

Osvětlování venkovních elektrických stanic

prof. Ing. Karel Sokanský, CSc., Ing. Tomáš Novák, Ph.D.,
Ing. Ivo Ullman, Ph.D., doc. Dr. Ing. Ždeněk Medvec

1. Úvod

V minulém roce byla přijata norma řešící problematiku osvětlování venkovních pracovišť [1]. Do této oblasti také patří venkovní rozvodny, kde z pohledu osvětlování došlo ke značným změnám. Zvyšují se požadavky na spolehlivost provozu, což souvisí např. s nutností vizuálně kontrolovat některá zařízení (poloha odpojovačů, stav transformátorů atd.). Rovněž se zvyšují požadavky na bezpečnost. Proto se v rozvodnách instalují kamerové systémy – zejména se to týká dálkově ovládaných rozvodů, což je důvod pro zavedení kamerového osvětlení v nočních hodinách.

Nová norma [1] nahrazuje především článek 3.5 normy ČSN 36 0451 (nyní již neplatné). Výrazně se zde zvyšují požadavky na osvětlení. Kvantitativní požadavky na osvětlení v nové normě v některých případech převyšují více než dvojnásobně požadavky normy staré.

Cílem tohoto příspěvku je ukázat použití vybraných kritérií nové normy v osvětlování elektrických stanic.

2. Požadavky na osvětlení v jednotlivých částech elektrických stanic

2.1 Celkové osvětlení

Požadavky na celkové osvětlení rozvodů a transformátorů jsou uvedeny v tab. 1 (výťah z tabulky 5.11 normy [1]).

Podle tabulky 5.11 normy [1] lze standardně vykonávanou činnost v rozvodnách a na transformátorech specifikovat jako „celková kontrola“. V rámci nestandardních situací, kdy bude nutné opravit elektrická zařízení v rámci elektrické stanice (v rozvodně nebo na transformátoru) pod umělým osvětlením, lze doporučit zatřídění podle tabulky „opravy elektrických zařízení“. Toto zatřídění umožňuje využít místní osvětlení, které lze chápat jako osvětlení mobilní, tedy přenosné.

2.2 Osvětlení komunikací

Další prostory, o kterých je nutné v rámci elektrických stanic uvažovat, jsou komunikace uvnitř stanice. Zatřídění komunikací obsahuje tab. 2 (tabulka 5.1 normy [1]). Protože maximální rychlost uvnitř elektrických stanic je možné omezit na pouze 10 km/h, lze ko-



Obr. 1. Fotografie stanoviště transformátoru

munikace zatřídít tak, jak je v této tabulce uvedeno.

3. Zajištění bezpečnosti pomocí umělého osvětlení

Rozvodny lze jednoznačně zařadit mezi prostory s vysokým stupněm rizika, a to nejen z pohledu ochrany zdraví osob, ale také z pohledu zabezpečení rozvodů proti vniku cizích osob. V příloze A normy ČSN EN 12464-2, která je pouze informativní a týká se bezpečnosti a ochrany, jsou zmíněny konkrétní rozvodny (viz tab. 3). Umělé osvětlení tedy napomáhá zajistit ochranu zdraví a zabezpečit uvedené prostory proti neoprávněnému vniku cizích osob.

Tab. 1. Provozy v elektrárnách, rozvodnách, plynárnách a teplárnách

Referenční číslo	Druh prostoru, úkolu nebo činnosti	\bar{E}_m (lx)	U_0	GR_L	R_a	Poznámka
5.11.3	celková kontrola	50	0,40	50	20	
5.11.6	opravy elektrických zařízení	200	0,50	45	60	Použij místní osvětlení.

Vysvětlivky k tab. 1 až tab. 3:

\bar{E}_m udržovaná osvětlenost – hodnota, pod kterou nesmí průměrná osvětlenost na určené rovině klesnout,

U_0 rovnoměrnost osvětlení – poměr minimální a průměrné osvětlenosti,

GR_L horní hranice oslnění – největší hodnota činitele oslnění,

R_a index podání barev.

Tab. 2. Komunikační prostory ve venkovních pracovních prostorech

Referenční číslo	Druh prostoru, úkolu nebo činnosti	\bar{E}_m (lx)	U_0	GR_L	R_a	Poznámka
5.1.2	prostranství pro pomalu jedoucí vozidla (max. 10 km/h), např. jízdní kola, nákladní auta a rypadla	10	0,40	50	20	

požadavky maximálně respektovat. Stejně jako kdyby stanice stála přímo v chráněné oblasti. Jestliže se v takové oblasti skutečně nalézá, je dodržení doporučení normy morální povinností.

