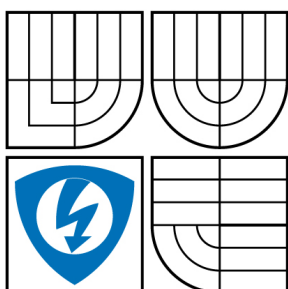




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC
TECHNOLOGY

SIMULACE POUŽITÍ SOLÁRNÍCH ČLÁNKŮ

SIMULATION OF SOLAR CELLS USING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

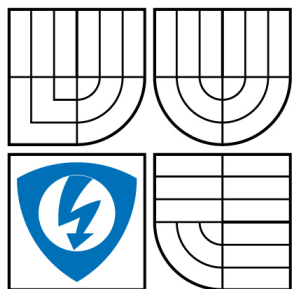
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MICHAL FRYDRYCH

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KRISTÝNA JANDOVÁ

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektrotechnologie

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Mikroelektronika a technologie

Student: Frydrych Michal
Ročník: 3

ID: 78166
Akademický rok: 2007/2008

NÁZEV TÉMATU:

Simulace použití solárních článků

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Na modelu aplikace solárních článků, vytvořeného v rámci semestrálního projektu, proveďte měření vybraných parametrů článků.

Získané výsledky vyhodnoťte a shrňte možnosti solární technologie při snižování nákladů v moderní domácnosti.

Dále vypracujte energetickou bilanci běžné domácnosti a popište možnosti, problémy a cenové náklady při použití solárních systémů.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] WÜRFEL, P.: Physics of solar cells, Wiley-VCH verlag GMBH & Co. Kvas Weinheim, 2005

[2] VANĚK, J., KŘIVÁK, P., NOVÁK, V. : Alternativní zdroje energie – elektronický text, Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2006

Termín zadání: 11.2.2008

Termín odevzdání: 30.5.2008

Vedoucí práce: Ing. Kristýna Jandová

prof. Ing. Radimír Vrba, CSc.

předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

Licenční smlouva poskytovaná k výkonu práva užít školní dílo

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Michal Frydrych
Bytem: Kelč – Lhota 42, 756 43
Narozen/a (datum a místo): 24.3.1986, Valašské Meziříčí

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
se sídlem Údolní 244/53, 602 00 Brno
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:
Prof. Ing. Radimír Vrba, CSc.
(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1 Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- ☐ disertační práce
- ☐ diplomová práce
- ☐ bakalářská práce
- ☐ jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

.....

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Simulace použití solárních článků
Vedoucí/ školitel VŠKP: Ing. Kristýna Jandová
Ústav: Ústav elektrotechnologie
Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v:

- ☒ tištěné formě – počet exemplářů 2
- ☒ elektronické formě – počet exemplářů 2

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ☒ ihned po uzavření této smlouvy
 - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
 - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
 - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
 - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: 27. 5. 2008

.....
Nabyvatel

.....
Autor

Abstrakt:

Tato práce se zabývá problematikou výroby elektrické energie pomocí fotovoltaických panelů. Je zde uveden rozbor problematiky při výpočtu solárního systému pro “ostrovní” provoz domu, popis všech dílčích částí nutných pro fotovoltaický systém a rozbor celkových nákladů na pořízení takového systému. Cílem této práce bylo vytvoření modelu domu, který využívá pro svou činnost fotovoltaické panely. Na vytvořeném modelu bylo provedeno měření za běžného dne, při laboratorních podmínkách a stanovení důležitých parametrů solárního panelu.

Abstract:

This thesis deals with problems of production of an electric energy by the help of photovoltaic panels. There is mentioned an analysis of problems at calculation of solar system for “island” operation of house, description of all partial segments needed for photovoltaic system and analysis of final costs on purchase of this system. A point of this thesis was making a model of house which used the photovoltaic panels for its function. On this created model was made a measuration during a common day at laboratory conditions and determination the important parameters of solar panel.

Klíčová slova:

Solární článek, korekční faktor, optimální, experimentální, alternativní, dimenzování, elektrická bilance.

Keywords:

Solar cell, correction factor, optimal, experimental, alternative, dimensioning, electric balance.

Bibliografická citace díla:

FRYDRYCH, M. *Simulace použití solárních článků-bakalářská práce*. Brno, 2008. 28 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Kristýna Jandová, FEKT VUT v Brně

Prohlášení autora o původnosti díla:

Prohlašuji, že jsem tuto vysokoškolskou kvalifikační práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce, s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 27. 5. 2008

.....

Poděkování:

Na tomto místě chci vyjádřit své poděkování za poskytnutí obětavé pomoci, cenných informací a odborné literatury při vypracovávání bakalářské práce svému konzultantovi Ing. Kristýně Jandové. Dále bych chtěl poděkovat všem ostatním, kteří mě během studia podporovali.

OBSAH

1	Úvod	1
2	Z čeho se skládá solární fotovoltaický systém	2
2.1	Fotovoltaický panel	2
2.2	Nosná konstrukce fotovoltaických panelů	3
2.3	Regulátor nabíjení akumulátoru	4
2.4	Akumulátor.....	4
2.5	Kabeláž solárního fotovoltaického systému	5
3	Typy sítí	6
3.1	Systém je připojený k elektrické síti (GRID-ON)	6
3.2	Schéma “ostrovního” systému (GRID-OFF).....	6
3.3	Schéma hybridního “ostrovního” systému (GRID-OFF)	7
4	Projektování fotovoltaického systému pro moderní dům	9
4.1	Stanovení spotřeby energie	9
4.2	Výkon solárních panelů.....	10
4.3	Dimenzování akumulátoru	12
4.4	Blokové schéma zapojení FV systému	13
4.5	Náklady na pořízení systému.....	13
5	Realizace modelu domu	15
5.1	Výpočet energetické bilance pro model	15
5.2	Blokové schéma zapojení modelu	16
5.3	Popis modelu	16
5.4	Regulátor nabíjení.....	17
5.4.1	Popis zapojení Regulátoru	17
5.5	Solární panel.....	21
5.5.1	Popis solárního panelu	21
5.5.2	Měření na solárním panelu	21
6	Závěr	25

1 Úvod

Sluneční energie se v současné době využívá v několika odvětvích vědy a techniky. Slouží jako zdroj tepelné a elektrické energie, která je například využívána v zemědělství k sušení plodin, v průmyslu hlavně k pohonu různých mechanických zařízení. V neposlední řadě je solární energie využívána pro vesmírný výzkum.

Velmi důležitou možností využití sluneční energie je možnost přeměnit ji na energii elektrickou. Touto přeměnou lze zajistit velké množství ekologické energie, kterou bychom jinak museli získat spalováním tuhých paliv, zemního plynu, ropy nebo jiným způsobem.

Fotovoltaická zařízení představují jednoduchý a elegantní způsob, jak sluneční paprsky přeměnit na elektřinu. Pracují na principu fotoelektrického jevu: částice světla – fotony – dopadající na článek svou energií z něho "vyráží" elektrony. Polovodičová struktura článku pak uspořádává pohyb elektronů na využitelný stejnosměrný elektrický proud. Solárními články je možné realizovat aplikace s nepatrným výkonem (napájení kalkulačky) až po elektrárny s výkony v MW. Ve srovnání s jinými zdroji elektrické energie má provoz fotovoltaického zařízení celou řadu ekologických i provozních výhod. Jednou z výhod je finanční stránka, kdy nejvyšší je pořizovací cena a dále na provoz již není potřeba vynakládat velké sumy. Další výhodou je, že ho lze použít na nepřístupných a ekologicky chráněných místech nebo na místech, kam není možné vést klasické elektrické vedení. Dá se zabudovat do staveb a zařízení.

V našich klimatických podmínkách je však třeba počítat i s nevýhodami, které mohou omezit nebo zcela znemožnit efektivní využití fotovoltaických zařízení. Například značnou nevýhodou je nutnost využití velkých ploch k zachycování této energie. Problémy mohou být také způsobeny klimatickými podmínkami, například zakrytí slunce mraky, nízká intenzita slunečního záření v podzimních a zimních dnech. Je tedy potřeba na této technologii pracovat a více ji zpřístupnit širší veřejnosti, informovat o možnostech využití a zpracovat důležité poznatky do ucelené formy.

