

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Josef Zahradníček

Upotřebení elektromagnetické pružiny

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 55 (1926), No. 2, 209--214

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/121528>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1926

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*.

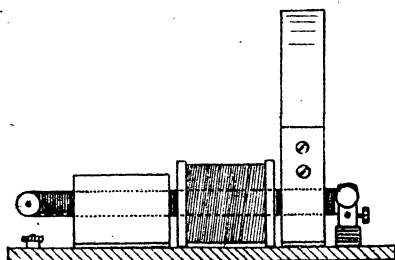


This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

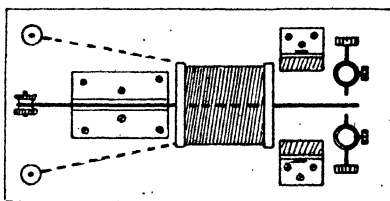
Dr. JOSEF ZAHRADNÍČEK:

Upotřebení elektromagnetické pružiny.

Zařízení sloužící k mechanickému usměrňování střídavého proudu je i jinak ještě hojně upotřebitelné, a je tudíž účelné mít je ve sbírkách fyzikálních po ruce. Podstatou jeho je magnetisace ocelové pružiny střídavým proudem a jí podmíněné kmitání v poli podkovovitého magnetu stálého.

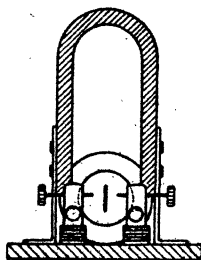


Obr. 1.



Obr. 2.

Pružina je jakousi jednoduchou elektromagnetickou ladičkou; bývá pravidelně naladěna na kmitočet 50, neboť do cívky, v jejíž ose je umístěna, obvykle se zavádí střídavý proud městský o uvedené frekvenci. Celá úprava přístroje je patrna z přiložených



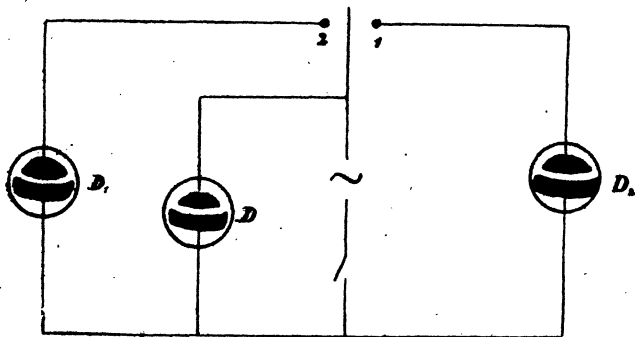
Obr. 3.

obrazců; udám jen bližší rozměry; ocelová pružina má délku 11·7 cm, tloušťku 0·09 cm, šířku 1·69 cm, cívka má vnitřní průměr 3 cm, vnější 5·6 cm, šířku čel 1 cm a po délce 4·4 cm má navinuto

30 vrstev drátu izolovaného, email., 0,4 mm. Magnet má délku ramen 12 cm, šířku 2,8 cm, tloušťku 1,4 cm, rozchod ramen 3,2 cm. Pružina má na obou stranách volného konce platinové kontakty 3 mm × 3 mm, jimiž při kmitání naráží na platinové hroty (drátky 3 mm délky a 0,7 mm v průměru), upevněné ve dvou svorkách od dřevěného podstavce ebonitem izolovaných. Druhý konec pružiny jest upevněn izolovaně (slídou) mezi dvěma plechy mosaznými tvaru Λ a v části přečnávající opatřen svorkou. Zavedeme-li do cívky střídavý proud,¹⁾ rozkmitá se pružina v magnetickém poli a je třeba jen délku její regulovati, aby amplituda byla účelu přiměřená.

Projděme nyní jednotlivé případy.

