

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Návrh fotovoltaického systému pro nepřetržité napájení
malých ostrovních aplikací**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **František ŠEDIVÝ**
Osobní číslo: **E12B0103K**
Studijní program: **B2644 Aplikovaná elektrotechnika**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**
Název tématu: **Návrh fotovoltaického systému pro nepřetržité napájení malých ostrovních aplikací**
Zadávací katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište obecný princip fotovoltaického jevu.
2. Popište konvenční způsoby akumulace elektrické energie.
3. Popište způsoby běžného využití fotovoltaických panelů v energetice.
4. Navrhněte systém dimenzovaný pro nepřetržitý ostrovní provoz zařízení s příkonem 15W / 12V DC v našich zeměpisných podmínkách.



Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Emil Dvorský, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2014**
Termín odevzdání bakalářské práce: **8. června 2015**


Doc. Ing. Jiri Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2014

Abstrakt

Tato bakalářská práce popisuje prvopočátky využívání energie slunečního záření dopadajícího na povrch naší planety. Jsou zde popsány běžně používané typy fotovoltaických článků. Druhá část je zaměřena na potřebu a způsoby akumulace elektrické energie. Dále je zde popsáno využití fotovoltaických elektráren v energetice. Poslední část se věnuje návrhu napájecího systému na fotovoltaickém principu pro zařízení malého výkonu pracující v ostrovním provozu.

Klíčová slova

fotovoltaický panel, fotovoltaický článek, fotovoltaický jev, energie Slunce, záření, ostrovní systém, ostrovní provoz, akumulace energie, elektrická energie, účinnost

Abstract

This thesis describes the beginnings of the use of solar energy incoming to the surface of our planet. Commonly used types of photovoltaic cells are described here. The second part focuses on the need and ways of electric power accumulation. It is also describes the use of photovoltaic power plants in the energy sector. The last part deals with the design of the power system on the photovoltaic principle devices for low power working in an island mode.

Key words

photovoltaic panels, solar cell, photovoltaic effect, solar energy, radiation, island systems, island operation, energy storage, electric energy, efficiency

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....
podpis

V Plzni dne 8.6.2015

František Šedivý

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Doc. Ing. Emilu Dvorskému CSc., za to, že mi i přes velké pracovní zaneprázdnění, vždy vyšel ochotně vstříc odbornou radou a lidským přístupem. Jeho postřehy ohledně konstrukce a dimenzování záložních zdrojů využiji i ve svém profesním životě.

Dále chci poděkovat Ing. Janu Benešovi za obětavou a nezištnou pomoc při testování Informačního panelu rychlosti a spoustu technických nápadů.

Ing. Radomíru Kračmárovi z firmy NWK-TECH za zapůjčení Informačního panelu rychlosti k testování a stálou přízeň při obchodní spolupráci.

Obsah

Obsah	8
Seznam symbolů a zkratk	9
Úvod	10
1 Obecný princip fotovoltaického jevu	11
1.1 VZNIK A HISTORIE VYUŽÍVÁNÍ SLUNEČNÍ ENERGIE	11
1.1.1 Přímou využívaná solární energie.....	11
1.1.2 Nepřímou využívaná solární energie.....	11
1.2 PRINCIP PŘEMĚNY SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ NA ELEKTRICKOU ENERGIÍ.....	15
1.3 KONSTRUKČNÍ PROVEDENÍ FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ	16
1.3.1 Monokrystalické články.....	16
1.3.2 Polykrystalické články.....	16
1.3.3 Amorfni články.....	16
1.4 ROZLOŽENÍ SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ NA ZEMSKÉM POVRCHU	18
2 Konvenční způsoby akumulace elektrické energie.....	22
2.1 PŘEČERPÁVACÍ VODNÍ ELEKTRÁRNY (PVE).....	23
2.2 ELEKTROLÝZA VODY – AKUMULACE ENERGIE DO STLAČENÉHO VODÍKU	24
2.3 AKUMULACE ELEKTRINY DO ROTAČNÍCH SETRVAČNÍKŮ	26
2.4 AKUMULACE ELEKTRINY DO STLAČENÉHO VZDUCHU.....	27
2.5 ELEKTROCHEMICKÁ AKUMULACE	28
2.6 AKUMULACE DO CÍVKY	30
2.7 AKUMULACE DO KONDENZÁTORU.....	30
3 Způsoby běžného využití fotovoltaických panelů v energetice.....	31
3.1 OBECNÝ POPIS VYUŽITÍ FOTOVOLTAICKÝCH ELEKTRÁREN.....	31
3.2 ROZDĚLENÍ DLE VELIKOSTI A TYPU UMÍSTĚNÍ	33
3.3 ROZDĚLENÍ PODLE VYUŽITÍ.....	33
3.4 FVE A JEJICH MÍSTO V NAŠÍ KRAJINĚ	33
4 Návrh systému pro nepřetržitý ostrovní provoz	35
4.1 PARAMETRY ZAŘÍZENÍ A DEFINICE PROSTŘEDÍ	35
4.2 MĚŘENÍ REÁLNÝCH PROVOZNÍCH STAVŮ	36
4.3 VÝPOČET ODBĚRU, VOLBA ODPOVÍDAJÍCÍHO FV PANELU A KAPACITY BATERIE.....	36
Závěr	42
Seznam literatury a informačních zdrojů.....	43

Seznam symbolů a zkratk

W	Watt
kW	Kilowatt
MW.....	Megawatt
Wp	Watt peak
V	Volt
nm.....	Nanometr
OZE	Obnovitelné zdroje energie
IPR10.....	Informační panel rychlosti
FV	Fotovoltaický
FVE	Fotovoltaické elektrárny

Úvod

Tato práce si klade za úkol seznámit čtenáře s obecnými fakty týkající se energetického potenciálu Slunce, respektive možnosti využití jeho záření jako jedné ze složek „obnovitelné energie“, kterou na naši planetu působí.

Práce obsahuje čtyři hlavní části, první z nich se zabývá zevrubným popisem historie využívání energie slunce, popisují zde éru prvních prototypů solárních panelů sloužících pro ohřev užitkové vody. I tato větev vývoje ušla obrovský kus cesty, nicméně moje práce se dále věnuje objevení fotovoltaiky jako takové a vývoji tohoto odvětví. Jsou zde stručně vysvětleny rozdíly mezi jednotlivými technologiemi výroby FV článků, rozděleny dle účinnosti a náročnosti na výrobu.

V druhé části popisují některé ze současných způsobů akumulace elektrické energie, toto téma by samo stačilo na vlastní práci, nicméně jsem zvolil obecné rozdělení a situoval jej i do podmínek naší republiky.

Část třetí se již úzce orientuje na masivní využití fotovoltaiky jako významného zdroje v energetice ČR. Nutno dodat že bez tlaku Evropské unie a ne vždy transparentní podpory tohoto obnovitelného zdroje, by krajina v některých oblastech nedopadla tak, jak dopadla. Stavby mnohdy zásadně zasáhly nejen do kvality života lidí sídlících v jejich bezprostřední blízkosti, ale poškodily i krajinný ráz ve smyslu § 12 zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění.

Poslední – čtvrtá část si klade za cíl navrhnout fotovoltaický napájecí systém zajišťující nezávislý provoz konkrétnímu zařízení, které svým charakterem může být mimo dosah elektrizační soustavy, popřípadě by jeho napojení mohlo být z jiného důvodu problematické (neodpovídající napěťová hladina, problém s měřením spotřebované energie atd.)

1 Obecný princip fotovoltaického jevu

1.1 Vznik a historie využívání sluneční energie

Slunce – hvězda, okolo které obíhají planety naší sluneční soustavy je zodpovědné za vznik a existenci života na Zemi a za naprostou většinu dějů, které jsme schopni využívat jako tzv. alternativní - obnovitelné zdroje energie. Svým širokospektrálním zářením způsobuje ohřev povrchu a atmosféry, v kombinaci s otáčením se Země dochází ke střídání exponovaných povrchů a vzniku proudění vzduchu – větru. Během ohřevu povrchu dochází k odparu vody nejen z otevřených vodní ploch, ale i z flóry, která vodu společně se slunečním zářením potřebuje k funkci fotosyntézy. Z toho plyne, že nejen dopadající sluneční záření, ale i veškerá biomasa, vítr, a celý koloběh vody mají svůj fyzikální původ v existenci Slunce.

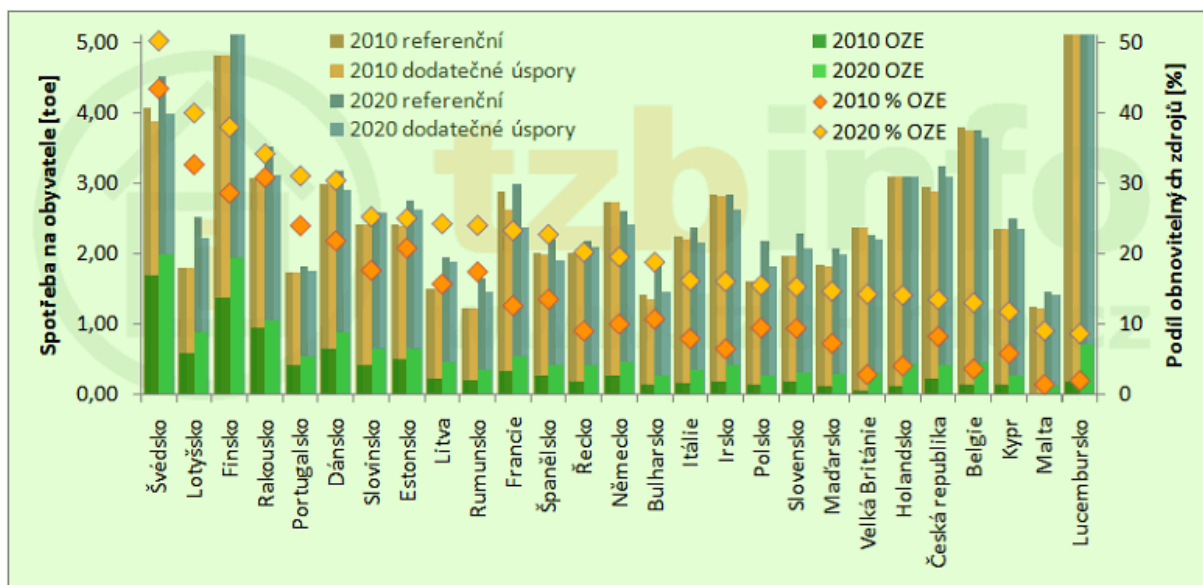
Na Slunci probíhají již několik miliard let termonukleární reakce. Těmito reakcemi se přeměňuje sluneční vodík na helium za uvolnění obrovského množství energie. Ze Slunce je energie předávána na Zemi ve formě záření. Energetický příkon je ve vzdálenosti, v níž se nachází Země, přibližně v průměru $1\,300\text{ W/m}^2$. Tato hodnota se označuje jako solární konstanta. V ČR dopadá za rok průměrně $1\,100\text{ kWh/m}^2$. Paprsky, které ze Slunce dopadají na planetu Zemi, mají zhruba 15 000krát větší energii, než dokáže lidstvo spotřebovat.

