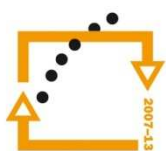




MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola technická Brno, Sokolská 1

Šablona: Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

Název: Elektrický proud stejnosměrný

Téma: Elektrický proud v plynech

Autor: Ing. Radovan Hartmann

Číslo: VY_32_INOVACE_43-15

Anotace: Materiál je určen pro 2. ročníky SPŠ obor strojírenství. Jedná se o výkladovou prezentaci k problematice elektrického proudu v plynech.

Prosinec 2013

Elektrický proud v plynech

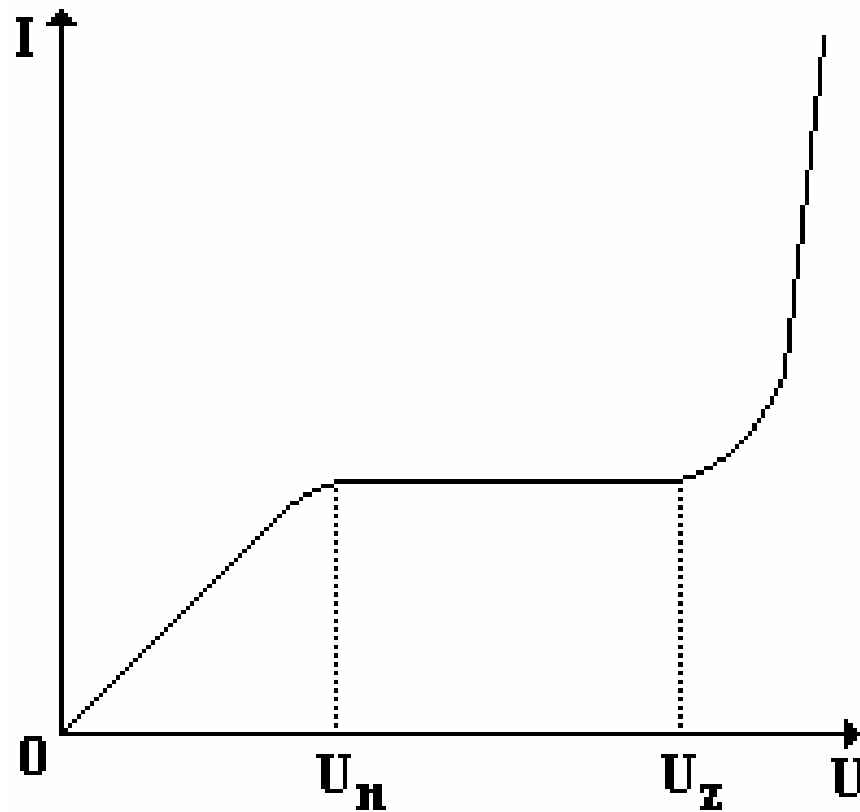
Nesamostatný a samostatný výboj v plynu

- Vzduch je za normálních okolností dobrým izolantem. O tom svědčí některé experimenty z elektrostatiky, při nichž výchylka např. na elektroskopu vydrží poměrně dlouho stálá. Lze ukázat, že plyn je možné ionizovat, tj. rozštěpit některé jeho molekuly na elektron a kladný iont. Např. svíčkou vloženou mezi dvě svíslé rovnoběžné kovové desky připojené ke zdroji vysokého napětí, jejíž plamen se bude odchylovat směrem k záporně nabitě desce. Plamen, rentgenové nebo radioaktivní záření, ohřátý vzduch, ... působí jako ionizátor- dodávají energii potřebnou k rozštěpení molekul (atomů). Vzduch je běžně alespoň částečně ionizován účinkem kosmického záření a radioaktivity zemské kůry Elektron vzniklý ionizací se může spojit s neutrální molekulou a vytvořit záporný iont. Současně probíhá uvnitř plynu i děj opačný- rekombinace.

Elektrický proud v plynech

- Nachází-li se ionizovaný plyn v elektrickém poli mezi dvěma elektrodami, vzniká elektrický proud jako uspořádaný pohyb kladných iontů k záporně nabitě katodě, záporných iontů a elektronů ke kladně nabitě anodě. Ionty, které dorazí na elektrody ztrácejí svůj náboj a mění se v neutrální atomy. Elektrický proud v plynu, který se udržuje jen po dobu působení ionizátoru, se nazývá nesamostatný výboj. Jakmile přestane ionizátor působit, převládne rekombinace nad ionizací elektrický proud zaniká.
- Elektrické vlastnosti ionizovaného plynu je možné měřit v ionizační komoře, což je v podstatě deskový kondenzátor v kovovém krytu s okénkem, kterým do prostoru mezi deskami proniká ionizující záření. Pomocí ionizační komory se dá měřit voltampérová charakteristika výboje. Tato charakteristika je znázorněna na obr. 1.

