

4.4.6 Samostatný výboj v plynu

Předpoklady: 4405

Př. 1: Za jakých podmínek můžeme tvrdit, že výboj je samostatný?

Výboj nepotřebuje ke svému udržení ionizátor \Rightarrow výboj musí sám vytvořit dostatečné množství iontů a elektronů.

Samostatné výboje za normálního tlaku

I. Obloukový výboj

výboj při malém napětí (alespoň 60V), ale velkém proudu (alespoň 10A)
2 uhlíkové elektrody (napětí nimi je 60V), proud neprochází, přiblížím je k sobě \Rightarrow začne procházet proud a v místě dotyku se elektrody zahřívají (spíše se rozžhavují) \Rightarrow zahřeje se vzduch kolem \Rightarrow ionizuje se a začne vést elektrický proud, elektrody oddálím na několik mm, prochází velký proud \Rightarrow udržuje se teplota vzduchu i elektrod \Rightarrow probíhá další ionizace \Rightarrow proud stále prochází \Rightarrow ionizovaný vzduch má obrovskou teplotu několik tisíc stupňů \Rightarrow hodně svítí

Využití:

- svícení: oblouková lampa (vysokotlaké výbojky plněné sodíkem nebo xenonem), horské sluníčko (páry rtuti)
- obloukové sváření kovů (elektrodou je svařovaný materiál a drát z kovu, který používáme na přivaření)

II. Jiskrový výboj

Vzniká za normálního tlaku, při velmi vysoké intenzitě elektrického pole \Rightarrow elektrony získají mezi srážkami takovou rychlost, že mohou ionizovat \Rightarrow lavinovitá ionizace \Rightarrow jiskrový výboj.

- Krátká doba trvání (zdroj nedokáže dodávat dostatečný proud delší dobu).
- Zvukové efekty (rána, prasknutí)

Příklady:

- Pokus s van der Graffovým generátorem: při nabíjení se zvětšuje náboj na kouli, její potenciál a intenzita elektrického pole v okolí koule. Po určité době přeskóčí jiskra a náboj na kouli se vybije.
- Přeskakování jiskřiček při svlékání svetry (je vidět při svlékání ve tmě).
- Mohutnějším jiskrovým výbojem je blesk (foto v adresáři), při kterém je proud i 100 000 A a napětí miliarda V. (existují negativní a pozitivní elektrostatické výboje, negativní jsou mnohem častější)

III. Korona

Trsovitý výboj v okolí drátů a hran vedení vysokého napětí.

Lavinová ionizace probíhá jen v nejbližším okolí předmětu, kde je nejvyšší intenzita elektrického pole.

Způsobuje ztráty na vedení velmi vysokého napětí.

Eliášův oheň – koróna před bouřkou na stožárech nebo skalách.

Př. 2: Shrň jaké fyzikální podmínky umožňují vznik dosud uvedených samostatných výbojů.

Obloukový výboj – velmi vysoká teplota

Jiskrový výboj a korona – velmi vysoká intenzita elektrického pole

Př. 3: Najdi v tabulkách jakou hodnotu musí intenzita elektrického pole, aby mohlo dojít k lavinovité ionizaci a jiskrovému výboji.

V tabulkách není uvedena přímo hodnota elektrické intenzity nutná k lavinovité ionizaci vzduchu. V tabulce elektrických vlastností izolantů je však uvedena elektrická pevnost – velikost elektrické intenzity, při které izolant začne vést proud. Protože vzduch začne vést proud právě kvůli lavinové ionizaci, je tato hodnota i hodnotou elektrické intenzity, při které začne lavinovitá ionizace probíhat. $E = 3 \cdot 10^6 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$.

Shrňme:

- Obloukový výboj – teplota několik tisíc stupňů
 - Jiskrový výboj a korona – intenzita elektrického pole $E = 3 \cdot 10^6 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ (znamená napětí 3000 V na 1 milimetr)
- ⇒ poměrně extrémní podmínky

Jak zajistit samostatný výboj za nižší teploty a s menší intenzitou elektrického pole?

Stačí, když budou mít elektrony mezi srážkami delší čas, aby nabrali více energie ⇒ snížíme tlak (nižší tlak vzduchu ⇒ znamená méně molekul v cestě elektronů ⇒ delší cesta mezi srážkami ⇒ stačí menší pole a získání energie nutné k ionizaci)

