

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Analýza průběhu nabíjení a vybíjení Pb akumulátorů a její následné využití pro
včasnou indikaci a prevenci chybových stavů**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. František ŠEDIVÝ**
Osobní číslo: **E15N0041K**
Studijní program: **N2644 Aplikovaná elektrotechnika**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**
Název tématu: **Analýza průběhu nabíjení a vybíjení Pb akumulátorů a její následné využití pro včasné indikace a prevence chybových stavů**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

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

1. Popište základní metody a principy akumulace elektrické energie využitelné pro ostrovní provoz.
2. Sestavte fyzikální model Pb akumulátoru vhodný pro vyšetření jeho provozních stavů.
3. Změřte a vyhodnoťte účinnost akumulace energie Pb článku ve stavech malé, střední a maximální zatížitelnosti, jeho samovybíjení, vliv teploty na hodnotu dodávaného proudu, "startovací" proud.
4. Verifikujte model na základě naměřených dat a stanovte vliv změny jednotlivých parametrů článku na provoz v průběhu života článku.
5. Navrhněte zařízení s příslušným komunikačním rozhraním, které by provádělo diagnostiku baterie.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah kvalifikační práce: 40 - 60 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

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

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

Datum zadání diplomové práce: **14. října 2016**
Termín odevzdání diplomové práce: **19. května 2017**


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




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2016

Abstrakt

Tato diplomová práce ve své první části popisuje základní metody a principy akumulace elektrické energie. Poté následuje rozbor technologií konstrukce olověného akumulátoru a návrhu náhradního modelu. Třetí část je věnována popisu a realizaci měření nabíjecích a vybíjecích charakteristik na čtyřech vzorcích stejného typu akumulátoru, následné analýze, zpracování a prezentaci naměřených dat. Závěr shrnuje výsledky a jejich odchylky proti teoretickým předpokladům a nabízí nástin technického řešení monitoringu provozních stavů akumulátoru a včasného varování při jejich odchylce.

Klíčová slova

akumulace energie, elektrická energie, účinnost, nabíjení, vybíjení, hustota, sulfatace, desulfatace, pokojová teplota, akumulátor, baterie, článek, volt-ampérová charakteristika, poruchové stavy akumulátoru, GSM modul,

Abstract

This diploma thesis describes basic methods and principals of electrical energy accumulation in first part. Then follows an analysis of technologies and construction description of lead-acid batteries and theoretical model design. Third part is dedicated to measurement method description and realization of charging and discharging measurements on four samples of identical type of accumulators, measured data analysis and its presentation. Conclusion summarize measurements results, deviations against theoretical assumptions and give to reader solutions in accumulator working states monitoring and timely warning if state is out of expectation.

Key words

energy accumulation, electrical energy, efficiency, charging, discharging, density, sulfation, desulfation, room temperature, accumulator, battery, cell, voltamper characteristic, error states of accumulator, GSM module,

Prohlášení

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

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

.....

podpis

V Plzni dne 19.5.2017

František Šedivý

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Doc. Ing. Emilu Dvorskému CSc., za profesionální a lidský přístup. Jeho postřehy a doporučení využiji i ve svém profesním životě.

Obsah

Obsah	8
Seznam symbolů a zkratk	9
Úvod	10
1 Konvenční způsoby akumulace elektrické energie využitelné pro ostrovní provoz	11
1.1 PŘEČERPÁVACÍ VODNÍ ELEKTRÁRNY (PVE)	12
1.2 ELEKTROLÝZA VODY – AKUMULACE ENERGIE DO STLAČENÉHO VODÍKU	13
1.3 AKUMULACE ELEKTRINY DO ROTAČNÍCH SETRVAČNÍKŮ	15
1.4 AKUMULACE ELEKTRINY DO STLAČENÉHO VZDUCHU	16
1.5 ELEKTROCHEMICKÁ AKUMULACE	17
1.6 AKUMULACE DO CÍVKY	19
1.7 AKUMULACE DO KONDENZÁTORU	19
2 Olověný akumulátor	20
2.1 PRINCIP OLOVĚNÉHO AKUMULÁTORU	21
2.1.1 <i>Chemie Pb článku</i>	21
2.1.2 <i>Technologie Pb akumulátorů</i>	22
2.1.2.1 <i>Elektrody</i>	22
2.1.2.2 <i>Elektrolyt</i>	22
2.1.2.3 <i>Konstrukce</i>	23
2.1.2.4 <i>Monitoring baterie</i>	24
2.1.2.5 <i>Životnost článku</i>	25
2.2 NÁHRADNÍ SCHÉMA OLOVĚNÉHO AKUMULÁTORU	25
3 Měření VA charakteristik	26
3.1 PARAMETRY BATERIE	27
3.2 POPIS VZORKU	28
3.3 POUŽITÉ PŘÍSTROJE	30
3.4 NAMĚŘENÁ DATA	37
3.4.1 <i>Seznam provedených měření</i>	38
3.4.2 <i>Grafy prezentující naměřená data</i>	39
3.4.3 <i>Vyhodnocení dat</i>	45
3.4.4 <i>Vliv teploty na provozní stavy olověných baterií</i>	45
3.4.5 <i>Porovnání modelu baterie s realitou</i>	46
4 Návrh zařízení pro diagnostiku provozních stavů baterie	46
4.1 SLEDOVANÉ PARAMETRY	46
4.2 METODA SLEDOVÁNÍ	47
4.3 POUŽITELNÉ KOMPONENTY	47
4.3.1 <i>Mikroprocesor</i>	48
4.3.2 <i>A/D převodníky</i>	48
4.3.3 <i>Měření napětí</i>	49
4.3.4 <i>Měření proudu</i>	49
4.3.5 <i>Měření teploty</i>	50
4.3.6 <i>Stabilizace napětí +5V</i>	50
4.3.7 <i>GSM modul</i>	51
4.3.8 <i>Blokové schéma návrhu</i>	51
5 Závěr	52
Seznam literatury a informačních zdrojů	54
Seznam příloh:	55

