

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Bartoloměj Navrátil

Jednoduchý přístroj k objektivnímu demonstrování proudů proměnných

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 30 (1901), No. 1, 10--17

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/108808>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1901

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>

Arithmetický průměr hodnot vypočtených dává

$$\frac{\bar{\sigma}}{\sigma} = \frac{1}{332473}.$$

Srovnávajíc s tímto výsledkem hodnotu nahoře vypočtenou

$$\frac{\bar{\sigma}}{\sigma} = \frac{1}{332310},$$

uznáme, že souhlas jest velmi dobrý.

Z tohoto souhlasu lze usouditi zase zpět, že hodnota konstanty gravitační, kterou jsme za základ výpočtu položili, jest i z důvodů astronomických pravdě velice podobnou.

Jednoduchý přístroj k objektivnímu demonstrování proudů proměnných.

Sestavil

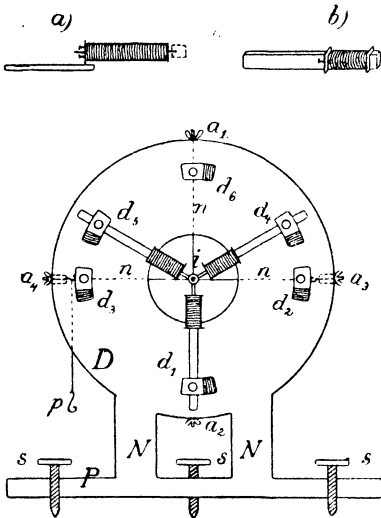
B. Navrátil,

ředitel vyšší reálné školy v Prostějově.

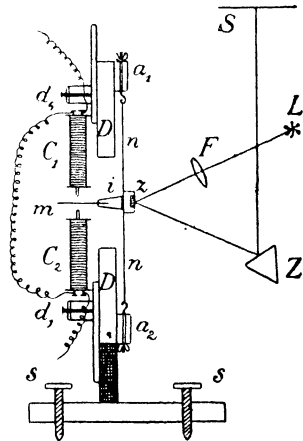
V kruhové a přesně rovné desce D (obr. 1.) o průměru asi 35 cm vyřízne se soustředně kruhový otvor asi 10 cm v průměru. Desku tu postavíme na nohách N na podstavu P, již třemi šrouby s lze postavit vodorovně, po případě dle potřeby nakloniti. Na jedné straně desky D (v obr. 1. na zadní, v obr. 2. na pravé) umístěny jsou na koncích svisného a vodorovného průměru 4 třmínky a_1 , a_2 , a_3 , a_4 , jimiž procházejí čtverhranné tyčky, jež šroubovými maticemi podél obou průměrů pošinouati lze, aniž samy se otáčejí. Na háčcích, jimiž vnitřní konce tyček jsou opatřeny, visí na stejně dlouhých nitích (žádá-li se větší pružnosti v kroucení, vezmeme přiměřeně tlusté struny) uprostřed vnitřního kruhového otvoru částka přístroje, označená i, již nazveme indikátorem.

Jest to korek vypilovaný asi v té podobě, jak obr. 2. ukazuje, do jehož čelné široké části zasazeno jest malé čtver-

cové zrcátko z o délce strany 2 cm , do užší části zadní magnetické (často dostačí i jen obyčejná nemagnetická železná) tyčinka m ztlouští 2 mm a zdělí 4 cm . Indikátor jest zavěšen na nitkách n pomocí mosazného kroužku objímajícího korek na rozhraní tenčí a tlustší jeho části, a zároveň tak vyvážen, aby těžiště jeho padlo do roviny nití n . Tímto závěsem docílíme výchyšky, po případě kmitání indikátoru buď okolo jedné niti — svislé nebo vodorovné — jakožto osy, když druhá niť jest docela popuštěna; neb okolo obou, když obě jsou napjaty, ve kterémž případě tudíž indikátor při amplitudách velmi malých, o které jen nám zde jde, zaujati může stejně snadno každou polohu v prostoru kužele, jehož vrchol leží ve středu kroužku, a jehož osu označuje magnet m , když jest v rovnováze.