2 Z čeho se skládá solární fotovoltaický systém

Fotovoltaický systém se skládá z následujících částí:

- fotovoltaické panely
- nosná konstrukce fotovoltaických panelů
- regulátor nabíjení akumulátoru – akumulátor
- kabeláž solárního systému
- spotřebiče napájené stejnosměrným napětím – měnič stejnosměrného napětí na střídavé
- spotřebiče napájené střídavým napětím 230V

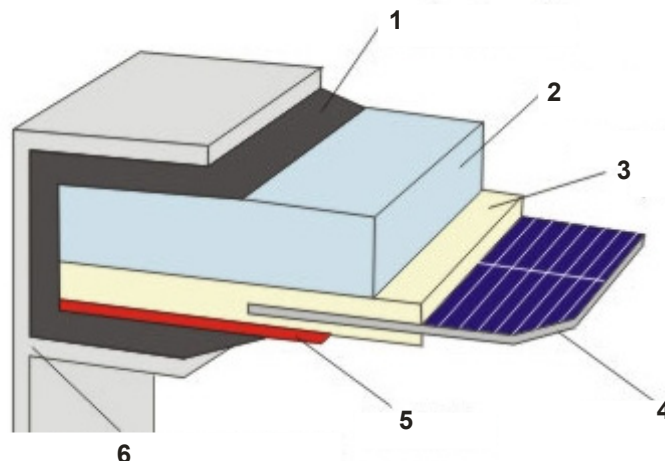
V dnešní době je možné zakoupit v podstatě jakékoli zařízení na stejnosměrné napětí 12 V nebo 24 V. Pokud už máme zařízení, které lze napájet pouze střídavým napětím 230 V, je možné do tohoto systému zařadit měnič napětí, který vytvoří ze stejnosměrného napětí střídavé napětí. [1]

2.1 Fotovoltaický panel

Fotovoltaický panel se skládá z většího množství solárních článků, které se většinou zapojují buď do série, nebo sérioparalelně, aby se dosáhlo vyššího napětí, popřípadě vyššího proudu. Konstrukce panelu chrání články před mechanickým poškozením a před nepříznivými vlivy okolního prostředí.

Pokud zvolíme sériové řazení článků, poteče všemi stejně velký proud. Při nerovnoměrném osvětlení budou články vyrábět různě velké proudy. To znamená že maximální proud, který bude možné odebírat z celého panelu, bude roven nejhůře osvětlenému článku. Pokud úplně zastíníme jeden článek v panelu, nepoteče žádný proud a výkonu panelu bude nulový. Pokud zvolíme sérioparalelní řazení článků, tak při zastínění jednoho článku bude panel dodávat alespoň 50% okamžitého výkonu.

Ke konstrukci solárních panelů se používá ušlechtilých kovů, které nepodléhají korozi, aby se dosáhlo co nejvyšší životnosti fotovoltaických panelů. Výroba probíhá při velkém tlaku a z prostoru článku je odsáván vzduch. Uspořádání částí a ochranných vrstev v panelu znázorňuje obrázek 2.1. [1]



Obr. 2.1 Konstrukce solárního panelu: 1 – pryžový profil, 2 – tvrzené sklo, 3 – materiál pro uložení, 4 – solární článek, 5 – zadní fólie, 6 – nosný Al rám. [4]

2.2 Nosná konstrukce fotovoltaických panelů

Slouží k upevnění a nastavení orientace fotovoltaických panelů. Nosné konstrukce se mohou umisťovat přímo na zem nebo mohou být součástí stavby, například stěna, střecha apod.. Tyto konstrukce musejí být vhodně navrženy pro dané klimatické podmínky, musejí být schopny přenášet statické zatížení (hmotnost panelů, kabeláž, sníh) a dynamické zatížení (vítr). Při montáži panelů musíme počítat s tím, že panely se zahřívají. Mezi rámem panelu a pevnou plochou musí být ventilační mezera nejméně 5 cm. Jelikož jsou rámy vytvořeny z vodivého materiálu, měly by se vhodným způsobem uzemnit. [1]

Pro zvýšení účinnosti, přeměny sluneční energie na elektrickou, se začaly vyrábět natáčecí konstrukce. U těchto konstrukcí jsou fotovoltaické panely vždy kolmo k dopadajícím slunečním paprskům. S natáčecí konstrukcí nám panel dodává během dne pořád maximální výkon. Roční výtěžnost u dynamicky instalovaného systému je vyšší o 35% než u statického systému. [4]

2.3 Regulátor nabíjení akumulátoru

Toto zařízení je velice důležité pro řádnou funkci celého solárního systému. Regulátor nabíjení zajišťuje správnou akumulaci energie do akumulátoru, a tím mu zajišťuje dlouhou životnost a malé nároky na údržbu. Dále pak zabraňuje nežádoucímu vybíjení baterie přes solární panely v době nízkého slunečního záření a indikuje pracovní stavy. Regulátory chrání akumulátor jak při přebíjení (odpojí solární panel), tak před hlubokým vybitím (odpojí spotřebiče). Typy regulátorů se volí podle druhu akumulátoru (Pb, NiCd, NiFe) a podle napětí (12 V, 24 V). [1]

2.4 Akumulátor

Pro fotovoltaický systém lze použít jakýkoli druh akumulátoru, například olověné (Pb) nebo alkalické (NiCd, NiFe). V drtivé většině se používají akumulátory olověné. Nejsou to ale klasické akumulátory používané v automobilech, jedná se o speciální solární akumulátory, které jsou vyrobeny přímo pro použití ve fotovoltaickém systému. Tyto akumulátory mají gelový elektrolyt, jsou bezúdržbové a vyznačují se nízkým samovybíjením. Pro malé fotovoltaické systémy lze použít i klasické akumulátory s kapalným elektrolytem, ale vzniká pak povinnost kontrolovat množství elektrolytu.

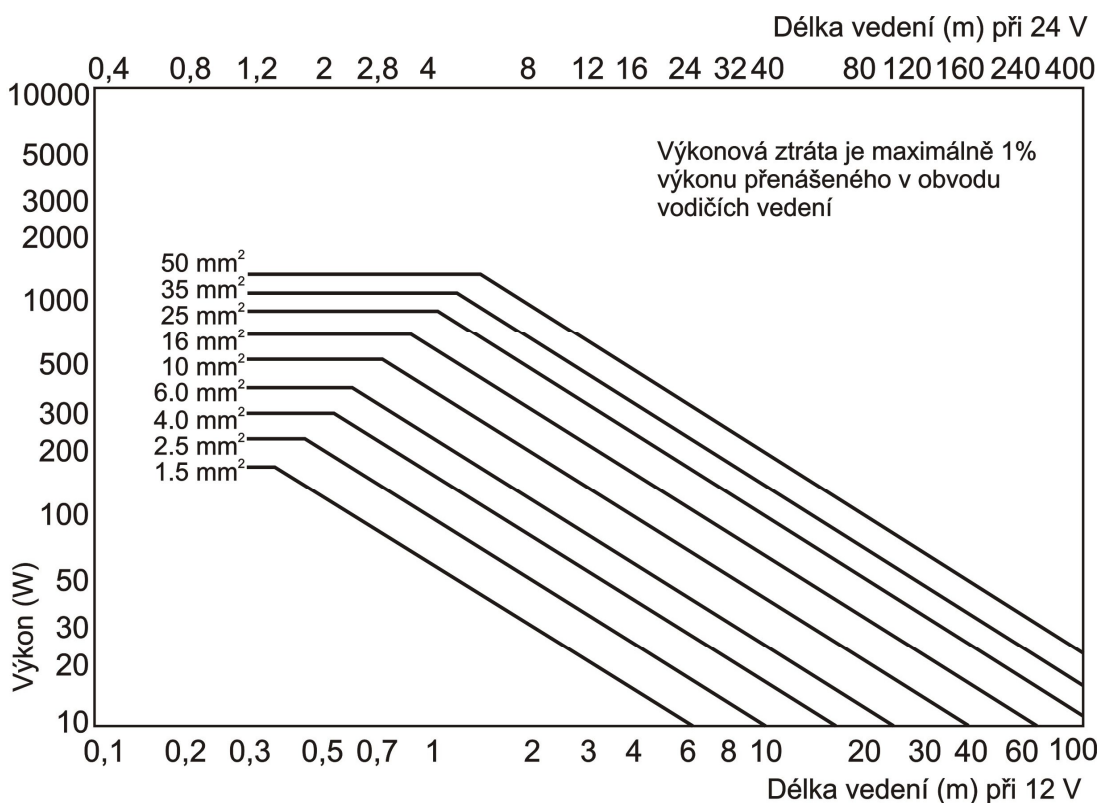
Akumulátory lze zapojovat sériově i paralelně pokud bude stejná kapacita a napětí. Kapacitu volíme podle toho, jak velký výkon musíme dodat do zátěže v požadované době provozu zátěže při nedostatečné intenzitě slunečního záření dopadajícího na fotovoltaické panely (viz. kapitola 4.3). Akumulátory by měly být umístěny v chladné místnosti, a pokud používáme akumulátory s kapalným elektrolytem, měli bychom zajistit i dostatečné větrání. [1]

Kapacita baterií závisí na vybíjecím proudu. Podle celosvětové konvence se kapacita baterií udává v ampérhodinách při 20 hodinovém vybíjení C20 při teplotě 25 °C. To znamená že, když budeme mít baterii 12 V 3,3 Ah, bude schopna dodávat po dobu 20 hodin proud 165 mA do dosažení konečného vybíjecího napětí 1,75 V na článek, což je 10,5 V. Pod toto napětí, vzhledem k životnosti baterie, by už neměla být dále vybíjena. [7]

2.5 Kabeláž solárního fotovoltaického systému

Solární systémy jsou nízkonapěťové, ale jednotlivými částmi systému protéká velký proud, musíme tedy zajistit, aby přechodové odpory konektorů a spojů byly co nejmenší. Také musíme dostatečně dimenzovat propojovací kabely mezi jednotlivými částmi systému. Dále u regulátorů bez proudové ochrany, z důvodů bezpečnosti, bychom měli zařadit mezi spotřebič a akumulátor pojistku. Pokud tak neučiníme, hrozí při poruše spotřebiče vzniku požáru.