Seznam symbolů a zkratek

W.....	Watt
kW.....	Kilowatt
MW	Megawatt
Wp.....	Watt peak
V	Volt
mV	Mili volt
A	Amper
nm	Nanometr
μF	Mikro farad
Ω	Ohm
OZE.....	Obnovitelné zdroje energie
IPR10	Informační panel rychlosti
IPR1	modul pro řízení dobíjení akumulátoru
FV	Fotovoltaický
FVE.....	Fotovoltaické elektrárny
1U	pozice v rozvaděči (IT)
UPS	Záložní zdroj energie
s	Sekunda
U _{lo}	nejnižší povolené napětí na akumulátoru před zničením článku

Úvod

Tato práce si klade za úkol seznámit čtenáře s obecnými fakty ohledně akumulace elektrické energie, konstrukci a použití olověného akumulátoru

První oddíl popisuje některé ze současných způsobů a trendů akumulace elektrické energie, toto téma by mohlo být velice obsáhlé, nicméně bylo zvoleno obecné rozdělení a situováno do podmínek naší republiky.

Ve druhé části je popsán princip a technologii konstrukce olověného akumulátoru obecné použití, monitoring a životnost baterie s ohledem na způsob používání.

Ve třetí části se věnuji popisu a výsledkům měření nabíjecích a vybíjecích charakteristik při různých zátěžích na čtyřech vzorcích akumulátorů stejného typu, ale různého stupně opotřebení. Pro přesný model VA profilu baterie v závislosti na opotřebení, teplotě a případně dalším parametrům by bylo nutné sledovat více baterii po celou dobu jejich života a vše pečlivě měřit a zaznamenávat, nicméně byla určena metoda, vytipovány klíčové parametry pro investigaci stavu.

Na základě zjištěných skutečností byl navržen princip s nástinem konkrétního hardware, který by mohl hlídat tyto parametry, a v případě nějakých abnormalit proti zaznamenanému profilu by zařízení mělo dokázat odeslat hlášení s popisem závady.

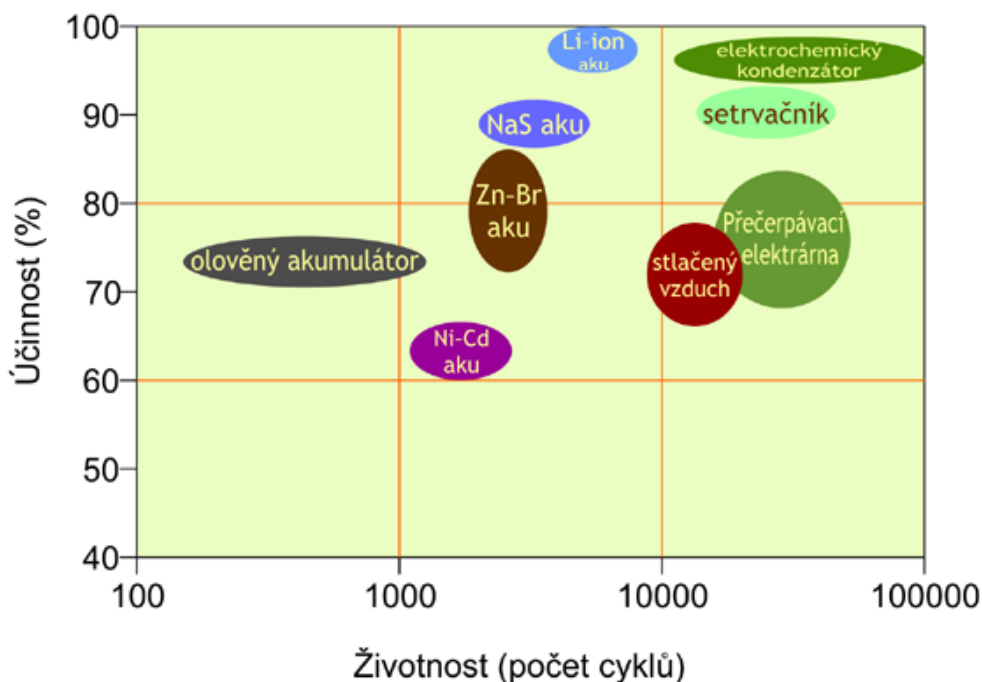
1 Konvenční způsoby akumulace elektrické energie využitelné pro ostrovní provoz

Již od samého počátku objevu elektrické energie se řeší otázka: „kam s ní“.

