



Intelligentní řízení osvětlovacích soustav vnitřního osvětlení

Česká společnost pro osvětlování

Autoři: Karel Sokanský a kolektiv

Publikace je určena pro poradenskou činnost a je zpracována v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2003 - část A.

Pod vedením Prof. Ing. Karla Sokanského, CSc. z VŠB-TU Ostrava, Fakulty elektrotechniky a informatiky vypracoval tým autorů:

Ing. Petr Krejčí, Ph.D.
Ing. Josef Nezval
Ing. Tomáš Novák
Ing. František Orság

1. ÚVOD

Současná světelná technika patří mezi jedno z nejrychleji se rozvíjejících odvětví našeho hospodářství. V oblasti světelných zdrojů jsou to především kompaktní a lineární zářivky menších rozměrů. Velmi perspektivní jsou halogenidové výbojky např. 35W, které se hodí i do bytových prostorů. Zlepšuje se jejich barevné podání hlavně používáním keramických hořáků. Za nejperspektivnější lze považovat oblast luminiscenčních diod zvaných LED diody, u kterých došlo k enormnímu nárůstu měrného výkonu.

V oblasti svítidel je tento pokrok ještě zřetelnější, o čemž se lze přesvědčit na světelnotechnických výstavách. Nové materiály, nové koncepce vedení světelného toku a jeho rozdělování, elektronická výzbroj, čím dál tím vyšší krytí svítidel, které umožňuje prodloužit interval údržby dominující ve vývoji. Současné moderní kompaktní zdroje umožňují konstruovat svítidla s velmi malými rozměry.

Je třeba uvést, že konstrukce svítidel je determinována novými světelnými zdroji. V této souvislosti je možno dnešní stav charakterizovat dominancí svítidel s zářivkami T5.

Z hlediska osvětlovacích zařízení je možno současné období charakterizovat nabízet ne světelné zdroje, ne svítidla ale světlo pro danou činnost. V této souvislosti existují dvě koncepce. První koncepce předpokládá využití výkonného centrálního zdroje světla (i denního) a následná distribuce světla pomocí odrazných anebo vodivých světlovodů. Druhá koncepce předpokládá umístění mnohých decentralizovaných světelných zdrojů v bezprostřední blízkosti osvětlovaných objektů.

Osvětlení jednotlivých prostorů se nyní projektuje na specifickou činnost, která se v daném prostoru vykonává. Pro určitou činnost se navrhují speciální osvětlovací zařízení, vyrábějí se speciální světelné zdroje a svítidla.

Moderní osvětlovací systémy využívají v největší míře denního světla. Jeho význam pro pracovní činnost a duševní zdraví lidí soustřeďuje v čím dál tím větší míře pozornost projektantů a architektů na projektování dostatečné úrovně denního osvětlení v budovách.

V oblasti osvětlovacích zařízení je mimořádně významná úloha řízení osvětlení. Moderní řídicí systémy zvyšují komfort působení osvětlovací soustavy a přinášejí významné úspory ve spotřebě elektrické energie. Současné období je v této chvíli charakterizované digitalizací měřicích procesů. Za významný krok při zavádění řízení je možno považovat systém DALI, digitální řídicí protokol, který v současnosti využívají všichni důležití evropští výrobci elektronických předřadníků a dalších prvků řídicí techniky. Důležitá je možnost spolupráce řídicích systémů umělého osvětlení se systémy denního osvětlení a s řídicími systémy dalších funkcí prostředí v budově. Takto integrované systémy se nazývají inteligentními řídicími systémy a jejich popis lze považovat za stěžejní část této příručky.

2. ZÁKLADY SVĚTELNÉ TECHNIKY

2.1 Podstata světla, zrakový systém

2.1.1 Podstata světla

Světlo je elektromagnetické záření, které je schopno prostřednictvím zrakového orgánu vzbudit zrakový vjem. Záření lze charakterizovat frekvencí anebo vlnovou délkou. Vlnové délky viditelného světla jsou v rozmezí (380 až 780) nm. S viditelným světlem sousedí ultrafialové záření na straně kratších vlnových délek a infračervené záření na straně delších vlnových délek. Ke vzniku světla v současných světelných zdrojích dochází z hlediska druhu dodávané energie a látky, ve které se tato energie mění na světelnou na těchto třech základních principech:

- inkandescencí neboli tepelným buzením vznikajícím při zahřátí pevné látky na vysokou teplotu
- vybuzením atomů v elektrickém výboji
- luminiscencí pevných látek

Typickým představitelem prvního typu světelných zdrojů jsou obyčejné a halogenové žárovky. Dodávanou energií je energie tepelná, vzniklá průchodem elektrického proudu wolframovým vláknem. Druhý typ představují všechny nízkotlaké a vysokotlaké výbojové zdroje, to znamená zářivky, rtuťové, sodíkové, halogenidové a nové typy výbojek popsané v kapitole 2.3. Světlo zde vzniká při nepružných srážkách atomů, iontů a elektronů ve sloupci výboje, který se nachází v elektrickém poli. Třetí typ vzniku světla je založen na principu přeměny záření o kratší vlnové délce například ultrafialového na viditelné záření o delší vlnové délce. Tento jev nastává v tzv. luminoforu, což je u zářivky světlá vrstva látky nanesená na vnitřní povrch trubice. Zářivka bez luminoforu vyzařuje hlavně na vlnové délce $\lambda = 253$ nm. Toto záření patří do oblasti ultrafialového záření. Při použití luminoforu se ultrafialové záření transformuje do viditelné oblasti. Zářivka s luminoforem vyzařuje podstatně více světla než zářivka bez luminoforu.

2.1.2 Zrakový systém, zrakové mechanismy

Oko je smyslový orgán obsahující optický aparát a přijímající systém - sítnici, sloužící k vytvoření převráceného, souměrného a neskutečného obrazu. Sítnice je tvořena systémem fotoreceptorů (čípky, tyčinky) a dále velmi složitým systémem neuronů (nervových buněk) a nervových (reléových) spojů, které dopadající obraz registrují, provádějí jeho selekci, užitečnou část informace o obrazu zpřesní a transformují do přenosového systému nervových vláken formou nervových podráždění. Nervová vlákna z celé sítnice se sjednocují ve zrakovém nervu, který vyúsťuje v konečné fázi ve zrakovém mozkovém centru. Centrum nejen pasivně přijímá informace, nýbrž také systémem zpětných vazeb řídí funkci jak optického aparátu oka, tak i sítnice, aby přijímaná informace byla co nejpřesnější a zároveň aby byla oproštěna v co největší míře od rušivých vlivů působících na vstup zrakového ústrojí.

Vidění neboli zrakové vnímání je proces poznávání okolního prostředí. Jedná se o proces příjmu zrakové informace, rozlišení rozdílů (kontrastu) jasů a barev, tvarů, a na základě tohoto dochází k identifikaci a analýze. To je poznávání předmětů a vztahů mezi nimi a nakonec zařazení do našeho vědomí, buď k okamžitému použití pro danou činnost, nebo k uložení do paměti. **Cílem vidění je tedy poznávání.**

Mezi základní zrakové mechanismy patří akomodace a adaptace.

Akomodace je samovolné přizpůsobení se oka vzdálenosti pozorovaného předmětu. Oko dosahuje akomodací zostření obrazu na sítnici. Akomodace je aktivní proces dosahovaný nervovou činností, při které se mění zakřivení čočky oka. Nejbližší bod, který může plně akomodované oko vidět ostře se nazývá blízký bod. Tento bod se s přibývajícím věkem vzdaluje a to od 10 cm u dětí do 50 cm u padesátileté osoby.

Adaptace je přizpůsobení se oka různým hladinám osvětlenosti. Oko je schopno vnímat při osvětlenostech od hodnot $25 \cdot 10^{-2}$ lx až do 10^5 lx. Adaptace je dvojí. Adaptace na tmou trvá až 40 minut. Adaptace na světlo trvá 5 až 7 minut. Optický systém oka je charakterizován ostroťmi zobrazení v úrovni sítnice.

Mezi nejznámější vady oka patří krátkozrakost, která se kompenzuje rozptylnými čočkami a dalekozrakost, která se kompenzuje spojnými čočkami. Pokles akomodační schopnosti věkem se nazývá stařecké vidění. Část prostoru, kterou může pozorovatel postřehnout upřeným pohledem bez pohybu oka a hlavy se nazývá **zorné pole**.

Pro posouzení zrakové obtížnosti prováděné práce je důležitý útvar tzv. **kritický detail**, který si oko umísťuje do centra zorného pole. Kritickým detailem je např. u žáka písmeno v sešitě, u hodináře kolečko nebo šroubek v hodinkách atd. Pro přímé rozlišení kritického detailu je rozhodující jeho bezprostřední okolí. Kritický detail s **bezprostředním okolím** tvoří pozorovaný předmět. Okolí navazující na bezprostřední okolí se nazývá **pozadí**, zbývající část zorného pole, která se na rozlišení kritického detailu podílí nepřímo se nazývá vzdálené pozadí. Rozlišení předmětů je založeno na schopnosti zrakového orgánu rozeznat rozdíly jasů rozlišovaných detailů, které musí být dostatečné. **Kontrast jasů** K je definován na základě znalostí jasů rozlišovaného detailu L_a a jasů pozadí L_b dle vztahu:

$$K = \frac{|L_a - L_b|}{L_b} \quad (- ; \text{cd.m}^{-2}, \text{cd.m}^{-2}) \quad (2.1)$$

Nejmenší rozlišitelný rozdíl jasů se nazývá **práh rozlišitelnosti jasů**.

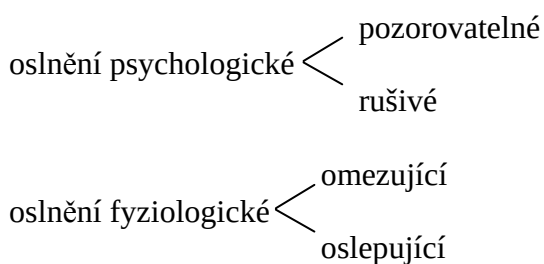
Zrakový orgán není stejně citlivý na záření různých vlnových délek. Největší citlivost oka při dobrém osvětlení je na vlnové délce okolo 555 nm. Spektrální citlivost zraku normálního fotometrického pozorovatele je dána křivkou spektrální citlivosti, která je normovaná. Při nočním vidění dochází k posunu křivky z maxima 555 nm na hodnotu 507 nm.

Barevné vidění je schopnost rozlišovat pestré barvy, to znamená barvy, mající barevný tón. Barevné vidění usnadňuje identifikaci barevných předmětů v prostoru a rozšiřuje naše identifikační možnosti. Barevné vidění se vysvětluje tzv. třísloužkovou teorií, to znamená, že v sítnici oka jsou tři různé typy fotoreceptorů, z nichž každý je jinak citlivý na různé vlnové délky. Jeden je citlivý na červenou, druhý na zelenou a třetí na modrou barvu. Všechny ostatní barvy vnímá tak, že dochází k aditivnímu mísení těchto tří základních barev v různých poměrech.

Vyskytují-li se v zorném poli oka příliš velké jasy nebo jejich rozdíly nebo vzniknou-li časové kontrasty jasů, které výrazně překračují meze adaptability zraku vzniká **oslnění**. Oslnění ruší zrakovou pohodu, zhoršuje až znemožňuje vidění.

Podle příčiny se rozlišuje jednak oslnění přímé, způsobené nadměrným jasnem svítících částí svítidel nebo hlavních světelně činných povrchů prostoru (např. stropu a stěn při nepřímém osvětlení), jednak oslnění odrazem, způsobené odrazy svítících ploch na lesklých částech pozorovaných předmětů a jejich bezprostředního okolí. Při náhlé změně adaptačního jasu (např. při náhlém přechodu z tmavšího do světlejšího prostředí), které se zrakový systém nestačí dostatečně rychle přizpůsobit, dochází k oslnění přechodovému. Zvláštním případem je oslnění závojové, které vzniká, je-li před pozorovaným pozadím prostředí s vyšším jasnem, např. při pozorování přes osvětlenou záclonu, při mlze před světlomety, zrcadlení ve skle a podobně.

Z hlediska světelné techniky je nejdůležitější oslnění kontrastem (relativní oslnění), způsobené tím, že se v zorném poli vyskytnou jasy (např. vlivem primárních či sekundárních zdrojů) příliš vysoké v porovnání s jasnem, na který je zrak adaptován. Podle psychofyzilogických následků se oslnění kontrastem člení na:



Dynamický režim oka souvisí s dvěma mechanismy zrakového orgánu. Jsou to rychlost vnímání a setrvačnost zrakového vjemu.

Rychlost vnímání je dána převrácenou hodnotou doby od vzniku světelného podnětu v zorném poli do jeho uvědomění. Tato doba je především funkcí jasu. Při jasu předmětu v zorném poli $0,15 \text{ cd.m}^{-2}$ je to 1 s, při jasu 1 cd.m^{-2} je to asi 0,5 s a zmenšuje se při zvyšování jasu až do 300 cd.m^{-2} . Toto zjištění je důležité všude tam, kde je třeba rychle reagovat. Rychlost vnímání ovlivňuje také zraková pozornost, kontrast jasů, mění se s fyzickým a duševním stavem atd.

Setrvačnost zrakového vjemu je schopnost adaptačních mechanismů udržet zrakový vjem ještě určitou dobu potom, co světelný podnět skončil. Uvádí se, že např. blesk, který trvá několik μs vyvolá vjem, trvající asi 0,3 s. Mění-li se intenzita světelných podnětů s frekvencí větší než je tzv. frekvence splývání, je zrakový vjem stejný jako při nepřerušovaném světelném podnětu s intenzitou rovnou aritmetickému průměru intenzit přerušovaných podnětů.

Je-li frekvence světelných podnětů nižší než frekvence splývání, může míhající světlo vyvolat nepříjemný pocit, čímž je narušen zrakový vjem. Bylo zjištěno, že rušivost je ovlivněna hlavně amplitudou, tvarem a frekvencí světelných podnětů. Nejvíce ruší frekvence mezi 8–12 Hz. Největší míhání světla v závislosti na kolísání napětí vyvolávají žárovky, následují vysokotlaké výbojky, nejméně míhají zářivky.

2.2 Základní světelnětechnické pojmy a veličiny

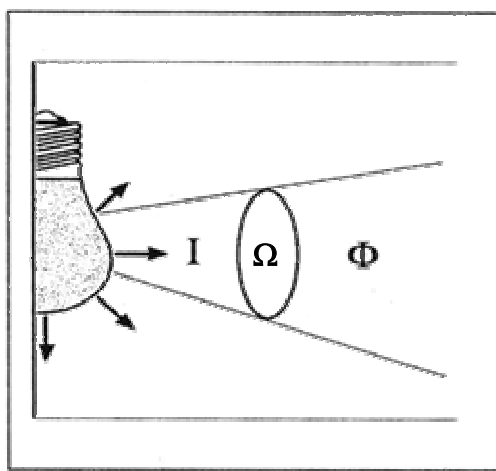
2.2.1 Přehled pojmů a veličin

- Světelný tok $[\Phi] = \text{lm}$ (lumen)

Světelný tok udává, kolik světla celkem vyzáří zdroj do všech směrů. Jde o světelný výkon, který je posuzován z hlediska lidského oka.

- Svítivost $[I] = \text{cd}$ (kandela)

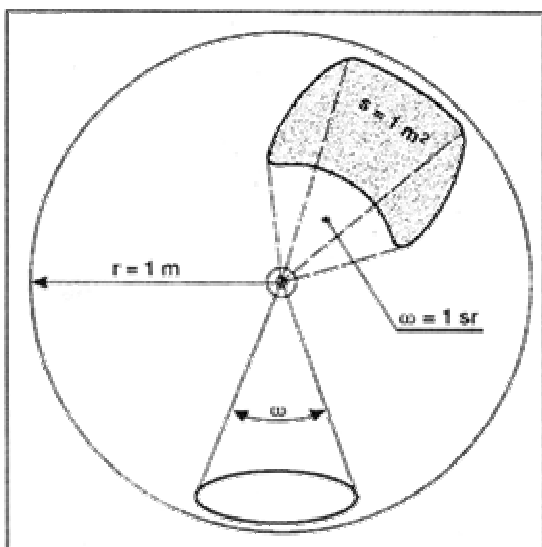
Veličina udává, kolik světelného toku Φ vyzáří světelný zdroj nebo svítidlo do prostorového úhlu Ω v určitém směru.



Obr. 2.1 Definice svítivosti

- Prostorový úhel $[\Omega] = \text{sr}$ (steradián)

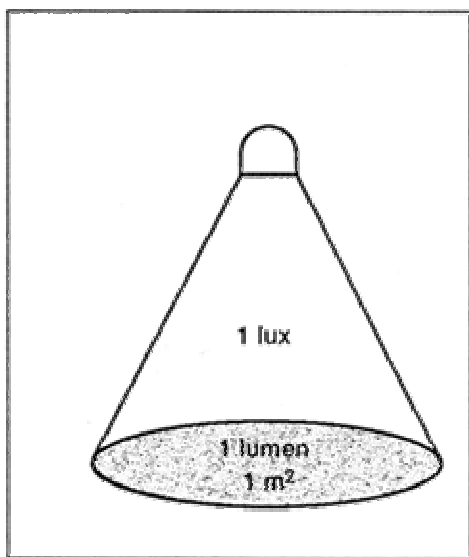
Prostorový úhel je úhel při vrcholu kuželu. Jeho velikost je definována jako poměr kulové plochy A , kterou vyřezává úhel Ω v kulové ploše o poloměru r a druhé mocniny tohoto poloměru ($\Omega = A / r^2$). Prostorový úhel má hodnotu 1 steradián, když vyřízne z kulové plochy koule o poloměru 1 m plochu 1 m^2 .



Obr. 2.2 Definice prostorového úhlu

➤ Osvětlenost (intenzita osvětlení) $[E] = \text{lx}$ (lux)

Veličina udává, jak je určitá plocha osvětlována, t.j. kolik lm světelného toku dopadá na 1 m^2 .



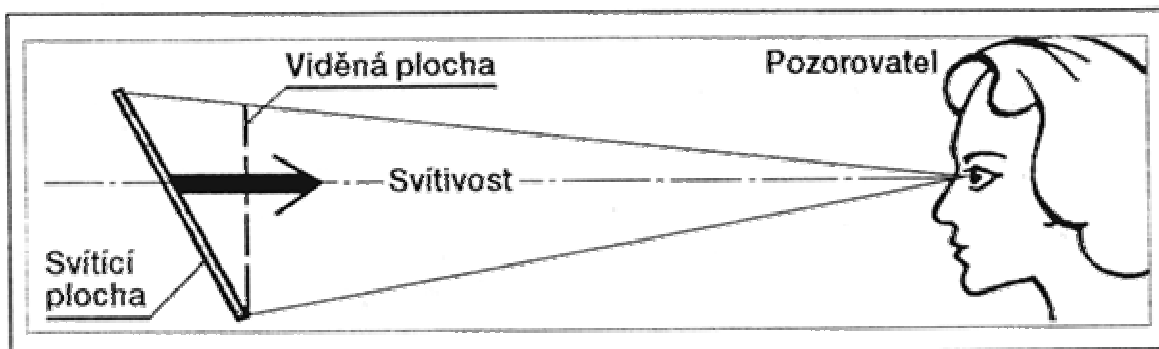
Obr. 2.3 Definice osvětlení

➤ Světlení $[H] = \text{lm} \cdot \text{m}^{-2}$ (lumen na metr čtvereční)

Tato veličina stanovuje velikost světelného toku vycházejícího z plochy.

➤ Jas $[L] = \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ (kandela na metr čtvereční)

Jas je měřítkem pro vjem světlosti svítícího nebo osvětlovaného povrchu.



Obr. 2.4 Definice jasu

➤ Měrný světelný výkon $[\eta] = \text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$ (lumen na watt)

Udává, s jakou účinností je ve zdroji světla elektrina přeměňována na světlo, t.j. kolik lm světelného toku se získá z 1 W elektrického příkonu.

➤ Teplota chromatičnosti $[T_c] = \text{K}$ (kelvin)

Teplotou chromatičnosti zdroje je označována ekvivalentní teplota tzv. černého zářiče (Planckova), při které je spektrální složení záření těchto dvou zdrojů blízké. Zvýší-li se teplota absolutně černého tělesa, zvýší se podíl modré části spektra a sníží se červený podíl. Žárovka

s teple bílým světlem má např. teplotu chromatičnosti 2700 K, zářivka se světlem podobným dennímu má teplotu chromatičnosti 6000 K. Spektrum žárovek a halogenových žárovek je velmi blízké černému zářiči, takže je zřejmá souvislost mezi spektrem a teplotou chromatičnosti.

➤ Index barevného podání [R_a] = - (bezrozměrná veličina)

Každý světelný zdroj by měl podávat svým světelným tokem barvy okolí věrohodně, jak je známe u přirozeného světla nebo od světla žárovek.

Měřítkem pro tuto vlastnost se stává všeobecný index barevného podání R_a daný rozsahem $100 \div 0$.

➤ Barva světla

V barvě světla můžeme rozlišovat tři důležité skupiny:

- teple bílá < 3300 K
- neutrální bílá 3300 ÷ 5000 K
- denní bílá > 5000 K

Při stejné barvě světla mohou mít světelné zdroje různé vlastnosti v podání barev.

➤ Oslnění

Vyskytují-li se v zorném poli oka příliš velké jasy nebo jejich rozdíly, popřípadě vzniknou-li velké prostorové či časové kontrasty jasů, které významně překračují meze adaptability zraku, vzniká oslnění. Oslnění je tedy nepříznivý stav zraku, k němuž dochází, je-li sítnice nebo její část vystavena jasu vyššímu, než na jaký je oko adaptováno. Oslnění je tím větší, čím větší je jas oslňujícího zdroje ve srovnání s jasnem adaptačním, čím větší je prostorový úhel, pod kterým je z daného místa oslňující zdroj vidět. Dále záleží na poloze oslňujícího zdroje vzhledem k ose pohledu pozorovatele. Oslnění hodnotíme indexem oslnění, eventuálně činitelem oslnění.

➤ Život světelného zdroje [T] = **h** (hodina)

Život světelného zdroje je doba funkce zdroje do okamžiku, kdy přestal splňovat stanovené požadavky. Obvykle se vyjadřuje v hodinách. V průběhu činnosti probíhají ve světelném zdroji různé procesy, které způsobují postupné změny jeho parametrů, a určují tak možnosti jeho funkce. V této souvislosti se používá pojem užitečný a fyzický život. Ukazatelem je křivka úmrtnosti, která udává, kolik zdrojů z daného souboru svítí v časovém průběhu až do 50% výpadků.

Užitečný život je doba funkce zdroje, během níž si jeho parametry zachovávají hodnoty ležící v určitých stanovených mezích. Např. u zářivek je užitečný život definován jako doba, během níž neklesne jejich světelný tok pod 70% počáteční hodnoty.

Fyzikální život je celková doba svícení do okamžiku úplné ztráty provozuschopnosti (např. u žárovek do přerušení vlákna, u výbojek do ztráty schopnosti zapálit výboj).

2.2.2 Základní výpočetní vztahy

➤ Měrný (světelný) výkon

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \quad (\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}; \text{lm}, \text{W}) \quad (2.2)$$

Φ světelný tok
 P elektrický příkon

U zdrojů bez předřadníků to znamená žárovek je výkon zdroje totožný s příkonem svítidla, u zdrojů s předřadníkem jako jsou zářivky anebo výbojky je nutno k příkonu světelného zdroje přičíst příkon předřadníku. Např. jednotrubicové svítidlo s zářivkou 36 W bude mít při klasickém předřadníku příkon asi o 5 W vyšší, to je 45 W. Navýšení příkonu pokrývá ztráty v předřadníku (tlumivce).

➤ Svítivost

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \quad (\text{cd}; \text{lm}, \text{sr}) \quad (2.3)$$

Ω prostorový úhel

➤ Osvětlenost (intenzita osvětlení)

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (\text{lx}; \text{lm}, \text{m}^2) \quad (2.4)$$

A osvětlená plocha

➤ Jas

$$L = \frac{I}{S_p} \quad (\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}; \text{cd}, \text{m}^2) \quad (2.5)$$

S_p viděná svítící plocha

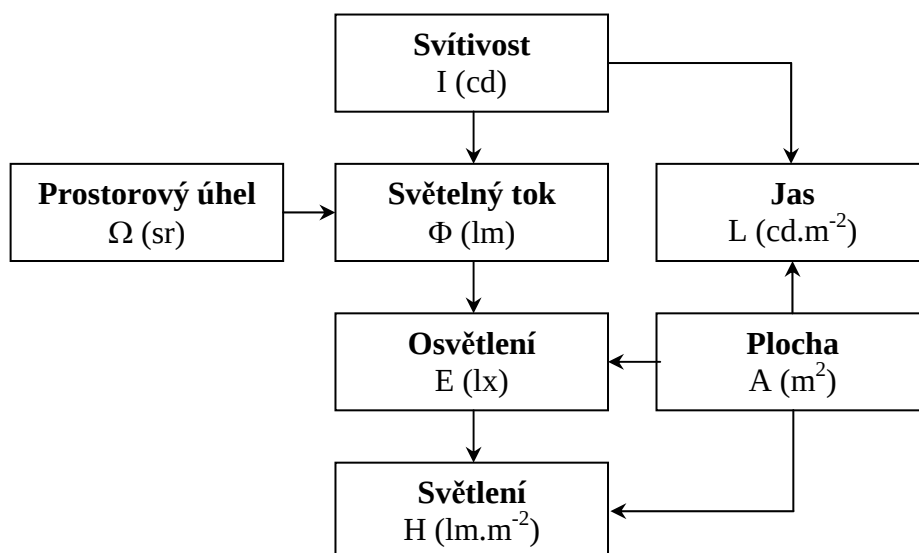
➤ Světlení

$$H = \frac{\Phi_v}{A_v} \quad (\text{lm} \cdot \text{m}^{-2}; \text{lm}, \text{m}^2) \quad (2.6)$$

Φ_v světelný tok vyzářený svítidlem
 A_v plocha, ze které světelný tok vyzařuje

➤ Celková rovnoměrnost osvětlenosti (jasů)

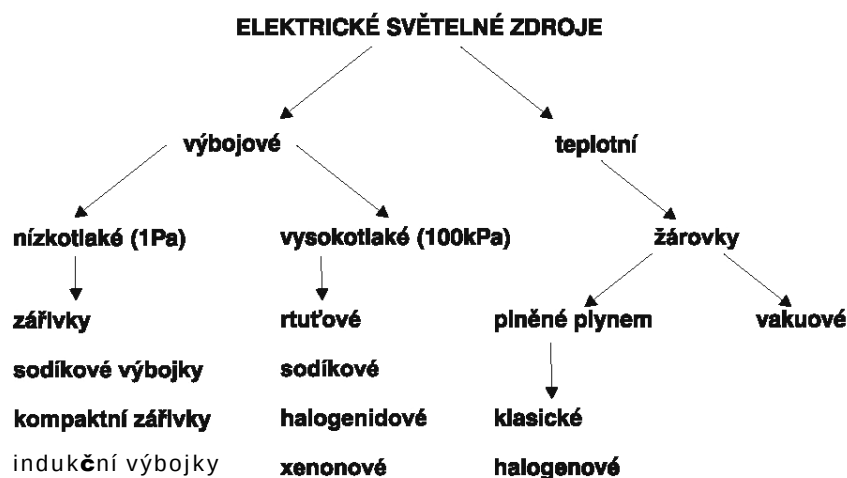
$$\frac{E_{\min}}{E_p} \approx \frac{L_{\min}}{L_p} \quad (2.7)$$



Obr. 2.5 Soustava fotometrických veličin

2.3 Světelné zdroje

Světelné zdroje lze rozdělit podle následujícího obrázku:



Obr. 2.6 Rozdělení světelných zdrojů

2.3.1 Parametry světelných zdrojů

Parametry světelných zdrojů lze rozdělit na kvalitativní a kvantitativní. Mezi kvantitativní parametry patří vyzařovaný světelný tok Φ (lm) a jejich elektrický příkon P (W). Pro vzájemné porovnání zdrojů je velmi důležitou veličinou měrný světelný výkon (příkon) η (lm.W⁻¹). Tento parametr je důležitý zejména pro uživatele a projektanty, kteří potřebují znát celkový příkon osvětlovací soustavy.

Kvalita světelných zdrojů se posuzuje podle jejich života T (hod), podle barevného podání a podle stálosti světelně-technických parametrů.

Mezi důležité vlastnosti patří geometrické rozměry, tvar, hmotnost, distribuce a možnost úpravy světelného toku. Samostatnou kapitolu tvoří pořizovací a provozní náklady.

Život žárovek končí přerušením vlákna, život výbojek je dán užitečným případně fyzickým životem. Barevné podání nebo také chromatičnost světla zdrojů je určena spektrálním složením vyzařované energie. Vyjadřuje se pomocí trichromatických souřadnic anebo teploty chromatičnosti. V praxi se světelné zdroje rozlišují podle barevného tónu vyzařovaného světla.

Jakost úrovně vjemu barev od jednotlivých zdrojů se číselně vyjadřuje pomocí všeobecného indexu barevného podání R_a (-). Při denním světle a světle teplotních zdrojů je barevné vnímání nejvěrnější a proto tyto mají $R_a = 100$. Při světle nízkotlaké sodíkové výbojky, která vyzařuje monochromatické světlo se vjem barvy nerozlišuje a proto je $R_a = 0$. Podání barev je uspokojivé, je-li R_a větší než 40 a za dobré je-li R_a větší než 70. Stupně podání jakosti barev s přiřazenými indexy podání barev dle DIN 5035, ČSN 360450 a ČSN EN 12464-1.

Stálost světelně technických parametrů souvisí s provozními vlastnostmi světelných zdrojů. Jedná se o časovou závislost, kterou lze definovat jako rychlou nebo pomalou. Rychlými

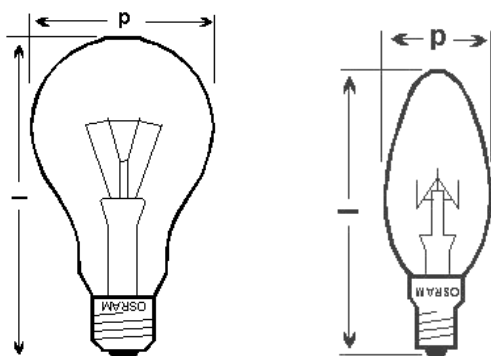
změnami se rozumí změny parametrů např. světelného toku v závislosti na napájecím střídavém napětí o frekvenci 50 Hz. Světelný tok kolísá s dvojnásobnou frekvencí a hloubka kolísání záleží na setrvačných vlastnostech světelného zdroje. Tento jev může vyvolat stroboskopický efekt, který se stává nebezpečnou záležitostí v některých provozech.

Mezi rychlé změny patří také změny např. světelného toku v závislosti na kolísání efektivní hodnoty napětí. Toto kolísání je způsobeno provozem některých spotřebičů jako jsou elektrické obloukové pece. Světelný tok kolísá se stejnou frekvencí jako napětí, což rušivě ovlivňuje zrakový vjem zejména v oblasti frekvencí 8 – 12 Hz. Na kolísání napětí jsou nejcitlivější žárovky, nejméně citlivé jsou zářivky. Mezi rychlé změny se počítají změny parametrů v souvislosti s náběhem světelného zdroje po zapnutí k napájecí síti. Žárovky a zářivky nabíhají téměř okamžitě, parametry výbojek, to je světelný tok, proud a příkon se ustalují až po několika minutách.

Pomalými změnami se rozumí závislost parametrů na statických změnách napětí, což se vyjadřuje pomocí křížových charakteristik. Mezi pomalé změny patří rovněž změny parametrů způsobené stárnutím světelných zdrojů. Během života klesá světelný tok. Například u žárovek se sníží po 1000 hod. provozu na 90 %. U výbojových zdrojů se požaduje, aby po uplynutí 70 % doby života nepoklesl jejich světelný tok pod 70 % hodnoty, která byla naměřena po 100 hodinách zahoření výbojky.

2.3.2 Teplotní zdroje

Klasické žárovky

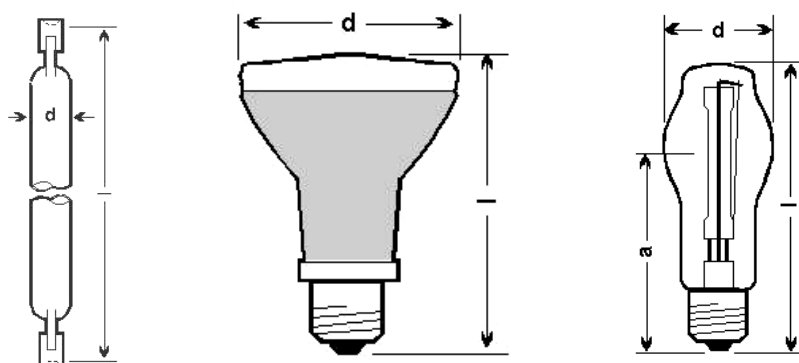


Obr. 2.7 Klasická žárovka

Žárovky jsou prvotními umělými zdroji světla využívající základní technologii výroby světla, která je už víc jak 100 roků stará. Princip technologie spočívá v tom, že do vnitřku vyčerpané skleněné banky na vakuum je uloženo vlákno z wolframu, které je přetékáno elektrickým proudem. Protékající elektrický proud způsobuje ohřev vlákna a tím i záření v oblasti viditelného záření z rozsáhlého spektra elektromagnetického vlnění. Moderní žárovky mají vlákno ve tvaru spirály, která způsobuje vyšší účinnost a redukuje tepelné ztráty. Baňky žárovek jsou vyčerpané na vysoké vakuum, které chrání vlákno před sloučením s kyslíkem a jeho hořením. V současnosti jsou baňky žárovek plněné inertním plynem pro ten samý účel, který je uvedený výše. Měrný výkon je asi 10 lm.W^{-1} . Se vzrůstající teplotou vlákna dostáváme intenzivnější světlo a vyšší teplotu chromatičnosti světla. První uhlíkové žárovky měly měrný výkon $1,7 \text{ lm.W}^{-1}$. Život žárovek je 1 000 hodin a neustále se zvyšuje zdokonalenou technologií vinutí vlákna a plněním baněk žárovek inertními plyny. Světlo

žárovek se může řídit nenákladnými stmívacími zařízeními. Vzhledem na nízkou teplotu chromatičnosti T_c , vysoké barevné podání $R_a = 100$ se jimi získává výjimečné barevné podání lidské kůže a jsou hlavně v domácnostech, ale i ve společenských prostorách stále využívány. Vyrábějí se ve velkém sortimentu výkonů, rozměrů a tvarů pro speciální úlohy osvětlení a zvláštní nároky. Nové tvary a barevné odstíny dávají bytovým a společenským prostorám příjemnou atmosféru.

Halogenové žárovky



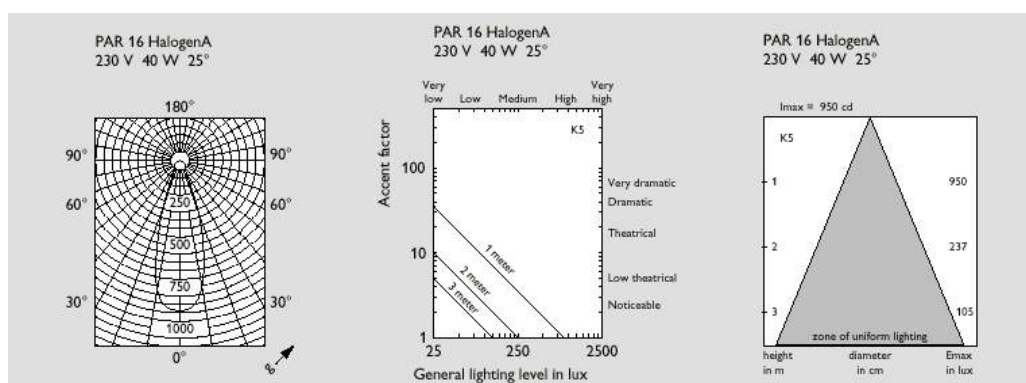
Obr. 2.8 Příklady halogenových žárovek

Halogenové žárovky poskytují o 20 % vyšší účinnost než standardní žárovky. Ve standardní žárovce se wolfram z vlákna žárovky vypařuje a pokrývá povrch baňky, čímž se snižuje světelný tok ze žárovky. Vláknem se stává tenčím a nakonec se přeruší, čehož následkem je, že žárovka nesvítí. Halogen uvnitř baňky způsobuje, že vypařený wolfram se při povrchu baňky slučuje s halogenem a vlivem tepelného pole se vrací zpět na vlákno, kde dochází k disociaci, tj. wolfram se usazuje na vlákno žárovky a halogen se vrací zpět k povrchu baňky. Světelný tok se zvyšuje a prodlužuje se život žárovek. Kruhový proces je základem pro následující výrazné přednosti halogenových žárovek:

- v důsledku vyšší teploty vlákna více světla
- permanentní obnova vlákna, delší doba života
- stálá intenzita světla, protože nedochází ke zčernání baňky
- kompaktní tvar, který odpovídá tepelným požadavkům kruhového procesu
- delší život, dvojnásobný oproti běžným žárovkám

Halogenové žárovky poskytují příjemné svěží, bílé světlo s teplotou chromatičnosti až 3200 K. Index barevného podání světla halogenových žárovek je $R_a = 100$. Halogenové žárovky jsou hospodárnější než standardní žárovky, jejich měrný výkon je 22 lm.W^{-1} a mají život 2000 hodin.

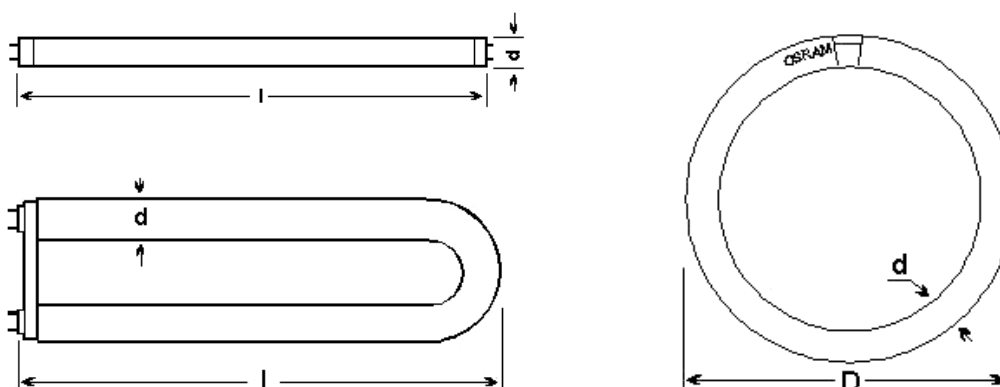
Halogenové žárovky se vyrábějí pro různé úhly vyzařování např. 10, 12, 25, 36 a 60°. Při návrhu osvětlovací soustavy je nutno s tímto faktorem uvažovat. Vyrábějí se širokém sortimentu výkonů na napětí 230 i na malé napětí. Žárovky na malé napětí se staly módní záležitostí ve světelné technice. Vyrábějí se buď bez odrazné plochy anebo mají dichroickou odraznou plochu, která omezuje tepelnou složku ve vyzařovaném záření asi na 66 %, což je výhodné při osvětlování předmětů, které jsou citlivé na infračervené záření.



Obr. 2.9 Průběh svítivosti reflektorové žárovky

2.3.3 Výbojové světelné zdroje

Zářivky



Obr. 2.10 Příklady typů zářivek

Zářivky jsou nízkotlaké rtuťové výbojky, vyzařují hlavně v oblasti ultrafialového záření, které se transformuje ve viditelné záření pomocí luminoforu.

Princip jejich funkce: ve skleněné trubici jsou vlivem elektrického pole mezi elektrodami vybuzeny páry rtuti k emisi neviditelného UV záření. Speciální látka - luminofor na vnitřním povrchu skleněné trubice přeměňuje neviditelné UV záření na viditelné světlo. Volbou luminoforu je možné ovlivnit barvu světla zářivky.

Jako všechny výbojky ani zářivky se neobejdou bez předřadných přístrojů. Po zapálení startérem je napětí na zářivce nižší než napájecí napětí. Tlumivka převezme rozdíl napětí a omezí proud tak, aby zářivka dostávala pro svůj provoz správnou hodnotu proudu.

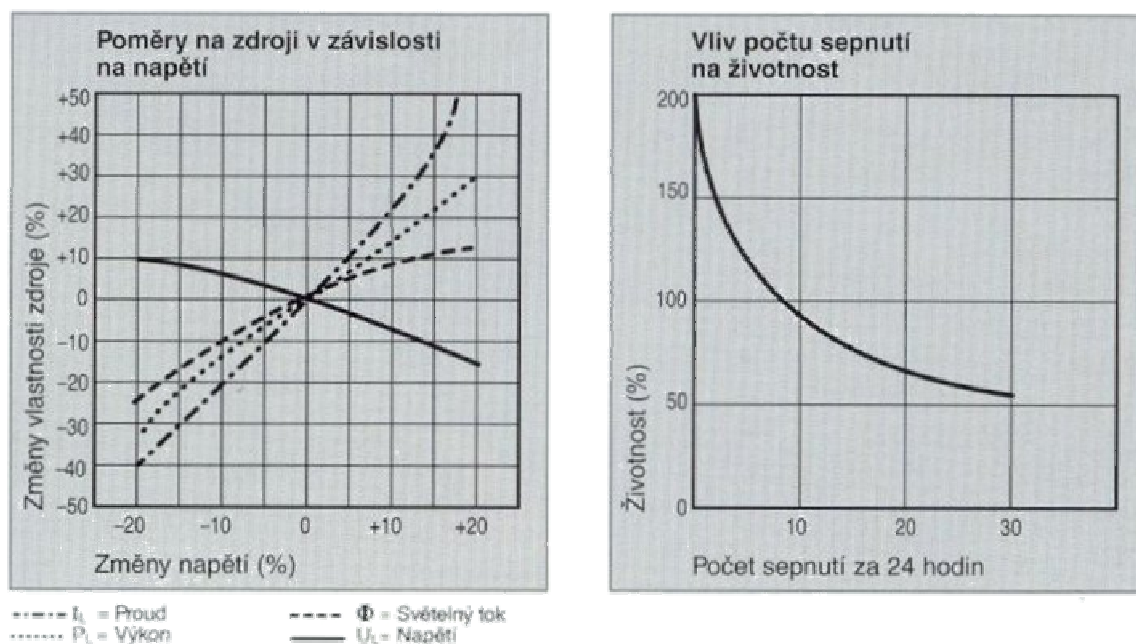
Optimální provoz s elektronickými předřadníky:

Moderní plně elektronické vysokofrekvenční provozní přístroje nahrazují konvenční předřadníky a startéry a starají se o ještě větší hospodárnost, vyšší světelný komfort a delší život zářivek. Nové zářivky T5 mají průměr trubice jen 16 mm, nabízejí vyšší měrný světelný výkon až 106 lm.W^{-1} a jsou určeny pouze pro provoz s elektronickými předřadníky. Ve svítidlech s rozměry pro dřívější zářivky T8 stoupne se zářivkami T5 hospodárnost až o 20 %. To vychází z:

- vyššího měrného světelného výkonu zářivek T5
- zvýšení účinnosti svítidla vlivem nižšího odstínění o 40 % štíhlejší zářivky
- úsporného provozu s elektronickým předřadníkem
- se systémem T5 je však možné konstruovat i nová super štíhlá svítidla s rozměry až o 50% nižšími.

Doba života zářivek je silně ovlivněna počtem zapnutí. Zářivky se proto nehodí tam, kde dochází k častému zapínání a vypínání. Lineární zářivky mají dobu života 12 000 hodin a jejich měrný výkon někdy převyšuje 100 lm.W^{-1} , při indexu podání barev přesahujícím hodnotu $R_a = 80$. Provozní vlastnosti zářivek jsou znázorněny na obrázku č. 2.11.

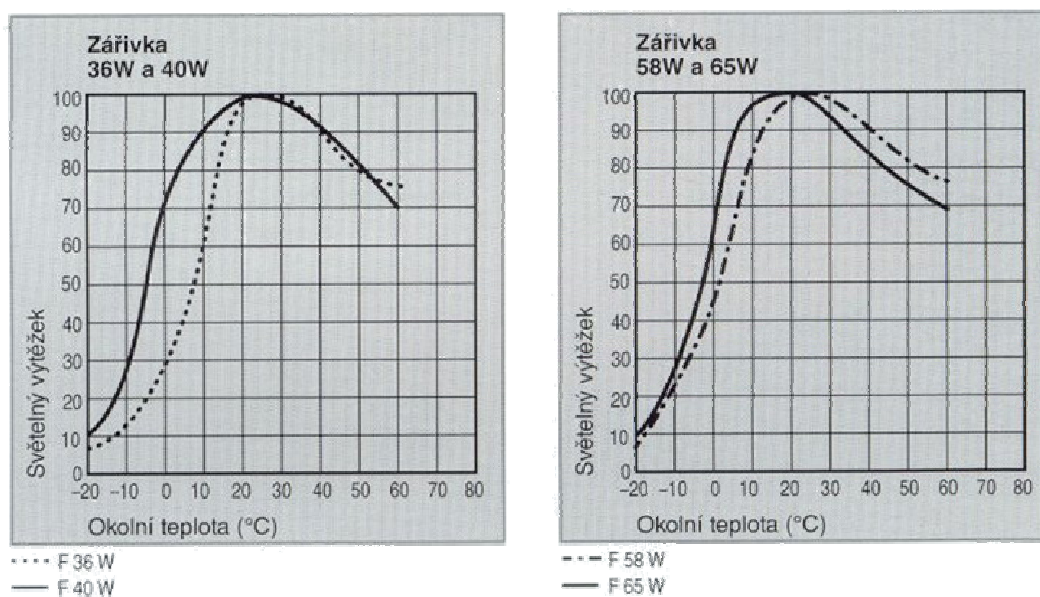
Provozní vlastnosti (provoz se startérem)



Obr 2.11 Provozní charakteristiky zářivek

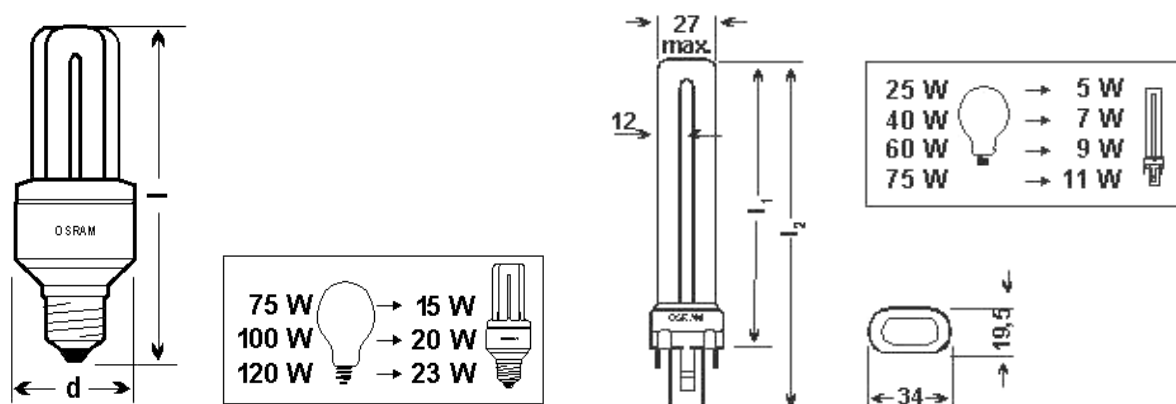
Zářivky potřebují ke své funkci startér a tlumivku anebo elektronický předřadník. Na rozdíl od žárovek, u kterých světelný tok dosahuje jmenovité hodnoty téměř okamžitě, zářivky dosahují jmenovité hodnoty asi po 3 min. provozu. Zářivky jsou teplotně závislé a proto se nehodí do venkovních prostorů. Závislost světelného toku na okolní teplotě je znázorněna na obr. č. 2.12. U zářivkových osvětlovacích soustav, s konvekčními předřadníky, hrozí nebezpečí vzniku stroboskopického efektu, a proto je nutno rozdělit jejich napájení do všech fází anebo posunout např. u dvoutrubicových zářivkových svítidel proud u jedné zářivky pomocí kondenzátoru.

