

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektrotechniky**

**Projekt venkovního osvětlení podporující nasazení
inteligentních technologií**

Outdoor lighting project supporting use of smart technologies

2018

Richard Blaho

Zadání bakalářské práce

Student: **Richard Blaho**

Studijní program: **B2648 Projektování elektrických zařízení**

Téma: **Projekt venkovního osvětlení podporující nasazení inteligentních technologií**
Outdoor lighting project supporting use of smart technologies

Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

Cílem bakalářské práce je vytvořit projektovou dokumentaci venkovního osvětlení elektrické stanice přenosové soustavy s využitím dostupných inteligentních technologií.

Student získá praktické zkušenosti v oboru projektování elektrických zařízení pro venkovní osvětlení, naučí se zpracovávat a pracovat s informacemi nutnými k vytvoření projektu a zdokonalí své dovednosti v projekčních systémech.

1. Posouzení možností aplikovatelnosti inteligentních technologií na venkovní osvětlení.
2. Požadavky na projekt venkovního osvětlení.
3. Návrh vhodných technologií pro řízení osvětlovací soustavy se zajištěním požadovaných světelně technických parametrů pro hlídací osvětlení, provozní osvětlení a osvětlení komunikací.
4. Světelně technický návrh specifikovaného venkovního osvětlení.
5. Projektová dokumentace venkovního osvětlení elektrické stanice přenosové soustavy s použitím inteligentních technologií.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Dvořáček K., Habel J.: Světlo a osvětlování, FCC Public, Praha 2013
- [2] Habel J.: Světelná technika a osvětlování, FCC Public, Praha 1995
- [3] Kurzy osvětlovací techniky I až XXXII, VŠB - TU Ostrava, 1986 až 2017, <http://www.csorsostrava.cz>
- [4] IN-EL, spol. s r.o., Partner všech elektrotechniků, 2017, <http://www.iisel.com>
- [5] UNMZ, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017, <http://www.unmz.cz>
- [6] Solid Team s.r.o., Vzdělávací a zkušební centrum, 2017, <http://www.solidteam.cz>

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Mlčák, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2017

Datum odevzdání: 30.04.2018



doc. Ing. Vítězslav Stýskala, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: *30. dubna 2018*



.....
podpis studenta

Poděkování

Velmi rád bych poděkoval panu Ing. Tomáši Mlčákovi Ph.D. a panu doc. Ing. Tomáši Novákovi Ph.D. za jejich odborné rady a konzultace při vytváření této bakalářské práce.

Mé poděkování rovněž patří celé mé rodině za pomoc a podporu během studia.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá nasazením inteligentních technologií ve venkovním osvětlení, které se začíná v posledních letech modernizovat a využívat na široké spektrum aplikací. V teoretické části jsou posouzeny světelné, technické a praktické možnosti rozvoje zařízení ve venkovním osvětlení. Velká část je věnována charakteristice jednotlivých světelných zdrojů a příslušných technických norem.

Praktická část je soustředěna na kompletní projektovou dokumentaci venkovního osvětlení v elektrické stanici přenosové soustavy ČEPS, a.s. v Dětmarovicích. Projektová dokumentace obsahuje světelně technický návrh, dimenzování výbavy rozvaděčů pro řízení venkovního osvětlení s použitím vhodných inteligentních technologií a schémata zapojení rozvaděčových skříní.

Klíčová slova

Venkovní osvětlení; inteligentní technologie; DALI; programovatelný logický automat; světelně technický návrh

Abstract

The bachelor thesis deals with the application of intelligent technologies in outdoor lighting, which has been modernized and used in a wide range of applications over the last few years. The theoretical part examines the lighting, technical and practical possibilities of developing outdoor lighting equipment. A large part of the thesis is devoted to the characteristics of the individual light sources and the relevant technical standards.

The practical part is focused on the complete project documentation of outdoor lighting in the power station of ČEPS, a.s. in Dětmarovice. The project documentation includes technical lighting design, dimensioning of switchgear cabinets for outdoor lighting control using the use of suitable intelligent technologies and cabinet wiring diagrams.

Key words

Outdoor lighting; smart technology; DALI; programable logic controller; technical lighting design

Obsah

Úvod.....	- 14 -
1 Posouzení aplikovatelnosti inteligentních technologií na venkovní osvětlení.....	- 15 -
1.1 Potenciál venkovního osvětlení pro strategický rozvoj.....	- 15 -
1.1.1 Koncept Smart City.....	- 15 -
1.1.2 Venkovní osvětlení v konceptu Smart City.....	- 15 -
1.1.3 Aplikace svítidel s LED světelným zdrojem.....	- 16 -
1.1.4 Rozvoj komunikačních technologií.....	- 16 -
1.1.5 Použití IP kamer pro nepřetržité sledování osvětlované oblasti.....	- 16 -
2 Popis světelných zdrojů pro použití ve svítidlech venkovního osvětlení.....	- 17 -
2.1 Teplotní světelné zdroje.....	- 17 -
2.1.1 Halogenová žárovka.....	- 17 -
2.2 Výbojové světelné zdroje.....	- 17 -
2.2.1 Halogenidové výbojky.....	- 17 -
2.2.2 Vysokotlaké rtuťové výbojky.....	- 17 -
2.2.3 Nízkotlaké sodíkové výbojky.....	- 18 -
2.2.4 Vysokotlaké sodíkové výbojky.....	- 18 -
2.2.5 Indukční výbojky.....	- 18 -
2.3 Světelné diody LED.....	- 19 -
3 Požadavky na svítidla venkovního osvětlení.....	- 20 -
3.1 Svítidla.....	- 20 -
3.1.1 Elektrická část svítidla.....	- 20 -
3.1.2 Optická část svítidla.....	- 20 -
3.1.3 Mechanická část svítidla.....	- 20 -
3.2 Základní požadavky na svítidla.....	- 21 -
3.3 Konstrukční řešení svítidel.....	- 21 -
3.3.1 Stupeň krytí IP.....	- 21 -
3.3.2 Mechanická odolnost IK.....	- 21 -
3.3.3 Tepelná stálost.....	- 21 -
3.3.4 Světelná stálost.....	- 21 -
3.4 Volba typu svítidel.....	- 21 -
3.4.1 Osvětlování komunikací.....	- 22 -

3.4.2	Osvětlování velkých ploch	- 22 -
3.4.3	Osvětlování přechodů	- 22 -
3.4.4	Osvětlování chodníků a cyklostezek	- 22 -
4	Požadavky na venkovní osvětlení elektrické stanice přenosové soustavy ČEPS, a.s.	- 23 -
4.1	Technická norma 59/2016	- 23 -
4.1.1	Dálkové ovládání.....	- 23 -
4.1.2	Místní ruční ovládání.....	- 23 -
4.1.3	Společné zásady	- 23 -
4.1.4	Hlídací osvětlení.....	- 24 -
4.1.5	Osvětlení komunikací.....	- 24 -
4.1.6	Provozní osvětlení pro celkovou kontrolu.....	- 25 -
4.1.7	Osvětlení transformátorů a tlumivek	- 25 -
4.1.8	Umístění měřících bodů	- 25 -
4.1.9	Vazba venkovního osvětlení na kamerový systém.....	- 25 -
4.1.10	Napájení a rozvod elektrické energie	- 26 -
4.1.11	Požadavky na svítidla	- 26 -
4.1.12	Podmínky pro jištění svítidel.....	- 26 -
4.2	Technická norma 19/2015	- 26 -
4.2.1	Obvody sekundární techniky	- 27 -
4.2.2	Uzemnění a pospojování	- 27 -
4.2.3	Požadavky na kabeláž	- 28 -
4.2.4	Chráněné prostory	- 28 -
5	Návrh vhodných technologií pro řízení osvětlovacích soustav	- 29 -
5.1	DALI	- 29 -
5.1.1	Výhody DALI.....	- 29 -
5.1.2	Princip sběrnice DALI.....	- 29 -
5.1.3	Převodník Ethernet / DALI	- 30 -
5.2	Programovatelný logický automat PLC	- 30 -
5.2.1	Tecomat Foxtrot CP-1006	- 30 -
5.2.2	Sběrnice TCL-2	- 31 -
6	Světelně technický návrh venkovního osvětlení v elektrické stanici přenosové soustavy-	32 -
6.1	Světelně technický výpočet	- 32 -
6.2	Popis osvětlovaných prostorů.....	- 32 -

6.2.1	Hlídací osvětlení.....	- 32 -
6.2.2	Osvětlení komunikací.....	- 32 -
6.2.3	Provozní osvětlení pro celkovou kontrolu a osvětlení transformátorů...-	32 -
6.3	Výběr vhodných svítidel	- 33 -
6.3.1	Osvětlení komunikací a hlídací osvětlení.....	- 33 -
6.3.2	Provozní osvětlení pro celkovou kontrolu zařízení	- 34 -
6.3.3	Osvětlení transformátorů.....	- 35 -
6.4	Výsledky světelně technického výpočtu	- 36 -
6.4.1	Hlídací osvětlení.....	- 36 -
6.4.2	Osvětlení komunikací.....	- 37 -
6.4.3	Provozní osvětlení pro celkovou kontrolu.....	- 38 -
6.4.4	Osvětlení transformátorů.....	- 39 -
7	Projektová dokumentace venkovního osvětlení	- 40 -
7.1	Návrh rozvaděčových skříní pro řízení venkovního osvětlení	- 40 -
7.2	Protokol o určení vnějších vlivů.....	- 41 -
7.3	Dimenzování vývodů, jisticích a spínacích zařízení	- 42 -
7.3.1	Problematika dimenzování zařízení pro spínání světelných zdrojů	- 43 -
7.4	Technická zpráva.....	- 44 -
7.5	Tvorba dispozice venkovního osvětlení	- 44 -
	Závěr	- 45 -

Seznam použitých veličin

Veličina	Název veličiny	Jednotka	Název jednotky
-	přenosová rychlost	bit/s	bit za sekundu
A	plocha	m ²	metr čtvereční
E	osvětlenost	lx	lux
E	energie	J	Joule
GR_L	činitel oslnění	-	(bezrozměrná)
I	proud	A	Ampér
P	výkon	W	Watt
R_a	index podání barev	-	(bezrozměrná)
T	teplota	°C	stupeň Celsia
T_c	teplota chromatičnosti	K	Kelvin
U	napětí	V	Volt
U_o	rovnoměrnost osvětlení	-	(bezrozměrná)
Φ	světelný tok	lm	lumen
f	frekvence	Hz	Hertz
l	délka	m	metr
p	tlak	Pa	Pascal
t	čas	h	hodina
η	měrný výkon	lm/W	lumen na watt

Seznam použitých zkratek

Zkratka	Význam zkratky	Anglický význam
5G	pátá generace bezdrátových systémů	
AC	střídavý proud	alternating current
ANE	značení rozvaděče pro spínání venkovního osvětlení	
CP	centrální jednotka	central unit
CPU	centrální procesorová jednotka	central processing unit
ČEPS	česká elektrárenská přenosová soustava	
ČEZ	české energetické závody	
ČSN	česká technická norma	
DALI	digitálně adresovatelné osvětlovací rozhraní	digital addressable lighting interface
DC	stejnoseměrný proud	direct current
EN	evropská norma	european standard
HOK	hlavní ocelová konstrukce	
IK	mechanická odolnost	protection against mechanical impacts
IP	stupeň krytí	ingress protection
IP	internetový protokol	internet protocol
IR	infračervené záření	infrared
LED	elektroluminiscenční dioda	light emitting diode
Li-Fi	bezdrátový přenos dat pomocí světla	light fidelity
LTE	technologie pro vysokorychlostní internet	long term evolution
PLC	programovatelný logický automat	programmable logic controller
PoE	napájení po datové síťovém kabelu	power over Ethernet
TCL-2	sběrnice pro připojení periferních modulů Foxtron	
TN	technická norma	
TN-S	elektrická síť s uzemněným uzlem zdroje s rozděleným ochranným a středním vodičem	
TSFO	technický systém fyzické ochrany	
VVN	velmi vysoké napětí	
Wi-Fi	komunikační standard pro bezdrátový přenos dat	wireless fidelity
ZVN	zvláště vysoké napětí	

Seznam obrázků

<i>Obrázek č. 1: Porovnání spekter vysokotlaké rtuťové výbojky a nízkotlaké sodíkové výbojky [1] ...</i>	<i>- 18 -</i>
<i>Obrázek č. 2: Princip rozhraní DALI [16].....</i>	<i>- 29 -</i>
<i>Obrázek č. 3: Převodník DALInet (DALI / Ethernet) [17].....</i>	<i>- 30 -</i>
<i>Obrázek č. 4: Programovatelný automat Tecomat Foxtrot CP-1006 [18].....</i>	<i>- 31 -</i>
<i>Obrázek č. 5: Parametry svítidla CiviTEQ s křivkou svítivosti [19].....</i>	<i>- 33 -</i>
<i>Obrázek č. 6: Parametry svítidla SICOMPACT A3 MAXI s křivkou svítivosti [20].....</i>	<i>- 34 -</i>
<i>Obrázek č. 7: Parametry JOLLY 2 A35/I s křivkou svítivosti [21].....</i>	<i>- 35 -</i>
<i>Obrázek č. 8: Ukázka ze zpracovaného dvourozměrného pohledu do rozvaděče ANE01</i>	<i>- 40 -</i>
<i>Obrázek č. 9: Ukázka z protokolu o určení vnějších vlivů pro venkovní prostor.....</i>	<i>- 41 -</i>
<i>Obrázek č. 10: Ukázka schématu vzorového rozvaděče pro dimenzování světelných vývodů ve výpočetním softwaru SICHR 18.0</i>	<i>- 42 -</i>
<i>Obrázek č. 11: Tabulka dimenzování stykačů pro spínání vysokotlakých sodíkových výbojek [22].</i>	<i>- 43 -</i>
<i>Obrázek č. 12: Tabulka dimenzování stykačů pro spínání metalhalogenidových výbojek [22].....</i>	<i>- 43 -</i>
<i>Obrázek č. 13: Ukázka dispozice osvětlovacích soustav v elektrické stanici.....</i>	<i>- 44 -</i>

Seznam tabulek

<i>Tabulka č. 1: Požadavky na hlídací osvětlení [8]</i>	<i>- 24 -</i>
<i>Tabulka č. 2: Požadavky na osvětlení komunikací [8].....</i>	<i>- 24 -</i>
<i>Tabulka č. 3: Požadavky na provozní osvětlení [8].....</i>	<i>- 25 -</i>
<i>Tabulka č. 4: Výpočet hlídacího osvětlení</i>	<i>- 36 -</i>
<i>Tabulka č. 5: Výpočet osvětlení komunikací</i>	<i>- 37 -</i>
<i>Tabulka č. 6: Výpočet provozního osvětlení.....</i>	<i>- 38 -</i>
<i>Tabulka č. 7: Výpočet osvětlení transformátorů</i>	<i>- 39 -</i>

Úvod

Tato bakalářská práce pojednává o využitelnosti venkovního osvětlení pro možné nasazení inteligentních technologií a zároveň je v ní vypracován vzorový projekt venkovního osvětlení pro elektrickou stanici přenosové soustavy ČEPS, a.s.

