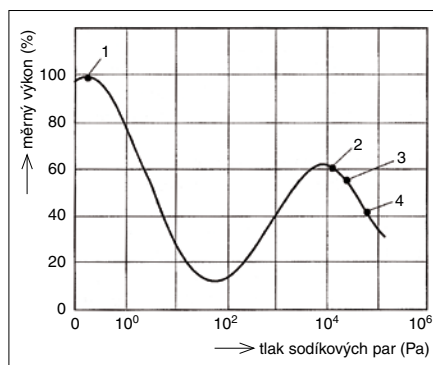


Světelné zdroje – nízkotlaké sodíkové výbojky

Ing. Vladimír Dvořáček,
S Lamp s. r. o. Panenské Břežany

Nízkotlaké sodíkové výbojky jsou světelné zdroje, v nichž je světlo vyzařováno sodíkovými parami s provozním parciálním tlakem v rozmezí 0,1 až 1,5 Pa [1]. Ve [2] již bylo uvedeno, že výboj v parách sodíku je ze světelnotechnického hlediska velmi zajímavý a jeho verze při nízkém tlaku našla uplatnění již v třicátých letech minulého století právě v nízkotlakých sodíkových výbojkách, v nichž tlak par sodíku při pracovní teplotě 270 °C dosahuje hodnoty asi 0,5 Pa (obr. 1). Sodík se vyznačuje intenzivním rezonančním zářením ve žluté části viditelného spektra



Obr. 1. Závislost měrného výkonu na tlaku sodíkových par

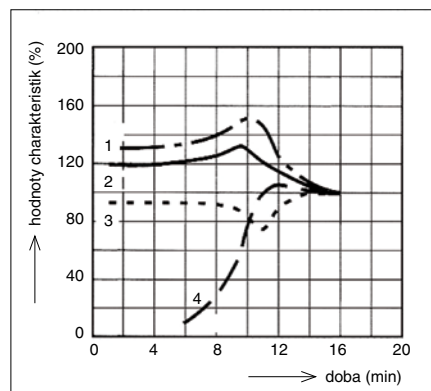
1 – nízkotlaké sodíkové výbojky $R_a \approx 0$, 2 – vysokotlaké sodíkové výbojky standardní $R_a \approx 25$, 3 – vysokotlaké sodíkové výbojky se zlepšeným podáním barev $R_a \approx 60$, 4 – vysokotlaké sodíkové výbojky s vynikajícím podáním barev $R_a > 85$

s vlnovou délkou 589,0/589,6 nm, která se blíží maximu spektrální citlivosti lidského oka při denním vidění. V současné době dosahuje měrný výkon nejvýkonnějšího typu těchto výbojek špičkových výrobců hodnoty téměř 200 lm/W, takže nízkotlaké sodíkové výbojky jsou zatím nejúčinnější umělé světelné zdroje vůbec.

Při vývoji a konstrukci nízkotlakých sodíkových výbojek bylo zapotřebí vyřešit několik technologických problémů, vyplývajících z velké chemické aktivity čistého sodíku vzhledem k mnoha druhům skel a kovových materiálů používaných ve výrobě světelných zdrojů.

Konstrukce nízkotlaké sodíkové výbojky je naznačena na obr. 2. Výboj probíhá v hořáku zhotoveném ze speciálně upraveného vápenatého skla, jež je zevnitř pokryto tenkou vrstvou boritého skla odolného proti dlouhodobému působení sodíku a jeho par při poměrně vysokých pracov-

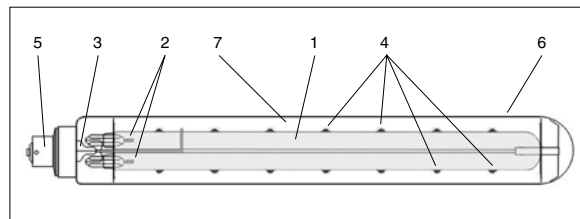
ních teplotách. Nízký gradient potenciálu nízkotlakého výboje v parách sodíku omezuje horní hranici příkonu výbojky, takže zvýšení příkonu, a tedy i světelného toku při zachování vysokého měrného výkonu, je nutně doprovázeno prodloužením výbojové dráhy, a tudíž i celkové délky vý-



Obr. 3. Náběhové charakteristiky nízkotlakých sodíkových výbojek

1 – napětí výbojky, 2 – příkon, 3 – proud výbojky, 4 – světelný tok

bojky. Proto jsou hořáky většiny typů nízkotlakých sodíkových výbojek zhotoveny ve tvaru písmene U. Přesto příkon výbojek vyráběných v současné době nepřesahuje 180 W. Na obou koncích trubice jsou zavazeny elektrody z tenkého wolframového drátu svinutého do dvojité nebo trojitě šroubovice, na níž je nanesena emisní



