

$$f_{zot} = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

Maximálna hodnota zotaveného napätia $U_{zot \max}$ vznikne za čas $t_{zot \max}$ určený vzťahom (obr. 66).

$$t_{zot \max} = \frac{1}{4 f_{zot}}$$

Veľmi dôležitá veličina na posúdenie vypínacieho deja je prekmit

$$p = \frac{U_{zot \max}}{U_z}$$

kde $U_{zot \max}$ je maximálna hodnota zotaveného napätia,
 U_z — okamžitá hodnota napätia zdroja v okamihu, keď priebeh prúdu prechádza nulovou hodnotou.

Prekmit máva hodnotu 1 až 2.

Pre návrh spínacieho prístroja je dôležitý parameter strmosť, ktorá je definovaná vzťahom

$$S = \frac{U_{zot \max}}{t_{zot \max}} \quad (\text{V}/\mu\text{s}; \text{V}, \mu\text{s})$$

Záver

Prechodná zložka zotaveného napätia určuje predovšetkým spoľahlivú činnosť vypínačov vn a vvn. Ak sa zväčšuje elektrická pevnosť prostredia medzi kontaktmi pomalšie ako zotavené napätie, oblúk sa za určitý čas zapáli znova a zhasne napr. až v ďalšej perióde.

Príčinou uvedeného javu môže byť frekvencia zotaveného napätia, ktorá dosahuje rádovo hodnoty až stovky kilohertzov. Oblúk potom ťažko zhasína a prístroj sa ľahko poškodí.

2.5 SPÔSOBY ZHÁŠANIA ELEKTRICKÉHO OBLÚKA

Zo statickej charakteristiky oblúka (obr. 58) vidieť, že oblúk nevznikne vtedy, ak táto charakteristika leží nad priamkou I . V tomto prípade možno vypínať (napr. pri pomerne malom napätí) aj značne veľké prúdy bez oblúka a iskrenia. Vždy sme ale obmedzení určitým kritickým

napätím, prúdom a aj materiálom kontaktov. Tieto prípady sa však vyskytujú väčšinou len v reléových obvodoch.

V silnoprúdovej elektrotechnike je vždy vo vypínacích obvodoch indukčnosť a kapacita, takže skoro vždy vzniká oblúk. Ak predpokladáme, že prostredie pre vznik oblúka tvorí vzduch pri normálnych podmienkach (tlak, teplota), možno pre kritickú dĺžku oblúka a pre príslušný kritický prúd odvodiť vzťahy

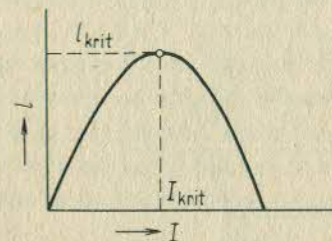
$$l_{krit} = 4,8 \cdot 10^{-5} U \sqrt{I_0}$$

$$I_{krit} = 0,33 I_0$$

kde l_{krit} je kritická dĺžka oblúka (m),
 U — napätie zdroja (V),
 I_{krit} — kritický prúd,
 I_0 — prúd v sieti (A) určený vzťahom (obr. 59)

$$I_0 = \frac{U}{R}$$

Závislosť dĺžky oblúka od prúdu je na obr. 67. Dĺžka oblúka určuje hlavné rozmery vypínačov.



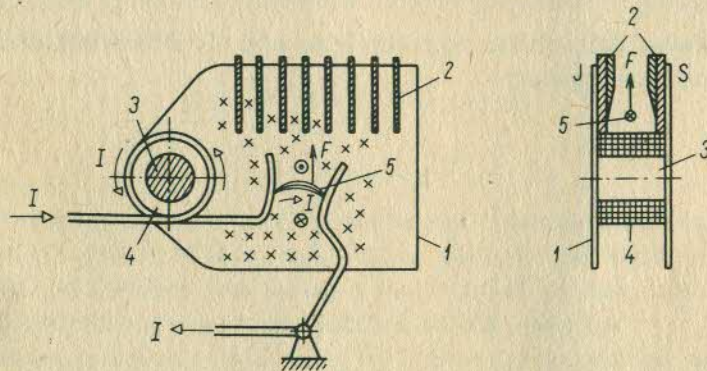
Obr. 67. Závislosť dĺžky oblúka od prúdu oblúka

Aby nedochádzalo k nadmernému poškodzovaniu kontaktov, treba skrátiť čas horenia oblúka umelým zhášaním. Vypínací čas netreba skracovať neobmedzene, pretože by vznikli veľké prepätia, ktoré ohrozujú izoláciu. Preto umelé zhášanie oblúka (cudzími zhášacími prostriedkami) nepoužívame pri vypínaní jednosmerného prúdu, ktorý má pri horení stále rovnakú hodnotu a neklesá na nulu ako striedavý prúd. Cudzí zhášací prostriedok sa teda používa len na vypínanie striedavého prúdu.

a) Zhášanie oblúka jednosmerného prúdu

α) *Zvýšením napätia* na stĺpci oblúka v dôsledku zväčšenej dĺžky oblúka alebo zväčšením úbytkov napätí U_A a U_K (obr. 57) v priestore elektród. V tomto prípade sa používa väčší počet kovových elektród, ktoré rozdeľujú oblúk na niekoľko kratších oblúkov horiacich v sérii. Nadmerné zväčšovanie dĺžky oblúka veľmi zväčšuje rozmery celého spínača a môže vyvolať už spomínané nebezpečné prepätie.

