

Vysoká škola: V Š S T Liberec

Katedra: Všeobecného strojírenství

Fakulta: strojní

Školní rok: 1964/65

DIPLOMNÍ ÚKOL

Miloslav B a b i c a

pro

obor

konstrukce obráběcích strojů

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

Název tématu: Navrhněte zařízení pro bezdotykové měření povrchových
teplot textilních materiálů pro teploty do 200°C

Pokyny pro vypracování:

- 1) konstrukční návržení aparatury na základě přístroje ČSAV Brno.
- 2) jako čidla použijte snadno dostupného zařízení (fotoodpor PbS)

Autorské právo se řídí směrnicemi MŠK pro státní
závěrečné zkoušky č. j. 31 722/62-III/2 ze dne
13. července 1962. Vydáno MŠK K. j. 124 ze dne
31. 8. 1962 s 19 autorského zákona č. 115/53 Sb.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
LIBEREC
Jarošova 5

V 100/65 S

Rozsah grafických laboratorních prací:

Kompletní výkresovou dokumentaci

Rozsah průvodní zprávy:

30-50 stran textu

Seznam odborné literatury:

Vaško: Technika infračerveného záření

Dehne: Infrarot

Dočekálek: Detekce infračerveného záření

Vedoucí diplomní práce:

ing. Milan Kyncl

Konsultanti:

ing. Hamršmidt

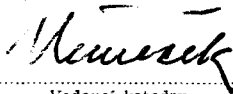
Datum zahájení diplomní práce:

30.8.1965

Datum odevzdání diplomní práce:

9.X.1965

L. S.



Vedoucí katedry



Děkan

v Liberci dne 2. září 1965

D i p l o m n í ú k o l

ze stavby mechanismů a pracovních strojů.

Téma: Navrhněte zařízení na bezdotykové
měření povrchových teplot textil.
materiálů.

Úvod.

V současné době klade moderní technologie stále větší požadavky na nejrůznější odvětví našeho průmyslu. Jedním z mnoha těchto problémů je spolehlivé měření teploty v nejrůznějších pracovních podmínkách a tím i zajištění její vhodné regulace. Jak se ukazuje, dotykové měření i když je dnes nejrozšířenějším způsobem, přestává v určitých případech stačit požadavkům, které jsou na něj kladeny. Proto se už delší dobu v mnoha zemích snaží vyřešit vývoj universálního bezdotykového měřicího zařízení na sledování teploty. Bylo již publikováno mnoho prací, které problém řeší po stránce teoretické. Fraktické výsledky jsou však mnohem chudší.

Bezdotykové měření teploty je založeno na principu zachycení a zpracování neviditelného tepelného (infračerveného) záření, které je vlastně jen určitým druhem elektromagnetického záření. O podstatě tohoto záření se vedla ve vědeckém světě dosti dlouho diskuse. Teprve v r. 1800 se podařilo německému vědci H e r s c h e l o v i celkem náhodně přijít na to, že při spektrálním rozkladu slunečního záření se teploměr postupně stále více zahříval, když byl vložen do proudu světla postupně od barvy fialové k červené. Bylo zjištěno, že se zahřívá i v místech, kde nebylo vůbec viditelné záření, směrem za červenou barvou. Teprve později bylo dokázáno, že infračervené záření i viditelné světlo se od sebe liší jen v kvantitativních stránkách. V kvalitativním měřítku jsou si naprosto totožné. Teprve v nejnovější době.

bylo skutečně potvrzeno, že infrazáření tvoří vlastně jen most mezi dříve již známými Hertzovými elektromagnetickými vlnami a viditelným světlem. Od této doby se též datují první konstrukce zařízení na detekci ičz.

Později, kdy byl technicky vyřešen problém zviditelnění ičz., začíná se těchto principů ve velké míře používat ve vojenské technice a též ve spektroskopii. Mimo to začíná ičz. pronikat do mnoha odvětví průmyslu. V r. 1940 začíná v USA první seriová výroba zařízení na využití a detekci ičz.

1.00. Fyzikální podstata infračerveného záření.

Podstata ičz, stejně jako γ -záření Roentgenova záření, ultrafialového, viditelného světla a elektromagnetických vln je stejná. Všechny druhy mají z části vlnový a z části částicový (korpuskulární) charakter. Vlnovou stránku jevu lze snadno graficky znázornit, jako dva k sobě navzájem kmitající vektory, elektrický a magnetický. Blíže vysvětleno viz obr. 1. Rychlost šíření $s = (2,997930 \pm 0,000003) \cdot 10^8$ /m.s⁻¹/ Energie vyzařovaná touto formou je ale vyzařována ne spojitě, ale v určitých jednotkách - kvantech. Proud záření představuje pak proud fotonů. Pro foton s kmitočtem f má daný foton energii, kterou je možné vyjádřit vztahem:

VŠST LIBEREC	B M T	DP — STR. 4
		9. ŘÍJNA 1965
		M.Babica

$E = h \cdot f$ kde h (Plankova konstanta) $= 6,634 \cdot 10^{-34} \quad [W \cdot s.]$ V elektromagnetickém spektru jsou paprsky ičz definovány od vlnové délky $\ell = 1mm$ až 1μ ($10^{-4}cm$). Intensita ičz je dána Stefan Boltzmanovým zákonem. Pro množství množství záření platí vztah: $H_0 = \sigma \cdot T^4$ kde $\sigma = 5,6687 \cdot 10^{-8} \quad [W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ K^{-4}]$ Z tohoto vztahu vyplývá, že intensita záření je úměrná teplotě. Pro obecné záření platí: $H_\lambda = A_\lambda \cdot H_{0\lambda} \quad \text{kde } A_\lambda \text{ je spektrální pohltivost. Toto je stabilní konstanta jednotlivých materiálů.}$ <u>2.00. Zdroje infračerveného záření.</u> Elementárními zdroji ičz jsou atomy a molekuly. O vlastním principu ičz platí to, co platí o elmag.vlnění obecně. Na tento problém existuje několik teorií, které se v určitých oblastech více nebo méně ztotožňují. Žádná z nich však nepopisuje tyto jevy bez dohadů. Záření absolutně čer.tělesa je popisováno : Wienovým zákonem posuvu: $\lambda_{max} T = b$ kde $b = 2,89782 \cdot 10^{-3} \quad [m^\circ K]$ Plankovým zákonem: $H_{0\lambda} = c_1 / (e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1) \lambda^5$ kde c je rychlost světla, h Plank.konstanta k Boltzmanova kons Konstanty: $c_1 = 3,74127 \cdot 10^{-16} \quad [W \cdot m]$ $c_2 = 1,43880 \cdot 10^{-2} \quad [m^\circ K]$	(1) (2) (3) (4) (5) (6)
--	---

Energie k vybuzení elektronu může být přijata ve dvou formách.

- 1) absorbcí záření
- 2) nárazem hmotové částice

Dle toho rozdělujeme zdroje na teplotní a luminiscenční.

2.01. Technické zdroje infračerveného záření .

- 1) teplotní
- 2) zdroje výbojkové
- 3) zdroje radiotechnické

Poněvadž se aparatura, která je v dalším navržena, bude používat na měření teploty textilních materiálů (tyto se svým charakterem přibližují černému tělesu), byl jako zdroj záření pro cejchování aparatury navržen aparát, schématicky znázorněný na obr.č.2.

Předpokládáme-li, že každý obecný paprsek procházející šterbinou a vstupující dovnitř, musí vykonat n odrazů, než se zase náhodně dostane otvorem ven. Předpokládáme-li, že koeficient odrazivosti je dosti velký (př. 0,2), je energie vycházejícího paprsku po n odrazech velmi malá.

$$E = E_0 \cdot (0,2)^n$$

(7)

S přípustným přiblížením můžeme brát pohltivost takového tělesa $A = 1$

3.00. Přijímače infračerveného záření.

Hlavním článkem všech zařízení pracujících na principu ičz je vlastní přijímač. Všechny přijímače jsou založeny na jevech,

které v látkách vznikají při dopadu tepelného záření. Jsou to především tyto jevy.

- 1) fotochemické
- 2) fosforescenční
- 3) fotoelektrické
- 4) zvýšení teploty.

Přijímače 1)2)3) mají omezenou spektrální citlivost a nazýváme je selektivními. Přijímače 4) nazýváme neselektivními.

Všeobecně řečeno jsou tepelné přijímače teploměry, uzavřené v určitém omezeném prostoru a opatřeny vrstvičkou černě, dokonale absorbující všechno záření. Nejuzívanější z nich jsou:

- 1 - bolometr
- 2 - termoelektrický článek
- 3 - Golayův detektor

Hlavní požadavky na přijímač jsou tyto: dosáhnout co nejmenší časové konstanty při zachování co největší citlivosti. Malá časová konstanta se vyžaduje proto, aby bylo možno sledovat i rychlé teplotní změny, respektive užít modulovaného tepelného toku, což nese sebou velké technické přednosti.

3.01. Bolometr kovový.

Je to zařízení na detekci ičz, založený na principu změny odporu některých látek, jestliže jsou ohřáty. Takto postavené, zpravidla dosti citlivé články, se obyčejně vhodným způsobem zapojí do Wheatsonova můstku. Tento princip byl do infračervené

techniky zaveden již r. 1880 Angličanem Langlayem.

Jako citlivých odporových článků se dnes u bolometrů užívá nikl, platina a též zlato.

(Schéma zapojení na obr. 3)

3.02. Bolometry polovodičové

využívají jevu, že v polovodičích klesá odpor s teplotou. Rovněž zde se obyčejně termistorových jednotek užívá v můstkovém zapojení, které se skládá ze dvou proužků. Při tom jeden z nich je přímo měřicí element a druhý zastává funkci tepelného kompensátoru.

(Obr.č. 4) Do obou větví je vloženo stejné napětí opačné polarity.

V současné době jsou na světovém trhu k dostání bolometry uvedené konstrukce, kde především dominují firmy Kip-Zonen a G.Müller Berlín.

3.03. Bolometry supravodivé

využívají jevu supravodivosti kovů při velmi nízkých teplotách.

3.04. Bolometry - termoelektrické články a sloupy.

Tyto pracují na principu termočlánků. Aby se zvýšila citlivost zmenšováním ztrát tepla vzduchem a vyloučily se ještě některé další nepříznivé vlivy od proudění a jiné, umísťují se citlivé články zpravidla do vakua.

Jak již bylo řečeno, ve většině případů se stejnosměrné bolometry užívají v můstkovém zapojení, což poskytuje možnost

snadného zapojení kompenzačního členu. Pro vyhodnocování výsledků stejnosměrných i střídavých bolometrů byla uveřejněna autorem A. Vaško v Elektrotechnickém obzoru 1955 rozsáhlá teorie. Z ní vyplývají tyto základní vlastnosti bolometrů.

- 1) je vhodné volit malý odpor galvanometru a velký odpor bolometru
- 2) citlivost je nepřímo úměrná odmocnině z plochy proužku
- 3) záporný ~~tepelný~~ součinitel je lepší, než kladný
- 4) citlivost je přímo úměrná teplotnímu koeficientu
- 5) je-li bolometr montován na vzduchu a je-li tepelná ztráta vzduchem n krát větší než zářením, pak se zmenší jeho citlivost při montáži ve vakuu při stejných teplotních podmínkách $(n+1)$ krát.
- 6) citlivost roste s rostoucí teplotou proužku, ~~zpočátku~~ rychle, pak pozvolna dosahuje maxima

3.05. Střídavé bolometry. (Zapojení na obr. 5)

Střídavými bolometry nazýváme takové, které používají přerušovaného tepelného toku. Tato varianta je velmi výhodná nejen po stránce vlastního snímání nezkresleného signálu, ale i po stránce dalšího zpracování signálu. Absolutní střídavá (napěťová) citlivost bolometrů je definována jako poměr:

$$\frac{\Delta V}{\Delta W} \text{ nebo } \frac{\Delta mV}{\Delta mW} = \frac{\Delta \text{napětí v obvodu}}{\Delta \text{dopadající záření}} \quad (8)$$

VŠST LIBEREC	B M T	DP — STR. 9
		9. ŘÍJNA 1965
		M. Babica

3.06. Golayův detektor.

(Shematické znázornění na obr.č.6)

Poněvadž s tímto detektorem bylo v rámci diplomní práce měřeno, zmíním se o něm podrobněji.

Je to v podstatě plynový teploměr, jak je patrné z obr.č.6. V komůrce(pos.4), která má ϕ 3mm a výšku 3mm a která je naplněná vzduchem, nebo i jiným vhodným plynem, je umístěn přijímací terčík (pos.2) Komůrka je uzavřena okénkem z KBr(pos.1).Přes toto okénko vstupuje do komůrky záření.Komůrka je spojena kapilární trubicí(pos.3) s druhou komůrkou (posice 5), která je zase z druhé strany uzavřena velmi tenkou pokovenou kolodiovou blankou, fungující jako pružné kovové zrcadlo.(Pos. 8)

Funkce zařízení. Žárovka (pos.10) osvětluje přes optiku duté zrcadlo, které část paprsků odráží a tyto přes pomocné zařízení (pos.9) dopadají do fotonky (12) a jsou dále zpracovány el.aparaturou (11). Při dopadu záření na terčík (2) se od tohoto zahřeje plyn v komůrce(4), uniká kanálkem (3) do komůrky před zrcadlo(5) a svým tlakem prohýbá blanu (8) a tím mění její křivost. Tím se podstatně mění množství světelných paprsků, které se od zrcadla odrážejí do optiky(9). Tím je dosaženo, že změna odporu fotonky (12) a tím i změna proudu v pomocném zesilovacím el.obvodu je úměrná záření, které dopadne na přijímací terčík.

Podle dat výrobce měl zapůjčený přístroj časovou konstantu asi 0,003 sec. a detekční

hranici asi $1,4 \cdot 10^{-9}$ W.

4.00. Stručný přehled současného stavu
bezdotykového měření teploty, zpracová-
vaný na základě dosažené literatury.

Uvedený problém není ve světovém měřítku věc nová. I letošní rok sebou přinesl nové řešení těchto problémů. Technická koncepce je známá již řadu let. Ale jsou zde velké technologické problémy. To se týká především výroby vlastních citlivých článků.

Rovněž na letošním Brněnském mezinárodním veletrhu byly vystaveny dvě nové aparatury. Jsou to:

- 1) Anglická firma AEI (Associated electrical industries export Ltd. Vystavovala a prodávala aparaturu s těmito parametry:
Normální měřicí rozsah $150 - 300^{\circ}\text{C}$
Jiné rozsahy při použití dodávaných filtrů - $300 - 600^{\circ}\text{C}$ a $400 - 1200^{\circ}\text{C}$
Zaručená přesnost $\pm 2\%$
Přístroj je vybaven fokusujícím zařízením. Přístroj užívá přerušovaného tepelného toku, což se dosahuje pomocí rotující clonky. Je zde rovněž aplikováno komplikované zařízení na automatické vyrovnávání hodnot, způsobených stárnutím článku. Jako čidla se užívá celý PbS.

VŠST LIBEREC	B M T	DP — STR. 41
		9. ŘÍJNA 1965
		M. Babica

Na zvláštní přání zákazníka dodavatel přizpůsobí přístroj na měření teploty na žádané ploše.

Cena celého zařízení se pohybuje kolem 950 amerických dolarů.

Prospekty aparatury na foto.č.V-2;V-3;V-4

2) Druhá novinka na Brněnském mezinárodním veletrhu byl aparát firmy UHER Wein. I když byly informace získané od dodavatele velmi rozsáhlé, byly výlučně obchodního a méně technického charakteru. Aparatura je na trh dodávána v několika verzích. Jejich ceny jsou.

Čidlo 192 amer.dolarů

Zesilovače podle kvality 117,282,688
a 803 amer.dol.

Aparaturou je možné měřit teploty v pásmu od 150 do 1700°C.

O vlastnostech čidla ani o jeho konstrukci nebylo možné získat žádných informací. Podle sdělení výrobce byly tyto stroje zakoupeny několika firmami naší republiky. (VŽKG, Šmeralovy závody Brno, VU Panenské Břežany, Kovohutě Čelákovice, Kovoexport)

Prospekt na fotografii č.V-1

Z teoretických prací, které v rámci této práce ^{byly} získány, jsou:

1) Patent Prof.Dr.ing.Walter Heimann,Veisbaden, "Konstrukce vakuového bolometru".

Podle sdělení autora lze toto zařízení používat k měření teploty na všech vlnových délkách ičz.Přijímací terčik se skládá z velmi tenké po černěné zlaté folie, na kterou jsou navařeny dva vývody,jako termočlánky, z kovů, které mají velkou opačnou elektromotorickou

VŠST LIBEREC

B M T

DP — STR. 42

9. ŘÍJNA 1965

M. Babica

sílu. Termočlánek je umístěn ve skleněné baňce, která je téměř po celém vnějším povrchu chráněna kovovým obalem. Skleněná baňka je opatřena vstupním okénkem z KBr, aby byla propustnost v ič.oblasti co největší.(0,1-0,25 μ m).

Vnější povrch KBr je opatřen vrstvou chránicí před vlivy počasí a doteky. Na konci baňky jsou vývody zataveny ve stěně. Vstupní okénko a místo zatavení výstup.vodičů jsou chráněny zvláštními kovovými pouzdry.

Termočlánek se hodí pro měření stejnosměrného záření ve spojení s galvanometrem a zvláště pro střídavé záření ve spojení se zesilovačem. Modulační frekvence záření 15 Hz nemá být překročena. Oba spoje mezi ploškou přijímače a vývody vzhledem k co největší účinnosti mají být co nejmenší. Vzhledem k tomu se musí celé zařízení přísně chránit před vibracemi a otřesy.

V baňce má být pokud možno co největší trvalé vakuum. Aby byl tento stav opticky a prostorově stálý, může být prostor termočlánku spojen s pomocnou vyrovnávací skleněnou nádobkou.

Technická data.

Velikost plošky snimače:	0,3 x 2 mm
Vzdálenost mezi přijímačem a vstupním okénkem	1,2 mm
úhel otevření	90°
citlivost	5 mV/mW
práh citlivosti	asi 10 ⁻¹⁰ W
časová konstanta	asi 15 msec

Celkový pohled na článek na obr.č. 7.

K dosažení lepší účinnosti je dobré vstupní okénko vyrobit ve tvaru sférické čočky (bikonvexní). Tímto se docílí potřebného zaměření dopadajících paprsků na termočlánek. Čočka může být zhotovena z KBr, ale i n.př.

VŠST LIBEREC	B M T	DP — STR. 13
		9. ŘÍJNA 1965
		M. Babica

i ze směřovaného krystalu thaliumbromidu. Tento má n.př. propustnost až do $40\mu\text{m}$, není hygroskopický, ale zase má ve srovnání s KBr větší reflexi.

Vakuový termočlánek - varianta II.

Zapojení na obr.č.8. Jako přijímač je co nejvíc tenká membrána, na níž je napařená vrstvička kovu. Její tloušťka je volená tak, že absorpce záření dosahuje u ní maxima. Vrstvička není počerněná a tudíž je citlivost proti termočláncům pro kratší vlnové délky o něco menší. Od $15 - 20\mu\text{m}$ a se vzrůstající vlnovou délkou je charakteristika lepší a článek má dobrou absorpční schopnost až k mikrovlnám. Přijímací terčík má malou tepelnou kapacitu a proto je časová konstanta velmi malá. Bolometr je opatřen dvěma stejnými vrstvičkami na které je připojeno napětí 2 V. Pouze jedna vrstvička je vystavena záření a druhá, zvenčí neviditelná zastává funkci teplotního kompensátoru. Rovněž ale slouží pro eliminaci nulového bodu a umožňuje použít vstupního transformátoru a připojení stejnosměrného zesilovače. Bolometru se užívá jen pro střídavý tepelný tok. Vstupní okénko baňky je vyrobeno z KBr nebo z KRS 5 nebo z křemene.

Dalšími velmi cennými materiály byla zpráva "Messung Temperaturen" dipl.fys. F.KUX, dále Laboratorní zpráva 827 - 9a VUCHT Pardubice.

V časopise „Věda a technika v zahraničí“ č.3 1965 v kategorii Elektronika 4/65 je uveden výrobek fy Hartmann und Braun AG na bezdotykové měření teploty. Uvádím jeho popis.

VŠST LIBEREC	B M T	DP — STR. 14
		9. ŘÍJNA 1965
		M. Babica

Aparaturu znázorňuje obrázek č.9. Podle výrobce nazývá se aparatura THERMOVIRBULATOR a užívá se pro přesné měření povrchové teploty těles v klidu nebo v pohybu a to bez jakéhokoliv dotyku mezi snímačem a tělesem. Nutný předpoklad pro měření je, aby teplota snímače byla stejná jako teplota měřeného povrchu. Toho se u této aparatury dosahuje konvencí. Měřič má tvar zvonu, v jehož dutině je umístěn ventilátor, kterým se odsává vrstva vzduchu nebo prostředí bezprostředně sousedící s měřeným povrchem a která má tudíž stejnou teplotu jako měřený povrch. Tak se teplota vzduchu pod zvonek vyrovnává s povrchem a teplotou předmětu. Teploměrem je odporový článek. Zvon je v izolačním prostředí(hmotě), takže ztráty jsou minimální.Motor je chlazen dalším ventilátorem, takže uvedený přístroj pracuje spolehlivě i při vyšších teplotách okolí. Reakční doba přístroje je podle udání krátká a měřič se vyskytuje vysokou přesností.Nad povrchem se umísťuje ve vzdálenosti 1 mm. Stav povrchu, barva,odrazivost,drsnost ani rychlost pohybu nemají vliv.

Dále byla v rámci diplomní práce prostudována zpráva ČSAV č. 76/59 nazvaná "Přístroj pro měření intensity sálání."