5. Volba světelných zdrojů

Na základě požadavků na rozměry současných rozvodů (až 300 × 150 m) je nutné využít světelné zdroje s velkým světelným tokem, resp. vysokým měrným výkonem. Dalším požadavkem na tyto světelné zdroje je dlouhá doba jejich technického života. Tam, kde není požadováno barevné snímání kamerovým systémem, vyhovují uvedeným požadavkům vysokotlaké sodíkové výbojky různých příkonů, volených v závislosti na vzájemné poloze svítidla a osvětlovaného objektu a také na velikosti osvětlovaného prostoru. Tam, kde je barevné snímání zapotřebí, je místo pro vysokotlaké halogenidové výbojky různých příkonů. Měrný příkon vysokotlakých sodíkových výbojek je až 150 lm/W, zatímco u halogenidových výbojek je nižší, přibližně 115 lm/W. Vysokotlaké sodíkové výbojky mají i delší život (až několikanásobně delší ve srovnání s halogenidovou výbojkou). Při volbě světelného zdroje je také třeba vzít v úvahu pokles světelného toku v závislosti na době, po kterou byl světelný zdroj provozován. Tento parametr je u halogenidových výbojek výrazně horší.

Co se týče volby světelných zdrojů k osvětlování rozvodů a transformátorů, lze z uvedených informací dojít k následujícímu závěru: Pro celkové osvětlení rozvodů (celkovou kontrolu) jsou nejvhodnější vysokotlaké sodíkové výbojky. K tomuto rozhodnutí vede zejména jejich vysoký měrný výkon, nízká spotřeba, velmi dlouhá doba technického života a variabilita výkonové řady. Výkonová variabilita je výhodná i z hlediska případného přepínání osvětlovací soustavy pouze do režimu kamerového snímání. Jako nevýhodu těchto světelných zdrojů lze chápat nízký index podání barev, který tyto světelné zdroje znevýhodňuje při požadavku na snímání barevného obrazu (kamerové systémy mohou pracovat pouze v černobílém módu).

Pro použití halogenidových výbojek k celkovému osvětlení rozvodů a zejména osvětlení transformátorů hovoří jejich vyšší index podání barev a ještě širší výkonová řada.

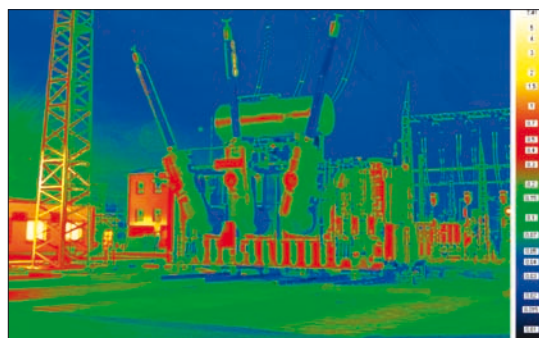
6. Volba svítidel

Pro minimalizaci počtu svítidel je vhodné volit svítidla se světelnými zdroji co nejvyššího výkonu. Přitom je však třeba přihlídnout i k tomu, že v různou dobu jsou i různé požadavky na osvětlení. Jiné jsou

v době přítomnosti obsluhy, jiné při provozu kamerového systému v barevném režimu a rovněž jiné v případech monochromatického snímání. Těto variability je možné dosáhnout regulací světelného toku jednotlivých svítidel nebo jejich přepínáním. Regulovat tok ale není vždy ekonomické, takže systém spínání dílčích sekcí může být vhodnější. Sekce je však nutné navrhnout tak, aby v kritických místech byla zajištěna požadovaná kamerová osvětlenost. Pak je možné přepínáním dosáhnout poměrně rovnoměrného stárnutí použitých světelných zdrojů.



Obr. 2. Transformátor z obr. 1 viděný kamerovým systémem



Obr. 3. Transformátor z obr. 1 – zobrazení jasovým analyzátozem

Při výběru svítidla je též třeba dbát na omezení nepříznivých ekologických dopadů (oslnění, světelný tok jdoucí do horního poloprostoru). Většinu případů celkového osvětlení venkovních rozvodů lze přijatelně řešit použitím asymetrických světlometů uzavřených plochým sklem. Požadavkům mnoha osvětlovacích úkolů (malé závěsné výšky) však mohou vyhovět i světlometry se symetrickou fotometrickou plochou, někdy dokonce i běžná technická svítidla k osvětlování komunikací. Každý návrh osvětlovací soustavy musí být podložen kvalifikovaným rozbohem jejich působení na životní prostředí.