1.1.1 Přímou využívaná solární energie

- Fotovoltaické panely pro výrobu elektrické energie
- Termické kolektory pro ohřev vody

1.1.2 Nepřímou využívaná solární energie

- Potencionální energie vody ve vodních elektrárnách
- Kinetická energie ve větrných elektrárnách
- Chemická energie biomasy včetně fosilních paliv.



Obr. 1 Podíl obnovitelných zdrojů energie v EU [1]

V Československu se v sedmdesátých letech, v raných dobách využívání a zkoumání sluneční energie, pustilo několik skupin nadšenců do ohřevu vody pomocí termických kolektorů. V prvních prototypech se místo skla používala polyetylenová fólie, která se ovšem teplem různě deformovala a ničila. Proto se různě podpírala, například takzvaným králičím pletivem, ale ani tato cesta nebyla ta pravá. Vývoj se posunul k modelům, kdy zasklil deskový radiátor, pro zvětšení účinnosti zde byly i pokusy s Fresnelovou čočkou, dále pro snížení ztrát kolektory vakuové, pak koncentrační, průtočné trubicové vakuové, s vloženou tepelnou trubicí a další.



Obr. 2 - Jeden z prvních československých solárních kolektorů v Kroměříži [2]

Rámy kolektorů se používaly dřevěné, z tvrzeného PVC, nebo kovové. Dnešní kolektory mají rámy z lehkých slitin nebo hliníku.

Vyvíjely se i kolektory, které měly dvě silná skla, z nichž to spodní se natíralo černou barvou, a voda protékala prostorem mezi skly.

Současně s kolektory se zkoumaly a vyvíjely i systémy regulace. Kolektor se systémem regulace musí být vyvážen, aby pracoval správně.

V počátcích vývoje termických kolektorů se ještě nepoužívala nemrznoucí kapalina a tak museli technici bedlivě sledovat předpověď počasí, aby mohli kapalinu před nenadálým ranním mrazem vypustit a přes den opět napustit.

Základ fotovoltaických elektráren při svých pokusech položil Francouz Alexandr Edmond Becquerel, který při svých pokusech zjistil, že vystaví-li baterie se zinkovými a platinovými elektrodami slunečnímu světlu, může pozorovat přírůstek napětí.

Selenový článek první sestrojil Charles Fritz, ale díky tehdejší vysoké ceně selenu nenašel pro tento typ článku uplatnění. Albert Einstein tento jev, který dnes nazýváme fotoefekt, podrobně vyzkoumal a popsal. Za to mu byla v roce 1921 udělena Nobelova cena za výzkum.

Další závislost elektřiny a světla ověřil Rudolf Hertz zjištěním, že ve vzduchu vznikne mezi elektrodami snadněji výboj, jsou-li vystaveny ultrafialovému záření.

První fotovoltaické články v padesátých letech byly velice drahé, pohybovaly se v řádu tisíců dolarů za Watt výkonu, důvodem byla jejich extrémně nákladná výroba a poměrně nízká účinnost. Hlavním důvodem vedle nízké účinnosti bylo to, že pro výrobu se používaly energeticky náročné procesy. Fotovoltaický článek se tehdy vyráběl stejnou technologií jako mikročipy. První komerčně vyráběné panely se používaly v místech, kde nebylo možné spotřebiče připojit k elektrické síti. Obvykle to byly ostrovní systémy, které napájely akumulátory. Hlavním „motorem“ vývoje a výzkumu všech obnovitelných zdrojů je touha lidstva odpoutat se alespoň částečně od závislosti na fosilních zdrojích energie, kdy jsou ceny ropy a uhlí často řízeny politickou situací ve světě, zdroje mnohdy slouží jako nepřímý cíl pro vojenské akce, boje a spory o daná ložiska. Dalším faktorem jsou nevrátelná poškození přírody ať přímo v místě těžby, nebo při přepravě primárních surovin. Oproti tomu ceny panelů díky velkosériové výrobě, vývoji a zvyšování účinnosti neustále klesají a stávají se více dostupnými a konkurenceschopnými. I zde je třeba dbát na šetrnou těžbu a zpracování křemíku, samotnou technologii výroby a její dopad na přírodu, zejména hliníkových konstrukcí, které často pocházejí z rozvojových zemí, kdy ne vždy jsou dodržovány postupy k ochraně přírody a lidského zdraví. Právě tento fakt brání přesným kalkulacím energetické náročnosti vlastní výroby, transportu, instalaci a následným nákladům spojeným s likvidací, která by posloužila k porovnání s celkovou sumou energie tímto panelem vyrobené. Ale zpět k historii.

1.2 Princip přeměny slunečního záření na elektrickou energii

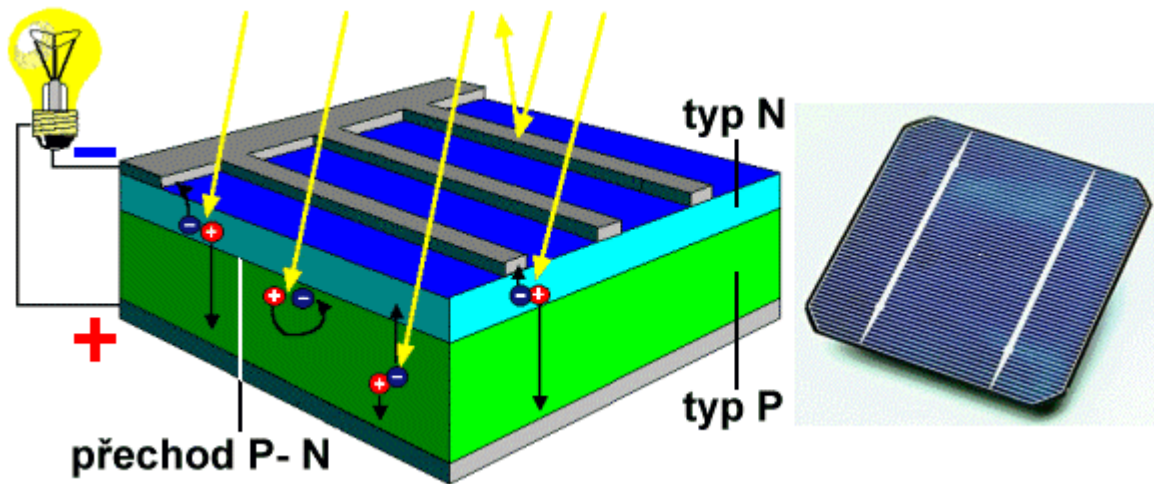
Po druhé světové válce, v padesátých letech minulého století, se začaly ve velké míře používat polovodiče. Základním materiálem se stal křemík, který se v zemské kůře bohatě vyskytuje. V roce 1954 v laboratořích firmy Bell Laboratories prvně úspěšně otestovali křemíkový fotočlánek. To byl první krok pro stavbu fotovoltaických panelů a fotovoltaických elektráren. Přeměna slunečního záření na elektrickou energii se nazývá fotovoltaický jev.

Fotovoltaický panel se skládá z jednotlivých fotovoltaických článků, jejichž základem je polovodičová dioda. Ta obsahuje dvě vrstvy příměsových polovodičů – polovodiče typu P – anoda a polovodiče typu N – katoda.

Vrstva typu N obsahuje přebytek elektronů, ve vrstvě P je jich naopak nedostatek resp. vrstva obsahuje přebytek kladně nabitých „děr.“ Rozhraní těchto polovodičů se nazývá P-N přechod, který ideálně propouští proud pouze jedním směrem. Díky potenciálové bariéře zabraňuje volnému přechodu elektronů v závěrném směru, tedy z vrstvy N s jejich přebytkem do vrstvy P s nedostatkem elektronů. Není tedy možné, aby došlo ke spojení elektronů s dírami neboli k jejich rekombinaci. Umožňuje ovšem přechod elektronů v opačném (propustném) směru.

Dopadem fotonů slunečního záření na fotočlánek vzniká vnitřní fotoelektrický jev, při němž jsou z krystalové mřížky obou vrstev uvolňovány elektrony, které se díky výše zmíněné vlastnosti hromadí ve vrstvě N a mezi oběma vrstvami vzniká elektrické napětí o hodnotě 0,5 - 0,6 V. Navýšení na požadované napětí se získá sériovým zapojením jednotlivých článků, paralelním kombinací lze dosáhnout vyššího proudu. V praxi se pro dosažení požadovaných hodnot využívá sério-paralelního zapojení.

Aby mohl být elektron z krystalové mřížky uvolněn, musí mít dopadající foton minimální energii potřebnou pro překonání zakázaného pásu, u křemíku je tato hranice 1,12 eV. Energie fotonů závisí na vlnové délce záření, energii 1,12 eV odpovídá infračervenému záření o vlnové délce zhruba 1 105 nm. Záření o kratší vlnové délce mají dostatek energie, dopadající fotony způsobí vznik elektronu a „díry,“ zbylá energie se přemění na nežádoucí teplo. Naopak fotony záření s větší vlnovou délkou křemíkem prochází a nejsou v něm absorbovány. Teoreticky lze využít energie maximálně 50 % dopadajícího světelného záření, prakticky se ovšem dosahuje hodnot maximálně polovičních.



Obr. 3 Přechod P-N fotovoltaického panelu [3]

1.3 Konstrukční provedení fotovoltaických panelů

1.3.1 Monokrystalické články

Postup při výrobě je podobný výrobě křemíkových čipů. Celý blok monokrystalu se nařeže na tenké destičky. Tento způsob výroby patří v podstatě k nejdražším, ale účinnost článků je vyšší, než u článků stejného typu, ale jiného materiálu.