5.00. Navržení a vypracování aparatury na
bezdotykové měření teploty (BMT) .

Na základě materiálně, technicky a časově zvládnutelných podmínek byla aparatura navržena a vypracována v následující podobě.

- 1) Aby bylo možné sledovat změny teplot ve velmi krátkých časových úsecích, je nutné, aby aparatura pracovala s přeruševaným zařízením.
- 2) Teplota prostředí ve kterém se bude měřit se bude pohybovat kolem $170 - 190^{\circ}\text{C}$. Uvnitř stroje není viditelného zařízení.
Proto byla navržena aparatura s citlivým článkem PbS.
- 3) Při měření je celá aparatura ponořena v horkém prostředí. Stím je nutné počítat. Celé zařízení bylo proto uzavřeno do dvouplášťového obalu, ve kterém proudí voda.

5.01.1. Řešení problému č.I.

Poněvadž celkový výkon ičz zachycený v časové jednotce jakýmkoliv detektorem je velmi malý (až $10^{-8}W$), je nutné navrhnout přijímače tak, aby dopadající záření vyvolalo co největší efekt, t.j. n.př. u neselektivních přijímačů co největší zvýšení teploty. Ale jsou zde i jiné požadavky jako n.př. rychlá reakce, t.j. aby jejich časová konstanta byla velmi malá a aparatura tak umožňovala napájení střídavým zářením. Tyto požadavky jsou v jistém směru protichůdné. Dosažení jejich maximálních hodnot se vzájemně omezují. Proto je nutné stanovit určitý optimální stav. Řešení tohoto úkolu nazýváme tepelně dynamický problém.

5.01.1a. Řešení tepelně dynamického problému

pro přijímače s konstantním tepelným tokem.

Nechť existuje tepelný přijímač jehož tepelná kapacita je C [cal/grad] a jehož tepelná ztráta do okolí je L [cal/s.grad.] Na přijímač nechť dopadá časově stálý zářivý tok ϕ [cal/sec] od okamžiku $t=0$ [sec.] Pro tento pochod pak platí diferenciální rovnice, která bude dále uvedena. Označíme-li θ jako zvýšení teploty přijímače za dobu Δt , můžeme pro libovolné těleso v prostoru napsat energetickou bilanci. Předpokládáme, že C se s časem nemění. (Viz obr. 9a)

$$\phi \Delta t = \Delta t \cdot L \cdot \theta + C \cdot \Delta \theta$$

(1)

V limitě pro $t = 0$ přejde tento vztah na

diferenciální rovnici:

$$C \cdot \frac{d \vartheta}{d t} + L \cdot \vartheta = \phi \quad (2)$$

Tuto rovnici řešíme Laplaceovou transformací.

Podle ní platí:

$$\mathcal{L}[\vartheta]^{(n)} = p^n [F(p)] - f(0) \cdot p^{n-1} + f'(0) \cdot p^{n-2} \dots$$

$$\mathcal{L}[KONS] = \frac{1}{p} \cdot KONS$$

Označíme-li

pak můžeme podle psát

$$\mathcal{L}[C \cdot \vartheta] = p \cdot \mathcal{L} \cdot C \quad (3)$$

$$C \cdot p^2 \cdot \mathcal{L} = L p \cdot \mathcal{L} = \phi$$

$$\mathcal{L} = \frac{\phi}{C p^2 + L p} = \frac{\phi}{p(C p + L)} = \frac{\phi}{C} \cdot \frac{1}{p(p + \frac{L}{C})} \quad (4)$$

$$\frac{1}{p(p + \frac{L}{C})} = \frac{A}{p} + \frac{B}{p + \frac{L}{C}}$$

a odtud porovnáním jmenovatelů

$$A \cdot p + B \cdot p = \phi \Rightarrow A = \frac{C}{L}$$

$$A \cdot \frac{L}{C} = 1 \Rightarrow B = A = -\frac{C}{L}$$

takže rovnice č. 4 můžeme napsat:

$$\mathcal{L} = \frac{\phi}{C} \left[\frac{\frac{C}{L}}{p} + \frac{-\frac{C}{L}}{p + \frac{L}{C}} \right] \quad (5)$$

A nyní nám zbývá jen uvedený vztah "odlaplacevat", t. j. najít podle obrazu originál funkce.

$$\text{Obecně platí: } \mathcal{L}^{-1} \left[K \cdot \frac{1}{p + \mu} \right] = K \cdot e^{-\mu \cdot t} \quad (5a)$$

tedy podle rovnic 5, 5a platí

$$\begin{aligned}\theta &= \mathcal{L}^{-1}[\vartheta] = \frac{\phi}{c} \cdot \mathcal{L}^{-1}\left[\frac{\frac{c}{L}}{p} + \frac{-\frac{c}{L}}{p + \frac{1}{\tau}}\right] = \\ &= \frac{\phi}{c} \left[\frac{c}{L} e^{0t} - \frac{c}{L} \cdot e^{-\frac{1}{\tau} \cdot t} \right] = \\ &= \frac{\phi}{L} \left[1 - e^{-\frac{1}{\tau} \cdot t} \right]\end{aligned}\quad (6)$$

Označíme-li poměr $\frac{\phi}{L} = \theta_{\infty}$

t. zn. že je to vlastně teplota dosažená na ohřívajícím se předmětu pro čas $t = \infty$

$$a \quad \frac{c}{L} = \tau \quad (7)$$

t. zn. čas, za který dosáhne teplota hodnoty $[1/e]\%$ t. zn. asi 63%. Hodnotu τ nazýváme časovou konstantou.

Rovnici č. 6 můžeme pak napsat.

$$\theta = \theta_{\infty} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad (8)$$

Někdy se používá i jiné časové konstanty, n. př. t_{99} , to je čas, za který teplota tělesa dosáhne 99% své maximální hodnoty. Pak platí.

Pro $\theta = \frac{99}{100} \theta_{\max}$ platí

$$\frac{99}{100} \cdot \frac{\phi}{L} = \frac{\phi}{L} \left[1 - e^{-\frac{1}{\tau} \cdot t} \right]$$

$$1 - \frac{99}{100} = e^{-\frac{1}{\tau} \cdot t} ; \frac{1}{100} = e^{-\frac{1}{\tau} \cdot t}$$

$$\lg e^{-\frac{1}{\tau} \cdot t} = \lg 100 = 4,605 \Rightarrow t = \frac{c}{L} \cdot 4,605$$

$$t_{99} = \tau \cdot \lg 100 = 4,605 \cdot \tau \quad (9)$$

Obecně pro ochlazování zahřátého předmětu bude

platit vztah:

$$\theta = \theta_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (10)$$

Už z těchto vztahů je dosti zřetelná obtížnost vyhovět dvěma podmínkám.

- co největší citlivost, t.zn. $\frac{1}{L} = \frac{\theta_\infty}{\phi}$ má mít maximální hodnotu
- co nejrychleji reagující, t.zn. $\tau = \frac{C}{L}$ má mít hodnotu co nejmenší

5.01.01b. Řešení tepelně dynamického problému

$$\text{pro případ } \phi = f(\omega, t) \quad (11)$$

Uvažujeme-li, že na citlivý článek dopadá střídavé záření, jehož modulace je funkcí $\sin \omega t$, budou platit vztahy.

Pravá strana rovnice nabude tvar.

$$= \frac{\phi}{2} (\sin \omega t + 1) \quad \text{kde } \omega = 2\pi f \quad (12)$$

Řešení této rovnice.

Poněvadž nás zajímá jen střídavá složka výsledného řešení, můžeme pro obecnost psát:

$$\phi = \frac{\phi}{2} \cdot e^{j\omega t}; \quad \theta = \theta_m \cdot e^{j\omega t} \quad (13); (14)$$

A protože řešením diferenciální rovnice je rovněž řešení obsahující jen pravou stranu jakožto reálnou část původního řešení, lze psát:

$$C \cdot \frac{d\theta}{dt} + L \cdot \theta = \frac{\phi}{2} \sin \omega t \quad (15)$$

Laplaceův obraz rovnice:

$$C \cdot p \cdot \mathcal{V} + L \mathcal{V} = \frac{\phi}{2} \cdot \frac{\omega}{p^2 + \omega^2} \quad (16)$$

$$\mathcal{V} = \frac{\phi}{2} \cdot \frac{\omega}{\omega^2 + p^2} \cdot \frac{1}{C \cdot p + L} = \frac{\phi}{2} \cdot \frac{A \cdot p + B}{p^2 + \omega^2} + \frac{D}{C \cdot p + L} \quad (17)$$

$$(A \cdot p + B)(C \cdot p + L) + D(p^2 + \omega^2) = \omega$$

$$A C p^2 + D p^2 = 0 \quad A C + D = 0$$

$$A L p + B C p = 0 \quad A L + B C = 0$$

$$B L + D \omega^2 = \omega \quad B L + D \omega^2 = \omega$$

$$A = -\frac{1}{L} \cdot \frac{1}{1 + \frac{C^2}{L^2} \omega^2}$$

$$B = \frac{1}{L} \cdot \frac{\omega}{1 + \frac{C^2}{L^2} \omega^2}$$

$$D = -\frac{\omega}{1 + \frac{C^2 \cdot \omega^2}{L^2}}$$

$$\mathcal{V} = \frac{\phi}{2} \cdot \frac{-\frac{1}{L} \cdot \frac{\omega}{1 + \frac{C^2 \cdot \omega^2}{L^2}} \cdot p + \frac{1}{L} \cdot \frac{\omega}{1 + \frac{C^2 \omega^2}{L^2}}}{p^2 - \omega^2}$$

$$- \frac{\phi}{2} \cdot \frac{\frac{\omega}{1 + \frac{C^2}{L^2} \cdot \omega^2}}{C \cdot p + L} =$$

$$= \frac{\phi}{2} \left\{ -\frac{1}{L} \cdot \frac{\omega}{1 + \frac{C^2 \omega^2}{L^2}} \cdot p \cdot \frac{1}{p^2 + \omega^2} + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{L} \cdot \frac{\omega}{1 + \frac{C^2 \cdot \omega^2}{L^2}} \cdot \frac{1}{p^2 + \omega^2} - \frac{\omega}{1 + \frac{C^2 \omega^2}{L^2}} \cdot \frac{1}{C \cdot p + L} \right\} \quad (18)$$

Nalezením originálu od obrazu se dostáváme k řešení rovnice.

$$\theta = \frac{\phi}{2L} \left[\tau \cdot \frac{1}{1 + \frac{c^2 \omega^2}{L^2}} \sin \omega t + \frac{1}{1 + \frac{c^2 \omega^2}{L^2}} \sin \omega t + \frac{\tau \omega}{1 + \frac{c^2 \omega^2}{L^2}} e^{-\frac{t}{\tau}} \right] \quad (19)$$

Poněvadž sledujeme jenom reálnou složku kmitající amplitudy, můžeme pro ni psát:

$$\theta_m = \frac{\phi}{2L \sqrt{1 + \frac{\omega^2 c^2}{L^2}}} = \frac{\phi}{2L} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + 4\pi^2 f^2 \tau^2}} \quad (20)$$

a dosadíme-li za $\frac{c}{L} = \tau$ a $\omega = 2\pi f$.

Označme poměr amplitudy těchto teplotních variací k amplitudě střídavé složky záření, dopadající na přijímač ($\phi/2$) jako "citlivost na pulsující signál", dostáváme pro něj výraz:

$$\frac{\theta_m}{\frac{\phi}{2}} = \frac{2\theta_m}{\phi} = \frac{1}{L} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + 4\pi^2 f^2 \tau^2}} \quad (21)$$

a v tomto výrazu činitele

$$\mathcal{K} = \frac{1}{\sqrt{1 + 4\pi^2 f^2 \tau^2}} \quad (22)$$

označujeme jako "činitel tlumení". Jeho hodnota může teoreticky nabývat hodnot $0 < \mathcal{K} < 1$ S rostoucí frekvencí se zmenšuje a též se zmenšuje s rostoucí časovou konstantou přijímače.

Avšak vhodnou volbou frekvence a časové konstanty tepelného přijímače je možné dosáhnout hodnoty $\mathcal{K} \rightarrow 1$

5.01.2. Řešení problému I pro přijímače selektivní.

Jak již bylo dříve řečeno, bylo v postavené aparatuře použito čidlo PbS, vyrobené VUVT Praha a zapůjčené pro diplomní účely z ČSAV - laboratoře pro infrazáření. Tohoto čidla bylo užito z několika důvodů. Jsou to:

- 1) jeho snadná dostupnost
- 2) jeho malá pořizovací hodnota jej dovo-
lovala použít k danému experimentu

Hrubé schéma zapojení dodané výrobcem viz obr.10
Modulováním tepelného záření vznikne perio-
dická změna odporu PbS vrstvy, takže na odpo-
ru R_i vznikne střídavá elmot.síla a na zatěžo-
vacím odporu lze odebírat střídavý signál. Ve-
likost tohoto signálu je závislá na množství
dopadnutého záření a též na vlastní teplotě
přijímače a také na vhodnosti volby jednotli-
vých částí elektrického obvodu. [Obr.10]

$$f(t) = f(t, n.T) \text{ kde } T \text{ je doba jedné}$$

periody.

Pro fotoodpor v el.obvodu platí vztah:

$$R_i = R_{i0} + \Delta R_{i0}(1+f(t)) \quad (1)$$

Při tom platí, že:

$$\Delta R_{i0} \ll R_{i0} \quad (2)$$

Pro náš případ byly naměřeny hodnoty

$$10^{-4} < \frac{\Delta R_{i0}}{R_{i0}} < 10^{-3} \quad (3)$$

R_{i0} nazýváme vlastní odpor článku.

ΔR_{i0} je amplituda změny odporu. Tato změna, jak již bylo dříve podotknuto, závisí na intensitě dopadajícího záření a též na jeho spektrálním rozložení.

Ohmův zákon pro uvedený proudavý obvod :

$$U = I \left[(R_{i0} + \Delta R_{i0}) \cdot (1 + f(t)) + R_a \right] \quad (4)$$

kde R_a je přídavný t.zv. zatěžovací odpor.

$$I = \frac{U}{(R_{i0} + R_a + \Delta R_{i0}) \left[1 + \frac{R_{i0}}{R_{i0} + R_a + \Delta R_{i0}} f(t) \right]} \quad (5)$$

$$I \approx \frac{U}{R_{i0} + R_a + \Delta R_{i0}} \cdot \left[1 - \frac{R_{i0}}{\Delta R_{i0} + R_a + R_{i0}} f(t) \right] \quad (6)$$

$$I \approx I_0 \cdot \left[1 - \frac{R_{i0}}{R_{i0} + R_a + \Delta R_{i0}} f(t) \right] \quad (7)$$

$$I_0 = \frac{U}{R_{i0} + R_a + \Delta R_{i0}} = \frac{U}{R_{i0} + R_a} \quad (8)$$

poněvadž platí rovnost (3)

A tak pro střídavou složku napětí dostaneme

vztah:

$$U_{Ra} = \frac{U \cdot \Delta R_{i0} \cdot R_a}{(R_{i0} + R_a)^2} \quad (9)$$

Dalším rozбором této funkce dostáváme.:

Diferencováním

$$\frac{dU_{Ra}}{dR_a} = 0 \quad \text{a} \quad \frac{d^2U_{Ra}}{dR_a^2} < 0 \quad (10)$$

má daná funkce maximum

$$\begin{aligned} \frac{dU_{Ra}}{dR_a} &= f(t) \cdot U \cdot R_{i0} \cdot -2 \cdot \frac{R_{i0} + R_a}{(R_{i0} + R_a)^4} = \\ &= 0 \quad \text{pro} \quad R_{i0} = -R_a \end{aligned} \quad (11)$$

Poněvadž U_{Ra} (fotosignál) roste s předpětím, závisí také velikost šumu na tomto předpětí.

Existuje tedy optimální předpětí, pro které signál/šum má svou extrémní hodnotu.

Z praktického hlediska podle literatury (5) se nemá tato hodnota překračovat, i když je někdy potřebné registrovat záření malých intenzit. Proto optimální předpětí obvodu leží pod udaným maximum. Jako druhotný výsledek je zde prodloužená životnost článku.

5.01.30. Konstrukční návrh a vlastní provedení

zařízení na přerušování tepelného toku.

Ve všech dosud uveřejněných publikacích i postavených přístrojích byl systém

VŠST LIBEREC	B M T	DP — STR. 25
		9. ŘÍJNA 1965
		M. Babica

přerušování tepelného toku realizováno rotující clonkou, poháněnou synchronním elektromotorem. Frekvence přerušování bývá volena s ohledem na časovou konstantu přijímače. Zpravidla to bývá 30 až 150 cyklů za sekundu. Všeobecně lze říci, že vyšší frekvence můžeme užít u čl. selektivních, kdežto u neselektivních přijímačů bývá optimální poloha frekvenčního bodu o něco niž.

Hrubé schéma dosavadního systému je na obrázku č. 11.

Dosavadní způsob rotující clony byl z několika hledisek značně nevýhodný. A to:

- velká pořizovací hodnota elektromotoru a jeho malá provozní spolehlivost
- druhá nevýhoda vyplývá z energetické bilance, která bude stručně vysvětlena. Přesnost a reprodukovatelnost měření závisí mimo jiné též na tom, do jaké míry se nám podaří udržet na povrchu rotující clony konstantní teplotu. Poněvadž odvádění tepla z rotačních částí, t. j. z clony je technicky dosti náročný a do měřicího přístroje se svým konstrukčním provedením nehodí, ponechával se tento problém stranou s předpokladem, že se rotující clonka sama ochladí o relativně rychle proudící prostředí.
- pro dosažení kmitů, které by se blížily pilovitým a které jsou v problému vítané, bylo potřeba užít kotouče s teoreticky nekonečně velkým poloměrem. Tím se rozměry aparatury zvětšovaly.

5.01.31. Nový navržený systém na přerušování tepelného toku.

Jak je patrné z obrázku č. 12 je rotační

přerušovací systém nahrazen kmitajícími listy, kde budící silou je elektromagnet, napájený proudem ze sítě 50 Hz. Vlastní rotující elona je nahrazena kovovými plechy (nejlépe hliník, viz výkres posice 19), které jsou vhodným způsobem přidělány na volném konci kmitajících listů.

Jednotlivé posice na obrázku 12.

- 1 - kmitající listy
- 2 - budící elektromagnet
- 3 - rám
- 4 - citlivý článek PbS
- 5 - vycloňovací zařízení
- 6 - listy přerušovače
- 7 - zařízení omezující amplitudu

5.01.32. Energetická bilance záření dopadajícího záření na celu.

Situace je graficky znázorněná na obr. 13 a) b).

Obr. a) V této poloze, jak je vidět, dopadá na citlivou část PbS záření dvojího charakteru. Část A'' dopadající z měřeného předmětu a část B'' dopadající z vycloňovacího zařízení.

Krajní poloha II - viz obr 13, b. V této poloze dopadá na citlivou část PbS záření A' , dopadající ze zadní strany uzavírajících listů a část B' dopadající z odcloňovacího zařízení.

Odcloňovací zařízení je voleno tak, aby mělo dostatečně velkou hmotu i tepelnou vodivost, což zabezpečuje odvádění tepla, vzniklého dopadajícím zářením.

Grafické znázornění na obr. 13)c. Poněvadž platí $B'' = B'$ a podmínka, že stejnosměrný proud

procházející fotoodporem je modulován frekvencí, která se rovná frekvenci přerušování tepelného toku. Amplituda pulsujícího el. proudu je pak přímo úměrná velikosti

$$\Delta\phi = A'' + B'' - (A' + B') = A'' - A'$$

a tedy je přímoúměrná rozdílu teplot měřeného předmětu a překrývací clony.

5.01.33. Podrobně k jednotlivým posicím podle

obr. 12.

K posici č. 1. - kmitající listy

Aby bylo potřeba co nejmenší energie na rozkmitání těchto kmitajících listů, byly tyto navrženy a provedeny tak, aby měly svou vlastní frekvenci totožnou s frekvencí budičící síly.

Vlastní výpočet frekvence.

Pro výpočet vlastních kmitů nosníku podle obr. č. 14 platí vztahy:

$$\begin{aligned} y^{IV} - a^4 y &= 0 \text{ s okrajovými podmínkami:} \\ y(0) &= y^{II}(0) = 0 \\ y^I(1) &= 0 \\ y^{III}(1) &= -P/EJ \end{aligned} \quad (1)$$

což je samoadjungovaná úloha a lze ji řešit běžnými metodami. A¹² vlastní řešení je dosti komplikované i v tom případě, že jsme při vytvoření náhradního modelu vzali v úvahu několik přibližovacích zjednodušení.

V podobných případech se ve strojnických výpočtech ^{používá} praktičtější metody na výpočet nej-
nižší vlastní frekvence. Je to t.zv.
R a y l e i g h o v a metoda. Výpočet bude
proveden pomocí této metody.

Pro soustavu s jedním stupněm volnosti
je charakteristická vzájemná celá přeměna
energie kinetické a potenciální v jednotli-
vých fázích kmitavého pohybu. V krajní poloze
bývá kinetická energie nulová a potenciální
maximální, ve střední poloze je tomu naopak.
Porovnáním vztahů pro obě tyto energie vypo-
čítá se podle uvedené metody nejnižší.

Náhradní schéma pro výpočet nejnižší
vlastní frekvence je uvedeno na obr. 15.
V hmotě $m_0 = \sum (m_{\text{vývažku}} + m_{\text{clony}})$ je započítá-
ná jednak hmota clony přerušující clony a
jednak hmota vývažku. Vzhledem k dosažení
potřebné přesnosti, týkající se jednotlivých
hmot je vhodně jednotlivé clonky před při-
pájením zvážit a doplnit na předem stanove-
nou hodnotu pomocí vývažku m_v . Tento návrh
byl při konstrukci a stavbě praktikován. Jako
vývažek bylo užito cínové pájky, pomocí které
se na kmitající nosník clona připájela.