Elektrický proud v plynech



Obr.1. – Voltampérová charakteristika výboje

Elektrický proud v plynech

- Je-li napětí malé, většina iontů zanikne rekombinací dříve, než dorazí na elektrody. V této fázi je počet elektronů, které předají svůj náboje elektrodám přímo úměrný napětí a platí tedy Ohmův zákon. S rostoucím napětím se pohyb elektronů zrychluje, až při určitém napětí jich převážná část nestačí rekombinovat a doletí k elektrodám. Komorou prochází nasycený proud, který se při dalším růstu napětí dlouho nemění (Ohmův zákon v této fázi výboje již neplatí). K dalšímu zvýšení proudu dochází až po překročení zápalného napětí U_z . Příčinou zvýšení proudu je ionizace nárazem - elektrony a ionty vzniklé ionizací narážejí při svém pohybu na neutrální molekuly, kterým předávají kinetickou energii získanou urychlením elektrickým polem. Jsou-li urychleny dostatečně, mají takovou kinetickou energii, že jsou schopny nárazem na neutrální molekulu tuto molekulu ionizovat. Počet iontů tak lavinovitě narůstá a nastává samostatný výboj, který je nezávislý na vnějším ionizátoru. Vysoce ionizovaný plyn v samostatném výboji se nazývá plazma.

Elektrický proud v plynech

Samostatný výboj v plynu za atmosférického a za sníženého tlaku

- Za atmosférického tlaku mohou nastat různé typy výboje. Obloukový výboj lze realizovat elektrickým obvodem s napětím zdroje alespoň 60V, který dává proud alespoň 10A, dvěma uhlíkovými elektrodami a předřadným rezistorem. Přiblížíme-li elektrody k sobě a přitiskneme-li je k sobě, konce elektrod se rozžhaví a po oddálení elektrod od sebe (řádově na milimetry) způsobí tepelnou ionizaci molekul okolního vzduchu. Obvodem prochází velký elektrický proud, kterým se teplota elektrod i plazmy mezi nimi zvýší na několik tisíc kelvinů. Pro technickou praxi je tento typ výboje nejrozšířenější.

Elektrický proud v plynech

Použití:

1. vysokotlaké xenonové výbojky - zdroj intenzivního světla (promítací přístroje..)
2. vysokotlaké sodíkové výbojky - veřejné osvětlení, ...
3. vysokotlaké rtuťové výbojky - zdroj ultrafialového záření („horské sluníčko“, ...)
4. obloukové sváření kovů - jednou elektrodou je svařovaný materiál, druhou tvoří drát z přídavného kovu.

Elektrický proud v plynech

- Jiskrový výboj se od obloukového liší krátkou dobou trvání. Dojde k němu, když intenzita elektrického pole mezi elektrodami dosáhne hodnoty potřebné pro lavinovitou ionizaci, ale zdroj tohoto pole není schopen trvale dodávat elektrický proud. Přeskok jiskry je doprovázen vznikem zvukové vlny, kterou vnímáme jako prasknutí (malé výboje) nebo ohlušující ránu (silné výboje ve zkušebnách vysokého napětí, ...). Vysokou teplotou se narušuje povrch elektrod.

Elektrický proud v plynech

- Mohutným jiskrovým výbojem přírodního charakteru je blesk, kterým se během bouřky vyrovnává elektrické napětí mezi dvěma mraky nebo mrakem a zemským povrchem, které dosahuje až 109V. Během tisíciný sekundy dosahuje proud hodnot až 10A a uvolňuje se energie až 100kWh .
- Bohužel jako zdroj elektrické energie pro lidstvo je nevyužitelný. Není předem známo kdy a kam udeří a navíc by byl problém v tak krátkém čase zpracovat takové množství energie.

