

# Elektrické světlo KEE/ESV

Lenka Raková

## 5. přednáška

2015/2016

1

## Obsah

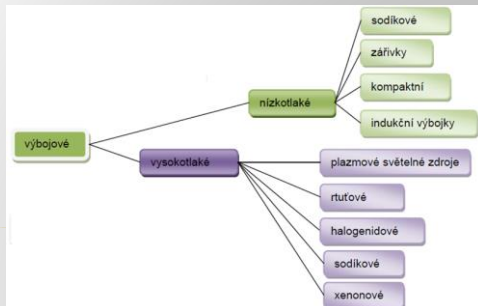
- **Výbojové světelné zdroje**
  - **Nízkotlaké (dokončení 4. přednášky)**
  - **Vysokotlaké**

5. přednáška KEE/ESV

16. března 2016

2

## VÝBOJOVÉ SVĚTELNÉ ZDROJE



3

## Výbojové světelné zdroje

**Princip** = elektrický výboj v parách nebo plynech a jejich směsích (Rg, Na, halogenidy, Ar, Kr, Xe, Ne, atd.)

- **Dělení**
  - Dle **typu výboje**
    - obloukový, doutnavý, impulzní, bezelektrodový – vysokofrekvenční)
  - Dle **místa vzniku záření**
    - Plynové
    - Luminiscenční, atd.
  - Dle **tlaku pracovní náplně - nepoužívanější**
    - **Nízkotlaké**
    - **Vysokotlaké**
    - Výbojky s velmi vysokým tlakem

5. přednáška KEE/ESV

16. března 2016

4

## Výbojové světelné zdroje - opakování

**Záření** - nerezonanční čáry

- část UV záření
- čtyři velmi intenzivní ve viditelné modro-zelené oblasti spektra (404 až 407, 436, 546 a 577 nm)
- zcela chybí červená složka  
→ **podání barev osvětlovaných předmětů je naprosto nevyhovující!!!**

**Možnosti vylepšení spektra**

- Transformace UV záření **luminoforem** na záření červeného spektra (**rtuťové výbojky**)
- **Kombinace** záření rtuťového výboje se **světlem žárovek** (**směšové výbojky**)
- Přidání **svítících příměsí** do rtuťového výboje např. halogenidů (**halogenidové výbojky**)
- **Náhrada Hg jiným prvkem** s vhodnějším spektrem ve viditelné oblasti např. Na (**sodíkové výbojky**)

3. část KEE/SVT

16. března 2016

5

## VÝBOJOVÉ SVĚTELNÉ ZDROJE VYSOKOTLAKÉ

6

## Výbojové světelné zdroje

### Nizkotlaké

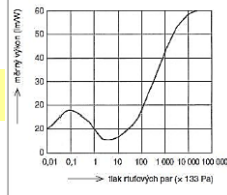
- Pracovní tlak okolo 1 Pa
- Příkon do 100 W (u většiny)
- Největší část energie je vyzařována rezonančními čarami UV oblasti

### Vysokotlaké

- Odišný mechanismus vzniku světla

Postupné zvyšování tlaku Hg par a proudové hustoty → posun vyzařované energie směrem k vyšším vlnovým délkám

- Intenzita záření roste s narůstajícím tlakem
- Roste měrný výkon a vzniká spojitě spektrum
- Teploty hořáku 700 až 750 °C



5. přednáška KEE/ESV

16. března 2016

7

## Výbojové světelné zdroje

### Záření - nerezonanční čáry

- část UV záření
- čtyři velmi intenzivní ve viditelné modro-zelené oblasti spektra (404 až 407, 436, 546 a 577 nm)

- zcela **chybí červená složka**

→ **podání barev osvětlovaných předmětů je naprosto nevyhovující!!!**

obrázek

5. přednáška KEE/ESV

16. března 2016

8

## Výbojové světelné zdroje

### Možnosti vylepšení spektra

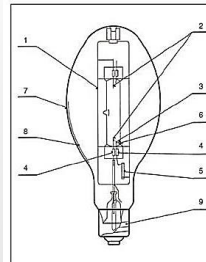
- Transformace UV záření **luminoforem** na záření červeného spektra (**rtuťové výbojky**)
- Kombinace záření rtuťového výboje se **světlem žárovek** (**směšové výbojky**)
- Přidání **svítících přísad** do rtuťového výboje např. halogenidů (**halogenidové výbojky**)
- Náhrada Hg jiným prvkem** s vhodnějším spektrem ve viditelné oblasti např. Na (**sodíkové výbojky**)

