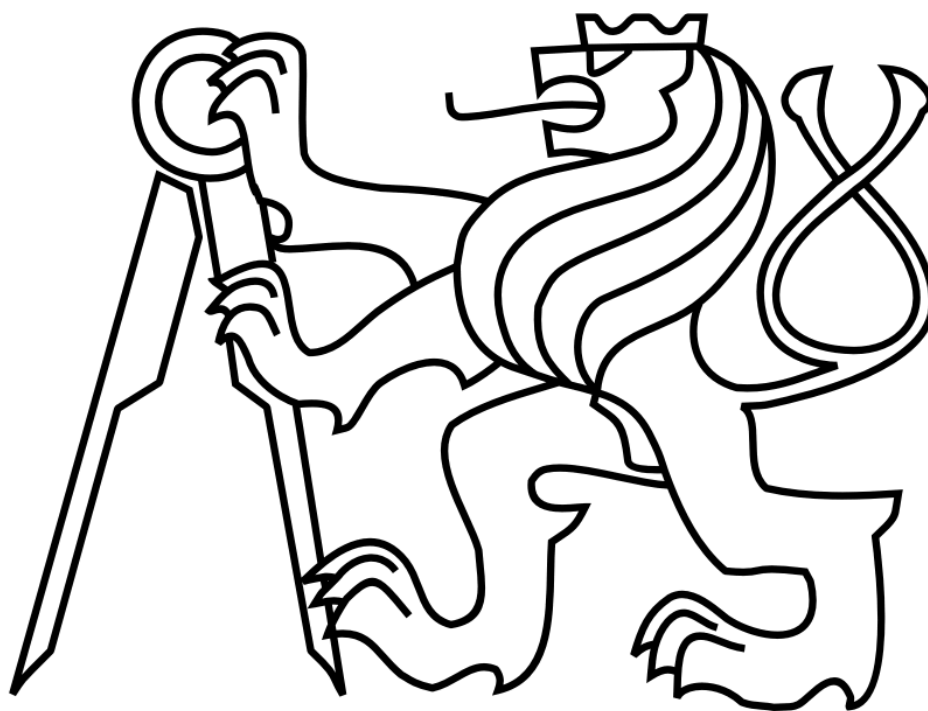


České vysoké učení technické v Praze

Fakulta elektrotechnická

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Zjištění možností alternativního napájení rekreačního objektu

Autor: Tomáš Fulka

Vedoucí práce: Ing. Pavel Hrzina, Ph.D.

Akademický rok: 2014/2015

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická
katedra elektrotechnologie

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Tomáš Fulka**

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Obor: Aplikovaná elektrotechnika

Název tématu: **Zjištění možností alternativního napájení rekreačního objektu**

Pokyny pro vypracování:

- 1) Provedte rešerši používaných systémů pro napájení odlehlých lokalit elektrickým proudem.
- 2) Navrhněte možnosti napájení pro konkrétní objekt a proveďte ekonomickou analýzu.

Seznam odborné literatury:

- [1] Odborné články z webových stránek <http://www.tzb-info.cz/>
- [2] STANĚK, Kamil. Fotovoltaika pro budovy. 1. vyd. Praha: Grada pro Katedru konstrukcí pozemních staveb Fakulty stavební Českého vysokého učení technického v Praze, 2012. ISBN 978-802-4742-786.

Vedoucí: Ing. Pavel Hrzina, Ph.D.

Platnost zadání: do konce letního semestru 2015/2016



V Praze dne 25. 3. 2015

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci „Zjištění možnosti alternativního napájení rekreačního objektu“ zpracoval sám s přispěním vedoucího práce a používal jsem pouze literaturu uvedenou na konci práce. Souhlasím se zapůjčováním práce a jejím zveřejňováním ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 22. 5. 2015

Tomáš Fulka

Poděkování

V úvodu mé bakalářské práce bych rád poděkoval rodině a přátelům za podporu při studiu, dále vedoucímu práce Ing. Pavlu Hrzinovi, Ph.D., za vedení mé bakalářské práce a velmi cenné konzultace, které mi v průběhu tvoření této práce vždy s ochotou poskytoval.

ABSTRAKT

Název práce: Zjištění možností alternativního napájení rekreačního objektu

Autor: Tomáš Fulka

Obor: Aplikovaná elektrotechnika

Druh práce: Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Pavel Hrzina, Ph.D., FEL ČVUT

Abstrakt: Tato práce se zabývá možnostmi alternativního napájení rekreačního objektu. Práce seznamuje s principem a rešerší používaných systému. Následuje návrh vhodného systému pro rekreační objekt. Výstupem práce je praktické měření a na jeho základě postavená ekonomická analýza.

Klíčová slova: Fotovoltaický panel, trakční baterie, účinnost

Title: Determining of alternative supply possibilities of weekend house

Author: Tomáš Fulka

Specialization: Applied Electrical Engineering

Kind of work: Bachelor thesis

Supervisor: Ing. Pavel Hrzina, Ph.D., FEL ČVUT

Abstract: This thesis deals with the alternative supply possibilities of weekend house. Firstly, principles of studied experimental setups are introduced. Secondly, a suitable configuration for the cottage of the specific location is suggested, and all the basic parameters of this configuration are explained. At the end of the Thesis, there is the experimental measurement, process of the measured data, and results inferred.

Keywords: photovoltaic panel, traction battery, efficiency

Obsah

1. ÚVOD.....	9
2. ENERGETICKÁ BILANCE DOMU	10
3. PŘEHLED ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ ELEKTRICKÉ ENERGIE.....	12
4. SLUNEČNÍ ENERGIE	13
4.1 Základní dělení FV systémů	13
4.2 Autonomní systémy vhodné pro napájení rekreačního objektu (GRID of systém).....	13
4.2.1 DC/DC – s akumulací	13
4.2.2 DC/AC – s akumulací	14
5. REKREAČNÍ OBJEKT	15
5.1 Poloha a dosavadní možnosti připojení	15
5.2 Domovní rozvodnice	17
5.3 Dosavadní zdroj elektrického proudu.....	19
5.4 Náhradní zdroj UPS.....	20
5.4.1 Trakční baterie.....	21
5.4.1.1 Popis trakční baterie.....	22
5.4.1.2 Údržba, skladování a manipulace trakční baterie.....	24
5.4.1.3 Nabíjení trakční baterie	24
5.5 Nabíječ baterií.....	30

5.5.1	Doba nabíjení a charakteristika nabíječe.....	31
5.5.2	Vliv DOD olověného akumulátoru na energii dodanou při nabíjení / vybíjení	32
6	POSTUP NÁVRHU AUTONOMNÍHO SYSTÉMU	34
6.1	Výběr a dimenzování částí systému	34
6.2	Určení velikosti energie potřebné na provoz osvětlení a spotřebičů	34
6.2.1	Osvětlení	34
6.2.2	Spotřebiče	35
6.2.3	Energie uložená v bateriích Varta LDF90	35
6.2.4	Celková energetická náročnost rekreačního objektu	35
7.	FV PANEL	36
7.1	Junction Box	37
7.2	Regulátor nabíjení	38
7.3	Naměřené hodnoty na FV kolektorech v laboratoři.....	39
7.4	Zapojení a praktické měření	41
7.4.1	Měření s postupným vertikálním zastíněním	42
7.4.2	Měření s postupným horizontálním zastíněním	44
7.4.3	Měření bez zastínění FV kolektoru	46
7.5	Nabíjení baterie FV panelem	48
8.	EKONOMICKÁ ANALÝZA	51

9. ZÁVĚR.....	53
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	55
POUŽITÁ LITERATURA.....	56

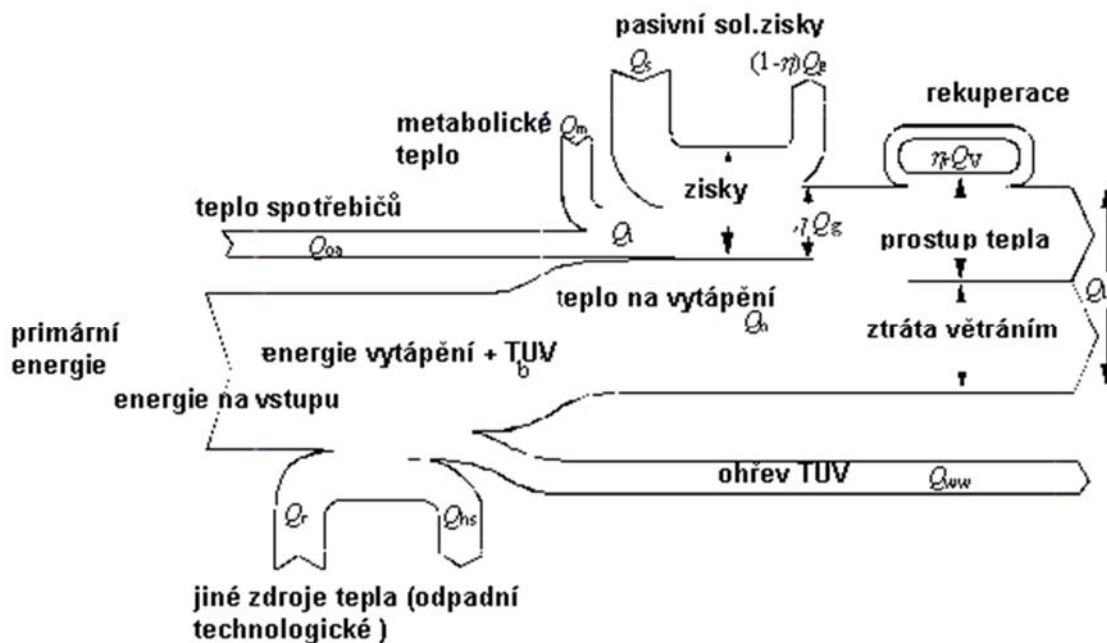
1. ÚVOD

Úvodem mé práce jsem pro získání komplexních informací v oblasti možnosti alternativního napájení rekreačního objektu nejdříve zařadil vysvětlení základních pojmů principů energetické bilance a fotovoltaiky.

Hlavním obsahem mé práce bude co nejefektivnější využití alternativní energie a počet možností napájení rekreačního objektu vzhledem k pořizovacím nákladům a úspornosti.

2. ENERGETICKÁ BILANCE DOMU

Energetická bilance domu je vlastně souhrn potřeb všech energií v rámci stavebního objektu. Nejdříve sečteme ztráty. Potom zvážíme, zda je možné ztráty snížit a kolik to bude stát. Dále je třeba zjistit zisky a míru jejich skutečného využití. Rozdíl mezi zisky a ztrátami je třeba krýt ze zdroje. Při volbě zdroje je třeba zvážit technická a další omezení, způsob provozu a požadavky na komfort a spolehlivost. Zdroje se liší investičními a provozními náklady.[1]



Obr.1: Energetická bilance (ČSN EN 832) [1]

3. PŘEHLED ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ ELEKTRICKÉ ENERGIE

Používají se různé vazby: alternativní energie, alternativní zdroje energií. Zde se přívlastkem alternativní rozumí jiný zdroj nebo jinak vyrobená energie než vzniklá spalováním fosilních paliv nebo štěpením jaderného paliva. Obsah těchto pojmů je zcela jasný, ale jde pouze o vymezení relativně široké skupiny způsobů výroby energie pro lidské potřeby.

Přehled v tabulce 2 shrnuje energie dostupné v přírodě. Základní duální rozdělení na staré zásoby a sluneční zářivý tok vychází z dělení energií na potenciální a pohybovou. Je zde uvedeno deset skupin zdrojů, ke kterým se vážou konkrétní technologická zařízení. Některá z nich budou v dalších kapitolách této bakalářské práce popsána podrobněji.

