

Kelvinův kapkový generátor

Kryštof Kadlec¹, Lukáš Kuneš², Lukáš Němeček³

¹Gymnázium Františka Palackého, Valašské Meziříčí, krystoof.2@seznam.cz

²Gymnázium, Zlatá stezka 137, Prachatice, kunamars@seznam.cz

³Gymnázium, Palackého 191/1, Mladá Boleslav, lukas.nemecek536@gmail.com

21. června 2016

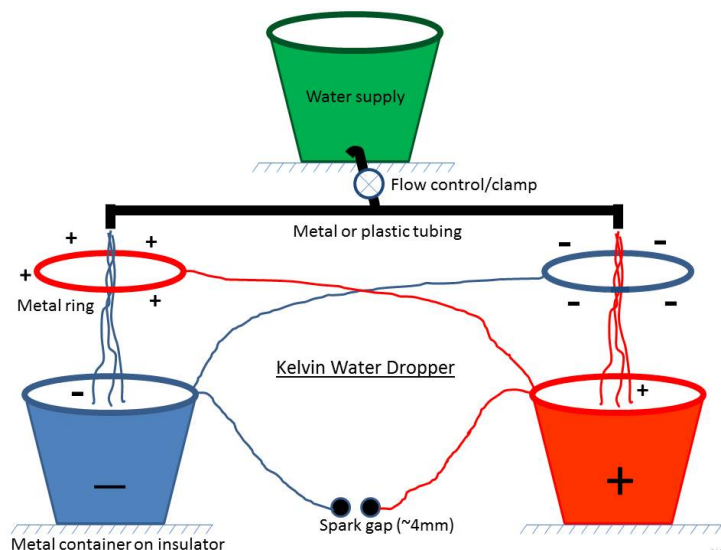
Abstrakt

Kelvinův kapkový generátor je zařízení, které vytváří potenciálový rozdíl mezi dvěma elektrodami za pomoci elektrostatické indukce a kapající vody. Zařízení jsme sestavili a využili k nabíjení kondenzátoru. Za účelem optimalizace nabíjení vznikla idea pomocného jiskřiště, jehož účinnost jsme ověřili sérií měření.

1 Úvod

Existuje mnoho způsobů jak generovat elektrické napětí. Jedním z nich je Kelvinův kapkový generátor, jež vynalezl roku 1867 skotský vědec William Thomson (lord Kelvin). Jedná se o typ elektrostatického generátoru, který využívá padajících vodních kapek v kombinaci s elektrostatickou indukcí ke generování elektrického napětí. Jeho výhodou je snadná výroba a snadno pochopitelný princip fungování. Lze jej využít například k nabíjení kondenzátoru na napětí v řádu kV. Kelvinův generátor byl v minulosti mnohokrát zkoumán a zlepšován, ale nakonec díky své malé účinnosti našel uplatnění pouze jako školní demonstrační pomůcka.

Naším cílem bylo sestavit Kelvinův generátor z běžně dostupných materiálů a následně jej využít k nabíjení kondenzátoru. Vyzkoušeli jsme několik variant sestavení s cílem nalézt tu, která by umožnila co nejlepší opakovatelnost měření. Dále jsme hledali cesty, jak nabíjení kondenzátoru co nejvíce zefektivnit. Za tímto účelem jsme formulovali myšlenku pomocného jiskřiště. Nabíjení jsme realizovali s jiskřištěm i bez něj a experimentálně ověřili, že pomocné jiskřiště efektivitu nabíjení zvyšuje.



Obrázek 1: Schéma Kelvinova kapkového generátoru

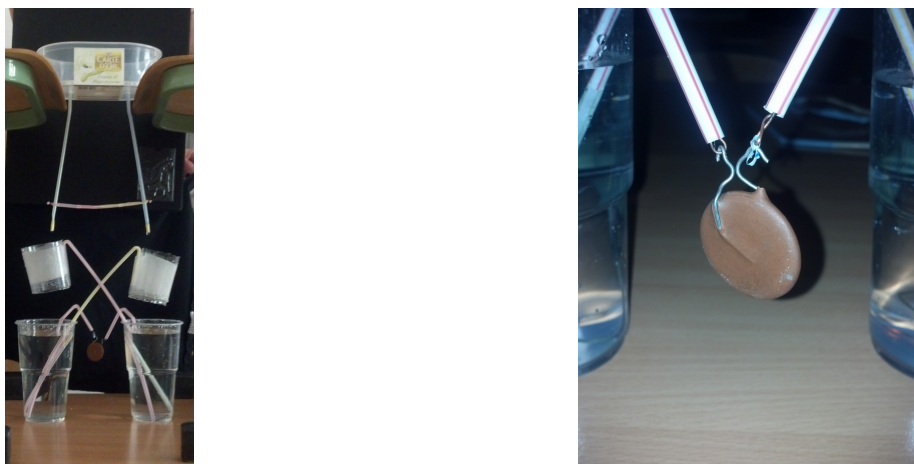
2 Kelvinův generátor

2.1 Popis generátoru

Schéma generátoru je na obrázku 1. Horní část generátoru je tvořena zásobníkem vody, který je na počátku naplněn. Z něj je voda vedena do dvou úzkých trubic, na jejichž konci se tvoří kapky. Ty následně propadávají skrz dvě elektricky vodivé obruče a dopadají do dvou nádob. Voda v jedné nádobě je vodičem spojena s obručí nad druhou nádobou a naopak. Z každé nádoby je dále veden vodič, kterým je možné náboj odvádět ven.

