

Náhrada dvouvláknové žárovky červených světél výstražníku PZS LED technologií

Ivan Konečný, ZČU Plzeň

1. Úvod

Na dynamicky se rozvíjející inovace v oblasti světelných zdrojů využívající svítivé (LED) diody v návěštní optice bylo na seminářích pořádaných FEL KAE ZČU Plzeň reagováno od roku 2007 např. v příspěvcích [1], [2], [3], [4], [5]. Souhrnný přehled problémů, které je zapotřebí řešit při náhradě klasických "žárovkových" světelných zdrojů v návěštní optice LED technologiemi, je přehledně popsán v příspěvcích [1], [4], [5]. V současné době např. firma AŽD Praha nabízí pro tuzemské i zahraniční zákazníky ucelený sortiment návěštní optiky na bázi návěštních terčů s plošným pokrytím svítivými diodami, firma Starmon Chocẽ vyvinula návěštní svítilnu pro zahraničního zákazníka, využívající technologii vysoce svítivých "výkonových" LED diod. Pro splnění požadavků na bezpečný provoz návěštních svítilen s LED optikou se využívá v obou uvedených případech koncept bezpečnosti s redundancí v optické části a se sofistikovanou elektronikou v ovládacích a kontrolních obvodech LED svítilny. Tato koncepce je využitelná v plně elektronických zabezpečovacích systémech.

Současné možnosti v oblasti vysoce svítivých "výkonových" LED diod umožňují inovativní kroky, spočívající v náhradě návěštní žárovky výkonovými svítivými diodami zabudovanými do patice původní žárovky. Řešení publikované např. v lit. [6], vyvinuté firmou Siemens a použité u DB, umožňuje zabudování LED náhrady žárovky do stávajícího optického systému návěštní svítilny. Zásadním problémem, o kterém se lit. [6] nezmiňuje, je řešení bezpečného dohlížecího obvodu, kterým jsou detekovány uvažované poruchy LED náhrady původní žárovky.

Relativně jednoduché řešení náhrady návěštní žárovky výkonovými svítivými diodami, implementované do optického systému výstražníku PZS typu AŽD71, resp. AŽD97, jako náhrady lunobílého světla svítilny pozitivní signalizace, bylo výzkumně řešeno na FEL KAE ZČU Plzeň v r. 2009. (Lit. [3]). Ve spolupráci s firmou První SaZ Plzeň byly výsledky řešení použity v PZS typu PZZ-K jako náhrada návěštní žárovky pozitivní signalizace. Poznatky získané z praktického provozu (vysoká spolehlivost, nízký příkon náhrady) vedly na ZČU Plzeň k dalšímu výzkumu, jehož cílem je bezpečná implementace náhrady dvouvláknové návěštní žárovky do optických systémů červených výstražných světél výstražníků typu AŽD 71, resp. AŽD97. V dalších částech příspěvku bude popsán zvolený koncept bezpečnosti navrženého řešení, řešení optického systému, řešení ovládacích a kontrolních obvodů a dosažené výsledky.

2. Koncept bezpečnosti

- Optický systém

Řešení optického systému vychází z předchozího návrhu náhrady návěstní žárovky ve svítelně pozitivní signalizace. Princip řešení použitý ve svítelně pozitivní signalizace je znázorněn na obr. 1. Spočívá v umístění čtveřice sériově zapojených výkonových LED diod bílé barvy umístěných do ohniska optického systému na čtyřhran chladiče, který je upevněný do patice shodné s paticí původní návěstní žárovky.



Obr. 1

Vzhledem k vysoké spolehlivosti a životnosti LED náhrady, a vzhledem k tomu, že bezpečným stavem při uvažovaných poruchách pozitivní signalizace je stav "nesvícení", je náhrada dvouvláknové žárovky řešena jednokanálově. Při zachování všech požadavků daných normami a vyhláškou vykazuje takto navržená náhrada žárovky pozitivní signalizace vysokou spolehlivost při cca čtvrtinovém příkonu v porovnání s příkonem žárovky. Princip modifikace řešení podle obr. 1 pro náhradu dvouvláknové žárovky pro svítilny červených výstražných světél je naznačen na obr. 2.