Poměry světelného toku v závislosti na okolní teplotě



Obr. 2.12 Závislost světelného toku na teplotě

Kompaktní zářivky



Obr. 2.13 Příklady kompaktních zářivek

Úsporné kompaktní zářivky vyrábějí světlo na stejném principu jako zářivky. Páry rtuti jsou vlivem elektrického pole mezi elektrodami vybuzeny k emisi neviditelného UV záření. Vnitřní strana skla je opatřena vrstvou speciální látky - luminoforu, který přeměňuje UV - záření na viditelné světlo. Výběrem luminoforu je možno docílit různých barev světla. U kompaktních zářivek se díky zahnutí skleněných trubiček a díky rozdělení na větší počet trubiček podařilo dosáhnout rozměrů srovnatelných se standardními žárovkami.

Kompaktní zářivky můžeme rozdělit do tří skupin:

- kompaktní zářivky jako úsporná alternativa žárovek
- kompaktní zářivky pro zvlášť malá svítidla
- kompaktní zářivky jako zmenšená alternativa lineárních zářivek

Všechny kompaktní zářivky nabízejí vysokou hospodárnost:

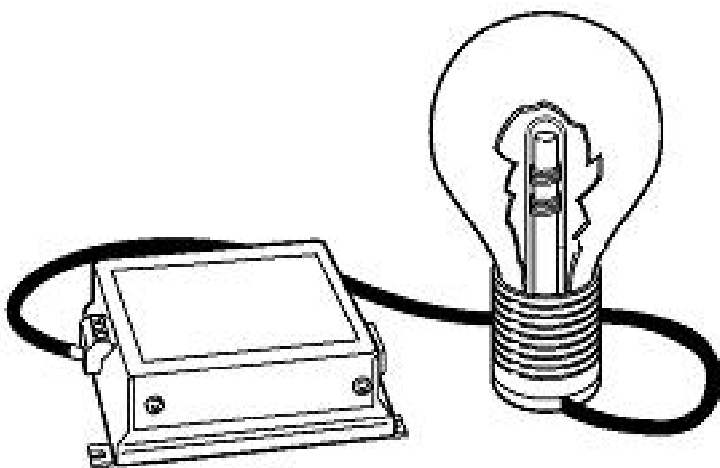
- až 80 % úspory nákladů na el. energii oproti stejně svítícím žárovkám
- 8 až 12 krát delší život než mají žárovky

Provoz s elektronickým předřadníkem zabezpečuje vysoký komfort:

- okamžitý start bez blikání
- provoz bez míhání
- vysoká odolnost proti častému spínání
- delší život
- odstranění stroboskopického efektu a kmitání světelného toku

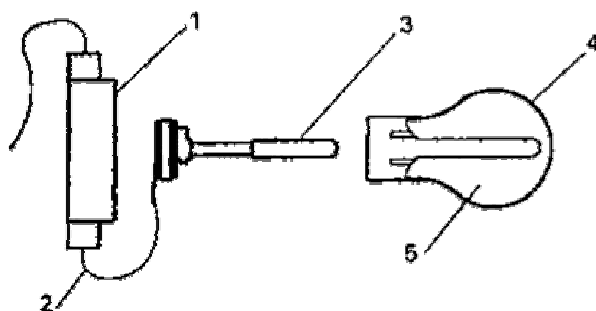
Kromě těchto vlastností předřadníky umožňují regulaci světelného toku, nepotřebují kompenzační kondenzátor, je zde možnost napájení více zdrojů. Používají se předřadníky hybridní a elektronické, které jsou v provedení „in“ (kompaktní) a nebo v provedení externím. Měrný výkon kompaktních zářivek je v porovnání s běžnými typy žárovek přibližně pětinasobně vyšší. Současně dosahovaný střední život zářivek je 12 000 hodin, zatím co střední život žárovek je 1000 hodin.

Indukční výbojky



Obr. 2.14 Příklad indukční výbojky QL

Do okruhu nízkotlakých výbojových zdrojů patří i světelný zdroj využívající principu indukce. Tento zdroj lze právem považovat za světelný zdroj třetí generace nebo světelný zdroj budoucnosti. I když na principu vysokofrekvenčního buzení výboje v bezelektrodevém výbojovém prostoru se pracuje v laboratořích světových firem již po desetiletí, výbojku použitelnou se podařilo uvést na trh firmě PHILIPS teprve v roce 1993 pod označením QL (quality lighting).



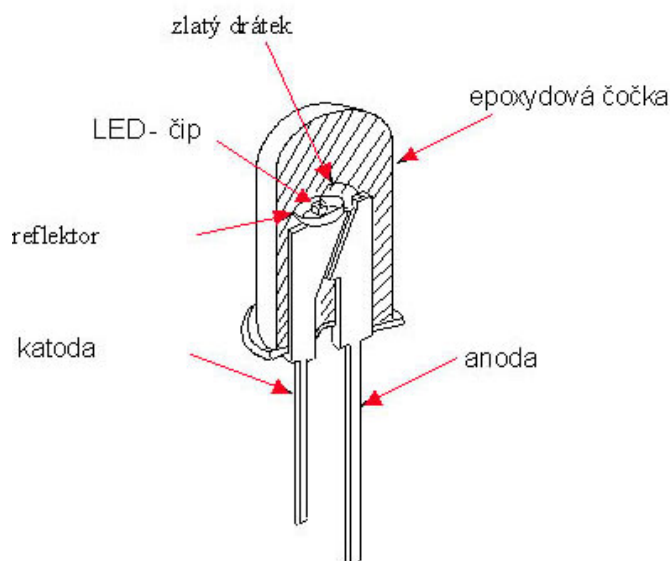
Obr. 2.15 Konstrukce indukční výbojky

1 – vf generátor, 2 – koaxiální kabel, 3 – feritové jádro s induvátory
4 – luminofor, 5 – plynná náplň

Princip funkce : Do hruškovité baňky je zatavena z jedné strany otevřená trubice, do níž se vkládá feritové jádro s indukční cívkou napájenou proudem o frekvenci 2,65 MHz. Baňka nemá žádné elektrody, obsahuje pouze inertní plyn a páry rtuti. Atomy rtuti vybuzené vysokofrekvenčním polem vytvářeným cívkou, emitují ultrafialové záření, které je transformováno luminoforem na viditelné světlo. Vlivem bezelektrodevé konstrukce se dosahuje extrémně dlouhého života, podle údajů výrobce až 60 000 h, a to při velmi dobré stabilitě světelného toku v průběhu svícení. Výbojky se vyznačují všemi přednostmi, které poskytuje provoz na vysoké frekvenci. V současné době jsou výbojky vyráběny s příkonem 55 W a 85 W s účinností asi 65 lm.W^{-1} a 70 lm.W^{-1} při Ra větší nebo rovno 80. Doba náběhu činí 0,5 s, doba znovuzápalu je rovněž asi 0,5 s. Důležitou výhodou výbojek je jejich konstantní světelný tok v širokém teplotním rozsahu. Jejich aplikace zároveň podstatně snižuje náklady související s údržbou osvětlovací soustavy. Na podobném principu pracuje indukční výbojka vyráběná firmou OSRAM pod názvem ENDURA např. o příkonu 150 W.

2.3.4 LED diody

V posledních letech se stále více v nejrůznějších světelně technických aplikacích prosazují troluminiscenční diody (LED- Light Emitting Diode). Luminiscenční dioda se dříve využívala v elektrotechnice k indikaci provozních stavů, jako výkonný světelný zdroj se začala využívat v posledním desetiletí. LED je elektronický prvek, který generuje světelné záření při průchodu proudu polovodičovým přechodem. Tento polovodičový přechod generuje velmi úzké spektrum to znamená, že záření je v podstatě monochromatické. Konstrukce LED diody je uvedena na obr. 2.16.



Obr. 2.16 Příklad konstrukce LED diody

Bílé světlo lze získat například složením tří čipů různých barev (červená, zelená a modrá) a z nich tzv. namíchat bílou barvu. Další způsob jak dosáhnout bílé barvy je použití modrého čipu, který má vrstvu aktivní hmoty. Tato vrstva převede modré záření na jiné vlnové délky viditelného spektra.

Život dosahuje u barevné LED 100 000 hodin, bílá LED obvykle dosahuje života 50 000 hodin, přičemž v průběhu této doby intenzita světla poněkud klesá. V zařízeních s LED se tedy nepočítá s výměnou světelného zdroje po celou dobu provozu. K jejím význačným přednostem patří minimální spotřeba elektrické energie, velmi malé rozměry (jedná se prakticky o bodové zdroje), malá závislost parametrů na teplotě okolí, poměrně dobrá účinnost (kolem 10 lm.W^{-1} v závislosti na barvě) převyšující účinnost trpasličích žárovek, široký sortiment výrazných (sytých) barev, malé napájecí napětí, nízká povrchová teplota, možnost dosáhnout velké směrové svítivosti použitím vhodné čočky, malá závislost na teplotě okolí atd.

Objevují se dokonce konstrukce, v nichž jsou svítivé diody zabudovány do baňky normální žárovky - LED žárovky. V jejich patici se nachází nezbytná elektronika k řízení svitu, k ochraně proti statické energii a napěťovým špičkám. Tento světelný zdroj pracuje při stejnosměrném i střídavém napětí. Rozhodně se jedná o velmi perspektivní světelný zdroj se všemi výhodami LED a s vhodným použitím v řadě oblastí.



Obr. 2.17 LED žárovky,

Možností náhrad žárovek diodou LED jsou například v nouzových svítidlech, v orientačních a informačních systémech veřejných budov, hotelech, zdravotních zařízeních, nádražích, letištích, kinech, divadlech atd. Pro domácnosti mají LED diody uplatnění ve stolních lampách, dekorativním osvětlení interiéru nebo exteriéru domu, zahradách, nočním orientačním osvětlení, na chodbách, osvětlení tabla s číslem domu atd.

Široké využití LED diod je také v mobilních prostředcích, v dopravním průmyslu, ručních svítilnách atd.. Provozní teplota LED diod je nízká, proto se nabízí aplikace pro osvětlení teplem degradujících předmětů (potravin).

2.3.5 Vývojové trendy v oblasti světelných zdrojů

V oblasti světelných zdrojů lze očekávat tento pokrok:

Žárovky

- vylepšení emise spirál povlakem z hafnia
- reflektorové multivrstvy (zpětný odraz vyhřívá spirálu)
- žárovky multi mirror o průměru 51 mm na síťové napětí
- vylepšení mechanických vlastností spirál pro lepší stabilitu vlákna

Halogenové žárovky

- Zejména IR multivrstvy pro zpětný odraz záření na vlákno – zvýšení měrného výkonu
- dávkování xenonu
- dotace „certic“-u do křemenného skla baňky na potlačení UV záření
- žárovky na síťové napětí
- různé tvary baněk pro různé aplikace
- nízkotlaké halogenové žárovky
- až o 30% vyšší měrný výkon
- vyšší životnost
- stabilita světelného toku po celou dobu životnosti
- stabilita teploty chromatičnosti
- rovnoměrnější svítivost ve svazku v případě reflektorových halogenových žárovek

Zářivky

- snižování množství rtuti viz obr. 2.18
- vývoj bezrtuťových technologií
- program T5 – vývoj
- vývoj nových typů luminoforů

Kompaktní zářivky

- přebírání nových technologií platných pro zářivky
- 3/8“ technologie
- tvarované KZ
- KZ s reflektorem či difuzorem
- KZ s velkým příkonem

Halogenidové výbojky

- keramický hořák jako všeobecné řešení
- dávkování Na – sbližování vlastností

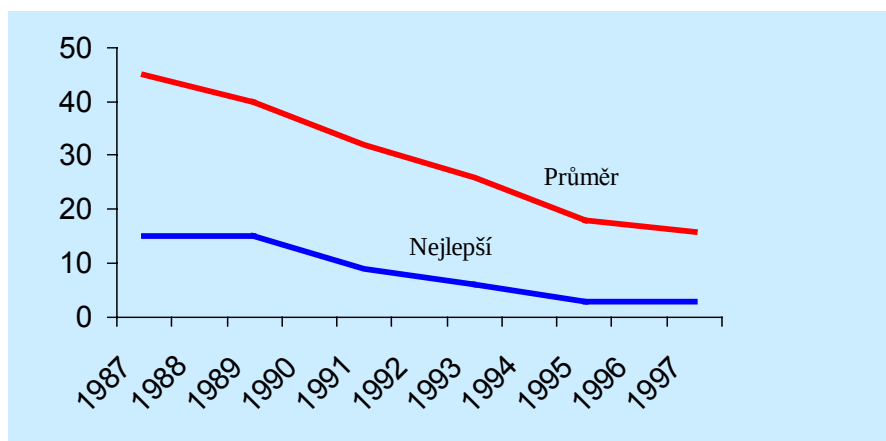
- nové plynové náplně
- miniaturizace příkonu

Sodíkové výbojky

- ekologické bezrtuťové výbojky
- dávkování jiných prvků na zlepšení barevného podání
- vícehořákové výbojky
- možnosti přepínání barvy světla nebo příkonu
- miniaturizace příkonu
- nasazování v interiérech

Luminiscenční diody (LED)

- enormní nárůst měrného výkonu
- modré LED
- široké možnosti spektrálního složení
- organické LED



Obr. 2.18 Vývojové změny obsahu Hg v zářivkách

2.4 Svítidla pro vnitřní osvětlování

Svítidla jsou přístroje, které tvoří základní prvky osvětlovacích soustav. Skládají se z části světelně činných a částí konstrukčních. Světelně činné části slouží ke změně rozložení světelného toku, k rozptylu toku, k zábraně oslnění, snížení jasu, po případě ke změně spektrálního rozložení světla. Konstrukční části svítidla slouží k upevnění zdroje, k upevnění světelně činných částí, ke krytí zdrojů i světelně činných částí před vniknutím cizích předmětů a vody, musí vyhovovat z hlediska ochrany před nebezpečným dotykovým napětím. Svítidla musí splňovat podmínky jednoduché a snadné montáže, jednoduché údržby, dlouhého života a spolehlivosti. Kromě svítidel se ve světelné technice používají světlomety, které se od svítidel liší tím, že vyzařují směrově soustředěný svazek paprsků a používají se k osvětlování z velkých vzdáleností.

2.4.1 Světelné technické parametry svítidel

Světelný tok svítidla

Světelný tok svítidla Φ_{SV} , který je svítidlem opticky upraven, je dán rozdílem světelného toku všech zdrojů Φ_Z umístěných ve svítidle a světelného toku ztraceného Φ_{ZTR} , který se ztratil při optickém zpracování. Rozdělení svítidel podle rozložení jejich světelného toku je znázorněno v tabulce č. 2.1.

Účinnost svítidla

Účinnost svítidla charakterizuje hospodárnost svítidla a její hodnota je dána poměrem svět. toku svítidla ke svět. toku zdrojů dle vztahu:

$$\eta_{SV} = \frac{\Phi_{SV}}{\Phi_Z} \quad (-; \text{lm}, \text{lm}) \quad (2.9)$$

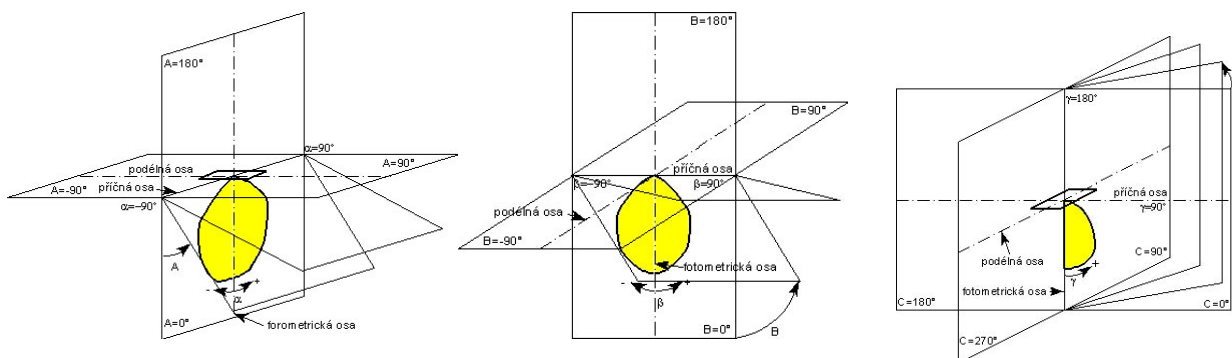
Maximální účinnost by měl z tohoto hlediska samostatný světelný zdroj v objímce. Ten však není možné použít s ohledem na oslnění, nevhodné směřování vyzařovaného světla a ochrany před povětrnostními vlivy. Z hlediska maximálního využití dodávané elektrické energie je třeba dosahovat vysokých hodnot této veličiny. U běžných svítidel se pohybuje účinnost v rozmezí od 0,3 do 0,9.

Zářivky mají světelný tok závislý na teplotě a dle CIE se pro zářivková svítidla definuje optická a provozní účinnost. Optická účinnost se stanovuje z hodnot světelného toku svítidla a zdrojů při provozních teplotách. Provozní účinnost je určena tokem svítidla při provozní teplotě a tokem zdroje při jmenovité teplotě, která se uvažuje pro zářivky 25 °C.

Svítivost svítidel

Prostorové rozložení svítivosti svítidla je souměrné anebo nesouměrné. Souměrné rozložení může být rotační anebo souměrné k jedné anebo více axiálním rovinám.

Svítivosti se udávají nejčastěji pomocí fotometrického systému C- γ . U svítidel s rotačně symetrickou plochou svítivosti postačí křivka v jedné fotometrické rovině. U zářivkových svítidel se zpravidla udávají dvě křivky a to v rovinách C₀ a C₉₀. U venkovních svítidel se z důvodů zábrany oslnění předepisují pro dané stupně oslnění maximální hodnoty svítivosti a to pro určité směry ve vybraných rovinách v soustavě C- γ . Rozložení svítivosti daného svítidla lze též znázornit pomocí izokandelového diagramu.

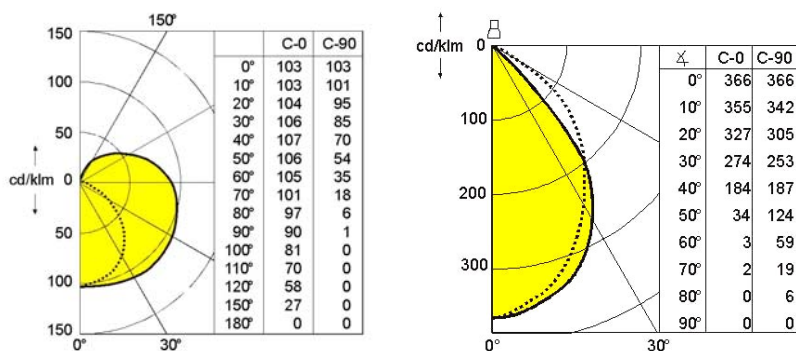


Obr. 2.19 Křivky svítivosti ve fotometrických systémech A- α , B- β , C- γ

Pro vystižení tvaru čáry svítivosti svítidla se používá činitel tvaru křivky K_F a úhlové pásmo maximální svítivosti. Činitel tvaru křivky je dán poměrem maximální svítivosti $I_{\max}$ a střední svítivosti $I_{\text{stř}}$ dle vztahu:

$$K_F = \frac{I_{\max}}{I_{\text{stř}}} \quad (-; \text{cd}, \text{cd}) \quad (2.10)$$

Rozdělení svítidel podle tvaru křivky svítivosti je uvedeno v tabulce 2.2.



Obr. 2.20 Příklady křivek svítivosti

Jas svítidel

Jas svítidla je definován jako podíl svítivosti v daném směru a velikosti průměru svítící plochy do roviny kolmé k uvažovanému směru viz vztah.

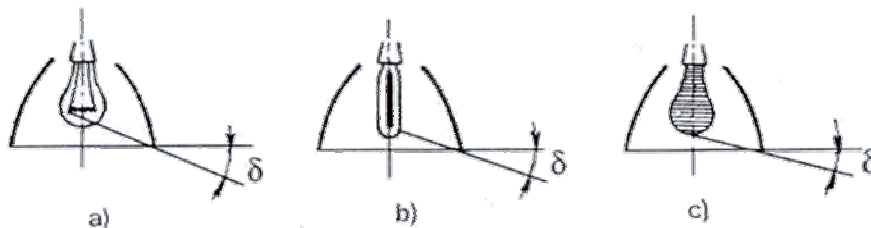
$$L_\gamma = \frac{I_\gamma}{A \cdot \cos \gamma} \quad (\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}; \text{cd}, \text{m}^2) \quad (2.11)$$

- I_γ je svítivost svazku světelných paprsků (svítící plochy)
- A je velikost svítící plochy viditelné pozorovatelem
- γ je velikost svítící plochy viditelné pozorovatelem

U svítidel pro osvětlování vnitřních prostorů se pro kontrolu na oslnění udávají často jasy v kritické oblasti úhlů od 45 ° do 85 ° ve vodorovném směru pohledu.

2.4.2 Geometrické parametry

Patří sem především úhel clonění δ , který udává míru zaclonění světelného zdroje svítidlem. Je to nejmenší ostrý úhel mezi vodorovnou rovinou a přímkou spojující okraj svítidla se světelným zdrojem. U čiré žárovky je to její vlákno, u opálové zářivky nebo výbojky je to povrch baňky. Doplňkový úhel do 90° k úhlu clonění se nazývá úhel otevření svítidla.



Obr. 2.21 Úhel clonění u svítidla.

a) žárovkového, b) s výbojkou s čirou baňkou, c) s výbojkou opatřenou luminoforem nebo s opálovou žárovkou

2.4.3 Konstrukční prvky svítidel

Konstrukční prvky a materiály, používané pro všechny druhy svítidel, mají kromě svých vlastních funkcí splňovat ještě další požadavky. Jsou to především:

- světelná stálost
- tepelná stálost
- odolnost proti korozi
- mechanická pevnost

Světelná stálost je důležitou veličinou, která určuje u mnoha materiálů jejich životnost. Stálým působením světelného a ultrafialového záření, zesíleného teplem a vlhkostí, dochází k trvalým změnám, např. žloutnutí, vybělení, zkřehnutí, tvoření trhlin nebo praskání.

Tepelná stálost konstrukčních prvků má zvláštní význam, protože provozní teploty na svítidle dosahují často hodnot na hranicích přípustnosti. Pokud jsou tyto hodnoty překročeny, dochází k trvalým změnám, např. k deformaci, zkřehnutí, zuhelnění a praskání - tvoření trhlin.

Odolnost kovů proti korozi musí být zajištěna účelnou povrchovou ochranou, která mimo to ovlivní ještě vzhled a světelně technické vlastnosti materiálu. Aby bylo vyhověno přípustným podmínkám použití, požadovaným světelnotechnickým parametrům a estetickým požadavkům, používají se následující povrchové úpravy: lakování, poniklování, pochromování, emailování, pozinkování, kadmiování, nanášení umělých hmot, leštění a eloxování. U plastů je odolnost proti korozi zaručena, a proto nevyžadují dodatečná opatření.

Mechanická pevnost je mírou stability konstrukčních prvků, především u plastů a křemenných skel. Vlivem záření, tepla, chladu a vlhkosti se může změnit mechanická pevnost, a tím i spolehlivost svítidla.

Konstrukční prvky se dělí na tři skupiny - prvky (části):

- světelnotechnické (světelně činné)

- elektrotechnické
- mechanické

K používaným odrazovým materiálům světelně činných částí se používají: skleněná zrcadla, lakované povrchové plochy, opálová, světlo rozptylující skla, plasty nebo tkaniny.

K propustným materiálům světelně činných částí se používají:

Křemenné sklo (čiré sklo, ornamentní sklo, opálové sklo, matované sklo, refraktorové sklo), světlo - propouštějící plasty, světlo - propouštějící tkaniny.

Elektrotechnické části svítidel slouží k připojení, upevnění a provozu světelných zdrojů a svítidel. Patří sem: objímky žárovek, vypínače, zásuvky a vidlice, vnitřní vedení vodiče, vnější vedení, připojovací a propojovací svorky, svítidlová krabice, předřadné přístroje, zapalovač, kondenzátory. Jednotlivé části musí odpovídat použitým světelným zdrojům. Použitím jiných světelných zdrojů se mění i připojovací podmínky. Některé části se vyskytují u všech svítidel, jiné jen tam, kde to vyžadují podmínky použití nebo světelné zdroje.

Mechanické části svítidel slouží nejen jako ochranné nebo nosné části světelných zdrojů, ale i světelně technických a elektrotechnických konstrukčních prvků. Slouží k upevnění svítidel. Podstatné konstrukční díly svítidel, které se počítají k mechanickým konstrukčním prvkům, jsou: Ochranná skla, ochranná mříž, nosná konstrukce, zaostřovací zařízení, závěsy, upevňovací části, vidlice, klouby a stojany pro svítidla pro místní osvětlení. Protože jednotlivé díly mají velmi rozdílný význam a jsou různě zatíženy, najdou zde použití různé materiály. Jako ochranná skla jsou převážně používána křemenná skla. Svítidla musí mít potřebnou mechanickou pevnost a musí být odolná vůči korozi, vyhovět předepsaným oteplovacím zkouškám a být elektromagneticky slučitelná.

2.4.4 Třídění svítidel

Svítidla je možné rozdělit do skupin podle jejich vlastností, přičemž lze volit různá kritéria. Podle použitého světelného zdroje rozeznáváme svítidla žárovková, zářivková, výbojková, popř. i jiná. Podle oblasti použití je možné rozlišit svítidla vnitřní a venkovní.

Podstatné vlastnosti aplikační jsou ovšem dány světelně technickými vlastnostmi. Nejjednodušší světelně technické třídění svítidel je třídění podle CIE, založené na prostorovém rozložení světelného toku do horního a dolního poloprostoru. Podrobně je uvedeno v tab. 2.1.

Tab. 2.1 Rozdělení svítidel podle rozložení jejich světelného toku

Označení svítidla	Světelný tok do dolního poloprostoru (%)	Světelný tok do horního poloprostoru (%)	Značení podle DIN 5040
Přímé	90 až 100	0 až 10	A
převážně přímé	60 až 90	10 až 40	B
smíšené	40 až 60	40 až 60	C
převážně nepřímé	10 až 40	60 až 90	D
nepřímé	0 až 10	90 až 100	E

Pro rozdělení svítidel podle tvaru křivky svítivosti se v praxi používá několik způsobů. Například třídění podle tzv. BZ - klasifikace svítidel. Svítidla jsou rozdělena podle tvaru křivek svítivosti do 10 tříd, jak je zřejmé z tabulky 2.2.

Tab. 2.2 BZ - klasifikace svítidel

Označení	Tvar křivky svítivosti
BZ 1	$I_\gamma = I_0 \cos^4 \gamma$
BZ 2	$I_\gamma = I_0 \cos^3 \gamma$
BZ 3	$I_\gamma = I_0 \cos^2 \gamma$
BZ 4	$I_\gamma = I_0 \cos^{1,5} \gamma$
BZ 5	$I_\gamma = I_0 \cos \gamma$
BZ 6	$I_\gamma = I_0 (1 + 2 \cos \gamma)$
BZ 7	$I_\gamma = I_0 (2 + \cos \gamma)$
BZ 8	$I_\gamma = \text{konst.}$
BZ 9	$I_\gamma = I_0 (1 + \sin \gamma)$
BZ 10	$I_\gamma = I_0 \sin \gamma$

Toto třídění do jisté míry odpovídá i způsobu podle dřívějších čs. norem. Jde o zařazení svítidel podle tabulky do 7 typů, přičemž je dáno úhlové pásmo, v němž může ležet maximum svítivosti, a pro každý typ též činitel tvaru křivky svítivosti.

Tab. 2.3 Rozdělení svítidel podle tvaru křivky svítivosti

Tvar křivky svítivosti		Úhlové pásmo maximální svítivosti (°)	Činitel tvaru křivky svítivosti
označení	název		
a	koncentrovaná	0 až 15	$K_F \geq 3$
b	hluboká	0 až 30, 150 až 180	$2 \leq K_F < 3$
c	kosinusová	0 až 35, 145 až 180	$1,3 \leq K_F < 2$
d	pološiroká	35 až 55, 125 až 145	$1,3 \leq K_F$
e	široká	55 až 85, 95 až 125	$1,3 \leq K_F$
f	rovnoměrná	0 až 180	$K_F \leq 1,3$, přičemž $I_{\min} > 0,7 I_{\max}$
g	sinusová	70 až 90, 90 až 110	$1,3 < K_F$, přičemž $I_{\min} < 0,7 I_{\max}$

Pro krytí svítidel platí ČSN EN 60 529 (33 0330), podle níž se druh krytí svítidla označuje zkratkou IP (International Protection) a dvojčíslicí. První číslice (od 0 do 6) vyjadřuje ochranu před nebezpečným dotykem živých nebo pohybujících se částí a před vniknutím cizích předmětů, druhá (od 0 do 8) ochranu před vniknutím vody. Nejmenší krytí svítidel na nízké napětí je IP 20. Pro venkovní prostředí je třeba krytí před deštěm, tedy alespoň IP 23. Krytí IP 54 je běžné krytí svítidel proti stříkající vodě. Konstrukčně obdobně jsou tvořena svítidla s krytím IP 65, která však mají mnohem vyšší užitnou hodnotu.

Tab. 2.4 Význam číslic pro krytí svítidel - kód IP

První číslice	Stupeň ochrany před nebezpečným dotykem a vniknutím cizích předmětů	Druhá číslice	Stupeň ochrany před vniknutím vody
0	bez ochrany	0	bez ochrany
1	před vniknutím pevných těles větších než 500 mm (hřbetu ruky)	1	před svisle kapající vodou
2	před vniknutím pevných těles větších než 12,5 mm (prstu)	2	před kapající vodou při sklonu 15°
3	před vniknutím pevných těles větších než 2,5 mm (jemného nástroje)	3	před dopadající vodou při sklonu 60° (déšť)
4	před vniknutím těles větších než 1 mm (drátu)	4	před stříkající vodou (z libovolného směru)
5	před prachem (částečně, prach však nemůže narušit funkce svítidla)	5	před tryskající vodou (tj. tlakovou vodou)
6	úplně před prachem	6	před intenzivně stříkající vodou
		7	při dočasném ponoření (při určeném tlaku a čase)
		8	při trvalém ponoření

Použití svítidel do určitého prostředí je dáno hlavně normou ČSN 333310. Zvláštní kategorii tvoří svítidla v nevýbušném provedení, která se mohou používat v prostorách s nebezpečím výbuchu, např. v dolech.

Podle požární bezpečnosti se svítidla dělí na ta, která jsou určena pro bezprostřední montáž na hořlavý materiál a svítidla pro montáž na nehořlavý materiál.

2.4.5 Vývojové trendy v oblasti svítidel

Základní trendy:

- široké spektrum výrobců
- nové materiály
- nová koncepte vedení a rozdělování světelného toku
- elektronické předřadníky
- vyšší krytí svítidel
- nový design svítidel
- klimatizovaná svítidla
- v bytových prostorech nástup svítidel s halogenidovou výbojkou
- první svítidla pro LED diody nejen v automobilovém průmyslu
- nástup nových materiálů, tenkých vrstev, selektivních povrchů
- aplikace mikroelektroniky ve svítidlech
- nové úlohy pro klasické materiály
- použití skla a tenkých vrstev
- ocel a tenké vrstvy pro reflektory svítidel
- hliník jako materiál pro reflektory
- hliníkové slitiny pro nosné konstrukce
- nové principy, např. „mřížková“ svítidla bez mřížky
- specializace svítidel podle oblasti použití např. automobilový průmysl

- modulárnost svítidel
- svítidla pro místní osvětlování (závěsná, stojanová apod.)
- plynulá změna barvy světla

Vývoj směřuje k:

- vyšším stupňům krytí
- k použití materiálů s delší životností
- antivandalskému provedení
- systémům zabezpečující jednoduchou montáž a demontáž
- jednoduché údržbě
- použití nových světelných zdrojů (LED)
- elektronizaci předřadníků

Úspora elektrické energie lze dosáhnout:

- optimalizací světelně činných částí svítidel
- aplikací kvalitního vstupního materiálu spolu s moderní technologií zpracování
- použitím světelných zdrojů s vyššími hodnotami měrných výkonů
- aplikací klasických předřadníků z výkonové skupiny B
- aplikací elektronických předřadníků
- řízením osvětlovacích soustav se skokovou nebo plynulou regulací
- aplikací centrálních řídicích osvětlovacích systémů

3. DENNÍ SVĚTLO

3.1 Úvod

Zdrojem denního světla je slunce. Slunce má povrchovou teplotu přibližně 5600 K. Sluneční záření dopadající na zemi má spojitě spektrum s maximální poměrnou intenzitou v oblasti viditelného záření. Citlivost zraku je tedy hospodárně přizpůsobena právě na tuto oblast.

Denní osvětlení je osvětlení denním světlem, dopadajícím na zemi buď jako přímé sluneční světlo nebo rozptýlené atmosférou jako oblohové (difuzní) světlo. Intenzita denního osvětlení i jeho barva se v průběhu dne mění podle denní a roční doby, podle zeměpisné šířky a podle stavu oblohy. Intenzita osvětlení v červnu v poledne je průměrně 95000 - 100000 lx. Denní osvětlení patří k základním faktorům životního prostředí člověka a má značný vliv na jeho zdravotní a psychický stav. Lze jednoznačně říci, že denní světlo vzhledem ke svému spektrálnímu složení a dynamickým vlastnostem není při současném stavu světelné techniky nahraditelné světlem z umělých zdrojů. Nejcharakterističtější v tomto směru je spektrální složení světla, podmíněné charakterem zdroje a zejména neustálá proměnlivost denního světla jak v intenzitě, tak ve spektrálním složení a rozložení světelného toku. To komplikuje návrh denního osvětlení, neboť je třeba zachovat zrakovou pohodu jak při přímém slunečním světle, tak i při jasné, polojasné a zatažené obloze.

Podle platných předpisů musí všechny vnitřní prostory v budovách určené pro trvalý pobyt osob mít vyhovující denní osvětlení. Přitom se z hlediska denního osvětlení (dle ČSN 730580-1) trvalým pobytem rozumí pobyt osob ve vnitřním prostoru nebo v jeho funkčně vymezené části, který trvá v průběhu jednoho dne (za denního světla) déle než čtyři hodiny a opakuje se při trvalém užívání budovy více než jednou týdně. Jen ve výjimečných případech, například při rekonstrukcích budov na prostory s trvalým pobytem osob, a se souhlasem příslušného orgánu zdravotního ústavu se dovolují pro trvalý pobyt lidí vnitřní prostory s celkovým sdruženým osvětlením (sdružené osvětlení je popsáno v další kapitole této publikace) nebo pouze s umělým osvětlením, jestliže je to odůvodněno funkčně i ekonomicky a za předpokladu dodržení hygienických zásad. V těchto prostorech s trvalým pobytem osob a nevyhovujícím denním osvětlením by se měla přijmout některá níže uvedená náhradní opatření, které zmenší negativní vliv nedostatku denního osvětlení na lidský organismus. Mezi tyto opatření například patří:

- pobyt v prostoru bez denního světla nejvíce 4 hod denně
- začátek pracovní směny po 12 hod (odpolední směna)
- ukončení pracovní směny nejpozději o 13 hod (ranní směna)
- přestávka v práci přes oběd v trvání alespoň 2 hod
- nejvíce tři denní směny v jednom týdnu, končící po 13 hod
- nejvíce dvě noční směny v jednom týdnu
- vysoká osvětlenost, nejméně 1500 lx na svislých rovinách

Při návrhu denního osvětlení musí být zahrnuta možnost negativních důsledků, které mohou být vyvolány nevhodným řešením osvětlovacích otvorů, nevhodným uspořádáním pracovních míst atd. V oblasti zrakového komfortu je třeba vyloučit nebo omezit na přijatelnou míru zejména možnost oslnění vysokým jasnem oblohy nebo vnikajícím přímým slunečním světlem. Takto nevhodně navržené osvětlovací otvory mohou zhoršovat tepelnou pohodu nadměrnou tepelnou zátěží v letním období a nežádoucí ochlazováním v zimních měsících. Při návrhu osvětlovacích otvorů a osvětlení v objektu se musí řešení objektu posuzovat komplexně ve

vzájemně na sobě navazujících souvislostech a vazbách, které ovlivňují energetickou bilanci celého objektu a tím i ekonomické hledisko výstavby a užívání.

Dostatečné množství denního světla samo o sobě ještě nezabezpečuje zrakovou pohodu.

Kvalita denního osvětlení zejména závisí na:

- Rozložení světelného toku a na směr osvětlení. Rozložení světelného toku a převažující směr osvětlení mají být v souladu s charakterem zrakových činností a jejich podmínkami. Pro pracovní činnost vyhovuje osvětlení převážně zleva shora.
- Rovnoměrnost denního osvětlení charakterizuje rozložení světelného toku a je určena poměrem minimální a maximální hodnoty č.d.o. (popis činitel denní osvětlenosti v další kapitole této publikace).
- Rozložení jasů ploch v zorném poli pozorovatele, které má pro zrakovou pohodu základní význam. Jsou-li v zorném poli velké jasové rozdíly, které vedou ke zvýšené adaptační činnosti, vzniká zraková únava.
- Oslnění, jehož příčinou je přílišný jas nebo jasové kontrasty v zorném poli. Při denním osvětlení jsou velkým nebezpečím pro oslnění osvětlovací otvory s průhledem na oblohu, jejíž jas je obvykle mnohonásobně větší než jas pozorovaného předmětu.

Proto je nezbytné pamatovat na regulaci přímého slunečního světla ve vnitřních prostorech, aby se mohlo podle potřeby omezit nebo úplně vyloučit. Okna místnosti na prosluněných stranách mají být opatřeny zařízeními schopnými regulovat prostup přímého slunečního záření do budov podle okamžitých požadavků uživatelů interiéru. Způsobů regulace je mnoho a mají se vždy volit ty, které nejlépe vyhovují daným požadavkům a přitom jsou hospodárné. K tomuto účelu se používají různé druhy clon, které částečně nebo úplně chrání osvětlovací otvor a tím i vnitřní prostor před přímým slunečním zářením. Clony mohou být:

- pevné - umísťují se ve formě stříšek, lamel atd. zpravidla na vnější straně okna
- pohyblivé (rolety, žaluzie, závěsy) - umožňují regulaci osvětlení podle potřeby

Velmi nepříjemné může být oslnění vznikající odrazem světla od lesklých povrchů v zorném poli. Pro povrchy vnitřních prostorů se doporučuje užívat matných, nelesklých povrchových úprav, aby nedocházelo k oslňování odrazem světla. Zejména se musí zabránit oslnění odrazem světla od lesklých povrchů ve spodní části zorného pole, na které je lidský zrak obzvláště citlivý, např. lesklá pracovní plocha lesklá podlaha apod.). Kolorita povrchů má být taková, aby hodnoty činitele odrazu světla hlavních povrchů vnitřních prostorů byly v novém stavu v těchto mezích:

- činitele odrazu světla stropu min. 0,70 – barva bílá
- stěny – světlé s činitelem odrazu světla 0,5, čehož je dosaženo u barev bílé, žluté, béžové, krémové, pastelově světle modré apod.
- činitele odrazu světla, bezprostředně sousedících ploch s okenními otvory min. 0,7, ostění, okenní rámy
- činitele odrazu světla podlahy min. 0,3 (uvažován ve výpočtu). Barva světle zelená, světle modrá, světle šedá, béžová
- činitel odrazu světla terénu 0,1 (trávník, živý povrch)

Insolace je důležitým faktorem kvality životního prostředí, což je ozáření přímým slunečním zářením, ve kterém se kromě viditelného záření uplatňují i složky, nevnímané lidským zrakem (ultrafialové a infračervené záření).

Insolace má pozitivní účinky na člověka jako:

- zvyšování odolnosti proti nepříznivým vlivům prostředí,
- podpora zdravého rozvoje organismu,
- příznivé působení na psychiku člověka, jeho duševní stav a náladu.

Stávající norma ČSN 734301 (Obytné budovy) stanovuje, že doba proslunění obytné místnosti musí být (při zanedbání oblačnosti) v období od 1.3. do 31.10. nejméně 1 1/2 hod denně při výšce Slunce nad horizontem 5°. Významné je i baktericidní působení insolace, kterým se desinfikují vnitřní prostory.

3.2 Denní osvětlenost

Tato osvětlenost, která je způsobená denním světlem na horizontálním povrchu země. Jedná se o osvětlenost způsobenou přímým slunečním zářením a oblohovým světlem. Oblohové záření je část záření, které dopadne na Zem po rozptylu molekulami vzduchu, částicemi aerosolů a oblaků a jinými částicemi. Celková denní osvětlenost je dána vztahem:

$$E_g = E_s + E_{ob} \quad (lx ; lx, lx) \quad (3.1)$$

kde: E_g je denní celková osvětlenost
 E_s je osvětlenost přímým slunečním světlem
 E_{ob} je osvětlenost difuzním oblohovým světlem

3.3 Základní požadavky na denní osvětlení

Kmenovou normou pro denní osvětlení je ČSN 73 0580, na kterou navazují přidružené normy pro jednotlivé druhy budov (obytné, průmyslové atd.). Vzhledem k proměnlivosti denního osvětlení se jeho množství nestanoví hodnotou absolutní (osvětlenost v lx), ale hodnotou relativní pomocí činitele denní osvětlenosti, který se značí symbolem e . Denní osvětlení se navrhuje pro předpokládanou zřakovou činnost, tedy aby dosahovalo vyhovujících hodnot osvětlenosti při rovnoměrně zatažené obloze a venkovní srovnávací osvětlenosti 5000 lx.

3.3.1 Činitel denní osvětlenosti

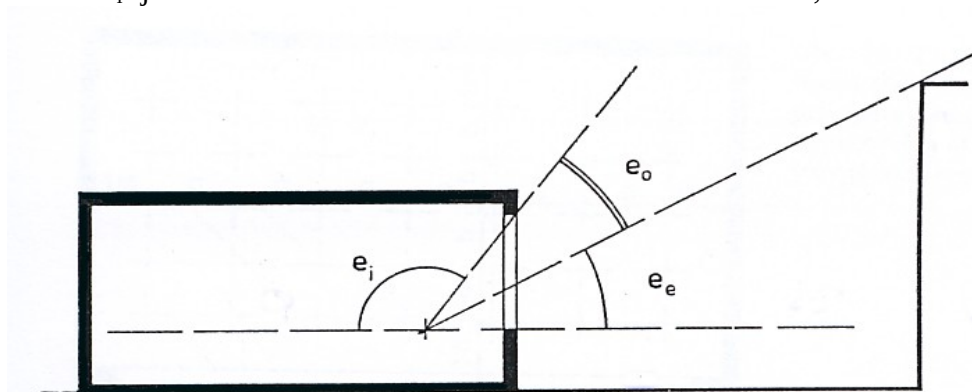
Činitel denní osvětlenosti je základním kritériem hodnocení jakosti denního osvětlení. Je to poměr vnitřní osvětlenosti E v dané bodě k venkovní osvětlenosti E_h nezacloněné vodorovné roviny za známého nebo předpokládaného rozložení jasu oblohy, viz vztah.

$$e = \frac{E}{E_h} \cdot 100 \quad (\% ; lx, lx) \quad (3.2)$$

Předpokládá se, že obloha je rovnoměrně zatažená s jednoznačně definovaným jasem. Pro stanovení činitele denní osvětlenosti výpočtem se rozlišují tři složky:

$$e = e_o + e_e + e_i \quad (\% ; \%, \%, \%) \quad (3.3)$$

kde: e_o je oblohová složka činitele denní osvětlenosti,
 e_e je vnější odražená složka činitele denní osvětlenosti,
 e_i je vnitřní odražená složka činitele denní osvětlenosti,



Obr. 3.1 Složky činitele denního osvětlení.