Elektrický proud v plynech

- Koróna je trsovitý výboj, který vzniká v nehomogenním elektrickém poli okolo drátů, hrotů a hran s vysokým potenciálem, jestliže intenzita elektrického pole je dostatečná pro vyvolání lavinové ionizace jen v jejich nejbližším okolí. Koróna způsobuje ztráty na vedení velmi vysokého napětí, lze se s ní setkat v silných atmosférických polích před bouřkou na skalních útesech, stožárech lodí, ... Námořníci tomuto jevu říkají tzv. Eliášův oheň.
- Umístíme-li elektrody do uzavřeného prostoru výbojové trubice, v níž snížíme tlak plynu, zvětší se střední volná dráha elektronů (i iontů) a zvýší se i práce vykonaná elektrostatickou silou mezi dvěma nárazy nabitě částice na neutrální molekuly. K samostatnému výboji dochází tedy už při mnohem menším napětí mezi elektrodami než za atmosférického tlaku.

Elektrický proud v plynech

- K pozorování výboje za sníženého tlaku slouží výbojová trubice, z níž je postupně odčerpáván vzduch. Při poklesu tlaku (už na hodnotu asi 10^4 Pa) se náhle objeví úzký vlnící se pruh výboje, který se postupně rozšiřuje a při tlaku 100 Pa vyplňuje celou trubici. Probíhá doutnavý výboj, který se od obloukového liší malým proudem a nízkou teplotou elektrod i výbojové trubice. V blízkosti katody je možné pozorovat modré katodové doutnavé světlo a skoro celý zbytek trubice vyplňuje růžový anodový sloupec). Při doutnavém výboji je napětí mezi elektrodami rozloženo nerovnoměrně. Vzhledem k většímu potenciálovému spádu mezi katodou a katodovým doutnavým světlem, má elektrické pole větší intenzitu než v anodovém sloupci. Kladné ionty, vzniklé v oblasti katodového doutnavého světla, jsou silně urychlovány a při dopadu na katodu některé z nich způsobí sekundární emisi elektronů. Elektrony uvolněné z katody postupují k anodě a vyvolávají lavinovitou ionizaci plynu. Oba děje se vzájemně podmiňují.

Elektrický proud v plynech

Užití doutnavého výboje:

1. doutnavky - krátké výbojky plněné neonem při tlaku řádově 10^3 Pa . V nich nevzniká anodový sloupec, ale jen katodové doutnavé světlo, které pokrývá elektrodu s nižším potenciálem. Zápalné napětí je 80V až 150V. Užití: kontrolní světla s nepatrnou spotřebou, ...
2. reklamní trubice, zářivky - využívají anodový sloupec. Jejich plynnou náplň tvoří argon a páry rtuti. Samotný výboj vydává především ultrafialové záření, které způsobuje světélkování vrstvy oxidů kovů nanesené na vnitřní stěně trubice. Světelná účinnost je několikrát větší v porovnání se žárovkami.