Při laboratorních pokusech byla naměřena účinnost okolo 25 %, u nejlepších článků na trhu cca 22 %, kompletní pospojované panely mají účinnost okolo 20 %. Monokrystalické panely tvoří přibližně 34 % všech prodaných.

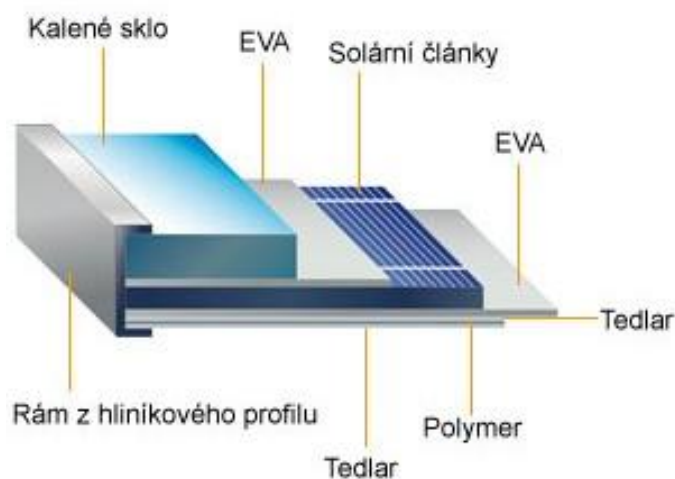
1.3.2 Polykrystalické články

Čipy se vyrobí tak, že se rozřeže polykrystalický kvádrový ingot. Tato výroba je levnější a jednodušší, než u monokrystalických článků. Jejich účinnost je nepatrně horší, ale při celkovém spojení je výhodou lepší využití plochy. Účinnost se pohybuje okolo 17 %. Polykrystalické panely tvoří přibližně 47 % trhu.

1.3.3 Amorfni články

Jsou to polymerní, organické, uměle vytvořené nanomateriály využívající nanotrubic, kvantových teček apod.

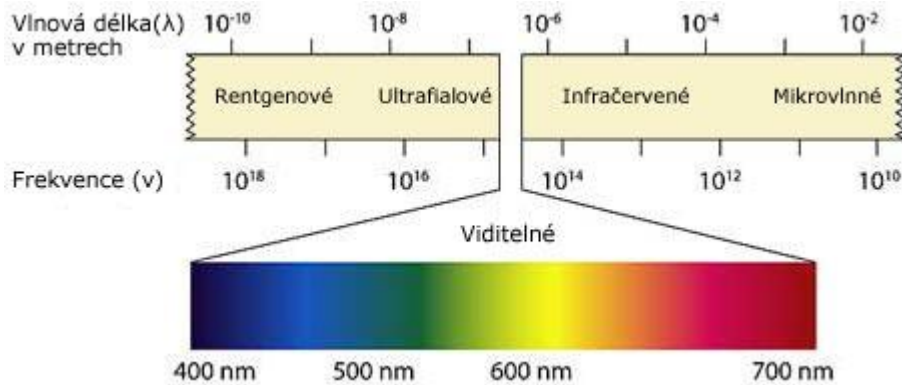
Panely jsou běžně vybaveny ochranným hliníkovým nebo duralovým rámem a kryty speciálním tvrzeným sklem, které panel chrání před povětrnostními podmínkami. Mezi samotnými články a tvrzeným sklem se dále nachází další vrstva, která chrání články před mechanickým poškozením, může se jednat například o světlopropustný gel Ethylen-vinyl acetát (EVA). Ze zadní strany jsou panely chráněny dalším materiálem, například laminátovou deskou. Životnost panelů je u většiny výrobců udávána na 25 let se zárukou, že účinnost po 10 letech neklesne pod 90 % a po 25 letech pod 80 %.



Obr. 4: Složení fotovoltaického článku [4]

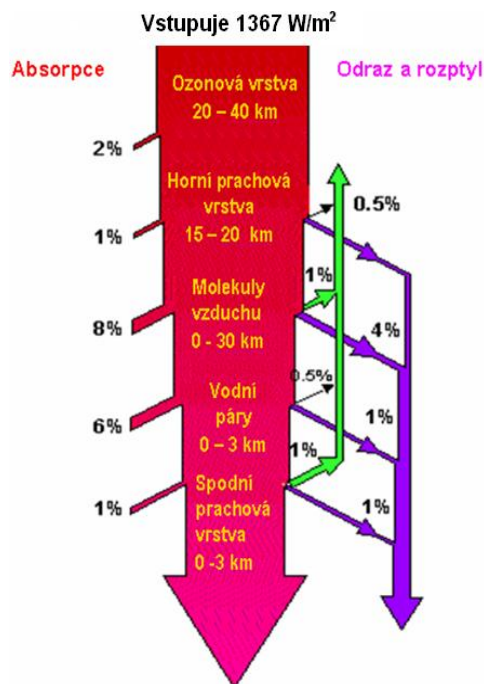
1.4 Rozložení slunečního záření na zemském povrchu

O Slunci lze říci, že je to dokonalý řízený termojaderný reaktor, v němž se každou sekundu uvolní energie 4×10^{26} [J] přeměnou $6,4 \times 10^{11}$ [kg] vodíku na hélium. Dle odhadů má Slunce v zásobě ještě tolik paliva, že tento proces bude probíhat následujících 7 miliard let.

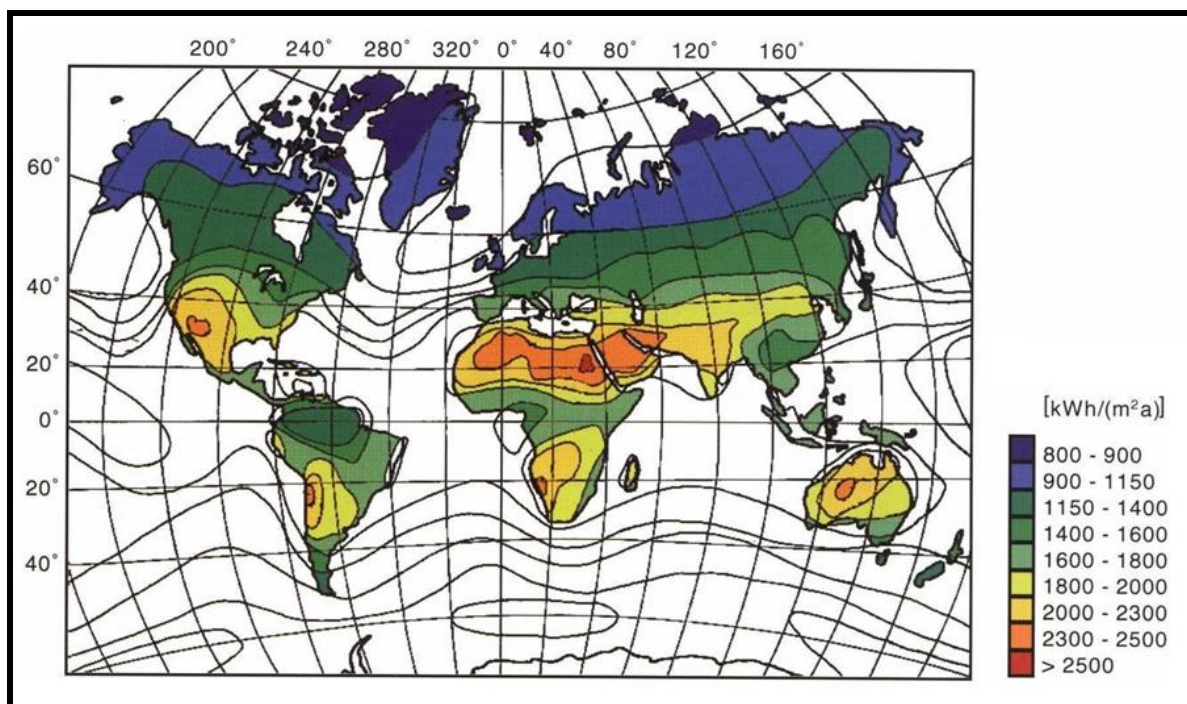


Obr. 5: Spektrum slunečního záření [5]

Jak již bylo uvedeno, i přes vzdálenost 149 600 000 km, která dělí Slunce od Země, dopadá na každý jeden metr čtvereční energie o střední intenzitě 1 300W. Přibližně polovina slunečního záření atmosférou Země projde až na povrch, část energie je pohlcena, rozptýlena – takzvaná difuze a i tu lze ještě částečně energeticky využít, a část se odrazí zpět do vesmíru.

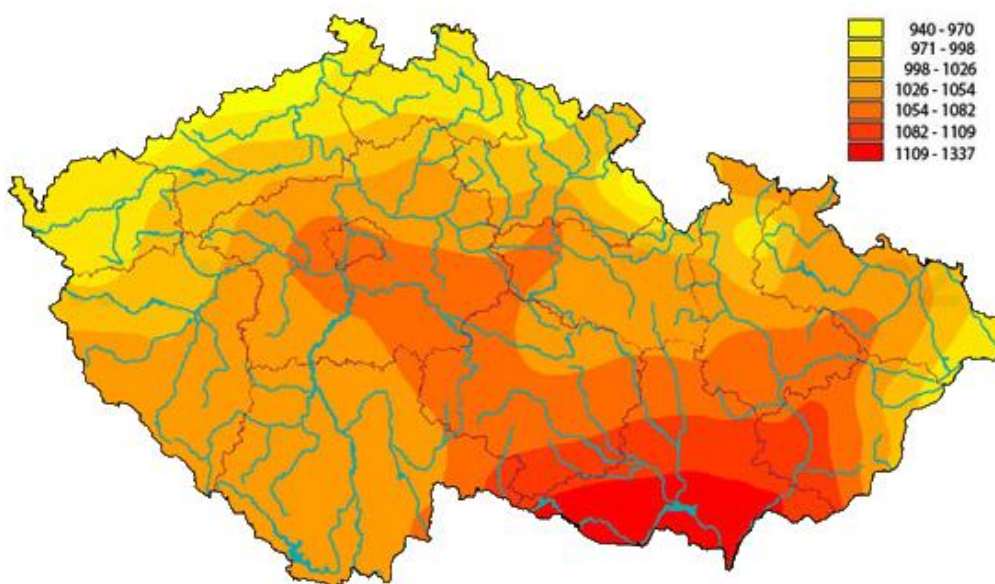


Obr. 6: Rozpad slunečního záření během prostupu atmosférou. [6]