Usměrnění střídavého proudu. Schéma spojení je dáno připojeným obrazcem. Střídavý proud uvádějící v pohyb pružinu je také zaveden spojením vedle sebe — obrazec 4 — do dvou větví s dout-



Obr. 4.

navými lampami D_1 , D_2 o elektrodách ve tvaru kloboučků. Lamps tyto při periodickém pohybu péra svítí střídavě a to jedna na kloboučku horním, druhá na dolním — proud jest usměrněn, kdežto lampa D svítí na obou elektrodách — proud neusměrněn. Je-li napětí střídavého proudu 110 voltů, jest okamžitá hodnota napětí v době styku péra s hroty asi 85 voltů²⁾ a je třeba užití transformátoru, aby napětí celkové a tím i napětí na D_1 a D_2 bylo zvýšeno nad zápalné napětí doutnavé lampy. Jednoduchým takovým transformátorem s otevřeným jádrem je cívka o vnitřním průměru 4 cm, vnějším 10 cm, délky 20 cm, na níž navinuto je současně dvoje vinutí — dva dráty izolované 1,5 mm vinou se najednou vedle sebe ve 20 vrstvách. Svazek železných drátů (1 mm) šelakem izolovaných tvoří jádro dvojcívky; cívka I. má svorky I_1 a I_2 , cívka II.

¹⁾ přes žárovku o 32—50 svíčkách.

²⁾ Jak možno určití nabíjením a vybíjením kondensátoru způsobem níže popsaným.

svorky 2₁ a 2₂.³⁾ Proud 110 voltů¹ vedeme ke svorkám 1₁, 1₂ a současně — spojení vedle sebe — do lampy *D*. Svorky 1₂ a 2₁ jsou spolu spojeny, mezi svorkami 1₁ a 2₂ jest napětí 220 voltů; jedna svorka připojena k péru, druhá ke společnému bodu lamp *D*₁, *D*₂. Proud do transformátoru je zaveden; když už péro je v pohybu. Je-li světélkování doutnavých lamp při dotyku péra u 1 a 2 příliš slabé, pak nutno prodloužití dobu styku péra s kontakty, čehož se snadno docílí tím, že hroty 1, 2 ovážeme proužky navlhčené látky.

Je-li napětí proudu střídavého 220 voltů, pak volí se lampa *D* na 220 voltů, lampy *D*₁ a *D*₂ na 110 voltů podle udaného spojení — bez transformace.

Měření Webrova čísla. Konstanta tato, udávající poměr elektrického množství, vyjádřeného v absolutní soustavě elektrostatické a elektromagnetické, a identická s rychlostí světla $V=3 \cdot 10^{10}$ cm/sek, má nesporně ve fyzice velký význam a není nemístným, aby i na střední škole aspoň hrubou cestou byla měřena, třeba jen ve cvičeních praktických.

Uvedu zde v podstatě starou metodu Webrova v obměně Siemensově. Kondensátor kapacity *C* nabije se na potenciál *P* a toto množství elektrické

$$Q_{\text{est}} = C \cdot P$$

měřené v soustavě elektrostatické — est — vybijí se galvanometrem balistickým, z jehož úchytky φ_{max} a balistické konstanty *C_b* dá se určití množství elektřiny, jež galvanometrem prošlo, v míře elektromagnetické — em —

$$Q_{\text{em}} = C_b \cdot \varphi_{\text{max}}.$$

Provedení této myšlenky na střední škole stojí v cestě nemožnost odvodití potřebný vzorec pro balistickou konstantu galvanometru

$$C_b = G \frac{T}{\sqrt{1 + \varepsilon^2}} k^{\frac{1}{\pi} \arctg \frac{1}{\varepsilon}},$$

kde *G* je statická konstanta galvanometru — redukční faktor — také citlivost galvanometru, *T* dobu kyvu mezi dvěma po sobě následujícími průchody rovnovážnou polohou, *k* poměr útlumu a ε přirozený logaritmus jeho — logaritmický dekrement — dané vztahy

$$k = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\varphi_2 - \varphi_3}, \quad \varepsilon = \frac{1}{\pi} \lg n k,$$

v nichž φ_1 , φ_2 , φ_3 jsou po sobě následující úchytky galvanometru.

