

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra elektroenergetiky

Automatické dobíjení baterie PZZ

Automatic Battery Charging for the  
Crossing Safety Devices

2017

Nicolas Hollein

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra elektroenergetiky

## Zadání bakalářské práce

Student: **Nicolas Hollein**  
Studijní program: B2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 3907R001 Elektroenergetika  
Téma: **Automatika dobíjení baterie PZZ**  
**Automatic Battery Charging**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Specifikace požadavků na napájení PZZ-RE z alternativních zdrojů energie.
2. Energetická bilance napájení PZZ-RE na základě dat z ročního ověřovacího provozu.
3. Výběr a dimenzování vhodného zdroje (elektrocentrály) pro automatické dobíjení baterie PZZ.

Seznam doporučené odborné literatury:


FULNEČEK, Jan: Napájení PZZ z fotovoltaických panelů, VŠB-TU Ostrava: Diplomová práce, 2014

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

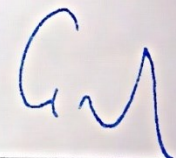
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Dr. Ing. Věslav Mach**

Datum zadání: 01.09.2015

Datum odevzdání: 28.04.2017

  
prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.  
*vedoucí katedry*



  
prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
*děkan fakulty*

# Prohlášení studenta

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

V Ostravě dne: 28. 04. 2017

Podpis:

## Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat panu doc. Dr. Ing. Velešlavu Machovi a Ing. Přemyslu Šolcovi, Ph.D., za cenné rady a pomoc při tvorbě práce.

## Abstrakt:

Tato práce se věnuje problematice dobíjení baterie přejezdového zabezpečovacího zařízení, které je napájeno z alternativních zdrojů energie. V práci je vyhodnoceno, jestli jsou zdroje dostačující. Jsou zde zpracovaná data z ročního provozu zařízení. Na základě těchto dat byla vybírána vhodná elektrocentrála pro doplnění energie do zařízení.

## Abstract:

This thesis deals with the problems of power supplies for the crossing safety devices which is powered by alternative sources of energy. This thesis considers if resources are sufficient. There are processed data from an annual operation of the device. Based on these data were selected generator suitable for supplementing power to the device

## Klíčová slova:

Přejezdové zabezpečovací zařízení, elektrocentrála, fotovoltaický panel, větrná elektrárna

## Key words:

Crossing Safety Device, Power generator, Photovoltaic Panel, Wind Power Plant

# Seznam použitých symbolů a zkratek

ATS	Automatický systém startu elektrocentrály
AVR	Automatická regulace napětí
$C_b$	Kapacita baterie (A·h)
PZZ	Přejezdové zabezpečovací zařízení
n	Počet souprav
$P_p$	Pohotovostní příkon (W)
$N_n$	Počet nabíjecích cyklů
$P_{PN}$	Příkon počítače náprav (W)
$P_{ž}$	Příkon žárovky (W)
$P_{zd}$	Výkon zdroje (W)
$S_{zd}$	Spotřeba generátoru (l)
SZZ	Staniční zabezpečovací zařízení
$T_B$	Čas nabití baterie (h)
$U_h$	Horní hranice napětí pro nabíjení (napětí kdy se centrála odpojí) (V)
$U_d$	Dolní hranice napětí pro nabíjení (napětí kdy se centrála zapne) (V)
$V_n$	Objem nádrže (l)
$W_{ATE}$	Spotřeba přejezdvníku ATE (Wh)
$W_C$	Celková spotřeba energie za měsíc (kWh)
$W_{PN}$	Spotřeba počítače náprav (Wh)
$W_{ŘJ-RE}$	Spotřeba řídicí jednotky PZZ – RE (Wh)
$W_{Si}$	Energie dodaná ze sítě za měsíc (kWh)
$W_{Sl}$	Energie vyrobená FN za měsíc (kWh)
$W_{Vi}$	Energie vyrobená Air40 za měsíc (kWh)
$W_{V97-1H}$	Spotřeba výstražníku AŽD 97 - PV ve výkonovém režimu (Wh)
$W_{V97-23H}$	Spotřeba výstražníku AŽD 97 – PV v pohotovostním režimu (Wh)
$\eta_{zd}$	Účinnost zdroje (%)
$\eta_{bat}$	Účinnost nabíjení baterie (%)
$\tau_v$	Doba výstrahy (min)

# Obsah

Úvod .....	1
1. Světelné Přejezdové zabezpečovací zařízení PZZ-RE .....	2
1.1 Obecný popis.....	2
1.2 Základní technický popis .....	2
2. Přídavné zařízení pro PZZ-RE:.....	3
2.1 Výstražník AŽD 97 - PV: .....	3
2.2 Přejezdník ATE Cheb: .....	4
3. PZZ-RE Humpolec – Havlíčkův Brod .....	6
3.1 Fotovoltaické panely GeneCIS od firmy Würth Solar GmbH & KG .....	6
3.2 Větrná mikroelektrárna Air40 .....	7
3.3 Sada baterií Sonnenschein A602 6 0PZV 300 Ah.....	8
3.4 Režim napájení.....	9
3.5 Konfigurace PZZ s ohledem na snížení příkonu: .....	11
4. Celková denní a roční spotřeba konfigurace PZZ-RE - Humpolec.....	12
5. Energetická bilance PZZ-RE- Humpolec .....	14
5.1 Demontáž větrné mikroelektrárny .....	16
5.2 Data dobíjení baterie ze sítě .....	17
6. Výběr a dimenzování zdroje .....	18
6.1 Určení druhu generátoru .....	18
6.2 Jednofázová elektrocentrála KIPOR KDE3500E.....	19
6.3 Jednofázová elektrocentrála s automatickým startem MEDVED Arctos 8000 H ATS.....	20
6.4 Jednofázová kapotovaná elektrocentrála KIPOR KDE3500T .....	21
6.5 Jednofázová elektrocentrála Europower EP6000E ATS.....	22
6.6 Srovnání elektrocentrál .....	23
7. Závěr .....	25
Použitá literatura.....	26
Seznam Tabulek .....	27
Seznam Obrázků.....	28

# Úvod

Přejezdové zabezpečovací zařízení je určeno k zabezpečení úrovněvého křížení pozemní komunikace s železniční (jedno nebo více kolejnou) tratí. PZZ je souhrn zařízení, které slouží k zabezpečení železničního i silničního provozu, tedy varuje výstražným signálem uživatele pozemní komunikace před železničním vozidlem, které se blíží k přejezdu. Ke spuštění zajišťuje systém pro detekování železničního vozidla nebo spolupracující zabezpečovací zařízení. Výstražný signál můžeme rozdělit na část mechanickou a světelnou, kde mechanickou můžeme brát jako spuštěnou závoru. Světelnou výstrahu obstarává výstražník, který světlem, případně i zvukem dává signalizaci varovného stavu.

Firma AŽD Praha produkuje několik druhů zabezpečovacích přejezdových zařízení. Pro menší energetickou náročnost oproti ostatním zařízením bylo pro problematiku automatického dobíjení a pokusu o ostrovní síť vybráno zařízení PZZ – RE se kterým se seznámíme o pár řádků níže.

# 1. Světelné Přejezdové zabezpečovací zařízení PZZ-RE

## 1.1 Obecný popis

Přejezdové zabezpečovací zařízení PZZ-RE je reléové zařízení s elektronickými prvky určené k zabezpečení úrovněového křížení pozemní komunikace s železniční (jedno nebo více kolejnou) tratí.

## 1.2 Základní technický popis

Logické funkce PZZ-RE jsou vytvářeny reléovými obvody, sestavenými z relé třídy N dle UIC (Mezinárodní železniční unie). Časové funkce zařízení a napájení žárovek návěstních svítilen výstražníků jsou realizovány elektronickými jednotkami. K aktivaci přejezdu lze použít libovolných liniových nebo bodových prvků, případně lze použít povelů ze staničního zabezpečovacího zařízení. Stav přejezdu je přenášen prostřednictvím kontrolní linky do obsazené dopravní nebo prostřednictvím návěsti přejezdníku/krycího návěstidla na hnací vozidlo. Systém spolupracuje s libovolným traťovým zabezpečovacím zařízením. Kontrola a dálkové ovládání jsou prováděny ze staničního zabezpečovacího zařízení. Zařízení je umístěno v reléovém domku nebo v reléové skříni. [1]

TABULKA 1: ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY[1]

Napájení systému PZZ-RE	3 × 400/230 V, 50 Hz ± 10 % 1 × 230 V, 50 Hz ± 10 %
Max. příkon (při dobíjení vybité baterie)	Je odvozen od použitého dobíječe, kapacity baterie, příkonu elektroniky včetně relé a spotřeby vnějších prvků
Napájecí napětí elektroniky a relé	19,2 až 36 V
Provozní příkon PZZ-RE (bez vnějších prvků a dobíječe)	< 40 W
Max. počet připojených výstražníků	12
Max. počet závorových pohonů	bez omezení
Max. počet kolejí na širé trati i ve stanici	bez omezení
Maximální počet přejezdníků	bez omezení
Maximální počet opakovacích přejezdníků	bez omezení
Životnost	25 let



