

Josef Sahánek; M. Kokeš

Přístroj k demonstraci úkazů provázejících elektrické kmity

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 60 (1931), No. 4, 232--239

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/123933>

## Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1931

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>

## Přístroj k demonstraci úkazů provázejících elektrické kmity.

*J. Sahánek a M. Kokeš.*

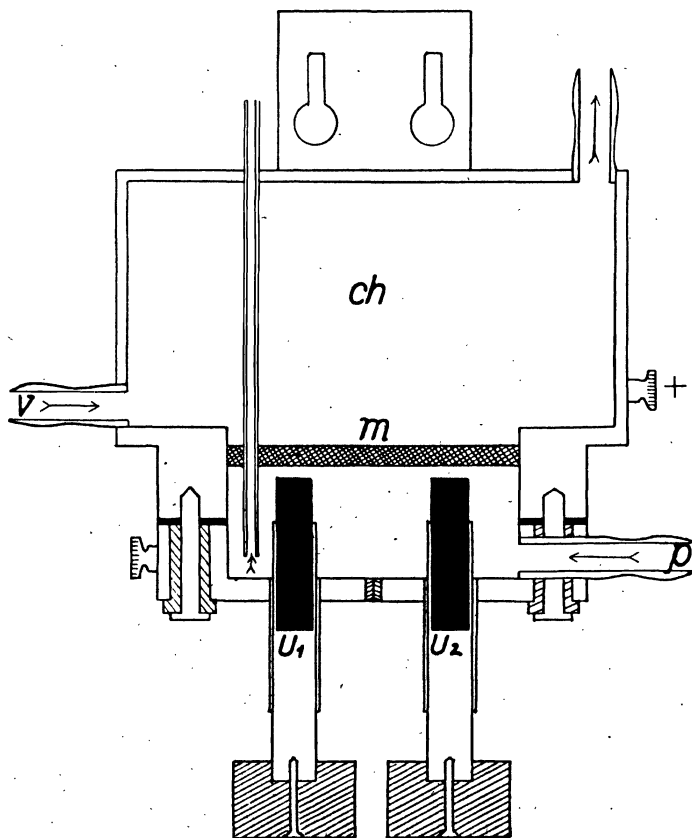
1. Úvod. Úkazy, jimiž je provázen vznik elektrických kmitů, demonstrujeme obvykle pomocí kmitů tlumených, získaných aparaturou sestávající z induktoria, oscilačního okruhu tvořeného cívkou, leydkými lahvemi a přerušovaného jiskřištěm. Větších energií dosáhneme jen užitím pokud možno velkého induktoria, dobrého jiskřiště a baterie leydkých lahví, abychom mohli voliti napětí na induktoriu dosti vysoká.

V dalším bude popsán přístroj z poměrně malé Poulsenovy lampy, celé kovové, a oscilačního systému sestávajícího z rámové anteny a dvou kondensátorových bloků, sestavených z malých slído- vých kondensátorků. Lampu lze napájeti buď ze sítě stejnosměrného proudu o napětí 120 příp. 220 voltů. Oscilátor předčí svým výkonem velkou aparaturu pro kmity tlumené, užívanou při přednáškách na Masarykově universitě, jež sestává z rezonančního induktoria na 50 per. proud., čtyř velkých leydkých lahví po 5000 cm kapacity, paralelně po dvou spojených, prstencového zinkového jiskřiště a stejné rámové samoindukce. Primární proud transformátorový je při tom více jak 1 kW. Nový přístroj má spotřebu menší, potřebnou energii lze získat buď ze sítě, neb ze stejnosměrného 1 kW generátoru, jimiž jsou často fyzikální sbírky středoškolské vybaveny. Oblouk hoří v atmosféře svítíplynové. Nemáme-li svítíplyn k dispozici, možná užití par lihových nebo vodíku.

S přístrojem lze velmi efektně ukázati pomocí druhého rámu, otočného kondensátoru a žárovky zjevy indukce, resonance, vzájemné vazby atd. Elektrometrem lze ukázati velké napětí resonantní, přesahující velikostí daleko použité napětí stejnosměrné. Bude uvedena řada pokusů provedených popsáním uspořádáním. Nebudou tím ovšem všechny možnosti použití vyčerpány.

