

Časopis pro pěstování matematiky a fyziky

V. Šebesta

Universální přístroj pro radiotelefonické pokusy a měření

Časopis pro pěstování matematiky a fyziky, Vol. 59 (1930), No. 4, 271--279

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/121545>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1930

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

Universální přístroj pro radiotelefonické pokusy a měření.

Dr. V. Šebesta.

Přístroje, jež jest v následujícím popsán, dá se použití jako detekčního krystalového přijímače, jako vlnoměru nebo jako můstku pro měření kapacit a koeficientu samoindukce. Pro toto universální upotřebení hodí se dobře pro fyzikální nebo radiotelefonní praktikum. Přístroj, jak obr. 1 a 2 naznačují, sestává z přesného otočného kondensátoru K o max. kapacitě 1000 cm s polokruhovými deskami, bzučáku S pro vysoký tón jako zdroje střídavého proudu, vyrovnávacího odporového drátu R , pevného a sklopného podstavce pro cívky (I a II). Kromě toho jest na desce umístěna řada zdířek, jež jsou v obr. 2 očíslovány a jež umožňují potřebná spojení ve všech případech. Pod deskou umístěna jest v kovové schránce dvoučládková suchá baterie, jež se dá vypínačem V zapnouti nebo vypnouti.

Všeckrá hotová spojení jsou provedena na spodní straně desky a jsou v obr. 2 naznačena vytaženými čarami. Dále náleží k přístroji: tři odporové zástrčky r (obr. 1), z nichž dvě mají stejný odpor 36 ohmů a třetí odpor 3·6 ohmu, jež se dají podle potřeby zastrčiti do I neb II , čtyři spojovací zástrčky na krátko z , jimiž lze dvě nejbližší zdířky spojit na krátko a zástrčka na krátko O pro I neb II . K provedení měření jest ještě zapotřebí: neproměnného kondensátoru (n. p. blokovacího) o kapacitě nejlépe 1000 cm , několika cívek na př. voštinových, krystalového detektoru s vhodnou zástrčkou, pro měření samoindukcei aspoň jedné normální cívky o známém koeficientu samoindukce, několika krátkých šňůr s banánovými zástrčkami a sluchátek.

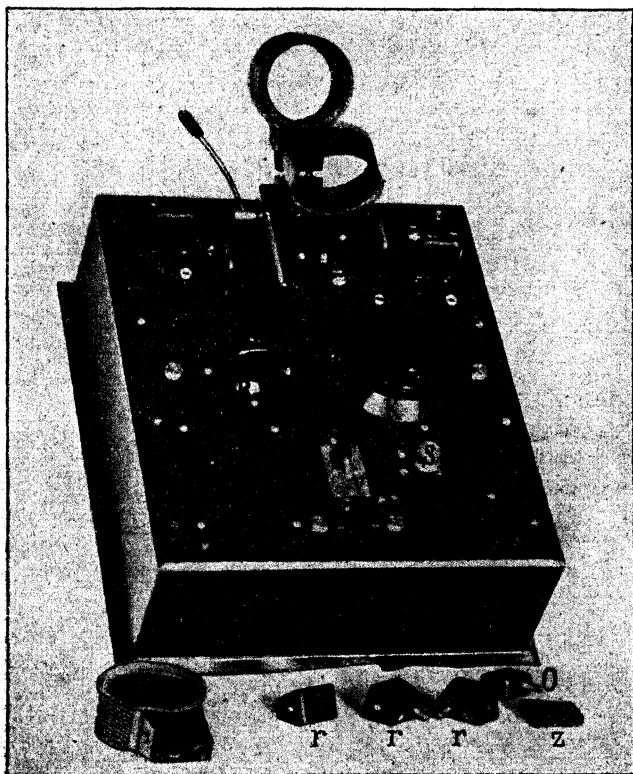
Přístrojem lze provésti tato spojení a měření:

Přijímač s krystalovým detektorem.

Obr. 3a) ukazuje spojení přijímače, jež se podle obr. 2 provede takto: A se spojí s anténou, Z se zemí, do I a II zastrčíme vhodné cívky. Detektor se zapne do 5—6, sluchátka do 8—9, 2—3 se spojí

na krátko, B_1 B_2 se od baterie odpojí (přepínač sklopí se na V (= vypnuto)). Ladění přijímače se děje kondensátorem K .

