

Světelné zdroje – indukční výbojky

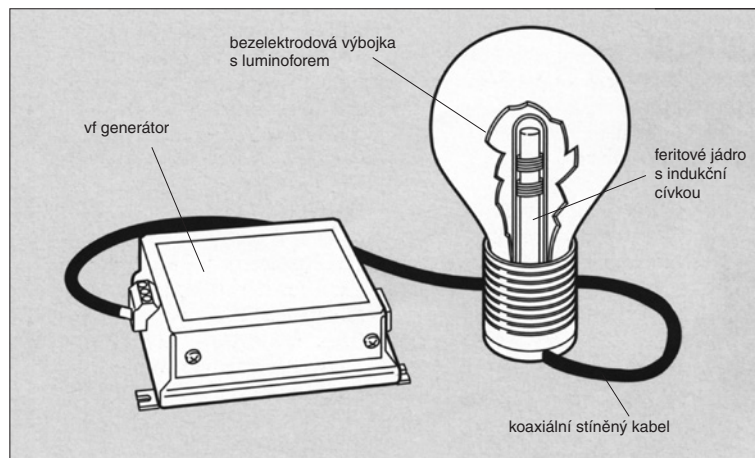
Ing. Vladimír Dvořáček, S Lamp s. r. o., Panenské Břežany

Zcela novou kategorii světelných zdrojů představují indukční výbojky, v nichž je výboj buzen vnějším vysokofrekvenčním polem. Charakteristickou zvláštností této skupiny je bezelektrodová konstrukce prostoru, v němž probíhá výboj. To vede k významnému technologickému zjednodušení výroby vlastní výbojky a současně umožňuje zlepšit její provozní parametry, protože výbojka obsahuje menší počet konstrukčních prvků, s nimiž může reagovat vnitřní náplň. Technicky složité je zajištění příslušného napájecího zdroje, jehož technická úroveň, spolehlivost, život a cena zásadně ovlivňují zavádění indukčních výbojek do osvětlovací praxe. Přestože se na principu vysokofrekvenčního buzení výbojek v bezelektrodovém prostoru pracuje v laboratořích světových firem celá desetiletí a první taková výbojka pod názvem Everlight byla vyvinuta v Japonsku již na konci 80. let dvacátého století, výbojku použitelnou v praxi se podařilo uvést na trh teprve v roce 1991 pod označením QL (Philips). V současné době již existují řady typů těchto světelných zdrojů, lišících se druhem svítících prvků a tlakem jejich par, mechanismem buzení výboje, budícím kmitočtem napájecího obvodu, konstrukčním uspořádáním vlastního výbojového prostoru, a tedy i výslednými světelnotechnickými, elektrickými a provozními parametry. Je příznačné, že každá z vedoucích světových firem přišla s vlastní koncepcí a každá z nich si zatím tuto koncepci zachovává. Nicméně u nízkotlakých indukčních výbojek se již začalo intenzivně pracovat na sjednocení geometrických parametrů i příkonových řad. Jako svítící prvek je zatím nejvíce využívána tradičně rtuť (jde o nízkotlaké rtuťové výbojky s luminoforem pracující na relativně nižších kmitočtech 250 kHz, 2,65 nebo 13,6 MHz) a síra (jde o vysokotlaké sírné výbojky bez luminofozu, jejichž pracovní kmitočet dosahuje několika gigahertzů). U posledně jmenovaného typu výbojek je nadějně i uplatnění dalších chemických prvků, takže i zde lze očekávat mnoho zajímavých novinek, i když spíše pro speciální použití.

Do okruhu nízkotlakých indukčních výbojových zdrojů tedy patří již vzpomínané výbojky QL firmy Philips, výbojky Genura firmy General Electric (u obou firem jde o provedení s vnitřní indukční cívkou) a výbojky Endura firmy Osram (provedení s vnějšími indukčními cívkami), jejichž konstrukční odlišnosti budou uvedeny v dalším textu.