2. Popis přístroje: a) Poulsenova lampa.

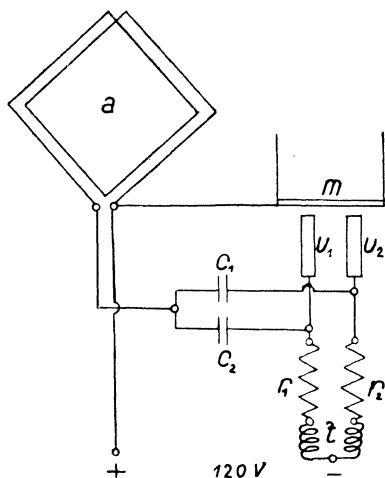
Zdrojem oscilací je vhodně pro náš účel upravená Poulsenova lampa s dvěma uhlíky. Zařízení její je patrné z obrázce 1, jenž je jejím průřezem. Sestává ze dvou hlavních částí: z komůrky, v níž hoří v atmosféře svítivkové dva uhlíky  $U_1$ ,  $U_2$ , a z chladiče  $ch$ , protékaného vodou z vodovodu. Horní dno válcovité komůrky,



Obr. 1.

z mosazi vytočené, je zhotoveno z kotouče měděného 5 mm silného ( $m$ ), jenž je anodou a pro svou velkou tepelnou vodivost může být dobře svrchu vodou chlazen. Do komůrky je přiváděn svítivkový ( $p$ ), jenž po průchodu je na vnějším konci trubičky nad chladičem pro kontrolu zapálen. Krátké uhlíky jsou ve vyhloubených mosazných válečcích, dole opatřených ebonitovými hlavami. Posouváním vá-

lečků lze zvedati uhlíky až k dotyku s měděnou deskou nebo snižovat při zapálení oblouku tím, že válečkem posunujeme v trubce s komůrkou pevně spojené. Ježto máme uhlíky, jak je dále viděti, spojeny vedle sebe, je třeba je navzájem a od horní měděné desky izolovati. To bylo provedeno tím, že válcová stěna komůrky byla proříznuta uprostřed v rovině kolmé k ose lampy a obě části od sebe izolovány kroužkem slídovým mezi ně vloženým (v obrazci černě vyznačen). Obě takto vzniklé části jsou na obvodu staženy



Obr. 2.

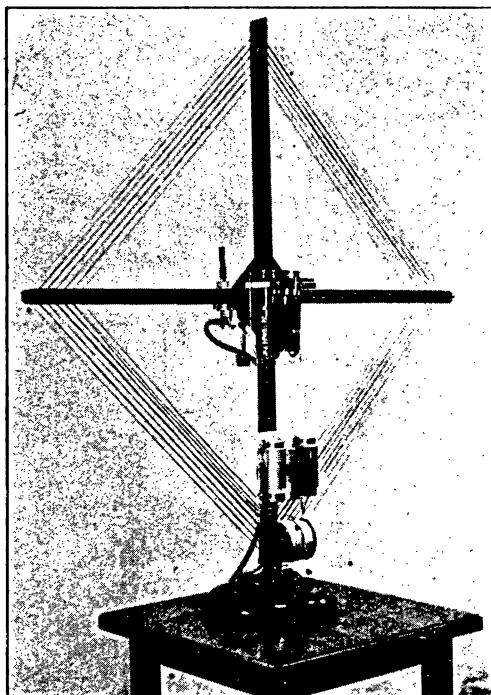
6 šrouby, od spodnější části fibrovými vložkami (vyčárkováno) oddělenými. Aby též uhlíky byly od sebe vodivě odděleny, bylo spodní dno v jednom svém průměru proříznuto a řez vyplněn vložkou z asbestu a slídy. K oběma těmito spodním polovicím jsou přiletovány svorky pro přívody k uhlíkům (vyznačena jen jedna z nich). Přívod k měděné anodě tvoří stěny horního válcovitého chladiče (*ch*) se svorkou +. Do chladiče dole přichází a nahore je odváděna voda (*v*). Není-li po ruce vodovodu, vydrží voda při obou uhlících asi  $\frac{1}{4}$  hod., než se dostane do varu. Bylo by možno též dáti vodě kroužiti v připojeném stočeném chladiči, nahore pro bezpečnost otevřeném.

