

8. Elektrický proud v plynech

8.1 Ionizace plynu

Plyny jsou při normální teplotě izolanty, přesto mají nepatrnou vodivost. Ukazuje se, že nabitě těleso ztrácí pozvolna svůj náboj. Toto vybíjení je rychlejší, je-li v okolí prach, plamen, radioaktivní či rentgenové záření.

Vysvětlení vodivosti

Vysvětlujeme to tak, že ve vzduchu jsou volně nabitě částice – ionty, které jsou příčinou slabých proudů.

Ionizace

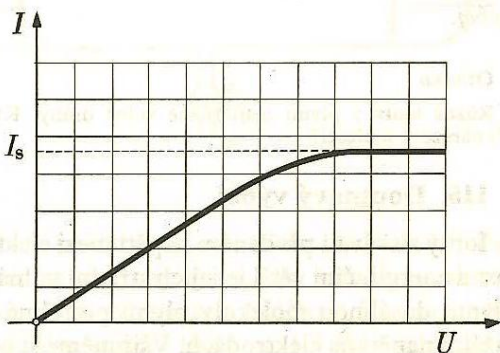
Plyn, který se stal vodivým, nazýváme ionizovaný plyn, činitel, který způsobil vznik iontů, se nazývá ionizátor. Mezi ionizátory patří: plamen, žhavé těleso, rentgenové, ultrafialové, radioaktivní záření.

Ionizace probíhá tak, že se z molekuly plynu odtrhne elektron, přitom je třeba vykonat ionizační práci. Zbývá částice s kladným elektrickým nábojem – kation. Kromě nich jsou v ionizačním plynu anionty – elektrony, nebo jiné nabitě molekuly. Elektrický proud v plynech je způsoben usměrněným pohybem iontů.

Rekombinace

Kladné a záporné ionty v plynu se mohou při pohybu navzájem srážet a spojovat. Pokud se ionty spojí – dojde k zániku iontů. Tomuto ději říkáme rekombinace. Z tohoto důvodu se koncentrace iontů ustálí vždy na určité hodnotě závislé na vnějších podmínkách.

8.2 Nesamostatný výboj v plynu



Existuje-li proud v plynu jen za přítomnosti ionizátoru – **nesamostatný výboj**.

Velikost I_s závisí na ionizátoru. Pro výboj v plynu neplatí Ohmův zákon.

8.3 Samostatný výboj v plynu

Zvyšujeme-li napětí mezi dvěma deskami, existuje proud i po odstranění ionizátoru. Plyn si sám udržuje vodivost ději, které v něm probíhají, a proto se jedná o samostatný výboj. Napětí při němž vzniká – zápalné napětí. Čím je napětí větší, tím je rychlost iontů větší. Nárazem ionizují neutrální molekuly – **ionizace nárazem**.

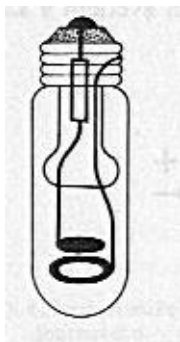
Podle velikostí proudu máme následující výboje:

- doutnavý – při slabém proudu
- obloukový – při silnějším proudu
- jiskrový – krátkodobý výboj

8.4 Doutnavý výboj

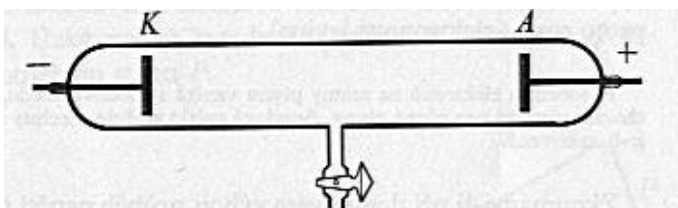
Ionty získávají při daném napětí mezi elektrodami tím větší rychlost a energii, čím větší je jejich střední volná dráha. Snížíme-li tlak (na 13,3 hPa) plynu, dosáhnou molekuly plynu potřebné energie k ionizaci při nižším napětí na elektrodách. Všimněme si nejprve doutnavého výboje v plynech za nízkého tlaku.

Doutnavka



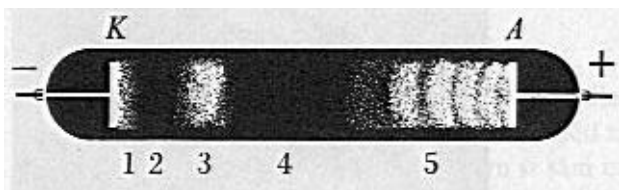
Doutnavky jsou krátké výbojky plněné neonem při tlaku 1000 Pa. V nich nevzniká anodový sloupec, ale jen katodové doutnavé světlo, které pokrývá elektrodu s nižším potenciálem. Zápálné napětí bývá 80 V - 150 V. Doutnavky se používají jako kontrolní světla jako indikátory napětí a konečně jako ukazatele směru proudu.

