

Česká zemědělská univerzita v Praze

Katedra elektrotechniky a automatizace



Bakalářská práce

*Fotovoltaický napáječ pro provoz
informačního panelu*

Swientek Leon

2015 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra elektrotechniky a automatizace

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Swientek Leon

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Fotovoltaický napáječ pro provoz informačního panelu

Anglický název

Photovoltaic power supply for information box

Cíle práce

Cílem práce je návrh nezávislého fotovoltaického napáječe pro provoz informačního panelu na pozemní komunikaci. Návrh bude proveden na základě optimalizace zobrazovací jednotky, fotovoltaického panelu a akumulátoru s ohledem na minimální pořizovací cenu a maximální životnost.

Metodika

1. Seznamte se s principy fotovoltaického děje
2. Prostudujte vlastnosti nezávislých zdrojů energie a zobrazovačů
3. Proveďte výpočet spotřeby pro zvolenou zobrazovací jednotku
4. Navrhněte vhodný typ panelu a akumulátoru napáječe

Osnova práce

1. Úvod
 2. Cíle práce
 3. Konstrukce a vlastnosti fotovoltaického panelu jako nezávislého zdroje energie v našich zeměpisných podmínkách
 4. Přehled dostupných typů zobrazovačů
 5. Výpočet spotřeby zobrazovací jednotky
 6. Určení parametrů fotovoltaického panelu s ohledem na spotřebu a místní lokalitu
 7. Výběr vhodného akumulátoru
 8. Závěr
 9. Seznam odborné literatury
-

Rozsah textové části

30 - 40 stran

Klíčová slova

fotovoltaický jev, nezávislý zdroj energie, zobrazovací jednotka

Doporučené zdroje informací

Benda, V., Staněk, K., Wolf, P.: Fotovoltaické systémy, Učební texty k semináři, http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura_04_1104.pdf

Cenek, M. a kol.: Akumulátory a baterie, STROM Praha, 149 str., 1996

Libra, M., Poulek, V.: Fotovoltaika: teorie i praxe využití solární energie, ILSA, 2009, 160 str.

Matoušek, D.: Práce s inteligentními displeji LCD, Elektronická kniha ve formátu PDF na CD ROM, BEN - technická literatura, 2010, ISBN 978-80-7300-273-2

Vedoucí práce

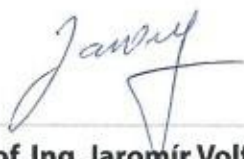
Papežová Stanislava, doc. Ing., CSc.

Termín zadání

listopad 2013

Termín odevzdání

duben 2015



prof. Ing. Jaromír Volf, DrSc.

Vedoucí katedry



V Praze dne 3.2.2014



prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan fakulty

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci "Fotovoltaický napáječ pro provoz informačního panelu" vypracoval samostatně bez cizí pomoci. Vycházel jsem z vlastních zkušeností, vědomostí, odborných konzultací s vedoucím bakalářské práce, odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury a zdrojů na konci práce. Práce byla vytvořena tak, aby neporušovala autorská práva třetích osob.

V Praze, dne

Podpis: Leon Swientek

Poděkování:

V úvodu mé bakalářské práce bych rád poděkoval rodině za podporu při studiu, dále vedoucí práce doc. Ing. Stanislava Papežové, CSc. za cenné rady a vedení při psaní této práce a v neposlední řadě také prof. Ing. Martin Librovi, CSc. a Ředitelství silnic a dálnic ČR, kteří mi poskytli cenné rady ze svých oborů.

Obsah

1. Úvod.....	4
2. Cíl práce.....	5
3. Konstrukce a vlastnosti fotovoltaického panelu, jako nezávislého zdroje energie v našich zeměpisných podmínkách.....	6
3.1. Fyzikální podstata světla.....	6
3.2. Obíhání Země kolem Slunce, úhly dopadu a odrazu.....	7
3.3. Fyzikální podstata fotovoltaické přeměny energie.....	9
3.4. Konstrukce panelu, prostup jednotlivými vrstvy solárního článku.....	10
3.5. Vliv prostředí na fotovoltaické články.....	11
3.6. Správné nasměrování panelu pro dopadající záření.....	13
3.6.1. Systémy s pevným stojanem.....	13
3.6.2. Systémy s pohyblivým stojanem.....	14
3.7. Možnosti zvýšení výkonu FV panelů.....	14
4. Přehled dostupných typů zobrazovačů.....	15
4.1. LCD displeje.....	15
4.1.1. Historie a vývoj LCD displejů.....	15
4.1.2. Princip a vlastnosti LCD displejů.....	15
4.1.3. Rozdělení LCD displejů.....	16
4.1.3.1. Technologie TFT displejů.....	17
4.1.3.2. Technologie IPS displejů.....	17
4.2. Historie a vývoj LED displejů.....	18
4.2.1. Princip LED diod.....	19
4.2.2. Druhy a technologie LED diod.....	19
4.2.2.1. Technologie DIP.....	19
4.2.2.2. Technologie SMD.....	20
4.2.2.3. Technologie MCOB a MCCOB.....	20

4.2.2.4.	Technologie COB	20
4.2.3.	Princip a vlastnosti LED displejů	21
4.2.4.	Části velkoplošných LED obrazovek.....	21
4.2.5.	Proměnné dopravní značky se světelnými prvky LED	22
4.2.5.1.	Pozemní dopravní značky typ E	22
4.2.5.2.	Zařízení pro provozní informace typu F	23
4.2.5.3.	Zařízení pro provozní informace - Teploměr	23
4.2.5.4.	Pozemní dopravní značení - Meteo	24
4.2.6.	Výběr vhodného zobrazovače	25
	Technické parametry:.....	25
	Zařízení pro provozní informace - Teploměr:.....	25
	Pozemní dopravní značení – Meteo:.....	26
5.	Výpočet spotřeby zobrazovací jednotky	27
5.1.	Možnosti napájení	28
5.2.	Vzorce pro výpočet	30
6.	Určení parametrů fotovoltaického panelu s ohledem na spotřebu a místní lokalitu	31
6.1.	Určení polohy fotovoltaického panelu	31
6.2.	Určení spotřeby zobrazovací jednotky	32
6.3.	Výkon poskytnutý fotovoltaickým panelem.....	33
6.4.	Vybraný fotovoltaický panel	34
7.	Výběr vhodného akumulátoru	36
7.1.	Historie akumulátorů.....	36
7.2.	Trakční baterie	37
7.2.1.	Olověné akumulátory	37
7.2.2.	Baterie s technologií AGM, GEL, EFB	38
7.2.2.1.	Technologie AGM.....	38
7.2.2.2.	Technologie GEL.....	39

7.2.2.3. Technologie EFB	39
7.3. Solární gelový akumulátor	39
8. Závěr.....	41
9. Použitá literatura.....	43
Seznam obrázků	47
Seznam tabulek	47
Seznam literatury obrázků	48
Seznam literatury tabulek	49
Seznam použitých označení	50

1. Úvod

Od pradávna si lidé uvědomovali sílu energie, která je vydávána ze slunce a uctívali ji v podobě různých božstev. Od starověkého Egypta a jejich boha slunce RA až po Řeckého boha Apollóna. Velká současná náboženství staví své chrámy tak, aby směřovaly na východ. Dějiny každého národa jsou opleteny nejrůznějšími říkankami a pověstmi, kde hlavním protagonistou je právě naše nejbližší hvězda. Současná materialistická doba si opět vyžaduje svoje, a tak podoba uctívání se přetvořila v podobu hledání, jak se dá tato dominanta vesmíru využít. Slunce, žlutý plynný obr, kolem kterého se otáčí naše země, tvoří naše dějiny a náš život.

Není proto divu, že energii, kterou popsal a Nobelovu cenu za ni v roce 1921 získal Albert Einstein, nás všechny tolik fascinuje. Právě foton, který jako kvazičástice je zodpovědný za nositelku zářivé energie, nás neustále tolik upoutává. Studium a vývoj technologií, které dokážou s touto kvazičásticí pracovat, je pro nás všechny nesmírně důležité. Vylepšení technologií pracujících s obnovitelnými zdroji, je jedním z nejdůležitějších kroků pro vstup do dalšího století lidstva.

Celá má práce se bude zabírat jednotlivými články řetězce pro fungování výstupního prvku zobrazovací informační jednotky. Zjistíme, jak funguje proces fotovoltaické přeměny u FV panelu, který bude připojen přes nabíječku do bloku akumulátorů. Z akumulátorů povedeme energii přes napájecí a řídicí jednotku až k samotnému informačnímu panelu. Vždy na konci kapitoly bude mnou udělaný výběr ideálního komponentu, který bych zařadil do tohoto řetězce.

Fotovoltaický napáječ pro provoz informačního panelu

Photovoltaic power supply for information box

2. Cíl práce

Cíl práce:

Cílem bakalářské práce je návrh takových prvků a zařízení, jejichž funkční vlastností jsou zapotřebí při návrhu fotovoltaického napáječe pro provoz informačního panelu. Na základě teoretického rozboru provést výběr jednotlivých vhodných prvků fotovoltaického panelu, zobrazovací jednotky a druhu baterie.

Klíčová slova:

Fotovoltaický jev, Nezávislý zdroj energie, Zobrazovací jednotka

Objective work:

The aim of the thesis is a summary of functional elements that are beyond the need for the design of photovoltaic power supplies for operation of an information panel. Based on the theoretical analysis to select individual elements suitable photovoltaic panel display unit and battery type.

Keywords:

Photovoltaic effect, independent power source, display unit

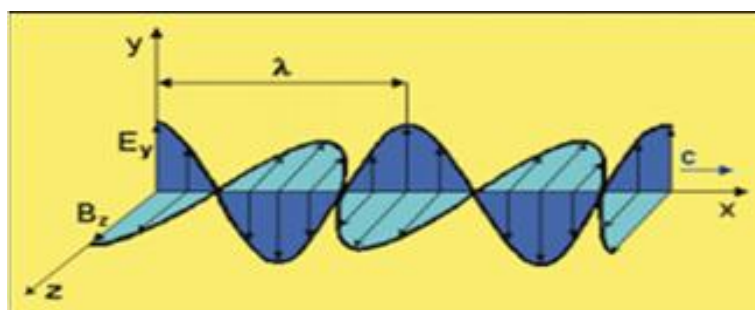
3. Konstrukce a vlastnosti fotovoltaického panelu, jako nezávislého zdroje energie v našich zeměpisných podmínkách

3.1. Fyzikální podstata světla

Světlo jsou příčné elektromagnetické vlny v úzké oblasti vlnové délky a projevuje se současně jako tok fotonů. Jak taková vlna vypadá, vidíme zde na obrázku.

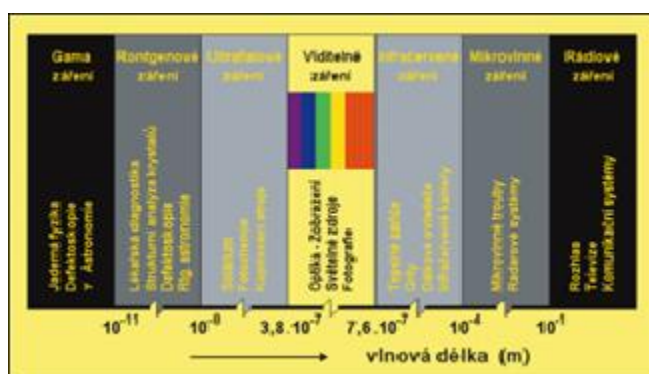
Časová změna elektrického pole budí pole magnetické a naopak. Vektory intenzity elektrického pole a magnetické indukce kmitají v navzájem kolmých směrech a navzájem budí jeden druhý. Postupná elektromagnetická vlna se šíří ve směru kolmém k oběma těmto vektorům. [1]

Obr.:3.1 Elektromagnetická vlna [1]



Vlnové délky elektromagnetických vln (neboli elektromagnetického záření) mohou však být ve velmi širokém rozmezí, od řádu 10^{-13} m i kratších, až po stovky či tisíce metrů, nebo i delší. Z toho viditelné záření tvoří jen úzkou oblast v intervalu vlnových délek $1 \hat{A}$ (380 nm; 760 nm) a každá vlnová délka odpovídá určité barvě. Toto znázornění vidíme na obr.:1.2. [1]

Obr. 3.2 Oblasti spektra elektromagnetického záření [II]