V teoretické části je popsán potenciál venkovního osvětlení pro strategický rozvoj ve městech a obcích, posouzení možného budoucího využití v konceptu Smart City a využitelnost svítidel s LED světelnými zdroji. Tato práce také posuzuje aplikovatelnost nejrůznějších světelných zdrojů ve venkovním osvětlení, konstrukční provedení svítidel a charakteristiku současných norem pro projektování venkovního osvětlení v elektrické stanici přenosové soustavy.

V praktické části byli použity aktuální technologie jako je komunikační protokol DALI a programovatelný logický automat. V této části je zpracován a popsán kompletní vzorový projekt venkovního osvětlení pro elektrickou stanici přenosové soustavy v Dětmovicích. Projekt obsahuje světelně technický výpočet řešených prostorů, dimenzování výbavy rozvaděčů pro řízení venkovního osvětlení s použitím inteligentních technologií, zpracovanou výkresovou dispozici, schématická zapojení a dvourozměrné pohledy do jednotlivých rozvaděčových skříní.

1 Posouzení aplikovatelnosti inteligentních technologií na venkovní osvětlení

1.1 Potenciál venkovního osvětlení pro strategický rozvoj

Venkovní osvětlení má v současné době vysokou strategickou hodnotu pro nasazení inteligentních technologií ve městech, obcích nebo na velkých pozemcích. Sít' venkovního osvětlení je permanentně napájena, proto ji lze využívat 24 hodin denně. To umožňuje používat stožáry venkovního osvětlení pro nejrůznější aplikace. Mezi hlavní se řadí:

- 1) rozvoj komunikačních technologií
- 2) nepřetržité sledování oblasti
- 3) komunikace mezi vozidly
- 4) koncept chytrého města (Smart City)

Zároveň moderní technologie umožňují výrazné snížení spotřebované energie na provoz venkovního osvětlení. Například za pomoci:

- 1) dynamické regulace venkovní osvětlovací soustavy (soumrakové spínač, návaznost na kamerový systém)
- 2) použití svítidel se světelnými diodami LED (vysoký měrný výkon až 200 lm/W)
- 3) centralizovaný dohled pomocí DALI sběrnice (možné řízení a adresace jednotlivých svítidel se zpětnou vazbou)
- 4) implementace fotovoltaických panelů na osvětlovací soustavy [11].

1.1.1 Koncept Smart City

Koncept Smart City („chytré město“) se uplatňuje na problematiku dopravy, energetiky, informačních a komunikačních technologií. Má za úkol zlepšit kvalitu života a správu věcí veřejných, podporuje zapojení široké veřejnosti do zjednodušování procesu pomocí elektronických zařízení. Koncept Smart City je navržen tak, aby všechna zařízení byla ekonomicky výhodná [15].

1.1.2 Venkovní osvětlení v konceptu Smart City

Venkovní osvětlení v konceptu Smart City zastává důležitou roli, jelikož pokrývá celé město a zároveň městu jako provozovateli patří. Stožáry veřejného osvětlení se proto dají použít pro umístění zařízení jako jsou:

- 1) energeticky šetrná a regulovatelná svítidla s LED světelnými zdroji
- 2) systémy pro zhodnocení hustoty provozu a detekci pohybu
- 3) kamerové systémy pro zajištění větší bezpečnosti
- 4) rozšíření stávajících komunikačních technologií
- 5) snímače skleníkových plynů a znečišťujících látek v ovzduší [15].

1.1.3 Aplikace svítidel s LED světelným zdrojem

Svítidla s LED světelnými zdroji disponují vysokým měrným světelným výkonem a výborným směřováním světelného toku, díky nimž umožňují realizovat osvětlovací soustavu s nižším příkonem než jiné světlené zdroje. LED svítidla zároveň umožňují velkou konektivitu, především při volbě celkového výkonu svítidla, tvaru křivky svítivosti nebo teploty chromatičnosti. Pro jednotlivé aplikace lze pomocí těchto variací vybrat nejvhodnější svítidlo a dosáhnout tak požadované osvětlenosti, rovnoměrnosti nebo přizpůsobit teplotu chromatičnosti tak, aby byla vhodná pro dané prostředí. Zároveň tato svítidla dosahují výrazně většího indexu podání barev ($R_a > 80$) než velmi používané vysokotlaké sodíkové výbojky ($R_a < 25$), což zvyšuje bezpečnost na pozemních komunikacích.

Důležitá vlastnost svítidel s LED světelnými zdroji je také možnost jejich regulace v rozsahu od 0 % do 100 % bez poklesu jejich měrného světelného výkonu. Svítidla lze regulovat podle venkovní osvětlenosti nebo je vypínat v případech kdy je zanedbatelná hustota dopravy (od půlnoci do čtvrté hodiny ranní) a razantně tak snížit náklady na provoz osvětlovacích soustav [11].

1.1.4 Rozvoj komunikačních technologií

Hlavní výhodou venkovního osvětlení je prakticky kompletní pokrytí osvětlované plochy (města, obce, areály), což umožňuje rozšířit datovou konektivitu osvětlovaného prostoru. Zároveň vlastníky veřejného osvětlení jsou jejich zřizovatelé tzn. města a obce. Na základě těchto podmínek lze použít stožáry venkovního osvětlení jako kostru pro přenos a získávání informací z osvětlované oblasti (hustota provozu, rozšíření bezplatného Wi-Fi signálu, sledování oblasti pomocí IP kamerových systémů).

Výhledově lze soustavu venkovního osvětlení použít pro vybudování nových komunikačních technologií, například pro:

- 1) přenos signálu po napájecí síti venkovního osvětlení
- 2) rozšíření optické sítě (při realizaci liniových staveb lze instalovat optické kabely do předpřipravených výkopů)
- 3) rozšíření stávající sítě mobilních operátorů (LTE, v budoucnu 5G) [11].

1.1.5 Použití IP kamer pro nepřetržité sledování osvětlované oblasti

Stožáry venkovního osvětlení jsou díky jejich výšce a četnosti vhodné pro instalaci IP kamerových systémů. Za pomoci takové kamerové soustavy lze velmi dobře získávat informace z osvětlované oblasti (hustota provozu, rozšíření sítě radarů pro měření rychlosti, detekce pohybu, propojení kamer s centrálním systémem Městské policie). Na základě informací z kamer lze snížit příkon osvětlovací soustavy a zvýšit bezpečnost v dané lokalitě [11].

2 Popis světelných zdrojů pro použití ve svítidlech venkovního osvětlení

Světelné zdroje lze rozdělit do třech základních skupin:

2.1 Teplotní světelné zdroje

Průchodem elektrického proudu dochází k vysokému zahřátí vodivé látky, což má za následek tepelný pohyb a optické záření.

2.1.1 Halogenová žárovka

Patří mezi první umělé světelné zdroje pracující na principu průchodu elektrického proudu wolframovým vláknem. Vláknem je vloženo do vnitřního prostředí baňky, která je naplněna některou s příměsí halových prvků (fluor, chlor, brom nebo jód). Průchodem elektrického proudu tenkým wolframovým vláknem vzniká ohřev vlákna a následné vyzařování v oblasti viditelného spektra elektromagnetického vlnění (380nm – 780nm). V obyčejné žárovce se z vlákna odpařuje wolfram a usazuje se na povrch baňky. U halogenové žárovky se odpařený wolfram sloučí s chladnějším halogenem. Vlivem tepelného pole se wolfram vrací zpátky na rozžhavené vlákno, kde se působením vyšší teploty rozkládá. Měrný výkon žárovek je kolem 20 lm/W. Žárovky mají vysoký index podání barev ($R_a=100$) ale životnost se pohybuje pouze kolem 2000 h, proto se tyto světelné zdroje hodí především pro použití do nenáročných aplikací typu (sociální zařízení a chodby) [2].

2.2 Výbojové světelné zdroje

Pracují na principu elektrických výbojů v plynném prostředí. Základem je přeměna elektrické energie na kinetickou energii elektronů, srážející se atomy plynu vytváří optické záření.

2.2.1 Halogenidové výbojky

V halogenidových výbojkách vzniká světelné záření za pomoci par kovů (např. rtuť). Velmi často využívají sloučenin halových prvků nejčastěji thalium, galium a sodík, což vede ke zvýšení indexu podání barev (R_a až 90). Nevýhoda spočívá v nízkém tlaku par kovů, takže nelze dosáhnout potřebné hustoty těchto prvků ve výboji. To má za následek nižší měrný výkon kolem 80 lm/W. Mezi další nevýhody patří nutnost použít zapalovací zařízení (tzv. předřadník), čímž se zvyšuje cena svítidla. Halogenidové výbojky jsou schopny pracovat při venkovních teplotách od $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ a zachovat si životnost až 15 000 hodin [12], [13].

2.2.2 Vysokotlaké rtuťové výbojky

Hlavní část světelného záření vzniká ve rtuťovém výboji. Páry rtuti jsou ve výbojové trubici pod tlakem až 10 kPa. Tyto výbojky se vyrábí i s vrstvou luminoforu pro zvýšení hustoty barevného spektra. Část světla vzniká přímo ve výboji a část je vybuzena ultrafialovým zářením ve vrstvě luminoforu. V nejčastějších provedeních s luminoforem dosahují vysokotlaké rtuťové výbojky hodnoty indexu podání barev $R_a = 60$ při měrném výkonu 70 lm/W. Vyrábí se v základní příkonové řadě od 50 W do 1 000 W a při volbě kvalitního luminoforu se rozmezí teploty chromatičnosti T_c pohybuje od 2900 K do 3500 K. Životnost těchto výbojek se udává 16 000 h. Maximálním úbytkem světelného toku nesmí

dosáhnout hodnoty 20 %. Mezi hlavní nevýhody patří nízká účinnost u nižších příkonů. Výbojky vyžadují použití tlumivky, u kterých se spotřeba pohybuje přibližně kolem 20 až 40 W [1], [2].

2.2.3 Nízkotlaké sodíkové výbojky

V nízkotlakých sodíkových výbojkách je světlo vyzařováno díky hoření par sodíku, argonu nebo neonu. Páry těchto prvků se uchovávají ve výbojové trubici pod tlakem 0,5 Pa a teplotě stěn kolem 300 °C. Tyto prvky se projevují především monochromatickým zářením v oblasti žlutého spektra (589 – 589,6 nm), díky této vlastnosti nelze rozlišovat barvy ($R_a = 0$). Nízkotlaké sodíkové výbojky se i přes nízký index podání barev používají v aplikacích kde není nutné rozeznávat konkrétní barvy, příkladem je osvětlení silnic a dálnic v Belgii. Měrný výkon těchto výbojek dosahuje hodnot téměř 200 lm/W a životnost kolem 16 000 hodin [7].



Obrázek č. 1: Porovnání spekter vysokotlaké rtuťové výbojky a nízkotlaké sodíkové výbojky [1]

2.2.4 Vysokotlaké sodíkové výbojky

Pracují na stejném principu jako nízkotlaké sodíkové výbojky. Vysoké tlaky (až 28kPa) jsou způsobeny snížením objemu výbojového prostoru při zachování stejného množství par sodíku. Tyto páry při hoření vyzařují monochromatické záření v oblasti žluté části viditelného spektra (589 – 589,6 nm). Oblast viditelného spektra při hoření par sodíku můžeme rozšířit zvýšením tlaku těchto par, což vede ke značně lepší věrohodnosti barev osvětlovaných předmětů. Vysokotlaké sodíkové výbojky mohou dosáhnout měrného výkonu až 150 lm/W a indexu podání barev kolem 25. Životnost této výbojky je kolem 20 000 hodin. Díky svým vlastnostem a stálosti světelného toku ve venkovních teplotách se používají zejména pro univerzální osvětlení venkovních prostorů (komunikace, fasády, pěší zóny). V aplikacích ve městech se používají v příkonech do 150 W a pro osvětlení komunikací od 150 do 250 W. Pro osvětlování budov tyto výbojky dosahují příkonů až 1 kW [10], [14].

2.2.5 Indukční výbojky

U indukčních výbojek je výboj buzen vnějším vysokofrekvenčním polem. Vyznačuje se bezetrátovou konstrukcí, což má za následek výrazně lepší provozní parametry. Velká nevýhoda těchto výbojek je zajištění vysokofrekvenčních napájecích zdrojů tak, aby byli ekonomicky dostupné a zároveň splňovali požadované technické parametry. Princip je založen na hoření par síry nebo rtuti ve výbojovém

prostoru. Síra se používá zejména pro vysokotlaké sírné výbojky bez luminoforu, které se vyznačují vysokým pracovním kmitočtem až několik GHz. Nízkotlaké indukční výbojky obsahují páry rtuti, argonu a vrstvu luminoforu. Kmitočet se u těchto výbojek pohybuje kolem 250 kHz, 2,65 MHz nebo 13,6 MHz. Díky bezelektrodovému výboji, který probíhá v parách rtuti a argonu se záření pohybuje kolem hodnot 185,4 až 253,7 nm. Toto záření není viditelné, proto nízkotlaké indukční výbojky používají vrstvu luminoforu na vnitřní straně výbojky, která transformuje záření do viditelné oblasti. Mezi hlavní výhody patří vysoký měrný světelný výkon kolem 100 lm/W při velmi dobrém indexu podání barev $R_a > 80$, dobrá stabilita světelného toku a poměrně dlouhá životnost až 100 tisíc hodin [3].