Je třeba poměrně přesně naplánovat, kolik elektrické energie vyrobit, kolik se spotřebuje, jaké budou ztráty v distribuci, možnosti akumulace, ale i to, jak rychle dokážeme naakumulovanou energii zpětně využít. Dalším neméně důležitým faktorem je způsob uložení elektrické energie. Musíme-li ji transformovat do jiné formy a následně zpět měnit na elektrickou energii, zvažujeme ztráty v závislosti na čase uskladnění (např. samovybití), bezpečnost transformace (např. stlačený vodík) a samozřejmě veledůležitým faktorem je cena. Zohledněním výše popsaných faktorů můžeme akumulaci rozdělit na

- použitelnou (bezpečná, cenově rentabilní)
- nepoužitelnou (nebezpečná, cenově nerentabilní)

Pokusím se popsat nejčastější způsoby akumulace elektrické energie, které se v současnosti využívají



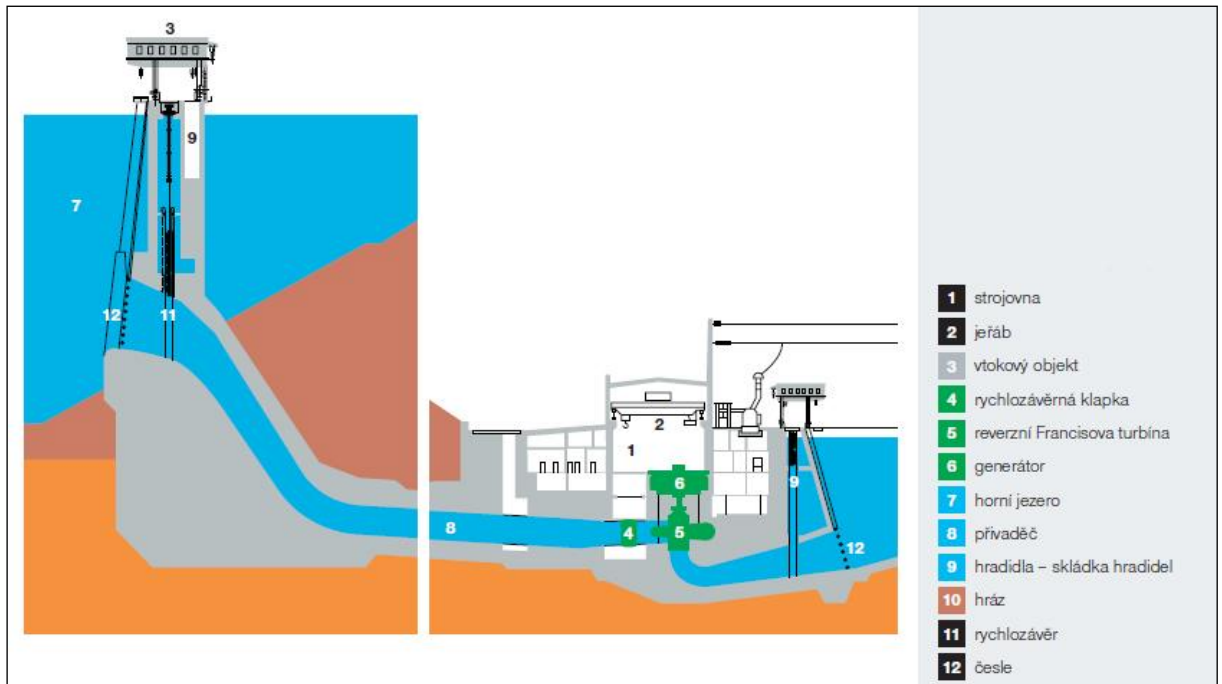
Obr. 1 – vztah účinnosti a technologie k počtu cyklů [1]

1.1 Přečerpávací vodní elektrárny (PVE)

Jak bylo zmíněno výše, akumulaci elektrické energie využíváme v okamžiku, kdy se spotřeba liší od výroby. Je samozřejmé, že nelze přesně odhadnout spotřebu, případně vyrobit elektrickou energii přesně dle stanoveného plánu. Může dojít například k poruše výrobního bloku, případně nastat jiná neočekávaná situace. V takovém případě vznikne regulační odchylka, na kterou je třeba vhodně reagovat, aby nedošlo k poklesu, nebo nárůstu hladiny napětí, nebo frekvence v ES. V opačném případě by následoval kolaps jednotlivých částí, nebo ES jako celku. Každý výrobní blok má určitý rozsah možné regulace a reakční čas na změnu výkonu dodávaného do sítě. Pro svoji schopnost prakticky okamžitě reagovat na potřebnou změnu dodávky výkonu jak v kladné odchylce, tak v záporné jsou nejčastěji využívány přečerpávací vodní elektrárny PVE. V České republice máme celkem čtyři. Jednotlivé instalované výkony a použité turbíny jsou znázorněny v tabulce 1.