Kromě toho dají se přístrojem provést i jiné varianty přijímače, jak to znázorňují obr. 3b a 3c. V prvním případě (obr. 3b, v anteně oscilační kruh) spojí se B_1 s anténou a Z se zemí (nebo naopak),



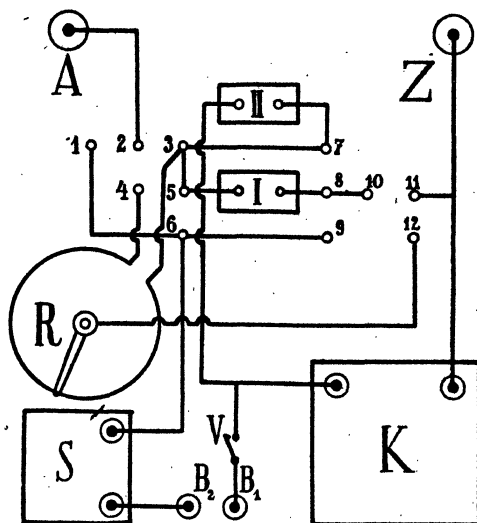
Obr. 1.

do II přijde vhodná cívka, do 8—9 detektor, do 1—7 sluchátka, 3—5, 10—11 a I spojí se na krátko. V druhém případě (obr. 3c, sekundární přijímač s aperiodickou anténou) se spojí 5 s anténou, Z se zemí a se 7, do I a II zastrčí se vhodné cívky, do 8—9 detektor, do 1—3 sluchátka; 10—11 spojí se na krátko. Vazba má být dosti těsná. Ladí se otočným kondensátorem.

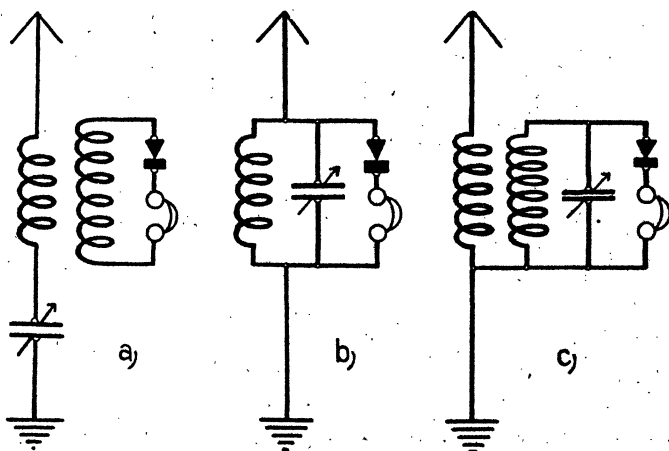
2. Spojení vlnoměrová.

a) Vlnoměr jako vysilač. (Obr. 4a.)

Do *I* se vepne pro daný vlnový obor vhodná voštinová cívka, do *II* zástrčka *O*, 5—6, 7—8 a 10—11 se spojí na krátko. B_1 a B_2



Obr. 2.



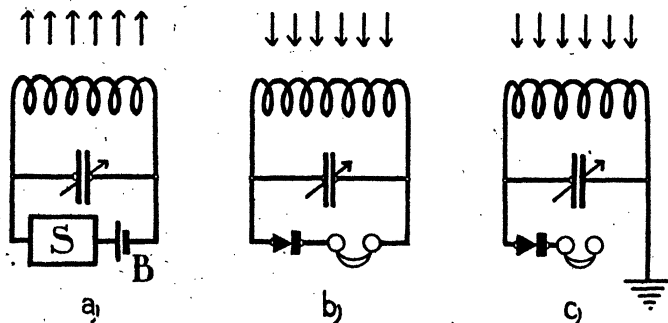
Obr. 3.

spojí se přepínačem s baterií, bzučák opatrně se nastaví. V přístroji vznikají tlumené oscilace, jichž frekvenci lze měnit kondensátorem K asi od $3 \cdot 10^4$ do 10^6 Hertz.

b) Vlnoměr jako přijímač. (Obr. 4b, c.)

Zde rozeznáváme dva druhy připojení detektoru a telefonu: unilaterární (jednostranné) a bilaterární (oboustranné).

Při spojení unilaterárním¹⁾ zastrčí se do II vhodná voštinová cívka, I , 3—4 a 10—11 se spojí na krátko, baterie se vypne a B se spojí se zemí. Detektor vepne se do 7—8, sluchátka do 1—2. Přístroj postavíme opodál zdroje oscilací — n. p. jiného vlnoměru a pod. — a otáčením kondensátoru K hledáme rezonanční polohu, což nastane tehdy, když bzukot v telefonu stane se nejintenzivnějším. Větší vzdálenosti přístrojů odpovídá sice tišší, za to však určitější místo rezonance. Je-li jeden z vlnoměrů kalibrován, lze takto i druhý ocejšchovati.