2.3 Světelné diody LED

Elektroluminiscenční dioda neboli světelná dioda (zkratka LED z anglického Light Emitting Diode) pracuje na principu polovodičového PN přechodu, který emituje optické záření a je buzen průchodem elektrického proudu. Přiložením stejnosměrného napětí se správnou polaritou, dochází k vzájemnému přiblížování děr a elektronů ke kontaktnímu místu. To má za následek jejich rekombinaci a následné vyzařování určitého množství energie mimo krystal. Vyzářená energie je viditelná ve formě světelného záření. U LED diod je toto záření nekoherentní (není schopno interference).

LED diody se vyrábějí v nejrůznějších barvách od modré až po červenou. Pokud chceme získat světlo bílé, je nutné použít vrstvu luminoforu. Bílé LED diody se produkují v širokém rozsahu náhradní teploty chromatičnosti od 2 200 K až po 8 000 K.

Světelné diody LED se na rozdíl od jiných světelných zdrojů vyrábí ve firmách produkující polovodičové součástky a jejich cena je závislá na ceně krystalu základního polovodiče. Teoretická účinnost těchto světelných zdrojů dosahuje hodnot vyšších než 200 lm/W, díky tomu zastávají významnou roli mezi základními skupinami světelných zdrojů.

Svítidla s LED diodami mají výborné provozní a světelné parametry. Měrný světelný výkon těchto svítidel dosahuje hodnot až 200 lm/W při indexu podání barev 90 a životnosti kolem 100 000 h. Vysoký měrný výkon a účinnost u LED světelných zdrojů má za následek výrazné úspory v provozování osvětlovacích soustav. Díky velkému rozsahu náhradní teploty chromatičnosti lze libovolně adaptovat barevnou teplotu světla v závislosti na prostoru, kde bude svítidlo instalováno. Velkou výhodou těchto světelných zdrojů je možnost regulace světelného toku od 0 % až po 100 % bez úbytku měrného světelného výkonu. To umožňuje přizpůsobit světelný tok momentálním potřebám osvětlovaného prostoru v závislosti na klimatických podmínkách.

Hlavní nevýhoda u světelných zdrojů s LED diodami je závislost na okolní teplotě, ta ve velké míře ovlivňuje jejich výslednou životnost. Mezi další nevýhody patří používání na hranici proudových možností, kde může docházet k přehřívání pouzdra a následnému selhání svítidla [1], [5].

3 Požadavky na svítidla venkovního osvětlení

Normy používané pro návrh venkovního osvětlení jsou ČSN 33 2000-7-714 – Zařízení pro venkovní osvětlení a ČSN EN 12464-2 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část. 2: Venkovní pracovní prostory.

3.1 Svítidla

Norma zabývající se problematikou svítidel je ČSN EN 60598-1 ed. 6 Svítidla část 1: Všeobecné požadavky a zkoušky. Svítidla slouží pro nasměrování a úpravu světelného toku, zajišťují napájení, upevňují a chrání světelný zdroj. Svítidlo se skládá ze tří hlavních částí: elektrické, optické a mechanické.

3.1.1 Elektrická část svítidla

Elektrická část svítidla zajišťuje připojení, uchycení a provoz světelných zdrojů. Mezi hlavní části patří objímky, vypínače, vnitřní a vnější vedení vodiče, připojovací a propojovací svorky, předřadné přístroje, kondenzátory, popřípadě zapalovače. Každý světelný zdroj má své specifické připojovací podmínky.

Svítidla používaná ve venkovním osvětlení potřebují předřadné přístroje (předřadníky), dělicí se na elektromagnetické a elektrické. Elektromagnetický předřadník se řadí mezi indukční (tlumivka). Elektrický předřadník má oproti němu výrazně lepší vlastnosti, ale jeho pořizovací cena je vyšší. Mezi hlavní výhody patří delší životnost světelného zdroje což souvisí s lepšími napájecími podmínkami a zároveň nižšími ztrátami (příkon svítidla je podstatně nižší při zachování světelného toku) [4].

3.1.2 Optická část svítidla

Slouží pro usměrnění světelného toku do požadovaného směru (většinou dolní poloprostor). K tomu se využívají refraktory, reflektory, difuzory nebo čočky. Refraktor a čočka usměrňují světelný tok lomem, reflektor odrazem a difuzor rozptylem. Optickou část svítidla využívající světelné diody lze rozdělit na dva typy:

- 1) optický systém je součástí svítidla a usměrňuje světelný tok diod (vícečipové světelné diody jejichž vyzařovací plocha je poměrně velká)
- 2) optický systém je součástí světelných diod (výkonové světelné diody u kterých je vyzařovací plocha je velmi malá) [6].

3.1.3 Mechanická část svítidla

Tyto části patří výhradně pro ochranné, upevňovací nebo nosné účely. Mezi mechanické části můžeme zahrnout ochranné mříže a skla, nosné konstrukce, závěsy, upevňovací části a klouby [4].

3.2 Základní požadavky na svítidla

Obecně se dá říct, že svítidla by měla splňovat tyto podmínky:

- 1) světelná účinnost by měla být minimálně 80%
- 2) dobrá stálost světelně technických vlastností, z čehož vyplývá vysoká životnost
- 3) svítidlo musí směřovat světelný tok pouze do požadovaných směrů
- 4) snadná montáž a přístupnost ke světelnému zdroji, předřadníku nebo svorkovnici
- 5) recyklovatelnost použitých materiálů
- 6) vzhled svítidla by měl respektovat okolní urbanistiku [4].

3.3 Konstrukční řešení svítidel

Svítidla by měli kromě vlastních funkcí splňovat i další požadavky jako je mechanická pevnost, odolnost proti korozi, tepelná a světelná stálost.

3.3.1 Stupeň krytí IP

Stanovuje konstrukční řešení, které poskytuje ochranu před dotykem živých částí nebo před vniknutím cizích předmětů, prachu, vody nebo plynu. Nejpoužívanější stupeň krytí u venkovních svítidel je IP66, čímž zajistíme prachotěsnost a ochranu před intenzivně tryskající vodou [5].

3.3.2 Mechanická odolnost IK

Určuje míru stability konstrukčních částí svítidla a je definována v normě ČSN EN 50102 pod označením IK. Vlivem mechanického namáhání může být ovlivněná mechanická pevnost svítidla, což může vést ke změně provozních parametrů. Použitím vhodného krytu zabráníme poškození svítidla cizí osobou nebo tělesem. Nejčastěji používaný stupeň krytí IK u venkovních svítidel je 08. Toto krytí zabezpečuje svítidlo před nárazem až do 5 J [5].

3.3.3 Tepelná stálost

Provozní teploty okolí velmi často dosahují hraničních hodnot, na které je svítidlo dimenzováno (léto, zima). Nejčastěji se rozsah provozních teplot u venkovních svítidel pohybuje v rozmezí $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.3.4 Světelná stálost

Světelná stálost určuje životnost krytů. Ty jsou vystavovány silnému dennímu nebo umělému záření. Působením světelného nebo ultrafialového záření může docházet ke žloutnutí nebo vyblednutí. Tento problém se řeší povrchovou úpravou svítidla, nejčastěji celohliníkovým provedením nebo nanesením práškového laku.

3.4 Volba typu svítidel

Svítidla pro venkovní osvětlení lze rozdělit na dva typy. První typ slouží pro osvětlení veřejných prostorů (komunikace, parky, okolní plochy, fasády), druhý typ je určen pro osvětlení komunikací (snaha o co neúčinnější osvětlení povrchu vozovky a zabránění vyzařování do jiných směrů). Jednotlivá svítidla pak lze dělit do kategorií dle rozložení světelného toku nebo tvaru křivky svítivosti. Podle typu světelného toku a tvaru křivky svítivosti dále vybíráme vhodné svítidlo pro řešenou aplikaci.

3.4.1 Osvětlování komunikací

Pro osvětlování komunikací se nejčastěji používají svítidla s širokou a asymetrickou křivkou svítivosti v podélném směru s osou komunikace. V příčném směru může být charakteristika rozložení svítivosti široká nebo úzká dle parametrů vozovky [6].

3.4.2 Osvětlování velkých ploch

U velkých ploch se doporučuje použít svítidlo s rovnoměrnou a rotačně symetrickou charakteristikou rozložení svítivosti. U rozsáhlých ploch jako jsou náměstí se velmi často používají svítidla s difuzorem ve tvaru koule s pokoveným vrchlíkem a refraktorem. U osvětlování fasád se buď využívá část světelného toku z přilehlých svítidel nebo se využívají architektonická svítidla se specifickými křivkami svítivosti.

3.4.3 Osvětlování přechodů

Pro osvětlování přechodů se používají speciální svítidla s asymetrickou fotometrickou křivkou svítivosti. Křivka svítivosti by měla být zvolená tak, aby ve směru řidiče nevyzařovala rušivé světlo a zároveň kvalitně nasvítila chodce [6].

3.4.4 Osvětlování chodníků a cyklostezek

U chodníků a cyklostezek je vhodné použít svítidla s extrémně širokou charakteristikou rozložení svítivosti ve směru chůze nebo jízdy. V příčném směru se většinou volí křivka svítivosti extrémně úzká [6].

4 Požadavky na venkovní osvětlení elektrické stanice přenosové soustavy ČEPS, a.s.

Vytvoření projektové dokumentace probíhalo za použití technických norem. Použité normy byly stanovené ČEPS, a.s. a jsou závazné pro řešení technického návrhu venkovního osvětlení přenosové soustavy.

4.1 Technická norma 59/2016

Tato norma se zabývá řízením venkovního osvětlení ve stanicích přenosové soustavy, které spadají pod působnost ČEPS, a.s. Zároveň navazuje na technické normy ČSN EN 12464-2 Světlo a osvětlování – Osvětlování pracovních prostorů – Část 2: Venkovní pracovní prostory a ČSN CEN/TR 13201-1-4 Osvětlení pozemních komunikací.

4.1.1 Dálkové ovládání

Ovládání stanice přenosové soustavy je realizováno jak místně, tak dálkově. Dálkové ovládání je řízeno z TSFO (technický systém fyzické ochrany) pomocí řídicího systému nebo programového vybavení. Umožňuje dálkové zapnutí a vypnutí všech druhů osvětlení a spuštění poplachu. V případě aktivace poplachu musí být umožněno vypnout veškeré venkovní osvětlení pouze z TSFO. Pod pojmem venkovní osvětlení se rozumí osvětlení komunikací, hlídací a provozní osvětlení včetně reflektorů které jsou ovládány pohybovým čidlem. Zároveň musí být zajištěny místní obvody ovládání, proti nežádanému zapnutí pomocí soumrakových snímačů. Zrušení mimořádného stavu a návrat do normálního režimu lze pouze dálkovým impulsem z TSFO.

4.1.2 Místní ruční ovládání

Místní (ruční) ovládání je nadřazeno dálkovému i v mimořádném bezpečnostním režimu a bude prováděno ze dvou míst. U rozsáhlejších instalací je důležité zvážit postupné nabíhání venkovního osvětlení tak, aby se omezili proudové rázy.

Centrální domek

Přepínač MÍSTNĚ x DÁLKOVĚ v chodbě za vstupními dveřmi, ovládací zařízení pro zapnutí a vypnutí jednotlivých druhů a sekcí venkovního osvětlení.

Rozvaděč ANE

Obsahuje ovládací prvky pro zapnutí a vypnutí jednotlivých druhů a sekcí venkovního osvětlení.

4.1.3 Společné zásady

Omezení rušivého světla

Při projektování osvětlovací soustavy je nutné navrhnout svítidla tak, aby dodrželi hodnotu vyzařovaného světelného toku do horního poloprostoru maximálně 5 % pro zónu E2 dle ČSN EN 12464-2.

Prostředí

Jedná se o venkovní prostor nechráněný před atmosférickými vlivy s nízkými i vysokými teplotami (AB8) dle ČSN 33 2000-5-51 ed.3.

Napěťová soustava

Pro veškeré venkovní osvětlení je použita soustava 3x 400/230 V, 50 Hz, TN-S, III. kategorie (nezajištěné napájení).

4.1.4 Hlídací osvětlení

Zajišťuje osvětlení vnějšího perimetru areálu a vnitřních ploch elektrických stanic. Hlídací osvětlení je podél celého pozemku transformovny včetně vjezdů a vchodů. Podmínka při projektování tohoto osvětlení je zajištění funkčnosti bezpečnostních kamerových systémů. Provedení hlídacího osvětlení bude svítidly pro osvětlení komunikací. Stožáry budou umístěny uvnitř stanice a svítidla budou směřovat směrem k plotu.

Tabulka č. 1: Požadavky na hlídací osvětlení [8]

Typ prostoru, úkonu nebo činnosti	E_m (lx)	U_O (-)	GR_L (-)	R_a (-)
Venkovní rozvodny	10	0,4	45	20

Kde: E_m - udržovaná osvětlenost, U_O - rovnoměrnost osvětlení
 GR_L - mezní hodnota činitele oslnění, R_a - index podání barev

4.1.5 Osvětlení komunikací

Zajišťuje osvětlení vnitřních komunikací, cest a chodníků ve venkovních prostorách elektrické stanice. Osvětlení komunikací slouží pro bezpečný provoz a pohyb osob za snížené viditelnosti. Vnitřní komunikace nemají charakter pracovních komunikací a osvětlují se proto jako komunikace veřejné. Tyto vozovky spadají svou světelnou situací do skupiny D4 podle tab. 1 ČSN CEN/TR 13201-1 a jejich třída osvětlení je S4 podle tabulky A15, přílohy A, ČSN CEN TR 13200-1.