Vlastní výpočet.

Tvar kmitu odhadneme:

$$y = a \left(1 - \cos \frac{\pi x}{2l} \right) ; \quad a = y(x=l) \quad (2)$$

Tento odhad splňuje okrajové podmínky

a) geometrické, které jsou:

$$y(0) = y^I(0) = 0$$

b) statické podmínky jsou:

$$y^{II}(1) = 0, \text{ neboť na konci nosníku není žádný ohyb.moment.}$$

Tato podmínka je však splněna jen v případě náhradního schéma, ne ve skutečném zařízení.

$$y^{III}(1) = 0$$

Tato podmínka není splněna. Avšak podle literatury (4) není podmínkou, aby byly statické podmínky splněny.

Potenciální energie v krajní poloze:

$$V = \int_0^l \frac{M^2}{2EJ} dx = \frac{1}{2} EJ \int_0^l (y^{II})^2 dx \quad (3)$$

$$\text{poněvadž } y = a(1 - \cos \frac{\pi x}{2l}); \quad y^I = \frac{a\pi}{2l} \sin \frac{\pi x}{2l}$$

$$y^{II} = a(\frac{a\pi}{2l})^2 \cos \frac{x}{2l}$$

$$\cos^2 \frac{\alpha}{2} = \frac{1 + \cos 2\alpha}{2}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2EJ} \int_0^l \cos^2 \frac{\pi x}{2l} dx &= \frac{1}{2EJ} \int_0^l \left(\frac{1}{2} + \cos \frac{x}{l} \cdot \frac{1}{2} \right) dx = \\ &= \frac{\pi^4}{64} EJ \frac{a^2}{l^3} \end{aligned} \quad (4)$$

Kinetická energie ve střední poloze:

$$E_{\text{kin}} = \int_0^l \frac{1}{2} m_1 \omega^2 \cdot y^2 dx + \frac{1}{2} m_0 y^2(1) \omega^2 \quad (5)$$

$$= \frac{1}{2} m_1 \cdot \omega \int \left[a \cdot \left(1 - \cos \frac{\pi x}{2l} \right) \right]^2 dx +$$

$$+ \frac{1}{2} m_0 a^2 \omega^2 \quad *$$

$$y(l) = a$$

$$* = \frac{1}{2} m_1 \omega \int_0^l \left[1 - \cos \frac{\pi x}{2l} \right]^2 a^2 dx =$$

$$= \omega^2 \cdot a^2 \left[m_1 \cdot l \left(\frac{3}{4} - \frac{2}{\pi} \right) + \frac{m_0}{2} \right] \quad (6)$$

$$\text{Porovnáním } V = E_{\text{kin}} \quad (7)$$

$$\frac{\pi^4}{64} EJ \frac{a^2}{l^3} = \omega^2 a^2 \left[m_1 \cdot l \cdot 0,113 + 0,5 m_0 \right]$$

$$\omega^2 = \frac{\frac{\pi^4}{64} EJ \frac{1}{l^3}}{m_1 \cdot l \cdot (0,113 + 0,5 m_0)} =$$

$$= \frac{\pi^4 EJ}{64 \cdot l^3} \cdot \frac{1}{m_1 \cdot l (0,113) + 0,5 m_0} ;$$

$$\omega = \frac{\pi^2}{8 \cdot l} \sqrt{\frac{EJ}{l}} \sqrt{\frac{1}{m_1 \cdot l \cdot 0,113 + 0,5 m_0}} \quad (8)$$

Po několika předběžných zkouškách byl na základě ostatních disposic navržen násle-

dující rozměr kmitajícího nosníku:

$$\text{Frekvence } f = 50 \text{ Hz}$$

$$= 2\pi f = 314 \text{ rad/sec}$$

$$\text{délka nosníku } l = 23 \text{ cm}$$

$$\text{výška nosníku } h = 3,6 \text{ mm}$$

$$\text{šířka nosníku } b = 7,0 \text{ mm}$$

$$E = 2,1 \cdot 10^6$$

$$J = (1/12) \cdot b h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,7 \cdot (0,36)^3 = 2,71 \cdot 10^{-3}$$

$$m_1 = \frac{b \cdot h \cdot 0,78 \cdot 10}{981} = \frac{0,7 \cdot 0,36 \cdot 7,8}{9,81 \cdot 10^{+2}} = 1,54 \cdot 10^{-6}$$

m_0 byla podle předběžně zhotoveného vzorku

$$m_0 = 4,5 \cdot 10^{-6} \text{ [g} \cdot \text{sec}^2/\text{cm}^2\text{]}$$

Kontrola výpočtů:

$$= \frac{\pi^2}{8} \cdot \sqrt{\frac{EJ}{l^3}} \cdot \sqrt{\frac{1}{m_1 \cdot 1,0,113 + 0,5m_0}}$$

$$= \frac{\pi^2}{8} \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^6 \cdot 2,7 \cdot 10^{-3}}{23^3 (1,54 \cdot 10^{-6} \cdot 23 \cdot 0,113 + 0,5 \cdot 4,5 \cdot 10^{-6})}}$$

(9)

$$= 340 \text{ rad/sec}$$

což přibližně odpovídá požadavkům.

Ze všech odhadů prvního normálního kmitu $y(x)$ je nejsprávnější ten, který poskytuje nejmenší hodnotu, t.zn. že vyřešená frekvence je zatížena určitou chybou. Skutečná vlastní hodnota frekvence je o něco nižší.

K posici číslo 2 - jednotka budicí síly

Jako jednotka budicí síly bylo použito elektromagnetu. K jeho napájení bylo použito střídavého proudu 50 Hz, který byl usměrňován přes křemíkovou diodu. Pulsující elektrické pole cívky magnetu budí magnetické pole. Intenzita tohoto mag.pole je rovněž pulsující.

Podle Biot-Savartova zákona můžeme pro magnetický tok napsat:

$$dB = \frac{I \times r^0}{4 r^2} dl \quad (10)$$

kde I je intenzita elektrického proudu ve vinutí
Pro usměrněný proud můžeme pro pulsující napětí napsat

$$\begin{aligned} I &= I_0 \cdot \sin \omega t & \text{pro } 0 < \omega < \pi \\ I &= 0 & \text{pro } \pi < \omega < 2\pi \end{aligned} \quad (11)$$

Rovněž působící síla na kmitající list má přibližně podobný tvar jako mag.tok

$$\begin{aligned} \text{Můžeme psát: } P &= P_0 \cdot \sin \omega t & \text{pro } 0 < \omega < \pi \\ & & (12) \\ \text{a } P &= 0 & \text{pro } \pi < \omega < 2\pi \end{aligned}$$

Abychom mohli matematicky dále vyšetřovat tento pohyb, je potřeba si obě předcházející rovnice (12) nahradit jedinou. Toho se dosáhne použitím Fourierova rozvoje. Podle něho lze libovolnou funkci $y = F(x)$ napsat jako

$$y = \frac{A_0}{2} + A_1 \cos \omega t + A_2 \cos 2\omega t + \dots +$$

$$+ B_1 \sin \omega t + B_2 \sin 2\omega t + \dots$$

(13)

kde koeficienty $A_{1-n}; B_{1-n}$ jsou jednoznačně určeny vztahy:

$$A_k = \frac{2}{T} \int_0^T F(x) \cdot \cos k \cdot \omega \cdot t \, dt$$

(14)

$$B_k = \frac{2}{T} \int_0^T F(x) \cdot \sin k \cdot \omega \cdot t \, dt$$

nebo

$$A_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(x) \cos k \cdot x \, dx$$

(15)

$$B_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(x) \sin k \cdot x \, dx$$

$$A_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} F(x) \, dx$$

Rozvinutím podle této řady dostáváme:

$$y = \frac{1}{\pi} + \frac{1}{2} \sin x - \frac{2}{\pi} \left(\frac{\cos 2x}{3} \right) + \frac{\cos 4x}{3.5} \dots$$

(16)

Diferenciální rovnici popisující kmitavý pohyb lze tedy napsat:

$$m \cdot y'' + c \cdot y' + k \cdot y = Q_n \cdot \cos(n \cdot \omega \cdot t + \varphi_n)$$

(17)

Podle teorie kmitání není tento případ lineární kmitání. Vlivy, které to způsobují jsou:

- 1) turbulentní proudění prostředí v okolí nosníku
- 2) pevné dorazy (viz obr. 12, pos 7)
- 3) budicí síla nemá lineární charakter

4) hystereseční jevy v materiálu představují rovněž nelineární tlumení.

Pevné dorazy, o kterých je zmínka v bodě 2) byly do konstrukce zavedeny až po zkušebním provozu z následujících důvodů.

Poněvadž koeficient naladění ($\frac{\omega}{\Omega}$) = 1 a konstanta útlumu se rovněž svou hodnotou blíží ^{NULÉ} jedničce, jsou kmity (fázový posuv i amplituda) nepřipustně nestabilní. To ovlivňovalo efektivní hodnoty výstupního signálu a tím v podstatné míře způsobovalo chyby v měření.

Pro názornost je v další části řešena problematika kmitání s periodicky působící silou, která má pulsující charakter.

Mějme hmotu m , zavěšenou na nehmotné pružině, která je buzena do kmitavého pohybu budící silou

$$P(\omega_1 t) = Q_0 \left(\frac{1}{\pi} + \frac{1}{2} \sin \omega t - \frac{2}{\pi} \frac{\cos 2\omega t}{3} \right) \quad (18)$$

čož jsou prvé tři členy rovnice (16).

Pak předpokládáme-li konstantu útlumu rovnou nule, můžeme vztah vyjádřit dif. rovnicí:

$$m y^{II} + k \cdot y = Q_0 \left(\frac{1}{\pi} + \frac{1}{2} \sin \omega t - \frac{2 \cos 2\omega t}{3\pi} \right) \quad (19)$$

Řešení této rovnice lze předpokládat ve tvaru:

$$Y = A_0 + A_1 \sin \omega t + A_2 \cos 2\omega t = y_0 + y_1 + y_2 \quad (20)$$

Člen $k \cdot y$ můžeme tedy napsat:

$$k \cdot y = k(A_0 + A_1 \sin \omega t + A_2 \cos 2\omega t) \quad (20)$$

Za předpokladu, že uvedená soustava je lineární, možno původní rovnici rozepsat do složkových rovnic.

$$m y_0^{II} + k \cdot y_0 = Q_0 \cdot \frac{1}{\pi}$$

$$m y_1^{II} + k \cdot y_1 = Q_0 \cdot \frac{1}{2} \sin \omega t$$

$$m y_2^{II} + k \cdot y_2 = -Q_0 \cdot \frac{2}{3\pi} \cos 2\omega t \quad (21)$$

použitím rovnice lze psát:

$$y_0^{II} = 0 \quad y_1^{II} = -A_1 \cdot \omega^2 \cdot \sin \omega t$$

$$y_2^{II} = -4A_2 \cdot \omega^2 \cos 2\omega t$$

Porovnáním vztahů 20 a 21 dostaneme.

$$A_0 = \frac{Q_0}{k \cdot \pi}$$

$$A_1 = \frac{Q_0}{2} \left(-\frac{1}{\omega^2 - k} \right) \quad (22)$$

$$A_2 = Q_0 \cdot \frac{2}{3\pi} \cdot \frac{(+1)}{(-4\omega^2 + k)}$$

výsledné řešení pak má tvar:

$$y = \frac{Q_0}{k\pi} - \frac{Q_0}{2(\omega^2 - k)} + Q_0 \cdot \frac{2}{3\pi(4\omega^2 - k)} \quad (23)$$

VŠST LIBEREC	B M T	DP — STR.	36
		9. ŘÍJNA 1965	
		M. Babica	

Z tohoto tvaru rovnice je patrné posunutí středu kmitu ve směru působící síly a též funkční závislost tohoto posunutí.

Skutečná výchylka středu kmitu byla při ~~zkus~~kušebním provozu sledována a měřena strobo-skopem.

K posici č. 3 - rám

Tvar této součásti je na výkrese DP-04:00 S ohledem na zachycení kmitavých pohybů, způsobených nevyvážeností listů, byla součást navržena robustnějšího tvaru.

K posici č. 4 - článek PbS

Je to řadový článek, vyrobený VUVT Praha. Jeho hlavní rozměry jsou uvedeny na obr. č. 18, 19.

K posici č. 5

Odcloňovací zařízení. Rozměry jsou uvedeny na výkrese č.03. Materiál: měď

Ostatní posice jsou podrobně popsány v jiných kapitolách.

5,02. Řešení problému č. II

Jak je uvedeno v zadání, má se navrženou aparaturou měřit teplota v rozsahu od 100 do 200°C. Jako citlivý článek, vyhovující těmto požadavkům byla volena cela PbS.

Nejznámějším výrobcem těchto článků jsou některé americké, anglické a německé firmy, ale tento článek byl vyvinut také u nás ve VUVT Praha. Pokusné měření v rámci diplomové práce bylo provedeno na PbS článku anglické výroby fy Thomson Houston, která měla zvláštní konstrukční provedení pro možnost chlazení kapalným CO₂. (Viz zkušební zpráva č. II.)

Sk Hlavní aparatura byla postavena s pomocí článku PbS vUVT Praha.

Při použití článku PbS bylo nutné respektovat tyto jeho vlastnosti.

- 1) nepravidelná závislost citlivosti ^{pro různé λ}
- 2) časovou konstantu a časovou stabilitu článku
- 3) závislost citlivosti článku na jeho vlastní teplotě.

1) Některé kvalitní články Zeiss mají max. citlivost v oblasti 2, až 3 μ .
Charakteristika užitého článku je znázorněna na obr.č. 19.

2) Časová konstanta článku podle naměřených hodnot je menší než 0,004 sec.
Časové kolísání citlivosti leží v oblasti 4 týdnů a v rozmezí až 5%.

3) Podle naměřených hodnot je článek schopen vytvořit signál, je-li teplota citlivé

vrstvy aspoň o 60°C nižší, než teplota předmětu.

Citlivost článku má exponenciální charakter.

Vzhledem k tomu, že informace a důkazy o tom, že cela mění i časově svůj odpor byly získány až v závěrečné fázi; odstranění tohoto vlivu navržená aparatura nezahrnuje.

Podle firemní literatury fy AEI užívá se k tomuto wolframové žárovky vhodně umístěné mezi přerušující clonu a článek tak, aby nestínila v zorném poli paprskům, dopadajícím z předmětu. Žárovka je v můstkovém zapojení a jejím nažháváním můžeme posunout nulový bod do potřebné oblasti.

Pro měření nižších teplot ($80\text{--}100^{\circ}\text{C}$) je nutné u tohoto systému použít referenčního signálu. Tím se jednak odstraní všechny malé náhodné elektrické poruchy a pracovní bod registračního a přídavného zařízení se posune od skutečné nuly, což je pro zařízení výhodné. (Mrtvé pásmo).

Technická data článku, dodaná výrobcem.

Označení	10 PN 250
druh	PbS
integrální citlivost	$9,78 \text{ mA/W.cm}^{-2}$
odpor za tmy	$10 \cdot 10^6$
provozní napětí	60 Volt
práh citlivosti	10^{-10} W
šum za tmy při 40 V	asi 20 V
max.teplota okolí	40°C
charakteristika článku obr.č. 19	

Integrální citlivost je definovaná fotoproudem při intenzitě ozáření 1 mW/cm^2 , teplota barvy 2650°K . Měřeno při 60 Volt.

5.03. Řešení problému III.

Za předpokladu, že celá aparatura bude během měření v prostředí o vysoké teplotě, (až 200°C), byl celý návrh zařízení realizován tak, že aparatura je uzavřena v dvojitěm plášti, ve kterém proudí chladicí voda.

Výpočet množství chladicí vody.

Ve stěně pláště předpokládáme laminární proudění. S určitým přiblížením můžeme předpokládat, že horký vzduch bude proudit směrem kolmým k ose tubusu. Pro takový případ platí. Viz obr. 20, 21,.

$$q = k_e \cdot (t_v - t_p) \quad \text{kde} \quad (1)$$

$$k_e = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}}; \quad (2)$$

Pro výpočet :

$$\begin{aligned} d_1 &= 120 \text{ mm} & t_p &= 200^\circ\text{C} & w &= 6 \text{ m/sec} \\ \rho &= 0,0723 \text{ kg/m}^3 & c_p &= 0,247 & \lambda &= 3,18 \cdot 10^{-2} \\ \gamma &= 35,82 \cdot 10^{-6} \end{aligned}$$

$$\text{Pr} = 0,722$$

$$\text{Re} = 20100$$

$$\text{Nu} = 61$$

$$\begin{aligned} \text{Odtud} &= \frac{\lambda \cdot \text{Nu}}{d} = \frac{61 \cdot 3,18 \cdot 10^{-2}}{0,12} = 16,3 \\ &= 16,3 \end{aligned} \quad (3)$$

VŠST LIBEREC	B M T	DP — STR. 40
		9. ŘÍJNA 1965
		M. Babica

Výpočet :

Volíme: množství vody $V = 1 \text{ liter/min}$
Předpokládáme, že dodávaná voda 15°C teplá se
ohřeje na 45°C .

určovací teplota vody : 30°C

Pro tuto teplotu platí z tabulek.

pro $\rho = 1 [\text{kg/cm}^3] = 995,6 [\text{kg/m}^3]$ $c_p = 1,003 [\text{kcal/kg}^{\circ}\text{C}]$

$w = 0,005 (\text{m/sec})$

$\lambda = 0,531 [\text{kcal/m} \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}]$

$\nu = 0,805 \cdot 10^{-6} [\text{m}^2/\text{sec}]$ $Pr = 5,5$

Výpočtem : $w = 0,005 \text{ m/sec}$

$Nu = 5,7$; $Re = 750$

$$\alpha_2 = \frac{\lambda \cdot Nu}{d} = \frac{0,531 \cdot 5,7}{0,12} = 25 \quad (4)$$

$$k_e = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{d_2 \alpha_2}} \quad (5)$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{16,3 \cdot 0,117} + \frac{1 \cdot 0,06}{78} + \frac{1}{25 \cdot 0,12}} =$$

$$= \frac{1}{3,526} \quad (6)$$

$$Q = (T_p - t_v) \cdot E \cdot k_e = 6 \text{ kcal/hod} \quad (7)$$

Porovnáním s navrhovanými veličinami toto vyhovuje.

VŠST LIBEREC	B M T	DP — STR. 41
		9. ŘÍJNA 1965
		M. Babica
<u>6.01. Zkušební zpráva č. I</u> Tato zpráva je vlastně zpracováním výsledků měření teploty pomocí aparatury, která tvoří základní partii diplomové práce. Během zkušebního provozu se vyskytly některé škodlivé vlivy, které v prvních fázích měření podstatně zkreslovaly výsledky. Nejpodstatnější z nich jsou: 1) vliv kolísání hodnot elektrické sítě a poruchy. Tyto vlivy byly odstraněny dostatečně výkonným stabilizátorem napětí. 2) Propustnost záření. Bezdotykové měření teplot není problém bodový. Jedná se o měření průměrné teploty na určité vymezené ploše. Avšak v případě, že látka je pórovitá (většina textilních materiálů), dovolí nám propouštění ičz. Je-li pozadí za měřeným vzorkem teplotně odlišné od vzorku, v daném případě to způsobuje značné chyby. A jen v případě, že by byla teplota pozadí stejně teplá jako vzorek a zároveň splňovala ještě některé další podmínky podružného charakteru, bylo by možné měřit teplotu dosti přesně. Uvedené podmínky jsou však dosti těžko realizovatelné. Tato nepříjemná vlastnost		

VŠST LIBEREC	B M T	DP — STR. 42
		9. ŘÍJNA 1965
		M. Babica
	se dá odstranit tím, že se osa detektoru odkloní od kolmice k měřenému vzorku o určitý úhel $= 20$ až 60°. To záleží na stavbě textilního materiálu. Graficky na obr.č.21. 3) <u>Cizí záření.</u> Při užití článku PbS, který má podle charakteristiky dodavatele maximální citlivost v oboru viditelného záření, je nutné vyvarovat se chyb způsobených proměnným osvětlením vzorku. Nejlépe je, měřit v naprosto temném prostředí. V oboru ičz je nutné dát velmi dobrý pozor na odražené záření. Jak je známo, ičz má charakter elektromagnetického vlnění a respektuje všeobecně platný zákon o lomu a odrazu. Jak se ukázalo v prvních fázích zkoušek, i když se podle teorií textilní materiály přibližují svými vlastnostmi černému tělesu, hraje zde odražené záření podstatnou úlohu. Je tedy bezpodmínečně nutné s tím počítat, či vlastně navrhnout vhodné konstrukční provedení, aby byl tento zkreslující vliv vyloučen. K tomu lze použít vhodného odclonění a nebo (jak to bylo řešeno v našem případě) přiblížíme plášť zařízení do bezpre-	

VŠST LIBEREC	B M T	DP — STR. 43
		9. ŘÍJNA 1965
		M. Babica

střední blízkosti měřeného vzorku. V našem případě stačilo přiblížit se k měřenému vzorku na 5 - 9 mm.

4) Jiné vlivy

Z teoretického hlediska je možné, že zde budou hrát ještě úlohu některé fyzikální vlastnosti, jako barva a drsnost povrchu. V tomto směru nebyly získány informace, které by opodstatňovaly učinit jednoznačné závěry.

5) Naměřené výsledky pomocí cejchovací aparatury jsou v příloze.