Obr. 1.



Obr. 2.

Na druhé straně desky D (v obr. 1. na přední, v obr. 2. na levé) upevniti lze skobami $d_1 \dots d_6$ ve směru radialním tyčkové elektromagnety tak, aby pól jejich byl ve vhodné vzdálenosti od pólu m indikátoru i . Magnetům těm dáno zařízení dvojit. Buď jest to obyčejný tyčkový elektromagnet s válcovitým

jádrem z měkkého železa zděli 10 cm o průměru 4 mm v cívice 8 cm dlouhé, ovinuté tlustším drátem tak zvoleným, aby odpor jeho se rovnal 1 ohmu. Cívka upevněna jest na dřevěném prkénku, jež skobami *d* v žádoucí poloze udržeti lze. Na konec železného jádra možno též navlíknouti válcovité nástavky z měkkého železa o průměru 1 cm, jak na obr. 1 a) tečkami jest naznačeno.

Anebo vzat byl ocelový magnet hranolový rozměrů

$$100 \times 10 \times 5 \text{ mm,}$$

k jehož jednomu pólu přišroubován nástavek z měkkého železa podobného tvaru 4 cm dlouhý a 2 mm široký, na nějž navlíknuta cívicečka s četnými závitů tenkého drátu, jak v telefonech vidáme, s úhrnným odporem 30 ohmů (obr. 1b). Prvého druhu užíváno bylo při malých elektromotorických silách, druhého při elektromotorických silách větších. Kdy kterého druhu užiti lze, o tom nejlépe v každém daném případě se použijeme zkoušením.

K objektivnímu znázornění proměnných proudů jest konečně zapotřebí intensivního zdroje světelného L (obr. 2.); užíváno téměř výhradně Křížikovy elektrické lampy (o 40 voltech a 10 ampérech), uzavřené v temné skříni, jejíž paprsky světelné učiněny napřed rovnoběžnými a vypouštěny pak kruhovým otvorem, jehož skutečný obraz vytvořen čočkou F na stínítku S po odraze světla od otáčivého zrcadla trojbokého Z. Vzdálenost ZS obnášela obyčejně 7·5 m. Místo elektrické lampy dostačí též intensivný argandský hořák, jehož plamen uzavřen jest ve válci z černého plechu, do jehož pláště navrtány jsou kruhové otvory různých velikostí, jichž obrazy pak jako dříve čočkou F promítneme na stínítko S. — Popíšeme nyní některé pokusy, jež přístrojem tímto lze ukázati, zejména ty, pro něž byl sestrojen.

1. *Proudy přerývané a střídavé jednofasové.* Proudy přerývané zjednáme si na př. kladívkem Neefovým, proudy střídavé příslušným strojem dynamoelektrickým.*) Elektromagnet, zatím

*) Na dynamoelektrický stroj ruční na proudy stejnosměrné s kolektorem o 24 lamellách navlečeny 4 mosazné kroužky I, II, III, IV se žlábků na obvodu a izolovány od sebe úplně, od lamell kolektoru jen částečně, tak že kterýkoliv kroužek s jednou lamellou kolektoru mohl býti vodivě spojen pouhým přitážením šroubku. Primární magnet stroje buzen byl zvláštním proudem. Dotýkají-li se kroužky I a II lamelly 1. a 13., odvádějí dotyčné

jen jediný, a to prvního druhu, t. j. o malém odporu upevníme v poloze d_1 (obr. 1. i 2.), vedeme jím střídavý proud a regulujeme napjetí nití, popouštějíce niť vertikální maticí spodní a_2 a přitahující dle potřeby niť horizontální maticemi a_3 a_4 .