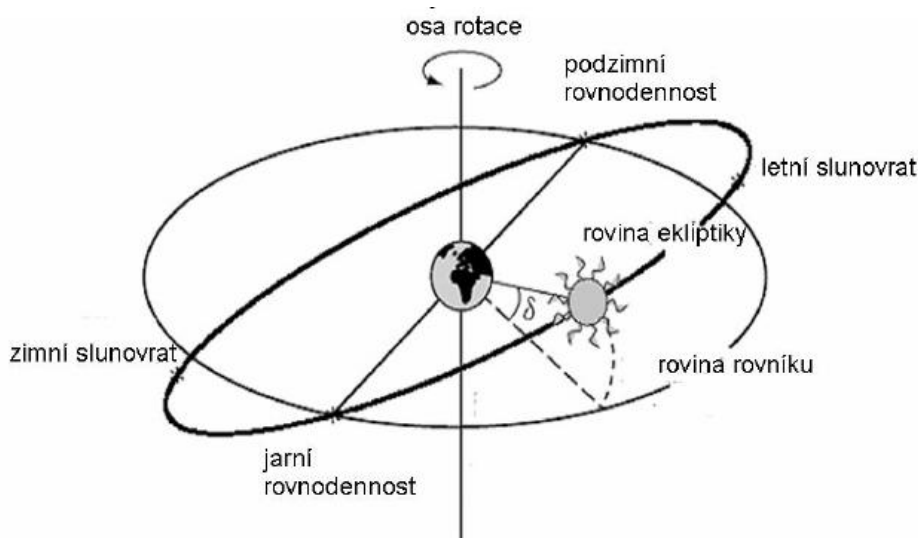


S prodlužující se vlnovou délkou v tomto intervalu barvy postupně přecházejí od fialové, přes modrou, zelenou a žlutou, až k červené. Sluneční světlo vnímáme jako bílé, protože je složeno ze spojitého spektra všech barev. Jeho spektrum, rozložené hranolem či optickou mřížkou jistě každý zná, stejně jako každý viděl duhu na obloze. [1]

3.2. Obíhání Země kolem Slunce, úhly dopadu a odrazu.

Zeměkoule obíhá kolem slunce po dráze ve tvaru elipsy a její průměrná rychlost je 29,8 km/s s dobou oběhu 365 dní a náklon její osy od normály roviny oběhu je $\delta=23,5^\circ$. Jak je znázorněno zde na obrázku 3. Střední vzdálenost Země od Slunce je $r_0 = 1.496 \times 10^8$ km a střední intenzita slunečního záření dopadajícího na povrch atmosféry je 1367 W/m^2 . Na povrch Země tak neustále dopadá záření o výkonu přibližně 180 000 TW. [2]

Obr. 3.3 Oběžná dráha Země kolem slunce [III]



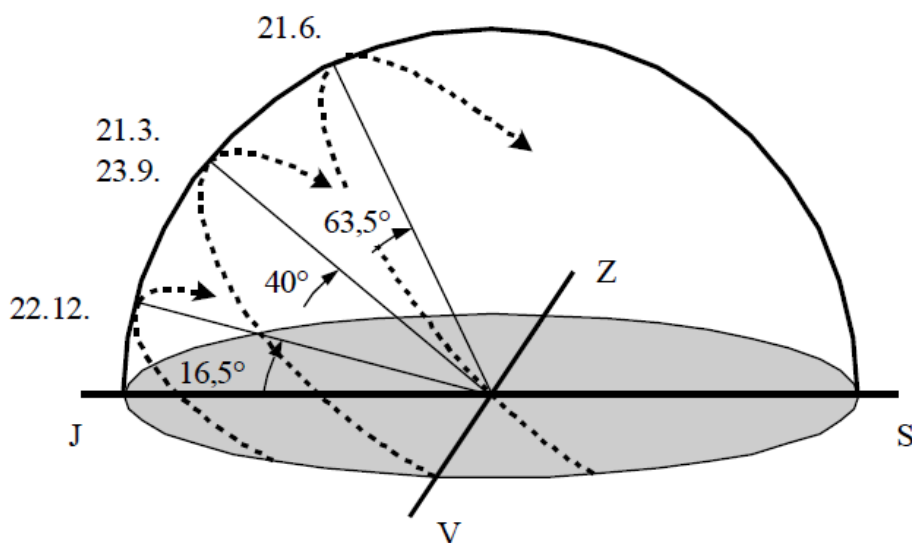
Střední vzdálenost Země od Slunce je $r_0 = 1.496 \times 10^8$ km a střední intenzita slunečního záření dopadajícího na povrch atmosféry je 1367 W/m^2 . Na povrch Země tak neustále dopadá záření o výkonu přibližně 180 000 TW.

Použijeme-li model se statickou Zemí a pohyblivým Sluncem, znázorněný na obr. 3.3 maximální úhel paprsků dopadajících na horizontální rovinu v zeměpisné šířce Φ v n-tém dni v roce je dán vztahem

$$\varphi_m = 90^\circ - \Phi + 23,5^\circ * \sin \left(2\pi * \frac{n-80}{365} \right) \quad (1.1)$$

Pro podmínky České republiky, kde $\Phi \approx 50^\circ$ s.š. je tedy v červnu maximální výška Slunce $\varphi_m = 63,5^\circ$, v době rovnodennosti $\varphi_m = 40^\circ$ a v prosinci pouze $\varphi_m = 16,5^\circ$, jak je znázorněno na obr. 3. 4. [2]

Obr. 3.4 Oběžná dráha kolem slunce [IV]



3.3. Fyzikální podstata fotovoltaické přeměny energie

Rozlišujeme dva druhy fotoefektu, vnější a vnitřní. Při vnějším fotoelektrickém jevu jsou elektrony uvolňovány z vodivostního pásu kovu a samotný krystal kovu opouštějí. V polovodičích může docházet pod vlivem elektromagnetického záření k přeskokům elektronů mezi energetickými hladinami. Tyto elektrony pak zvyšují jejich vodivost. Zde hovoříme o vnitřním fotoelektrickém jevu.

K fotovoltaické přeměně energie elektromagnetického záření na energii elektrickou dochází v polovodičích fotovoltaických článků (dále PV článků). Nejčastější jsou PV články na bázi krystalického křemíku.

Podle typu nosiče náboje dělíme polovodiče na vlastní a příměsové. Příměsové polovodiče mohou být dopované typu **N** (majoritní nosiče náboje jsou elektrony) nebo typu **P** (majoritní nosiče náboje jsou díry, které se chovají jako částice s kladným nábojem).

Pokud použijeme čtyřmocný křemík, který má krystalickou strukturu diamantu, pak každý atom Si je obklopen čtyřmi nejbližšími elektrony. Tyto čtyři elektrony (valenční) vytvářejí s těmito sousedy kovalentní vazby. Energie volného elektronu, který nepodléhá působení žádných sil, může nabývat různých hodnot.

Naproti tomu energie elektronu v krystalu křemíku nabývá pouze určitých hodnot v důsledku pohybu v poli periodického potenciálu.

V nejnižším energetickém stavu valenční elektrony úplně obsazují všechny hladiny ve valenčním pásu, nemohou zprostředkovat vedení elektrického proudu. Dodáním energie např. tepelné (fonon) nebo světelné (foton) některé elektrony přejdou do vodivostního pásu. Valenční i vodivostní pásy se stanou pásy částečně obsazenými.

V energetickém schématu se to projeví tak, že tyto elektrony uvolní energetické hladiny ve valenčním pásu a obsadí hladiny s vyšší energií ve vodivostním pásu. Stanou se tak elektrony, které mohou zprostředkovat vedení elektrického proudu.
[1]

3.4. Konstrukce panelu, prostup jednotlivými vrstvy solárního článku.

Hlavním konstrukčním prvkem panelu je křemík, který se nachází v přírodě nejčastěji ve formě křemene. Surový křemík se vyrábí z písku, redukcí uhlíkem v obloukové peci, kde poté dochází k celému řetězci chemických reakcí. Vše lze velice zjednodušeně zapsat jednou chemickou rovnicí: $SiO_2 + C \rightarrow Si + CO_2$

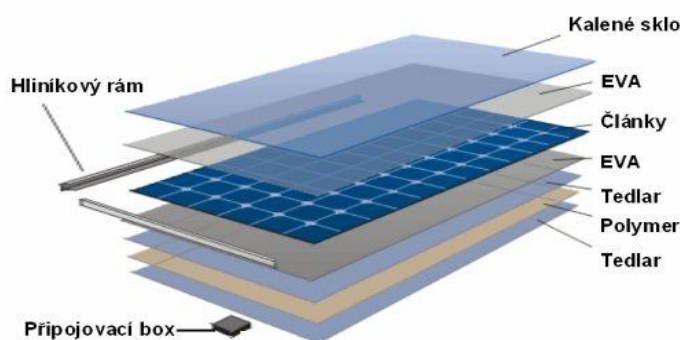
Při prvním odlití surového křemíku z obloukové pece dostaneme čistotu až 99%, avšak 1% je znečištění v podobě železa, hliníku a uhlíku. Pro použití v polovodičích je toto znečištění pořád nepřijatelné, a tak nastává další fáze čištění, které vyčistí finální polotovary pro FV panely na hodnotu 10^{-6} . Pro toto čištění se nejčastěji používá metoda Siemens s chlorovým cyklem. Tímto čištěním vzniknou hrudky čistého křemíku, které upravíme v polykrystalické ingoty kde je zapotřebí dosáhnout co největší monokrystalické zrno, minimum dislokací a pnutí v materiálu. Tento Ingot se poté příčně řeže na destičky, které tvoří základ PV článků dosahující tloušťky $d = 100 \mu m$. Na takto připravené destičky se nanášejí přední a zadní kontakty. Přední kontakty bývají ve tvaru mřížky, aby zakývaly co nejmenší plochu a tím byla dopadající plocha co největší. Zadní stranu desky tvoří celoplošný kontakt, který je nanášen sítotiskem nebo vakuovými technologiemi, jako je např. vakuové napařování. Dále je na desku

umístěno několik dalších vrstev různých materiálů pro zlepšení účinnosti FV článku. Antireflexní vrstva je umístěná na přední stranu tak, aby minimalizovala odraz a aby co největší množství fotonů vniklo do FV článku až k přechodu PN.

Do FV panelů se články skládají do sérioparalelních kombinací, aby při definovaném osvětlení podávaly potřebný výkon a stejnosměrné napětí.

Na přední straně panelu je umístěno temperované sklo, na sklo se umísťuje plastová EVA folie a na ní se skládají propojené PV články. Přes propojené články se znovu pokládá EVA folie a zadní stranu tvoří většinou laminátová kompozice. Možné poskládání vrstev vidíme zde na obrázku 3.5

Obr. 3.5 Skladba vrstev FV panelu [V]



Poté se mezi těmito vrstvami vyčerpá vzduch a panel se zahřeje nad teplotu tání EVA folie. Folie se po teplotním zpracování rozteče a jako zalévací hmota zalije PV články v prostoru mezi předním sklem a zadní laminátovou stěnou panelu. Ve finále se celé panely rámuje a zatmelují silikonovým tmelem do hliníkových profilů a opatřují se krabicí s výstupními kontakty. Životnost panelů bývá mezi 20ti až 30ti lety. [2]

3.5. Vliv prostředí na fotovoltaické články

Výkon FV článků je závislý na aktuální intenzitě slunečního záření, které dopadá na tento článek. Toto záření je ovlivněno mnoha vlivy, které si zde rozebereme.

Hlavní kritérium je vliv atmosféry, který lze popsat koeficientem masy (AM). Tento koeficient je dán tloušťkou atmosféry, jejím složením a úhlem dopadajícího

záření. Vyjádříme-li si koeficient masy vzorcem, označíme úhel mezi dopadajícím zářením a horizontální rovinou jako úhel φ , tak dostaneme vzorec:

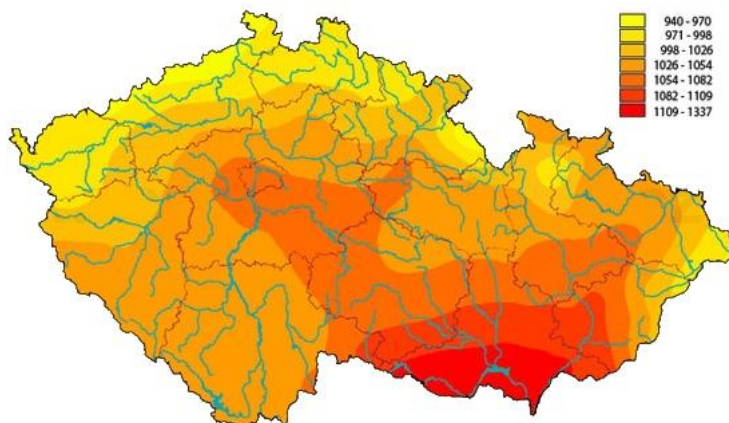
$$AM = \frac{1}{\sin\varphi} \quad (1.2)$$

Dalším silný vliv vždy hraje oblačnost a míra znečištění ovzduší.

Znečištění ovzduší může být obzvlášť problémem v místech s velkou hustotou obyvatel, větší koncentrací hlavně povrchových dolů, tepelnými elektrárnami a dalšími prvky, které znečištění způsobují. Produkují malé částice, které poletují vzduchem a mohou se usadit na FV panelech a znečistit je. To má za důsledek snížení výkonnosti FV panelů.

Oblačnost je vždy pouze přechodný jev, který ovšem také znatelně snižuje účinnost panelů. Zde na obr. č. 3.6 uvádím mapu intenzity slunečního svitu nad Českou Republikou.