Grafické zpracování:

Obr.č. 22 - celkové schéma zapojení (elektrické)

- foto č. I-2,3 rozváděcí skříňka
I-4,5 sledovací aparatura
I-6 vlastní detektor bez pláště
I-7,8 cejchovací zařízení
I-9,10 průběh amplitudy kmitu při velikosti vstupního okénka menší, než amplituda clony.
I-11,12 } Průběh amplitudy kmitu pro amplitudu clon větší, než šířka vstup.
13,14 }
14,15 } okénka
I-16,17 }
18,19 } Fotografie sestavního výkresu
20 }

Graf č.I cejchovní křivka

Tabulka I naměřené hodnoty pro cejchovní křivku

VŠST LIBEREC	B M T	DP — STR. 44 9. ŘÍJNA 1965 M. Babica
6.02. <u>Zkušební zpráva č. II</u> V tomto případě bylo použito měřicí čidlo PbS zapůjčené pro tyto účely z ČSAV. Výrobce čidla je anglická firma THE BRITISH THOMSON HOUSTON. Pro zapojení a práci stímto článkem bylo užito aparatury i zkušeností z hlavní práce. Citlivost článku se bez chlazení projevov_ala kolem 140°C. Při použití chlazení kapalným CO₂ bylo již možné sledovat i pokojové teploty. Avšak pro nedostatek chladícího media nebylo možné měření více rozvinout, Konstrukce uvedeného článku i jeho technická data, jako i spektrální citlivost jsou v této práci uveřejněna na fotografiích č. II-1 ..fotografie výkresu cely II-2 . spektrální citlivost II-3 . technická data II-4 . fotografie cely		

VŠST LIBEREC	B M T	DP — STR. 45
		9. ŘÍJNA 1965
		M. Babica
<u>6.03. Zkušební zpráva č. III.</u> Toto měření bylo provedeno s aparaturou zapůjčenou na UPG z ČSAV Brno. <u>Hlavní části.</u> 1) Golayův detektor, pracující na principu plynového teploměru. 2) Rotující clonka ze speciálním zařízením pro výrobu referenčního signálu, za pomoci fotonky 3) Elektrická zesilující aparatura. Postavenou aparaturu je možné vidět na fotografiích: - IV - 1 celkový pohled - IV - 2 celková dispozice - IV - 3 indukční snimač Popsanou aparaturou, která se jevila jako velmi citlivá, ale pro své uspořádání, nehodící se pro uplatnění v běžném provozu, byla provedena základní měření teploty při sušení textilního vzorku. Teplota sušícího se vzorku byla sledována zároveň s váhou vzorku a tím bylo možno vyhodnocovat průběh sušení. Měření však nebylo možné dokončit. Zapůjčená aparatura musela být mimořádně vrácena majiteli.		

6.04. Zkušební zpráva č. IV.

V rámci vypracování této práce bylo zapůjčeno a odzkoušeno čidlo na bezdotyk. měření teploty VUCHT Pardubice. (Konstruk-
tér článku ing. Vaněk.)

Podle sdělení výrobce bylo toto čidlo zhotoveno za účelem kontroly teploty povrchuchladících válců při výrobě a úpra-
vě papíru a některých jiných hmot.

Použití čidla na přerušovaný te-
pelný tok je vyloučeno. Jeho časová kon-
stanta je 20 sekund.

Poněvadž je tento základní parametr
i pro naše účely absolutně nevýhodný, bylo
rozhodnuto v dalším měření nepokračovat.

Společně s čidlem byla zapůjčena
výrobce i "Laboratorní zpráva č. 827 "
kde je možné se seznámit jak s technologií
výroby celého zařízení, tak i s naměřenými
hodnotami.

Fotografie čidla : foto č. N-3; IV-4

7.00.Cejchování aparatury. Viz foto 7,8.

Pro cejchování aparatury bylo navrženo a vyrobeno pomocné cejchovací zařízení.

(Výkres č. : DP-01-00 a 52

Jako zdroje tepla bylo použito 1-6 plynových hořáků spalujících svítiplyn. Jako ohřívací medium v nádobě byl užit glycerin, který byl během měření neustále míchán. Kontrola teploty byla prováděna čtyřmi teploměry. Před každým odečítáním hodnot byla pomocí seřízení hořáků nastavena rovnováha teploty media.

Při cejchování se počítalo s tím předpokladem, že že teplota měděné stěny (posice na výkrese č. DP-01) bude totožná s teplotou media.

Vzdálenost měřeného předmětu od čela byla měřena od 1-15 cm. Výsledky byly velmi blízké, takže se hodnoty navzájem prolínaly.

VŠST LIBEREC	B M T	DP — STR. 42
		9. ŘÍJNA 1965
		M. Babica
Podmínky, za jakých bude aparatura pracovat musí být předem známé a musí se s MM těmito počítat při cejchování aparatury. Kladné stránky problému jsou však tak podstatné, že je tato metoda v současném technic. světě stále v popředí zájmu.		

VŠST LIBEREC	B M T	DP — STR. 49 9. ŘÍJNA 1965 M. Babica																																																																																																			
8.01	<u>S e z n a m</u> užitých jednotek a označení. <table> <tr><td>$\vec{H}$</td><td>vektor magnetické indukce</td><td>$N.V^{-1}$</td></tr> <tr><td>$\vec{E}$</td><td>vektor elektrické indukce</td><td>$V.m^{-1}$</td></tr> <tr><td>c</td><td>rychlost světla $S=2,99.10^{10} cm.sec^{-1}$</td><td>$cm.sec^{-1}$</td></tr> <tr><td>$f$</td><td>kmitočet</td><td>$l.sec^{-1}$</td></tr> <tr><td>h</td><td>Plankova konstanta $h=6,624.10^{-34}$</td><td>$W.s^2$</td></tr> <tr><td>H</td><td>intensita vyzařování</td><td>$W.m^{-2}$</td></tr> <tr><td>σ</td><td>Stefan Boltzmanova kons. = $5,6687.10^{-8}$</td><td>$W.m^{-2}K^{-4}$</td></tr> <tr><td>T</td><td>absolutní teplota</td><td>$^{\circ}K$</td></tr> <tr><td>A</td><td>spektrální pohltivost</td><td>l</td></tr> <tr><td>λ</td><td>vlnová délka $\mu = 10^{-4} cm$</td><td>cm</td></tr> <tr><td>E_{kin}</td><td>kinetická energie</td><td>W_i</td></tr> <tr><td>R</td><td>ohmický odpor</td><td></td></tr> <tr><td>$\emptyset$</td><td>zářivý tok</td><td>$cal.sec^{-1}$</td></tr> <tr><td>C</td><td>tepelná kapacita</td><td>$cal.deg^{-1}$</td></tr> <tr><td>L</td><td>tepelná ztráta do okolí</td><td>$cal.sec^{-1}deg^{-1}$</td></tr> <tr><td>$t, \Delta t$</td><td></td><td>sec_i</td></tr> <tr><td>p</td><td>Laplaceův operátor</td><td></td></tr> <tr><td>$\mathcal{L}$</td><td>označení pro Laplaceův obraz funkce</td><td></td></tr> <tr><td>θ</td><td>teplota přijimače, jako rozdíl</td><td>$^{\circ}C$</td></tr> <tr><td>τ</td><td>$=C.L^{-1}$</td><td>$l.sec^{-1}$</td></tr> <tr><td>ω</td><td>úhlová rychlost</td><td>$rad.sec^{-1}$</td></tr> <tr><td>$\mathcal{L}$</td><td>Laplaceův obraz k originálu θ</td><td></td></tr> <tr><td>U</td><td>napětí</td><td>volt</td></tr> <tr><td>I</td><td>intensita</td><td>amper</td></tr> <tr><td>E</td><td>modul pružnosti v ohybu</td><td>kg/cm^2</td></tr> <tr><td>J</td><td>plošný moment setrvačnosti</td><td>cm^4</td></tr> <tr><td>T</td><td>posouvající síla</td><td>kp</td></tr> <tr><td>q</td><td>spojité zatížení</td><td>$kg.cm^{-1}$</td></tr> <tr><td>m</td><td>hmota</td><td>kg</td></tr> <tr><td>M</td><td>působící moment</td><td>$kg.cm$</td></tr> <tr><td>V</td><td>potenciální energie</td><td>$kg.cm$</td></tr> <tr><td>Pr</td><td>Prantlovo číslo</td><td>1</td></tr> <tr><td>Re</td><td>Reynoltzovo číslo</td><td>1</td></tr> </table>	$\vec{H}$	vektor magnetické indukce	$N.V^{-1}$	$\vec{E}$	vektor elektrické indukce	$V.m^{-1}$	c	rychlost světla $S=2,99.10^{10} cm.sec^{-1}$	$cm.sec^{-1}$	f	kmitočet	$l.sec^{-1}$	h	Plankova konstanta $h=6,624.10^{-34}$	$W.s^2$	H	intensita vyzařování	$W.m^{-2}$	σ	Stefan Boltzmanova kons. = $5,6687.10^{-8}$	$W.m^{-2}K^{-4}$	T	absolutní teplota	$^{\circ}K$	A	spektrální pohltivost	l	λ	vlnová délka $\mu = 10^{-4} cm$	cm	E_{kin}	kinetická energie	W_i	R	ohmický odpor		$\emptyset$	zářivý tok	$cal.sec^{-1}$	C	tepelná kapacita	$cal.deg^{-1}$	L	tepelná ztráta do okolí	$cal.sec^{-1}deg^{-1}$	$t, \Delta t$		sec_i	p	Laplaceův operátor		$\mathcal{L}$	označení pro Laplaceův obraz funkce		θ	teplota přijimače, jako rozdíl	$^{\circ}C$	τ	$=C.L^{-1}$	$l.sec^{-1}$	ω	úhlová rychlost	$rad.sec^{-1}$	$\mathcal{L}$	Laplaceův obraz k originálu θ		U	napětí	volt	I	intensita	amper	E	modul pružnosti v ohybu	kg/cm^2	J	plošný moment setrvačnosti	cm^4	T	posouvající síla	kp	q	spojité zatížení	$kg.cm^{-1}$	m	hmota	kg	M	působící moment	$kg.cm$	V	potenciální energie	$kg.cm$	Pr	Prantlovo číslo	1	Re	Reynoltzovo číslo	1	
$\vec{H}$	vektor magnetické indukce	$N.V^{-1}$																																																																																																			
$\vec{E}$	vektor elektrické indukce	$V.m^{-1}$																																																																																																			
c	rychlost světla $S=2,99.10^{10} cm.sec^{-1}$	$cm.sec^{-1}$																																																																																																			
f	kmitočet	$l.sec^{-1}$																																																																																																			
h	Plankova konstanta $h=6,624.10^{-34}$	$W.s^2$																																																																																																			
H	intensita vyzařování	$W.m^{-2}$																																																																																																			
σ	Stefan Boltzmanova kons. = $5,6687.10^{-8}$	$W.m^{-2}K^{-4}$																																																																																																			
T	absolutní teplota	$^{\circ}K$																																																																																																			
A	spektrální pohltivost	l																																																																																																			
λ	vlnová délka $\mu = 10^{-4} cm$	cm																																																																																																			
E_{kin}	kinetická energie	W_i																																																																																																			
R	ohmický odpor																																																																																																				
$\emptyset$	zářivý tok	$cal.sec^{-1}$																																																																																																			
C	tepelná kapacita	$cal.deg^{-1}$																																																																																																			
L	tepelná ztráta do okolí	$cal.sec^{-1}deg^{-1}$																																																																																																			
$t, \Delta t$		sec_i																																																																																																			
p	Laplaceův operátor																																																																																																				
$\mathcal{L}$	označení pro Laplaceův obraz funkce																																																																																																				
θ	teplota přijimače, jako rozdíl	$^{\circ}C$																																																																																																			
τ	$=C.L^{-1}$	$l.sec^{-1}$																																																																																																			
ω	úhlová rychlost	$rad.sec^{-1}$																																																																																																			
$\mathcal{L}$	Laplaceův obraz k originálu θ																																																																																																				
U	napětí	volt																																																																																																			
I	intensita	amper																																																																																																			
E	modul pružnosti v ohybu	kg/cm^2																																																																																																			
J	plošný moment setrvačnosti	cm^4																																																																																																			
T	posouvající síla	kp																																																																																																			
q	spojité zatížení	$kg.cm^{-1}$																																																																																																			
m	hmota	kg																																																																																																			
M	působící moment	$kg.cm$																																																																																																			
V	potenciální energie	$kg.cm$																																																																																																			
Pr	Prantlovo číslo	1																																																																																																			
Re	Reynoltzovo číslo	1																																																																																																			

VŠST LIBEREC	B M T	DP — STR.	50
		9. ŘÍJNA 1965	
		M. Babica	

Nu	Nusltovo číslo	
ν	kinetická vazkost	$m^2 \cdot sec^{-1}$
c_p	specifické teplo	$kcal \cdot kg^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$
ρ	měrná váha	$g \cdot cm^{-3}$
O	objem, množství	$m^3 \cdot sec^{-1}$
α	součinitel přestupu tepla	$kcal / m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$
λ	součinitel tepelné vodivosti	$kcal / m \cdot h \cdot ^\circ C$
ičz	infračervené záření	
BMT	přístroj na bezdotykové měření teploty	

VŠST LIBEREC	B M T	DP — STR. 51
		9. ŘÍJNA 1965
		M. Babica

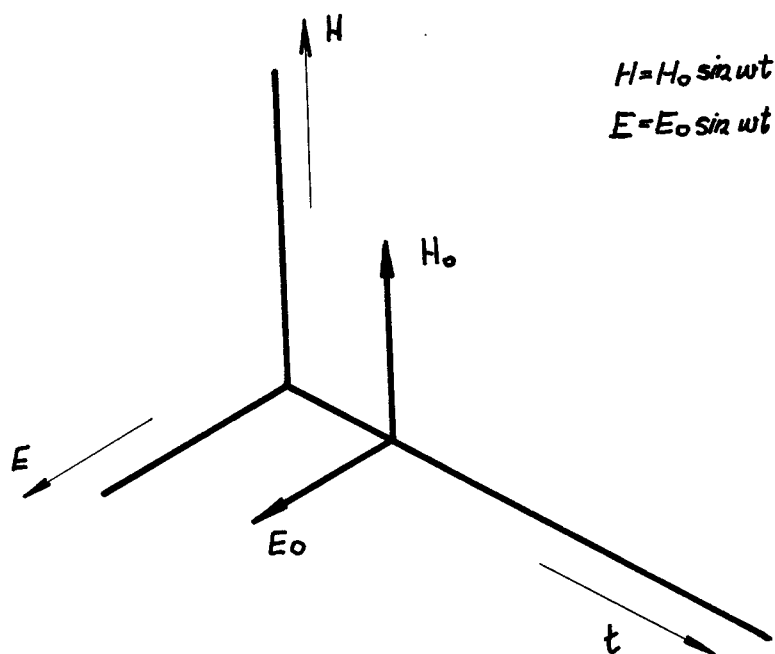
8.02. Seznam použité literatury.

(1)	Charles S.Barret	Struktúra kovů
(2)	Horák	Technická fyzika
(3)	Prof.Heimann	Patent 1960, Weisbaden
(4)	Prof.inž.C.Höschl	Nauka o kmitání
(5)	Dipl.fys. Kux	Messung von Temperature
(6)	prom.fys.Sodomka	Struktúra kovů
(7)	Prof.ing.Sýkora	Základy sdílení tepla
(8)	Vaško	Technika infračerveného záření
(9)	firemní literatura fy Thomson Houstoun	
(10)	firemní literatury fy AEI	
(11)	firemní literatura fy Hartmann & Braun	
(12)	firemní literatura fy Uher, WEIN	
(13)	Časopis Elektrotechnický obzor (Vaško - Ne-selektivní přijímače infračerveného záření)	
(14)	Zpráva č. 827,828 VUCHT Pardubice	
(15)	Zpráva ČSAV 76/59	

VŠST LIBEREC	B M T	DP — STR. 52
		9. ŘÍJNA 1965
		M. Babica

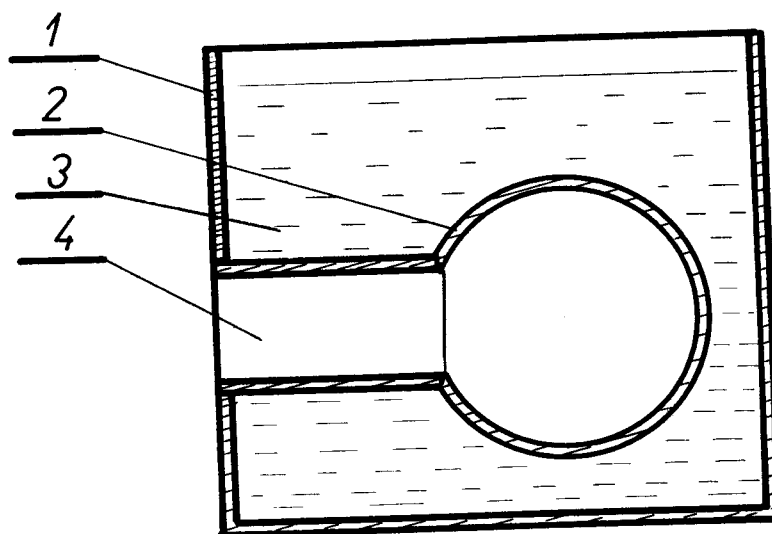
8.03. S e z n a m o b r á z k ů

Číslo obr.	téma
1	Znázornění elektromagnetického vlnění
2	Schéma cejchovního zařízení
3	Termistorový bolometr v můstkovém zapojení
4	Bolometr v můstkovém zapojení
5	Schema střídavého bolometru
6	Schema Golayova detektoru
7	Vakuový termočlánek
8	Schema zapojení vak.bolometru
9	Čidlo Hartmann & Braun
9a	Teplovní bilance přijímače
10	Zapojení čidla PbS
11	Princip rotující clonky
12	Scéma hlavní aparatury
13	Cyklus jednoho kmitu
14	Náhradní schéma kmitajícího nosníku
15	Náhradní schéma naší úlohy
16	Průběh budící síly
17	Schematické provedení chl.pláště
18	Cela PbS
19	Charakteristika článku PbS
20	Prostup tepla stěnou
21	Disposice aparátu při měření
22	Celkové schema aparatury
23	Elektric. zapojení ovladače



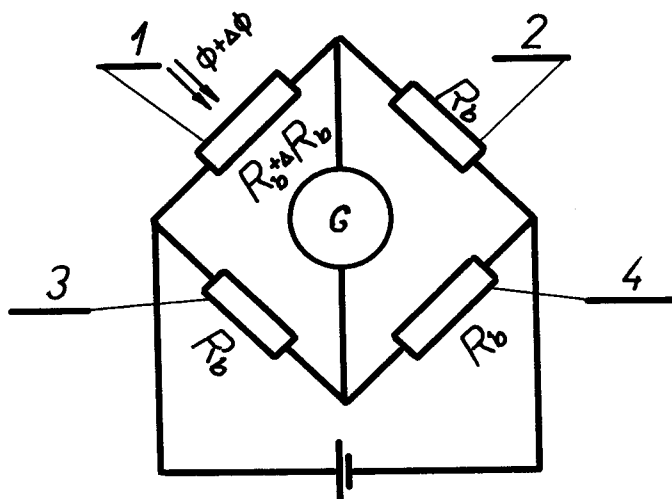
Obr.č. 1

H = magnetický vektor E = elektrický vektor



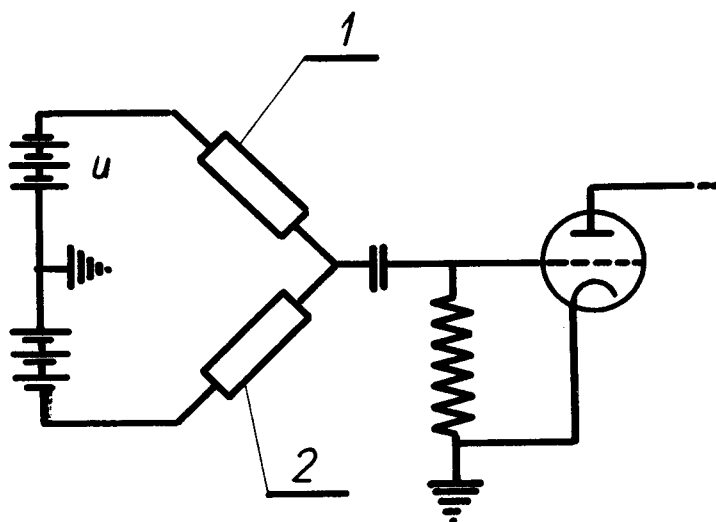
Obr. č. 2

1 - vana, 2 - dutá kul.nádoba, 3 - glycerinová lázeň, 4 - otvor pro měřicí aparaturu



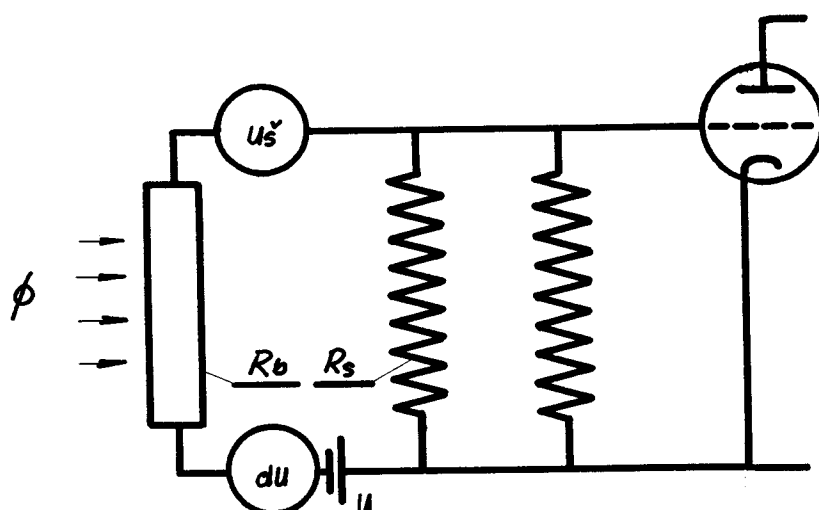
Obr. č. 4.