Doutnavý výboj v trubici



Změnu doutnavého výboje při změně tlaku plynu můžeme sledovat v trubici podle obrázku, která je připojena k vývěvě. K stabilizaci výboje zapojujeme v sérii s výbojkou velký odpor (20 až 50 k Ω).

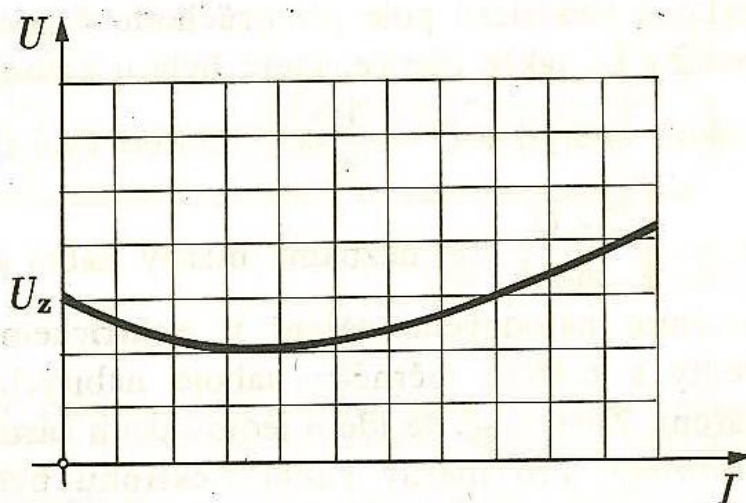
Vznik výboje v trubici pozorujeme při tlaku řádově kolem 1 000 Pa. Z anody vychází vlnící se červený pruh, na katodě se objeví modravé doutnavé světlo. Oba výboje jsou odděleny Faradayovým tmavým prostorem. Při dalším snížení tlaku na 100 Pa vyplní anodové světlo celý příčný průřez trubice a jeho intenzita se zvětší. Katoda je celá pokryta katodovým doutnavým světlem. Při tlaku asi 100 Pa se anodové světlo zvrství, katodové světlo odstoupí od katody a nad katodou je růžová katodová vrstva (1). Anodové světlo (5) je od katodového



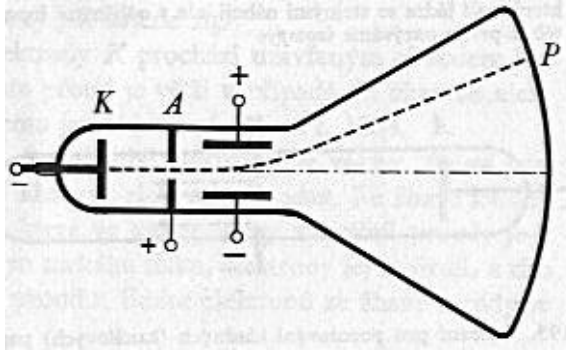
(3) stále odděleno Faradayovým tmavým prostorem (4) a mezi katodovým světlem a katodovou vrstvou je Crookesův tmavý prostor (2). Viz. obrázek

Při dalším snížení tlaku se tmavé prostory zvětšují a při tlaku asi 1 Pa anodové světlo mizí. Současně proti katodě objeví zelenavé nebo modravé světélkování skla. Výboj se tvoří v blízkosti katody, kde je velký potenciálový spád.

Charakteristika doutnavého výboje



8.5 Katodové záření



Je tvořeno proudem elektronů. Při dopadu na skleněnou stěnu trubice mění ve světelnou energii. Vlastnosti se studují uvnitř trubice na obrázku.

K emisi elektronů z katody dochází i při tak nízkém tlaku, při kterém už anodové světlo zaniklo.

Úzký svazek katodového záření za štěrbinou A dopadá na protilehlou stěnu P. V elektrickém poli kondenzátoru se svazek katodového záření

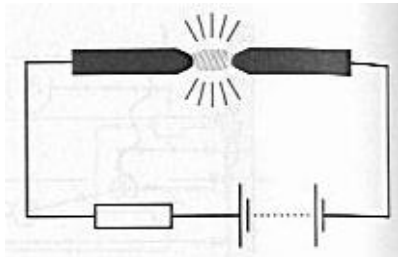
zakřivuje směrem k desce s kladným nábojem. Je to důkaz, že částice, které tvoří toto záření, mají záporný náboj.

Účinky katodového záření

Katodové záření ovlivňujeme pomocí (vychylujeme) polem elektrickým či magnetickým. Má účinky mechanické (roztočí lehký mlýnek), tepelné (soustředěním katodových paprsků můžeme rozžhavit anodu) a chemické (může způsobit neexponování fotografického materiálu). Dopadá-li katodové záření na kov s velkou relativní hmotností, vzniká v místě dopadu pronikavé rentgenové záření.