Staré zásoby	Sluneční zářivý tok	
	Nepřímá sluneční energie	Přímá sluneční energie
1. fosilní paliva	6. voda	9. pasivní systémy
2. jaderná paliva	7. vítr	10. aktivní systémy
3. zemní plyn	8. biomasa	
4. geotermální energie		
5. chemické látky		

Tab.2:Klasifikace přírodních zdrojů energie [1]

Několik poznámek k jednotlivým skupinám z této tabulky 2 :

1. Uhlí, ropa, plyn – vyčerpávání jejich zásob je odhadováno na období kolem roku 2050 [1]
2. Uran – zásoby omezené (podobně jako uhlí). Regenerace vyhořelého paliva ve stádiu vývoje.(reaktory IV. Generace) [1]
3. Technologie Termonukleární řízené reakce (např. TOKAMAK) [1]

4. SLUNEČNÍ ENERGIE

Skutečným zdrojem většiny obnovitelných energií je sluneční záření, které je využíváno buď okamžitě v primární podobě elektromagnetického záření, nebo později vyzářené již dříve a určitým způsobem po jeho přeměně uložené v jiný druh energie. Až na jadernou (a termonukleární) energii mají vlastně všechny ostatní zdroje energií dostupné lidstvu svůj původ ve Slunci a jeho záření.[2]

Na povrch naší Země dopadají jen asi dvě miliardy energie vyzářené Sluncem. Zářivý tok Slunce je $380 \cdot 10^6 \text{EW}$, na zemský povrch dopadá jen asi 180 PW. Tomu odpovídá měrný tok energie (sluneční konstanta 1360W/m^2).[9]

4.1 Základní dělení FV systémů

- Systémy nespojené s rozvodnou sítí
- Systémy spojené s rozvodnou sítí
- Hybridní systémy

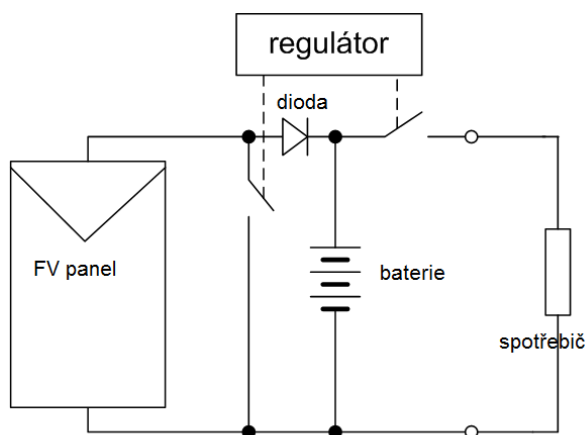
Pro objekt bez přívodu elektrického proudu budu psát o systému nespojeným s rozvodnou sítí tzv. autonomním systémem.

4.2 Autonomní systémy vhodné pro napájení rekreačního objektu (GRID of systém)

4.2.1 DC/DC – s akumulací

Fotovoltaický modul je připojen k regulátoru dobíjení. Regulátor dobíjí baterii a stabilizuje napětí pro připojený spotřebič.

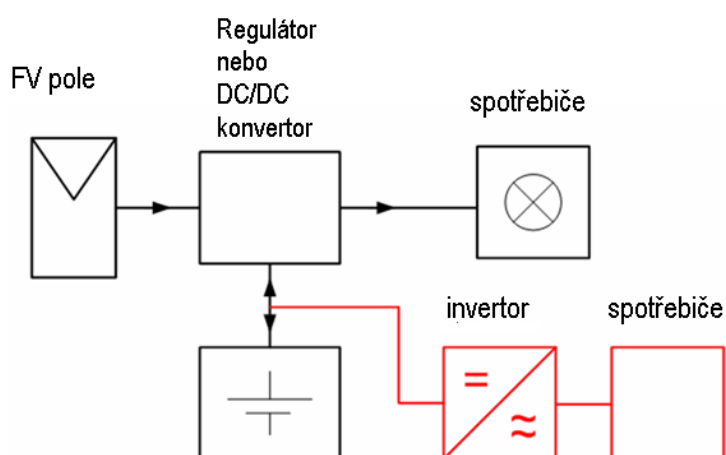
Poměrně jednoduchý systém. Jediná nevýhoda je v malé životnosti baterie oproti zbytku systému.



Obr.3:Autonomní systém DC/DC – s akumulací [2]

4.2.2 DC/AC – s akumulací

Fotovoltaický modul je připojen na k regulátoru dobíjení. Regulátor dobíjí baterii a stabilizuje napětí pro střídač. Výhoda je, že na výstupu pro spotřebič dostaneme 230V/50Hz. Nevýhoda je v krátké životnosti baterie oproti zbytku FV systému. Vhodné do míst bez elektrické energie. Proto je tento systém pro naše použití nejvhodnější.



Obr.4 Autonomní systém DC/AC – s akumulací [2]

5. REKREAČNÍ OBJEKT

5.1 Poloha a dosavadní možnosti připojení

Objekt se nachází v osadě Hony u Police nad Metují, č. p. 335/1. U toho rekreačního objektu je pro tuto chvíli nereálné napojení z rozvodné elektrické sítě, protože by se musela elektrická přípojka vést přes sousední pozemky a sousedé s tím nesouhlasí. Z obrázku [6](#) vidíme polohu rekreačního objektu a vzdálenosti elektrických přípojek. Přesto tento objekt je vybaven kompletní domovní elektrickou instalací.

Energetická soustava : 3 + PE + N, 400/230 V, 50 Hz, AC, TT

V tuto chvíli je zdroj elektrického proudu pouze mobilní centrála o celkovém třífázovém výkonu 4,8 kVA, která má pohon na PB plyn a současně další alternativou pro zdroj elektrického proudu je bateriový zdroj UPS 1000 W, který je určen pouze pro LED diodové osvětlení, přenosné rádio a popřípadě dle potřeby malou ledničku. Dobíjení baterií pro zdroj UPS provozovatel řeší prozatím pomocí nabíječe v místě bydliště nebo mobilní centrálou. Nově navrhnu dobíjení baterie pomocí přenosného FV panelu.

5.2 Domovní rozvodnice



Obr.7:Domovní rozvodnice

Na obr.7 vidíme od přepínače mezi centrálou a baterií, až po jištění všech elektrických okruhů v rekreačním objektu a ochranou před nebezpečným dotykem proudovým chráničem.

Všechny vývody z domovní rozvodnice jsou rozepsané na obr.8 [6]

Josef Veska - UNIVEL, Podbřeží 55, PODBŘEŽÍ

Naměřené a zjištěné hodnoty

Zpráva 0272, zpracoval Josef Veska, revizní technik elektrických zařízení, dne 27.8.2012

Tabulky související s rozvaděči

Bytová rozvodnice

Zapuštěná plastová rozvodnice v II. izolační třídě, výrobní štítek není, výrobce dodavatel elektroinstalace Jiří Pecina, sestaveno z typových komponentů. In 25A, IP 30/20

Vývody rozvaděčů

Č. Obvod	Jištění	I _{jm} (A)	Vedení mm ²	Ri (MΩ)	Zsm (Ω)
1 příprava el. sporák	PL6-3B	16,00	CYKY 5x2,5	neměř	odpojeno
2 Zásuvka 230 V kuch.kout	PL6-1B	6,00	CYKY 3x2,5	1000	3,81
zásuvka 2 - kuch. kout - 1ks					
3 Zásuvka 230 V kuch.kout	PL6-1B	6,00	CYKY 3x2,5	1000	4,77
zásuvka 3 - kuch. kout - 1ks					
4 Zásuvky 230 V obývací pokoj	PL6-1B	6,00	CYKY 3x2,5	1000	4,70
zásuvky obývací pokoj - 4ks					
5 Zásuvky 230 V chodba	PL6-1B	6,00	CYKY 3x2,5	1000	3,96
zásuvky chodba - 3ks					
6 Zásuvky 230 V šatna,koupelna	PL6-1B	6,00	CYKY 3x2,5	1000	4,74
zásuvky šatna, koupelna - 3ks					
7 Zásuvky 230 V 2.n.p.	PL6-1B	6,00	CYKY 3x2,5	1000	3,28
zásuvky pokoj 2.n.p. - 2ks					
8 Zásuvky 230 V 2.n.p.	PL6-1B	6,00	CYKY 3x2,5	1000	3,89
zásuvky pokoj 2.n.p. - 2ks					
9 příprava ohřivač TUV	PL6-1B	6,00	CYKY 3x2,5	neměř.	neměř.
příprava pro ohřev vody - ukončeno v KU 68 - v současné době nelze využít					
10 Osvětlení OP + kuch.kout	PL6-1B	6,00	CYKY 3x1,5	1000	4,02
osvětlení obývací místnost s kuch. koutem - 1x objímka se žárovkou, 2x svít. žár. 60W IP20 tř.1					
11 Osvětlení koupelna,chodba,ven	PL6-1B	6,00	CYKY 3x1,5	1000	3,72
osvětlení koupelna, chodba, venkovní - 2x svítidlo 60W tř.1, IP20, 1x vývod nepřipojeno					
12 rezerva vodárna					
13 Osvětlení 2.n.p.	PL6-1B	6,00	CYKY 3x1,5	1000	4,02
osvětlení v části pokojů 2.n.p. - 60W, tř.1 IP20 - 2ks					
14 Zásuvka 230 V pro chem.WC	PL6-1B	6,00	CYKY 3x2,5	1000	3,61
zásuvka v koupelně pro připojení chemického WC - 1ks					

Obr.8:Vývody domovní rozvodnice [6]

5.3 Dosavadní zdroj elektrického proudu

Jako dosavadní zdroj elektrického proudu v rekreačním objektu zastává mobilní centrála HERON typové označení EGM 48E LPG-NG-3F ([obr.9](#))



I. Technické údaje

Typové označení	HERON EGM 48 LPG-NG-3F
Generátor	třífázový, synchronní
Napětí/ frekvence	400 V~, 230 V~/ 50 Hz
Max. výkon (400V – 3 fáze)	4,8kVA
Max. výkon (230V – 1 fáze)	1,6kVA
Jmenovitý výkon (400V – 3 fáze)	4,4kVA
Jmenovitý výkon (230V – 1 fáze)	1,45kVA
Účinit $\cos \varphi$ (400V – 3 fáze)	0,8
Účinit $\cos \varphi$ (230V – 1 fáze)	1
DC (stejnoseměrné) napětí	12 V
DC jmenovitý proud	8,3 A
Třída izolace	B
Krytí	IP23

Obr.9 :Mobilní centrála na PB plyn [\[3\]](#)






5.4 Náhradní zdroj UPS

Náhradní zdroj UPS se skládá z DC/AC měniče a dvou paralelně připojených baterií.

DC/AC Měnič Carspa typ P1000-G539, 12 V/230 V ([obr. 10](#))



Obr.10: UPS

Typ	G528	G529	G539	G540	G541
Výstupní výkon trvalý	3000W	3000W	1000W	1000W	2000W
Výstupní výkon krátkodobý	6000W	6000W	2000W	2000W	4000W
Výstupní napětí	AC 230V $\pm 10\%$ / 50Hz $\pm 3\text{Hz}$				
Vstupní napětí	10 – 15V	21 - 30V	10 – 15V	21 - 30V	10 – 15V
Výstupní tvar napětí					
Odběr na prázdko	$\leq 2\text{A}$	$\leq 2\text{A}$	$\leq 2,3\text{A}$	$\leq 2,3\text{A}$	$\leq 2,8\text{A}$
Účinnost	$\geq 85\%$				
Signalizace vybité baterie	10,6 \pm 0,6V	21,2 \pm 1,2V	10,6 \pm 0,6V	21,2 \pm 1,2V	10,6 \pm 0,6V
Vypnutí při vst. napětí \leq	10 \pm 0,5V	20 \pm 1,2V	10 \pm 0,5V	20 \pm 1,2V	10 \pm 0,5V
Pojistka	40A*11ks	20A*11	30A*4ks	15A*4ks	50A*5ks
Ochrana proti přetížení	$\geq 3100\text{W}$	$\geq 3100\text{W}$	$\geq 1100\text{W}$	$\geq 1100\text{W}$	$\geq 2100\text{W}$
Ochrana proti přepětí	15-16V	30-32V	15-16V	30-32V	15-16V
Ochrana proti přehřátí	$> 60^\circ\text{C}$				
Ochrana proti zkratu	Automatické vypnutí				
Opačná vstupní polarita	Ochrana pomocí pojistek				

Obr.11:DC/AC měnič technická data [\[5\]](#)

5.4.1 Trakční baterie

Čtyři kusy trakčních baterií jsou použity od výrobce Varta typ professional LFD 90, 12 V, 90 Ah, 800 A. (EU TYP 930 090 080) ([obr.10](#)). Tyto baterie jsou zapojeny paralelně pro chod na 12 V a další dvě baterie mohou být nabíjeny nabíječem Fairstone ABC 1210D nebo solárním kolektorem.