Obr. 2

Obdobně jako v předchozím případě znázorněným na obr. 1 je na osmihran chladiče umístěno celkem 8 výkonových LED diod červené barvy, zapojených do dvou sériově řazených čtveřic. Chladič je upevněný do patice shodné s paticí původní dvouvláknové návěštní žárovky. Každá ze sériově zapojených čtveřic výkonových LED diod červené barvy nahrazuje jedno z vláken dvouvláknové žárovky. Použité výkonové LED diody Philips Lumileds typu LUXEON Z color line, které se vyznačují vysokým optickým výkonem při malých rozměrech SMD pouzdra, umožnily rozmístění sériově zapojené čtveřice diod, která nahrazuje jedno vlákno žárovky vždy ob jednu hranu osmihranu chladiče.

Orientační měření optických parametrů takto realizované náhrady dvouvláknové žárovky, dosazené do optických systémů červených světél výstražníků typu AŽD 71 a AŽD97, prokázala, že jsou splněny základní normativní požadavky na osovou svítivost a rovnoměrnost rozložení jasu při napájení každé čtveřice LED diod (náhrady vlákna žárovky) samostatně. Při napájení čtveřice LED diod proudem 350 mA (polovina maximálního povoleného proudu diodou 700 mA) byla naměřena osová svítivost cca 290 cd, což je cca v polovině tolerančního pole požadované normativní osově svítivosti. Dosažené výsledky ukázaly na reálnou možnost náhrady dvouvláknové žárovky ve výstražnících červených světél typu AŽD71 a AŽD97.