Od těchto typů byly odvozeny výrobky dalších firem, zejména z asijských zemí, které ve skutečnosti kopírují základní principy uvedených výrobců a liší se pouze geometrickými parametry výbojové trubice a budícího zdroje a rozšiřují příkonové řady o další typy. Společným konstrukčním prvkem nízkotlakých indukčních výbojek je náplň výbojové trubice.

nitanů nebo fosforečnanů aktivovaných prvky vzácných zemin. Vzájemný poměr jednotlivých složek luminofozu určuje barvu světla charakterizovanou náhradní teplotou chromatičnosti v rozmezí 2 700 až 6 500 K. Dobrá kvalita luminofozu zajišťuje vysokou účinnost výbojek při současném vynikajícím podání barev charakterizovaném hodnotou $R_a > 80$. Pracovní



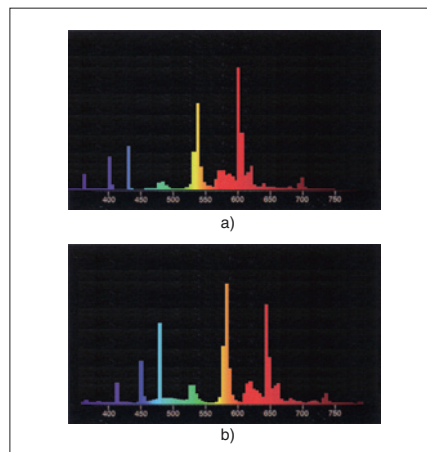
Obr. 1. Konstrukce indukční výbojky QL

Výboj probíhá v parách rtuti a v argonu a je – obdobně jako u lineárních a kompaktních zářivek – zdrojem intenzivního UV záření s výraznými spektrálními čarami s vlnovou délkou 185,4 a 253,7 nm. Toto záření je transformováno do viditelné oblasti spektra luminoforem naneseným na vnitřní stěny výbojky. Rovněž typ luminofozu je analogický jako u zářivek nejnovější generace. Jde tedy o třípásmové luminofozy na bázi hli-

roszah teplot, v němž mohou být výbojky provozovány bez významného negativního ovlivnění účinnosti, je rozšířen použitím kombinace amalgámů vhodných kovů. Toto řešení zároveň zkracuje dobu náběhu, během níž výbojka dosáhne své jmenovité hodnoty. Výbojky se vyznačují všemi přednostmi, které poskytuje jejich provoz na vysoké frekvenci [1]. Vlivem bezelektrodové konstrukce se dosahuje extrémně dlouhého života při velmi dobré stabilitě světelného toku v průběhu svícení.

Konstrukční uspořádání výbojky typu QL (výbojka s vnitřní indukční cívkou) je schematicky znázorněno na obr. 1.

Do baňky tvaru hrušky je zatavena z jedné strany otevřená trubice, do níž se vkládá feritové jádro s indukční cívkou napájenou proudem o frekvenci 2,65 MHz. Tvar vnější baňky blízký kouli usnadňuje přerozdělení světelného toku optikou svítidla. Vnější povrch baňky je opatřen kovovou sítkou potlačující záření, které by mohlo rušit rádiový příjem. Zdroj, což je v podstatě vysokofrekvenční generátor, je doplněn speciálním obvodem, který do 5 s odpojí vadnou výbojku. Oddělení výbojky od napájecího zdroje dává konstruktérům značnou volnost při navrhování originálních svítidel tvořících osvětlovací soustavu. Výbojky