Tab.1: Přečerpávací elektrárny na území ČR

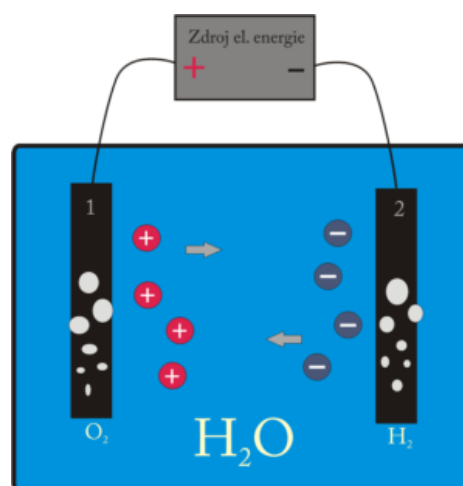
PVE	Instalovaný výkon	Použitá turbína
Vodní dílo Dalešice	480 MW	4x Francisova
Dlouhé Stráně	650 MW	2x Francisova
PVE Štěchovice	45 MW	1x Francisova
Vodní elektrárna Černé jezero ležící na Šumavě	1,5 MW +370 KW	1x Peltonova <i>1x odstředivé čerpadlo, od r. 1960 se PVE v čerpadlovém režimu neprovozuje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



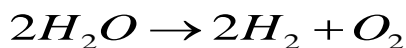
Obr. 2 – Náhled na PVE Dalešice v řezu[2]

1.2 Elektrolýza vody – akumulace energie do stlačeného vodíku

Tato technologie se používá omezeně, zejména díky bezpečnostním rizikům, spojeným s manipulací se stlačeným vodíkem. Nicméně byla navržena a zkonstruována k odčerpání energie při nadvýrobě. Energie musí být usměrněna a následně použita k elektrolýze vody obr 3. Pokud tento proces probíhá v natlakovaném prostředí, ušetří se následně další výdaje za kompresi při hromadění vznikajícího vodíku do zásobníku

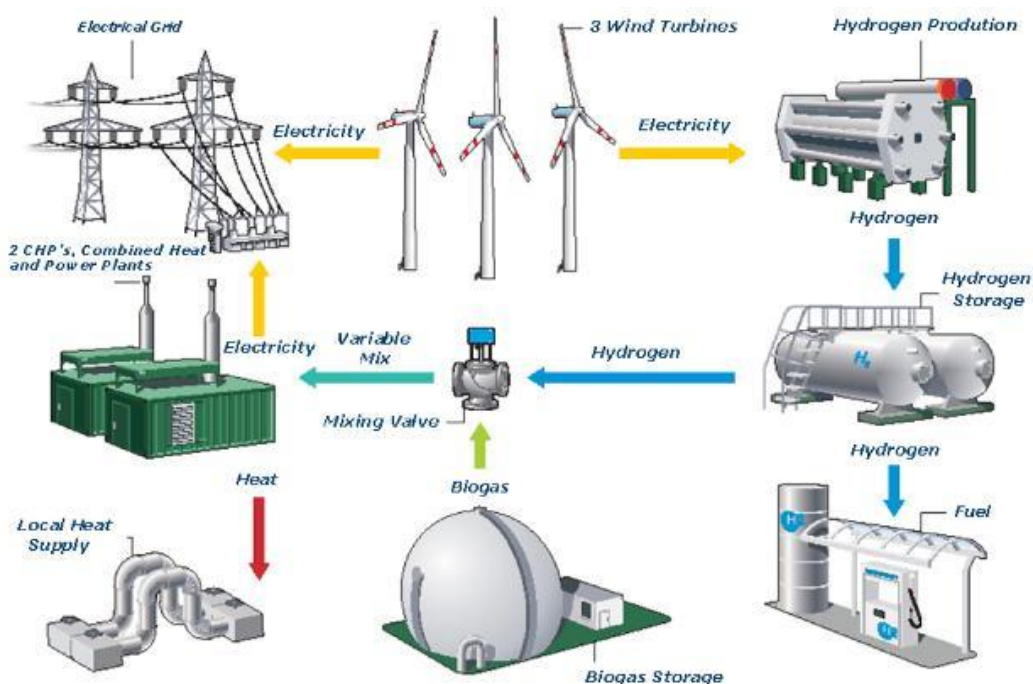


Obr. 3 – schéma elektrolýzy vody [3]