Obr. 3.6 Intenzita slunečního svitu nad ČR [VI]



Posledním hlavním činitelem ovlivňujícím dopadající záření, je odraz záření. První část se mnohonásobně odrazí a rozptýlí již při průchodu atmosférou a to jak díky pevným, tak i kapalným částicím obsažených v atmosféře. Tím vzniká tzv. záření difúzní, jehož spektrum ovšem odpovídá záření přímému. Další část záření se může odrážet od okolí, ve kterém je umístěn FV panel, např. různé sousední plochy jako jsou střechy domů a jiné. Celková intenzita dopadajícího záření se získá součtem intenzity přímé, difúzní a odraženého záření. Tento jev je tedy

považován za přínosný a často se také schválně vyhledává a uzpůsobuje pro potřebu zvýšení výkonu, například ve formě zrcadel umístěných okolo panelu. [2;13]

3.6. Správné nasměrování panelu pro dopadající záření

Ideální situace nastává tehdy, je-li úhel dopadu kolmý k FV panelu. Tato situace nám ovšem nastává jen výjimečně, pokud vezmeme v potaz pevně umístěný panel a změnu sklonu svitu, ovlivněné jak ročním obdobím, tak hodinou v denním cyklu.

Díky tomu bylo postupem času představeno mnoho variant, jak s tímto problémem pracovat a vylepšovat tak výkon. Já zde uvedu jen některé systémy, které byly a jsou testovány na naší technické fakultě České Zemědělské Univerzity, pod vedením prof. Ing. Martina Libra, CSc.

Stojany, do kterých se upevňují FV panely, slouží zároveň k nastavení jejich sklonu vůči obloze. Rozdělujeme je tedy na systémy s pevným stojanem a systémy s pohyblivým stojanem. [1]

3.6.1. Systémy s pevným stojanem

Tyto panely se nejčastěji montují na fasády, střechy a jiné konstrukce, umístěné na nejrůznějších místech.

Pokud máme možnost ovlivnit sklon a není možné tento sklon měnit na letní a zimní měsíce, nastavujeme sklon na optimální v zimních měsících, kdy je sluneční energie nejméně, a to tak, aby přední strana směřovala k jihu a sklon byl podle zeměpisné šířky takový, aby v poledne dopadalo sluneční záření kolmo.

Nastavení sklonu může být, jak jsme si řekli výše, různé, jak v zimních měsících, tak i v letních. V zimních měsících tato hodnota bývá 45° a v letních 35° . Pokud tedy máme panel s neměnným sklonem, nastavujeme ho na hodnotu 40° až 45° . Dle experimentálního měření je rozdíl v učenosti mezi pevným a dvakrát do roka proměnným sklonem jen 2,5%, takže bývá nejjednodušší nechat panel nastaven na ideální polohu pro zimní měsíc. [1]

3.6.2. Systémy s pohyblivým stojanem

Těmto systémům se věnuje v posledních několika letech velká pozornost, jelikož umožňují znatelně zvýšit výkon každého jednoho solárního panelu. Jak jsme si uvedli dříve, největší výkon panel získává, pokud jsou dopadající sluneční paprsky kolmo na FV panel. Maximální hodnota dopadající intenzity záření je $I=1100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ až $1330\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$. Účinnost kvalitních kolektorů je cca 18-20%, a tak lze z plochy $S = 1\text{m}^2$ získat výkon $P = 200\text{W}$. Při šikmém dopadu tato hodnota znatelně klesá. Systémů pro sledování slunce je mnoho, já zde uvádím systém typu *TRAXLETM*, který byl vyvinut firmou Poulek Solar, s.r.o ve spolupráci s technickou fakultou ČZU v Praze. [1]

3.7. Možnosti zvýšení výkonu FV panelů

Možností zvýšení výkonu je více. Systém náklonu panelu v závislosti na pohybu slunce jsme si uvedli v předchozím odstavci, stejně tak systém s pevnou konstrukcí, která se může ručně měnit dvakrát do roka na zimní a letní období.

Dalším často využívaným systémem, je využití zrcadel, které odrážejí sluneční paprsky přímo do kolektoru. Tato forma je často využívána jak u jednotlivých panelů, tak i pro celé elektrárny, kde se používá hřebenového koncentrátoru i jednoho zrcadla úměrně skloněného k FV panelu. Celé tyto systémy se taktéž často doplňují zároveň systémem natáčení, díky čemuž se celkový výkon ještě zvětší.

Posledním příkladem častého zvýšení výkonu je použití oboustranných fotovoltaických panelů. U těchto systémů je velkou výhodou, že nezávisí na tom, na kterou stranu dopadají přímé sluneční paprsky, a na kterou dopadají paprsky odražené od okolního povrchu, či zrcadlového koncentrátoru. [1]

4. Přehled dostupných typů zobrazovačů

Tématem mé práce je navrhnout nezávislou zobrazovací jednotku, a tak se nyní budeme chvíli zabývat otázkou zobrazovače, jeho různých typů, výhodami a nevýhodami, životností a pochopitelně i výběrem ideálního zobrazovače pro mou práci.

4.1. LCD displeje

LCD displej je jedním z hlavních představitelů zobrazovací technologie, a zároveň je technologicky nejstarší.

4.1.1. Historie a vývoj LCD displejů

Prvopočátky LCD displejů najdeme na konci 19. století v Rakousku. Botanik Friedrich Reinitzer v roce 1888 experimentuje s látkou cholesterylbenzátem, což je směs cholesterolu, extrahovaného z mrkve. Při pokusech s touto látkou bylo zjištěno, že má podobu zakalené tekutiny, ovšem při zahřátí se začne pročišťovat a při zchlazování modrá, až nakonec krystalizuje. Toto jsou úplně první zmínky o technologii, která v budoucnu změní mnoho věcí. Velký zlom se udál před první světovou válkou, kdy němečtí a francouzští vědci zjistili, že se molekuly tekutých krystalů orientují ve směru elektrického pole a rozdělili krystaly podle jejich struktury na nematické, smetické a cholesterolové. Reálné aplikace krystalů v displejích nastalo v roce 1963, kdy Richard Williams objevil, že světlo procházející tenkou vrstvou tekutých krystalů se ohýbá, a to můžeme ovlivnit aplikováním napětí na tuto vrstvu. První plně funkční displej s možností změny barvy přichází roku 1968, a to s technologií DSM. [18]

4.1.2. Princip a vlastnosti LCD displejů

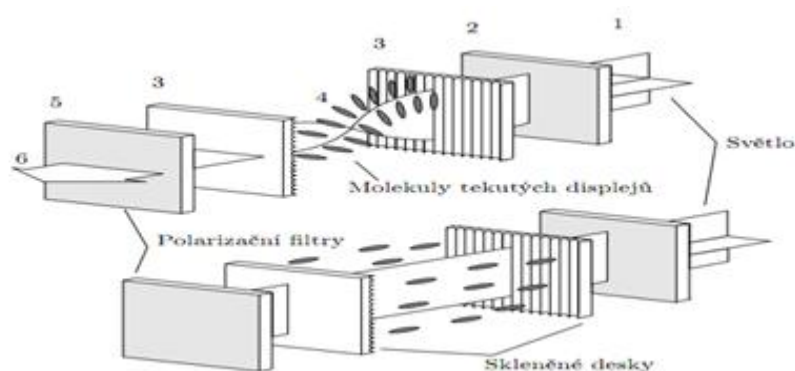
Jedná se o technologii využívající kapalných krystalů. Jde o kapalinu, která vlivem tepla nebo elektrického pole může změnit barvu i průhlednost.

Vytvoříme-li elektrické pole, dojde k natočení molekul kapalného krystalu. Mluvíme zde o dynamickém rozptylu světla, který se navenek projeví jako zakalení, zčernání. LCD displeje jsou pasivní, takže potřebují jiný zdroj světla.

Tento problém se řeší dvojím způsobem, buď se využije vnější světlo, které dopadá na spodní elektrodu, a zakalený odraz pozorujeme v jeho odrazu; nebo druhou možností je displej s odsvícením (či nasvícením), který má svůj vlastní zdroj energie.

LCD displeje lze teoreticky řídit jak stejnosměrným tak střídavým napětím, na polaritě nezáleží. Problém nastává u stejnosměrného napětí, které způsobuje elektrochemický rozklad kapalného krystalu. Pokud bych využil tento druh displeje, musím použít elektrický měnič na střídavé napětí. Ovládací napětí se pohybuje v rozmezí 10V až 20V [19]

Obr. 4.1 Princip činnosti LCD displeje [VII]



Na obrázku: 1 – sklo, 2 – polarizátor, 3 – barevné filtry, 4 – TFT, 5 – kapalně krystal, 6 – TFT, 7 – polarizátor, 8 – podsvícení

4.1.3. Rozdělení LCD displejů

LCD displeje se rozdělují podle několika kritérií, zde uvádím dvoje pro základní rozdělení, a to podle získávání pracovního záření a podle maximálního uhlu, o který je možno otočit optickou osu. V dalších podkapitolách nabízím rozdělení technologické.

1) Získávání pracovního záření:

Reflexní - využívá se světla odraženého od horní elektrody. Reflexní displej potřebuje cizí zdroj osvětlení. On sám nemůže používat podsvícení

Transflektní - světlu je umožněno procházet skrz a zároveň se odrážet od horní elektrody.

Transmitivní - horní ani spodní elektroda nemají odrazné vlastnosti. Právě u těchto druhů displejů se využívá podsvícení a obraz tím můžeme sledovat jako pozitiv či negativ.

2) Maximální úhel otočení optické osy:

Zároveň tento parametr ovlivňuje konstantní poměr a úhel pozorovací

- úhel maximálního natočení je 90°

- úhel maximálního natočení je více než 90° [22]

4.1.3.1. Technologie TFT displejů

Technologie tenkých tranzistorů- TFT (Thin Film Transistor) je základním a jedním z nejstarších, dodnes používaných technologií. Pomocí elektrického napětí měníme polohu molekul tekutých krystalů, kterými prostupuje polarizační světlo. Pomocí polarizačních filtrů se rozkládá na tři základní barvy- červenou, modrou a zelenou. Každý jednotlivý bod je ovládán jedním tranzistorem. Tento tranzistor má za úkol ovládat a řídit napětí, a je ohraničen dvěma polarizačními filtry a následně dvěma pro vyrovnávání vrstvy. Po celé zadní ploše jsou tak rozloženy tranzistory a vytvářejí aktivní matici. Velkého množství barev dosahujeme tak, že tranzistory mění polohu krystalů a to v desítkách až stovkách poloh. Tato technologie umožňuje, že každý bod je složen ze tří subpixelů. Ve výsledku dosahuje až milionů různých barevných odstínů. S přibývajícím pokrokem se tyto displeje stále vylepšují a na trh tak přicházejí i jiné nové technologie. [21]

4.1.3.2. Technologie IPS displejů

Technologie IPS (In-Plane Switching) je jedním z pokračovatelů předchozí technologie a klade si za cíl odstranit některé nedokonalosti starší technologie, jako je horší barevné podání, kontrast a pozorovací úhly. Díky systému IPS můžeme urovnávat tekuté krystaly paralelně se substrátem. Pozorovací úhel, který jsme díky tomu dostali, je až 180° , což je optimální i pro zobrazení na informačním panelu nad nebo u silnice. Dosáhlo se také zlepšení kvality barev.

Při konzultaci tohoto problému s Ředitelstvím silnic a dálnic ČR jsem se dozvěděl, že obě tyto technologie byly dříve využívány na našich pozemních komunikacích. S vývojem nových technologií byly ovšem znatelnější i nevýhody LCD displejů. Zobrazovací vlastnosti a to jas i kontrast nejsou po delší době používání úplně ideální, stejně tak vykreslení černé. [21]

4.2. Historie a vývoj LED displejů

Historie LED displejů můžeme rozdělit na dvě základní roviny. První, která je pro běžného uživatele mnohem známější, jsou LCD monitory, podsvícené LED diodami. Jak jsem nastínil v předchozí kapitole, LCD displeje jsou pasivními prvky, které potřebují nějaký druh podsvícení. Reklamní marketing proto před několika lety přivedl na trh „novou“ technologii tzv. technologii LED displejů. Tyto displeje ovšem byly a jsou klasickými LCD displeji, které používají systém podsvícení LED diod. Tento systém zde zmiňuji hlavně proto, aby nedošlo k chybnému označení u následujících displejů.

Druhou kategorií, kategorií, která nás zajímá, jsou LED displeje často označované jako velkoplošné LED displeje. V tomto případě doopravdy vytváříme obraz díky jednotlivým LED diodám.