Obr. 4.

Při spojení bilaterárním, jež odpovídá výše uvedenému případu (obr. 3b), přijde do I vhodná cívka voštinová, II , 3—5 a 10—11 spojíme na krátko. Detektor se zastrčí do 8—9 a sluchátka do 1—7. Zjištění rezonance děje se jako v předešlém případě.

U spojení bilaterárního se ukazuje, že připojení detektoru a telefonu mění poněkud vlnovou délku kruhu. Nastavení na určitou délku vlny nekryje se zcela přesně při spojení unilaterárním s nastavením na tutéž délku při spojení bilaterárním; u spojení unilaterárního kryjí se nastavení na určitou vlnovou délku při vysílání i při příjmu, u spojení bilaterárního tomu tak není. Ovšem jsou v obou případech odchylky malé a mnohdy zanedbatelné.

3. Přístroj jako kapacitní můstek.

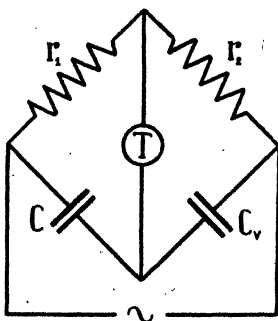
Obr. 5 ukazuje schema spojení. Prvá a druhá větev můstková obsahuje neznámou kapacitu C_x a proměnnou kapacitu C_v , třetí a čtvrtá větev neinduktivní odpory r_1 a r_2 . Naším přístrojem lze

¹⁾ Viz n. p. Bucher: The Wireless Exp. Manual, str. 291 nebo Eales: Jahrbuch der drahtl. Telegr. XXI, str. 407.

realisovati kapacitní můstek takto: Mezi A a Z zapne se neznámá kapacita C_x , zástrčkové odpory přijdou do I a II , 1—2, 5—6 a 7—8. spojíme na krátko, baterie připne se k B_1 a B_2 , a telefon T se vepne do 10—11. Uvede-li se bzučák opatrně v činnost, uslyší se v telefonu bzukot následkem nestejnosti kapacit (při stejných odporech). Kondensátorem K otáčí se pozvolna, až bzukot utichne docela, nebo aspoň se stane nejslabším. Dosaženo-li toho, počítá se podle vzorce:

$$C_x = \frac{r_2}{r_1} C_v,$$

kde kapacitu otočného kondensátoru K odečteme z jeho cejchovní křivky.



Obr. 5.

Je přímo patrné, že poměr r_2/r_1 může býti podle volby zástrčkových odporů roven buď 0·1 nebo 1 anebo 10, a proto je možno změřiti kapacity od několika desítek cm až do 10.000 cm .

U malých kapacit, kdy do I se vepíná desetkrát menší odpor než do II , stává se výše zmíněné minimum zvuku v telefonu neostrým; v tomto případě doporučuji pro přesnější měření na místě telefonu zapnouti jedno- nebo dvoulampový nízkofrekventní zesilovač, bzučák uvésti jen do zcela mírné činnosti, pak stane se minimum v telefonu opět ostrým. Při měření kapacit kol 20 cm neb i níže získá se sice stále dosti ostré minimum, zde se však již ukazují znatelně rušivé vlivy přívodů a spojů, takže měření jsou nesprávná. Nízkofrekventní zesilovač má státi na zvláštním stole ve vzdálenosti as 1 metru.

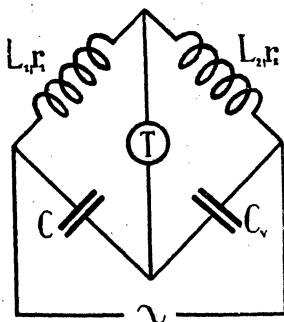
Při těchto měřeních jest s prospěchem, ač to není vždy nutno, uzemniti jedno přívodní místo zdroje proudu. Protože měření běžných kapacit děje se velmi rychle, lze v krátké době proměřiti celý neznámý otočný kondensátor a obdržeti pak příslušnou křivku ka-

pacitní. Rovněž kapacity antén a pod. vůči zemi lze takto rychle změřiti.