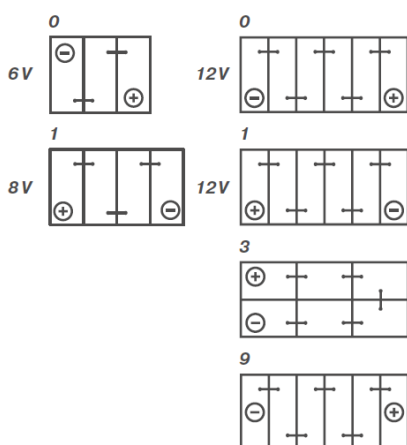
VARTA® Professional Dual Purpose

Krátké označení	Velikost	ETN	Napětí	C20	C10	C5	Rezervní kapacita při 25 A	CCA (EN)	MCA	Celkové rozměry (mm)			Hmotnost (kg)	Zapojení	Připojovací póly	Podlahová lišta
										D	Š	V				
LFS75	EG4	812 071 000	12V	75 Ah	67 Ah	60 Ah	124 Min	600 A	750 A	260	175	225	17,22	1	1	B01
LFS105	Grp31	811 053 075	12V	105 Ah	94 Ah	85 Ah	190 Min	750 A	938 A	330	175	240	23,25	9	1	B00
LFD60	H5/ L2	930 060 056	12V	60 Ah	55 Ah	51 Ah	109 Min	560 A	700 A	242	175	190	16,80	0	1	B13
LFD75	H6/ L3	930 075 065	12V	75 Ah	69 Ah	64 Ah	141 Min	650 A	813 A	278	175	190	19,50	0	1	B13
LFD90	H8/ L5	930 090 080	12V	90 Ah	83 Ah	77 Ah	174 Min	800 A	1000 A	353	175	190	24,60	0	1	B13
LFD140	A	930 140 080	12V	140 Ah	129 Ah	119 Ah	284 Min	800 A	1000 A	513	189	223	36,62	3	1	B00
LFD180	B	930 180 100	12V	180 Ah	166 Ah	153 Ah	377 Min	1000 A	1250 A	513	223	223	45,10	3	1	B00
LFD230	C	930 230 115	12V	230 Ah	212 Ah	196 Ah	499 Min	1150 A	1430 A	518	276	242	56,75	3	1	B00

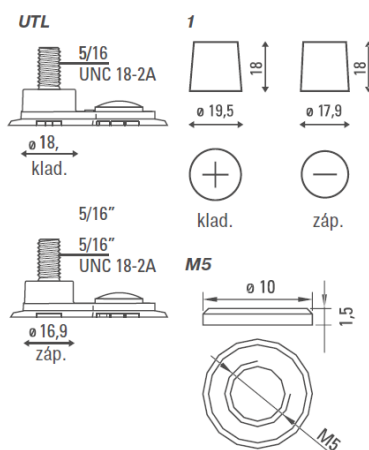
Obr.12: Datový list baterie Varta LFD 90 [4]

Technické údaje

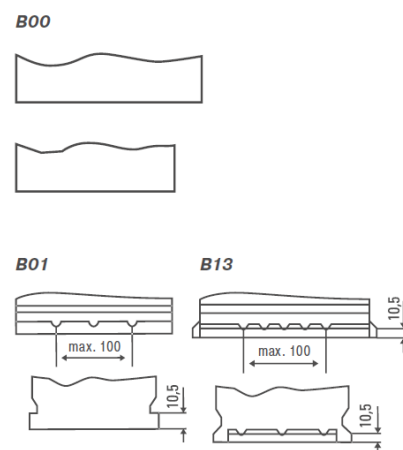
Zapojení



Typy pólů



Podlahová lišta



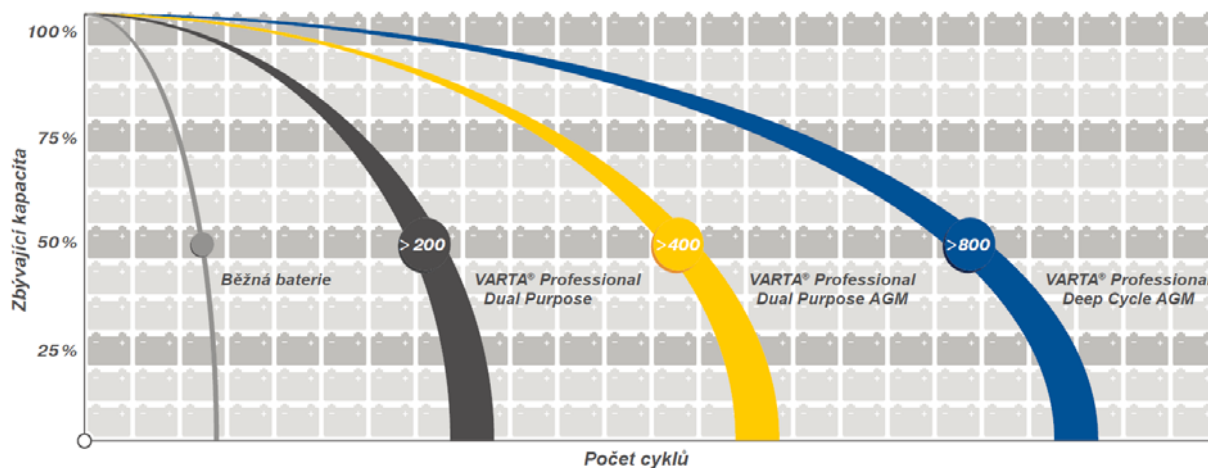
Obr. 13: Datový list baterie Varta LFD 90 [4]

5.4.1.1 Popis trakční baterie

Bezúdržbový trakční akumulátor se svým vzhledem nijak neliší od běžné startovací autobaterie. Zpravidla má stejné rozměry, hmotnost a hlavním konstrukčním prvkem je olovo. Olověné akumulátory patří mezi nejběžnější typy akumulátoru, které se používají v ostrovních systémech. Je to hlavně díky poměru cena/výkon a také díky schopnosti zvládat velké a malé nabíjecí proudy s vysokou účinností. Pro fotovoltaické systémy rozhodně nejsou vhodné startovací a ani záložní olověné akumulátory. Došlo by totiž díky rozdílnému účelu použití k razantnímu snížení životnosti a dokonce k trvalému poškození. Hlavním a velmi podstatným rozdílem, který však není vidět, jsou konstrukční vlastnosti trakčního akumulátoru. Mezi dvě nejdůležitější vlastnosti patří vysoká cyklická odolnost a odolnost vůči hlubokému vybíjení. Co je to cyklická odolnost a hluboké vybíjení? Běžné autobaterie jsou konstrukčně navrženy především pro jeden hlavní účel, tedy k nastartování motoru automobilu. Tento proces vyžaduje krátkodobý, avšak vysoký odběr proudu. Po tomto odběru je autobaterie během jízdy ihned dobíjena, ideálně zpět na plnou kapacitu. Je-li baterie správně udržovaná, dobíjena apod., nikdy v běžném provozu nedojde k jejímu úplnému vybití, nepočítáme-li baterie, které jsou u konce životnosti.[4]

Oproti tomu trakční baterie, u které se předpokládá, že bude dočasně sloužit jako jediný zdroj energie, je konstrukčně navržena právě pro úplné vybíjení, tzv. do nuly, a to v opakujících se cyklech. Za jeden cyklus je v tomto případě považován proces vybití a znovu nabití. Běžnou startovací autobaterii takovéto cyklické namáhání (opakované vybíjení a nabíjení) silně zatěžuje, a po několika desítkách cyklů začne ztrácet kapacitu. Avšak trakční baterie, které máme zapojené v systému zvládne při pravidelné zbytkové kapacitě 50% až 200 cyklů během své životnosti. (obr. 14) [4]

Pro olovené akumulátory obecně platí, čím více je baterie vybita (tedy např. pravidelně spotřebujete až 100% její kapacity), tím menší počet cyklů zvládne, z toho vyplývá kratší životnost.



Obr. 14: Vztah mezi počtem nabíjecích cyklů a zbývající kapacitou [4]

Pod pojmem bezúdržbové provedení baterie dnes rozumíme takový produkt, jenž nezbytně nevyžaduje standardní a pravidelnou péči uživatelem. Díky moderním technologiím a inovovaným prvkům, použitých při výrobě tzv. bezúdržbových akumulátorů, mají baterie větší stabilitu, menší samovybití a uživatelé již nemusí kontrolovat stav hladiny elektrolytu a pravidelně doplňovat odpařenou vodu tak, jak je tomu u údržbových typů. Elektrolyt, jakožto základní chemická sloučenina vyvolávající elektrochemickou reakci v akumulátoru, obsahuje vodu. Voda se během elektrochemické reakce více či méně odpařuje. V případě bezúdržbového provedení, s pomocí speciálních chemických prvků (nejčastěji kalcia či stříbra), kterými jsou upraveny povrchy elektrod v jednotlivých článcích, je procesu odpařování účinně zabraňováno, a tím nevzniká potřeba baterii kontrolovat a vodu doplňovat. Bezúdržbové baterie jsou proto téměř vždy pevně uzavřené, tedy nedisponují zátkami pro doplňování destilované vody, ale pouze otvory pro zajištění bezpečného úniku plynů.[4]

5.4.1.2 Údržba, skladování a manipulace trakční baterie

Bezúdržbový trakční akumulátor sice nevyžaduje téměř žádnou údržbu, je však důležité znát alespoň minimální vlastnosti a základní principy fungování této baterie, a to v různém prostředí, a podle toho se přizpůsobit. Velmi nepříznivé vlivy, působící na olověné akumulátory, jsou příliš nízké teploty pod bodem mrazu a naopak příliš vysoké teploty 35°C a vyšší. Při nízkých teplotách dochází k tuhnutí vody v elektrolytu, je-li baterie nedostatečně nabitá. Naopak při vysokých teplotách dochází k nadměrnému odpařování. Chceme-li, aby Vám akumulátor vydržel co nejdéle, není od věci jej v zimním období, dle potřeby průběžně dobít. V případě dlouhodobé odstávky akumulátoru, je dobré baterii uskladnit do suchého, temného a teplotně stálého prostředí (+5°C až 15°C). Běžné pokojové teploty nejsou pro akumulátor příliš ideální, ale ani likvidační. Plně nabitá baterie vydrží i extrémně nízké teploty, až -50°C. Naproti tomu zcela vybitá baterie zamrzá již při několika stupních pod bodem mrazu. Při dlouhodobém uskladnění se doporučuje bezúdržbovou baterii dobíjet pravidelně 1x za 4 měsíce. Kontakty (póly) baterie udržujte čisté a zakonzervované (konzervujeme potřením vazelínou nebo olejem, tenká vrstva). Baterie skladujeme v prostoru bez prachu, plynů a par. Relativní vlhkost do 80%. S baterií vždy manipulujeme jako s nebezpečným nákladem. Obsahuje totiž nebezpečnou sloučeninu kyseliny sírové (H₂SO₄), jež představuje riziko jak pro zdraví, tak pro životní prostředí. Nalité akumulátory nenaklánět o více než 50°. Údržbové i bezúdržbové akumulátory obsahují otvory pro odvětrávání hromadících se plynů. V případě převrhnutí by těmito otvory došlo k úniku kyseliny a tedy nevratnému poškození akumulátoru. Baterie při přepravě proto musejí být zajištěny proti převrhnutí. Při manipulaci doporučujeme použít ochranný oděv. Na bateriích mohou, vzhledem k povaze zboží, ulpět kapky žíraviny (použijte rukavice, plášť či zástěru – žíravina může poškodit nejen zdraví, ale také svršky oděvu).[4]

5.4.1.3 Nabíjení trakční baterie

Před začátkem procesu nabíjení se vždy ujistíme, jaké nominální napětí má baterie. Dále ověříme, zda-li je nabíječka, kterou chceme použít vhodná k nabíjení daného

typu akumulátoru, a jestli disponuje vhodným nominálním napětím. V neposlední řadě zkontrolujeme, je-li nabíječka dostatečně silná k nabíjení akumulátoru nebo není-li příliš výkonná, tedy dobíjí příliš silným proudem.

Budu popisovat nabíjení zaplaveného bezúdržbového trakčního akumulátoru.

Správné napětí – vždy se ujistěte, že použitý nabíječ je z výroby nebo Vámi nastaven na správné jmenovité nabíjecí napětí pro 12 V baterie, některé nabíječky nedisponují přepínačem, stačí ověřit jestli se shodují údaje na obou komponentech.