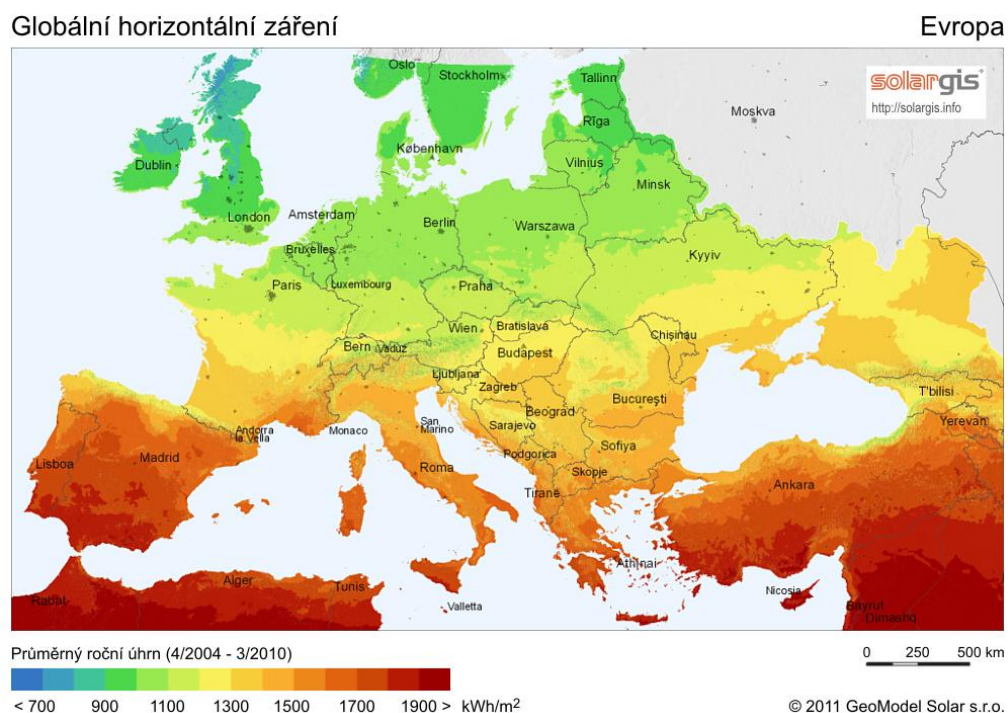


Obr. 7: Energie dopadající na zemský povrch za jeden rok (kWh/m²) [7]

Díky zemské atmosféře jsme chráněni před krátkovlnným zářením. Stratosféra, obsahující ozón, eliminuje ultrafialové záření na hranici slučitelnou se životem. Na zemský povrch pronikne převážně viditelné světlo, rádiové vlny a část infračerveného záření.



Obr. 8: Rozložení intenzity slunečního záření v České republice [8]



Obr. 9: Rozložení intenzity slunečního záření v Evropě [9]

Jeden m² fotovoltaického panelu s monokrystalickými články má špičkový výkon 110 - 120 W_p. V našich zeměpisných podmínkách z něho lze získat 80 až 120 kWh elektrické energie za rok. Celodenní průměrná intenzita slunečního záření dosahuje hodnot $I = 0,018 \text{ W/m}^2$ v zimě, zatímco v létě $I = 0,230 \text{ W/m}^2$, tj. 12,8 krát více než v zimě.

Tab.1: Intenzita slunečního svitu za rok [8]

<i>Měsíc</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>Rok</i> <i>[Wh]</i>
Energie [Wh/den]	80	138	213	302	383	390	408	360	265	179	83	60	87 237

Intenzita přímého slunečního záření je ovlivňována absorpcí víceatomových plynů. Dále se uplatňuje rozptyl po odrazu o molekuly plynu a prachu. Mírou omezení je faktor znečištění Z:

$Z = 2,0$ pro místa s nadmořskou výškou nad 2 000 metrů

- $Z = 2,5$ pro místa s nadmořskou výškou nad 1 000 metrů
- $Z = 3$ venkov bez průmyslového znečištění
- $Z = 4$ města a průmyslová střediska

- Z=5-8 silně znečištěné prostředí

Intenzita přímého slunečního záření na plochu kolmou k dopadajícím paprskům,

$$I_N = I_0 \cdot A^{-Z} \left[\text{W}/\text{m}^2 \right]$$

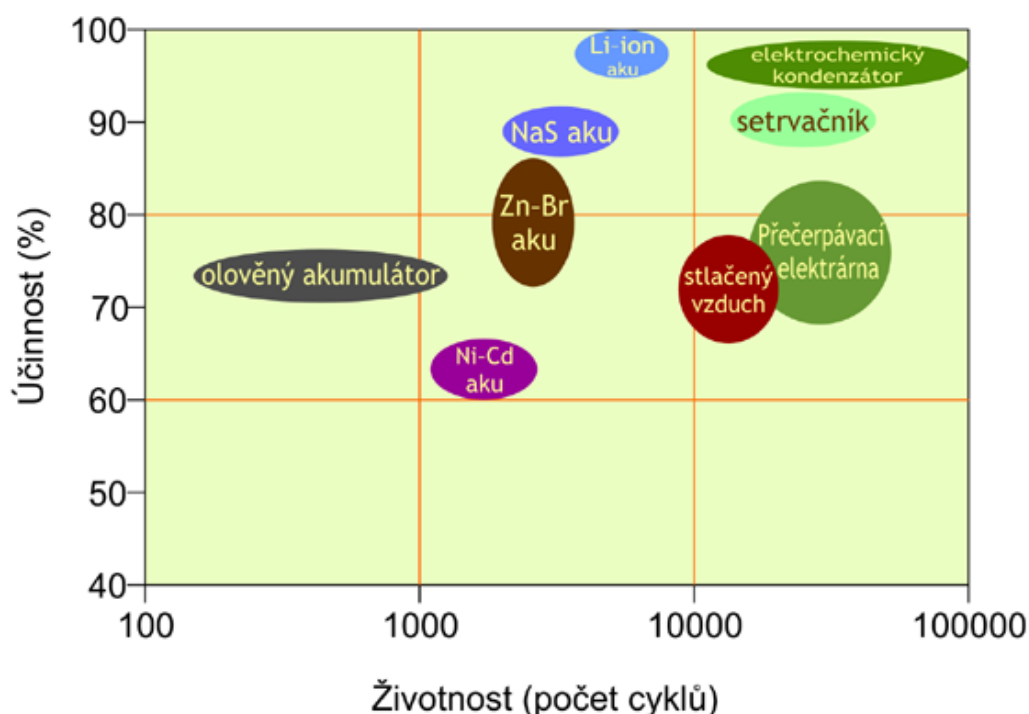
kde A je součinitel, který závisí na výšce h Slunce nad obzorem.

Množství dopadající sluneční energie kromě zeměpisné polohy záleží také na sklonu panelu, kdy pro naši zeměpisnou šířku je nejideálnější sklon přibližně 30 stupňů.

Na území České republiky, jak lze pozorovat z obrázku 9, nedopadá tolik slunečního svitu, jako například v Africe, nicméně podmínky pro využití fotovoltaických panelů jsou ještě relativně dobré. Nejvíce svitu má jižní Morava, nejméně severní Čechy a Ostravský kraj. Na jeden metr čtvereční území dopadá cca 950 - 1340 kWh sluneční energie, přitom asi 75 % v letních měsících. Tento údaj je důležitý zejména pro výpočet energetické bilance systému.

2 Konvenční způsoby akumulace elektrické energie

Problematika akumulace elektrické energie ji provází již od objevení elektřiny jako takové. Výroba vždy musí odpovídat spotřebě, kdy v praxi, výroba pokrývá i kompletní ztráty způsobené přenosem a případnou transformací. I samotné „skladování“ elektrické energie je v naprosté většině případů více či méně ztrátové, je třeba sledovat faktory jako účel akumulace, operativní rychlost (jak uložení tak dostupnost zpětného využití) účinnost cyklu uložení a opětovné dodávky a samozřejmě objem energie - kapacitu takové akumulace. Dalším podstatným faktorem je vlastní forma, ve které je energie uložena, je-li transformována do jiné formy a je-li zpět měněna zase na elektrickou energii, dále je nutno posuzovat ztráty, které lze definovat v závislosti na čase skladování (např. samovybíjení), bezpečnost (například akumulace přebytků energie z ES do stlačeného vodíku) a v neposlední řadě je zde cena. Těmito kritérii lze rozdělit technologie akumulace na použitelné, neefektivní, drahé, nebezpečné (zabezpečení by z nich zase udělalo drahé). Budu se tedy věnovat současným trendům, používaným principům a účelu, ke kterým je daný způsob akumulace převážně využíván.



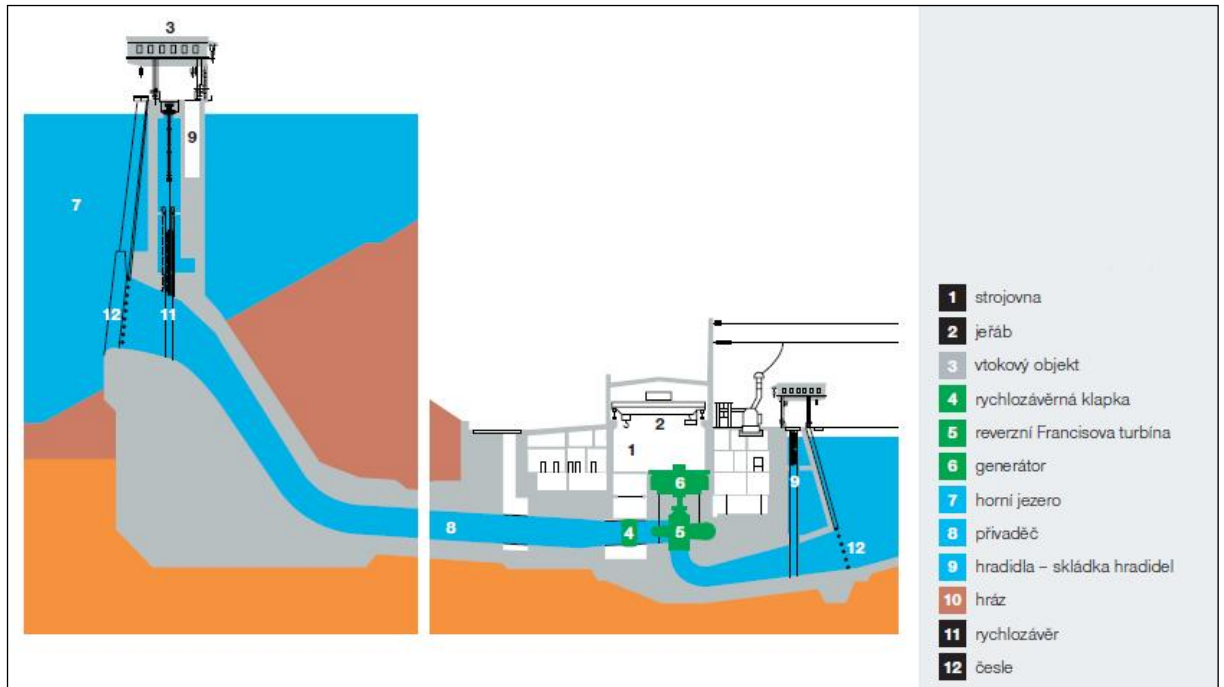
Obr. 10 – vztah účinnosti a technologie k počtu cyklů [10]