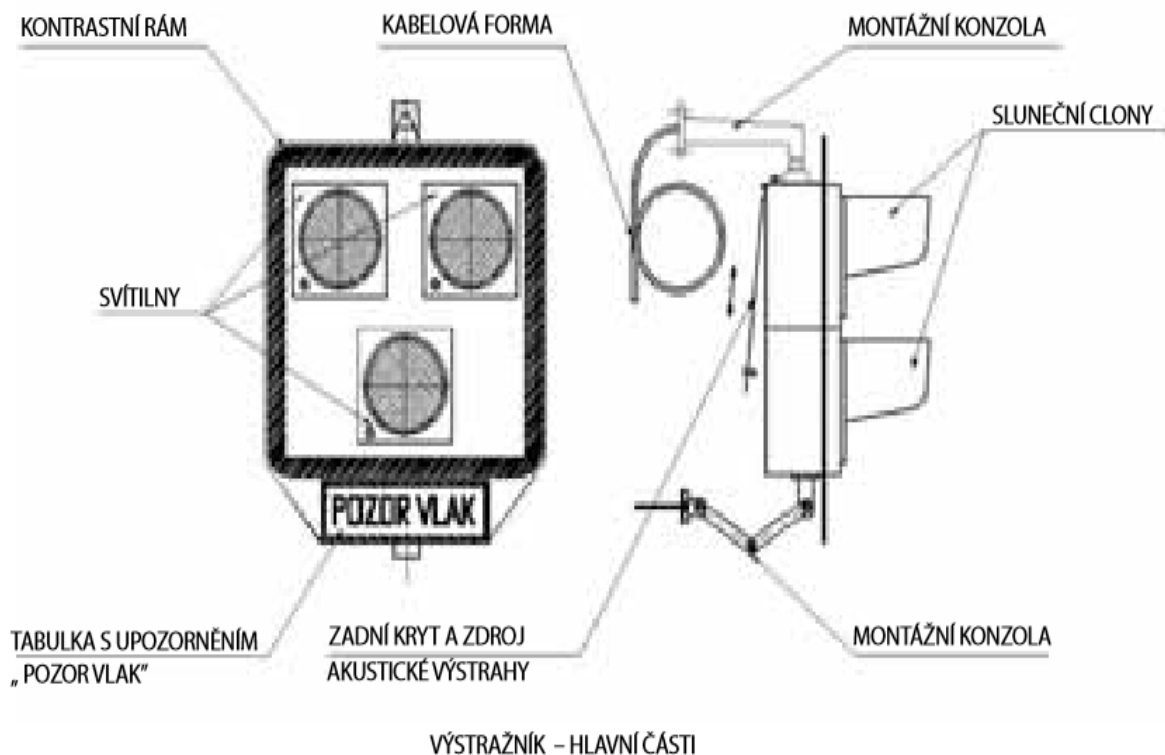
## 2. Přídavné zařízení pro PZZ-RE:

Počet přídavných zařízení zaleží na konfiguraci daného přejezdu a jeho umístění. Každý přejezd je vybaven výstražníky. Přídavné zařízení neboli periferie mohou být elektromechanické závory, přejezdníky a další. [1]

### 2.1 Výstražník AŽD 97 - PV:

Součástí zařízení PZZ-RE, která dává účastníkům pozemní komunikace signalizaci varovného stavu pomocí světelné a případně zvukové signalizace. Tyto signalizace mohou být doplněny bílým přerušovaným světlem, které informuje uživatele pozemní komunikace o bezpečném průjezdu přejezdu.

Výstražník se skládá ze tří plastových svítilen, které jsou osazeny dvouvláknovými žárovkami s barevnými filtry v příslušných signálních barvách nebo LED svítilnami s čirými filtry. Svítilny jsou umístěny v plastovém rámu, jehož součástí je i tabulka „POZOR VLAK“. Zdroj zvukové výstrahy je umístěný ze zadní strany rámu mezi svítilnami. [1]



OBRÁZEK 1: VÝSTRAŽNÍK AŽD 94 - PV - HLAVNÍ ČÁSTÍ [1]



OBRÁZEK 2: VÝSTRAŽNÍK AŽD 97 – PV V PROVOZU [4]

TABULKA 2: VYBRANÉ TECHNICKÉ PARAMETRY VÝSTRAŽNÍKU AŽD 97- PV [1]

Napájecí napětí LED svítilen	9-24 V (-25%)
Napájecí napětí žárovek	12 V (-25%)
Napájecí napětí akustické výstrahy	24 V (+25%, -10%)
Příkon jedné žárovky	20 W
Provozní prostředí	-40 až 65 °C

## 2.2 Přejezdník ATE Cheb:

Přejezdníky jsou železniční návěstidla, které oznamují strojvedoucímu, jestli závory, ke kterým přijíždí, jsou spuštěné. Železniční návěstidlo je technické zařízení, kterým se dává návěst, což je viditelné nebo slyšitelné vyjádření zprávy v dopravě. Používá se pro řízení provozu na trati. Firma AŽD využívá přejezdníky firmy ATE Cheb s.r.o. [6]

Přejezdníky se vyrábí ve dvou provedeních a celkem ve čtyřech variantách. Provedení se liší použitým zdrojem bílého světla – návěstní žárovka 12 V / 20 W nebo halogenová žárovka 12 V / 5 W.

Provedení se žárovkou 12 V / 20 W vyhovuje pro rychlosti do 100 km/h – provedení je napájeno střídavým napětím 230V, napětí je získáváno z transformátoru, který je umístěn v přejezdníku. Přejezdník s žárovkou 12 V / 5 W vyhovuje pro rychlosti do 80 km/h – přejezdník je v tomto případě napájen stejnosměrným napětím 28,8 V. Napětí na žárovce se nastaví pomocí měnitelného odporu 14 Ω / 1 A.

Varianty se liší použitou retro reflexní folií na žluté kruhy podle traťové rychlosti do 60 km/h a nad 60 km/h.

Návěstní svítlna se žárovkou 12 V / 20 W je výrobek firmy AŽD Praha. Žárovka 12 V, 5 W je výrobek firmy OSRAM. [2]

TABULKA 3: PARAMETRY PŘEJEZDNÍKU PRO TRAŽE DO 100 KM/H [2]

Provedení s žárovkou 12 V / 20 W	
Jmenovité napájecí napětí	230 V AC
Jmenovitý příkon	20 VA

TABULKA 4: : PARAMETRY PŘEJEZDNÍKU PRO TRAŽE DO 80 KM/H [2]

Provedení s žárovkou 12 V / 5 W	
Jmenovité napájecí napětí	24 V DC (28,8 V DC)
Jmenovitý příkon	5 VA



OBRÁZEK 3: PŘEJEZDNÍK FIRMY ATE CHEB S.R.O [7]

### 3. PZZ-RE Humpolec – Havlíčkův Brod

Na jednokolejné trati mezi Havlíčkovým Brodem a Humpolcem je umístěno modifikované zařízení PZZ - RE s LED výstražníky od firmy AŽD, které je napájeno fotovoltaickými panely s kombinací větrné mikroelektrárny, které funguje v současné době ve zkušebním provozu. Přejezdové zabezpečovací zařízení je připojeno ke stávajícímu zdroji, proto tedy může být napájeno i z distribuční sítě. Za příznivých podmínek je krytí spotřeby zařízení PZZ-RE poskytnuto panely a větrnou mikroelektrárnou. Náhradním zdrojem napájení je akumulátorová baterie dimenzovaná na napájení zařízení PZZ-RE po dobu 72 h a přípojka z veřejné distribuční sítě.[3]



*OBRÁZEK 4: PZZ – RE U HUMPOLCE[8]*

#### **3.1 Fotovoltaické panely GeneCIS od firmy Würth Solar GmbH & KG**

Fotovoltaické panely jsou umístěny na nosné konstrukci nad střechou reléového domku. V podmínkách ČR se fotovoltaické panely umísťují směrem na jih se sklonem 30° až 45°. Celkem je na konstrukci nasazeno 15 kusů panelů CIS WSG0036E075 s typem článku CIS family Thin – Film (technologie měď – indium – selen) od firmy Würth Solar GmbH & KG o celkové ploše 10,9 m<sup>2</sup>. [13][3]

TABULKA 5: PARAMETRY FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ GENECIS [5]

Výkon panelu	75 W
Napětí při maximálním výkonu	34 V
Proud při maximálním výkonu	2,21 A
Napětí naprázdno	43,1 V
Proud nakrátko	2,4 A
Teplotní koeficient napětí naprázdno	-0,29 % / °C
Teplotní koeficient proudu nakrátko	0,05 % / °C



OBRÁZEK 5: SOLÁRNÍ PANEL CIS WSG 0036E075 [5]

### 3.2 Větrná mikroelektrárna Air40

Mikroelektrárna Air40 je osazena třífázovým alternátorem s permanentními magnety a vnitřním regulátorem se systémovým napětím 24 V. Výstupní napětí regulátoru je nastavitelné v rozsahu 27,2 V až 34 V. [10]