Historie LED diod sahá do doby před více jak 100 lety, když Angličan Henry Joseph Round objevil, že anorganické látky po průchodu elektrickým proudem vydávají světlo; psal se rok 1907. Dalších několik let je tento efekt zkoumán mnohými významnými fyziky po celém světě. Další velký skok nastane v roce 1951 s příchodem tranzistorů, díky čemu lépe porozumíme, co způsobuje vyzařování světla. Rok 1962 je rokem, kdy na trh vstoupí vůbec první luminiscenční dioda, která vydává světlo o viditelné vlnové délce, což zahájí éru průmyslově vyráběných LED diod. V průběhu následujících třiceti let se pracovníkům po celém světě, hlavně v Americe a Japonsku, podaří rozšířit škálu barevných LED diod. Tento výrobní boj se završí v roce 1995 v Japonsku, kde se povede vyrobit pomocí luminoforu diodu s bílým světlem. V následujících letech je kladen důraz hlavně na zvyšování světelné účinnosti na jednotku watt. [34]

4.2.1. Princip LED diod

Základem každé LED diody je polovodičový prvek, o kterém si nejdříve musíme v krátkosti něco říct. V polovodičích se využívá přechodu P-N kde dochází k přeměně elektrické energie na světelnou. Cílem je, aby se v tomto materiálu přechodu uvolnily fotony a tím vzniklo světlo. Barva diody je závislá na vlnové délce světla, kterou udává úpravou daného materiálu, proto také zkratka LED znamená Light Emitting Diode, což se dá přeložit jako světlo emitující dioda. Základní výhodou LED diod je vysoká účinnost, která přeměňuje elektrickou energii na světelnou. Světlo vyzařované LED diodou je monochromatické, má jednu vlnovou délku, i když, přesněji řečeno, má soubor vlnových délek blízkých té, kterou potřebujeme, a celé je to závislé na materiálu přechodu. Z tohoto důvodu byl postupný vývoj jednotlivých barev takto složitý. Všechny základní barvy tedy není problém vyzařovat, problém nastává až u barvy bílé, která, jak víme z různých pokusů s krystalem anebo kapkami vody při vzniku duhy, se skládá z celého spektra jiných barev. Tento problém řešíme dvojím způsobem. Můžeme do jednoho pouzdra umístit tři diody, červenou, modrou a zelenou, tím dosáhneme barvy bílé. Druhým způsobem je, že LED diody emitují světlo v oblasti UV, které pomocí luminoforu převedeme na bílé spektrum. [35]

4.2.2. Druhy a technologie LED diod

LED dioda za roky vzniku prošla velkým vývojem, který popisují v kapitole Historie. Musíme si ovšem uvědomit že tento pokrok neskončil před 20 lety vytvořením bílého světla, ale dále pokračuje a díky tomu se i technologie velkoplošných LED displejů neustále mění, a to i na našich silnicích a dálnicích. Ředitelství silnic a dálnic již vyzkoušelo velké množství různých světelných signalizací, a proto je důležité si je zde zmínit.

4.2.2.1. Technologie DIP

Jedná se o nejstarší a zároveň nejpoužívanější technologii pro zobrazovací panely. Jde tedy o klasické a všem dnes již dobře známé kloboučkové LED diody. Dioda má dvě nožičky, pomocí kterých je napájena k ostatním na základní desku spoje. Tyto diody byly nesmírně důležitým krokem v průběhu vývoje, dnes se již ovšem jedná o zastaralý způsob, který se bohužel stále hojně vyskytuje v běžných

domácnostech v podobě LED žárovek a i na našich silnicích. Životnost svítidel s touto technologií se pohybuje okolo 20 000 hodin a maximální světelný tok je $\Phi=70 \text{ lm/W}$. [36]

4.2.2.2. Technologie SMD

Jedná se o postupně rozšiřující se technologii čipů, které mají nahradit předchozí technologii DIP. Dle vyjádření Ředitelství silnic a dálnic jde o technologický prvek, který se začíná hojně uplatňovat u všech jejich nových informačních panelů. Velkou výhodou těchto čipů je jejich miniaturní velikost, lehce pružná a poddajná forma a dlouhá životnost. V současné době na trhu existuje několik variant těchto čipů s označením SMD a nějaké konkrétní sadové číslo. Různorodost se skládá z velikosti čipů, jejich výkonu a příkonu. U některých typů LED diod jsou v těle umístěny tři čipy. Maximální životnost může dosahovat až 100 000 hodin a maximální světelný tok je až $\Phi=120 \text{ lm/W}$. [36]

4.2.2.3. Technologie MCOB a MCCOB

Zásadním prvkem této technologie je více čipů na měděné desce. Používá se převážně u svítidel a všude tam, kde je obtížné, nebo není vůbec možné, integrovat dostatečný počet SMD čipů. Tento princip se využívá hlavně u bodových, signalizačních světel velkého výkonu. Nedostatkem čipů s touto technologií je větší zahřívání než u klasických SMD diod. U světelných panelů se začíná tato technologie uplatňovat jako signalizační světlo, či světlo upozorňovací. Pochopitelně můžeme tyto jednotlivé technologie na informačních panelech kombinovat. Životnost dosahuje u tohoto druhu čipů až 100 000 hodin, a maximální světelný tok je $\Phi=120 \text{ lm/W}$. [36]

4.2.2.4. Technologie COB

Zde se využívá koncentrace jednotlivých LED čipů na malé keramické destičce, která tvoří plošný spoj a je pokrytá vrstvou luminoforu. Velká výhoda této obměny je rovnoměrné rozdělení emise světla po celé ploše čipu, a to i při vyšších provozních teplotách. Využití se najde podobně jako u předchozí technologie hlavně v reflektorech, např. v signalizačním světle, kde nastává největší problém při jasných letních dnech, kde potřeba velké svítivosti je zásadní, aby řidič vůbec signalizaci zaznamenal. U takovýchto signalizačních světel je zapotřebí instalace

čidla citlivého na okolní osvětlení, podle této hodnoty se řídicí jednotka rozhoduje uzpůsobit jas, a to jak celého informačního panelu, tak i signalizačních světel, aby nedošlo v nočních a večerních hodinách k oslnění řidiče. Maximální a maximální světelný tok je $\Phi=110 \text{ lm/W}$. [36]

4.2.3. Princip a vlastnosti LED displejů

Jedná se o aktivní zobrazovací zařízení, které jako aktivní prvek využívá LED diody, které jsou poskládány do matice a pokrývají celou plochu zobrazovače. Každý jednotlivý bod displeje je tvořen třemi LED diodami, červenou, modrou a zelenou. Nyní záleží na tom, v jaké vzdálenosti bude předpokládaná pozorovací vzdálenost a podle toho, budou tyto tři LED diody od sebe umístěny s určitou roztečí. Tento systém si můžeme dovolit díky nedokonalosti lidského oka a jeho zobrazovacích vlastností. Pokud se na tyto body podíváme, splynou nám tři jednotlivé světelné zdroje do jednoho, ten potom vytvoří požadovanou barvu. Tento systém se nazývá aditivní sčítání barev. Díky tomuto druhu zobrazení můžeme využít až 68 miliard barev. Data, která potřebujeme zobrazit, připravuje a zpracovává řídicí jednotka, která nastaví pro každý bod potřebnou intenzitu svítu. Frekvence celého procesu bývá 600 Hz, takže je dosaženo čistého obrazu bez rušivého blikání. [32]

4.2.4. Části velkoplošných LED obrazovek

Řídicí jednotka: má za úkol zpracovávat informace o požadovaném zobrazení a převádět je na jednotlivé body; určuje intenzitu jasu a barvu textu či obrazce.

Datový kabel a sběrnice: zajišťují komunikaci mezi zobrazovací jednotkou a jednotkou řídicí.

Cluster: je nejmenší částí v konstrukci velkoplošných LED obrazovek, je odolný jak vodě, tak prachu a obsahuje LED uspořádání do matice. Společně s řídicí elektronikou je zabalen do odolného plastového obalu.

Základní blok: hlavní prvek celé zobrazovací jednotky, skládá se ze základní desky s řídicí elektronikou, z primárního i sekundárního zdroje elektrické energie a kovového obalu, který celý blok chrání a drží vše pohromadě. Ze základního bloku můžeme sestavit libovolně velké velkoplošné zobrazovače.

Nosná konstrukce: posledním nepostradatelným prvkem sestavy je nosná část. Jedná se o pevné uspořádání základních bloků do jednoho celku. [22]

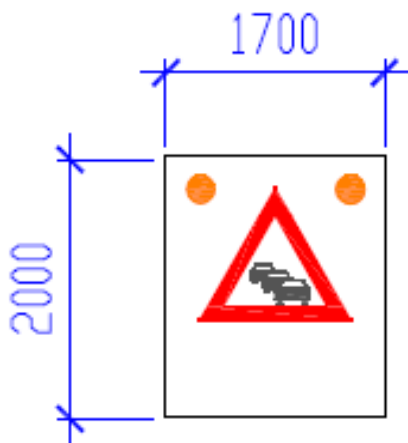
4.2.5. Proměnné dopravní značky se světelnými prvky LED

Ředitelství silnic a dálnic ČR v současné době v České republice používá tři základní druhy proměnných dopravních značek se světelnými prvky LED. V nadcházejících několika odstavcích si ukážeme, o jaké konkrétní typy se jedná a probereme si jejich technické parametry. Celé sestavy značek a jejich rozměry, budou dále zobrazeny v přílohách k tomu příslušejících. [19]

4.2.5.1. Pozemní dopravní značky typ E

Pozemní dopravní značky jsou tvořeny LED diodami a musí odpovídat požadavkům standardu PPK – PDZ a ČSN EN 12 966-1. Matice musí být plná a v horních rozích žlutobílá a zbylá plocha červenobílá. Na pozemní dopravní značce je možné zobrazit několik světelných signálů. Jde o výstražné či zákazové

Obr. 4.2 Dopravní značka typ E [VIII] (rozměry udávané v mm)

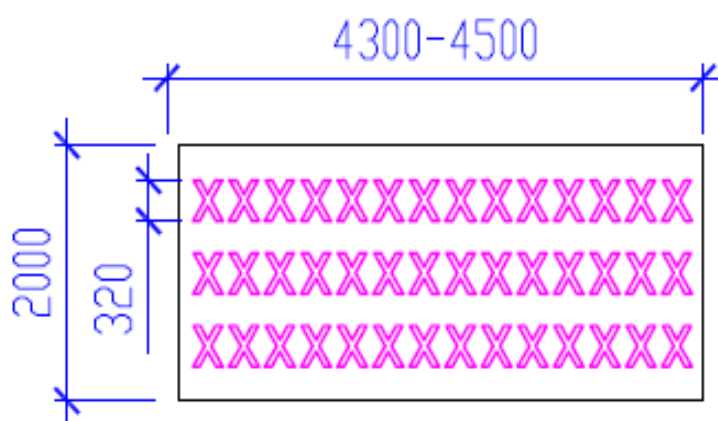


značky, piktogramy výstražných značek, šipky a dodatkové tabulky. Aby řidič byl schopen dobře rozpoznat vykreslení symbolů, musí být vzdálenost LED diod 20 - 21,6 mm. [19]

4.2.5.2. Zařízení pro provozní informace typu F

Tento typ odpovídá stejným požadavkům jako typ předchozí, má však třířádkovou plnou matici, která je bílá. Na zařízení je možné zobrazit velká i malá písmena abecedy a to výšky 320mm i s diakritikou, číslicemi a některými piktogramy. Kvůli vykreslení a dobré viditelnosti musí být vzájemná vzdálenost LED 20 - 21,6mm.

Obr. 4.3 Zřízení pro provozní informace typ F [IX] (rozměry udávané v mm)



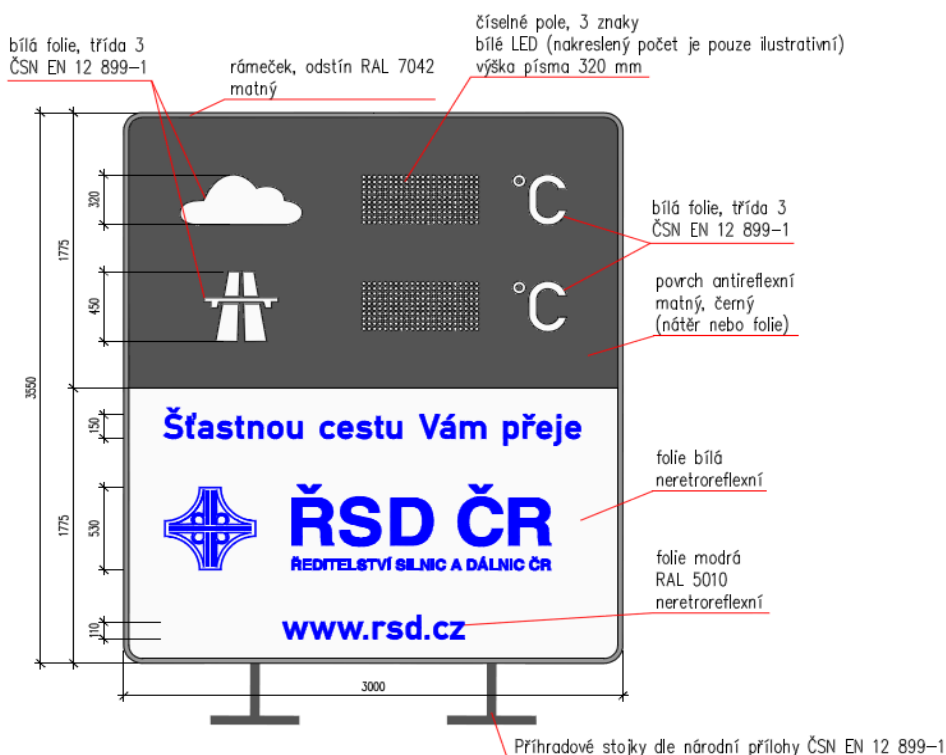
Zde na obrázku je znázorněn typ, jenž se užívá na informačních portálech nebo na portálech s pruhovou signalizací před vjezdem do tunelů. [19]