Na obrázku 4.1 je uveden maximální výkon pro různé průřezy vedení, přičemž jsou přípustné pouze 1% ztráty ve vedení. Ztrátový výkon 1% znamená, že výkonové ztráty na celém úseku vedení jsou maximálně 1% při maximálním zatížení. Při nedostatečném průřezu vedení budou vznikat velké ztráty a které se nám projeví jako zahřívání vodičů. [1]

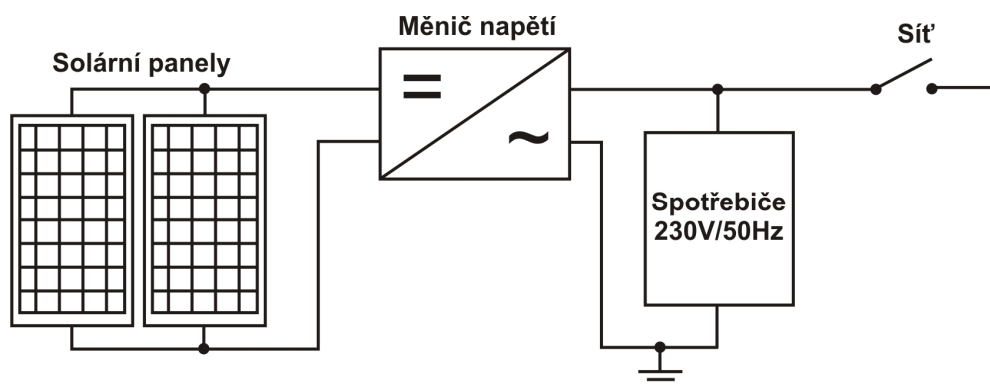


Obr. 2.2 Diagram k určení průřezu vodičů solárního systému u něhož je ztrátový výkon menší než 1% přenášeného výkonu. [1]

3 Typy sítí

3.1 Systém je připojený k elektrické síti (GRID-ON)

Tento typ sítě napájí spotřebiče v budově a přebytečnou energii, kterou vyrobí, dodává do elektrické sítě. Nevyužívá možnosti akumulovat elektrickou energii do akumulátorů, kterou získá během dne. Výhodou těchto systémů je, že nepotřebují akumulátor, jako akumulátor jim slouží elektrická síť. Nevýhodou může být to, že musí mít vždy střídač napětí. Solární panel vyrábí napětí stejnosměrné, a to se musí přeměnit na napětí střídavé, aby mohlo být dodáváno do elektrické sítě. V České republice je jen několik takových budov s tímto zapojením. Většinou toto zapojení využívají školy k výuce jako demonstrační příklad při získávání energie pomocí solárních panelů. Tyto projekty byly podpořeny státní dotací a slouží hlavně k výuce, jejich vyrobená energie je mizivá, protože plocha solárních panelů nepřevyšuje 2 m² o výkonu cca 200 Wp. [7]



Obr. 3.1 Blokové schéma zapojení sítě GRID-ON.

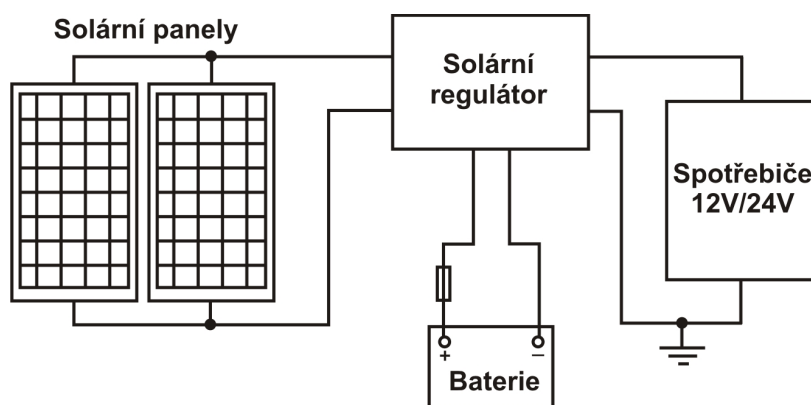
3.2 Schéma “ostrovního” systému (GRID-OFF)

Jedná se o typ sítě s nepřímým napájením, který není připojen k elektrické síti, takže se může použít v místech, kde není elektrická síť. Tedy v případech, kdy je vybudování dražší než na náklady potřebné na fotovoltaický systém.

Nepřímé napájení znamená, že vyrobená energie napájí spotřebiče a přebytečná energie se uchovává v baterii. V případě nedostatku energie z důvodů nedostatečné intenzity slunečního záření se energie odebírá z baterie. Ostrovní provoz se využívá pro chaty, obytné automobily, dopravní signalizaci a také pro parkovací automaty. U všech těchto zařízení se klade důraz na malou spotřebu, protože čím menší spotřeba, tím jsou i menší rozměry a náklady na fotovoltaický systém.

Systém s přímým napájením znamená, že solární panel přímo napájí spotřebiče. Při nedostatku sluneční intenzity připojené zařízení přestává fungovat. Tohoto typu napájení se využívá při čerpání vody nebo dobíjení malých akumulátorů.

Tyto systémy potřebují ke správné a efektivní činnosti solární regulátor. Tento typ sítě využívá pouze stejnosměrné napětí. Pro tyto účely dnes trh nabízí mnoho spotřebičů, které jsou konstruovány na stejnosměrné napětí, takže není potřeba měnič napětí. [7]



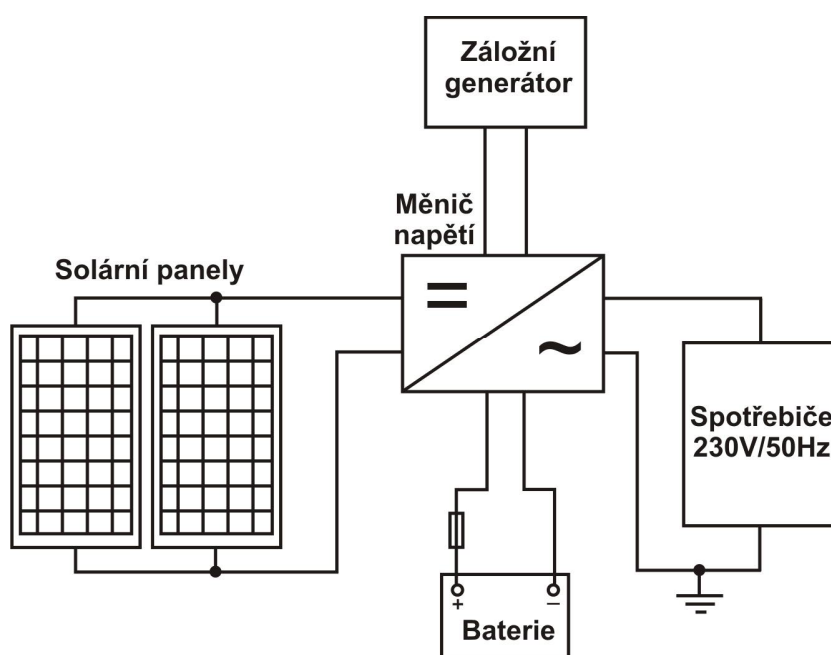
Obr. 3.2 Blokové schéma zapojení sítě GRID-OFF.

3.3 Schéma hybridního “ostrovního” systému (GRID-OFF)

Opět se jedná o typ sítě s nepřímým napájením, který není připojen k elektrické síti. Tyto hybridní ostrovní systémy se využívají tam, kde je třeba napájet zařízení s vyšším příkonem a je nutný celoroční provoz bez výpadku napájení. V zimním

období fotovoltaický systém dodává menší výkon než v letním období, proto by měl být navrhován na zimní provoz. Ale toto pak má za následek zvýšení pořizovacích nákladů.

Cenově výhodnější je doplnit systém o jiný alternativní zdroj energie, který pokryje nedostatek energie v zimním období. Takovým zdrojem může být například větrná elektrárna nebo elektrocentrála. [7]



Obr. 3.3 Blokové schéma zapojení hybridní sítě GRID-OFF.

4 Projektování fotovoltaického systému pro moderní dům

Výpočet je proveden pro ostrovní provoz domu ležícího v okolí Vídně. Solární panely budou umístěny směrem na jih pod úhlem 45°. Počet autonomních dnů je volen na 4 dny. Z důvodů úspory energie jsou zahrnuty jen nejn nutnější spotřebiče, které jsou napájeny stejnosměrným napětím 12 V.

4.1 Stanovení spotřeby energie

Při stanovení spotřeby energie musíme počítat s tím, že spotřeba energie se během dne mění. Abychom nestanovili malou spotřebu, musíme počítat se všemi spotřebiči, které připadají v úvahu. U každého spotřebiče zjistíme jeho příkon, stanovíme dobu provozu během dne a z těchto údajů vypočítáme denní spotřebu energie, označena jako D_{SE} . [1]

$$D_{SE} = W_P \cdot t_P \quad \left[\frac{Wh}{d} \right] \quad (4.1)$$

$$D_{SE} = W_P \cdot t_P = 50 \cdot 4 = 200 \frac{Wh}{d}$$

Kde:

W_P ... příkon [W]

t_P ... doba provozu spotřebiče [h/d]

Denní spotřeba energie			
Spotřebič	Doba provozu [h/d]	Příkon [W]	Potřebná energie [Wh/d]
Osvětlení	4	50	200
Lednice 50 l	4,5	42	189
Čerpadlo na vodu	0,3	75	23
Rádio	1	10	10
Průměrná denní spotřeba (P_{DSE})			422

Tab. 4.1 Denní spotřeba energie.

