

7 Osvětlování vnitřních prostorů

(Kapitola č. 7)



Studijní cíle

- Stanovení minimálních požadavků na umělé osvětlení vnitřních prostorů druhu činnosti, místa činnosti a prostoru
- Důležité pojmy používané v souvislosti s vnitřními prostory
- Návrh osvětlovací soustavy vnitřního osvětlení, řízení a regulace osvětlení



Klíčová slova

Přímé osvětlení, nepřímé osvětlení, smíšené osvětlení, oslnění rozložení jasů, směrovost světla, rovnoměrnost osvětlení, stálost osvětlení.



Čas potřebný ke studiu

90 minut



Text k prostudování

7.1 Úvod

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 prostorech umělé osvětlení kvantitativně srovnatelné s denním světlem.

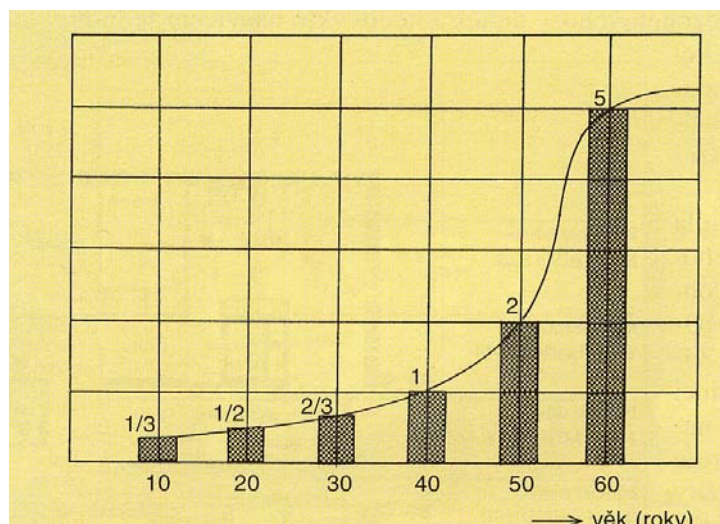
7.2 Požadavky na umělé osvětlení vnitřních prostorů

➤ Intenzita osvětlení

Intenzitu umělého osvětlení navrhujeme na požadovaný zrakový výkon. Požadované intenzity osvětlení přiřazené pracovním činnostem jsou uvedeny v tab. 7.1.

Tab. 7.1 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 osvětlení. Hodnota intenzity osvětlení pro stejný zrakový výkon se rovněž zvyšuje s věkem člověka. Tato závislost je uvedena na obr. 7.1.



Obr. 7.1 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 jasu okolí úkolu a jasu 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 prostorech 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:

$$r = \frac{E_{\min}}{E_p} \quad (-; lx ; lx) \quad (7.1)$$

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.

7.3 Umělé osvětlení vnitřních prostorů dle EN 12464-1

Tato norma specifikuje požadavky na osvětlovací soustavy pro většinu pracovních a přilehlých vnitřních prostorů z hlediska intenzity a jakosti osvětlení. Na rozdíl od starší normy pro osvětlování vnitřních prostorů ČSN 360450, kde jsou jednotlivé pracovní činnosti rozděleny do kategorií A až D, jsou zde rozepsány všechny běžné zrakové úkoly a k nim přiřazené hodnoty udržované osvětlenosti \bar{E}_m na srovnávací rovině, meze omezení oslnění UGR_L a indexu podání barev (R_a).

Přehled místností (prostorů), úkolů a činností:

Komunikační zóny a společné prostory v budovách

Komunikační zóny

Místnosti pro odpočinek, hygienu a první pomoc

Dozorny

Skladové prostory a chladírny

Regálové sklady

Průmyslové činnosti a cechy (prostory)

- Zemědělství
- Pekárny
- Cement, cementové zboží, beton, cihly
- Keramika, obkládačky, sklo, sklářské výrobky
- Chemický, plastický a gumárenský průmysl
- Elektrotechnický průmysl
- Výroba potravin a pochutin
- Slévárny a výroba odlitků
- Kadeřnictví
- Šperkařství
- Prádelny a čistírny
- Kůže a kožené zboží
- Výroba a zpracování kovů
- Papír a papírenské zboží
- Elektrárny
- Tiskárny
- Válcovny, železárny a ocelárny

