

VŠST L i b e r e c

Fakulta strojní

Obor 23 - 07 - 8

Strojírenská technologie

zameření

Tváření plechů a plastů

Katedra technologie a nauky o materiálu

ZAŘÍZENÍ PRO SNÍMÁNÍ DEFORMACÍ VÝLISKŮ Z PLECHŮ
A PLASTŮ

Josef J a n e č e k

DP - ST - 1495/75

Vedoucí práce : Ing. Z. Moravcová

Konzultanti : Ing. F. Beran

Ing. M. Šafařík

Rozsah práce :

Počet stran - 48

Počet tabulek - 8

Počet obrázků - 30

Počet výkresů - 3

DT - 621.98.08 : 678

620.1.08 : /621.318 + 621.317.33/

25. května 1979

Vysoká škola: _____

Katedra: _____

Fakulta: _____

Školní rok: _____

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro _____

obor _____

Protože jste splnil požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnice ministerstva školství a kultury o státních závěrečných zkouškách tento diplomový úkol:

Název tématu: _____

Pokyny pro vypracování:

VÝKON ŠKOLNÍ STRUŽNOSTI

LE

1982

Vysoká škola: strojní a textilní

Katedra: technologie a nauky o materiálu

Fakulta: strojní

Školní rok: 1978/79

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro s. Josefa J a n e č k a
obor strojírenská technologie

Protože jste splnil..... požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství a kultury o státních závěrečných zkouškách tento diplomový úkol:

Název tématu: Zařízení pro snímání deformací výlisků z plechů
a plastů

Pokyny pro vypracování:

1. Seznámení s problematikou měření neelektrických veličin s možností registrace naměřených hodnot.
2. Zpracování souhrnu funkčních a rozměrových požadavků z hlediska předpokládané aplikace.
3. Vypracování dokumentace měřicího zařízení v úplných variantách použití.
4. Experimentální ověření měřicí soupravy pro vybraný případ použití.
5. Rozbor dosažených výsledků a vymezení použitelnosti.

Autorské právo se řídí směrnicí
MŠK pro státní závěrečné zkoušky č.j. 31
737/K2/79 ze dne 31. července
1979 VŠMŠK/1777-1800/79
dok. 91.0.131.57 - 1800/79 Sb.

V 29/1979 S

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIE - 501, STUDENTSKÁ 5
100 431 17

Rozsah grafických laboratorních prací:

Rozsah průvodní zprávy: 40 stran + výkresová dokumentace

Seznam odborné literatury:

- /1/ Drastík: Plastometry a tvářitelnost kovů, SNTL Praha 1978
- /2/ Turmčín : Elektrická měření neelektrických veličin, SNTL, Praha 1958

Vedoucí diplomové práce: Ing. Z. Moravcová

Konsultanti: Ing. F. Beran
Ing. M. Šafařík

Datum zahájení diplomové práce: 9.10.1978

Datum odevzdání diplomové práce: 25.5.1979



12. *Chaloupecký*
Doc. Ing. V. Chaloupecký, CSc.

Vedoucí katedry

Boh. Stráž
Doc. RNDr. Boh. Stráž, CSc.

Děkan

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

V Liberci dne 25. května 1979

.....

Josef Janeček

O B S A H

- 1.0. Úvod
- 2.0. Základní principy snímačů
 - 2.1. Požadavky na snímače pro různé aplikace
 - 2.2. Indukční snímače
 - 2.3. Odporové snímače
 - 2.4. Kapacitní snímače
 - 2.5. Fotoelektrické snímače
 - 2.6. Mechanické snímače
 - 2.7. Vhodnost aplikace jednotlivých principů
- 3.0. Vlastnosti používaných snímačů
 - 3.1. Konstrukce snímačů
 - 3.2. Indukční snímač
 - 3.3. Odporový snímač
 - 3.4. Odporový snímač / do 100 mm /
- 4.0. Ověřování vlastností navržených a zhotovených snímačů
 - 4.1. Cejchování snímačů
 - 4.2. Výsledky zkoušek
 - 4.3. Diskuse k výsledkům proměřování
- 5.0. Experimentální ověření pro vybraný případ použití
- 6.0. Závěr
- 7.0. Přílohy
 - indukční snímač / DP-1495/79-00-01 /
 - odporový snímač 15 mm / DP-1495/79-00-02 /
 - odporový snímač 100 mm / DP-1495/79-00-03 /
- Literatura

1.0. Úvod

Jednou z nejdůležitějších podmínek pro budování naší vyspělé socialistické společnosti je nepřetržitý rozvoj a posilování materiálně-technické základny. Jednu z hlavních složek jejího dynamického rozvoje tvoří strojírenský průmysl.

Stále větší uplatnění v našem strojírenství nacházejí výlisky z plechů a plastů, a to především v automobilovém, leteckém průmyslu a průmyslu spotřebního zboží.

Než se začne nový výrobek používat musí se podrobit nejrůznějším zkouškám. Účelem zkoušek je získat podklady pro výpočet konstrukce, posouzení vhodnosti materiálu pro určitý způsob technologického zpracování, popřípadě kontrola jakosti polotovaru nebo hotového výrobku. Při zkouškách se zjišťuje jaký vliv na jeho vlastnosti mají různé namáhání, agresivní prostředí, změny teploty, atd. U zkoušek, zjišťujících vliv namáhání na výrobek, se kromě síly zjišťuje také deformace - dráha. A nejsou to jen zkoušky, kde se zjišťuje deformace, například pro lisy platí závislost síly na poloze beranu. Zde je nutné měření dráhy současně se silou. U lisů je třeba také kontrolovat pohyb pásu plechu a jeho synchronizaci s razítky. U dalších zařízení se proměřují natočení hřídelů.

K měření se používají různé snimače dráhy či deformace. Jejich vývoj se ubíral od mechanických až po elektronické. Na Katedře tváření a materiálu se již několik let vyvíjí různé snimače, aplikované při zkouškách stability a tahových

zkouškách. Snímače mely různé vlastnosti, které vyhovovaly pro jednotlivé případy. Nyní je snahou navrhnout snímače pokud možno univerzální, které by byly schopny snímat deformace v širokém rozsahu, a přitom mely dostatečnou citlivost při malých rozsazích.

Návrh a konstrukce snímače, který by tento požadavkům vyhovoval, je náplní mé diplomové práce.

3.0. Základní principy snímačů

Pro vyhodnocování přetvárného odporu, přetvárné práce a dalších parametrů potřebujeme kromě síly znít i deformaci a oba parametry je nutno snímat současně, popřípadě ve vzájemné závislosti. Setkáváme se s různými typy snímačů úrůhy - leformace. Převládají systémy indukční a odporové, a potom kapacitní, fotoelektrický a mechanický. Metody pro měření můžeme dále rozlit na bezdotykové a kontaktní. Podle tohoto dělení však nelze říci, že bezdotykové je lepší. Záleží na vlastním měření, která metoda je vhodnější.

3.1. Požadavky na snímače pro různé aplikace

Aby snímače mohly plnit svoji funkci, musí mít určité funkční vlastnosti. Přesnost a lineární průběh mezi snímanou a vyhodnocovanou veličinou jsou nejdůležitější vlastnosti snímačů.

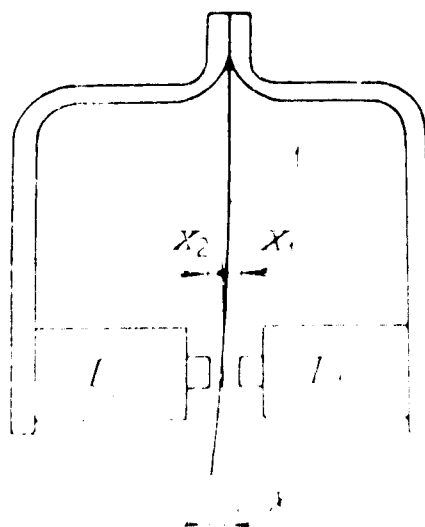
K dalším vlastnostem snímačů patří jednoduchost konstrukce, které je důležité pro výrobu, a také pro vyšetřování případných závad.

Malé rozměry snímačů umožňují měření i na málo přístupných místech a v takových případech, kde je omezení prostorem pro umístění snímačů. Požaduje se též co nejjednodušší upnutí a obsluha při měření. Také otřesavzdornost a necitlivost na menší změny teploty. Při výběru materiálu by se mělo vycházet z nejlépe přístupných materiálů a tomu přizpůsobovat konstrukci vlastního snímače.

1.2. Indukční snímače

Indukční snímač se skládá vždy ze dvou cívek L_1 a L_2 . Vinutí cívek je na kostře z plastické hmoty.

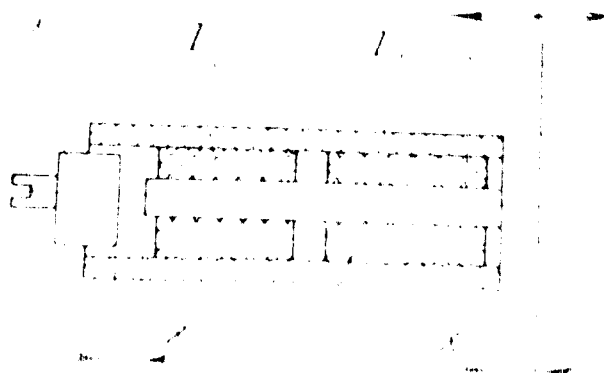
Ještě z možných principů je na obr. č. 1. V mezeře mezi cívkami se pohybuje jazýček, vychylovaný zkoušením vzorkem. Změnou mezery mezi jazýčkem a jednotlivými cívkami se mění indukčnost jednotlivých cívek tak, že jedna se zvětšuje a druhá zmenšuje. Pro vyhodnocení změny indukčnosti se používá zapojení do mostu. Vlastní rozvážení mostu se dále zpracovává na vstupní signál úměrný posuvu. Tento systém je vhodný pro drážky šířky 0,1 mm.



Obr. 1: Indukční snímač - 1 jazýček; 2 rám; L_1 , L_2 cívky; x_1 , x_2 mezery mezi jazýčkem a cívkami; Δx vychýlení jazýčku.

Další systém je na obr. 2. a skládá se opět ze dvou cívek na jedné kostře. Vinutí je vsunuto do hrníčku z magneticky kvalitního materiálu, takže magnetický obvod je uzavřen vnějším pláštěm a vnitřním jádrem. Měří se vzdálenost, tj. mezera mezi pláštěm a plochou jejíž pohyb se měří. Jedna cívka je měřicí a druhá tvoří sousední vteev mostu a slouží k jeho druhému vyvážení podle požadované mezery. Po elektronické straně pracuje tento systém jako profašlý a hodí se pro dráhy 0,1 až 1 mm.

/1/

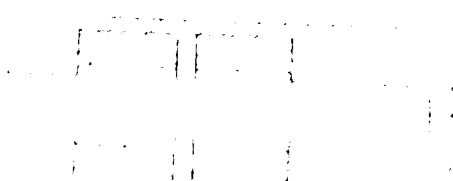


Obr. 2: Indukční snímač - 1 izolující člen; 2 plášť;
3 jádro; 4 plocha, její pohyb se měří; L_1 , L_2
cívky;

Pro delší dráhy použijeme systém podle obr. 3. 3, kde se měří plocha a mezera zůstává konstantní. Skládá se ze dvou cívek spojených společným pohyblivým jádrem, které se ovládá takhle. Plášť cívek je zakončen párovým nastavcem, který je současně vedením jádra. Tloušťka mezery je zde kon-

stantní - činí několik setin mm. Má se pouze plocha, kterou jádro vřichází do styku s pláštěm a jeho nástavcem. Změna indukčnosti je zde lineární, takže i výstup je lineární a odpovídá dráze.

/2/



Obr. 3: Indukční snímač - 1 jádro; 2 plášť cívek;

L_1 , L_2 cívky;

Výroba indukčních snímačů je obtížná a vyžaduje zkušenosti i speciální materiály pro magnetické obvody. Kmitočet bývá 5 KHz i více, takže nelze použít jen měkké železo. Vinutí musí být provedeno velmi pečlivě, aby se dosáhlo symetrie.

Snímače dráhy je možno si zakoupit z dovozu. Nejznámější firmy, které se zabývají výrobou indukčních snímačů, jsou Hottin-ger - NSR a Vibrometr - Švýcarsko.

/1/

4.3. Odporové snímače

Tlacho snímačů se v poslední době stále více používá, neboť lze při nich využít sériově vyráběných registračních a vyhodnocovacích elektrických přístrojů, provádět tlakový a společně záznam více současně se měnících veličin.

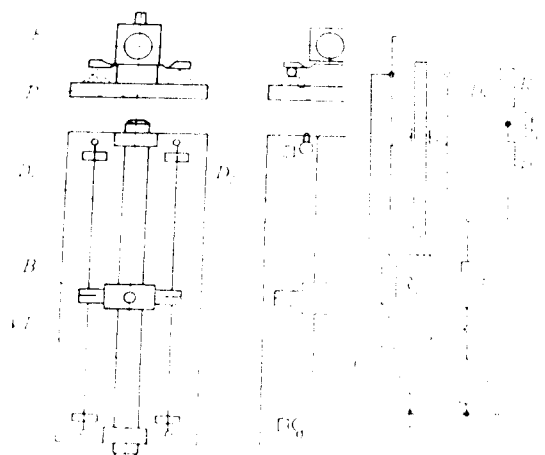
Při přeměně velkých mechanických výchylek na el. signál se často používá principu potenciometru.

