

Doutnavý výboj

J. Řehák

Střední Průmyslová Škola Hronov

vrtacek.j@seznam.cz

Abstrakt:

Motivace, výsledky, závěr. Měřil jsem hlavně průrazné napětí výbojky, tedy stav kdy dojde k ionizaci plynu a vytvoří se vodivé prostředí. Doutnavka je skleněná nízkotlaká trubice (asi 1-1000Pa). Po zapálení vzniká pěkný výboj. Měřil jsem tzv. Paschenovu křivku a napětí, kdy zhasne výboj.

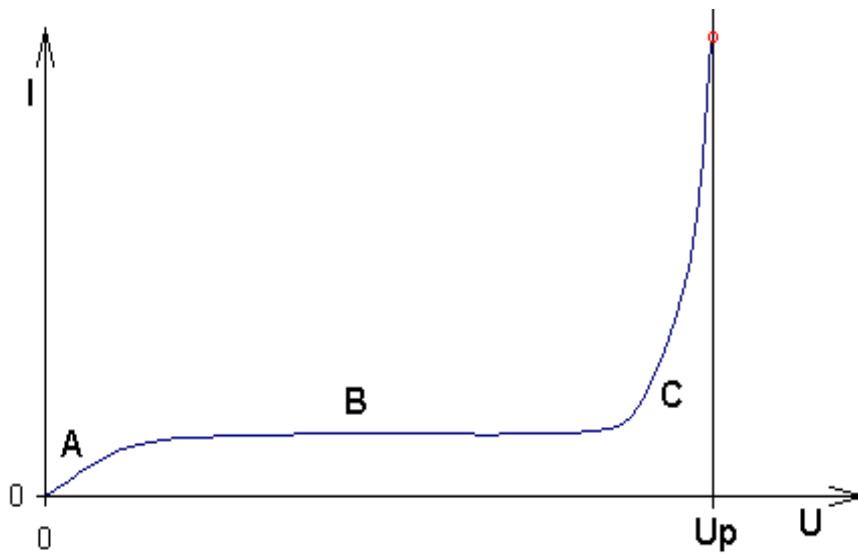
1 Úvod

Tento miniprojekt jsem si vybral, protože si rád hraji s vyšším napětím, mám rád elektronky (mám i zesilovač s EL34kami) a rád pozoruji blesky, jiskry a další vizuální efekty, které vznikají elektrickým proudem. Dnes se doutnavý výboj využívá hlavně v zářivkách (ty se zapalují jinak), ale občas někdo ještě má na schodišti ve vypínači pravou doutnavku. Bývá také ve vadaskách a podobných zařízeních na zjištění přítomnosti fázového napětí.

2 Jak vzniká doutnavý výboj

Předem chci říct, že před doutnavku se dává odpor, aby se nezničila. Tento odpor se v následujících pár řádcích neuplatňuje. V plynu doutnavky dochází k ionizaci atomů vlivem kosmického záření a přírodní radioaktivity. Po přiložení napětí na elektrody jsou tyto částice přitahovány k elektrodám. V počtu úměrném přiloženému napětí. To znamená, že přibližně platí ohmův zákon (v grafu 1 část A). Procházející proud je tvořen převážně elektrony. Při dalším zvětšování napětí je pak proud konstantní, protože kosmického záření a přírodní radioaktivity je určité množství a všechny ionty dojdou k elektrodám (graf 1, část B). Pokud je napětí na elektrodách dostatečně velké, tak elektrony k anodě letí dostatečně velkou rychlostí, aby molekuly plynu při nárazu ionizovali. Počet srážek poté s napětím roste geometrickou rychlostí (část C grafu 1). V této oblasti vzniká Townsendův výboj (slabé namodralé světlo). Kladné ionty vzniklé srážkou elektronu s molekulou jsou přitahovány na katodu, po dopadu pak vyvolávají emisi sekundárního elektronu. Pokud ionty vzniklé z původního elektronu vybudí alespoň jeden sekundární výboj začne samovolně hořet. Napětí, při kterém výboj začne hořet se nazývá průrazné napětí (Up). V tuto dobu je prostředí již značně ionizováno a prochází jím několikanásobně větší proud než při Townsendově výboji (také o hodně více svítí). Od této doby se začne uplatňovat předřadný odpor. Jelikož přes ionizované prostředí prochází celkem

vysoký proud, tak se na odporu objeví úbytek napětí a napětí na doutnavce poklesne. To přispívá ke stabilitě výboje.