2.1 Přečerpávací vodní elektrárny (PVE)

Jak již bylo řečeno, akumulace elektrické energie nastupuje v okamžiku, kdy aktuální spotřeba neodpovídá výrobě, v případě elektrizační soustavy (ES) není vždy možné odhadnout spotřebu, popřípadě zajistit výrobu dle plánu (porucha některého výrobního bloku), nebo odhadnout nečekané rozměry počasí. V takovém okamžiku vzniká regulační odchylka, a pokud by na ni provozovatel přenosové soustavy vhodně nezareagoval, mohla by se tato odchylka projevit jako pokles nebo nárůst hladiny napětí popřípadě frekvence v ES, pravděpodobně následovaný kolapsem jednotlivých částí nebo ES jako celku. Každý výrobní blok má jistý rozsah regulace a i reakční čas pro tuto změnu výkonu dodávaného do sítě, nicméně pro téměř okamžité reakce a to jak v kladných tak i záporných odchylkách je nejčastěji využíváno právě PVE. Na území ČR máme celkem čtyři, viz. tab.2.

Tab.2: Přečerpávací elektrárny na území ČR

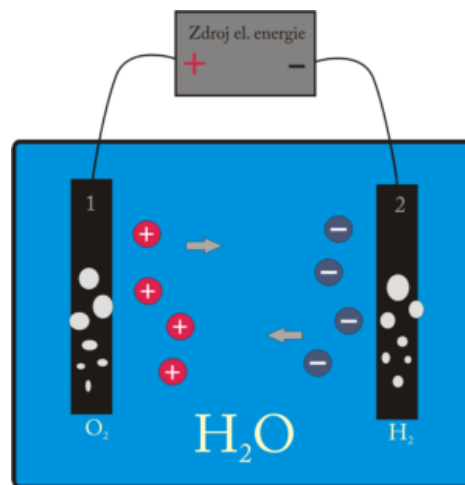
PVE	Instalovaný výkon	Použitá turbína
Vodní dílo Dalešice	480 MW	4x Francisova
Dlouhé Stráně	650 MW	2x Francisova
PVE Štěchovice	45 MW	1x Francisova
Vodní elektrárna Černé jezero ležící na Šumavě	1,5 MW +370 KW	1x Peltonova <i>1x odstředivé čerpadlo, od r. 1960 se PVE v čerpadlovém režimu neprovozuje</i>



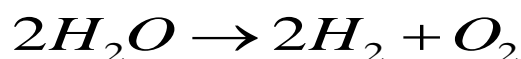
Obr. 11 – Náhled na PVE Dalešice v řezu[11]

2.2 Elektrolýza vody – akumulace energie do stlačeného vodíku

Tato technologie je navržena k odčerpání energie z ES v době nadvýroby, kdy je tato energie usměrněna a použita k elektrolýze vody obr. 12 . Již celý tento proces může probíhat v nalakovaném prostředí, čímž se ušetří další výdaje na kompresní práci při hromadění vznikajícího vodíku do zásobníku.

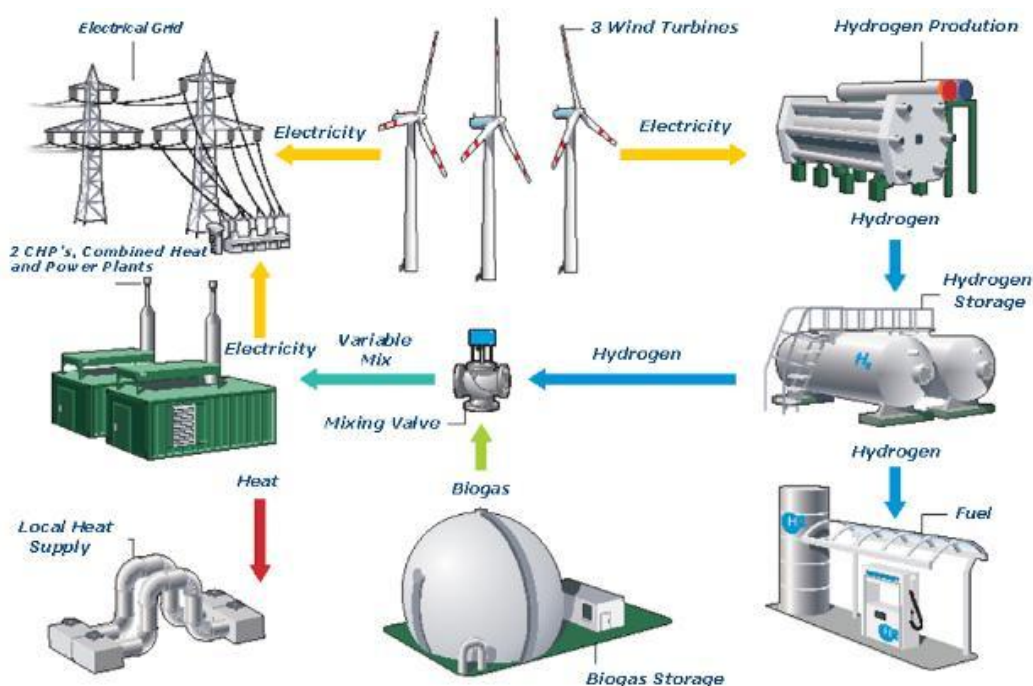


Obr. 12 – schéma elektrolýzy vody [12]



Rovnice – elektrolýza H_2O

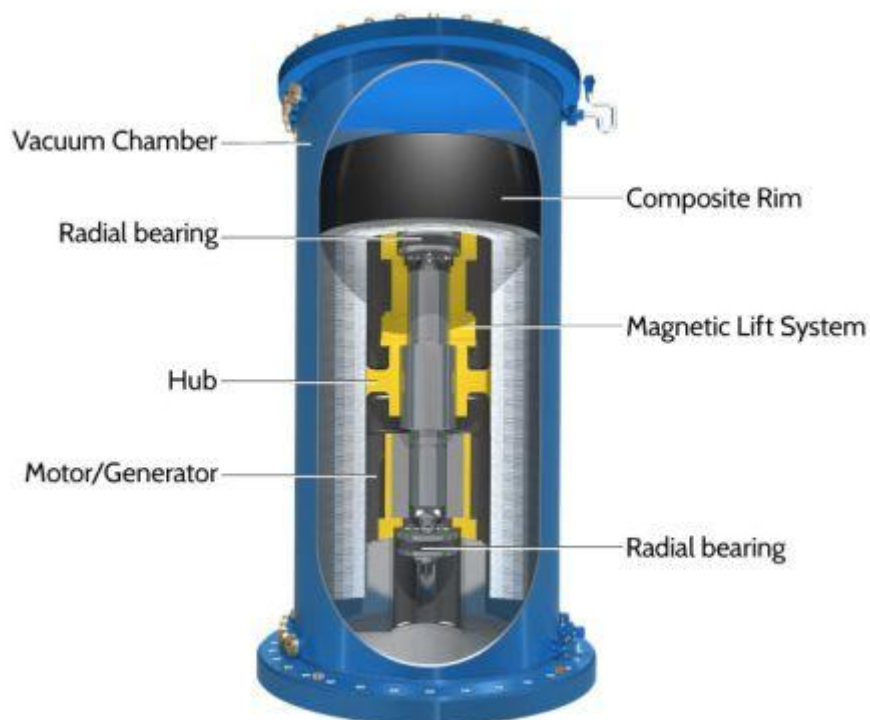
Opětovné využití energie z vodíku již ale vyžaduje poměrně propracovaný systém zařízení – vlastní vodíkové hospodářství, které umožní výrobu elektrické energie v generátoru poháněném turbínou spalující vodík, vytápěcí jednotku – kotelnu, spalující vodík. Díky tomu, že vodík patří mezi poměrně explosivní plyny je cena bezpečného využívání stále poměrně nákladná, situace se ale mění, kupříkladu automobily spalující H_2 již existují a splňují všechny bezpečnostní standardy pro používání v běžném provozu. Přidružená výroba a akumulace vodíku je znázorněna na obr. 13.