7. Kamerové osvětlení

Kamery zprostředkovávají celkový přehled o dění v elektrické stanici ve dne

i v noci. V denní době je jejich umístění závislé v podstatě jen na poloze slunce, jehož svit by mohl znemožnit snímání. V noci je situace složitější. Noční kamerové osvětlení musí rovněž splňovat požadavky na nestandardní situace, při kterých je třeba přiblížit obraz konkrétního místa. Kamera snímá jasy osvětlovaných předmětů, přičemž nejvyšších jasů je dosažováno tehdy, když světelný tok dopadá na osvětlovaný objekt ze směru pohledu kamery. Ideální umístění kamery je tedy v blízkosti svítidel zajišťujících kamerovou osvětlenost. Standardně používané bezpečnostní kamery dosahují citlivosti pro barevné snímání $E = 0,4 \text{ lx}$ a pro černobílé snímání $E = 0,05 \text{ lx}$.

8. Osvětlení transformátorů

Vzhledem k výrazně menším rozměrům transformátorů oproti rozvodnám se na koncepci jejich osvětlení pohlíží poněkud odlišně. Normativní požadavky na osvětlení vycházejí ze stejných podkladů jako požadavky na celkové osvětlení rozvodů. Vzhledem k tomu, že je velká pravděpodobnost výskytu barevných značek a zobrazovacích jednotek na pláštích transformátorů, doporučuje se použít halogenidové výbojky. Malé vzdálenosti a deklarované osvětlenosti vyžadují nižší výkony použitých světelných zdrojů. Protože je nutné osvětlit všechny viditelné plochy transformátoru, zvláště jeho horní část včetně průchodků, musí být hodnot požadovaných normou a kamerové osvětlenosti dosaženo na všech již zmíněných plochách transformátorů.

9. Osvětlení příjezdových komunikací

Koncepce osvětlení příjezdových a obslužných komunikací vychází ze standardů používaných pro klasické osvětlování komunikací a z požadavků na osvětlení podle tab. 2. Svítidla musí být umístěna tak, aby byly zajištěny i dobré podmínky pro fungování kamerového systému, tj. musí zajistit dostatečnou osvětlenost a současně zamezit výskyt vysokých jasů v operačním poli kamery.

10. Příklad osvětlení rozvodny (transformátoru)

Následující příklad je dostatečným dokladem toho, že je zapotřebí vypracovat metodiku osvětlování elektrických stanic.

Tab. 3. Světelnětechnické požadavky na bezpečnost a ochranu

Stupeň rizika	\bar{E}_m (lx)	U_o	GR_L	R_a	Poznámka
Velké riziko, např.: – sklady součástí forem, řeziva a oceli, stavební základové jámy a pracovní prostory na stranách jámy na staveništích, – prostory s nebezpečím požáru, otravy, radiace v přístavech, průmyslových dvorech a skladištích, – sklady olejů a paliv, chladicí věže, kompresorovny u kotlů, prostory čerpadel, ventilů a výfukových potrubí, provozní plošiny, pravidelně užívaná schodiště, křížení dopravníků, rozvodny v petrochemickém i jiném rizikovém průmyslu, – rozvodny v elektrárnách – křížení dopravníků, prostory s nebezpečím požáru na pilách.	50	0,40	45	20	Na staveništích a na pilách může být $GR_L = 50$.

Tab. 4. Přípustné maximum rušivého světla ve venkovních osvětlovacích soustavách

Zóna (charakteristika) prostředí	Světlo na objektech		Svítivost svítidla		Světlo nahoru	Jas	
	E_v (lx)		I (cd)		ULR (%)	L_b (cd·m ⁻²)	L_s (cd·m ⁻²)
	mimo noční klid ^{a)}	v době nočního klidu	mimo noční klid	v době nočního klidu		fasády budov	značky
E1	2	0	2 500	0	0	0	50
E2	5	1	7 500	500	5	5	400
E3	10	2	10 000	1 000	15	10	800
E4	25	5	25 000	2 500	25	25	1 000

a) V případě, kdy se neuplatňuje noční omezení, větší hodnoty nesmí být překročeny a menším hodnotám se má dát přednost.

Poznámky k tab. 4:

E1 představuje skutečně tmavé prostory, jako národní parky a chráněná území,

E2 představuje oblasti s velmi malým jasnem, jako průmyslové a obytné venkovské zóny,

E3 představuje středně světlé oblasti, jako průmyslová a obytná předměstí,

E4 představuje velmi světlé oblasti, jako městská centra a obchodní zóny,

E_v největší hodnota svislé (vertikální) osvětlenosti na objektech v luxech,

I svítivost každého světelného zdroje v potenciálně rušivém směru,

ULR podíl (poměrná část) světelného toku svítidla (svítidel) vyzařovaného nad horizont v jeho (jejich) pracovní poloze a umístění,

L_b největší průměrný jas fasády budovy v cd·m⁻²,

L_s největší průměrný jas značek v cd·m⁻².