- Výroba a zpracování textilií
- Výroba automobilů
- Výroba a zpracování dřeva

Kanceláře

Obchodní prostory

Veřejné prostory

- Společné prostory
- Restaurace a hotely
- Divadla, koncertní sítě, kina
- Veletrhy, výstavní haly
- Musea
- Knihovny
- Veřejné vnitřní parkovací prostory

Vzdělávací (Školská a výchovná) zařízení

- Mateřské školy a jesle
- Školské budovy

Zdravotnická zařízení

- Společné prostory (Místnosti pro všeobecné použití)
- Místnosti pro personál
- Lůžkové pokoje, (Pokoje pacientů)
- Vyšetřovny (všeobecně, celkově)
- Oční vyšetřovny
- Ušní vyšetřovny
- Místnosti zobrazovacích metod (zobrazovací diagnostiky)
- Porodní sály
- Ošetrovací (léčebné) místnosti (všeobecně, celkově)
- Operační prostory
- Jednotky intenzivní péče
- Zubní ordinace
- Laboratoře a lékárny
- Dezinfekční prostory
- Pitevny a márníce

Dopravní prostory

- Letiště
- Železniční zařízení

V následující tabulce je příklad požadavků na osvětlení pro administrativní prostory dle této normy EN 12464-1.

Tab 7.2 – Kanceláře (administrativní prostory)

3	Kanceláře (administrativní prostory)				
Položka č.	Druh prostoru, úkolu nebo činnosti	\bar{E}_m (lx)	UGR_L –	R_a –	Poznámky
3.1	zakládání dokumentů, kopírování atd.	300	19	80	
3.2	psaní, psaní na stroji, čtení, zpracování dat	500	19	80	práce s displeji viz 4.11
3.3	technické kreslení	750	16	80	
3.4	pracovní stanice CAD	500	19	80	práce s displeji viz 4.11

3.5	konferenční a zasedací místnosti	500	19	80	osvětlení má být regulovatelné
3.6	recepce	300	22	80	
3.7	archivy	200	25	80	

7.4 Návrh osvětlovací soustavy vnitřního osvětlení

Na základě parametrů osvětlení se nejprve provede výběr použitelných světelných zdrojů. Přitom je třeba přihlédnout i k ekonomickým ukazatelům (měrný výkon, cena).

a) Volba světelného zdroje

Při výběru světelného zdroje a odpovídajícího svítidla pro osvětlení vnitřního prostoru se posuzují jeho světelně technické a technicko-ekonomické parametry v souvislosti s výchozími podklady pro návrh osvětlení, s požadavky a osvětlení, s druhem osvětlovací soustavy apod.

Obecně se při volbě světelného zdroje posuzují tyto jeho vlastnosti:

- měrný výkon (lm.W-1)
- světelný tok (lm)
- výkonová řada
- život (h) a stabilita světelného toku během života
- jakost podání barev a barevný tón světla
- jas z hlediska oslnění
- provozní vlastnosti tz. funkční spolehlivost (křivka „úmrtnosti“), poloha při svícení, povrchová teplota, vliv teploty okolí, vliv kolísání napětí, odolnost proti otřesům, doba náběhu, doba znovuzapálení, odborná i časová náročnost obsluhy
- rozměry a hmotnost (včetně předřadných přístrojů a dalšího příslušenství)
- zvláštní vlastnosti, jako možnost regulace výkonu (stmívání), vliv frekvence spínání

b) Volba svítidla

Volba svítidla úzce 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 účinníku a míhání světla
- doba znovuzapálení (u výbojových zdrojů)
- možnost regulace světelného výkonu

Použití svítidla je více než u světelného zdroje předurčeno jeho konstrukcí a provedením, to znamená, že svítidla jsou vyvíjena k určitému účelu a jejich sortiment by měl všechny potřebné oblasti použití pokrývat. Variability světelně technických vlastností svítidel se dosahuje stavebnicovým řešením a unifikací konstrukčních dílů.

c) Výpočet osvětlovací soustavy

Vlastní výpočet osvětlovací soustavy umělého osvětlení se nejčastěji provádí tokovou a bodovou metodou nebo srovnáním s prokazatelně obdobným a ověřeným řešením. K tomuto účelu slouží dnes celá řada výpočtových programů, a to jak od našich, tak zahraničních dodavatelů. Liší se mezi sebou a neexistuje žádný systém hodnocení, spíše je to otázka subjektivní (uživatele).