TABULKA 6: PARAMETRY VĚTRNÉ MIKROELEKTRÁRNY AIR40 [13]

Jmenovité výstupní napětí	27,6 V $\pm$ 0,1 V
Rozsah výstupního napětí	27,2 V až 34,0 V
Jmenovitý výkon	160 W (při rychlosti větru 12,5 m/s)
Jmenovitý proud	6,7 A (při rychlosti větru 12,5 m/s)
Průměr rotoru	1,17 m
Rozběhová rychlost větru	3,1 m/s
Maximální rychlost větru	22 m/s
Regulátor turbíny	24 V (vnitřní)



OBRÁZEK 6: VĚTRNÁ MIKROELEKTRÁRNA AIR 40 [9]

### 3.3 Sada baterií Sonnenschein A602 6 0PZV 300 Ah

Baterie Sonnenschein A602 jsou gelové bezúdržbové baterie s robustní konstrukcí. Jejich životnost uvádí firma GNB jako 15 letou při provozní teplotě 20° C. Baterie jsou plně recyklovatelné s nízkou hladinou samovybíjení. Bateriový blok je umístěn v bateriové studně. Bateriová studna pasivně chrání baterii před extrémními teplotami a je uložena pod úrovní podlahy. Teplota ovlivňuje životnost baterie a parametry akumulátoru. [3]



OBRÁZEK 7: BATERIOVÁ STUDNA SE SADOU BATERIÍ [18]



OBRÁZEK 8: BATERIE SONNENSCHNEIN A602 [12]

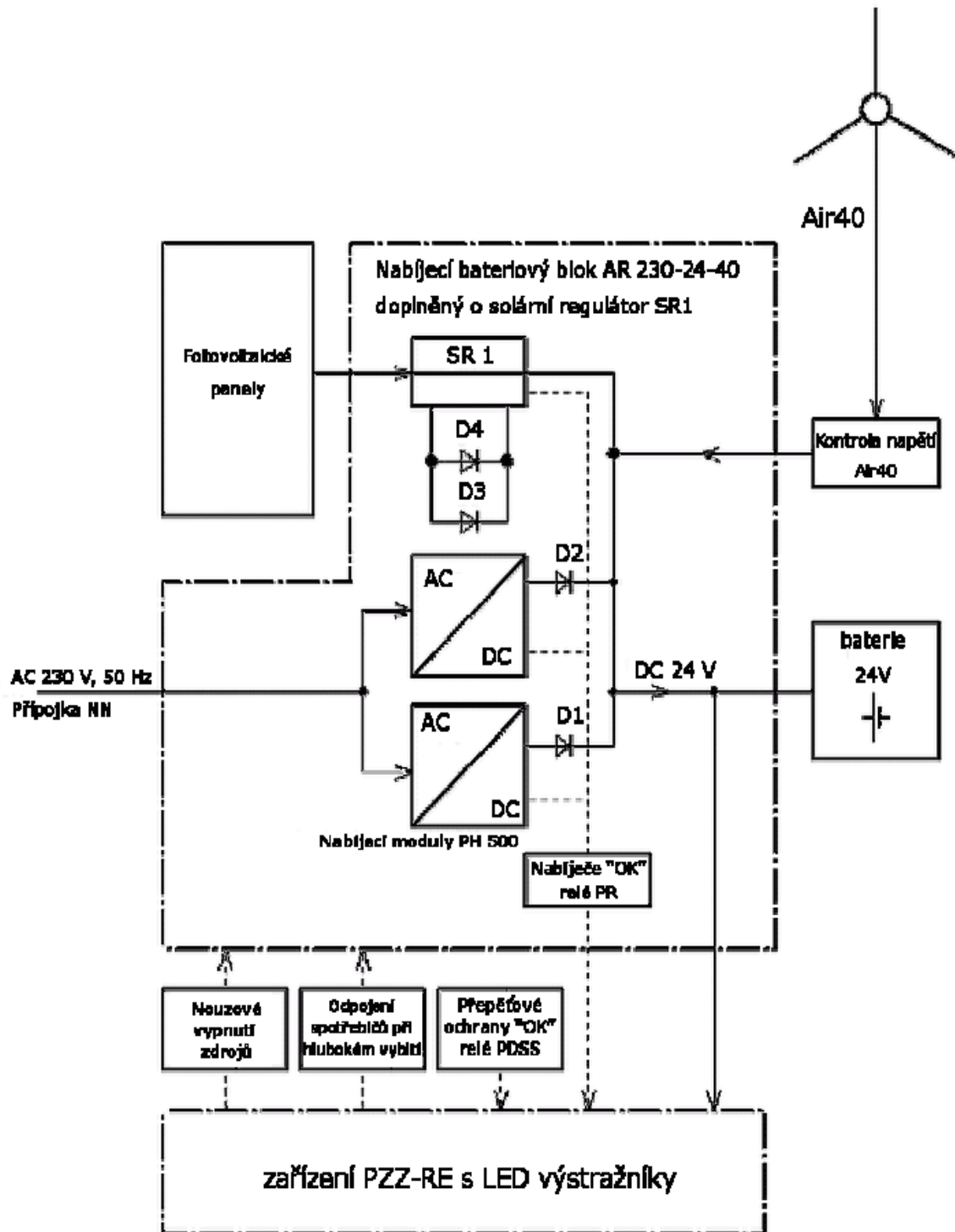
TABULKA 7: PARAMETRY BATERIE[12]

Jmenovité napětí	24 V
Kapacita	300 A·h
Rozsah pracovních teplot	-20 až 40 °C
Vnitřní odpor	0,1 mΩ
Zkratový proud	16 100 A

### 3.4 Režim napájení

Napětí baterie rozhoduje způsob, jak je soustava napájena. Energie z panelů je přivedena na vstup solárního regulátoru, který je připojený k nabíjecímu bateriovému bloku AR. Udržovací napětí solárního regulátoru je nastaveno na hodnotu 27,6 V a udržovací napětí nabíjecích modulů je nastaveno

na  $23,2 \text{ V} \pm 0,1 \text{ V}$ . Elektrickou energii poskytují primárně fotovoltaické panely, teprve pokud klesne napětí na baterii na hodnotu  $23,2 \text{ V} \pm 0,1 \text{ V}$  (při nedostatečném pokrytí z fotovoltaických panelů a mikroelektrárny Air40) je zajištěno napájení zařízení PZZ-RE z veřejné distribuční sítě. Pokud napětí na baterii klesne na  $22 \text{ V}$  a méně je vyhodnocen poruchový stav, ale i v případě poruchového stavu je baterie stále schopná dodávat dostatek energie pro provoz zařízení PZZ-RE a to až do chvíle vybití[13]



OBRÁZEK 9: BLOKOVÉ SCHÉMA PZZ-RE HUMPOLEC[18]



### 3.5 Konfigurace PZZ s ohledem na snížení příkonu:

Vzhledem ke snížení odběru elektrické energie bylo PZZ – RE v Humpolci poskládáno z následné konfigurace. Kde přejezdňíky byly vybrány ve variantě se žárovkou 12 V / 5 W, žluté světla byla nahrazena odrazkami.

TABULKA 8: PŘEHLED PŘÍKONU JEDNOTLIVÝCH ZAŘÍZENÍ

Výstražník AŽD 97 – PV (2x LED žárovka)	20 W (Příkon jedné žárovky)
Přejezdňík ATE Cheb provedení 12V/W	5 VA
Řídící jednotka PZZ – RE	40 W

TABULKA 9: KONFIGURACE PZZ S OHLEDEM NA SNÍŽENÍ PŘÍKONU[18]

Zařízení:	Počet:
Výstražník AŽD 97 - PV	2x
Přejezdňík ATE Cheb	2x
Řídící jednotka PZZ-RE	1x
baterie Sonnenschein A602 6 0PZV 300 Ah	12x
Bateriová studna	1x
Dobíječ se solárním regulátorem SR1	1x
Fotovoltaické panely GeneCIS	15x
Větrná mikroelektrárna Air40	1x

## 4. Celková denní a roční spotřeba konfigurace PZZ-RE - Humpolec

K získání hodnoty celkové roční a denní spotřeby, je potřeba spočítat spotřebu elektrické energie jednotlivých zařízení za rok a poté je všechny sečíst. Výpočet uvažuje tedy, že doba výstrahy je  $\tau_v = 6$  minut a denně projede 10 souprav,  $n = 10$  po dobu 365 dní což je 8760 hodin.[3]

### Řídící jednotka PZZ – RE:

Provozní příkon je podle dokumentace 40 W, což je maximální hodnota. Ve výpočtu se tedy uvažuje 35 W a zanedbává ztráty na kabelech a napáječích

$P_P$  (pohotovostní příkon) =  $P_V$  (příkon během výstrahy) [3]

$$W_{\check{R}J-RE} = P_P \cdot t = 35 \cdot 24 = 840 \text{ Wh} \quad (4.1)$$

$$W_{\check{R}J-RE \text{ roční}} = P_P \cdot t = 35 \cdot 24 \cdot 365 = 306,6 \text{ kWh} \quad (4.2)$$

### Výstražník 97 – PV:

Výpočet zanedbává příkon akustické výstrahy. Použité výstražníky jsou osazeny LED žárovkami. Uvažuje se tedy, že zařízení potřebuje příkon, jen pro LED žárovky. Výstraha probíhá desetkrát denně po dobu šesti minut, což znamená, že zařízení jede 1 hodinu denně. Počítá se tedy, že hodinu denně má zařízení příkon 18 W a 23 hodin denně 9 W.

$$W_{V97-1h} = P_{\check{z}} \cdot \tau_v \cdot n = 18 \cdot \frac{1}{10} \cdot 10 = 18 \text{ Wh} \quad (4.3)$$

$$W_{V97-23h} = P_{\check{z}} \cdot t = 9 \cdot 23 = 207 \text{ Wh} \quad (4.4)$$

Celková denní spotřeba výstražníku činí 225 Wh, což je 82,125 kWh ročně.