5. přednáška KEE/ESV

16. března 2016

9

## Výbojové vysokotlaké- RTUŤOVÉ



Obr. 2. Konstrukce vysokotlaké rtuťové výbojky  
1 – nosný rámeček, 2 – hlavní elektrody,  
3 – pomocná elektroda, 4 – molybdenová fólie,  
5 – rezistor, 6 – rtuť, 7 – vnější baňka, 8 – vrstva  
luminoforu, 9 – patice

- Hlavní část světla vzniká při rtuťovém výboji **při tlaku vyšším než 1 MPa**
- Círé baňky a baňky pokryté luminoforem (transformace UV záření) – dříve označení RVL

### Jiné podmínky výboje oproti zářivkám

- Vyšší pracovní tlak a teplota – odolnější materiály na výrobu hořáku (křemenné sklo)

### Hořák

- Zataveny 2 hlavní wolframové a 1 pomocná elektroda
- Vakuový zátav elektrod – molybdenová fólie
- Emissní vrstva elektrod – oxidy barya a vápníku s přísadou oxidu ytříteho
- Vyplněn **rtutí a argonem** (usnadnění zapálení výboje a eliminuje zvýšené odpaření emisní hmoty)

5. přednáška KEE/ESV

16. března 2016

10

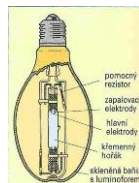
## Výbojové vysokotlaké- RTUŤOVÉ

### Hořák

- Napájecí napětí → zapálení výboje mezi hlavní a pomocnou elektrodou (stabilizace rezistorem)
- Pomocný výboj → předběžná ionizace v hořáku a usnadnění výboje – **nejsou potřeba** přídavná zapalovací zařízení

### Vnější baňka

- Sodno – vápenaté sklo (příkon do 125 W) či tvrdé borito - křemičité sklo
- Stabilizuje teplotu, světelný tok
- Pohlčuje nežádoucí UV záření
- Luminofor (transformace UV) např. vanadičnan ytřitý
- Inertní atmosféra argonu a dusíku – ochrana před oxidací



- Označení např. **HPL**

**Patice** – závitová - E27 či E40 (nad 250 W)

5. přednáška KEE/ESV

16. března 2016

11

## Výbojové vysokotlaké- RTUŤOVÉ

### Závislost výboje na teplotě (změna tlaku par Hg)

- Přenos dávkování Hg
- Při normálních pracovních podmínkách úplné odpaření – výboj v režimu přehřátých par

- Ustálený chod po cca 5 minutách

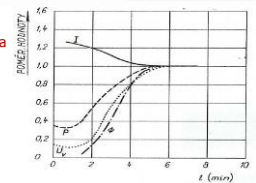


- Výroba standardních – klesá
- Výroba z energetických důvodů ukončena**

### Speciální

- „De luxe“, „super de luxe“ či „comfort“

- Kvalitnější luminofor
- Vyšší podíl červené složky
- Vyšší světelný tok
- $R_a = 60$



5. přednáška KEE/ESV

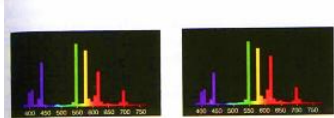
16. března 2016

12

## Výbojové vysokotlaké- RTUŤOVÉ

Tab. 9.7. Základní sortiment vysokotlakých rtuťových výbojek s luminoforem

Jmenovitý příkon (W)	50	80	125	250	400	700	1000
Jmenovitý světelný tok (lm)	1 800	3 800	6 300	13 000	22 000	38 500	58 500
Patice	E27	E27	E27	E40	E40	E40	E40
Provozní proud (A)	0,6	0,8	1,15	2,15	3,25	5,4	7,5
Měrný výkon (lm/W)	36	47,5	50,5	52	55	55	58,5
Příkon včetně předřadníku (W)	59	89	137	266	425	735	1 045



Standardní a zlepšené podání barev

5. přednáška KEE/ESV

16. března 2016

13

## Výbojové vysokotlaké- RTUŤOVÉ

### Výhody

- Dlouhý život 12 000 až 16 000 h
- Dobrá stabilita světelného toku během života
- Libovolná poloha při svícení
- Pouze tlumivka bez zapalovače (spolehlivost a jednoduchá údržba OS)
- Nízká cena a spolehlivý provoz až do -25°C



### Nevýhody

- Malá účinnost
- Nižší Ra
- Není komunální odpad!
- Materiálová náročnost
- Není vhodné stmívat

**Výbojku lze znovu zapnout až po jejím vychladnutí!!!**

### Použití

- Venkovní i vnitřní průmyslové osvětlení, VO
- Kriminalistika (bez luminoforu), vytváření barev a laků, horské slunce, atd.



5. přednáška KEE/ESV

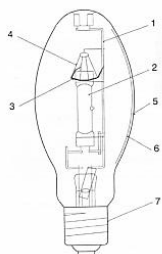
16. března 2016

14

## Výbojové vysokotlaké- SMĚŠOVÉ

- V baňce je **rtuťová výbojka** a **wolframové vlákno** doplňující spektrum výboje a slouží i jako předřadník (**není nutné použít tlumivku**).

- Označení **ML**



Obr. 9.27. Konstrukce směšové výbojky

- 1 – nosný rámeček,
- 2 – rtuťový holiák,
- 3 – wolframové vlákno,
- 4 – molybdenové háčky,
- 5 – vnější baňka,
- 6 – vrstva luminoforu,
- 7 – patice

5. přednáška KEE/ESV

16. března 2016

15

## Výbojové vysokotlaké- SMĚŠOVÉ

### Výhody

- Není předřadník – jednoduchý provoz
- Náhrada žárovek s velkým příkonem nad 200 W
- $R_a = 60$  až  $72$
- Příjemný teplý odstín světla  $T_{cp} = 3\,300$  až  $3\,800\,K$
- Účinnost přibližně roven 1
- Téměř okamžité dosažení jmenovité hodnoty světelného toku

### Nevýhody

- Nízký měrný výkon
- Nemožnost stmívat

### Použití

- Imitace slunečního záření – kosmetické účely, atd.
- Vytváření barev a laků, zkoušky materiálů
- Využití trvale klesá

5. přednáška KEE/ESV

16. března 2016

16

## Výbojové vysokotlaké- HALOGENIDOVÉ

= světlo vzniká zářením par kovů (např. Hg) či vzácných plynů (např. Xe) a produktů štěpení halogenidů

- Přidání jednoduchých chemických sloučenin do náplně – **ovlivnění spektra Hg**
- Nejvhodnější z hlediska chemické reaktivity a tlaku par jsou **halogenidy (jodidy či bromidy)** – i při vysokých teplotách jsou stálé
- Různé spektrum záření (jednobarevné až spojité spektrum)
- **Vyšší měrný výkon a vyšší  $R_a$**  než klasické rtuťové výbojky
- **Korundový hořák** – snížení příkonů  
X při stejné svítící náplni u výbojek s křemenným hořákem se měrný výkon s klesajícím příkonem snižuje
- **Závitová či bajonetová patice nebo kolíky**



6. přednáška KEE/ESV

16. března 2016

17

## Výbojové vysokotlaké- HALOGENIDOVÉ

### Princip

- 1) Zapálení výboje vnějším zapalovacím zařízením
  - 2) Výboj v parách rtuti (Xe) a inertním plynu
  - 3) Nárůst teploty = zvýšení koncentrace halogenidů ve výboji
  - 4) Ustálení teplotního výboje po 5 až 10 minutách
  - 5) Při pracovní teplotě hořáku dochází ke štěpení halogenidů na atomy halogenu a příslušného kovu, které se vybudí a září
  - 6) Atomy difundují ke stěnám hořáku s nižší teplotou, kde se opět slučují na původní sloučeniny
- = uzavřený cyklus**



### Výbojky s křemenným a keramickým hořákem

- Materiál hořáku ovlivňuje vlastnosti výbojky
- Čím vyšší teplota tím vyšší účinnost výboje!!!**

6. přednáška KEE/ESV

16. března 2016

18

## Výbojové vysokotlaké- HALOGENIDOVÉ

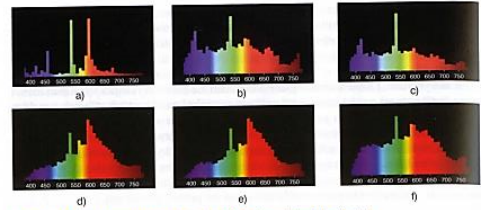


6. přednáška KEE/ESV

16. března 2016

19

## Výbojové vysokotlaké- HALOGENIDOVÉ



Obr.9.32. Poměrné spektrální složení světla halogenidových výbojek

- a) výbojka s křemenným hořákem,  $R_a > 65$ ,  $T_{cp} = 4\,500\text{ K}$
- b) výbojka s křemenným hořákem,  $R_a > 90$ ,  $T_{cp} = 5\,900\text{ K}$
- c) výbojka s křemenným hořákem,  $R_a > 90$ ,  $T_{cp} = 7\,250\text{ K}$
- d) výbojka s keramickým hořákem,  $R_a > 90$ ,  $T_{cp} = 3\,000\text{ K}$
- e) výbojka s keramickým hořákem,  $R_a > 90$ ,  $T_{cp} = 3\,000\text{ K}$
- f) výbojka s keramickým hořákem,  $R_a > 90$ ,  $T_{cp} = 4\,200\text{ K}$

6. přednáška KEE/ESV

16. března 2016

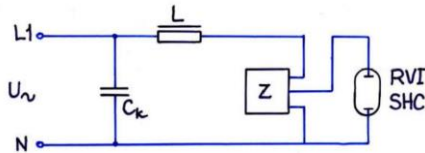
20

## Výbojové vysokotlaké- HALOGENIDOVÉ

### ❖ Kombinace halogenidů – sloučeniny

- Sodík – oranžová
- Scandium – modro-zelená
- Thallium – zelená
- Lithium – žluto-červená, atd.
- Indium – modro-fialová

### • Pro provoz nutné předřadné obvody (tlumivky a zapalovače)



6. přednáška KEE/ESV

16. března 2016

21

## Výbojové vysokotlaké- HALOGENIDOVÉ

### Výhody – s křemenným hořákem

- Velké možnosti úpravy spektra
- Velký rozsah příkonů **70 až 5 000 W**
- Dlouhý život **až 12 000 h**
- Dobré podání barev **80 až 90**
- Měrné výkony **85 až 160 lm/W**
- Kompaktní, usměrnění světelného toku, možnost stínění

### Nevýhody

- Technologická náročnost a cena
- Nutnost zapalovacího zařízení
- Citlivost na kolísání napětí
- Nutnost nechat před dalším zapálením výbojku vychladnout

### Další výhody – s keramickým hořákem

- Příkony **až 15 W**
- Zmenšení rozptylu kolorimetrických parametrů v závislosti na poloze svícení
- Zlepšení stability chromatičnosti
- Zmenšení rozměrů hořáku – výbojky

6. přednáška KEE/ESV

16. března 2016

22

## Výbojové vysokotlaké- HALOGENIDOVÉ

### ❖ Použití – široká oblast

- **Venkovní OS**
  - náměstí, ulice, fasády, sportoviště, pěší zóny, letiště atd.
- **Vnitřní OS**
  - obchodní domy, galerie, výstaviště, sportovní haly, průmyslové provozy, výkladní skříně, testování materiálů, knihovny, posluchárny, atd.
- **Speciální** – světlomety aut, lékařství, polygrafický průmysl

Nejpoužívanější z vysokotlakých výbojek!!!

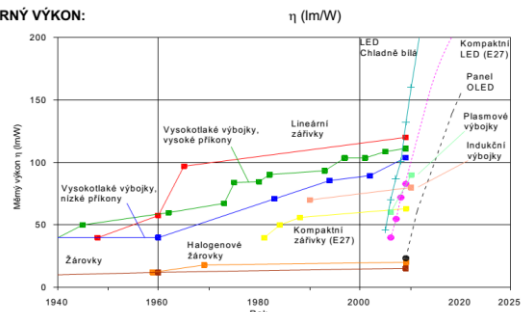
6. přednáška KEE/ESV

16. března 2016

23

## PŘEHLED

### MĚRNÝ VÝKON:



6. přednáška KEE/ESV

16. března 2016

24

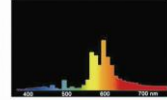
## Výbojové vysokotlaké- **SODÍKOVÉ**



= světlo vyzařováno především sodíkovými parami s provozním tlakem 3 až 60 kPa

- Při rostoucím tlaku se rozšiřují spektrální čáry, čímž vzniká spojitě záření a roste rezonanční záření = **lepší podání barev**

$R_a < 85 \times$  nízkotlaké!!!