Schéma zapojení bolometru ve Wheatsonově můstku se stejnými odpory
 1 - měřicí proužek, 2 - kompenzační proužek
 3, 4 - vyrovnávací odpory můstku



Obr. č. 3

Termistorový bolometr můstkového zapojení
 1 -- měřicí bol. proužek, 2 - srovnávací bol. proužek

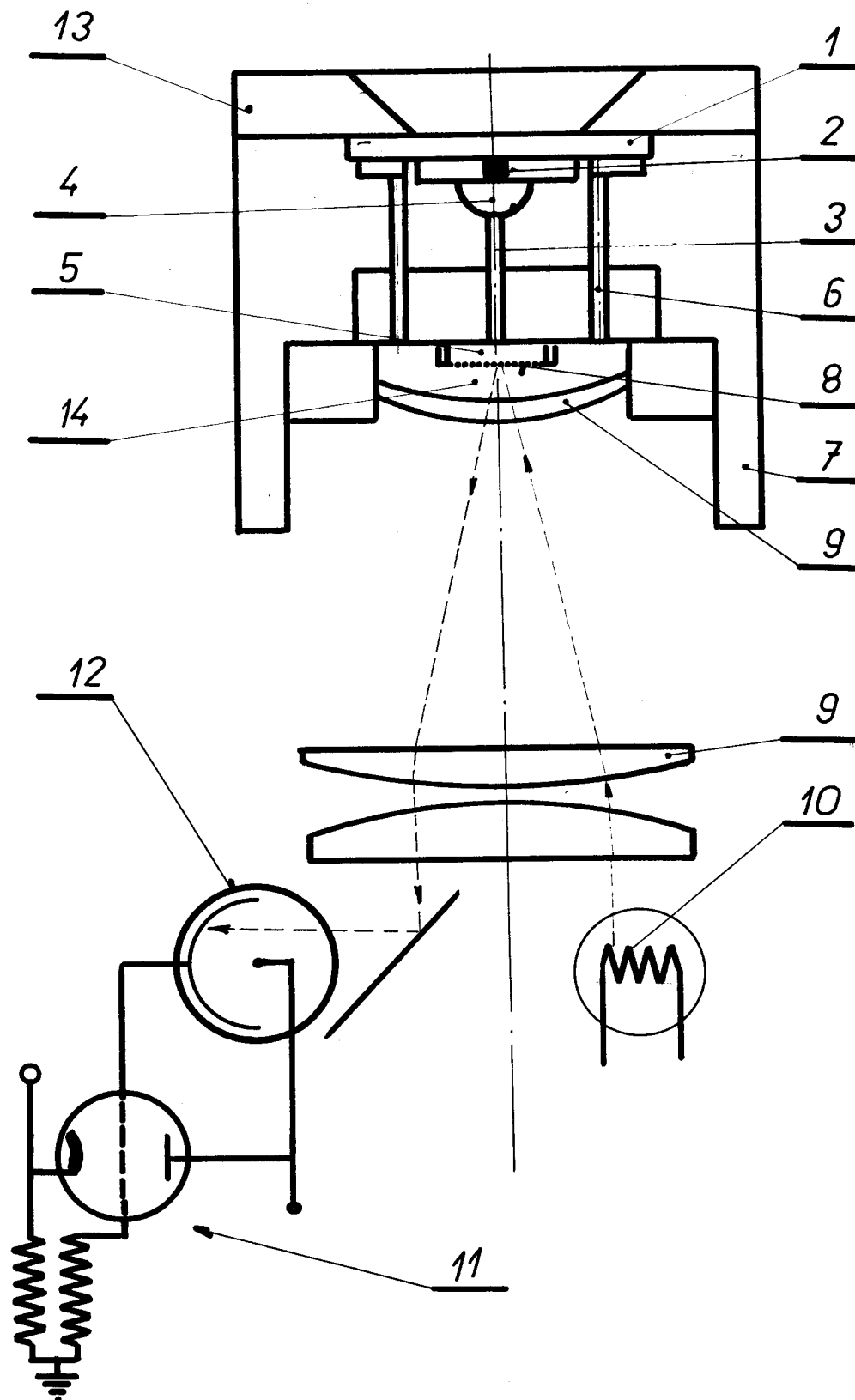


Obr. č. 5

Náhradní schéma střídavého bolometru.
 $d\phi$ - změna záření, R_b - bolometrický proužek
 u_s - šumové napětí, R_s - zatěžovací odpor

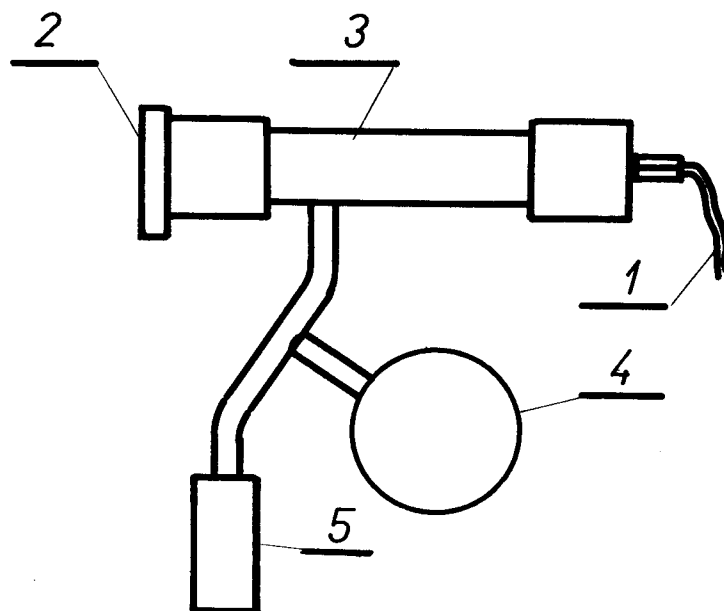
K obrázku č. 6

- 1 - vstupní okénko z KBr
- 2 - přijímací terčík
- 3 - hlavní kanálek
- 4 - komůrka za terčíkem
- 5 - komůrka před zrcadlem
- 6 - přepouštěcí kanálek
- 7 - nosná konstrukce
- 8 - pružné zrcadlo
- 9 - pomocná optika
- 10 - svítící žárovka
- 11 - zesilovací el. zařízení
- 12 - fotonka
- 13 - ochranné víko skříňky KBr
- 14 - vyrovnávací prostor



Obr. č. 6

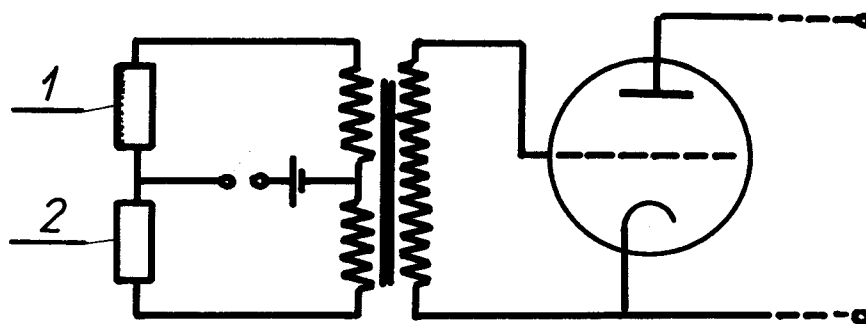
Schéma Golayova detektoru.
Vysvětlivky na str.:



Obr. č. 7 Vakuový termočlánek

1 - výstupní vodiče
 3 - plášť válce
 5 - zatavený konec

2 - vstup. okénko
 4 - vyrovnávací nádoba

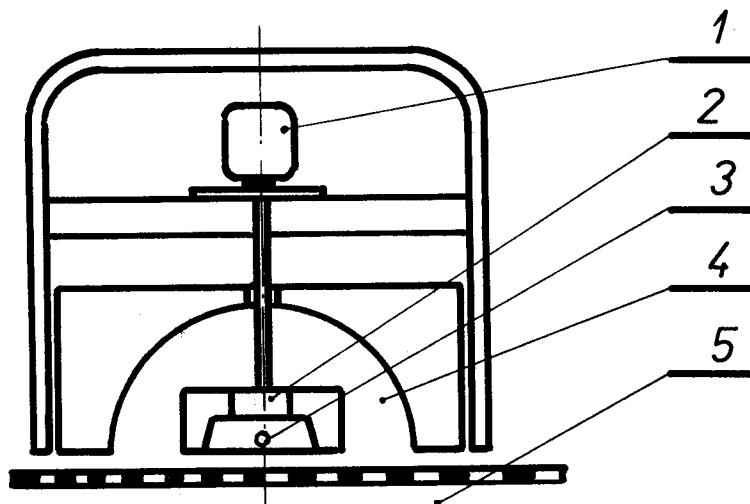


Obr. č. 8

Schéma zapojení vakuového bolometru

1 - měřicí proužek

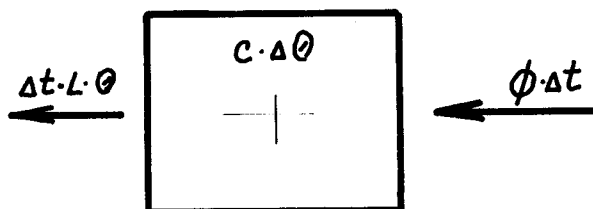
2 - vyrovnávací proužek



Obr. č. 9

Schematické znázornění BMT fy Hartmann und Braun z Elektroniky 4/65

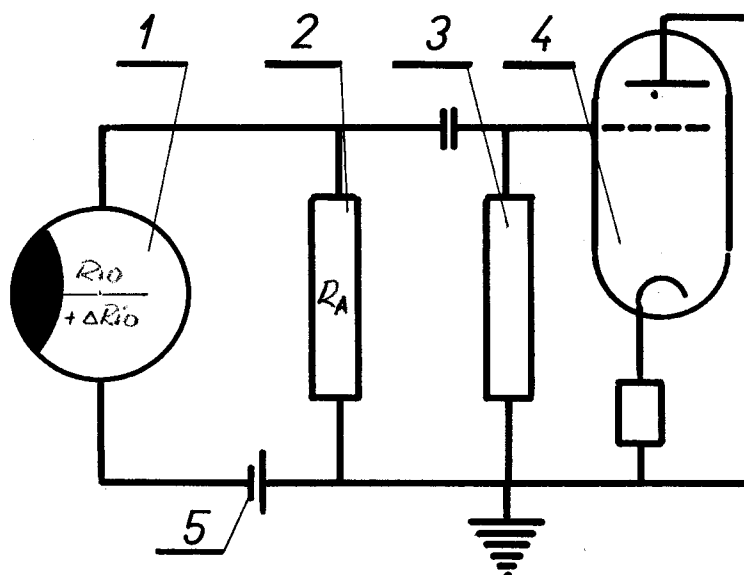
- 1 - motor, pohánějící olopatkované kolo
- 2 - olopatkované kolo vířící prostředí
- 3 - vlastní čidlo
- 4 - prostora, s vířivým prostředím
- 5 - pohybující se teplé těleso



Obr 9 a)

Znázornění tepelné bilance tepelného přijímače

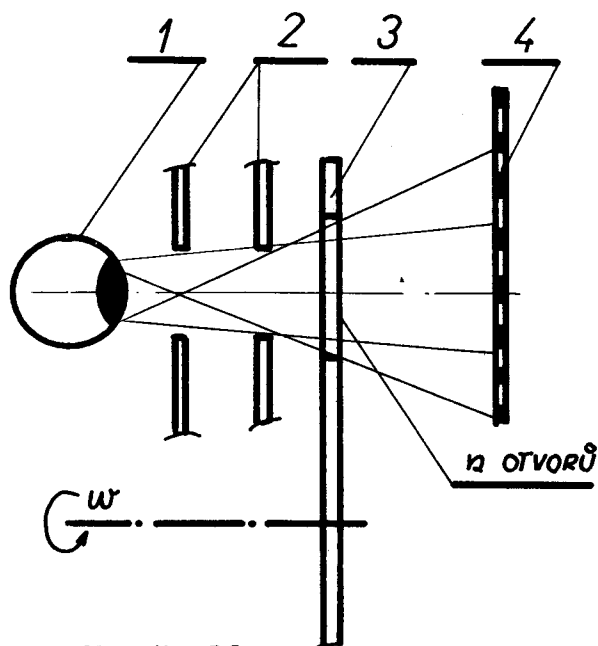
- $\phi \Delta t$ = energie pohlcená tělesem za čas Δt
- $c \Delta \theta$ = energie potřebná k zahřátí tělesa o Δt
- $\Delta t \cdot L \cdot \theta$ = energie vyzářená do okolí



Obr.č. 10

Schématické zapojení článku PbS

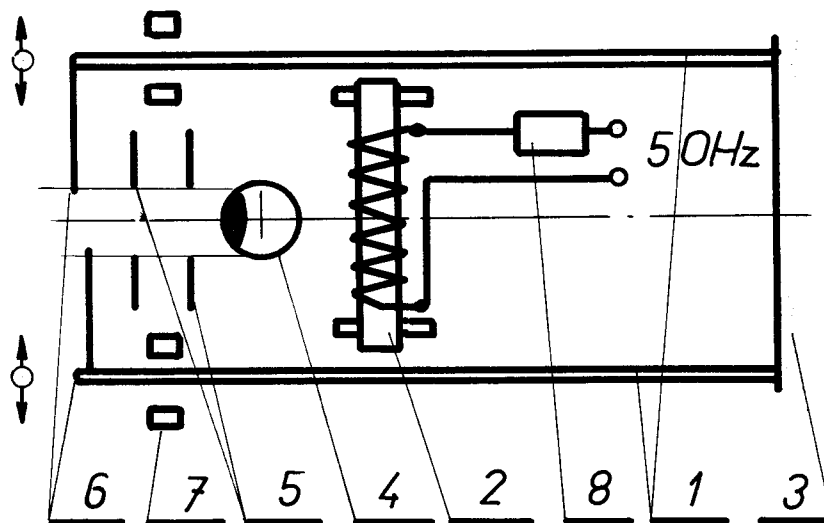
- 1 - PbS cela, fungující jako proměnný odpor
- 2 - zatěžovací odpor
- 3 - pojistný odpor proti přetížení
- 4 - zesilovací soustava
- 5 - zdroj



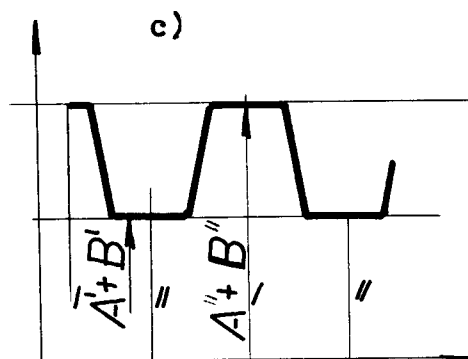
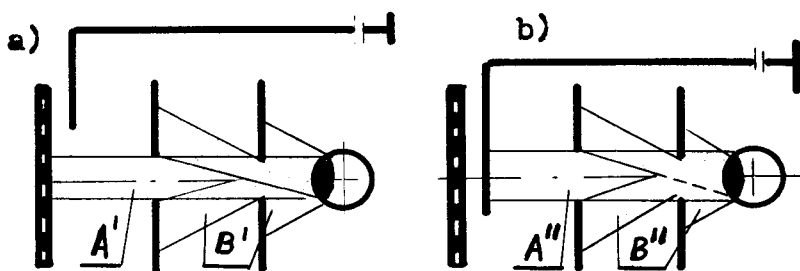
Obr.č. 11

Schématické znázornění principu rotující clonky.

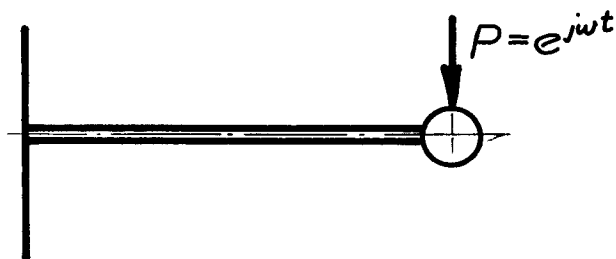
- 1 - citlivý článek
- 2 - vycloňovací zařízení
- 3 - rotující clona
- 4 - zahřátý materiál



Obr. č. 12 Schema navržené aparatury
 1 - kmitající listy, 2 - budič, 3 - rám
 4 - celá PBS, 5 - vycloňovací zařízení, 6 - kmitající clona, 7 - omezovače amplitudy, 8 - 36NP75

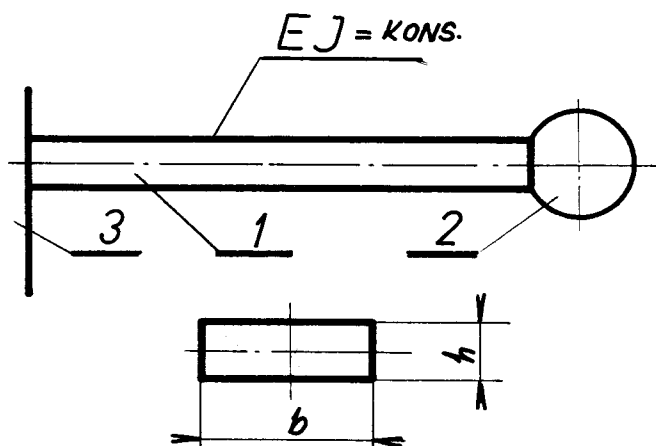


Obr. č. 13, a, b, c
 a) znázornění dopadajícího záření při odclonění
 $\phi = A + B$
 b) totéž při zaclonění
 $\phi = A'' + B''$
 c) znázornění funkce
 $\phi = f(w, t)$



Obr.č. 14.

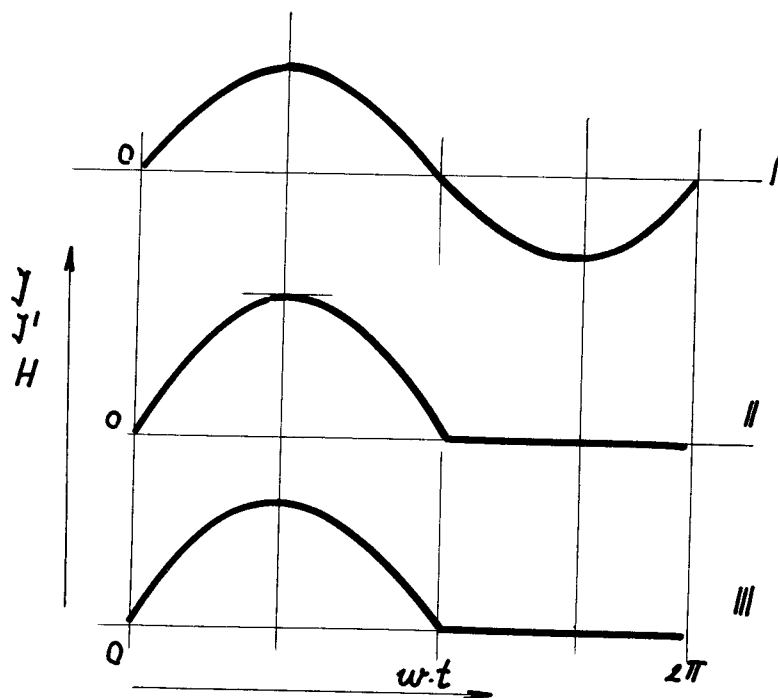
Náhradní schéma kmitajícího tělesa při budící síle $P = e^{j\omega t}$



Obr.č. 15

Konkrétní náhradní schéma pro výpočet nej-
nižšího vlastního kmitočtu soustavy

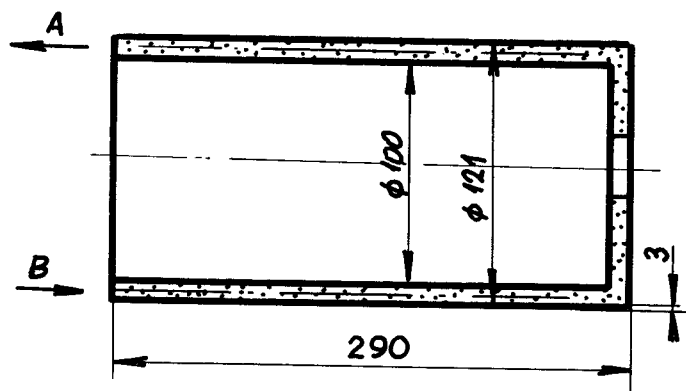
- 1 - představuje hmotu vlastního nosníku
- 2 - představuje redukovanou hmotu kmitající
clony
- 3 - rám



Obr.č. 16

Grafické znázornění průběhu proudu a intensity magnetické síly v budiči.