Správná polarita – před zapojením nabíječe zkontrolujte řazení pólů na baterii a svorky na kabelech nabíječe, po té správně připojte plus na plus a mínus na mínus, v opačném případě hrozí zkrat. [7]

Odvětrávání – zkontrolujte, že odvětrávání není znečištěné či zaslepené, a plyny mohou volně unikat z baterie, odvětrávací otvory jsou ve víku baterie (shora či z boku), případně v zátkách článků. V případě ucpání odvětrávacích otvorů hrozí hromadění plynů uvnitř baterie a potažmo nevratné poškození. [4]

Nabíjecí proud – nejznámější platné pravidlo říká, nabíjejte proudem o velikosti jedné desetiny (1/10) kapacity baterie. Řečeno čísly, máte-li 60 Ah akumulátor, nabíjejte ho 6 A ($60 : 10 = 6 \text{ A}$). Existuje přesnější nabíjecí vzorec, který říká, nabíjecí proud se rovná 0,12 násobku kapacity akumulátoru. Nebo-li „ $I = 0,12 \times C$ “. V praxi, máte-li 60 Ah, pak $60 \times 0,12 =$ nabíjecí proud 7,2 A. V dnešní době většina uživatelů disponuje automatickými nabíječkami, v takovém případě zvolme vhodnou nabíječku s dostatečným proudem, s ohledem na skutečnost, že čas nabíjení je přímo úměrný velikosti nabíjecího proudu a čas nabíjení nebyl zbytečně dlouhý (pro 60Ah je proud pod 1 A příliš málo). A naopak nezvolíme příliš silnou nabíječku, aby nedocházelo ke zbytečně rychlému dobíjení, které akumulátoru dlouhodobě neprospívá (např. pro 60Ah je proud nad 14 A příliš silný). Poznámka: nabíjíte-li regulovatelným nabíjecím proudem, nabíjejte dle vzorce „ $I = 0,12 \times C$ “ až do dosažení napětí 14,4 V, po té snižte proud na polovinu a pokračujte až do konce. [4]

Znaky plného nabití - baterie se nabíjí po dobu nutnou k dosažení znaků plného nabití. Mezi hlavní znaky nabití patří hustota elektrolytu ($100\% = 1,28\text{g/cm}^3$ – u bezúdržbových baterií bez zátek již nelze zjistit), všechny články rovnoměrně plynoují (po odpojení na 1 – 2 hodiny a opakovaném připojení k nabíječi začnou články do 30 vteřin opět plynout), přes pokračující nabíjení se již nemění hodnota měřeného napětí. U 12 V bezúdržbové olovené baterie, nabíjené běžným způsobem, manuální nabíječkou, můžeme odhadnout stav nabití pomocí změření napětí na pólech během nabíjení. Hodnoty můžeme interpretovat takto: 14,4 V = 90 až 95% nabití, 14,6 až 14,7 V = 100% nabití. [7]

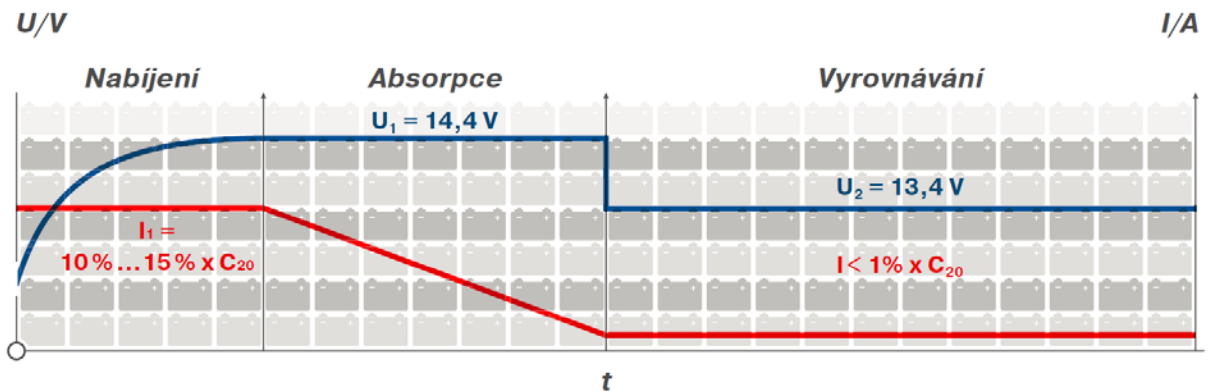
Kapacita akumulátoru - kapacitu lze přesně změřit pouze kvalitním měřicím přístrojem, který simuluje proces vybíjení, tedy skutečný odběr proudu. Tento test se provádí vždy s plně nabitým akumulátorem. Samotný test trvá několik hodin, opakovaný test vč. dobití může trvat i několik dnů. Nejjednodušší orientační způsob měření kapacity lze provést jednoduchým měřicím přístrojem. Měříme bez zatížení, tedy pouze napětí bez odběru proudu, nejdříve 4 hodiny po ukončení procesu nabíjení, a přečtené hodnoty srovnáme s následující tab.č. 2. [4]

STAV NABITÍ	MĚŘENÉ NAPĚTÍ
100%	12,8 V
75%	12,6 V
50%	12,4 V
25%	12,1 V
0%	11,9 V

Tab.2: Stav nabití baterie na napětí [4]

Doporučený průběh nabíjení baterií od výrobce Varta na obr.15. [4]

Doporučené nabíjení baterií EFB



Obr.15:Doporučený průběh nabíjení baterií [4]

Rychlé nabití - V případě nutnosti rychlého nabití, je možné výjimečně použít nabíjecí proud v hodnotě $I = 1 \times C$ (v našem případě, tedy u 90 Ah baterie bude nabíjecí proud 90 A). Tímto proudem nabíjejte však maximálně 30 minut! Pokud by jsme akumulátor takto vysokým proudem často nabíjeli, došlo by k razantnímu snížení životnosti baterie.

Hluboké vybití - pokud akumulátor zcela vybijete, a ponecháte jej takto několik dnů, dostane se do stavu hlubokého vybití, měřené napětí bez zatížení poklesne pod úroveň 10 V, uvnitř článků se nastartuje proces zvaný sulfatace. Síra, původně obsažená v elektrolytu, se vlivem vybití tzv. nasákne do aktivních hmot olověných desek (elektrod). Nabíjením by došlo k jejímu opětovnému vytlačení, potažmo znovusmíchaní s tekutou složkou (elektrolyt). V opačném případě reaguje s olovem, na jehož povrchu se začne vytvářet povlak – síran olovnatý. Tento proces je v pokročilém stádiu nevratný a akumulátor je nevratně poškozen. Pokud se akumulátor dostane do stavu hlubokého vybití, stává se, že jej nelze nabít běžnou automatickou nabíječkou. Tyto nabíječky zpravidla neumějí rozpoznat napětí hluboce vybité trakční baterie a proces nabíjení vůbec nespustí, a nejsou schopny nabíjením překonat vnitřní odpor sulfatovaného akumulátoru. Pro oživení musíme svěřit akumulátor odbornému servisu.

Nabíjecí deficit – tento stav degradace kapacity olověného trakčního akumulátoru nastává, když je akumulátor opakovaně nedostatečně dobíjen při cyklickém provozu. Jako typický příklad lze uvést použití trakčního akumulátoru jako zásobárny sluneční energie. Přes den, kdy sluneční svit více či méně zásobuje prostřednictvím fotovoltaických panelů akumulátor energií, dochází k jeho nabíjení. Naopak v noci, není-li žádný jiný alternativní zdroj energie (např. větrná či vodní turbína), dochází k vybití akumulované energie z baterií. Systém, je-li správně navržen a monitorován, funguje správně pouze tehdy, je-li vždy dokončen jeden cyklus vybití a nabíjení. Dokončen znamená v tomto případě fakt, že bez ohledu na stupeň vybití akumulátoru, musí být tento následně vždy plně dobít, tedy na 100% své jmenovité kapacity! V opačném případě dochází k tzv. deficitu, tedy akumulátor je více vybitý, než-li dobíjený, což z dlouhodobého hlediska vede k trvalé ztrátě jeho kapacity! Přirovnáme-li akumulátor k zásobárně vody, je zde sice určitá shoda na úrovni tvorby zásob, avšak s jedním významným rozdílem. Z vodního rezervoáru můžete kdykoliv odčerpávat a kdykoliv zásobu vody opět obnovit. Bohužel na tomto principu olověný akumulátor nefunguje. Čerpat energii můžete kdykoliv až do tzv. úplného vybití (pozor nikoli do hlubokého vybití), ale po částečném či úplném vybití, musí být akumulátor 100% dobít, nikoli pouze částečně. Vratíme-li se tedy k příkladu se solární elektrárnou, musí být systém navržen tak, aby bylo vždy zajištěno, že bude akumulátor následující den 100% dobítý, nebo že z něj následující noc nebude čerpána energie. Je prakticky lhostejné, bude-li akumulátor dobítý za jeden nebo více dnů, ale po tuto dobu by z něj žádná energie být čerpána neměla![\[4\]](#)

Údržba bezúdržbového akumulátoru – základní pravidlo o olověných bateriích říká, udržujte akumulátor, pokud možno, neustále v nabitém stavu. Je-li nutnost jej vybit, okamžitě po vybití jej opět nabijte. Uvedení do provozu baterie je zpravidla nalitá a nabitá již od výrobce. Od momentu zprovoznění, během uskladnění a dále během přepravy však neustále dochází k samovybití, a to i tehdy, jsou-li splněny ideální podmínky uskladnění. Před použitím proto doporučuje změřit napětí na pólech baterie. Kapacita akumulátoru, a dle zjištěných údajů se pak můžete rozhodnout, zda-li má baterie dostatek kapacity pro splnění Vašich požadavků či je potřeba ji před prvním použitím dobít. Před zapojením spotřebiče (elektromotor, světla, apod.) zkontrolujte

řazení pólů na baterii a svorky na kabelech spotřebiče, po té správně připojte plus na plus a mínus na mínus, v opačném případě hrozí zkrat, či přetavení pojistky. Napájíte-li trakční baterii zařízení, které vyžaduje specifický postup zapojení, respektujte předpis výrobce daného spotřebiče. V případě, že je napájené zařízení propojeno k baterii přes kostru, připojte nejprve kabel s kladným pólem (bývá zpravidla červený a označen znaménkem plus), po té následuje záporný pól, zpravidla černý kabel s opačným znaménkem. Při odpojování baterie postup otočte, nejprve odpojte černý kabel (svorku mínus) a pak červený (svorka se znaménkem plus). Svorky doporučujeme udržovat v čistém a pokud možno v zakonzervovaném stavu (povrch ošetřit tenkou vrstvou vazelíny).[\[4\]](#)

5.5 Nabíječ baterií

Nabíjení probíhá nabíječem baterií Fairstone ABC 1210D.

Technické specifikace

Modelové označení:	ABC-1210D
Jmenovité nabíjecí napětí:	12 V
Hlavní nabíjecí napětí:	14.7 V (+/- 0.1)
Udržovací nabíjecí napětí:	13.7 V (+/- 0.1)
Jmenovitý nabíjecí proud:	10 A (+/- 0.5)
Kapacita akumulátoru:	od 20 do 200 Ah
Příkon:	147 W
Účinnost:	> 85 %
Jmenovité vstupní napětí:	220 až 240 V
Vstupní kmitočet:	50 Hz (+/- 5.0)
Chlazení:	aktivní, automatické, ventilátor
Jištění:	integrována tavná pojistka 250V/8A
Rozměry:	167 x 103 x 50 mm
Hmotnost:	0.9 kg

Popis produktu a jeho částí



- 1 – konektor pro napájecí přívod
- 2 – ventilátor (chlazení)
- 3 – hlavní vypínač
- 4 – digitální displej
- 5 – výstupní kabel se svorkami
- 6 – červená LED dioda (zapnuto/vypnuto)
- 7 – multifunkční LED dioda (oranžová = hlavní nabíjení, zelená udržovací = nabíjení)
- 8 – tlačítko pro změnu zobrazeného údaje

Obr.16:Technické specifikace nabíječe [\[Z\]](#)

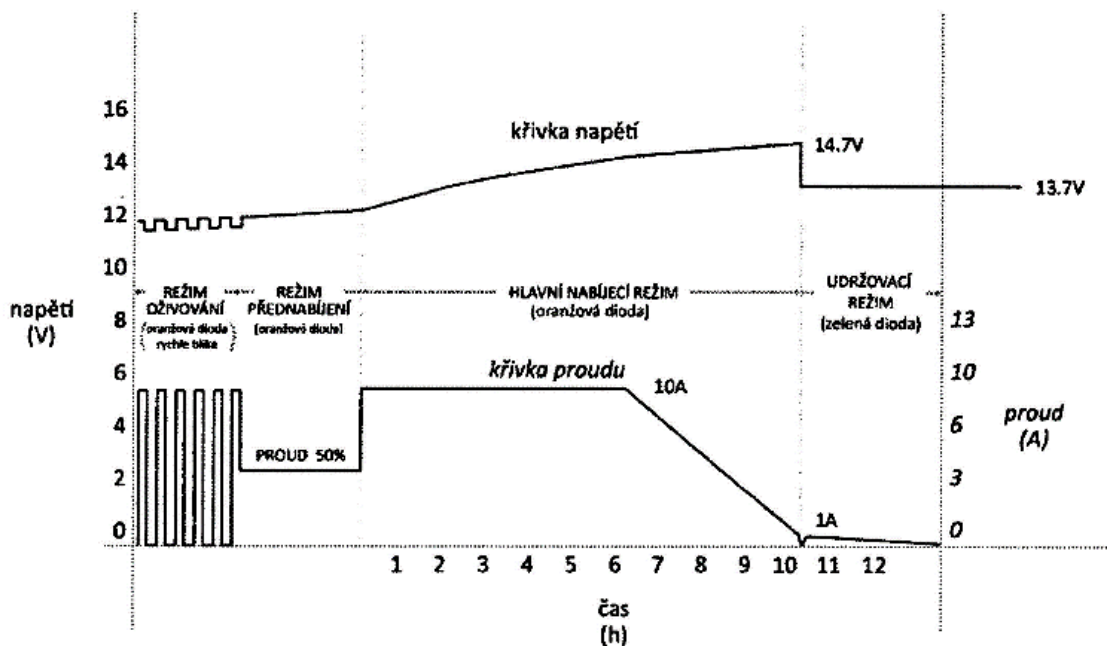
5.5.1 Doba nabíjení a charakteristika nabíječe