Podle ČSN EN 13201-2 tab. 3 tato třída odpovídá těmto hodnotám osvětlení komunikací:

udržovaná osvětlenost $\bar{E}_m \geq 5$ lx, minimální osvětlenost $E_{min} \geq 1$ lx

Charakter komunikací v pracovních prostorech mají tyto úseky: komunikace u transformátorů, komunikace u domků sekundární techniky a centrálního domku a komunikace podél vypínačů. Podle ČSN EN 12464-2 tab. 5.1 jsou požadovány tyto hodnoty:

Tabulka č. 2: Požadavky na osvětlení komunikací [8]

Typ prostoru, úkonu nebo činnosti	E_m (lx)	U_O (-)	GR_L (-)	R_a (-)
Komunikace pro pomalu jedoucí vozidla (max. 10 km/h) a chodce	10	0,4	50	20

Kde: E_m - udržovaná osvětlenost, U_O - rovnoměrnost osvětlení
 GR_L - mezní hodnota činitele oslnění, R_a - index podání barev

Aby byla možná identifikace vozidel a osob u vstupní brány, požaduje se osvětlení alespoň $\bar{E}_m \geq 50$ lx. V případě společné vstupní brány (ČEPS, ČEZ) se osvětlení brány řeší vzájemnou dohodou obou stran.

4.1.6 Provozní osvětlení pro celkovou kontrolu

Hlavním úkolem provozního osvětlení je zajištění potřebné osvětlenosti, pro provádění celkové kontroly zařízení v elektrické stanici přenosové soustavy. V nestandardních situacích (kontroly, údržby nebo opravy) je možno provozní osvětlení doplnit o mobilní osvětlovací zařízení.

Tabulka č. 3: Požadavky na provozní osvětlení [8]

Typ prostoru, úkonu nebo činnosti	E_m (lx)	U_0 (-)	GR_L (-)	R_a (-)
Provoz chodců v elektricky bezpečných prostorech	5	0,25	50	20
Celková kontrola	50	0,4	50	20
Oprava elektrických zařízení (použití mobilního osvětlení)	200	0,5	45	60

Kde: E_m - udržovaná osvětlenost, U_0 - rovnoměrnost osvětlení
 GR_L - mezní hodnota činitele oslnění, R_a - index podání barev

4.1.7 Osvětlení transformátorů a tlumivek

Stanoviště transformátorů a tlumivek musí být osvětleny rovnoměrně ze všech stran za pomoci asymetrických svítidel a je nutné dodržet minimální osvětlenost: [8]

horizontální i vertikální osvětlenost $\bar{E}_m \geq 50$ lx

4.1.8 Umístění měřících bodů

Při výpočtu osvětlení tokovou metodou se vytvoří rastr o rozteči bodů 5 nebo 10 m. Horizontální osvětlenost se bude měřit ve výšce 0 metrů, tj. na terénu.

Při posuzování pracovních míst se měří jak horizontální, tak vertikální osvětlenost. Pro měření horizontální osvětlenosti se se volí výška dle umístění srovnávací roviny (místo zrakového úhlu). Vertikální osvětlenost se rovněž měří v místě zrakového úhlu (např. na bloku obsluhovaného přístroje).

4.1.9 Vazba venkovního osvětlení na kamerový systém

Kamerové systém pracují tak, že snímají jasy osvětlovaných předmětů. Největšího jasu dosáhneme nasměrováním světelného toku přímo na osvětlovaný objekt ve směru pohledu kamery. Barevné bezpečnosti kamery dosahují citlivosti snímání $E=0,4$ lx a černobílé $E=0,05$ lx. Pro optimální funkčnost kamer navrhujeme osvětlovací soustavu tak, aby hodnoty osvětlenosti dosahovali hodnot pro barevné kamery $E=15$ lx a pro černobílé $E=10$ lx. Takto osvětleno musí být minimálně 70 % zabírané scény a vyváženost intenzity osvětlení musí být maximálně 4:1 (poměr maximální ku minimální intenzitě osvětlení).

V současné době je na vzestupu i nasvícení infračerveným světlem (IR), které je umístěno přímo v panelech na sloupcích kamery. U této metody ochrany majetku je rozdíl ten, že narušitel je

monitorován, aniž by o tom věděl (IR zdroj zajistí osvětlení snímaného prostoru s vlnovou délkou 880nm, to je lidskému oku neviditelné).

4.1.10 Napájení a rozvod elektrické energie

Venkovní osvětlení bude napájeno z rozvaděče ANE, který je umístěn v centrálním domku (místnost vlastní spotřeby). Napájení osvětlovací soustavy je nutné rozdělit do několika sekcí díky velikosti osvětlovaného prostoru.

Rozvody budou provedeny kabelem CYKY, které budou uloženy ve výkopu 50 x 80 cm v pískovém loži a kryty výstražnou folií. Pod komunikacemi budou kabely uloženy v ocelových chráničkách. V kabelových rozvodech budou kabely vedeny volně. Pokud je přívodní kabel ke svítidlu veden v blízkosti vodičů VVN nebo ZVN doporučuje se použít stíněný kabel. Stínění kabelu bude uzemněno přímo u svítidla.

K jednotlivým svítidlům budou vedené šňůrové kabely s vyšší tepelnou vodivostí. Kabely budou uloženy ve dřívku osvětlovacích stožárů, mimo ně budou vloženy do dvouplášťových chrániček.

4.1.11 Požadavky na svítidla

Svítidla musí dosahovat životnosti minimálně 30 000 provozních hodin. Svítidla budou mít krytí alespoň IP65. Při výběru svítidel je důležité dodržovat požadavky na omezení rušivého světla dle ČSN EN 12464-2.

4.1.12 Podmínky pro jištění svítidel

Svítidla umístěná na stožárech HOK budou jištěna v rozvodnicích, upevněných spolu s předřadníkovými skříněmi na stožárech HOK. Svítidla umístěná na samostatných stožárech budou jištěna v uzamykatelných stožárových rozvodnicích uvnitř dřívku stožáru. Napájecí napětí bude jištěno v rozvaděči ANE, v centrálním domku (místnost vlastní spotřeby) [8].

4.2 Technická norma 19/2015

Tato norma se zabývá omezením elektromagnetického rušení sekundární techniky ve stanicích elektrické přenosové soustavy ČEPS, a.s.. Určuje požadavky na umístění a provedení uzemnění, pospojování, stínění, kabeláže u sekundární techniky. Zajištěním těchto požadavků se zmenšuje elektromagnetické rušení mezi zdroji a rušenými zařízeními.

Ve stanicích přenosové soustavy patří mezi hlavní zdroje rušení silnoproudé technologie v provozních i poruchových stavech včetně atmosférických jevů. Silnoproudé technologie však nejsou ovlivňovány sekundární technikou. Rušivá energie se dostává do přijímače elektromagnetickými vazbami. Mezi tyto vazby patří: galvanická (impedanční), indukční, kapacitní vazba a vazba elektromagnetickým polem.

4.2.1 Obvody sekundární techniky

Tyto obvody můžeme dělit dle typu přenášené veličiny:

- 1) napájecí (stejnoseměrné a střídavé)
- 2) měřicí:
 - a) sekundární obvody (přístrojový transformátor napětí nebo proudu)
 - b) výstupní obvody (± 5 mA, ± 10 mA nebo 4 až 20 mA stejnosměrných)
- 3) signalizační (přenášejí po jednom vodiči dvouhodnotovou informaci ANO/NE v různých napěťových hladinách)
- 4) ovládací (přenášejí povely)
- 5) telekomunikační (přenášejí informace v analogovém nebo digitálním tvaru).

Obvody sekundární techniky musí splňovat tyto požadavky:

- 1) vodiče obvodu nesmí tvořit smyčky (závity)
- 2) vodiče nesmí být tvořeny kostrou nebo zemí
- 3) vodiče u jednoduchého obvodu musí být v jednom kabelu
- 4) ovládací, měřicí a signalizační kabely musí být stíněné
- 5) ovládací, měřicí, signalizační, napájecí a telekomunikační obvody musí být v samostatných kabelech
- 6) po rozdělení obvodu do několika větví musí být vodiče každé větve ve stejném kabelu a v každé větvi musí být všechny vodiče příslušného obvodu
- 7) po rozdělení obvodu do několika větví se nesmí nově vzniknuté větve, které jsou vedeny v různých kabelech znovu spojovat ani vést v jednom kabelu.

4.2.2 Uzemnění a pospojování

Impedance uzemňovací soustavy pro ochranu před nebezpečným dotykovým napětím je závislá na frekvenci díky vlivům parazitních indukčností, kapacit a skinefektu. S rostoucí frekvencí se impedance uzemňovací soustavy zvětšuje. I když uzemňovací soustava pro ochranu před dotykovým napětím splňuje všechny požadované parametry, může být na základě těchto rušivých vlivů nedostatečná. V místech kde jsou umístěny zařízení citlivá na elektromagnetická rušení se musí provést ochranná opatření, která zajistí nízkou impedanci uzemnění i pro vysoké frekvence. Ve stanicích elektrické přenosové soustavy ČEPS, a.s. se provedení nízké impedanční země zajišťuje především zemnicí mříží, podlahovou mříží a vodivými neživými částmi zařízení.

Pospojování a uzemnění neživých vodivých částí musí splňovat tyto podmínky:

- 1) všechny neživé vodivé části v prostoru se vodivě propojí tak, aby propojené neživé části měly co nejmenší impedanci a zároveň vzniklo mřížové propojení
- 2) propojené neživé části se připojí na uzemnění prostoru nejméně ve čtyřech bodech.
- 3) propojení vodivých neživých částí s uzemněním nebo mezi sebou navzájem se provede páskovými vodiči typu FeZn 30 x 4 mm², propojovací vodiče musí být co nejkratší a nesmí tvořit smyčky
- 4) povrchy spojovaných částí musí být kvalitně očištěny od všech nevodivých povlaků, pokud se spojují dva různé kovy je potřeba zabránit vzniku galvanického článku a galvanické koroze.

4.2.3 Požadavky na kabeláž

Kabely jsou nejcitlivější místo celého systému. Jelikož fungují na podobném principu jako antény, je nutné důkladně provést ochranu před rušivými elektromagnetickými vlivy. Pro omezení rušivého záření se používají stíněné kabely. V kabelových trasách se používají paralelní uzemněné vodiče.

Stíněné kabely

Stíněné kabely používané pro měřicí, signalizační a ovládací účely musí mít měděné stínění (měděná páska s překrytím, měděné drátky v těsném opředení nebo ovinutí) a minimální průřez kabelu musí být 6mm^2 .

Uzemnění stínění kabelů

Pokud se uzemní stínění pouze na jednom konci, je možný vznik nebezpečného dotykového napětí na konci druhém. U varianty, kde jsou uzemněny oba konce mohou vznikat ve stínění poruchové proudy. U zařízení citlivých pouze na jedné straně kabelové trasy uzemňujeme stínění všech navazujících kabelů na straně citlivého zařízení. Pokud je zařízení citlivé na rušení na obou stranách kabelové trasy, provedou se opatření, která povedou k možnému uzemnění stínění na obou stranách kabelu. Všechna připojení uzemnění musí být časově stálá a musí mít porovnatelnou přechodovou impedanci jako pájené spojení.

Kabelové trasy

Kabely v kabelových trasách musíme vést tak, aby byli prostorově odděleny. Ve výkopech nebo v kabelových kanálech bez lávek musí být kabely umístěny na protilehlých stranách s minimální vzdáleností 15 cm. U kabelových kanálů musí být nestíněné i stíněné kabely rozděleny na různých lávkách. Pro snížení elektromagnetického rušení v kabelových trasách se používá redukční vodič. V kabelových trasách lze rovněž použít proudový vodič, ten snižuje poruchové proudy tekoucí jiným vodičem. Proudový vodič se paralelně spojuje s chráněným vodičem na začátku, konci a tam kde je chráněný vodič uzemněn.

4.2.4 Chráněné prostory

Zařízení citlivá na elektromagnetická rušení se umísťují do chráněných prostorů, ve kterých musí být provedeno stínění stěn, stínění stropů a vybudována podlahová mříž.

Stínění prostorů

Toto opatření se provedou svařovanou ocelovou sítí s velikostí ok max. 100 x 100 mm (tzv. Faradayova klec), která bude umístěna ve stěnách a stropu a propojena s podlahovou mříží. Ocelová síť bude vytvořena z drátu o průměru minimálně $2,5\text{mm}^2$.

Podlahová mříž

Chráněné prostory budou opatřeny podlahovou mříží, která bude provedena za použití ocelových drátů o průměru nejméně 8mm^2 . Velikost ok bude stejně jako u zdí a stropu maximálně 100 x 100 mm a každé křížení bude svařeno. Podlahovou mříž je nutné připojit ve čtyřech bodech pomocí dvou zemnicích pásek FeZn o minimálním průřezu 100mm^2 na obvodové uzemnění domků sekundární techniky nebo na uzemňovací vodič (zemnicí přípojnice). Zemnicí pásek musí být přivařený k podlahové síti minimálně přes pět ok [9].

5 Návrh vhodných technologií pro řízení osvětlovacích soustav

5.1 DALI

DALI (Digital Addressable Lighting Interfance = digitálně adresovatelné světelné rozhraní) je otevřený standart pro řízení elektronických předřadníků. Za pomoci jedné řídicí dvojlinky lze řídit individuálně nebo komplexně až 64 elektronických předřadníků (svítidel). Tento standart vznikl v 90. letech na základě úspor elektrické energie v komerčních a průmyslových technologiích. Dodnes je DALI nejpoužívanější komunikační standart v Evropě. U nás je popsán v normě ČSN EN 62386.

Elektronické předřadníky ve svítidlech lze plně regulovat (zapínání, vypínání a stmívání) přes řídicí okruh. V předřadníku se uchovávají potřebné informace k řízení svítidla a ty jsou následně předávány do regulátoru (řídicí jednotka).