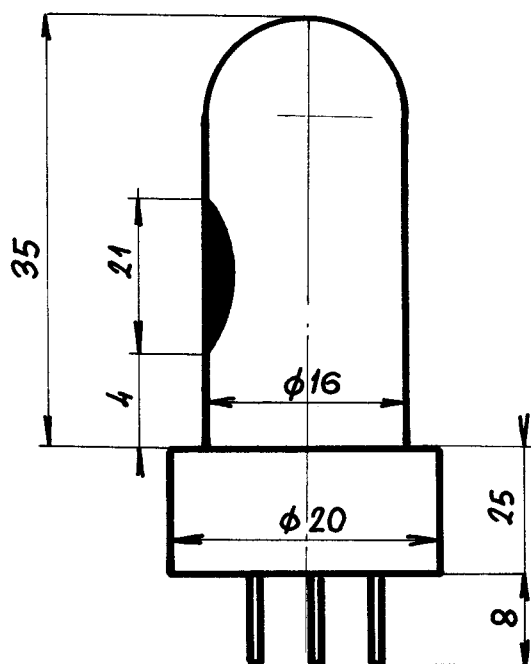
- I - průběh napětí neusměrněného proudu (J)
- II - průběh napětí usměrněného proudu (J')
- III - průběh intensity mag.toku v jádře magnetu (H)



Obr. č. 17

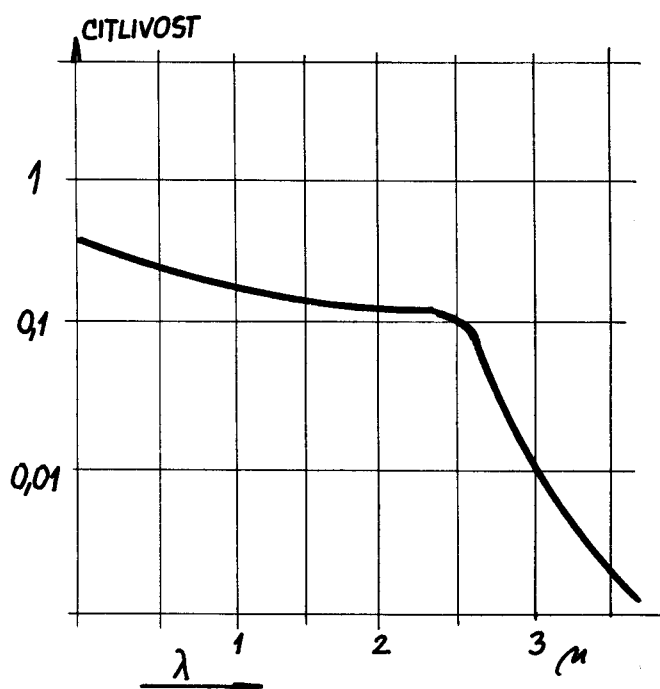
Schematické znázornění ochranného pláště pro výpočet.

- A - odvádění ohřáté vody
- B - přívod chladné vody



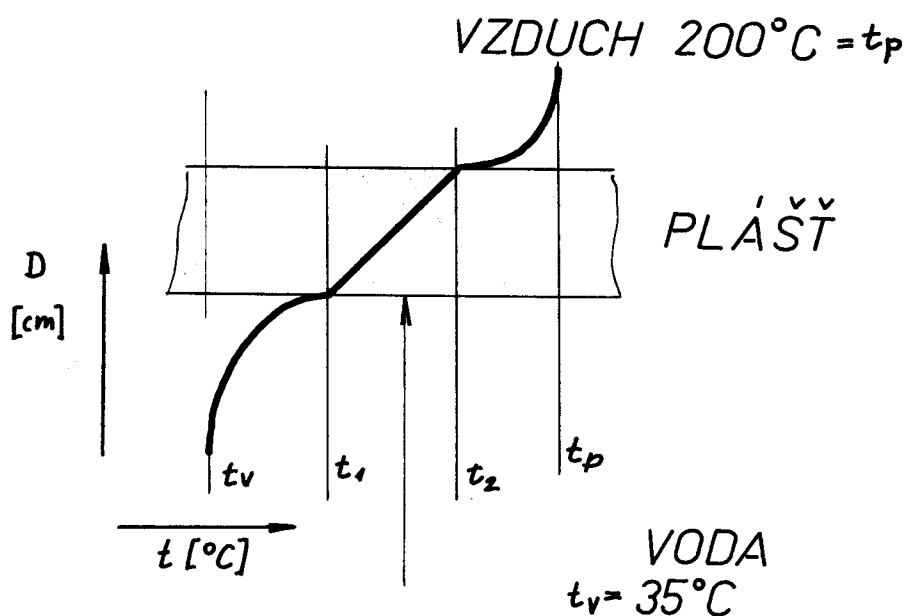
Obr. č. 18

Cela PbS použitá v postaveném zařízení



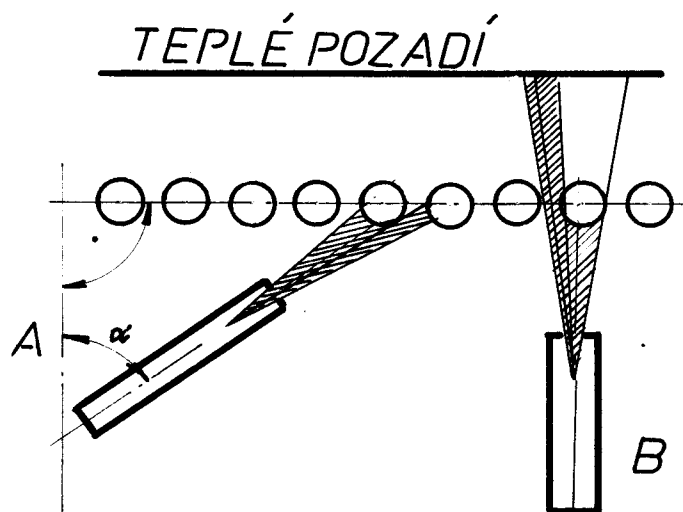
Obr. č. 19

Charakteristika použité cely PbS, dodané výrobcem.



Obr.č. 20

Znázornění prostupu tepla stěnou

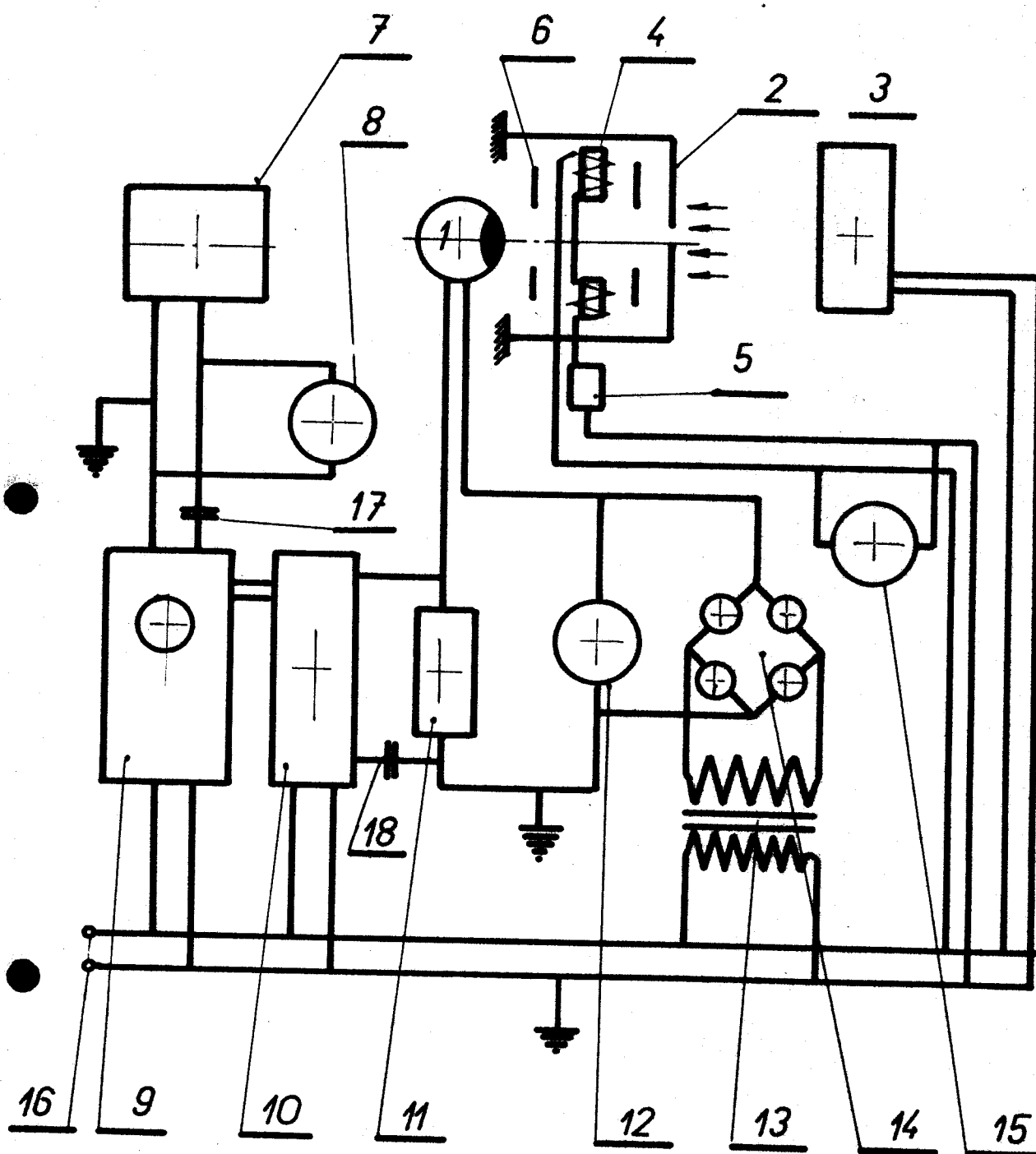


Obr. 21

Zdůvodnění proč musí být osa aparatury nakloněna od kolmice textil.materiálu-graficky

A - poloha nakloněného tubusu; $= 20-60^{\circ}$

B - poloha nenakloněného tubusu. Z obrázku je patrné, že do detektoru dopadá též část velmi intenzivního záření z pozadí.



Obr. č. : 22

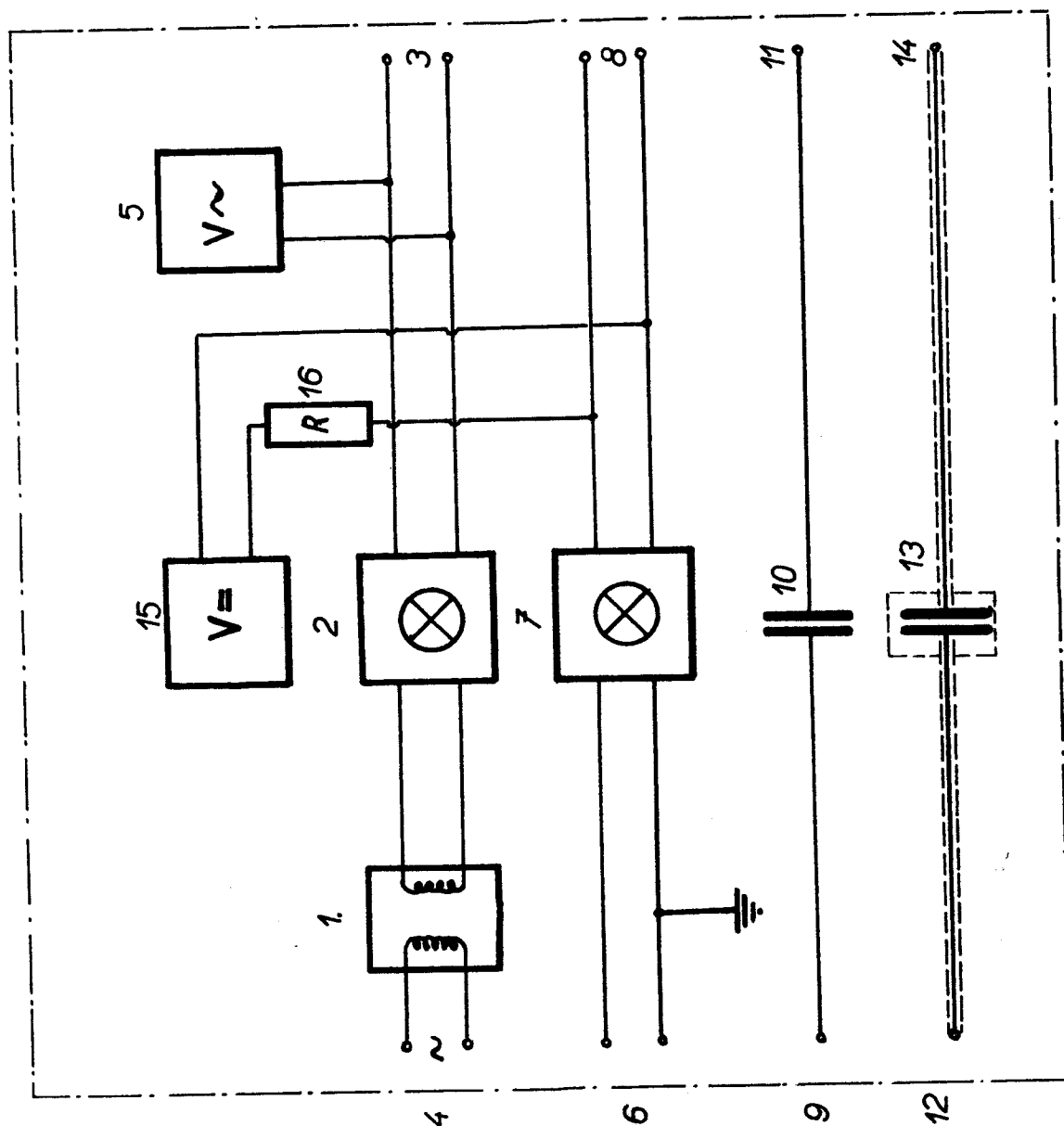
Celkové schéma sporectvy

VŠST LIBEREC	B M T	DP — STR. 66
		9. ŘÍJNA 1965
		M. Babica

Legenda k obr.č.: 22

- 1 - cel_a PbS
- 2 - kmitající clon_a
- 3 - tepelný zářič
- 4 - elmag.budič kmitů
- 5 - usměrňovací křemíková elektronka
- 6 - vycloňovací zařízení
- 7 - registrační zařízení
- 8 - kontrolní voltmetr
- 9 - osciloskop Křížík
- 10 - předzesilovač Křížík
- 11 - Zatěžovací odpor 800 kΩ
- 12 - kontrolní voltmetr
- 13 - Regulační transformátor
- 14 - usměrňovač
- 15 - kontrolní voltmetr
- 16 - svorky 220 Volt
- 17 - pomocný kondensátor 50 pF
- 18 - pomocný kondensátor 100 mF

Mimo to byl ještě na odstínění anodového obvodu použit elektrolytický kondensátor 16 mF, který není ve schematu uveden.



1. TRANSFORMÁTOR 220/60 V
2. POTENCIOMETR S VYPÍNAČEM 1K Ω
3. VÝSTUP SVORKY PRO NAPÁJENÍ BUDIČE.
4. VSTUPNÍ SVORKY PRO NAPÁJENÍ BUDIČE
5. VOLTMETR $\approx 0-80V$
6. VSTUP SVORKY ANODOVÉHO OBVODU
7. POTENCIOMETR 5M Ω S VYPÍNAČEM
8. VÝSTUP SVORKY ANODOVÉHO OBVODU
9. VSTUP SVORKY PRO ZAPOJENÍ PŘEZESILOVAČE
10. KONDENZÁTOR 10 pF
11. VÝSTUP SVORKY PŘED ZESILOVAČÍ
12. VSTUPNÍ SVORKA PRO ZAPOJENÍ REGISTRAČNÍHO ZŘÍZENÍ
13. KONDENZÁTOR 50 μ F
14. VÝSTUPNÍ SVORKA PRO ZAPOJENÍ REGISTRAČNÍHO ZŘÍZENÍ
15. VOLTMETR 0-90V
16. PŘEDŘÁZENÝ ODPOR 800 Ω .

VŠST LIBEREC	B M T	DP — STR. 68
		9. ŘÍJNA 1965
		M. Babica

8.04. Seznam fotografií.	
Číslo fotografie	téma
I - 1	Měřicí aparatura s Golayovým de- tektorem pro sledování povrchové teploty tex.vzorku
I - 2,3	Fotografie el.ovladače
I-- 4,5	Sledovací soustava
I - 6	Aparatura bez ochrann.pláště
I - 7,8	Pohled na aparaturu při cejchování
I - 9,10	Obraz zkreslených nežádáných kmitů
I - 11,12-15	Obraz správných žádaných kmitů
I - 16	fotokopie hlavní sestavy
II - 1	Fotografie výkresu cely PBS - TH
II - 2	Charakteristiky výrobce pro celu PbS
II- 3	Technické údaje výrobce pro PbS
II - 4	Fotografie článku PbS - TH
IV / 1	Článek VUCHT Pardubice
V - 1,2,3	Prospekty fy AEI
V - 4	Prospekty fy Uher WIEN