Podle nabíjecí tabulky obr.17 vidíme, že nabíjení zvolené trakční baterie Varta Professional LDF 90Ah bude trvat 10 hodin. Plně nabitá baterie v sobě uchovává 1,08 kW/h. Nabíječ baterií má účinnost větší než 85%. [7]

doporučená kapacita	doba nabíjení
20Ah	2 hodiny
30Ah	3 hodiny
50Ah	6 hodiny
60Ah	7 hodin
75Ah	8 hodin
90Ah	10 hodin
100Ah	11 hodin
120Ah	13 hodin
160Ah	18 hodin
200Ah	22 hodin

Obr.17:Doba nabíjení trakční baterie Varta LDF 90 [7]

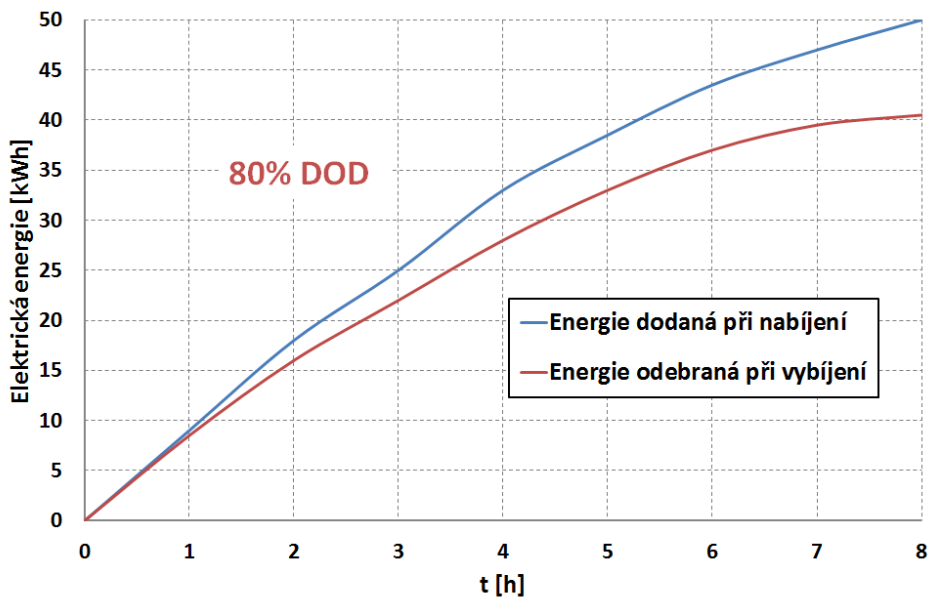
Nabíjecí charakteristika nabíječe ABC-1210D:



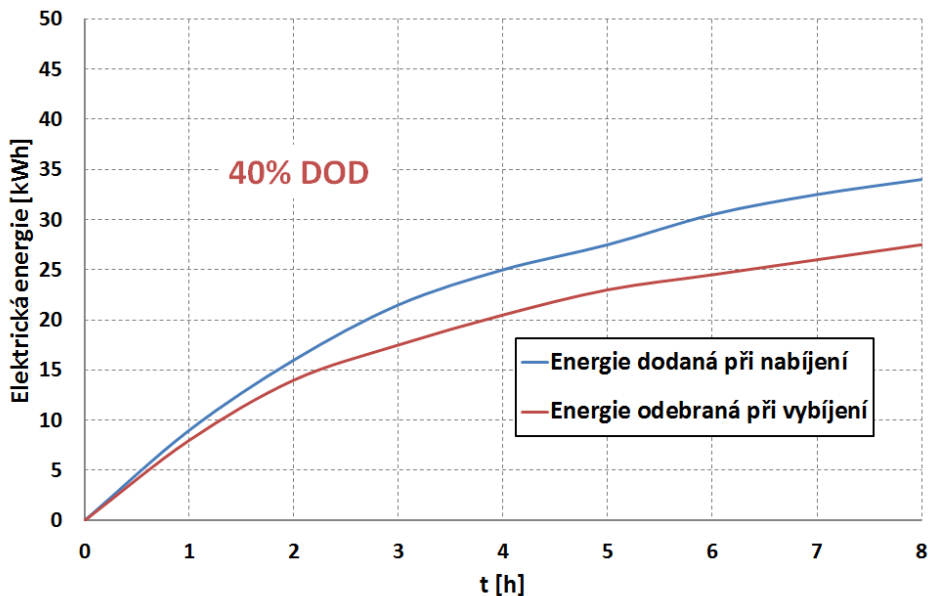
Obr.18:Nabíjecí charakteristika nabíječe Firestone [7]

5.5.2 Vliv DOD olověného akumulátoru na energii dodanou při nabíjení / vybíjení

Energetická účinnost velmi závisí na hloubce vybíjení (DOD), neboť obecně platí, že čím jsou vybíjecí cykly hlubší, tím je účinnost akumulátoru nižší a též jeho životnost se zkracuje. Jedná se o exponenciální úpadek kapacity.



Graf 1: 40% DOD nabíjení / vybíjení [8]



Graf 2: 80% DOD nabíjení / vybíjení [8]

Z grafu vidíme č.[1] a [2] vidíme, že po určitém čase se zvětšuje rozdíl mezi velikostí dodané energie při nabíjení a velikostí energie odebrané při vybíjení. Rozdíl se mezi nimi zvětšuje z důvodu změny velikosti vnitřního odporu, protože při vybíjení dochází k jeho postupnému nárůstu. Což znamená, čím hlouběji bude akumulátor vybíjen, tím bude jeho vnitřní odpor větší. Důsledkem jsou zvětšující se napěťové a proudové ztráty. Při pohledu na graf 80% DOD viz graf 1 je rozdíl mezi nabíjecí a vybíjecí křivkou větší než rozdíl mezi křivkami u 40% DOD viz graf 2. Část elektrické energie se přemění v teplo (zvyšující se teplota akumulátoru), díky tomu se snižuje schopnost elektrolytu přeměnit dodanou elektrickou energii na chemickou energii a následně ji uchovat. Dalším viditelným faktem, který je zřejmý z grafu, je počáteční lineárnost průběhu charakteristik. U vybíjecí charakteristiky je to dáno tím, že při vybíjení je v elektrolytu vyšší počet (koncentrace) volných nosičů náboje (ionty) a dochází tak k lepší elektrochemické reakci. Na elektrodách odevzdávají ionty svůj náboj a mění se v elektrický neutrální atomy nebo molekuly, které se vylučují na povrchu elektrod nebo chemicky reagují s materiálem elektrody nebo elektrolytem. Díky tomu se koncentrace iontu vybíjením postupně snižuje. Na základě této změny se charakteristika vybíjení postupně mění a nabývá logaritmický charakter. U nabíjecí charakteristiky jde o podobný proces, akorát opačně. Pro vznik vodivosti je potřeba zpět přeměnit (rozložit) neutrální atomy na ionty (kationty a anionty). Této přeměny je dosaženo pomocí elektrolýzy. [7] [4] [8]

6 POSTUP NÁVRHU AUTONOMNÍHO SYSTÉMU

6.1 Výběr a dimenzování částí systému

Bohužel jsem neměl možnost tento systém navrhnout celý od začátku. Tento systém se skládal z:

- DC/AC Měnič Carspa typ P1000-G539, 12 V/230 V.
- Baterie 2 ks – Jeden kus zapojen do systému a druhý jako záložní.

Po mé úpravě systému se systém skládá z:

- DC/AC Měnič Carspa typ P1000-G539, 12 V/230 V.
- Baterie 4 ks – 2 ks zapojeny spolu paralelně a 2 ks jako záložní.
- FV panel Xiamen ICO SMC 2 x 60W určen k nabíjení vybitých baterií

6.2 Určení velikosti energie potřebné na provoz osvětlení a spotřebičů

6.2.1 Osvětlení

- Obývací pokoj s kuchyní – 3 ks led žárovek Osram 8 W
- Chodba – 2 ks led žárovek Osram 8 W
- WC – 1 ks led žárovky Osram 8 W
- První patro – 2 ks led žárovek Osram 8 W

Celkové osvětlení má teoreticky maximální okamžitý odběr 64 W.

6.2.2 Spotřebiče

- Přenosné rádio s CD Philips AZ780 – příkon 15 W
- Chladnička DAEWOO FN 15B3RNW – 0,22 kWh / 24 h = 9,16 W

Spotřebiče mají teoreticky celkově maximální okamžitý odběr 24,16 W.

6.2.3 Energie uložená v bateriích Varta LDF90

Naše baterie o kapacitě 90 Ah schopna dodat do systému 1,08 kWh. Baterie jsou do systému připojeny vždy 2 ks. Výsledný možný teoretický výkon je **2,16 kWh**

6.2.4 Celková energetická náročnost rekreačního objektu

Teoreticky maximální celková energetická náročnost objektu 1h provozu = **88,16 W**. Celý den 88,16 W x 24 h = **2,11 kWh**

7. FV PANEL

Tento FV panel viz.obr.[19](#) a [20](#) typ: Xiamen ICO SMC 2 x 60 W je opatřený rámem z hliníkových profilů s nožičky. Je velmi snadné ho rychle rozložit a složit, kdekoli je potřeba. Na zadní části panelu se nachází 2 x junction box a 12 V nabíječ do kterého jsou paralelně zapojeny oba panely. Z nabíječe vedou kabely zakončené krokosvorkami k napojení na akumulátor. Jednotlivý FV panel se skládá ze 72 článků (monokrystal), které jsou zapojeny do dvou paralelních řetězců článků zapojených v sérii. Hodnoty udávané výrobcem na obr. [22](#).




Obr.19:FV panel Xiamen ICO SMC 2 x 60W (přední strana)



Obr.20:Zadní část FVP

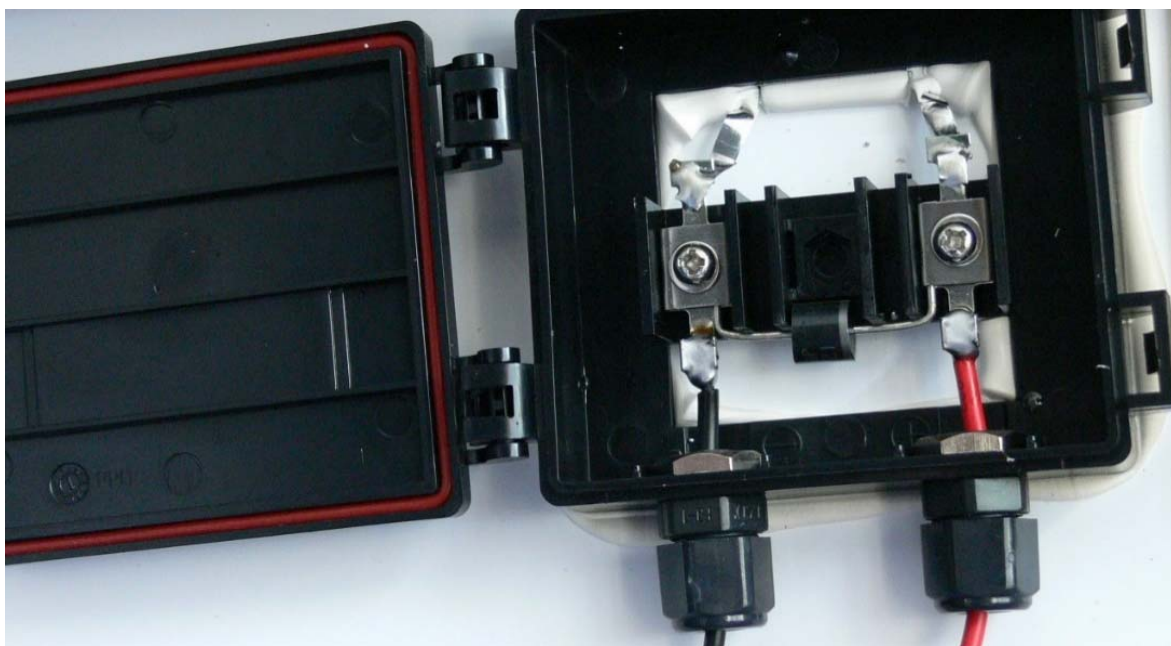
Na zadní části FV panelu je štítek s hodnoty udávané výrobcem.

Solar Module	
Spec	ICO-SMC-60W
Date	2013.08.27
Irradiance And Cell Temperature	1000W/m ² AM1.5 25°C
Pmax	60W
Vpm	18V
Ipm	3.33A
Voc	21.6V
Isc	3.66A
Made in china	

Obr.22:Hodnoty udávané výrobcem

7.1 Junction Box

V junction boxu se nachází jedna bypass dioda viz Obr.[21](#). Tato bypass dioda je zde použita k ochranně FV článků před tepelným zničením a také kvůli značnému poklesu výkonu. Tato dioda také odpojuje články v momentu jejich zastínění a umožňují tím eliminovat pokles výkonu solárního panelu a proudu, který by jinak procházel zastíněnými články. Pravděpodobným důvodem, proč zde není bypassových diod více je především ekonomický, ale i fakt, že způsobují určitý ztrátový proud, který se projeví snížením výsledného proudu dodávaného solárními články.