4.2 Výkon solárních panelů

Dále je třeba určit specifický denní energetický výnos solárního panelu, který budeme značit jako E_{VP} . Při výpočtu je třeba znát korekční faktor, který se odvíjí od natočení a sklonu panelu ke slunci. [1]

$$E_{VP} = E_{VPV} \cdot K_F \quad \left[\frac{Wh}{W_P \cdot d} \right] \quad (4.2)$$

$$E_{VP} = E_{VPV} \cdot K_F = 2,57 \cdot 1,05 = 2,69 \frac{Wh}{W_P \cdot d}$$

Kde:

E_{VPV} ... energetický výnos FV panelu umístěného vodorovně [Wh/d]

K_F ... korekční faktor [-]

Denní výnos energie vodorovně umístěného panelu ve Wh/d na 1W _p výkonu panelu													
Město	Měsíc												průměr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Berlín	0,40	0,74	1,59	2,27	3,10	3,54	3,42	2,98	1,98	1,03	0,49	0,30	1,79
Hamburk	0,34	0,73	1,45	2,31	3,04	3,54	3,13	2,82	1,81	0,97	0,44	0,26	1,74
Norimberk	0,46	0,92	1,48	2,00	3,68	3,80	3,27	2,94	1,94	1,24	0,57	0,42	1,89
Vídeň	0,94	0,92	1,72	2,57	3,32	3,46	3,54	2,94	2,15	1,33	0,66	0,45	1,96
Salzburg	0,67	1,11	1,83	2,44	2,97	3,01	3,19	2,76	2,15	1,42	0,70	0,51	1,90
Davos	1,01	1,59	2,59	3,40	3,68	3,56	3,61	3,08	2,66	1,87	1,09	0,88	2,42
Milán	0,60	1,11	1,95	2,92	3,34	3,79	3,95	3,42	2,48	1,59	0,74	0,56	2,20
Madrid	1,12	1,71	2,70	3,54	4,01	4,35	4,69	4,22	3,12	2,05	1,29	1,15	2,83
Athény	1,14	1,70	2,48	3,35	4,17	4,45	4,47	4,02	3,16	2,20	1,51	1,10	2,81

Tab. 4.2 Denní výnos energie vodorovně umístěného panelu. [1]

Korekční faktory pro různé sklony a orientace									
Orientace	Jih			Jihovýchod/Jihozápad			Východ/Západ		
Sklon	30°	45°	60°	30°	45°	60°	30°	45°	60°
Leden	1,44	1,57	1,63	1,37	1,48	1,52	1,01	0,99	0,95
Únor	1,40	1,50	1,54	1,33	1,42	1,43	1,01	1,00	0,96
Březen	1,17	1,19	1,15	1,15	1,16	1,12	0,99	0,96	0,91
Duben	1,08	1,05	0,98	1,07	1,05	0,99	0,98	0,95	0,89
Květen	1,00	0,94	0,85	1,00	0,95	0,88	0,97	0,93	0,88
Červen	0,96	0,90	0,81	0,97	0,91	0,82	0,96	0,92	0,86
Červenec	0,97	0,91	0,83	0,98	0,92	0,84	0,96	0,92	0,86
Srpen	1,03	1,00	0,92	1,03	1,00	0,93	0,97	0,94	0,88
Září	1,17	1,18	1,14	1,15	1,16	1,12	0,97	0,96	0,92
Říjen	1,30	1,37	1,38	1,25	1,31	1,30	1,00	0,98	0,94
Listopad	1,47	1,61	1,68	1,40	1,51	1,55	1,01	1,00	0,96
Prosinec	1,42	1,55	1,61	1,36	1,46	1,49	1,00	0,98	0,94

Tab.4.3 Korekční faktory pro různé sklony a orientace. [1]

Potřebný jmenovitý výkon solárního panelu budeme značit jako J_{VP} , při výpočtu zohledňujeme účinnost akumulátoru K . [1]

$$J_{VP} = \frac{P_{DSE}}{E_{VP} \cdot K} \quad [W_P] \quad (4.3)$$

$$J_{VP} = \frac{P_{DSE}}{E_{VP} \cdot K} = \frac{422}{2,69 \cdot 0,8} = \underline{\underline{196 W_P}}$$

Kde:

P_{DSE} ... průměrná denní spotřeba energie [Wh/d]

E_{VP} ... energetický výnos solárního panelu $[\frac{Wh}{W_P \cdot d}]$

K ... účinnost akumulátoru [-]

4.3 Dimenzování akumulátoru

Energie, která nebyla spotřebována během dne, se ukládá do akumulátoru. V noci nebo při zatažené obloze si tuto energii opět bereme. Dny, při kterých napájíme spotřebiče pouze z akumulátorů, se nazývají autonomní. Většinou se volí na 3 až 4 dny. Proto je třeba stanovit dostatečně velkou kapacitu akumulátoru, abychom mohli solární systém efektivně využívat. K výpočtu kapacity akumulátoru je třeba znát počet ampérhodin za den. Počet ampérhodin za den vypočítáme podle vztahu 4.4. Dále pak kapacitu akumulátoru vypočítáme podle vztahu 4.5. Při výpočtech je třeba určit hloubku vybití akumulátoru H_V , což je poměr využitelné kapacity ke jmenovité kapacitě akumulátoru v %. [1]

$$A_{HD} = \frac{P_{DSE}}{U_S} \quad \left[\frac{Ah}{d} \right] \quad (4.4)$$

$$A_{HD} = \frac{P_{DSE}}{U_S} = \frac{422}{24} = \underline{\underline{17,5 \frac{Ah}{d}}}$$

Kde:

P_{DSE} ... průměrná denní spotřeba energie [Wh/d]

U_S ... systémové napětí [V]

$$C_A = \frac{A_{HD} \cdot A_D}{H_V / 100} \quad [Ah] \quad (4.5)$$

$$C_A = \frac{A_{HD} \cdot A_D}{H_V / 100} = \frac{17,5 \cdot 4}{85 / 100} = \underline{\underline{83 Ah}}$$

Kde:

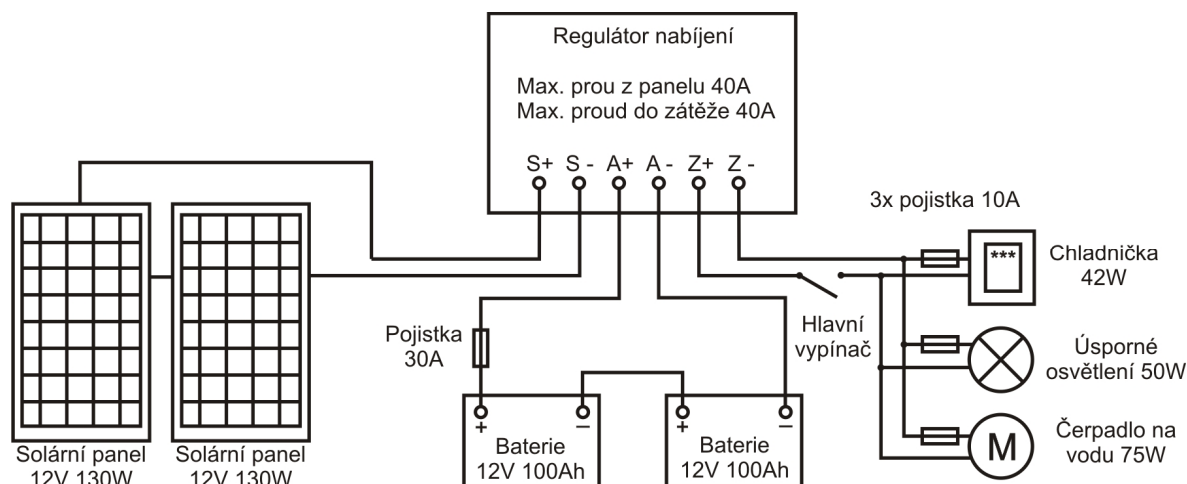
A_{HD} ... počet ampérhodin za den [Ah/d]

A_D ... počet autonomních dnů [dny]

H_V ... hloubka vybití akumulátoru

4.4 Blokové schéma zapojení FV systému

Na obrázku 4.1 je znázorněno blokové schéma ostrovního systému s provozním napětím 24V, tohoto napětí se dosáhne sériovým spojením baterií. Aby bylo možno ty baterie dobíjet musí být panely taky zapojeny do série.



Obr. 4.1 Blokové schéma zapojení FV systému.