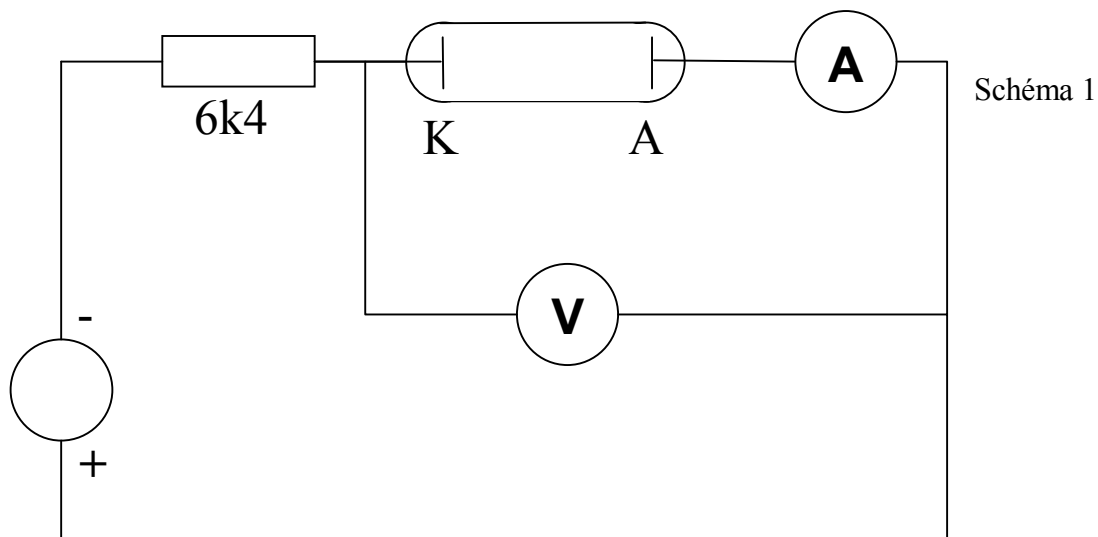


graf 1
AV charakteristika
zapálení výboje, pro
různé plyny a tlaky je
velikost proudu a
napětí rozdílná

3 Měření průrazného napětí

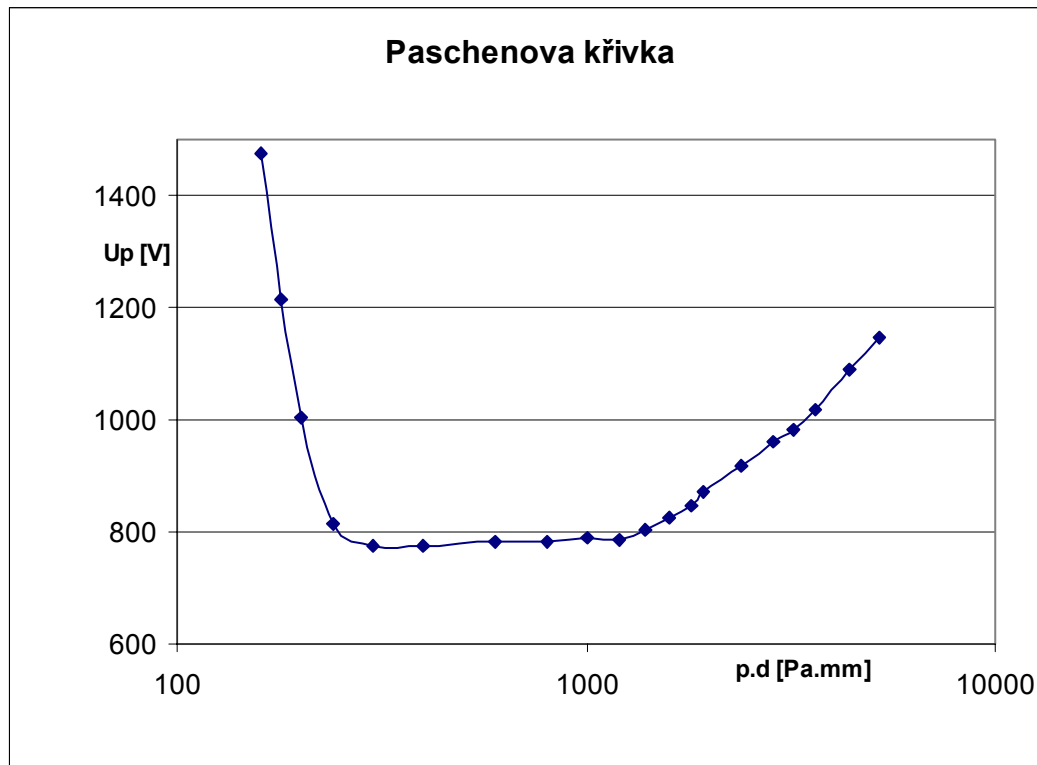
Měřil jsem tzv. Paschenovu křivku. Ta udává závislost průrazného napětí na součinu tlaku a vzdálenosti elektrod.. Měl jsem k dispozici zdroj, voltmetr, skleněnou trubici s měděnými elektrodami, vývěvu a další zařízení.

Zde uvádím schéma zapojení:



Paschenovu křivku jsem měřil tak, že jsem na zdroji plynule přidával napětí a sledoval, kdy na voltmetru skočí ručička níž. Dolů, protože když došlo k ionizaci začal procházet větší proud a

na odporu se objevil úbytek napětí. Tím pádem šla ručička na nižší hodnotu. Hodnoty jsem zadal do excelu a vyšel mi graf 2. Průrazné napětí bylo pro tlak 20Pa a vzdálenosti elektrod 10-260mm asi od 800V výš.