5.1.1 Výhody DALI

Mezi hlavní výhody tohoto komunikačního protokolu patří:

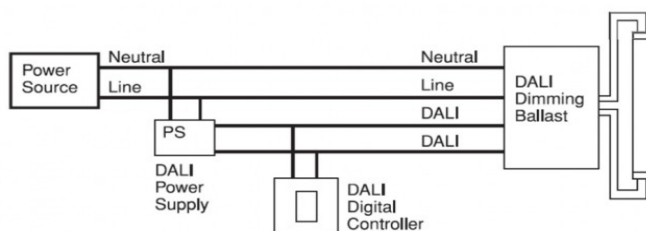
- 1) jednoduché ovládání svítidel pomocí řídicí jednotky
- 2) kontrola nad všemi zařízeními včetně zpětné vazby
- 3) jednoduchá instalace vedení (úspora kabeláže)
- 4) možnost úpravy algoritmu dle potřeby (zkušební provoz nebo na dálku)
- 5) možnost adresování (64 jednotek v 16 skupinách a 16 scénách) [16].

5.1.2 Princip sběrnice DALI

U dvou vodičové sběrnice DALI nezáleží na polaritě a řídicí vodiče mohou být v jednom kabelu spolu s napájením. Standardně se používá kabel J-Y(St)Y 2x2x0,8, který umožňuje jednou dvojlinkou zařízení napájet a druhou řídit. Díky vysoké a pevné komunikační rychlosti 1200bps je sběrnice odolná vůči elektromagnetickému rušení. Sběrnici lze libovolně větvit (neměla by být uzavřena do kruhu). Maximální udávaná délka sběrnice je 300 m (závisí na průřezu použitých vodičů).

Sběrnici je potřeba napájet pomocí zdroje (samostatné zařízení nebo součást hlavního řídicího členu sběrnice). Standardní napětí pro vysokou úroveň je 16 V a pro nízkou 0 V (s tolerovanou odchylkou $\pm 4,5$ V). Na sběrnici lze umístit pouze jeden napájecí zdroj, aby nedocházelo k toku nežádoucích vyrovnávacích proudů nebo k překročení maximálního povoleného proudu (250 mA).

Díky galvanickému oddělení sběrnice od napájení lze zajistit funkčnost elektrických předřadníků i při poruše na sběrnici (zkrat nebo přerušení). Elektronické předřadníky u svítidel za nepřítomnosti řídicího napětí přecházejí do nouzového režimu [16].



Obrázek č. 2: Princip rozhraní DALI [16]

5.1.3 Převodník Ethernet / DALI

V mém případě jsem zvolil převodník DALInet od společnosti FOXTRON. Pomocí této jednotky lze velmi dobře řídit jednotlivé světelné okruhy (ovládání, sledování a nastavování sběrnice DALI). Tento převodník umožňuje nadřazenému systému kdykoliv odesílat libovolně dlouhé zprávy, aniž by došlo ke kolizi dat (podporuje multimaster komunikaci). Nadřazený systém je informován o veškeré komunikaci a událostech na sběrnici DALI. Nastavení lze provést v libovolném internetovém prohlížeči pomocí IP adresy převodníku. Jednotku je možno napájet pasivně (PoE – Power over Ethernet) pomocí datového síťového kabelu Ethernet nebo externím stejnosměrným napájením 9-32 V.



Obrázek č. 3: Převodník DALInet (DALI / Ethernet) [17]

5.2 Programovatelný logický automat PLC

Programovatelný logický automat (dále jen PLC) je průmyslové zařízení pro automatizaci procesů v reálném čase. Slouží pro řízení technologií, výrobních linek, strojů nebo procesů. PLC může být buď kompaktní (jeden modul) nebo modulární (sestaven z více modulů). Moduly obsahují jednotlivé periferie jako jsou digitální vstupy, digitální výstupy, analogové vstupy, analogové výstupy, měřicí a komunikační karty. Program nahráný v paměti PLC se charakteristicky vykonává v cyklech.

5.2.1 Tecomat Foxtrot CP-1006

Pro aplikaci řízení světelných okruhů v elektrické stanici jsem použil programovatelný logický automat Tecomat Foxtrot CP-1006 a jeho doplňující moduly. Jedná se o zařízení, které je určeno pro řízení pracovních strojů, zařízení a procesů v průmyslovém prostředí. PLC obsahuje vhodný počet vstupů a výstupů pomocí kterých lze sledovat a ovládat podružná zařízení (DALI, stykače, relé, přepěťové ochrany a další). PLC může komunikovat po Ethernetu rychlostí 100Mbit/s a lze jej pomocí přídatných periférií rozšířit o sériové komunikace RS-232 nebo RS-485. PLC i doplňující moduly jsou vhodné pro montáž na DIN lištu a do standardizovaných elektroinstalačních rozvaděčů.

CP-1006



Obj.číslo: TXN 110 06

DI	2, 1x 230V AC, 1x HSC - rychlý čítač
DO	12, 10x Relé, 2x triak
AI	13, AI0 - AI12 lze konfigurovat jako DI (24V)
AO	2
COM	1x Eth 100, 2-3x Serial, 1x CIB, 1x TCL2
Design	9 modulů na DIN lištu
Připojení	odnímatelné šroubovací konektory

CP-1006, CPU, ETH100/10, 1×RS-232, optional 1-2×SCH, 13×AI/DI, 1x HSC, 2×AO, 10×RO, 2×SSR, 1xTCL2, 1×CIB, 192KB program memory, 64KB variables memory, 512 KB DataBox, SD/MMMC slot

Obrázek č. 4: Programovatelný automat Tecomat Foxtrot CP-1006 [18]

5.2.2 Sběrnice TCL-2

Velkou výhodou tohoto PLC je sběrnice TCL-2. Díky ní lze propojit centrální jednotku PLC Foxtrot s periferními moduly. Je založena na standartu RS-485 a pro její připojení se používá stíněné dvou vodičové nebo čtyřvodičové metalické vedení. Na sběrnicovou topologii lze připojit až 10 doplňujících modulů. Jejich adresa se následně nastavuje pomocí potenciometru na horním panelu v rozsahu 0-9. Komunikační rychlost této sběrnice je 345 kbit/s.

Pomocí TCL-2 je v projektu realizován přechod z rozvaděče ANE01 do ovládacího panelu ANE01_OVL. Pro tento přechod mezi PLC a jeho doplňujícími moduly by bylo potřeba vícežilový stíněný kabel. Pokud se použije sběrnice TCL-2 a stíněný kabel J-Y(st)Y 2x2x0,8 lze počet žil redukovat maximálně na 4. Tato aplikace na delší vzdálenosti výrazně ušetří náklady na připojovací a ovládací kabely.

6 Světelně technický návrh venkovního osvětlení v elektrické stanici přenosové soustavy

6.1 Světelně technický výpočet

V softwaru DIALux jsem zhotovil kompletně celý světelně technický výpočet pro stanici přenosové soustavy ČEPS v Dětmovicích. Projekt obsahuje návrh hlídacího osvětlení, provozního osvětlení pro celkovou kontrolu, osvětlení vnitřních komunikací a osvětlení transformátorů.

V projektu jsme vycházeli z norem ČSN EN 12464-2 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část. 2: Venkovní pracovní prostory a z Technické normy ČEPS TN 59/2016 revize č. 3 – venkovní osvětlení v elektrických stanicích přenosové soustavy.

6.2 Popis osvětlovaných prostorů

Pro vytvoření světelně technického návrhu je nutné se obeznámit s osvětlovaným prostředím. V mém případě se jedná o stanici přenosové soustavy ČEPS, která podléhá jak normám ČSN, tak i interním technickým normám TN. Ve stanici přenosové soustavy musíme počítat se silným elektromagnetickým rušením, je nutné dodržet dostatečnou přeskokovou vzdálenost a zároveň zajistit obsluhu vhodné a bezpečné pracovní podmínky.

6.2.1 Hlídací osvětlení

Zabezpečuje osvětlení vnějšího perimetru areálu a vnitřních ploch elektrických stanic přenosové soustavy. Hlídací osvětlení je umístěno podél celého pozemku včetně vjezdů a vchodů. Při projektování tohoto osvětlení je nutné zajistit vhodnou kamerovou osvětlenost pro správnou funkčnost bezpečnostních kamerových systému. Hlídací osvětlení je nejpoužívanější osvětlovací soustava v areálu, je v provozu kolem 4 500 hodin za rok. Stožáry hlídacího osvětlení budou umístěny uvnitř stanice a svítidla budou směřovat směrem k plotu.

6.2.2 Osvětlení komunikací

Slouží k osvětlení vnitřních komunikací, cest a chodníků ve venkovních prostorech elektrické stanice tak, aby byl zajištěn bezpečný pohyb osob a provoz mechanizace za snížené viditelnosti.

Vozovky uvnitř stanice přenosové soustavy spadají svou světelnou situací do skupiny D4 podle tab. 1 ČSN CEN/TR 13201-1 a jejich třída osvětlení je S4 dle tabulky A15, přílohy, ČSN CEN/TR 13200-1.

6.2.3 Provozní osvětlení pro celkovou kontrolu a osvětlení transformátorů

Provozní osvětlení odpovídá za zajištění potřebné osvětlenosti pro provádění celkové kontroly na zařízení uvnitř elektrické stanice přenosové soustavy.

Tato osvětlovací soustava bude v provozu pouze několik desítek hodin za rok (běžná kontrola, revize, údržba a opravy elektrické stanice přenosové soustavy). Ve výjimečných situacích jako je poplach, údržba, oprava nebo kontrola je možno doplnit provozní osvětlení o přenosné osvětlovací zařízení.

6.3 Výběr vhodných svítidel

Svítidlo musí být vybráno podle typu využití. Zároveň by jeho parametry (křivka svítivosti, celkový výkon, index podání barev, teplota chromatičnosti a konstrukční provedení svítidla) měli co nejvíce vyhovovat osvětlované oblasti. Správnou volbou těchto parametrů lze navrhnout osvětlovací soustavu ekonomicky co nejšetrnější. Přitom by měla splňovat minimální parametry určené v příslušné normě a vyhovovat bezpečnostním a lidským potřebám (zraková pohoda).

6.3.1 Osvětlení komunikací a hlídací osvětlení

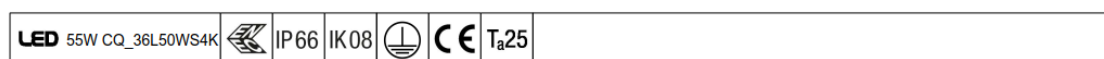
Pro osvětlování komunikací se doporučuje volit svítidlo s širokou a asymetrickou křivkou svítivosti v podélném směru s osou komunikace. V příčném směru volíme šířku křivky podle šířky vozovky.

U hlídacího osvětlení je princip osvětlování velmi podobný, proto jsem v projektu použil stejné LED svítidlo CiviTEQ 36L50-740 v třídě ochrany I. Toto opatření umožňuje snížení elektromagnetických rušení dle TN 19/2015. Světelný tok u LED svítidla lze regulovat v rozsahu od 0 % do 100 % bez úbytku měrného světelného výkonu a poklesu střední doby života. Tato vlastnost poskytuje možnost regulace v závislosti na klimatických podmínkách a snižuje tak náklady na provoz osvětlovací soustavy.

Použitím tohoto svítidla lze nasvítit úzký pás nebo komunikaci s co možná největšími rozestupy mezi stožáry a ušetřit tak značné náklady na jejich výstavbu. CiviTEQ 36L50-740 má difuzor z tvrzeného plochého skla, což znamená že světelný tok jde výhradně do dolního poloprostoru a zároveň minimálně oslňuje.

CiviTEQ

96643028 CQ 36L50-740 WS BPS CL1 M60

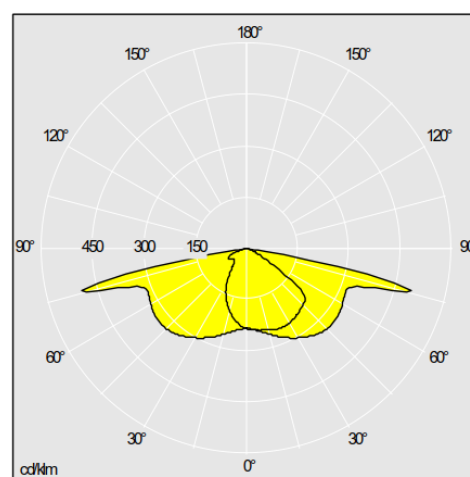


CiviTEQ

Malý LED uliční svítidlo s LED 36 napájenými 500mA s optikou s vyzářovací charakteristikou Pro široké ulice. Předřadník typu LED předřadník 4DIM, předřadník se stálým výstupem. Elektrická Třída ochrany I, IP66, IK08. Těleso: tlakově odlévaný hliník, práškově nanášený světle šedá (RAL 9006). Difuzor: tvrzený ploché sklo. Šrouby: nerezová ocel, povrchová úprava Ecolubric®. Dodává se s adaptérem nástavce o Ø60mm, který lze nainstalovat na vrch sloupu (sklon 0°/5°/10°) nebo pro boční vstup (sklon -20°/-15°/-10°/-5°/0°). Vybaveno redukcí výkonu, pro období 3 hodiny před a 5 hodin po půlnoci, která může být deaktivována při instalaci, díky snadno přístupnému spínači. Dodáváno s LED zdroji v barvě 4000K.

Rozměry: 390 x 230 x 133 mm
 Celkový výkon: 55 W
 Světelný tok: 6994 lm
 Světelný výkon svítidel: 127 lm/W
 Hmotnost: 5,7 kg
 Scx: 0.077 m²

THORN



TLLA_CQS36L50WS740G33B_DC.lid

Obrázek č. 5: Parametry svítidla CiviTEQ s křivkou svítivosti [19]

6.3.2 Provozní osvětlení pro celkovou kontrolu zařízení

Provozní osvětlení pro celkovou kontrolu se instaluje převážně na ocelové konstrukce do výšky až 23 metrů. To znamená že výkon vysokotlakých sodíkových výbojek musí být kolem 600 W, aby byla splněna požadovaná osvětlenost a rovnoměrnost.