Oblohová složka činitele denní osvětlenosti se udává v procentech a stanoví se podle vztahu:

$$e_o = \frac{E_o}{E_h} \cdot 100 \quad (\% ; \text{lx}; \text{lx}) \quad (3.4)$$

kde: E_o je osvětlenost bodu dané roviny oblohovým světlem,
 E_h je srovnávací osvětlenost v bodě venkovní nezastíněné roviny,

Vnější odražená složka činitele denní osvětlenosti se udává v procentech a stanoví se podle vztahu:

$$e_e = \frac{E_e}{E_h} \cdot 100 \quad (\% ; \text{lx}; \text{lx}) \quad (3.5)$$

kde: E_e je osvětlenost bodu dané roviny vnějším odraženým světlem,
 E_h je srovnávací osvětlenost v bodě venkovní nezastíněné roviny,

Vnitřní odražená složka činitele denní osvětlenosti se udává v procentech a stanoví se podle vztahu:

$$e_i = \frac{E_i}{E_h} \cdot 100 \quad (\% ; \text{lx}; \text{lx}) \quad (3.6)$$

kde: E_i je osvětlenost bodu dané roviny vnitřním odraženým světlem,
 E_h je srovnávací osvětlenost v bodě venkovní nezastíněné roviny,

3.3.2 Hodnocení denního osvětlení

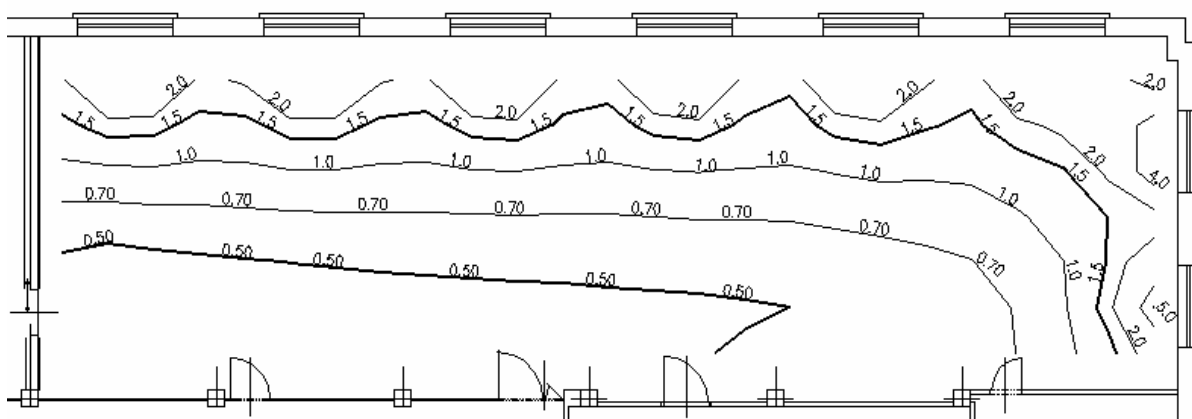
Rozlišuje se denní osvětlení:

- horní (světlíky ve střeše)
- boční (okna, boční zasklení)
- kombinované (boční a horní)
- sekundární (osvětlení přes jiný osvětlovací prostor)

Podle rozmístění bočních osvětlovacích otvorů v obytných stěnách se rozeznává boční osvětlení:

- jednostranné (unilaterální) – osvětlovací otvory na jedné stěně
- dvojstranné (bilaterální) – osvětlovací otvory ve dvou protilehlých stěnách
- dvojstranné – osvětlovací otvory ve dvou stýkajících se obvodových stěnách
- vícestranné – osvětlovací otvory ve více než dvou stěnách

V případě horního osvětlení anebo kombinovaného osvětlení s převahou světla shora musí být dodržena průměrná e_m a také minimální e_{min} hodnota činitele denní osvětlenosti. U bočního osvětlení jsou velké hodnoty činitele denní osvětlenosti u okna, směrem dovnitř klesají viz obr. 3.2.



Obr. 3.2 Příklad hodnot izofot činitele denní osvětlenosti při bočním osvětlení.

Je rovněž vyšší vertikální složka činitele denní osvětlenosti, čímž je i lepší viditelnost a lepší rozlišitelnost kritických detailů. Navíc, má-li boční osvětlení dostatečně nízký parapet, je rovněž nezanedbatelný zrakový kontakt s okolím. Horní osvětlení se vyznačuje vyšší rovnoměrností osvětlení v prostoru.

Zraková činnost se podle poměrné pozorovací vzdálenosti kritického detailu zařazuje do sedmi tříd, které principiálně odpovídají kategoriím osvětlení pro umělé osvětlení viz tabulka 3.1.

Tab. 3.1 Třídění zrakových činností a hodnoty činitele denní osvětlenosti

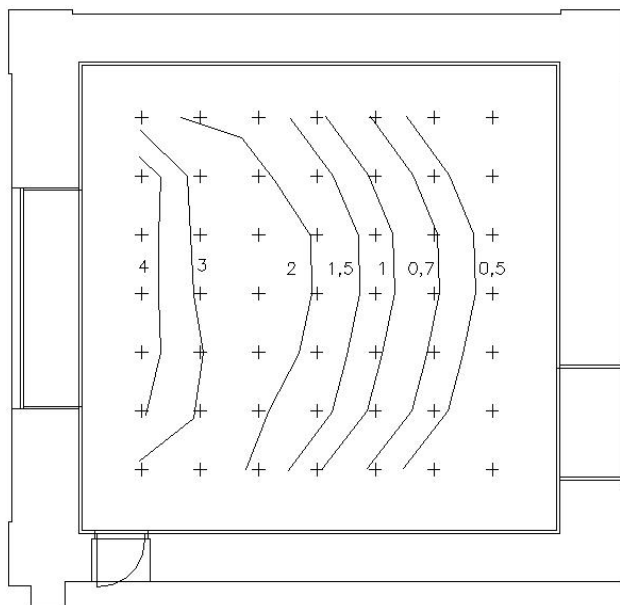
Třída zrak. čin.	Charakteristika rizika zrakové činnosti	Poměrná pozorovací vzdálenost	Příklady zrakových činností	Hodnota č. d.o. v %	
				minim. e_{min}	prům. e_m
I	mimořádně přesná	3330 a větší	Nejpřesnější zraková činnost s omezenou možností, s požadavkem na vyloučení chyb v rozlišení, nejobtížnější kontrola.	3,5	10
II	velmi přesná	1670 až 3330	Velmi přesné činnosti při výrobě a kontrole, velmi přesné rýsování, ruční rytí s velmi malými detaily, velmi jemné umělecké práce.	2,5	7
III	přesná	1000 až 1670	Přesná výroba a kontrola, rýsování, technické kreslení, obtížné laboratorní práce, náročné vyšetření, jemné šití, vyšívání.	2	6
IV	středně přesná	500 až 1000	Středně přesná výroba a kontrola, čtení, psaní, obsluha strojů, běžné laboratorní práce, vyšetření, ošetření, hrubší šití, pletení, žehlení, příprava jídel, závodní sport.	1,5	5

V	hrubší	100 až 500	Hrubší práce, manipulace s předměty a materiálem, konzumace jídla a obsluha, oddechové činnosti, základní a rekreační tělovýchova, čekání.	1	3
VI	velmi hrubá	menší než 100	Udržování čistoty, sprchování a mytí, převlékání, chůze po komunikacích přístupných veřejnosti.	0,5	2
VII	celková orientace	-	Chůze, doprava materiálu, skladování hrubého materiálu, celkový dohled.	0,25	1

Průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti se určuje v uvažovaném prostoru jako aritmetický průměr hodnot zjištěných v pravidelné síti bodů, přičemž krajní body jsou vzdálené 1 m od stěn.

Vzájemná vzdálenost kontrolních bodů se volí dle velikosti prostoru od 1 do 6 m. U vnitřních prostorů s šířkou menší než 3 m stačí jedna řada kontrolních bodů umístěných v ose prostoru.

V odůvodněných případech se zjišťují činitelé denní osvětlenosti ještě v dalších významných bodech. Denní osvětlení může být odstupňované, což je denní osvětlení, jehož úroveň je odstupňována pro jednotlivé funkčně vymezené části vnitřního prostoru podle charakteru zrakových činností, pro něž jsou tyto vymezené části určeny. Názornou grafickou pomůckou při řešení denního osvětlení jsou tzv. izofoty, což jsou čáry spojující místa stejných hodnot činitele denní osvětlenosti na srovnávací rovině. Kreslení průběhu izofot se navrhuje tak, aby jejich hustota dávala možnost posoudit rozložení denního světla, a aby byly zachyceny požadované nejmenší hodnoty činitele denní osvětlenosti pro jednotlivé druhy zrakových činností. Příklad pravidelné sítě kontrolních bodů a uspořádání izofot v běžné kancelářské místnosti s bočním osvětlením je na obr. 3.3.



Obr. 3.3 Příklad hodnot činitele denní osvětlenosti a rozmístění kontrolních bodů při bočním osvětlení.

Isofota 1,5 % vymezuje pracovní prostor s kancelářskou činností, tzn. čtení a psaní. Prostor za touto čarou již pro tyto práce nevyhovuje.

Požadavky na nejmenší hodnoty činitele denní osvětlenosti podle tab. 3.1 se zvyšují za těchto okolností:

- při malém kontrastu jasů nebo barev mezi pozorovaným kritickým detailem a jeho bezprostředním okolí. Za malý kontrast se považují jasy od 2:1 a 1:2,
- je-li doba pozorování omezena na krátký časový okamžik (např. 1 sekunda a méně) nebo při rychlém pohybu pozorovaného předmětu,
- může-li chyba v pozorování způsobit havárii, úraz atd.,
- při stáří nadpoloviční většiny uživatelů nad 40 let,
- při některých zrakových vadách pozorovatelů,
- při uplatnění zvláštních činitelů zhoršujících vidění (kouř, pára atd.).

Při uplatnění prvních čtyř okolností se zvyšuje činitel denní osvětlenosti podle tab. 3.1 o jednu polovinu rozdílu s nejbližší vyšší třídou. Při dvou okolnostech se zvýší činitel o celou třídu. Zvýšení činitele denní osvětlenosti u posledních dvou okolností stanovuje hygienický útvar. Při trvalém pobytu lidí v prostoru, je to pobyt lidí ve vnitřním prostoru, který trvá v průběhu jednoho dne - za denního světla - déle než 4 hod. a opakuje se při trvalém užívání budovy déle než jednou týdně), musí být minimální hodnota činitele denní osvětlenosti ve vnitřním prostoru nebo v jeho funkčně vymezené části rovna ($e_{\min} = 1,5 \%$) a průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti musí být rovna ($e_m = 3 \%$), i když pro danou zrakovou činnost stačí nižší hodnoty. Těmto hodnotám se rovněž říká hygienické minimum stejně jako u umělého osvětlení.

3.3.3 Rovnoměrnost denního osvětlení

Rovnoměrnost denního osvětlení se určuje jako podíl nejmenší a největší hodnoty činitele denní osvětlenosti zjištění v kontrolních bodech sítě na vodorovné srovnávací rovině dle vztahu:

$$r = \frac{e_{\min}}{e_{\max}} \quad (- ; \% ; \%) \quad (3.7)$$

kde: $e_{\min}$ je minimální hodnota činitele denní osvětlenosti v posuzovaném prostoru,
 $e_{\max}$ je maximální hodnota činitele denní osvětlenosti v posuzovaném prostoru,

Hodnota rovnoměrnosti denního osvětlení v prostorách, kde se vyžaduje jen minimální činitel denní osvětlenosti, nemá být ve třídách zrakových činností I až IV menší než 0,2. Ve třídě V menší než 0,15. Ve třídách I až III se doporučuje rovnoměrnost osvětlení nejméně 0,3. V prostorách, kde se vyžadují i průměrné hodnoty činitele denní osvětlenosti, je přiměřená rovnoměrnost denního osvětlení zabezpečena splněním těchto hodnot. Přechází-li se častěji mezi sousedními vnitřními prostory, nesmí být mezi nimi poměr minimálních nebo průměrných činitelů denní osvětlenosti menší než 1:5.

3.3.4 Výpočet denního osvětlení dostupnými výpočetními programy

V dnešní době je na trhu celá řada výpočetních programů pro výpočet denního osvětlení vnitřních prostorů a proslunění obytných budov. Tyto programy jsou výkonným prostředky ke stanovení parametrů denního osvětlení, jejichž hodnoty je třeba znát ke správnému návrhu osvětlení tak, aby bylo dosaženo požadovaného zrakového výkonu i zrakové pohody. Výsledky získané těmito programy odpovídají požadavkům ČSN 73 0580 i ČSN 360020. Jako

příklad je zde uveden výpočetní program společnosti Astra 92 a.s. pro výpočet denního osvětlení WDLS.

Program obsahuje :

- výpočet činitele denní osvětlenosti (č.d.o.) v zadané síti výpočetních bodů
- výpočet oblohové, vnější i vnitřní složky č.d.o.
- univerzální vektorové zadávání osvětlovacích otvorů s podporou snadnějšího zadávání jednoduchých bočních soustav; samozřejmostí je možnost zadávání střešních oken a světlíků
- možnost zadání soustav vnějších i vnitřních překážek modelujících skutečné tvary prostoru a stínící objekty
- integrovaný výpočet ztrát světla dle ČSN
- pohodlný způsob zadávání vstupních dat pomocí dialogových panelů Windows se současným grafickým zobrazením těchto dat
- export výsledků do programu pro výpočet umělého osvětlení k vyhodnocení sdruženého osvětlení
- podrobnou nápovědu, která Vám usnadní práci s programem

Světelně technické vlastnosti programu:

- oblohová složka č.d.o. se počítá metodou numerické integrace neboli dělení světelných zdrojů – osvětlovacích otvorů
- vnitřní odraženou složku lze v této nové verzi počítat univerzální metodou mnohonásobných odrazů; pro jednodušší případy lze variantně použít pro boční soustavy i empirické metody Krochmann – Kittler a B.R.S., pro horní soustavy metodu tokovou Kovoprojekty Bratislava (ing. Rybár)
- vnější odražená složka se počítá náhradním způsobem - podílem z oblohové složky
- stínící vlastnosti budov, interiérových a stavebních prvků lze respektovat soustavami neprůsvitných odrazných překážek, definovaných jako hranoly
- grafické zobrazení výsledků lze nastavit pro zobrazení izofot

Ostatní vlastnosti programu:

- použitelný pro Windows 95, 98 a Windows NT
- úplná česká diakritika
- export grafických výsledků formátem DXF
- export výsledků do systému Wils

4. UMĚLÉ A SDUŽENÉ OSVĚTLENÍ

4.1 Úvod

Cílem osvětlení je vytváření zrakové pohody, což je příjemný a příznivý psychofyzilogický stav organismu, vyvolaný optickou situací vnějšího prostředí, který odpovídá potřebám člověka při práci a při odpočinku a umožňuje zraku optimálně plnit jeho funkci. Správné osvětlení, navržené podle zásad současné světelné techniky a respektující psychologické, fyziologické a biologické požadavky ovlivňuje kvalitu práce, únavu a zdravotní stav lidského organismu.

Rozlišují se následující druhy osvětlení:

- denní osvětlení - osvětlení přímým slunečním světlem a rozptýleným oblohovým světlem (popsáno v kapitole denní světlo),
- umělé osvětlení - osvětlení pomocí umělých zdrojů (převážně elektrických),
- sdružené osvětlení - současné používání denního a umělého osvětlení v jednom prostoru.

4.2 Umělé osvětlení

Umělé osvětlení je realizováno pomocí umělých světelných zdrojů. Jejich světlo nahrazuje denní světlo tam, kde je ho nedostatek, např. vzdálená místa od oken nebo při zastínění pracovní plochy překážkou. Moderní světelné zdroje umožňují vytvořit ve vnitřních prostorách umělé osvětlení kvantitativně srovnatelné s denním světlem.

4.2.1 Požadavky na umělé osvětlení

- Intenzita osvětlení

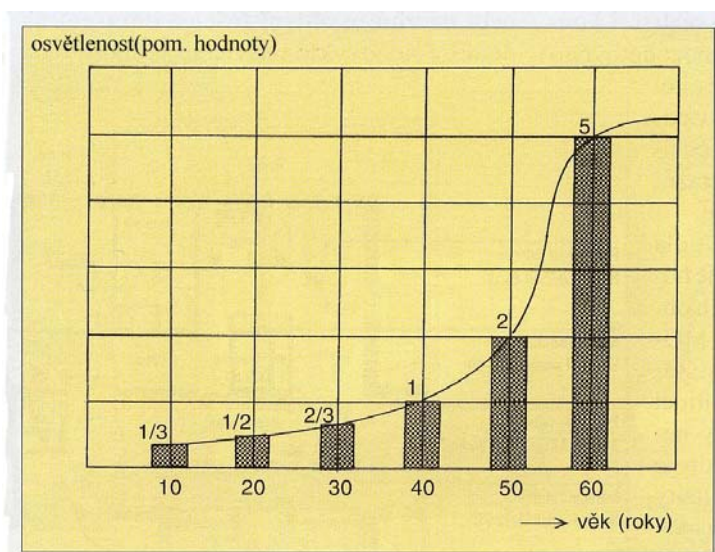
Intenzitu umělého osvětlení navrhujeme na požadovaný zrakový výkon. Požadované intenzity osvětlení přiřazené pracovním činnostem jsou uvedeny v tab. 4.1.

Tab. 4.1 Doporučené rozsahy osvětlenosti podle CIE

Osvětlenost (lx)	prostor, místo, druh činnosti
20-30-50	základní jednoduchá zraková orientace v prostředí
50-75-100	jednoduchá orientace, kratší doba jednoduché činnosti
100-150-200	prostory, které nejsou dlouhodobě užívány pro pracovní účely, prostory obytné a společenské
200-300-500	zraková místa pro jednodušší, běžné pracovní úkoly (kanceláře, školy)
500-750-1000	zraková místa pro vizuálně náročnější déle trvající pracovní úkony
1000-1500-2000	zvláště náročné zrakové úkoly
více než 2000	velmi náročné zrakové úkoly

Z tabulky plyne skutečnost, že čím je obtížnější zrakový výkon, tím je vyšší intenzita osvětlení na základě toho, že oko musí rozlišovat menší detaily. Potřebná intenzita se zvyšuje s délkou zrakové činnosti, s rychlostí změn pozorovaného detailu a s menšími kontrasty pozorovaných ploch. Konkrétní hodnoty osvětlení pro různé druhy činnosti jsou uvedeny ve stále platící normě ČSN 360450 a v nově vydané ČSN EN 12464-1, která byla převzata

z evropské normy pro osvětlování. Hodnoty osvětlenosti pro stejný zrakový výkon se rovněž zvyšuje s věkem člověka. Tato závislost je uvedena na obr. 4.1.



Obr. 4.1 Potřebná intenzita osvětlení pro stejný zrakový výkon při různém věku lidí.

➤ Rozložení jasů

Je základním kvalitativním parametrem osvětlení. Pro zrakový výkon, zrakovou pohodu a zamezení únavy jsou rozhodující jasy a jejich rozložení v zorném poli. Optimální poměr jasu místa úkolu k jasů okolí úkolu a jasů vzdáleného okolí je 10:4:3. Účelné rozložení jasů je možno dosáhnout vhodnou úpravou povrchů (stěny, stropy, nábytek, atd.) a vhodnou volbou světelných zdrojů.

➤ Směrovost světla

Směr osvětlení se má volit tak, aby svítidlo nebylo v zorném poli a tudíž neoslňovalo. Světlo má dopadat do místa úkolu převážně zleva a shora, pokud možno ze zadu přes levé rameno.

➤ Oslnění

Ve vnitřních prostorách se hlavně jedná o oslnění relativní, které může být způsobeno buď přímo zdroji světla, svítidly nebo odrazy od lesklých povrchů. Při návrhu osvětlení musíme oslnění oka omezit na nejmenší míru dle platných norem. Toho se dosáhne správným rozmístěním svítidel, užitím svítidel s malým jasnem, svítidel s vhodnou mřížkou a použitím rozptylných povrchů.

➤ Stálost osvětlení

Rychlé časové změny osvětlenosti, způsobené kolísáním napětí popřípadě mechanickými příčinami, rušivě ovlivňují zrakový vjem a navíc mohou zapříčinit vznik stroboskopického jevu.

➤ Rovnoměrnost osvětlení

Rovnoměrnost osvětlení je ovlivněna roztečí a rovnoměrným rozmístěním svítidel. Při nedodržení požadované rovnoměrnosti negativně ovlivníme zrakový výkon tím, že oko musí stále adaptovat. Rovnoměrnost se určuje na srovnávací rovině v místě úkolu se poměr nejmenší a místně průměrné osvětlenosti dle vztahu:

$$r = \frac{E_{\text{min}}}{E_p} \quad (-; lx, lx) \quad (4.1)$$

Požadované rovnoměrnosti pro zrakové třídy jsou uvedeny v normách zmíněných v části popisu intenzity osvětlení.

➤ Způsob osvětlení

Způsob osvětlení vnitřních prostorů dělíme podle rozdělení světla na tyto druhy:

Přímé osvětlení – veškerý světelný tok od svítidel dopadá směrem dolů na pracovní plochu nebo na podlahu.

Polopřímé osvětlení - svítidlo vyzařuje světelný tok také na stěny a strop, kde se odráží do místa pracovního úkolu.

Smíšené osvětlení - světelný tok se rozptyluje stejnoměrně všemi směry a podlaha, strop a stěny jsou zhruba stejně osvětleny.

Nepřímé osvětlení - všechny světelný tok dopadá do místa úkolu jako odražený od stropu a horní části stěn.

4.3 Sdružené osvětlení

Sdružené osvětlení je současné používání denního a umělého osvětlení v jednom prostoru. Sdružené osvětlení lze použít jen v odůvodněných případech, kdy z příčin výrobně technologických, výrobně organizačních, mikroklimatických, stavebně konstrukčních a urbanistických nelze zajistit denní osvětlení na požadované úrovni. Sdružené osvětlení pro trvalý pobyt vyžaduje hladinu osvětlenosti, např. v kategorii B3, 400 lx (rozumí se tím součet denního a umělého osvětlení).

4.3.1 Požadavky na sdružené osvětlení

Sdružené osvětlení se rozděluje na celkové a místní.

Celkové sdružené osvětlení je současné osvětlení denním a doplňujícím celkovým nebo odstupňovaným osvětlením.

Sdružené osvětlení místní je současné osvětlení denním světlem a doplňujícím místním umělým osvětlením na zastíněném místě vnitřního prostoru.

Ve vnitřních prostorech se sdruženým osvětlením mohou být tato pásma:

- s vyhovujícím denním osvětlením. Hodnoty činitele denní osvětlenosti splňují požadavky dané v tabulce 4.1. Třídění zrakových tříd a hodnoty činitele denní osvětlenosti uvedené v popisu denního světla (hodnocení podle ČSN 73 05 80 - Denní osvětlení budov)
- se sdruženým osvětlením. V tomto pásmu nejsou splněny hodnoty činitele denní osvětlenosti pro určitou zrakovou třídu, avšak musí se rovnat předepsaným hodnotám činitele denní osvětlenosti. Například pro zrakovou třídu IV (kancelář, učebna) se

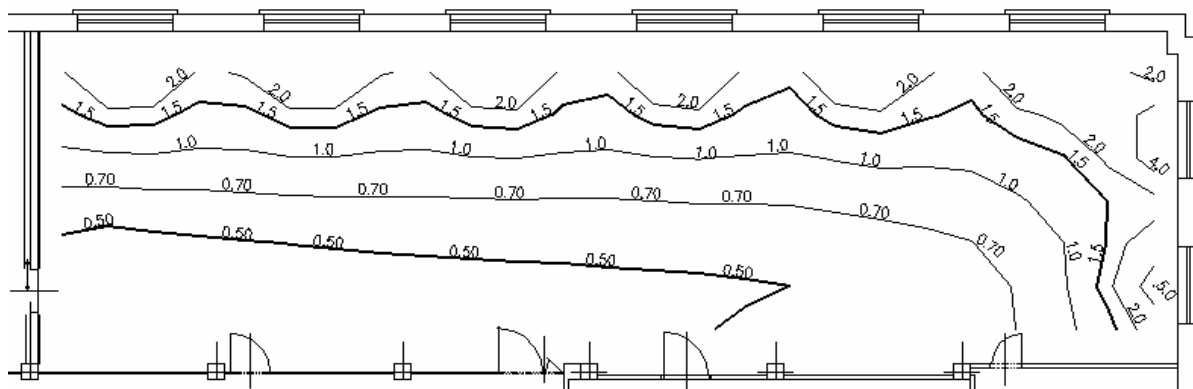
musí činitel denní osvětlenosti pohybovat v rozmezí 0,5% -1,5% (hodnocení podle ČSN 36 00 20 - Sdružené osvětlení)

- s umělým osvětlením. V tomto pásmu jsou hodnoty činitele denní osvětlenosti menší než hodnoty předepsané (např. č.d.o. pod 0,5% pro třídu IV). Toto pásmo je považováno jako prostor bez denního osvětlení tzv. bezokenní prostor (hodnocení podle normy ČSN 360450 - Umělé osvětlení vnitřních prostorů)

4.3.2 Příklad sdruženého osvětlení

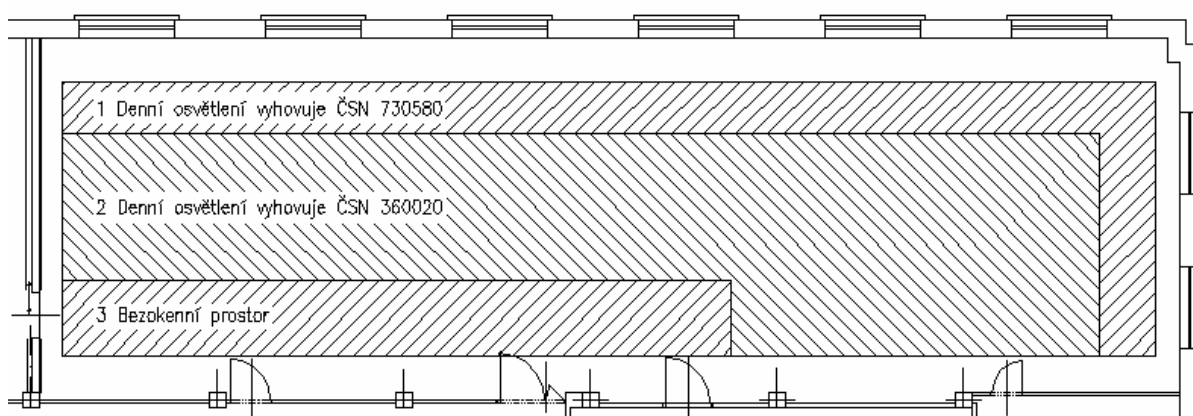
Jako příklad je uvedena místnost s bočním zasklením ze dvou stran. Stanovená zřaková třída denního osvětlení je IV (např. kancelář), odpovídající kategorii B3 umělého osvětlení. V místnosti uvažujeme trvalý pobyt pracovníků a s rovnoměrným rozmístěním pracovních míst po celém prostoru místnosti.

Na obr. 4.2 jsou znázorněny výsledky výpočtu denního osvětlení ve formě izofot.



Obr. 4.2 Hodnoty č.d.o. v počítané místnosti.

Na obr. 4.3 je vzorová místnost rozdělena do tří pásma, které jsou popsána v úvodu kapitoly.



Obr. č. 4.3 Rozdělení počítané místnosti z hlediska č.d.o. do tří pásma.

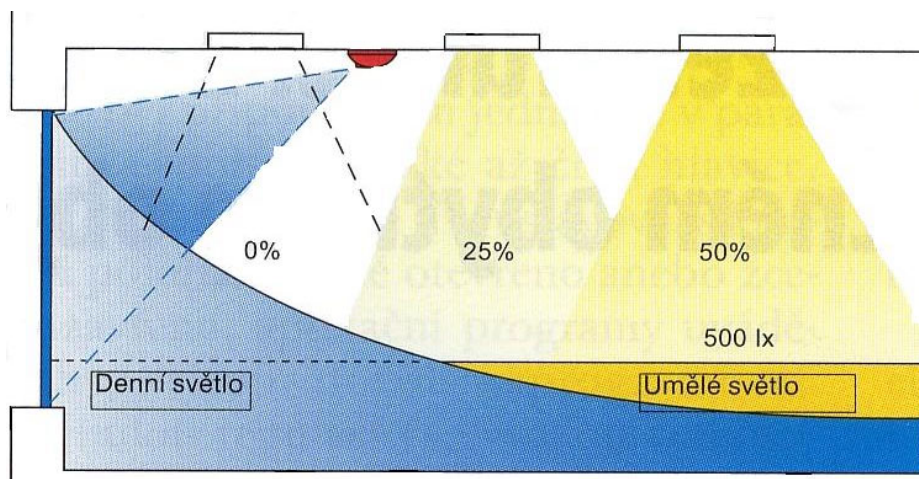
Hodnoty osvětlenosti sdruženého osvětlení jsou dány součtem složky denní a umělé a určují se v luxech. Přepočet činitele denní osvětlenosti s procent na luxy se provádí pro dvě hladiny venkovní osvětlenosti. První (minimální) hladina má hodnotu 5000 lx, což je srovnávací osvětlenost venkovní nezastíněné roviny při rovnoměrně zatažené obloze. Druhá hladina má hodnotu 20000 lx a odpovídá střední hodnotě venkovní osvětlenosti během roku. Tyto

hodnoty se dosadí do vztahu č. 3.2 za E_h a pro zvolený činitel denní osvětlenosti se vypočte jemu příslušející osvětlenost E v (lx), která je uvedená v následující tabulce.

Tab. 4.2 Hodnoty sdruženého osvětlení pro jednotlivá pásma

Prostor	č.d.o. min.	E při 5000 lx	E při 20000 lx	Ep _k (lx)
1 - vyhovující dle ČSN 73 05 80	1.5	nad 75	nad 300	300
2 - vyhovující dle ČSN 36 00 20	0.5	nad 25	nad 100	400
3 - bezokenní prostor	do 0.5	do 25	do 100	400-500

Pro návrh umělého osvětlení pro tuto místnost bychom mohli například použít řízenou osvětlovací soustavu v závislosti na denním světle. Hodnota konstantní intenzity osvětlení by se mohla nastavit na 400 lx, protože v počítané místnosti je toto pásmo nejširší. Pro snímání denní osvětlenosti je možné použít senzor na stropě místnosti. Při zářivkovém osvětlení by rozložení jednotlivých složek osvětleností od okenního otvoru vypadalo následovně.



Obr. 4.4 Poměr denního a umělého osvětlení v místnosti.

5. HYGIENICKÉ A LEGISLATIVNÍ ASPEKTY OSVĚTLOVÁNÍ

Hygienické požadavky na osvětlení – jeho kvantitu i kvalitu – jsou definovány v současně platných hygienických předpisech a světelně technických normách. Přesněji řečeno hygienické předpisy se dovolávají normotvorných hodnot, nebo je přebírají a svým vyšším postavením v legislativní hierarchii je stanovují závaznými. Základem světelně technických norem je anebo by mělo být pokrytí všech základních fyziologických požadavků nezbytných pro zdravé vidění, vytvoření takových světelných podmínek, které zprostředkují člověku potřebné zrakové informace. Správné chápání norem není zakotveno ve výpočtu dosažených a v projektu dokumentovaných parametrů jak je v praxi velmi časté, nýbrž také v jejich správné volbě, přiměřenosti a souhře.

Co je to vlastně světlo? Oficiální definice světla jsou dvě.

1. Záření schopné vzbudit zrakový vjem, zhodnocený měřítky lidského zraku – definice předpokládá fyzikální existenci světla.
2. Z fyziologického hlediska je světlo společný znak všech počitků a vjemů vznikajících prostřednictvím zrakového orgánu.

Fyzikálně je to, čemu se říká světlo, resp. čím je světlo vybuzováno, elektromagnetické záření, které má určité specifické vlastnosti. Z kvantové podstaty světla plyne statistická povaha pochodů, jimž vděčíme za vidění, frekvence vln je nositelem významné informace o barvách. Viditelné světlo je tedy schopno vzbudit zrakový vjem, což je podstatou vidění, a jehož cílem, jak již bylo řečeno, je poznání.

Stejně významné místo jako proces vidění zaujímá nezastupitelně celkové působení denního světla na člověka, na jeho neuroendokrinní systém, na tzv. biorytmy či vliv na psychické reakce člověka. Časová proměnnost a dynamičnost ve srovnání s umělým světlem je jeho kladnou vlastností. Proměnlivost denního světla i různé pohybové změny v přírodě upoutávají svou dynamikou pozornost. Mimovolné chvilkové přerušování stereotypů monotónní zrakové činnosti má určité regenerační účinky obvykle doprovázené adaptační a akomodační změnou.

Již dávno si odborníci uvědomují, že pro dokonalé osvětlení prostor nestačí pouze dostatečná osvětlenost. Neméně důležitými, často i nejdůležitějšími jsou požadavky na kvalitu osvětlení, hlavně na jasovou distribuci v pohledovém poli uživatelů prostoru a na spektrální složení použitého světla. Zrakový systém člověka je schopen vnímat jas a odhadovat jeho hodnotu. Ačkoliv intenzita osvětlení povrchů v našem přirozeném prostředí značně kolísá, vnímáme jasy těchto povrchů jako relativně stálé.

Světelné technické požadavky na jemné zrakové práce se odvíjejí od jasů ve foveálním zorném poli. Jasový kontrast mezi zrakovým úkolem (např. písmenem v knize) a bezprostředním pozadím (např. stránkou knihy) určuje stupeň viditelnosti úkolu. Žádoucí pro dobré vidění, to znamená nejlepší rozlišitelnost, je co nejvyšší kontrast. Poměr jasů mezi bezprostředním pozadím (kupř. stránkou v knize) a ostatní částí zorného pole jsou naopak žádoucí nízké. Nízké poměry jasů v celém zorném poli určují kvalitu zrakového prostředí. V praxi se však mohou vyskytnout vysoce náročné zrakové práce, kdy drobný detail má oproti bezprostřednímu pozadí nízký jasový kontrast a i jas vzdáleného okolí je velmi nízký (např. šití černou nití na černé látce).

V pracovním prostředí jsou normou vyžadovány vysoké adaptační jasy. Optimální poměr jasů místa úkolu k jasů okolí úkolu a k jasů vzdáleného okolí je 10:4:3. V prostorách určených

k aktivnímu odpočinku se vyžadují adaptační jasy přibližně poloviční. Vyšší adaptační jasy než v předchozím případě se značnou jasovou nerovnoměrností vyžadují reprezentační prostory. Nejnižší jasy a střední jasové kontrasty vyžaduje intimní prostředí.

Poměr jasů mezi dnem a nocí se může měnit v širokých mezích. Používají-li se prostory pro práci ve dne i v noci, je nutné zhodnotit distribuci jasů. Podle toho jak působí na pozorovatele v různých fázích pobytu, či pracovní doby. Např. velká plocha oblohy se může náhodnému pozorovateli jevit jako nedůležitá. Dokonce může působit i příjemně, ovšem může být také velmi rušivým zdrojem oslnění, je-li umístěna v periferním zorném poli po delší dobu pracovního dne. Tatáž obloha může být v noci zdrojem obtěžování pro svůj nízký jas. Dobře navržené a jinak vhodné svítidlo může oslňovat, vidíme-li ho proti tmavé zdi nebo stropu. O tom, jaké jsou hodnoty jasu jednotlivých povrchů v zorném poli rozhoduje:

- a) osvětlenost daného povrchu
- b) koeficient odrazu a způsob úpravy povrchu
- c) jde-li o povrch svítidla či primárního zdroje, tak svítivost ve směru pohledu pozorovatele. Uvedené požadavky na rovnoměrnost jasů je možno realizovat vhodnou distribucí světelného toku svítidel a jejich uspořádáním, jednak použitím vhodných povrchů (matných s vysokým činitelem odrazu) a vhodným cloněním primárních zdrojů světla ve směru pohledu. Umělé osvětlení umožňuje většinou řešit tuto problematiku snadněji než přírodní osvětlení.

Nejexemplárnějším případem působení nerovnoměrnosti jasů v zorném poli je oslnění. Při postupném zvyšování jejich nerovnoměrnosti se obvykle nejprve pozoruje zlepšení zrakových funkcí. Vyšší jas sice přitahuje pohled, ale rozhodující úlohu tu sehrává informační obsah nesený tímto zdrojem. Po překročení hranic adaptability na jasové rozdíly, tedy po vyčerpání rezerv, se zrakové funkce začínají zhoršovat. Oslnění se může nepříznivě projevit pouze subjektivně (rušivé oslnění nazývané psychologickým) nebo objektivně, tedy zhoršením vidění (oslnění fyziologické). Oslnění je tím větší, čím je:

- a) vyšší jas oslňujícího zdroje
- b) zdroj blíže směru pohledu
- c) větší plocha oslňujícího zdroje
- d) nižší celkový adaptační jas zorného pole. Na tomto základě jsou stanovena kritéria hodnocení oslnění např. naší doporučenou ČSN 36 0008 nebo pro tento účel vypracovanými empirickými vzorci.

Naopak je známo, že úsilí o rovnoměrnost jasů v zorném poli (v prostoru i čase) nesmíme brát do krajnosti a vytvářet světelně úplně jednotvárné prostředí. Je třeba hledat určitý střední rozsah, který není dobré překročit ani směrem nahoru (oslnění) ani směrem dolů (monotónnost). Zároveň musíme počítat s individuálními rozdíly, zvláště při vlivu různě umístěného světlejšího zdroje na viditelnost. Značnou úlohu hraje i různá adaptabilita lidí na světelné prostředí, zvláště když se uplatňuje více protichůdných reflexních mechanismů zraku, jednou ve směru povzbuzujícím, jindy tlumícím nebo rušivém vlivu nerovnoměrnosti jasu v zorném poli.

Inteligentní řízení osvětlovacích soustav musí vycházet z výše uvedených rozborů a musí být navrženo tak, aby zvyšovalo komfort vidění a mohlo se přizpůsobit individuálním požadavkům uživatele. V žádném případě nesmí např. stmívání zhoršit jasovou distribuci v pohledovém poli pozorovatelů. Inteligentní řízení může zavést do umělého osvětlení dynamický faktor, který je běžný u denního osvětlení.

6. ELEKTRICKÉ PŘÍSTROJE, SENZORY A INSTALACE V INTERIÉRECH

6.1 Požadavky na elektrické rozvody

Elektrický rozvod musí podle druhu provozu splňovat požadavky na:

- bezpečnost osob
 - provozní spolehlivost
 - přehlednost rozvodu
 - snadnou přizpůsobivost rozvodu
 - hospodárnost rozvodu
 - hospodárné použití typizovaných jednotek
 - vzhled
 - zamezení nepříznivých vlivů a rušivých napětí
- Prostředí v jednotlivých prostorách se stanoví podle ČSN EN 33 2000-3.
 - Ochrana před nebezpečným dotykem se provádí dle ČSN EN 33 2000-4-41.
 - Značení vodičů se provádí podle ČSN EN 33 0165.
 - Každé elektrické zařízení musí být podrobena výchozí revizi podle ČSN 33 1500 a ČSN 33 2000-6-61.

Elektrická zařízení, jejichž funkce je nutná např. při evakuaci obyvatelstva nebo při hašení požáru se připojí samostatným vedením z přípojkové skříně nebo z hlavního rozvaděče.

Průřezy vodičů se volí podle ČSN EN 33 2000-5-523, ČSN 33 2000-4-43 a ČSN 33 2000-4-473.

Rozvaděče a rozvodnice musí být v provedení, které vyhovuje prostředí v prostoru, ve kterém jsou umístěny. Před elektroměrovým rozvaděčem nebo jádrem musí být volný prostor o hloubce alespoň 80cm s rovnou podlahou.

Na jeden světelný obvod se smí připojit tolik svítidel, aby součet jejich jmenovitých proudů nepřekročil jmenovitý proud jističího přístroje obvodu. Jmenovitý proud ovládacího přístroje nesmí být menší než součet jmenovitých proudů všech svítidel tímto přístrojem ovládaných. Světelné zdroje se zvlášť nejistí, proti nadproudu se jistí jen jejich přívodní vedení.

Kolébkové spínače a ovládače se osazují tak, aby do polohy zapnuto bylo nutno stlačit kolébku nahoře. Toto ustanovení se netýká střídavých a křížových přepínačů.

Vedení světelného obvodu se jistí jističi, nebo pojistkami se jmenovitým proudem nejvýše 25A.

Na zásuvkové obvody lze podle potřeby pevně připojit jednoúčelové spotřebiče pro krátkodobé použití do příkonu 2,1kW. Zásuvky musí mít ochranný kolík připojený na ochranný vodič. Jednofázové zásuvky se připojují tak, aby ochranný kolík byl nahoře a střední vodič byl připojen na pravou dutinku při pohled zředu.

Na jeden zásuvkový obvod lze připojit nejvýše 10 zásuvkových vývodů. Zásuvky s dvojitými svorkami se doporučuje připojovat smyčkováním. Dvojzásuvka se nesmí připojit do dvou různých obvodů.

Na jeden trojfázový obvod lze připojit několik trojfázových zásuvek na stejný jmenovitý proud. Zásuvky o různém jmenovitém proudu se nesmějí zapojovat do stejného obvodu.

Pojistka nebo jistič v zásuvkovém obvodu jistí pouze rozvod k zásuvkám a nejistí připojený spotřebič. Pro pevně připojené spotřebiče o příkonu nad 1200VA se zřizují samostatně jištěné obvody. Trojfázové spotřebiče mohou být připojeny na jeden obvod, pokud jejich celkový výkon nepřesáhne 15kVA.

Značení vodičů při styku vodičů se starým a novým označením se provádí podle ČSN 33 0165.

V budovách, kde je zaveden plyn, nesmí být instalovány jiskřící zvonky (tj. zvonky s přerušovačem).

6.2 Připojování elektrických přístrojů a spotřebičů

Norma ČSN EN 33 2180 schválená 4/79 s účinností 5/80, změna 1/87, platí pro připojování, upevňování a umístování silových elektrických přístrojů a spotřebičů všech napěťových kategorií a to včetně přístrojů a spotřebičů silových částí zařízení sdělovacích, řídicích a zvláštních.

Tato norma platí i pro připojování, upevňování a umístování dovážených elektrických přístrojů a spotřebičů.

Norma neplatí pro připojování, upevňování a umístování elektrických strojů a dále pro přístroje, spotřebiče a svítidla ve speciálních zařízeních, pokud pro ně byly vydány samostatné normy.

6.2.1 Všeobecně

Připojovat lze pouze taková zařízení, která odpovídají všeobecným předpisovým normám, zejména ČSN 33 2000. Připojením, upevněním a umístěním elektrických přístrojů a spotřebičů se nesmí narušit jejich správná funkce a snížit jejich bezpečnost a spolehlivost.

6.2.2 Základní požadavky na elektrické přístroje a spotřebiče

Přístroje smějí být zatěžovány jen podle jmenovitých údajů. Přívody musí být zavedeny a připojeny tak, aby byly dostatečně izolovány proti okolí a aby se neporušila ochrana před vlivem prostředí a před dotykem. Přístroje musí být připojovány tak, aby byla zaručena ochrana před úrazem elektrickým proudem ČSN EN 33 2000-4-41. Dimenzování a volba připojovacích vodičů přístrojů a spotřebičů a připojovacích šňůrových vedení se provádí podle výpočtového proudu, mechanického namáhání vodičů, dovoleného úbytku napětí, tepelné odolnosti, pracovního prostředí a z hlediska hospodárnosti. Přístroje a spotřebiče musí být umístěny a připojeny tak, aby nebyly zdrojem nepřipustného rušení. Při připojování spotřebičů na vícefázovou síť je třeba dbát na rovnoměrné zatížení fází. Všechny přístroje a spotřebiče musí být připojeny tak, aby je bylo možno jednotlivě nebo po skupinách odpojit od sítě a bylo možno na nich po odpojení bez nebezpečí pracovat.

6.2.3 Umístění a provoz

Přístroje musí být umístěny tak, aby údaje a označení, určené pro obsluhu, údržbu a revize, byly viditelné. Přístroje ve vnějších nebo venkovních zařízeních musí být umístěny tak, aby nebylo možno se k nim dostat bez zvláštních pomůcek, nejsou-li určeny a příslušně provedeny i pro obsluhu osobami bez elektrotechnické kvalifikace. Všechny elektrické obvody a všechny spotřebiče musí být možno vypnout, aby bylo možno zařízení bez nebezpečí opravovat. Obvody se střídavým proudem je možno spínat spínači bez mžikového spínacího ústrojí. Obvody se stejnosměrným proudem se přednostně spínají spínači se mžikovým spínacím ústrojím. Pro vypínání spotřebičů musí být užito spínačů vypínajících najednou všechny póly těch proudových obvodů spotřebiče, které mají napětí proti zemi. To platí i pro užití instalačních spínačů v obvodech se spotřebiči.

6.2.4 Spínače do 1000V

Spínače musí být umístěny tak, a mít takovou polohu, aby při vypínání nevzniklo nebezpečí poruchy. Pákové spínače musí být instalovány tak, aby se nemohly samy zapnout nebo vypnout. Spínače musí být upevněny k podložce šrouby nebo jiným stejně vhodným způsobem tak, aby se neuvolnily při práci, pro niž jsou určeny a aby se daly bez poškození vyměnit. Spínače musí být s kryty, které zabraňují vyšlehnutí elektrického oblouku nebo kterými by bylo možno dotknout se živých částí. Spínače musí být voleny především podle napětí a podle předpokládaného proudu. Vypíná-li spínač jeden spotřebič, stanoví se proud podle tohoto spotřebiče, vypíná-li rozvod s několika spotřebiči, stanoví se podle všech spotřebičů. Pro instalace jsou dovoleny spínače jmenovitého proudu nejméně 6A. Šňůrových spínačů se smí užívat jen do 6A.

6.2.5 Zásuvky a vidlice

Rozložení a výška zásuvek nad podlahou se volí tak, aby se z nich daly spotřebiče co nejvhodněji napájet, aby pohyblivé přívody co nejméně překážely a aby zásuvky samy nebyly při obvyklém užití vystaveny poškození, pokud před ním nejsou zvlášť chráněny. Zásuvky a přívodky, připojené buď přímo ke spotřebiči, nebo k pevně uloženým vedením, musí být upevněny šrouby nebo jiným stejně vhodným způsobem tak, aby se při provozu neuvolnily. Zásuvek bez ochranného kontaktu 10A, 250 V lze užívat jen ve starých zařízeních. Zásuvky a vidlice musí být voleny podle napětí a očekávaného proudu a podle prostředí, v němž mají být umístěny. V zařízeních s různým napětím a nebezpečím, kde by při záměně soustav vznikly škody na elektrickém zařízení nebo úraz, musí se užívat zásuvek nezáměnných. Elektrické spotřebiče připojované pohyblivým přívodem musí být opatřeny spínačem, který se při spojování a rozpojování zásuvkového spojení musí vypnout. U spotřebičů malého příkonu lze provádět spínání přímo vidlicí (např. přenosná svítidla, holicí strojky apod.).

6.2.6 Sdělovací přístroje

Sdělovací přístroje se musí stavět a obsluhovat jako zařízení silová. Napájecí přístroje, které slouží k napájení slaboproudých sdělovacích přístrojů ze silového zařízení, nesmějí mít vodivé spojení mezi silovou částí a místem pro připojení sdělovacího přístroje. Spojovací vedení mezi napájecím a sdělovacím přístrojem nesmějí být přístupna dotyku. Sdělovací přístroje rádiové smějí být připojovány jen na napětí nejvýše 250V proti zemi. Výjimky se povolují pro laboratoře, zkušebny a podobné provozovny s odbornou obsluhou.

6.2.7 Elektromechanické a elektrotepelné spotřebiče

Spotřebiče se musí volit především podle jmenovitého napětí v síti. Při volbě je nutno přihlížet k působení prostředí a k mechanickému namáhání, kterému budou vystaveny.

Spotřebiče musí být umístěny tak, jak to odpovídá jejich používání, pro něž jsou konstruovány.

6.2.8 Elektrická svítidla

Připojování, umístění, upevnění, ochranu před nebezpečným dotykem a ochranu před nebezpečným dotykovým napětím stanoví (ČSN 36 0600), ČSN EN 60 598.

6.3 Vypínací charakteristiky jističů

Doba za kterou bude nadproud přerušen se zjistí z ampérsekundové vypínací charakteristiky pojistek a jističů. Ampérsekundové charakteristiky pojistek a jističů jsou součástí průvodní dokumentace výrobce a jsou uvedeny v jeho katalozích.