V každém případě by měly být k dispozici tyto údaje:

- počty svítidel pro E_{pk}
- rozmístění svítidel
- činitel využití
- E_{max} , E_{min} , E_{pk}
- rovnoměrnost r
- střední hodnoty jasů vnitřních povrchů
- izoluxní průběhy
- barevné úpravy vnitřních povrchů

d) 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.

7.5 Řízení a regulace osvětlení

7.5.1 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, nabízí 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.

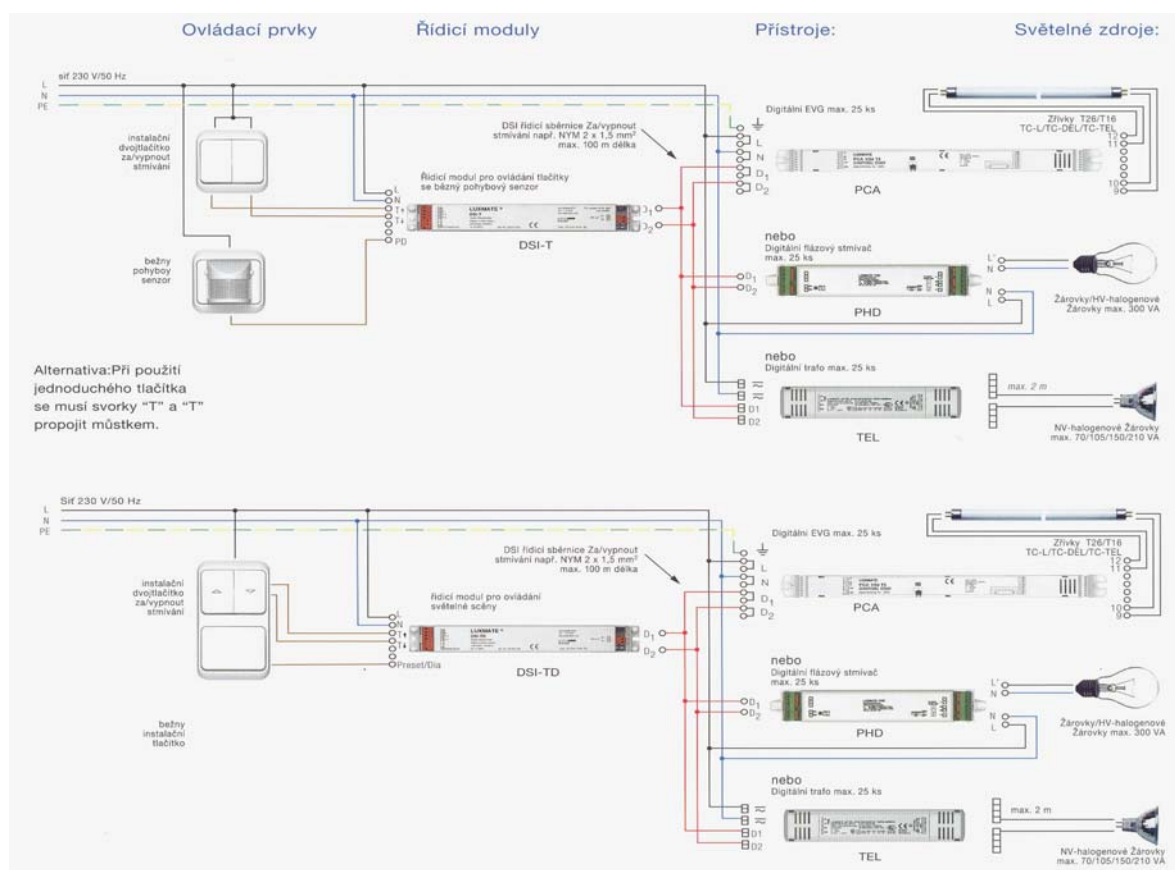
Regulovat osvětlovací soustavu můžeme:

- **klasickými spínači** – řízením rovnoměrně rozmístěné osvětlovací soustavy dosáhneme tzv. okružováním 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 7.3.