8.6 Obloukový výboj, jiskrový výboj a koróna

Obloukový výboj



Je nejdůležitější a snadno realizovatelný. Potřebujeme zdroj, jehož napětí je minimálně 60 V a proud alespoň 10 A. Na obrázku jsou zapojeny dvě uhlíkové elektrody a robustní předřadný rezistor.

Vznik výboje

Obloukový výboj vznikne, jestliže elektrody krátce přitiskneme k sobě a pak vzdálíme na několik milimetrů. Během dotyku se konce elektrod rozžhávají a po oddálení

způsobí tepelnou ionizaci vzduchu. Obvodem prochází silný proud. Teplota elektrod i plazmy mezi nimi se zvýší na několik tisíc kelvinů.

Vysoké teploty obloukového výboje se využívá při obloukovém sváření kovů, kde svařované kovové díly tvoří jednu elektrodu a druhou elektrodou je drát z přídatného kovu obalený struskotvorným materiálem.

Jiskrový výboj

Mezi jiskrou a obloukem není v podstatě žádný rozdíl, pokud jde o děje ve výbojové dráze. O tom zda vznikne obloukový či jiskrový výboj rozhodne zdroj napětí. Není-li na elektrodách udržováno stálé napětí, vzniká krátce trvající intenzivní výboj zvaný jiskra. Přeskok jiskry je doprovázen vznikem zvukové vlny, kterou při malých výbojích vnímáme jako prasknutí, při silných výbojích jako ohlušující ránu. Vysoká teplota jiskrového výboje narušuje povrch elektrod. V jiskrovém výboji je ionizace ještě větší než v obloukovém výboji.

Přírodní úkaz

Blesk - K jiskře dojde při blesku. Proud dosahuje velmi vysokých hodnot, ale trvá velmi krátce. Bleskem se za bouřky vyrovnává napětí mezi dvěma mraky nebo mezi mrakem a zemí. Během necelé tisícině sekundy dosahuje proud desítky tisíc ampérů.

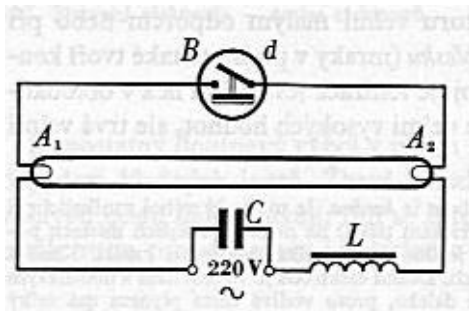
Koróna

Je to trvalý výboj vznikající při vyšších tlacích na nejzakřivenějších místech povrchu vodičů, kde intenzita pole je dostatečně velká, aby výboj vznikl. Koróna vzniká nejnáze na jemných hrotech. Druhá elektroda ve srovnání s doutnavým výbojem je hodně daleko, proto vodivá cesta plynem má velký odpor. Koróna způsobuje ztráty na vedeních velmi vysokého napětí a můžeme se s ní setkat v silných atmosférických polích před bouřkou na skalních útesech, stožárech lodí.

9.7 Použití samostatného výboje v plynu

a) **Výbojky** – v nich se využívá obloukového výboje mezi uhlíkovými elektrodami. Slouží jako intenzivní zdroj světla ve velkých promítacích přístrojích a ve světlometech. Dnes se pro tyto účely používají vysokotlaké výbojky plněné xenonem. Pro osvětlení na veřejných prostranstvích se používají vysokotlaké sodíkové výbojky, které vydávají jednobarevné žluté světlo. Jako zdroj ultrafialového záření (v horském slunci) se používají vysokotlaké rtuťové výbojky. Výboj je ve vysokotlakých výbojkách podobný výboji obloukovému (vysoká teplota, velké proudy). Mohou být různě zakřivené či do tvaru u.

b) **Zářivky** – při svícení využívají fluorescence. Jsou plněny argonem a rtutí. Používají se v nich žhavené elektrody, které emitují elektrony ionizující rtuťové páry. Atomy rtuť vysílají ultrafialové záření, které dopadá na stěnu trubice pokrytou fluoreskujícími látkami, jež mění ultrafialové záření ve viditelné světlo. Světelná účinnost je až 20 %, asi čtyřikrát větší než u žárovek. Dochází ke stroboskopickému jevu (blikají stejnou frekvencí). Nebezpečí úrazu.



Na obrázku je schéma. Zářivky v obvodu střídavého proudu. Po uzavření obvodu se zapálí doutnavka d, tzv. startér. Ohřeje se bimetalická elektroda B a zapne elektrody A, které se rozžhají a emitují elektrony. Vznikne výboj se světelným účinkem, startér zároveň zhasne, ochladí se a vypne. Proud však trvá dále. Tlumivka L výboj stabilizuje a kondenzátor C zlepšuje hospodárnost.

c) **Výbojové trubice** vhodně zúžené se používají jako zdroje světla.