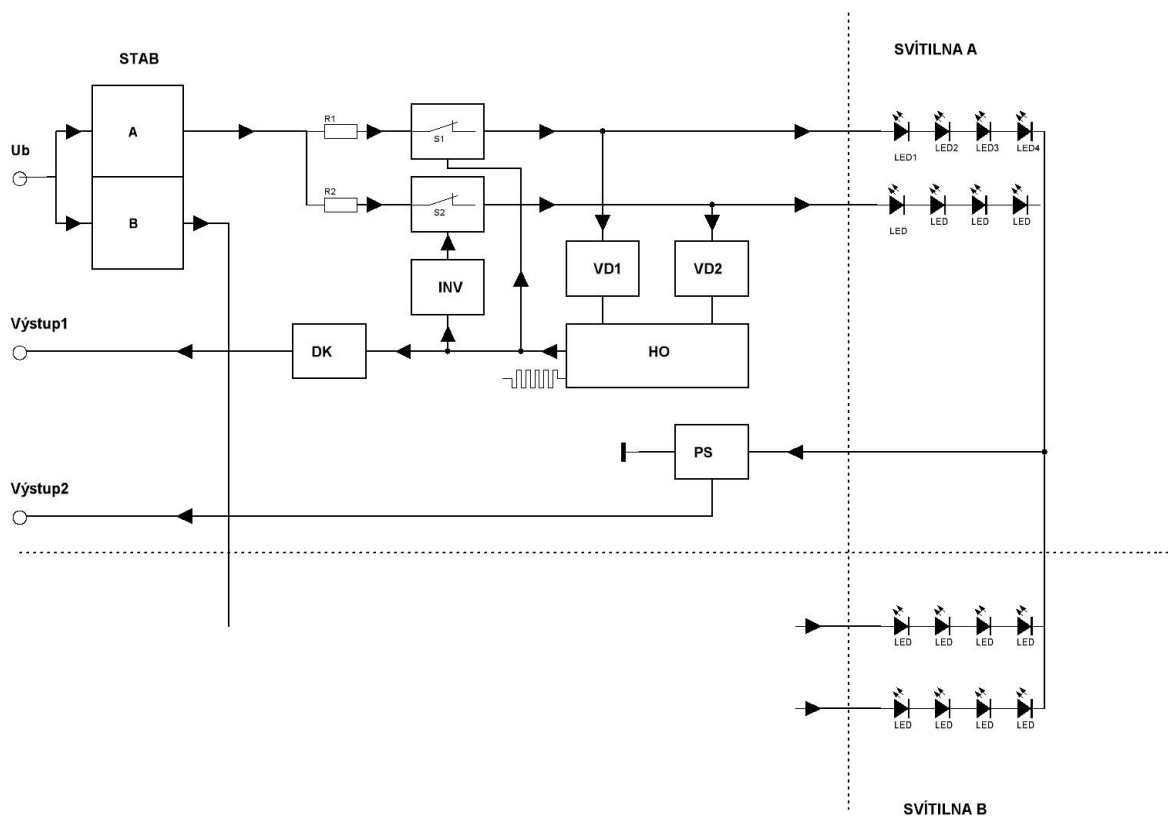
- **Ovládací a kontrolní obvody**

V PZZ-K se používá princip, kdy po spuštění výstrahy je provedena celistvosti obou vláken žárovek červených světél výstražníku. V bezporuchovém stavu (v případě, že jsou vlákna celistvá) dojde k odpojení náhradních vláken žárovek. V případě přepálení jednoho z hlavních vláken žárovky červených výstražných světél je porucha během výstrahy detekována jako porucha prvního stupně a současně dojde k přepnutí napájení hlavních vláken na vlákna náhradní. Jako detekční prostředek celistvosti vláken žárovek se používají proudová relé.

Uvedený používaný princip ovládacích a kontrolních obvodů výstražných světel PZS lze ms využitím nových technologií, využívajících možností, které poskytují výkonové LED, modifikovat na důsledné dvoukanálové provedení, využívané v současných technologiích zabezpečovacích systémů.

Navržené principiální řešení ovládacích a kontrolních obvodů pro náhradu dvouvláknové žárovky výkonovými LED diodami pro jednu svítidlo výstražníku je znázorněno na zjednodušeném principiálním blokovém schématu na obr. 3. Pro zjednodušení výkladu použitého řešení jsou vynechány obvody sloužící k zajištění kmitání napájecích napětí svítlen výstražníku kmitočtem 1 Hz.

Každá z větví tvořených čtveřicí sériově zapojených LED diod, která nahrazuje vlákno dvouvláknové žárovky, je napájena z výstupu A stabilizátoru napětí STAB přes rezistory R1, R2 a inverzní bezkontaktní spínače S1 a S2. Napájení "změkčeným" napětím z napěťového zdroje slouží k nastavení teplotní kompenzace svítivosti výkonových LED diod v závislosti na okolní teplotě.



Obr. 3

V bezporuchovém stavu svítivých diod platí, že úbytek napětí je v každé z obou větví náhrady žárovky shodný. Bezpečná kontrola bezporuchového stavu svítivých diod je založena na komparaci shody úbytků napětí. Je zajištěna hladinovým obvodem HO s diferenčními vstupy, který pracuje v dynamickém režimu činnosti, a bezpečným proudovým snímačem PS, kterým je měřena a detekována jmenovitá hodnota nastaveného proudu náhradou žárovky. Princip činnosti ovládacích a kontrolních obvodů je následující: Po aktivaci napětí na výstupu A stabilizátoru je přes detektory vrcholové hodnoty VD1, VD2 porovnáno na diferenčních vstupech hladinového obvodu HO napětí obou větví svítivých diod na shodu. V případě shody

napětí dojde k vybuzení výstupu hladinového obvodu impulzním signálem o kmitočtu cca 60 Hz, kterým jsou střídavě buzeny bezkontaktní inverzně pracující spínače S1, S2. Tím dojde k modulaci původně stejnosměrných proudů v jednotlivých větvích kmitočtem 60 Hz. Střední hodnota proudů v obou větvích poklesne na polovinu. Výsledný proud, detekovaný proudovým snímačem PS, je dán součtem středních proudů každé z větví, který odpovídá maximálnímu proudu větve v trvale sepnutém stavu.

