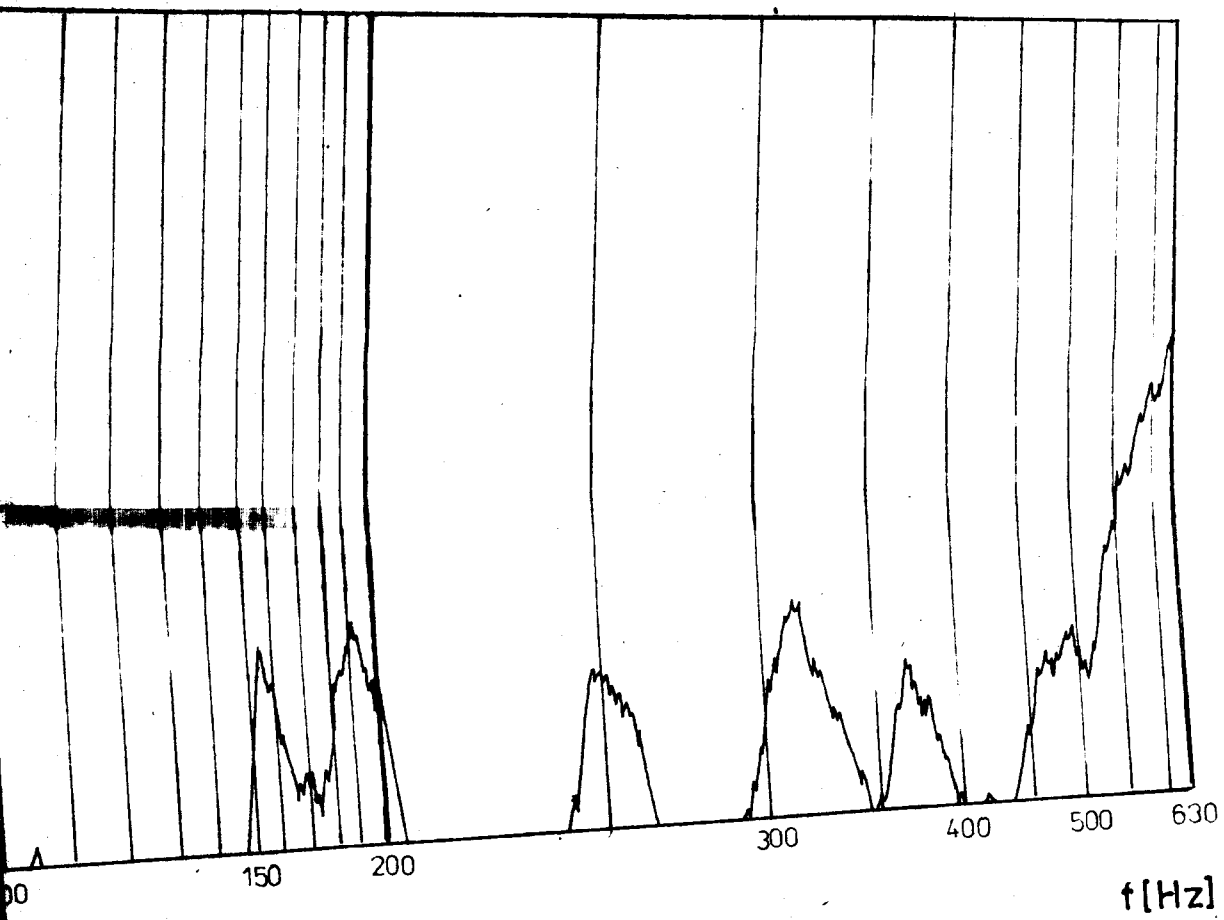


a
[ms⁻²]

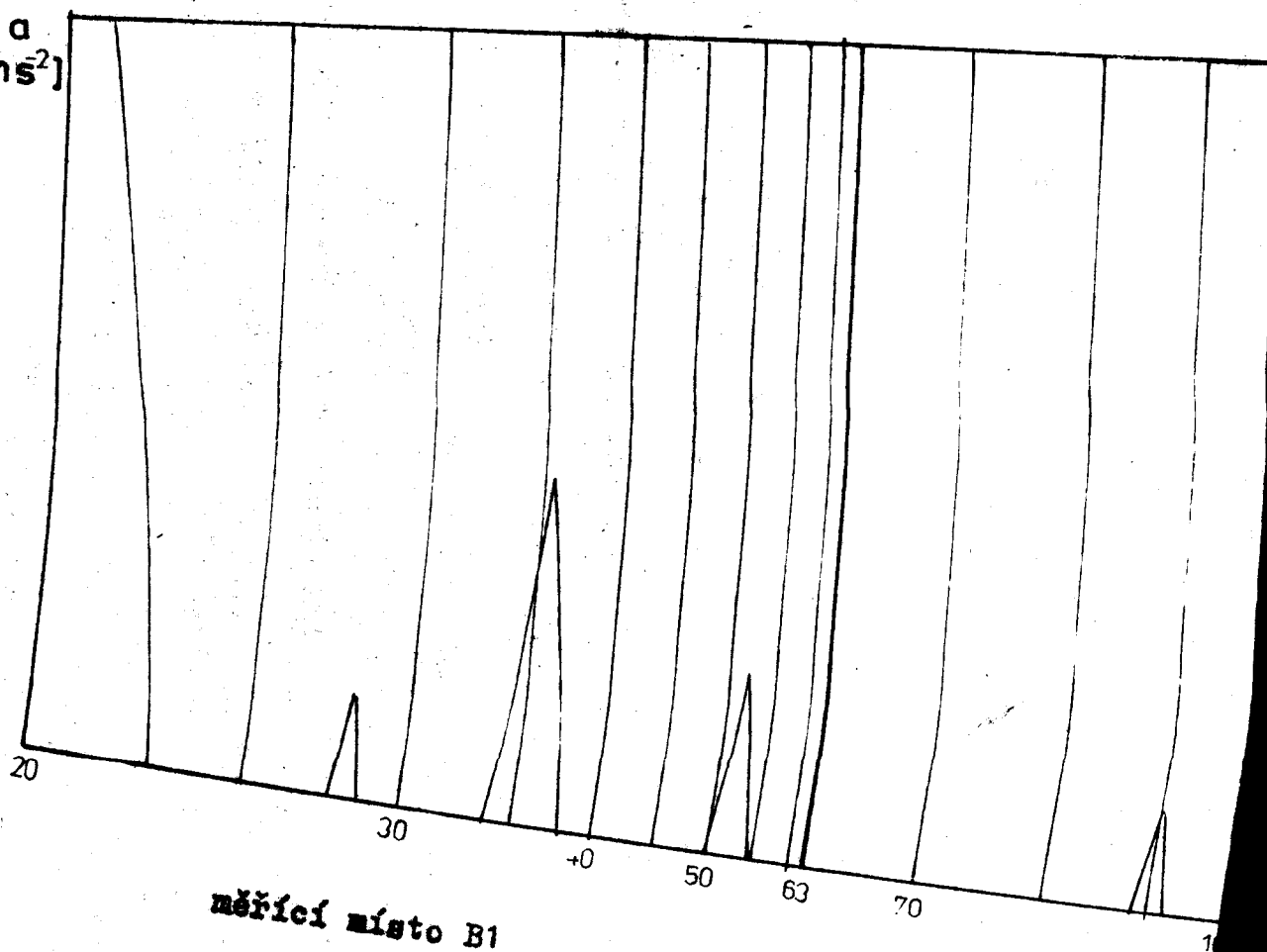


a
[ms⁻²]

