

ELEKTRICKÝ OBLOUK

Přechodový stav kontaktů při vypínání:

- 1) V zapnutém stavu jsou kontakty přitlačovány kontaktní (přítlačnou) silou, obvykle pružinového mechanismu. Kontaktní plocha materiálu na stykové ploše je elasticky deformována přítlačnou silou pružin.
- 2) Při zahájení vypínání dojde ke snižování přítlačné síly. Snižováním kontaktního tlaku se začne zvětšovat přechodový odpor kontaktů. V okamžiku oddálení kontaktů dochází k nárůstu teploty na styku kontaktů doprovázeného hořením oblouku s následným odpařováním kovu.
- 3) Energie nahromaděná v indukčnostech obvodu ($W = \frac{1}{2} L \times I^2$) způsobí přepětí ($u_i = L \cdot \Delta i / \Delta t$). V energetických sítích tvoří obvod závit s velkou plochou, tj. velkou vlastní indukčností L . V nepříznivém stavu může dojít k průrazu prostředí mezi kontakty a tím k zapálení oblouku mezi rozpojenými kontakty spínače.

Vznik oblouku je závislý na mnoha činitelích jako jsou: prostředí, parametry obvodu (R, L, C) a materiálu kontaktů. Např. pro Cu vzniká oblouk již od 0,5 A a 15 V! Při hoření oblouku dochází k nežádoucímu přenosu materiálu kontaktů.

Oblouk je druhem samostatného výboje soustředěného do úzkého sloupce. Skládá se z organického jádra – **plazmy** a (okrajových) elektrodoval oblastí – anodové a katodové. Plazma je sloupec plynu zahřátého na vysokou teplotu obsahujícího velké množství částic s elektrickým nábojem (kladné a záporné ionty a elektrony). Počet částic je elektricky vyrovnán, takže plazma je navěnek neutrální. Plazma má však značnou energii a vodivost. Proud vedou elektrony – mají velkou pohyblivost. Napětí mezi kontakty je rozloženo do **dvou** přechodů kontakt – plazma (anodový a katodový úbytek napětí – ten je o něco větší) a napětím na vlastním plazmatu srovnatelného s úbytkem na anodě. Ionizované prostředí oblouku může trvale hořet a je podporováno ionizací kovových par kontaktů. Teplota plazmy dosahuje $6\,000 \div 15\,000$ K.

Delší hoření oblouku zničí kontakty.

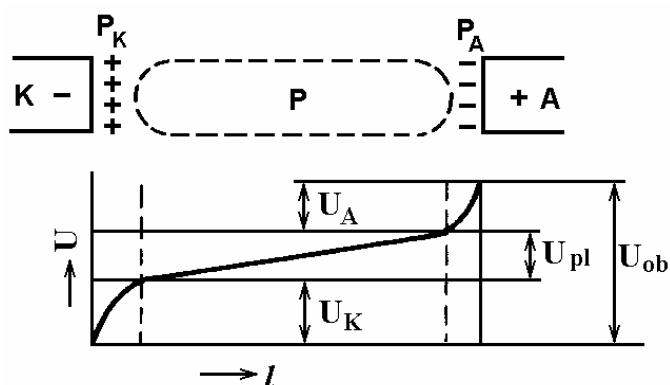
Oblouk má činný charakter $R_o = \frac{U_{ob}}{I_{ob}}$

Statická charakteristika hoření oblouku:

Vyjadřuje závislost stabilního hoření oblouku na hodnotě napětí a proudu v obvodu – má hyperbolický průběh.

Při znalosti napájecího napětí (U) a celkového odporu obvodu (R) můžeme zkonstruovat zatěžovací přímkou Z . Oblouk bude hořet pouze za předpokladu, že dojde k protnutí zatěžovací přímkou s charakteristikou oblouku, tj. mezi body A a B. Oblast od dolního průsečíku (bod A) směrem k nižšímu napětí je oblastí nestabilního hoření, stejně jako oblast od horního průsečíku (bod B) k vyšším napětím.