### Přejezdník ATE Cheb:

Přejezdník je osazen žárovkou 12 V/5 W. U přejezdníku v provedení se žárovkou 12 V/ 5 W se používá světelné relé typu NMS – 1,3,4. Bude se uvažovat tedy s relé typu NMS1. Pokud není přejezd uzavřen, je přejezdník odpojen a jeho příkon je nulový. [3]

$$W_{ATE} = P_{\check{z}} \cdot \tau_v \cdot n = 5 \cdot \frac{1}{10} \cdot 10 = 5 \text{ Wh} \quad (4.5)$$

$$W_{ATE \text{ roční}} = P_{\check{z}} \cdot \tau_v \cdot n = 5 \cdot \frac{1}{10} \cdot 10 \cdot 365 = 1,825 \text{ kWh} \quad (4.6)$$

## Počítač náprav

Používá se pro detekci vozidla na koleji. Příkon je 15 W trvale po celou dobu.

$$W_{PN} = P_{PN} \cdot t = 15 \cdot 24 = 360 \text{ Wh} \quad (4.7)$$

$$W_{PN \text{ roční}} = P_{PN} \cdot t = 15 \cdot 24 \cdot 365 = 131,4 \text{ kWh} \quad (4.8)$$

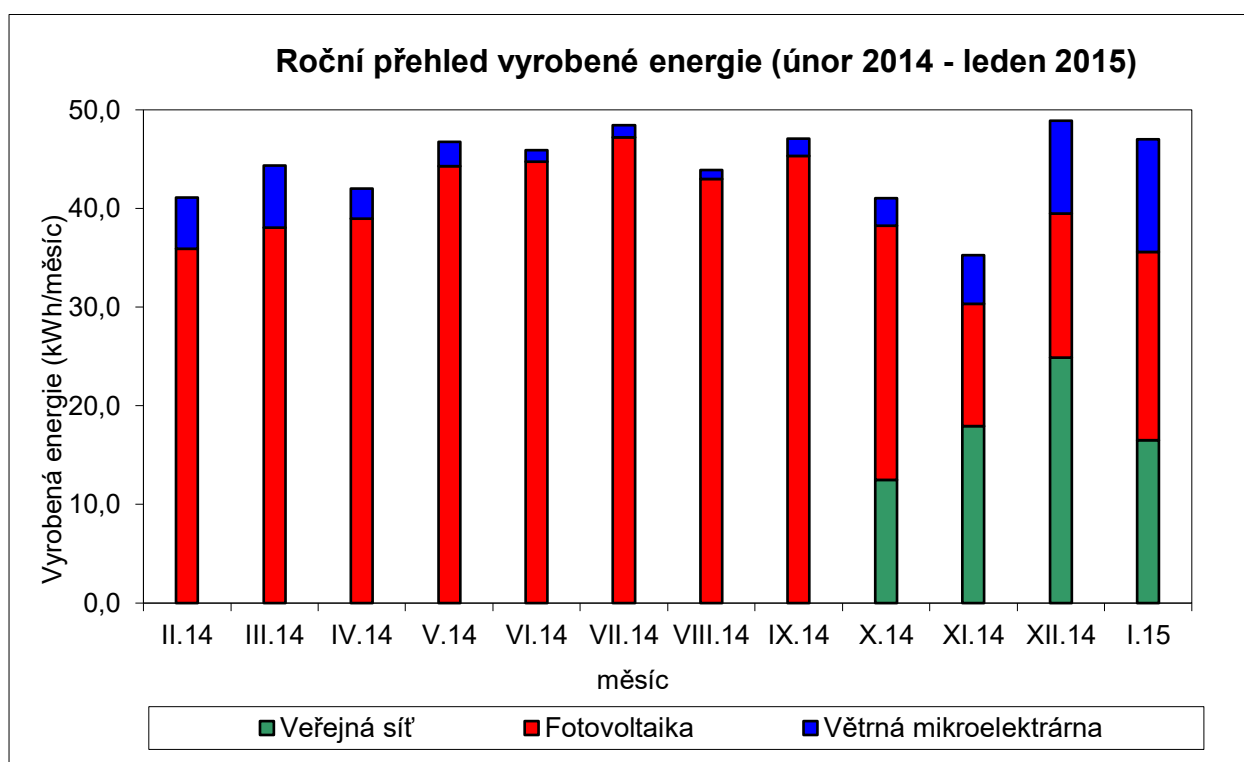
TABULKA 10: CELKOVÁ SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE ZA ROK

Zařízení:	Spotřeba elektrické energie [kWh]:
2x Výstražník 97 – PV 846	164,25
2x Přejezdník ATE Cheb 15	3,65
Řídicí jednotka PZZ – RE 840	306,6
Počítač náprav 360	131,4
<b>Celkem</b>	<b>605,9 kWh</b>

Spočítaná spotřeba jednotlivých zařízení byla vynásobena počtem kusů, kolik jich bylo instalováno a poté sečtena. Celková roční spotřeba zařízení je tedy **605,9 kWh**. Denní spotřeba je **1 660 Wh** na den. Spotřeba je čistě teoretická a její reálna obdoba se odvíjí podle toho, kolik denně projede přes přejezd náprav.

## 5. Energetická bilance PZZ-RE- Humpolec

PZZ je bezpečnostní zařízení, které slouží k prevenci rizik ztráty na majetku a lidském životě, které mohou nastat při srážce s vlakem. Předpoklad návrhu je vytvořit ostrovní systém, který bude schopený pracovat samostatně i při výpadku dodávky proudu z elektrické sítě a tím zachová funkčnost systému. V období únor - 2014 až leden - 2015 bylo provedeno měření vyrobené elektrické energie pro napájení PZZ-RE. Řešení bylo nejprve realizováno systémem napájení ze sítě a fotovoltaiky, který byl následně doplněn větrnou mikroelektrárnou.



OBRÁZEK 10: ROČNÍ PŘEHLED VYROBENÉ ENERGIE[14]

Z naměřených dat je zřetelně vidět, že hlavním zdrojem dobíjení baterií a napájení samotného PZZ, je fotovoltaika. V letních měsících, když je sluneční svit zřetelně intenzivnější a trvá déle, pokryje solární panel bez problému celkovou spotřebu PZZ. Nicméně v zimních měsících, kdy je slunce nízko a svítí kratší dobu, je vyrobená energie ze solárních panelů nedostatečná. Dalším faktem snížení celkové výroby elektrické energie v zimě je sníh, který přikryje panel a tím v podstatě zamezí proces výroby elektrické energie. Z tohoto důvodu byla výroba elektrické energie ze solárního panelu v zimních měsících nedostatečná a muselo se přecházet k napájení vlakového přejezdu ze sítě.

Cílem bylo ověřit schopnost vytvořit ostrovní síť, a jelikož celoroční napájení pouze z fotovoltaiky se ukázalo jako nedostatečné, byl přejezd doplněn větrnou mikroelektrárnou. Větrná elektrárna měla zastoupit roli sekundárního ostrovního zdroje dobíjení baterií v případě nedostatečné úhrnné sluneční energie. Tento fakt se zdál být mylný a z naměřených hodnot lze vidět, že větrná elektrárna nebyla schopná pokrýt ztráty fotovoltaického panelu způsobené nepříznivými atmosférickými podmínkami. Z tohoto důvodu se tedy přistoupilo k zamyšlení nad samotnou rolí větrné

mikroelektrárny v systému jako zdroje elektrické energie. V současné době probíhá diskuze kolem demontáže větrné mikroelektrárny a doplnění dalšího zdroje energie (elektrocentrálu s automatickým startem) na přejezd, který dobije baterie při poklesu napětí na hodnotu 23,5 V a po dobití baterie na hodnotu 27 V zajistí odpojení tohoto zdroje.