Příklad hodnoty impedancí podle původní a nové ČSN 33 2000-4-41 jsou uvedeny v tabulce: Provozní napětí $U_o=230$ V, použitý jistič 10 A

Tab. 6.1 Hodnoty impedancí pro jistič $I_n = 10$ A

Charakteristika jističe $I_n=10$ A	B	C	D	Poznámky
Násobek proudu jističe	5	10	20	$Z=U_o/I_a$ $Z_{sm}=0,66 \times U_o/I_a$ $Z_{sv}=0,8 \times U_o/I_a$ $Z_{sv}=0,533 \times U_o/I_a$
Vypínací proud I_a	50	100	200	
Z_s - podle původní ČSN	4,6	2,3	1,15	
Z_{sm} - podle nové ČSN	3,04	1,52	0,76	
Z_{sv} - podle nové ČSN	3,68	1,84	0,92	
Z_{sv} - podle nové ČSN a dále upravené podle ČSN IEC 1200-53	2,45	1,23	0,613	

V případě, že by se jednalo o seřaditelný jistič např. 6,3 - 10 A, pak I_a musíme ještě násobit konstantou 1,25, přičemž pro výpočet není rozhodující na jaký proud I_n je jistič nastaven, ale uvažuje se hodnota jeho maximálního proudu, tedy 10 A. V daném případě by I_a pro tento jistič s charakteristikou B byl $10 \times 5 \times 1,25 = 62,5$ A. Z toho pak impedanční smyčka $Z_{sm}=2,43 \Omega$ a $Z_{sv} 1,96 \Omega$.

Co musí ještě zkontrolovat projektant, je maximální délka vývodu například kabelu CYKY $1,5 \text{ mm}^2$ v metrech od místa, kde byla změřena skutečná impedance $Z_{sm}=0,5 \Omega$ a to až do hodnoty $2,43 \Omega$, což je vypočteno na konci vývodu. Přírůstek odporu je tedy dán rozdílem obou hodnot odporů a činí $1,93 \Omega$. Výpočet je vztažen pro jistič 10 A s charakteristikou -B-.

Potom:
$$R = \frac{\rho \cdot l}{S} \quad l = \frac{R \cdot S}{\rho} = 1,93 \cdot 1,5 \cdot 56 = 162,12 \text{ m}$$

Pro ukázkou uvádíme některé běžně používané jistící prvky včetně jejich vypínacích charakteristik:

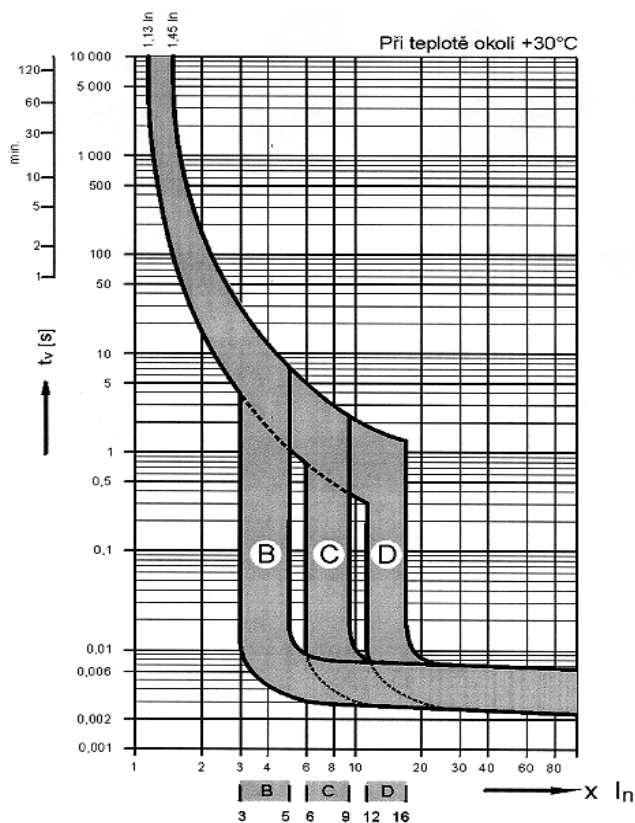
Tab. 6.2 Vnitřní odpory a ztrátové výkony jističů

Vnitřní odpory a ztrátové výkony - dané hodnoty platí vždy na jeden pól a jsou to střední hodnoty - ztrátové výkony platí pro jmenovitý proud		
Jmenovitý proud jističe (A)	Vnitřní odpor (mΩ)	Ztrátový výkon (W)
0,2	30500	1,2
0,4	7250	1,2
0,5	5000	1,25
0,6	3650	1,3
0,8	2200	1,4
1	1400	1,4
1,2	1000	1,45
1,6	560	1,45
2	375	1,5
4	98	1,55
6	27	1
8	19	1,2
10	12	1,2
13	12	2
16	7,8	2
20	5,3	2,1
25	4,2	2,6
32	2,7	2,75
40	1,8	2,9
50	1,3	3,25
63	1,1	4,45

Tab. 6.3 Hodnoty maximálních impedancí poruchové smyčky

Max. impedance poruchové smyčky - podle ČSN 33 2000-4-41 (platí od 1.1.1996, nahrazuje ČSN 34 1010) - uvažujeme síť TN, U _o =230V a tedy dobu odpojení 0,4s			
Jmenovitý proud jističe (A)	Maximální impedance poruch. proud. smyčky (Ω)		
	Vyp.char.B	Vyp.char.C	Vyp.char.D
0,2	-	115,0	57,5
0,4	-	57,5	28,7
0,5	-	46,0	23,0
0,6	76,6	38,3	19,1
0,8	57,5	28,7	14,3
1	46,0	23,0	11,5
1,2	38,3	19,1	9,5
1,6	28,7	14,3	7,1
2	23,0	11,5	5,7
4	11,5	5,7	2,8
6	7,6	3,8	1,92
8	5,7	2,8	1,44
10	4,6	2,3	1,15
13	3,5	1,77	0,88
16	2,8	1,44	0,72
20	2,3	1,15	0,58
25	1,84	0,92	0,46
32	1,44	0,72	0,36
40	1,15	0,58	0,29
50	0,92	0,46	0,23
63	0,73	0,36	0,18

V případech, kde naměřená impedance překročí příslušnou výše uvedenou hodnotu, je nejčastějším řešením použití proudového chrániče, např. FI typu 268, 468, 568.



Obr. 6.1 Vypínací charakteristiky jističů

Vypínací charakteristiky

Použití pro jištění elektrických obvodů:

B - se zařízeními, které nezpůsobují proudové rázy (jištění vedení)

C - se zařízeními, které způsobují proudové rázy (žárovkové skupiny, vedení s motory)

D - se zařízeními s vysokými proudovými rázy (transformátory, 2-pólové motory)

Elektromagnetická (zkratová) spoušť jističů LSN-DC vypíná pro stejnosměrná napětí o 40% výše, než u jističů LSN s vypínací charakteristikou C, tzn. min. při $7 \times I_n$.

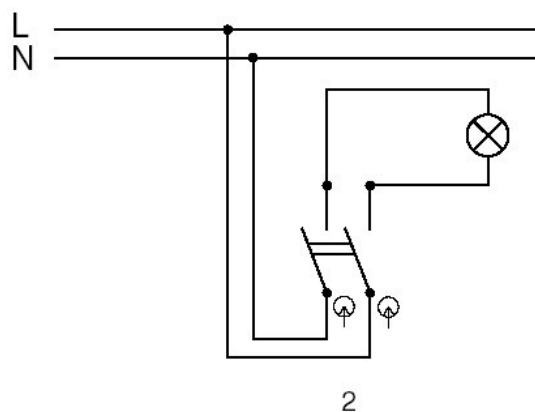
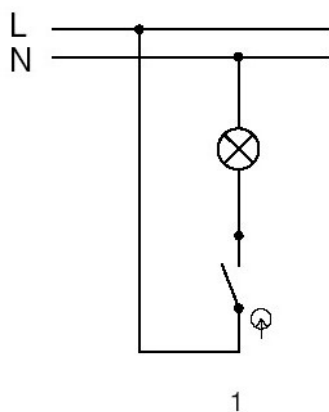
Tab. 6.4 Parametry spouští jističů

Vypínací charakteristika	tepelná spoušť			elektromagnetická spoušť		
	zkušební proud		vypínací doba t	zkušební proud		vypínací doba t
	I_1	I_2		I_4	I_5	
B	$1,13 \times I_n$		$\geq 1 \text{ hod.}$	$3 \times I_n$		$\geq 0,1 \text{ s}$
		$1,45 \times I_n$	$< 1 \text{ hod.}$		$5 \times I_n$	$< 0,1 \text{ s}$
C	$1,13 \times I_n$		$\geq 1 \text{ hod.}$	$5 \times I_n$		$\geq 0,1 \text{ s}$
		$1,45 \times I_n$	$< 1 \text{ hod.}$		$10 \times I_n$	$< 0,1 \text{ s}$
D	$1,13 \times I_n$		$\geq 1 \text{ hod.}$	$10 \times I_n$		$\geq 0,1 \text{ s}$
		$1,45 \times I_n$	$< 1 \text{ hod.}$		$20 \times I_n$	$< 0,1 \text{ s}$

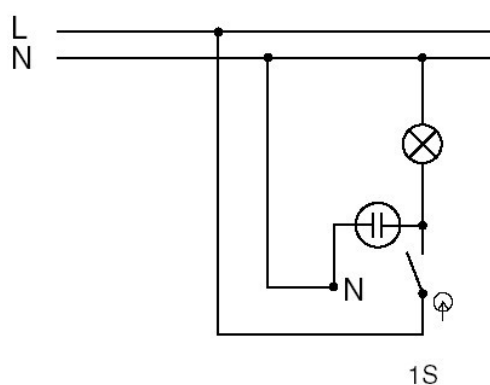
Pro $I_3 = 2,55 \times I_n$ platí pro $I_n \leq 32 \text{ A}$ $1 \text{ s} < t < 60 \text{ s}$, pro $I_n > 32 \text{ A}$ $1 \text{ s} < t < 120 \text{ s}$.

6.4 Přístroje pro domovní rozvody

6.4.1 Spínací přístroje a jejich základní zapojení



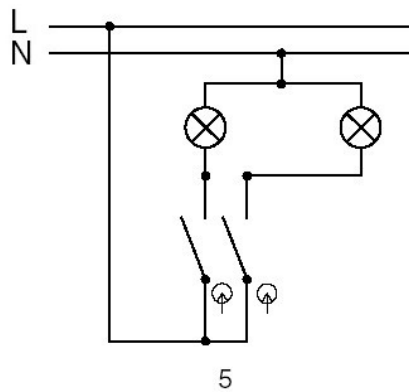
Obr. 6.2 Základní zapojení vypínačů – zapojení 1 (vypínání fázového vodiče) a 2 (vypínání fázového i nulového vodiče)



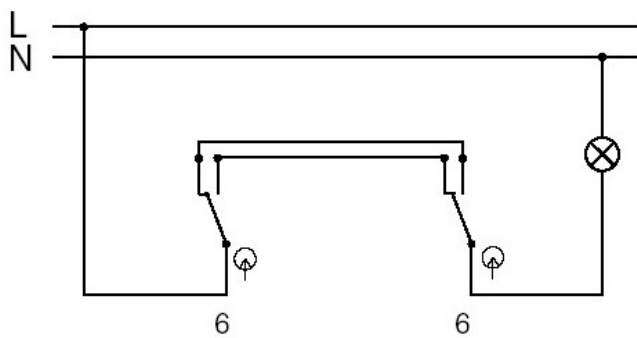
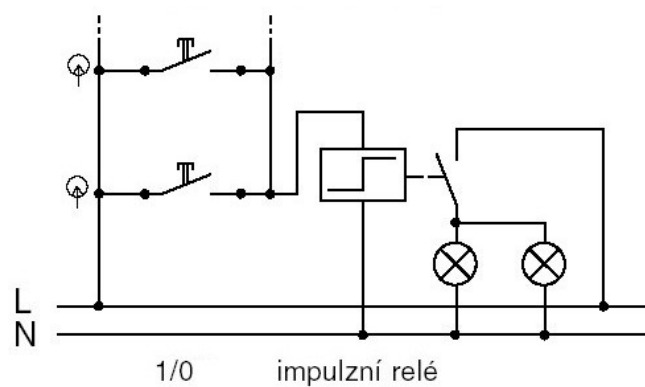
Obr. 6.3 Zapojení 1S



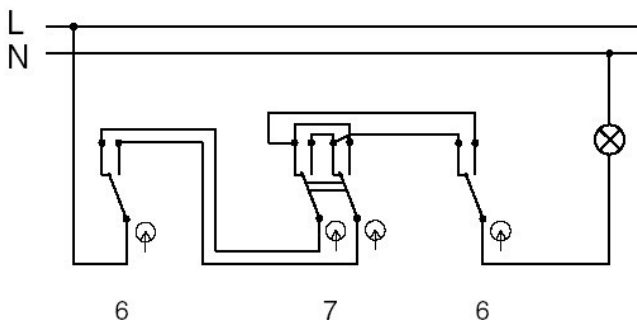
Obr. 6.4 Zapojení 5



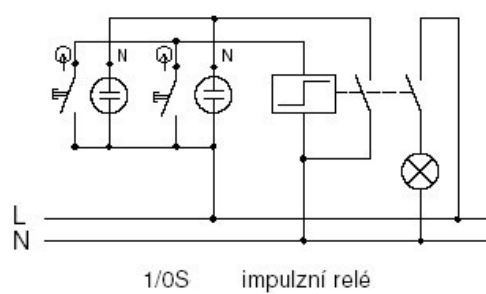
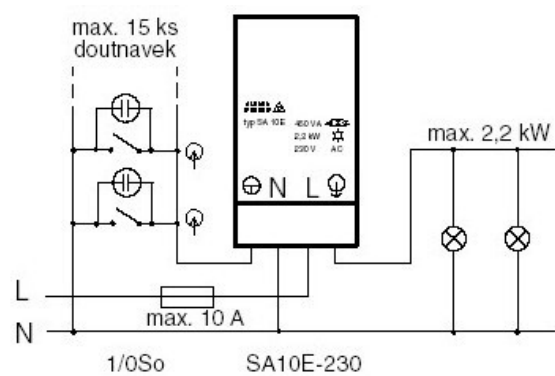
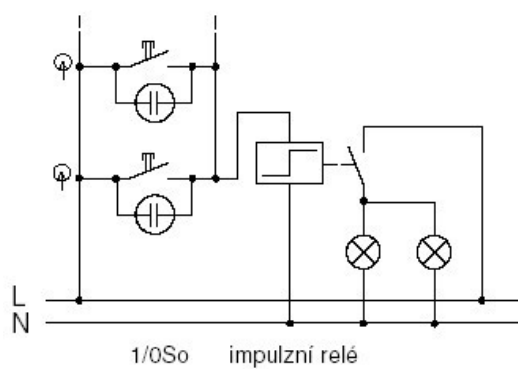
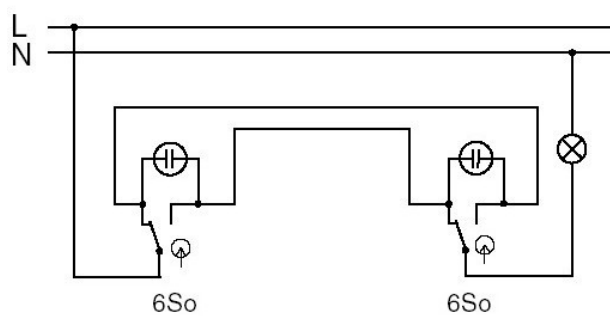
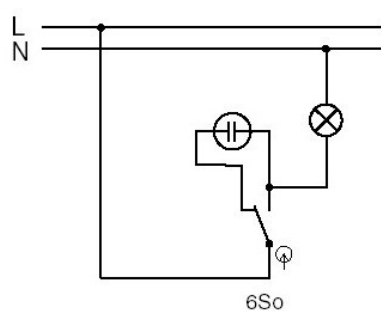
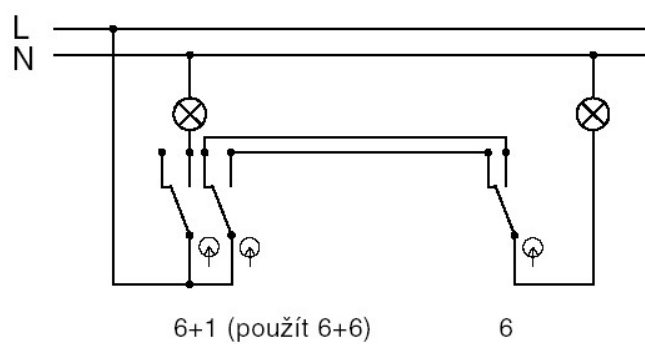
Obr 6.5 Zapojení 1/0



Obr. 6.6 Zapojení 6 (tzv. schodišťové)

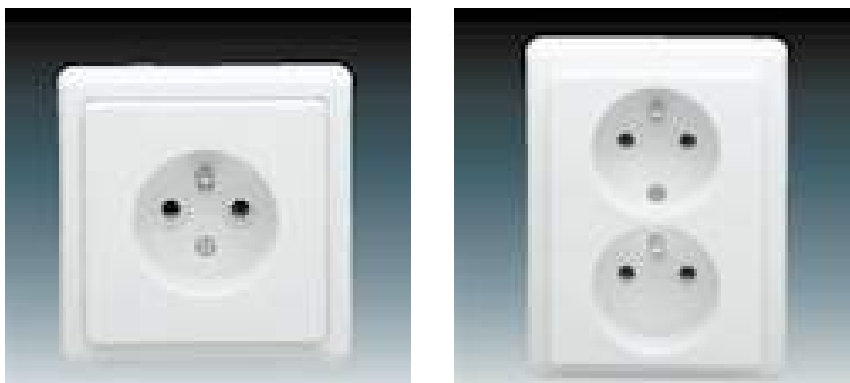


Obr. 6.7 Zapojení 6+7 (tzv. křížové)



Obr. 6.8 Příklady dalších zapojení

6.4.2 Zásuvky



Obr. 6.9 Jednoduché a dvojité zásuvky



Technické parametry zásuvek nn s ochranou před přepětím

Jmenovité napětí U_n	230 V, 50 Hz
Jmenovitý provozní proud zařízení I_L	16 A
Jmenovitý výbojový proud I_n (8/20 μ s)	1,5 kA (L/N), 5 kA (N/PE)
Maximální výbojový proud I_{max} (8/20 μ s)	5 kA (L/N), 10 kA (N/PE)
Zkušební vlna U_{oc} (1,2/50 μ s)	3 kV (L/N, L/PE), 10 kV (N/PE)
Ochranná úroveň U_p při I_{sn}	800 V (L/N) 1,2 kV (N/PE, L/PE)
Maximální průřez vodičů	3x 2,5 mm ²

Obr. 6.10 Zásuvky s přepět'ovou ochranou

6.5 Definice tříd svítidel podle ČSN EN 60 598-1 (ČSN 36 0600)

6.5.1 Svítidlo třídy 0

Svítidlo, které má ochranu před úrazem elektrickým proudem založenou na základní izolaci. To znamená, že existující vodivé části s možností eventuálního dotyku se nemohou připojit na ochranný vodič sítě. V případě porušení základní izolace závisí ochrana před úrazem elektrickým proudem na prostředí (okolí).

Pozn. 1: Svítidla třídy 0 mohou mít buď plášť z izolačního materiálu, který tvoří celkovou základní izolaci nebo její část, nebo kovový plášť, který je oddělen od živých částí alespoň základní izolací.

Pozn. 2: Je-li svítidlo s pláštěm z izolačního materiálu opatřeno přívodní svorkou ochranného vodiče spojenou s vnitřními částmi, odpovídá toto svítidlo třídě I.

Pozn. 3: Svítidla třídy 0 mohou mít části s dvojitou nebo zesílenou izolací.

6.5.2 Svítidlo třídy I

Svítidlo, které má ochranu před úrazem elektrickým proudem založenou nejen na základní izolaci, ale má jako další bezpečnostní opatření komponenty pro připojení přístupných vodivých částí na ochranný vodič, takže v případě porušení základní izolace se přístupné vodivé části nemohou stát živými.

Pozn. 1: Pro svítidla používaná pro připojení šňůrou nebo ohebným kabelem to znamená, že takové připojení musí mít ochranný vodič.

Pozn. 2: Jestliže svítidlo konstruované ve třídě I má dvoužilovou šňůru nebo ohebný kabel s vidlicí, kterou není možno zasunout do zásuvky s ochranným kontaktem (dříve třída 0I), potom svítidlo odpovídá třídě 0.

Ochranná opatření svítidla musí přesto vyhovovat všem ostatním požadavkům třídy I.

6.5.3 Svítidlo třídy II

Svítidlo, které má ochranu před úrazem elektrickým proudem založenou nejen na základní izolaci, ale i na dalších bezpečnostních opatřeních, jako je přídavná nebo zesílená izolace. Nemá komponenty pro připojení ochranného vodiče, ani jeho ochrana nezávisí na podmínkách instalace.

Pozn. 1: Toto svítidlo může být jedním z následujících typů:

a) Svítidlo, které má trvalý a v podstatě úplný plášť z izolačního materiálu obalující všechny kovové části, s výjimkou malých kovových součástek, jako jsou typové štítky, šrouby a nýty, izolované od živých částí alespoň zesílenou izolací. Takové svítidlo se označuje jako svítidlo třídy II s izolačním pláštěm.

b) Svítidlo, které má v podstatě celkový kovový plášť, ve kterém se průběžně používá dvojitá izolace, s výjimkou částí se zesílenou izolací, které zřejmě nelze izolovat dvojitou izolací. takové svítidlo se označuje jako svítidlo třídy II s kovovým pláštěm.

c) Svítidlo, které je kombinací typů a) a b)

Pozn. 2: Plášť svítidla třídy II s izolačním krytem může tvořit celou přídatnou nebo zesílenou izolaci nebo její část.

Pozn. 3: Pokud existuje uzemnění pro usnadnění zápalu, ale není připojeno na přístupovou kovovou část, může se svítidlo považovat i nadále za svítidlo třídy II. Patice světelných zdrojů a zapalovací pásy ne světelném zdroji se nepovažují za přístupové kovové části, pokud se zkouškou neurčí za živé části.

Pozn. 4: Pokud svítidlo s průběžnou dvojitou a/nebo zesílenou izolací má připojený ochranný vodič nebo kontakt ochranného vodiče, platí za svítidlo třídy I. Stacionární svítidlo třídy II určené pro smyčkové připojení však může mít vnitřní svorku pro spojení ochranných vodičů, které nekončí ve svítidle

Tato svorka musí být provedena s izolací odpovídající požadavkům třídy II.

6.5.4 Svítidlo třídy III

Svítidlo, ve kterém se ochrana před úrazem elektrickým proudem zakládá na použití bezpečného malého napětí (SELV). U tohoto svítidla nesmí také vznikat napětí vyšší než toto bezpečné napětí (SELV).

Pozn.: Svítidlo třídy III nesmí mít připojený ochranný vodič.

6.6 Jmenovité průřezy vodičů podle maximálního proudu (dle ČSN EN 60 598-1)

Tab. 6.5 Průřezy vodičů podle maximálních proudů

Maximální proud procházející svorkou (A)	Ohebné vodiče		Tuhé vodiče s plným jádrem nebo složeným jádrem	
	Jmenovité průřezy ¹⁾ (mm ²)	Velikost svorky	Jmenovité průřezy ¹⁾ (mm ²)	Velikost svorky
2	0,4	0	-	-
6	0,5 až 1	0	0,75 až 1,5	1
10	0,75 až 1,5	1	1 až 2,5	2
60	1 až 2,5	2	1,5 až 4	3
20	1,5 až 4	3	1,5 až 4	3
25	1,5 až 4	3	2,5 až 6	4
32	2,5 až 6	4 nebo 5 ²⁾	4 až 10	5
40	4 až 10	6	6 až 16	6
63	6 až 16	7	10 až 25	7

¹⁾ Tyto požadavky neplatí pro svorky používané k propojování různých součástí svítidel pomocí ohebných kabelů nebo šňůr, které neodpovídají IEC 227 nebo IEC 245, jsou-li dodrženy ostatní požadavky této normy.

²⁾ Svorka velikosti 4 není vhodná pro ohebné vodiče s průřezem 6 mm² s určitými zvláštními konstrukcemi, v tom případě se musí použít svorka velikosti 5.

6.7 Úbytky napětí a ztráty na elektrických rozvodech

Obecně pro úbytek napětí na jednofázovém rozvodu platí:

$$\Delta U = 2 \cdot R \cdot I = 2 \cdot \rho \cdot \sum_{i=1}^n \frac{l_i \cdot I_{i\check{c}}}{S_i} + 2 \cdot X_k \cdot \sum_{i=1}^n l_i \cdot I_{ij} \quad (6.1)$$

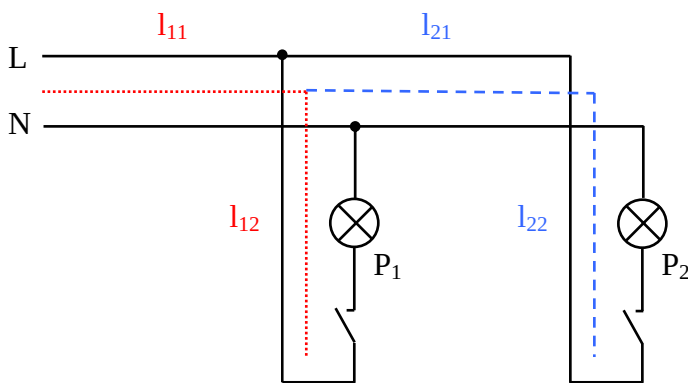
V sítích nn můžeme úbytek napětí způsobený jalovým proudem zanedbat.

Činné ztráty v jednofázovém rozvodu můžeme obecně definovat vztahem:

$$\Delta P = 2 \cdot R \cdot I^2 = 2 \cdot \rho \cdot \sum_{i=1}^n \frac{l_i \cdot I_i^2}{S_i} \quad (6.2)$$

Příklad:

Stanovte úbytek napětí na obou světelných spotřebičích při jejich současném chodu a dále celkové ztráty v tomto rozvodu, je-li $l_{11} = 15\text{m}$, $l_{12} = 7\text{m}$, $l_{21} = 12\text{m}$, $l_{22} = 8\text{m}$, $P_1 = 300\text{W}$, $P_2 = 180\text{W}$, $\cos \varphi_1 = 1$, $\cos \varphi_2 = 1$. Rozvod je proveden Cu vodiči o průřezu 1mm^2 , jmenovité napětí sítě 230V.



$$I_{1\check{c}} = \frac{P_1}{U_n} = \frac{300}{230} \doteq 1,30 \text{ A} = I_1$$

$$I_{2\check{c}} = \frac{P_2}{U_n} = \frac{180}{230} \doteq 0,78 \text{ A} = I_2$$

$$\Delta U_1 = \frac{2 \cdot \rho}{S} \cdot \sum_{i=1}^n l_i \cdot I_{i\check{c}} = \frac{2}{57.1} \cdot [l_{11} \cdot (I_{1\check{c}} + I_{2\check{c}}) + l_{12} \cdot I_{1\check{c}}] = \frac{2}{57} \cdot [15 \cdot (1,30 + 0,78) + 7 \cdot 1,30] = 1,41 \text{ V}$$

$$\Delta U_2 = \frac{2}{57.1} \cdot [l_{11} \cdot (I_{1\check{c}} + I_{2\check{c}}) + (l_{21} + l_{22}) \cdot I_{2\check{c}}] = \frac{2}{57} \cdot [15 \cdot (1,30 + 0,78) + (12 + 8) \cdot 0,78] = 1,64 \text{ V}$$

$$\begin{aligned} \Delta P &= \frac{2 \cdot \rho}{S} \cdot \sum_{i=1}^n l_i \cdot I_i^2 = \frac{2}{57.1} \cdot [l_{11} \cdot (I_1 + I_2)^2 + l_{12} \cdot I_1^2 + (l_{21} + l_{22}) \cdot I_2^2] = \\ &= \frac{2}{57} \cdot [15 \cdot (1,30 + 0,78)^2 + 7 \cdot 1,3^2 + (12 + 8) \cdot 0,78^2] = 3,12 \text{ W} \end{aligned}$$

Pozn.: Součet proudů $I_1 + I_2$ je možno takto provést pouze při stejném účinníku obou spotřebičů, jinak je nutné sečíst zvlášť činné a zvlášť jalové složky těchto proudů.

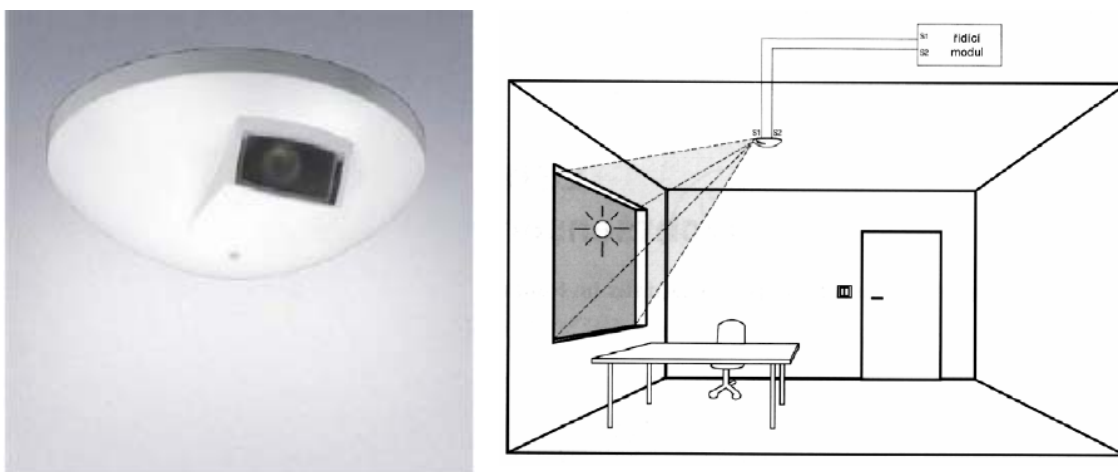
6.8 Senzory

Inteligentní řídicí systémy využívají světelné senzory k automatické regulaci umělého osvětlení. Světelné senzory mohou snímat intenzitu denního osvětlení, nebo intenzitu osvětlení v místnosti. Získané informace zpracuje řídicí systém a nastaví velikost regulace.

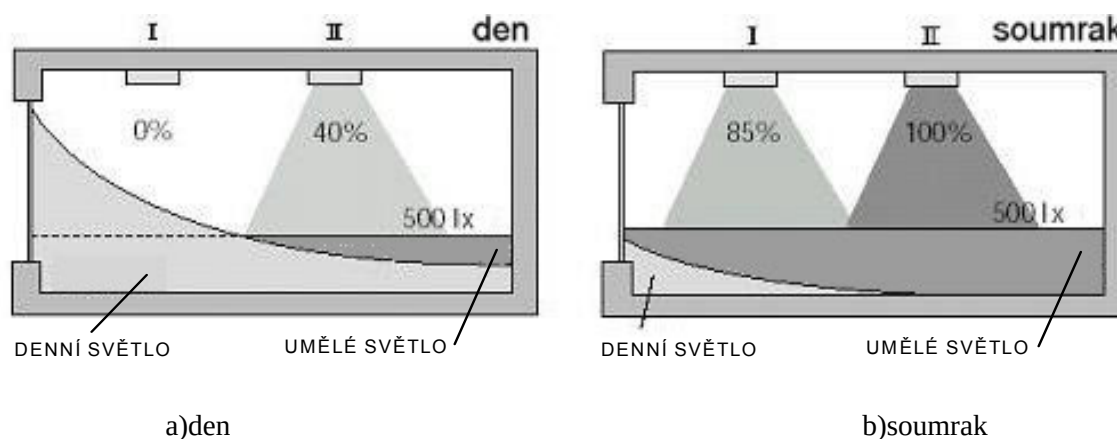
6.8.1 Světelné senzory

Světelné senzory používají pro snímání intenzity osvětlení především fotodiod a nebo fototranzistorů. Některé typy senzorů mohou přímo ovládat stmívatelné elektronické předřadníky, přičemž nastavení referenční hodnoty osvětlenosti se provádí přímo na senzoru. Napájení senzoru se provádí přímo z předřadníků nebo z řídicích jednotek. Některé typy senzorů jsou vybaveny pohybovými čidly a regulují úroveň osvětlení podle denního osvětlení a přítomnosti osob. Dosahuje se tím vyšších energetických úspor.

Příklad použití světelného senzoru typ LSD pro snímání osvětlení vyplývá z obr. 6.11. Pomocí řídicí jednotky může čidlo ovládat dvě skupiny svítidel (I, II) tak, aby intenzita osvětlení v místnosti byla na konstantní hodnotě v průběhu celého dne, jak plyne z obr. 6.12.



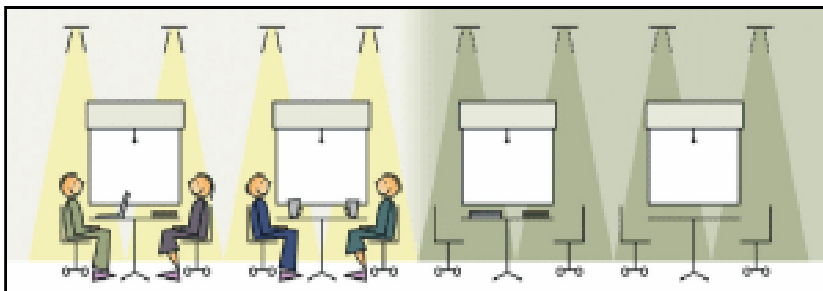
Obr. 6.11 Senzor LSD a) vyobrazení senzoru b) praktická ukázka použití



Obr. 6.12 Řízení osvětlení na konstantní hladinu intenzity osvětlení

6.8.2 Kombinované senzory

Jsou to například senzory, pomocí kterých se reguluje úroveň osvětlení podle denního světla a přítomnosti osob. Obr. 6.12 naznačuje příklad funkce systému, kdy je ve svítidlech umístěn senzor obsahující pohybový a světelný senzor. Při dostatečné denní osvětlenosti stmívá na minimální hodnoty osvětlenosti a v místech, kde se nenachází žádní pracovníci, tak dojde po nastaveném čase k dalšímu snížení na předem nastavenou hodnotu. Vypnutí těchto svítidel by vytvořilo nepříjemnou atmosféru (černé díry), proto se tyto svítidla jen stmívají. Zaměstnanci pracují v příjemném světelném prostředí a provozovatelé mohou ušetřit náklady na spotřebu elektrické energie.



Obr. 6.12 Příklad funkce

Součástí těchto kombinovaných senzorů mohou být také IR přijímače, pro dálkové ovládání osvětlovací soustavy, pro zvýšení komfortu ovládání.

7. PŘEDŘADNÉ PŘÍSTROJE PRO SVĚTELNÉ ZDROJE V INTERIÉRECH

7.1 Základní přehled předřadných systémů

Světelné zdroje v interiérech, kromě klasické žárovky, potřebují pro svoji činnost předřadné přístroje. U klasických žárovek plní předřadný přístroj pouze funkci regulátoru. Halogenové žárovky na malé napětí mají dva druhy předřadníků, jedná se o indukční nebo elektronické transformátory, které převádějí jmenovité napětí sítě na napětí 12V nebo 24V. U výbojových světelných zdrojů v našem případě lineárních a kompaktních zářivek je předřadník nezbytnou součástí. Omezuje elektrický proud tekoucí výbojovým světelným zdrojem na požadovanou hodnotu. Po dlouhou dobu existence výbojových zdrojů se nejčastěji používaly předřadníky indukční, i když jejich rozměry, hmotnost a velikost energetických ztrát při napájení ze sítě s frekvencí 50 Hz přinášely řadu problémů. S rozvojem elektroniky se objevily vhodné měniče frekvence, které se staly základem elektronických předřadníků pracujících na vysoké frekvenci.

Všechny předřadníky se nyní třídí podle hospodárnosti ve spotřebě elektrické energie. Toto třídění se provádí podle indexu energetické účinnosti (EEI-CELMA) a je rozděleno do sedmi kategorií, ve kterých jsou přesně definovány vlastnosti předřadníků viz. tabulka 7.1.

Tab. 7.1 Členění předřadníků podle energetických ztrát

TŘÍDA	DRUH
D	Magnetické předřadníky s vysokými ztrátami
C	Standardní magnetické předřadníky
B2	Nízkoztrátové magnetické předřadníky
B1	Super - nízkoztrátové magnetické předřadníky
A3	Elektronické předřadníky
A2	Nízkoztrátové elektronické předřadníky
A1	Stmívatelné elektronické předřadníky

Magnetické předřadníky třídy D se používají pro svítidla s kovovým pláštěm, která nejsou citlivá na vysokou teplotu. Od 21.května 2002 se tyto předřadníky již nesmí používat v EU. V zářivkových svítidlech jsou dnes nejvíce používané magnetické předřadníky třídy C. Zákaz používání těchto předřadníků v EU je k 21.listopadu 2005. Předřadníky typu B2 mají zvýšenou energetickou účinnost a jsou vhodné pro většinu typů svítidel. Třída B1 představuje nejvyšší třídu energetické účinnosti magnetických předřadníků pro zářivkové zdroje. Označení A3 a A2 mají standardní elektronické předřadníky. Stmívatelný elektronický předřadník v třídě A1 musí splňovat tyto tři podmínky:

- při 100 % světelném výkonu musí splňovat nejméně podmínky v A3
- při 25 % světelném výkonu musí být celkové ztráty systému (svítidla) rovny nebo menší 50 % ztrát při 100% světelném toku
- předřadník musí umožnit regulaci světelného toku pod 10% maximálního výkonu

Jako příklad je uvedena tabulka sedmi tříd (EEI) pro svítidlo s 36 W zářivkou T8

Tab. 7.2 Třídy podle energetické účinnosti předřadníků pro zářivku 36 W T8

TŘÍDA	DRUH	CELKOVÝ PŘÍKON
D	Magnetické předřadníky s vysokými ztrátami	> 45W
C	Standardní magnetické předřadníky	≤ 45W
B2	Nízkoztrátové magnetické předřadníky	≤ 43W
B1	Super - nízkoztrátové magnetické předřadníky	≤ 41W
A3	Elektronické předřadníky	≤ 38W
A2	Nízkoztrátové elektronické předřadníky	≤ 36W
A1	Stmívatelné elektronické předřadníky	≤ 38/19W (100%/25%)

7.2 Předřadné přístroje pro halogenové žárovky 12 a 24V

Indukční transformátory jsou zpravidla navinuty na toroidním jádru složeném s transformátorových plechů. Vyrábějí se běžně ve výkonech od 50 do 1000 VA. Indukční transformátory se vyrábějí i ve stmívatelném provedení. Účinník transformátoru se pohybuje od 0,7 do 0,85. Nevýhodou těchto transformátorů je větší hmotnost a oteplení při provozu. Tyto transformátory musí splňovat tyto dvě vlastnosti:

- dvojité izolace,
- jištění proti zkratu přímo na transformátoru (zpravidla bimetal nebo nízkotavitelný kov).

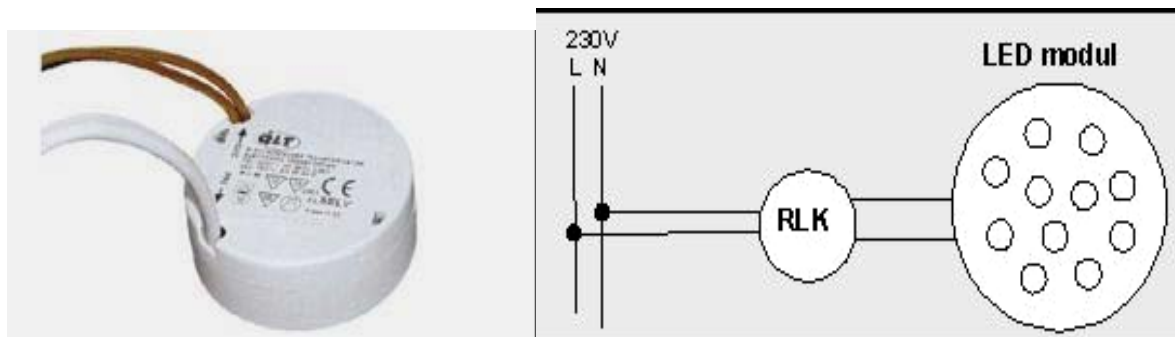
Elektronické transformátory pracují na principu středofrekvenčního měniče. Síťové napětí se nejdříve usměrní a poté se v oscilačním obvodu rozkmitá na frekvenci kolem 30 kHz. Na feritovém transformátoru se transformuje na pracovní napětí, zpravidla 12V. Přístroj je vybaven na primární straně filtrací proti vyšším harmonickým kmitočtům. Výrobci také nabízí regulovatelnou verzi, která je určena pro stmívání. Regulovat lze pomocí instalačních tlačítek, elektronických potenciometrů nebo pomocí digitálních protokolů. Přístroje jsou běžně dostupné do výkonu 150 W.



Obr. 7.1 Příklad elektronického předřadníku typu TE-DC TRIDONIC.ATCO .

7.3 Předřadné přístroje pro LED diody

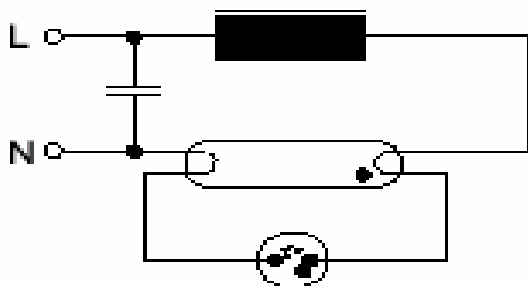
Zařízení slouží k napájení luminiscenčních diod stejnosměrným konstantním proudem. Obsahují ochrany proti zkratu, přetížení, přepětí a teplotě. Vyrábějí se také v regulovatelném provedení s možností regulace tlačítky, potenciometry a v digitálních systémech řízení.



Obr. 7.2 Předřadný přístroj typu RLK1 a) vyobrazení předřadníku b) schéma zapojení

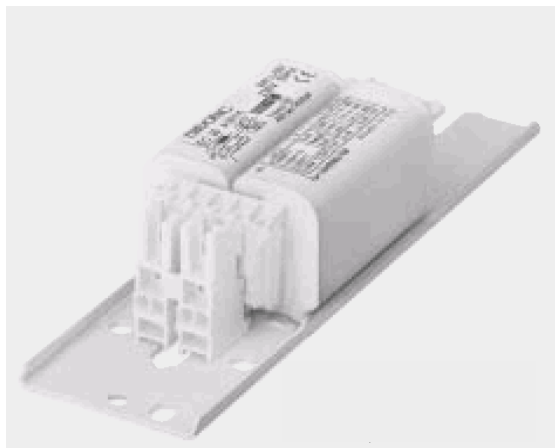
7.4 Magnetické (konvenční) předřadníky pro zářivky

Jak již bylo zdůrazněno výbojové zdroje (v našem případě zářivky) vyžadují ke svému provozu předřadné obvody, které stabilizují proud tekoucí výbojovým zdrojem. Stabilizace činným odporem je nevhodná, a proto je při střídavém napájecím napětí vhodnější stabilizace tlumivkou. Schéma zapojení výbojky s indukčním předřadníkem je na obr. 7.3 Při stabilizaci výboje tlumivkou je zapotřebí vzniklý fázový posuv mezi napětím a proudem kompenzovat kondenzátory. Účinník obvodu bez kompenzace se pohybuje kolem cca 0,5. Stabilizace tlumivkou je výhodná i s ohledem na opakující se zapalování v každé půlperiodě střídavého proudu. Zapalování je totiž usnadněno jednak deformací napěťové křivky a jednak i fázovým posuvem napětí. Předřadná zařízení musí být přizpůsobena příslušnému světelnému zdroji (jeho příkonu), provoznímu napětí a kmitočtu.



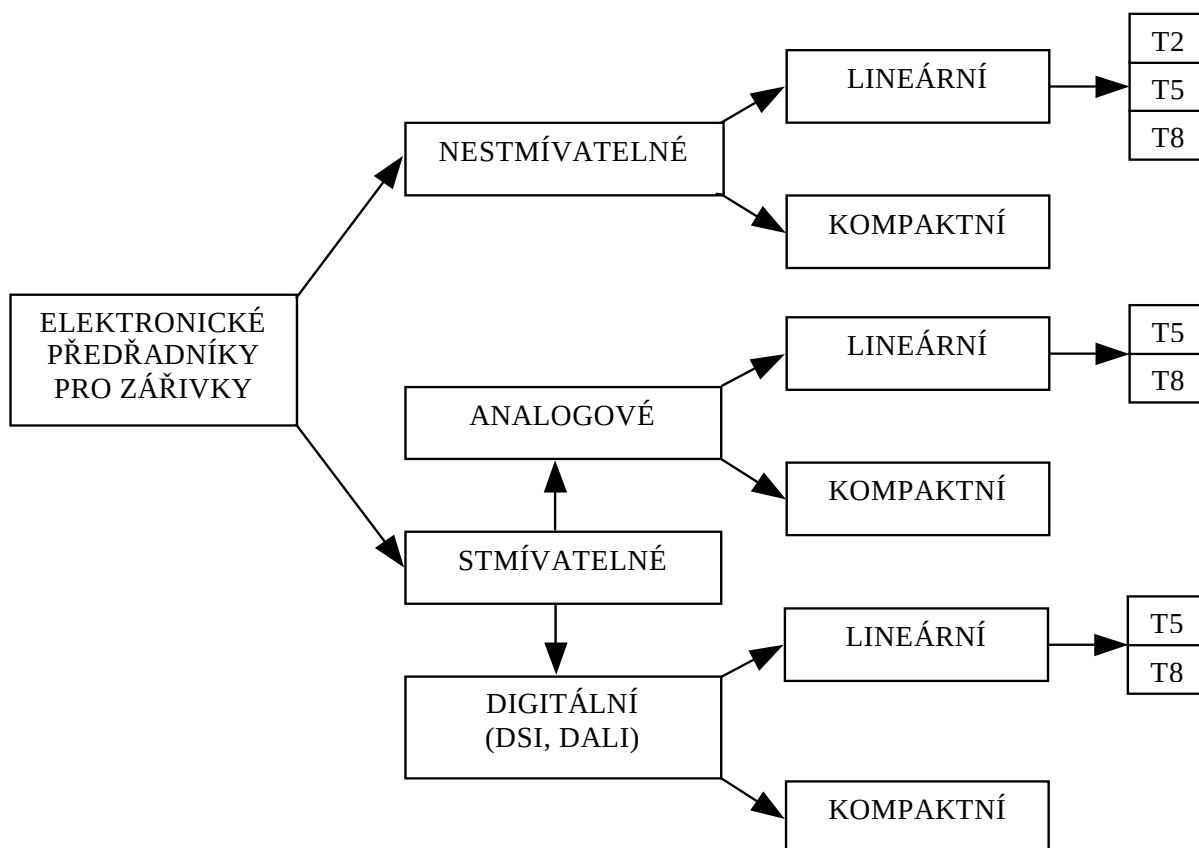
Obr. 7.3 Zapojení zářivky s tlumivkou, zapalovačem a kompenzačním kondenzátorem.