Doporučená křivka svítivosti pro osvětlování velkých ploch je rovnoměrná a rotačně symetrická. V mém případě bylo zapotřebí vybrat reflektor s plochým sklem tak, aby bylo vyřazováno co nejmenší množství světelného toku do horního poloprostoru.

Výbojky s takovým výkonem jsou náročné na spínání. Během rozsvěcování se startovací proudy pohybují okolo 40 % nad jmenovitým proudem po dobu až 5 minut. Z tohoto důvodu je vhodné použít paralelní kompenzaci nebo elektronický předřadník. Tyto zařízení omezí startovací proudy a zároveň umožní použít stykač s nižším jmenovitým pracovním proudem.

V mém případě jsem použil reflektor SICOMPACT A3 MAXI s 1 000 W vysokotlakou sodíkovou výbojkou. U provozního osvětlení nejsou kladeny tak vysoké požadavky na index podání barev ($R_a=20$), proto je vhodné použít vysokotlaké sodíkové výbojky, které tuto hodnotu nepatrně přesahují ($R_a>25$). Zároveň mají dobrou variabilitu výkonové řady (400 – 600 – 1 000W), což umožňuje osvětlovat velkou plochu z různých výšek.

Product data sheet

sITECO
AN OSRAM BUSINESS

Overview of product data:
5NA76901VS01

A3mx,1x1000W,HIT,HST,w/o.CG,TSG,dír,surf



Product description

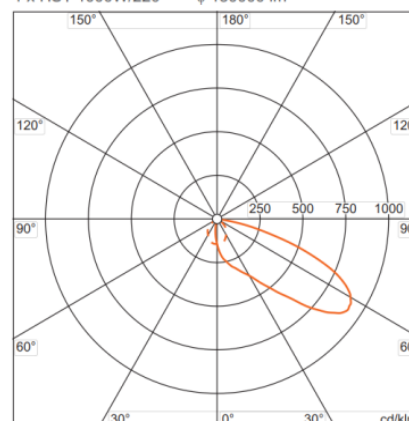
SICOMPACT® A3 MAXI, floodlight, primary light control with reflector, of aluminium, hammer dimple, primary optical cover: cover panel, of toughened safety glass, light emission: direct distribution, primary light characteristic: asymmetric, installation type: surface-mounted, for 1 x HIT | HST, 1000W, metal halide / high pressure sodium vapour lamp, superimposed pulse ignitor, internal, control gear: without control gear, with terminal, 3-pole, max. 2.5mm², mains connection: 230V, AC, 50Hz, luminaire housing, of diecast aluminium, sandblasted, natural, length: 795 mm, width: 620 mm, height: 228mm, mounting bracket, of steel, galvanised, protection rating (complete): IP66, insulation class (complete): insulation class I (protective earthing), certification: CE, ENEC, VDE, impact resistance: IK08, standard: EN 50419, packaging unit: 1 piece



Lamps: 1x HIT | HST 1000W
Socket: E40
Wt. (kg): 21.9
Order No.: 5NA76901VS01
GTIN (EAN): 4050737068381

5NA76901VS01

1 x HST 1000W/220 ϕ 130000 lm



Obrázek č. 6: Parametry svítidla SICOMPACT A3 MAXI s křivkou svítivosti [20]

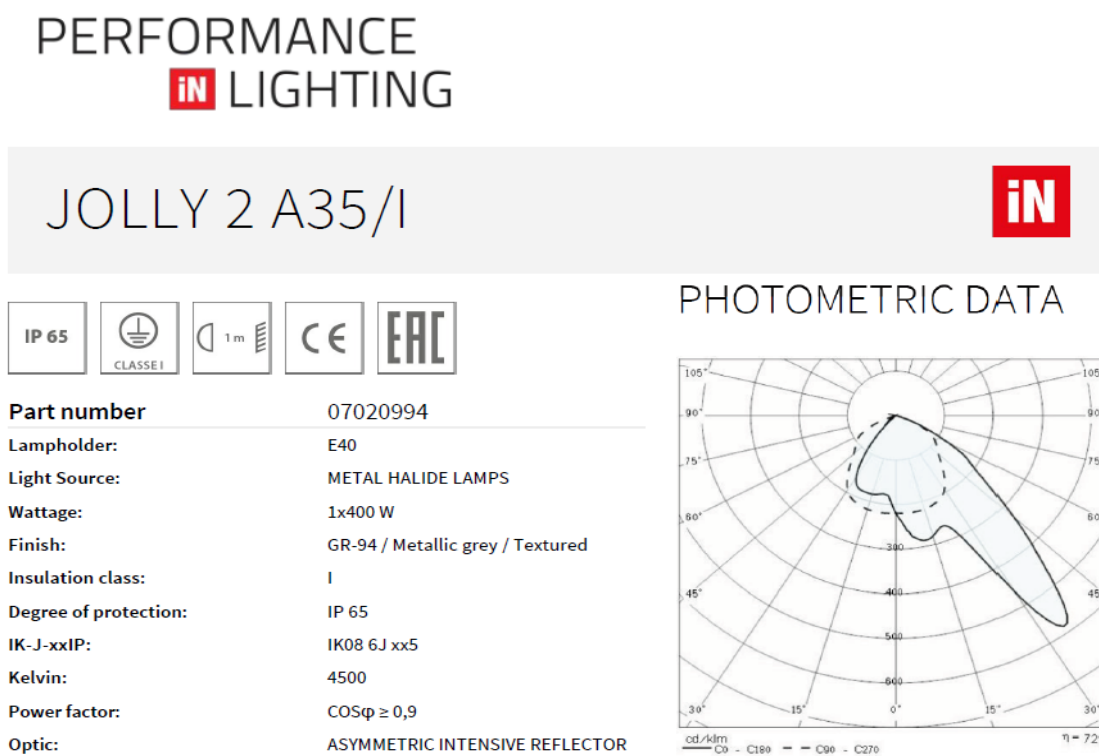
6.3.3 Osvětlení transformátorů

Pro osvětlení transformátorů se používají ocelové konstrukce, protipožární stěny nebo závěsná lana mezi nimi. Výška umístění svítidel je podstatně nižší než u provozního osvětlení, pohybuje se kolem 9 metrů. Proto oproti provoznímu osvětlení lze použít výbojku s nižším výkonem (kolem 400 W).

Křivku svítivosti jsem použil rovnoměrnou a rotačně asymetrickou, jelikož se musí nasvítit boční kryty transformátoru včetně horních průchodek. Reflektor jsem vybral opět s plochým sklem, tak aby se omezilo vyřazování světelného toku do horního poloprostoru.

Svítidlo pro osvětlení transformátoru jsem vybral JOLLY 2 A35/I s 400 W halogenidovou výbojkou. Tato výbojka byla zvolena na základě vyšších požadavků na index podání barev. Osvětlení transformátoru musí zajišťovat vyšší index podání barev z důvodů barevné rozlišitelnosti ukazatelů a značek na transformátorech.

Tyto výbojky jsou rovněž náročné na spínání. Startovací proudy se pohybují kolem 40 % nad proudem jmenovitým, a to po dobu 3 až 5 minut. Z toho důvodu se doporučuje rovněž použít paralelní kompenzace nebo elektronický předřadník.



Obrázek č. 7: Parametry JOLLY 2 A35/I s křivkou svítivosti [21]

6.4 Výsledky světelně technického výpočtu

Světelně technický návrh všech řešených prostorů jsem provedl dle požadavků provozovatele ČEPS, a.s. Při vyhotovení byli použity náležitě normy ČSN EN 12464-2 a TN 59/2016.

Kompletní výsledky z výpočtového softwaru DIALux se nachází v příloze B1 až B4.

6.4.1 Hlídací osvětlení

- 1) Kompletní výpočet – příloha B1
- 2) Udržovací činitel – 0,78
- 3) Doba provozu – osvětlovací soustava bude v provozu celoročně přes noc a za nepříznivých klimatických podmínkách. Odhad doby provozu je 4 500 hodin za rok.
- 4) Interval údržby svítidel – ročně
- 5) Výška umístění svítidel – 7 m
- 6) Vzdálenost mezi svítidly – 23 m
- 7) Úhel vyklopení – 0°
- 8) Úhel natočení – 0° (směrem do osvětlovaného prostoru)
- 9) Umístění kamer na sloupu společně se svítidly ve výšce – 6,8 m

Tabulka č. 4: Výpočet hlídacího osvětlení

Typ svítidla	CivitTEQ	
Označení	CQ 36L50-740 WS BPS CL1 M60	
Výkon	55 W	
Patice	LED	
Rozměry (DxŠxV)	390x230x133 mm	
Stupeň krytí	IP66	
Třída ochrany	I.	
Světelný zdroj	LED	
Účinnost světelného zdroje	127 lm/W	
Světelný tok	6 994 lm	
Index podání barev	70	
Náhradní teplota chromatičnosti	4 000 K	
Životnost	100 000 h	
Vyhodnocení	VYHOVUJE	
Požadavky	TN 59/2016	Výpočet
Udržovaná osvětlenost	10 lx	19 lx
Rovnoměrnost osvětlení	0,4	0,54
Maximální hodnota činitele oslnění (1,5 m)	45	43
Kamerová osvětlenost (barevná kamera)	15 lx	18 lx
Kamerová rovnoměrnost osvětlení	0,25	0,31

6.4.2 Osvětlení komunikací

- 1) Kompletní výpočet – příloha B2
- 2) Udržovací činitel – 0,78
- 3) Doba provozu – několik desítek hodin provozu za rok (situace běžné kontroly, revize, údržba a opravy elektrické stanice přenosové soustavy)
- 4) Interval údržby svítidel – ročně
- 5) Výška umístění svítidel – 7 m
- 6) Vzdálenost mezi svítidly – 23 m
- 7) Úhel vyklopení – 0°
- 8) Úhel natočení – 0° (směrem do osvětlovaného prostoru)
- 9) Umístění kamer na sloupu společně se svítidly ve výšce – 6,8 m

Tabulka č. 5: Výpočet osvětlení komunikací

Typ svítidla	CivitTEQ	
Označení	CQ 36L50-740 WS BPS CL1 M60	
Výkon	55 W	
Patice	LED	
Rozměry (DxŠxV)	390x230x133 mm	
Stupeň krytí	IP66	
Třída ochrany	I.	
Světelný zdroj	LED	
Účinnost světelného zdroje	127 lm/W	
Světelný tok	6 994 lm	
Index podání barev	70	
Náhradní teplota chromatičnosti	4 000 K	
Životnost	100 000 h	
Vyhodnocení	VYHOVUJE	
Požadavky	TN 59/2016	Výpočet
Udržovaná osvětlenost	10 lx	17 lx
Rovnoměrnost osvětlení	0,4	0,608
Maximální hodnota činitele oslnění (1,5 m)	50	42
Kamerová osvětlenost (barevná kamera)	15 lx	17 lx
Kamerová rovnoměrnost osvětlení	0,25	0,39

6.4.3 Provozní osvětlení pro celkovou kontrolu

- 1) Kompletní výpočet – příloha B3
- 2) Udržovací činitel – 0,79
- 3) Doba provozu – několik desítek hodin provozu za rok (situace běžné kontroly, revize, údržba a opravy elektrické stanice přenosové soustavy)
- 4) Interval údržby svítidel – ročně
- 5) Výška umístění svítidel – 23 m
- 6) Úhel vyklopení – -5°
- 7) Úhel natočení – směrem do osvětlovaného prostoru viz. příloha

Tabulka č. 6: Výpočet provozního osvětlení

Typ svítidla	SiCOMPACT® A3 MAXI	
Označení	5NA76901VS01	
Patice	E40	
Rozměry (DxŠxV)	795x630x228 mm	
Stupeň krytí	IP66	
Třída ochrany	I.	
Světelný zdroj	VIALOX NAV-T SUPER 4Y	
Energetický štítek	A++	
Výkon	1 075 W	
Světelný tok	130 000 lm	
Účinnost světelného zdroje	135 lm/W	
Index podání barev	≤ 25	
Náhradní teplota chromatičnosti	2 000 K	
Životnost	91 % po 6 000 h	
Předřadník	L2.1000 1000 W SODIUM 230 V	
Vyhodnocení	VYHOVUJE	
Požadavky	TN 59/2016	Výpočet
Udržovaná osvětlenost	50 lx	59 lx
Rovnoměrnost osvětlení	0,4	0,54
Maximální hodnota činitele oslnění (1,5 m)	50	33

6.4.4 Osvětlení transformátorů

- 1) Kompletní výpočet – příloha B4
- 2) Udržovací činitel – 0,74
- 3) Doba provozu – několik desítek hodin provozu za rok (situace běžné kontroly, revize, údržba a opravy elektrické stanice přenosové soustavy)
- 4) Interval údržby svítidel – ročně
- 5) Výška umístění svítidel – 9 m
- 6) Úhel vyklopení – 10°
- 7) Úhel natočení – směrem do osvětlovaného prostoru viz. příloha
- 8) Umístění kamer na sloupu společně se svítilny ve výšce – 8,5 m

Tabulka č. 7: Výpočet osvětlení transformátorů

Typ svítidla	JOLLY 2	
Označení	A35/I	
Patice	E40	
Rozměry (DxŠxV)	525x400x172 mm	
Stupeň krytí	IP65	
Třída ochrany	I.	
Světelný zdroj	HQI-T 400 W/N	
Energetický štítek	A	
Výkon	400 W	
Světelný tok	42 000 lm	
Účinnost světelného zdroje	98 lm/W	
Index podání barev	≥ 65	
Náhradní teplota chromatičnosti	3 500 K	
Životnost	90 % po 6 000 h	
Předřadník	L1.400 400 W/MH	
Vyhodnocení	VYHOVUJE	
Požadavky	TN 59/2016	Výpočet
Udržovaná osvětlenost na zemi	50 lx	118 lx
Udržovaná osvětlenost na bočních krytech	50 lx	min. 54 lx
Udržovaná osvětlenost horní části	50 lx	61 lx
Rovnoměrnost osvětlení	0,4	min. 0,502
Maximální hodnota činitele oslnění (1,5 m)	50	28
Kamerová osvětlenost (barevná kamera)	15 lx	88 lx
Kamerová rovnoměrnost osvětlení	0,25	0,526

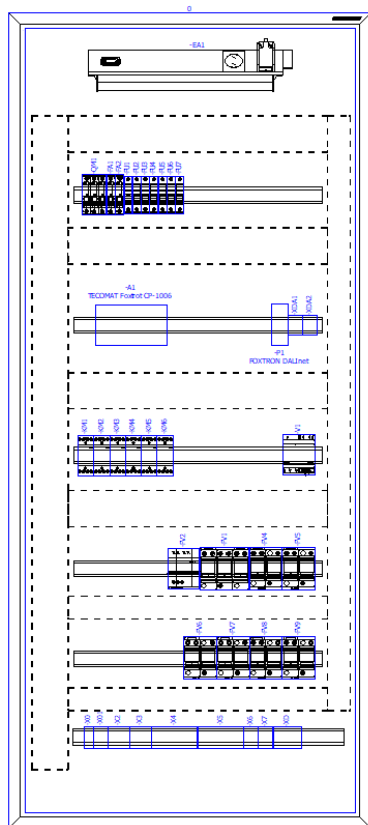
7 Projektová dokumentace venkovního osvětlení

Zhotovená projektová dokumentace bude sloužit pro řízení a instalaci venkovního osvětlení v elektrické stanici v Dětmarovicích. Na základě zadání jsem vytvořil rozvaděčové skříně, které můžou v budoucnu sloužit jako vzorový návrh pro řešení této problematiky.