Elektrický proud v plynech

Katodové a kanálové záření, obrazovka

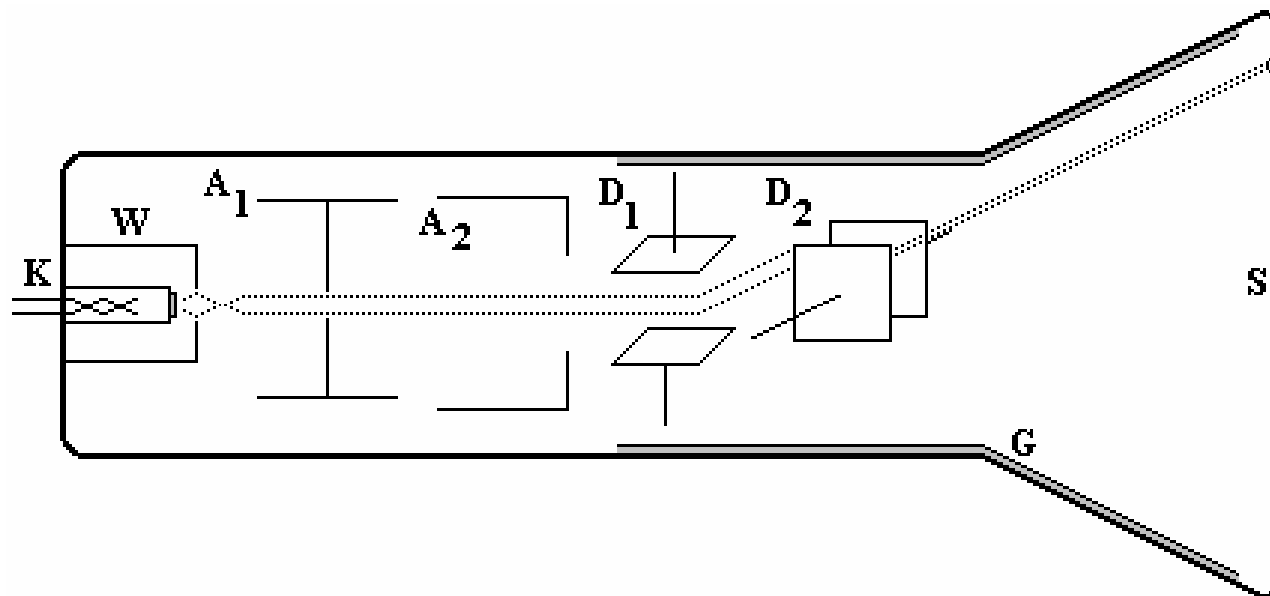
- uvnitř trubice, v níž probíhá doutnavý výboj, se proti sobě pohybují dva druhy nabitých částic - elektrony a kladné ionty. Jestliže opatříme katodu otvorem (kanálem), budou kladné ionty pronikat za katodu jako tzv. kanálové záření a projeví se světélkováním plynné náplně. Podobně prolétají otvorem v anodě elektrony jako tzv. katodové záření, které způsobuje světélkování skleněné stěny výbojové trubice. Objev obou druhů záření měl zásadní význam pro další výzkum stavby hmoty: zkoumáním katodových paprsků byla objevena existence elektronů, studium kanálového záření umožnilo měření hmotnosti iontů a objev izotopů.
- Při zmenšení tlaku pod 1 Pa, projdou elektrony uvolněné z katody téměř beze srážek celou výbojovou trubicí. Katodové doutnavé světlo a anodový sloupec zmizí, ale stěny trubice proti katodě budou silně zeleně světélkovat. V trubicí převládne katodové záření.

Elektrický proud v plynech

Vlastnosti katodového záření:

1. způsobuje světélkování
2. magnetické a elektrické pole způsobuje jeho vychylování - např. obrazovka, ...
3. má účinky mechanické - může např. roztočit lehký mlýnek (tzv. Croogův mlýnek)
4. má účinky tepelné - jeho soustředěním lze rozžhavit anodu
5. má účinky chemické - může způsobit naexponování fotografického materiálu
6. vyvolává pronikavé rentgenové záření - při dopadu na kov s velkou relativní atomovou hmotností

Elektrický proud v plynech



Obr.2 – obrazovka

Elektrický proud v plynech

- Nejrozšířenějším zařízením, které využívá katodové paprsky je obrazová elektronka - obrazovka (na obr. 84 je schéma obrazovky s elektrostatickým vychylováním paprsku). V obrazovce je vysoké vakuum (10^{-4} Pa). Katoda K obrazovky je rozžhavena žhavicím vláknem a uvolňuje elektrony tepelnou emisí. Povrch katody je pokryt vrstvou BaO, čímž se snižuje výstupní práce elektronu z katody. Elektrony vystupují malým otvorem v řídicí elektrodě W (Wehneltův válec). Potom jsou soustavou anod $A1$ a $A2$ urychlovány a soustřeďovány do elektronového paprsku, který prochází dvěma páry vychylovacích destiček $D1$ a $D2$ a dopadá na stínítko S pokryté vrstvou ZnS. G označuje grafitový povlak obrazovky. V místě dopadu elektronu na stínítko vzniká svítící stopa

Elektrický proud v plynech

Typy obrazovek:

1. obrazovky s elektrostatickým vychylováním - používají se v osciloskopech, které umožňují sledovat časový průběh proměnných elektrických napětí.
2. televizní obrazovky - katodový paprsek se vychyluje pomocí magnetického pole soustavy cívek.

ZDROJE:

- <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/281-elektricky-proud-v-plynech-a-ve-vakuu>
- lucy.troja.mff.cuni.cz/~tichy/elektross/svitime/vyboj_plyn.html
- HÄBERLE, Heinz. *Průmyslová elektronika a informační technologie*. Vyd. 1. Praha: Europa-Sobotáles, 2003, 719 s. ISBN 80-867-0604-4.