Samostatné výboje za sníženého tlaku

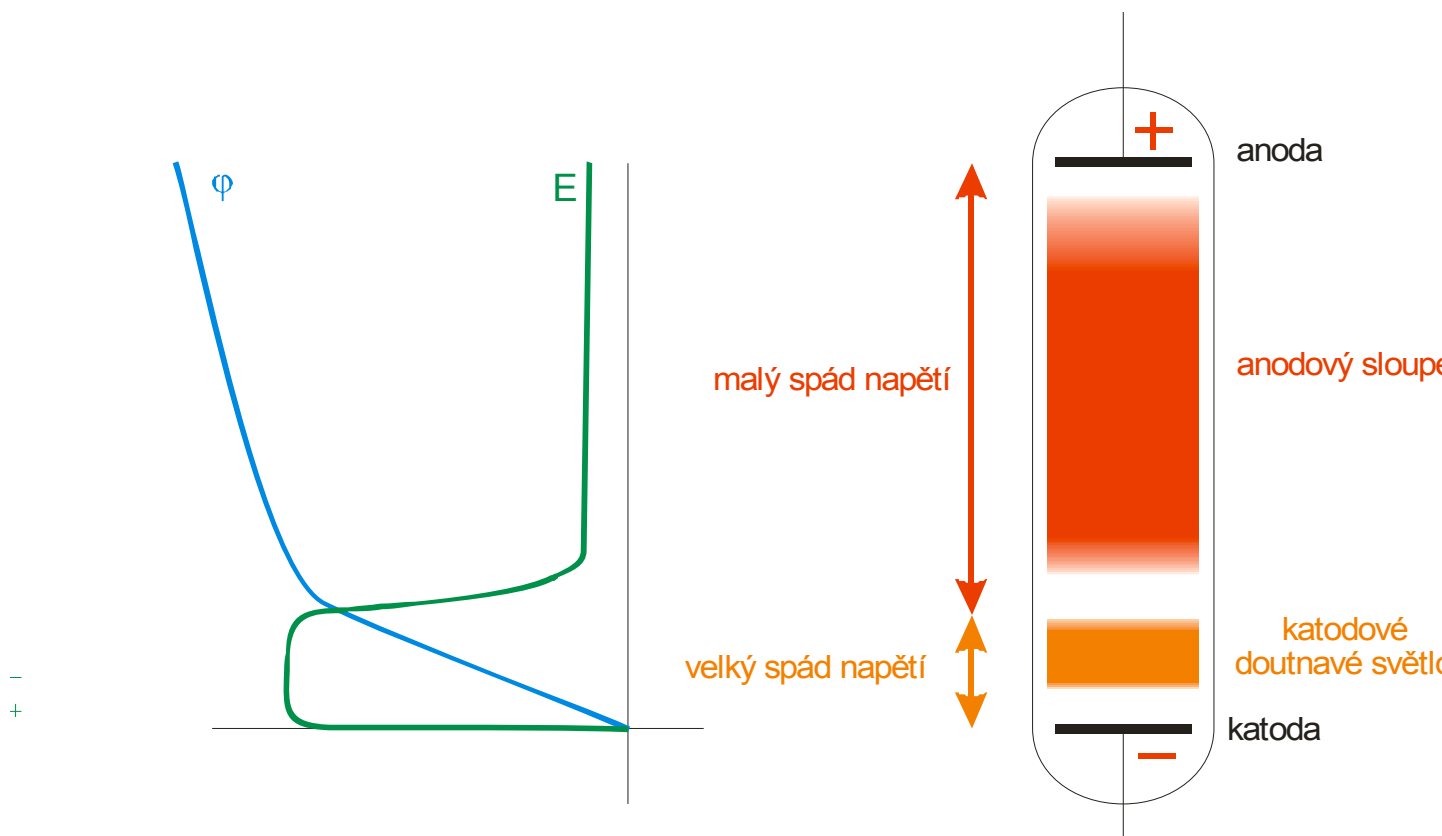
Výboj při nižším tlaku tedy bude probíhat při nižším napětí a teplotě než by bylo potřeba při atmosférickém tlaku.

Pokusy: K Ruhmkorffovu transformátoru připojujeme postupně trubice se vzduchem, jehož tlak se postupně snižuje.

1000 Pa – objevuje se úzký vlnící se pruh výboje

další snižování tlaku ⇒ výboj se rozšiřuje

100 Pa – výboj vyplňuje celou trubici = **doutnavý výboj**



Mechanismus (viz. obrázek):

Lehké elektrony letí nahoru a těžké kladné ionty letí dolů. V oblasti katodového doutnavého světla (oblast s velkým spádem napětí a tedy velkou elektrickou silou) se urychlují kladné ionty, které pak dopadají velkou rychlostí na katodu \Rightarrow zahřívají ji \Rightarrow způsobují emisi elektronů \Rightarrow elektrony vylétají směrem nahoru k anodě \Rightarrow v oblasti katodového doutnavého světla získají elektrony rychlost \Rightarrow ionizace plyn a vytvářejí další kladné ionty.

V oblasti anodového sloupce již elektrony nezískávají takovou rychlost a jejich energie při srážkách atomy neionizuje, pouze jim dodá energii, kterou atomy vyzáří ve formě světla.

Vlastnosti doutnavého výboje:

- vysoké napětí
- malý proud
- nízká teplota

Pokusy s doutnavým výbojem různých plynů: anodové sloupce různých plynů mají charakteristické barvy

Využití:

anodový sloupec

- reklamní trubice (neon)
- zářivky (plněny rtutí, výboj vyzařuje UV záření, na které reaguje luminiscenční vrstva nanosená na skle vyzářováním bílého světla)

katodové doutnavé světlo

- doutnavky (krátké trubice, bez anodového sloupce, jen katodové světlo pokrývající katodu)

Shrnutí: Samostatný výboj se udrží za vhodných podmínek (vysoká teplota = obloukový výboj, vysoké napětí = jiskrový výboj nebo korona, nízký tlak = doutnavý výboj), které umožňují dostatečnou ionizaci vzduchu.