Obr. 2. Poměrné spektrální složení světla indukčních výbojek QL o příkonu 85 W
a – výbojka teplé bílá $T_{cp} = 2\,700\text{ K}$, b – výbojka chladné bílá $T_{cp} = 4\,000\text{ K}$

jsou konstruovány na napětí 200 až 240 V. Doba opakovaného znovuzápalu je 0,1 s. Jmenovitý život dosahuje až 100 tisíc hodin, zatímco ekonomický život, tj. doba, po jejímž uplynutí zůstává funkčních ještě alespoň 80 % výbojek, činí podle údajů výrobce 60 tisíc hodin. Základní parametry výbojek QL jsou shrnuty v tab. 1. Spektrální složení světla výbojek s tep-

travinářském průmyslu aj. k dezinfekci vzduchu a vody. Zde se uplatňuje především záření s vlnovou délkou 253,7 nm, nacházející se v blízkosti maxima bakteriálních účinků, a záření s vlnovou délkou 185,4 nm, vyvolávající tvorbu ozonu se silnými oxidačními účinky. Jediný konstrukční rozdíl mezi nimi je v materiálu vnější baňky, která je zhotovena z či-

a svítícím povrchem ve tvaru koule, popř. elipsoidu 55, 80, 85, 100, 150, 165, 200 W, resp. 40, 60, 70, 75, 80, 100, 120, 150, 200, 300 a 400 W u výbojek s vnějším buzením a svítící plochou ve tvaru prstence nebo pravoúhelného tvaru. Objevily se rovněž výbojky s menším příkonem s patičí E27, takže je lze použít přímo v některých žárovkových svítidlech.

Celkově lze přednosti nízkotlakých indukčních rtuťových výbojek shrnout do těchto bodů:

- spojení velmi dobrých vlastností moderních lineárních zářivek provozovaných na vysoké frekvenci (zraková pohoda, velký měrný výkon blízký se hodnotě 100 lm/W, při velmi dobrém podání barev s $R_a > 80$) s kompaktními rozměry při větších příkonech,
 - velmi dlouhý život, řádově desítky tisíc hodin (někteří výrobci uvádějí až 100 tisíc hodin),
 - okamžitý start i znovuzápal,
 - dobrá stabilita světelného toku v průběhu života,
 - malý vliv kolísání napájecího napětí na světelný tok,
 - díky oddělené konstrukci vlastní výbojky a zdroje (u vyšších příkonů) široké možnosti pro konstruktéry svítidel při navrhování nových svítidel.
- K nedostatkům patří:
- omezení příkonu směrem k vyšším hodnotám, vyplývající z principu nízkotlakého rtuťového výboje s luminoforem, kde zvýšení světelného toku je podmíněno zvětšením plochy pokryté luminoforem, a tedy i zvětšením rozměrů výbojky; příkon dosud nejvýkonnější výbojky je 400 W,
 - v současné době – až na výjimky – nejsou stmívatelné,
 - monopolní výrobci jednotlivých typů výbojek, s tím související zatím neunifikovaný sortiment výbojek, a tedy i omezený výběr svítidel,
 - vysoká cena kompletu svítidlo + výbojka.

Uvedené parametry indukčních výbojek určují oblasti jejich použití, a to jak ve venkovních, tak i ve vnitřních osvětlovacích soustavách. Extrémně dlouhý život je výhodný zejména v provozech s obtížným přístupem ke svítidlům anebo v místech, kde obsluha osvětlení vyžaduje nežádoucí přerušení provozu (např. v silničních tunelech, osvětlení dopravních značek, ve výrobních halách s rozměrným výrobním zařízením apod.), protože umožňuje prodloužit intervaly výměny světelných zdrojů a výrazně snižuje náklady na údržbu.

Další informace o indukčních světelných zdrojích lze nalézt v materiálech hlavních výrobců, firem Philips a Osram.

[1] DVOŘÁČEK, V.: *Světelné zdroje – Lineární zářivky*. Světlo, 2008, č. 2, s. 56.