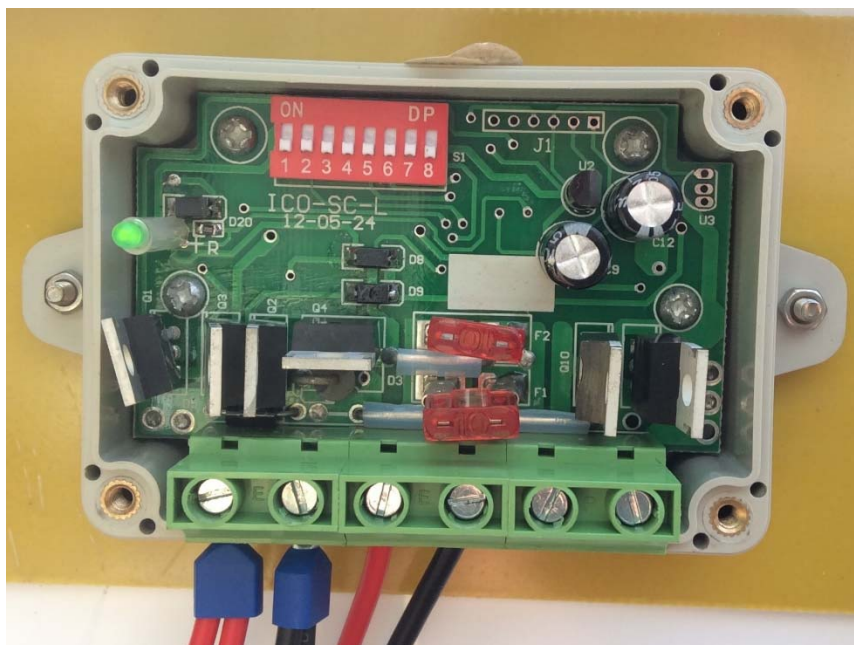
Obr.21:Junction box

7.2 Regulátor nabíjení

Na zadní části FV panelů se nachází regulátor nabíjení baterií. Při pohledu na zadní část FV kolektorů je vidět na obr.č.[20](#).



Obr.23:Nabíječ baterií 12V na FV panelu



Obr.24:Oddeklovaný nabíječ baterií na FV panelu

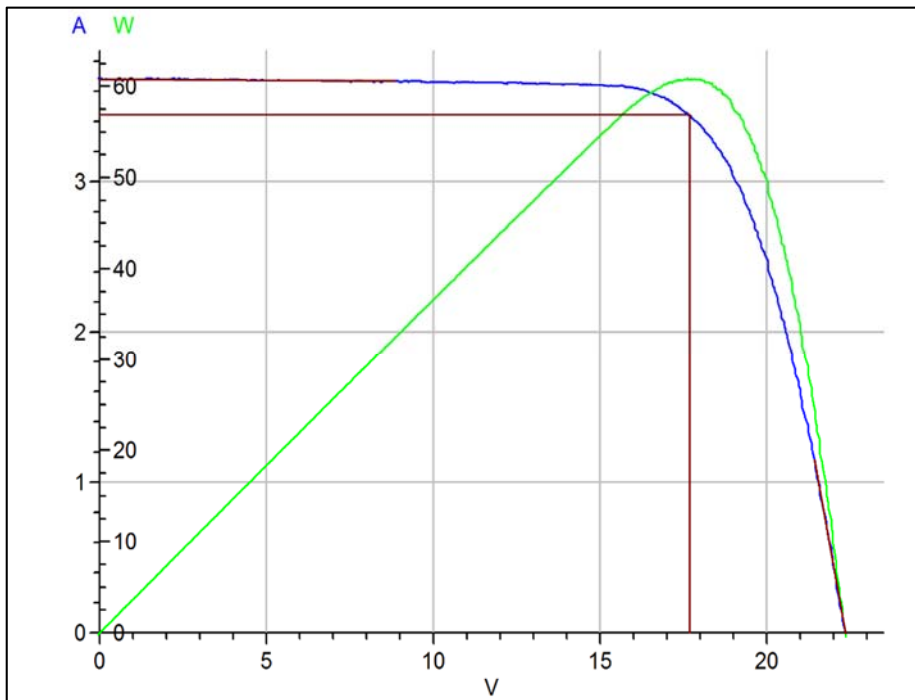
7.3 Naměřené hodnoty na FV kolektorech v laboratoři

Ve školní laboratoři jsem měřil dva kolektory od výrobce Xiamen. Naměřené hodnoty viz.tab.3 a následně zpracované grafy viz.graf 3 a 4.

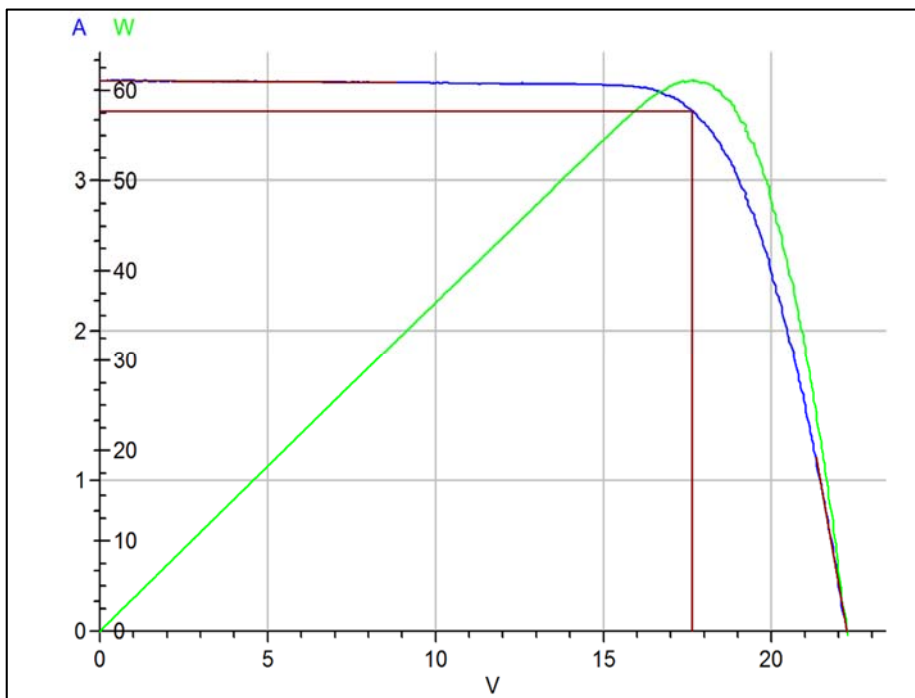
Tab. 3:Naměřené hodnoty z laboratoře kolektorů S/N 7352597913083012 a S/N 7352597913083017

Výrobce:	Xiamen	Výrobce:	Xiamen
Typ:	ICO-SMC-60W	Typ:	ICO-SMC-60W
Sériové číslo:	7352597913083012	Sériové číslo:	7352597913083017
Datum měření:	27-04-15	Datum měření:	27-04-15
Aktuální teplota:	22.6 °C	Aktuální teplota:	22.6 °C
Hodnoty jsou přepočteny na teplotu 25 °C			
G =	1.0 kW/m ²	G =	1.0 kW/m ²
I_{sc} =	3.681 A	I_{sc} =	3.663 A
V_{oc} =	22.355 V	V_{oc} =	22.252 V
η =	13.67 %	η =	13.71 %
FF =	73.98 %	FF =	74.91 %
P_{MAX} =	60.881 W	P_{MAX} =	61.066 W
V_{Pmax} =	17.690 V	V_{Pmax} =	17.650 V
I_{Pmax} =	3.441 A	I_{Pmax} =	3.460 A
R_s =	0.8 Ω	R_s =	0.8 Ω
R_p =	551.2 Ω	R_p =	724.1 Ω

Nyní následují grafy [3](#) a [4](#).



Graf 3: Měření FV modulu S/N 7352597913083012 v laboratoři



Graf 4: Měření FV modulu S/N 7352597913083017

Z měření v laboratoři jsem zjistil viz.graf 3, že naměřené hodnoty odpovídají údajům od výrobce, které jsou vyfoceny na obr.22.

7.4 Zapojení a praktické měření

Praktické měření dne 27. 4. 2015 probíhalo v Praze na ČVUT ve školním areálu. Na obr.23 vidíme pracoviště, kde měření probíhalo. Praktickým měřením jsem chtěl zjistit nejen výkon panelu, ale i chování celého systému.

Použité měřicí přístroje

- Měřicí přístroj teploty panelu Testo 905-T2
- Měřič světelného výkonu ve W/m^2 fotovoltaický expozimetr MacSolar E
- Ampérmetr Cem FC-33
- Ampérmetr Prova CM-02
- Voltmetr Metex M-3630D
- Nastavitelný reostat Krompachy PR125p15 (47Ω , 6 A) sloužící jako zátěž

Schéma zapojení

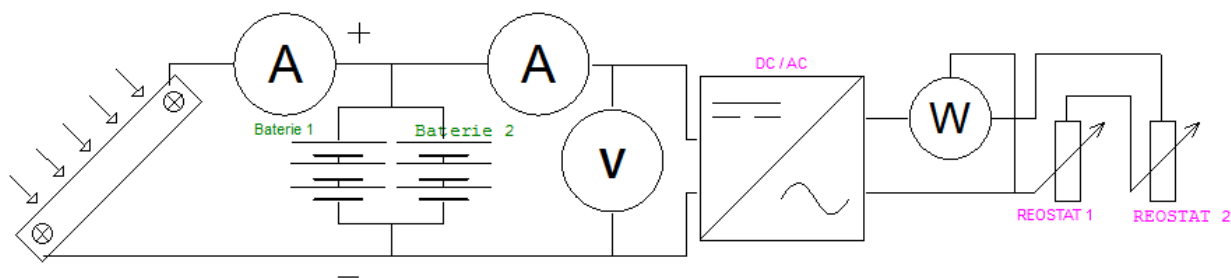


Schéma zapojení 1

Postup měření na pracovišti

Nejdříve před každým měřením jsem si zapsal čas. Na solárním kolektoru zastínil potřebné sekce článků. Poté měřičem světelného výkonu změřil světelný výkon od slunce a zapsal hodnoty z měřících přístrojů. Tento postup jsem opakoval tak dlouho, než byly všechny požadované hodnoty změřeny.

7.4.1 Měření s postupným vertikálním zastíněním

Na obrázku [23](#) a [24](#) je názorně ukázáno, jak jsem zastiňoval potřebné sekce z prava do leva, až došlo k úplnému zastínění kolektoru. Výsledky měření v tabulce [4](#) a průběhy grafů viz graf [5](#).



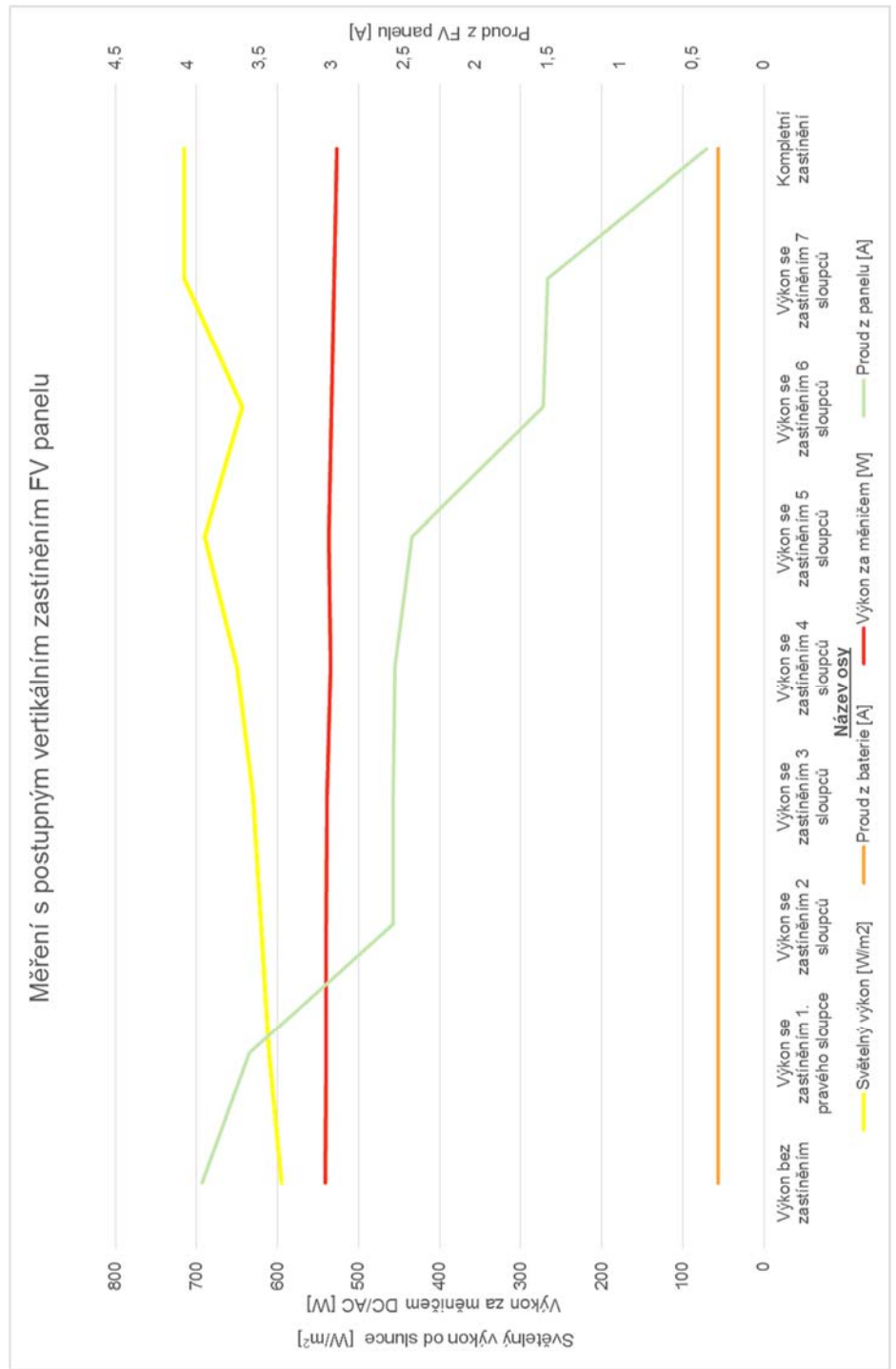
Obr. 23: Zapojení pracoviště v praxi a měření nezastíněného kolektoru



Obr. 24: Vertikální zastiňování kolektoru

Výsledky měření vertikálního zastíňování v tab. 4 a grafu 5.