Proud procházející obvodem vytváří magnetické pole, které působí magnetickou silou na okolí tohoto obvodu. Při poklesu proudu ve vypínaném obvodu se okolí obvodu vrací do původního stavu, jaký zde byl v bezproudovém stavu obvodu. Důsledkem je indukované napětí, které může prorazit izolaci mezi kontakty spínače.



Složení oblouku a rozložení úbytků napětí

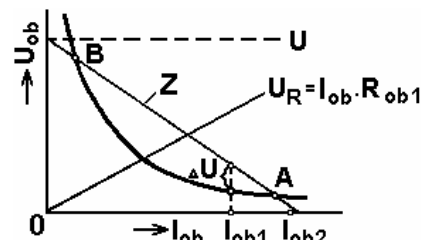
A - anoda, K - katoda, P - plazma,

U_A - anodový úbytek napětí, U_K - katodový úbytek napětí,

U_{pl} - úbytek napětí na sloupci plazmy, U_{ob} - napětí na oblouku,

P_K - prostor katodového úbytku napětí,

P_A - prostor anodového úbytku napětí

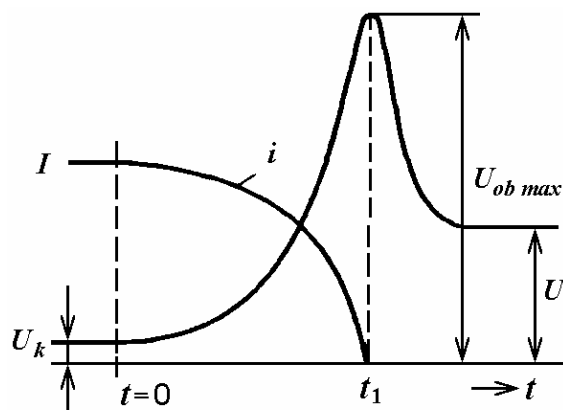


Statická charakteristika oblouku

A - bod stabilního hoření oblouku,

B - bod nestabilního hoření oblouku,

Z - zatěžovací přímkou ($U - U_R$)



Průběh napětí a proudu při vypínání v obvodu stejnosměrného napájení s uvažováním indukčnosti,

$U_{ob\ max}$ - maximální hodnota zotaveného napětí,

U_k - napětí na kontaktech v sepnutém stavu

ZPŮSOBY ZHÁŠENÍ ELEKTRICKÉHO OBLUKU

Bez problému lze vypínat proudy, kdy statická charakteristika leží nad přímkou zátěže, tuto podmínku lze splnit pouze pro reléové obvody (zátěže mají velkou impedanci \Rightarrow protéká jimi malý proud).

ZHÁŠENÍ OBLUKU STEJNOSMĚRNÉHO A STŘÍDAVÉHO PROUDU

a) **rychlým rozpojením kontaktů** – používá se pouze pro vypínání malých proudů, kdy statická charakteristika leží nad přímkou zátěže. Doba hoření oblouku je zkrácena použitím pružinového mechanismu.

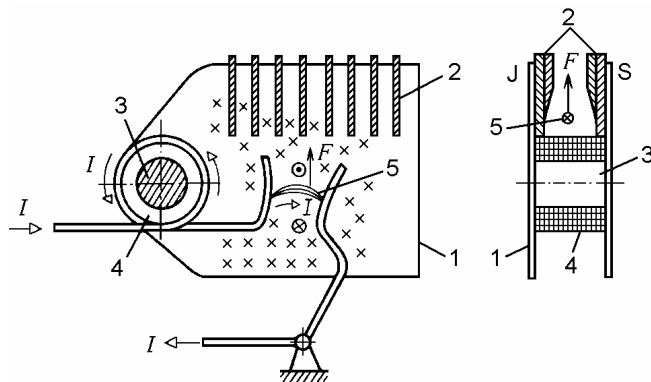
b) **zvýšením napětí na sloupci oblouku** (přerušením oblouku na více místech) – se provádí zvětšením délky oblouku nebo zvětšením úbytku napětí v prostoru elektrod U_A U_K , oblouk je rozdělen na několik kratších oblouků v sérii, jejich počet je omezen rozměry vypínače a vznikem přepětí zotaveného napětí při zhášení.