Tab. 1. Základní parametry výbojek QL

Jmenovitý příkon (W)	Jmenovitý světelný tok (lm)	Měrný výkon (lm/W)	Průměr baňky (mm)	Celková délka (mm)
55	3 500	64	85	140
85	6 000	70	111	180
165	12 000	73	131	210

Tab. 2. Základní parametry výbojek Endura

Jmenovitý příkon (W)	Jmenovitý světelný tok (lm)	Měrný výkon (lm/W)	Rozměry výbojové trubice (mm)
70	6 500	93	313 × 139 × 72
100	8 000	80	313 × 139 × 72
150	12 000	80	414 × 139 × 72

le bílou a chladně bílou barvou světla je uvedeno na obr. 2.

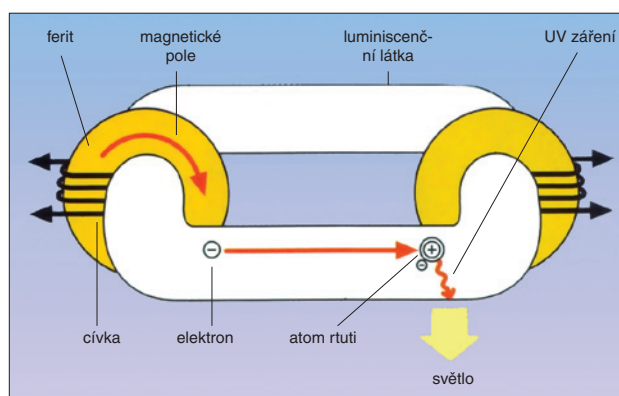
Konstrukční uspořádání výbojek Endura (výbojka s vnější indukční cívkou) je zřejmé z obr. 3.

Výbojový prostor, obsahující páry rtuti (rtuť je opět vnášena ve formě vhodného amalgámu) a argon, představuje uzavřený závit kruhového průřezu vytvarovaný do pravoúhelného půdorysu. Vzniká v něm bezelektroodový výboj, vyvolaný působením střídavého magnetického pole vytvářeného dvěma cívkami a zesíleného feritovými jádry, na něž jsou cívky navinuty. Feritová jádra obklopují výbojový prostor na protilehlých stranách výbojové trubice. Celá soustava tedy pracuje (stejně jako u výbojek QL) jako transformátor, kde cívky představují jeho primární a plazma uvnitř výbojky sekundární vinutí. Pracovní frekvence je poměrně nízká, 250 kHz, nicméně přednosti vysokofrekvenčního výboje jsou zachovány. Výsledkem je výbojka s velmi dobrým podáním barev a vhodnými geometrickými parametry, umožňujícími konstruovat zajímavá svítidla. Základní parametry výbojek Endura jsou uvedeny v tab. 2.

Větší příkony výbojek Endura lze velmi dobře uplatnit při konstrukci intenzivních zdrojů UV záření v oblasti C se zajímavými fotobiologickými účinky využívanými zejména ve zdravotnictví, po-

rého křemenného skla vysoké čistoty bez luminoforu. Účinnost v oblasti UV i další parametry těchto zdrojů významně převyšují dosud používané germicidní a bakteriocidní výbojky, jejichž možnosti jsou z hlediska příkonu a rozměrů omezené.

Výbojky firmy GE (Genura) se vyznačují tím, že výbojová trubice je opatřena reflektorem se zabudovaným zdrojem a patičí E27; reflektor zajišťuje ochranu před rádiovým rušením a usměrňuje světelný tok do požadovaného směru. Genu-



Obr. 3. Konstrukce indukční výbojky Endura

ra tak představuje náhradu reflektorových žárovek R80 při podstatně větší účinnosti. Její život je však kratší – dosahuje pouze asi 10 tisíc hodin. Další její nevýhodou je poměrně dlouhá doba náběhu (až několik minut), než je dosaženo 80 % jmenovitého světelného toku.

Již zmiňovaná snaha o sjednocení nízkotlakých indukčních výbojek pravděpodobně vyústí do dvou příkonových řad, lišících se uspořádáním indukčních cívek, a sice u výbojek s vnitřním buzením