Obr. 2. Konstrukce nízkotlaké sodíkové výbojky

1 – výbojová trubice, 2 – katoda, 3 – nožka, 4 – chladná místa, 5 – patice, 6 – vnější baňka s odraznou vrstvou, 7 – vakuum

hmota vesměs na bázi oxidu barnatého a vápenatého. Spojení sklo-kov v místě vakuově těsného zátavu elektrod do trubice musí odolávat dlouhodobému působení sodíkových par při pracovních teplotách výbojky. Vzhledem k tomu, že výboj pracuje v režimu nasycených par, jejichž tlak je určen teplotou nejchladnějšího místa hořáku, je velmi důležitý jeho teplotní režim. Aby se zabránilo kondenzaci sodí-

ku na jednom místě a s ohledem na velkou délku výbojky, jsou rovnoměrně po celé délce hořáku vytvořeny chladné zóny v podobě důlků, v nichž se trvale udržuje dostatečné množství sodíku v tekutém stavu. Tím je zajištěna rovnoměrná koncentrace par sodíku ve výboji po celé délce hořáku, výboj je homogennější a jeho doba rozhoření je kratší. Hořák se proto plní čistým sodíkem ve velkém přebytku (v porovnání s množstvím, které se aktuálně zúčastňuje výboje) a inertním plynem (směs neonu s malým množstvím argonu – tzv. Penningovou směsí), který chrání elektrodu před rychlým rozprašováním a odpařováním emisní hmoty v průběhu života a usnadňuje zapálení výboje ve studeném stavu, kdy je tlak par sodíku velmi nízký. V první fázi po zapálení tedy výboj probíhá téměř výhradně v inertním plynu s načervenalou barvou světla typickou pro neon, postupně se ohřívají stěny trubice a roste tlak par sodíku, který se následně stává jediným zdrojem záření. Celý tento proces trvá 10 až 12 min (obr. 3). Hořák je vložen do vnější čiré baňky vyčerpané na vysoké vakuum, významně snižující jeho tepelné ztráty. Vakuum je v průběhu svícení udržováno pomocí baryového getru napařeného na vnitřní stěnu vnější baňky v blízkosti patice. Na vnitřní stěnu baňky podél celého hořáku je nanesena tenká vrstva oxidu inditého In_2O_3 , u předních výrobců dopovaným oxidem cínitým SnO_2 , se selektivními odraznými vlastnostmi – vyznačují se vynikající propustností ve viditelné části spektra a současně odráží převážnou část infračerveného záření zpět na stěnu trubice (obr. 4). Ovlivňuje příznivě energetickou bilanci výbojky a přispívá tak k dosažení jejího vysokého měrného výkonu. Výbojka je opatřena speciální paticí typu BY22d s keramickým izolačním kamenem.

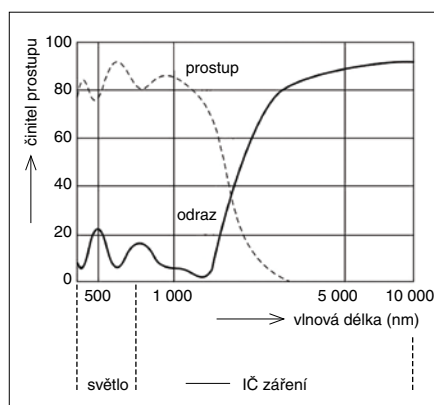
Nízkotlaké sodíkové výbojky mají díky své naplně a konstrukci hořáku vyšší zápalné napětí, takže pro spolehlivý zápal a stabilní provoz je nutné používat speciální předřadné obvody – obvykle rozptylový transformátor, zapalovací kondenzátor připojený k odbočce tlumivky anebo hybridní předřadník, jehož součástí je zapalovací zařízení zajišťující dostatečně vy-

soký napěťový impulz. Obvyklá schémata zapojení jsou uvedena na obr. 5.

Sortiment nízkotlakých sodíkových výbojek se ustálil na dvou příkonových řadách [3], [4] (tab. 1).

Při dodržování provozních podmínek (povolené kolísání napájecího napětí < 5 %, správně dimenzované tlumivky) dosahuje život výbojek předních výrobců 16 000 až 20 000 h. Je však zdrojem téměř monochromatického záření, což je příčinou velmi špatného podání barev, kdy všechny barvy osvětlovaných předmětů, kromě oranžové, se jeví jako barvy šedé různé sytosti. Náhradní teplota chromatičnosti je 1 800 K.

Výbojky o příkonu do 55 W jsou určeny pro provoz v poloze vertikální s patičkou nahoře. V opačném případě by se tekutý sodík dostal do místa vakuově těsného spojení skla a kovového přívodu katod,



Obr. 4. Číselník odrazu a prostupu baněk nízkotlakých sodíkových výbojek opatřených reflexní vrstvou oxidu inditého