Jinak je tomu však, přicházejí-li nárazy proudové velmi rychle za sebou. Nabíjí-li se a vybijí kondensátor *N*-krát za sekundu,

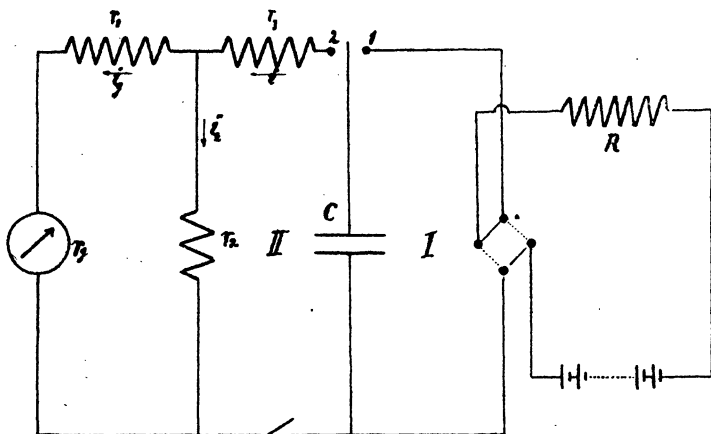
³⁾ Cívky této dá se použítí jako transformátoru s poměry napětí 1 : 1, 1 : 2, 2 : 1, anebo jako tlumivky.

vznikne na galvanometru stálá výchylka φ a platí tu pro množství elektřiny, jímž nabíjí se kondensátor N -krát v jedné sekundě a jež v jedné sekundě projde galvanometrem — střední intenzita proudu —, vztahy

$$i_{est} = N \cdot C \cdot P, \quad i_{em} = G \cdot \varphi.$$

Poměr i_{est}/i_{em} dává hledané Webrovo číslo.

K periodickému nabíjení a vybíjení kondensátoru lze s výhodou užítí elektromagnetické pružiny. Naladí se v tomto případě tak,⁴⁾



Obr. 5.

aby amplituda byla co největší — asi 1 *cm*. Spojení učiníme podle obrazce. V kruhu I. je zaplata baterie — hodí se i suché články, baterie anodová atd. — chráněná odporem R (žárovka s kovovým vláknem, případně dvě za sebou) a kondensátor kapacity C buď známé anebo toho druhu, aby ji bylo možno z rozměru kondensátoru určit (kondensátor vzduchový, Franklinova deska, leydská láhev, kondensátor z Ruhmkorffova induktoru.⁵⁾ Při dotyku pružiny u 1 nabíjí se kondensátor na potenciál baterie P , při dotyku u 2 vybije se do kruhu II., v němž nalézá se citlivý galvanometr zrcadlový, chráněný odporem r_3 takové velikosti, aby jej bylo možno zanedbat pro $1/N \cdot C$ ohmů — C čítáno ve faradech. Odvětvovací

⁴⁾ Pro základní kmitočet péra ocelového na jednom konci upevněného platí vztah:

$$N = C \frac{e}{l^2},$$

kde e je tloušťka péra, l jeho délka; konstanta C má přibližně hodnotu 80.000, čítáme-li rozměry péra v *cm* — v našem případě $l = 11.75$ *cm*.

⁵⁾ U kondensátorů papírových jsou při měřeních značné chyby vedením.

odpor r_2 i předražný odpor r_1 volíme tak, aby úchylka na galvanometru byla vhodná. Z celkové intensity proudu i vcházející do kruhu II. prochází galvanometrem jen část

$$i_g = \frac{r_2}{r_1 + r_2 + r_g} i = G \varphi,$$

odtud

$$i_{em} = \frac{r_1 + r_2 + r_g}{r_2} G \varphi.$$

Citlivost použitého galvanometru (s pohyblivou cívkou v poli magnetu) byla $G = 7 \cdot 908 \cdot 10^{-9}$ amp/mm při metrové vzdálenosti stupnice od zrcátka galvanometru, a odpor galvanometru $r_g = 5 \cdot 4$ ohmu. Napětí zdroje bylo 121·0 voltů, t. j. 121·0/300 abs. j. est. pro potenciál. Přehled několika měření podává tabulka:

kapacita		odpory v ohmech			úchylka v mm	$V \cdot 10^{-10} \frac{cm}{sek}$
v mikrofar.	v absol. j. est. (cm)	r_3	r_2	r_1		
0,001	$9 \cdot 10^3$	20	1	0	118,3	3,031
0,005	$45 \cdot 10^3$	20	1	26	117,4	3,017
0,01	$9 \cdot 10^3$	100	1	50	135,4	3,005
0,05	$45 \cdot 10^3$	100	1	250	149,2	2,999

Při užití větších kapacit vycházejí výsledky značněji odchylně od pravé hodnoty, zřejmě z toho důvodu, že doba kontaktu není dostatečná k tomu, aby se jednak kondensátor nabil na potenciál baterie, jednak zase vybil na hodnotu nulovou.