4.2.5.3. Zařízení pro provozní informace - Teploměr

Třetím typem zobrazovací jednotky, které využívá v hojné míře Ředitelství silnic a dálnic ČR, je zobrazení pro určování teploty, a to jak okolního vzduchu, tak povrchu silnice. Toto zařízení se napojuje na silniční meteorologickou stanici, varující řidiče při zhoršených podmínkách sjízdnosti dané komunikace, a to vlivem klimatických změn. Tento typ se většinou kombinuje s výstražnou pozemní dopravní značkou, vzdálenost mezi oběma prvky musí být 100 až 200m, kde informace o teplotě se umísťuje jako první. Údaje o teplotním stavu vzduchu a vozovky jsou zobrazovány pomocí bílých LED diod. Referenční optická osa panelů se soustředí na střed vnějšího pruhu, a to ve vzdálenosti 100 m, ve výšce 1,7 m nad vozovkou. Konstrukce je z pozinkovaného plechu. Rozměry vnější

konstrukce se mohou mírně lišit. Jelikož je zařízení umístěno na zemi, je potřeba jej chránit proti nárazu vozidla. Nejčastěji se k tomuto účelu používají u silnic svodidla, za kterými je panel umístěn. [19]

Obr. 4.4 Zřízení pro provozní informace- Teploměr [X]

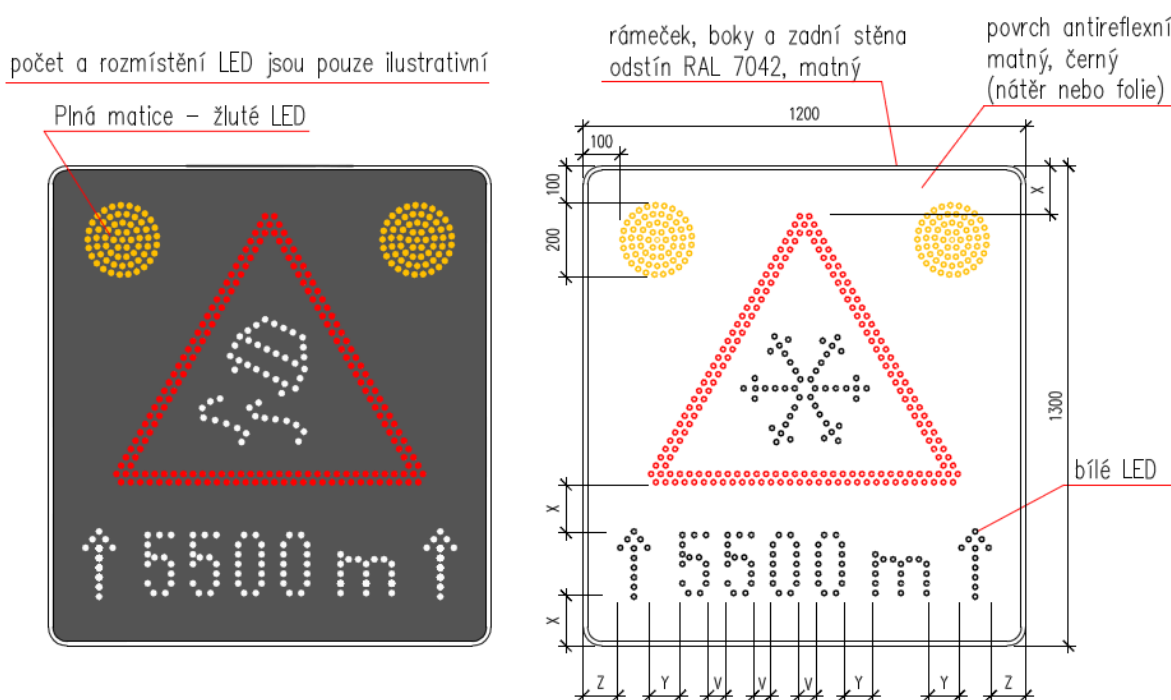


4.2.5.4. Pozemní dopravní značení - Meteo

Tato značka spolupracuje s předchozím informačním panelem, je umístěna za ním, v minimální vzdálenosti 100m, od dalších značek 50m.

Jedná se o varovný systém zhoršení sjízdnosti na dané komunikaci. Symbol výstražné značky je zobrazen bílými a červenými LED diodami. Dodatkové tabule vždy jen bílými, výška písma je 160 mm. Každý znak má svou samostatnou matici. Vzdálenost zobrazení je od 100 m do 5500 m, vždy zaokrouhlená na stovky metrů. Pro výstražné signály se využívají žluté LED diody. Dopravní značení je vždy ve výšce 2,5 až 3 m na pozemní komunikaci. Kvóty pro následující obrázek jsou: V jsou shodné, minimální hodnota je 40 mm. X jsou shodné, minimální hodnota je 130 mm. Y jsou shodné, minimální hodnota je 70 mm. Z jsou shodné, minimální hodnota je 85 mm. [19]

Obr. 4.5 Pozemní dopravní značení- Meteo [XI]



4.2.6. Výběr vhodného zobrazovače

Pro svou práci jsem si vybral informační varovný systém zhoršení sjízdnosti na dané komunikaci, popisovaný v předchozích dvou kapitolách. Jedná se tedy o Zařízení pro provozní informace - Teploměr a Pozemní dopravní značení - Meteo, každý tento zobrazovací panel bude napájen vlastním fotovoltaickým panelem.

Technické parametry:

Zařízení pro provozní informace - Teploměr:

Čitelnost panelu je až na vzdálenost 130 m, intenzita jasu se nastavuje automaticky podle senzoru osvětlení umístěného na horní hraně displeje; panel disponuje připojením k dvěma teplotním čidlům; radiovysílač s teplotními údaji; napájecí napětí je 24 V, napájecí kabel je připojen přes elektrický měnič z baterie, která vydává 12 V a měnič napětí z něj vytváří 24 V, tento měnič zároveň chrání

baterii před poškozením tím, že v případě vybitého stavu baterie ji od displeje odpojí; udávaný příkon je 70 VA; spotřeba panelu do 300 Wh/den.

O proces řízení a synchronizace jednotlivých komponentů se stará řídicí jednotka dodávaná s displeji. Ta řídí výstup z čidel a zapisování údajů na displej, jas displeje a odesílání údajů na druhou zobrazovací stanici. [38]

Pozemní dopravní značení – Meteo:

Čitelnost panelu je až na vzdálenost 130m, intenzita svitu se nastavuje automaticky podle senzoru osvětlení umístěného na horní hraně displeje; přijímač radiosignálu s teplotními údaji; napájecí napětí je 24 V, napájecí kabel je připojen přes elektrický měnič z baterie, která vydává 12V a měnič napětí z něj vytváří 24 V, tento měnič zároveň chrání baterii před poškozením tím že v případě vybitého stavu baterie ji od displeje odpojí ; udávaný příkon je 100 VA; spotřeba panelu do 300 Wh/den.

O proces řízení a synchronizace jednotlivých komponentů se stará řídicí jednotka dodávaná s displeji. Ta řídí příjem dat z radiostanice a dle vyhodnocení z nastavení řídicí jednotky spustí či nespustí výstražné dopravní značení. Dále má na starost jas displeje. [38]

5. Výpočet spotřeby zobrazovací jednotky

Jak bylo řečeno v předchozích kapitolách, zobrazovací jednotku bude tvořit technologie SMD LED diod, která se jeví jako nejpravděpodobnější zdroj světelných signálů na příštích několik let, a už v současné době se začíná v praxi uplatňovat. V předchozí kapitole jsem ukázal tři hlavní informační panely, které využívá Ředitelství silnic a dálnic ČR na našich pozemních komunikacích. Jedná se tedy o značku s piktogramem a dvěma signalizačními světly, viz typ E, poté informační panel typu F, který je maticového charakteru a zobrazuje hlavně písmena velké a malé abecedy. Nakonec informační tabuli typu teploměr.

Přesné uspořádání, typ a počet LED diod je věcí vždy daného dodavatele, který je povinen dodržet rozměry udané v předchozí kapitole. Z tohoto důvodu si nyní vezmu vzorovou diodu, která by se mohla vyskytovat u bezpečnostních reflektorů, ukážu hodnoty, které jsou pro výpočet zásadní. Pro tento příklad jsem si vybral diodu od firmy BRIDGELUX s typovým označením BXRA-56C0700-A-00. Účinnost této diody udává výrobce jako 118 lm/W. Jedná se o více jednotlivých LED diod uspořádaných do řady, jak je u tohoto typu obvyklé. [24]

Nejdůležitějšími elektrickými parametry jsou:

Napětí v propustném směru: $U_f=18,1$ V

Proud v propustném směru: $I_f= 350$ mA

Maximální výkon: $P_d= 6,6$ W

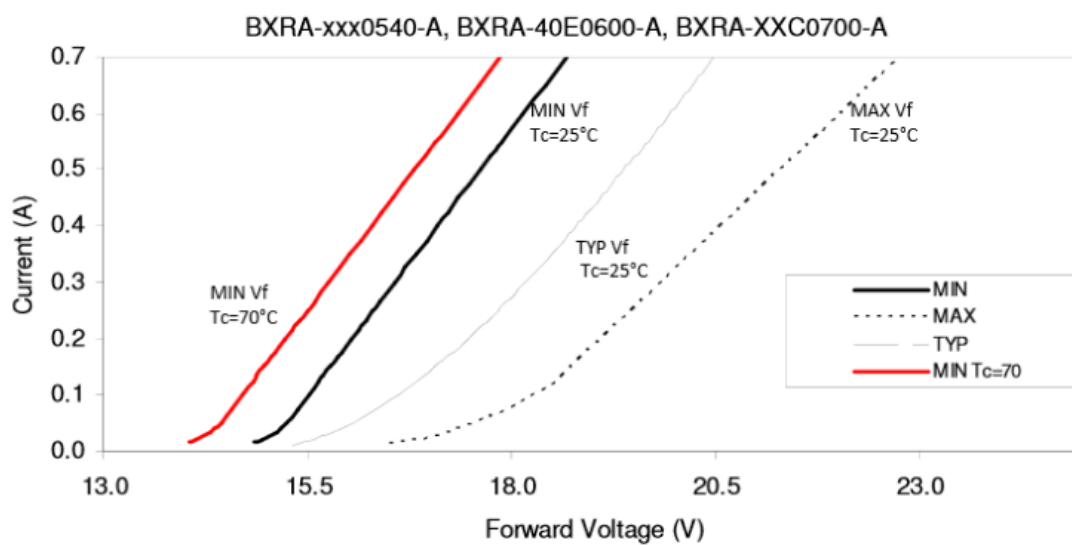
Obr. 5.1. LED dioda BXRA-56C0700-A-00 [XII]



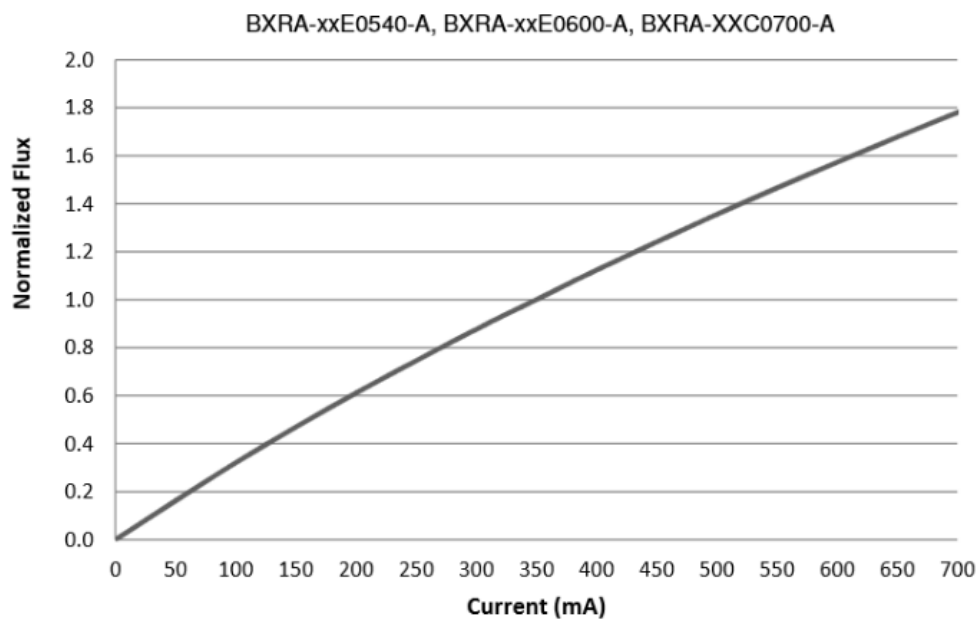
5.1. Možnosti napájení

Jedním ze dvou hlavních vstupních parametrů pro spotřebu, je napětí přivedené na spotřebič, v našem případě je toto napětí určováno voltampérovou charakteristikou. Charakteristika udává, že již relativně malá změna napětí způsobí velkou změnu proudu, což je druhý hlavní parametr spotřeby. Hlavní nárůst je způsoben po překročení ohybu, okolo prahového napětí. Proud, který prochází diodou, je pro její funkci zásadní, ale zároveň kritický, takže již malá změna napětí může diodu nevratně poškodit. V současné době se vyrábějí i diody, které mají charakter téměř lineární, jedná se hlavně o vysoce svítivé LED. Pro ně je možnost napěťového napájení, např. z charakteristiky odečteme proud 250 mA, čemuž odpovídá určité dané napětí. V takové situaci si ovšem musíme uvědomit, že i některé další vlastnosti ovlivňují životnost LED diod, hlavním dalším parametrem je provozní teplota. Tento parametr je znázorněn v další charakteristice na obr. 5. 2. a to ke konkrétní vybrané LED. Hlavním parametrem, který toto ovlivňuje, je posuv charakteristiky se změnou teploty nebo technologický rozptyl parametrů. Tyto diody je vhodné napájet konstantním zdrojem proudu a to tak, aby dioda pracovala v rozmezích pracovních výkonů. Faktor, který jako další ukazuje na lepší podmínky při napájení diody proudovým zdrojem, je závislost mezi světelným tokem a proudem diodou, která by měla vykazovat přímou úměru. Tento fakt je patrný z obr. 5.3 [24]