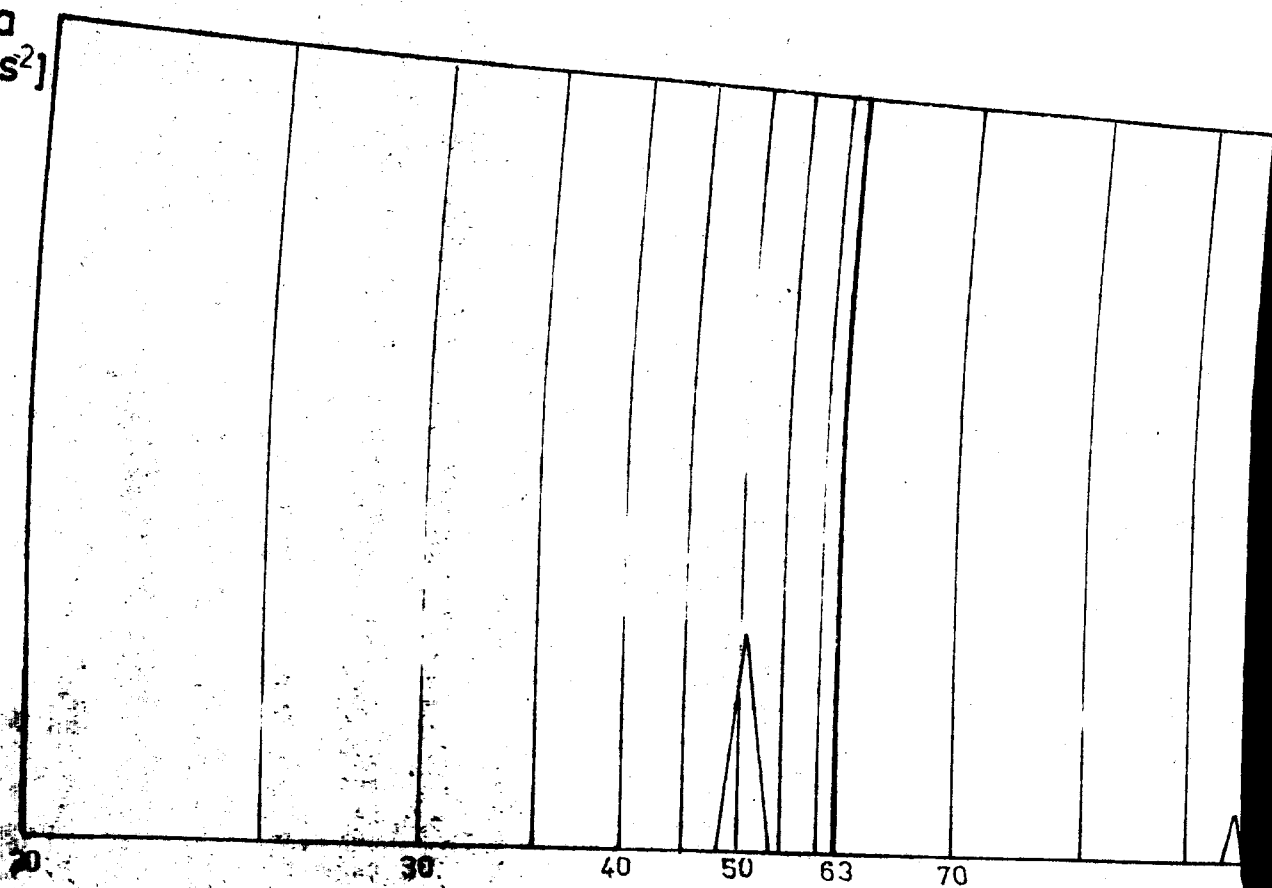


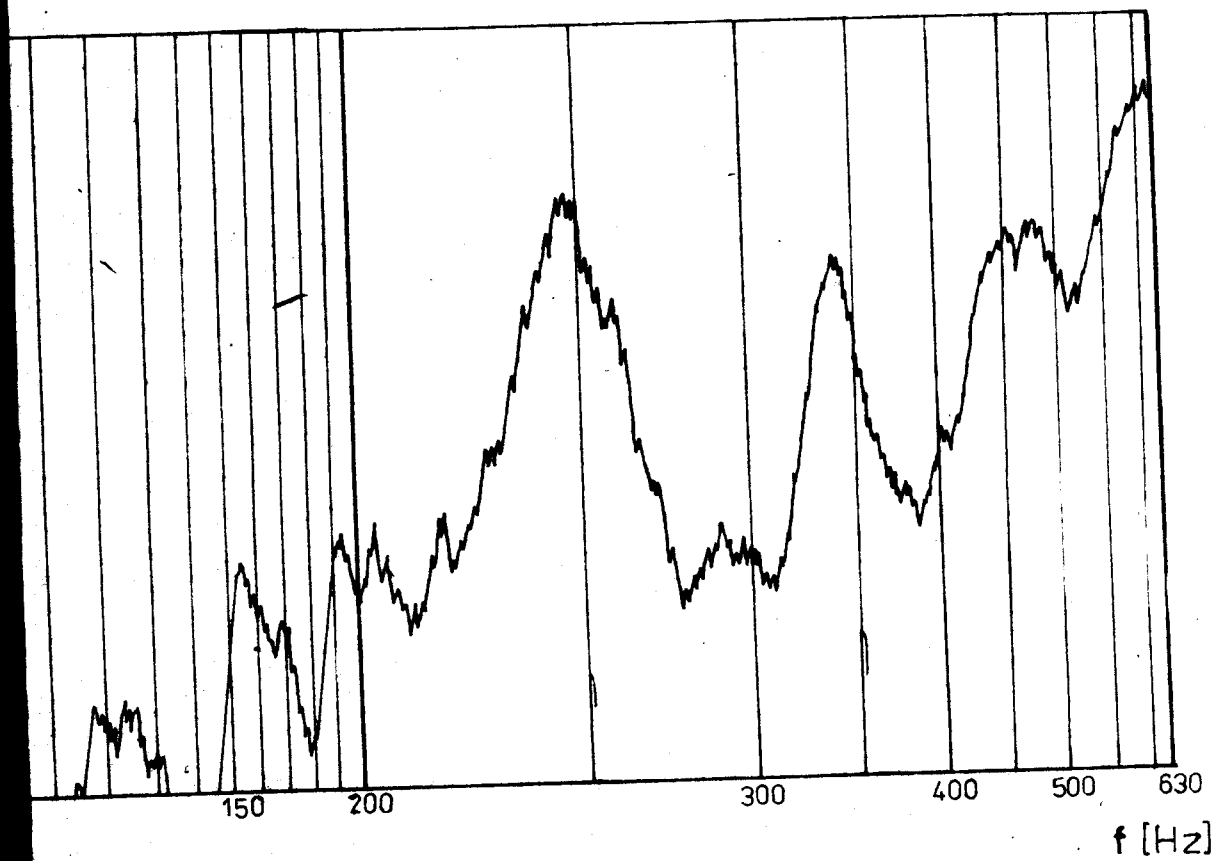
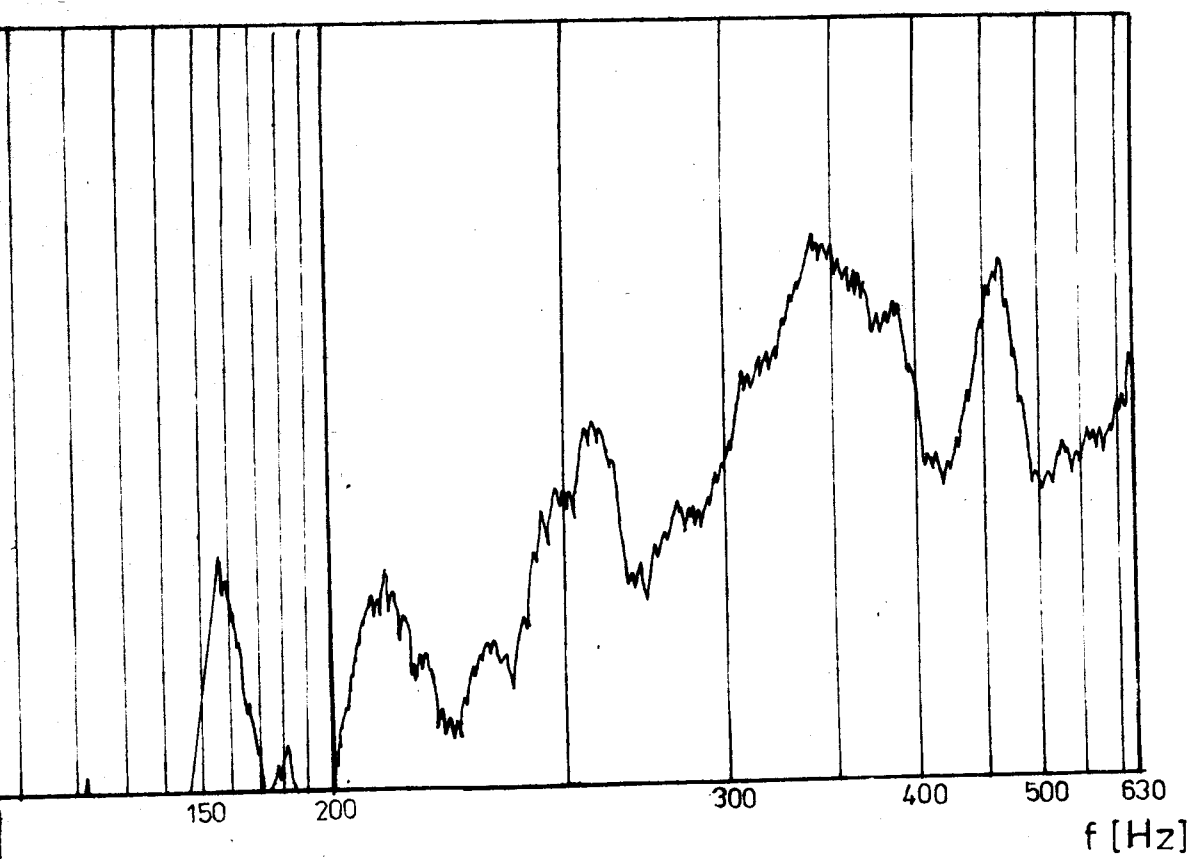


