

Světelné zdroje – obyčejné žárovky

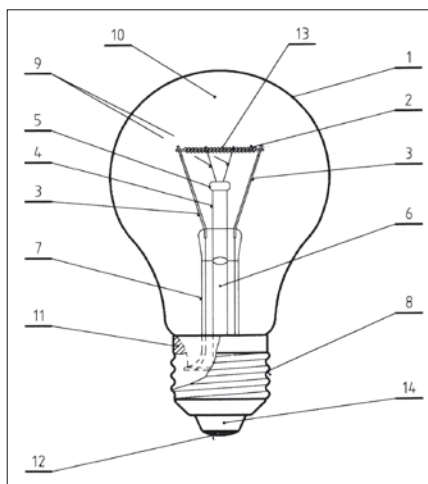
Ing. Vladimír Dvořáček, S Lamp s. r. o., Panenské Břežany

Obyčejné žárovky jsou stále nejrozšířenějšími světelnými zdroji. Vyrábějí se v miliardových množstvích ročně a jsou součástí základního výrobního sortimentu téměř všech významných světových výrobců světelných zdrojů. Patří do skupiny teplotních světelných zdrojů, kde základem funkce všeobecně je určitý způsob zahřívání těles na teploty, při nichž se objevuje viditelné záření. Žárovka je světelný zdroj vyzařující světlo z tělesa (vlákna) rozžhaveného průchodem elektrického proudu. Charakteristickou vlastností všech teplotních zdrojů je spojité spektrum jimi vyzařovaného světla, zároveň se však vyznačují velmi nízkou účinností přeměny elektrické energie na světelnou. Tím je do značné míry určen i jejich budoucí osud.

Konstrukce

Konstrukce žárovky je ukázána na obr. 1. Vlastním zdrojem záření je vlákno, které je u moderních žárovek vyrobeno výhradně z tenkého wolframového drátu (o průměru od 10 μm u žárovek 15 W do 120 μm u žárovek 200 W) svinutého do jednoduché nebo dvojité šroubovice. Vlákno je v požadované poloze fixováno přívody a podpěrnými molybdenovými háčky zapíchnutými do čočky tyčinky, která s dalšími skleněnými polotovary (talířkem a čerpací trubičkou) tvoří tzv. nožku. Nožka s vláknem je zatavena do vnější baňky vyrobené z měkkého sodno-vápenatého skla. Baňka se používá čirá nebo zrcadlená, barevná, červená, chemicky matovaná nebo matovaná, popř. opalizovaná nanesením rozptýlné vrstvy v elektrostatickém poli. Přívody jsou součástí elektrického obvodu a obvykle se skládají ze tří částí. Vnitřní část přívodu je z niklu nebo poniklovaného železa, jeho prostřední část je vyrobena z tzv. pláštěového drátu s činitelem teplotní roztažnosti odpovídajícím roztažnosti skleněného talířku. To zajišťuje vakuově těsné spojení kovových a skleněných součástí žárovky, umožňující udržet potřebné vakuum nebo inertní prostředí v žárovce v průběhu celého jejího života. Vnější článek přívodu zároveň plní i funkci pojistky (v případě vzniku výboje při přerušení vlákna v žárovkách plněných plynem). Běžně bývá zhotoven z monelu (slitina niklu s mědí) o malém průměru (160 až 180 μm). Zajišťuje zároveň elektrický kontakt s objímkou svítidla prostřednictvím patice. Přívody jsou s paticí spojeny buď pájením běžnými pájkami Sn-Pb anebo ekologič-

ky čistším svařením. Vnitřní prostor baňky je vyčerpán, zbytky nežádoucích plynů (zejména kyslíku a vodíku) jsou pohlceny getrem (červený fosfor nebo nitrid fosforu), naneseným na vlákno nebo konce přívodů po montáži vlákna na nožku. Náplň žárovek bývá argon nebo krypton, v obou případech s příměsí dusíku, zabra-



Obr. 1. Konstrukce obyčejné žárovky
1 – baňka, 2 – wolframové vlákno, 3 – přívody, 4 – tyčinka, 5 – čočka, 6 – čerpací trubička, 7 – talířek, 8 – patice, 9 – háčky (podpěrky), 10 – plynná náplň, 11 – tmel, 12 – pájka, 13 – getr, 14 – izolace patice

ňujícího vzniku výboje mezi závitů vlákna. Přítomnost inertního plynu snižuje rychlost vypařování vlákna, umožňuje zvýšit jeho teplotu, a tedy i měrný výkon žárovky při zachování života, omezuje černání baňky, a zlepšuje tím stabilitu světelného toku během svícení. Z hlediska života žárovky je žádoucí používat co nejvyšší tlak plnicího plynu, podle možnosti blížíci se tlaku okolní atmosféry. Obyčejné žárovky jsou obvykle opatřeny závitovou paticí E27, nejčastěji zhotovenou z hliníku nebo galvanicky poniklované mosazi, anebo bajonetovou paticí Ba22d. Patice je k baňce připevněna speciálním tmelem.

Hlavní přednosti:

- vhodný tvar, jednoduchá konstrukce, malé rozměry a malá hmotnost,
- spojité spektrum vyzařovaného světla (obr. 2), majícího příjemný teplý odstín, charakterizovaný teplotou chromatičnosti 2 700 až 2 900 K,
- vynikající podání barev osvětlovaných předmětů, charakterizované všeobecným indexem podání barev $R_a = 100$,

- okamžitý start bez blikání, stabilní svícení bez míhání (v důsledku dostatečně velké tepelné setrvačnosti vlákna) a téměř okamžité ustálení světelného toku po připojení napájecího napětí,
- možnost konstruovat žárovky pro široký rozsah napájecího napětí (od desetin voltu do několika set voltů),
- možnost přímého napájení z elektroinstalace bez nutnosti použít předřadné obvody,
- široký interval přípustných provozních teplot, při zanedbatelném vlivu okolní teploty na parametry žárovky,
- jednoduchý provoz a většinou snadná výměna vadných žárovek,
- libovolná poloha svícení,
- téměř nulová úroveň ultrafialového záření,
- zvládnutá technologie hromadné výroby používaných polotovarů (baňek, vláken, přívodů, patic) i vlastních žárovek, která se vyznačuje vysokým stupněm automatizace (Například kapacita moderní výrobní linky při obsluze dvěma až třemi pracovníky je 5 000 až 6 000 žárovek za hodinu. Nejvýkonnější stroje na výrobu baňek mají kapacitu až jeden milion baňek denně. Spirální stroje na výrobu wolframových vláken mají otáčky až 30 tis. min^{-1} . Tím je dána i trvale velmi nízká cena běžných žárovek.),
- snadná likvidace vyhořelých žárovek (Vzhledem k tomu, že neobsahují žádné zdraví škodlivé látky, lze je odkládat do komunálního odpadu. Tato přednost je však do značné míry eliminována nevhodnou přeměnou elektrické energie na světelnou, takže negativní vlivy na životní prostředí se projevují při výrobě elektrické energie nevhodně využit v žárovce.).

Nedostatky

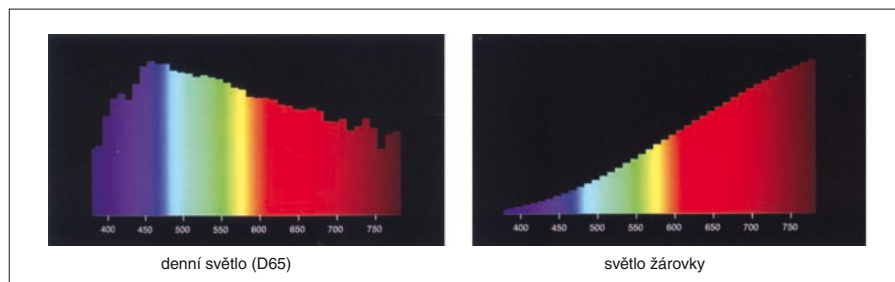
Zásadním nedostatkem všech běžných žárovek je tedy velmi malý měrný výkon, jejich relativně krátký život (1 000 h), velký pokles světelného toku v průběhu života a výrazná závislost parametrů žárovek, zejména života, na napájecím napětí (obr. 3).

Parametry

Energetická účinnost přeměny elektrické energie na světelnou je u vakuových žárovek asi 7 %, u žárovek plněných plynem asi 10 %. Vztáhne-li se však tento parametr

Tab. 1. Světelnětechnické parametry obyčejných žárovek 15 až 200 W s životem 1 000 h při jmenovitém napětí 230 V

Příkon žárovky (W)	15	25	40	60	75	100	150	200
Světelný tok (lm)	90	230	430	730	960	1 380	2 220	3 150
Měrný výkon (lm/W)	6	9,2	10,75	12,2	12,8	13,8	14,8	15,75



Obr. 2. Poměrné spektrální složení světla žárovek a denního světla D65

na citlivost lidského oka, tj. vypočítá-li se světelná účinnost uvedené přeměny přiváděné energie, dosáhne se hodnoty ještě nižší – u vakuových žárovek 1,5 až 2 % a 3 až 4 % u žárovek plněných plynem. Zbývající energie se spotřebovává neproduktivně a z hlediska vlastního světelného zdroje je nutné ji považovat za ztrátu.

Měrný výkon žárovek lze sice zvýšit zvýšením teploty vlákna (teoreticky lze dosáhnout hodnoty až přibližně 50 lm/W, odpovídající teplotě tání wolframu, avšak při nulovém životě), přitom ale zároveň roste i rychlost vypařování wolframu, který se ve zvýšené míře usazuje na vnitřní stěně baňky. Výrazně se tak zkracuje život vlákna a zintenzivňuje černání vnější baňky, a tudíž i rychleji klesá světelný tok. Tento pokles u obyčejných žárovek na konci jejich života dosahuje 20 až 25 %. Mezi napájecím napětím a životem se v běžném rozsahu změn napětí projevuje výrazná exponenciální závislost daná vztahem:

$$T/T_n = (U/U_n)^{-14}$$

kde

T je život při napětí U ,
 T_n život při jmenovitém napětí U_n .

Tuto vazbu mezi teplotou vlákna (resp. životem žárovky) a napájecím napětím je nutné mít vždy na zřeteli při výběru vhodného typu žárovky podle konkrétního napětí sítě. Například při běžném přepětí +10 % od jmenovité hodnoty se sice zvýší měrný výkon o asi 25 %, ale zkrátí se i život žárovky, a to až o 75 %. V takových případech je účelné použít žárovky na jmenovité napětí např. 240 V, které jsou rovněž běžně dodávány do obchodní sítě. Menší napětí naopak sice život významně prodlužuje, avšak na úkor měrného výkonu, takže provoz v takových podmínkách je ještě méně hospodárny. Určitého zlepšení účinnosti žárovek lze dosáhnout změnou plynné náplně: argon se nahradí kryptonem. Krypton totiž díky nižší tepelné vodivosti poněkud omezuje tepelné ztráty a vlivem větší molekulo-

vé hmotnosti snižuje rychlost vypařování wolframu. Při stejném životě lze tedy zvýšit teplotu vlákna, takže světelný tok takové žárovky v porovnání s žárovkou s klasickou argonovou náplní je podle příkonu vyšší o 4 až 9 %. S ohledem na vysokou cenu kryptonu je však použití tohoto plynu omezeno na žárovky s opalizovanou baňkou, jež se vyznačují měkkým difuzním světlem vhodným spíše pro dekorační osvětlení. Tomu odpovídá i typický hříbkovitý tvar baňky a vyšší cena žárovky.