Obr. 5.2. Charakteristika LED dioda BXRA-56C0700-A-00 [XIII]



Obr. 5.3 Závislost normálového světelného toku na proudu tekoucím diodou [XIV]



5.2. Vzorce pro výpočet

Základní vztahy pro výpočet spotřeby:

Vzorec pro výpočet spotřebované elektrické energie:

$$W = U * I * t \text{ [kWh]} \text{ nebo } W = P * t \text{ [kWh]}$$

Výkon elektrického spotřebiče:

$$P_0 = \frac{W}{t} \text{ [W]}$$

Tyto udávané vzorce jsou univerzální, spočítat se takto dá jak naše jedna dioda, tak celý informační panel.

Dle konzultace se zástupcem Ředitelstvím silnic a dálnic ČR jsem zjistil, že průměrná hodnota spotřeby u informačních světelných tabulí je okolo 1 kWh/den. Jedná se však o velké informační tabule typu F, které jsou umístěny nad celou vozovkou. Na základě teoretického rozboru jsem udělal odhad pro informační panely v mojí práci, každý ze zobrazovacích panelů mě neměl překročit hodnotu 300 Wh/den. Pokud bychom tvořili opravdovou zakázku, výrobce by nám údaj výkonu společně s dalšími technickými prvky dal, dle svých výpočtů pro konkrétní druhy diod, které používá. Tyto výpočty bychom tedy u reálné zakázky počítat nemuseli.

6. Určení parametrů fotovoltaického panelu s ohledem na spotřebu a místní lokalitu

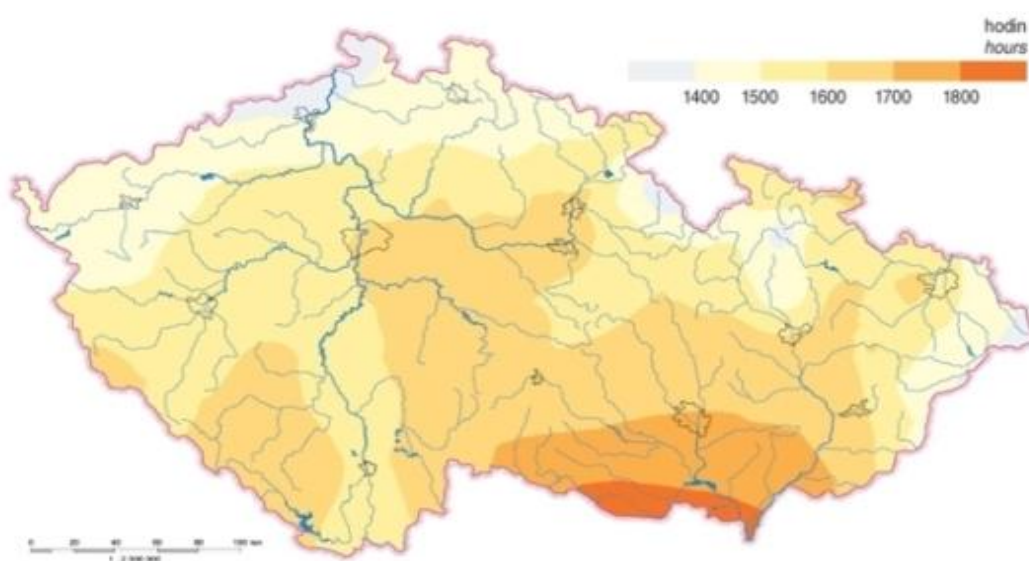
Jak jsem uvedl na konci minulé kapitoly, velké informační tabule typu F mají jak velkou spotřebu, tak velký výkon. Tento typ tabulí se spíše hodí do míst s velkou hustotou a velkou intenzitou dopravní sítě. Jedná se o silnice 1. třídy nebo dálnice, na kterých je přivedena středním dělicím pruhem rozvodná síť a s napájením tedy není problém. [19]

Pro moji práci je tedy mnohem zajímavější použít panely informující o stavu teploty vozovky a okolního vzduchu a umístit ji do vyšších nadmořských výšek v úsecích silnic 2. a 3. třídy, kde budou sloužit jako varovný systém zhoršení sjízdnosti na dané komunikaci.

6.1. Určení polohy fotovoltaického panelu

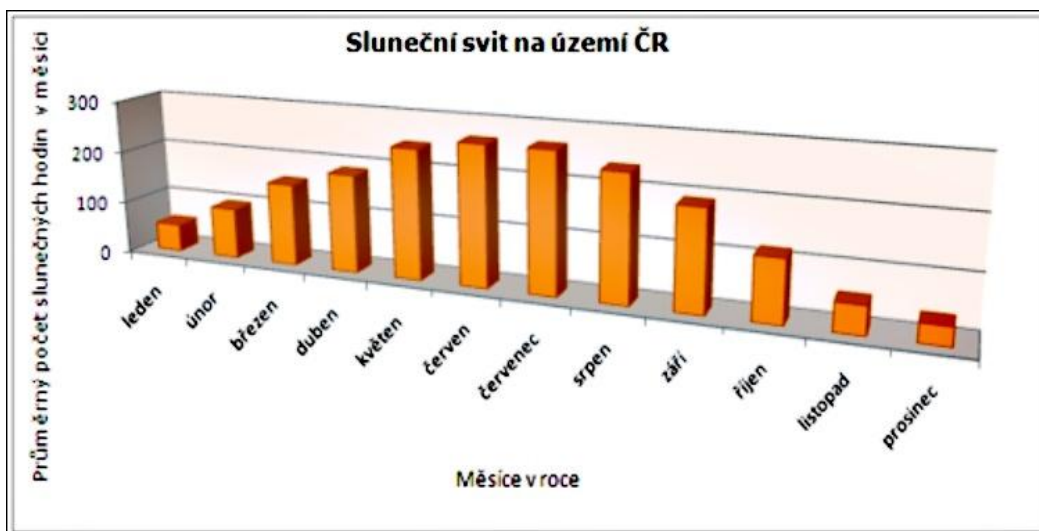
Informační stanice spolu s fotovoltaickým panelem bude umístěna na území České republiky. Nejlepším místem pro fotovoltaické napáječe je Morava, konkrétně Jihomoravský kraj, kam dopadá největší intenzita slunečního svitu viz. obr. 6.1 a zároveň je v tomto území největší doba trvání slunečního svitu u nás. [13]

Obr. 6.1 Intenzita dopadajícího slunečního svitu na ČR [XV]



Dalším důležitým parametrem, který je třeba vzít v úvahu, je průměrný počet slunečních hodin v konkrétních měsících. Zde na obr.č 6.2 je ukázán graf ze kterého musíme vycházet při určování potřebných baterií pro naší stanici.

Obr. 6.2 Sluneční svit v hodinách na území ČR [XVI]



Z obrázku je patrné, že v letních měsících nebude problém naší stanici udržet, a to i s menší plochou fotovoltaického panelu. Problém bude nastávat v zimních měsících, hlavně od listopadu do února kdy bude panel nejvíce potřebný a zároveň bude nejméně slunečných hodin. Díky tomuto kritériu je jasné, že budeme muset fotovoltaický panel lehce předdimenzovat, aby ani v zimních měsících nedocházelo k výpadkům naší stanice. [13]

6.2. Určení spotřeby zobrazovací jednotky

Určení spotřeby mnou vybraných informačních panelů je značně problematické, jelikož žádná z oslovených agentur mi nebyla ochotna poskytnout přesné technické parametry jejich zobrazovačů. Mohu proto vycházet pouze z informací od technického úseku Ředitelství silnic a dálnic ČR. Dle jejich údajů, je průměrná spotřeba velkého informačního panelu typu F okolo 1kWh. Panel zobrazující teplotu má ovšem pouze 2 řádky, a to na teplotu silnice a okolního vzduchu. Je ovšem potřeba aby fungoval nepřetržitě. Druhý informační panel je sice o něco větší, ale zapíná se, až na pokyn řídicí jednotky z meteorologické stanice, kam je

zapojen společně s informační tabulí o teplotě. Mnou udělaný odhad na denní spotřebu panelů by neměl překročit hodnotu 300 Wh /den.

6.3. Výkon poskytnutý fotovoltaickým panelem

Výkon solárního panelu je značně ovlivněn proměnlivostí počasí, jelikož při zatažení oblohy „hustými mraky“ klesne výkon panelu na 10-15% z maximálního výkonu za slunečného dne.

Fotovoltaický panel nastavím na sklon udávaný jako ideální pro zimní měsíce, a to 45° směrem na jih. Tento druh náklonu je výhodnější pro zimní měsíce. Pro léto optimální sklon 35° nepoužijeme schválně, neboť počet slunečních hodin je mnohem více než v zimě a tak ztráta způsobená náklonem bude vykompenzována počtem slunečních hodin. [1]

Př:

Pro představu uvádím tabulku množství elektrické energie, které je schopen vyprodukovat fotovoltaický panel o výkonu 100W denně.

Tab. 1 Fotovoltaický panel malých rozměrů [1]

Elektrina vyrobená FV systémem v konfigurácii: Nominálny výkon=0.1 kW, Straty systému=0.0%		
náklon=35 °, orientácia=0 °		
Mesiac	Výroba za mesiac (kWh)	Výroba za deň (kWh)
Jan	3.6	0.12
Feb	5.5	0.20
Mar	8.9	0.29
Apr	11.2	0.37
Máj	13.6	0.44
Jún	12.7	0.42
Júl	14.0	0.45
Aug	12.8	0.41
Sep	9.4	0.31
Okt	8.0	0.26
Nov	3.6	0.12
Dec	2.5	0.08
Ročný priemer	8.8	0.29
Celková ročná výroba (kWh/rok)		106

Tyto údaje byly vyprodukovány při následujících podmínkách:

Země: Česká republika

Město: Olomouc

Fotovoltaický panel – s výkonem: 100Wp (0,1kWp)

Orientace panelů: jižně

Sklon panelů: 35°

Předpokládaná účinnost panelů: 16% [28]

6.4. Vybraný fotovoltaický panel

Fotovoltaický panel jsem vybral od české společnosti Solar-Lintech.

Mnou vybraný panel je z řady LS Premium.

Zaručuje: vysoký výkon a účinnost, kvalitní konstrukci a systém kontroly.

Konkrétní vybraný model je 60M (mono), jedná se o panel osazený monokrystalickými články s technologií 3-BUS, která má účinností až 19,6%. Jedná se o nejvýkonnější variantu s výkonem 280W. Tento panel osazený 60ti články pokryje požadovanou denní spotřebu i s potřebnou rezervou pro případné zhoršení povětrnostních podmínek (než je v rámci statistiky předpokládáno).

Tyto panely budou umístěny u každého informačního panelu a připojeny přes řídicí elektroniku k bateriím, které budou napájet zobrazovač i v případě výpadku slunečního svitu.

Technické parametry:

Tab. 2 Parametry fotovoltaického panelu [III]

Jmenovité napětí	P_{max}	250 W
Jmenovité výkon	U_{mpp}	30, 85 V
Jmenovité proud	I_{mpp}	8,12 A
Napětí na prázdno	U_{oc}	38 V
Proud na krátko	I_{sc}	8,53 A

I když je tento panel ideální pro své technické vlastnosti a parametry, naskytá se nám tu problém z výstupních hodnot panelu, a vstupních pro baterii. Tento problém musí vyřešit řídicí elektronika, kterou v našem případě zastupuje MPPT měnič. Měnič MPPT má vestavěný vysokofrekvenční DC-DC měnič, který umožňuje změnit vstupní stejnosměrné napětí na vysokofrekvenční střídavé napětí, následně napětí znovu změní na stejnosměrné napětí, ale s jinou, než vstupní velikostí, změní se jak hodnota napětí, tak hodnota proudu. To znamená, že pokud přivedeme vyšší napětí, než je pro baterii ideální, měnič toto napětí upraví společně s proudem, a to tak, aby neustále dosahoval maximálního nabíjecího bodu. V případě přebytku energie se baterie odpojí a přepojí se rovnou na napájení zobrazovací jednotky. [28]

Při výběru vhodného panelu jsem měl mnoho nejrůznějších variant. Možnosti zahrnovaly jak zahraniční tak tuzemské výrobce. Tuzemského výrobce jsem upřednostnil z důvodů rychlejších oprav, možnosti pravidelné kontroly a snadnější domluvě.