4. Přístroj jakožto můstek samoindukční.

Měření to jest daleko nesnadnější předešlého. Kdežto tam bylo zapotřebí naléztí pouze jediné minimum zvuku v telefonu, což se dalo otáčením kondensátoru K dosáhnouti, jsou zde nutna dvě na sobě nezávislá nastavení, jak plyne z následující úvahy:

Nechť v obr. 6 značí r_1 odpor, L_1 koeficient samoindukce první, r_2 a L_2 odpor a koef. samoindukce druhé větve; třetí a čtvrtá větev



Obr. 6.

necht' obsahují pouze kapacity C (známou) a C_v proměnnou. Podmínka pro minimum tónu v telefonu zní:

$$\mathfrak{R}_1 \mathfrak{R}_4 = \mathfrak{R}_2 \mathfrak{R}_3,$$

kdež odporové operátory \mathfrak{R} mají v našem případě hodnoty:

$$\mathfrak{R}_1 = r_1 + j\omega L_1, \mathfrak{R}_2 = r_2 + j\omega L_2, \mathfrak{R}_3 = \frac{1}{j\omega C}, \mathfrak{R}_4 = \frac{1}{j\omega C_v}.$$

Dosadíme-li tyto hodnoty do horní rovnice a položíme-li jak reálné, tak imaginární části obou stran rovnice sobě rovny, dostaneme dvojitou podmínku pro rovnováhu na mostě, t. j. pro minimum v telefonu ve tvaru:

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{C_v}{C} = \frac{r_1}{r_2}.$$

To znamená: odpory r_1 a r_2 musí být vyrovnány tak, jak toho poměr samoindukcí v této rovnici vyžaduje, a kapacita C_v se musí také v témž poměru k C naříditi. Obojí nařízení musí se provésti zvlášť; jinak řečeno, i když by se regulací C_v dosáhlo správného poměru kapacit, zbývá naříditi odpory r_1 a r_2 do stejného poměru. Protože však odpory obou cívek budou obecně v jiném po-

měru než jejich samoindukce, zařazuje se v tomto měření mezi obě cívky odporový drát R , jehož regulací se docílí žádaného poměru oboř odporů v mnohých případech. Odporový drát R má totiž celkem odpor as 3 ohmy, takže stačí pro cívky přicházející zde v úvahu. Posunováním kontaktu k ubírá se jedné větvi odporu a současně přidává druhé, aniž se tím prakticky na poměru obou samoindukcí čeho mění. Tím se tedy dá získati žádoucí poměr odporů podle poslední rovnice. Jakmile jest dosaženo můstkové rovnováhy, počítá se ze známých L_2 , C a C_v neznámá samoindukce L_1 . Jak vidno odpory r_1 a r_2 nemusí být známy.

Uspořádání přístroje jest následující: Mezi A a Z zapne se známá kapacita C , jejíž hodnota má být výhodně okrouhlým číslem, nejlépe 1000 cm . Není-li však takového kondensátoru po ruce, lze podle předešlého spojení změřiti vhodnou kapacitu a pak ji vepnouti mezi A a Z . Do I vepne se cívka o samoindukci L_1 , do II cívka o L_2 . Obě sklopí se k sobě pod úhlem co největším. Jejich vzájemný vliv při tom prakticky mizí.²⁾ Je-li $C = 1000\text{ cm}$ a C_v maximálně rovněž 1000 cm , musí býti ovšem $L_1 \leq L_2$, t. j. cívka o menší samoindukci — ať již je to cívka známá či ne — musí se vepnouti do I a cívka o větším L do II . Zdířky 1—2, 4—5 a 8—9 se spojí na krátko. Telefon vepne se do 11—12. Ke svorkám B_1 a B_2 připne se baterie, bzučák uvede se v činnost a možno přistoupiti k měření, jež není snadné, protože vyžaduje nařízení dvojí rovnováhy a toho lze dosáti nikoliv najednou, nýbrž postupně. Aby se však tento postup dál cílevědomě bez tápání, doporučuji počínati si takto: Jakmile se uvede přístroj v činnost, uslyšíme při pozvolném otáčení kondensátoru K v jisté oblasti minimum zvuku v telefonu; zpravidla se ukáže, že toto minimum jest málo ostré, táhlé, a pak — i v tomto *minimu bude zvuk v telefonu přece jen dosti slyšitelný*. To tedy ještě není to pravé minimum. I nutno se zkusmo a postupně blížiti ke správnému minimu a to tak, že se nejprve pootočí R jistým směrem — je-li to správný směr, nelze předem určit — a pro tuto novou polohu R vyhledá se pootočením kondensátoru K nové minimum zvuku v telefonu, jež se bude od prvního o něco lišiti; předně leží na K o něco stranou než předešlé, za druhé buď jest tišší a ostřejší prvního — tedy lepší, nebo zvučnější a táhlejší — tedy horší. Rozdíl ten není nikterak nápadný — to budiž obzvláště zdůrazněno — a v tom, dověsti obě minima spolu porovnat, tedy ve sluchové paměti intensity zvuku, leží zručnost pozorovatele, žádoucí pro dobré provedení měření. Byl-li tedy zvolený směr otočení R správný, t. j. zlepšilo-li se ono minimum, postupuje se v tomto směru dále, kontakt na R posune se o něco více, pak se doladí kondensátorem a tak pokračuje se stále, až minimum zvuku v telefonu se stane co nejtišším a ovšem i co nejostřejším. Ještě lépe jest toto místo nejlepšího minima poněkud přejíti a pak se opatrně vraceti a tento