4.5 Náklady na pořízení systému

Ceny komponentů pro FV systém				
Komponent	Počet kusů	Vypočítané parametry	Dostupné parametry	Cena s DPH
Solární panel	2	196 W _p	260 W _p	32 486 Kč
Akumulátory	2	83 Ah	100 Ah	11 642 Kč
Regulátor s indikací LED	1	40 A /40 A	40 A /40 A	2 624 Kč
Ostatní				1 000 Kč
Celkové náklady				47 752 Kč

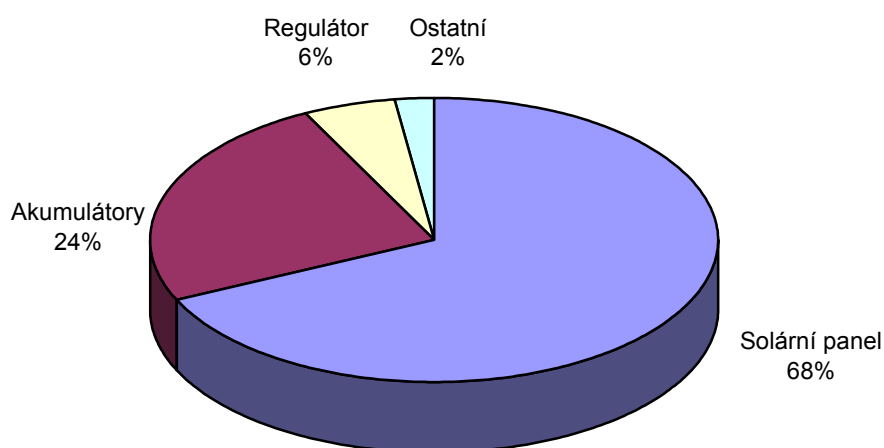
Tab. 4.4 Náklady na jednotlivé komponenty.

Obrázek 4.2 ukazuje, že nejvyšší cenové náklady tvoří solární panely. Je to způsobeno tím, že na výrobu je třeba speciálních technologií složitých a cenově velice nákladných zařízení. Proto je třeba při rozhodování, zda realizovat solární systém,

zvážit všechny aspekty a dobře propočítat návratnost takového systému.

Při ostrovním zapojení, kdy nedodáváme žádnou energii do sítě, je návratnost nulová. O to je rozhodování jednodušší. Pokud cena elektrické přípojky převyší cenu navrženého solárního systému, máme rozhodnuto a navíc využíváme tzv. zelenou energii. Nejen při tomto provozu je třeba šetřit energií a používat úsporné spotřebiče, ale také zvážit, zda-li je vůbec tento spotřebič nutný. Při stanovení energetické bilance se počítá se všemi spotřebiči, takže každý spotřebič navíc ovlivní potřebný výkon panelu, a to se projeví na finanční stránce.

Rozložení nákladů jednotlivých částí FV systému



Obr. 4.2 Rozložení nákladů jednotlivých částí FV systému.

Výhody solární energie jsou: že je dostupná všude, je to nevyčerpatelný zdroj energie, absolutní energetická nezávislost na ostatních zdrojích, šetrná k životnímu prostředí, nenáročná obsluha, investice do solárních systémů zvyšuje hodnotu nemovitosti.

Největší nevýhoda solárního systému je počáteční investice.

5 Realizace modelu domu

5.1 Výpočet energetické bilance pro model

Při stanovení denní spotřeby energie modelu musíme zahrnout do celkové spotřeby nejen spotřebiče, ale i regulátor napětí. U reálného fotovoltaického systému je příkon regulátoru zanedbatelný, ale u tohoto modelu ho zanedbat nemůžeme.

$$D_{SE} = W_P \cdot t_P = 0,48 \cdot 4 = 1,92 \frac{Wh}{d}$$

Denní spotřeba energie			
Spotřebič	Doba provozu [h/d]	Příkon [W]	Potřebná energie [Wh/d]
Osvětlení LED	4	0,48	1,92
Regulátor	24	0,12	2,88
Denní spotřeba celkem (P_{DSE})			4,8

Tab. 5.1 Denní spotřeba energie.

Hodnota denního energetického výnosu solárního panelu pro model je stejná jako u reálného domu. Změní se pouze jmenovitý výkon solárního panelu.

$$E_{VP} = E_{VPV} \cdot K_F = 2,57 \cdot 1,05 = 2,69 \frac{Wh}{W_P \times d}$$

$$J_{VP} = \frac{P_{DSE}}{E_{VP} \cdot K} = \frac{4,8}{2,69 \cdot 0,8} = 2,2 W_P$$

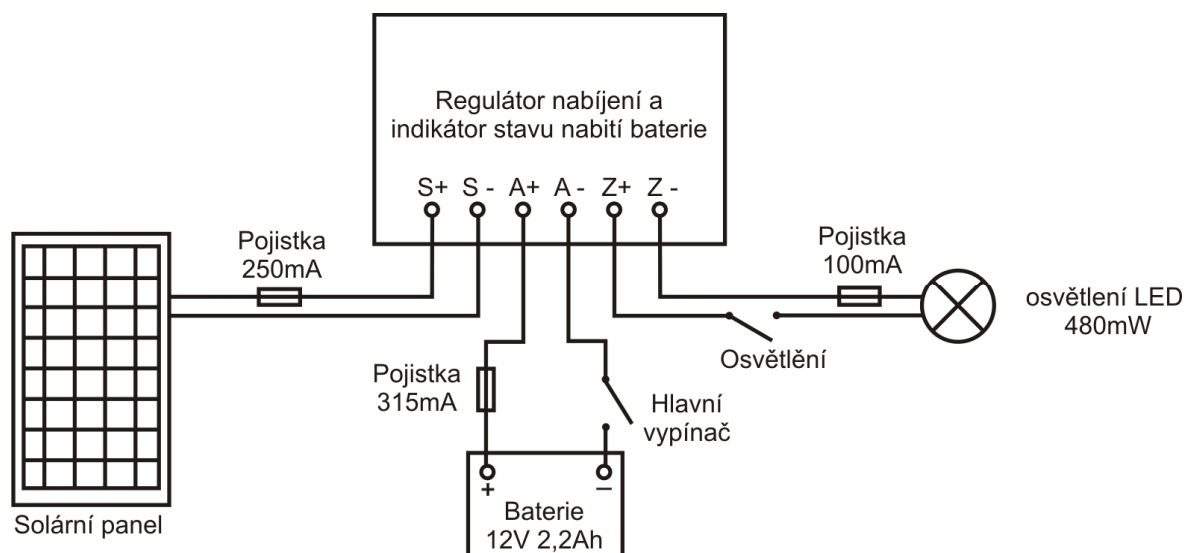
Pro správné dimenzování akumulátoru je třeba nejdříve spočítat počet ampérhodin za den a poté spočítat kapacitu akumulátoru.

$$A_{HD} = \frac{P_{DSE}}{U_S} = \frac{4,8}{12} = 0,44 \frac{Ah}{d}$$

$$C_A = \frac{A_{HD} \cdot A_D}{H_V / 100} = \frac{0,4 \cdot 4}{85 / 100} = 1,88 Ah$$

5.2 Blokové schéma zapojení modelu

Na obrázku 5.1 je blokové zapojení modelu. Jedná se o ostrovní provoz s nepřímým napájením. Z důvodů ochrany jednotlivých částí systému je každá elektrická větev jištěna tavnou pojistkou.



Obr. 5.1 Blokové schéma zapojení modelu.

5.3 Popis modelu

Na základě technických výkresů byl sestaven model domu v měřítku 1:33. Model je vytvořen z PVC materiálu a umístěn na podstavě z polystyrénu o rozměrech 490 x 480 mm. Na střeše je umístěn fotovoltaický panel, který se skládá z fotovoltaických článků firmy Solartec s.r.o. Uvnitř modelu je umístěn akumulátor 12 V 2,2 Ah a regulátor nabíjení. Jako spotřebiče jsou LED diody, rozmístěny podle nákresu, (viz. příloha č. 3). Model domu se ovládá třemi tlačítky, které jsou umístěny v pravé dolní části podstavy. Zde jsou taky umístěny LED diody, které indikují kapacitu nabití baterie a stav spínacích tranzistorů. Z důvodu, že by se baterie mohla vybíjet v době nedostatečného osvětlení panelu, je v přívodním kabelu pro panel zařazena usměrňovací dioda.