Jedním ze systémů je spirálový potenciometr Aripot, který je poháněn jednoduchým převodem. Z konstrukce vyplývá i nevýhoda tohoto řešení - pružení pohánecího lanka či pružiny, kterou se vyvozuje direkční síla. Nelze jím měřit prudké změny pohybu.

Dalším řešením je jednoduchý drát vyztužený místkem z epoxidové pryskyřice obr. č. 4a. Napětí na snímači je malé a vyžaduje zesílení zesilovačem. Pro zvýšení napětí se mohou umístit dráty dva, takže odpor je dvojnásobný. Pokud by jsme potřebovali větší napětí použijeme snímač s vinutým odporem obr. č. 4b. Na nosný člen navineme konstantanový drát o ϕ 0,1 mm, opředený hedvábím. Navíjí se přesně závit vedle závitu. Potom se zalije bakelitovým lakem, vyhřeje se a obrousí se kontaktní ploška.

Drátovými snímači dráhy můžeme snadno realizovat měření drah do 400 až 600 mm, což předělovými systémy není možné. Přitom zkreslení i prudkých změn je malé.

/1/



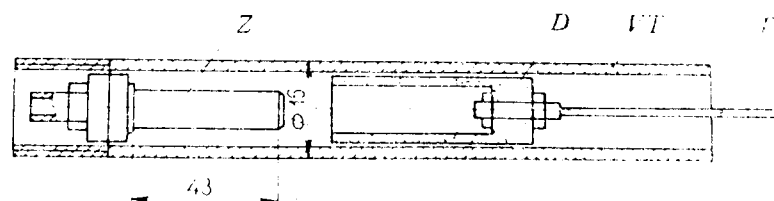
Obr. 4: Odporové snímače - a/ snímač s jednoduchým drátem
b/ snímač s vinutým odporem

P podložka z izolantu; E mastic z epoxidové pryskyřice; D_1 odporový drát; D_2 drátový odpor;
B jezdec; VT vodící tyč; R_0 předřazený odpor;
 R_Z zpětnovazební odpor; R_0 doplňkový odpor;
OZ operační zesilovač; U_L baterie.

2.4. Kapacitní snímače

Kapacitní snímače měří bezdotykově podobně jako indukční. Kapacita kondenzátoru je závislá na ploše elektrod a na tloušťce dielektrika. V praxi se používá obou veličin jako proměnných kromě toho i kombinace dvou dielektrických materiálů, obvykle vzduchu a polystyrenu.

Změnu tloušťky dielektrika volíme tam, kde potřebujeme měřit dráhy řádu 0,1 mm. Typickým měřidlem pro tento systém jsou kapacitní tlakoměry s membránou, kde se tlak převede na průhyb membrány, a ten se měří kapacitním snímačem s proměnnou tloušťkou vzduchového dielektrika. Pro delší dráhy se používá snímač s proměnnou plochou elektrod obr. č. 5. To umožňuje měřit dráhy až 400 mm.



Obr. 5: Kapacitní snímač - T táhlo; D posuvné dielektrikum;
VT trubka; Z živá elektroda.

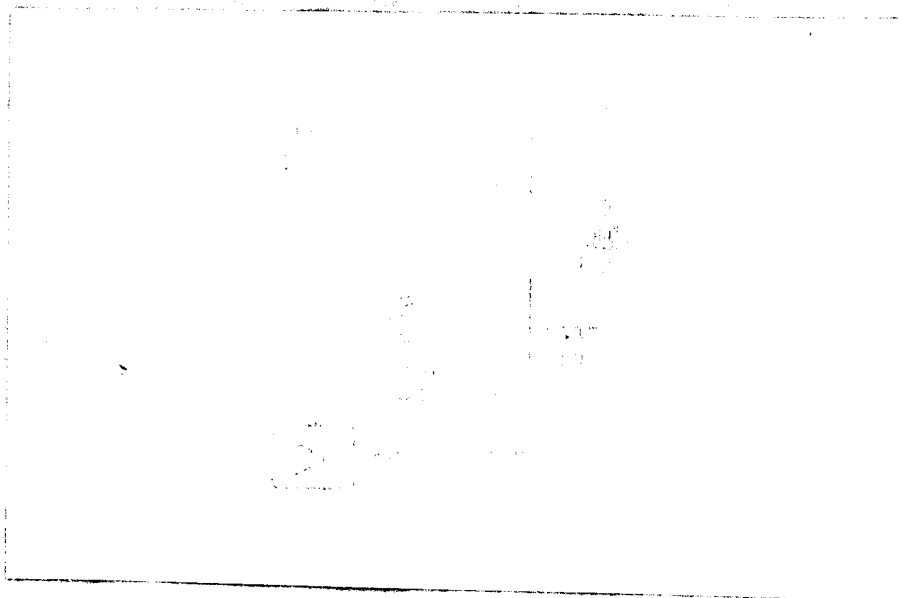
Převod změny kapacity na elektrický signál se provádí pomocí dvou principů. Starší systém používal zapojení do mostu, podobně jako u odporových snímačů, novější používá kmitočtové modulace. Měřicí kapacita je součástí kmitavého obvodu, který se změnou měřicího kondenzátoru rozladí, tj. změní se jeho kmitočet. Ve speciálních obvodech se amplituda omezí, čímž se zruší amplitudová modulace a přivede se na obvod, kde se změna kmitočtu převede na elektrické napětí.

Velkou výhodou kapacitních snímačů je vyloučení tzv. "mrtvé dráhy".

/1/

2.5. Fotoelektrické snímače

Tohoto typu snímačů se používá hlavně pro měření natočení hřídele nebo pro měření doběhu berana, posuvu pásu apod. Má velkou výhodu v jednoduchosti, jak ukazuje obr. č. 6 a současně ve vysoké spolehlivosti.



Obr. 6: Fotoelektrický snímač

Snímač se skládá jen z několika běžných částí. Žárovka, optika se štěrbinou, měrné pravítko, které se dá vyrýt do skla na přesném dělicím přístroji v požadované hustotě čar. Dále je to fotodioda a zesilovač. Na záznamu dostáváme řadu impulzů, jejichž vzdálenost známe s vysokou přesností.

Tyto snímače se používají, tam kde potřebujeme znát okamžiky tvářecího procesu a nejvyšší přesností. /2/

2.6. Mechanické snímače

Po mnoho let byl mechanický systém měření dráhy jediným solidním systémem, kterým se registrovala dráha beranu. Dnešní elektronika tento systém téměř vytlačila. Nedosáhla však jedné jeho přednosti, a to dlouhodobé stability citlivosti, která i po mnoha hodinách práce nevykazuje žádné změny citlivosti. Mechanické převody jsou však málo odolné na nešetrné zacházení, které je může snadno poškodit. Toto nebezpečí je u elektronických snímačů podstatně menší.

Pohyb je odvozen od beranu ozubenou tyčí, do které zasahuje ozubené kolo s dalším ozubeným převodem. Na hřídeli posledního kola převodu je kolo se štíhlými zuby, které zasahují do perforace papíru. Posuv papíru tvoří tedy souřadnice x , posuv písátka ve směru osy y kreslí sílu. Potom dostáváme při takových zkouškách průběh síly a deformace. /1/

2.7. Vhodnost aplikace jednotlivých principů

Každý z těchto systémů má svou oblast, kde je výhodnější.

Indukční snímač je výrobně složitější, vyžaduje méně dostupné materiály. Má svůj mezní kmitočet, který je schopen přenést s přijatelným zkreslením. Indukční snímač a přístroje pro jeho provoz se běžně používají.

Odporový snímač je výrobně jednoduchý. Materiály pro jeho výrobu jsou dostupné. Mezi jeho výhody patří, že je schopen realizovat měření drah až do 400 až 600 mm bez většího zkreslení. Zaregistruje i velmi prudké změny.

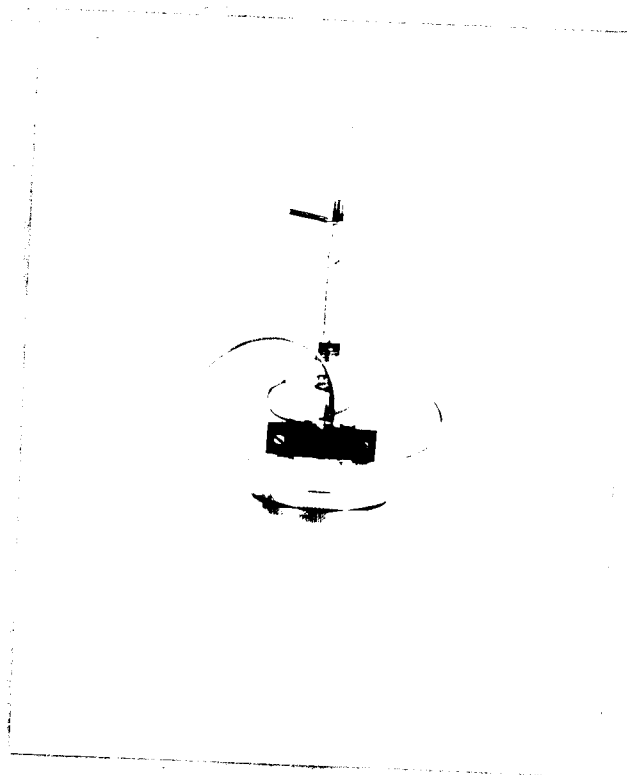
Kapacitní snímač je výrobně jednoduchý. Pro elektrody stačí většinou mosaz nebo ocel. Velkou výhodou tohoto snímače je to, že vylučuje "mrtvou dráhu". Dají se jím realizovat měření dráhy až do 200 mm. Mezi nevýhody patří nedostupnost přístrojů na jeho provoz. Kapacitní snímač je také cenově méně dostupný.

Fotoelektrické snímače mají výhodu v jednoduchosti a současně ve vysoké spolehlivosti. Lze je realizovat ze součástek, které jsou běžně k dostání. Vyhodnocování dráhového záznamu je však pracné, a proto fotoelektrický snímač je vhodný tam, kde požadujeme vysokou přesnost.

Mechanické snímače se používají velmi málo a jsou postupně vytlačovány.

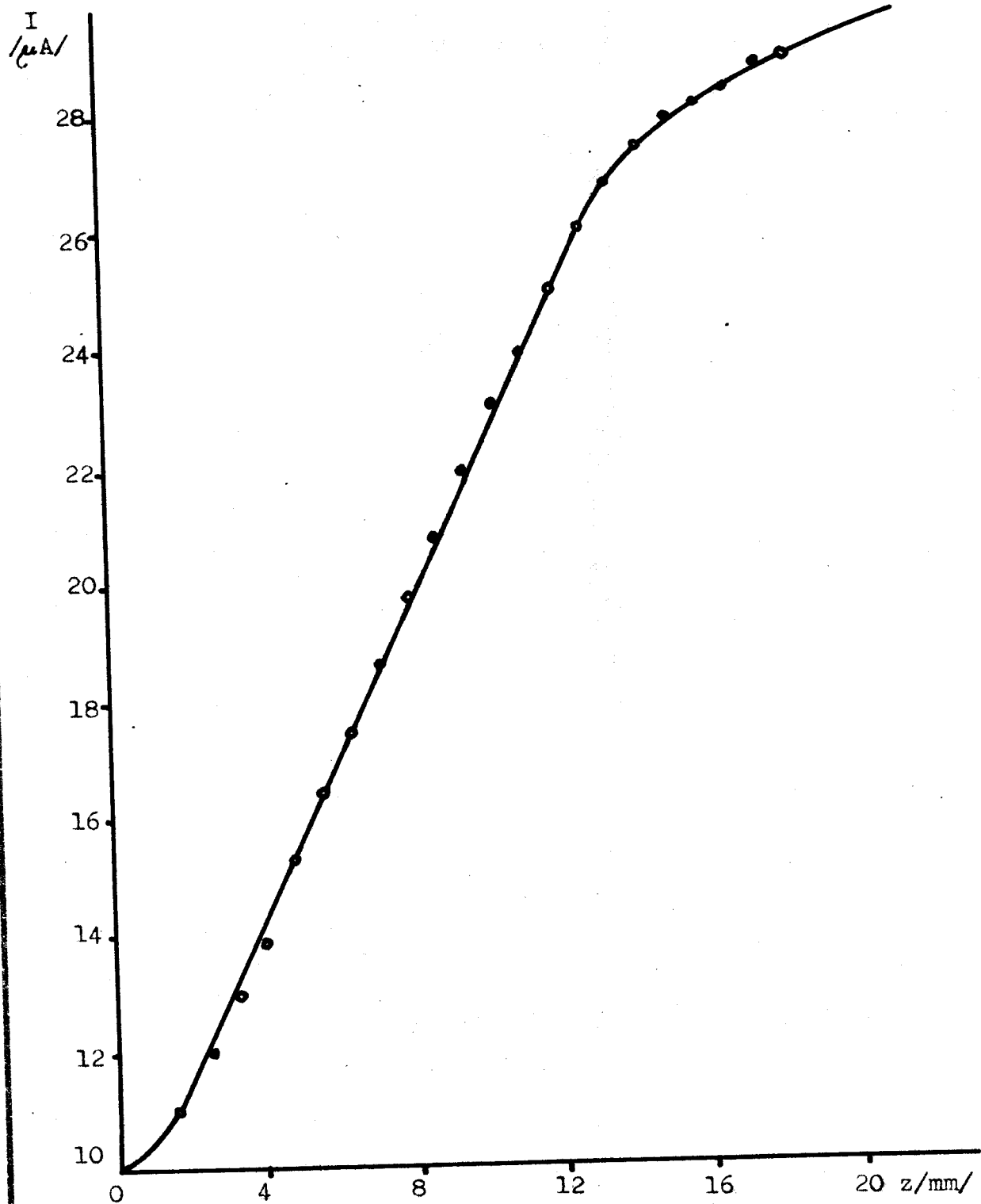
3.0. Vlastnosti používaných snímačů

Pro měření průhybu byl navržen poměrový kapacitní snímač průhybu, dle obr. č. 7.