Rovnice – elektrolýza H_2O

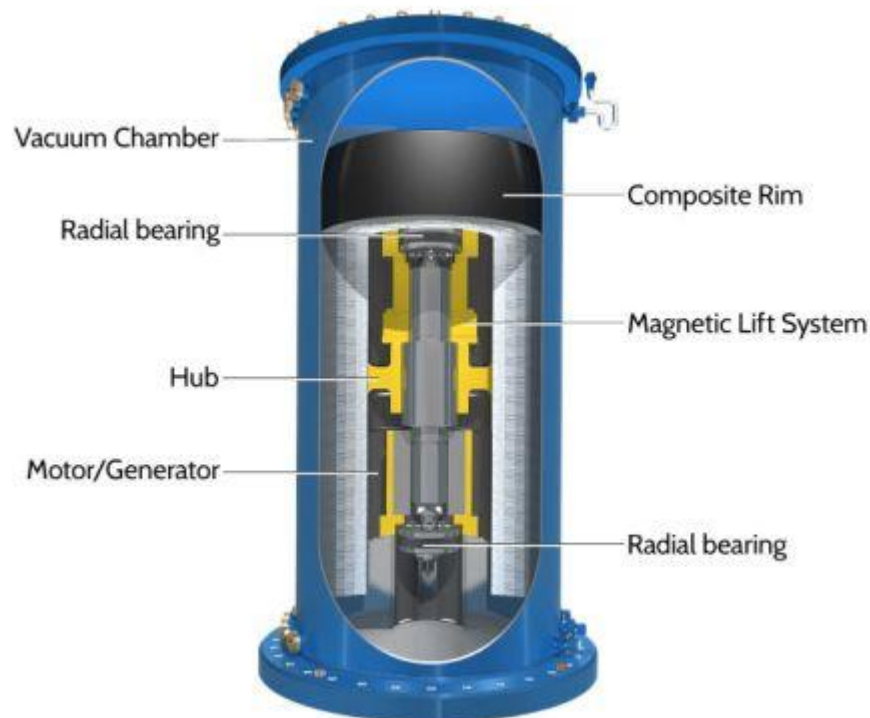
Právě zpětné využívání energie z vodíku vyžaduje poměrně sofistikovaný systém zařízení – vlastní vodíkové hospodářství, umožňující vyrobit elektrickou energii v generátoru, který je poháněn turbínou, spalující vodík, kotelnu na vodík. Vzhledem k tomu, že vodík je velmi explozivní plyn, potom cena bezpečného využití je stále poměrně vysoká. Ale samozřejmě vývoj pokračuje mílovými kroky a například automobily, spalující H_2 již mají automobilky řádně otestovány a splňují všechny potřebné bezpečnostní standarty pro použití v běžném provozu. Celý systém je znázorněn na obrázku 4.



Obr. 4 – Princip akumulace energie do vodíku - Technologické systémy elektrárny
Prenzlauv[4]

1.3 Akumulace elektřiny do rotačních setrvačníků

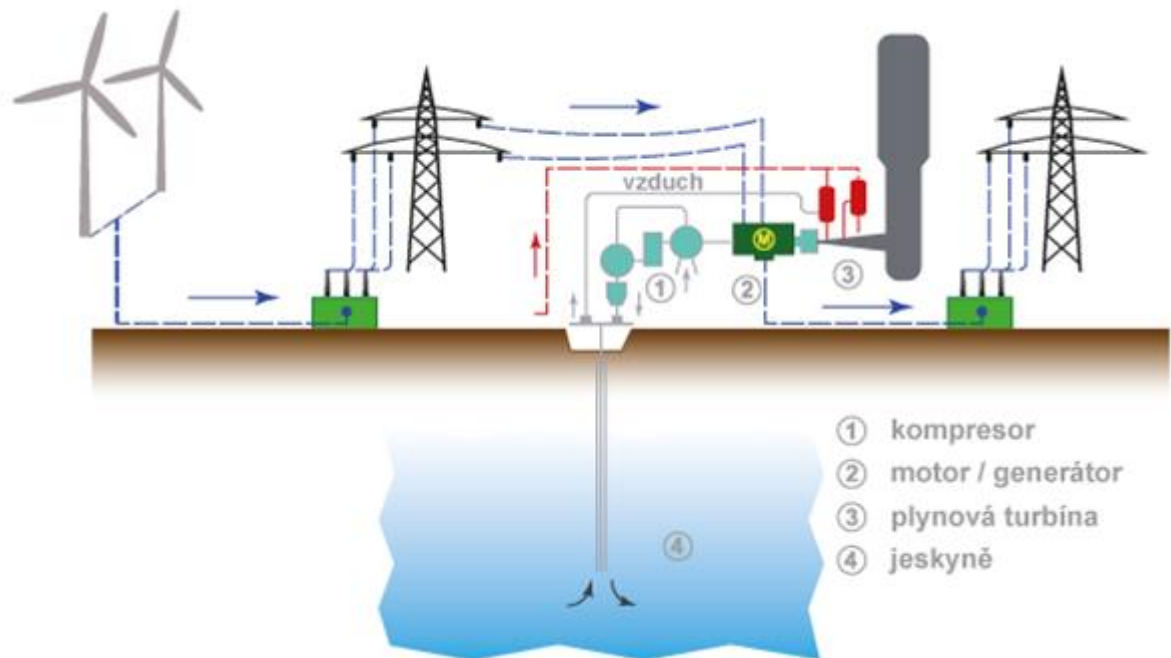
Další používanou metodou akumulace je uložení elektrické energie formou kinetické energie rotujícího tělesa. Prakticky se jedná o motor/generátor, točící speciálním, přesně vyváženým setrvačником. Ten se otáčí poměrně vysokými otáčkami a akumuluje v sobě kinetickou energii. Pro snížení ztrát, vyvolaných třením není setrvačnik uložen v klasických ložiscích, ale využívá magnetický závěs a pohybuje se ve vakuu. Tento systém se využívá zejména pro pokrytí krátkodobých výpadků ES, většinou po dobu, než sepnou záložní diesel agregáty, které běží až do plného obnovení dodávky z ES. Velkou výhodou je velmi krátká reakční doba a tím zajištění kontinuity dodávky. Rotační setrvačniky se též využívají pro stabilizaci frekvence ES. Tento způsob využití energie je velice starý a byl již používán pro pohon hrncířských kruhů.