Při výběru jednotlivých typů panelů jsem měl taktéž řadu různých možností, jaké bych mohl použít. Například menší panely o příkonu 100 W a výstupním napětí 12 V. Tato varianta by byla na první pohled ideální, jelikož bych nepotřeboval měnič napětí před baterii, a v paralelní kombinaci tří panelů bych tak dostal požadovaný výkon.

Uvedený FV panel jsem si ovšem vybral vzhledem k mnoha dalším požadavkům. Předpokladem této stanice je dlouhá životnost a materiály, způsob výroby a kvalitní konstrukce nám zaručuje, že panely LS Premium jsou ty nejkvalitnější, které nám zaručí dlouhou životnost a nejvyšší možnou účinnost. Dále použitý MPPT měnič není jenom obyčejným DC-DC měničem, ale zároveň nám prodlužuje životnost baterie. Hlavní důvody tohoto tvrzení jsou dva- tento měnič je schopen i při neustálém kolísání výstupního napětí z FV panelu napětí pro vstup do baterie korigovat a udržovat na přibližně stejné úrovni dlouho dobu, takže se dá nabíjecí napětí a proud považovat za konstantní což baterii prospívá. Druhou věcí je schopnost odpojení přívodu napětí do baterie při jejím plném nabití. Právě toto jsou některé z hlavních důvodů, proč jsem si vybral právě panely LS Premium 60M (mono). [10]

7. Výběr vhodného akumulátoru

Využívání solární energie má mnoho výhod, ovšem i zde najdeme prvky, které jsou nevýhodné a mohou způsobovat problémy v masové aplikaci této technologie. Jednou z nevýhod je nerovnoměrnost slunečního svitu v průběhu dne. V noci, kdy většinou potřebujeme nejvíce energie na svícení, ji nemůžeme vyrábět vůbec. Na druhou stranu v jasném a slunečném odpoledni máme energie přebytek. Tento problém řešíme tzv. akumulací energie do akumulčních článků. Akumulace elektrické energie do akumulátoru ovšem nemá význam ve velkém měřítku, pojme jen relativně malé množství energie vzhledem k rozměrům.

Průběh nabíjení probíhá pomocí nabíjecího proudu z jiného zdroje energie. Elektrická energie se poté mění na chemickou energii. Při opačném průběhu, průběhu vybíjení, se z akumulované chemické energie opět stává energie elektrická a baterie ji do elektrického zařízení dodává.

7.1. Historie akumulátorů

V 17. a 18. století začíná prvotní rozkvět zkoumání elektrické energie a tím i hledání elektricko-chemických zásobníků energie. Prvními pokusy se zabýval Alessandro Volta (1745–1827) a Luigi Galvani (1737–1798), jejichž jména si připomínáme dodnes a úpravu jmen v podobě „volt“ a „galvanický článek“ známe všichni. První pokus o akumulátor, který můžeme brát vážně, je z roku 1800 Voltův sloup. Jednalo se o první funkční akumulátor sestavený ze střídavě uspořádaných měděných a zinkových destiček, které byly vždy od sebe izolovány látkou napuštěnou v kyselině. A. Volta přišel na to, že určité kapaliny jsou vodivé vzhledem k chemickým reakcím mezi kovy a že díky tomu, vytvářejí elektrickou energii.

K větší výrobě v sériové podobě dochází již roku 1802 a to díky práci chemika Dr. Williama Cruickshanka. Ten vytvořil uzavřenou a cementem utěsněnou bednu, do níž umístil několik rozměrově stejně velkých měděných a zinkových destiček; a bednu naplnil solankou. Pořád se ovšem jednalo o nedobíjecí baterie. Přelom nastal roku 1859, kdy se francouzskému fyzikovi Gastonu Planté povedlo

vyzkoušet kombinace vodivých destiček a zředěné kyseliny sírové. Tato základní myšlenka se uplatňuje do současné doby například v autobateriích. [25]

7.2. Trakční baterie

Trakční baterie se vyznačují vysokou cyklickou odolností, a proto jsou vhodné pro náš samostatný fotovoltaický napáječ. Rozdělují se na dva základní typy:

- 1) Baterie olovnaté - údržbové
- 2) Baterie gelové a AGM – bezúdržbově [29]

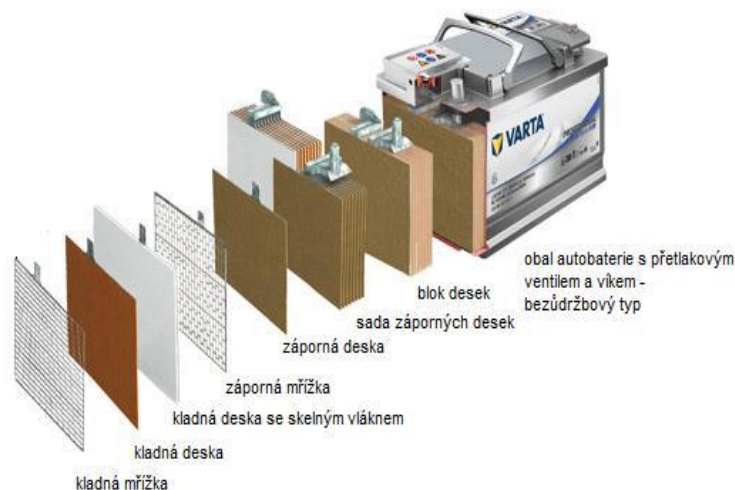
7.2.1. Olovené akumulátory

Baterie olovnaté jsou standardní baterie používané například v automobilech. Jejich schopnost udržovat elektrickou energii je dána roztokem kyseliny sírové a vody, tuto látku nazýváme elektrolyt a společně s olovenými deskami je základním prvkem baterie. Tato kombinace látek a materiálů je jistě brilantním spojením a umožnila mnohé velké věci v technice a vědě. Zároveň však to je kamenem úrazu těchto baterií. O baterie musíme pečovat v mnoha směrech, i když už vydrží i mnohem horší podmínky než dříve, pořád se jedná o údržbový typ baterií. Problém, kterému musíme čelit, je vlastnost samovybíjení. Při slabém stavu baterie dochází k ničení životnosti baterie. Pokud nastane případ hlubokého vybití a ponechání baterie v mrazu, může elektrolyt zmrznout. Vždy při údržbě je potřeba zkontrolovat hladinu elektrolytu a případně ji dolít destilovanou vodou. Pokud baterii delší čas nepoužíváme, je ideální, odpojit ji od přívodních kabelů a udržovat v pilotním rozmezí 5-15°C a každý půl rok ji dobít do plného stavu. Základní pravidlo pro používání tohoto typu akumulátoru je, udržovat ho pokud možno stále v nabitém stavu. Pokud jej vybíjíme, tak se snažíme vyvarovat hlubokému vybití. To znamená, že ideální pro správný stav používání těchto baterií je v průběhu vybíjení baterii taktéž nabíjet, nejčastěji k tomu využíváme alternátor. Tento typ baterie proto není vhodný pro moji práci. [30]

7.2.2. Baterie s technologií AGM, GEL, EFB

V předchozím odstavci jsem uvedl klasickou baterii, která se s malými změnami používá již řadu let, avšak trpí značným množstvím problémů, spojených s potřebou zásahu člověka. V předchozích letech byly proto vyvinuty i jiné baterie, které se snaží tyto problémy odstranit. Uvedeme si tu tři základní technologie, které se začínají značně uplatňovat v běžném provozu. První dva zástupci technologie AGM a GEL, jsou do značné míry podobní, a tak si nejprve uvedeme jejich společné znaky. Jedná se o typ VRLA akumulátorů, což znamená, že tyto akumulátory jsou řízeny ventilem. Tento ventil je také použit k přepustí přetlaku z uvolněných plynů kyseliny, která je uvnitř, ale díky ventilu nemůže dojít k uniku elektrolytu. Jedná se o bezúdržbový typ akumulátorů. U předchozího modelu baterie je nutné dolévat destilovanou vodu k udržení optimální hladiny elektrolytu. Zde se tento problém řeší principem kyslíkové rekombinace, a tak ani nemáme možnost do baterie vstoupit. Baterie se také vyznačují tím, že jsou výkonnější při menší váze a velikosti. [31]

Obr. 7.1 Schéma stavby baterie [XVII]



7.2.2.1. Technologie AGM

Jedná se o technologii, která neobsahuje elektrolyt v klasické tekuté formě. Elektrolyt je nasátý v netkané tkanině ze skelných vláken. Jedná se o velice výkonné baterie, jejichž nabíjecí charakteristiky jsou vynikající. Díky čemuž je umožněno mnohem rychlejší nabíjení ve vybitém stavu, a jsou odolnější při

cyklickém nabíjení. Jedná se o absolutně bezúdržbový typ baterii, ze kterých nemůže elektrolyt vytéct a proto je jejich provoz, skladování i přeprava bezpečné. Využívají se pro náročné aplikace. [31]

7.2.2.2. Technologie GEL

Rozdíl mezi předchozí technologií je v elektrolytu. Konstrukčně se spíše podobá klasickým autobateriím, i gelové akumulátory obsahují soustavu kladných i záporných elektrod. Tentokrát je elektrolyt vázán na křemičitý gel, což má řadu výhod. Hlavní výhodou je provozní teplota, vyšší kapacita při zachování nízké hmotnosti a hlavně velice nízká hodnota samovybíjení. Jedná se o bezúdržbovou a provozně bezpečnou baterii. [31]

7.2.2.3. Technologie EFB

Jedná se konstrukčně klasický typ baterie, tedy s tekutým elektrolytem. Tento typ je na rozdíl od předchozího, vylepšen hlavně v tom, že velice dobře zvládá rychlé cyklické vybíjení a nabíjení. Delší životnosti a bezproblémovému zvládnutí cyklického nabíjení a vybíjení je dosaženo technologií, kde je speciální separátor z polyesterových vláken a silnější desky elektrod. [31]

7.3. Solární gelový akumulátor

Pro mou práci jsem si vybral speciální typ solárních gelových akumulátorů, tzn. technologie GEL. Solární gelové akumulátory byly navrženy speciálně pro ostrovní fotovoltaické systémy. Mezi jejich hlavní výhody patří bezúdržbový provoz, dlouhá životnost (až 12 let), vysoká odolnost proti mechanickému poškození a hlubokému vybití a dále velký rozsah pracovních teplot. Další velkou výhodou proti jiným typům je množství cyklů vybíjení a nabíjení. Proto jsou nejpoužívanější pro úplně bezúdržbové fotovoltaické elektrárny. [37]

Solární gelový akumulátor plně vyhovuje potřebám pro tento projekt samostatného fotovoltaického napáječe.

Technické údaje: Pro každou zobrazovací jednotku použijí dvě paralelně zapojené baterie.

Typ baterie: Gelová baterie FG-Forte FG12-200DG 12V / 200Ah

Teploty: vybíjení od -40°C do $+60^{\circ}\text{C}$, nabíjení od 20°C do $+50^{\circ}\text{C}$, skladování od -40°C do $+60^{\circ}\text{C}$; maximální životnost baterie je 12 let; hmotnost 60 kg; typ konektoru F14 [40,26]

Tento akumulátorový blok tvořený dvěma bateriemi jsem vybral s ohledem dostatečné kapacitní rezervy za předpokladu špatného počasí v zimních měsících. Kapacita baterie je dostatečná, aby napájela celou sestavu několik dní bez potřeby dobíjení.

8. Závěr

Fotovoltaické panely jsou velice zajímavou alternativou při řešení lokálních problémů a tak jsem se v průběhu práce rozhodl pro konkrétní informační jednotky, které mají řidiče upozorňovat na nastávající nebezpečí. Bakalářskou práci jsem splnil použitím dvou FV panelů LS Premium 60M (mono), bateriovým blokem tvořeným čtyřmi gelovými bateriemi FG-Forte a informační zobrazovací jednotkou typu Meteo a Teploměr. Jelikož jsem zvolil řešení jako plně samostatnou jednotku, je možno jí použít jako stacionární nebo také na přívěs, který Ředitelství silnic a dálnic ČR běžně používá pro přepravu značek na staveniště. Jednotka je zkonstruována tak aby se dala jednoduše a opakovaně rozmontovat a smontovat a byla tak kdykoliv připravena k přemístění na potřebné stanoviště. Na stanovišti je možno jí opatřit uzamykatelnou kovovou konstrukcí. Tímto způsobem mnohonásobně zvětšíme potenciál celé soustavy, jelikož ji můžeme používat kdekoliv, kde není možné připojit takovéto zařízení na elektrickou síť. Jelikož každý informační panel pracuje jako samostatná stanice, není problém, po malé úpravě v řídicí jednotce, tyto panely od sebe oddělit a používat každý zvlášť na jiném stanovišti.