Obr. 7: Poměrový kapacitní snímač

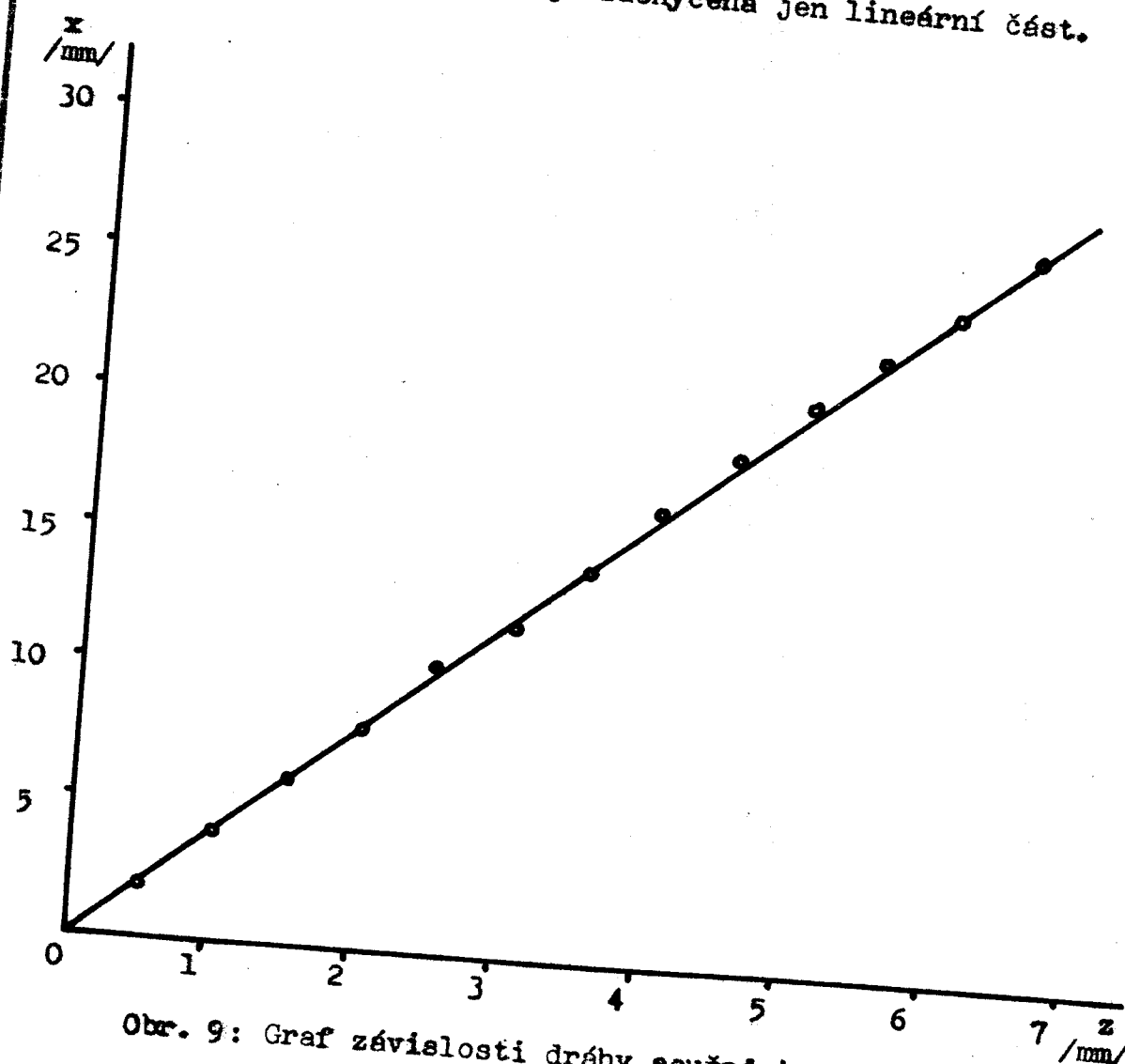
Snímač je tvořen pohyblivou a dvěma pevnými elektrodami, které dohromady dávají dva kondenzátory. Při pohybu elektrody se mění její plocha k oběma pevným elektrodám. Tím se mění i kapacita kondenzátorů. Kapacita kondenzátoru se vypočte dle vztahu $C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{a}$, ϵ_0 - permitivita vakua, ϵ_r - poměrná permitivita, S - plocha elektrod, a - vzdálenost elektrod/. Z toho vyplývá, že kapacita je úměrná změně plochy a změna plochy je úměrná zasunutí jádra. Tedy i rozdíl kapacity je úměrný délce zasunutí jádra.



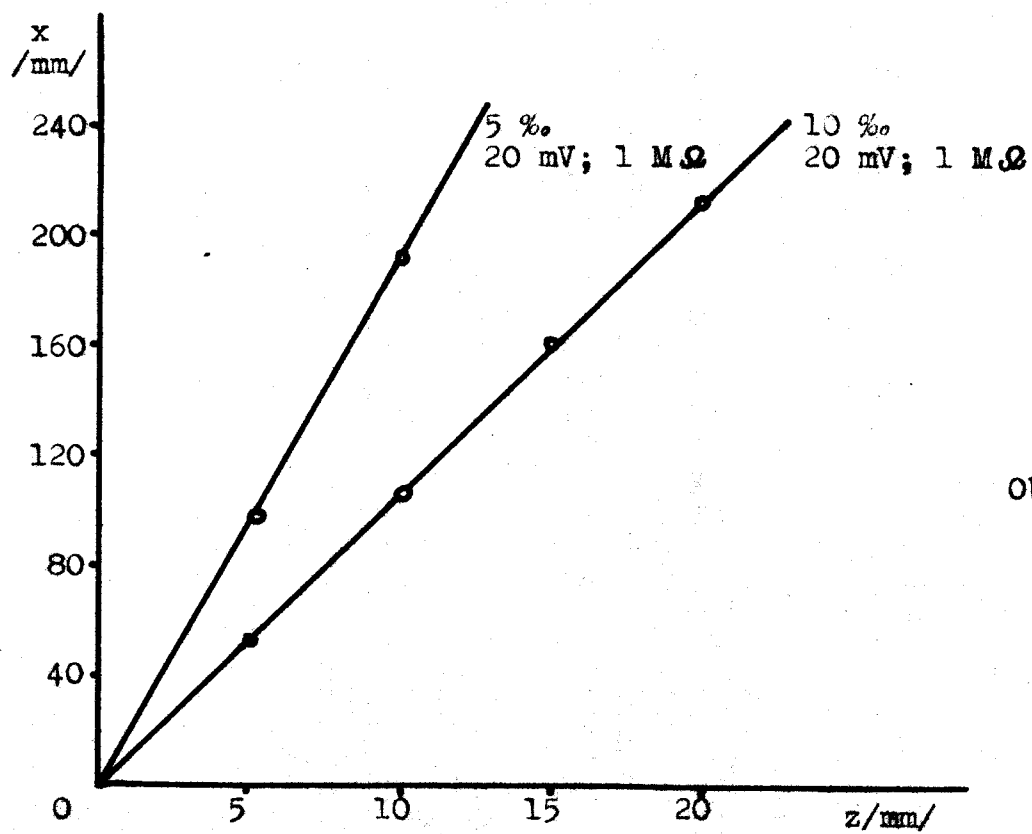
Obr. 8: Graf závislosti změny impulzu I na zdvihu snímače z .

Cejchování bylo provedeno pomocí cejchovacího přípravku, aparatury TDA-3, mikroampérmetru a Johansonových měrek. Pod jádro snímače byly po hodnotě jednoho milimetru podkládány Johansonovy měrky a byl odečítán proud na mikroampérmetru, připojeném na výstup z aparatury TDA-3.

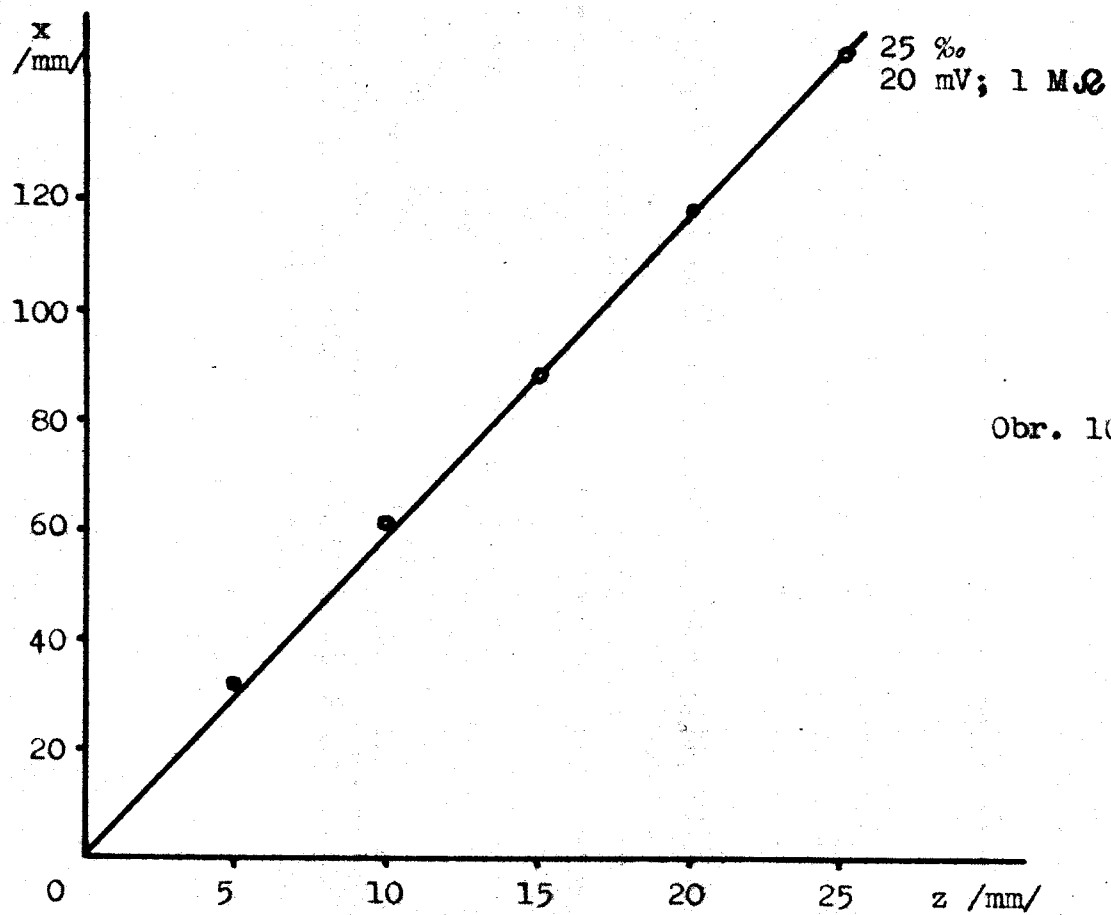
Cejchovní křivka samotného snímače průhybu sestavená z naměřených hodnot je na obr. č. 8. Oblast linearitu je zde více než 10 mm. Cejchovní křivka snímače uchyceného v přípravku je na obr. č. 9, kde je zachycena jen lineární část.



Obr. 9: Graf závislosti dráhy souřadnice x Endimu na zdvihu snímače z .



Obr. 10a



Obr. 10b

Zde je lineární průběh podstatně menší než měl samotný snímač, a to asi 6 mm. Ve snaze o prodloužení linearity byla též zkoušena pohyblivá elektroda jiné konstrukce, která však nepřinášela lepší výsledky.

/3/

Další byl navržen odporový snímač průhybu. Odporový drát z manganinu / $3,4 \Omega/m$ / tvoří smyčku, která je při pohybu směrem dolů ponořována do rtuť. Rtuť zajistí dokonalý zkrat, čímž se zmenšuje délka odporového drátu, a tedy i odpor.

Cejchování bylo prováděno mikrometrem pevně zafixovaným v držáku. Smyčka byla připevněna k pohyblivé čelisti a ponořována do rtuť otáčením šroubu mikrometru. Změna odporu odporového drátu ponořovaného do rtuti byla vedena do zesilovací aparatury TDA-3 a odtud se vedl zesílený signál na osu x souřadnicového zapisovače ENDIM 2200/1. Cejchování se opakovalo pro různě nastavenou citlivost registračního zařízení a výsledkem byly grafy uvedené na obr. č. 10.