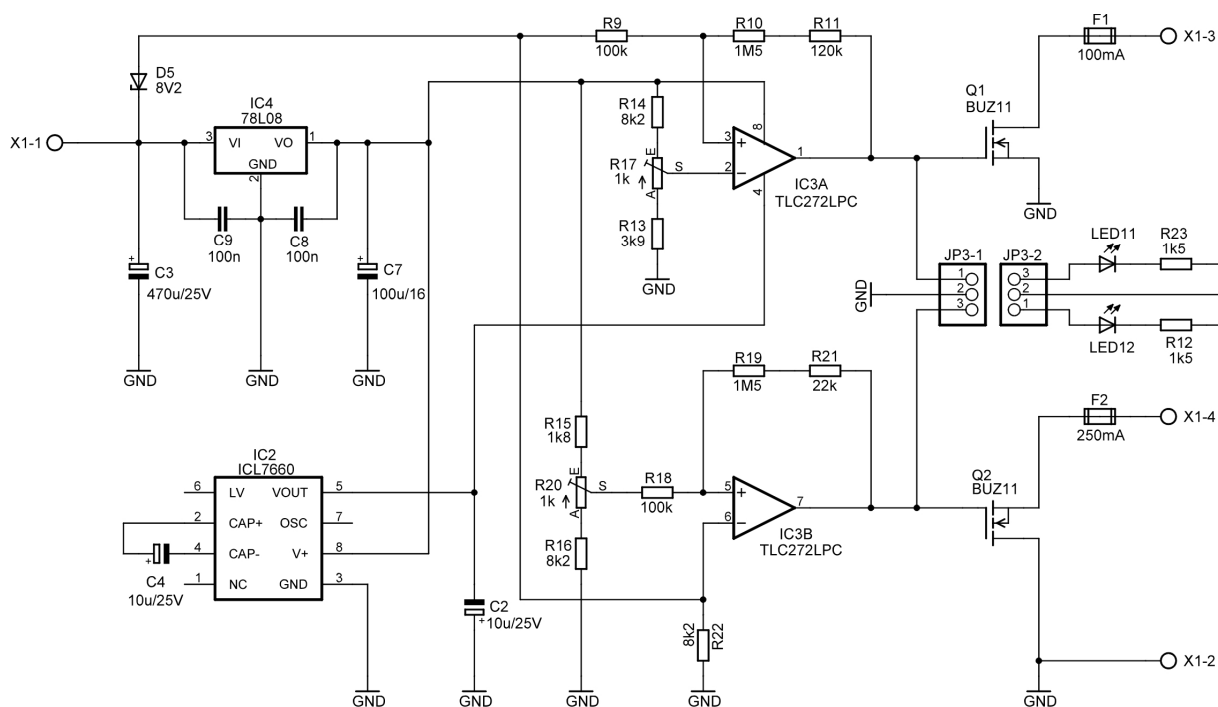
5.4 Regulátor nabíjení

Regulátor zajišťuje jak nabíjení, tak ochranu baterie. Pokud její kapacita (napětí) klesne na hodnotu 12 V, dojde k odpojení spotřebičů. Hystereze komparátoru je 0,3 V, takže při napětí 12,3 V se opět připojí spotřebiče. Pokud při nabíjení vzroste napětí na baterii na 14,6 V, odpojí se solární panel od baterie, zpět se připojí při hodnotě 13,8 V. Pro informaci o stavu nabití baterie je integrován do regulátoru i měřič napětí, toto měření kapacity je relativně nepřesné, má pouze informativní charakter o napětí na baterii, které je indikováno pomocí 10 LED diod. Jako proudová ochrana jsou v regulátoru umístěny i dvě pojistky (schéma viz. příloha č. 1 a). Regulátor se skládá ze dvou desek plošných spojů o rozměrech 75 x 75 mm a 70 x 92 mm, jedna DPS slouží jako ovládací panel. Na desce ovládacího panelu jsou umístěny tři tlačítka, 10 LED diod, které indikují kapacitu nabití baterie a dvě LED diody, které indikují stav spínacích tranzistorů, (viz. příloha 1. c). Tlačítkem S1 se aktivuje obvod pro měření napětí baterie, který zároveň odpojí spotřebiče a solární panel od baterie a zatíží ji proudem 100 mA. Tlačítkem S3 se zapínají spotřebiče (LED diody), které jsou umístěny v modelu domu. Jejich proudový odběr je 40 mA. Tlačítko S2 slouží jako hlavní vypínač modelu domu. Regulátor lze napájet napětím 10–15 V, vlastní odběr max. 10 mA a měřicí rozsah indikátoru napětí je 11,7–14,9 V s rozlišením 0,32 V.

5.4.1 Popis zapojení Regulátoru

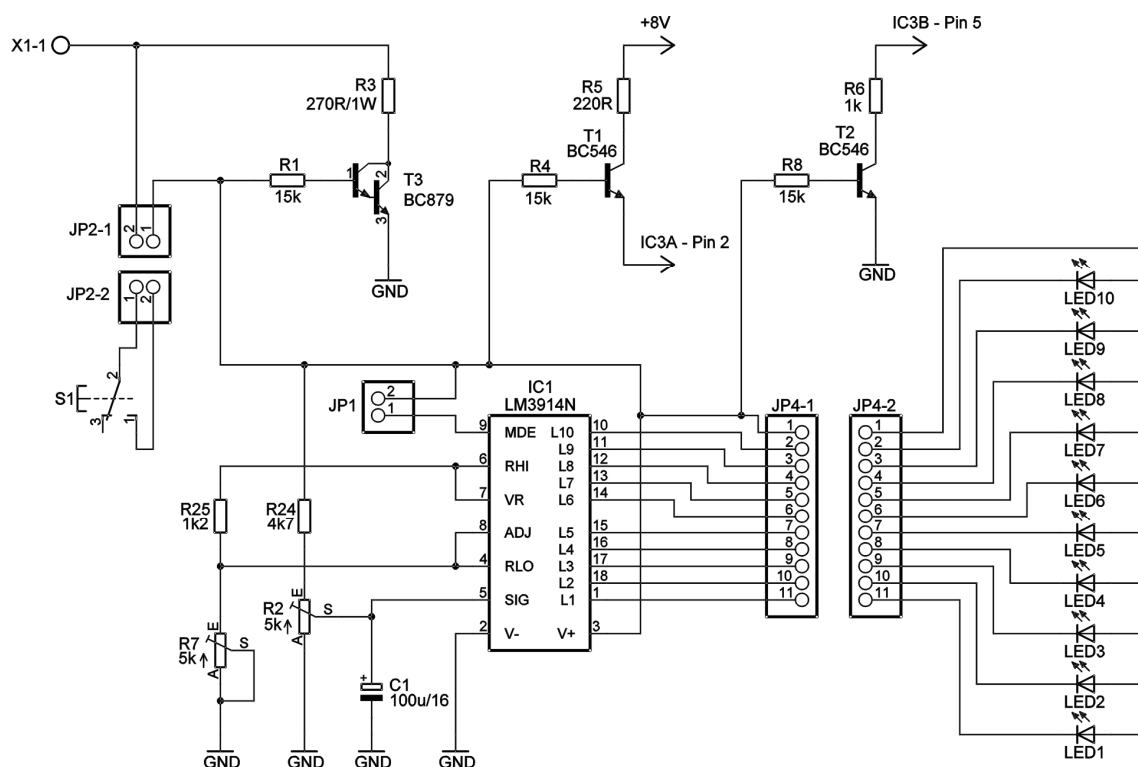
Schéma zapojení regulátoru je na obr. 5.2. Napájecí napětí, které je současně i měřené napětí, se připojuje do svorkovnice X1, do svorky X1-1 se připojuje kladný pól a do svorky X1-2 se připojuje GND (viz. příloha 1. c). Napájecí napětí je filtrováno kondenzátorem C3. Vstup obvodu IC4 je připojen na napájecí napětí, tento obvod vytváří na výstupu, pomocí vyhlazovacího kondenzátoru C7, stabilizované napětí 8 V, C8 a C9 slouží jako blokovací kondenzátory pro tento obvod. Z tohoto napětí je napájen obvod IC2, ten invertuje kladné napětí 8 V na záporné, na výstupu je tedy záporné napětí -8 V, vyhlazené kondenzátorem C2. Kondenzátor C4 slouží pro nastavení vnitřního oscilátoru IC2. Vytvořené symetrické napětí $\pm 8V$ slouží k napájení

obvodu IC3, který obsahuje dva komparátory. IC3A je zapojen jako neinvertující komparátor s hysterezí. Do kladného vstupu (pin3) je zavedena kladná zpětná vazba, která je tvořena děličem R10, R11 a R9. A zároveň se do tohoto vstupu přivádí napájecí napětí, které je ale sníženo o napětí na zenerově diodě D5. Dioda D5 a rezistor R22 tvoří "sledovač" napájecího napětí. Na záporný vstup (pin2) IC3A je přiváděno referenční napětí 2,75 V. Toto napětí je tvořeno děličem R13 a R14, trimr R17 slouží k přesnému dostavení referenčního napětí. Na výstup IC3A je zapojen MOS tranzistor a LED dioda, která indikuje, zda je tranzistor sepnut, nebo nikoliv. Tranzistor Q1 je zapojen jako spínač a je buzen napětím z výstupu IC3. Napětí, které je přiváděno gate tranzistoru v sepnutém stavu, odpovídá napětí o kladné hodnotě 6,50 V a pro rozepnutí tranzistoru je to napětí záporné o hodnotě -6,5 V. Při použití výkonového tranzistoru BUZ11 může při tomto řídicím napětí protékat proud tranzistorem mezi drain a source až 20 A, samozřejmě při zajištění dostatečného chlazení pouzdra tranzistoru. Do série s tímto tranzistorem je zařazena tavná pojistka o hodnotě 100 mA. Obvod IC3B je zapojen jako invertující komparátor s hysterezí. Do kladného vstupu pin 5 je zavedena kladná zpětná vazba, která je tvořena děličem R19, R21 a R18 a zároveň je i na tento vstup přivedeno referenční napětí 6,50 V. Toto napětí je tvořeno děličem R15 a R16, trimr R20 slouží k přesnému dostavení referenčního napětí. Na záporný vstup pin 6 je přivedeno měřené napětí ze "sledovače" napájecího napětí. Na výstup IC3B je zapojen MOS tranzistor jako spínač, ale z důvodu, že tento tranzistor připojuje zdroj proudu, musí být drain připojen na zem. Do série s tranzistorem Q2 je zařazena tavná pojistka 250 mA. Stav tranzistorů indikují LED diody připojené na řídicích elektrodách tranzistorů. Pokud je tranzistor sepnut, tak LED dioda svítí. Proud LED diodami se nastavuje rezistory R12 a R23.