Obr. 13 – Princip akumulace energie do vodíku - Technologické systémy elektrárny
Prenzlaup[13]

2.3 Akumulace elektřiny do rotačních setrvačnicků

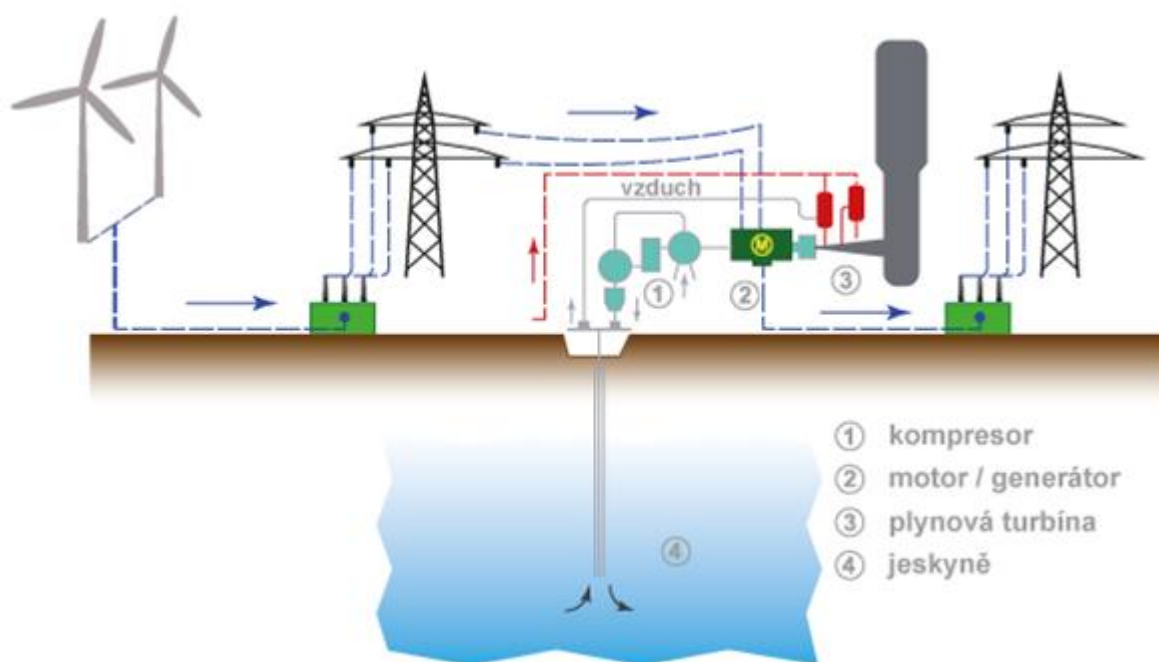
Uložení elektrické energie ve formě kinetické energie rotujícího tělesa je další z dnes již využívaných alternativ. Principiálně jde o motor/generátor, který roztáčí a točí speciálním – dobře vyváženým setrvačnickem, který se otáčí na poměrně vysokých otáčkách a tím v sobě akumuluje kinetickou energii. Pro minimalizaci ztrát se tento setrvačnick většinou pohybuje ve vakuu a místo mechanických ložisek se využívá magnetického závěsu. Tento způsob akumulace je vhodný pro pokrytí krátkodobých výpadků ES, většinou do doby než naběhnou diesel agregáty plnohodnotně suplující napájení do okamžiku obnovení dodávky. Nesporným kladem těchto zařízení je minimální reakční doba a tím garantovaná kontinuita dodávky. Dále se tyto setrvačnickové záložní zdroje používají ke stabilizaci frekvence sítě. Svým principem jde o velice starý princip akumulace energie, který byl prvně aplikován na hrncířských kruzích.



Obr. 14:řez vakuovaným rotačním setrvačnickem [14]

2.4 Akumulace elektřiny do stlačeného vzduchu

Pro akumulaci dostatečného množství energie touto technologií, potřebujeme hlavně velký a utěsněný prostor, který bude sloužit jako akumulární nádoba. Při nadbytku elektřiny v ES bude probíhat kompresní práce a tlak v akumulární nádobě se bude zvyšovat. Naopak, při nedostatku energie přejde zařízení režimu generátoru, kdy bude stlačený vzduch vpouštěn do vysokotlakého a následně nízkotlakého stupně turbíny, která je hřídelí pevně spojena s generátorem. Úskalím této technologie je také nutnost vyrovnat se s vznikajícím teplem během komprese a opačně chladem během expanze v turbíně.



Obr. 15: Obecný princip akumulace energie do podzemní kaverny [15]

2.5 Elektrochemická akumulace

Pod pojmem elektrochemická akumulace si můžeme představit téměř všechny druhy baterií a článků, které umožňují cyklické nabíjení a vybíjení. Vzhledem k omezenému rozsahu této práce uvedu pouze obecná fakta a jejich dělení s důrazem na výhody, nevýhody a dílčí specifika jednotlivých typů. Tento seznam není zdaleka konečný, druhů a typů je poměrně velké množství. Pokusím se uvést ty nejběžnější.



Obr. 16: Průmyslové provedení válcových Ni-Cd a Ni-Mh článků [16]

Tab. 3 – Specifikace nejběžnějších baterií

označení	Princip – materiál, specifika	výhody	nevýhody
Ni-Cd	Nikl-kadmiový článek, jmenovité napětí 1,2V	Dostupnost – cena, možnost skladovat v nenabitém stavu – je odolný proti hlubokému vybití. Pracují i za nízkých teplot.	Poměrně malý počet cyklů, paměťový efekt, kadmium je jedovaté
Ni-Mh	Nikl-metal hydrid článek – v současnosti hodně používaný typ akumulátoru, jmenovité napětí 1,2V	oproti Ni-Cd má přibližně dvojnásobnou kapacitu,	Při nízkých teplotách se uložená energie stává nedostupnou a lze ji odebrat až po návratu do teplot nad 5°C
Li-Pol a Li-Ion	Jednotlivé články mají dobrou účinnost během cyklu, napětí článku je 3,7 V	Lithium je lehký kov, nepředstavující zásadní rizika pro životní prostředí. Možno nabíjet i v nedovybitém stavu.	Během nabíjení musí probíhat kontrola proudu na jednotlivých článcích, při nesprávném nabíjení hrozí exploze.
Pb akumulátor	Olověný akumulátor – nejběžnější typ akumulátoru, vykazující poměrně malou hustotu energie, dle elektrolytu může být i bezúdržbový	Poměrně snadná výroba, podle druhu konstrukce je baterie schopna dodat velký krátkodobý proud	Cena olova, značná hmotnost, teplotní závislost – v mrazech omezená funkce, olovo patří mezi nebezpečné prvky, je jedovaté a tyto akumulátory mají negativní dopad na stav životního prostředí
Na-S	Sodík-Síra – články využívané převážně v energetice	Dobrá energetická hustota, účinnost okolo 80%.	Pro funkci potřebuje teplotu cca 300°C, kdy je sodík tekutý a na vzduchu hořlavý, použité prvky jsou pro přírodu nebezpečné

2.6 Akumulace do cívky

V tomto případě pracujeme s principem uložení energie do magnetického pole cívky. Aby se cívce dodaly poměrně ideální a bezztrátové parametry, je třeba snížit její elektrický odpor. Toho lze docílit nejen volbou dobře vodivého kovu, ze kterého je cívka navinuta, ale i vychlazením celé cívky a tím docílení parametrů supravodiče. Pro akumulaci je třeba cívku napájet stejnosměrným napětím, čímž při akumulaci střídavé elektrické energie integrujeme do systému další ztráty v podobě usměrňovače a následně střídače v generátorovém chodu. I tak se tento systém řadí mezi nejučinnější a nejrychlejší způsoby akumulace. Potřeba chlazení je dalším spotřebičem a vlastně i limitujícím faktorem při potřebách akumulace velkých kapacit.

2.7 Akumulace do kondenzátoru

Kondenzátor je z akumulčních prvků asi ten nejnámější. Mezi jeho nesporné výhody patří hlavně rychlost nabíjení a vybíjení a velmi vysoký počet opakování těchto procesů. Nevýhodou je malá hustota uložené energie, která tuto součástku omezuje v masovém využití pro akumulaci energie ve smyslu, jaký zde řešíme. Trendem posledních let se ale staly tzv. superkapacitory, kde hustota uložené energie již nasvědčuje praktickým možnostem využití. Počítá se s nimi třeba v elektromobilech, popřípadě pro využití při rekuperaci v jiných dopravních prostředcích. Pro využití při ukládání většího množství energie s nimi ale zatím počítat nedá.

3 Způsoby běžného využití fotovoltaických panelů v energetice

3.1 Obecný popis využití fotovoltaických elektráren

Česká republika přistoupila na dohodu, že v roce 2020 bude pokrývat 13 % výroby el. energie z obnovitelných zdrojů. Protože obnovitelné zdroje zatím nejsou bez finanční podpory rentabilní, byl vytvořen systém dotací. Pro fotovoltaické elektrárny byl ovšem tento systém zvolen poměrně nešťastně formou velmi vysokých výkupních cen elektřiny, s tím, že nebude prakticky možné cenu snížit s klesající úrovní nákladů. V roce 2002 byla výkupní cena z fotovoltaické elektrárny nastavena na 6 Kč/kWh. V cenách panelů a zařízení té doby byla výkupní cena hluboko pod hranicí rentability. Aby byla splněna hodnota 13 %, od roku 2006 byla zákonem č. 180/2005 Sb. stanovena výkupní cena na 15 Kč/kWh, která rozpoutala „sluneční boom“, fotovoltaické elektrárny začaly růst jako houby po dešti. Velké rozšíření fotovoltaických elektráren vedlo ke zdražení elektřiny pro odběratele z důvodu zvýšení příspěvku na OZE. Jestliže v roce 2006 byl příspěvek na OZE 28 Kč/MWh, v roce 2013 činil již 583 Kč/MWh. Pro následující roky došlo k určení maximální ceny 495 Kč/MWh s tím, že chybějící část bude placena ze státní pokladny z financí získaných ze solární daně. Takto bylo v roce 2013 zapláceno 11,7 mld. Kč. Tím se stala energie pro průmysl nejdražší v Evropě, což se negativně podepsalo na konkurenceschopnosti českých podniků.

Na konci roku 2014 evidoval Energetický regulační úřad 27 956 elektráren o celkovém výkonu 2 126 MWp, což je prakticky shodný instalovaný výkon s jadernou elektrárnou Temelín, který má po modernizaci dva reaktory, každý o výkonu 1055 MW.

Ukázkovou instalací fotovoltaických článků je první česká fotovoltaická elektrárna o výkonu 10 kW, připojená k distribuční síti. Panely pokrývají plochu 75 m² a najdeme ji v areálu jaderné elektrárny Dukovany. Využívá se k předváděcím účelům informačního centra elektrárny. Je instalováno 200 monokrystalických panelů. Napětí článků je 17,5 V, výkon 53 W/článek. Od svého spuštění v roce 1997 do roku 2002 byla součástí komplexu větrných elektráren v lokalitě Mravenečník.

Největší fotovoltaická elektrárna v České republice, která dodává do energetické sítě, se nachází v Ralsku na cca 85 hektarech a má instalovaný výkon 38,3 MW. Největší nedokončená pak FVE Milovice, která měla mít na cca 150 hektarech instalovaný výkon cca 60 MW.