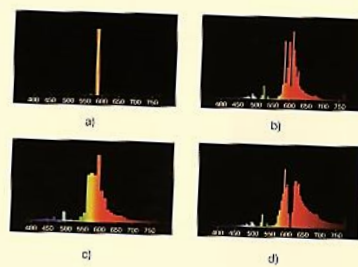


6. přednáška KEE/ESV

16. března 2016

25

## Výbojové vysokotlaké- **SODÍKOVÉ**



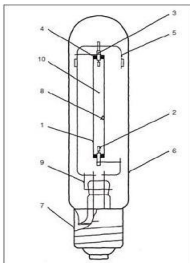
Obr. 9.38. Poměrné spektrální složení světla sodíkových výbojek  
a) nízkotlaká sodíková výbojka,  $R_a = 0$   
b) vysokotlaká sodíková výbojka standardní  $R_a < 25$ ,  $T_{sp} = 2\,000\text{ K}$   
c) vysokotlaká sodíková výbojka se zvýšeným měrným výkonem  $R_a < 25$ ,  $T_{sp} = 2\,000\text{ K}$   
d) vysokotlaká sodíková výbojka se zlepšeným podáním barev  $R_a = 60$ ,  $T_{sp} = 2\,150\text{ K}$

6. přednáška KEE/ESV

16. března 2016

26

## Výbojové vysokotlaké- **SODÍKOVÉ**



- Nahrazovány halogenidovými výbojkami s keramickým hořákem (vyšší měrný výkon při stejných či lepších hodnotách  $R_a$ )
- Vyšší tlak 27 kPa  $\rightarrow$  vyšší teplota  $\rightarrow$  hořák z polykrytalického korundu  $\text{Al}_2\text{O}_3$
- Inertní plyn – stejná fce jako u předchozích výbojek (Xe – menší teplotní vodivost – nejvyšší měrný výkon výbojky)
- Vnější baňka – vakuum – snižuje tepelné ztráty a působí proti oxidaci průchodky
- Zajištění vysokého vakua – GETR (slitina Al a Zr)
- Nutné použít zapalovač (až 4,5 kV – vysoké napětí)

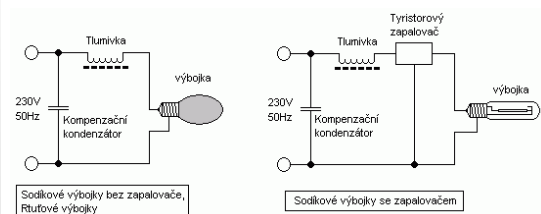
Obr. 2. Konstrukce vysokotlaké sodíkové výbojky  
1 – keramická trubice, 2 – elektroda, 3 – nio-bový průchodkový, 4 – pojítko, 5 – nosný rámeček, 6 – vnější baňka, 7 – patice, 8 – osmal-gám sodíku, 9 – getr, 10 – plynová náplň

6. přednáška KEE/ESV

16. března 2016

27

## Výbojové vysokotlaké- **SODÍKOVÉ**



Sodíkové výbojky bez zapalovače, Rtuťové výbojky

Sodíkové výbojky se zapalovačem

**Penningova směs (Ne + 0,5% Ar)**

- zapálení výboje pouze za působení síťového napětí – přímá náhrada rtuťových výbojek

6. přednáška KEE/ESV

16. března 2016

28

## Výbojové vysokotlaké- **SODÍKOVÉ**

**Ukončení života = postupným nárůstem napětí na výbojce**

- Periodické zhasínání = příznak ukončení života – dnes už moc ne díky odepnutí dříve před vznikem cyklování

### Výhody

- Velký rozsah příkonů 70 až 1 000 W
- Dlouhý život 16 000 až 30 000 h (některé baňky dva hořáky)
- Měrné výkony 70 až 150 lm/W
- Spolehlivý provoz a snadná údržba, přijatelná cena

### Nevýhody

- Nutná tlumivka a zapalovací zařízení či elektronický předřadník
- Podání barev standardní typy  $R_a$  20 až 25

### Použití

- venkovní OS – tunely, náměstí, ulice, letiště, průmyslové objekty

Nahrazovány halogenidovými!!!

6. přednáška KEE/ESV

16. března 2016

29

5. přednáška KEE/ESV 16. března 2016

**Příště**

**LED**

**A**

**ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI SVÍTIDEL**

52