/4/

3.1. Konstrukce snímačů

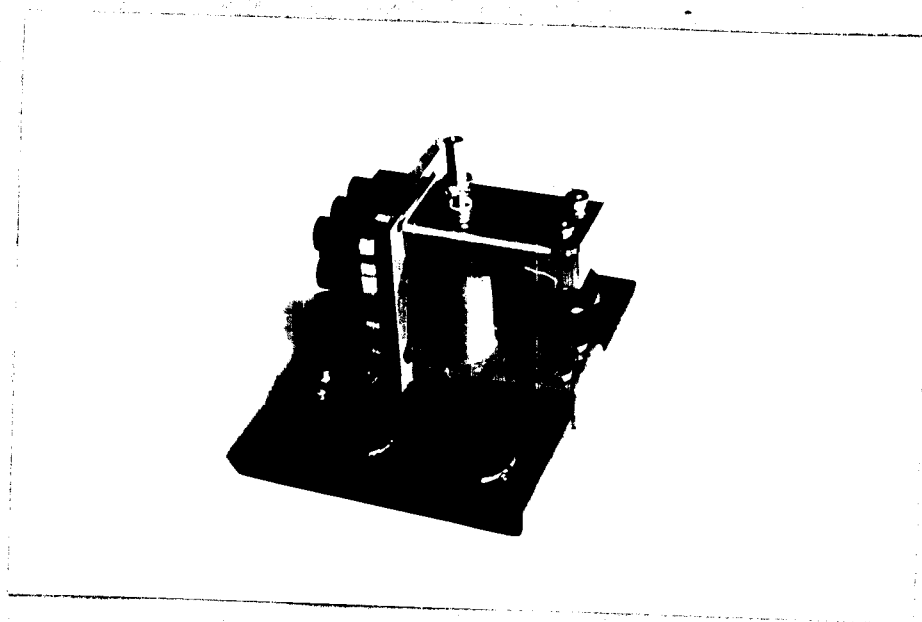
Konstrukce snímačů vychází ze snahy navrhnout univerzální snímače, snímající deformace v širokém rozsahu. Snímač by měl vykazovat dostatečnou citlivost na malé změny deformace. Většinou je třeba pro každé měření navrhnout rozdílné upnutí, proto nebylo upínání odporových snímačů konkretizováno.

3.2. Indukční snímač

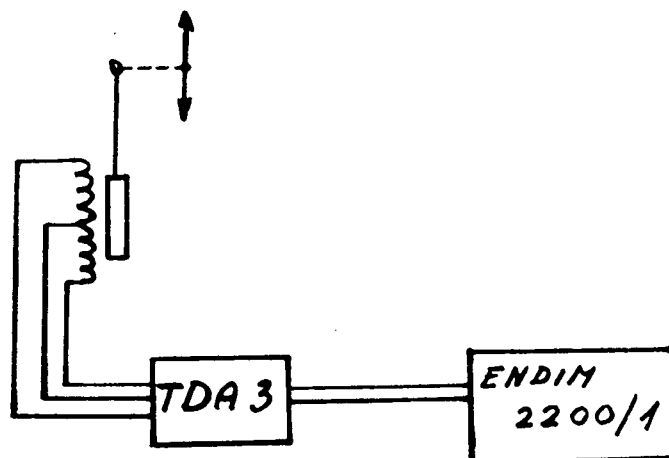
Pro malé průhyby byl navržen indukční snímač obr. č. 11, jehož sestava je nakreslena na výkrese č. DP - 1495/79 - 00 - 01.

Jeho konstrukce vycházela ze systému, kde se mění plocha a mezera zůstává konstantní. Skládá se ze dvou cívek navinutých na kostře z plastické hmoty. Cívky jsou uloženy v krabici z měděného plechu, která je uchycena pomocí držáku na základové destičce. Každá má 800 závitů z měděného drátku průměru 0,2 mm pokrytého izolačním lakem. V průchozím otvoru kostry cívek se pohybuje jádro ovládané táhlem. Ve výchozí poloze je jádro drženo dvěma párkami z plechu, které mají funkci vedení i vracení členu. Uchycení snímače je provedeno pomocí čtyř magnetů vložených do základní desky.

Snímač byl napojen na tenzometrickou aparaturu TDA - 3 a grafický zapisovač ENDIM 2200/1 podle obr. č. 12.



Obr. 11: Indukční snímač



Obr. 12: Schema zapojení indukčního snímače

3.3. Odporový snímač / do 15 mm /

Pro průhyby do 15 mm byl navržen odporový snímač obr. č. 13, jehož sestava je nakreslena na výkrese č. DP - 1495/79 - 00-01.

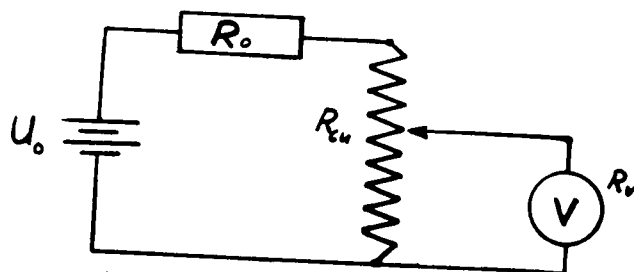
Konstrukce tohoto snímače vychází z principu potenciometru. Měděný drát o průměru 0,1 mm a odporu jednoho metru drátu $2,17\Omega$, je navinut na destičce z plastické hmoty závit vedle závitu. Průměr 0,1 mm je volen z důvodů větší citlivosti snímače.

Délka jednoho závitu je závislá na rozměrech destičky, na které je navinut drát. U tohoto snímače je 30 mm. Na jeden cm vinutí je navinuto 80 závitů, čemuž odpovídá délka drátu 2,4 m na 1 cm vinutí. Při délce vinutí 24 mm je celková délka drátu 5,76 m. Celkový odpor vinutí potom je 12Ω . Aby bylo možno napájet snímač větším napětím je do obvodu obr. č. 14 zapojen odpor $R_0 = 1\ 000\ \Omega$.

Po vinutí pojíždí jezdec uchycený na ocelovém drátu, který je veden v ložiskách z Teflexu. Vinutí je vlepeno do desky, na které je uchycení ložisek. Funkci vracecího členu má jemná pružinka. Jednotlivé díly jsou slepeny chloroformem.



Obr. 13: Odporový snímač do 15 mm



Obr. 14: Schema zapojení odporového snímače - R_0 předřadný odpor; R_{Cu} odpor vinutí; R_v odpor registračního zařízení; U_0 napájecí napětí.

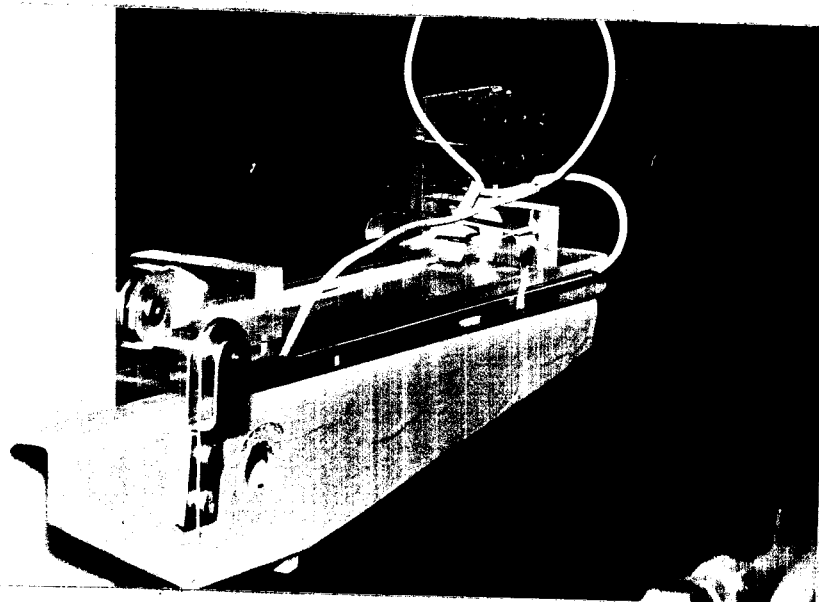
3.4. Odporový snímač / do 100 mm /

Pro průbyhy do 100 mm byl navržen odporový snímač obr. č. 15, jehož sestava je nakreslena na výkrese č. DP - 1495/79 - 00 - 03.

Konstrukce tohoto snímače vychází ze snímače do 15 mm.

Délka jednoho závitu je 32 mm. Délka vinutí 115 mm a odpovídající délka drátu 29,44 m. Celkový odpor vinutí je 63,88 Ω . Do obvodu není zařazen předřadný odpor.

Vracení jezdce je realizováno přes kladičku pomocí závaží zavěšeného na lanku, které je uchyceno v úchytce spojené s jezdcem.



Obr. 15: Odporový snímač do 100 mm -

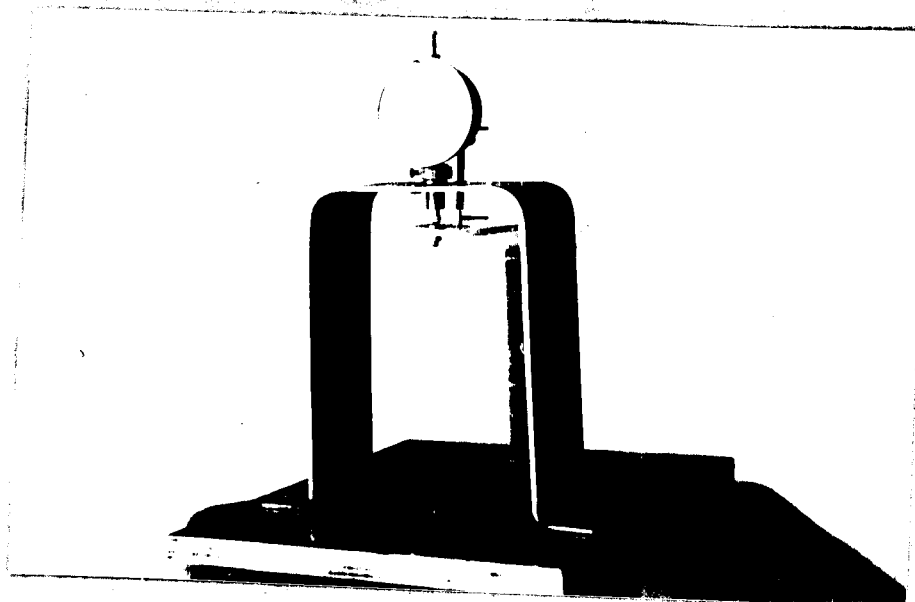
4.0. Ověřování vlastností navržených a zhotovených snímačů

Zásnam měření dostáváme v určitém měřítku závislém na nastavení přístrojů, protože registrační přístroje nejsou přímo cejchovány v použitelných jednotkách. Proto je třeba snímače nejprve cejchovat, aby se zjistily jejich vlastnosti a rozsah použití.

4.1. Cejchování snímačů

Zařízení bylo cejchováno na měřicím přípravku pomocí tenzometrické aparatury TDA - 3 / v případě indukčního snímače/, stabilizovaného zdroje BS 525 / v případě odporového snímače/ a grafického zapisovače ENDIM 2200/1.

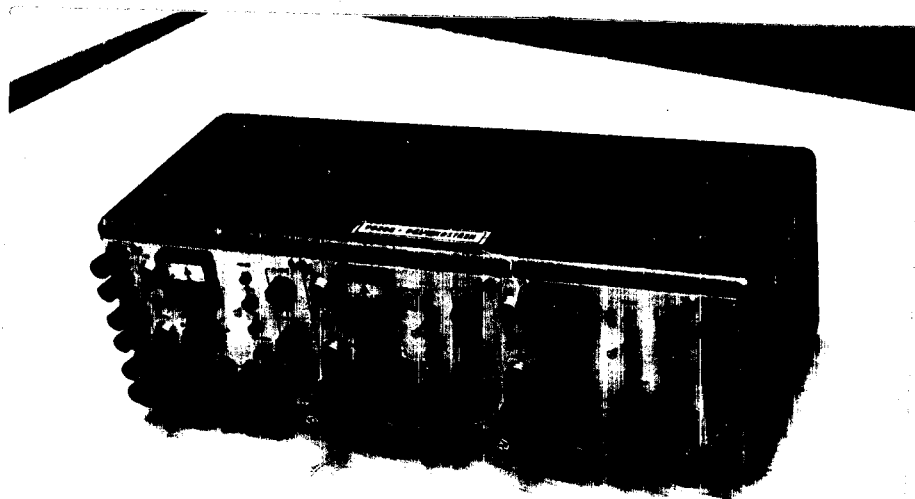
Měřicí přípravek, který je na obr. č. 16, byl zhotoven v dílnách VŠST.