Napjetí horizontální ať je značně větší než vertikální. Uvedeme-li pak do cívky střídavý proud, vzniká na hořejším pólu elektromagnetu střídavě pól severní a jižní, jenž pól m indikátoru střídavě přitahuje a odpuzuje.

Při malé frekvenci proudu (na př. 2—4 za sek.) pozorujeme pak, jak světelný index na stínítku S střídavě se zdvihá nad polohu rovnovážnou a klesá pod ni. Amplitudy dosáhneme snadno 10 *cm* a více.

Jedná-li se o proud větší frekvence (na př. 30 za sek.), napínáme niť a_3 a_4 , při poměrně malém napjetí nitě a_1 a_2 , tak dlouho, až vlastní doba kmitu indikátoru i vyrovná se periodě proudu střídavého (přerývaného). Tu se pak světlý kotouček na stínítku S následkem rychlého kmitání indikátoru směrem shora dolů prodlouží, a otočíme-li zvolna zrcátkem Z, objeví se na stínítku lesklá vlnitá čára. Amplituda nyní snadno dosáhne hodnoty 30 *cm* neb i větší a na stínítku vidíme pak mohutnou světelnou vlnu známého tvaru sinusového. Dlužno však podotknouti, že má-li světlá tato vlna býti pravidelná, zejména, má-li stále míti tutéž amplitudu, jest nutno udržeti frekvenci proudu střídavého, t. j. otáčecí rychlost stroje proud budícího na míře dokonale konstantní, čehož při ručním pohonu ovšem jen nesnadno a i to jen na okamžik dosíci lze. Totéž platí o otáčecí rychlosti zrcátka Z, jež podmiňuje délku vlny. Ostatně i to zasluhuje zmínky, že v případě právě popisovaném střídavé proudy mohou býti i velmi slabé, poněvadž se magnetickými impulsy, byť i velmi slabými, amplituda kmitu indikátoru velmi rychle zvětšuje (podobně jako u souznění dvou těl stejně naladěných). A skutečně dostačil

kartáčky do žlábků přiléhající z armatury jednofasový proud střídavý. Zřídí-li se kontakt mezi kroužky I a II a lamellami 1 a 13, pak mezi III a IV a lamellami 7 a 19, obdržíme z příslušných 4 kartáček proudy dvojfasové. Zjednáme-li kontakt mezi kroužky I, II, III, IV a lamellami 1, 13, 21, 5, obdržíme mimo proud střídavý z I a II též proudy trojfasové z II, III a IV.

i jen remanentní magnetismus primárního magnetu stroje k vytvoření veliké světlé vlny z daleka viditelné.

Amplitudu této vlny lze měniti buď variací síly proudu anebo, nelze-li toho učiniti, variací vzdálenosti pólu cívky od m a napjetí nití. Jedná-li se o proudy velmi slabé, můžeme na rámec přístroje D mimo cívku v d_1 upevniti ještě cívku druhou v poloze d_6 (obr. 1.; v obr. 2. jsou to cívky C_1 a C_2) tak, aby střídavým proudem na koncích k m obrácených se budily magnetické póly nestejnomené, jichž účinky na pól m se pak, jak patrnó, sečtou. Ještě citlivějším stane se přístroj, upevní-li se odchylní cívky v polohách d_2 d_3 (obr. 1.; obr. 2. tuto polohu také znázorňuje, když si jej myslíme jako půdorys). Zároveň učiníme svislé napjetí velmi malým (5—10 g) a napjetí horizontální co nejmenší, tak aby indikátor právě ještě se udržel v poloze rovnovážné. V tomto případě doporučuje se, regulovati napjetí nití místo šroubků a_3 a_4 raději přímým zavěsováním závaží, jak obr. 1. u p naznačuje.

2. *Indukce elektrická a magnetická.* Při demonstrování základních zjevů indukce upotřebíme zařízení popsaného na konci odstavce právě předcházejícího. Při galvanické indukci užito bylo malinké indukční cívky, 8 cm dlouhé*); primární proud obnášel 0·4—0·8 amp. a měněn byl zvláštním kommutátorem v intervalech velkých, aby bylo lze rozeznati proudy indukované jak uzavřením, tak i přerušením proudu. Při magnetické indukci vsouván do cívky**) o úhrnném odporu 1 ohmu obyčejný tyčkový magnet. Na desce D upevněny byly cívky prvního druhu o malém odporu. V některých případech na jejich konce navlíknuty zmíněné již válcovité nástavky z měkkého železa, aby magnetické pole mezi nimi bylo stejnoměrnější. Světelný index na stínítku S ukazoval odchylky 10—20 cm od polohy rovnovážné na levo a na pravo dle směru proudu indukovaného. Že při tomto pokusu zrcátko Z jest zbytečno, netřeba zvlášť podotýkati.

3. *Proudy dvojfazové a krouživé pole magnetické jimi vzbuzené.* Dvě cívky druhého druhu, t. j. o velkém odporu upevní se v poloze d_1 a d_2 (obr. 1.). Dvojfazový proud dodává dynamo-

*) Poměr počtu závitů primárních a sekundárních nebylo lze stanoviti.

**) Asi o 300 závitů drátu 1 mm tlustého.

elektrický stroj na dvojfazový upravený způsobem v poznámce již dříve popsaným, jehož primární magnet byl buzen proudem 0·8—4·5 amp. Jest důležité, aby obě nitě, jak vodorovná tak svislá, byly stejně napjaty, čehož nejspolehlivěji docílíme zavěsováním závaží, jak už dříve bylo podotčeno. O stejnosti napjetí a vůbec o souměrnosti celého uspořádání lze se přesvědčiti tím způsobem, že pozorujeme napřed odchytku světelného indexu na př. ve směru vodorovném, odpovídající jednomu proudu střídavému, kdežto účinek druhé komponenty dvojfazové soustavy proudové jest přerušením vodiče eliminován, a totéž opakujeme, když účinkuje pouze druhá komponenta, dříve eliminovaná ve směru svislém, při čemž v úzkých mezích měníme napjetí nití, až amplitudy odchylek v obou směrech jsou sobě rovny. Působí-li pak obě složky současně, pozorujeme při malé frekvenci (2—4 za sek.), t. j. při velmi znenáhlém otáčení strojem volný pohyb krouživý světelného indexu na stínítku S, jenž jest přímým obrazem kroužení pole magnetického výsledného, v jehož oblasti se pól m indikátoru i nalézá. Pozorovaná dráha světelného indexu jest obyčejně ellipsa, jejíž délka os obnáší 8—10 cm ; méně často kruh stejných rozměrů. Zajímavost jest, že točíme-li strojem směrem protivným, též směr otáčecí indexu světelného se promění v protivný, což ukazuje, že i magnetické pole krouží směrem protivným, jakž ovšem také býti musí.

Nebo, jsou-li obě magnetické složky krouživého magnetického pole, na sobě kolmé, v prvním případě

$$h_1 = H \sin \frac{2\pi t}{T},$$

$$h_2 = H \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{T}{4} \right),$$

kdež T značí periodu střídavého proudu, jsou zajisté v případě druhém, točíme-li směrem protivným, poněvadž se pořad, v němž obě soustavy závitů armatury, dvojfazové proudy dávající, zamění, složky ty vyjádřeny

$$h_1 = H \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{T}{4} \right),$$

$$h_2 = H \sin \frac{2\pi t}{T}.$$

Jednoduchá konstrukce výsledné síly magnetického pole dle obou těchto skupin rovnic i jen pro dvě po sobě následující doby, na př. $t = 0$ a $t = \frac{T}{4}$, ihned dosvědčí, že směry otáčecí krouživého pole magnetického v obou případech jsou protivny.