7.1 Návrh rozvaděčových skříní pro řízení venkovního osvětlení

Kompletní návrh rozvaděčových skříní, které budou umístěny v domácích sekundární techniky jsem prováděl v softwaru EPLAN Education 2.7 (dále jen EPLAN), který je studentům v omezené míře volně přístupný. Návrh obsahuje detailní a dvourozměrné uspořádání zařízení uvnitř rozvaděčů a jejich schématická zapojení. Kompletní dokumentace se nachází v příloze E.

Při projektování jsem začínal výběrem vhodných zařízení pro problematiku řízení osvětlovacích soustav. Návrh začínal dimenzováním ochranných zařízení pro jednotlivé světelné vývody, volbou vhodných přepěťových ochran, výběrem měřicího transformátoru pro měření proudu v jednotlivých fázích. V další části jsem řešil řídicí a datovou část pomocí PLC (Tecomat Foxtrot CP-1006) a převodníku Ethernet/DALI (Foxtron DALInet), díky těmto komponentům lze ovládat a monitorovat aktuální stav osvětlovacích soustav. Podružná zařízení (ochrany, spínače, ovládací a signalizační zařízení, převodníky a snímače) jsem ve schématech zapojil na příslušné vstupy a výstupy PLC. V poslední části jsem vybral hlavní jistič, na základě výsledného proudového zatížení a dimenzoval kabely pro světelné vývody, tak aby splňovali podmínky impedance poruchové smyčky a nepřekročili dovolený úbytek napětí.



ROZVADĚČ ANE01/UDS

Typ:	SHRACK Rozvaděč skříňový KS - KS188060-5
Rozměry:	1800x800x600
Krytí:	IP66/20
Min teplota okolí:	-25°C
Max teplota okolí:	+40°C
Materiál:	Ocelový plech s montážní deskou
Barva:	RAL 7035
Ztrátový výkon:	-1002,00 W
Přívody/vývody:	Spodem

Obrázek č. 8: Ukázka ze zpracovaného dvourozměrného pohledu do rozvaděče ANE01

7.2 Protokol o určení vnějších vlivů

Protokol o určení vnějších vlivů jsem vypracoval dle normy ČSN 33 2000-5-51 ed. 3, z důvodů stanovení dostatečné ochrany pro daná elektrická zařízení, osoby a prostředí ve kterém je elektrické zařízení provozováno. Tento protokol slouží jako podklad pro zpracování plánu údržby, postupu při montáži elektrických zařízení nebo technologií. Určení vnějších vlivů je jedna z hlavních příprav projektanta pro výběr vhodných zařízení, které se dále použijí v provedené elektroinstalaci. Vnější vlivy se určují ve třech kategoriích:

- vlivy A – vnější vlivy (teplota, vlhkost, výskyt vody, prašnost, výskyt rostlinstva a další)
- vlivy B – prostorové využití (charakteristika osob, kontakt osob s potenciálem a další)
- vlivy C – charakteristika konstrukce (stavební materiály, konstrukce budovy a další).

Po určení všech vnějších vlivů v jednotlivých kategoriích, jsem provedl zhodnocení. Pro venkovní prostor elektrické stanice mě dle příslušné normy vyšlo že se jedná o prostor NEBEZPEČNÝ. To znamená že působením všech vnějších vlivů vzniká trvalé nebo přechodné nebezpečí úrazu elektrickým proudem. To pro svítidla venkovního osvětlení určuje stupeň krytí minimálně IP65 a v datových kabelech se musí použít stínění z důvodů omezení elektromagnetického rušení.

V příloze C se nachází kompletní vypracované protokoly o určení vnějších vlivů pro venkovní prostory a pro samostatné uzavřené místnosti zděných domků sekundární techniky.

KÓD	VNĚJŠÍ VLVIV - PROSTŘEDÍ (A)	CHARAKTERISTIKA, UPŘESNĚNÍ	
AA8	Teplota okolí	teploty dosahující -50 až +40 °C	IP20
AB8	Atmosférická vlhkost	vlhkost dosahující 10 až 100%	IP21
AC1	Nadmořská výška	≤2000 m (normální)	
AD4	Výskyt vody	stříkající voda	IP44
AE5	Výskyt cizích pevných těles	denní spad prachu nad 35 do 350 mg/m	IP6X
AF2	Výskyt korozivních, nebo znečišťujících látek	atmosferický	ochrana vhodným opatřením
AG2	Ráz	střední	ochrana vhodným opatřením
AH2	Vibrace	střední	ochrana vhodným opatřením
AK1	Výskyt rostlinstva nebo plísní	bez nebezpečí (normální)	
AL2	Výskyt živočichů	vážně nebezpečí výskytu živočichů	IP44
AM 8-2; 9-2; 31-2	Elektromagnetická, elektrostatická nebo ionizující zařízení	vysoká; střední; normální úroveň	ochrana vhodným opatřením
AN3	Sluneční záření	vysoká intenzita slunečního záření (700 až 1120 W/m ²)	ochrana vhodným opatřením
AP1	Seismické účinky	(normální)	
AQ3	Bouřková činnost	přímé ohrožení	ochrana vhodným opatřením
AR1	Pohyb vzduchu	pomalý (normální)	
AS2	Vítr	silný vítr	ochrana vhodným opatřením
AT3	Sněhová pokrývka	významný vliv (výskyt sněhové pokrývky nad 40 cm)	IP44
AU2	Námraza	střední námrazová oblast	IP44

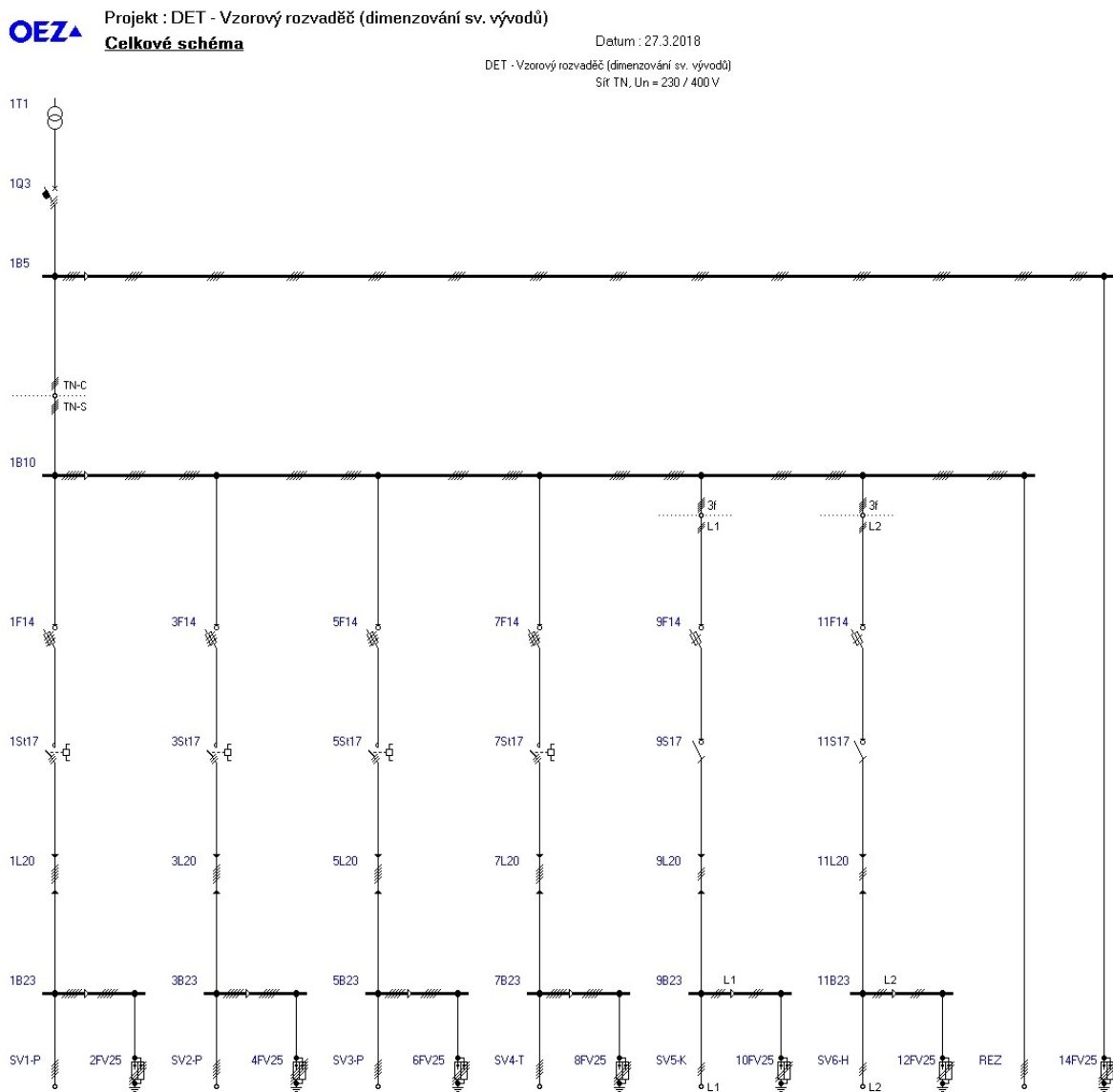
Obrázek č. 9: Ukázka z protokolu o určení vnějších vlivů pro venkovní prostor

7.3 Dimenzování vývodů, jisticích a spínacích zařízení

Pro dimenzování výbavy rozvaděčů jsem používal výpočetní software Sichr 18.0 od společnosti OEZ. V tomto softwaru lze vytvořit jednoduché schéma rozvaděče a dimenzovat jisticí prvky dle zadaného proudového nebo výkonového zatížení na jednotlivých vývodech.

Vytvořený výpočet slouží pro ověření správnosti mého návrhu. Kontroluje správnost volby hlavního jističe, pojistkových odpojovačů, stykačů, přepětových ochran a kabelů.

Kompletní výsledky výpočtu se nachází v příloze D.



Obrázek č. 10: Ukázka schématu vzorového rozvaděče pro dimenzování světelných vývodů ve výpočetním softwaru SICHR 18.0

7.3.1 Problematika dimenzování zařízení pro spínání světelných zdrojů

Pro spínání světelných zdrojů odpovídá kategorie užití AC-5, konkrétně AC-5a pro plynové výbojky a AC-5b pro spínání žárovek.

V mém případě jsem používal vysokotlaké sodíkové a metalhalogenidové výbojky. Ty spadají pod kategorii užití AC-5a, jelikož využívají par sodíku a halových prvků. Při spínání těchto světelných zdrojů, dochází během jejich rozsvěcování k výraznému nárůstu startovacího proudu. Ten se pohybuje okolo 40 % nad jmenovitým proudem po dobu až 5 minut. Proto se musí používat stykače s daleko vyšším jmenovitým pracovním proudem, než je proud zátěže.

Vybral jsem stykače Conteo od společnosti OEZ (Siemens). Pro spínání světelného okruhu s maximálně čtyřmi svítilny, ve kterých jsou osazené vysokotlaké sodíkové výbojky s předřadníkem mě dle dimenzační tabulky vyšel stykač ST503 s jmenovitým proudem 40 A. V projektu jsem ale použil stykač 3RT1036 s jmenovitým proudem 50 A. Tento stykač má stejnou velikost jako ST503, umožňuje v budoucnu přidat do světelného okruhu jedno svítidlo a liší se pouze v jmenovitém napětí ovládacího obvodu. Do projektu jsem potřeboval díky digitálním výstupům z PLC stykač s cívkou pro 24 VDC.

Vysokotlaké sodíkové výbojky s paralelní kompenzací (CCG) nebo s elektronickým předřadníkem (ECG)

Parametry lampy			Stykač											
P [W]	I _e [A]	C [μF]	ST123			ST253			ST503			ST1003		
			7 A	9 A	12 A	12 A	17 A	25 A	32 A	40 A	50 A	65 A	80 A	95 A
50	0,5	10	7	9	9	16	18	27	35	44	55	72	88	105
70	0,6	12	6	8	8	13	15	23	29	37	46	60	74	87
100	0,7	12	6	8	8	13	15	23	29	37	42	60	74	85
150	1	20	3	4	4	8	9	13	17	22	27	36	44	52
250	1,5	32	2	3	3	5	5	8	11	13	17	22	27	32
400	2,5	45	1	2	2	3	4	6	7	9	12	16	19	23
600	3,3	65	1	1	1	2	2	4	5	6	8	11	13	16
1000	6	100	0	0	0	1	1	2	3	4	5	7	8	10

Informace uvedené v tabulce udávají maximální počet výbojek zapojených na jeden kontakt stykače při 230 V / 50 Hz, kategorie užití AC-5a
P – jmenovitý výkon, I_e – jmenovitý pracovní proud, C – kapacita

Obrázek č. 11: Tabulka dimenzování stykačů pro spínání vysokotlakých sodíkových výbojek [22]

Obdobný postup jsem volil při výběru stykače pro spínání světelného okruhu se čtyřmi svítilny, ve kterých jsou osazené metalhalogenidové výbojky s předřadníkem. Podle dimenzační tabulky by mi stačil 12 A stykač ST253 ale díky možné budoucí změně osvětlování transformátorů jsem použil stykač s jmenovitým pracovním proudem 25 A, který umožňuje připojit až sedm takových svítilen. Zároveň má stykač stejnou velikost, takže nebude v rozvaděčové skříni zabírat více místa. Digitální výstupy z PLC jsou 24 VDC, proto jsem zvolil podobný stykač a to 3RT1026, ten se také liší oproti ST253 pouze v jmenovitém napětí ovládacího obvodu.