	Výkon bez zastínění	Výkon se zastíněním 1. sloupce	Výkon se zastíněním 2. sloupce	Výkon se zastíněním 3. sloupce	Výkon se zastíněním 4. sloupce	Výkon se zastíněním 5. sloupce	Výkon se zastíněním 6. sloupce	Výkon se zastíněním 7. sloupce	Kompletní zastínění
Čas	11:10	11:20	11:25	11:30	11:32	11:33	11:34	11:36	11:38
Světelný výkon [W/m ²]	595	610	620	630	650	690	644	715	715
Proud z panelu [A]	3,9	3,57	2,57	2,57	2,56	2,44	1,53	1,5	0,4
Proud z baterie [A]	56	56,1	56,9	56,9	56,6	56,9	56,6	56,4	56,2
Výkon za měničem [W]	540,7	539,8	540	538,6	535	536,7	533	529,7	526,6



Graf 5: Měření s postupným vertikálním zastíněním FV panelu

Tabulka 4: Měření s postupným vertikálním zastíněním FV

7.4.2 Měření s postupným horizontálním zastíněním

Druhé měření probíhalo obdobně jen se FV kolektor zastiňoval v horizontálním směru od spodní části kolektoru směrem nahoru, až po úplné zastínění. Zapojení zůstalo stejné viz. schéma zapojení [1](#). Naměřené výsledky viz. tab. [5](#) a graf [6](#).



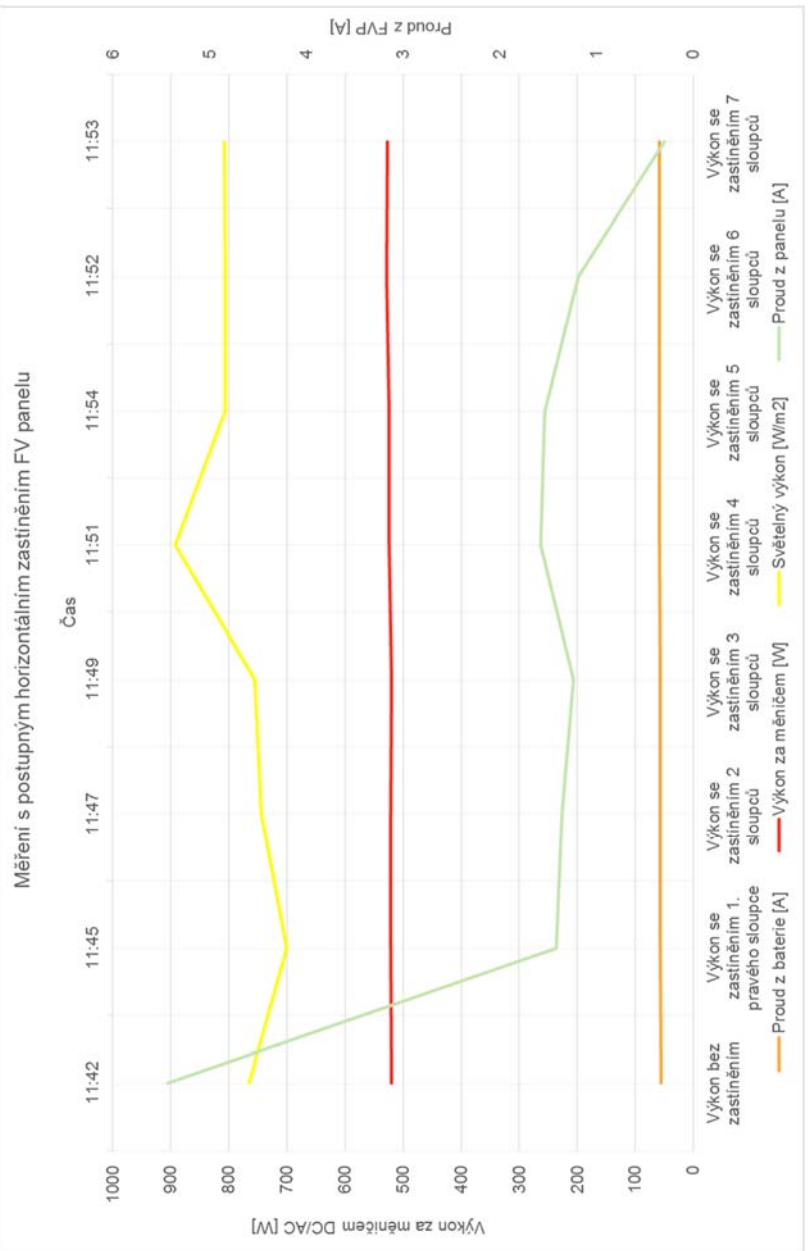
Obr. 25: Horizontální zastiňování



Obr. 26: Horizontální zastiňování

Výsledky měření horizontálního zastiňování v tab. 5 graf. 6

	Výkon bez zastiňování	Výkon se zastiňování 1 řady FČ	Výkon se zastiňování 2 řad FČ	Výkon se zastiňování 3 řad FČ	Výkon se zastiňování 4 řad FČ	Výkon se zastiňování 5 řady FČ	Výkon se zastiňování 6 řad FČ	Kompletní zastiňování
Čas	11:42	11:45	11:47	11:49	11:51	11:54	11:52	11:53
Světelný výkon [W/m ²]	765	700	745	755	893	806	806	808
Proud z panelu [A]	5,43	1,42	1,36	1,24	1,58	1,54	1,19	0,3
Proud z baterie [A]	56	56,6	56,8	57,2	58,1	58,7	59	59,1
Výkon za měničem [W]	520	522	521,3	519,7	524,4	523,9	528,8	526,6



Graf 6: Měření s postupným horizontálním zastiňováním FV panelu

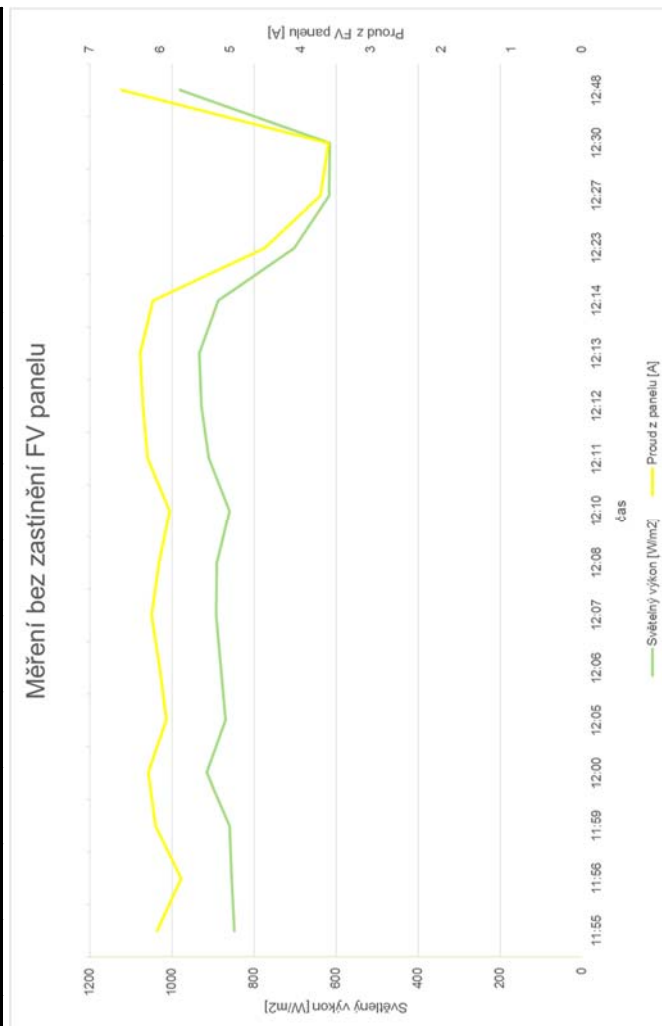
Tabulka 4: Měření s postupným horizontálním zastiňováním FV panelu

7.4.3 Měření bez zastínění FV kolektoru

Měření bez zastínění FV panelů jsem prováděl kolem 12:00h, abych zjistil maximální výkon FV panelů v praxi.

Čas	11,55	11,56	11,59	12	12,05	12,06	12,07	12,08	12,1	12,11	12,12	12,13	12,14	12,23	12,27	12,30	12,48
Světelný výkon [W/m ²]	848	855	860	915	870	880	893	890	860	910	928	934	887	702	617	615	980
Proud z panelu [A]	6,05	5,7	6,07	6,17	5,91	6,01	6,12	6,02	5,86	6,18	6,25	6,29	6,1	4,52	3,72	3,61	6,55
Proud z baterie [A]	58,9	58,2												55,9	58,5		
Výkon za měničem [W]	521,1	507												518,6	519,4		
Napětí za měničem	216	215,2												221,27	221,2	220,8	
Doplňující informace	Měnič hlásí podpětí a vypne													Zapnutí měniče		Měnič hlásí podpětí a vypne	
Účinnost η [%]	9,13	8,53	9,03	8,63	8,70	8,74	8,77	8,66	8,72	8,69	8,62	8,62	8,80	8,24	7,72	7,51	8,56
Prům. účinnost η [%]	8,57																
Výkon panelu [W]	77,44	72,96	77,70	78,98	75,65	76,93	78,34	77,06	75,01	79,10	80,00	80,51	78,08	57,86	47,62	46,21	83,84
Průměrný výkon [W]	73,13																

Tabulka 5: Měření bez zastínění



Graf 6: Měření bez zastínění

Závěr měření

Při porovnávání naměřených veličin z tabulek 4 a 5 z nich zpracovaných grafů 5 a 6 je zřejmé, že tyto dva FV panely vzájemně paralelně zapojeny do regulátoru nabíjení nejsou citlivé na vertikální zastínění jako na horizontální. Z měření vyplývá, že abych dosáhl maximálního výkonu i při horizontálním zastínění, musel by výrobce použít v junction boxu více by-pass diod, aby bylo vytvořeno více paralelních řetězců článků zapojených v sérii. V tom případě by se výrobek prodražil a FV panel by celkově dosahoval nižšího výkonu bez zastínění kvůli ztrátám na diodách než při stávajícím zapojení.

7.5 Nabíjení baterie FV panelem

Dopad slunečního svitu a výkon FV panelů podle Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) viz. tabulka 6.