Využívá se u spínačů nn s můstkovými kontakty (použití dvojitého přerušení obvodu $= 2 \times (U_A + U_K)$).

c) **prodlužováním délky oblouku** při tzv. *magnetickém vyfukování*

Mezi kontakty působí příčné magnetické pole, které vychyluje oblouk do komor z izolačního materiálu. Mag. pole je buzeno v sérii zapojenou cívku, kterou prochází vypínací proud.

Omezení: - malé proudy - malá vychylovací síla v důsledku malé indukčnosti;
- velké proudy - menší vychylovací síla v důsledku nasycení jádra vychylovací cívky.

**Princip zhášení elektrického oblouku magnetickým polem**

1 – železné pólové nástavce;
2 – komora z izolačního materiálu;
3 – železné jádro cívky;
4 – vinutí zhášecí (vyfukovací) cívky zapojené do série s kontakty spínače;
5 – směr působení síly F magnetického pole na oblouk.

Vlevo – boční pohled, vpravo – čelní pohled

ZHÁŠENÍ OBLUKU POUZE STŘÍDAVÉHO PROUDU

V sítích nn se pro malé proudy (jednotky A) se používá mžikového rozpojení kontaktů, kdy v okamžiku prvního průchodu proudu nulou po oddálení kontaktů dochází k tzv. **SAMOZHÁŠENÍ** – omezený proud v obvodu neumožní stabilní hoření oblouku.

Pro menší proudy u vypínačů pro nn lze použít způsoby b) i c) jako pro stejnosměrný proud. Pro napětí do 400 V se využívá dvojitého přerušení obvodu, např. stykače, pro proudy do stovek A. Pro vyšší proudy se používají zhášecí komory s úzkými štěrbinami, např. u jističů.

Zhášení cizími zhášecími prostředky (užívá se pro vn a vvn)

d) **plynové (tlakovzdušné)** – oblouk je chlazen proudem plynu \Rightarrow snižování teploty při současném rozšiřování oblouku.

Chladivo

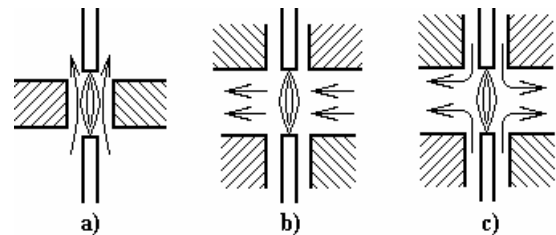
1) **vzduch**;

2) **SF₆** – snadno váže volné elektrony a lépe odvádí teplo, umožňuje odolat i vyššímu kmitočtu zotaveného napětí, znovuzapálení je téměř vyloučeno. Je nutná hermeticky uzavřená komora, zbytky hoření se pohlcují v absorbéru.

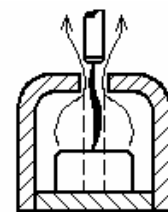
e) **zhášení v kapalině** (v oleji) – oblouk je intenzivně chlazen a deionizován prostředím vzniklým rozkladem zahřátého oleje. Rozkladem oleje vzniká vodík s vysokou tepelnou vodivostí a při vyšším tlaku i velkou elektrickou pevností. Zhášení v kapalině je vhodné pro velké strmosti zotaveného napětí. V ionizační komoře je vytvořen vysoký tlak plynu způsobující rychlé proudění \Rightarrow mohutný zhášecí efekt. Proudění oleje může být podélné i příčné. Dříve se používala i upravená voda.