Obr. 16: Měřicí přípravek

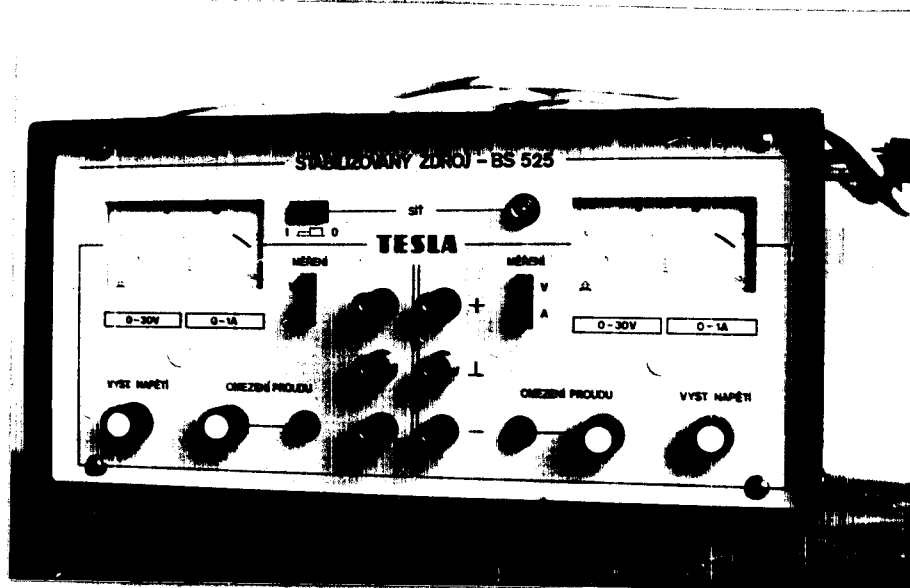
Tento přípravek se skládá z podložky, rámu z pásové oceli zahnuté do požadovaného tvaru. Na rámu je uchycen číselníkový úchylkoměr. V otvoru se závitem je pohybový šroub, obstarávající vlastní zdvih. Na podložce je dále upnuta stojna s uchyceným pružným elementem z plastické hmoty.

Staticko-dynamická tenzometrická aparatura TDA-3 obr. č. 17 je vhodná pro měření statických i dynamických dějů, které snímají buď tenzometrické snímače, nebo indukční snímače na principu diferenciálních transformátorů. Výhodou této aparatury je poměrně malá váha a spotřeba.



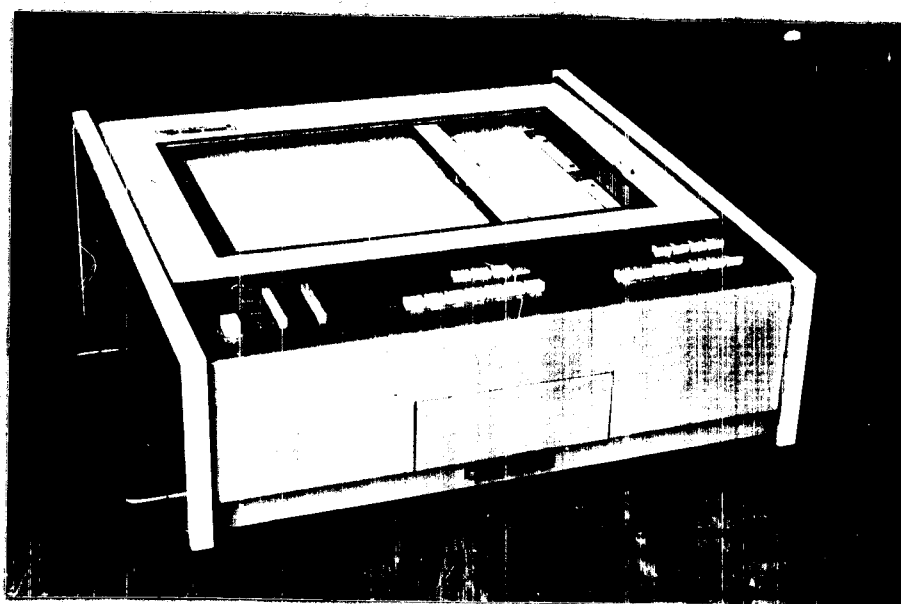
Obr. 17: Staticko-dynamická aparatura TDA-3

Stabilizovaný zdroj - BS 525 obr. č. 18 nám dává stabilizované stejnosměrné napětí od 0 v do 30 V. Je vhodný pro napájení snímačů pracujících, např. na principu odporových potenciometrů. Má automatický omezovač proudu. Jeho výhodou je malá váha a rozměry.



Obr. 18: Stabilizovaný zdroj - BS 525

Grafický zapisovač X - Y Schreiber ENDIM 2200/1 obr. č. 19 nám převádí impulzy od snímačů na posuv písátka. Při stejném impulzu a různém rozsahu zapisovače se mění dráha, kterou urazí písátko.



Obr. 19: Grafický zapisovač ENDIM 2200/1

Při cejchování se měřila charakteristika snímačů v obou směrech pohybu, aby se zjistila stabilita jezdce. Jezdec by mohl pružit, a tím by vznikala chyba při cejchování. Proměňování odporových snímačů bylo prováděno při různých rozsazích grafického zapisovače ENDEM 2200/1 a napětích stabilizovaného zdroje BS 525. Zjišťovaly se různé rozsahy snímačů. Celkové uspořádání pro tento případ cejchování je na obr. č. 20.



Obr. 20: Celkové uspořádání cejchování

4.2. Výsledky zkoušek

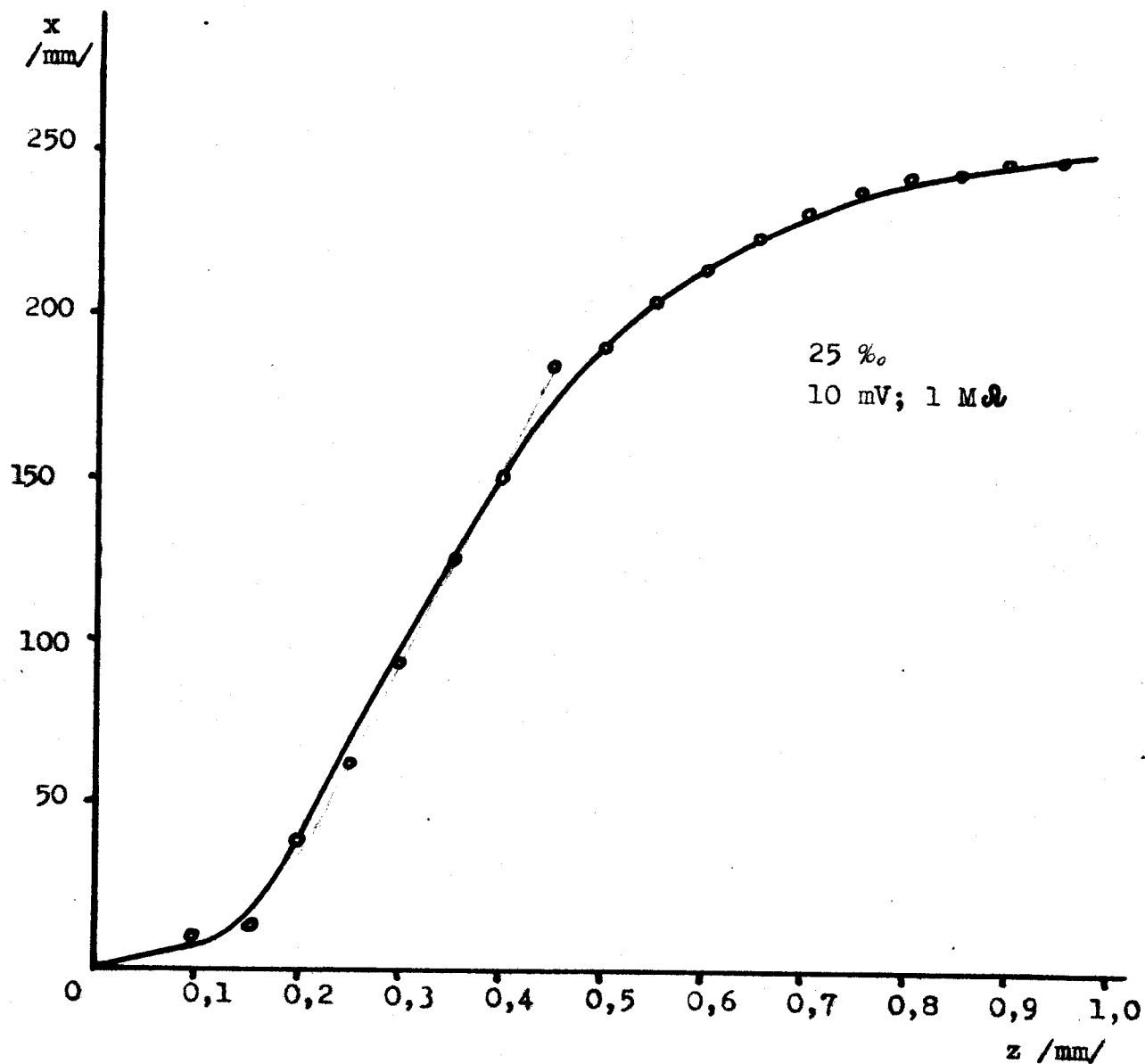
Hodnoty získané cejchováním snímačů jsou uvedeny v tabulkách č. I až VII. Výsledky měření jsou znázorněny na grafech obr. č. 21 až 27. Nejprve jsou uvedeny hodnoty cejchování indukčního snímače. Potom následují hodnoty pro tři rozsahy cejchování odporových snímačů do 15 mm a do 100 mm.

Tabulka č. I

Hodnoty získané cejchováním indukčního snímače.

25 %; 10 mV; 1 MΩ

zdvih snímače /mm/	Posuv souřadnice x na ENDIMU měření v mm				
	1.	2.	3.	4.	$\bar{x}$
0	0	0	0	0	0
0,10	8,5	8,5	8,0	8,5	8,375
0,15	13,0	13,5	13,5	13,0	13,25
0,20	39,5	40,0	39,5	39,5	39,65
0,25	63,0	63,0	63,5	63,0	63,225
0,30	92,0	92,0	92,0	92,5	92,225
0,35	122,5	122,5	123,0	122,5	122,625
0,40	149,5	150,0	149,5	149,5	149,875
0,45	172,5	173,0	173,0	172,5	172,75
0,50	190,0	190,5	190,0	190,0	190,125
0,55	204,0	204,0	204,0	204,0	204,0
0,60	214,0	214,0	214,5	214,0	214,125
0,65	224,5	225,0	224,5	224,5	224,625
0,70	232,0	232,5	232,5	232,5	232,375
0,75	238,5	238,5	238,0	238,5	238,375
0,80	242,0	242,0	242,0	242,0	242,0
0,85	244,5	245,0	244,0	244,0	244,375
0,90	246,0	246,5	246,0	246,0	246,125
0,95	246,5	246,5	247,0	246,5	246,625



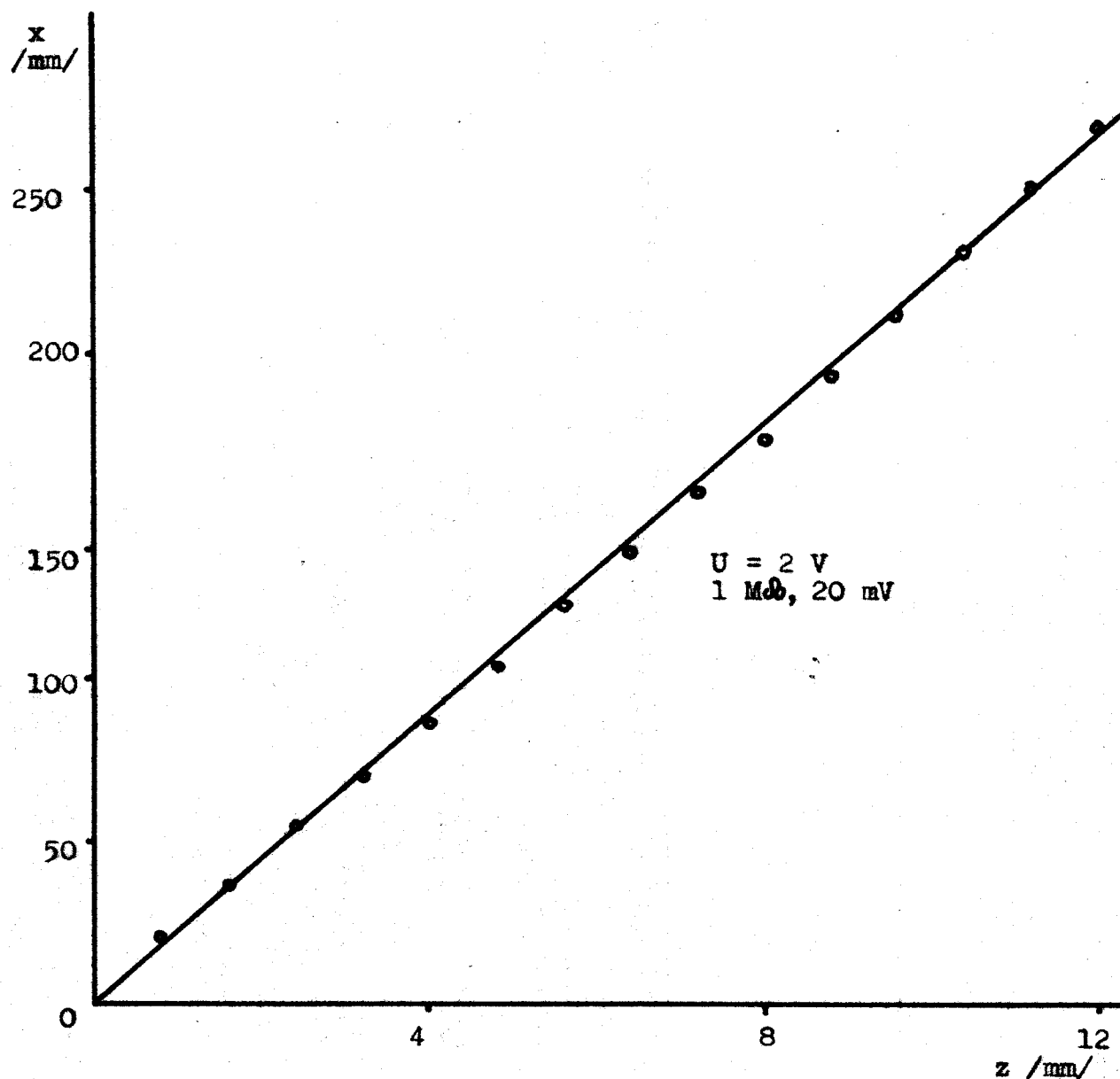
Obr. 21: Graf závislosti dráhy souřadnice $\underline{x}$ ENDIMU na zdvihu
snímače $\underline{z}$, sestrojený podle tabulky č. I.
/ indukční snímač /

Tabulka č. II

Hodnoty získané cejchováním odporového snímače / 15 mm /.