Zrychlujeme-li otáčení dynamoelektrického stroje, z počátku pravidelnost dráhy obrazce na stínítku úplně zmizí; světelný index míhá se nepravidelně sem tam, vznikají různé geometrické obrazce podobné Lissajouovým, až při jisté rychlosti objeví se opět elipsa nebo kruh rozměrů dle upravení přístroje mnohdy velmi značných. Případ ten nastává tehdy, když poměr frekvence proudů a počtu vlastních kmitů indikátorové části aparatu jest vyjádřen jedničkou nebo vůbec číslem celým. Při ručním pohonu dynamoelektrického stroje nelze poměr ten ovšem ani zde udržeti trvale při hodnotě stálé; proto se též tvar elipsy brzo mění v kruh, jenž přechází v elipsu souměrně položenou, načech nastoupí pochod opačný atd. Účinné proudy mohou býti v tomto případě opět velmi slabé, dostačít k jich vzbuzení i jen remanentní magnetičnost primárního magnetu dynamoelektrického stroje.

Ku provedení tohoto pokusu a dodejme hned i následujícího jeví se býti cívky prvního druhu méně vhodnými. Že se lépe osvědčují cívky druhého druhu, toho příčinou jest, že trvalá magnetičnost tyčí nástavky pólové po každé střídě proudu jistěji a rychleji uvádí do prvopočátečního stavu magnetického, nežli to bez spolupůsobení zevnější síly magnetické u cívek prvního druhu jest možno, v nichž, jak přímé zkoušky ukázaly, i po plném přerušení proudu vždy ještě značné residuum magnetičnosti se konstatovati mohlo.

4. *Proudy trojfazové a krouživé pole magnetické jimi vzbuzené.*
Tři cívky druhého druhu upevníme na desku D v polohách d_1 d_4 d_6 , jež uzavírají mezi sebou úhly 120° (obr. 1.) a spojíme je s dynamoelektrickým strojem tak, aby proud do nich vstupující vyvolal na koncích k indikátoru obrácených póly stejnojmenné. Ostatní svorky těchto cívek spojíme vodivě mezi sebou.

Vyrovnávací čtvrtý vodič ovšem při našem zařízení dynamoelektrického stroje musil docela odpadnouti. Napjetí nití budiž opět stejné.

Pozorovaný zjev souhlasil pak jak při otáčení znenáhlém, tak při otáčení rychlém s tím, což uvedeno bylo v odstavci předcházejícím. Při rychlém otáčení ručním byla však pozorována větší stabilnost ellips, po případě kruhů.

Na těchto několika příkladech výkonosti našeho přístroje přestaneme, dodávajíc jen ještě, že jím též snadno a rychle možno demonstrovati proudy stejnosměrné, a to i proudy velmi slabé, jaké na př. dává galvanický článek složený z drátku měděného a zinkového v rource naplněné vodou okyselenou kapkou kyseliny sírové.

O středech křivosti kotálnic.

Napsal

Miloslav Pelišek,

professor c. k. státní průmyslové školy v Praze.

I.

Východištěm následujících úvah jest známá *konstrukce Eulerova*, jež se též připisuje *Savary-ovi*, kterou se vyhledá střed křivosti s křivky (p) opsané libovolným bodem p roviny pevně spojeným s kružnicí k o středu o a poloměru r , jež se valí po kružnici K o středu O a poloměru R ; při tom jest, jak známo, vésti normálu pt a přímkou po , dále jest vztýčiti v okamžitém středu otáčení t kolmicí k normále pt , kteráž kolmice protíná po v bodě π ; přímkou πO protíná pak normálu pt v hledaném středu křivosti s kotálnice opsané bodem p .

Z konstrukce vysvítá též řešení opačné úlohy, vyhledati totiž onen bod p , který opíše kotálnice (p), jejíž střed křivosti jest daný bod s .

Body p a π jsou involutorně sdružené; sestrojíme-li střed křivosti σ epicykloidy (π) opsané bodem π , jsou patrně též středy křivosti s a σ involutorně sdružené.