β) *Predlžovaním dĺžky oblúka použitím magnetického vyfukovania.* V priestore, kde horí oblúk, vytvárame priečne magnetické pole, ktoré zväčšuje rýchlosť pohybu oblúka a jeho vytlačanie medzi štrbinu zhášacej komory (obr. 68). Zhášacia cievka je zapojená do série s kontaktmi a vytvára v plechových pólových nástavcoch magnetické pole, ktorého indukčné čiary majú smer naznačený na obrázku. Oblúk vytvára magnetické pole; smer jeho indukčných čiar sa uvádza v krúžkoch. Silovým pôsobením oboch magnetických polí vytláča sa oblúk smerom hore medzi mriežky izolačnej komory, ktoré urýchľujú zhasnutie oblúka.



Obr. 68. Princíp magnetického zhášania (vyfukovanie)

1 — póly, medzi ktorými vzniká magnetické pole, 2 — komora z izolačného materiálu, 3 — jadro cievky, 4 — vinutie zhášacej (vyfukovacej) cievky, 5 — oblúk

Nevýhodou tohto spôsobu je, že pri vypínaní malých prúdov sa silové pôsobenie príliš neuplatní a naopak; pri vypínaní veľkých prúdov sa jadro vyfukovacej cievky nasýti, takže požadované zhasnutie oblúka sa neurýchli.

Z týchto dôvodov sa musí správne navrhnuť vhodný prúd vyfukovacej

cievky. Tento prúd nemusí byť zhodný s menovitým prúdom vypínača. Uvedený spôsob sa používa najmä na zhášanie jednosmerného oblúka.

b) Zhášanie oblúka striedavého prúdu

Obidva uvádzané spôsoby možno použiť i na zhášanie striedavého prúdu. Sú však vhodné pre obvody s nízkym napätím a na menšie prúdy.

Vypínaním striedavého prúdu v okamihu, keď jeho priebeh prechádza nulovou hodnotou, možno oblúk pri malých prúdoch zhášať bez zhášacích komôr (*samozhášanie*). V dôsledku rýchleho pohybu elektrónov, spôsobeného zotaveným napätím po prechode prúdového priebehu nulovou hodnotou sa pred katódou vytvorí priestorový náboj kladných iónov (obr. 57), a tým takmer okamžite vznikne určité zotavené napätie, asi 300 V. Toto napätie je najvyššie pri kontaktných materiáloch AgCdO, alebo AgNi a nižšie je pri Ag, Cu, Ni. Na vypínanie bez zhášacích komôr pri napätí do 380 V preto stačí použiť dvojité prerušenia obvodu (mostíkové kontakty). Použitím systému samozhášania tvoria izolačné komory kontaktov len oddelenie jednotlivých pólov a izoláciu proti ostatným častiam prístroja. Nevyhnutné je dosiahnuť to, aby sa na tomto kryte neusadzovali vodivé splodiny horenia oblúka a aby látky uvoľnené teplom z ionizačných krytov neovplyvňovali javy na kontaktoch. Systém samozhášania sa využíva vo všetkých pomocných spínačoch, stýkačoch a vypínačoch s vypínacími prúdmi niekoľko sto ampérov. Na väčšie prúdy sa používajú zhášacie komory s úzkymi štrbinami.

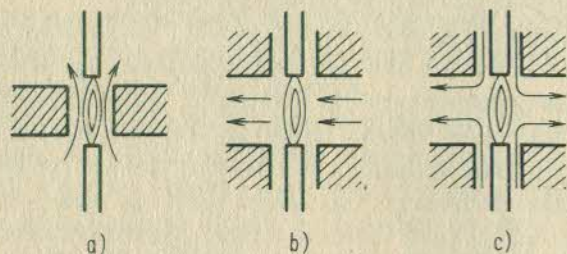
Na obvody vn a vvn sa na zhášanie oblúka striedavého prúdu používa cudzí zhášací prostriedok, ktorý urýchľuje deionizáciu prostredia. Zrýchlenie deionizácie možno dosiahnuť plynom, kvapalinou a vákuom.