 $U = 2 \text{ V}$; $1 \text{ M}\Omega$; 20 mV

zdvih snímače /mm/	Posuv souřadnice x na ENDIMU měření v mm						$\bar{x}$
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	
0	0	1	0	1	0	1	0,5
0,8	21	23	19	23	18	22	21
1,6	35	39	35	39	36	40	37,3
2,4	54	57	54	57	54	57	55,6
3,2	69	71	69	71	68	71	69,8
4,0	86	90	85	88	86	89	87,3
4,8	103	107	101	103	103	106	103,8
5,6	121	125	121	125	121	123	122,6
6,4	139	140	138	141	139	141	139,6
7,2	156	158	155	158	155	158	156,6
8,0	173	174	172	175	171	174	173,2
8,8	191	194	192	194	190	193	192,3
9,6	209	213	211	209	209	212	210,5
10,4	228	232	228	231	228	232	229,8
11,2	246	251	249	250	247	250	248,8
12,0	267	270	267	269	266	270	268,2



Obr. 22: Graf závislosti dráhy souřadnice x ENDIMU na zdvihu snímače z , sestrojený podle tabulky č. II.

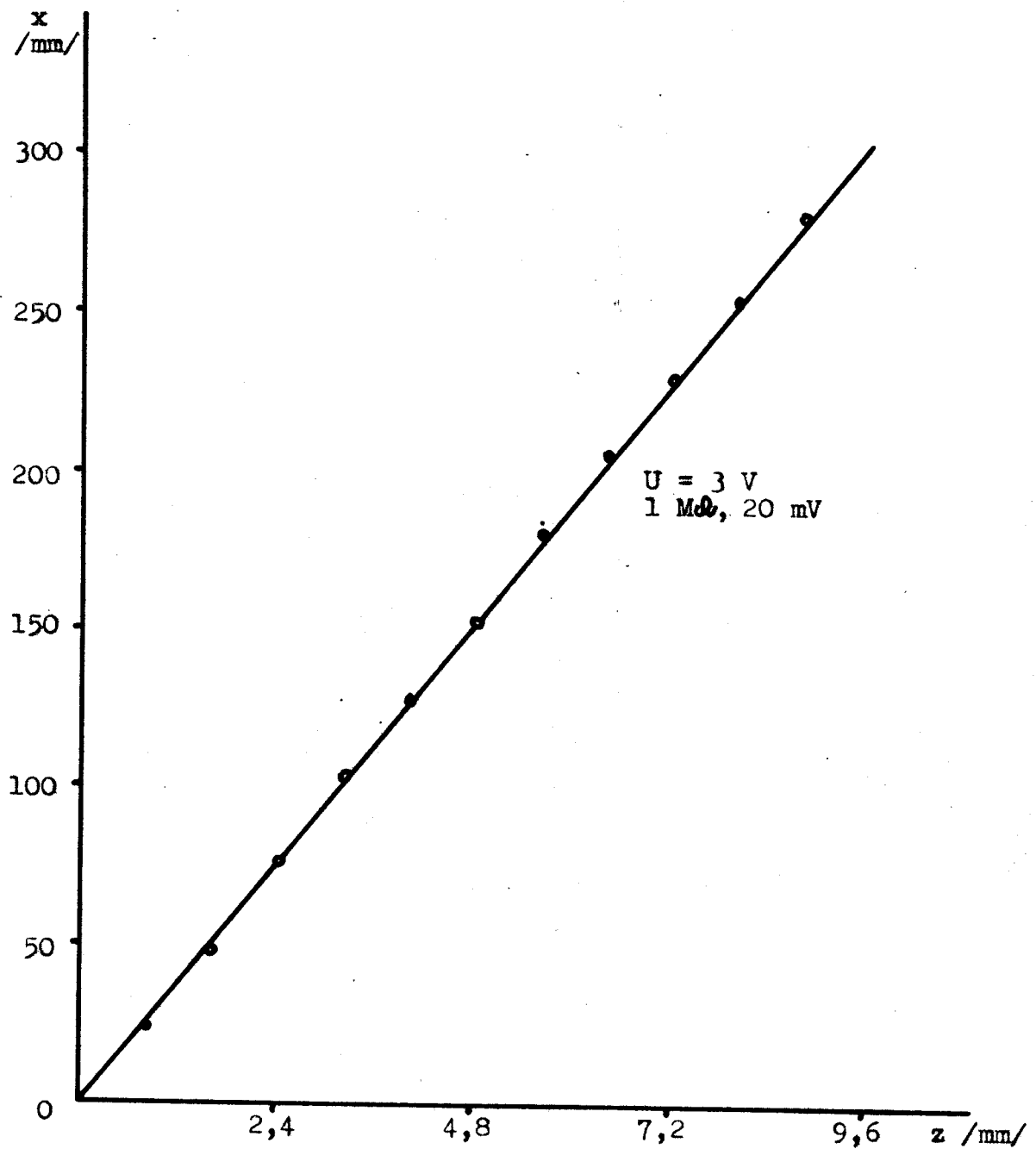
/ odporový snímač do 15 mm /

Tabulka č. III

Hodnoty získané cejchování odporového snímače / 15 mm/.

 $U = 3 \text{ V}$; $1 \text{ M}\Omega$; 20 mV

zdvih snímače /mm/	Posuv souřadnice x na ENDIMU měření v mm				
	1.	2.	3.	4.	$\bar{x}$
0,8	0	3	0	4	1,75
1,6	28	35	30	37	32,5
2,4	55	58	56	59	57
3,2	84	86	80	85	83,8
4,0	106	109	106	107	107
4,8	130	132	129	135	131,5
5,6	156	159	156	159	157,5
6,4	184	186	184	188	185,5
7,2	212	211	209	214	211,5
8,0	235	239	239	240	238,25
8,8	259	264	262	264	262,25
9,6	289	295	292	294	292,5



Obr. 23: Graf závislosti dráhy souřadnice x ENDIMU na zdvihu snímače z , sestrojený podle tabulky č. III.

/ odporový snímač do 15 mm /

Tabulka č. IV

Hodnoty získané cejchování odporového snímače. / 15 mm /

 $U = 3 \text{ V}$; $1 \text{ M}\Omega$; 10 mV

zdvih snímače /mm/	Posuv souřadnice x na ENDIMU měření v mm				
	1.	2.	3.	4.	$\bar{x}$
0	0	0	0	0	0
0,5	29	32	29	31	30,25
1,0	54	62	56	61	58,25
1,5	86	99	86	93	91,-
2,0	121	125	122	123	122,75
2,5	158	164	156	160	159,5
3,0	193	202	190	199	196,-
3,5	211	221	212	217	215,25
4,0	247	247	247	246	246,75