Vlastnosti zhášení v oleji: - účinné zhášení (*funkčně dokonalé*);
- nutná kontrola oleje.

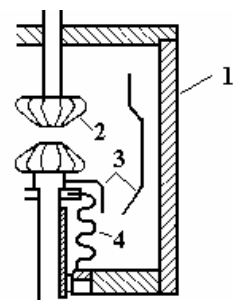
f) **zhášení ve vakuu** - vakuový oblouk je tvořen parami elektrovedného kovu, anoda je studená a při průchodu proudu nulou se rozptýlí ionizované částice na stínící elektrody, oblouk se neobnoví. Použití pro stykače vn. Kontaktní vzdálenost je pouze 4 až 6 mm při napětí 12 až 20 kV.



Způsoby vhnání plynu do oblouku
a) podélné, b) příčné, c) oboustranné



Princip zhášení v oleji



Princip zhášení ve vakuu
1- keramická nádoba, 2- kontakty s drážkami po obvodu, 3- stínící elektrody, 4- vlnovec

Kontakty spínačů

Jednoduché pro nn:

- a) můstkové – stykače atd. dva pohyblivé kontakty jsou na společném můstku
- b) palcové – jističe kontakty jsou uzpůsobeny pro natažení oblouku ve od stykové plochy na opalovací část – vhodné pro magnetické vyfukování
- c) pružinové kontakty relé

Složité kontakty pro výkonové vypínače:

- a) tulipánový – pro olejové vypínače, pevný tulipán opatřen wolframovým legováním
- b) tulipánový pro tlakovzdušný vypínač -jednodušší tvar s pohyblivou částí obsahující trysku
- c) speciální ploché pro vakuové vypínače

Připojení pohyblivých přívodů:

- pevné – pájené a svařované
- šroubové – nutno zajistit odolnost proti prostředí a stálý tlak
- pérové – nutno zajistit odolnost proti prostředí a stálý tlak

Stykový odpor

Styk může být bodový, přímkový nebo plošný

Velikost stykové plochy závisí na druhu styku, přítlačné síle a vlastnostech materiálu.

Ve skutečnosti prochází proud pouze proudovými úžinami. Celkový odpor je dán odporem úžin a nečistot na povrchu kontaktu.

Materiál kontaktů

Ryzí kovy:

- měď – oxiduje – zvyšuje kontaktní odpor, rozstříkuje se
- stříbro – vodivé kyslíčníky, málo tvrdé, špatně odolává oblouku
vhodné pro čelní kontakty
- wolfram – vysoká tvrdost a velká teplota tání, použití pro opalovací kontakty
- zlato – jen pro drobné kontakty

Slitiny a spěkané kovy:

- stříbro – kadmium – odolné proti sváření a opotřebení
- stříbro – nikl – dobrá tepelná a el. vodivost, odolává el. oblouku
- stříbro – uhlík – malá odolnost proti opotřebení, omezené sváření
- stříbro – wolfram – sklon ke korozi, dobrá tepelná a el. vodivost, odolné proti tření

Mechanismy elektrických spínacích přístrojů

Pohony: elektromagnetické, elektromotory, tlakový vzduch, pružiny a hydraulické pohony.

Aretační mechanismy: zajišťují žádané polohy spínacích přístrojů - princip rohatky a západky.

Volnoběžka – umístěna mezi ovládací mechanismus kontaktové ústrojí

– plní tyto funkce:

- a) přenášet pohyb pohonu na kontakty
- b) držet v napnuté poloze vypínací pružiny zajišťující mžikové vypnutí
- c) uvolnit pružiny a vypnout kontakty po zapůsobení vybavovacího mechanismu
- d) umožnit samočinné vypnutí i během trvání zapínacího impulsu (zapnutí zkratu)

Vybavovací mechanismy zajišťují uvolnění západky elektromagnetickým nebo mechanickým uvolněním západky.

Blokovací mechanismy – blokování při závislosti přístrojů – mechanické, elektrické, pneumatické nebo kombinované.