Obr. 5.2 Schéma bloku regulace dobíjení a ochrany baterie před hlubokým vybitím.

Pro měření napětí baterie je zde obvod IC1, měřené napětí je připojeno na pin 5, přes odporový dělič R24 a R2, trimr R2 slouží pro nastavení, kdy se rozsvítí poslední LED dioda. Referenční napětí, které se vytváří na pinu 7, je přivedeno přes dělič napětí tvořený trimrem R7 a oporem R25, na pin 4. Trimr R7 slouží pro nastavení, kdy začne svítit první LED dioda. Kondenzátor C1 zpomaluje náběh měřeného napětí. Stiskem tlačítka S1 se připojí IC1 na napájecí napětí a zároveň sepnou tranzistory T1, T2, T3. Tranzistor T3 slouží pro zatížení baterie proudem 100 mA, tranzistor T1 spíná přes rezistor R5, napětí 8 V na pin 2 obvodu IC3A, a tím odpojí spotřebiče od baterie při měření. Tranzistor T2 má obdobnou funkci, připojuje pin 5, obvodu IC3B na GND, přes rezistor R6, a tím odpojí solární panel od baterie. Obvod IC1 má i volbu zobrazovacího režimu, k tomu slouží propojka JP1. Při jejím propojení bude indikace pásová, při rozpojení bodová.



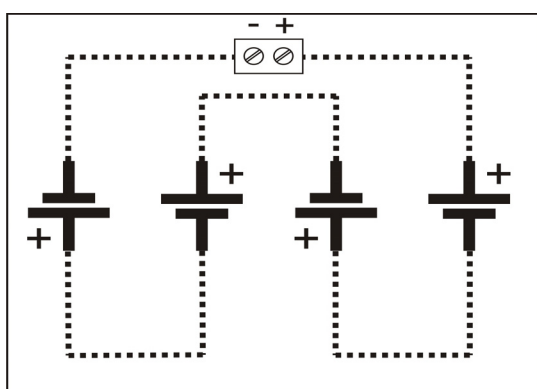
Obr. 5.3 Schéma zapojení bloku pro měření napětí baterie.

Ke kalibraci celého zapojení je třeba nastavitelný zdroj napětí, na kterém nastavíme napětí 14,9 V. Připojíme napájecí napětí do svorkovnice X1, kde X1-1 je kladný pól a X1-2 je záporný pól. Zapneme zdroj a zmáčkneme tlačítko S1 na ovládacím panelu a otáčíme trimrem R2 tak dlouho, dokud se nerozsvítí poslední dioda (LED10). Poté na zdroji nastavíme napětí 11,7 V a otáčíme trimrem R7 tak dlouho, dokud se nerozsvítí první dioda (LED1). Kalibraci obou krajních hodnot musíme provést vícekrát, protože oba kalibrační kroky se ovlivňují. Dále pak musíme nastavit referenční napětí pro oba komparátory. K tomu budeme potřebovat voltmetr. Záporný pól voltmetru připojíme na svorku GND a kladnou svorku připojíme na pin 2 obvodu IC3A a nastavíme trimrem R17 hodnotu napětí na 2,75 V. Pak kladný pól voltmetru připojíme na jezdcu trimru R20 a nastavíme napětí 6,50 V.

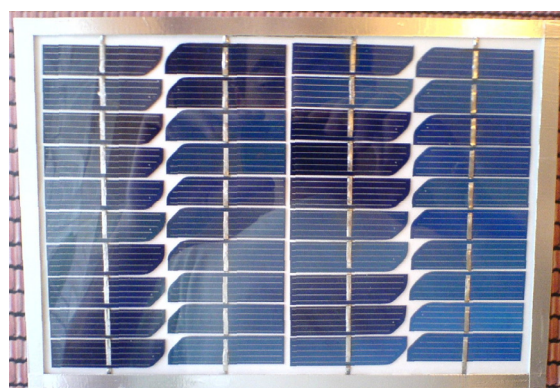
5.5 Solární panel

5.5.1 Popis solárního panelu

Solární panel se skládá ze 40 kusů solárních řezů z monokrystalického křemíku zapojených do série (viz. obrázek 5.4 a), napětí naprázdno jednoho článku je $U_{OC}=0,57\text{ V}$, proud nakrátko je $I_{SC}=180\text{ mA}$ a maximální výkon článku je $P_m=75\text{ mW}$, rozměr jednoho článku je $51,2 \times 13,0\text{ mm}$. Řezy jsou umístěny na PVC podložce o rozměru $3 \times 230 \times 160\text{ mm}$. V rozích PVC podložky jsou zapuštěny čtyři šrouby se závitem M3. Na podložce je nalepena bílá fólie na které jsou přilepeny solární řezy. Kladný a záporný pól je vyveden přes otvory v podložce na spodní stranu panelu, kde je umístěna svorkovnice pro připojení vodičů. Jako ochranná vrstva před nepříznivými vlivy okolí je použito sklo o rozměrech $2 \times 230 \times 160\text{ mm}$. Jako upevňovací prvek je použit bílý silikonový tmel, který je vtlačěn mezi sklo a podložku. Okraj panelu je oblepen hliníkovou páskou.



a)



b)

Obr. 5.4. a) blokové schéma zapojení panelu, b) foto vyrobeného panelu.

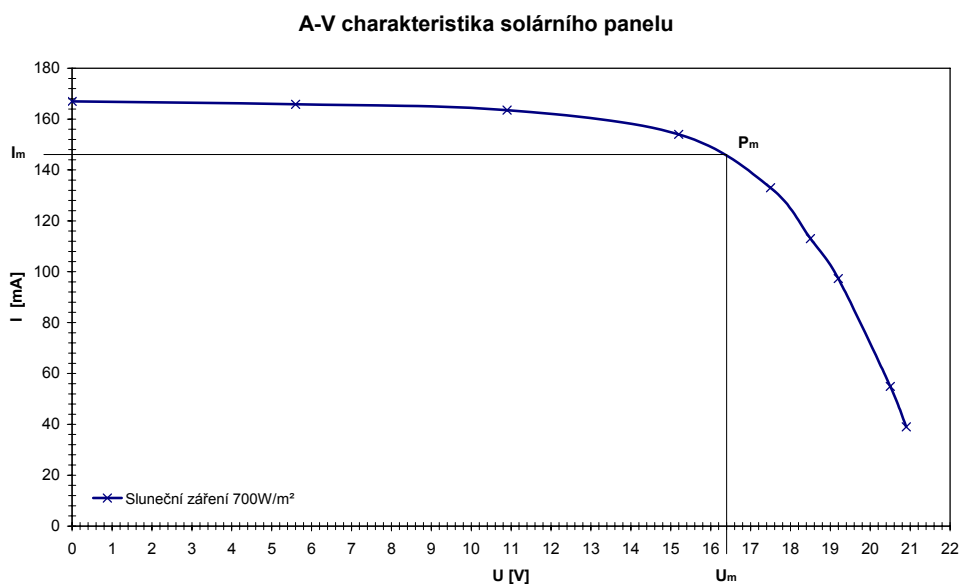
5.5.2 Měření na solárním panelu

Napětí solárního panelu probíhalo při intenzitě osvětlení 700 W/m^2 , pro měření sluneční intenzity byl použit pyranometr SG420 a pro měření proudu a napětí mutlimetr V&A 18B.

Naměřené a vypočítané hodnoty:

- $U_{OC}=21,5\text{ V}$
- $I_{SC}=170,5\text{ mA}$
- $U_m=16,4\text{ V}$
- $I_m=148\text{ mA}$
- $P_m=2,42\text{ W}$

Zařízení by mělo panel zatěžovat tak, aby pracoval právě v okolí bodu P_m , pouze v okolí tohoto bodu budeme využívat solární panel optimálně. V tomto případě dobíjíme baterii, takže napětí, které bude odebíráno, se bude pohybovat od 12 do 14,6 V. Na grafu 5.1 vidíme, že toto rozmezí není úplně vhodné. Optimální řešení by bylo snížit počet solárních řezů v panelu ze 40 kusů na 36 kusů. Díky této úpravě bychom snížili napětí U_m na hodnotu kolem 14,4 V a pak bychom se pohybovali v okolí bodu P_m .