Tab. 7.3 Rozsah regulace svítidel s různými zdroji	
Druh svítidla	Rozsah regulace [%]
Svítidlo se žárovkami	0-100
Svítidlo s halogenovými žárovkami	0-100
Žárovkové svítidlo s klasickým předřadníkem	50-100
Žárovkové svítidlo s elektronickým předřadníkem	1-100
Svítidlo s halogenidovou výbojkou	70-100

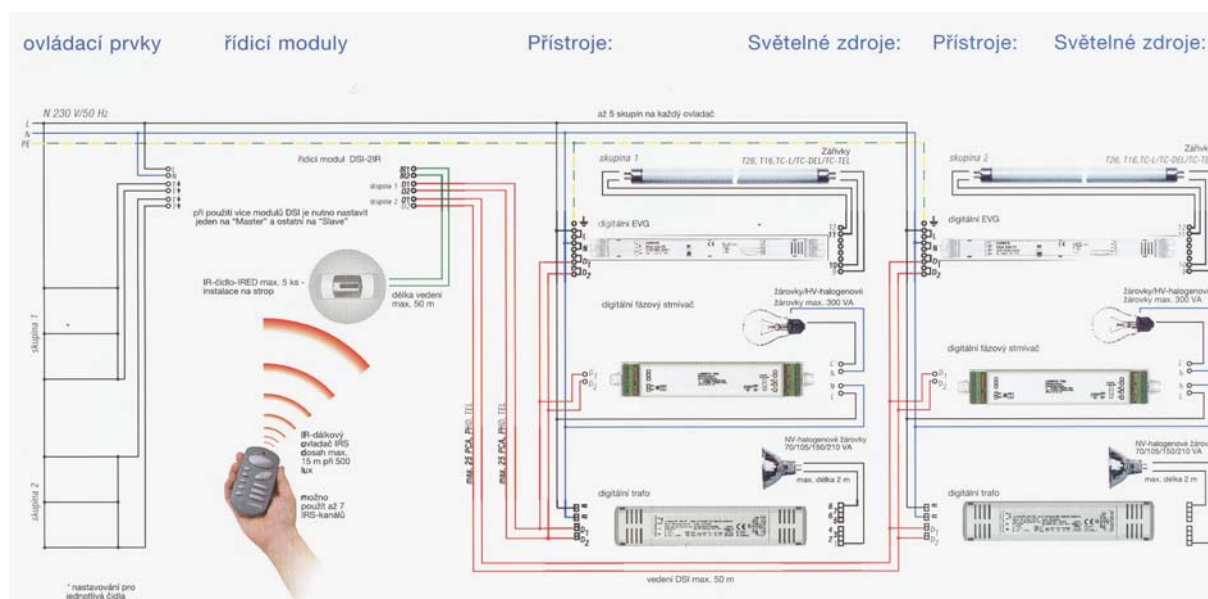
7.5.2 Příklad řídicího systému

Jedná se o jeden z řídicích systémů, 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. 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 butikách. Systém je vhodný pro všechny běžné typy zářivek a start zářivky je možný na jakoukoliv nastavenou hodnotu.



Obr. 7.2 Sestavy regulačních systémů s instalačními tlačítky

Regulačního 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.





Kontrolní otázky k teoretické části

- 1) Definujte pojem rovnoměrnost osvětlení. (2 body)
- 2) Čím můžeme regulovat osvětlovací soustavu? (2 body)
- 3) Jaké jsou druhy rozdělení světla ve vnitřních prostorech? (1 bod)



Kontrolní otázky k praktické části

- 1) Určete světelný vektor a jeho velikost v bodě P podle obrázku, je-li křivka svítivosti zdrojů dána vztahem: $I_{\alpha} = 1000 \cdot \cos \alpha$!
(4 body)



Shrnutí

Nové poznatky a pojmy

- stanovení správného způsobu osvětlení ve vnitřních prostorech je velice důležité nejen z hlediska vlivu na sběr informací pozorovatelem, ale má důležitý vliv na zdraví pozorovatele a jeho psychickou pohodu
- minimální požadavky na hodnoty osvětlenosti pro různé typy prostorů a druhy činností
- řízení a regulace osvětlení pro vytváření energetických úspor.