Celý přístroj dá se zavěsiti pomocí postranní deštičky s dvěma otvory pro dvě hlavy šroubů. Jako většiny materiálu bylo použito mosazi; po zhotovení byl přístroj galvanicky poniklován.

Rozměry jsou celkem malé. Obraz přístroje je  $\frac{2}{3}$  původní velikosti.

*b) Zapojení oscilátoru.*

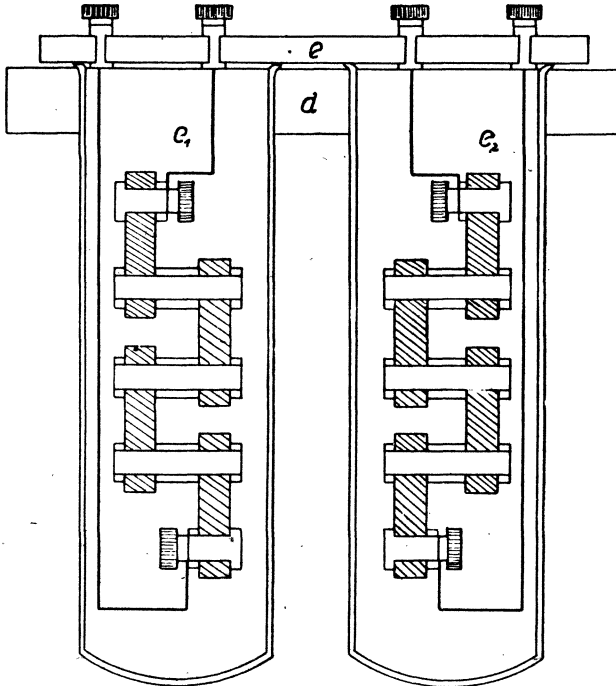
Oscilační výboj vznikne v kruhu sestávajícím ze samoindukce  $L$ , kapacity  $C$  a odporu vedení  $r$ , jenž je připojen na oblouk paralelně



Obr. 3.

s přívodem proudu stejnosměrného. Schema zapojení pro dva uhlíky je na obrázci 2, provedení celého oscilátoru v obr. 3. Společnou samoindukcí  $L$  pro oba oscilační kruhy je rámová antena  $a$ , o straně 70 cm, s 12 závity drátu (bronzového lanka). Jako kapacity  $C$  bylo použito pro každý kruh oscilační 4 blokovacích kondensátorků (Dubilier-Telefunken) po 5000 cm, za sebou spojených mosaznými matickami a válečky a zavěšených v nádobkách (větších zkumavkách) naplněných parafinovým olejem, sloužícím k ochlazení kondensátorů (obr. 4). Obě takto pořízené kapacity  $C_1, C_2$  byly s nádobkami upevněny přímo na antenním kříži dřevěnou deštičkou  $d$  a přikryty ebonitem  $e$  se 4 svorkami.

Jako odporů  $r_1$ ,  $r_2$  v primárním kruhu užito bylo dvou topných válečkovitých tělísek, užívaných v elektrických vařičích pro 110 voltovou síť. Odpor každého je  $20 \Omega$ . Připojeny jsou na fibrové, asbestem pokryté deštičce rovněž k antennímu rámu pod kondensátory (obr. 3). Aby byl oscilacím zabráněn vstup do zdroje stejno-



Obr. 4.

směrného proudu, jsou odpory  $r_1$ ,  $r_2$  spojeny dvojitou tlumivkou, k níž se připojí uprostřed svým záporným koncem zdroj 120 V stejnosměrného napětí. Kladný pól připojí se k místu, kde antena je spojena s měděnou deskou lampy. Všechny spoje, pokud možno krátké, zhotoveny z postříbřeného drátu.

Přívody vody a plynu jsou skleněnými přihnutými trubkami po svislé úhlopříčně anteny svedeny dolů. Všechny součásti oscilátoru jsou tedy připevněny na anteně. Stačí připojití dole zdroj proudu, vodu a plyn, abychom dostali intenzivní elektrické oscilace. Spotřeba proudu je při 120 V napětí asi 6 amp.

### 3. Pokusy s přístrojem.

S takto upraveným přístrojem dá se provést řada pokusů.

A. Elektromagnetická indukce. Elektromagnetické pole buzené kmity oscilátoru vyšetří se 4 voltovou, 4 wattovou lampičkou (závit Mignon), spojenou s cívkou o 4 závitěch průměru asi 17 cm. Žárovka tato svítí i ve vzdálenosti 60 cm od přístroje. Slouží zároveň, položena na experimentálním stole poblíž oscilátoru, jako indikátor vzniku a trvání oscilací.

Téhož účinku se dosáhne jediným silným měděným závitěm o průměru 50 cm. Ve vzdálenosti  $\frac{1}{2}$  m svítí plně táž žárovka 4 Voltová. Zkusíme-li totéž pro žárovku 110 V o spotřebě 15 wattů (závit Mignon), nerozsvítí se nám. Použijeme-li však anteny o 30 závitěch a straně 80 cm, dosáhneme rozsvícení. V tomto případě žárovka 110 V při vzdálenosti anten cca  $\frac{1}{2}$  m svítí plně. Naproti tomu 4 volt. žárovka slabě žhne.

Napětí indukované v druhé anteně jest ještě daleko větší, jak lze ukázat tímto pěkným pokusem. Spojíme tuto antenu o 30 závitěch, postavenou ve vzdálenosti 60 cm od zdroje kmitů, přes uvedenou 110 V žárovku s dvěma kovovými držadly, jimiž, držíce je v rukou, okruh přes svoje tělo uzavřeme. Žárovka plně svítí. Tělem při tom prochází proud 0.3 A, jak se můžeme žárovým ampérmetrem přesvědčiti, ale proud nemá žádných patrných fyziologických účinků. Jen při zapnutí nebo vytočení žárovky v objímce pocítíme trhnutí ve svalech. Musíme však držadla svíratí pevně v rukou, jinak bychom si kůži na rukou trochu připálili vzniklým Jouleovým teplem ve vzrostlém odporu mezi rukou a držadlem.

Proudy tyto majíce velkou frekvenci běží po povrchu vodičů. Je to známý zjev skinefekt. Dá se demonstrovati takto: S antenou volně spráhneme cívkou o 8 závitěch a 20 cm průměru, spojenou s vhodným kondensátorem a kruhem holého měděného drátu síly 5 mm, o průměru 50 cm, který je dosti vzdálen od oscilující anteny a v takové poloze, že indukce v něm je nepatrná. Kapacitu volíme tak, aby okruh byl zblízka v resonanci s oscilátorem. Přemostíme-li pak jediný závit z holého měděného drátu delší vodivou příčkou s žárovkou 4 V tak, že sečnu pomalu zvětšujeme, žárovka se postupně víc a více rozsvěcuje na důkaz, že měděný drát kruhu klade kmitům větší odpor než sama žárovka se slaboučkým kovovým vláčkénkem.

B. Resonance. a) Použijeme-li antenu o 30 závitěch a připojíme do kruhu proměnnou kapacitu do 600 cm a žárovku 4 V, rozsvítí se tato při vyladění ještě na vzdálenost 3 m, jsou-li anteny spolu rovnoběžny. Zkřížíme-li je, žárovka hasne. Otočíme-li ještě oscilátorem tak, že roviny jeho a přijímací anteny spolu splývají, opět se žárovka rozsvítí, ale již ne tak intenzivně.

b) Vyladíme při rovnoběžných antenách přijímací systém s lampičkou a přidejme další laděný kruh, složený z anteny o 20 závitěch a straně 70 cm ve vzdálenosti  $1\frac{1}{2}$  m za druhou antenou. Postupujeme-li v tomto třetím systému od větších kapacit k menším, žárovka pomalu zhasne, až hasne zcela. Při dalším zmenšování kapacity prudce se rozsvítí a dále svítivosti její volně ubývá.

Posuneme-li tento třetí systém laděný do vzdálenosti 140 cm vedle systému druhého, tak aby rovina třetí anteny splývala s rovinnou druhé, a zmenšujeme-li kapacitu, svítivost žárovky zprvu volně klesá až k nule, pak pomalu narůstá.

Dejme nyní tento třetí laděný kruh (mezistanici) mezi oscilátor a vyladěný kruh se žárovkou. Při tom zvětšíme vzdálenost kruhu se žárovkou na  $4\frac{1}{2}$  m od oscilátoru, kde již po vyladění, není-li třetího kruhu, svítí docela slabě. Vložíme-li mezistanici do vzdálenosti 2 m od okruhu se žárovkou a vyladíme-li ji, žárovka se náhle rozsvítí. Ladění je velmi ostré.

c) Jak již z předešlých pokusů je viděti, dostaneme z přístroje pěknou oscilační energii a dá se jí proto použítí též k mnoha jiným pokusům.

Braunovým voltmetrem naměříme na anteně oscilátoru napětí 1300 voltů. Dá se tedy těchto oscilací použítí k některým pokusům Teslovým. Připojíme-li na oscilátoru spojovací místo anteny s kapacitami k izolované síti od Teslových pokusů a držíme-li v ruce bezelektrodovou trubici nebo doutnavou lampu, září tato v blízkosti sítě. (Druhý konec anteny na oscilátoru je chladicí vodou přes přívody její uzemněn.) Rotující zreadlem nepodařilo se ani při velmi rychlé rotaci výboj v oscilografní trubici rozložití, ježto frekvence oscilací je velká. Nádherné jsou úkazy v trubicích, jež na vývěvě čerpáme a jež jsou jednou elektrodou připojeny na místo sítě k oscilátoru. Druhá elektroda se uzemní. Výboj je proti výboji z Ruhmkorffu klidnější.

Oscilační energie dá se užítí též k demonstraci kruhového výboje v Thomsonově kouli. Zpravidla se používá vln tlumených, ač již bylo použito vln netlumených, získaných elektronovými lampami (R. Šimůnek: Nová metoda vytvoření kruhového výboje bez elektrod. Č. J. Č. M. F., LIII, 1924). V našem případě má koule značný průměr 50 cm. Kolem ní bylo navinuto 55 závitů izolovaného drátu měděného. Pod závitů po celé délce podložen byl pás z lesklé lepenky a staniolu, napříč ve vzdálenosti vždy asi 2 cm prořezaného. Má se jím odstíniti elektrostatické pole mezi krajními závitů. Prořezáním staniolu pak zabrání se vířivým proudům. Koule je svým zábrusem připojena na rtuťovou vývěvu. K spřažení cívky na kouli s oscilátorem použili jsme onoho silného měděného závitu o 50 cm průměru. K tomuto přes malý, otočný kondensátor (do 250, cm) s velmi vzdálenými deskami, je připojena cívka kolem koule.



Počet závitů 55 byl volen tak, aby se celý kruh takto utvořený dal kondensátorkem vyladiti na kmitočet oscilátoru. Vyladění pozná se opět kroužkem s lampičkou, kterým přiblížíme se k cívce na kouli. Při patřičném vyčerpání koule objeví se uvnitř koule v rovině závitů krásný prstenec. Ale i úkazy, jež předcházejí při postupujícím zředování, jsou pěkné.

Kdybychom měřili napětí na koncích cívky kolem koule při resonanci, bylo by jistě dosti vysoké. Tuto transformaci napětí nahoru je možno též ukázati velkou antenní cívkou o 50 závitech a straně 115 cm. K ní dán otočný kondensátor do 250 cm a paralelně elektrostatický voltmetr do 5.000 voltů. Cívka byla s oscilátorem volně — ve vzdálenosti 2 m — induktivně spřažena. Při ladění naměřeno bylo na cívce v blízkosti resonančního maxima napětí 4000 voltů. Při přesnějším vyladění nastalo jiskření mezi deskami kondensátoru (vzdálenými od sebe 2 mm). Při větším spřažení napětí značně rostlo (kondensátor byl ponořen do parafinového oleje, aby se zamézilo jiskření), ale v zápětí oscilace v primárním kruhu zmizely.

*Fysikální ústav Masarykovy university.*

V Brně 20. prosince 1930.

\*

**Sur un appareil pour la démonstration des phénomènes accompagnant les oscillations électriques.**

(Extrait de l'article précédent.)

Les auteurs donnent la description d'un appareillage pour la production d'oscillations non-amorties de grande intensité à l'aide de l'arc de Poulsen; cet appareillage, dont la fabrication n'offre d'ailleurs pas de grandes difficultés, se prête fort bien à la démonstration de toute une série de belles expériences.