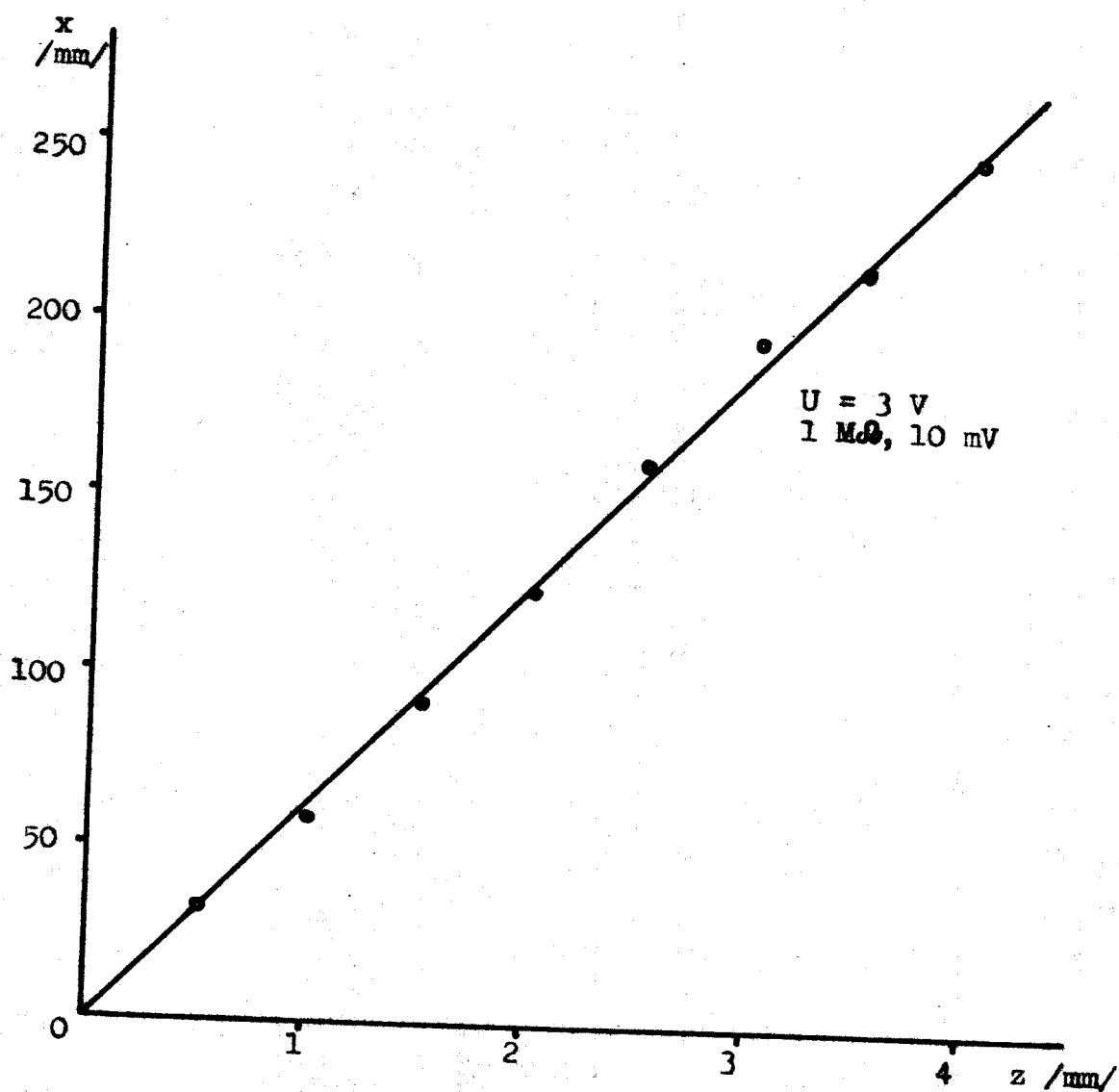
Tabulka č. V

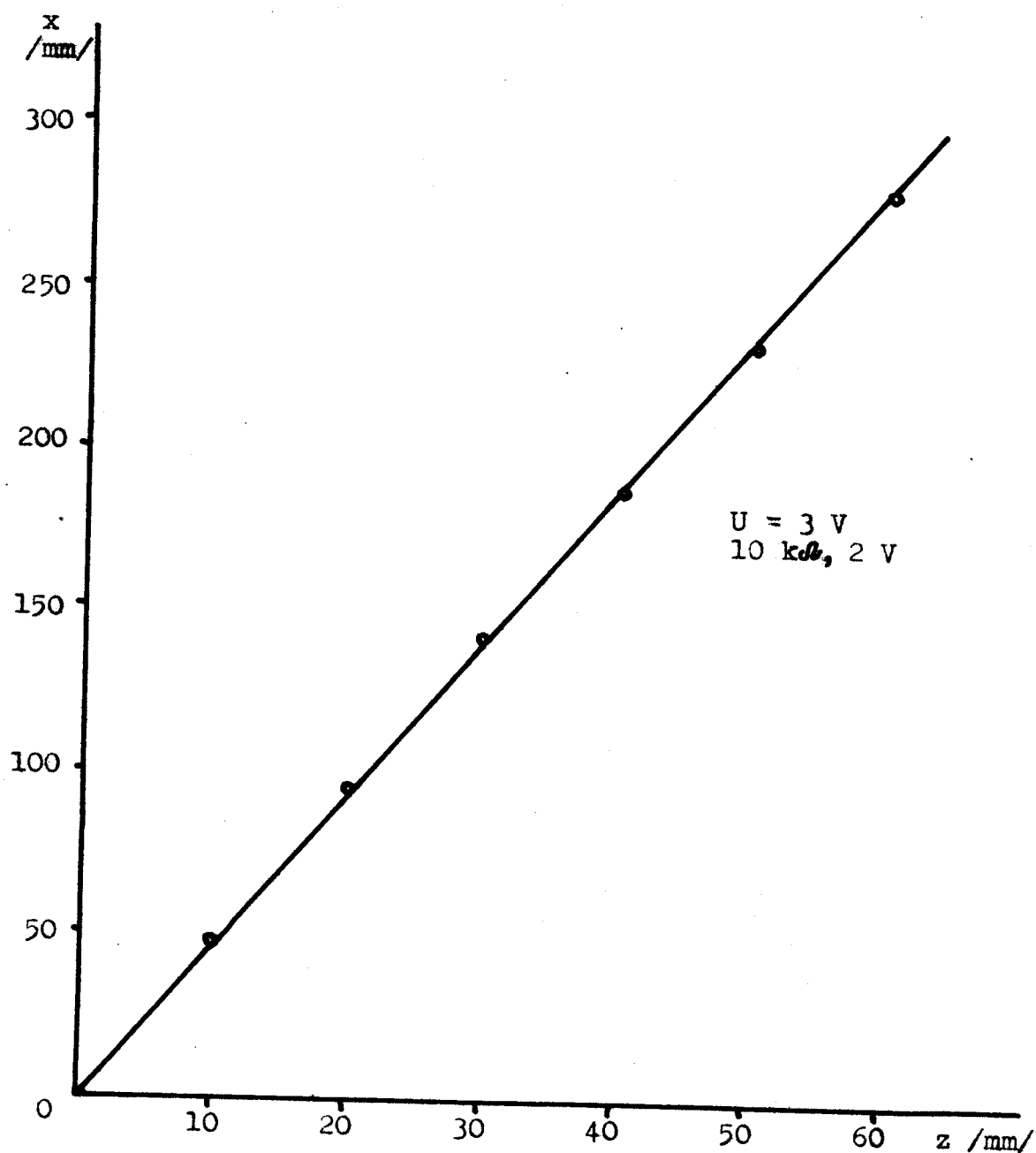
Hodnoty získané cejchování odporového snímače / 100 mm/.

 $U = 3 \text{ V}$; $10 \text{ k}\Omega$; 2 V

zdvih snímače /mm/	Posuv souřadnice x na ENDIMU měření v mm				
	1.	2.	3.	4.	$\bar{x}$
0	0	-1	0	0	-0,25
10	49	51	49	50	49,75
20	95	97	96	97	96,25
30	142	141	142	141	141,5
40	188	190	189	190	189,25
50	232	235	234	235	234
60	280	282	281	282	281,25

Obr. 24: Graf závislosti dráhy souřadnice x ENDIMU na zdvihu
snímače z , sestrojený podle tabulky č. IV.
/odporový snímač do 15 mm /





Obr. 25: Graf závislosti dráhy souřadnice x ENDIMU na zdvihu snímače z , sestavený podle tabulky č.V.
/odporový snímač do 100 mm /

Tabulka č. VI

Hodnoty získané cejchování odporového snímače / 100 mm /.

 $U = 3 \text{ V}$; $R = 10 \text{ k}\Omega$; 2 V ; hodnoty násobeny součinitelem $\frac{1}{1,5}$

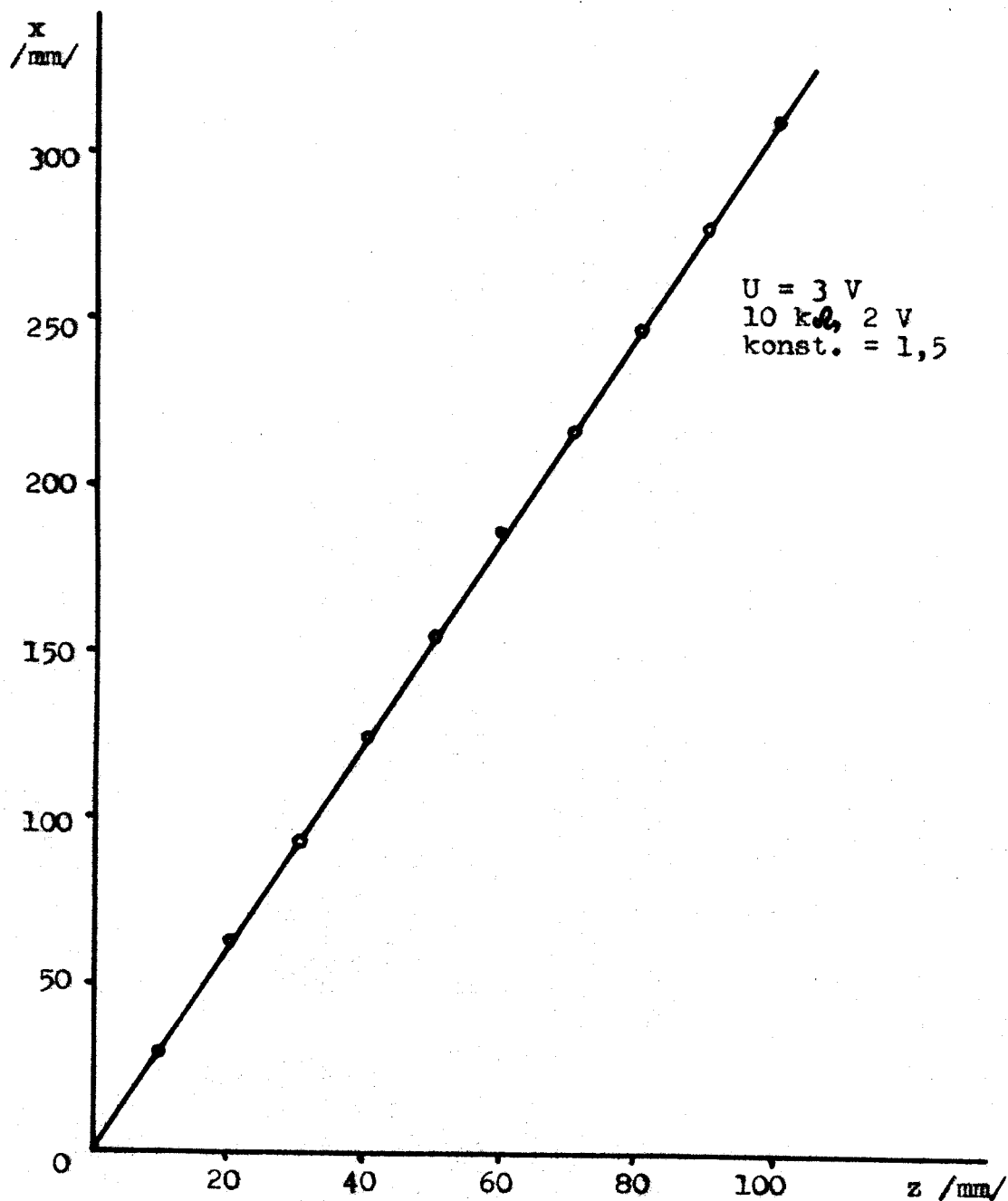
zdvih snímače /mm/	Posuv souřadnice x na ENDIMU měření v mm				
	1.	2.	3.	4.	$\bar{x}$
0	0	1	0	0	0,25
10	30	34	31	30	31,25
20	62	64	62	61	62,25
30	94	96	94	93	94,25
40	125	126	125	124	125
50	155	156	156	155	155,5
60	188	187	187	186	187
70	218	216	218	218	217,5
80	248	248	244	248	247
90	278	278	280	279	278,75
100	311	310	311	310	310,5

Tabulka č. VII

Hodnoty získané cejchování odporového snímače / 100 mm /.

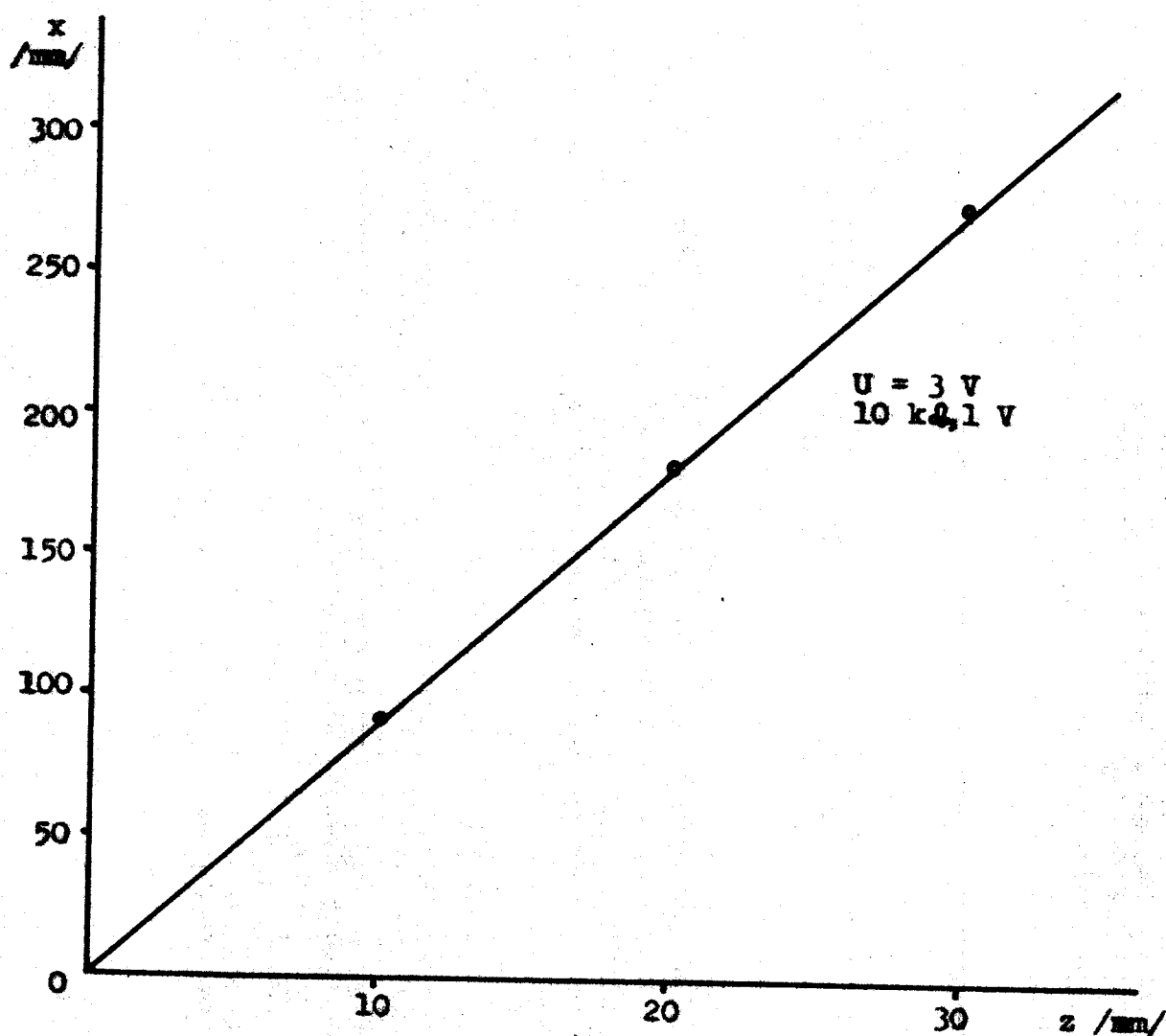
 $U = 3 \text{ V}$; $R = 10 \text{ k}\Omega$; 1 V

zdvih snímače /mm/	Posuv souřadnice x na ENDIMU měření v mm				
	1.	2.	3.	4.	$\bar{x}$
0	0	1	0	0	0,25
10	91	90	89	90	90
20	182	183	180	182	181,75
30	274	275	275	274	274,5



Obr. 26: Graf závislosti dráhy souřadnice x ENDIMU na
zdvihu snímače z , sestrojený podle tabulky č.VI.
/ odporový snímač do 100 mm /

Obr. 27: Graf závislosti dráhy souřadnice $\underline{x}$ ENDIMU na
zdvihu snímače $\underline{z}$, sestrojený podle tabulky č.VII.
/ odporový snímač do 100 mm /



4.3. Diskuse k výsledkům proměřování

Při cejchování bylo získáno dostatek hodnot, aby mohly být snímače zhodnoceny. Z grafu na obr. č. 21 vyplývá, že indukční snímač má velmi malý rozsah zdvihu, v kterém je průběh lineární. Naproti tomu odporové snímače, dle grafů na obr. č. 22 až 27, mají průběh lineární po celé délce zdvihu.

Indukční snímač tedy vyhovuje jen pro malé deformace, které se při deformování výlisků z plechů a plastů vyskytují málo. Jeho použití je tedy problematické. Pro měření větších deformací by bylo možno změnit jádérko, které má největší vliv na lineární průběh závislosti mezi měřenou a vyhodnocovanou veličinou. Změna by se týkala jak rozměrů, tak i materiálu použitého na výrobu jádérka.

Odporové snímače naopak vyhovují v celém svém rozsahu. Pokud by byl požadavek pro větší rozsah, je předpoklad, že odporové snímače této konstrukce budou vyhovovat i pro rozsahy větší než 100 mm. Použití odporových snímačů této konstrukce nevyžaduje žádné složité obvody a využívá běžných registračních přístrojů.