α) Zhášanie tlakoplynové (tlakovzdušné)

Na vznikajúci oblúk pôsobíme tak, že chladíme ho prúdom plynu, ktorý vstupuje do priestoru vzniku oblúka. Teplota oblúka sa pôsobením prúdiaceho plynu rýchlo znižuje a oblúk sa súčasne rozrušuje aj mechanicky. Plyn sa môže vháňať spôsobmi, ktoré sú na obr. 69. Dýza na vháňanie plynu môže byť umiestená priamo v kontaktoch alebo mimo nich.

Na zhášanie sa používa vzduch alebo elektronegatívny plyn SF_6 (fluorid sírový). Výhodou plynu SF_6 je, že ľahko viaže voľné elektróny, ktoré sú hlavnou príčinou elektrického prúdu, a lepšie ako vzduch

odvádza teplo z oblúka. Z ďalších vlastností plynu SF_6 vyplýva, že jeho použitím môže byť aj frekvencia zotaveného napätia značne vyššia; znovuzapálenie oblúka po jeho zhasnutí je takmer vylúčené.



Obr. 69. Rôzne spôsoby vŕhania plynu do oblúka
a — pozdĺžne, b — priečne, c — dvojstranné

Nevýhodou plynu SF_6 je vznik určitých chemických látok v styku s oblúkom, a preto musí spínať v hermeticky uzatvorenej komore. Zvyšky, ktoré sa znova nezlučia na SF_6 , musia sa pohltiť v špeciálnom zariadení (absorbéri). Veľkým konštrukčným problémom tohto spôsobu zhášania oblúka je voľba dýzy, ktorá je ovplyvňovaná mnohými protichodnými požiadavkami.

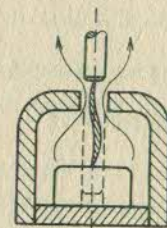
β) Zhášanie v kvapaline

V súčasnosti sa používa zhášanie v oleji, ktorého zhášací efekt sa zakladá na intenzívnom chladení a deionizácii zvyškového stĺpca oblúka v prostredí plynov, ktoré vznikli rozkladom oleja. Tieto plyny obsahujú najmä vodík, ktorý sa vyznačuje veľkou tepelnou vodivosťou a pri vyššom tlaku tiež veľkou elektrickou pevnosťou. Tento spôsob je preto veľmi vhodný aj pri veľkej strmosti zotaveného napätia, takže netreba prihliadať na priebeh zotaveného napätia.

Princíp činnosti sa zakladá na *tlakovej zhášacej komore* (obr. 70). Oblúk v tejto izolačnej komore vytvorí vysoký tlak, ktorý spôsobuje rýchle prúdenie, a tým vznikne mohutný zhášací efekt, ak sa vysunie kontakt z otvoru komory. Tento princíp bol vylepšený tým, že sa teraz používa pozdĺžne alebo priečne prúdenie oleja.

Olejové zhášadlá olejových a málo olejových vypínačov sú funkčne dokonalé, ale ich nevýhodou zostáva opotrebovanie oleja (spaľovanie)

a jeho horľavosť. V minulosti sa používalo z tohto hľadiska výhodnejšie zhášadlo — voda. Rozkladom vody vzniká vodík, voda má navyše veľké výparné teplo a veľkú mernú tepelnú kapacitu, ale nemá dostatočnú elektrickú pevnosť. Napriek tomu sa v minulosti vyrábali expanzné vypínače, v ktorých zhášadlom bola chemicky upravená voda (expanzín).

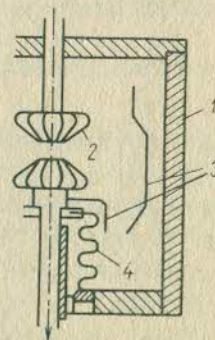


Obr. 70. Princíp zhášania v oleji

γ) Zhášanie vo vákuu

Oblúk horí vo vákuu v parách. Pri horení oblúka vo vákuu sa vytvorí pary elektrovodného kovu. Pri dostatočne nízkom tlaku (až 10^{-6} mm Hg) vzniká *vákuový oblúk*, ktorý sťahovacie elektromagnetické sily nestačí sústrediť do obmedzeného priestoru. Pokiaľ sú na katóde žeravé katódové škrvny, emitujúce elektróny, ktoré v prevažnej miere zabezpečujú prenos prúdu, anóda je pomerne studená. Pri prechode prúdu priebehu nulovou hodnotou sa rozptýlia ionizované častice na tieniacich elektródach.

Vákuový vypínač má kontakty umiestené v izolačnej nádobe (keramika, sklo) a pohyblivý kontakt je cez kovový vlnovec spojený s pohonom. Zhášanie závisí od čistoty elektród (obr. 71). Ťažkosti vznikajú



Obr. 71. Princíp zhášania vo vákuu

1 — keramická nádoba, 2 — kontakty s drážkami po obvode,
3 — tieniace elektródy, 4 — vlnovec