Metalhalogenidové výbojky s paralelní kompenzací (CCG) nebo s elektronickým předřadníkem (ECG)

Parametry lampy			Stykač											
P [W]	I _e [A]	C [μF]	ST123			ST253			ST503			ST1003		
			7 A	9 A	12 A	12 A	17 A	25 A	32 A	40 A	50 A	65 A	80 A	95 A
35	0,3	6	12	16	16	27	31	46	59	74	92	120	148	175
70	0,5	12	6	8	8	13	15	23	29	37	46	60	74	87
100	0,6	16	4	6	6	10	11	17	22	27	34	45	55	65
150	1	20	3	4	4	8	9	13	17	22	27	36	44	52
250	1,5	32	2	3	3	5	5	8	11	13	17	22	27	32
400	1,75	35	2	2	2	4	5	7	10	12	15	20	25	30
1000	6	85	0	0	0	1	2	3	4	5	5	8	10	10

Informace uvedené v tabulce udávají maximální počet výbojek zapojených na jeden kontakt stykače při 230 V / 50 Hz, kategorie užití AC-5a
P – jmenovitý výkon, I_e – jmenovitý pracovní proud, C – kapacita

Obrázek č. 12: Tabulka dimenzování stykačů pro spínání metalhalogenidových výbojek [22]

Pro spínání světelných okruhů se svítidly s LED světelnými zdroji také dochází k proudovým rázům při spínání, a to z důvodů nabíjení kompenzačních kondenzátorů v napájecím zdroji. Pro tuto aplikaci jsem použil menší instalační stykače RSI Minia rovněž od společnosti OEZ (Siemens), konkrétně RSI-25-31-X024. Tento stykač jsem vybral stejně s jmenovitým ovládacím napětím 24 VDC a jmenovitým pracovním proudem 25 A. RSI-25 umožňuje spínat světelný okruh se svítidly s LED světelnými zdroji s celkovým proudem až 3,8 A. To pro jeden světelný okruh vychází na 15 svítidel s typovým označením CQ 36L50-740, ty jsem v projektu používal pro hlídací osvětlení a osvětlení komunikací.

7.4 Technická zpráva

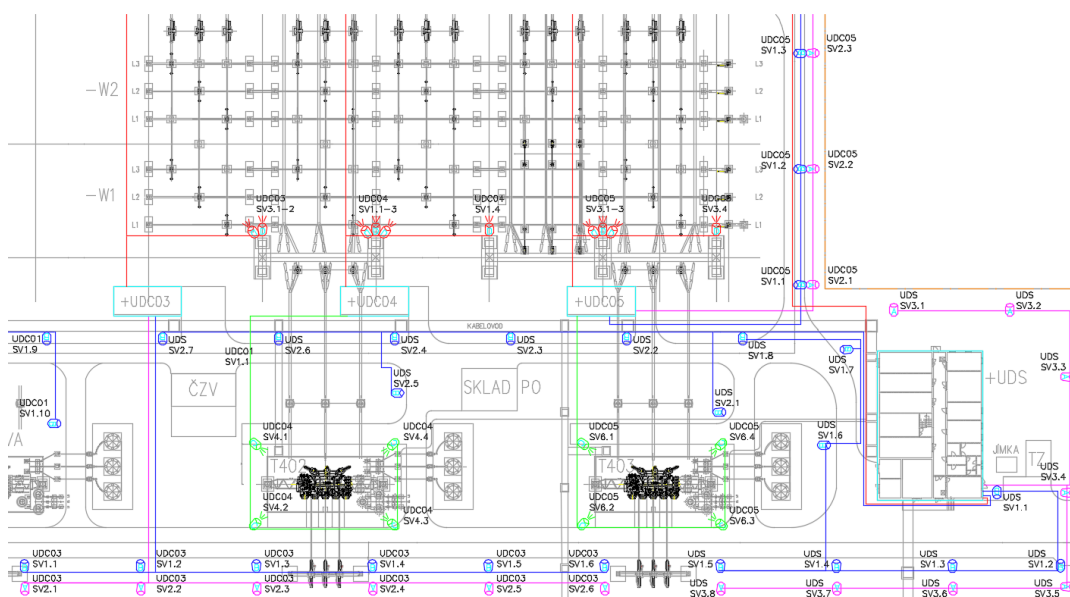
K projektu venkovního osvětlení v elektrické stanici přenosové soustavy jsem rovněž zpracoval technickou zprávu. Jedná se o hlavní dokument, ve kterém jsou shrnuty a zhodnoceny výsledky dosažené v projektové dokumentaci. Jsou zde popsány základní údaje, nároky na ochranu proti nebezpečnému dotyku, souhrnné zhodnocení vnějších vlivů a popis technického řešení.

Kompletní technická zpráva se nachází v příloze A.

7.5 Tvorba dispozice venkovního osvětlení

Při návrhu dispozice jsem používal software AutoCAD, do kterého jsem měl možnost vložit kompletně zpracovaný podklad elektrické stanice přenosové soustavy v Dětmarovicích. Z podkladů jsem vyčetl rozmístění domků sekundární techniky, komunikací, transformátorů, plotů a ocelových nosných konstrukcí. Provedl jsem proměření prostorů a začal zpracovávat světelně technický výpočet. Po dokončení světelného výpočtu jsem znal vzdálenosti mezi svítidly a ty zakreslil do předpřipravené dispozice. Tato dispozice venkovního osvětlení bude sloužit pro lepší orientaci v prostoru elektrické stanice, to ušetří čas při následné instalaci stožárů a propojování jednotlivých svítidel do světelných okruhů.

Kompletní dispozice elektrické stanice se nachází v příloze F.



Obrázek č. 13: Ukázka dispozice osvětlovacích soustav v elektrické stanici

Závěr

Strategická hodnota osvětlovacích soustav venkovního osvětlení v posledních letech prudce roste. Stožáry venkovního osvětlení jsou díky nepřetržitému napájení výborným instalačním místem pro nové inteligentní technologie. Mezi nejdůležitější z nich patří rozšíření komunikačních technologií jako jsou vláknové sítě, mobilní síť 5G, vysokorychlostní internet nebo snímače kvality ovzduší. Zároveň do sítě venkovního osvětlení lze importovat IP kamerové systémy, které by umožnili neustálé sledování osvětlované oblasti. To by znamenalo výrazně vyšší bezpečnost na ulicích. V posledních letech hraje významnou roli i bezpilotní řízení automobilů s čímž je spojena komunikace mezi jedoucimi auty nebo zavádění optické technologie pro přenos vysokorychlostního internetového signálu Li-Fi. Všechny tyto technologie by mohli využívat stožárů venkovního osvětlení a měli by mít své uplatnění v konceptu Smart City. Díky těmto technologiím by se v budoucích letech měla zvyšovat kvalita života a snižovat energetická náročnost jednotlivých měst a obcí.

V mém projektu jsem řešil návrh venkovního osvětlení v elektrické stanici přenosové soustavy ČEPS, a.s. v Dětmarovicích. Používal jsem momentálně dostupné inteligentní technologie jako je PLC nebo komunikace pomocí jednotky DALI. Koncept venkovního osvětlení v elektrické stanici je velmi podobný tomu ve městech a obcích. Prováděl jsem návrh pro osvětlení komunikací a hlídací osvětlení. Dále také osvětlování pracovních prostorů což jsou velké plochy, které jsou ve městech podobné například průmyslovým skladům, nádražím nebo parkům. Při osvětlování transformátorů není hlavním úkolem osvětlování horizontálních ploch, ale naopak je důležité dodržet vertikální osvětlenost, což lze ve městech přirovnat například k architektonickému osvětlení. Do mého návrhu lze v budoucnu přidat všechny výše zmíněné technologie, a to buď pomocí metalického vedení Ethernet, sériové komunikace RS-485 nebo RS232, optického vedení (použití převodníku Ethernet/optické vlákno) nebo lze také využít bezdrátovou komunikaci (Wi-Fi, v budoucnu Li-Fi nebo mobilní síť 5G). Můj návrh by mohl sloužit jako výchozí dokumentace k dalším podobným projektům.

V budoucích letech by každý stožár venkovního osvětlení mohl mít v sobě zabudovaný síťový přepínač (switch) s přiřazenou IP adresou, to by umožňovalo rozšířit je o přídavné inteligentní periferie. S použitím nejnovějších technologií a konceptu Smart City by se v budoucnu mělo provést rozšíření veřejných komunikačních sítí, zvýšení bezpečnosti a využitelnosti snímaných oblastí, umožnění detailnějšího sledování kvality životního prostředí, rozšíření současné elektromobility spolu se snížením energetických výdajů za provoz osvětlovacích soustav.

Použitá literatura

- [1] HABEL, J.: *Světlo a osvětlování*. Praha: FCC Public, 2013. ISBN 978-80-86534-21-3.
- [2] HABEL J.: *Světelná technika a osvětlování*, FCC Public, Praha 1995
- [3] SOKANSKÝ, K.: *Světelná technika*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04941-9.
- [4] TESAR, J. a kolektiv SRVO. *Jak projektovat veřejné osvětlení*. Praha: Společnost pro rozvoj veřejného osvětlení (SRVO), 2005.
- [5] NOVÁK, T., B. HELŠTÝNOVÁ, K. SOKANSKÝ, T. MLČÁK a P. ORSÁG. *Projekce a konstrukce vyhrazených technických zařízení elektro II*. Ostrava. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2014. ISBN 978-80-248-3536-5.
- [6] ŽÁK, P.: *Světelné technické návrhy osvětlovací soustav veřejného osvětlení*. ČVUT / FEL
- [7] SEVEn, Středisko pro efektivní využívání energie, o. p. s.: *Světelné zdroje a svítidla pro veřejné osvětlení v roce 2012*. Praha, 2012
- [8] ULLMAN, I.: *Technická norma TN/59/2015 revize č. 3 – venkovní osvětlení v elektrických stanicích přenosové soustavy*. ČEPS, a.s., 2016
- [9] REIMAR, V.: *Technická norma TN/19/2015 revize č. 5 – EMC ve stanicích přenosové soustavy. Omezení elektromagnetického rušení*. ČEPS, a.s., 2015
- [10] Světlo: *časopis pro světelnou techniku a osvětlování*. Praha: FCC Public, 1998-. ISSN 1212-0812.
- [11] NOVÁK, T a kolektiv VŠB-TUO FEI: *Zavedení smart technologií do měst a obcí využitím prvků veřejného osvětlení*. Světlo 5/2017
- [12] DVOŘÁČEK, V.: *Světelné zdroje – Halogenidové výbojky (část 1)*. Světlo, 2009, roč. 12, č. 1
- [13] DVOŘÁČEK, V.: *Světelné zdroje – Halogenidové výbojky (část 2)*. Světlo, 2009, roč. 12, č. 2
- [14] DVOŘÁČEK, V.: *Světelné zdroje – Vysokotlaké sodíkové výbojky*. Světlo, 2009, roč.12, č. 3
- [15] MMR – *Metodika Konceptu inteligentních měst*. Ministerstvo pro místní rozvoj, 2015
Dostupné z <https://www.mmr.cz/cs/Microsites/Smart-Cities/Koncept-Smart-Cities>
- [16] DALI: *Digital Addressable Lighting Interface*. DALI [online]. [cit. 2018-04-13].
Dostupné z <https://www.digitalilluminationinterface.org/dali/>
- [17] FOXTRON: *DALInet uživatelský manuál verze 1.0* [online]. [cit. 2018-04-15].
Dostupné z <http://www.foxtron.cz/eshop/sbernice/dali/dalinet-detail?lang=cz>
- [18] TECO: *CP-1006 Katalogový list* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z <https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=foxtrot-cz-cp-1006>
- [19] THORN: *CiviTEQ / CQ 36L50-740 WS BPS CL2 M60 Datový list* [online]. [cit. 2018-04-15].
Dostupné z <http://www.thornlighting.cz/cs-cz/produkty/velkoobchodni-sortiment/velkoobchodni-sortiment/CiviTEQ/civiteq-small-siroka-ulicni-optika/96643028>

- [20] SITECO: *SiCOMPACT A3 MAXI 5NA76901VS01 Katalogový list* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z http://www.siteco.com/asset/uk_en/en/PDF/800259/5NA76901VS01.pdf
- [21] PERFORMANCE LIGHTING: *JOLLY 2 A35/I Katalogový list* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z <https://www.performanceinlighting.com/ww/en/products/prod-05188594>
- [22] OEZ: Spínání světelných zdrojů – CONTEO [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z http://www.oez.cz/uploads/download/aktuality/OEZ_Conteo_Spinani_svetelnych_zdroju.pdf

Seznam příloh

Příloha	Popis přílohy	Počet stran
Příloha A	Technická zpráva	8xA4
Příloha B	Světelně technické výpočty	45xA4
Příloha C	Protokol o určení vnějších vlivů	4xA4
Příloha D	Výpočet dimenzování vývodů, jistících a spínacích zařízení	8xA4
Příloha E	Schématická zapojení rozvaděčů DET – nová R420kV – BP	38xA4
Příloha F	Dispozice venkovního osvětlení v elektrické stanici Dětmárovice	1xA1