TABULKA 11: PŘEHLED VYROBENÉ ENERGIE[14]

	kWh/měs.			
	$W_{si}$	$W_{sl}$	$W_{vi}$	$W_c$
Únor	0.0	35.9	5.2	41.14
Březen	0.0	38.1	6.3	44.34
Duben	0.0	39.0	3.0	41.99
Květen	0.0	44.3	2.4	46.75
Červen	0.0	44.7	1.2	45.92
Červenec	0.0	47.2	1.2	48.44
Srpen	0.0	43.0	0.9	43.89
Září	0.0	45.4	1.7	47.08
Říjen	12.5	25.8	2.8	41.08
Listopad	18.0	12.4	4.9	35.25
Prosinec	24.9	14.6	9.4	48.89
Leden	16.5	19.0	11.5	47.04
Celkem [kWh]	71.9	409.4	50.5	531.8
Celkem [%]	13.5%	77.0%	9.5%	100.0%

Z tabulky výše vidíme výkonové zastoupení jednotlivých zdrojů elektrické energie. Největší otázkou zůstává účinnost větrné elektrárny v systému. Z naměřených dat výše vidíme, že i když je větrná elektrárna celoročně v provozu zastupuje pouze 10% celkové vyrobené elektrické energie. Celková spotřebovaná elektrická energie se měsíčně, až na ojedinělé výkyvy příliš neliší. V období říjen 2014 – leden 2015 je markantní část elektrické energie pro dobití baterií přivedena ze sítě. Její celkové procentuální zastoupení je 13,5 %. Nicméně tato hodnota je poněkud vyjmuta z kontextu celkových dat, jelikož energii ze sítě odebíráme pouze třetinu za celý rok.

TABULKA 12: ZOBRAZENÍ MĚSÍCŮ, KDY SE ENERGIE ODEBÍRALA I ZE SÍTĚ

	kWh/měs.			
	$W_{si}$	$W_{sl}$	$W_{vi}$	$W_c$
Říjen	12.5	25.8	2.8	41.08
Listopad	18.0	12.4	4.9	35.25
Prosinec	24.9	14.6	9.4	48.89
Leden	16.5	19.0	11.5	47.04
Celkem [W]	71.9	71.8	28.5	172.3
Celkem [%]	41.8 %	41.7 %	16.6 %	100.0 %

Při přepočtu procentuálního zastoupení zdrojů v systému na měsíce, kdy používáme elektrickou energii ze sítě, lze usoudit následující:

- Největším zdrojem napájení PZZ je energie ze sítě **41,8 %**
- I přes nedostatečnou úhrnnou sluneční energii, zastoupí fotovoltaika **41,7 %** celkové výroby elektrické energie
- Nejmenší zastoupení na celkové vyrobené elektrické energii má větrná mini elektrárna s **16,6 %**

Zavedeme modelový příklad, kde chceme úplně vyřadit napájení ze sítě. Podíváme se na data z Prosince, kde bylo zastoupení elektrické energie ze sítě největší a to téměř 50%. Pokud bychom chtěli dosáhnout ostrovní sítě, tak by větrná elektrárna musela dodat v tomto měsíci o 24,9 kWh více, k stávajícímu vyrobenému výkonu v tomto měsíci. Což pokud porovnáme naměřená data z tabulky 11, není v praxi realizovatelné. Větrná mikroelektrárna se tedy v této specifické realizaci neprokázala jako efektivní zdroj energie. Energetický výhodnější v tomto případě je navrhnout elektrocentrálu, která pokryje jak elektrickou energii vyrobenou z větrné mikroelektrárny tak napájení ze sítě.

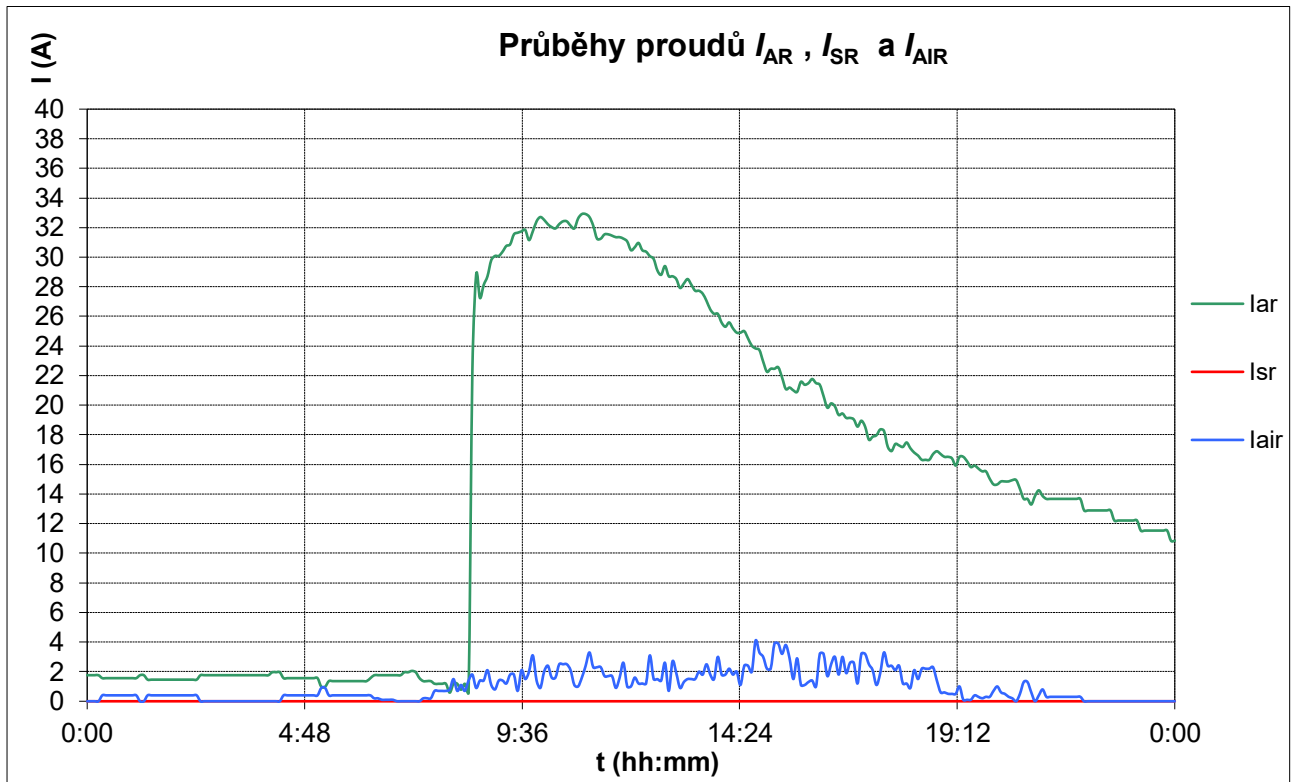
## 5.1 Demontáž větrné mikroelektrárny

Z naměřených dat z tabulky 11 již víme, že výroba elektrické energie z fotovoltaiky a větrné mikroelektrárny je nedostačující od října do ledna, kde zařízení PZZ - RE odebíralo v těchto měsících téměř 72 kWh ze sítě. Větrná mikroelektrárna vyrobí za celý rok jen necelých 51 kWh, což je zhruba jen 70 % toho, co zařízení odebere během čtyř měsíců ze sítě. Firma AŽD tedy z tohoto důvodu uvažuje o odinstalování mikroelektrárny. Pokud budeme uvažovat o demontáži větrné mikroelektrárny, musíme počítat se zvětšením spotřeby elektrické energie ze sítě, která bude muset být pokryta elektrocentrálou. Celková roční spotřeba elektrické energie odebrané ze sítě tedy stoupne po demontáži o 50,5 kWh a bude činit celkem 122,4 kWh ročně což je 335 Wh denně. Tuto spotřebu energie bude potřeba pokrýt elektrocentrálou.

TABULKA 13: SHRNUTÍ DODANÉ ELEKTRICKÉ ENERGIE

<b>Dodaná elektrická energie:</b>	<b>kWh za rok</b>
ze sítě	71,9 kWh
z mikroelektrárny	50,5 kWh
ze sítě po demontáži mikroelektrárny	122,4 kWh