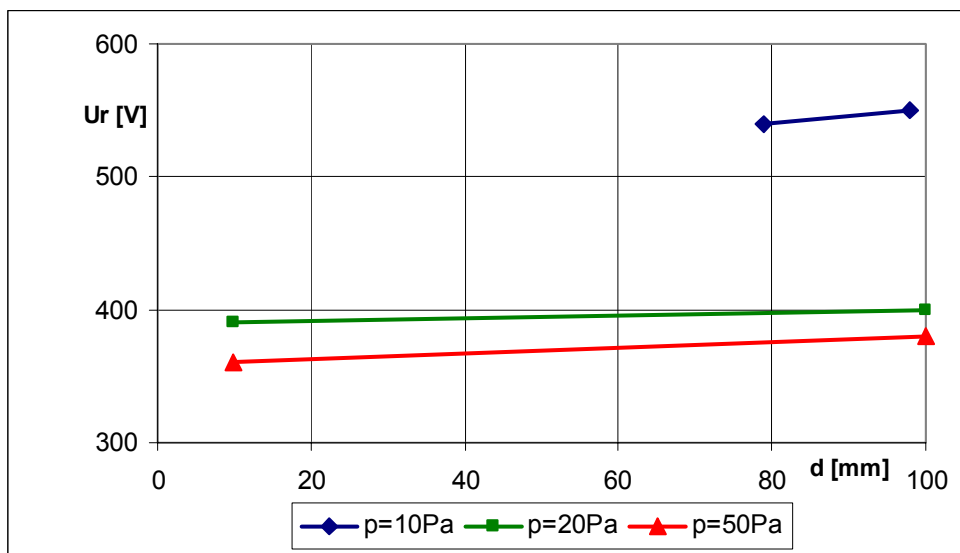


graf 2

Při nízkých tlacích a nízkých vzdálenostech potřebujeme na zapálení výboje značně vysoké napětí, ale když zvýšíme tlak zápalné napětí bude nižší. Naopak při velkých vzdálenostech elektrod a požadavku nízkého zápalného napětí musíme tlak snížit. Neoptimálnější zápalné napětí bylo pro součin tlaku a vzdálenosti elektrod asi 250-1400Pa.mm. Zajímavé je, že při tlaku 50Pa bylo nejnižší zápalné napětí 470V ale i to bylo v součinu tlaku a vzdálenosti 250-1400Pa.mm. Naopak pro 10Pa je zápalné napětí ještě vyšší ale pořád nejnižší pro součin 250-1400Pa.mm.

4 Měření napětí, kdy zhasne výboj

Dále jsem měřil napětí, kdy výboj zhasne. Měření probíhalo tak, že jsem změřil zápalné napětí a snižoval napětí zdroje za současného sledování výbojky. Když výboj zhasl odečetl jsem napětí na voltmetru. Toto měření jsem prováděl při tlaku 10Pa, 20Pa a 50Pa. Vyšel mi z toho graf 3. Z grafu je vidět, že pro vyšší tlaky výboj zhasíná při nižším napětí. Je také pozorovatelný mírný nárůst napětí při zvětšení vzdálenosti elektrod, ale rozdíl 10-20V na 370V pro jednu vzdálenost elektrod 1cm a druhou 10cm je zanedbatelný.



graf 3

Závislost napětí, kdy zhasne výboj na vzdálenosti elektrod. Měřeno pro různé tlaky.

5 Shrnutí

Z měření vyplývá, že když chceme dlouhý výboj a co nejnižší zápalné napětí, musíme volit součin tlaku a vzdálenosti okolo 1000Pa.mm. Na druhou stranu zápalné napětí roste s nižším tlakem. Barvu je možno měnit tím, že výbojku napustíme různým plynem.

Po absolvování miniprojektu jsem zjistil, jak se výboj zapaluje, podíval se jak pěkně svítí. Dnes jsou zářivky hojně používány pro svou poměrně vysokou účinnost 21%. Oproti žárovce je to docela rozdíl. Dnes je však pomalu začínají vytlačovat LED diody, které mají účinnost ještě vyšší.

Poděkování

Poděkování patří především, FJFI ČVUT za pořádání Fyzikálního Týdne. Poté bych chtěl poděkovat panu Ing. Josefu Voltrovi, CSc. za cenné rady v průběhu miniprojektu. Dále že mi fyzikář Dr. Ing. Oto Štirand CSc. poslal doporučení na Fyzikální Týden a všem sponzorům Fyzikálního Týdne

Reference:

- [1] KUBIČ, M.: *Measurement of glow discharge parameters by Langmuir probes* ČVUT Praha, studentská práce 2008
- [2] *Structure og Glow Discharge* http://science-education.pppl.gov/SummerInst/SGershman/Structure_of_Glow_Discharge.pdf
- [3] KRÁL, J.: *Materiály pro přednášky o doutnavém výboji*
- [4] *Doutnavka* <http://cs.wikipedia.org/wiki/Doutnavka> 2008