Indukční předřadníky se vyrábí pro zářivky T8, T12 a kompaktní zářivky.



Obr. 7.4 Příklad indukčního předřadníku pro lineární zářivku T8 a T12.

7.5 Elektronické předřadníky pro zářivky



Obr. 7.5 Rozdělení elektronických předřadníků pro zářivky.

Předřadník musí zajišťovat, mimo stabilizaci proudu, i další funkce, jako například vytvoření potřebného zápalného napětí, nažhavení elektrod před zapálením výboje atd. Podle toho jestli je elektronický předřadník nedílnou součástí svítidla nebo zdroje či je samostatný konstrukční prvek dělíme elektronické předřadníky na:

- vestavné – zabudované do svítidla,
- integrované – tvoří součást světelného zdroje,
- samostatné – montují se mimo svítidlo.

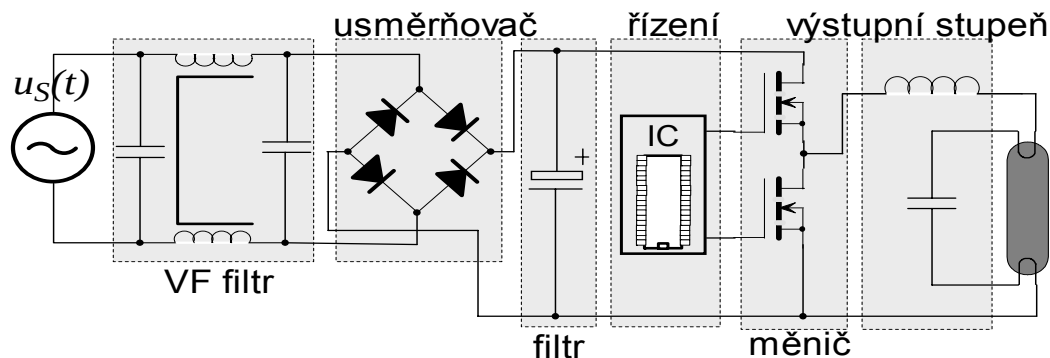
Předřadníky integrované do světelného zdroje jsou zabudovány v kompaktních zářivkách. Světelné zdroje tohoto typu byly vyvinuty jako náhrada za žárovky a mají oproti nim řadu významných předností. Jde například o mnohonásobně delší dobu provozu, nižší příkon a větší světelně-technickou účinnost. Naproti tomu kompaktní zářivky s elektronickými předřadníky mají vyšší pořizovací náklady a zpětně ovlivňují napájecí soustavu harmonickým zkreslením. Vlastnosti integrovaných elektronických předřadníků:

- Doba života – životnost kompaktních zářivek s elektronickými předřadníky udávaná výrobcem se pohybuje okolo 10 000 hod. provozu, což je zhruba 10-krát více než je doba životnosti žárovky. Na trhu jsou již k dispozici světelné zdroje, u kterých jde vyměnit pouze výbojovou trubici, čímž se doba života zvýší ještě zhruba čtyřnásobně, tedy na dobu života 40 000 hod., což odpovídá životnosti samotného elektronického předřadníku.
- Nižší příkon – každý výrobce udává na obalu svého produktu úsporu elektrické energie oproti žárovce, při zachování světelného toku. Úspora se pohybuje okolo 60 – 80 % elektrické energie.
- Vyšší měrný výkon – z hodnoty 10 lm.W^{-1} u žárovek se kompaktní zářivky s elektronickým předřadníkem dostávají až na hodnoty světelně-technické účinnosti okolo 80 lm.W^{-1} .
- Teplý start (přehřátí elektrod ve zdroji) – vlivem teplého startu zářivka neblíká při rozsvěcování a dochází k prodloužení života při častém spínání. Je třeba počítat s časovou prodlevou (cca 1 až 2s), než dojde k zapálení výboje. Na jmenovitý světelný tok nabíhají zářivky cca po jedné minutě, což lze považovat za nevýhodu.
- Zpětné vlivy na napájecí soustavu – mezi základní zpětné vlivy, které ovlivňují napájecí soustavu, patří zejména generování harmonických proudů, zhoršování skutečného účinníku. Kompaktní zářivky s elektronickým předřadníkem odebírají pulzní proud, což může u velkých osvětlovacích soustav způsobovat problémy v oblasti elektromagnetické kompatibility.

Předřadníky vestavné do svítidla pracují na stejném principu jako elektronické předřadníky integrované. Vzhledem k vyšším příkonům a možnosti větších rozměrů mají většinou vestavné elektronické předřadníky obvody zlepšující provozní podmínky ve srovnání s elektronickými předřadníky integrovanými. Vlastnosti vestavných elektronických předřadníků:

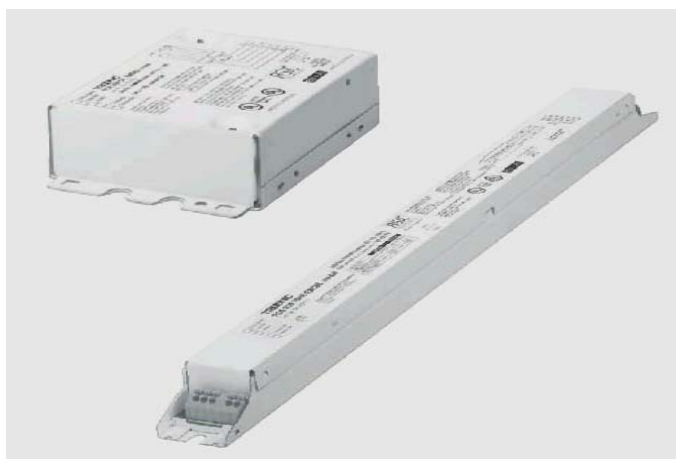
- kompenzace účinníku – pro potlačení pulzního odběru proudu jsou na vstup elektronického předřadníku vřazovány obvody s pulzně šířkovou modulací, které jsou schopny zabezpečit odběr proudu během celé periody napájecího napětí blížící se sinusovému průběhu. Předřadníky s těmito obvody dosahují účinníku až 0,99,
- automatické odpojení vadných trubic,
- automatické zapnutí po výměně trubice,
- tepelná pojistka,
- konstantní příkon – el. předřadníky s konstantním příkonem jsou imunní vůči kolísání napájecího napětí. Dochází-li ke změnám napájecího napětí ať už skokově nebo periodicky světelný tok zářivek zůstává konstantní. Předřadníky tohoto typu eliminují tzv. „flicker effect“ (míhání světla vlivem kolísání napětí v síti).

Pracovní frekvence elektronického předřadníku se pohybuje v rozmezí 30 až 100 kHz. Z této skutečnosti plynou všechny výhody uvedené ve srovnání předřadníků. Elektronické předřadníky se vyznačují v porovnání s magnetickými předřadníky velkou energetickou účinností a nízkými ztrátami. Na obr. 7.6 jsou znázorněny typické pracovní bloky elektronického předřadníku.



Obr. 7.6 Blokové schéma elektronického předřadníku.

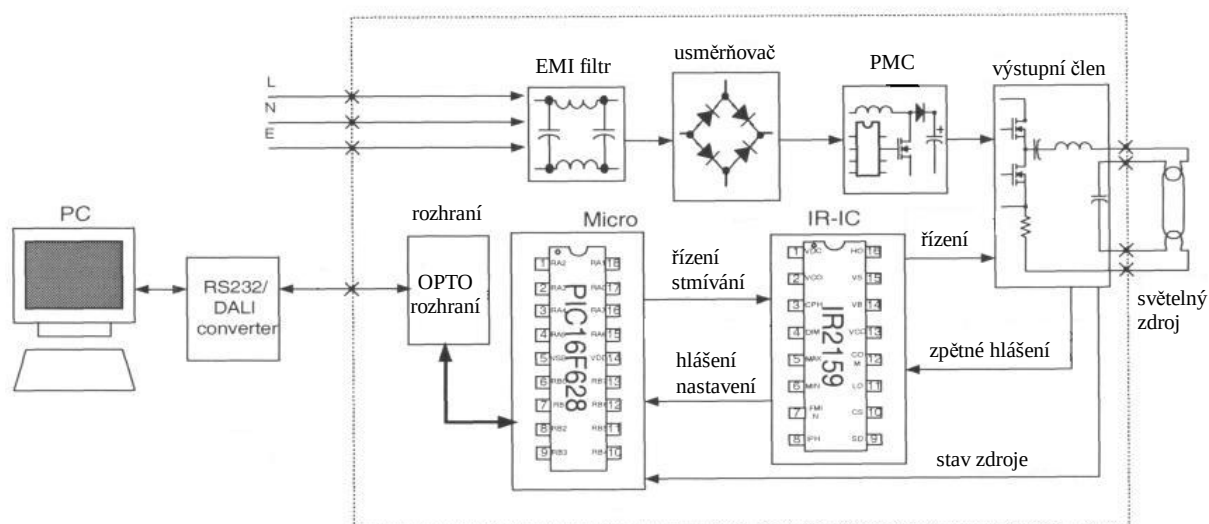
V obvodu tohoto předřadníku je síťové napětí nejprve usměrněno diodovým můstkem a vyhlazeno elektrolytickým kondenzátorem. Měnič je tranzistorový převodník, který převádí stejnosměrné napětí na vysokofrekvenční energii dodávanou do světelného zdroje. Řídicí obvod spouští oscilaci a monitoruje činnost obvodu. Vzhledem k vysokorychlostnímu spínání převodníku a proudovým impulsům procházejícím usměrňovačem je předřadník zdrojem elektromagnetické interference. Tato interference je potlačena VF filtrem. Tento obvod filtruje jak nízkofrekvenční harmonické proudy tak i vysokofrekvenční interferenci a zajišťuje také dostatečnou úroveň imunity proti rušení ze sítě.



Obr. 7.7 Příklad stmívatelných elektronických předřadníků pro lineární zářivky typu PCA EXEL firmy TRIDONIC.ATCO.

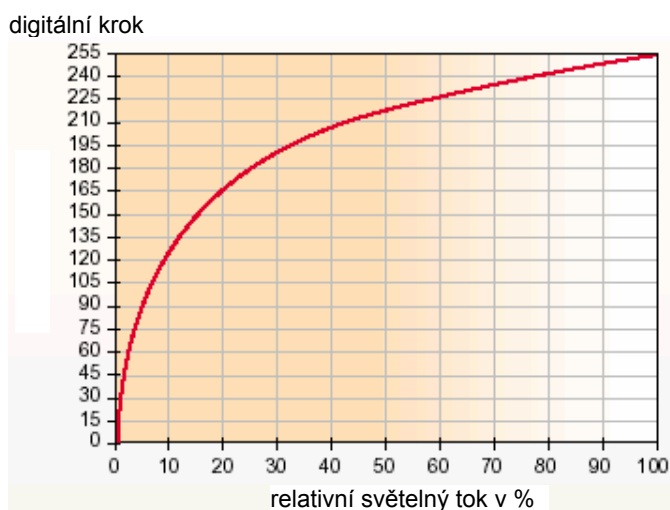
7.6 DALI předřadníky

DALI standard je podrobně popsán v kapitole č. 8. Základní druhy řízení elektronických předřadníků. Tyto elektronické předřadníky určené pro zapojení do DALI sběrnice mají ve většině případů univerzální napájecí napětí od 155V do 300V pro 0Hz, 50Hz i 60Hz napájecí síť. Blokové schéma DALI předřadníku je uvedeno na obr. 7.8.



Obr. 7.8 Blokové schéma elektronického DALI předřadníku.

Tyto univerzální vlastnosti jsou důsledkem snahy výrobců prosadit se na trhu. DALI protokol poskytuje řízení stmívání v 255 krocích podle speciálně definované logaritmické křivky, která respektuje fyziologické aspekty vnímání intenzity světla člověkem viz obr. 7.9.



Obr. 7.9 Stmívací charakteristika digitálních předřadníků.

Elektronické předřadníky různých světových výrobců pro konkrétní typ světelného zdroje musí pro každou regulační hladinu zaručit stejnou hodnotu světelného toku. Pro lineární zářivky je dolní limit regulace na 1% příkonu světelného zdroje, u kompaktních zářivek je tato hranice na 3% příkonu daného světelného zdroje.

V tabulce 7.3 jsou uvedeny druhy regulovatelných DALI elektronických předřadníků od nejznámějších výrobců pro zářivky T8.

Tab. 7.3 Příklady regulovatelných DALI elektronických předřadníků

Typ zářivky	HELVAR	PHILIPS	TRIDONIC
1x18W	EL1x18HFD	HF-R DALI 118 TLD	PCA 1/18 EXCELone4all
1x36W	EL1x36HFD	HF-R DALI 136 TLD	PCA 1/36 EXCELone4all
1x58W	EL1x58HFD	HF-R DALI 158 TLD	PCA 1/58 EXCELone4all

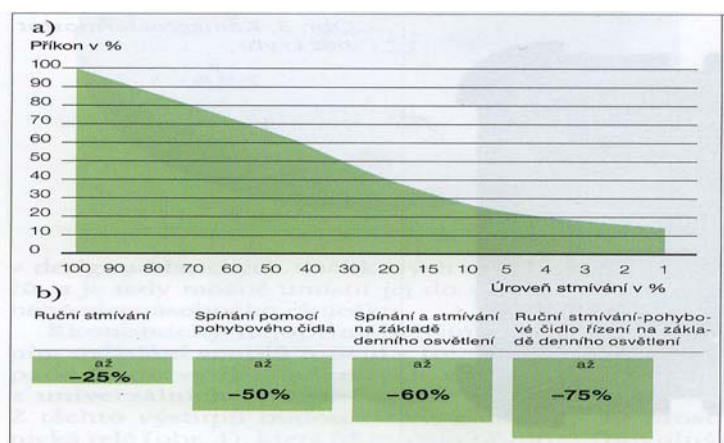
7.7 Porovnání elektronických a indukčních předřadníků

Nevýhody indukčních předřadníků ve srovnání s elektronickými předřadníky:

- dimenzování přívodů ke svítidlu
- potřeba kompenzace
- oteplení
- vibrace, hluk
- možnost vzniku stroboskopického jevu
- vyšší hmotnost

Přednosti použití elektronických předřadníků pro zářivky, kompaktní zářivky a halogenové žárovky jsou:

- úspory energie až 30% u nestmívatelného elektronického předřadníku ve srovnání s indukčním
- úspory energie až 75% v kombinaci s dalšími systémy řízení osvětlení viz obr. 7.10
- delší životnost světelného zdroje a s tím spojené nižší náklady na údržbu osvětlovací soustavy
- snížení úbytku světelného toku během života zdroje
- rozsah stmívání 1% popř. 3% – 100 % světelného toku
- start zářivky na jakoukoliv nastavenou hodnotu
- odolnost vůči výkyvům napětí a rušení ze sítě
- digitální řídicí vstup nezávislý na polaritě
- tichý provoz bez blikání
- elektronické předřadníky nevytváří stroboskopický efekt
- nízká hmotnost
- automatické odpojení na konci života světelného zdroje
- vyšší spolehlivost provozu, velká životnost předřadníku až 50 000 h
- přípustná teplotní oblast pro funkčnost provozu +10 °C po +60 °C
- kompletní typová řada pro všechny důležité typy zářivek T16, T26 a kompaktní zářivky TC-L, TC – DEL, a TC – TEL
- nižší náklady na instalaci



Obr. 7.10 Pokles příkonu (a) a spotřeby při použití elektronických předřadníků(b).

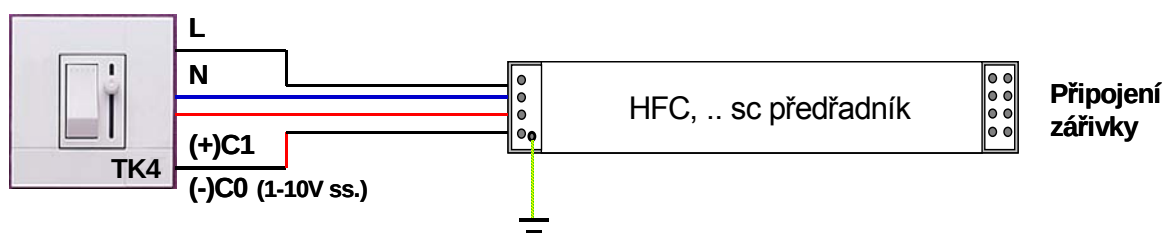
Přednosti instalace se stmívatelnými elektronickými předřadníky využívající protokol DALI.

- adresování – 64 adres je možno řídit nezávisle jedním řídicím vedením
- skupiny – nastavení 16 skupin, jedna adresa může být přiřazena více jak jedné skupině
- scény – 16 nezávislých skupin lze uložit v každé jednotce (předřadník/konvertor nebo stmívač) pro rozdílné funkce a scény, zpoždění může být programováno pro každou adresu individuálně
- zpětná informace - stav DALI systému může být kontrolován softwarem - stav předřadníku (zapnuto / vypnuto), zátěž zářivky (%), stav zářivky, (chyba / předřadník ve stavu stand-by)
- digitální spínání - svítidla mohou být spínána do stavu „zapnuto – vypnuto“ řídicím signálem, spínané a stmívatelné okruhy jsou nezávislé
- flexibilita – instalovanou soustavu lze snadno překonfigurovat podle změny užívání prostoru
- možnost záměny polarity řídicího signálu

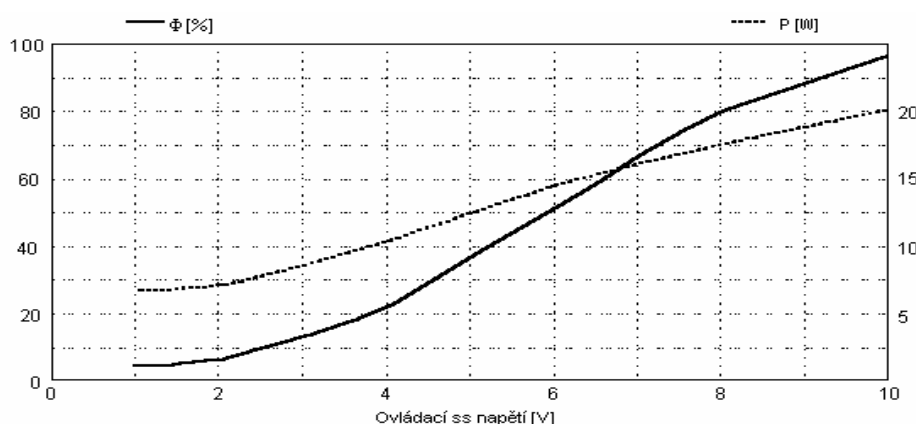
8. ŘÍZENÍ ELEKTRONICKÝCH PŘEDŘADNÍKŮ

8.1 Analogové řízení

Analogově řízené elektronické předřadníky jsou ovládány úrovní řídicího napětí na vstupu předřadníku. Pro toto ovládání je použito dvou vodičového signálního vedení. U analogového systému dochází k úbytkům napětí na vedení a nemusí být tedy splněna podmínka nastavení všech elektrických předřadníků osvětlovací soustavy na stejnou úroveň. Řídicí napětí je v rozsahu 1-10V. Na obrázku 8.1 je instalační schéma zapojení analogového ovládání a na obr. 8.2 je průběh závislosti světelného toku a příkonu na ovládacím napětí elektronického předřadníku EL1x18 HFC.



Obr. 8.1 Ukázka modulárního předřadníkového ovladače HELVAR, který nabízí analogové řízení elektronického předřadníku ss napětím 1-10V podle ČSN EN 60929.



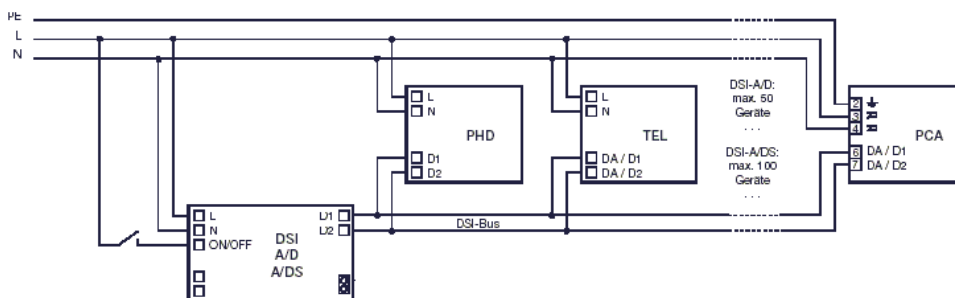
Obr. 8.2 Graf závislosti světelného toku a příkonu na ovládacím napětí.

8.2 Digitální řízení

Novinkou několika posledních let je digitální řízení elektronických předřadníků. Zde se používá starší rozhraní DSI nebo novější DALI. Výhodou obou (DSI i DALI) oproti analogovému přenosu je větší odolnost proti rušení a proti přepólování řídicího napětí. DALI rozhraní má možnost zpětného hlášení nefunkčního světelného zdroje. Systémové rozhraní DALI navíc umožňuje uložit světelné scény do paměti přístroje, nejsou tedy zapotřebí další paměťové moduly. Řízení probíhá opět po vedení (sběrnici), ale pomocí digitálního telegramu. Digitálním ovládáním je zajištěno nastavení všech stmívatelných předřadníků na stejnou úroveň.

8.2.1 Rozhraní DSI

V DSI (digital serial interface = Digitální sériové rozhraní) převádí signály obslužných elementů (tlačítka, senzory, domovní řídicí systémy atd.) na digitální data a přenáší je k jednotlivým elektronickým předřadným přístrojům. Protože jednotlivé předřadníky jsou řízeny digitálně, je úroveň světelného toku od prvního do posledního svítidla stejná. V digitálním stmívacím systému jsou jednotlivé hodnoty stmívání přiřazeny jedné definované hodnotě světla. Odstupňování je v souladu s logaritmickou křivkou oční citlivosti, vnímání průběhu stmívání okem je proto lineární.



Obr. 8.3 Příklad zapojení elektronických předřadníků s rozhraním DSI.

8.2.2 Rozhraní DALI

Vlastní protokol DALI byl vyvinut v polovině devadesátých let mezinárodní elektrotechnickou komisí (International Electrotechnical Commission - IEC). Ovládání pomocí analogových rozhraní jako je systém 1-10V neumožňuje ani flexibilitu ani možnost řízení jednotlivých svítidel v osvětlovacím systému. Proto byl vyvinut sběrníkový systém, který umožňuje digitální komunikaci mezi všemi zúčastněnými komponenty v osvětlovacím systému nebo v celých systémech správy budov. Systém DALI je možné integrovat jako subsystém do nadřazeného systému správy budovy.

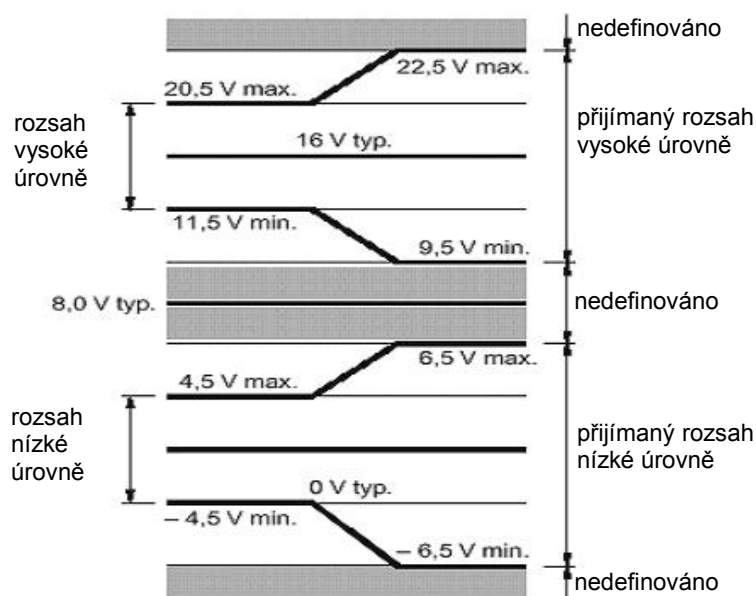
DALI je akronymum a znamená (Digital Addressable Lighting Interface = digitální adresovatelné světelné rozhraní). Je to mezinárodní norma, která zaručuje vzájemnou komunikatelnost řízených stmívatelných předřadníků od různých výrobců. Rozhraní DALI je uvedeno v normě zářivkového předřadníku IEC 60929 v příloze E. DALI protokol určuje vzájemnou digitální komunikaci mezi jednotlivými prvky osvětlovací soustavy. Jsou zde vyspecifikovány parametry přenosu a definovány příkazy pro řízení prvky a jejich odpovědi včetně definice datové struktury. Každý prvek lze individuálně řídit, protože má svoji předepsanou adresu. Řízené prvky jsou rozděleny podle typů:

- Typ 0 - digitální předřadníky pro lineární nebo kompaktní zářivky
- Typ 1 - veškerá zařízení nouzového osvětlení
- Typ 2 - prvky s vysokotlakými výbojkovými zdroji
- Typ 3 - řízené digitální transformátory pro nízkonapětové halogenové zdroje
- Typ 4 - fázové měniče pro klasické a halogenové žárovky
- Typ 5 - prvky s analogovým výstupem 1-10V
- Typ 6-255 - rezerva pro další vyvíjené prvky, již dnes jsou k dispozici DALI řadiče pro LED diody, standardně většina výrobců dodává reléové moduly atd.

Systém DALI byl navržen pro:

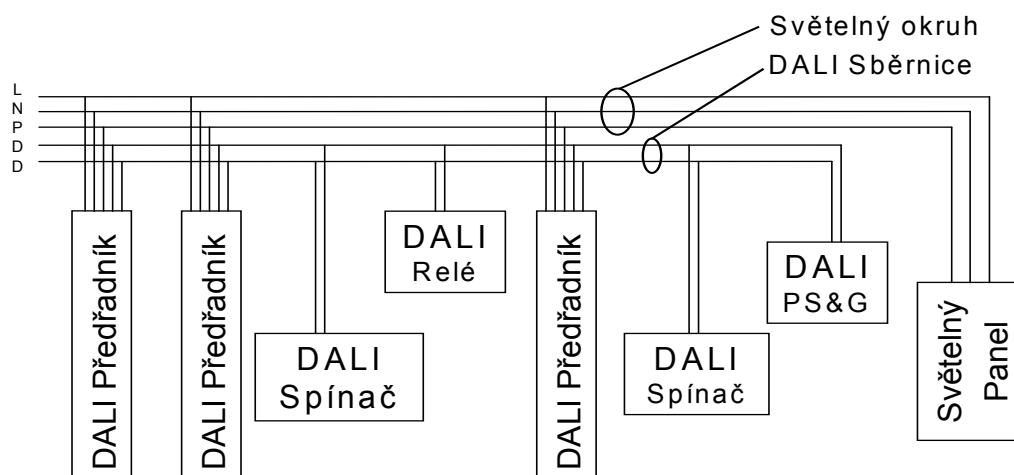
- max. 64 individuálních jednotek (individuálních adres)
- max. 16 skupin (skupinových adres)
- max. 16 scén (světelných hodnot scén)

DALI sběrnice zároveň napájí všechny prvky v systému a celkový příkon prvků zapojených na DALI sběrnici nesmí překročit 250 mA. Limitní délka sběrnice nesmí překročit 300m nebo pokles napětí 2 V. Logická nula byla definována napětím rozhraní 0 V (-6,5 V až + 6,5 V) na straně přijímače. Logická jednička je představována napětím rozhraní 16 V (9,5 V až 22,5 V) na straně přijímače. Mezi vysílačem a přijímačem je přípustný maximální pokles napětí 2 V na vedení k rozhraní viz obr 8.4.



Obr. 8.4 Jmenovité hodnoty napětí.

Všechny prvky osvětlovací soustavy jsou navzájem propojeny datovou sběrnicí, kterou tvoří dva vodiče. Zapojení prvků může být libovolnou kombinací hvězdicové a větvené soustavy, není povoleno kruhové uspořádání. Při instalaci nezáleží na polaritě vodičů. Data se po sběrnici přenášejí efektivní přenosovou rychlostí 1200 bitů za sekundu. Příklad osvětlovací soustavy s DALI protokolem je uveden na obr. 8.5.



Obr. 8.5 Schéma zapojení osvětlovacího systému s DALI protokolem.

Protokol DALI definuje příkazy a také dotazy, na které daný předřadník zasílá požadované údaje. Příkaz je tvořen 19 bity, první bit je aktivační, pak následuje 8 bitů (1 byte) pro adresaci, dalších 8 bitů (1 byte) obsahujících příkaz nebo data a dva stop bity. Z osmi

adresních bitů pouze šest definuje adresu konkrétního prvku, je zde totiž možnost vysílat všem prvkům nebo jen definované skupině. Pomocí šesti bitů jsme tedy schopni adresovat maximálně 64 prvků systému. Je předdefinováno více než 100 DALI příkazů, některé z nich jsou uvedeny níže:

- Vypnout
- Stmívej na úroveň
- Krok nahoru
- Nastav aktuální úroveň
- Krok dolů
- Nastav výkon na úroveň
- Zapni a krokuj nahoru
- Nastav úroveň poruch systému
- Nastav maximum
- Nastav čas stmívání
- Krokuj dolů a vypni
- Nastav rychlost stmívání
- Nastav minimum
- Nastav scénu
- Odeber ze skupiny

Příklady dotazů pro jednotlivé prvky (předřadníky) :

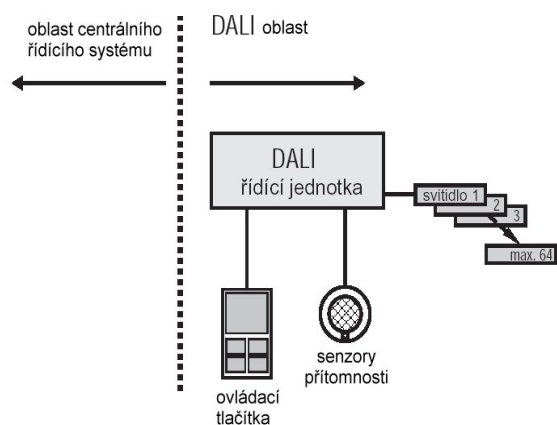
- Aktuální úroveň
- Typ scény
- Čas smívání
- Maximální úroveň
- Úroveň poruch systému
- Příslušnost ke skupině
- Typ verze
- Minimální úroveň

8.2.3 Aplikace DALI systémů do správy budov

Systémy řízení osvětlení založené na DALI protokolu se mohou používat jako samostatný systém i jako subsystém v rámci celkového systému správy budov. Integrace systému ovládání osvětlení DALI do systému správy budovy se může provádět následovně:

8.2.4 DALI jako samostatný systém

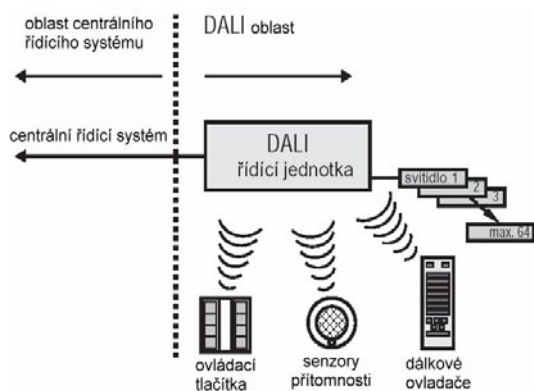
Toto je řešení je nejjednodušší možností aplikace DALI systému. Systém je vytvořen datovou sběrnici, napájením datové sběrnice, řídicí jednotkou a řízenými prvky - předřadníky. Jedna z možností je na řídicí jednotky přímo napojit ovládací prvky jako jsou přepínače, senzory pohybu, senzory denního světla, dotykové obrazovky atd. Jako druhou možnost výrobci umožňují připojení ovládacích prvků přímo na datovou sběrnici. Řídicí jednotka, která komunikuje s těmito zařízeními přes DALI sběrnici, potom vyhodnocuje jednotlivé požadavky. Nastavení se provádí pomocí PC napojeného na DALI systém modulem, který převádí DALI protokol na rozhraní RS 232. Využití se nabízí v konferenčních sálech, galeriích, obchodech, barech atd. Blokové schéma zapojení tohoto systému je uvedeno na obrázku 8.6.



Obr. 8.6 DALI jako samostatný systém

8.2.5 DALI jako samostatný podsystém

V tomto případě se jedná o možnost využít DALI jako samostatný subsystém v rámci systému správy budovy. Všechny ovládací prvky, senzory či programovací jednotky máme zapojeny v DALI podsystému. Pomocí řídicí jednotky je však DALI systém připojen na centrální řídicí systém jako jsou EIB, LON atd. S centrálním systémem správy budovy dochází pouze k výměně nejdůležitějších informací (funkce centrálních spínačů, vyvolání zvolené scény) a také může zpětně od DALI podsystému přijímat některé důležité informace např. chybová hlášení nebo informace o stavu vybraných prvků. Nastavení DALI podsystému lze provést přes systém správy budovy za předpokladu, že tato možnost bude nabídnuta softwarovými nástroji. Tento systém funguje i bez napojení na systém správy budovy. Takto lze zapojit několik podsystémů na centrální řídicí systém budovy, který tyto subsystémy řídí a monitoruje. Využití takového systému je například v kontrole a monitorování poruchového osvětlení, zapínání nočního osvětlení budovy atd. Blokové schéma DALI jako samostatného podsystému je uvedeno na obrázku 8.7.

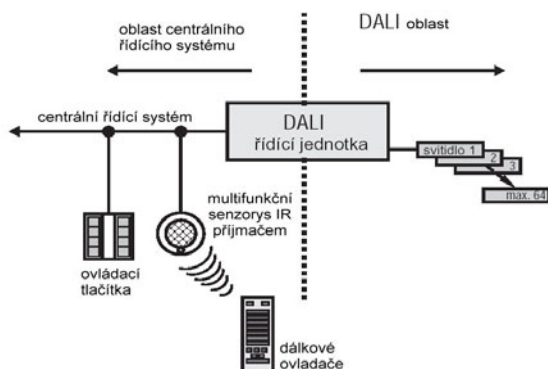


Obr. 8.7 DALI jako samostatný podsystém

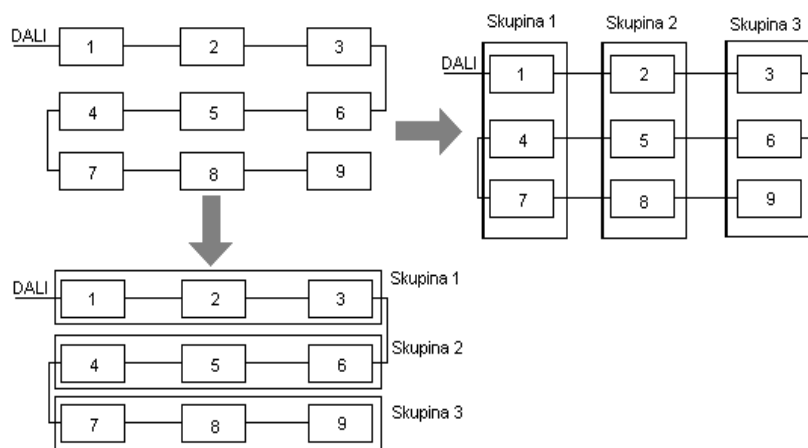
8.2.6 DALI jako závislý podsystém

Centrální řídicí systém přebírá všechny funkce DALI subsystému a to včetně adresace systému, jeho konfigurace a řízení. Pro komunikaci mezi DALI jednotkami a centrálním systémem se navrhuje překladač(brána). Ve většině případů nejsou v těchto řešeních ovládací prvky součástí DALI podsystémů. Typickým příkladem použití je systém EIB, který používá příslušné ovládací prvky, spínače, senzory, atd. Při poruše centrálního řídicího systému nefungují všechny DALI podsystémy. Využití takového systému je možno v moderních kancelářských a obchodních centrech. Blokové schéma zapojení tohoto systému je uvedeno na obrázku 8.8. Například u kanceláří s posuvnými stěnami schopnými měnit půdorys dle

momentální potřeby nájemců, které se nachází v jednom podlaží, je výhodné použít tohoto systému, pro řazení svítidel v místnostech aniž bychom museli zasáhnout do kabelové instalace jak je uvedeno na obrázku č. 8.9.



Obr. 8.8 DALI jako závislý podsystém



Obr. 8.9 Možnost změny uspořádání skupin svítidel

8.3 Porovnání analogového ovládání 1-10 V versus DALI

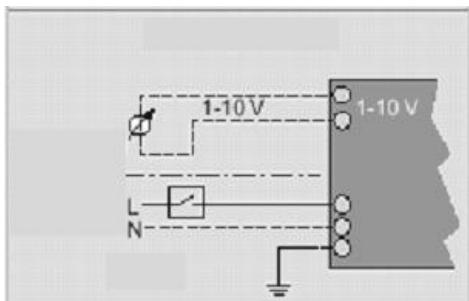
Analogové ovládání 1 - 10 V

- galvanické oddělení řídicího rozhraní
- dvoudrátové vedení
- rozsah stmívání 1...100 %
- není zpětné hlášení
- neadresovatelné zařízení
- nelze vypínat jednotky pomocí rozhraní
- přepínání a stmívání dvě odlišné funkce viz obr. 8.10

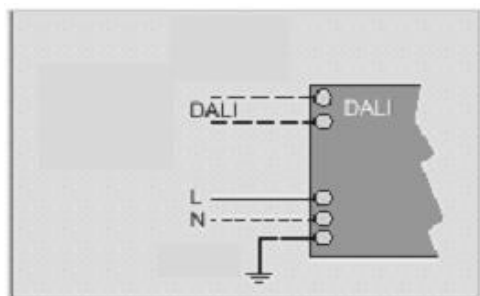
DALI

- galvanické oddělení řídicího rozhraní
- dvoudrátové vedení
- rozsah stmívání 1...100 %
- zpětné hlášení provozního stavu
- skupinové, individuální a vysílací adresy

- paměť na uložení scén
- programovatelný průběh stmívání
- napojení na systém správy budov pomocí konvektorů
- snadná nová konfigurace systému
- snadná integrace nových komponentů
- přepínání a stmívání dvě kombinované funkce viz obr. 8.11



Obr. 8.10 Přepínání a stmívání dvě odlišné funkce



Obr. 8.11 Přepínání a stmívání dvě kombinované funkce

9. ŘÍZENÍ A REGULACE OSVĚTLENÍ

9.1 Úvod

Mezi hlavní důvody regulace osvětlení patří dosažení požadovaného osvětlení s ohledem na vykonávanou činnost, přizpůsobení osvětlení požadavkům uživatele, dosažení požadovaného osvětlení v závislosti na úrovni denního světla a snížení provozních nákladů na osvětlení. Výsledkem regulace osvětlení je zlepšení kvality osvětlení, zpříjemnění pobytu a práce, snížení příkonu svítidel a ztrát na napájecím vedení. Dříve byly světelné zdroje regulovány z důvodu přizpůsobení jasů určité situaci, v posledních desetiletích osvětlovací zařízení regulují intenzitu osvětlení převážně z ekonomického hlediska. S vývojem elektronických technologií se ustupuje od klasického způsobu ovládání osvětlovací soustavy změnou napájecího napětí. Přistupuje se k řízení osvětlení pomocí různých inteligentních řídicích systémů. Tyto systémy poskytují možnost řídit a ovládat osvětlovací soustavu z hlediska maximálního využití denního světla a přítomnosti osob. V dnešní době existují systémy, které se zabývají nejen řízením osvětlení, ale také ovládáním všech technologií v budově, jako jsou vytápění, klimatizace, bezpečnostní systémy a požární signalizace. Přestože ekonomické a energetické úspory jsou hlavním kritériem pro volbu těchto systémů, nabízejí tyto systémy také zvýšení komfortu osvětlování a provozní bezpečnosti. Nejdůležitější kritéria pro řízení umělého osvětlení:

- **Komfort řízení** – spočívá v poskytnutí pohodlného ovládání dané osvětlovací soustavy. Komfort spojený s kvalitou řízení osvětlovací soustavy se dosahuje použitím různých senzorů a dálkových ovládání.
- **Úspora elektrické energie** – řídicí systémy dosahují vysoké úspory při optimálním návrhu osvětlovací soustavy ve spojení s využitím dostupného denního světla, s časovými spínači a s použitím světelných a pohybových senzorů.
- **Flexibilita** – přizpůsobivost řídicího systému je důležitou vlastností řídicích prvků zabezpečující variabilitu použití.
- **Přesnost a funkčnost systému** – je dána kvalitou použitých řídicích prvků,
- **Ekonomické náklady** – jsou jedním z rozhodujících kritérií při výběru řídicího systému a souvisí s předcházejícími kritérii.

Regulovat osvětlovací soustavu můžeme:

- **klasickými spínači** – řízením rovnoměrně rozmístěné osvětlovací soustavy dosáhneme tzv. okruhováním svítidel a jednotlivé okruhy spínáme vypínači nebo časovým naprogramováním. Je to jeden s nejjednodušších principů řízení osvětlovacích soustav. Nutná je ovšem podmínka zachování vyhovující rovnoměrnosti osvětlení a intenzity osvětlení. Rozsah stmívání je obvykle 100 % a 50 %. Hlavní výhodou tohoto řízení jsou nesporně velmi nízké investiční náklady.
- **stmívači** – dosahujeme plynulé regulace osvětlovací soustavy svítidel. Existují různé druhy stmívačů od analogových až po elektronické v závislosti na použitém zdroji osvětlení a předřadného přístroje. Tyto stmívače můžeme řídit ručně pomocí tlačítek, řídicím systémem nebo dálkovým ovládáním. Povel ke stmívání může být také spuštěn z čidla přítomnosti osob, čidlem na denní osvětlení nebo časovým spínačem. Při stmívání se snižuje měrný výkon světelných zdrojů a účinnost světelných zdrojů. Při návrhu stmívání nemůžeme využívat celý rozsah změny světelného toku viz tabulka 9.1.

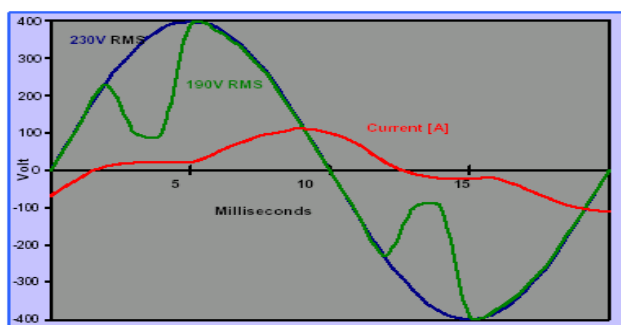
Tab. 9.1 Rozsah regulace svítidel s různými zdroji

Druh svítidla	Rozsah regulace [%]
Svítidlo se žárovkami	0-100
Svítidlo s halogenovými žárovkami	0-100
Zářivkové svítidlo s klasickým předřadníkem	50-100
Zářivkové svítidlo s elektronickým předřadníkem	1-100
Svítidlo s halogenidovou výbojkou	70-100

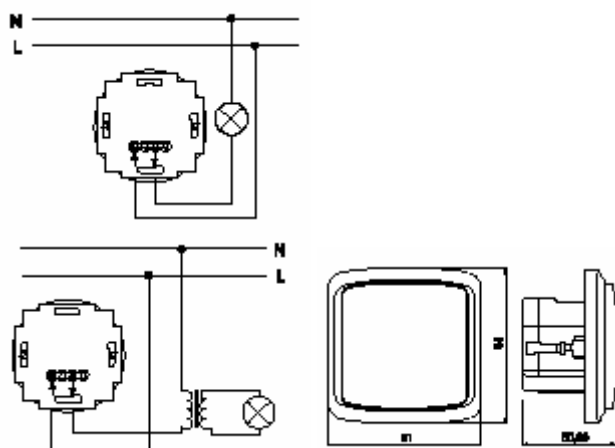
9.2 Možnosti regulace světelných zdrojů v interiérových svítidlech

9.2.1 Klasická žárovka

- Základní regulace světelného toku soustavy je přepínáním okruhů, nejčastěji v rozsahu 0%, 50 %, 100 %.
- Fázová regulace - jedná se o regulaci napětím, kde systém reguluje světelný tok světelného zdroje snižováním efektivní hodnoty napájecího napětí při zachování amplitudy napětí. Rozsah regulace od 0 % do 100 % světelného toku.



Obr. 9.1 Změna efektivní hodnoty napětí při zachování amplitudy napětí.

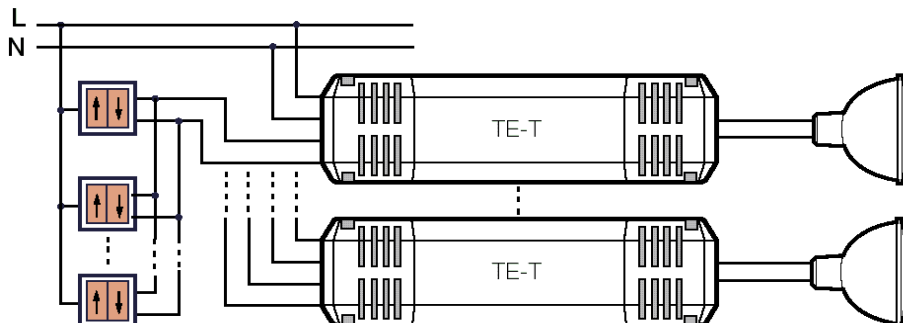


Obr. 9.2 Regulátor osvětlení fy ABB v provedení tango D pro montáž do instalační krabice

- Amplitudová regulace - jedná se rovněž o regulaci napětím. Systém reguluje světelný tok světelného zdroje změnou efektivní hodnoty napětí, ke které dochází změnou amplitudy napětí. Rozsah regulace od 0 % do 100 % světelného toku.

9.2.2 Halogenová žárovka na nízké napětí

Principy regulace jsou stejné jako v předcházející kapitole. Výkon se reguluje na primární straně transformátoru. Používají se regulátory určené pro stmívání zdrojů napájených indukčními nebo elektronickými transformátory.



Obr. 9.3 Regulace halogenových žárovek s elektronickým stmívatelným transformátorem pomocí instalačních tlačítek.

9.2.3 Zářivky s konvenčním předřadníkem

- Základní regulace světelného toku soustavy je přepínáním okruhů, nejčastěji v rozsahu 0%, 50 %, 100 %.
- Fázová regulace - Rozsah regulace od 50 % do 100 % světelného toku.