Obr. 17: Letecký pohled na část areálu Ralsko [17]

3.2 Rozdělení dle velikosti a typu umístění

- Malé střešní instalace – jedná se o systémy panelů, umístěných zpravidla na střeších rodinných domů. Instalovaný výkon je zpravidla několik kWp.
- Velké střešní instalace – tyto systémy jsou umístěny většinou na průmyslových objektech, obchodních domech, logistických centrech. Zde je instalovaný výkon cca. od 10 kWp až po MWp.
- Volně stojící instalace – nazývaná též „solární pole“ jsou umístěny ve volném prostoru, mají vlastní podpůrnou konstrukci pevně spojenou se zemí. Výkon zpravidla ve stovkách kWp až po obrovské instalace v řádech MWp.

3.3 Rozdělení podle využití

- Přímé připojení do sítě (On-Grid) je způsob, kdy veškerá vyrobená el. energie je dodávána do sítě provozovateli přenosové sítě.
- Off-Grid – tyto systémy nejsou spojeny s rozvodnou elektrickou sítí. Slouží převážně k napájení ostrovních aplikací (chaty, karavany, lodě atp.). Celý systém tvoří zpravidla panel, akumulátor, nabíjecí regulátor.
- Hybridní – tento systém kombinuje (On-Grid + baterie) obě předchozí varianty kdy část vyrobené energie slouží k nabíjení akumulátorů a část je prodána do sítě distributorovi.

3.4 FVE a jejich místo v naší krajině

Masová podpora s přímočarým cílem již zmíněných 13 % z OZE podpořený politickou garniturou za doby Martina Bursíka, jako ministra životního prostředí, vedla k masové výstavbě fotovoltaických elektráren, kdy se mnohdy pod časovým tlakem kolaudovaly nově vystavěné elektrárny, a aby i ostatní povolené výstavby FVE splnily dostavbu za vyšší garantované podpory státu, byly již zkolaudované parky rozebírány a stavěny jinde a opět kolaudovány. Mnohdy jediným parametrem určující vhodné místo ke stavbě byla možnost napojení se do ES a příslušná orientace prostoru ke Slunci. Již při průjezdu ČR je zřejmé, že ve většině případů těch opravdu velkých výkonů si s §12 zákona 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění, nikdo starosti nedělal.

§ 12

Ochrana krajinného rázu a přírodní park

(1) Krajinný ráz, kterým je zejména přírodní, kulturní a historická charakteristika určitého místa či oblasti, je chráněn před činností snižující jeho estetickou a přírodní hodnotu. Zásahy do krajinného rázu, zejména umisťování a povolování staveb, mohou být prováděny pouze s ohledem na zachování významných krajinných prvků, zvláště chráněných území, kulturních dominant krajiny, harmonické měřítko a vztahy v krajině.

(2) K umisťování a povolování staveb, jakož i jiných činnostem, které by mohly snížit nebo změnit krajinný ráz, je nezbytný souhlas orgánu ochrany přírody. Podrobnosti ochrany krajinného rázu může stanovit Ministerstvo životního prostředí obecně závazným právním předpisem.

(3) K ochraně krajinného rázu s významnými soustředěnými estetickými a přírodními hodnotami, který není zvláště chráněn podle části třetí tohoto zákona, může orgán ochrany přírody zřídit obecně závazným právním předpisem přírodní park a stanovit omezení takového využití území, které by znamenalo zničení, poškození nebo rušení stavu tohoto území.

(4) Krajinný ráz se neposuzuje v zastavěném území a v zastavitelných plochách, pro které je územním plánem nebo regulačním plánem stanoveno plošné a prostorové uspořádání a podmínky ochrany krajinného rázu dohodnuté s orgánem ochrany přírody. [24]

4 Návrh systému pro nepřetržitý ostrovní provoz

Před započítáním vlastní realizace řešení je nezbytný návrh, který posoudí všechny aspekty projektu od použitých komponent, energetické bilance celého systému, splnění požadavků na bezpečnost a hospodárnost technického řešení. V neposlední řadě je třeba zhodnotit, zda návrh splnil požadované cíle, zda je řešení funkční a provozuschopné v místních geografických a klimatických podmínkách s přihlédnutím na faktické parametry prostředí instalace. V ideálním případě návrh dovedl až do fáze realizace projektu.

4.1 Parametry zařízení a definice prostředí

Vlastní návrh řešení spočívá v zajištění nezávislého napájení Informačního panelu rychlosti – IPR10, kdy tento bude instalován kdekoli na území ČR, v nezastíněném prostoru v těsné blízkosti pozemní komunikace. Toto zařízení se skládá z modulu pro měření rychlosti, založeném na Dopplerově efektu, řídicí jednotky a zobrazovacího panelu. Štítkové hodnoty celého systému deklarují doporučené napájení jako 12V DC / 3A. Z tohoto si snadno dopočítáváme hodnotu 36W jako maximální hodnotu příkonu odebíranou při připojení a startu zařízení, kdy za částí tohoto odběru stojí nabíjení se vstupních kondenzátorů.



Obr. 18: Samostatný IPR10 napájený externím napájením – mobilní provedení [18]

4.2 Měření reálných provozních stavů

Z dat uvedených výrobcem v datasheetu IPR10 není možné zjistit jmenovitý proud respektive příkon zařízení v konkrétních provozních stavech, dále zde je uveden rozsah pracovních teplot, kdy příkon jednotlivých komponent bude jistě lehce závislý na teplotě okolí. Pro potřeby našeho návrhu jsme si potřebná data doměřili. K měření jsme použili přenosný panel IPR10 obr. 18 a ampérmetr. Jednotlivá měření byla provedena při všech předpokládaných provozních stavech a pro všechny podstatné teploty, to znamená -20°C , pokojovou teplotu $+23^{\circ}\text{C}$ a $+45^{\circ}\text{C}$. Pro kladné teploty byla nastavena relativní vlhkost 55%. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tab. 4.

Tab. 4 – hodnoty proudu naměřené v různých teplotních režimech (temperace 3h) pro napětí $U_n=12\text{V}/\text{DC}$

Podmínky – teplota / vlhkost	Max. proud při spuštění [A]	Proud v online režimu bez měření rychlosti [A]	Max. proud v režimu měření a zobrazení rychlosti [A]
-20°C	2,121	0,238	1,611
$+23^{\circ}\text{C} / 55\%$	2,323	0,251	1,823
$+40^{\circ}\text{C} / 55\%$	2,414	0,265	1,912

Z naměřených dat je zřejmé, že maximální proud je opravdu odebírán při startu zařízení. Dále bylo zjištěno, že zobrazovací režim během měření trvá přibližně 8 sekund, tento parametr je nastavitelný a jeho volbou se dá omezit spotřeba energie vydané na změření - informování o rychlosti jednoho vozidla. Proud během tohoto měření není konstantní, ale pro účely jisté rezervy budeme počítat, že byl tento proud odebírán po celou dobu 8mi sekund ve své maximální výši. Dále bylo zařízení nastaveno pro provoz v denním režimu, přestože pro noční režim, který je výrobcem i programem zařízení podporován, je značně omezena úroveň svitu zobrazovací jednotky a tím i spotřeba zařízení

4.3 Výpočet odběru, volba odpovídajícího FV panelu a kapacity baterie

Pro náš výpočet je nezbytné mít alespoň orientační představu o počtech aut projíždějících v zóně radaru a v daném směru. Není třeba rozlišovat, zda konkrétní auto jelo či nejelo povolenou (limitní) rychlostí, i spořádaný řidič je za svou jízdu odměněn informací o své rychlosti. Jako příklad si vezmeme silnici II. Třídy v kraji Vysočina, z reálných dat víme, že konkrétním úsekem projede v průměru 480 aut za den v jednom směru. Dále jsem zvolil maxima z naměřených hodnot, to znamená hodnoty odběru v $+40^{\circ}\text{C}$, kdy hodnota pro start

jednotky je podstatná pouze pro vhodné dimenzování maximálního proudu tekoucího obvodem spotřebiče a zároveň odebíraného z baterie při startu zařízení.

Výpočtem, kdy byl vynásoben předpokládaný počet vozidel zaregistrovatelný radarem délkou zobrazení jeho rychlosti a naměřenou spotřebou v tomto módu a přičten standby čas vynásobený spotřebou panelu při čekání na detekci vozidla jsem se dostal k denní průměrné spotřebě 97,4Wh. Na základě porovnání dostupných baterií (tab. 3), jejich režimech nabíjení, požadovanému výkonu a samozřejmě ceně jsem zvolil olověný akumulátor. Protože napájení 12V je na hranici slučitelnosti provozu IPR10, bude zařízení doplněno DC/DC měničem s účinností okolo 92% a vstupním napětím 20-30V. V tomto provedení bude záloha realizována 2x 30Ah olověnými akumulátory v sériovém zapojení. Pro ověření dostatečné rezervní kapacity jsem dopočítal, že plně nabitý systém je při již zmíněném režimu schopen samostatného provozu po dobu 6,65 dne. Pro řízené nabíjení zvolené sériové kombinace jsem se rozhodl pro kontrolér EPSOLAR Tracer-2210RN (Obr. 19) za přibližně 2 400Kč bez DPH.

Výběr podstatných parametrů z datového listu kontroléru Tracer-2210RN

Systémové napětí 12 / 24VDC

Jmenovitý proud baterie 20A

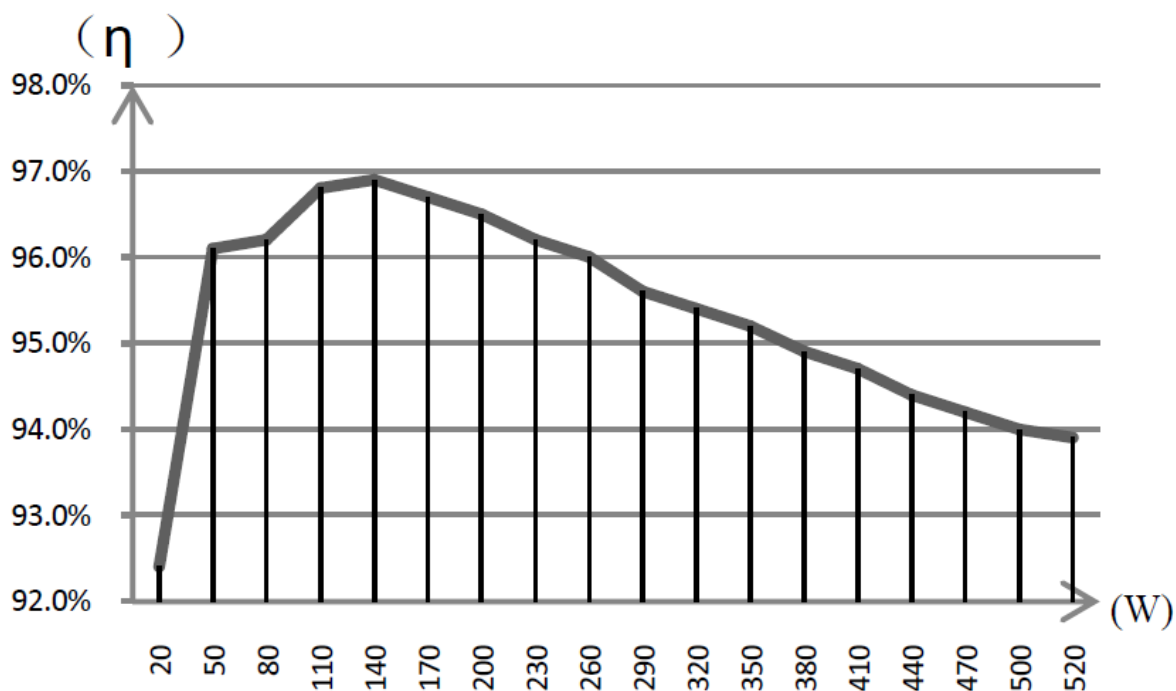
Max. FV vstupní napětí 100VDC

Max. FV vstupní výkon při 24V => 520W



Obr. 19: kontrolér Tracer 2210RN [19]

Z grafu účinnosti dodané výrobcem kontroléru je zřejmé, že v některých méně slunných dnech, účinnost klesá k hranici 92% při 20W přenášeného výkonu.