Z proměřování odporového snímače v rozsahu do 3 + 4 mm vyplývá, že tyto snímače vyhovují více pro zdvihy nad 5 mm. Pokud by při malém rozsahu byla vyžadována větší přesnost, než tento snímač vzhledem ke své konstrukci může dosáhnout, nedal by se použít.

5.0. Experimentální ověření pro vybraný případ použití

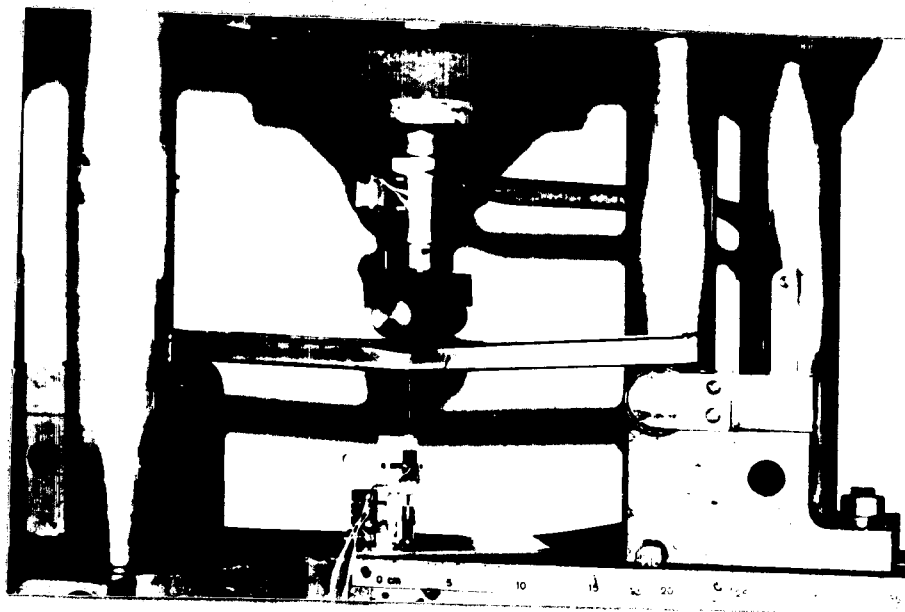
Pro experimentální ověření měřicí soupravy bylo vybráno proměřování uzavřených profilů ze souběžné práce s. Matouše, konkrétně jaký vliv na tuhost a stabilitu má počet bodových svarů.

Na výrobu profilů byl použit plech 11 305.21 dle ČSN 41 13 05 tloušťky 0,8 mm. Obchodní označení KOMAL 20 EXTRA. Plech je vhodný pro tváření za studena, pro hluboké tažení a je odolný proti stárnutí. Rozměry profilů byly voleny z řady profilů, které se nejčastěji vyskytují při konstrukci automobilů.

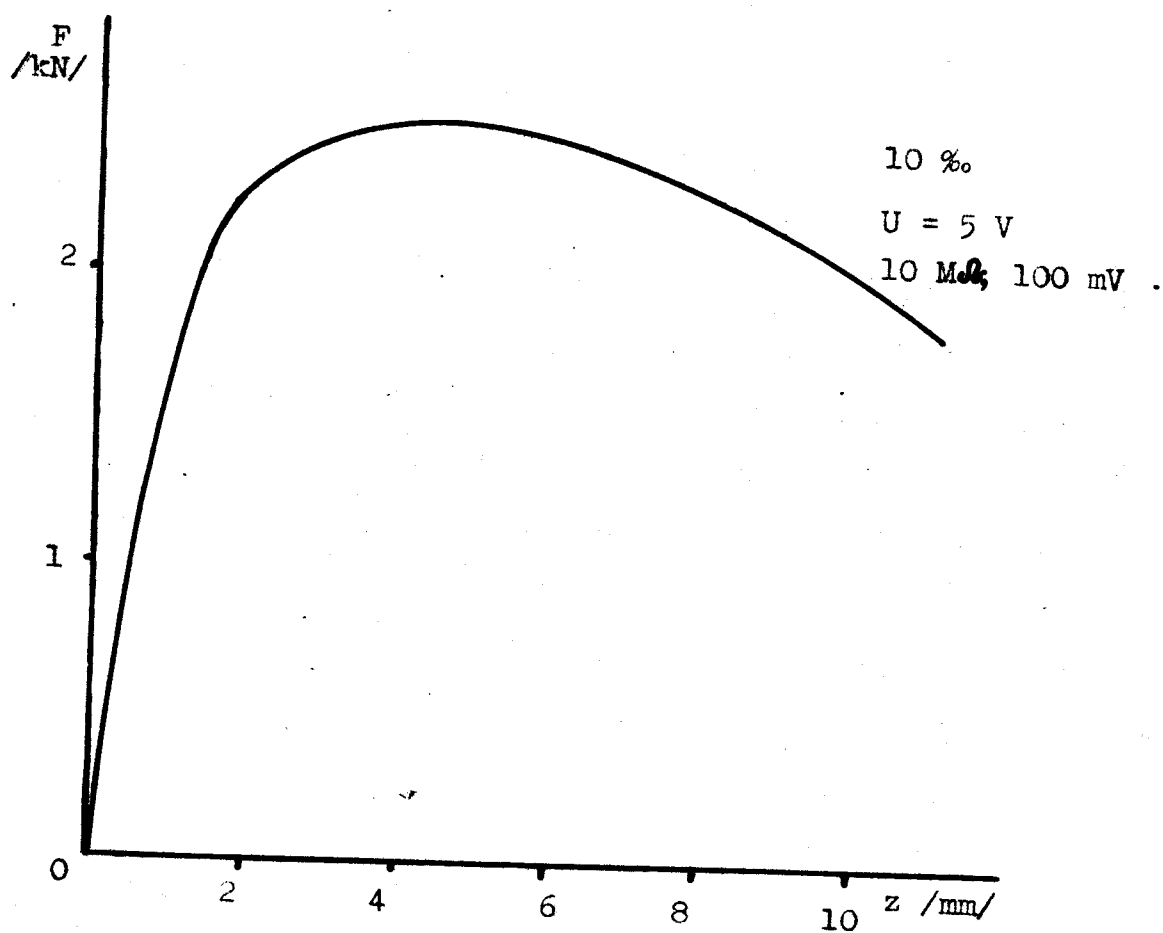
Uzavřený profil, podepřený ve dvou bodech 400 mm vzdálených, byl zatěžován na trhačce osamělou silou uprostřed. Průhyb byl snímán odporovým snímačem / do 15 mm /. Síla byla snímána siloměrnou krabicí, která tvoří současně zatěžující člen. Celkové uspořádání je zřejmé z obr. č. 28.

Měření bylo prováděno pomocí tenzometrické aparatury TDA-3, stabilizovaného zdroje BS 525 a grafického zapisovače ENDIM 2200/1. Grafický záznam byl vyhodnocován pro jednotlivé profily a jejich porovnáním se zjišťoval optimální počet svarových bodů. Jeden ze záznamů je nakreslen na obr. č. 29.

Snímač deformace bylo nutno před proměřováním profilu ocejchovat. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. VIII a graf je na obr. č. 30. Při zatěžování byla prokázána možnost aplikace odporového snímače. Snímač spolehlivě zaznamenává deformace vznikající zatěžováním profilů.



Obr. č. 28:



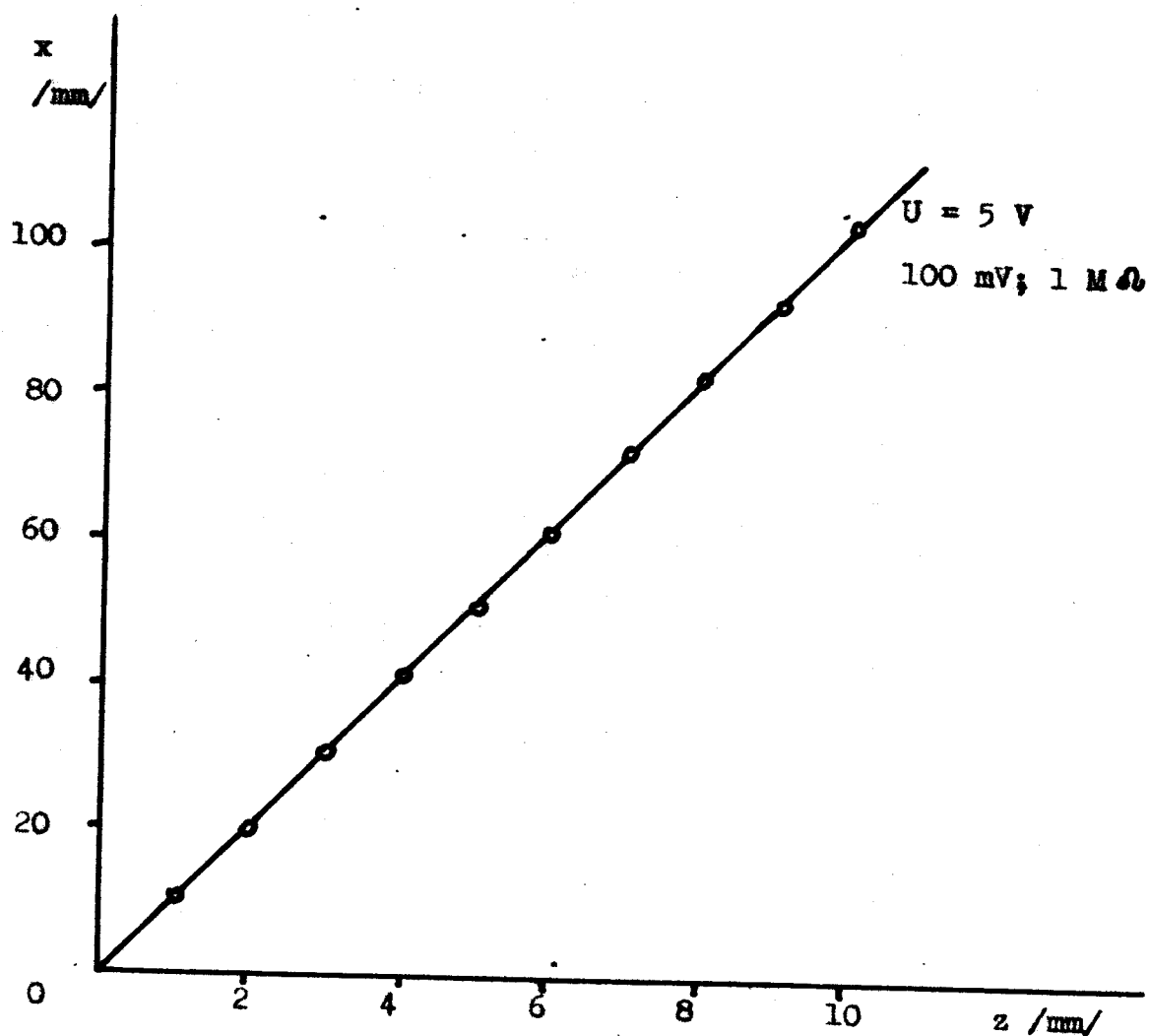
Obr. č. 29:

Tabulka č. VIII

Hodnoty získané cejchováním odporového snímače / 15 mm /.

 $U = 5 \text{ V}$; 1 M Ω ; 100 mV

zdvih snímače /mm/	Posuv souřadnice x na ENDIMU měření v mm				
	1.	2.	3.	4.	$\bar{x}$
0	0	0	1	0	0,25
1	8	9	12	11	10
2	18	19	22	21	20
3	30	31	32	30	30,75
4	40	40	43	41	41
5	50	51	52	51	51
6	60	60	62	62	61
7	72	72	73	72	72,25
8	82	83	83	82	82,5
9	94	94	93	92	93,25
10	106	105	104	103	104,5



Obr. 30: Graf závislosti dráhy souřadnice x ENDIMU na zdvihu snímače z , sestrojený podle tabulky č. VIII.

/ odporový snímač do 15 mm /

6.0. Závěr

Výsledky měření prokázaly možnost aplikace odporových snímačů. Odporové snímače jsou vhodnější pro svou poměrně jednoduchou konstrukci. Pro další aplikaci by bylo vhodné používat více snímačů, aby se mohla zjistit celá průhybová křivka profilů.

Indukční snímač naopak nesplnil očekávané vlastnosti, a proto jeho další aplikace je možná až po celkové změně konstrukce snímače.

Celková aparatura vyhovuje, pouze co se týče stabilizovaného zdroje, jsou určité výhrady. Tento sice dává stabilizované napětí, ale toto napětí je nastaveno jen citem. Lepší vlastnosti by měl zdroj, který by dával napětí stabilizované s přesně nastavitelnými hodnotami.

Závěrem děkuji za pomoc při řešení diplomového úkolu svému konzultantovi ing. Beranovi, vedoucí diplomové práce ing. Moravcové a Katedře technologie a nauky o materiálu.

L i t e r a t u r a

- /1/ Drastík : Plastometry a tváriteľnosť kovů
SNTL Praha 1978
- /2/ Kolektív : Základy merania v tvárnení
SVTS Bratislava 1974
- /3/ Hyka T. : Diplomová práce VŠST
Liberec 1978
- /4/ Panta J. : Diplomová práce VŠST
Liberec 1978

Malo spracované podľa literatúry