Rozborem bezpečnosti uvedeného zapojení se lze přesvědčit, že při uvažovaných poruchách v každé nezávislé větvi se přeruší dynamický režim činnosti hladinového obvodu HO, který je detekován dekodérem DK. Při přerušení činnosti dynamického přepínání (modulace) obou větví dojde k sepnutí obou inverzně pracujících spínačů S1 a S2. Za předpokladu, že došlo k poruše pouze jedné větve (zkrat, resp. přerušení ve větvi) je buzena druhá větev svítivých diod trvalým ss proudem. Vzniklé poruchové stavy lze rozlišit z kombinace výstupů detekčních obvodů dynamické funkce a proudového snímače. V případě přerušení jedné z obou větví protéká proudovým snímačem shodný proud jako v dynamickém režimu činnosti, neporušená větev je napájena dvojnásobkem středního proudu v dynamickém režimu, a tím je zajištěna shodná osová svítivost svítivky jako v bezporuchovém stavu. (Analogie poruchy prvního stupně s dvouvláknovou žárovkou).

Při uvažování poruch typu zkrat LED diod v jedné z větví, poruch typu trvalého zkratu bezkontaktních spínačů, poklesu, případně zvýšení nastaveného napájecího proudu lze druh poruchy odhalit z kombinace výstupů dynamického dekodéru a proudového snímače PS jmenovitého napájecího proudu. Např. pokles nebo zvýšení napájecího proudu je detekováno aktivním výstupem dekodéru DK a pasivním výstupem proudového snímače PS. Tomuto typu poruch lze přiřadit logický význam "porucha druhého stupně".

3. Dosažené výsledky

Výsledky výše popsané studie náhrady dvouvláknové žárovky pomocí technologie využívající výkonových LED diod byly ve formě laboratorního funkčního vzorku ověřeny v laboratořích FEL KAE ZČU Plzeň, za vydatné spolupráce firem První SaZ Plzeň a.s. a SignalMont, s.r.o. Hradec Králové při realizaci vzorku.

Konkrétní provedení skříně laboratorního vzorku ovládacích a kontrolních obvodů výstražníku typu AŽD97, osazeného výkonovými LED diodami jak ve svítivě pozitivního signálu, tak ve svítivých červených světel, je znázorněn na obr. 4.



Obr. 4

Skříňka obsahuje při pohledu zleva stabilizátor napětí SMN04, určený k napájení žárovkových výstražníků PZS a LED pozitivní signalizace, dále kazetu kmitače červených výstražných světel EKNK, kazetu EKS která v daném zapojení pracuje jako snímač proudu PS (výrobky firmy První SaZ Plzeň) a nově navrženou kazetu EOL, která zajišťuje napájení výstražníku s výkonovými LED diodami podle principů popsanych na obr. 3. Kontrolní relé I. skupiny bezpečnosti funkce slouží k výsledné kontrole funkce stabilizátoru napětí SMN04 a kmitače EKNK.

Z doposud provedených laboratorních měření a funkčních zkoušek dvojice výstražníků (jeden typu AŽD 71, druhý typu AŽD97), kompletně osazených technologií s výkonovými LED diodami, stojí zejména za pozornost následující výsledky:

- **Optické parametry**

U obou typů použitých výstražníků bylo dosaženo v bezporuchovém stavu osové svítivosti cca 300 cd při nastaveném středním proudu jednotlivých větví 175 mA, který odpovídá 1/4 maximálního povoleného proudu použitých LED výkonových diod typu Luxeon Z color line. Při simulaci poruchového stavu (přepnutí na náhradní vlákno), kdy je napájena pouze jedna větev náhrady proudem 350 mA, což je polovina povoleného maximálního proudu 700 mA výkonových LED diod Luxeon Z color line, bylo dosaženo osové svítivosti 310 cd. V obou případech bylo ověřeno vyhovující rozložení rovnoměrnosti rozložení svítivosti dle ČSN 34 2650:98

Podrobné měření požadovaných optických parametrů ve smyslu platné vyhlášky a norem vyžaduje speciálně vybavenou laboratoř, proto další měření pro úplné ověření dosažených parametrů nebyla prozatím realizována.