VŠST LIBEREC

B M T

DP — STR. 69

9. ŘÍJNA 1965

VŠST LIBEREC

B M T

DP — STR. 69

9. ŘÍJNA 1965

M. Babica

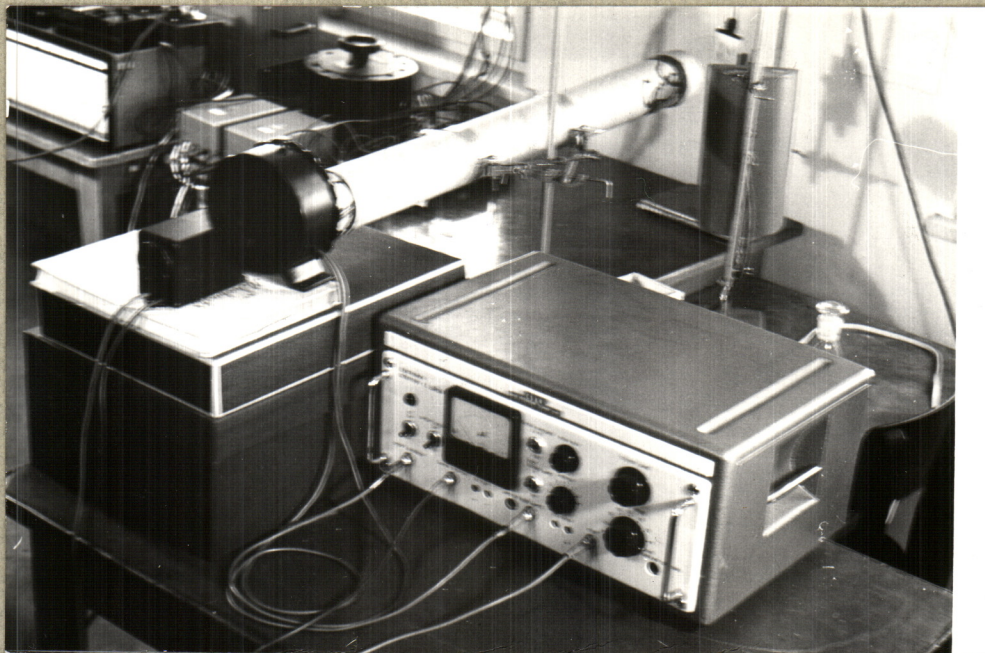


Foto
I-1

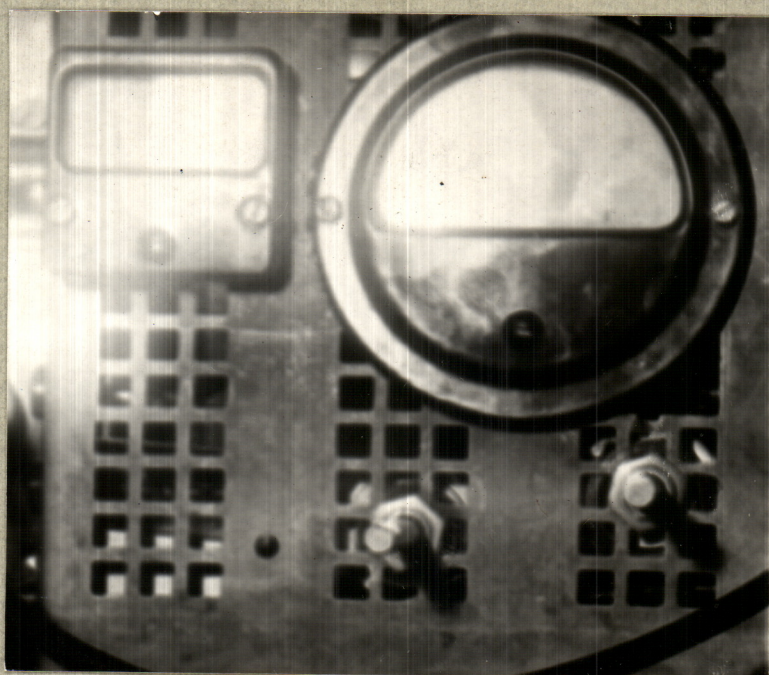


Foto
I-2

VŠST LIBEREC

B M T

DP — STR. 70

9. ŘÍJNA 1965

M. Babica

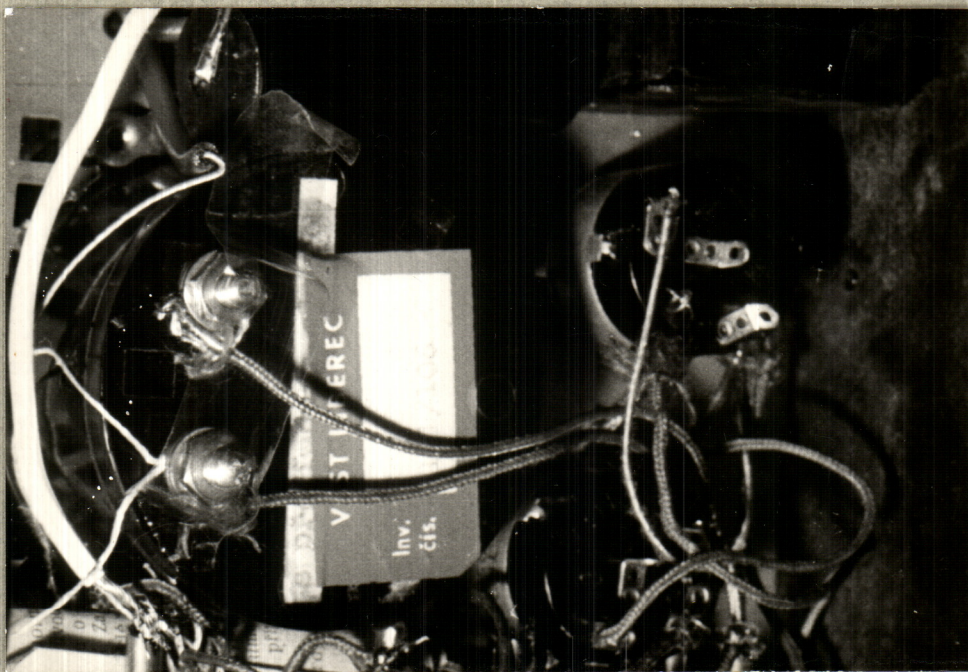


Foto
I-3

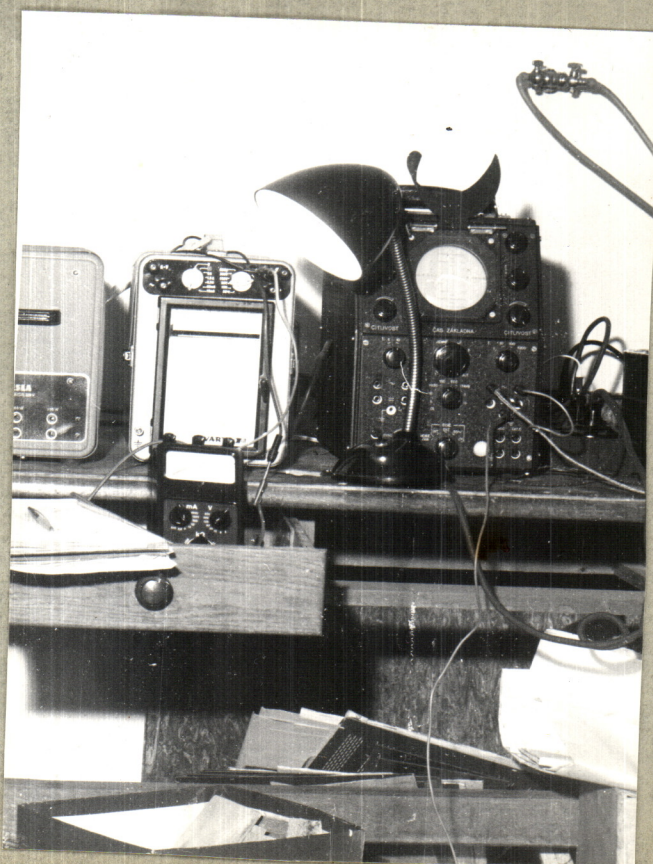


Foto
I-4

VŠST LIBEREC

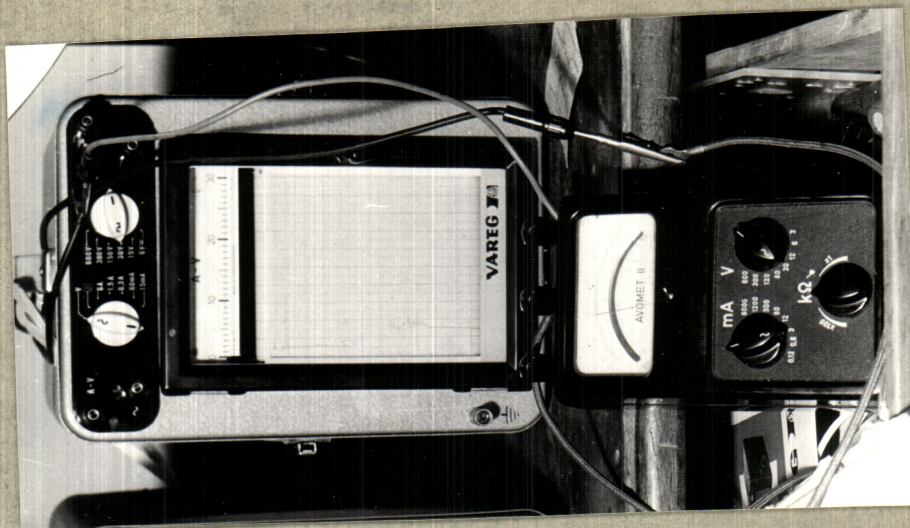
B M T

DP — STR.

71

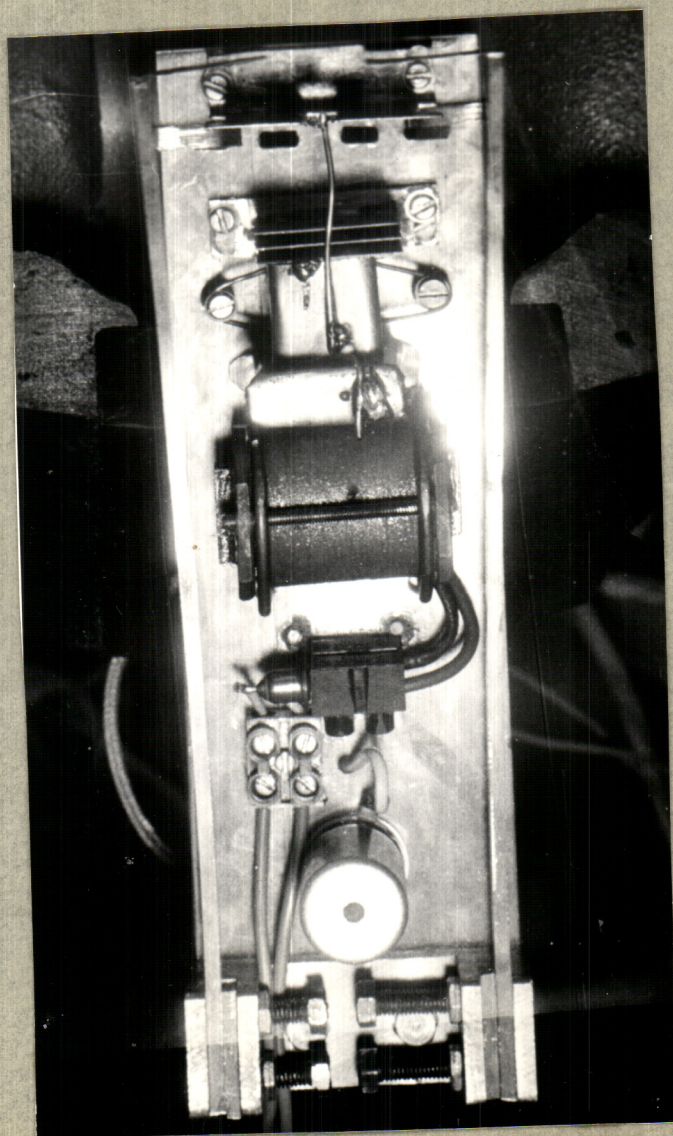
9. ŘÍJNA 1965

M. Babica



Foto

I-5



Foto

I-6

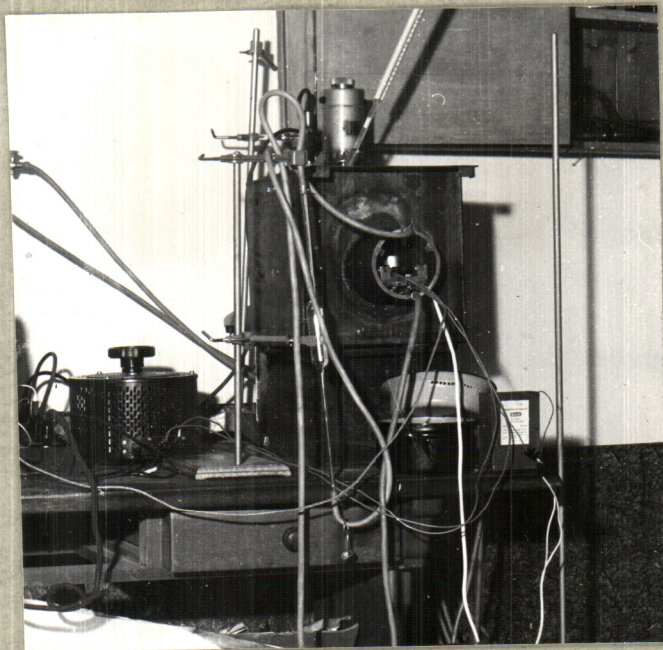
VŠST LIBEREC

B M T

DP — STR. 72

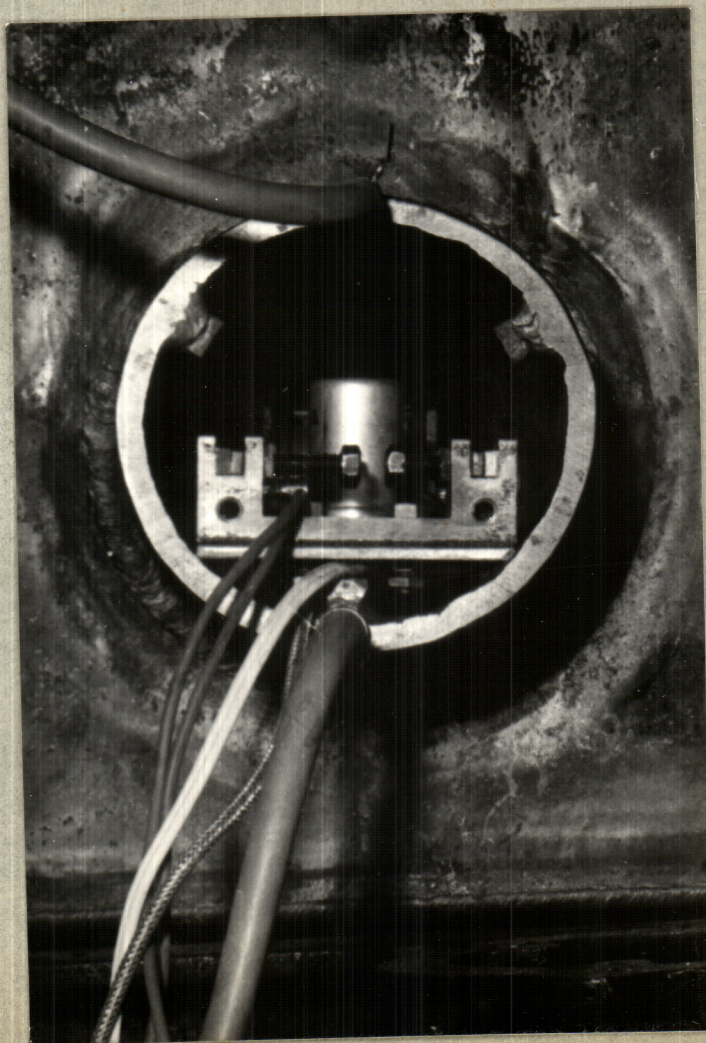
9. ŘÍJNA 1965

M. Babica



Foto

I-7



Foto

I-8

VŠST LIBEREC

B M T

DP — STR. 73

9. ŘÍJNA 1965

M. Babica

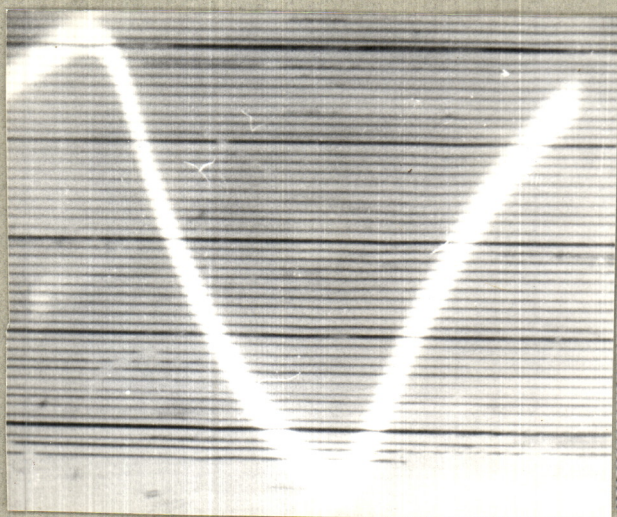


Foto č. I-9

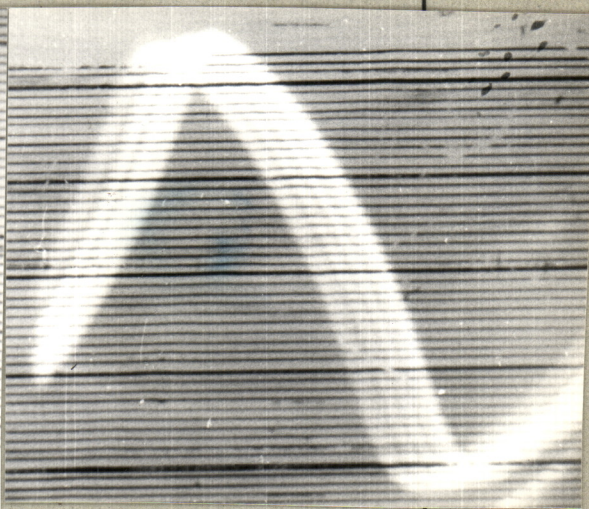
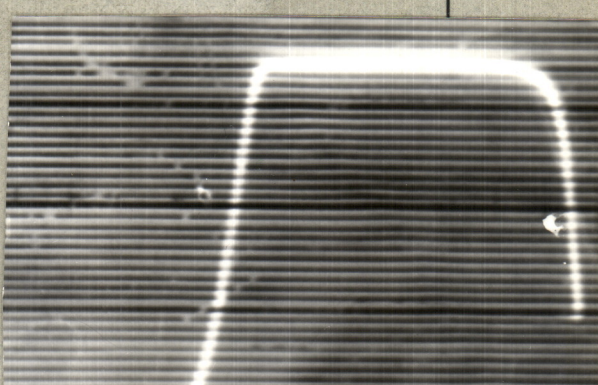
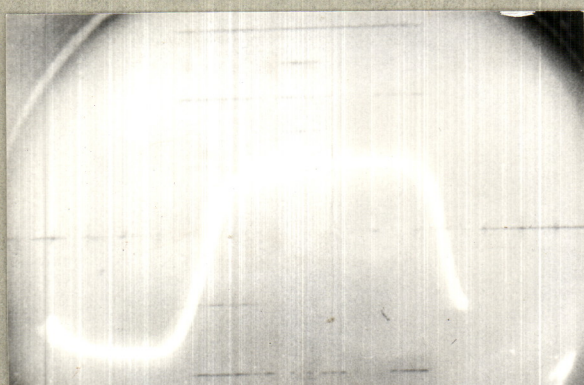


Foto č. I-10



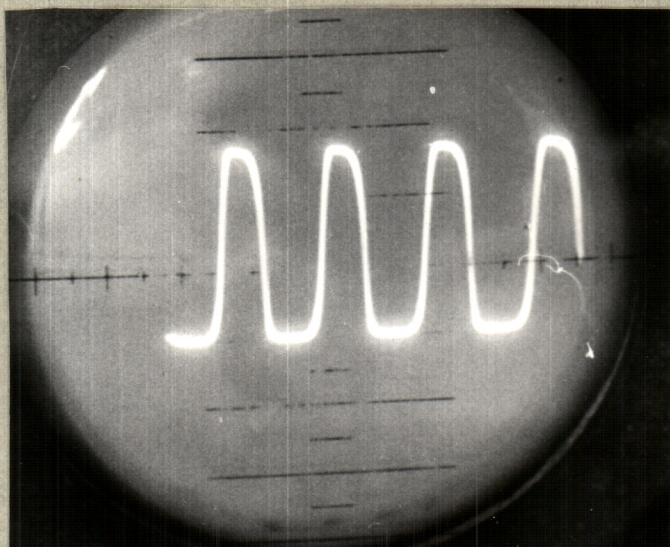
VŠST LIBEREC

B M T

DP — STR. 74

9. ŘÍJNA 1965

M. Babica



Foto

č. I-13



Foto

č.

I-14



Foto

č.

I-15

VŠST LIBEREC

B M T

DP — STR.

75

9. ŘÍJNA 1965

M. Babica

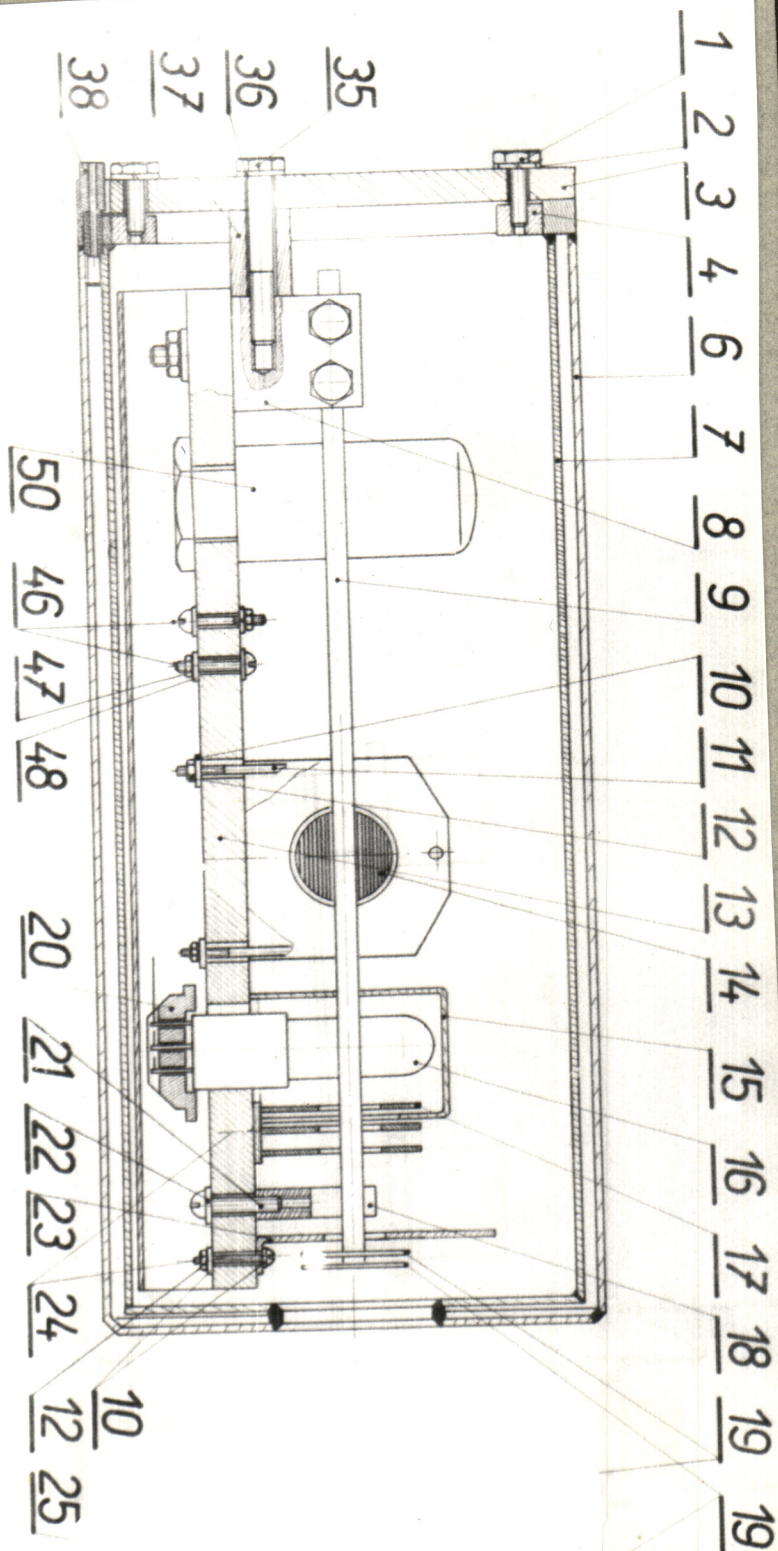


Foto č. I-16

VŠST LIBEREC

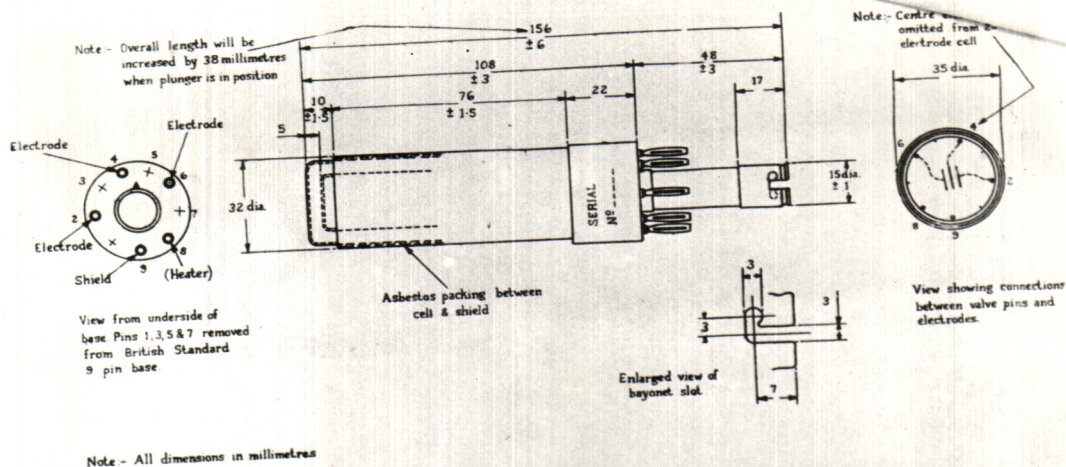
B M T

DP — STR.