V předcházejících sedmi kapitolách jsem se snažil ukázat a vysvětlit fungování fotovoltaického děje, jehož energie je plně využita pro zobrazovací děj. Celý proces je ovlivněn mnoha vlivy, a to jak vlivy vnějšími tak vnitřními. Vnější vlivy jsem popisoval hlavně v kapitole 3. jako vlivy prostředí na FV článek a v kapitole 6. při určování parametrů FV panelu. Musíme si ovšem uvědomit že meteorologické vlivy a znečištění ovzduší nejsou jediné záležitosti, které způsobují problémy. Největším nepřítelem pro každý článek řetězce je čas. Proces stárnutí je nedílnou součástí každého prvku. Zastarávání a opotřebování je největším problémem u bateriového bloku kde se musí nejvíce hlídat, jelikož klesající kapacita může značně a negativně ovlivnit celou sestavu. Zároveň i LED diody v zobrazovací jednotce mají jen určitou životnost a neustálá změna teploty neprospívá žádnému z prvků, a tudíž i FV panel se musí jednou za čas zkontrolovat.

Negativní vnitřní vlivy ovlivňující fungování procesu jsem záměrně minimalizoval použitím kvalitních komponentů a to jak hlavních- FV panel, baterie, informační panel, tak i doplňujícími mezi prvky u kterých bylo základem správné navázání na předešlé i nadcházející členy řetězce, a to všemi fyzikálními i elektrickými veličinami. Důraz byl kladen na správné vstupní i výstupní napětí všech členů a další fyzikální parametry.

Tímto způsobem jsem dosáhl prakticky použitelné řešení pro mobilní informační jednotku určenou převážně na silnice druhé a třetí třídy.

9. Použitá literatura

[1] LIBRA, Martin a Vladislav POULEK. Fotovoltaika: teorie i praxe využití solární energie. 2., dopl. vyd. Praha: Ilsa, 2010, 165 s. ISBN 978-809-0431-157.

[2] BENDA, Vítězslav, Kamil STANĚK a Petr WOLF. Fotovoltaické systémy: Učební texty k semináři [online]. VUT v Brně: Ústav automatizace a měřicí techniky, 15.4.2011 [cit. 2015-04-04].

[3] MATOUŠEK, David. Práce s inteligentními displeji LCD. 1 vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006, 222 s. ISBN 80-730-0121-7.

[4] CENEK, Miroslav. Akumulátory a baterie. Vyd. 1. Praha: STRO.M, 1996, 149 s. Elektro

[5] HÄBERLE, Gregor. Elektrotechnické tabulky pro školu i praxi. vyd. 1. Praha: Europa-Sobotáles, 2006, 459 s. ISBN 80-867-0616-8.

[6] Orbit Merret [firma]. 2012. Panelové měřicí přístroje, sloupcové zobrazovače, velkoplošné displeje, převodníky na lištu: Katalog 2012 Praha: Orbit Merret.

Elektronické zdroje literatury:

[7] LIBICH, Jan. Základní kámen každého foťáku. Jak vzniká obraz v objektivu. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: http://technet.idnes.cz/zakladni-kamen-kazdeho-fotaku-jak-vznika-obraz-v-objektivu-pan-tec_foto.aspx?c=A071025_103506_tec_foto_jlb

[8] LIBRA, Martin, Jan ŠTĚRBA a Ilona BLÁHOVÁ. *Fyzikální podstata světla* [online]. Praha [cit. 2014-011-04]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní. Dostupné z :<http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/fyzikalni-podstata-svetla--16967>

[9] *Fyzikální podstata fotovoltaické přeměny solární energie* [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/fyzikalni-podstata-fotovoltaicke-premeny-solarni-energie--16346>

- [10] Solar- Lintech: Výrobce fotovoltaických panelů a dodavatel solární technologie. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.lintech-solar.cz/>
- [11] BECHNÍK, BAŘINKA a ČECH. *Analýza životního cyklu fotovoltaických systémů* [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika/ziv-cyklus>
- [12] RUDOLF, Ladislav. Solární elektrárny. [online]. Ostravská univerzita v Ostravě, Pedagogická fakulta, Mlýnská 5, Ostrava, 701 03 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.nuov.cz/kurikulum/solarni-elektrarny>
- [13] Energetická soběstačnost. ENERTEC SOLUTIONS, s.r.o. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.enertec.cz/teorie>
- [14] Energetická návratnost fotovoltaických systémů v podmínkách ČR. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/zpravy-z-tisku/energeticka-navratnost-fotovoltaickych-systemu-v-podminkach-cr>
- [15] Krize fotovoltaiky. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/krize-fotovoltaiky/>
- [16] Solar exper. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.solar-expert.cz/Solarni-mini-panely.html,kat,64>
- [17] VANĚČEK, M. *Přeměna sluneční energie v energii elektrickou* [online]. Fyzikální ústav Akademie věd ČR [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.fzu.cz/popularizace/premena-slunecni-energie-v-energii-elektrickou>
- [18] Historie a vývoj LCD. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.lcd-monitory.net/historie/>
- [19] Ředitelství silnic a dálnic ČR: Informační zobrazovací panely. [online]. [cit. 2015-04-05]. Dostupné z: <http://www.rsd.cz/>
- [20] Zobrazovací jednotky počítačů. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: http://uvp3d.cz/dum/?page_id=2639%20%E2%80%93%20zobrazovac%C3%AD%20jednotky

- [21] Techbox: technologie displejů. [online]. [cit. 2015-04-05]. Dostupné z: <http://mobilenet.cz/clanky/techbox-technologie-displeju---je-lepsi-tft-nebo-amoled-11330>
- [22] Velkoplošné LED obrazovky. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.ledobrazovky.cz/zakladni-informace/jak-funguje-led-obrazovka>
- [23] Technologie LCD panelů. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.svethardware.cz/technologie-lcd-panelu/14465>
- [24] Súčiastky a komponenty pre elektroniku. [online]. [cit. 2015-04-05]. Dostupné z: <http://www.epcs.sk/sk/262160/bridgelux-bxra-56c0700-a-00-led-standardne-12621160>
- [25] Historie akumulátorů. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-423BB7EB3C262F43/fronius_ceska_republika/hs.xsl/28_8177.htm#.VQQyQo7vLKF%20%E2%80%93%20historie%20akumul%C3%A1tor%C5%AF
- [26] Solární gelový akumulátor 200Ah. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://solarni-panely.cz/e-shop/solarni-akumulatory/solarni-gelovy-akumulator-200ah>
- [27] GEL technologi. FG FORTE. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.fg-forte.cz/cz/kategorie/gelove-akumulatory.aspx>
- [28] Solární ostrovní systém. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.solarnimoduly.cz>
- [29] TRAKČNÍ BATERIE, SOLÁRNÍ BATERIE. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://eshop.tza.cz/trakcni-baterie>
- [30] Battery import. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.battery-import.cz/navody/>

- [31] Technologie AGM, GEL, EFB. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z :http://www.autobaterie-pema.cz/cs/technologie-agm-gel-efb.html#.VQVm_47vLKE
- [32] Displeje. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z :
<http://www.odbornecasopisy.cz/>
- [33] Velkoplošné obrazovky na bázi diod LED. KOTEK, Jaroslav. LEUROCOM. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z :
http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=23237 velkoplošné led diody
- [34] Velkoplošné informační panely. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z :
<http://www.eltodo.cz/index.html>
- [35] Historie LED diody. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z :
http://www.osram.cz/osram_cz/novinky-a-znalosti/led-domov/technicke-informace/zakladni-prehled-led/historie-led/index.jsp
- [36] *LED diody* [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z :
<http://popular.fbmi.cvut.cz/elektrotechnika/Stranky/LED%20diody.aspx> Popular. ČVUT fakulta biomedicínského inženýrství.
- [37] Technologie LED žárovek. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z :
<http://www.ledtip.cz/cz-clanky-4.html>
- [38] Solární panely, solární systémy. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z :
<http://www.solar-trackers.com/cz/>
- [39] LED informační panely. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z :
<http://www.mobatime.cz/katalog/led-informacni-panely>
- [40] Trakční, solární, staniční, startovací baterie. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z : <http://www.bch-battery.cz/>

Seznam obrázků

Obr.:3.1 Elektromagnetická vlna [I]	6
Obr. 3.2 Oblasti spektra elektromagnetického záření [II].....	7
Obr. 3.3 Oběžná dráha Země kolem slunce [III].....	8
Obr. 3.4 Oběžná dráha kolem slunce [IV]	9
Obr. 3.5 Skladba vrstev FV panelu [V].....	11
Obr. 3.6 Intenzita slunečního svitu nad ČR [VI].....	12
Obr. 4.1 Princip činnosti LCD displeje [VII].....	16
Obr. 4.2 Dopravní značka typ E [VIII] (rozměry udávané v mm).....	22
Obr. 4.3 Zřízení pro provozní informace typ F [IX] (rozměry udávané v mm)	23
Obr. 4.4 Zřízení pro provozní informace- Teploměr [X].....	24
Obr. 4.5 Pozemní dopravní značení- Meteo [XI]	25
Obr. 5.1. LED dioda BXRA-56C0700-A-00 [XII]	27
Obr. 5.2. Charakteristika LED dioda BXRA-56C0700-A-00 [XIII].....	29
Obr. 5.3 Závislost normálového světelného toku na proudu tekoucím diodou [XIV]	29
Obr. 6.1 Intenzita dopadajícího slunečního svitu na ČR [XV].....	31
Obr. 6.2 Sluneční svit v hodinách na území ČR [XVI]	32
Obr. 7.1 Schéma stavby baterie [XVII]	38

Seznam tabulek

<i>Tab. 1 Fotovoltaický panel malých rozměrů [I].....</i>	<i>33</i>
<i>Tab. 2 Parametry fotovoltaického panelu [II]</i>	<i>34</i>

Seznam literatury obrázků

[I]; [II] LIBRA, Martin, Jan ŠTĚRBA a Ilona BLÁHOVÁ. *Fyzikální podstata světla* [online]. Praha [cit. 2015-04-04]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/fyzikalni-podstata-svetla--16967>

[III]; [IV] BENDA, Vítězslav, Kamil STANĚK a Petr WOLF. Fotovoltaické systémy: Učební texty k semináři [online]. VUT v Brně: Ústav automatizace a měřicí techniky, 15. 4. 2011 [cit. 2015-04-04].

[V] Skladba panelu s krystalickými křemíkovými články. [online]. [cit. 2015-04-05]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/5470-historie-a-perspektivy-oze-fotovoltaika-technologie-krystalickeho-kremiku>

[VI] [XVI] Energetická soběstačnost. ENERTEC SOLUTIONS, s.r.o. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.enertec.cz/teorie>

[VII] Zobrazovací jednotky počítačů. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: http://uvp3d.cz/dum/?page_id=2639%20%E2%80%93%20zobrazovac%C3%AD%20jednotky

[VIII]; [IX]; [X]; [XI] Informační zobrazovací panely. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.rsd.cz/>

[XII]; [XIII]; [XIV]; Súčiasťky a komponenty pre elektroniku. [online]. [cit. 2015-04-05]. Dostupné z: <http://www.epcs.sk/sk/262160/bridgelux-bxra-56c0700-a-00-led-standardne-12621160>

[XV]; [XVI] Energetická soběstačnost. ENERTEC SOLUTIONS, s.r.o. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.enertec.cz/teorie>

[XVII] Technologie AGM, GEL, EFB. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: http://www.autobaterie-pema.cz/cs/technologie-agm-gel-efb.html#.VQVm_47vLKE

Seznam literatury tabulek

[I] Solární ostrovní systém. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.solarnimoduly.cz>

[II] Solar exper. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.solar-expert.cz/Solarni-mini-panely.html,kat,64>

Seznam použitých označení

Označení	Veličina	Jednotka
λ	Vlnová délka	m
r	poloměr	m
I	Intenzita záření	W/m^2
P	Výkon	W
d	Průměr	d
U	Napětí	V
I	Proud	A
Φ	Světelný tok	lm/W
P	Příkon	W
E	Spotřeba elektrické energie	kWh
t	Čas	s

Seznam zkratek

FV	Fotovoltaický článek
EVA	Etylvinylnacetát
AM	Koeficient masy
LCD	Liquid Crystal Display
TFT	Thin Film Transisto
IPS	In-Plane Switching
LED	Light Emitting Diode
DIP	Dual Inline Package
SMD	Surface Mounted Device
MCOB, MCCOB	Multi Chips On Board
COB	Close Of Business
ČR	Česká Republika
PPK	Požadavky na provedení a kvalitu
PDZ	Proměnná dopravní značka
ČSN	Česká Státní Norma
EN	Evropská norma
DC-DC	Stejnoseměrný měnič napětí
MPPT	Maximum Power Point Tracking
AGM	Absorbed Glass Mat
EFB	Enhanced Flooded Battery
VRLA	Valve Regulated Lead Acid