## 5.2 Data dobíjení baterie ze sítě

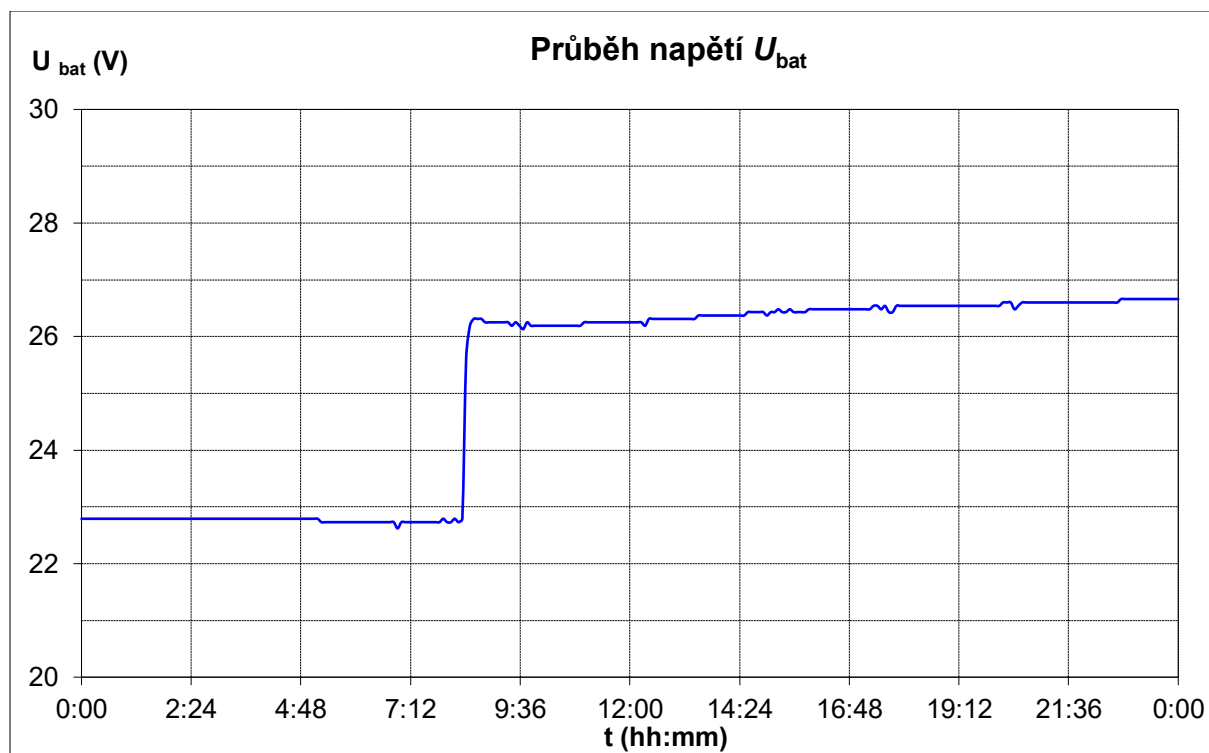


OBRÁZEK 11: PRŮBĚHY PROUDŮ Z FOTOVOLTAIKY, AIR40 A SÍŤE [14]

Na grafu výše lze vidět průběhy proudů při dobíjení baterie. Data jsou ze dne 4. 9. 2014. Při čase 8:40 pokleslo napětí pod potřebnou úroveň, proto došlo k dobíjení baterie, jak lze vidět na skokovém průběhu proudu z grafu. Jak bylo zmíněno výše, hlavním zdrojem dobíjení baterie je fotovoltaika, která v tento den skoro vůbec baterii nedobíjela. Bylo to nejspíše vlivem špatného počasí, kdy přes den bylo zataženo, a v noci nedobíjela z důvodu nulového slunečního svitu. V případě energie dodané větrnou mikroelektrárnou nebyla dostatečná k udržení požadované hladiny napětí.

## 6. Výběr a dimenzování zdroje

Výběr vhodné elektrocentrály provází řada technických požadavků, které jsou specifické pro tuto instalaci. Zadavatelem byl vznesen požadavek vybrat vhodnou elektrocentrálu (s automatickým startem) na přejezd, který dobije baterie při poklesu napětí na hodnotu 23,5 V a po dobití baterie na hodnotu 27V zajistí odpojení tohoto zdroje. V následující kapitole byl proveden rozbor elektrocentrál, které splňují požadavek samostatného automatického startu a výkonově i rozměrově nepřesahují meze.



OBRÁZEK 12: PRŮBĚH NAPĚTÍ BATERIE PZZ – RE HUMPOLEC [14]

Na průběhu napětí baterie lze vidět, že klesáním napětí na kritickou hodnotu, což je 22,5 V se začne baterie dobíjet elektrickou energií ze sítě. Po dobití baterie na hodnotu 27 V je odebrání energie ze sítě odpojeno.

### 6.1 Určení druhu generátoru

Pro rozhodnutí, kterou elektrocentrálu použít, byla udělána rešerše trhu. V hledáčku byla elektrocentrála o malém výkonu, nejlépe s větší nádrží a co nejmenší spotřebou na to nejlevnější palivo (LPG, Diesel). Největším kritériem byl automatický start elektrocentrály při poklesu napětí baterie na hodnotu 22,5 V a odpojení elektrocentrály při dobití baterie na hodnotu 27 V. Plynové elektrocentrály byly vyloučeny hned ze startu, jelikož se vyrábí pouze ve verzi s ručním startem. Uvažovalo se o možnosti modifikace elektrocentrály například s využitím napěťového relé nebo dokoupením samostatného panelu pro automatický start elektrocentrály. Samostatné panely pro automatický start elektrocentrály nejsou kompatibilní s generátory menších výkonů. Systém automatického startu elektrocentrály, dále už jen ATS v kombinaci s plynovou elektrocentrálou se finančně neoplatí ani



s ohledem na dlouhodobou spotřebu, kde samotný přepínač vychází od 16 500 Kč a výše. Modifikace pomocí napěťového relé byla taky vyloučena, jelikož jakýmkoliv zásahem do elektrocentrály by vlastník přišel o záruční lhůtu a záruční servis. Z těchto důvodů se práce zaměřila na elektrocentrály již se zabudovaným systémem ATS.

## 6.2 Jednofázová elektrocentrála KIPOR KDE3500E



OBRÁZEK 13: JEDNOFÁZOVÁ ELEKTROCENTRÁLA KIPOR KDE3500E [15]

TABULKA 14: TECHNICKÉ PARAMETRY JEDNOFÁZOVÉ ELEKTROCENTRÁLY KIPOR KDE3500E [15]

Výstupní Napětí	230 V
Hlučnost	77 dB
Objem nádrže	13,5 l
Provozní výkon	2,8 kW
Maximální výkon	3,2 kW
Spotřeba paliva (při 75% zatížení)	Cca 0,9 l/h
Palivo	Diesel
Rozměry (d x š x v)	640 x 480 x 530 mm
Startování	Elektrické/ruční
Automatická regulace napětí – AVR	Ano
Doba provozu na nádrž	Cca 15 hod. a více dle zatížení centrály
Cena	28 808 Kč

Klasická diesellová elektrocentrála s dobrou spotřebou a AVR regulací. Možnost za příplatek centrálu předělat s ATS na přání zákazníka a také upravit tak, aby bylo umožněno dálkové ovládání agregátu. Nádrž nelze dokoupit větší. Pouze možnost vybrat vyšší řadu tohoto modelu. Cena s ATS není zahrnuta ani uvedena na stránkách výrobce, vydávají pouze na dotaz.

### 6.3 Jednofázová elektrocentrála s automatickým startem MEDVED Arctos 8000 H ATS



OBRÁZEK 14: ELEKTROCENTRÁLA MEDVED ARCTOS 8000 H ATS [16]

TABULKA 15: TECHNICKÉ PARAMETRY JEDNOFÁZOVÉ ELEKTROCENTRÁLY MEDVED ARCTOS 8000 H ATS [16]

Výstupní Napětí	230 V
Hlučnost	96 dB
Objem nádrže	6 l
Provozní výkon	4,8 kW
Maximální výkon	-
Spotřeba paliva (při 75% zatížení)	2,1 l/h
Palivo	Benzín
Rozměry (d x š x v)	800 x 564 x 577 mm
Startování	Elektrické
Automatická regulace napětí – AVR	ano
Doba provozu na nádrž	-
Cena	87 870

Profesionální jednofázová elektrocentrála MEDVED Arctos 8000 H ATS s motorem HONDA je sestavena jako automatický záložní zdroj elektrické energie (ATS) pro firmy, rodinné domy, výtahové systémy atd.

Záložní generátor je napojen na stávající elektrický rozvod a v případě výpadku sítě, automaticky naskočí. Přepínač rozvodná síť/elektrocentrála je zabudován uvnitř jednotky. Elektro start zajišťuje bezobslužné startování. Pokročilá automatická jednotka AT 207 se pečlivě stará o připravenost systému - hlídá napětí baterie, neustále kontroluje napětí v síti a v případě výpadku systém nastartuje a připojí se k rozvaděči. Po opětovném naběhnutí sítě se sama odpojí a vypne. Pravidelné profylaktické starty prověřují připravenost systému. Je-li elektrocentrála vybavena GSM modulem, pak je možné ji kontrolovat a ovládat pomocí mobilního telefonu.

K této elektrocentrále lze dokoupit doplňující nádrž, která se dělá ve verzi 34 l za cenu 4 260 Kč a 50 l za cenu 5 230 Kč. Nádrž lze umístit na rám stroje (kde nádrž musí být navařena na konstrukci) nebo ji lze postavit na podstavec tak, aby spodní hrana nádrže byla výše než karburátor motoru. Při koupi

rezervní nádrže bych doporučil 50 litrovou verzi, jelikož rozdíl jednoho tisíce korun za 16 l objemu je mizivý [16]

Prodejce byl kontaktován telefonicky ohledně detailnějších informací a ceny. Elektrocentrála může být ovládána na dálku pomocí aplikaci stažitelné jak na App Store pro mobilní operační systém iOS tak i na Googleplay pro systém Android a přes telefon můžete sledovat spotřebu stroje, ovládat dálkově jeho start, či vypnutí nebo sledovat polohu (dobré pojištění proti krádeži stroje – stroj bude mít určitou hlučnost a bude lákat zloděje). Prodejce z firmy MEDVED byl ochotný udělit slevu na tuto elektrocentrálu v konfiguraci se zvětšenou nádrží a GSM modulem, ovšem tyto detaily by sdělil při osobním jednání a vážném zájmu.