GPS souřadnice místa instalace FV panelu v Honech u Police nad Metují: zeměpisná šířka 50°34'28" zeměpisná délka 16°14'37"

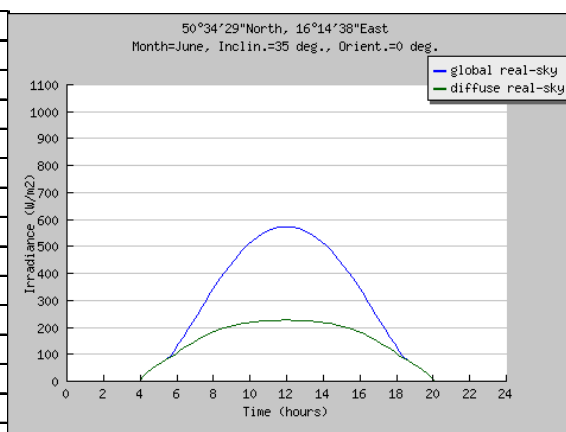
Fixed system: inclination=33 deg., orientation=0 deg. (Optimum at given orientation)				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	0.10	3.06	0.92	28.4
Feb	0.18	5.03	1.68	47.1
Mar	0.35	10.9	3.37	104
Apr	0.49	14.7	4.89	147
May	0.49	15.3	5.10	158
Jun	0.50	15.1	5.25	157
Jul	0.48	15.0	5.12	159
Aug	0.47	14.5	4.89	152
Sep	0.36	11.0	3.69	111
Oct	0.25	7.62	2.41	74.6
Nov	0.12	3.56	1.13	34.0
Dec	0.07	2.28	0.70	21.6
Year	0.32	9.84	3.27	99.5
Total for year		118		1190

Veličina	Význam	Jednotka
E_d	průměrná denní produkce elektřiny z daného systému	kWh
E_m	průměrná měsíční produkce elektřiny z daného systému	kWh
H_d	průměrný denní součet globální intenzity slunečního záření na m^2 , který mohou fotovoltaické panely daného systému přijmout	kWh/m ²
H_m	průměrný měsíční součet globální intenzity slunečního záření na m^2 , který mohou fotovoltaické panely daného systému přijmout	kWh/m ²

Tabulka 7: Průměrný dopad slunečního svitu v Honech u Police nad Metují

Vygenerovaná tabulka 8 s grafem 7 ze systému PVGIS pro průměrný červnový den.

čas	Světelný výkon [W/m2]
8:07	356
8:22	381
8:37	406
8:52	428
9:07	450
9:22	470
9:37	488
9:52	505
10:07	520
10:22	534
10:37	545
10:52	555
11:07	562
11:22	568
11:37	572
11:52	574
12:07	574
12:22	572
12:37	568
12:52	562
13:07	555
13:22	545
13:37	534
13:52	520
14:07	505
14:22	488
14:37	470
14:52	450
15:07	428
15:22	406
15:52	356
16:07	330
16:22	303
16:37	275
16:52	247
17:07	220
17:22	192
17:37	165
17:52	139
18:07	114
18:22	91
18:37	80
18:52	68
19:07	56
19:22	44
19:37	32
19:52	19
Průměr(celý den) [W/m2]	379,19
Průměr od (9h-16h) [W/m2]	513,93
Průměr od(11:50-12:50) [W/m2]	570



Graf 7:Průměrný sluneční svit v červnovém dni

Tabulka 8:Průměrný sluneční svit v červnovém dni.

Závěr nabíjení baterií FV panely

Teoreticky

Globální průměrná intenzita záření od slunce v čase od 8:07 do 19:52 je v průměru 379 W/h a celková cca 4550 W/12 h. Při účinnosti FV panelů Xiamen v praxi 8,57 % (viz.tab.xx) byl by dodaný výkon do baterie 389,9 W/12 h. Pokud bych nechal baterii nabíjet celých 24 h, dodaný výkon od FV panelů do baterie díky výpočtu programu PVGIS 500 W/ 24h. Pokud je teoreticky celodenní průměrný výkon systému během sedmi měsíců a to od dubna po říjen 0,43 kWh/24h a naše baterie z 50 % vybitá na 0,59 kWh, baterie se nabije za déle jak den (přesně 33h).

Uvedu zde teoreticky, pokud bych chtěl nabíjet baterii na chalupě, nabíjel bych cca od 9h-16h, kde průměrný světelný výkon od slunce je 513,93 W/m² (viz.tab.xx) při účinnosti panelů 8,57 % bude výkon dodávaný za 1 h do baterie 44 W a za nabíjecích 7 h = 308 W. Baterii bych teoreticky dobil ze zůstatkových 50 % (590 W/h) na 83,1 % (898 W/h).

Prakticky

Samozřejmě v praxi se baterie nabije rychleji. Protože lidé na rekreaci jezdí většinou, když je krásné počasí. Proto hodnoty nabíjení budou podstatně vyšší. Pokud by teoreticky bylo celý den slunečno a jasno jako v den mého měření, kdy FV systém v průběhu jedné hodiny v měřeném čase 11:55 - 12:48 dosahoval dodávaného výkonu do baterie 73,13 W/h při průměrném světelném výkonu ze slunce 813,47 W/m² a to je oproti průměru 570 W/m² ze systému PVGIS (viz.tab.xx) o 42,7 % vyšší světelný výkon.

Z praktického měření vím, že v optimálních podmínkách bude světelný výkon od slunce o 42,7 % vyšší a tím i výkon dodávaný FV panely do baterie. Pokud bych dobíjel baterii při slunečním svitu od 9h - 16h , kde by průměrný světelný výkon od slunce 733,37 W/m² při účinnosti FV panelů 8,57 % bude výkon dodávaný za 1 h do baterie 62,84 W a za potřebných 7 h = 439 W.

Baterii bych teoreticky dobil ze zůstatkových 50 % (590 W/h) na 95,27 % (1029 W/h)

8. EKONOMICKÁ ANALÝZA

V této kapitole vypočtu cenu uloženou FV panely Xiomen 2 x 60W do baterií.

Z ekonomického hlediska je nutné vzít v potaz rozdíl mezi náklady na samotný akumulátor a další komponenty, například FV panel, měnič DC/AC, nabíječ baterií. Vypočítám cenu za uložení 1 kWh elektřiny do samotného akumulátoru a poté porovnáím s uloženíím 1 kWh z elektrické soustavy nabíječem Fairstone.[20]

Pro zjištění nákladu za uložení 1 kWh je důležité znát energetickou účinnost akumulace elektrické energie jednotlivých akumulátoru a také jejich cyklickou životnost. Energetická účinnost je velice důležitá při určování celkové účinnosti systému, neboť je závislá na elektrochemické účinnosti akumulátoru. Energetická účinnost značně závisí na hloubce vybíjení (DOD), neboť obecně platí, že čím jsou vybíjecí cykly hlubší, tím je účinnost akumulátoru nižší a zároveň jeho životnost se zkracuje. Mluvíme o tzv. exponenciálním úpadku kapacity.[8]

Ceny komponentů systému:

- FV panel 2 x 60 W Xiamen – 5500 Kč
- Baterie Varta LDF 90 Ah – 4 x 3500 Kč = 14000 Kč
- Měnič DC/AC Carspa typ P1000 (12 V-230 V) – 4500 Kč
- Nabíječ baterií Firestone ABC 1210D – 2000 Kč

Celková cena našeho systému 26 000 Kč. Do ceny jsem počítal i nabíječ a měnič. Pokud by bylo nepříznivé počasí, je možnost dobíjet baterie v místě bydliště nabíječem. Bez DC/AC měniče, by nebyl náš autonomní systém kompletní.

Vztah pro výpočet uložení ceny za 1 kWh.[8]

$$Cena\ za\ 1kWh = \frac{Cena}{\frac{C [Ah] \times U [V]}{1000} \times Počet\ cyklů[-] \times \frac{\eta_{sh}(\eta_{hh})[\%]}{100}}$$

Použité hodnoty pro výpočet

- Cena - 28 000 Kč
- C [Ah] – 4x 90 Ah = 360
- U [V] – 12 V
- η_{sh} - 60
- (η_{hh}) - 91
- Počet cyklů – 200 x

Výpočtem jsem zjistil, že za vyrobenou a uloženou 1 kWh zaplatím 50 Kč.

Pokud bych do systému nepočítal DC/AC měnič, FV panel a nabíječ Firestone cena 1 kWh by se zlevnila na 29,60 Kč. Tento příklad jsem spočítal, protože po životnosti baterie mi DC/AC měnič, FV panel a nabíječ Firestone zůstanou.

Pro přesnější výpočet je potřeba zahrnout další ovlivňující faktory jako je například provozní teplota, způsob používání nebo samovybitení. Podle mě nejsou tyto faktory tak důležité a proto jsou ve výpočtu zanedbány.

Jen pro srovnání ceny za 1 kWh elektřiny vysokého tarifu 4,40Kč a při nízkém tarifu 1,84Kč za 1kWh .

9. ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo seznámení čtenáře nejen s možností napájení rekreačního objektu, ale i s komponenty, které autonomní systém s akumulací obsahuje. Hned v úvodu mé práce jsem vysvětlil, jak funguje energetická bilance domu a nastínil přehled nejen o sluneční energii, ale i o ostatních alternativních zdrojích energie.

V páté kapitole jsem vysvětlil, proč zvolený rekreační objekt je bez elektrické přípojky NN a nastínil jeho dosavadní možnosti elektrického napájení. Poté jsem provedl rešerši používaných systémů a vybral pro náš odlehlý rekreační objekt autonomní systém DC/AC s akumulací a popis již jeho stávajících komponent.

V další kapitole této práce byl popsán postup navrhování autonomního systému a určení velikosti energie potřebné na provoz spotřebičů včetně harmonogramu spotřeby.

Sedmá kapitola byla věnována FV panelům. V laboratoři se změřily a tím se ověřily hodnoty udávané výrobcem. Poté jsem provedl měření celého systému a zjišťoval jeho chování v praxi. Díky tomuto měření vyšly najevo neduhy našeho autonomního systému a zjistila se opravdová účinnost FV panelů, kde byla velká ztráta na integrovaném nabíječi baterií na zadní straně panelu oproti hodnotám účinnosti jednotlivých panelů v laboratoři.

Poslední část mé práce je o ekonomice provozu našeho autonomního systému. Ve kterém, se mně potvrdilo, že výběr baterií nebyl správný. Baterie mají nízký počet nabíjecích cyklů a tím i malou životnost. Kdyby měli baterie vyšší počet nabíjecích cyklů, nestála by výroba 1 kWh a následné uložení do našich baterií 50 Kč a byla by podstatně levnější. Do budoucna bych zvolil baterie, které mají vyšší počet nabíjecích cyklů.

Na závěr své bakalářské práce bych chtěl zmínit, že do budoucna by bylo vhodné dosavadní autonomní systém vylepšit. Na základě této práce jsem zjistil spousty

nedostatků autonomního systému. Nejdřív bych zainvestoval do nákupu DC/AC měniče se vstupním napětím 24 V nebo 48 V, aby nebyl systém a hlavně baterie proudově tak namáhány a nedocházelo při zapnutí ledničky k poklesu napětí v systému.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

- UPS - záložní zdroj
- DOD - předpokládaná hloubka vybíjení
- FV - fotovoltaický
- FVČ - fotovoltaický článek
- FVP - fotovoltaický panel
- S/N - sériové číslo
- Time - čas
- G - dopadající výkon záření z laboratorní výbojky
- V_{oc} - napětí naprázdno paralelní odpor reprezentující poruchy článků modulu
- R_s - sériový odpor, který představuje elektrické ztráty
- R_p - paralelní odpor
- P_{MAX} - bod maximálního výkonu
- FF - činitel plnění (fill factor) který je dán poměrem MPP a ideálního výkonu dodávaného modulem
- η - účinnost daná poměrem MPP a osvětlení modulu
- I_{sc} - zkratový proud
- V_{Pmax} - maximální napětí
- I_{Pmax} - maximální proud

POUŽITÁ LITERATURA

[1] EKOWATT, *Energetická bilance domu* [online]. 2008 [cit.2015-1-12] . Dostupné z: www.ekowatt.cz/uspory/energeticka-bilance-domu.shtml

[2] HRZINA, P. *Návrh FV systémů* (studijní text pro FEL ČVUT). Praha: FEL ČVUT, 2012. 51 s.

[3] HERON, *Datový list k elektrické centrále Heron* [online]. 2011 [cit.2015-1-20] . Dostupné z : <http://www.heron-motor.cz>

[4] VARTA, *Datový list k baterii Varta LDF90* [online]. 2013 [cit.2015-1-28] . Dostupné z:http://d26maze4pb6to3.cloudfront.net/vartaautomotive/5013/5661/8376/VARTA_Catalogue_Leisure_CZ.pdf

[5] CARSPA, *Datový list k měniči DC/AC Carspa typ P1000-G539, 12 V/230 V* [online]. 2011 [cit.2015-2-3]. Dostupné z: http://www.carspa.cn/productshow/pure-sine-wave-dc-to-ac-power-inverter-1000w-%E2%80%93-p1000_id33.html

[6] VESKA, J. *Zpráva o revizi elektrického zařízení* (elektroinstalace rekreačního objektu). Police nad Metují ,2012. 2s

[7] BATTERY EXPERT, *Datový list k nabíječi baterií Fairstone ABC 1210D* [online]. 2011 [cit.2015-2-14]. Dostupné z:http://www.battery.cz/files/ckeditor/ABC1210D_rev4-barevne.pdf

[8] TOŠER, P. – VACULÍK, S. – BACA, P. *Náklady na akumulaci elektřiny v sekundárních člancích* [online]. 2013 [cit.2015-3-7]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/10362-naklady-na-akumulaci-elektřiny-v-sekundarnich-clancich>.

[9] JIŘÍČEK, I. – RÁBL, V. *Sluneční energie* [online] 2005 [cit.2015-4-21]. Dostupné z : http://old.vscht.cz/ktt/studium/zdrene/2.0_Slune%C4%8Dn%C3%AD_energie.pdf