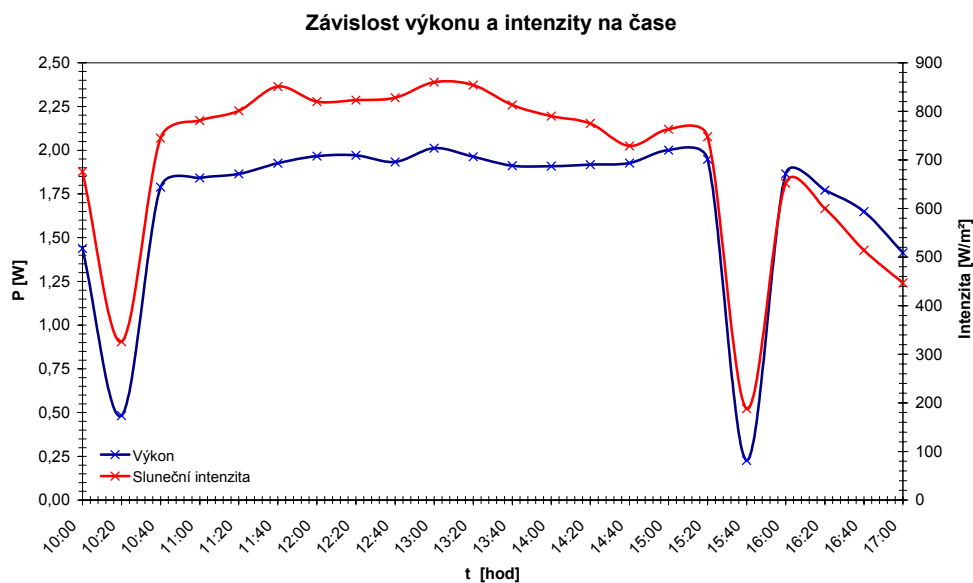
Graf 5.1 A-V charakteristika solárního panelu.

Na grafu 5.2 vidíme, při jakém napětí dostáváme největší výkon. Toto napětí bylo odečteno jako U_m .



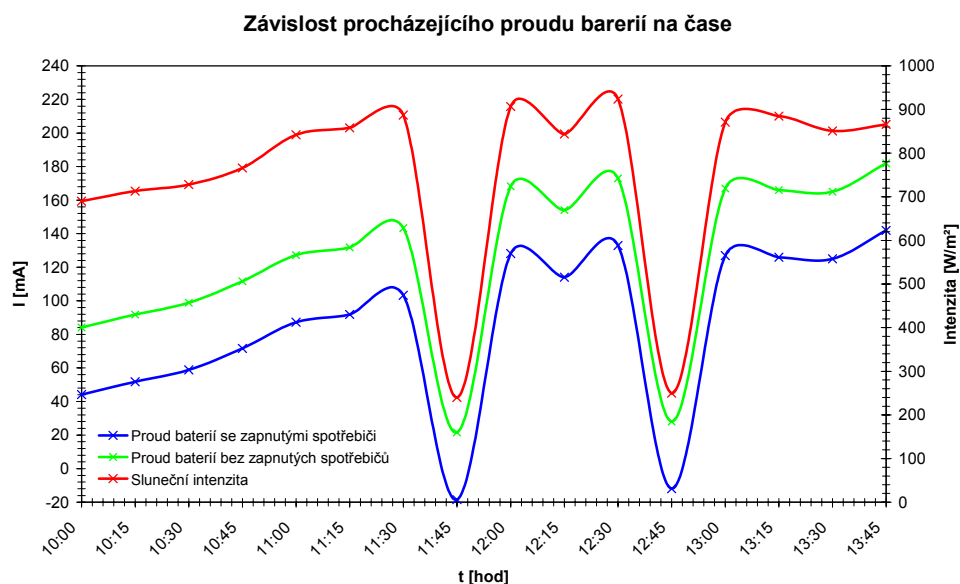
Graf 5.2 Závislost výkonu na napětí.

Na grafu 5.3 je vynesena závislost výkonu a intenzity na čase. Měření proběhlo při polojasné obloze pod úhlem 45° a natočení panelu směrem na jih. Z grafu 5.3 vyčteme, že panel dodává největší výkon v intervalu od 10:40 do 15:20 hodin. Dále vidíme, že v čase 10:20 a 15:40 hodin klesl výkon na hodnotu nižší jak 0,5 W. Ten to pokles byl způsoben zastíněním panelu mrakem.



Graf 5.3 Závislost výkonu a intenzity na čase.

Na grafu 5.4 vidíme, že pokud solární panel pouze dobíjí akumulátor, pak i při zastínění solárního panelu stále teče proud do baterie. Pokud ovšem jsou zapnuty spotřebiče, tak při stejném zastínění už panel nedokáže ani dobíjet baterii, ani pokrýt odběr spotřebičů a proud už nevtéká do baterie, ale začne z ní vytékat. Na grafu je to znázorněno zápornými hodnotami.



Graf 5.4 Závislost procházejícího proudu baterií na čase.

6 Závěr

V dnešní době je velký zájem o obnovitelné zdroje energie. Evropská unie se snaží tyto projekty podporovat jak finančně, tak i trváním na snížení emisních limitů. Proto je třeba se touto problematikou zabývat a snažit se ji vhodně podat veřejnosti, která nemá dostatek informací, ale má možnost tuto situaci změnit. Doposud vyráběná energie, získávaná spalováním fosilních paliv nebo jadernou reakcí, je pro životní prostředí nevhodná. Pokud tuto situaci nebudeme řešit, může dojít i k tomu, že emisní hodnoty budou neslučitelné s životem na zemi.

Proto jsem si vybral toto téma pro svou bakalářskou práci, abych alespoň v malé míře přispěl k rozšíření informací o možnosti získávání elektrické energie pomocí fotovoltaických panelů a demonstroval své poznatky na fungujícím modelu. V první části této práce jsem se snažil problematiku výroby elektrické energie pomocí fotovoltaických článků teoreticky rozebrat, uvést příklady zapojení fotovoltaického systému, příklad výpočtu, stanovit cenové náklady takového systému atd.

V druhé části jsem se snažil tyto poznatky aplikovat v praxi a realizovat model domu, který si pro svoji vlastní spotřebu vytváří elektrickou energii pomocí fotovoltaického panelu, tuto energii přes regulátor dobíjení uchovává v akumulátoru a v době potřeby ji z akumulátoru odebírá. Jedním z hlavních cílů této práce bylo vytvoření fotovoltaického panelu, který tento model napájí a měřením stanovit jeho nejdůležitější charakteristické parametry. Z měření plyne (viz. kap. 5.5.2), že panel není optimálně navržen pro tuto aplikaci. Je zde uvedeno proč a jak tento panel pro tuto aplikaci optimalizovat. Nad rámec této práce jsem vytvořil jednoduchý regulátor dobíjení, který zajišťuje správnou funkci celého modelu a prodlužuje životnost baterie.

Seznam použité literatury

- [1] HENZE, Andreas, HILLEBRAND, Werner. *Elektrický proud ze slunce*. Václav Losík. 2000. vyd. Ostrava : HEL, c2000. 136 s. ISBN 3-922964-62-1.
- [2] Solartec s.r.o.. *Solartec* [online]. 1993-2008 [cit. 2008-03-16]. Dostupný z WWW: <www.solartec.cz>.
- [3] VANĚK, J., KŘIVÁK, P., NOVÁK, V., *Alternativní zdroje energie* – elektronický text, Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2006
- [4] Prosolar s.r.o. *Solární elektrárna - Prosolar s.r.o. - solární elektrárny, solární panely, solární články, solární energie*, [online]. 2006 [cit. 2008-03-24]. Dostupný z WWW: <<http://www.prosolar.net/>>.
- [5] SLUNETA s.r.o.. *Sluneta* [online]. 2007 [cit. 2008-04-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.sluneta.cz/kontakt.htm>>.
- [6] *EkoWATT - Energie slunce - výroba elektřiny* [online]. 2005-08-24 [cit. 2008-05-05]. Dostupný z WWW: <http://www.ekowatt.cz/energie_slunce_-_vyroba_elektriny>.
- [7] ELNIKA plus s.r.o.. *ELNIKA | CCTV velkoobchod | Kamerové systémy, akumulátory, DVR, monitory,...* [online]. 2005 [cit. 2008-05-07]. Dostupný z WWW: <<http://www.elnika.cz/elnika.php?p=cze/akumulatory-cp/6>>.
- [8] Euronet s.r.o. *Solární panely* [online]. 2007 [cit. 2008-05-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.euronet-group.cz/>>.

Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotka	Název
D_{SE}	$\frac{Wh}{d}$	Denní spotřeba energie
W_P	W	Příkon spotřebiče
t_P	$\frac{h}{d}$	Doba provozu spotřebiče během dne
E_{VP}	$\frac{Wh}{W_P \cdot d}$	Denní energetický výnos solárního panelu
E_{VPV}	$\frac{Wh}{d}$	Energetický výnos FV panelu umístěného vodorovně
K_F	–	Korekční faktor
J_{VP}	W	Jmenovitý specifický výkon panelu
P_{DSE}	$\frac{Wh}{d}$	Průměrná denní spotřeba energie
K	–	Účinnost akumulátoru
A_{HD}	$\frac{Ah}{d}$	Počet ampérhodin za den
U_S	V	Systémové napětí
C_A	Ah	Kapacita akumulátoru
A_D	Dny	Počet autonomních dnů
H_V	%	Hloubka vybití akumulátoru
P_m	W	Maximální výkon
U_{OC}	V	Napětí naprázdno
I_{SC}	mA	Proud nakrátko
U_m	V	Napětí při kterém dodává panel největší výkon
I_m	mA	Proud při kterém dodává panel největší výkon

Seznam příloh

Příloha č. 1. a) **Schéma regulátoru**

b) **DPS regulátoru**

c) **Osazovací výkres**

d) **Vizualizace DPS v Eaglu 3D**

Příloha č. 2 **Rozpiska součástí**

Příloha č. 3 **Nákres modelu domu v programu AutoCad 2002**

Příloha č. 4 **Fotografie modelu domu**