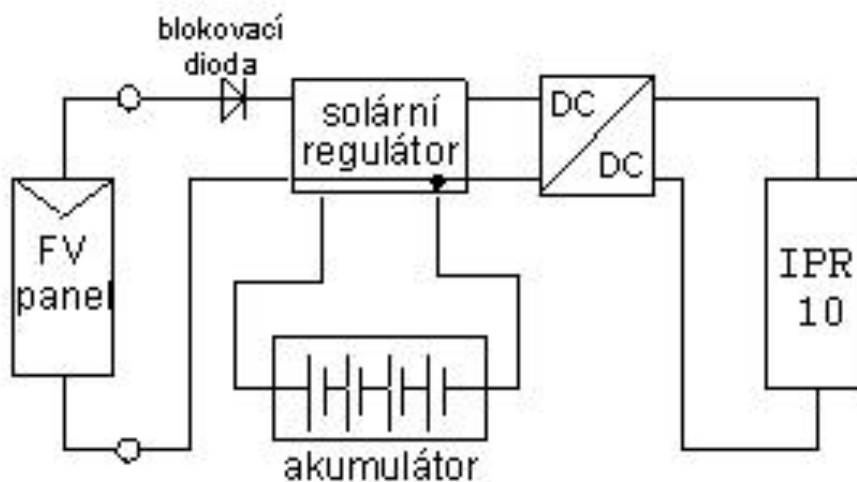


Obr 20:– Účinnost přeměny výkonu FV panelu přeneseného na svorky olověných akumulátorů. (U_{in} 34V a dobíjení baterie 24V) [20]

Dostáváme se k samotné volbě vhodného fotovoltaického panelu. Z praxe víme, že udávaný maximální výkon panelu je de facto teoretická fiktivní hodnota dosažitelná v některých letních dnech, kdy málo který z výrobců otevřeně přizná, že hodnota optimální VA charakteristiky byla pořízena při teplotě panelu například 25°C a v reálném teplém dni se panel prohřeje, jeho vnitřní odpor naroste a daná peaková hodnota je pouze teorií, navíc z reálných instalací plyne, že v prosinci je výroba přibližně na 10% hodnot z července. Tento fakt je tedy třeba zohlednit. Z dostupných panelů jsem tedy zvolil model HR-240P-18/Bb od firmy Hareonsolar. Štítkové hodnoty jsou uvedeny na obr. 21.

Hareonsolar		HR-240P-18/Bb
Jiangyin Hareon Power Co., Ltd.		No.178 Huanzhen North Road,Huangtang Industrial Zone,Xuxiake Town Jiangyin, Jiangsu, 214407 P.R.China www.hareonsolar.com
Electrical Rating at STC (1000 W/m ² , AM 1.5 spectrum, cell temperature 25°C)		
Peak Power(Pmax)	240 W	
Production Tolerance of Pmax	0/+5 W	
Voltage @ Pmax(Vmpp)	29.70 V	
Current @ Pmax(Imp)	8.09 A	
Open Circuit Voltage(Voc)	36.90 V	
Short Circuit Current(Isc)	8.55 A	
Maximum Series Fuse	15 A	

Obr. 21: štítkové hodnoty FV panelu [21]



Obr. 22: Blokové schéma komponent dodaných k IPR10 pro práci v režimu ostrovního provozu [21]



Obr. 23: Finální instalace IPR10 v ostrovním provozu v obci Petrovice u Humpolce



*Obr. 24: Vlastní technické řešení – kontrolér pro řízení dobíjení akumulátorů, akumulátory
a DC/DC měnič*

Závěr

Cílem této práce bylo popsat jedinečnou roli Slunce, kterou sehrálo při vzniku a stále hraje v existenci života na Zemi, popisují zde i cesty slunečního záření od svého zdroje až k zemskému povrchu, kde její část lidstvo dokáže energeticky využít. Pro tyto účely existuje hned několik způsobů, zde je detailněji popsán případ přímě přeměny energie fotonů na elektrickou energii pomocí fotovoltaických panelů, jsou zde porovnány druhy fotovoltaických článků a jejich největší specifika. Jiná část práce se věnuje problematice akumulace elektrické energie a jejímu rozdělení dle kapacity, rychlosti, účinnosti, bezpečnosti, tato energetická oblast je velice široká, proto v jedné kapitole najdete obecné informace o přečerpávacích elektrárnách i tužkových Ni-Cd bateriích. Dále je zde zpracován princip využití fotovoltaických panelů v energetice ČR, je zde i vysvětleno proč se ČR stala téměř přes noc solární velmocí. V poslední části se věnuji již konkrétnímu návrhu systému pro napájení informačního panelu pro měření rychlosti, tento návrh vychází z vlastních měření a náležitou oporou v práci a zdrojem dat mi byla i faktická realizace dle tohoto návrhu viz obr. 23. Zadání práce požadovalo „Návrh nepřetržitého napájení zařízení 15W / 12V DC v ostrovním provozu“, měřením jsem zjistil, že koncové zařízení při startu krátkodobě odebere až 29 W, při práci, která je vždy také poměrně krátká – cca 8s spotřeba stoupne z klidových 3,2 W na cca 23 W. FV panel je výkonově naddimenzován, obdobně i kapacita akumulátoru, důvodem je prevence výpadku v zimním období, kdy může přijít několik temných dní za sebou, dále snůh nebo námraza, která by mohla částečně snížit efektivní plochu a v neposlední řadě je instalace blízko vlastní komunikace, kde je značná prašnost, která opět negativně ovlivňuje reálné dopadající sluneční záření na fotovoltaické články v panelu.

Pro pokračování využívání energie z FVE mluví pokrok, který tlačí ceny materiálu, náklady na výrobu panelů dolů, oproti tomu účinnost panelů roste. Osobně bych rád zmínil, že nejlevnější energie je ta, která se nemusela vyrobit, je třeba nejen zdokonalovat výrobu, ale tlačít dolů i spotřebu, pracovat na obou stranách bilanční rovnice. Dále se domnívám, že z masového rozšíření FVE v energetice plyne i dost problémů s regulací rovnovážného stavu ES, jako vhodnější způsob bych volil FVE menších výkonů a citlivěji volené lokality, kdy střechy domů nebo průmyslových komplexů poskytnou dostatečnou plochu. Použití FV panelů pro ostrovní provoz v kombinaci s rozumě dimenzovanou akumulací vidím jako ideální technické řešení, které svou cenou vynahradí případné náklady na budování přípojky a trasy k připojení ES a navíc provozovateli dodá úplnou nezávislost na okolí.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] <http://www.tzb-info.cz/8364-narodni-akcni-plan-ceske-republiky-pro-energii-z-obnovitelných-zdrojů>
- [2] <http://www.tzb-info.cz/1940-solarni-historie-v-cr-a-sr>
- [3] <http://elektrika.cz/data/clanky/princip-fotovoltaickeho-clanku>
- [4] <http://www.rdsolar.cz/cenik/solarni-panely>
- [5] <http://www.transformacni-technologie.cz/prenos-energie-elektromagnetickym-zarenim.html>
- [6] http://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/FVS/A5M13FVS-1.ppt
- [7] http://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/FVS/A5M13FVS-1.ppt
- [8] http://www.solarninovinky.cz/index.php?rs=4&rl=2010012104&rm=15:91#.VWwiItJ_tc8
- [9] <http://solargis.info/>
- [10] <http://www.nazeleno.cz/energie/energetika/ukladani-elekriny-z-fotovoltaickych-a-vetrnych-elekraren.aspx>
- [11] http://www.cez.cz/edee/content/file/pro-media-2012/05-kveten/20120517_jak-funguje-ve.zip
- [12] <http://www.google.cz/url?sa=i&source=imgres&cd=&ved=0CAwQjRwwAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ceskasibir.cz%2Fmilicin%2Fdum%2Fvoda.pptx&ei=PCp0VbHuKMP1UL6LgMgM&psig=AFQjCNHP-KZN5-bkvQTQYUbZ82yM5ytKig&ust=1433762748769729>
- [13] <http://nejedly.blog.idnes.cz/c/223416/Kvantovy-skok-ale-kam.html>
- [14] <http://www.solarninovinky.cz/?zpravy/2015042301/nova-setrvacnikova-baterie-muze-zpusobit-prulom-ve-skladovani-elekriny#.VXQ3hVLwvuc>
- [15] <http://nejedly.blog.idnes.cz/c/223416/Kvantovy-skok-ale-kam.html>
- [16] <http://www.bateria.cz/produkty/akumulatory-valcove.html>
- [17] <http://www.sudop.cz/projekty?project-id=23&do=project-detail>

[18] osobní archiv – František Šedivý

[19] <http://www.solar-elektro.cz/?action=detail&id=ID251>

[20] http://voile.org/panneaux_solaires/Tracer-2210RN.pdf

[21] osobní archiv – František Šedivý

[22] vlastní schéma

[23] osobní archiv – František Šedivý

[24] zákon 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny