

Ivan Šimon

Elektromagnetické vlny na drátu s isolačním obalem

Časopis pro pěstování matematiky a fyziky, Vol. 71 (1946), No. 1-4, 91--95

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/121090>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1946

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>

Elektromagnetické vlny na drátu s isolačním obalem.

Památce prof. F. Závíšky - † 17. IV. 1945.

Ivan Šimon, Praha.

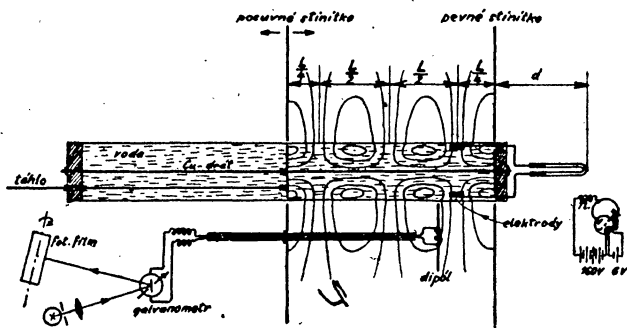
(Došlo 1. srpna 1945.)

V roce 1934 uveřejnil prof. Závíška pod tímto titulem theoretickou práci [1], ve které ukázal, jakým způsobem je ovlivňováno šíření elektromagnetických vln podél vodivého drátu dielektrickým obalem. Výsledky citované práce lze shrnouti takto: Podél drátu se může šířiti vlnění dvojího druhu. Prvé — t. zv. hlavní vlna — odpovídá normálním, „drátovým“ vlnám, jen jest jeho postupná rychlost vlivem obalu snížena. Toto snížení vlnových délek je v oblasti velkých vlnových délek nezávislé na kmitočtu, tedy bez disperse. Druhý druh vlnění — t. zv. vedlejší vlny 1., 2., 3., ... řádu — odpovídá vlnám v dielektrických válkách a vyznačuje se značnou disp. rší. Zatím co existence hlavních vln plynula již ze starší theorie Harmsovy [2] a byla také pokusně dokázána (Weiss [3]), byla theorie vedlejších vln nová a chybělo dosud její pokusné ověření.

V letech 1935—36 jsem provedl na podnět prof. Závíšky měření, směřující k tomuto cíli. Výsledky měření se však tehdy neshodovaly s výpočtem a proto nedošlo k uveřejnění. Teprve letos, chtěje zužitkovati některá z tehdy provedených měření k určení dielektrické konstanty vody, nalezl jsem ve svém tehdejší výpočtu nedopatření, po jehož odstranění se ukázala uspokojivá shoda měření s teorií. Protože drátové a trubicové vlny nabyly mezitím v rychle se rozvíjejícím oboru elektrických mikrovln značného významu, pokládal jsem za vhodné uveřejniti tento experimentální doplněk práce prof. Závíšky.

Měření bylo provedeno na měděném drátě průměru 0,4 cm, opatřeném vodním obalem ve tvaru sousého válce průměru 12 cm. Voda — zvolená pro svoji vysokou dielektrickou konstantu $\epsilon = 80$ — byla nalita v tenkostěnné trubici z bakeliso vaného papíru. Budící vlny v oboru 70 až 170 cm byly získávány pomocí malého oscilátoru s triodou knoflíkového typu (RCA 955).

Celé uspořádání je patrné z obr. 1. Měděný drát je napjat v gumoidové trubici asi 150 cm dlouhé, naplněné vodou. Na jednom konci trubice bylo zevně umístěno plechové stínítko rozměrů asi $70 \times 70 \text{ cm}^2$, které bylo také uvnitř doplněno plechovým kotoučem v téže rovině. Otvory v tomto vnitřním stínítku byly do vody zavedeny dvě elektrody, které byly umístěny v takové vzdálenosti od stínítka, kde podle výpočtu měly vystupovati elektrické siločáry kolmo z vodního obalu do vnějšího prostoru. Za tuto vzdálenost byla brána čtvrtina vlnové délky L drátového vlnění, vypočtená předem podle Závaškovy teorie pro danou budící vlnovou délku l . Elektrody byly napájeny krátkým vedením, které bylo velmi volně

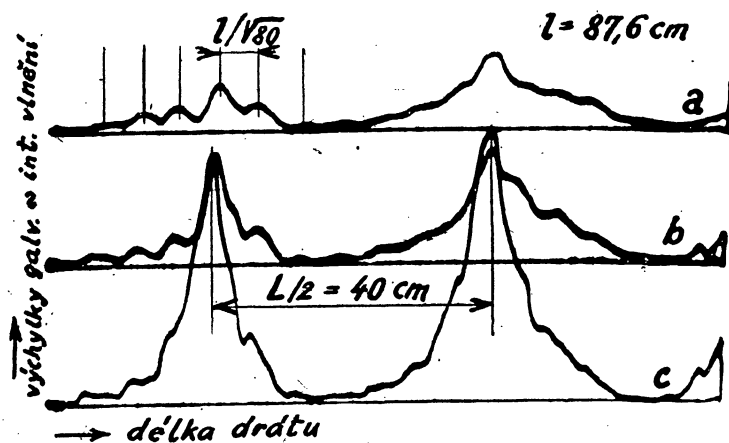


Obr. 1. Uspořádání pro měření stojatých vln na drátu s dielektrickým obalem.

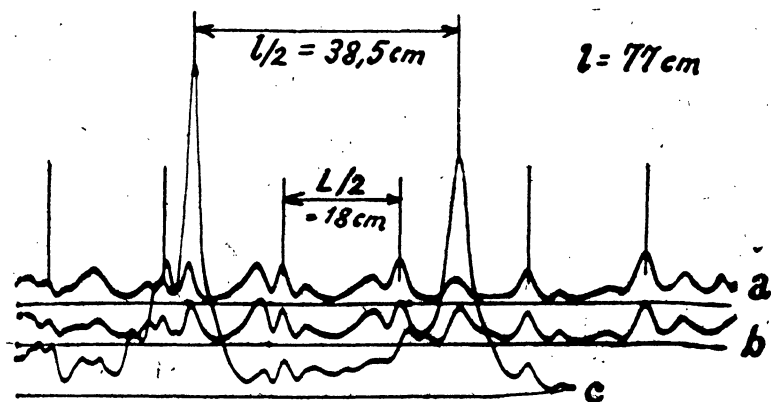
spřaženo s opodál postaveným oscilátorem. Délku d tohoto vedení bylo možno měniti posouváním nástavcem, takže se celý systém dal vyladiti na žádanou vlnovou délku. Význam tohoto ladění bude ukázán dále. — Podél vodního obalu se dalo posouvatí druhé stínítko, s kterým se současně také uvnitř posouvalo kruhové stínítko, spojené třecím kontaktem s drátem. Kdykoliv se během posouvání stala vzdálenost mezi posuvnými a pevnými stínítky rovnou celistvému násobku půlvlny $L/2$, vytvořilo se mezi stínítky stojaté vlnění; takový případ je právě naznačen na obr. 1. V tomto případě ukazuje galvanometr, spojený s detektorem indikačního dipólu, umístěného mezi stínítky, maximální výchylku. Výchylky galvanometru byly registrovány na fotografický papír, jehož odvinování bylo vázáno s pohybem stínítek. Tím byl umožněn zcela samočinný chod zařízení během měření, takže odpadlo rušení, způsobené nepravidelnými odrazy rozptýleného vlnění při změnách polohy pozorovatele. — Vlnová délka budícího vlnění byla měřena Lecherovými dráty, velmi volně vázanými s oscilátorem.

Protože nebylo možno zabrániti, aby mezi stínítky nevnikalo zčásti také vlnění přímo z oscilátoru — po příp. po různých odra-

zech v laboratoři — vznikaly z počátku superposicí naprosto nepřehledné serie maxim a minim. Teprve zavedení fotografické registrace výchylek galvanometru umožnilo naléztí hledané zákoni-



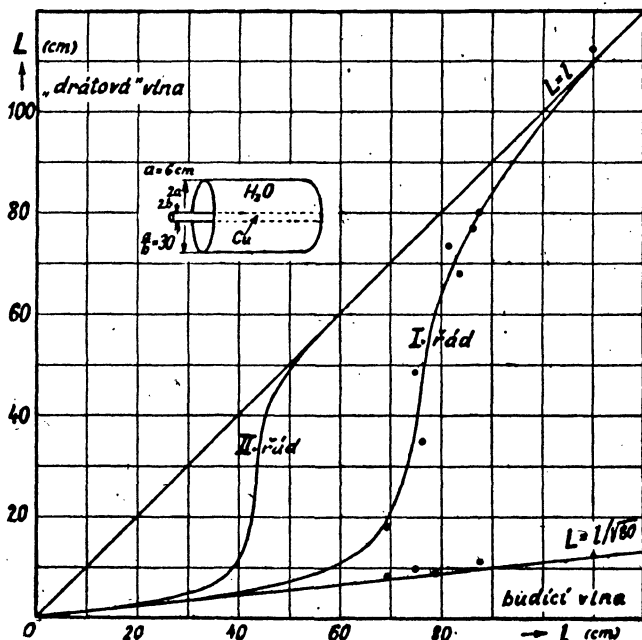
Obr. 2. Stojaté vlny na drátu s vodním obalem. Drátová vlna $L = 80$ cm. Postupným laděním napájecího vedení (viz obr. 1) byla intenzita drátových vln vyzdvížena nad úroveň rušivých vln. Délka napájecího vedení byla po řadě: a) $d = 44$ cm, b) $d = 47$ cm, c) $d = 50,5$ cm.



Obr. 3. Stojaté vlny na drátu s vodním obalem. Drátová vlna $L = 36$ cm. Délka napájecího vedení byla po řadě: a) a b) $d = 0$ cm, c) $d = 23$ cm.

tosti v seriích výchylek. — Bylo provedeno více než 50 měření, z nichž však pouze asi pětina dala upotřebitelné výsledky. Mnohá měření poskytovala pouze triviální výsledek $L = l$ ($L =$ vlnová délka drátového vlnění, $l =$ vlnová délka budícího vlnění), jiná

zase $L = l/\sqrt{80}$, což odpovídá vlnění, šířícímu se ve vodě. Zpravidla byly všechny tyto případy současně kombinovány a teprve vhodným vyladěním napájecího vedení se podařilo vyzdvihnouti drátové vlny nad úroveň rušivých vln; to je na př. velmi dobře patrné z obr. 2 (měření č. 20). V tomto případě bylo superponováno pouze



Obr. 4. Závislost vlnové délky drátového vlnění na budící vlnové délce pro měděný drát se sousým vodním obalem. — Plně vytažené křivky byly vypočteny podle Záviškovy theorie, experimentálně zjištěné hodnoty jsou vyznačeny body.

drátové a „vodní“ vlnění. Na obr. 3 je jiný příklad (měření č. 40), kde se zprvu objevovalo jen budící vlnění, které se podařilo potlačit vhodným vyladěním napájecího obvodu.

Výsledky měření jsou uvedeny v následující tabulce:

l (cm)	87,6	87,4	86,2	83,8	81,6	81,6	77,0	75,2	69,4
L (cm)	80	80	77	68	74	73	36	48	18

V obr. 4 jsou naměřené hodnoty srovnány s křivkami pro vedlejší vlny 1. a 2. řádu, vypočtenými podle Záviškovy theorie pro pokusně realizovaný případ. Ve vlnovém oboru, jenž byl k dispo-

sici, se dalo vzbuditi na drátu pouze vedlejší vlnění 1. řádu. Ačkoliv naměřené hodnoty vlnových délek vykazují poměrně značný rozptyl, zaviněný nedostatečnou přesností měření stojatých vln na drátu, je viděti, že v celku dobře odpovídají výpočtu podle Závíškovy teorie.

Práce byla provedena v laboratořích Fysikálního ústavu Karlovy university, jehož řediteli, prof. Dr. Aug. Žáčkovi děkuji za propůjčení přístrojů a živý zájem na postupu měření. Prof. Dr. V. Petržílkovi rovněž děkuji za účinnou podporu při práci.

*

Electromagnetic waves on a wire surrounded by a dielectric cylinder.

(Abstract of the preceding paper.)

More than ten years ago the late prof. Závíška — who died in a german concentration camp on april 17 45 — was theoretically dealing with the propagation of electromagnetic waves along a conducting wire, surrounded by a dielectric cylinder. He has shown that, in addition to the main wave, other waves (secondary waves) can propagate along the wire, provided the applied wavelength is sufficiently short. The behaviour of this type of waves is somewhat similar to that of waves in the hollow wave guides which become more important in the recent time. The theory of prof. Závíška has been verified in the case of a copper wire (4 mm dia.) surrounded by a water cylinder ($\epsilon = 80$, 120 mm dia.) by the author, who found quite a good agreement of measured wavelengths (dots in the fig. 4) with calculated curves.

Literatura.

- [1] Závíška: Věstník král. čes. společnosti nauk, Tř. II., 1934.
- [2] Harms: Ann. d. Phys., 23 (1907), 44.
- [3] Weiss: Ann. d. Phys., 28 (1909), 651.