#### 6.4 Jednofázová kapotovaná elektrocentrála KIPOR KDE3500T



OBRÁZEK 15: KAPOTOVANÁ ELEKTROCENTRÁLA KIPOR KDE3500T [17]

TABULKA 16: TECHNICKÉ PARAMETRY JEDNOFÁZOVÉ ELEKTROCENTRÁLY KIPOR KDE3500T [17]

Výstupní Napětí	230 V
Hlučnost	72 dB
Objem nádrže	15 l
Otáčky motoru	3 000 ot/min
Provozní výkon	2,8 kW
Maximální výkon	3,2 kW
Spotřeba paliva (při 75% zatížení)	Cca 0,9 l/h
Palivo	Diesel
Rozměry (d x š x v)	830 x 532 x 740
Startování	Elektrické – ATS na přání zákazníka za příplatek
Automatická regulace napětí – AVR	Ano
Doba provozu na nádrž	Cca 16 hod.
Cena	32 468 Kč

Kapotovaná elektrocentrála s dieselmotorem a AVR regulací. Elektrocentrála má kvalitní výstup bez kolísání s dobrou spotřebou a velkou nádrží. Možnost připojení ATS na přání zákazníka. Také je zde možnost elektrocentrálu upravit na dálkové ovládání, ovšem za příplatek.

## 6.5 Jednofázová elektrocentrála Europower EP6000E ATS



OBRÁZEK 16: ELEKTROCENTRÁLA EUROPOWER EP6000E ATS [19]

TABULKA 17: TECHNICKÉ PARAMETRY JEDNOFÁZOVÉ ELEKTROCENTRÁLY EUROPOWER EP6000E ATS

Výstupní Napětí	230 V
Hlučnost	72 dB
Objem nádrže	6,5 l
Výkon motoru	11 HP
Provozní výkon	4,3 kW
Maximální výkon	4,8 kW
Spotřeba paliva (při 75% zatížení)	2,4 l/h
Palivo	Benzín
Rozměry (d x š x v)	830 x 510 x 560
Startování	Automatické – elektrické
Automatická regulace napětí – AVR	Ano
Doba provozu na nádrž	-
Cena	90 301 Kč

Profesionální jednofázová benzinová elektrocentrála s výkonem 4,3 kW osazená motorem HONDA a automatickým startem. U této elektrocentrály není možnost dálkového ovládání. [19]

K této elektrocentrále nebyla dohledána rezervní nádrž. V internetové nabídce nikde nebyla k nalezení, tudíž se předpokládá, že se k elektrocentrále nedodává. Od této firmy se dodávají pouze zvětšené verze elektrocentrály, které se liší poměrem výkonu, spotřeby a velikosti nádrže.

## 6.6 Srovnání elektrocentrál

TABULKA 18: SROVNÁNÍ ELEKTROCENTRÁL

	KIPOR KDE 3500T	MEDVED Arctos	Kipor KDE3500E	Europower EP6000 ATS
Jmenovitý výkon [kW]	2.8	4.8	2.8	4.32
Palivo	Diesel	Benzín	Diesel	Benzín
Objem nádrže [l]	15	6(+50)	13.5	6.5
Spotřeba [l/h]	0.9	2.1	0.9	2.4
Pořizovací cena [Kč]	32 468 + ATS	87 870	28 008 + ATS	74 629
Počet nabíjecích cyklů	5,4	33,6	3,9	-
Výhody	Nízká pořizovací cena	Rychlé nabití baterie	Nízká pořizovací cena	
	Nízká spotřeba	Automatický start v ceně	Nízká spotřeba	
	Dobry počet nabíjecích cyklů	Obrovský počet nabíjecích cyklů		
Nevýhody	Malá nádrž	Vysoké pořizovací náklady	Malá nádrž	Nízký počet cyklů
	Vyšší cena při variantě s ATS	Vyšší spotřeba		Nedostatečná nádrž
				Vysoká spotřeba

### Přepočítání potřebné elektrické energie pro dobíjení baterie:

Energii potřebnou k dobíjení baterie spočítáme jako kapacitu baterie  $Q_b$  přímo úměrnou s rozdílem horní  $U_h$  a dolní hranice napětí  $U_d$  pro dobíjení. Hranice kdy se centrála zapne a začne dobíjet baterii až do napětí baterie

$$W_{\text{bat}} = C_b \cdot (U_h - U_d) = 300 \cdot (27,2 - 23,2) = 1200 \text{ Wh} \quad (6.1)$$

$C_b$  - kapacita baterie

$U_h$ - horní hranice napětí pro nabíjení (napětí kdy se centrála odpojí)

$U_d$ - dolní hranice napětí pro nabíjení (napětí kdy se centrála zapne)

### Čas nabití baterie:

Čas dobití baterie můžeme odvodit z grafu průběhu napětí při dobíjení baterie (viz. Obrázek 12), kde můžeme vidět, že napětí v baterii klesne zhruba v osm hodin ráno. Z těchto dat zkušebního provozu tedy můžeme říct, že baterii budeme dobíjet 16 hodin.

$$T_B = \frac{W_{\text{bat}}}{\eta_{\text{bat}} \cdot \eta_{\text{zd}} \cdot P_{\text{zd}}} \cdot 60 = \frac{1200}{0,9 \cdot 0,9 \cdot 720} = 2,1 \text{ hod} \quad (6.2)$$

$\eta_{\text{bat}}$  – Účinnost nabíjení baterie

$\eta_{\text{zd}}$  – Účinnost zdroje

$P_{\text{zd}}$  – Výkon zdroje

### Počet nabíjecích cyklů:

Počet nabíjecích cyklů je kvantitativní číslo pro jednotlivé elektrocentrály, které znamená, kolik cyklů nabití baterie centrála zvládne, než ji dojde palivo. Pro výpočet je potřeba objem nádrže elektrocentrály  $V_n$ , spotřeba generátoru  $s_{\text{zd}}$  a čas nabití baterie  $T_b$ .

$$N_N = V_N - (T_B \cdot s_{\text{zd}}) = 56 - (16 \cdot 1,4) \cong 33,6 \text{ cyklů} \quad (6.3)$$

$V_n$  - Objem nádrže

$s_{\text{zd}}$  – Spotřeba generátoru

Při výpočtu nabíjecích cyklů bylo počítáno se spotřebou elektrocentrál při 50 % zatížení, jelikož nebude potřeba, aby elektrocentrála jela při dobíjení v režimu většího zatížení. V tabulce 18 je uvedena spotřeba při 75 % zatížení.

## 7. Závěr

Práce se zabývá automatickým dobíjením baterie pro přejezdové zabezpečovací zařízení. Celkové napájení přejezdu je řešeno převážně z obnovitelných zdrojů, kde při nedostatku energie je proud dodáván ze sítě. Motivací tedy bylo navrhnout náhradní řešení napájení, které by dokázalo nahradit proud dodávaný ze sítě.

Při analýze spotřeby PZZ, kterou můžeme vidět v tab. 10 bylo zjištěno, že celková průměrná roční spotřeba přejezdu odpovídá hodnotě **605,9 kWh**, čemuž odpovídá denní hodnota 1 660 Wh, což zhruba odpovídá naměřeným hodnotám z přejezdu, kde samozřejmě záleží na provozu. Při analýze energetické bilance v kapitole 5. bylo zjištěno, že přejezd se chová jako ostrovní systém v letních měsících, kdy je energie ze solárních kolektorů dostatečná. Navzdory snahám zachovat v zimních měsících ostrovní režim po namontování větrné mikroelektrárny, byla značná část energie čerpána ze sítě. Celková roční procentuální spotřeba energie ze sítě odpovídá hodnotě 14%, zatímco v zimních měsících tato hodnota odpovídá 42 %, celkové spotřeby jak je vidět v tabulkách 11 a 12.

Jako zdroj automatického dobíjení baterie bylo zvolena elektrocentrála s automatickým startem. Byly porovnány celkem čtyři elektrocentrály v kapitole 6. Požadavek zadavatele bylo vybrat elektrocentrálu, která při poklesu napětí pod požadovanou úroveň automaticky dobije baterii. Dalším požadavkem byla vzdálena kontrola hladiny paliva v elektrocentrále, která by při jeho nedostatku informovala obsluhu. Centrála by taktéž měla mít dostatečnou palivovou nádrž pro dvě nabití baterie. Čas nabití baterie elektrocentrály byl odvozen z reálného průběhu proudu při dobíjení ze sítě (Obr. 12). Celkový čas nabití je cca. 16 hodin. Nicméně nejefektivnější je dobíjet baterii proudem o desetinu násobku kapacity baterie tedy 30 A. Tomuto proudu odpovídá výkon 720 W při napětí 24 V., Pokud bychom udržovali proud na této hodnotě tak by nabití baterie trvalo cca. 2 hodiny. Tento čas odpovídá nabití baterie při poklesu napětí pod 23,2 V, nikoliv plnému nabití od nulové kapacity. Je nutno ale podotknout, že dobíječ je vybaven modulem teplotní kompenzace, který upravuje hodnotu výstupního nabíjecího napětí v závislosti na teplotě a tímto může změnit hodnotu dobíjecího proudu.