2.2 Princip fungování

Generátor funguje na principu pozitivní zpětné vazby, která opakovaně zesiluje jakýkoli rozdíl potenciálů (napětí) mezi dolními nádobami. Vlivy okolí zabezpečují, že toto napětí je na počátku nenulové, jakkoli je malé. Předpokládejme, že levá nádoba má lehce záporný potenciál. Tento potenciál se vodičem přenáší i na obruč nad protější (pravou) nádobou. Vlivem elektrostatické indukce se pak trubice nad touto obručí nabije naopak kladně (opačné náboje se přitahují). Kapky z ní odkapávající pak tento kladný náboj přenášejí do pravé nádoby. Analogický proces funguje i z hlediska protější nádoby, takže do první nádoby dopadají kapky nabitě záporně, což dále přispívá k dosavadnímu zápornému náboji.



Obrázek 2: Sestavený Kelvinův generátor

3 Realizace

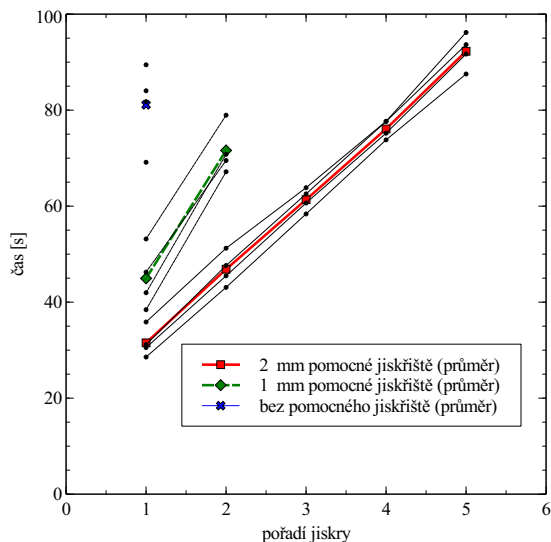
Sestavený generátor je zobrazen na obrázku 2. Generátor byl zhotoven z běžně dostupných materiálů. Jako nádoby jsme použili krabici od zmrzliny a kelímky o objemu 0.5 l. Vodivá spojení byla realizována za pomoci mokrých provázků proplečených brčky. Vodivé obruče byly zhotoveny z ustřížených kelímků a mokrého papíru.

Funkčnost generátoru potvrdilo to, že pohyb kapek byl již po krátké době běhu dramaticky ovlivněn vzniklým elektrickým polem. V dalším kroku jsme generátor použili k nabíjení kondenzátoru. Nabíjení kondenzátoru mělo být potvrzeno přeskocněním jiskry mezi jeho vývody nastavenými na vzdálenost 0.5 mm. Ukázalo se, že proces nabíjení je však velice pomalý a jiskra přeskóčí až po cca jedné minutě běhu generátoru. Tento fakt jsme vysvětlili tím, že kondenzátor odvádí ze systému náboj, čímž snižuje napětí na obručích. Náboj naindukovaný na kapkách je pak menší a efektivita procesu je též menší.

Ve snaze efektivitu zvýšit jsme zavedli pomocné jiskřiště – jeden nabíjecí vodič jsme od vývodu kondenzátoru oddělili vzduchovou mezerou řádově v mm – viz. druhá fotografie na obrázku 2. Předpoklad byl, že ztížením přenosu náboje na kondenzátor zůstane v průměru na obručích vyšší napětí, což by mělo zvýšit efektivitu generátoru, tj. generovaný proud. Vyšší generovaný proud pak bude kondenzátor nabíjet rychleji. Výsledky měření ukázaly, že tento předpoklad byl správný.

4 Výsledky měření

Během všech měření jsme pracovali se stejnou vzdáleností vývodů kondenzátoru, tuto vzdálenost odhadujeme na 0.5 mm. Zaznamenávali jsme časy od spuštění



Obrázek 3: Závislost času jiskry na jejím pořadí za různých podmínek

zneutralizovaného generátoru, ve kterých došlo k přeskočení jiskry mezi vývody kondenzátoru. Měřili jsme ve variantách bez pomocného jiskřiště, s pomocným jiskřištěm cca. 1 mm a s pomocných jiskřištěm 2 mm. Zaznamenané časy jsou znázorněny na obrázku 3. Pro každou variantu jsme měření opakovali čtyřikrát. Dílčí měření jsou znázorněna tence, jejich průměr pak výrazněji. Doba měření byla limitována objemem nádob.

Všechna měření bez pomocného jiskřiště během běhu generátoru obsahují jen jeden přeskok jiskry. Naproti tomu s pomocným jiskřištěm 2 mm došlo vždy k pěti přeskokům. Dále je vidět, že první jiskra na kondenzátoru při použití 2 mm pomocného jiskřiště nastává v průměru po době 2.5 krát kratší než je tomu bez pomocného jiskřiště.

Nabíjení s pomocným jiskřištěm 1 mm leží efektivitou někde mezi případem bez jiskřiště a s jiskřištěm 2 mm.

Jiskry přeskakující v pomocném jiskřišti bylo možné slyšet a frekvenci jejich přeskoků odhadujeme na řádově 1 přeskok za sekundu.

5 Závěr

Hlavním úspěchem našeho zkoumání bylo, že se nám podařilo vygenerovat napětí pomocí tohoto jednoduchého přístroje. Dalším zajímavým výsledkem bylo zjištění, že nabíjení kondenzátoru s využitím pomocného jiskřiště je efektivnější než při přímém připojení kondenzátoru k zařízení.

6 Poděkování

Děkujeme organizátorům TV@J za možnost zúčastnit se projektu. Děkujeme též vedoucímu miniprojektu Mgr. Pavlu Bažantovi, PhD za přípravu pokusu a dohled při měření.

7 Zdroje informací

https://en.wikipedia.org/wiki/Kelvin_water_dropper
Obrázek 1 byl převzat z Wikipedie.