Klíč k otázkám k teoretické části

Ad 1)

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:

$$r = \frac{E_{\min}}{E_p} \quad (-; lx ; lx) \quad (7.1)$$

(2 body)

Ad 2)

- **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.

(2 body)

Ad 3)

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.

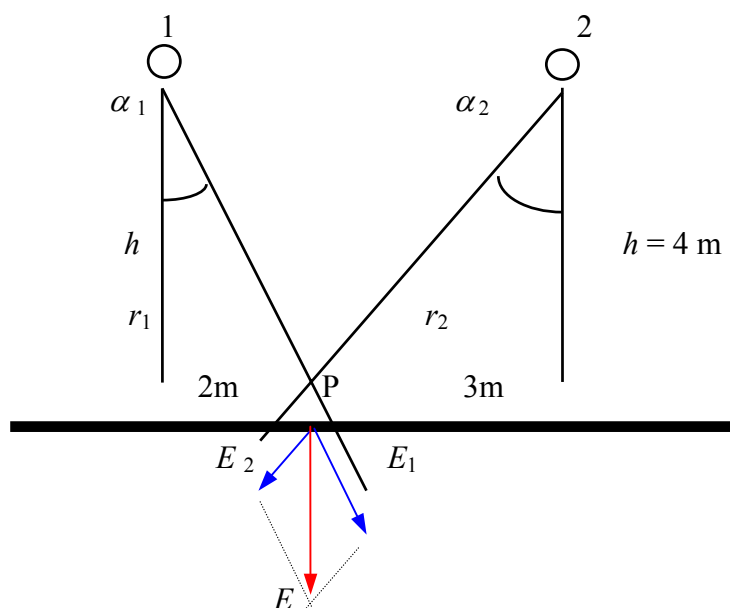
Nepřímé osvětlení - všechny světelný tok dopadá do místa úkolu jako odražený od stropu a horní části stěn.

(2 body)



Klíč k otázkám k praktické části

Ad 1)



$$\alpha_1 = \arctg(2/4) = 26,6^\circ \quad \alpha_2 = \arctg(3/4) = 36,9^\circ$$

$$r_1 = \sqrt{2^2 + 4^2} = 2 \cdot \sqrt{5} \text{ m} \quad r_2 = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ m}$$

$$E_1 = \frac{1000 \cdot \cos 26,6^\circ}{2^2 + 4^2} = 44,7 \text{ lx} \quad E_2 = \frac{1000 \cdot \cos 36,9^\circ}{3^2 + 4^2} = 32,0 \text{ lx}$$

$$\text{z cosinové věty:} \quad E^2 = E_1^2 + E_2^2 - 2 \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot \cos(180^\circ - \alpha_1 - \alpha_2) =$$

$$= 44,7^2 + 32^2 - 2 \cdot 44,7 \cdot 32 \cdot \cos(180^\circ - 26,6^\circ - 36,9^\circ) \quad \text{a odtud} \quad E = 65,6 \text{ lx}$$

nebo rozkladem na horizontální a vertikální složky:

$$E_{1h} = E_1 \cdot \frac{h}{r_1} = 44,7 \cdot \frac{4}{2 \cdot \sqrt{5}} = 40 \text{ lx} \quad E_{2h} = E_2 \cdot \frac{4}{5} = \frac{1000}{4} \cdot \cos^4 \alpha_2 = 25,6 \text{ lx}$$

$$E_{1v} = 44,7 \cdot \frac{2}{2 \cdot \sqrt{5}} = 20 \text{ lx} \quad E_{2v} = 32 \cdot \frac{3}{5} = 19,2 \text{ lx}$$

$$E_h = E_{1h} + E_{2h} = 40 + 25,6 = 65,6 \text{ lx} \quad E_v = E_{1v} - E_{2v} = 20 - 19,2 = 0,8 \text{ lx}$$

$$E^2 = E_h^2 + E_v^2 = 65,6^2 + 0,8^2 \quad E = 65,6 \text{ lx}$$

(4 body)