Z porovnaných elektrocentrál v tabulce 18. nejlépe vyšla elektrocentrála MEDVED Arctos, která splňuje všechny uvedené požadavky. Elektrocentrála může být ovládána na dálku pomocí aplikaci. Přes telefon je možné sledovat spotřebu stroje, ovládat dálkově jeho start, či vypnutí nebo sledovat polohu. Problémem byla mála nádrž, která nestačila na dobití baterie. K této elektrocentrále lze ale dokoupit doplňující nádrž, které jsou dostačující ve verzích 34 l a 50 l. Celkový rozpočet byl nastaven zadavatelem na 100 000 Kč. Při započítání ceny samotné elektrocentrály a náhradní nádrže byla celková investice stanovena na: 93 100 Kč.

# Použitá literatura

1. Systémy pro kolejovou dopravu. *AŽD Praha a.s* [online]. [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: <http://www.azd.cz/produkty/systemy-pro-kolejovou-dopravu-1/>
2. Přejezdnyky ATE Cheb. *ATE Cheb s.r.o* [online]. [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: [http://www.atecheb.cz/download/TP\\_ATE\\_78515.pdf](http://www.atecheb.cz/download/TP_ATE_78515.pdf)
3. FULNEČEK, Jan. *Napájení PZZ z fotovoltaických panelů*. Ostrava, 2014. Vysoká škola báňská — Technická univerzita Ostrava.
4. Výstražník AŽD - 97. In: *Katedra dopravního stavitelství* [online]. [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: [http://kds.vsb.cz/ord/prejezdy-cetnost\\_soubory/image002.jpg](http://kds.vsb.cz/ord/prejezdy-cetnost_soubory/image002.jpg)
5. Fotovoltaické Panely. *Vindogsol.dk* [online]. [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: <http://www.vindogsol.dk/GeneCIS%20modul%2075%20Wp%20datblad.pdf>
6. Přejezdnyky. *Masinky.info* [online]. 2012 [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: <http://www.masinky.info/2012/02/prejezdnyky/>
7. Přejezd. In: *ATE Cheb* [online]. [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: [http://www.atecheb.cz/images/vyroba/zab\\_zar/big/prejez.jpg](http://www.atecheb.cz/images/vyroba/zab_zar/big/prejez.jpg)
8. Přejezd PZZ - RE Humpolec. In: *Zelpage.cz* [online]. 2012 [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: [http://www.zelpage.cz/news\\_n/prejezd1.jpg](http://www.zelpage.cz/news_n/prejezd1.jpg)
9. Air 40. In: *Solareconomic.cz* [online]. [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: [https://www.solareconomic.cz/fotky7975/fotos/\\_vyr\\_474air40\\_1\\_1.jpg](https://www.solareconomic.cz/fotky7975/fotos/_vyr_474air40_1_1.jpg)
10. AŽD Praha S.R.O. *Fotovoltaické napájení FN pro PZZ-RE s LED výstražníky: TECHNICKÝ POPIS, POKYNY PRO PROJEKTOVÁNÍ, NÁVOD PRO MONTÁŽ A ÚDRŽBU*. Praha 10 - Žirovnická 2, 2013.
11. , AŽD Praha s.r.o. *Přejezdové zabezpečovací zařízení PZZ-RE*. Praha 10 - Žirovnická 2, 2004.
12. Baterie Sonnenschein. *Sonnenschein* [online]. 2009 [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: <http://www.sonnenschein.org/A600.htm>
13. ŠOLC, Přemysl. *Solární napájení PZS s větrnou mikroelektrárnou - technické řešení a provozní zkušenosti*. Praha 10 - Žirovnická 2, 2014.
14. AŽD, Praha s.r.o. *Data z ověřovacího provozu*. Praha 10 - Žirovnická 2, 2015.
15. Elektrocentrála KIPOR KDE3500E. *Kipor* [online]. [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: <https://www.kipor.cz/kipor-kde3500e>
16. Elektrocentrála MEDVED Arctos 8000 H ATS. *Medved-elektrocentrály* [online]. [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: <https://www.medved-elektrocentrally.cz/zbozi/2899-ats-automaticky-zalozni-zdroj-medved-arctos-8000-h-ats>
17. Elektrocentrála KIPOR KDE3500T. *Kipor* [online]. [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: <https://www.kipor.cz/kipor-kde3500t>
18. ŠOLC, Přemysl. *Solární napájení PZS s větrnou mikroelektrárnou – technické řešení a provozní zkušenosti*. Praha, 2014.
19. Europower EP6000E ATS. *Profi-elektrocentrally.cz* [online]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.profi-elektrocentrally.cz/ep6000e-ats-ls>



# Seznam Tabulek

TABULKA 1: ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY[1].....	2
TABULKA 2: VYBRANÉ TECHNICKÉ PARAMETRY VÝSTRAŽNÍKU AŽD 97- PV [1] .....	4
TABULKA 3: PARAMETRY PŘEJEZDNÍKU PRO TRAŽE DO 100 KM/H [2].....	5
TABULKA 4: : PARAMETRY PŘEJEZDNÍKU PRO TRAŽE DO 80 KM/H [2].....	5
TABULKA 5: PARAMETRY FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ GENECIS [5] .....	7
TABULKA 6: PARAMETRY VĚTRNÉ MIKROELEKTRÁRNÝ AIR40 [13] .....	8
TABULKA 7: PARAMETRY BATERIE[12].....	9
TABULKA 8: PŘEHLED PŘÍKONU JEDNOTLIVÝCH ZAŘÍZENÍ .....	11
TABULKA 9: KONFIGURACE PZZ S OHLEDEM NA SNÍŽENÍ PŘÍKONU[18] .....	11
TABULKA 10: CELKOVÁ SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE ZA ROK .....	13
TABULKA 11: PŘEHLED VYROBENÉ ENERGIE[14] .....	15
TABULKA 12: ZOBRAZENÍ MĚSÍCŮ, KDY SE ENERGIE ODEBÍRALA I ZE SÍTĚ .....	15
TABULKA 13: SHRNU TÍ DODANÉ ELEKTRICKÉ ENERGIE.....	16
TABULKA 14: TECHNICKÉ PARAMETRY JEDNOFÁZOVÉ ELEKTROCENTRÁLY KIPOR KDE3500E [15].....	19
TABULKA 15: TECHNICKÉ PARAMETRY JEDNOFÁZOVÉ ELEKTROCENTRÁLY MEDVED ARCTOS 8000 H ATS [16] .....	20
TABULKA 16: TECHNICKÉ PARAMETRY JEDNOFÁZOVÉ ELEKTROCENTRÁLY KIPOR KDE3500T [17].....	21
TABULKA 17: TECHNICKÉ PARAMETRY JEDNOFÁZOVÉ ELEKTROCENTRÁLY EUROPOWER EP6000E ATS.....	22
TABULKA 18: SROVNÁNÍ ELEKTROCENTRÁL .....	23

# Seznam Obrázků

OBRÁZEK 1: VÝSTRAŽNÍK AŽD 94 - PV - HLAVNÍ ČÁSTÍ [1].....	3
OBRÁZEK 2: VÝSTRAŽNÍK AŽD 97 – PV V PROVOZU [4] .....	4
OBRÁZEK 3: PŘEJEZDNÍK FIRMY ATE CHEB S.R.O [7] .....	5
OBRÁZEK 4: PZZ – RE U HUMPOLCE[8] .....	6
OBRÁZEK 5: SOLÁRNÍ PANEL CIS WSG 0036E075 [5].....	7
OBRÁZEK 6: VĚTRNÁ MIKROELKETRÁRNA AIR 40 [9].....	8
OBRÁZEK 7: BATERIOVÁ STUDNA SE SADOU BATERÍ [18].....	9
OBRÁZEK 8: BATERIE SONNENSCHHEIN A602 [12].....	9
OBRÁZEK 9: BLOKOVÉ SCHÉMA PZZ-RE HUMPOLEC[18].....	10
OBRÁZEK 10: ROČNÍ PŘEHLED VYROBENÉ ENERGIE[14].....	14
OBRÁZEK 11: PRŮBĚHY PROUDŮ Z FOTOVOLTAIKY, AIR40 A SÍTĚ [14] .....	17
OBRÁZEK 12: PRŮBĚH NAPĚTÍ BATERIE PZZ – RE HUMPOLEC [14].....	18
OBRÁZEK 13: JEDNOFÁZOVÁ ELEKTROCENTRÁLA KIPOR KDE3500E [15] .....	19
OBRÁZEK 14: ELEKTROCENTRÁLA MEDVED ARCTOS 8000 H ATS [16] .....	20
OBRÁZEK 15: KAPOTOVANÁ ELEKTROCENTRÁLA KIPOR KDE3500T [17] .....	21
OBRÁZEK 16: ELEKTROCENTRÁLA EUROPOWER EP6000E ATS [19].....	22