- **Elektrické parametry**

Měření elektrických parametrů bylo realizováno v zapojení, kdy byly technologií výkonových LED osazeny kompletně dva výstražníky, které byly buzeny elektronickými obvody popsány na obr. 4.

V režimu bezvýstražného stavu, kdy jsou aktivovány svítilny pozitivní signalizace, se příkon svítlen v kmitavém režimu pohybuje v rozmezí napájecích napětí 19 V až 36 V DC maximálně do 5 W, což je cca 1/4 příkonu pozitivní signalizace s žárovkami.

Ve výstražném režimu, kdy je aktivována do výstražného stavu dvojice výstražníků v kmitavém režimu, se celkový příkon včetně příkonu elektronických napájecích obvodů pohybuje v rozmezí napájecích napětí 19 V až 36 V DC maximálně do 15 W, což je cca 1/3 příkonu s výstražníky osazených žárovkami. Vyšší příkon ve výstražném stavu o cca 5W v porovnání s příkonem pozitivní signalizace je dán vyšším vlastním příkonem ovládacích a kontrolních elektronických obvodů.

4. Závěr

Z dosavadních prací převážně výzkumného a studijního charakteru vykonaných na FEL KAE ZČU Plzeň, které navazují na předchozí dosažené výsledky, vyplývají následující poznatky:

- Současné pokroky v oblasti osvětlovací techniky umožňují náhradu žárovek technologií výkonových LED diod rovněž v oblastech návěštění, zejména ve výstražnících PZS (náhrada pouze dvou návěstních barev, poměrně široký rozptyl povolených osových svítivostí, není zapotřebí řešit přepínání mezi režimy den/noc).
- Vysoká světelná účinnost současného sortimentu dostupných výkonových LED diod renomovaných výrobců je dovoluje provozovat ve vysoce konzervativním režimu (cca 1/4 maximálních přípustných proudů), což je zárukou jejich vysoké provozní spolehlivosti.
- Nízký příkon současně dostupných výkonových LED diod, spojený s jejich vysokou účinností konverze měrný světelný tok / elektrický příkon [lm/W], umožňuje v případech jejich aplikace redukovat zejména u PZS požadavky na dimenzování záložních napájecích zdrojů a doplňující technologie (baterie, dobíječe, příp. fotovoltaické napájení PZS).

Závěrem bych chtěl poděkovat pracovníkům firem První SaZ Plzeň, a.s. a Signal Mont, s.r.o. Hradec Králové za jejich spolupráci a podporu při realizaci popsanych výzkumných prací. Bez jejich pomoci by nebylo možné navržené principy realizovat popsáním laboratorním vzorkem.

Použitá literatura:

- [1] Konečný: přehled vlastností vysoce svítivých diod a možnosti jejich využití v návěsní optice. In: Přednáška Seminář k aktuálním problémům zabezpečovací techniky Rok 2007
- [2] Miška: Výstražník PVL101, PVL102
In: Přednáška Seminář k aktuálním problémům zabezpečovací techniky Rok 2009
- [3] Štál: Problematika náhrady návěsních žárovek na výstražnících PZS výkonovými svítivými diodami.
In: Přednáška Seminář k aktuálním problémům zabezpečovací techniky Rok 2009
- [4] Doubek: Návěsní svítidla AŽD typu LLA-2
In: Přednáška Seminář k aktuálním problémům zabezpečovací techniky Rok 2014
- [5] Štorek: Aplikace výkonových LED v návěsní optice
In: Přednáška Seminář k aktuálním problémům zabezpečovací techniky Rok 2014
- [6] Lawnik, Schutz, Zimmermann: LED multi-color signal light units for light signals
In: Signal+Draht 9/2013