Současné osvětlení přenosového transformátoru (viz foto na obr. 1), výstup z kamerového systému (viz obr. 2) a jasová mapa (viz obr. 3) zjevně nevyhovují současným normativním a kamerovým požadavkům. To lze dokumentovat na záznamu bezpečnostní kamery, jejíž výstup je z důvodu nedostatečného osvětlení (jasu) pouze černobílý.

Třetí snímek (obr. 3), jenž je získán jasovým analyzátozem, vykazuje nízké hladiny jasů (asi 0,1 až 0,5 cd/m²; viz zelená až červená barva na stupnici obrázku). Mezi osvětleností a jasnem platí známý vztah:

$$\rho E = \pi L$$

Při předpokládaném průměrném činiteli odrazu světla povrchu transformátoru $\rho = 0,1$ a maximálním jasu $L = 0,5$ cd/m² se dosáhne maximální osvětlenosti transformátoru 15 lx. Avšak při předpokladu jeho průměrného jasů $L = 0,1$ cd/m² je průměrná osvětlenost pouze 3 lx, což je také nevyhovující parametr.

Porovná-li se nasnímané hodnoty, je možné učinit několik dílčích závěrů:

- V pohledu kamery se nachází světelný zdroj, který výrazně zvyšuje jas v zorném poli kamery (viz výstup z kamery – obr. 2), která se dostává do saturace, a tudíž v inkriminované oblasti není schopna vyhodnocovat změny stavu transformátoru (např. není vidět průchodka transformátoru).

- Na základě vypočítaných hodnot osvětlenosti je důvodné předpokládat, že citlivost kamery neodpovídá současným možnostem používaných průmyslových kamer, které jsou schopny barevného přenosu již od hodnoty osvětlenosti 0,4 lx.
- Osvětlenosti transformátoru vypočítané z naměřených jasů se nacházejí hluboko pod hodnotou požadovanou normou – 50 lx.

11. Závěr

Osvětlování rozvoden není pro jejich velké rozměry a prostorovou členitost vůbec jednoduché. Kvalitně osvětlit je třeba, a to z různých směrů pohledů, především pohybuující se části, jako jsou např. odpojovače – pro ověření jejich polohy. Dále to jsou místa výskytu možných poruch (vypínače, přístrojové transformátory). Samostatnou kapitolou je nasvětlení vertikálních, ale také horizontálních částí transformátorů, a to především těch míst, ze kterých se kontroluje stav při případné závadě nebo poruše. Opomenout nelze ani vliv osvětlení na bezpečnost nejen z pohledu ochrany zdraví osob, ale také z pohledu zabezpečení rozvoden proti cizím osobám.

Nová norma může být vodítkem při vypracovávání návrhu osvětlení, avšak nemůže zcela vystihnout popsaná speci-

fika. To vyžaduje vytvořit metodické pokyny, ze kterých se projektant dozví, jak má osvětlení dané sestavy rozvodny navrhnout. Nutnost vytvořit takovéto pokyny zesiluje skutečnost, že se do rozvoden z důvodu bezpečnosti zavádí kamerové osvětlení. Jeho správné navržení ve směru pohledu kamery vyžaduje soulad mezi umístěním a nasměrováním kamer i svítidel. Novým požadavkem, který nová norma uvedla do života, je omezení výskytu rušivého světla.

Kvalitně navržená osvětlovací soustava pracující v součinnosti s kamerovým systémem může výrazně přispět ke zvýšení spolehlivosti provozu a bezpečnosti elektrických stanic.

Literatura:

- [1] ČSN EN 12464-2 *Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 2: Venkovní pracovní prostory.*
- [2] SOKANSKÝ, K. a kol.: *Posouzení osvětlení ve stanicích PS s ohledem na správnou funkci kamerového systému TSFO.* Smlouva o dílo č. 1700000703 (451 713), VŠB-TU, Ostrava, 2007.
- [3] SOKANSKÝ, K. a kol.: *Měření osvětlení ve stanicích TR Lískovec a TR Horní Životice. Koncepční návrh osvětlení v těchto stanicích.* Smlouva o dílo č. 1700001000 (451 805), VŠB-TU, Ostrava, 2008.

Recenze: Ing. Tomáš Maixner