Obr. 5 - řez vakuovaným rotačním setrvačnikem [5]

1.4 Akumulace elektřiny do stlačeného vzduchu

Tento způsob akumulace se využívá tak, že při přebytku energie v ES se tato vhání kompresorem do uzavřeného a dobře utěsněného prostoru. Naopak při nedostatku energie zařízení přejde do režimu generátorového a stlačený vzduch vhání do vysokotlakého a následně nízkotlakého stupně turbíny, která je pevně spojena s generátorem. Nežádoucím faktorem tohoto systému je vznikající teplo, při kompresi a chlad během expanze v turbíně. Jako akumulací nádrže se využívají například staré šachty dolů.



Obr. 6 - Obecný princip akumulace energie do podzemní kaverny [6]

1.5 Elektrochemická akumulace

Elektrochemická akumulace to jsou prakticky všechny druhy baterií a článků, které lze cyklicky nabíjet a vybíjet. Druhů a typů baterií je velké množství a i v tomto odvětví postupuje vývoj velmi rychle dopředu. Nové materiály, používané u baterií umožňují akumulovat stále větší množství energie, rychlé nabíjení a vybíjení a velký rozsah využitelnosti. V tabulce 2 jsou popsány základní druhy používaných baterií, jejich výhody a nevýhody.



Obr. 7 - Průmyslové provedení válcových Ni-Cd a Ni-Mh článků [7]

Tab. 2 – Specifikace nejběžnějších baterií

Označení	Princip – materiál, specifikace	výhody	nevýhody
Ni-Cd	Nikl-kadmiový článek, jmenovité napětí 1,2V	Dostupnost – cena, možnost skladovat v nenabitěm 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 nedovybitěm 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

1.6 Akumulace do cívky

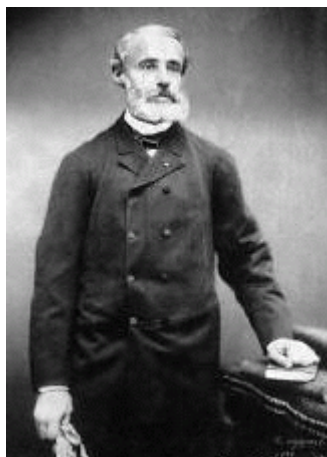
Tento způsob pracuje na základě uložení energie do magnetického pole cívky. Aby měla cívka ideální a bezztrátové parametry, musí se snížit její elektrický odpor. Toho se dosáhne jednak volbou dobře vodivého kovu, ze kterého je cívka navinuta, jednak se musí zároveň chladit a tímto se přiblížit k docílení parametrů supravodiče. Pro akumulaci se cívka musí napájet stejnosměrným napětím. To je další limitující faktor, protože vznikají ztráty v podobě usměrňovače v případě akumulace elektrické energie a následně střídače, další ztráty vznikají potřebou chlazení, pro akumulace velkých kapacit. Přesto je toto jeden z neúčinnějších a nejrychlejších způsobů akumulace.