9.2.4 Zářivky se stmívatelným elektronickým předřadníkem

Stmíváním zářivek s elektronickým předřadníkem dosáhneme změnou parametrů (frekvence, napětí) na výboji. U elektronických předřadníků rozlišujeme v podstatě dva druhy ovládání stmívání a to analogové a digitální. Popis těchto ovládání je uveden v samostatné kapitole č. 8 základní druhy řízení elektronických předřadníků.

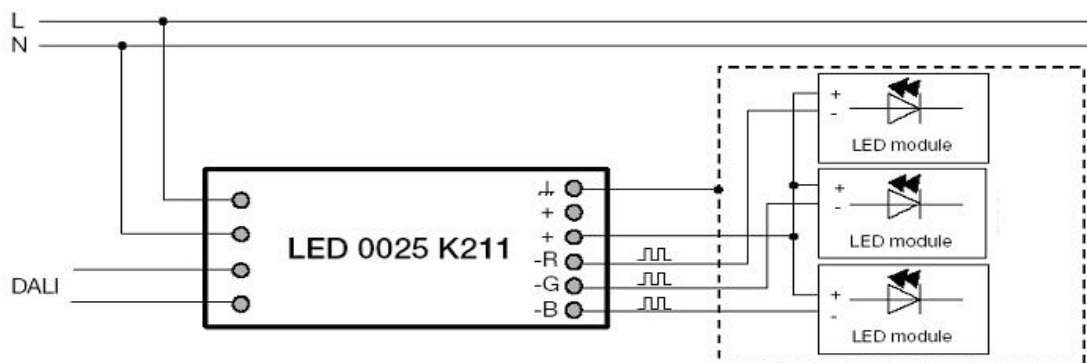
Pomocí stmívatelných elektronických předřadníků dosahujeme plynulou regulaci světelného toku zdroje v rozsahu 1%, - 100 % u lineárních zářivek a 3% 100% u kompaktních zářivek.

9.2.5 Zářivky s nestmívatelným elektronickým předřadníkem

- Základní regulace světelného toku soustavy je přepínáním okruhů, nejčastěji v rozsahu 0%, 50 %, 100 %.

9.2.6 LED diody

Intenzita osvětlení se reguluje elektronicky v předřadníku pomocí pulsní šířkové modulace. Ovládání regulace je možno tlačítky, potenciometry a pomocí digitálních standardů.



Obr. 9.4 Ukázka regulace tří LED modulů pomocí DALI standardu.

9.3 Inteligentní řídicí systémy

Inteligentní řídicí systémy pro správu budov se v principu neliší od jiných automatizovaných systémů řízení. Princip řízení spočívá ve vyhodnocování okamžitých stavů snímaných veličin, které se porovnávají s předem nastavenými hodnotami a na základě vyhodnocení se provede zpravidla samočinně regulační zásah nebo o stavu dané veličiny systém informuje obsluhu. Budovy s těmito systémy se nazývají tzv. inteligentní budovy. Komunikace mezi jednotlivými komponenty v systému probíhá většinou pomocí sběrnice (Bus), kterou se rozumí přenosové médium tvořené obvykle párem vodičů. Ke sběrnici jsou paralelně připojeni různí účastníci, kteří si po sběrnici vyměňují informace. Všechny přístroje této inteligentní instalace lze rozdělit do tří skupin a to na senzory, aktory a systémové přístroje:

- **senzory** - do této skupiny přístrojů patří tlačítkové spínače, senzory osvětlení, binární vstupy, infračervené (IR) přijímače, termostaty, senzory pohybu, požární hlásiče. To znamená, že jsou to přístroje, které sledují události v systému, jako je například pohyb osob, změna sledované veličiny (intenzita osvětlení, teplota, tlak, vlhkost ap.). Jestliže dojde ke změně v systému senzor dává povel na sběrnici nebo do řídicí jednotky.
- **aktory (akční členy)** - tvoří skupinu přístrojů obsahující především výkonové spínače, binární výstupy a stmívače. Aktory mají za úkol zajistit provedení požadované operace, ke které dostaly povel ze společné sběrnice. Například při poklesu intenzity denního světla v místnosti dojde pomocí stmívače k zesílení intenzity umělého osvětlení.
- **systémové přístroje a komponenty** - mezi systémové přístroje patří především napáječe sběrnice (zdroje napětí pro elektronické obvody v přístrojích), vazební členy mezi jednotlivými úseky sběrnice, sběrnice zesilovače, logické automaty a řadiče, rozhraní pro připojení počítačů. Zajišťují základní funkce systému a vytvářejí jeho infrastrukturu.

Výhody sběrnice instalace oproti konvenční instalaci realizované s klasickými přístroji lze shrnout do těchto následujících bodů:

- úspora kabeláže, materiálu, provozních nákladů na energii a obsluhu
- jednoduchost instalace a projektu systému
- snadná změna nastavení uspořádání prvků instalace s ohledem na změnu dispozice
- zpětná kontrola od řízených prvků, snadná údržba
- možnost vizualizace stavu systému, možnost ovládání pomocí počítače, telefonu a internetu

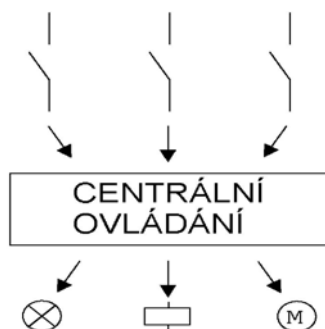
Při využití všech uvedených vlastností řídicí systém z hlediska osvětlení umožňuje:

- centrální řízení osvětlovací soustavy celého objektu a jejích částí
- zajištění hospodárného provozu a úsporu elektrické energie
- regulaci intenzity osvětlení v závislosti na kvalitě denního osvětlení

- volbu charakteru a intenzity osvětlení pro jednotlivá pracoviště
- automatické ovládání osvětlení v závislosti na přítomnosti osob v prostoru
- centrální kontrolu přítomnosti osob v objektu
- snadnou změnu naprogramovaných variant pomocí ovládacích prvků
- ovládání dalších spotřebičů, souvisejících s osvětlením (žaluzie)
- kontrolu a ovládání všech prvků napojením na PC
- programové zablokování zvoleného režimu proti nežádoucí manipulaci
- pomocí BUS-systému snadnou změnou konfigurace a rozsahu soustavy zapojení do nadřazeného řídicího systému (BUILDING MANAGEMENT)

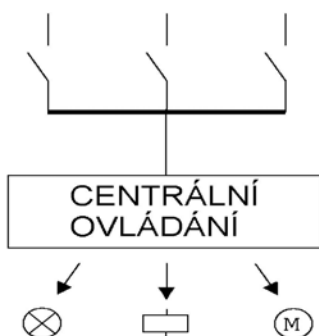
Rozlišujeme tři základní uspořádání komunikace v řídicích systémech“

- **Centralizované sběrníkové systémy** jsou řízeny z jednoho místa, kde se shromažďují informace o událostech v systému. U tohoto systému jsou vstupy (spínače, tlačítkové spínače, senzory atd.) a výstupy (svítidla, spotřebiče atd.) propojeny s centrálním řídicí jednotkou. Centrální řídicí jednotkou je počítač, který je trvale připojen na sběrníkový systém. Při poruše řídicího počítače dojde k selhání celého systému, což je nevýhodou tohoto systému.



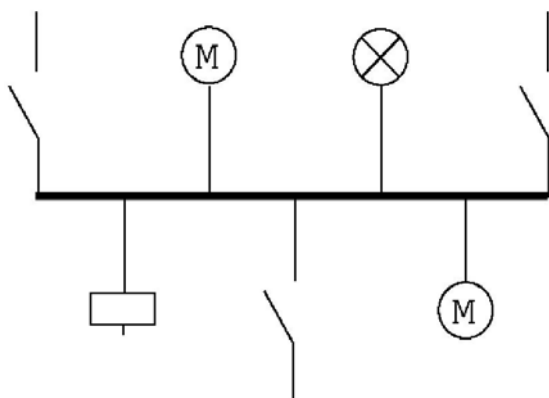
Obr. 9.5 Schéma centralizovaného systému

- **Hybridní sběrníkové systémy**, kde jsou vstupy (senzory) propojeny na sběrnici a výstupy jsou hvězdicově připojeny na řídicí jednotku jako u centralizovaných sběrníkových systémů.



Obr. 9.6 Schéma hybridního systému

- **Decentralizované sběrníkové systémy** jsou založeny na komunikaci po sběrnici bez nutnosti použití centrální jednotky, přístroje na sběrnici se oslovují navzájem. Každý účastník má v sobě integrovaný mikropočítač, který zpracovává signály.



Obr. 9.7 Schéma decentralizovaného systému

9.4 Inteligentní budovy

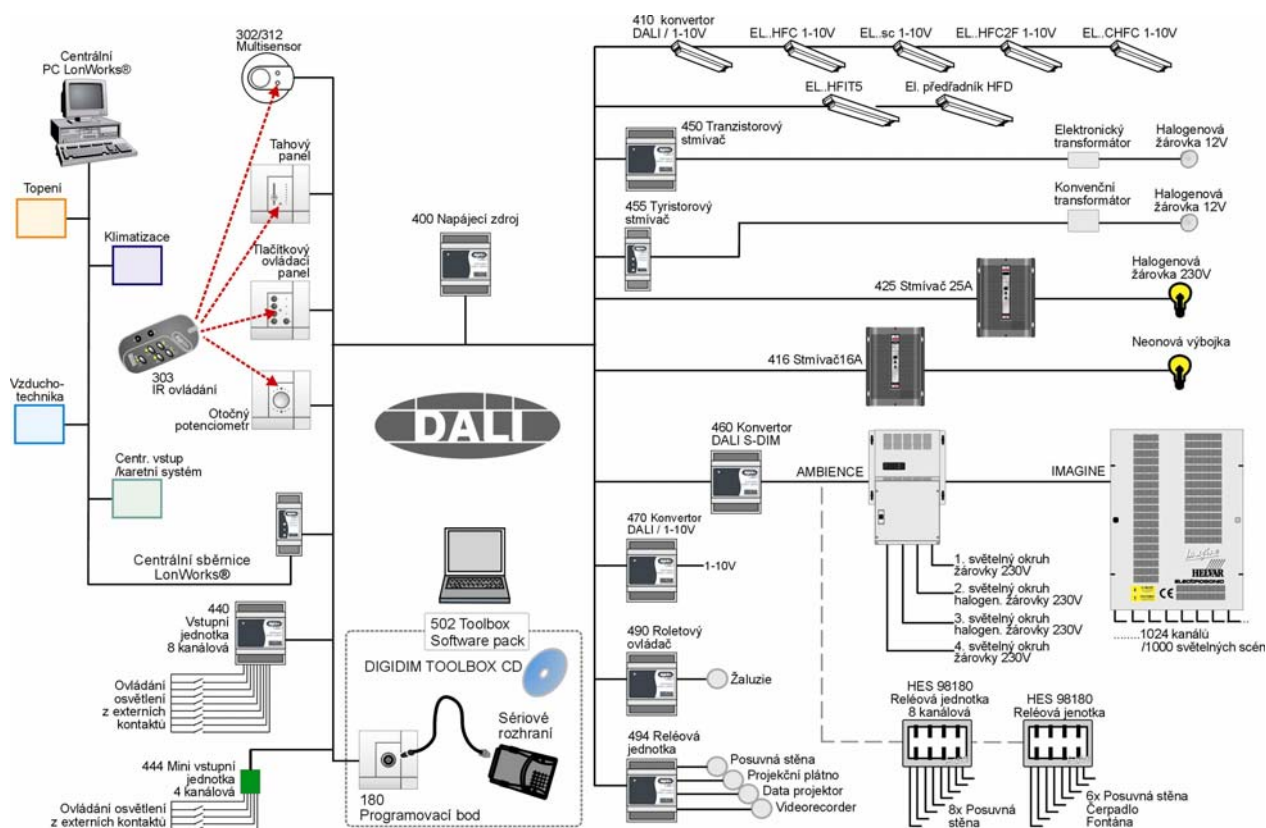
Pod pojmem inteligentní budovy rozumíme takové budovy, které mají jednotlivé technologie v budově navzájem propojeny do jednoho systému, z důvodu úspor investičních nákladů, tak i provozních (energie, personál). Jednotlivé technologie, které lze integrovat do řídicího systému:

- vzduchotechnika
- klimatizace
- vytápění
- zdroje tepla a akumulace
- zdroje chladu a akumulace
- zdroje elektrické energie
- osvětlení
- přístupové systémy
- výtahy
- kamerové systémy
- požární zabezpečení
- nouzové napájení
- slaboproudé rozvody a strukturovaná kabeláž
- další systémy pro specifické budovy (sportovní haly, kulturní zařízení atp.)

9.4.1 Úspora energie v inteligentních budovách

K dosažení úspor energie v inteligentních budovách lze například dosáhnout:

- řízením vytápění a chlazení, které zabezpečuje optimální součinnost těchto systémů
- řízením výkonu zdrojů tepla a chladu podle okamžité spotřeby na odběr, rozložením celkového výkonu do více výkonových stupňů
- řízení vnitřního klimatu budovy s ohledem na vnější povětrnostní podmínky
- snižování spotřeby pravidelným krátkodobým vypínáním zařízení
- automatická regulace osvětlení na přítomnost osob a hladinu denního osvětlení, aplikací časových programů pro řízení osvětlení chodeb a schodišť



Obr. 9.8 Příklad decentralizovaného řídicího systému v budově

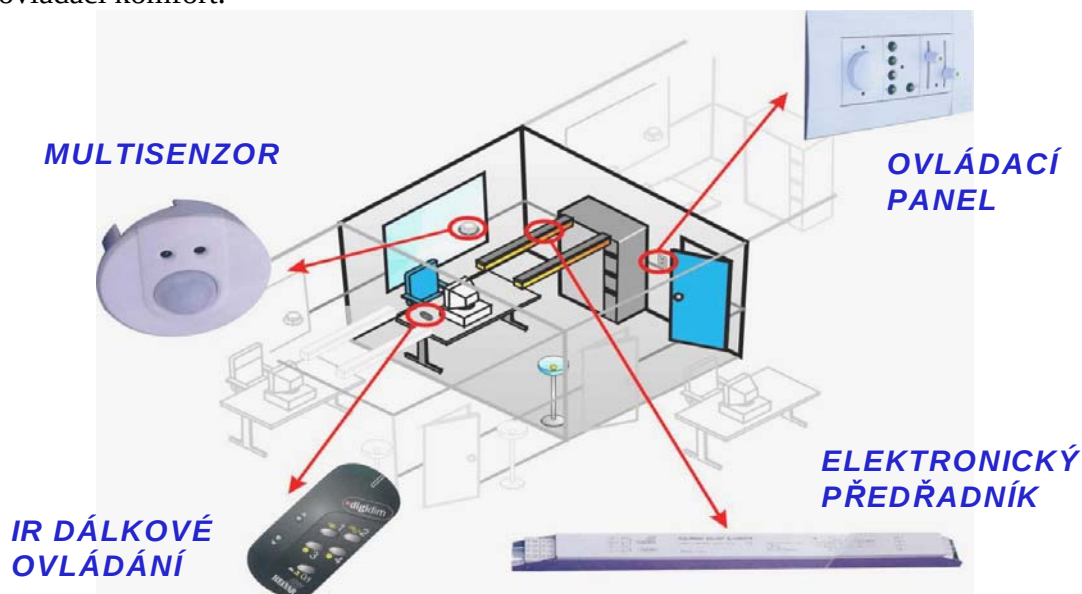
10. POPIS VYBRANÝCH INTELIGENTNÍCH ŘÍDÍCÍCH SYSTÉMŮ

Jedná se o řídicí systémy osvětlení DIGIDIM, LUXCONTROL a LUXMATE, Dále jsou zde uvedeny dva systémy řízení budov NIKOBUS a INSTABUS, které také umožňují řízení osvětlení. Mezi další řídicí systémy patří například POWER EXPRESS od firmy Apollo Art, METASYS od firmy Johnson Controls, systém LIGHTCONTROL, systémy od firmy Honeywel a mnoho dalších.

10.1 SYSTÉM DIGIDIM

Tento systém přináší na náš trh firma DNA CENTRAL EUROPE s.r.o. Jedná se o systém digitálního řízení vnitřního osvětlení. Tento systém využívá DALI protokol se všemi jeho výhodami a lze ho použít jako samostatný řídicí systém osvětlení nebo jako podsystém v centrálním systému řízení správy budovy.

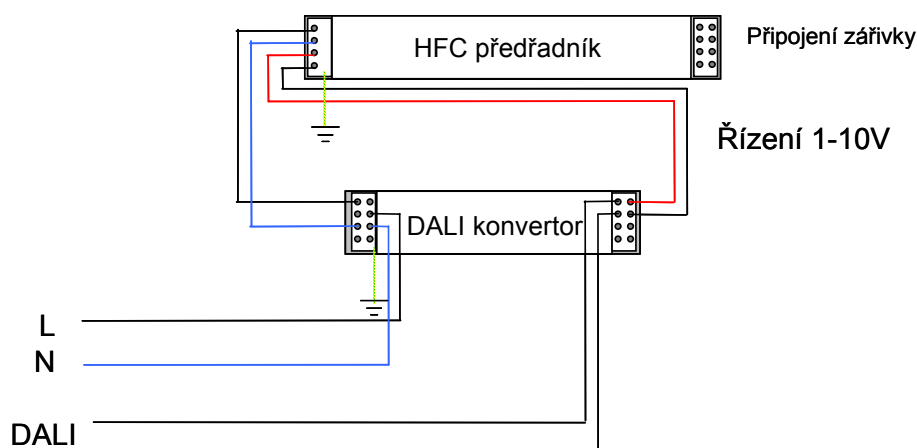
Na obr. 10.1 je uvedena typická instalace DALI-DIGIDIM s modulárním ovládacím panelem a digitálními předřadníky v zářivkových svítidlech. Při této konfiguraci disponujeme inteligentním systémem osvětlení, který šetří energii jako regulátorem umělého osvětlení v závislosti na denním osvětlení a indikátorem přítomnosti osob a zároveň poskytuje vysoký ovládací komfort.



Obr. č.10.1 Jednoduchá obsluha-DIGIDIM

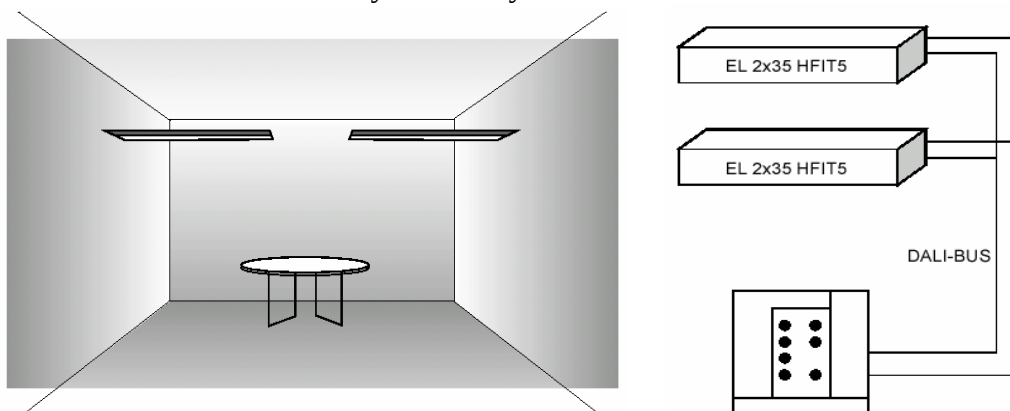
Pro integraci elektronických předřadníků řízených s analogovým řízením 1-10V do systému DIGIDIM byl vyvinut konvertor DIGIDIM-DALI(1-10V). Konvertorem DIGIDIM-DALI lze řídit 10 kusů předřadníků EL-HFC/CHFC, přičemž jím mohou být spínány max. 2 předřadníky. Při spínání více než dvou předřadníků, je třeba instalovat přídatné relé(stykač). Zapojení DIGIDIM-DALI(1-10V) konvertoru a elektronického předřadníku je uvedeno na obr. 10.2. Kromě změny signálů DALI v analogové signály umožňuje konvertor díky zpětnému hlášení sledování těchto parametrů:

- programovatelná světelná úroveň
- stav(ZAP/VYP)
- stav systému (standardní v režimu Stand-by)
- stav výstupu 1-10V
- minimální/maximální hodnoty, scény, skupiny



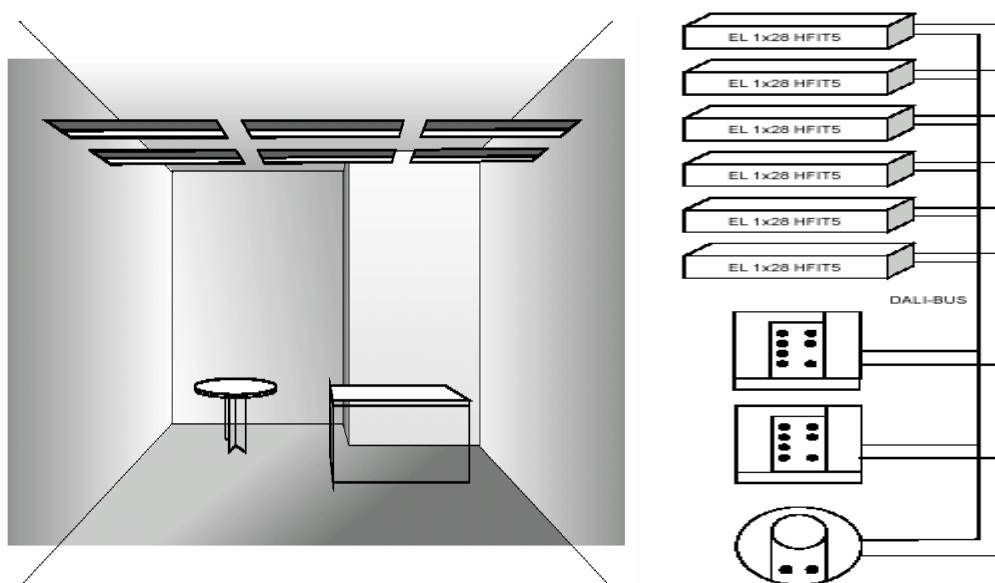
Obr. 10.2 Zapojení DIGIDIM-DALI(1-10V) konvertoru a elektronického předřadníku

Na obr 10.3 je uvedena jednoduchá aplikace řízení osvětlení pomocí systému DIGIDIM v kanceláři s dvěma zářivkovými svítidly.



Obr. 10.3 Zapojení DIGIDIM pro kancelář se dvěma zářivkovými svítidly

V instalaci jsou použité dva digitální elektronické předřadníky EL2x35HFIT5 DIGIDIM, jeden sedmitlačítkový ovládací panel (dolu/nahoru, zap/vyp), dálkové ovládání (IRvysílač). Toto zapojení poskytuje čtyři scény osvětlení. Jako další aplikace tohoto systému je uvedena kancelářská místnost s konferenčním prostorem na obrázku 10.4.



Obr. 10.4 Zapojení DIGIDIM pro kancelář s konferenčním prostorem

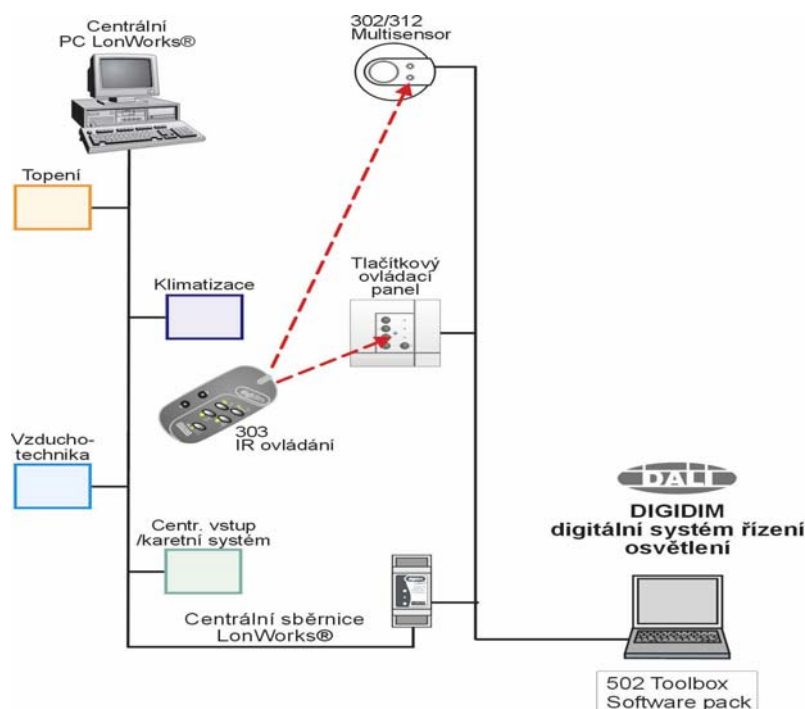
Sestava řídicího systému se skládá z šesti digitálních elektronických předřadníků EL1x28HFIT5 DIGIDIM, jeden sedmitlačítkový panel (4 scény, dolů/nahoru, zap/vyp), jeden multisenzor DIGIDIM, dálkové ovládání (IR vysílač). Multisenzor DIGIDIM je kompaktní jednotka, jejíž integrované senzory nabízí možnost využít přednosti úspory energie, vznikající automatickým ovládáním osvětlovacího systému. Jednotka obsahuje senzor konstantního osvětlení, pasivní infračervený (PIR) detektor přítomnosti a infračervený (IR) přijímač, pomocí kterého může být multisenzor ovládán dálkovým ovládáním DIGIDIM. Pomocí režimu PIR a senzoru konstantního osvětlení může systém rozpoznat, zda se v místnosti pohybují lidé a jak silné osvětlení je v danou dobu. Společně s IR přijímačem lze pomocí infračerveného dálkového ovládání DIGIDIM volit požadované stupně osvětlení a provádět základní funkce programování systému. Multisenzor může být instalován na strop nebo v tělese svítidla. Lze ho rovněž integrovat do nástěnného vypínače, který může v případě potřeby sloužit k manuálnímu ovládání.

Mnohonásobné systémy DIGIDIM mohou být spojeny, aby fungovaly jako jeden podsystém centrálního řízení budovy. Ke komunikaci podsystému a systému centrálního řízení budovy slouží brána DIGIDIM LONWORKS, která poskytuje propojení DALI kompatibilních sítí regulace osvětlení s automatizovanými systémy řízení vybavení budov na bázi sítí LONWORKS.



Obr. 10.5 Brána DALI - LONWORKS

Je konstruována tak, aby podporovala nadřazenost sítě LONWORKS nad sítí DALI a zároveň přiváděla informace DALI o intenzitě osvětlení, přítomnosti osob a stavu zařízení zpět do sítě LONWORKS. Umožňuje v síti LON centrální propojení, řízení komponentů DIGIDIM systémem LONWORKS v kombinaci s jinými produkty zajišťujícími funkci technického zařízení budovy např. topení, klimatizace a pod. Technologie sítě LONWORKS je založena na neuronovém čipu, který vnáší „inteligenci“ do jednotlivých prvků jako jsou snímače, ovladače a další, které jsou pak schopny mezi sebou komunikovat prostřednictvím standardního protokolu, nezávisle na použitém komunikačním médiu. Komplexní „Building Automation“, řízení, sběry a odečty dat pomocí LONWORKS a DALI sítí lze uplatnit v širokém rozsahu malých a středních budov (rodinné domy, penziony, hotely), až po velké budovy (administrativní objekty) a tovární areály.



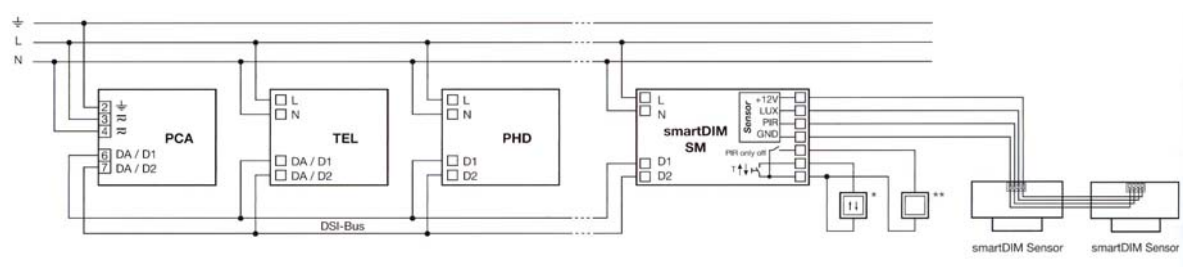
Obr. 10.6 Systém DIGIDIM ve spojení s centrální správou budovy pomocí brány DALI - LONWORKS

10.2 SYSTÉMY LuxCONTROL

Jedná se o řídicí systém osvětlení firmy TRIDONIC-ATCO. Je rozdělen do tří skupin smartDIM, modularDIM a confortDIM.

10.2.1 Sestava smartDIM

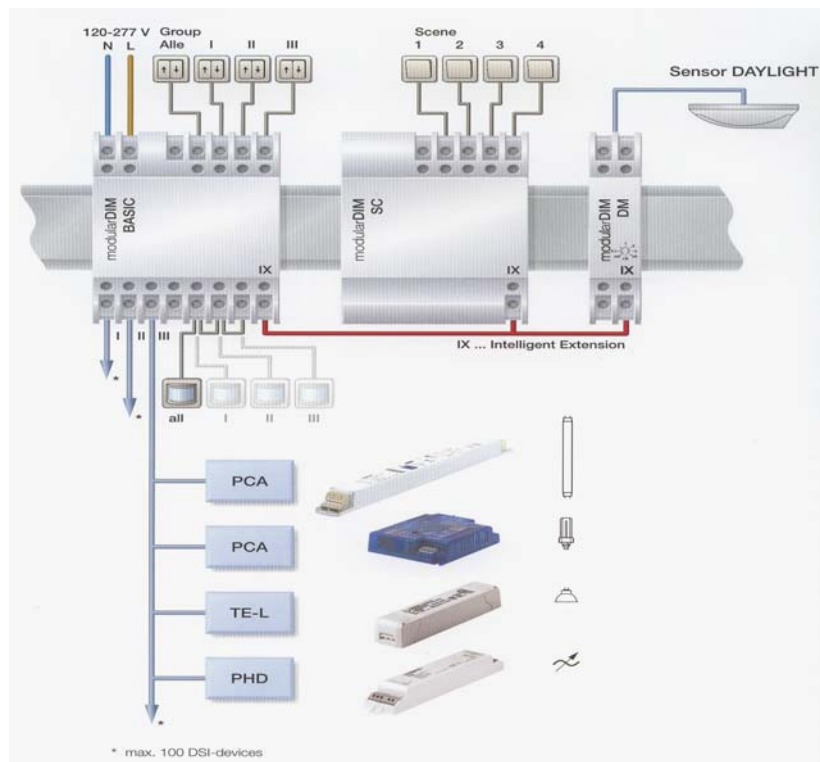
Systém smartDIM je určen pro jednoduché aplikace řízení osvětlení. Pro řízení předřadníků využívá digitální systém DSI. Řízení probíhá pomocí instalačních tlačítek a světelného senzoru SMART LS II nebo multifunkčního senzoru SMART DSI. Princip zapojení je na obr. 10.7.



Obr. 10.7 Schéma zapojení smartDIM

10.2.2 Sestava modularDIM

Druhý systém modularDIM je určen pro řízení až tří skupin svítidel po 100 kusech. Jedná se o poměrně jednoduchý systém, který lze rozšiřovat. Systém je sestaven ze základních modulů modularDIM Basic, modularDIM SC a modularDIM DM. Všechny tyto komponenty modularDIM jsou určeny pro montáž do rozváděčů.

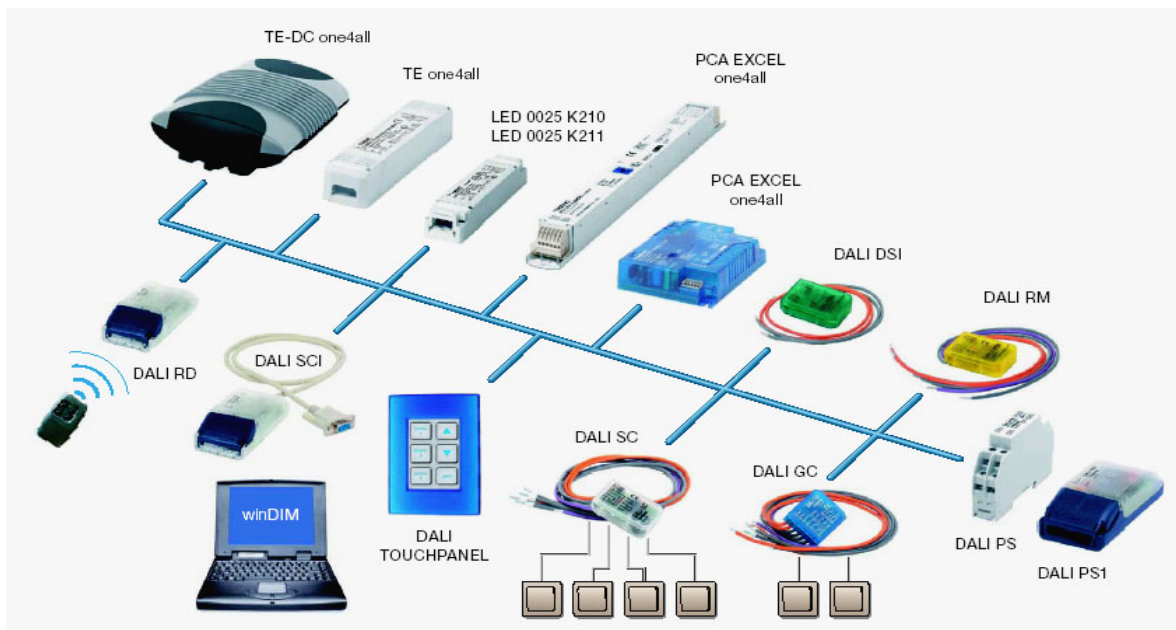


Obr. 10.8 Sestava řídicího systému modularDIM

Základní modul modularDIM BASIC umožňuje jednotlivě nebo společně řídit tři soustavy svítidel. K tomuto modulu se připojují paralelně instalační tlačítka, která umožňují spínání a stmívání soustavy z různých míst. Modul navíc slouží jako centrální zdroj energie pro všechny ostatní moduly. Dále je možné na modul připojit pohybové čidla pro zvýšení energetických úspor. ModularDIM SC rozšiřuje systém modularDIM o možnost vytváření scén v osvětlovací soustavě. Scény vyvoláváme pomocí tlačítek. Modul denního osvětlení modularDIM DM umožňuje řízení osvětlení v systému na základě údajů o denní osvětlenosti. Denní složku osvětlenosti snímá stropní senzor modularDIM, který je směřován ve směru příchodu denního osvětlení. Systém je možno rozšířit s využitím technologie iX (intelligent extension – inteligentní rozšíření).

10.2.3 Sestava comfortDIM

Systému **comfortDIM** komunikují přístroje pomocí DALI protokolu. Na DALI sběrnici je možné připojit předřadné přístroje pro světelné zdroje viz obr. 11.9. Do tohoto systému je možné pomocí konvertoru DALI- DSI integrovat přístroje pracující v systému DSI. Pro připojení tlačítek na sběrnici slouží moduly s dvěma nebo čtyřmi nezávislými vstupy DALI SG a DALI SC. Napájení elektronických obvodů v přístrojích na DALI sběrnici je zajištěno moduly DALI PS(1). Komunikace systému s PC je zabezpečena pomocí sériového rozhraní (RS232) DALI SCI.



Obr. 10.9 Sestava řídicího systému comfortDIM

Typické aplikace pro tyto systémy jsou:

- kanceláře
- školy
- tělocvičny
- prodejny
- supermarkety
- výrobní haly
- skladové haly

10.3 SYSTÉM LUXMATE

Jedná se řídicí systém, který byl vyvíjen pro řízení předřadníků společnost TRIDONIC. ACTO, obchodně označený LUXMATE. Umožňuje dosáhnout úspor, dle tvrzení výrobce až 75 % elektrické energie na základě určení řídicí charakteristiky pro každou místnost v kombinaci se senzory na pohyb, denní světlo a časovým spínáním. Systém LUXMATE ovládá nejnovější generace digitálních plně elektronických stmívatelných předřadníků typu PCA pro zářivky a digitální fázové stmívače sloužící ke stmívání nízkonapětových halogenových žárovek ve spojení s magnetickými nebo elektronickými transformátory. Digitální fázové stmívače mohou také stmívat inkandescenční světelné zdroje do celkového příkonu 30 až 1000 VA.

Elektronické předřadníky PCA se vyrábějí v provedení ECO a EXCEL. Typ ECO může být digitálně řízen pouze přes DSI rozhraní. Zatím, co typ EXCEL může být řízen i přes DALI rozhraní. Tyto předřadníky v systému LUXMATE lze ovládat pomocí:

- ruční ovládání pomocí standardních nástěnných tlačítek,
- ruční ovládání infra ovladačem,
- ruční ovládání nástěnnými panely,
- ruční ovládání dotykovým panelem,
- automatické ovládání pohybovým čidlem,

- automatické ovládání senzorem denního světla,
- automatické ovládání podle časového programu,
- ovládání pomocí počítače,
- dálkové – modem.

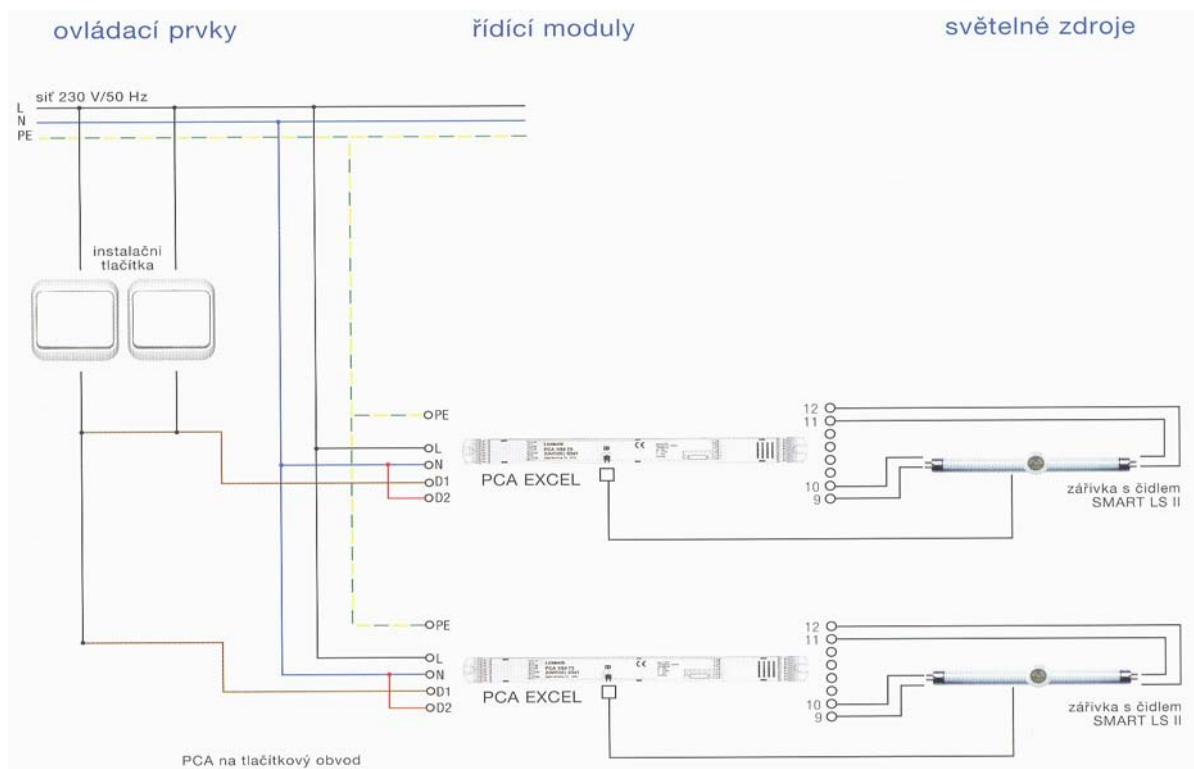
Systém LUXMATE nabízí tři základní typy:

10.3.1 LUXMATE BASIC

Jedná se o jednoduchou variantu systému umožňující ruční regulaci svítidel. Ovládání se provádí jednoduchými, nebo dvojitými tlačítky pomocí síťového napětí, takže není nutno použít speciálních vodičů. Digitální převodník využívá systému DSI a lze použít dvojího druhu. První, typu DSI-T je určen pro ovládání max. 25 ks předřadníků (PCA digitální elektronické předřadníky, PHD fázové stmívače nebo TEL elektronické transformátory). Instaluje se přímo do svítidel. Druhý, typu DSI-TS je určen pro ovládání max. 100 ks svítidel a instaluje se v rozvaděčích. Manipulace s ovládacím tlačítkem je velmi jednoduchá. Krátký stisk je signálem pro změnu stavu zapnout/vypnout, přidržetím tlačítka se reguluje stmívání. V konfiguraci LUXMATE Basic-IR je ovládání pro LUXMATE Basic rozšířeno o dálkové ovládání, pomocí infračerveného ovladače. Inteligentním IR ovladačem kromě standardního ovládání lze také nastavit a vyvolávat tři světelné scény. Právě možnost scén, široké spektrum řízených světelných prvků a možnost jednoduše realizovat řízení v závislosti na denním osvětlení jsou hlavní výhody pro aplikaci na úrovni ovládání samostatných světelných okruhů.

10.3.2 LUXMATE BASIC - řídicí systém se světelným senzorem Smart LS II

Smart LS II je světelný senzor pro automaticky regulovaná svítidla upevněný pomocí clipu přímo na zářivky. Regulační systém s využitím světelného čidla Smart LS II je cenově výhodný systém konstantního osvětlení v závislosti na denním světle pro jednotlivá svítidla nebo jednotlivé místnosti, jednoduchý na instalaci. Použití je pro svítidla nad pracovními místy, malé kanceláře a týmové kanceláře řízené denním světlem. Tento systém využívá elektronických předřadníků PCA EXCEL. Čidlo měří okolní světlo a reguluje osvětlení na konstantní intenzitu. Změní-li se denní světlo, umělé světlo se tomu přizpůsobí. Nastavení požadované intenzity osvětlení je možné pomocí mechanické clony světelného čidla Smart LS II. Dočasnou změnu nastavení stejně jako zapnutí(vypnutí) je kdykoliv možné přímým řízením tlačítka připojenými k předřadníku PCA EXCEL. Výrobce udává úsporu energie až 50 % a možnost startu zářivky na jakoukoliv nastavenou hodnotu. K systému je možno připojit paralelně libovolné množství světelných tlačítek. Schéma zapojení je uvedeno na obr. 10.10.



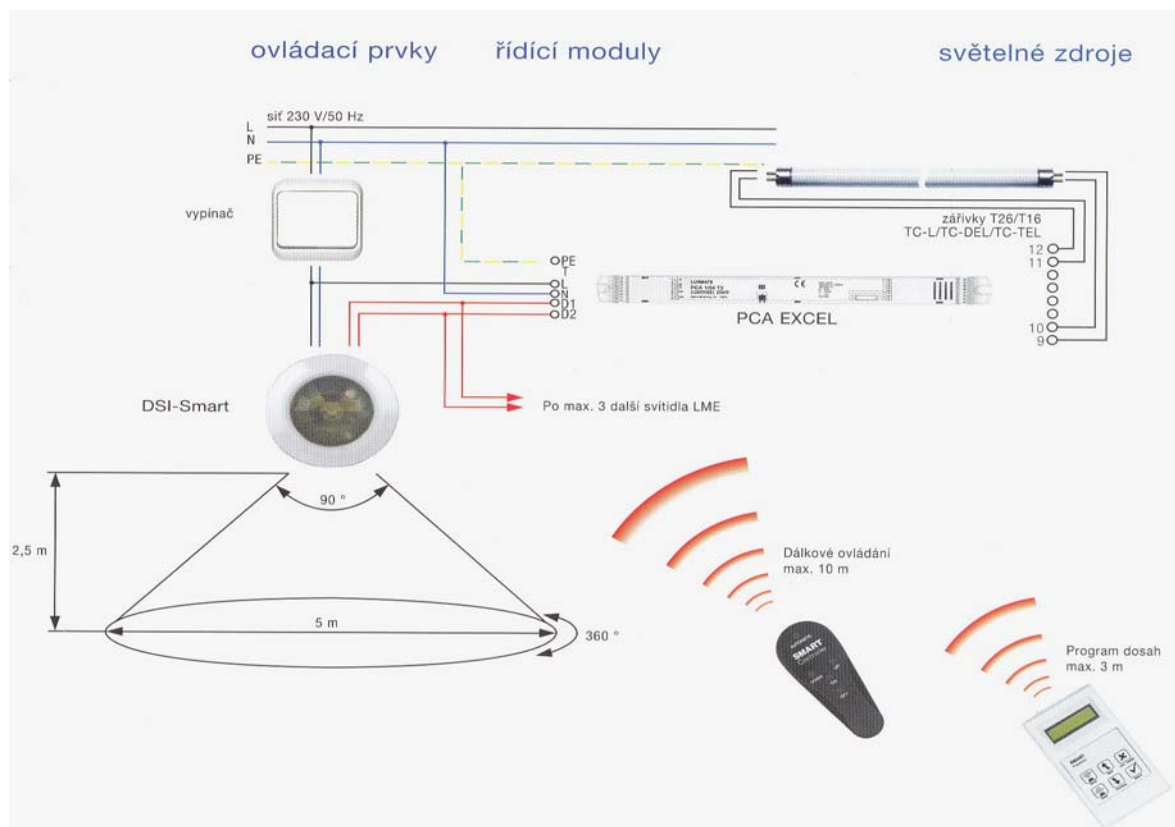
Obr. 10.10 Schéma zapojení regulačního systému s senzorem Smart LS II

10.3.3 LUXMATE BASIC - řídicí systém s multifunkčním senzorem Smart DSI

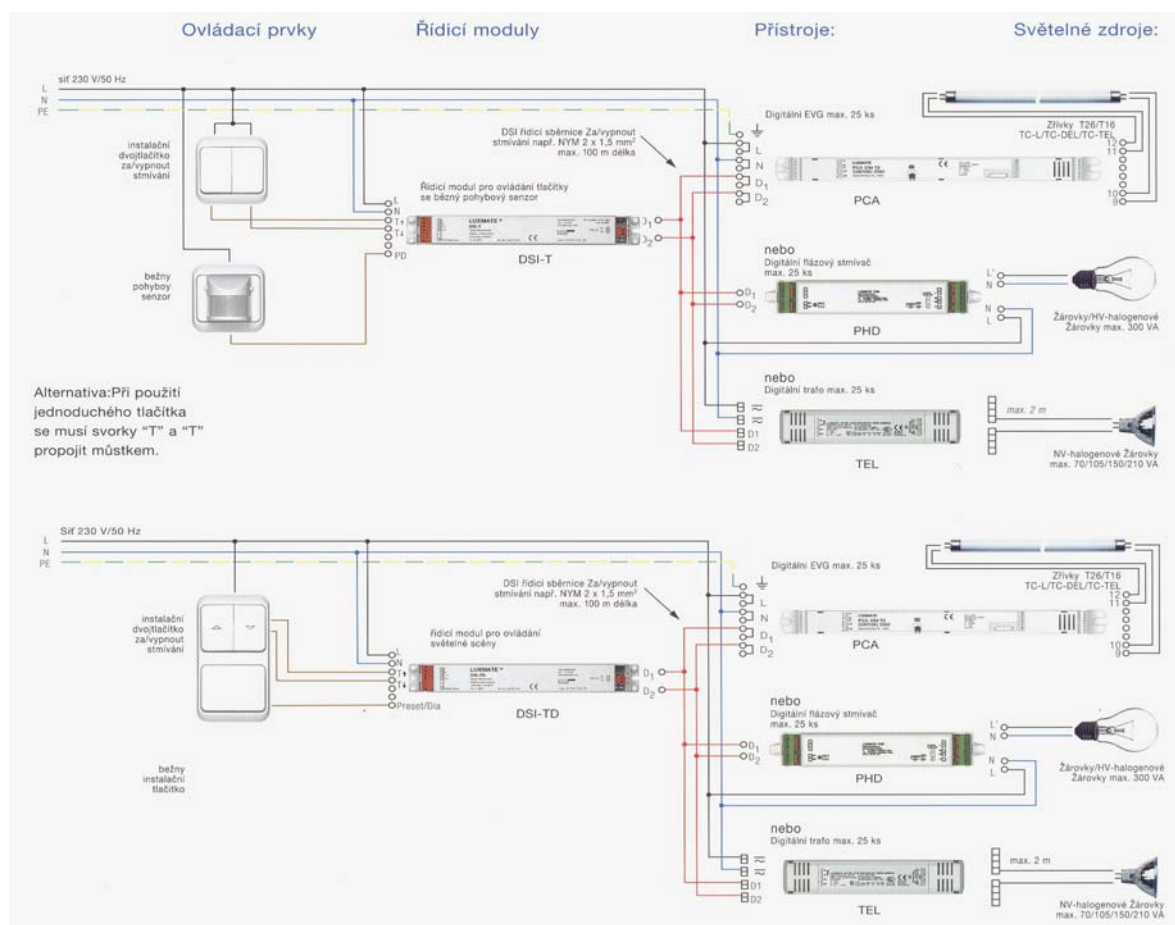
Senzor SMART-DSI obsahuje čidlo na denní světlo, pohybový senzor a IR senzor pro možnost dálkového ovládání. DSI-Smart se instaluje samostatně nebo jako zabudovaný ve svítidlech. Systém je tedy schopen regulovat soustavu v závislosti na denním světle a na přítomnosti osob. Využití je v malých kancelářích, týmových kancelářích, místnosti lékařské praxe, jednací místnosti, laboratoře a školy. Automatické řízení svítidel je možné s dálkovým ovládáním Smart-kontroler. Pro nastavení parametrů světelného senzoru, signalizace pohybu (časové zpoždění vypnutí pohybových čidlem) a spínání se zde provádí pomocí Smart-programátoru. Možnost úspory dle výrobce 50 až 70 % energie s využitím denního světla a nastavení požadovaných hodnot pomocí dálkového IR ovladače. Schéma zapojení je uvedeno na obr. 10.11.