Tab. 1. Současný sortiment nízkotlakých sodíkových výbojek

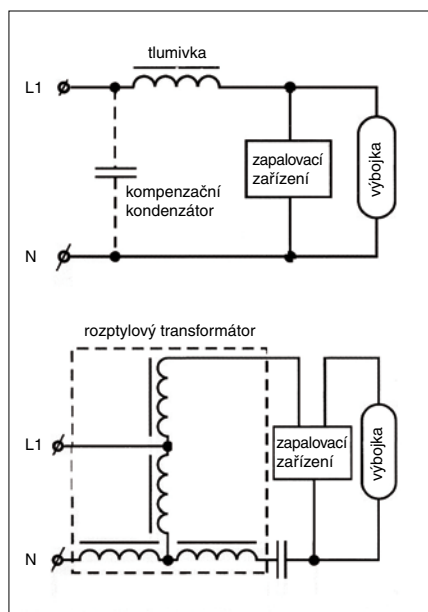
Provedení výbojky	Jmenovité příkony (W)	Měrný výkon (lm/W)	Patice
standardní s čírou válcovou baňkou	18, 35, 55, 90, 135, 180	100 až 178	BY22d
se sníženými teplotními ztrátami s čírou válcovou baňkou	18, 26, 36, 66, 91, 131	100 až 198	BY22d

a tak by se zkracoval život výbojky a zároveň by došlo k nerovnoměrnému rozložení jasu hořáku a ke snížení jeho účinnosti. U výbojek o příkonu 90 W a více je předepsaná horizontální poloha s povolenou odchylkou $\pm 20^\circ$. Moderní výbojky jsou opatřeny pojistkou, která při ztrátě emisní schopnosti jedné z elektrod, která nastává ke konci jejího života, kdy výbojkou protéká proud s nesymetrickým průběhem s poměrně velkou stejnosměrnou složkou, zabraňuje přehřívání předřadníků. Umožňuje to konstruovat rozměrově a materiálově úspornější předřadníky.

K hlavním přednostem nízkotlakých sodíkových výbojek patří:

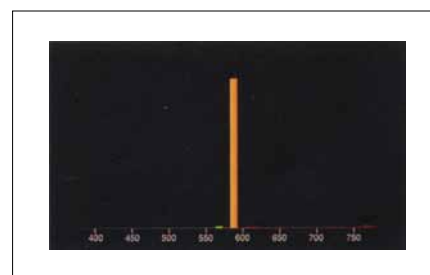
- vysoký měrný výkon dosahující u nejvýkonnějšího typu při napájení speciálním předřadníkem téměř 200 lm/W,

- dlouhý život dosahující až 20 tisíc h při velmi dobré stabilitě světelného toku během života,
- nízký jas povrchu výbojky v porovnání s vysokotlakými výbojovými zdroji,
- široký teplotní interval, v němž je účinnost výbojky nezávislá na teplotě okolního prostředí,
- zajišťují dobrou viditelnost i v podmínkách husté mlhy,
- spolehlivý zápal i při teplotách do -20°C a vzhledem k používaným předřadníkům a nízkému tlaku náplně i velmi rychlý – u výbojek s nižšími příkony



Obr. 5. Schémata zapojení nízkotlakých sodíkových výbojek

- omezená horní hranice příkonu výbojky; výbojky o vyšších příkonech se vyznačují většími rozměry, a příslušná svítidla jsou tedy materiálově náročnější a často je obtížné optimalizovat rozložení svítivosti z hlediska osvětlení dané plochy,
- postupný nárůst příkonu v průběhu života (až o 40 %), s čímž je nutné počítat při navrhování osvětlovací soustavy,
- vyšší ztráty v předřadníku v porovnání s jinými výbojovými zdroji, což znehodnocuje vysoký měrný výkon vlastního světelného zdroje, a vyš-



Obr. 6. Spektrální složení světla nízkotlakých sodíkových výbojek

ší materiálová náročnost předřadníků vedoucí k větší hmotnosti a vyšší ceně svítidla,

- náročná technologie sériové výroby. Vlastnosti nízkotlakých sodíkových výbojek lze podobně jako u velké většiny jiných světelných zdrojů zlepšit provozem s vysokofrekvenčními předřadníky.

Díky své vysoké účinnosti (přičemž teoretické možnosti nízkotlakého výboje v parách sodíku se pohybují až okolo 500 lm/W [5]), ale pro naprosto nevyhovující kvalitu podání barev zůstává hlavní oblastí použití těchto výbojek pouze osvětlení dálnic a zčásti osvětlení tunelů, popř. bezpečnostní, speciální technologické anebo dekorační osvětlení. V minulosti velmi rozšířené osvětlení některých západoevropských měst těmito výbojkami však již zcela ustoupilo vysokotlakým sodíkovým a zejména moderním halogenidovým a zčásti i indukčním výbojkám. Nízkotlaký výboj v parách sodíku je využit rovněž ve spektrálních sodíkových výbojkách určených ke spektrofotometrickým měřením.

Literatura:

- [1] ČSN IEC 50 (845) *Mezinárodní elektrotechnický slovník. Kap. 845 Osvětlení*. 1995.
- [2] Dvořáček, V.: *Světelné zdroje – Vysokotlaké sodíkové výbojky*. Světlo, 2009, č. 3, s. 40.
- [3] Katalog firmy Osram 2008/2009.
- [4] Katalog firmy Philips xxxx.
- [5] *Spravočnaja kniga po svetotekhnike*. 3-e pererabotannoje izdaniye, Znack, Moskva, 2008.

Recenze: prof. Ing. Jiří Habel, CSc.