1.7 Akumulace do kondenzátoru

Akumulace do kondenzátoru je asi nejznámější způsob uložení elektrické energie. K velkým výhodám patří zejména rychlost nabíjení a vybíjení a dále pak velmi vysoký počet těchto cyklů. K nevýhodám se řadí malá hustota uložené energie. Díky tomu není kondenzátor využíván masově. I v tomto případě se díky vývoji hustota uložené energie zvyšuje. Pak mluvíme o tzv. superkapacitorech. Pro ukládání většího množství elektrické energie v energetice se s kondenzátory ovšem moc nepočítá. Svoje využití najdou pravděpodobně v elektromobilech, případně pro rekuperaci v jiných dopravních prostředcích.

2 Olověný akumulátor

Tento typ akumulátoru je znám již od roku 1859[1], kdy byl vyvinut francouzským fyzikem Gastonem Planté, a jednalo se o první opakovaně nabíjecí baterii pro komerční využití. Od těch dob tento galvanický článek prošel jistým vývojem, svým principem ale stále jde o sekundární galvanický článek s elektrodami na bázi olova a kyselinou sírovou jako elektrolytem.



*Obr. 8 - Francouzský fyzik, pan Gaston Planté * 1834, +1889 [8]*

Mezi hlavní výhody patří schopnost dodávat velké rázové proudy, proto ji většina populace zná hlavně z automobilů jako startovací baterii, další výhodou je i cenová dostupnost, kdy ale, s ohledem na různá pseudo-ekologická lobby, lze očekávat, že tento artikl bude v budoucnu, právě díky hlavní složce – olovu, zatížen nějakou ekologickou daní, nebo rovnou zakázán.



Obr. 9 - Autobaterie 60Ah Varta Blue Dynamic D59 – U 12V, 60 Ah, startovací proud 540A [9]

2.1 Princip olověného akumulátoru

Pokud si vlastní článek zjednodušíme, jedná se o dvě olověné desky – elektrody, zalité kyselinou sírovou, která má koncentraci okolo 35% obj. Koncentrace se mění v závislosti na stavu nabití. Tyto články se následně sériově spojují a tvoří baterii.

2.1.1 Chemie Pb článku

Chemická reakce nabíjení



Kdy na kladné elektrodě:



a na záporné elektrodě:



Při vybití platí uvedené reakce v obráceném směru, vybití probíhá i samovolně, bez připojení zátěže – jde o takzvané samovybití, které podle stáří a použité technologie elektrolytu může být od 3 do 20% za měsíc.

Jmenovité napětí samostatného článku jsou 2V, 12V baterie je tedy složena z 6-ti článků. Pokud je baterie nabitá, v nezátíženém stavu by měla mít napětí 12,6 – 12,8V, ve vybitém stavu 11,8 – 12V. Jako dolní mez pro vybití lze brát min 1,75V na článek, respektive 10,5V na 12V baterii.

2.1.2 Technologie Pb akumulátorů

Protože jde o principiálně velice jednoduché zařízení, lze jakékoliv inovace soustředit na tvar a konstrukci elektrod, elektrolyt, konstrukci a tvar baterie a případný – nadstandardní monitoring stavu, popřípadě klíčování baterií.

2.1.2.1 Elektrody

Plocha jednotlivých elektrod je přímo spjata s proudem, který je článek schopen dodat, jejich mocnost zase určuje, jak dlouho bude tato elektroda schopna odolávat extrémnímu zatížení, protože v případě tenkých mřížkových plátů hrozí jejich zprohýbání a zkroucení, které má za důsledek nevratné poškození článku a výrazné zkrácení funkčního života článku a tím pádem celé baterie. Tlustší elektrody však díky hustotě olova znamenají podstatně vyšší hmotnost baterie.

2.1.2.2 Elektrolyt

Nejstarší druh elektrolytu je roztok kyseliny sírové, který je nalit do článku tak, aby zalil celou plochu elektrod, u starších akumulátorů do aut bylo možné – nutné, tuto hladinu kontrolovat, průběžně dolévat a případně kontrolovat hustotu elektrolytu. Hlavně v průběhu nabíjení se musely jednotlivé články větrat, protože se uvolňovaly plyny – vodík a kyslík.

Dnes jsou i autobaterie takzvaně bezúdržbové, takže toto odpadá, nicméně kapalný elektrolyt stále určuje polohu, ve které musí být baterie provozována a přepravována. Tyto VRLA (Valve regulated Lead Acid) baterie – baterie s regulačním ventilem jsou již zapouzdřené a je zde eliminována tvorba plyných složek. Tyto jsou dnes běžnou součástí automobilů.

AGM baterie – z anglického Absorbent Glass Mat – jsou baterie s elektrolytem nasáknutým ve skelné vatě, která je elektricky i chemicky inertní a slouží pouze nosný prvek elektrolytu.

Poslední a dnes již velice běžné, jsou gelové baterie, kde je elektrolyt ve formě zahuštěného gelu.