10.3.4 LUXMATE BASIC - řídicí systém s ovládacími tlačítky

Základními prvky tohoto systému jsou řídicí moduly DSI-T, DSI-2IR nebo DSI-TD. Systém využívá k regulaci instalačních tlačítek umístěných u vstupních dveří nebo v blízkosti pracovních míst. Tento jednoduchý systém do jednotlivých místností je ideální pro obývací pokoje nebo pro průmyslové využití kancelářských a konferenčních místnostech, restauracích, lékařských praxích, laboratořích, místnostech CAD, školách, nemocnicích a buticích. Systém je vhodný pro všechny běžné typy zářivek a start zářivky je možný na jakoukoliv nastavenou hodnotu.

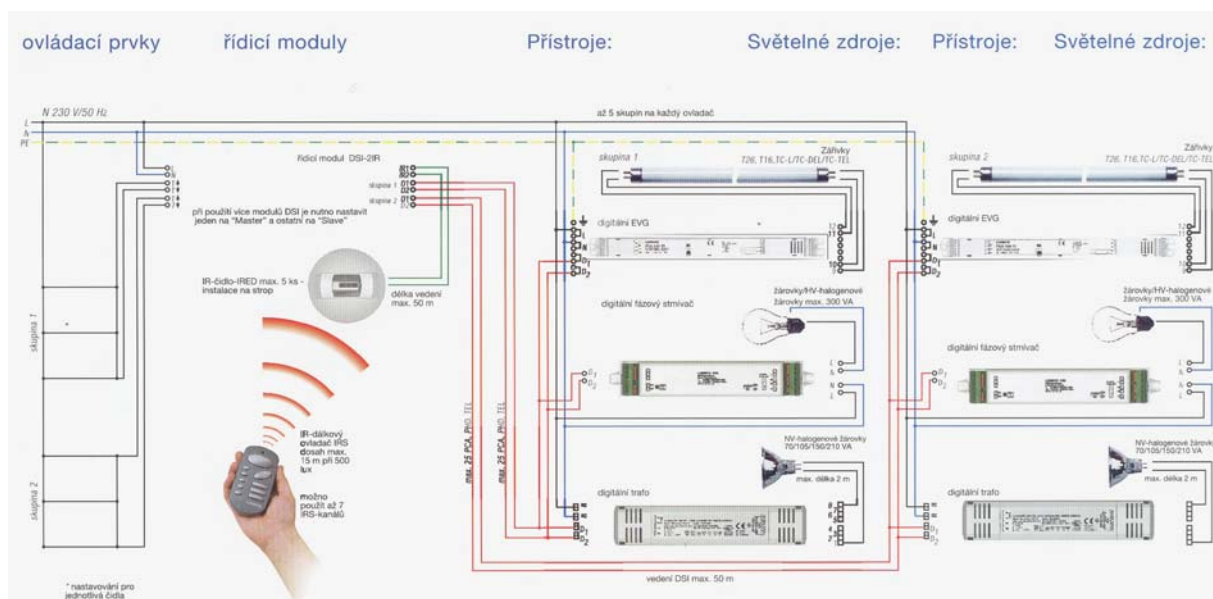


Obr. 10.11 Schéma zapojení regulačního systému s senzorem Smart DSI



Obr. 10.12 Sestavy regulačních systémů s instalačními tlačítky

Regulační systém s tlačítky je možné rozšířit pomocí dálkového ovládání IR-infračerveným ovladačem. Dálkové ovládání dovoluje rychlou a jednoduchou změnu světelných poměrů. Z libovolného stanoviště v místnosti je možno vyvolat jednu ze tří uložených světelných scén. Individuálně lze ovládat 5 skupin svítidel na každý ovladač.

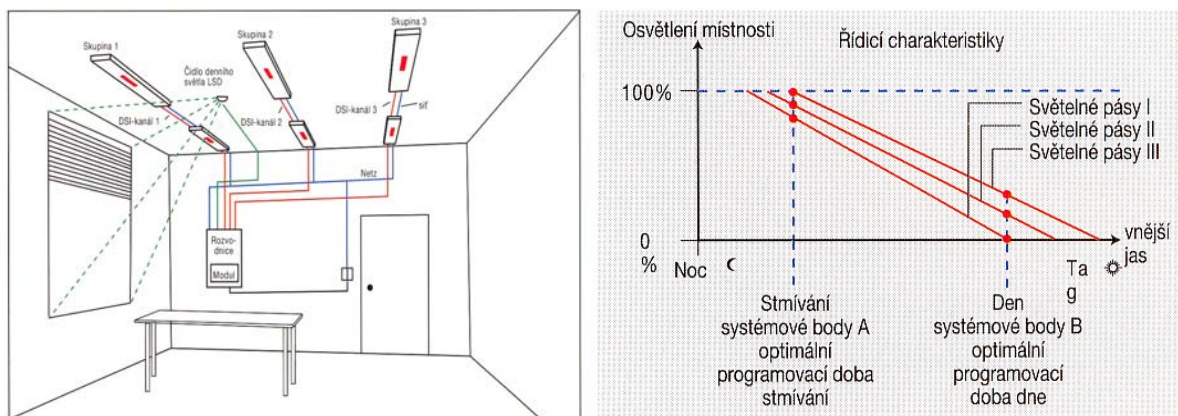


Obr. 10.13 Schéma zapojení regulačního systému s instalačními tlačítky a IR dálkovým ovládáním

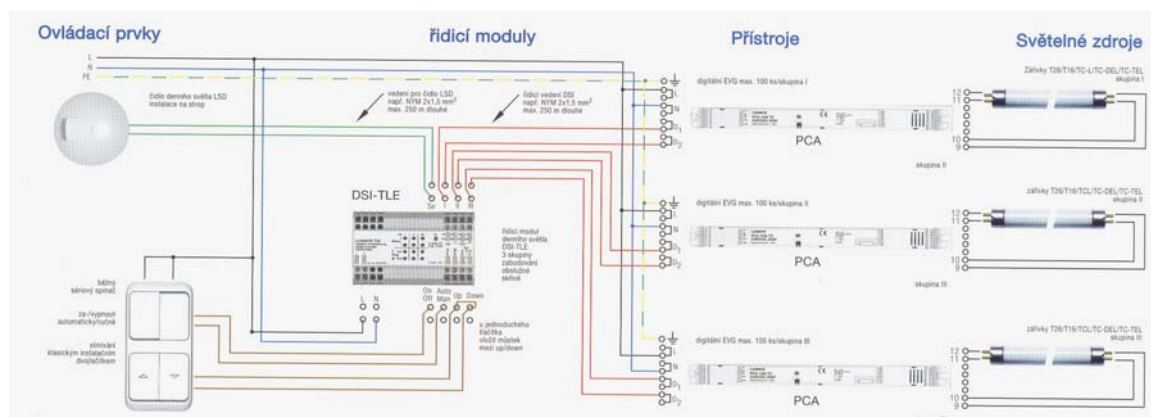
10.3.5 LUXMATE DAYLIGHT

Tato druhá konfigurace systému LUXMATE je založena na automatické regulaci osvětlení v závislosti na denním světle a je určena pro automatické řízení osvětlení v jednotlivých místnostech a menších objektech. Použití je pro velké místnosti, jako jsou například velkoprostorové kanceláře, skladové haly, supermarket, výrobní haly, sportovní haly a tělocvičny.

Jako řídicí modul je použit DSI-TLE, který je schopen na základě vyhodnocování denního osvětlení v místnosti plynule regulovat hladinu umělého osvětlení dle předem definované řídicí křivky. Tento řídicí modul je určen pro montáž na 35mm lištu do rozváděče. Řídicí jednotka používá k regulaci systém DSI a může ovládat tři skupiny svítidel, až 100 stmívatelných členů v závislosti na denním světle. Při dostatečném denním světle vypíná světelná pásma I-III po sobě. Řízení probíhá pomocí řídicích charakteristik, které se dají nastavit individuálně pro každé světelné pásmo. Průběh řídicích charakteristik je určen naprogramováním dvou systémových bodů na každé z nich. Na obr. 10.14 jsou uvedeny řídicí charakteristiky pro tři světelná pásma s ukázkou instalace.



Obr. 11.14 Tři světelné pásy řízené v závislosti na denním světle pomocí řídicích charakteristik

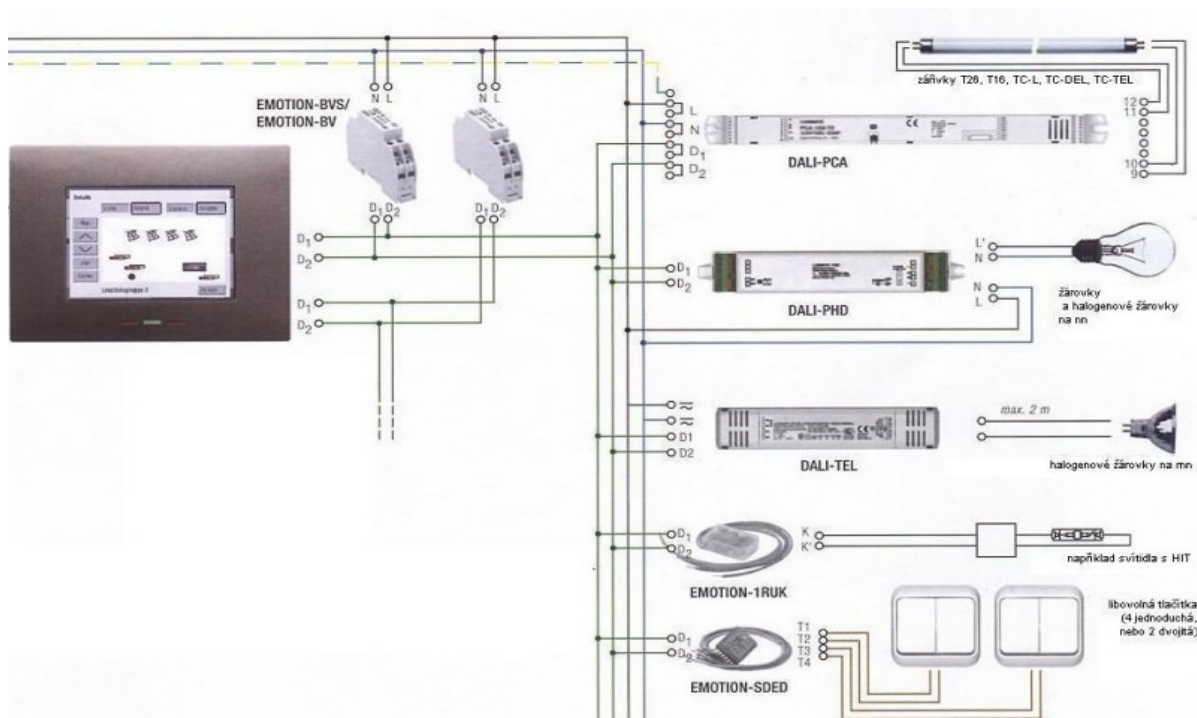


Obr. 10.15. Sestava regulačního systému s DSI TLE jednotkou

Tři skupiny svítidel se také mohou řídit klasickými instalačními tlačítky společně. Nastavování jednoduchým nebo dvojitým tlačítkem, krátké stisknutí tlačítka zapne/vypne všechna svítidla. Přidržení tlačítka stmívá nahoru nebo dolů. Obsluha probíhá pro všechny 3 skupiny osvětlení společně pomocí jednoho běžného vypínače. Paralelně k vypínači je možno připojit spínací hodiny nebo pohybový senzor. Pro regulaci v závislosti na denním světle je zde použito čidlo typu LSD, které je připojeno přímo na řídicí jednotku.

10.3.6 LUXMATE EMOTION

Tento systém využívá pro regulaci systému DALI v provedení samostatného systému, který se ale skládá ze dvou DALI podsystémů. Spojení je realizováno řídicí jednotkou obsaženou v dotekovém audiovizuálním panelu EMOTION - TOUCH-C, která slouží pro ovládání systému i pro jeho nastavení. Z hlediska ovládání celého systému nabízí komfortní výběr světelných scén, možnost uživatelského nastavení ikon ke scénám. Tento šestipalcový dotykový panel s barevným displejem lze použít pro dvě sběrnice DALI, čímž se rozšiřuje použití až na 128 ovládaných modulů z jednoho místa. Umožňuje řízení maximálně 32 skupin svítidel a 16 světelných scén. Na rozdíl od podobných systémů je v řídicím softwaru zakomponována schopnost pracovat s barvou.



Obr. 10.16. Schéma zapojení regulačního systému s řídicí jednotkou v dotykovém panelu EMOTION - TOUCH-C.

10.3.7 LUXMATE PROFESIONAL

LUXMATE Professional je systém pro řízení osvětlení a všeho, co s osvětlením souvisí. Na rozdíl od LUXMATE Daylight je regulace umělého osvětlení místností prováděna centrálně, za pomoci procesoru LM-TLR a inteligentní sondy pro měření denního osvětlení LM-TLM. Mimo možnosti řídit veškeré světelné prvky obsahuje tento systém také moduly pro řízení pohonů žaluzií, ovládacích prvků, jednoduché moduly pro připojení tlačítek, bezdrátové ovladače, řídicí panely s možností adresace a dotykové obrazovky. K dispozici jsou převodníky analogového signálu 1-10V na DSI protokol a moduly umožňující řídit staré předřadníky stmívané analogovým signálem. Různé druhy senzorů pro detekci přítomnosti osob, měření denního světla v místnosti, měření rychlosti větru a jednotkou měření jasu celé oblohy. Kromě nabídky komponentů pro řízení osvětlení jsou k dispozici i moduly pro řízení klimatizace, vytápění a větrání. Projekt konkrétní soustavy se řídí světelně-technickými požadavky, případně požadavkem na začlenění do nadřazeného řídicího systému. Minimální sestavu tvoří BUS napáječ, řídicí jednotka, jeden prvek s identifikační adresou. Maximální sestava je teoreticky neomezena, protože systém lze dále větvit. Existují moduly systému LUXMATE, umožňující komunikaci předřadníků používajících protokol DSI se systémem LON a EIB.

10.3.8 Řízení světla

LUXMATE Professional řídí světlo volitelně buď plně automaticky a v závislosti na denním světle nebo manuálně. Pomocí ovládacích prvků jsou kdykoliv možné subjektivní adaptace. Svítidla a žaluzie se dají řídit jednotlivě, ve skupinách, nastavené pro konkrétní místnost nebo budovu. Pro každý ovládací prvek je možno volit ze tří až pěti světelných scén. Pro střídání světelných scén se dají programovat různé rychlosti změny osvětlení. Čas a hodnota osvětlení se dá vyčíst na displeji ovládacího panelu.

10.3.9 Nastavení žaluzií a prostorové teploty

LUXMATE Professional řídí žaluzie plně automaticky, v závislosti na denním světle a síle větru, nebo volitelně manuálně. Individuální polohy žaluzií nastaví ovládací prvek na stisknutí tlačítka. Vedle normálního vyjždění a sjíždění žaluzií je při použití příslušných typů žaluzií možné i řízení lamel v závislosti na poloze. Výsledkem je neoslňující světlo na pracovišti a optimální prostorové klima. Stejný obslužný přístroj jako pro světlo a žaluzie řídí na přání i prostorovou teplotu. LUXMATE Professional poskytuje možnost individuálního přizpůsobení prostorové teploty a informuje centrální klimatizační řízení o obsazení místnosti.

10.3.10 Možnost integrace

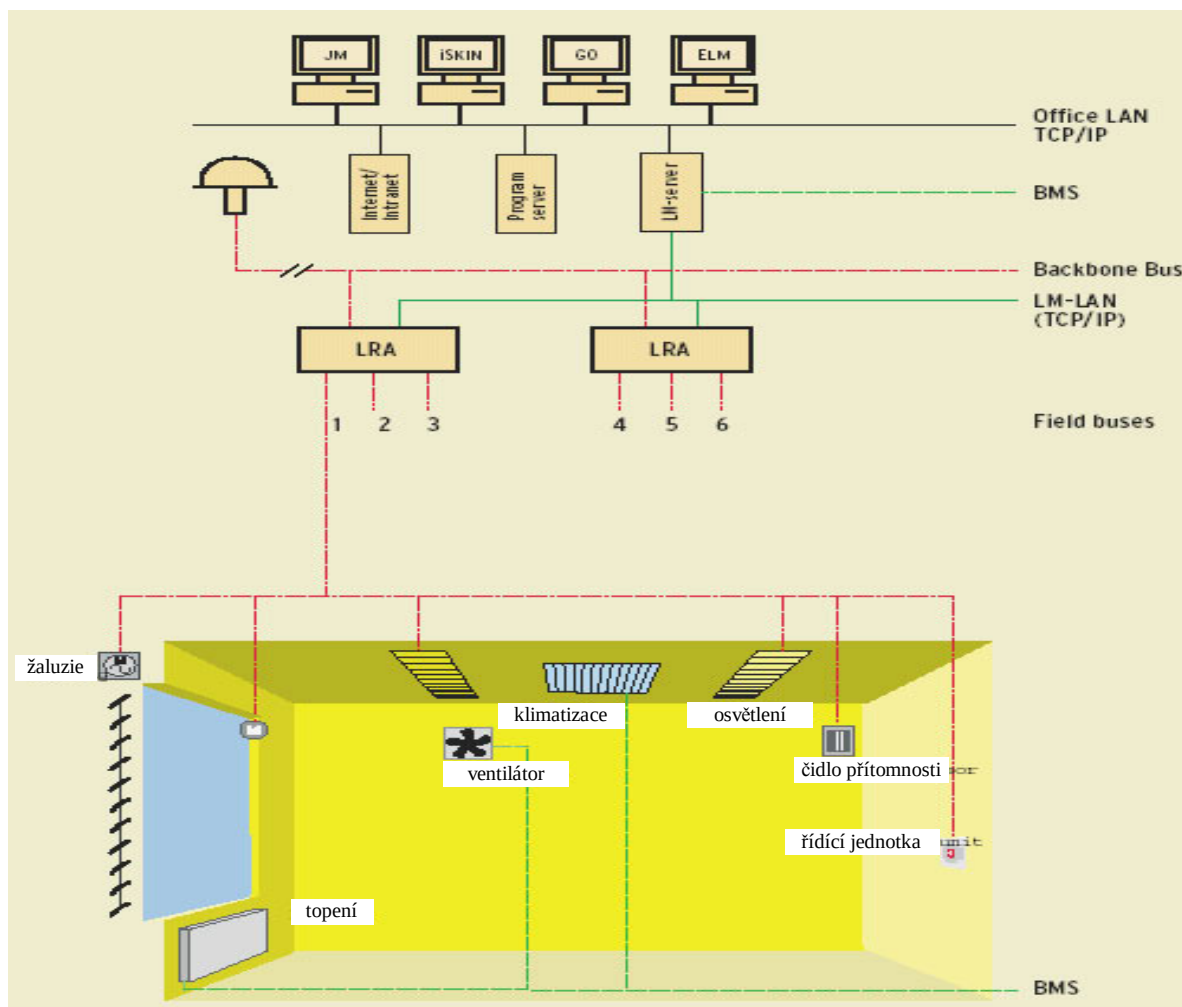
LUXMATE Profesional je otevřený systém řízení osvětlení. Je možná integrace k systémům řízení budov: Landis Staefa MS 2000, Johnson Controls, Andover Control S, LON, EIB.

10.3.11 Centrální kontrola zařízení

LUXMATE Professional automaticky hlásí řídicímu středisku budovy vadné součásti systému, zářivky, provozní hodiny zářivek a aktuální stavy.

Nejdůležitější vlastnosti:

- řízení osvětlení a žaluzií závisí na denním světle
- úspora energie až 75 %
- prostorové scény na stisknutí tlačítka
- kontrola síly deště a větru pro řízení žaluzií
- nastavitelná rychlost změny osvětlení
- pohodlná obsluha pomocí nástěnných prvků, dálkové ovládání IR, dotykové panely, PC
- signalizace pohybu v budově (čidla přítomnosti)
- ukazatel relativní hodnoty osvětlení a času
- automatické doby zapínání a vypínání
- integrace do systémů techniky budovy a systémů AV
- automatické hlášení provozních hodin světelných zdrojů
- zobrazení budov přes grafické terminály
- nastavování oken a promítacího plátna
- flexibilita a možnosti rozšíření vzhledem ke komunikaci po sběrnici
- jednoduchá instalace a programování i bez PC
- blokovácí funkce PIN-kód
- vhodné pro všechny typy světelných zdrojů
- kapacita systému až 49500 modulů
- při výpadcích sítě nedojde ke ztrátě nastavení
- místní regulátor klimatizace nebo propojení do klimatizačních systémů



Obr. 10.17 Schématické zapojení centrálního řízení systému LUXMATE Professional

10.4 SYSTÉM NIKOBUS

Distributor tohoto řídicího systému je firma Moeller. Nikobus je inteligentní elektroinstalace, vyvinuta speciálně pro domy a byty a omezuje se na funkce, nutné v této oblasti (max. 256 senzorů). Programování (jen nastavování parametrů funkcí) je jednoduché a nevyžaduje připojení PC nebo jiných programovacích přístrojů. V systému Nikobus se posílají povely zapnout / vypnout. Nejedná se tudíž o žádné komplikované příkazy a datové přenosy. Nikobus je cenově výhodný, částečně distribuovaný (decentralizovaný) řídicí systém, u kterého jsou všechny výstupy (spínané nebo stmívané světelné vývody, resp. zásuvky) napojeny přímo na řídicí spínací, roletové nebo stmívací jednotky.

Systém Nikobus je složen ze dvou základních komponentů:

- sběrníková tlačítka (anebo sběrníkové a jiné převodníky), někdy označované jako senzory,
- "inteligentní" spínací, roletové a stmívací jednotky (zajišťují řídicí a spínací funkce).

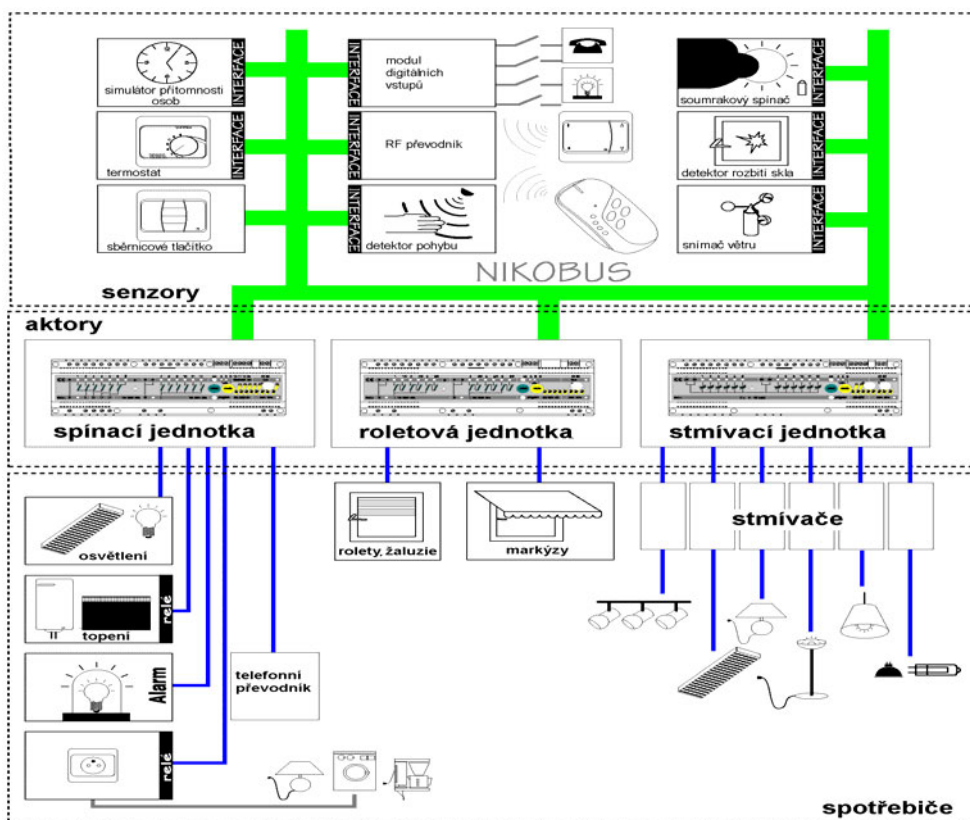
Spínací jednotka spíná pomocí zabudovaných dvanácti kontaktů (jedenáct zapínacích, jeden prepínací) elektrické spotřebiče a stmívače s příkonem do 2,3 kVA.

Žaluziová jednotka řídí systémy s motorickými pohony, jako např. rolety, žaluzie, brány a markýzy.

Stmívací jednotka umožňuje vytvářet různé světelné scény (zapínání, vypínání, postupné vypínání). Kapacita paměti je na 36 různých světelných scén. Jednotka má dvanáct napěťově řízených výstupů 0 až 10 V. Každý výstup řídí jeden nebo více výkonových stmívačů, maximálně však šest.

Sběrníková tlačítka (anebo sběrníkové a jiné převodníky) jsou propojena se spínacími, roletovými a stmívacími jednotkami dvojvodičovým vedením – sběrníci Nikobus. Tato sběrnice je galvanicky oddělena od sítě 230 V a je napájena bezpečným malým napětím 9 V DC (SELV).

Každému sběrníkovému tlačítku lze bez komplikovaných programovacích technik přiřadit jednu nebo i více funkcí. Do sběrníkového systému Nikobus lze integrovat i přístroje radiofrekvenčního (RF) dálkového ovládání Niko. S Nikobusem lze pomocí převodníku spojit i většinu vnějších senzorů, jako jsou detektory pohybu, dveřní a okenní kontakty, soumrakový spínač, spínací hodiny, termostaty, detektor větru, detektor rozbití skla, snímač deště, vlhkosti apod.



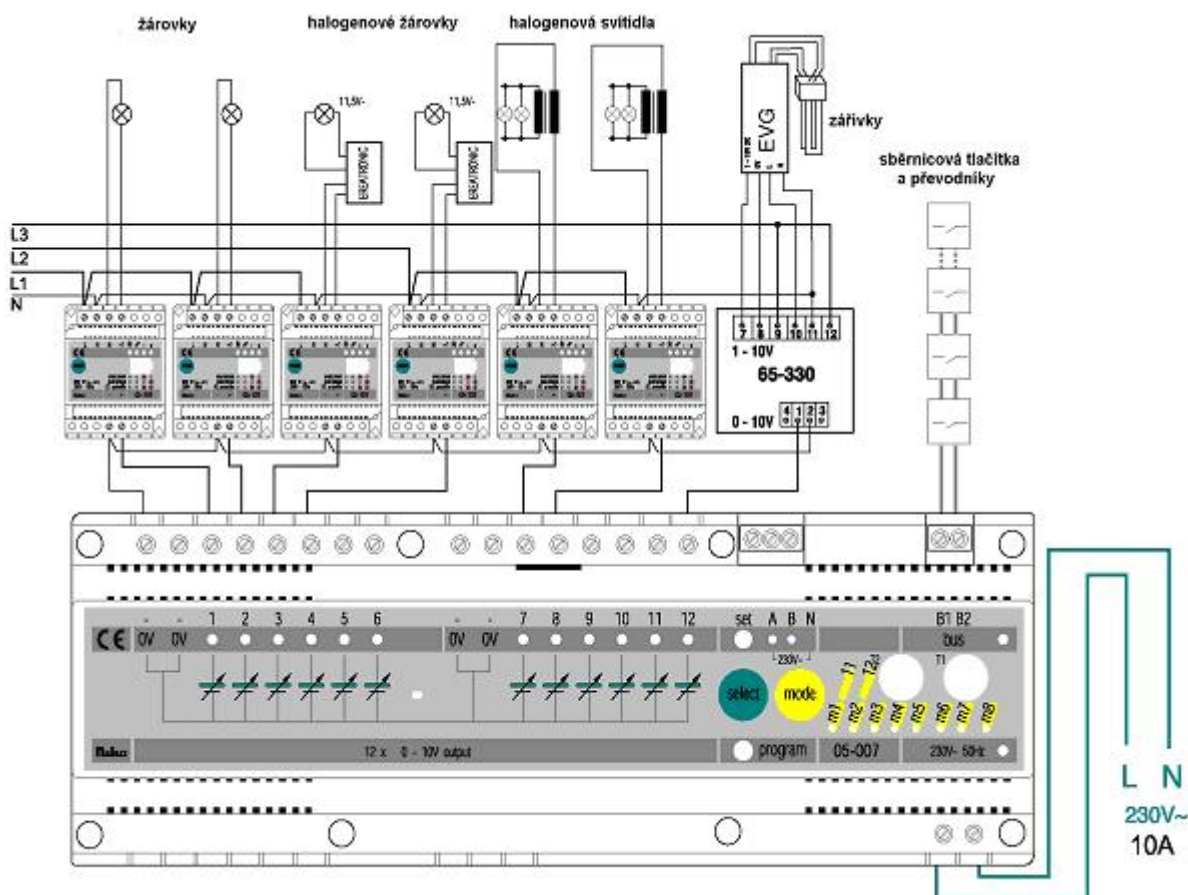
Obr. 10.18 Topologie systému NIKOBUS.

10.4.1 Stmívací jednotka

Ovládání osvětlení má v systému na starosti stmívací jednotka. Tato jednotka má 12 napěťově řízených výstupů 0 až 10 V. Každý výstup může řídit jeden nebo i několik výkonových stmívačů. Výstupy z jednotky jsou chráněny proti zkratu. Regulační rozsah 0 - 10 V odpovídá změně intenzity osvětlení 0 až 100%. Na stmívací jednotku Nikobus lze připojit všechny stmívače s kompatibilním vstupem 0/10 V a s galvanicky odděleným vstupem od výkonové části.

Na sběrnici lze připojit paralelně i několik stmívacích jednotek také v kombinaci se spínacími a roletovými jednotkami. U připojených řídicích jednotek je nutné dodržet stejnou polaritu připojení na sběrnici (paralelně se propojí všechny svorky B1 a všechny svorky B2 jednotek). Stmívací jednotka má také dva oddělené vnější logické vstupy a diagnostická hlášení. Jako u spínací a roletové jednotky i u stmívací jednotky slouží stálá paměť EEPROM pro uložení adres sběrnicových tlačítek a pro nastavení funkcí a parametrů stmívání pro každý výstup. Indikační LED a zvukové signály indikují postup při programování.

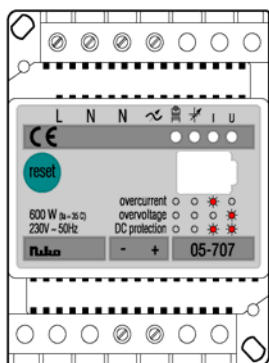
Stmívač je mikroprocesorově řízený s fázovým řízením přepínatelným mezi řízením úhlu zapnutí (pro indukční zátěž) a řízením úhlu vypnutí (pro odporovou a kapacitní zátěž).



Obr. 10.19 Schéma zapojení stmívací jednotky systému NIKOBUS

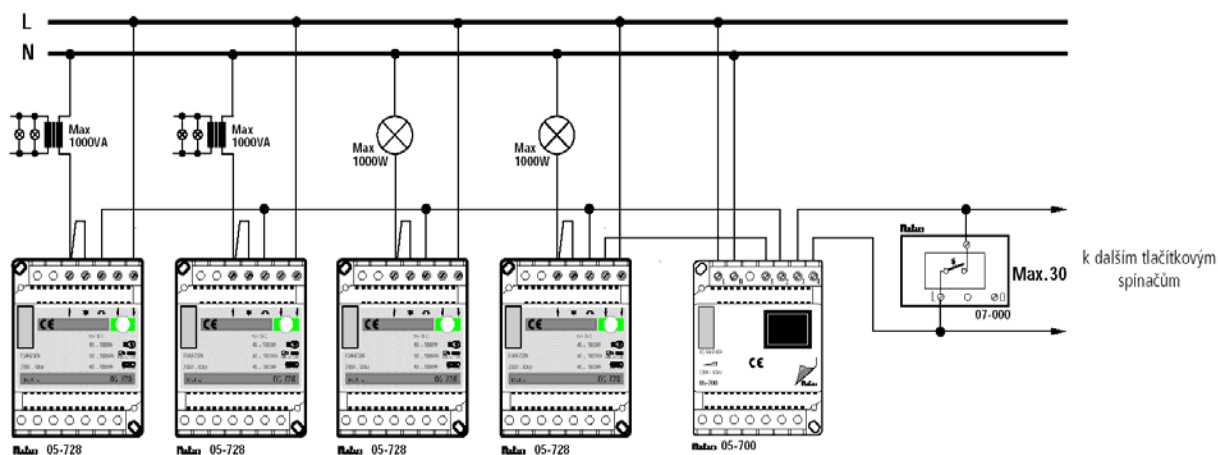
10.4.2 Stmívač NIKO

Stmívač lze přepnout na automatickou volbu nebo na ruční volbu vstupního napětí mezi analogovým napětím 0/10 V a řídicím napětím 1-10 V. Stmívač je 100% stmívatelný pro signál 0/10 V nebo 1-10 V a je vybaven elektronickou ochranou proti zkratu, ochranou proti přetížení a proudové asymetrii. Na čelní straně stmívače jsou umístěny LED pro indikaci nastavených funkcí a pro indikaci přetížení. Stmívač lze ovládat stmívací jednotkou, elektronickým potenciometrem nebo zapínacím kontaktem relé (spínací jednotky nebo tlačítka) a má zabudovaný odrušovací síťový filtr (pro potlačení rušení signálu HDO v síti).



Obr. 10.20 Stmívač NIKO

Ukázka stmívání odporové zátěže a indukčních transformátorů, max. 1000 VA v systému NIKOBUS je na obr. 10.21. Ovládání je možné tlačítkovým spínačem nebo kontaktem spínací jednotky.



Obr. 10.21. Stmívání odporové zátěže a indukčních transformátorů.

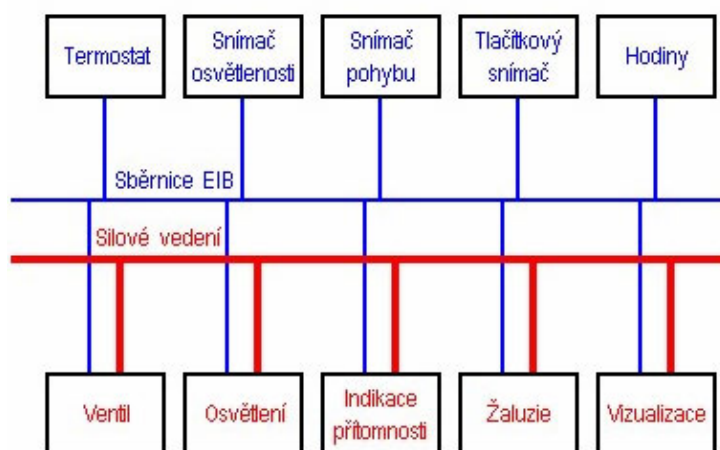
10.5 SYSTÉM INSTABUS - EIB

10.5.1 Všeobecný popis systému

EIB (European Instalation Bus) je standard pro řízení systémů budov. Standard EIB je vytvářen nezávislou organizací EIBA (European Installation Bus Association) se sídlem v Bruselu. Jednotlivé komponenty systému EIB vyrábí desítky výrobců z celé Evropy. Výhodou standardizovaného systému je možnost kombinování komponentů různých výrobců. EIB je především určený pro regulaci, spínání, měření, monitorování stavů a zpětné hlášení v inteligentních budovách. Předávání informací probíhá po datové dvou vodičové sběrnici. Sběrnice může být v podobě běžného instalačního kabelu, který prochází celou budovou a také zásobuje jednotlivé účastníky napájecím napětím. Sběrnici lze vést souběžně se silovým instalačním vedením. Všechny připojené přístroje na sběrnici - aktory (přijímače povelů) a senzory (vysílače povelů) - jsou připojeny na jednu sběrnici a komunikace mezi přístroji probíhá pomocí datových telegramů. Systém nemá žádný centrální řídicí počítač. Každý účastník na sběrnici má svoji inteligenci a obsahuje vlastní mikroprocesor. Spolehlivost systému je na vysoké úrovni, protože systém EIB není centrálně řízený. V případě poruchy je nefunkční pouze postižená část systému a ne systém jako celek. Každému účastníkovi na

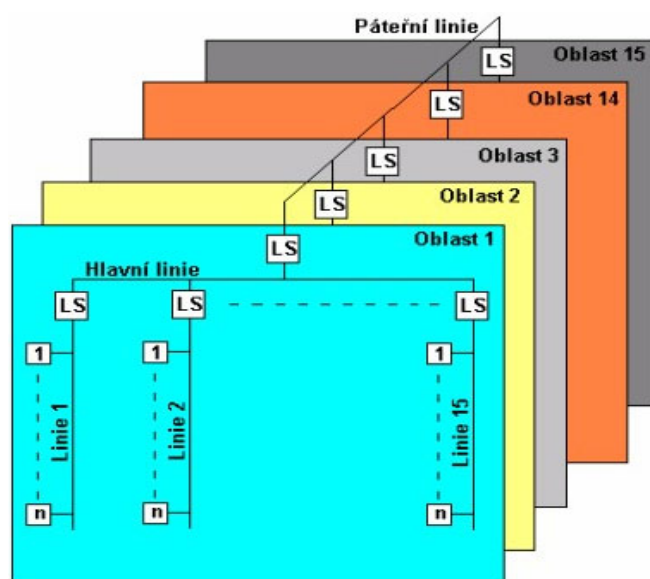
sběrnici lze libovolně přiřazovat adresy, přiřazovat aplikace (osvětlení zap/vyp, osvětlení stmívat, žaluzie apod.) a nastavovat jeho provozní parametry. Každý účastník na sběrnici obsahuje účastnický vazební člen, pomocí kterého komunikuje po datové sběrnici a z koncového uživatelského modulu. Pro napájení elektronických obvodů v účastnickém vazebním členu je nutné ke sběrnici připojit zdroj stejnosměrného napětí 24V. Systém lze jednoduše přeprogramovat při změně uspořádání dispozice v budově bez zásahu do elektroinstalace.

Kontrola a signalizace v systému EIB může být prováděna například z displejů umístěných v budově, v podobě grafického znázornění na obrazovce monitoru počítače s vizualizačním programem, dálkově po telefonu, mobilním telefonem ve formě SMS zpráv nebo pomocí celosvětové sítě Internet.



Obr. 10.22 Principiální schéma zapojení systému INSTABUS

Základní topologickou jednotkou je linie, kterou lze sestavit až ze čtyř větví, z nichž každá je samostatně napájena. Spojení jednotlivých větví je pomocí liniových spojek, které zajišťují komunikaci mezi všemi větvemi jedné linie. Každá linie je vybavena napájecím zdrojem s tlumivkou pro filtraci rušivých signálů ze sítě. Pomocí liniových spojek lze vytvořit oblast sestávající až z 15 linií, kde je zajištěna komunikace po hlavní linii.



Obr. 10.23 Topologie systému INSTABUS

Systém INSTABUS EIB lze použít do všech typů budov, novostaveb i rekonstrukcí, zejména pro:

- obytné budovy, rodinné domy, kancelářské budovy, sídla firem, prodejní prostory, výrobní a skladovací haly, vily a rezidence, bezbariérové bydlení
- reprezentativní prostory, hotely, banky, kongresové haly, obchodní centra a letiště, zdravotnická zařízení, školská a vzdělávací zařízení
- sportovní haly, squash centra, zábavní centra, muzea, expozice a výstavní prostory
- historické objekty a kulturní památky

Z hlediska ovládání osvětlení v inteligentní budově EIB poskytuje tyto funkce:

- ovládat všechny běžné typy svítidel nebo stmívání žárovkových a zářivkových svítidel
- vytvoření světelných scén
- automatická regulace na konstantní intenzity osvětlení
- řízení osvětlení podle přítomnosti osob
- centrální a skupinové ovládání osvětlení
- ovládání žaluzií, závěsů, rolet a markýz podle intenzity a směru osvětlení budovy nebo podle časového programu
- pohony oken a světlíků

Pomocí systému INSTABUS EIB lze realizovat například tyto další aplikace:

- regulace topení a klimatizace i po jednotlivých místnostech, regulace technologie bazénů a slunečních kolektorů, časové programy
- ovládání pohonů oken - ruční nebo automatické ovládání podle teploty, dešťová čidla
- ovládání vjezdových vrat garáží - propojení s dálkovým ovladačem vrat, automatické ovládání osvětlení garáže a příjezdové cesty
- ovládání centrálního vysavače bez potřeby dalších kabelů
- automatické ovládání zavlažovacího systému
- propojení se zabezpečením objektu, tlačítko pro případ napadení, ovládání osvětlení při poplachu
- elektromotorické domovní zámky
- dálkový odečet elektroměrů, vodoměrů, měřičů tepla
- monitorování stavu důležitých jističů v rozváděcích
- možnost ovládání infračerveným nebo rádiovým dálkovým ovladačem
- ovládání hlasem
- vizualizace stavu systému

Systém EIB lze také integrovat do jiných systémů řízení budov jako jsou EZS, přístupový a docházkový systém, kamerový systém, EPS, UPS, Audio / Video systémy, atd.

10.5.2 Systém ABB i-bus

Jedním s výrobců inteligentní techniky pro řízení budov, který využívá EIB standardu je firma ABB. Produkuje inteligentní řídicí systému pod názvem ABB i-bus. Tento systém využívá všech vlastností, které plynou z EIB standardu. Je aplikovatelný do všech druhů budov od rodinných domků až po průmyslové budovy.



Obr. 10.24 Sestava systému ABB i-bus

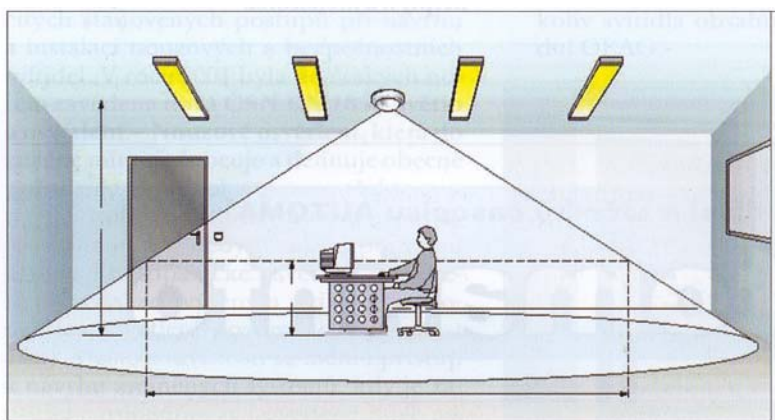
10.5.3 Příklad řízení zářivkového osvětlení v systémové instalaci ABB i-bus

K řízení osvětlovací soustavy lze například využít snímač přítomnosti osob v kombinaci se snímačem intenzity osvětlení.



Obr. 10.25 Snímač přítomnosti osob

Snímač přítomnosti se montuje na strop místnosti, místěný výšce 2,5 m nad podlahou, zabírá ve výšce 1 m nad podlahou prostor ohraničený kružnicí o průměru 6 m, jak je znázorněno na obr. 10.26. Snímač přítomnosti je koncipován jako přístroj obsahující celkem čtyři pasivní infračervené snímače.