Současný sortiment obyčejných žárovek je velmi široký a obsahuje tisíce různých typů. Pro informaci jsou zde uvedeny alespoň hlavní parametry základní příkonové řady obyčejných žárovek pro všeobecné osvětlování, která je mezinárodně přísně normalizována z hlediska geometrických i elektrických a světelnětechnických parametrů. Tyto žárovky jsou konstruovány na jmenovité napětí 120, 220, 230 nebo 240 V, kterému odpovídá jmenovitý život 1 000 h. Žárovky o příkonu 15 až 100 W mají jednotný tvar a roz-

měry (průměr baňky 60 mm, celková délka 105 mm), jsou vesměs plněny inertním plynem (směsí argonu a dusíku) a vlákno má tvar dvojité svinuté šroubovice. Na našem trhu jsou k dispozici patice E27. Světelný tok a měrný výkon této základní příkonové řady jsou uvedeny v tab. 1. Se stejnými geometrickými parametry, ale s příslušně změněným světelným tokem jsou vyráběny i žárovky s životem 2 500 a 5 000 h, používané v osvětlovacích soustavách se ztíženým přístupem ke svítidlům, a dále žárovky otřesuvzdorné, v nichž je použito jednoduše vnuté vlákno až s devíti podpěrkami, které snášejí provoz v soustavách vystavených zvýšeným otřesům. Obdobný vzhled mají i žárovky na nízká napětí 24 a 42 V pro speciální použití.

Přestože se obyčejná žárovka zdánlivě nemění, alespoň z pohledu uživatele, protože základní parametry a vnější vzhled zůstávají již desetiletí bez významnějších změn, z pohledu výrobce se trvale vyvíjí. Určitý vývoj spočívá ve zlevnění její výroby, snižování zmetkovitosti, v úspoře materiálu, náhradě některých materiálů a polotovarů dokonalejšími a spolehlivějšími, popř. ekologicky přijatelnějšími, a zejména ve zvyšování stupně automatizace výrobních linek a snižování počtu obsluhujících pracovníků. I drobná materiálová úspora u žárovky znamená významné celkové výrobní úspory s ohledem na vyráběná velká množství žárovek. Výsledkem je spolehlivější a kvalitnější výrobek s menším rozptylem základních parametrů a s dlouhodobě stabilní nízkou cenou.

Závěr

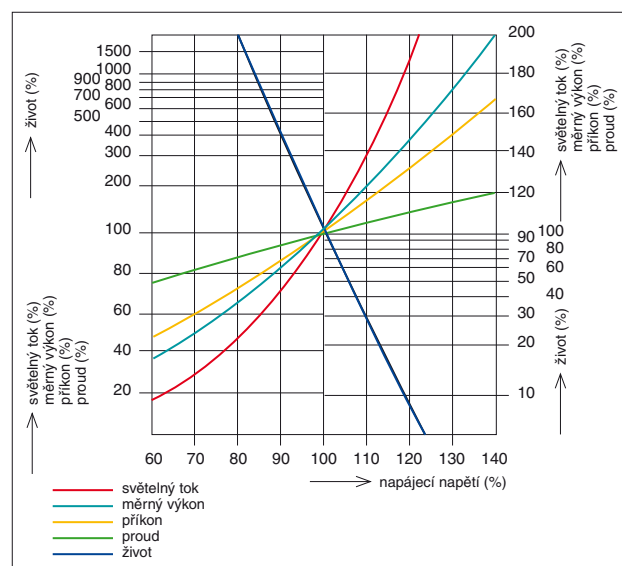
Přes všechny uvedené pozitivní vlastnosti sice budou obyčejné žárovky ještě dlouho nejrozšířenějším světelným zdrojem, jejich podíl na celkovém množství vyrábě-

ných světelných zdrojů se však bude trvale zmenšovat. Jejich velmi nízká energetická účinnost je pádný argument pro jejich postupné vyřazení z provozu. Jisté k tomu přispějí i legislativní opatření, která zejména ve vyspělých průmyslových zemích začínají vstupovat v platnost a mohou významně tento trend urychlit.

Literatura:

HABEL, J. a kol.: *Světelná technika a osvětlování*. FCC Public, Praha, 1995.

Recenze: prof. Ing. Jiří Habel, DrSc.



Obr. 3. Závislost základních parametrů žárovky na napájecím napětí