Měření kapacity a elektromagnetické síly. Předešlého uspořádání dá se též užití k měření kapacit, případně k jejich srovnávání, rovněž i k měření napětí zdroje, jímž nabíjí se kapacita, mezi jinými tedy na př. i okamžitého napětí střídavého proudu.

Meldeův pokus se strunou provádí se obvykle pomocí elektromagnetické ladičky nebo pružiny elektrického zvonku. Svrchu popsané zařízení hodí se dobře i ku provedení tohoto pěkného pokusu. Ocelová pružina jest opatřena na volném konci otvorem 2 mm, v němž uvázán jest jeden konec bílého vlákna — nit, bavlna, struna hedvábná — několik metrů dlouhého a druhý veden je přes kladku a postupně zatěžován. Šroubky s platinovými hroty jsou tak daleko vytaženy, aby pružina na ně vůbec nenarážela. Přístroj stavi se do dvou poloh, aby pružina byla ve směru vlákna, a po druhé, aby byla ke směru vlákna kolmo — rozdíl v počtu půlvln při téže délce vlákna a téměř zatížení. Stojaté vlny — při vhodném zatížení —

o velkých amplitudách až 5 cm jsou proti tmavému pozadí pěkně viditelné; energie kmitajícího péra jest velká, takže možno v zatěžování jíti dále než u ladičky a experimentálně odvoditi závislost pro kmitočet struny. Protože vlákno je kroucené, rozmotává se při kmitání a rovina vln se mění; vhodně postavenými šterbinami dá se ukázati polarisace.

JOSEF KRKOŠKA:

Kondensátor elektroforem.

Jest nasnadě myšlenka užití elektroforu jako kondensátoru, na př. při indukční elektrice místo leydenských lahví; s výhodou bývá při tomto užití někdy tvar a vodorovná plocha elektroforu, jindy jeho rozkladnost a mnohdy i jeho menší kapacita.

Nebudě však asi obecně známo,^{*)} že můžeme touto cestou, jeho nabitím jako kondensátoru, zelektrisovati elektrofor k obyčejným účelům elektroforovým, a to účinněji nežli způsobem obvyklým, totiž šleháním jeho nevodivé desky srstí.

Spojme jednu vodivou desku elektroforu s jedním svodičem indukční elektriky a druhou s druhým svodičem nebo se zemí a co nejvíce jej nabijme. Když jej potom jako kondensátor vybijeme a po chvílích odvedeme i všechno residuum, máme elektrofor připravený k pokusům elektroforovým právě v tom stadiu, v jakém bývá, když po jeho zelektrisování šleháním byla odvedena z jeho hořejší vodivé desky, naň postavené, elektřina volná. Nadzdvihneme-li nyní tuto hořejší vodivou desku; držíce ji za nevodivou rukověť, objeví se na ní volná elektřina opačného druhu nežli byla na tu desku přiváděna z elektriky, a můžeme ji třeba přiblížením kotníku jiskrou odvésti. Přiložíme-li tuto odelektrisovanou vodivou desku znovu na desku nevodivou, indukují se na ní jako při obyčejných pokusech s elektroforem dvě elektřiny; tu horní, volnou, můžeme dotykem odvésti a tu spodní, vázanou, nadzdvížením desky uvolníti a podle libosti upotřebiti. Tento pokus lze, jakž se děje u elektroforu, dále opakovati. Obrátíme-li nevodivou desku, obdržíme při opakování pokusů v též pořádku elektřinu vždy nesouhlasnou s elektřinou v případě prvním.

Účinky, jak již řečeno, jsou silnější nežli při zelektrisování elektroforu šleháním.

Než nejde tak o praxi elektroforovou, jako spíše o význam, kterýž mají tyto zkušenosti pro pojem kondensátoru — byl totiž elektrofor při těchto pokusech zároveň kondensátorem.

^{*)} Literaturu předmětu viz na př. ve Winkelmannově »Handbuch der Physik«, IV., str. 51 (o elektroforu) a str. 157 (o residuu v kondensátorech).
Red.