a
[ms⁻²]

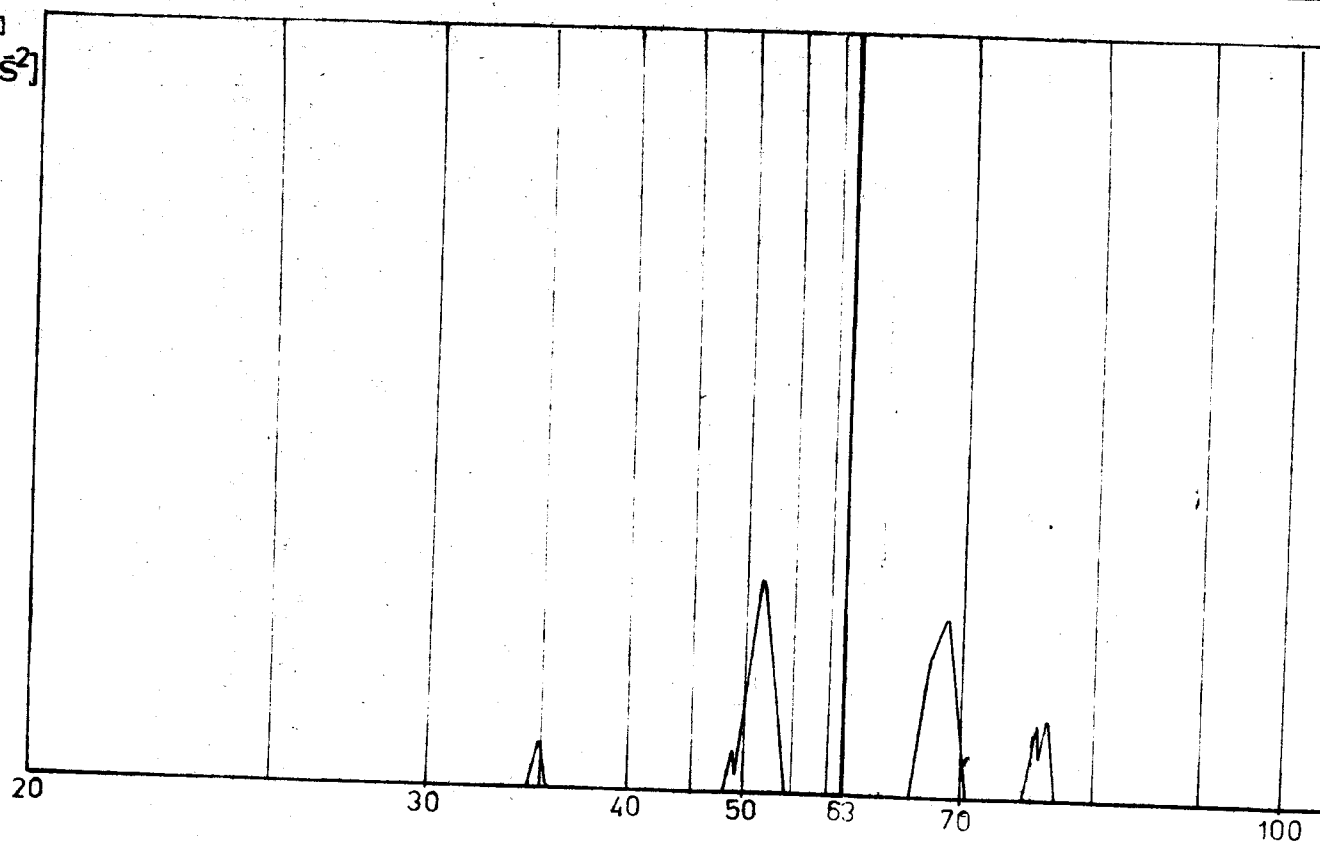


a
[ms⁻²]



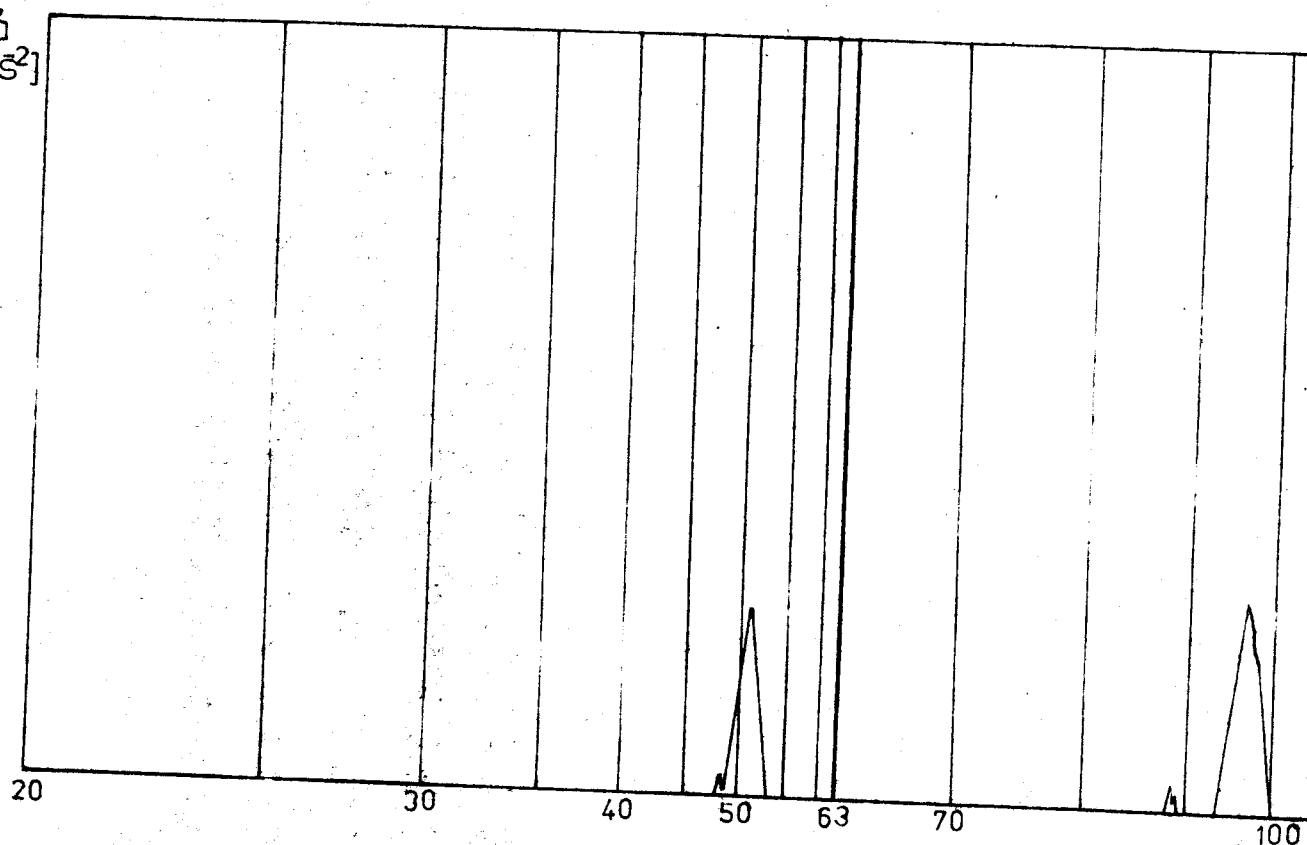


α
[m s⁻²]

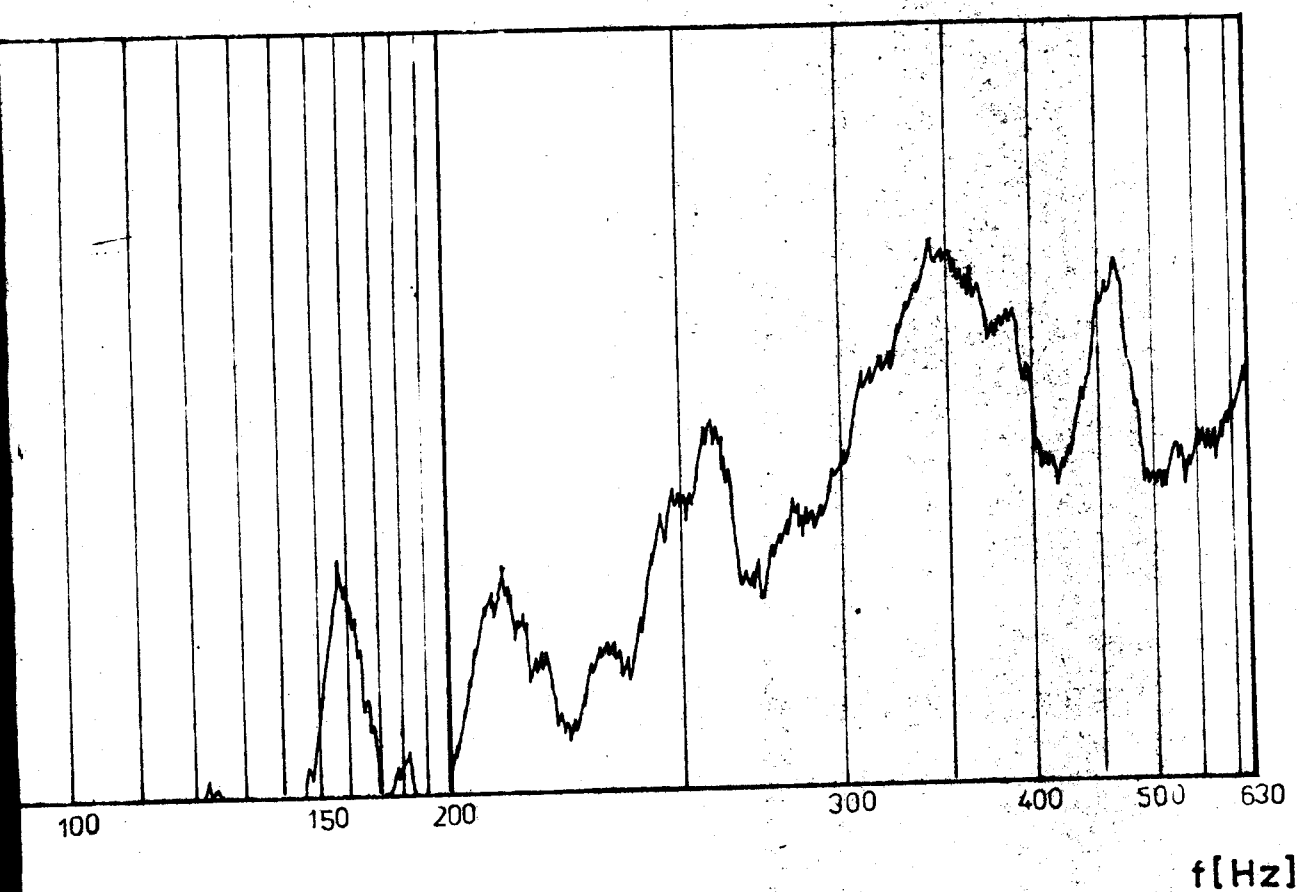
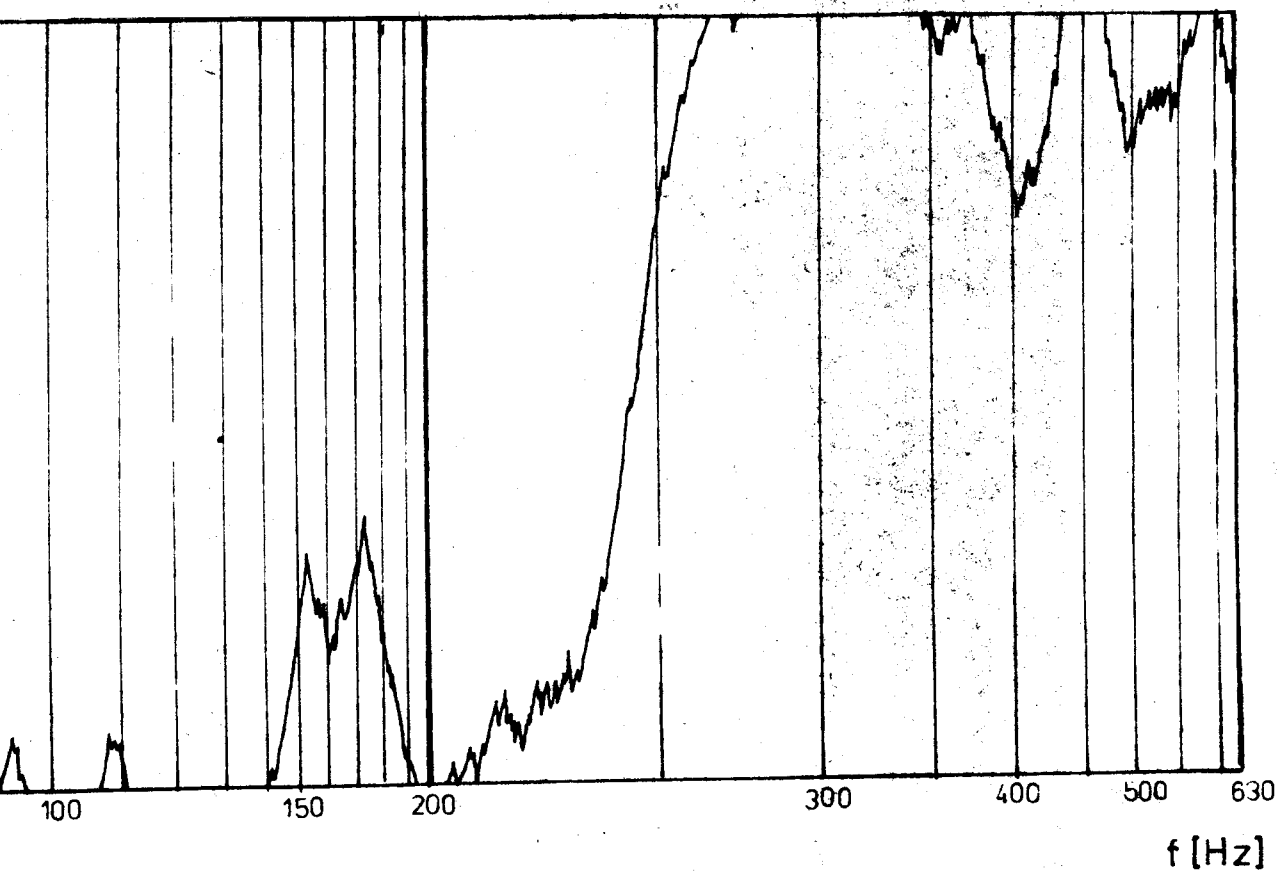


měřicí místo A2

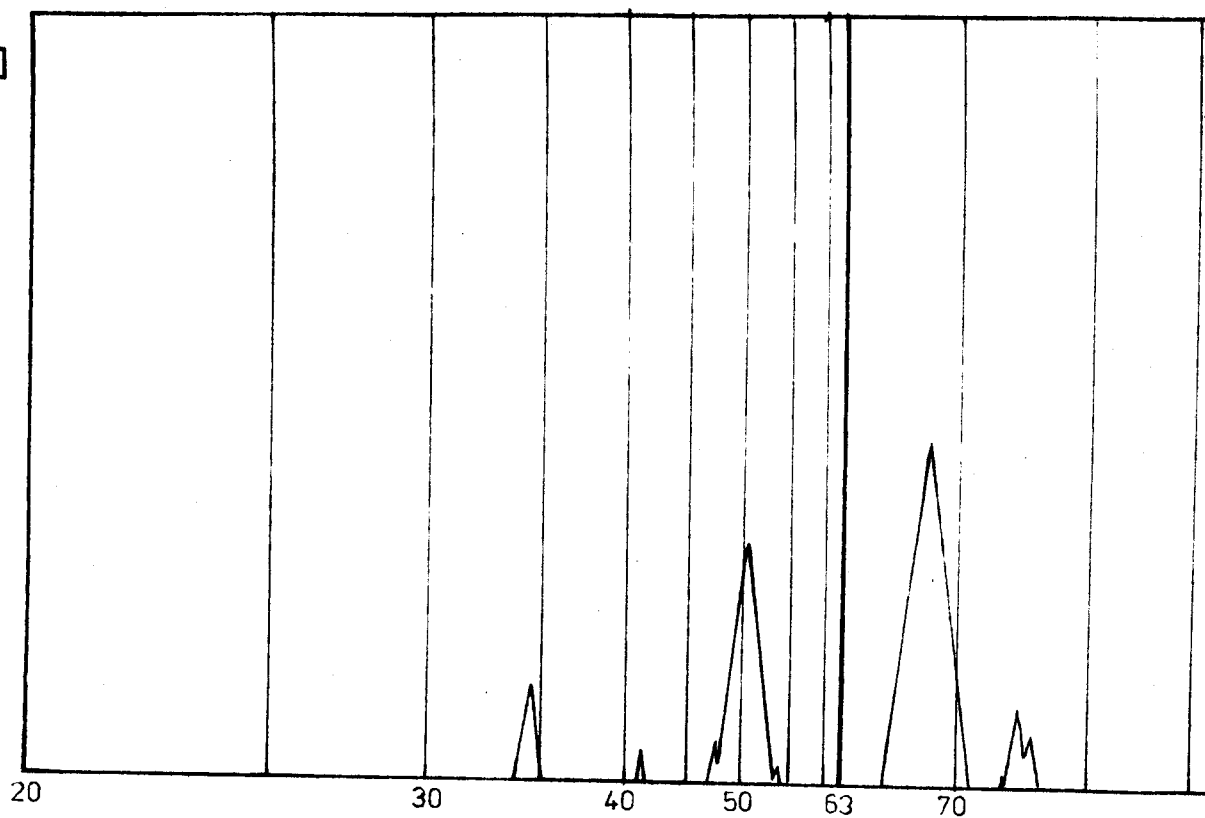
α
[m s⁻²]



měřicí místo B2

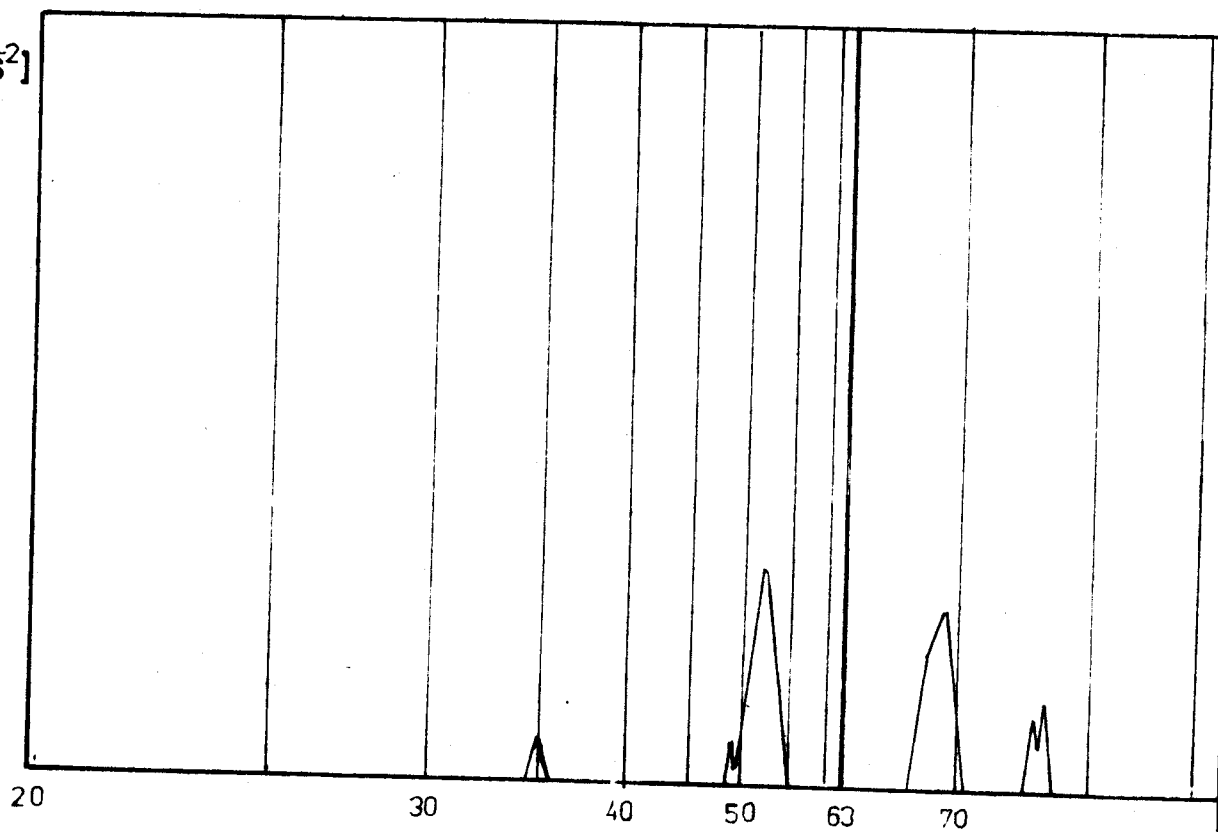


a
[m s⁻²]



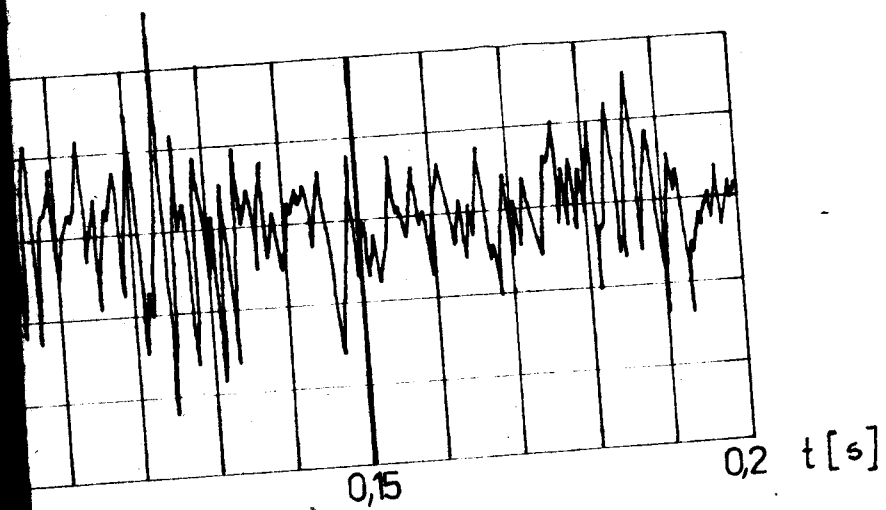
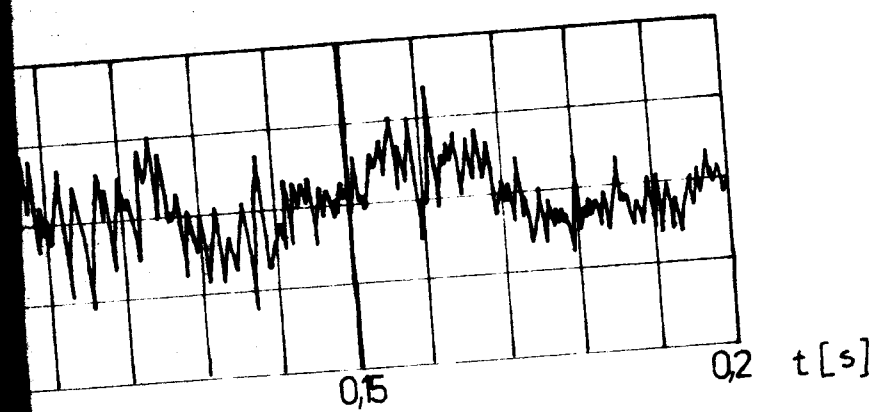
měřicí místo A2a

a
[m s⁻²]

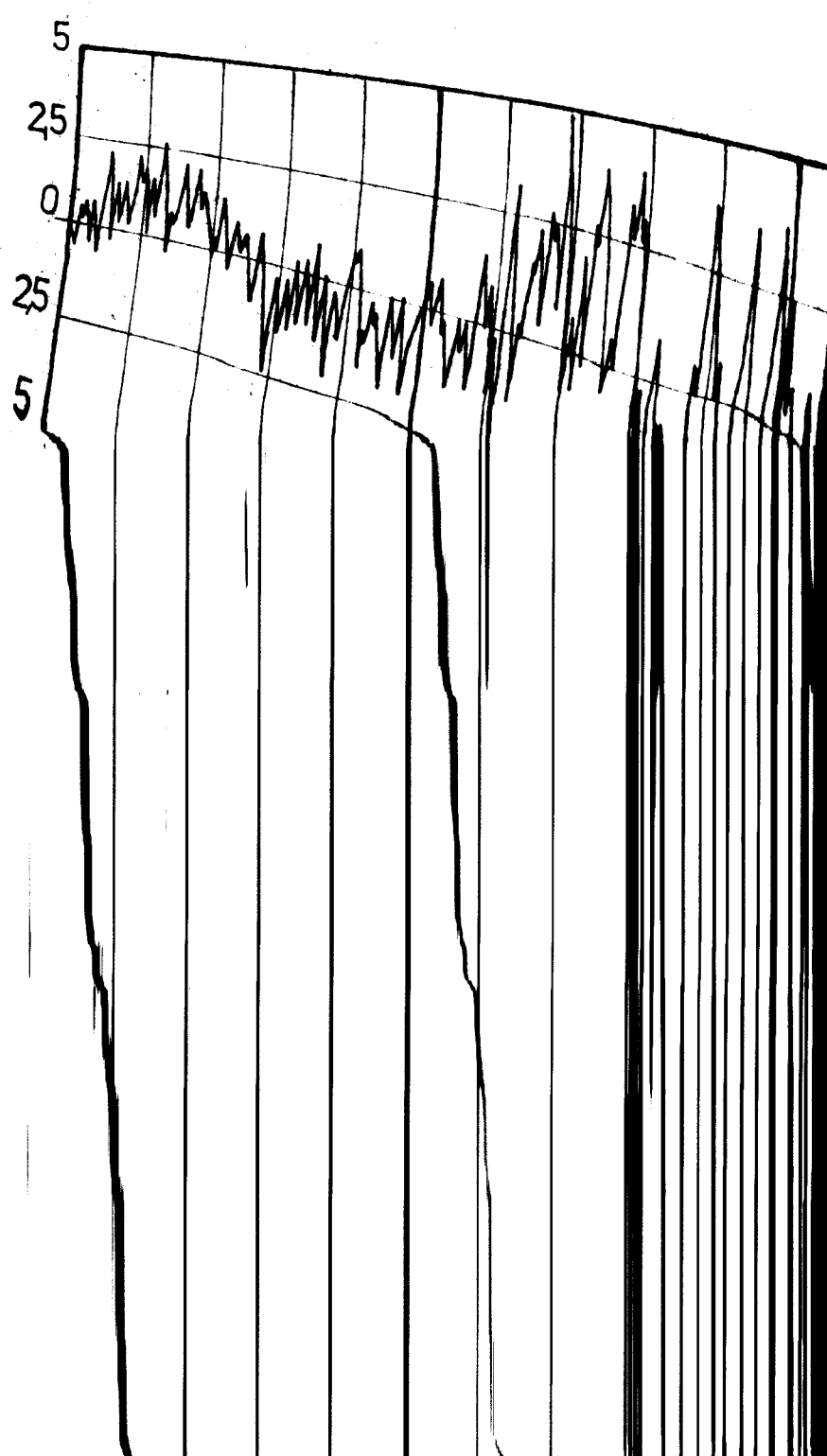


měřicí místo A2b

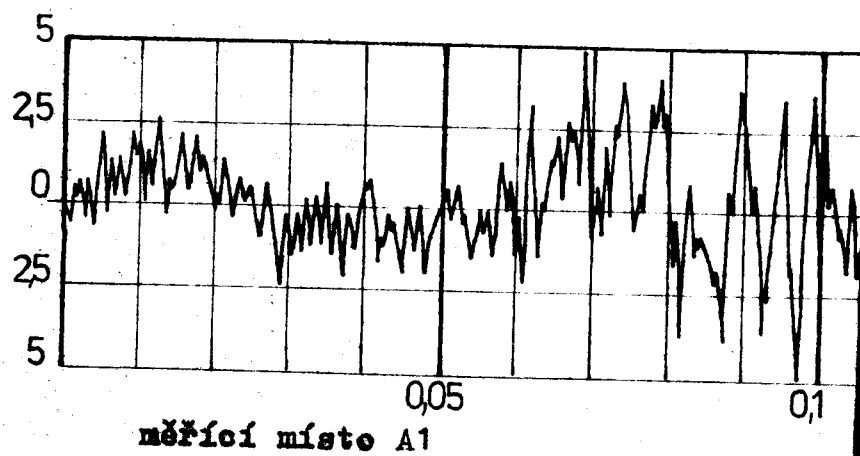
SOUBOR ČÍSLO 1



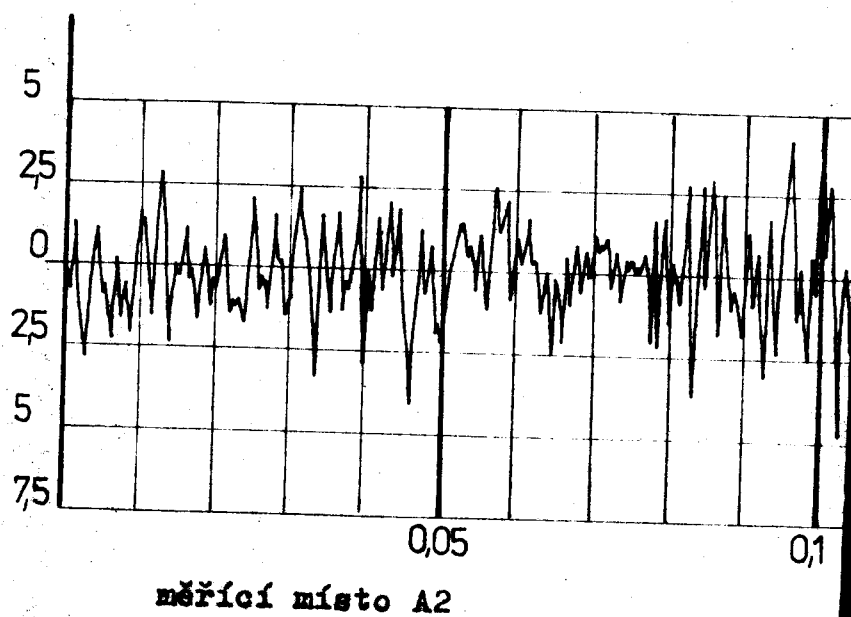
a
[m s⁻²]



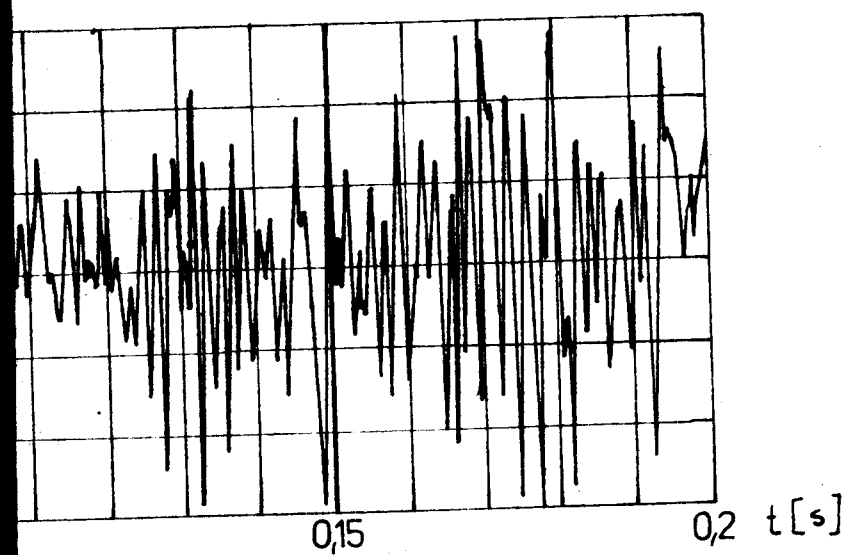
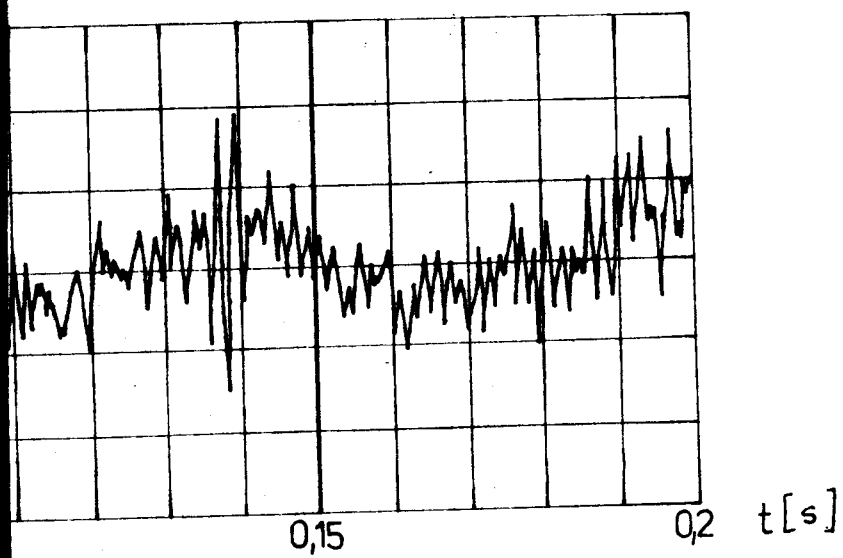
a
[m.s⁻²]



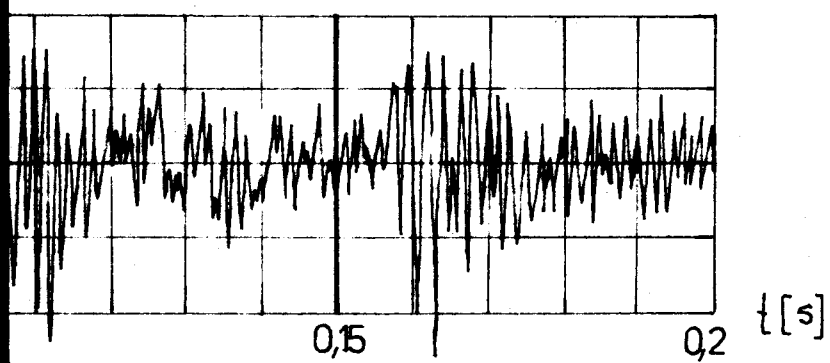
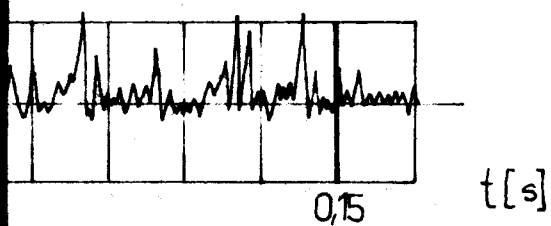
a
[m.s⁻²]

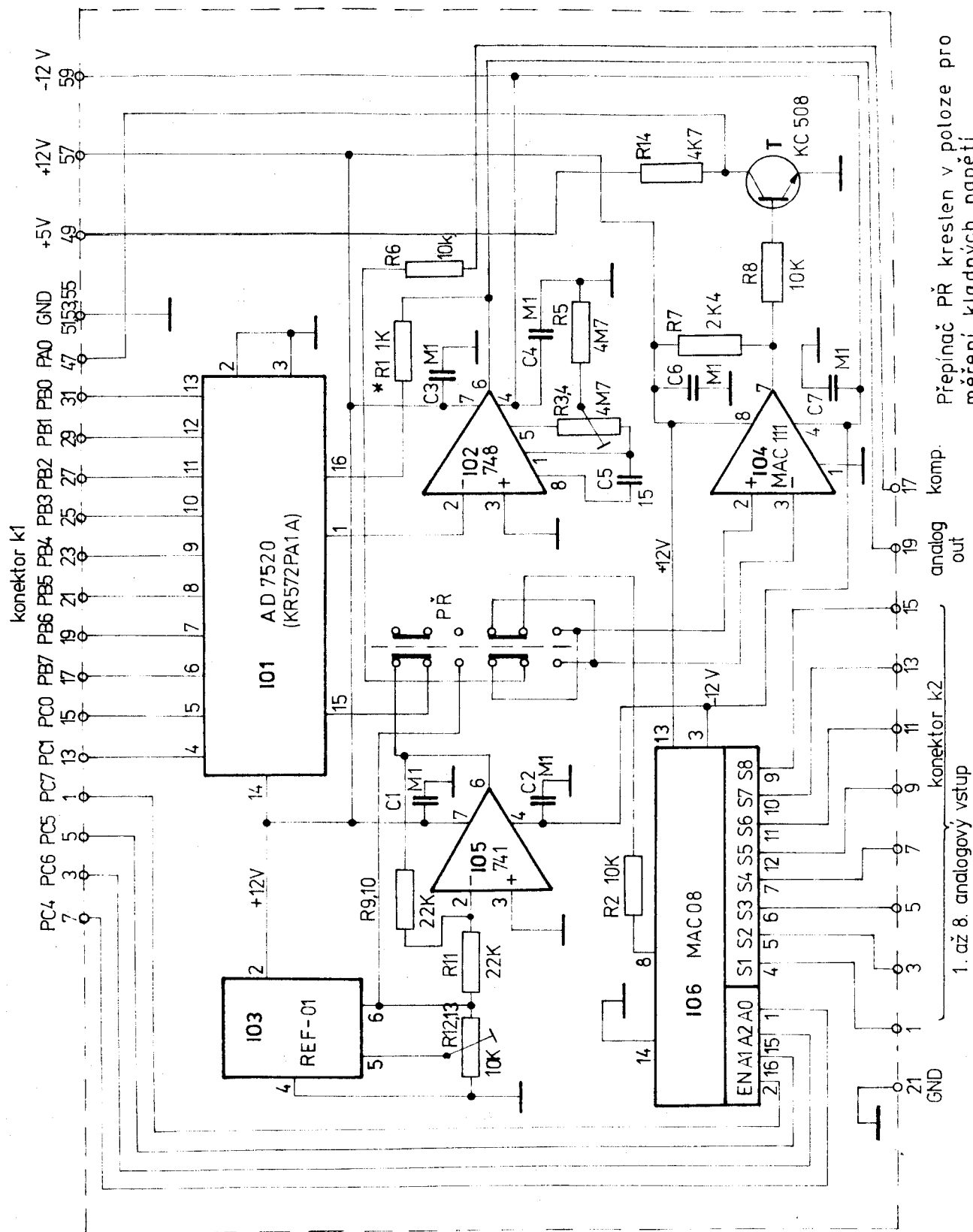


SOUBOR ČÍSLO 2



SOUBOR ČÍSLO3





Přepínač PŘ kreslen v poloze pro měření kladných napětí

A/D A D/A PŘEVODNÍK

Seznam součástek:

Polovodičové součástky

I01	AD 7520 /KR 572PA1A/
I02	748
I03	REF-01
I04	MAC 111
I05	741
I06	MAC 08
T	KT 508

Kondenzátory/keramické/

C1	M1
C2	M1
C3	M1
C4	M1
C5	15
C6	M1
C7	M1

Odpory/miniaturní/

R1	1K
R2	10K
R3,4	4M7 trimr
R5	4M7
R6	10K
R7	2K4
R8	10K
R9,10	22K trimr
R11	22K
R12,13	10K trimr
R14	4K7

I0::....integrovaný obvod

T.....tranzistor

Připomínky ke stavbě převodníku to znamená popis činnosti elektrického zapojení, zásady při oživování nastavování včetně obrazce plošného spoje lze nalézt v diplomové práci:

Rozšíření možností školního mikropočítače

TEMS 8003

autora: Pavla Macka. Tato práce byla zpracována na katedře elektrotechniky ve školním roce 1983/1984.