76

9. ŘÍJNA 1965

M. Babica



MATERIAL OR PATTERN		NAME OF PART		REVISION TABLE	
4	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1
23	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1
26	1	1	1	1	1
27	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1
31	1	1	1	1	1
32	1	1	1	1	1
33	1	1	1	1	1
34	1	1	1	1	1
35	1	1	1	1	1
36	1	1	1	1	1
37	1	1	1	1	1
38	1	1	1	1	1
39	1	1	1	1	1
40	1	1	1	1	1
41	1	1	1	1	1
42	1	1	1	1	1
43	1	1	1	1	1
44	1	1	1	1	1
45	1	1	1	1	1
46	1	1	1	1	1
47	1	1	1	1	1
48	1	1	1	1	1
49	1	1	1	1	1
50	1	1	1	1	1
51	1	1	1	1	1
52	1	1	1	1	1
53	1	1	1	1	1
54	1	1	1	1	1
55	1	1	1	1	1
56	1	1	1	1	1
57	1	1	1	1	1
58	1	1	1	1	1
59	1	1	1	1	1
60	1	1	1	1	1
61	1	1	1	1	1
62	1	1	1	1	1
63	1	1	1	1	1
64	1	1	1	1	1
65	1	1	1	1	1
66	1	1	1	1	1
67	1	1	1	1	1
68	1	1	1	1	1
69	1	1	1	1	1
70	1	1	1	1	1
71	1	1	1	1	1
72	1	1	1	1	1
73	1	1	1	1	1
74	1	1	1	1	1
75	1	1	1	1	1
76	1	1	1	1	1
77	1	1	1	1	1
78	1	1	1	1	1
79	1	1	1	1	1
80	1	1	1	1	1
81	1	1	1	1	1
82	1	1	1	1	1
83	1	1	1	1	1
84	1	1	1	1	1
85	1	1	1	1	1
86	1	1	1	1	1
87	1	1	1	1	1
88	1	1	1	1	1
89	1	1	1	1	1
90	1	1	1	1	1
91	1	1	1	1	1
92	1	1	1	1	1
93	1	1	1	1	1
94	1	1	1	1	1
95	1	1	1	1	1
96	1	1	1	1	1
97	1	1	1	1	1
98	1	1	1	1	1
99	1	1	1	1	1
100	1	1	1	1	1

OUTLINE OF LEAD SULPHIDE CELL BTH CHEMICAL TYPE C

M1776681

THE BRITISH THOMSON HOUSTON CO. LTD. RUGBY

DRN BY: [Signature] DATE: 27 Jan 67

TR'D BY: [Signature] DATE: []

CH'D BY: [Signature] DATE: []

INSP BY: [Signature] DATE: []

Foto č. II-1

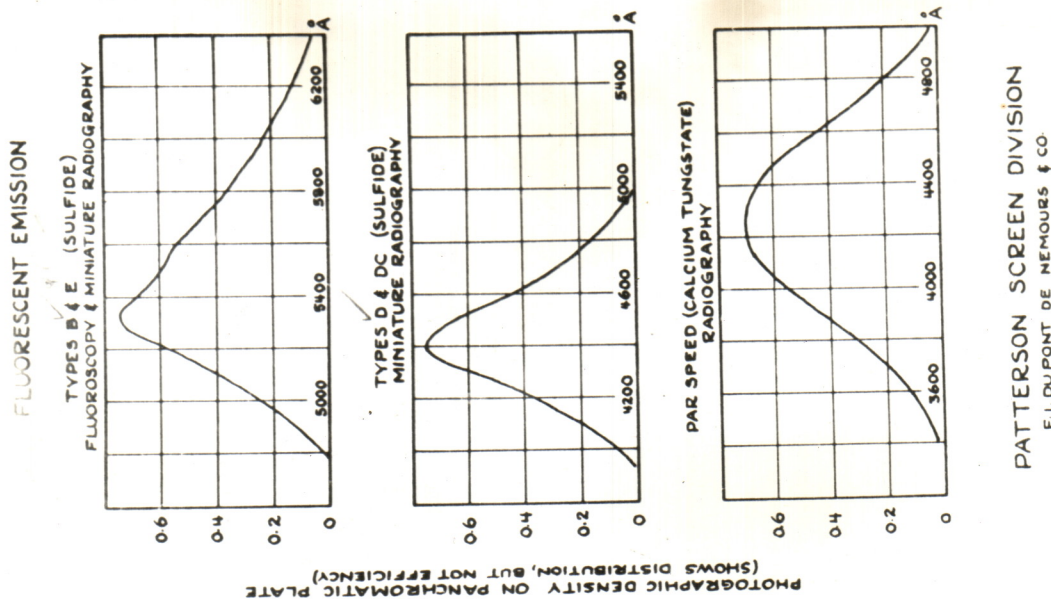


Foto č. II-2

Snímání teploty hradlovým článkem PbS-typ C.

Hradlový článek PbS/výrobek angl. firmy Thompson Houston/ je konstruován tak, aby jej bylo možno používat pro snímání nízkých a středních teplot od teploty místnosti dolů.

Pro nízké teploty musí teplota fotocitlivé vrstvy sírníku olova v hradlovém článku být alespoň řádově nižší, než je teplota nejnižší kterou chceme snímat. Z toho důvodu doporučuje výrobce onalazení článku tekutým CO_2 .

Problém ss zesilovače a odstranění šumivého vlivu šumivého/temného/proudu, vyřešen v daném případě přerušováním dopadajícího tepelného záření lopatkovým kotoučem, čímž na svorkách hradlového článku dostáváme střídavé napětí. Toto je zesilováno zesilovačem o zisku cca 42.000, dále usměrnováno Westonovým čtyřčlávkovým můstkem a jeho velikost indikována miliampermetrem. Za normální teploty PbS článku se začal vliv teploty projevovat teprve při zářivé teplotě nad 1400°C u zdroje. Přitom vzdálenost mezi článkem a oteplovaným předmětem /sedo-hnědá hmota/ byla asi 85cm a před článkem byla umístěna fokusáční čočka s $f = 12\text{cm}$. Tepelný paprsek byl přerušován lopatkovým třilistovým kotoučem, který se otáčel rychlostí cca 1150 r/min . Přerušovací frekvence byla tudíž $1.150 \times 3/60 = 57 \text{ c/s}$.

Některé naměřené hodnoty

Osazení zesilovače	2xNZ220	Počet zesilovacích stupňů	4
Anodové napětí	250 V	Odebíraný celkový proud I_a	$= 7\text{mA}$
Střídavá složka na prvním zesilovacím dvojstupni	$E_{st} = 6\text{mV}$	Střídavá složka na druhém zesilovacím dvojstupni	$E_{st} = 300\text{mV}$
Střídavé výstupní napětí vstup nakrátko E výst	$= 0.25\text{V}$	Celkové zesílení Zcca	$= 42.000$
/Evýst. bylo vykompensováno tak, aby ručička indikátoru ukazovala 0 při začátku měření/		Střídavé napětí na hradlovém článku	$E_{st} = 0.004\text{Veff}$

Zařízení je podle výsledků dosažených velmi citlivé, zvláště je-li fotocitlivá vrstva článku alespoň o jeden řád nižší nežli teplota snímání. Pokusy zjištěno, že lze spolehlivě snímat teplotu olejového přamínku/olejový kahan/ ze vzdálenosti 20 až 30m a teplotu hořící cigarety/povrch pokryt již nehořícím popelem/ ze vzdálenosti 10 až 15m, jestliže je použito optického kondenzátoru-fokusující čočky.

Schema zapojení zesilovače pro fotočlávkový snímač teploty a diagram závislosti výstupního napětí na teplotě jsou ve zvláštní příloze.

Foto

č.II-3



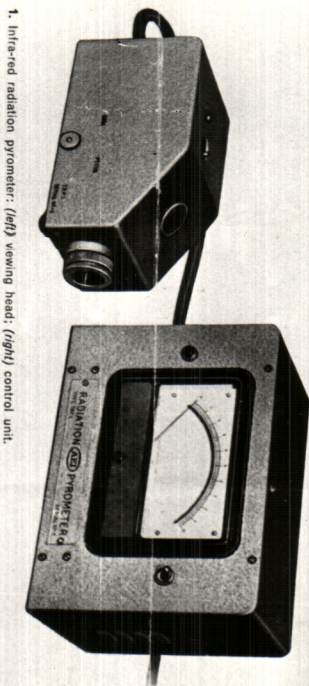
Foto

II-5



Associated Electrical Industries Limited
Electronic Apparatus Division

INFRARED RADIATION PYROMETER Type TRP AND PYROMETRIC CONTROLLER



1. Infrared radiation pyrometer: (left) viewing head; (right) control unit.

Light and easy to set up and operate
Accuracy within $\pm 2\%$
No direct contact with heated surface
High-speed response to temperatures
of moving objects
Wide overall temperature range —
150 C to 2000 C



2. Pyrometric controller.

Foto č. V-1

AEI INFRARED RADIATION PYROMETER AND CONTROLLER

THIS INSTRUMENT provides a ready means of ascertaining the temperature of a surface by measuring the intensity of the infrared radiation which the surface emits. It is light and easy to set up and operate, and lends itself to production-line service. It provides consistent readings, with an accuracy of $\pm 2\%$.

The controller, available as an optional extra, enables the pyrometer to be used to switch external apparatus on or off at predetermined temperatures.

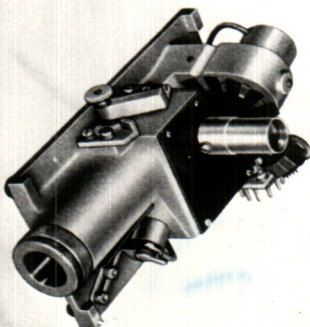
DESCRIPTION

The pyrometer comprises two units—the viewing head and the control unit—each in a stout metal case. The infra-red-sensitive element, housed in the viewing head, is a lead-sulphide cell, located behind a rotating “chopper”, or serrated disc, in such a manner that it is irradiated alternately by the heated surface under test and by a tungsten-filament comparison-lamp. An alternating voltage is thus produced across the cell; the value of this voltage will be zero if the level of radiation from the two sources is the same.

The circuit in the control unit adjusts the comparison-lamp current so that the alternating voltage across the lead-sulphide cell is kept to a minimum. This current-adjustment is entirely automatic, requiring no attention from the operator; and it is the lamp current, indicated on the meter at the front of the unit, which is a function of the temperature of the surface under test. The cell is thus used as a “null” detector, and the small inherent drift in its sensitivity is unimportant.

OPERATION

The incoming infrared radiation is focused onto the lead-sulphide cell by an objective lens, mounted

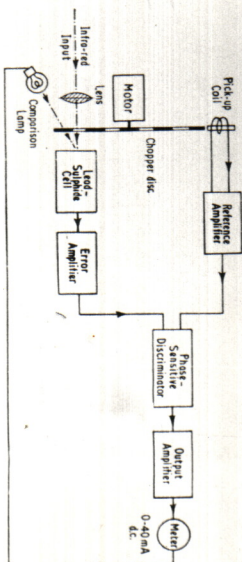


3. Viewing head—cover removed.

at the inner end of the lens tube. The sensitivity of the pyrometer is such that it is necessary when measuring high temperatures to attenuate the incoming radiation to bring the meter current within the range of the instrument. For this purpose, two removable “stops”, or masks, are provided for insertion into the lens tube: one reduces the aperture area by ten and the other by one hundred. Further attenuation can be obtained by interposing heat-absorbing glass (viz. an infra-red filter) between the surface under test and the viewing head.

Use of the stops provides three temperature ranges: 150 C—400 C on full aperture; 300 C—600 C on the medium aperture stop; and 400 C—1200 C on the small aperture. The last range can be extended to 2000 C by the use of an infra-red filter. The lowest range is used for bodies at “black” heat.

The viewing head is provided with a view-finding



4. Schematic circuit diagram of infrared radiation pyrometer.

Foto č. V-2

6. Measuring and recording temperatures during labile glass-working operation, by means of an infrared radiation pyrometer and a Cambridge electronic recorder.



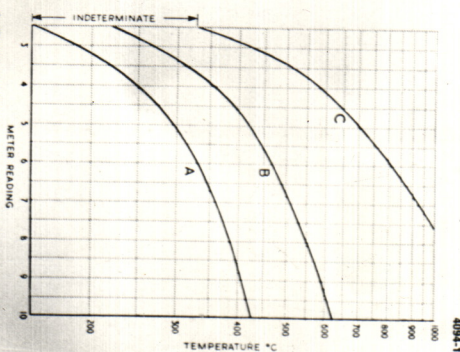
perspective, in which a movable mirror behind the objective lens deflects the incoming rays through a magnifying lens; a circle indicates the area of the surface that will irradiate the leadsulphide cell. The position of the mirror is controlled from the side of the viewing head (fig. 3). To focus on a surface, the control is turned to the position marked "focus"; it must be returned to "zero" before measurements can be made. The eyepiece of the perscope is located under a sliding shutter on the top of the unit.

The smallest area which can be viewed is a circle 0.4" diameter; for this, the lens tube, fully extended, must be as close as possible without actually touching the surface under test. The diameter of the circular area increases by 1" for each foot increase of distance. Magnifying or reducing lenses can be fitted at extra cost to meet special requirements.

Calibration

The pyrometer does not measure temperature directly; it responds to the infrared radiation falling on the leadsulphide cell, and the meter reading is influenced by the emissivity of the surface, the presence of reflected infrared radiation, the size of aperture or "stop" in use, and the distance from the object being measured. For constant measurements, it is essential that the surface should be uniform and that it should completely fill the field of view.

As the reading depends on so many independent variables, the instrument must be calibrated for



5. Typical pyrometer calibration curves—'viewing' a hot steel plate from a distance of one foot. Curve A—full aperture; curve B—medium aperture; curve C—small aperture. Each application under similar conditions to those in which it is to be used. Such a calibration curve can readily be plotted. A sample of the material that is to be used should be heated to a value above its working temperature, and the surface viewed from approximately the same distance as in actual operation. Then, by means of a thermo-couple or other suitable heat-measuring device, the temperatures of the surface should be checked against the meter-readings as it cools, and the results plotted.

Fig. 5 shows a typical set of calibration curves for a particular instrument, taken while viewing a steel plate from a distance of one foot. Individual calibration curves must be obtained for each instrument. Once the instrument has been calibrated for a given material and surface finish, at a given distance, no further calibration is necessary unless any of these conditions are changed.

General

The meter-reading is erratic unless there is sufficient radiation to give about 30% full-scale deflection on the meter. In case, at low signal levels, the signal-to-noise ratio from the cell is small, and the circuit is incapable of providing an accurate balance.

Foto č. 3 - V

U-PYR STRAHLUNGSPYROMETER

AUCH TEMPERATURIMPULSE
ELEKTRONISCH
MESSEN
REGELN
SPEICHERN

UHER
Gesellschaft für Apparatebau
MOSBACHSTRASSE 17, WIEN 19
Tel. 1 36 22 90

Foto č. V-4

8.05. Závěr.

Konstrukce aparatury BMT, jak je uvedena na výkresech DP-01-00 až DP-01-52 a též na přiložené obrazové části, byla hlavním úkolem této diplomní práce.

I když byla podle naměřených hodnot charakteristika v určené oblasti vyhovující, vyskytlo se v provozu několik podstatných nedostatků.

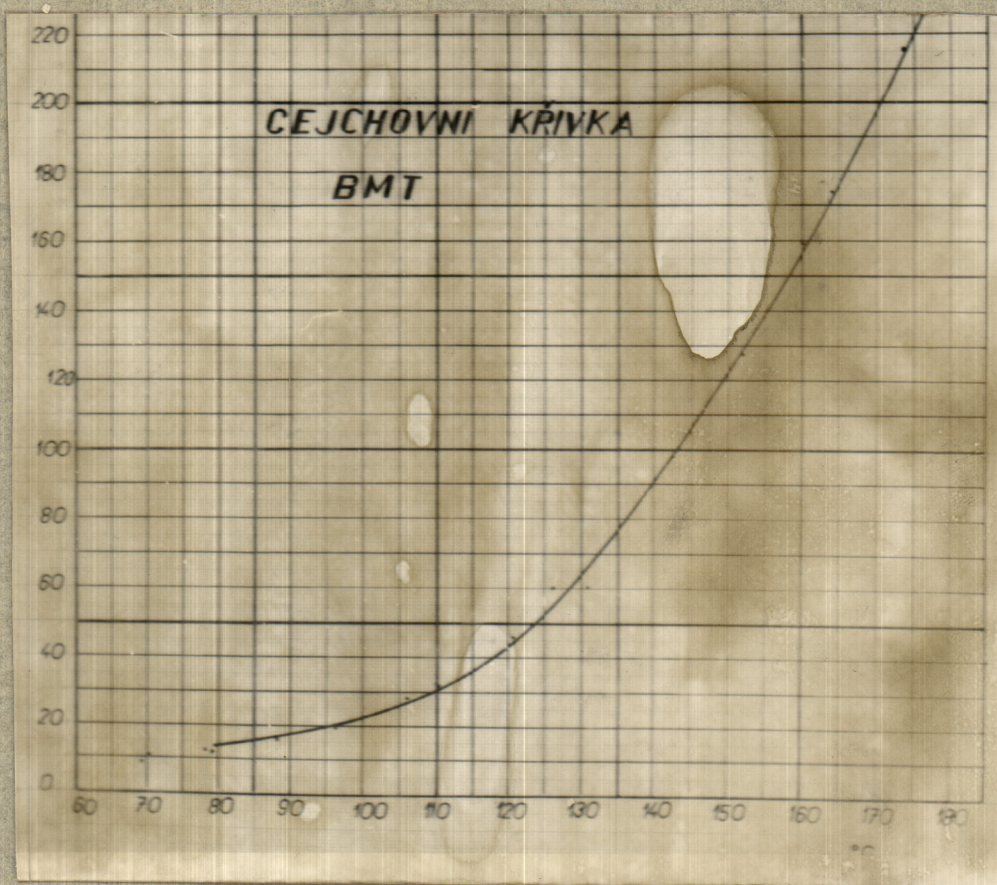
V provozu kolem 80-105°C se velmi citelně projevovaly náhodné poruchy v elektrické síti. Pro odstranění tohoto nedostatku byl odzkoušen systém referenčního signálu. K tomu bylo použito několika zařízení. Především to byla metoda tensometrická. Zde se však projevily nepříjemně následky cyklického namáhání tensometru. Tento (patrně vlivem degradace lepidla) ztrácel své elektrické hodnoty, takže velikost referenčního signálu nebylo možné udržet na konstantní hodnotě.

Dále bylo použito metody osvětlování fotoodporu. Ani tento systém však nemohl být na přístroj aplikován, poněvadž charakteristika fotoodporu Wk-650-35 byla nepřijatelná. Vyznačovala se velkou setrvačností vyhasínacího efektu.

Z těchto důvodů bylo od zavedení referenčního signálu upuštěno.

Bezdotykové měření teploty, jako nepřímá metoda měření povrchových teplot přináší sebou řadu technických potíží, ale i předností. Zatím nebyl postaven přístroj universálního charakteru. Všechna provedení jsou úzce speciální a může jich být použito je v určitých podmínkách.

Příloha: I.

Fotografie cejchovní křivky.

Příloha II:

Tabulka naměřených hodnot

Teplota cejchov. teploměru °C	Výstup.sig. Volt
58	6,41
79	11,75
84	15,50
96	19,25
100	28,00
106	28,00
118	45,00
122	52,00
126	60,00
150	116,00
152	127,50
155	140,00
160	159,00
164	174,00
173	211,50
180	234,00

VŠST LIBEREC	B M T	DP — STR.	83
		9. ŘÍJNA 1965	
		M. Babica	

8.06. O b s a h		
Označení kapitoly	název	str.
0	Úvod	1
1.00	Fysikální podstata ičz.	2
2.00	Zdroje ičz	3
2.01	Technické zdroje ičz	5
3.00	Přijímače ičz	5
3.01	Bolometr kovový	6
3.02	Bolometr polovodičový	7
3.03	Bolometr supravodivý	7
3.04	Bolometry termoelektrické	7
3.05	Bolometry střídavé	8
3.06	Golayův detektor	9
4.00	Přehled současného stavu BMT	10
5.00	Navržení nové aparatury	15
5.01.1	Řešení o tepelně dyn.problému pro neselektivní přijímače	16
5.01.1a	dtto pro přijímače s konst. zářením	16
5.01.1b	dtto pro přijímače se střídavým zářením	19
5.01.2	dtto pro přijímače selektivní	22
5.01.30	Princip rotující clony	24
5.01.31	Nové provedení pro přerušování zářivého toku	25
5.01.32	Energetická bilance nového systému	26
5.01.33	K jednotlivým posicím	27
	Rayghleova metoda	28
5.02.	Přijímač záření v nové aparatuře	37
5.03	Chladicí plášť	39
6.01	Zkušební zpráva I	41
6.02	Zkušební zpráva II	44
6.03	Zkušební zpráva III	45
6.04	Zkušební zpráva IV	46
7.00	Cejchování aparatury	47
8.01	Seznam užitých jednotek a označ.	49
8.02	Seznam použité literatury	51

VŠST LIBEREC	B M T	DP — STR. 84
		9. ŘÍJNA 1965
		M. Babica
8.03	Seznam obrázků k textu a obrazová část	
8.04	Seznam fotografií fot.část	
8.05	Závěr + příloha I, II.	
8.06	Obsah	

VŠST LIBEREC	B M T	DP — STR. 85
		9. ŘÍJNA 1965
		Babica M.
Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval s₂mostatně. <i>Babica Miloslav</i> Babica Miloslav		