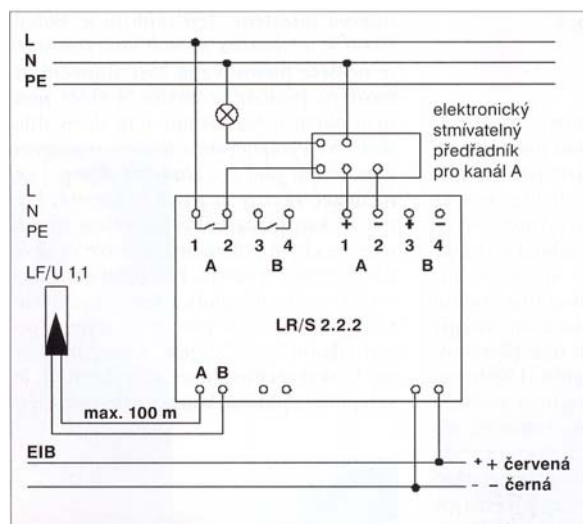


Obr. 10.26 Umístění snímače přítomnosti nad pracovním místem.

Pro rozměrnější kanceláře je nezbytné použít několik těchto snímačů. Je nutné zajistit vzájemnou spolupráci snímačů, aby v celém prostoru ovládali osvětlení (popř. také režim

vytápění) v závislosti na počtu obsazených pracovních místech. Pro jeden z nich je potřebné vybrat řídicí funkci (master), ostatní budou v podřízeném režimu (slave). Všechny snímače přítomnosti budou vzájemně komunikovat po sběrnici EIB.

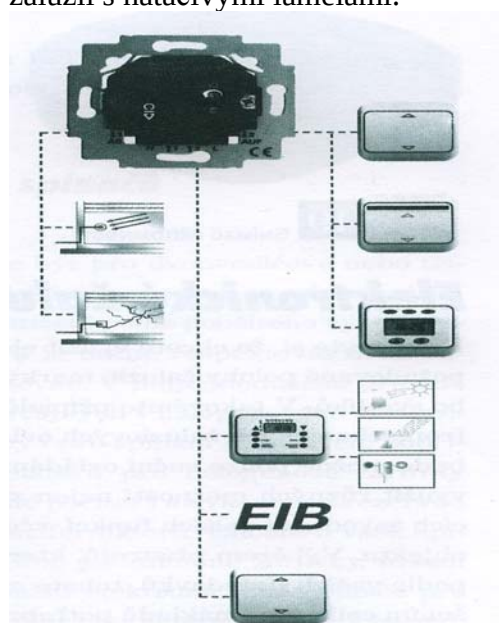
Pro řízení soustavy na konstantní osvětlenost lze využít buď kombinovaného snímače přítomnosti (snímá osvětlenost v prostoru kolmo pod sebou), anebo samostatný snímač intenzity osvětlení umístěný např. na stropě v elektroinstalační krabici. Tento další snímač je připojen dvoužilovým vedením přímo ke stmívacímu akčnímu členu v rozváděči. Schéma zapojení jednoho kanálu dvojnásobného stmívacího akčního členu, s možností připojit vlastní snímače intenzity osvětlení, je na obr. 10.27.



Obr. 10.27 Schéma zapojení jednoho kanálu stmívače pro řízení stálé osvětlenosti

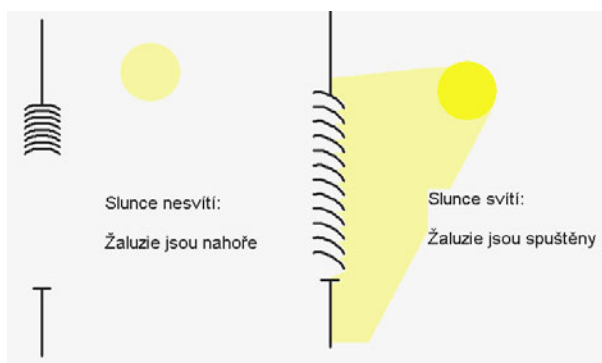
10.5.4 Řízení žaluzií v systémové instalaci ABB i-bus

Systém i-bus umožňuje řízení chodu žaluzií a osvětlenosti vnitřních prostorů například v závislosti na slunečním světle a povětrnostních podmínkách. Jedná se o ovládání venkovních žaluzií s natáčivými lamelami.



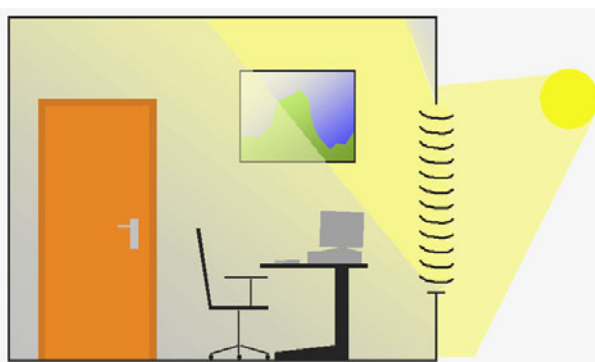
Obr. 10.28 Schéma zapojení ovládání žaluzií.

Základní funkci tvoří prosté spouštění a vytahování žaluzií v závislosti na slunečním světle snímaném senzorem osvětlení s natočením lamel pro zamezení vniku přímého slunečního světla dovnitř. Tohoto způsobu řízení lze dosáhnout s žaluziovými akčními členy. Řízení žaluzií je uvedeno na obr 10.29.



Obr. 10.29 Samočinné clonění

Pokud chceme současně využít přirozené světlo pro nepřímé osvětlení můžeme natočit lamely žaluzií podle obr. 10.30.



Obr. 10.30 Clonění s využitím přirozeného světla

10.5.5 Možnosti ovládání v systému ABB i-bus

Pro úsporu pořizovacích nákladů a přehlednost ovládání firma ABB poskytuje kombinovaný např. pětinasobný tlačítkový snímač.



Obr. 10.31 Kombinovaný snímač firmy ABB

Na obr. 10.31 je uveden aplikační modul, který obsahuje vícenásobný tlačítkový snímač, infračervené rozhraní umožňující dálkové ovládání funkcí, na které navazují tlačítkové snímače, volně programovatelný víceřádkový displej pro zobrazení provedeného úkonu, logický modul pro vytváření scén a prostorový termostat. Kombinovaný snímač je pomocí jedné sběrnice spojky připojen do systému.

Kromě tlačítkových kombinovaných snímačů s termostaty je možné použití samostatných termostatů a libovolných tlačítkových ovladačů pro osvětlení s funkcemi naprogramovanými do aplikačního programu univerzálního rozhraní obr. 10.32.



Obr. 10.32 Čtyřnásobné univerzální rozhraní

Rozhraní můžeme vložit do elektroinstalační krabice pod některý z klasických domovních spínačů. Pomocí rozhraní lze jednotlivá tlačítka naprogramovat pro řízení různých funkcí v EIB systémové instalaci. Pro každý ze vstupů pak lze vybrat tyto činnosti:

- spínání jednoho svítidla (jedním stiskem zapnout, druhým vypnout) nebo centrální funkce (například jen vypínání)
- ovládání dvou svítidel (krátké stisky pro jedno svítidlo, dlouhé pro druhé svítidlo)
- ovládání až pěti svítidel (jeden až čtyři krátké stisky pro čtyři svítidla, dlouhé stisky pro páté svítidlo)
- kombinační spínání až pěti svítidel (každým stiskem jiná kombinace jejich provozních stavů, s možností volby všech kombinací)
- spínání (krátkými stisky) a stmívání (dlouhými stisky) jednoho okruhu osvětlení
- jedno, nebo vícetlačítkové ovládání pohybu žaluzií i natáčení lamel či krokování oběma směry
- spínání světelné scény složené až z pěti funkcí logicky svázaných aplikačním programem

V výše uvedené části textu jsou popsány vybrané řídicí systémy, které byly převzaty s elektronických nebo tištěných katalogů jednotlivých výrobců a distributorů.

11. MOŽNOSTI ENERGETICKÝCH ÚSPOR ŘÍZENÍM OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV

Regulace osvětlení se provádí za účelem dosažení energetických a ekonomických úspor. Investiční náklady související s regulací by se měly co nejdříve vrátit. Vyjádření ekonomických úspor bývá u osvětlení ve většině případů obtížné.

O úsporách elektrické energie se dá hovořit při náhradě zastaralých a energeticky náročných osvětlovacích soustav. Návratnost této investice se však pohybuje na hranici životnosti nové osvětlovací soustavy, která je v rozmezí 8 až 10 let. Hlavní příčinou je malá roční doba provozu osvětlovacích soustav vnitřního osvětlení, která zpravidla v klasických místnostech nepřekračuje 1000 hodin. Poněkud jiná situace je u veřejného osvětlení, kde roční doba provozu dosahuje až 4300 hodin.

Při rozhodování, zda osvětlovací soustavu rekonstruovat nebo ne, nelze přihlížet pouze k tomu, kdy se nově vynaložené investice vrátí formou ušetřené elektrické energie. Kvalita osvětlení odjakživa souvisela s kvalitou výrobku nebo požadované služby. Kvalita osvětlení prokazatelně souvisí s produktivitou a kvalitou práce. A zároveň také bezprostředně souvisí s pracovními úrazy, bezpečností silničního provozu, bezpečností osob a majetku, to znamená i s kriminalitou.

K dosažení racionalizace osvětlovacích soustav z hlediska snižování energetické náročnosti a investičních nákladů při dodržení hygienických požadavků je třeba splnit následující zásady:

- Rozdělení prostoru na část pracovní, která se navrhuje na požadovanou intenzitu, a odpočinkovou popř. komunikační, ve které může být intenzita nižší.
- Náhrada standardních typů lineárních zářivek zářivkami s vícepásmovým luminoforem o vyšším světelném toku.
- Použití svítidel s maximální účinností distribuce světelného toku do osvětlovaného prostoru a s optimální zábranou proti oslnění.
- Přednostní použití zářivek s vyššími výkony. Např. měrný výkon zářivky 58 W s třípásmovým luminoforem je 82 lm.W^{-1} , měrný výkon téhož typu zářivky o výkonu 18 W je 75 lm.W^{-1} .
- Použití nejnovější generace zářivek typu T5.
- Náhrada žárovek kompaktními zářivkami v prostorách hygienických zařízení a v prostorách, kde se nachází slavnostní osvětlení pomocí lustrů osazených žárovkami.
- Náhrada svítidel s klasickými předřadníky svítidly s elektronickými předřadníky.
- Použití inteligentních řídicích systémů umožňujících řízení (stmívání) osvětlovacích soustav.

11.1 Možnosti energetických úspor řízením vnitřních osvětlovacích soustav

Energetické úspory osvětlovacích soustav jsou dány především možnostmi jejich řízení. Technicky lze toto řízení realizovat od běžného ovládání obsluhou až po použití inteligentních řídicích systémů. Ruční ovládání obsluhou spočívá v zapínání a vypínání osvětlení v závislosti na denní osvětlenosti a na přítomnosti osob v místnosti. Tento způsob ovládání je nedokonalý. Inteligentní řídicí systémy mohou ušetřit až 70 % elektrické energie.

Těchto úspor se dosahuje regulací (stmíváním) osvětlení. Stmívání vede ke snižování příkonu soustavy a tím k úsporám elektrické energie.

Možnosti energetických úspor:

1. Snížení světelného toku

Vzhledem k tomu, že světelné zdroje stárnou a jejich světelný tok se během jejich života snižuje, používá se při návrhu osvětlení tzv. činitel údržby v hodnotách obvykle 0,6 až 0,8. To znamená, že v osvětlovacím systému s novými zdroji nebo po provedení pravidelné údržby, při činiteli údržby 0,7, je počáteční hladina osvětlenosti vyšší o 30 %. Jakmile světelný zdroj dosáhne konce ekonomického života, hladina osvětlení se vyrovná projektované úrovni, nebereme-li v úvahu předdimenzování soustavy. Udržováním osvětlenosti na konstantní hodnotě po celou dobu trvání jejího života se dá ušetřit odhadem 10 % elektrické energie.

2. Předimenzování osvětlení

Většina osvětlovacích soustav je při svém návrhu předimenzována. To má dvě příčiny, projektant zpravidla navrhuje soustavu pravidelně uspořádanou, ve které je třeba brát v úvahu rozmístění svítidel. Projektantovi například vyjde lichý počet svítidel, navrhne však o jedno svítidlo více, aby je mohl uspořádat do pravidelných řad. Druhá příčina spočívá v určité opatrnosti projektanta. Z celé řady příčin se může stát, že při přesném navržení (výpočtu) osvětlovací soustavy pomocí výpočetního programu osvětlovací soustava po její realizaci při následném měření nevyhovuje, „byť“ jen těsně“. Problémy, které projektantovi z toho vzniknou jsou nesrovnatelné s problémy, které by mohly souviset s přesvětlením soustavy. Stmíváním takto předimenzované osvětlovací soustavy se dá ušetřit až 10 %.

3. Využitím denního osvětlení

Osvětlovací soustava bývá zapnuta často při dostatečném denním světle. Pomocí čidel reagujících na úroveň osvětlení v příslušném prostoru lze při nárůstu denního osvětlení stmívat světlo umělé tak, aby byla udržena požadovaná hodnota osvětlenosti. Tímto způsobem lze stmívat umělé světlo až do jeho vypnutí při dostatečném denním světle. Dosažená úspora elektrické energie může dosáhnout až 30 %.

4. Nepřítomnost osob

Dle odhadu zahraničních renomovaných firem zabývajících se osvětlovací technikou svítí osvětlovací soustavy asi o 20 % delší dobu, než je nutno z důvodu momentální nepřítomnosti osob v osvětlovaném prostoru. Pomocí čidel, která reagují na pohyb, lze osvětlovací soustavu buď ztlumit, anebo úplně vypnout v případě nepřítomnosti osob. Tím lze ušetřit až 20 % elektrické energie.

Sečtením všech dosažitelných úspor elektrické energie dostaneme úsporu 70 %. Někteří výrobci řídicích systémů tuto úsporu garantují. Záleží ovšem na mnoha různých faktorech, které spolu navzájem souvisí. Reálnější je však počítat s úsporou do 50 %.

11.2 Ekonomické vyhodnocení inteligentního řízení osvětlovacích soustav

Ekonomické vyhodnocení je jedním z rozhodujících kritérií při výběru řídicího systému. Při výpočtu ekonomického hodnocení musí být brán zřetel na parametry osvětlovací soustavy. Hlavním kritériem pro ekonomické vyhodnocení je doba návratnosti investic. Lze ji vypočítat dle vztahu:

$$t_n = \frac{N_{rek}}{N_r} \quad (11.1)$$

t_n prostá doba návratnosti investic (rok)
 N_{rek} vynaložené náklady na rekonstrukci (Kč)
 N_r roční úspor (Kč.rok⁻¹)

Pro výpočet ročních úspor se vychází z možností, které inteligentní řízení nabízí. Stmíváním osvětlovacích soustav se snižují náklady na odebranou elektrickou energii. Dále dochází ke snížení provozních nákladů. Roční úspory lze tedy vypočítat sečtením ceny ušetřené elektrické energie a úspory vzniklými snížením provozních nákladů.

11.2.1 Cena ušetřené elektrické energie

Uvažováním průměrné úspory garantované výrobcem lze vypočítat cenu ušetřené elektrické energie dle vztahu:

$$C = n \cdot t_p \cdot P \cdot \frac{X}{100} \cdot A \cdot 10^{-3} \quad (11.2)$$

C cena ušetřené elektrické energie za rok (Kč.rok⁻¹)
 n počet svítidel (ks)
 t_p roční doba provozu osvětlovací soustavy (h)
 P příkon světelného zdroje včetně předřadníku (W)
 X průměrná úspora garantovaná výrobcem (%)
 A cena elektrické energie (Kč.kWh⁻¹)

Průměrnou procentní úsporu elektrické energie od výrobce nelze použít pro přesnější výpočet uspořené elektrické energie. U některých řídicích systémů lze tuto hodnotu pokládat za reálnou, záleží však na mnoha parametrech, které toto číslo mohou ovlivnit.

Cenu ušetřené elektrické energie lze také vypočítat přesnějším způsobem. Tady ovšem záleží především na znalosti řídicího systému a provozních podmínek. Nejdříve se vypočítá náklad na elektrickou energii odebranou OS bez použití stmívacího systému:

$$N_E = n \cdot t_p \cdot P \cdot A \cdot 10^{-3} \quad (11.3)$$

N_E náklad na odebranou el. energii OS (Kč)

Dále se provede odhad využití stmívacího systému. Důkladným analyzováním stmívaného prostoru a pracovního režimu v něm zavedeném, se určí následující předpoklady.

Například, že v daném prostoru osvětlovací soustava svítí 10 hodin denně. 5 hodin je nedostatečné denní osvětlení a soustava svítí tedy 100 % světelného toku. Další tři hodiny je příspěvek denního osvětlení vyšší a osvětlovací soustava svítí 50 % světelného toku. Poslední dvě hodiny dosahuje úroveň denní osvětlenosti takové hodnoty, že není potřeba svítit vůbec. Většina řídicích systémů se sama nedokáže vypnout, a proto za takového stavu svítí na

minimální hranici rozsahu stmívání. Pro výpočet je třeba znát příkon při jednotlivých procentech světelného toku. Dle vzorce 11.4 lze vypočítat náklad na odebranou el. energii. Kde se za dobu t_1 dosadí z příkladu uváděného výše, 5 hodin a za příkon P_1 se dosadí příkon soustavy při 100 % světelném toku. Následně se za t_2 dosadí 3 hodiny a za P_2 příkon soustavy při 50 % světelném toku. Počet členů v závorce odpovídá počtu zavedených předpokladů.

$$N_{es} = n \cdot A \cdot K \cdot (t_1 \cdot P_1 + t_2 \cdot P_2 + \dots + t_n \cdot P_n) \cdot 10^{-3} \quad (11.4)$$

N_{es} náklad odebranou el. energií s využitím stmívání (Kč)
 K počet dnů v roce, kdy je OS v provozu (-)
 $t_1, t_2, \dots, t_n$ doba provozu OS při předpokládané hodnotě světelného toku (h)
 $P_1, P_2, \dots, P_n$ příkon OS při předpokládané hodnotě světelného toku (W)

Cena ušetřené elektrické energie se dosáhne odečtením takto vypočítaných nákladů na el. energii od nákladů na elektrickou energii OS bez stmívacího zařízení.

$$C = N_e - N_{es} \quad (11.5)$$

11.2.2 Úspora vzniklá snížením provozních nákladů

Provozní náklady na OS za dobu ročního provozu lze vypočítat dle vztahu:

$$N_p = n_1 \left[t_p \left(\frac{N_{ZD} + N_{VZD}}{T} \right) + \frac{R}{n_2} \right] \quad (11.6)$$

n_1 celkový počet světelných zdrojů OS (ks)
 n_2 počet světelných zdrojů ve svítidle (ks)
 N_{ZD} cena světelného zdroje (Kč)
 N_{VZD} průměrná cena výměny světelného zdroje (Kč)
 T doba života světelného zdroje (h)
 R průměrný náklad na vyčištění 1 svítidla (Kč)
 N_p provozní náklady na OS (Kč)

Ze vzorce (6.6) je patrné, že když se při stmívání prodlouží doba života (vlivem nižšího napájecího napětí než je jmenovité), dojde ke snížení provozních nákladů. Prodloužení doby života světelného zdroje vlivem nižšího napětí bylo dokázáno na řadě experimentů.

Při provozu na nižším napětí lze uvažovat, že se prodlouží doba života a to až o 25 % v závislosti na době provozu. Tohoto předpokladu lze využít pro výpočet úspory vzniklé snížením provozních nákladů. Zavede se-li předpoklad, že OS je provozována při sníženém napájecím napětí dobu t_1 ročně a pak je po dobu t_2 provozována na jmenovitém napětí, lze potom provozní náklady na OS při stmívaném režimu vypočítat dle vztahu:

$$N_{ps} = n_1 \left[t_1 \left(\frac{N_{ZD} + N_{VZD}}{1,25 \cdot T} \right) + \frac{R}{n_2} \right] + n_1 \left[t_2 \left(\frac{N_{ZD} + N_{VZD}}{T} \right) + \frac{R}{n_2} \right] \quad (11.7)$$

Úspora vzniklá snížením provozních nákladů se vypočítá dle vztahu:

$$C_p = N_p - N_{ps} \quad (11.8)$$

C_p úspora vzniklá snížením provozních nákladů za rok (Kč/rok)

N_p roční provozní náklady na OS bez stmívání (Kč/rok)

N_{ps} roční provozní náklady na stmívanou OS (Kč/rok)

Při rekonstrukci staré osvětlovací soustavy, kdy se tato soustava nahrazuje novou, dojde ke snížení nejen provozních nákladů, ale i ke snížení nákladů na odebranou el. energii. Novější světelné zdroje mají delší dobu života a nabízejí vyšší účinnosti a měrné výkony. Nová osvětlovací soustava může mít tedy nižší celkový příkon a menší počet svítidel. V kombinaci s inteligentním řízením se může dosáhnout kratší doby návratnosti investice.

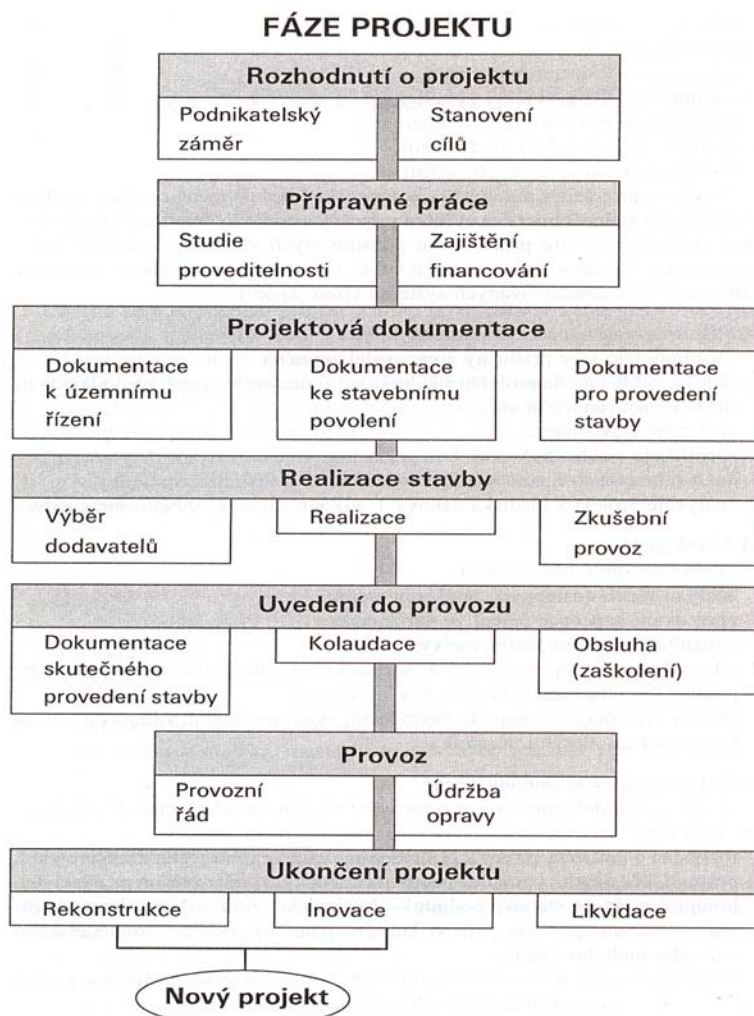
12.PROJEKT OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY

Všeobecně se pod pojmem projekt rozumí prostředek k tomu, jak co nejlépe z hlediska času, zdrojů, zařízení, nákladů a zájmů společnosti realizovat určitý záměr investora.

Ve standardní podobě sestává projektová dokumentace z pěti fází:

- studie - obsahuje několik jednoduchých variantních návrhů, analýza staveniště, způsob financování, atd.,
- dokumentace k územnímu řízení a projekt pro stavební řízení - druhá a třetí fáze projektových prací se při nekomplikovaných situacích obvykle slučuje. Tyto dokumentace obsahují podklady pro jednání s orgány státní správy a správci inženýrských sítí rozpracovaný tak, aby mohlo být vydáno stavební povolení.
- prováděcí dokumentace – obsahuje dopracování podrobností k realizaci stavby z předchozích dokumentací.
- dokumentace skutečného provedení stavby – je závěrečnou fází projektu. Jedná se v podstatě o prováděcí projekt, avšak doplněný o všechny změny, které nastaly během realizace. Je nutným dokladem pro kolaudační řízení a stavebník jej uchovává po celou dobu existence stavby.

Jednotlivé fáze projektu jsou uvedeny na obr. 12.1.



Obr. 12.1 Fáze projektu

12.1 Zpracování světelně technického návrhu

12.1.1 Výpočet denního osvětlení

Při výpočtu denního osvětlení se řídíme normou ČSN 730580-1. Postup při výpočtu denního osvětlení lze shrnout do těchto tří bodů:

- určení zrakové třídy pro jednotlivé místnosti a z toho plynoucí požadované hodnoty činitele denní osvětlenosti
- výpočet hodnot činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech
- vyhodnocení výsledků výpočtu v počítaných místnostech

Při střídání různě zrakově náročných činností v místnosti se denní osvětlení navrhuje podle nejnáročnější z nich. Jestliže jsou některé pracovní činnosti trvale umístěny v určité části vnitřního prostoru, může se zařazení částí vnitřního prostoru podle nich odstupňovat. Odstupňování denního osvětlení se využívá u bočního denního osvětlení, kde se v blízkosti okenních otvorů vyhradí místo pro zrakově náročné činnosti a zbytek prostoru se využije pro činnosti méně náročné. Typický příklad je kancelář s bočním denním osvětlením, kde se pracoviště umístí v blízkosti okna a zbylá část prostoru se využije jako úložný prostor pro spisy a dokumentaci, jako komunikace nebo pro pomocné krátkodobé činnosti. Na základě zařazení prostorů do zrakových tříd a vypočtených hodnot denního osvětlení se navrhne umělé osvětlení.

12.1.2 Výpočet umělého osvětlení

Při výpočtu umělého osvětlení se řídíme kmenovou normou ČSN 360450 při respektování normy ČSN EN 12464-1. Podklady pro návrh umělého osvětlení jsou:

- údaje o účelu a využití osvětlovaného prostoru - pracovní, společenský, odpočinkový atd.
- geometrické rozměry zjištěné ze stavebních výkresů nebo zaměřením
- údaje o denním osvětlení
- druh prostředí z hlediska požadavků na osvětlovací soustavu
- vlastní provedení a barevné úpravy povrchů a tomu odpovídající střední hodnoty činitelů odrazu světla pro tři druhy vnitřních povrchů (stěny, strop, podlaha)
- posouzení vnitřního prostředí z hlediska míry znečišťování
- doba pobytu pracovníků (trvalý, krátkodobý, občasný)
- zvláštní požadavky na osvětlovací soustavu

Pro vykonávanou činnost se dále stanoví:

- kategorie osvětlení A až D (1 až 3)
- barevný tón světla, závislý na teplotě chromatičnosti použitých světelných zdrojů (TB - teple bílý, B - bílý, D - denní)
- stupeň jakosti podání barev (1 až 3), je ovlivněn hodnotou indexu podání barev světelných zdrojů R_a
- třída omezení oslnění (1 až 4), závisící na požadavcích, které jsou kladeny na omezení oslnění

Z kmenové normy se pro odpovídající kategorii osvětlení a kontrast jasu odečte požadované osvětlení E_{pk} , a doporučený typ osvětlovací soustavy (celková, odstupňovaná, kombinovaná) a na základě délky pobytu se určí požadovaná rovnoměrnost osvětlení r . Po zjištění těchto parametrů se navrhne osvětlovací soustava.

12.1.3 Návrh osvětlovací soustavy

Osvětlovací soustava se navrhuje základě parametrů osvětlení, možností stavby a ekonomického hlediska.

Volba světelného zdroje úzce souvisí s dobou provozu svítidel a četností zapínání a vypínání osvětlení během dne. Pro osvětlení vnitřního prostoru se posuzují jeho světelně technické a technicko-ekonomické parametry v souvislosti s požadavky na osvětlení, s druhem osvětlovací soustavy, možnosti regulace výkonu (stmívání) atd.. Parametry světelných zdrojů jsou uvedeny v kapitole umělé osvětlení.

Volba svítidla souvisí s výběrem světelného zdroje a druhu osvětlovací soustavy s ohledem na účel a charakteristiku prostoru a požadavky na osvětlení. Přitom se posuzují zejména tyto vlastnosti svítidla:

- světelný výkon (celkový světelný tok zdrojů ve svítidle)
- rozložení svítivosti a jasu z hlediska zvoleného rozmístění, požadavků na osvětlení a omezení oslnivosti soustavy
- provozní světelná účinnost, její časová stálost (charakteristika znečištění) z hlediska dosažení maximálního činitele využití při požadovaném rozmístění svítidel
- elektrické krytí a konstrukční provedení se zřetelem k prostředí a podkladu pro montáž svítidla, odolnost v agresivním prostředí a požadovaná provozní poloha
- rozměry, hmotnost, tvarové řešení
- snadnost montáže, čištění a výměny světelných zdrojů
- náběhový proud, kompenzace účiníku a míhání světla
- možnost regulace světelného výkonu

Použití svítidla je předurčeno jeho konstrukcí a provedením, svítidla jsou vyvíjena k určitému účelu, pro který se mají používat a jejich sortiment by měl všechny potřebné oblasti použití pokrývat.

12.1.4 Výpočet osvětlovací soustavy

Vlastní výpočet osvětlovací soustavy umělého osvětlení se nejčastěji provádí tokovou a bodovou metodou. K tomuto účelu slouží dnes celá řada výpočtových programů, a to jak od našich, tak zahraničních dodavatelů.

Po výpočtu osvětlovací soustavy by měly být k dispozici tyto údaje:

- počty svítidel
- rozmístění svítidel
- činitel údržby
- $E_{\max}$, $E_{\min}$, E_{pk} na srovnávací rovině
- rovnoměrnost r
- izoluxní průběhy
- hodnocení oslnění

12.1.5 Ekonomický rozbor

Provedení ekonomického rozboru je v kmenové normě předepsáno pro všechny kategorie osvětlení. V případě, že je návrh osvětlovací soustavy prováděn v několika variantách, umožňuje ekonomický rozbor výběr varianty ekonomicky nejvýhodnější za předpokladu, že všechny porovnávané návrhy splňují kvantitativní a kvalitativní požadavky na umělé osvětlení.

12.1.6 Projekt inteligentního řídicího systému

Při návrhu inteligentního řídicího systému osvětlení je možné například postupovat v těchto bodech:

- typy, počet a rozmístění svítidel navrhnout na požadované podmínky, které závisí na pracovní činnosti v osvětlovaném prostoru
- v závislosti na typu budovy navrhnout typ ovládání soustavy, například v závislosti na denním světle, přítomnosti osob, potřeby personálu atd.
- při návrhu zohlednit požadavky a podmínky investora
- zvážit možnosti změny ovládání soustavy při změně dispozice nebo rozšíření budovy
- možnost napojení řídicího systému na centrální správu budovy
- provést ekonomickou rozvahu a spočítat dobu návratnosti řídicího systému

12.2 Energetický audit budov

Nutnost provedení energetického auditu budovy vyplývá, mimo jiné, z vyhlášky 213/2001 Sb., kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetického auditu. Je zde uvedeno od jaké velikosti spotřeby energií vzniká povinnost pro organizační složky státu, krajů a obcí, příspěvkové organizace a fyzické a právnické osoby, vypracovat energetický audit a které části má obsahovat. Zároveň energetický audit zahrnuje některé kroky prováděné při vypracování studie proveditelnosti, jako jsou technická a ekonomická analýza. Opomíjenou ale neméně důležitou částí energetického auditu je hodnocení elektroinstalace a osvětlení. Zároveň se jedná o specifickou oblast energetického auditu, neboť v případě výměny některých starých osvětlovacích soustav za nové nemusí dojít k očekávaným úsporám. To je dáno především nedostatečným stávajícím osvětlením, které nevyhovuje současným požadavkům. Při hodnocení energetické náročnosti osvětlení není možné sledovat pouze hledisko spotřeby elektrické energie, příp. úspor, ale i zda osvětlení vyhovuje současné platné legislativě, splňuje podmínky na zrakovou pohodu, ale i estetické požadavky.

Z hlediska samotného vypracování auditu je zapotřebí zajistit zejména projektovou dokumentaci, zprávy o pravidelné revizi elektrického zařízení a faktury za odebranou elektrickou energii. Dále je potřeba provést soupis všech elektrospotřebičů a jejich příkonů, které se výrazně podílí na spotřebě elektrické energie v objektu, a samotného osvětlení. Pro vyčíslení konkrétních úspor je potřeba ještě zjistit použitá svítidla a světelné zdroje, jejich druhy a dobu provozu. Zjištěné údaje z projektové dokumentace poté zkonfrontovat se skutečným stavem objektu. Ke zhodnocení stávajícího stavu je zapotřebí ještě provést měření intenzity osvětlení na srovnávací rovině, která je na komunikačních prostorech a v tělocvičnách na podlaze, v předškolních zařízeních na stolcích, příp. ve výšce 0,45 m a v ostatních zařízeních na lavicích, stolech apod. případně ve výšce 0,85 m nad podlahou.

Z naměřených hodnot se vypočítají potřebné údaje a porovnají s požadavky. Je potřeba připomenout, že pro zhodnocení umělého osvětlení je potřeba ještě provést výpočet, příp. měření denního osvětlení.

Při navrhování jednotlivých opatření je možné mezi organizační opatření zahrnout kontrolu vypínání osvětlení a elektrospotřebičů v případě déletrvající nepřítomnosti osob. Mezi nízkonákladová opatření patří zejména použití kvalitnějších světelných zdrojů, čištění oken a svítidel, údržba okolní zeleně a obnova povrchů stěn. V opodstatněných případech také výměna žárovek za kompaktní zářivky s integrovaným předřadníkem. Mezi investiční opatření pak patří především výměna zastaralého osvětlení za nové, energeticky méně

náročné, příp. použití inteligentních řídicích systémů. V případě rekonstrukce osvětlovací soustavy je zároveň potřeba i provést rekonstrukci elektroinstalace, tak aby vyhovovala současným požadavkům norem.

Při výběru optimální varianty, tzn. dosažení úspor elektrické energie při optimální ceně je potřeba uvažovat s dobou využití dané osvětlovací soustavy, výsledkem pak je použití elektronických předřadníků, v prostorech s vysokou dobou využití, které jsou sice dražší než klasické předřadníky, příp. žárovky ale na druhou stranu energeticky úspornější. Pro optimální využívání osvětlovacích systémů, v závislosti na denním osvětlení, výskytu pracovníků apod. je vhodné použití inteligentních řídicích systémů.

ZÁVĚR

Tato publikace seznamuje čtenáře ve svých úvodních kapitolách se základy světelné techniky a s popisem zdrojů a svítidel používaných v interiérovém osvětlení. V dalších částech jsou popsány druhy elektrických instalací, s možností výpočtů jejich parametrů. Podrobně jsou popsány předřadné přístroje, které umožňují řízení osvětlovacích soustav za účelem snížení energetické náročnosti. Značná část této publikace je věnována popisu inteligentních řídicích systémů, které kromě komfortu přinášejí i optimální světelné mikroklima, naplnění hygienických požadavků pro osvětlování, ale především úspory, které mohou dosáhnout až 75 % z odebírané elektrické energie. V závěru jsou uvedeny způsoby, jak úspory spočítat a jakým způsobem osvětlovací soustavy projektovat, aby se těchto úspor dalo dosáhnout.

LITERATURA

- [1] Sokanský K.: Úspory elektrické energie ve veřejném osvětlení
Česká společnost pro osvětlování, Ostrava 2002
- [2] Plch J.: Světelná technika v praxi
IN-EL, Praha 1999
- [3] Smola A.: Současnost světelné techniky
Světlo 2003, Liptovský Ján 2003
- [4] Plch J.: Vývojové tendence ve svítidlech
Světlo 2000, Ostrava 2000
- [5] Sokanský K.: Elektrické světlo a teplo
VŠB Ostrava 1990
- [6] Tarvan K.: Evropská instalační sběrnice EIB
časopis ELEKTRO č. 11/2002
- [7] Kunc J.: Opět nové možnosti při ovládání osvětlení v budovách se systémovou instalací EIB, Kurz osvětlovací techniky XXII Ostrava 2003
- [8] Smola A., Antol L., Gašparovský D.: Možnosti řízení osvětlení v inteligentních budovách, Světlo 2000 díl 2, VŠB-TU Ostrava 2000
- [9] Novák T.: Posouzení možnosti elektronických předřadníků vyskytujících se na našem trhu, Světlo 2000 díl 2, VŠB-TU Ostrava 2000
- [10] Hříbal J.: Digitální systém řízení osvětlení modular DIM
Světlo 2/2003
- [11] Drápela J.: Zpětné rušivé vlivy elektronických předřadníků světelných zdrojů na napájecí síť, Světlo 2003, Liptovský Ján 2003
- [12] Polinek J.: Aplikace regulace a telemanagementu na veřejném osvětlení
Světlo 2003, Liptovský Ján 2003
- [13] Kunc J.: Opět nové možnosti při ovládání osvětlení v budovách se systémovou instalací EIB, Kurz osvětlovací techniky XXII, Ostrava 2003
- [14] Staněk P.: Praktický příklad řešení sdruženého osvětlení
Kurz osvětlovací techniky XXII, Ostrava 2003
- [15] Kotas M.: LUXMATE – nová dimenze osvětlování
Kurz osvětlovací techniky XXII, Ostrava 2003
- [16] Habel J.: Osvětlování
ČVUT Praha 1991
- [17] Krtilová, Matoušek, Monzer: Světlo a osvětlování
Avicentrum, Praha 1981
- [18] Dvořáček K., Csirik V.: Projektování elektrických zařízení
IN-EL Knižnice elektro
- [19] Kunc J.: Řízení zářivkového osvětlení v systémové instalaci EIB
Světlo 3/2003
- [20] Kunc J.: Komfortní a úsporná elektroinstalace
ABB, ERA Brno 2002
- [21] Inteligentní svítidla Philips pro osvětlování kanceláří
Světlo 4/2002
- [22] Monzer L.: Umělé osvětlení v obytných prostorech
Světlo 3/2002
- [23] Váša M.: Stručný pohled na regulaci osvětlení
Světlo 2/2002
- [24] katalogy firem Luxmate, Moeller (systém Nikobus – dům pod palcem), TRIDONIC.ACO,

-
- [25] www stránky
<http://web.quick.cz/cnkcie/> - CIE
<http://www.astra-zlin.cz/>
<http://www.instabus.cz/usage.php>
<http://www.eiba.com/home.nsf>
<http://www.eiba.com/home.nsf>
http://www.ectivel.cz/eib/eib_main.html
http://www.procontic.cz/TD_EIB.htm
<http://www.felten-guilleaume.cz/index2.php3?page=ps&typ=cla&incid=12>
<http://www.automa.cz/elektro/2002/el040228.htm>
<http://www.honeywell.cz/>
<http://www.apolloart.cz/>
<http://www.abb-epj.cz/>
<http://www.celma.org>
<http://www.elkovo-cepelik.cz/teorie/led.htm>
<http://www.tridonic.at/>
<http://www.elektrika.cz/>
- [26] Normy ČSN
- ČSN 73 0580 Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky
 - ČSN 36 0020 Sdružené osvětlení. Část 1: Základní požadavky
 - ČSN 36 0450 Umělé osvětlení vnitřních prostorů
 - ČSN 36 060 Elektrická svítidla. Část 1: Všeobecné požadavky a zkoušky
 - ČSN EN 60 598 Svítidla - Část 1: Všeobecné požadavky a zkoušky
 - ČSN EN 12 665 Světlo a osvětlení - Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení
 - ČSN EN 12 464 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory

OBSAH

1. Úvod	1
2. Základy světelné techniky.....	2
2.1 Podstata světla, zrakový systém	2
2.1.1 Podstata světla.....	2
2.1.2 Zrakový systém, zrakové mechanismy	2
2.2 Základní světelnotechnické pojmy a veličiny	5
2.2.1 Přehled pojmů a veličin	5
2.2.2 Základní výpočetní vztahy.....	8
2.3 Světelné zdroje.....	10
2.3.1 Parametry světelných zdrojů.....	10
2.3.2 Teplotní zdroje.....	11
2.3.3 Výbojové světelné zdroje.....	13
2.3.4 LED diody	17
2.3.5 Vývojové trendy v oblasti světelných zdrojů.....	19
2.4 Svítidla pro vnitřní osvětlování	21
2.4.1 Světelné technické parametry svítidel.....	21
2.4.2 Geometrické parametry.....	23
2.4.3 Konstrukční prvky svítidel.....	23
2.4.4 Třídění svítidel.....	24
2.4.5 Vývojové trendy v oblasti svítidel	26
3. Denní světlo	28
3.1 Úvod.....	28
3.2 Denní osvětlenost	30
3.3 Základní požadavky na denní osvětlení.....	30
3.3.1 Činitel denní osvětlenosti.....	30
3.3.2 Hodnocení denního osvětlení.....	31
3.3.3 Rovnoměrnost denního osvětlení.....	34
3.3.4 Výpočet denního osvětlení dostupnými výpočetními programy.....	34
4. Umělé a sdružené osvětlení	36
4.1 Úvod.....	36
4.2 Umělé osvětlení	36
4.2.1 Požadavky na umělé osvětlení	36
4.3 Sdružené osvětlení	38
4.3.1 Požadavky na sdružené osvětlení.....	38
4.3.2 Příklad sdruženého osvětlení	39
5. Hygienické a legislativní aspekty osvětlování	41
6. Elektrické přístroje, senzory a instalace v interiérech.....	43
6.1 Požadavky na elektrické rozvody.....	43
6.2 Připojování elektrických přístrojů a spotřebičů.....	44
6.2.1 Všeobecně.....	44
6.2.2 Základní požadavky na elektrické přístroje a spotřebiče	44
6.2.3 Umístění a provoz	45
6.2.4 Spínače do 1000V	45
6.2.5 Zásuvky a vidlice	45
6.2.6 Sdělovací přístroje	45
6.2.7 Elektromechanické a elektrotepelné spotřebiče	45

6.2.8	Elektrická svítidla	46
6.3	Vypínací charakteristiky jističů	46
6.4	Přístroje pro domovní rozvody	49
6.4.1	Spínací přístroje a jejich základní zapojení	49
6.4.2	Zásuvky	53
6.5	Definice tříd svítidel podle ČSN EN 60 598-1 (ČSN 36 0600)	54
6.5.1	Svítidlo třídy 0	54
6.5.2	Svítidlo třídy I	54
6.5.3	Svítidlo třídy II	54
6.5.4	Svítidlo třídy III	55
6.6	Jmenovité průřezy vodičů podle maximálního proudu (dle ČSN EN 60 598-1)	55
6.7	Úbytky napětí a ztráty na elektrických rozvodech	56
6.8	Senzory	57
6.8.1	Světelné senzory	57
6.8.2	Kombinované senzory	58
7.	Předřadné přístroje pro světelné zdroje v interiérech	59
7.1	Základní přehled předřadných systémů	59
7.2	Předřadné přístroje pro halogenové žárovky 12 a 24V	60
7.3	Předřadné přístroje pro LED diody	61
7.4	Magnetické (konvenční) předřadníky pro zářivky	61
7.5	Elektronické předřadníky pro zářivky	62
7.6	DALI předřadníky	64
7.7	Porovnání elektronických a indukčních předřadníků	66
8.	Řízení elektronických předřadníků	68
8.1	Analogové řízení	68
8.2	Digitální řízení	68
8.2.1	Rozhraní DSI	69
8.2.2	Rozhraní DALI	69
8.2.3	Aplikace DALI systémů do správy budov	71
8.2.4	DALI jako samostatný systém	71
8.2.5	DALI jako samostatný podsystém	72
8.2.6	DALI jako závislý podsystém	72
8.3	Porovnání analogového ovládání 1-10 V versus DALI	73
9.	Řízení a regulace osvětlení	75
9.1	Úvod	75
9.2	Možnosti regulace světelných zdrojů v interiérových svítidlech	76
9.2.1	Klasická žárovka	76
9.2.2	Halogenová žárovka na nízké napětí	77
9.2.3	Zářivky s konvenčním předřadníkem	77
9.2.4	Zářivky se stmívatelným elektronickým předřadníkem	77
9.2.5	Zářivky s nestmívatelným elektronickým předřadníkem	77
9.2.6	LED diody	77
9.3	Inteligentní řídicí systémy	78
9.4	Inteligentní budovy	80
9.4.1	Úspora energie v inteligentních budovách	80
10.	Popis vybraných inteligentních řídicích systémů	82

10.1	SYSTÉM DIGIDIM	82
10.2	SYSTÉMY LuxCONTROL.....	85
10.2.1	Sestava smartDIM.....	85
10.2.2	Sestava modularDIM	85
10.2.3	Sestava comfortDIM.....	86
10.3	SYSTÉM LUXMATE	87
10.3.1	LUXMATE BASIC	88
10.3.2	LUXMATE BASIC - řídicí systém se světelným senzorem Smart LS II	88
10.3.3	LUXMATE BASIC - řídicí systém s multifunkčním senzorem Smart DSI	89
10.3.4	LUXMATE BASIC - řídicí systém s ovládacími tlačítky	89
10.3.5	LUXMATE DAYLIGHT	91
10.3.6	LUXMATE EMOTION.....	92
10.3.7	LUXMATE PROFESIONAL	93
10.3.8	Řízení světla.....	93
10.3.9	Nastavení žaluzií a prostorové teploty	94
10.3.10	Možnost integrace	94
10.3.11	Centrální kontrola zařízení.....	94
10.4	SYSTÉM NIKOBUS	95
10.4.1	Stmívací jednotka	96
10.4.2	Stmívač NIKO	97
10.5	SYSTÉM INSTABUS - EIB.....	98
10.5.1	Všeobecný popis systému	98
10.5.2	Systém ABB i-bus	100
10.5.3	Příklad řízení zářivkového osvětlení v systémové instalaci ABB i-bus.....	101
10.5.4	Řízení žaluzií v systémové instalaci ABB i-bus	102
10.5.5	Možnosti ovládání v systému ABB i-bus.....	103
11.	Možnosti energetických úspor řízením osvětlovacích soustav	105
11.1	Možnosti energetických úspor řízením vnitřních osvětlovacích soustav	105
11.2	Ekonomické vyhodnocení inteligentního řízení osvětlovacích soustav	106
11.2.1	Cena ušetřené elektrické energie.....	107
11.2.2	Úspora vzniklá snížením provozních nákladů	108
12.	Projekt osvětlovací soustavy	110
12.1	Zpracování světelně technického návrhu	111
12.1.1	Výpočet denního osvětlení.....	111
12.1.2	Výpočet umělého osvětlení.....	111
12.1.3	Návrh osvětlovací soustavy	112
12.1.4	Výpočet osvětlovací soustavy.....	112
12.1.5	Ekonomický rozbor.....	112
12.1.6	Projekt inteligentního řídicího systému	113
12.2	Energetický audit budov	113
Závěr	115	
Literatura	116	
Obsah	118	