postup několikrát opakovati. Ze všech jednotlivých měření vezme se pak aritmetický střed. Pro tuto střední rovnovážnou polohu na kondensátoru K odečte se z diagramu její hodnota C_v a počítá se podle vzoru

$$L_1 = \frac{C_v}{C} L_2.$$

Pro určitou kapacitu C lze poměr C_v/C znázorniti graficky nebo tabelárně a tím počet zjednodušiti. Měření jest výhodné zejména, jsou-li obě samoindukce řádově stejné; proto by se doporučovalo měřiti sadu cívek postupně, t. j. změřiti n. p. cívku o 150 závitěch, pak srovnávati s ní jakožto známou cívku o 100 závitěch, s touto dále cívku o 75 závitěch atd. U menších samoindukcí stává se i to právě minimum táhlejším a méně ostrým a měření vyžaduje cviku a opatrnosti. Také zde lze užiti zesilovače nízkofrekvenčního jako při měření kapacit.

Normální samoindukční cívky, přesně zhotovené, jsou ovšem drahé; nejedná-li se však o zvlášť přesná měření, lze normální cívku zhotoviti poměrně snadno, použije-li se rozměrů podle následujícího vzorce pro samoindukci cívek:

$$L = 4\pi a \xi^2 \left(\log \text{nat} \frac{a}{m+n} + 1.578 \right)$$

kde a znamená poloměr dané cívky, m a n strany pravoúhelníkového průřezu všech závitů dohromady, ξ počet závitů.

Pro cívky o jedné vrstvě závitů lze, je-li drát dosti tenký, klásti $n = 0$ a počítati podle jednoduššího vzorce:

$$L = 4\pi a \xi^2 \left(\log \text{nat} \frac{a}{m} + 1.578 \right).$$

Tento vzorec se osvědčuje v mezích od velmi malého m do $m=2a$ zcela dobře.²⁾ Ale i v takových případech, kdy cívky vnuty jsou způsobem voštinovým, ledionový a pod., dává hořejší vzorec pro orientaci hodnoty uspokojivé. Př. m znamená m a n vzdálenosti od krajních závitů, t. j. počítá se tak, jako by celý průřez byl vyplněn závitů. Počet závitů musí být však zde garantován, jinak roste chyba z nesprávného počtu závitů následkem ξ^2 ve vzorci rychle.³⁾ Na základě těchto vzorců lze zhotoviti cívky o žádaném koeficientu samoindukce poměrně snadno a jich hodnoty vypočtené i změřené platí pak pro ony akustické frekvence, při nichž se měření konala, t. j. pro frekvence řádově 10^3 Hertz. Proudů vysokofrekvenční, jaké obvykle přichází v radiotelefonii, o frekvenci 10^5

²⁾ Rozpravy Č. Ak. 1916. V. Šebesta: „Příspěvek k měření koef. samoindukce.“

³⁾ Elt. Obzor. 1929, č. 6.

až 10^7 Hertz, neprobíhají, jak známo, celým průřezem vodiče, nýbrž více méně vrstvami při povrchu. Tím se mění jak odpor, tak i samoindukce vodičů při vysokých frekvencích proti frekvencím nízkým; kdežto však se odpor mění patrně, zůstává samoindukce prakticky téměř táž (u radiocívek) jak při vysokých, tak i nízkých frekvencích. Lze tedy zcela dobře použítí při výpočtech vysokofrekvenčních kruhů hodnot samoindukce naměřených metodami frekvencí nízkých. Experimentálně lze se o tom přesvědčiti, změří-li se samoindukce jednou výše zmíněnou metodou a po druhé použitím vlnoměru.

Fyzikální ústav Vysoké školy montanistické v Příbrami.

*

Un appareil universel pour les expériences et mesures radiophoniques.

(Extrait de l'article précédent).

L'auteur décrit un appareil universel à l'aide duquel on peut construire facilement différentes espèces de récepteurs à cristal et de ponts pour mesurer les capacités et les self-inductions.