2.1.2.3 Konstrukce

Konstrukci baterie primárně určuje její plánované použití. Například baterie do UPS záložního zdroje, určeného do racku, je tenká gelová baterie, uložená na bok tak, aby 1U výšku – 44,45mm dosáhla i s oplechováním UPS. Zařízení, která se v průběhu činnosti naklánějí, nebo převracejí, musejí mít baterii, které toto nevadí – tedy uzavřenou konstrukci – např. gelovou baterii.



Obr. 10: Záložní zdroj APC Smart UPS 1500VA LCD RM 1U do racku [10]

2.1.2.4 Monitoring baterie

Jako nejlepší indikátor stavu baterie – informace o jejím nabití / vybití může v případě kapalného elektrolytu sloužit hodnota jeho hustoty, u nabitého akumulátoru by se měla koncentrace elektrolytu pohybovat mezi 28 – 40% kyseliny sírové, což odpovídá hustotě 1,26g/cm³. Plně nabitá baterie celkem s přehledem odolá teplotám -40°C, oproti baterii vybité, kde elektrolyt obsahuje značný podíl vody, která zmrzne a téměř s jistotou již v teplotách lehce pod bodem mrazu svou roztažností zajistí mechanické poškození elektrod, nebo celého krytu akumulátoru. Měření hustoty je však v provozní praxi poměrně komplikované a není použitelné u jiných baterií, než těch s tekutým elektrolytem.

Další stěžejní parametr je teplota. Čím vyšší hustota elektrolytu, tzn. nabitá baterie a čím vyšší teplota, tím větší je samovybití. Teplota je však i limitující parametr při nabíjení, kdy oteplení podporuje takzvanou sulfataci, při které se převážně na záporných elektrodách hromadí a usazuje síran olova, což má za následek, že se baterie velice špatně nabíjí a jako vedlejší efekt se na záporných elektrodách vyvíjí vodík. Sulfatace je ale hlavně důsledek skladování baterie ve vybitém stavu anebo její nedostatečné dobíjení.

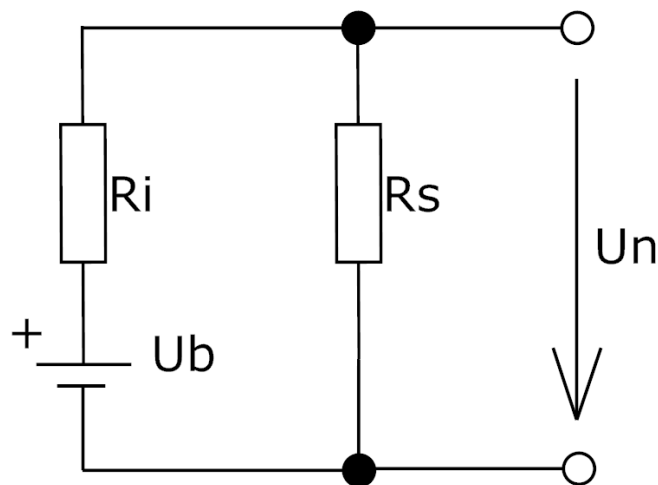
Pro naše potřeby se omezíme na monitoring VA charakteristiky, která z technického hlediska relativně jednoduchá, lze ji realizovat mimo baterii a není závislá na skupenství elektrolytu. Informace o napětí a nabíjecím - potažmo vybíjecím proudu nám může pomoci s hlídáním limitních hodnot pro maximální napětí, pod jehož hodnotu bychom články / baterii neměli vybíjet a zároveň při nabíjení hlídat maximální napětí na článku tak, aby nedošlo k jeho poškození. Pokud by se podařilo měřit a počítat jednotlivé cykly, popřípadě porovnávat hodnoty napětí a proudu během nabíjení i vybíjení v průběhu života baterie, dokázali bychom včas indikovat blížící se konec života baterie a proaktivně reagovat výměnou. Na VA charakteristiku má samozřejmě vliv i teplota, proto by bylo vhodné, u instalací které neprobíhají vždy ve stejné teplotě i toto zahrnout do zaznamenávaných hodnot a korigovat nějakým teplotním koeficientem, nebo porovnávat s OK hodnotami v obdobných teplotách. Dalším parametrem, který stojí za pozornost je příkon baterie během nabíjení a výkon během vybíjení. To vše, při promítnutí do času – rychlosti nabíjení nám taktéž prozradí mnohé o zdraví baterie.

2.1.2.5 Životnost článku

Jak již bylo zmíněno, na životnost baterie má velký dopad režim nabíjení, vybíjení, skladování a teplota. Pokud bude baterie skladována ve vybitém stavu, začne proces sulfatace, pokud bude baterie vybíjena až do hlubokého vybití, což je pod zbývajících 20% jmenovité kapacity, opět započne sulfatace a dále není výrobcí baterií doporučeno ani mezidobíjení, což platí hlavně u trakčních baterií, u kterých se počítá s cyklickým nabíjením a vybíjením. Tyto baterie jsou při vhodném režimu schopny realizovat až 1 500 cyklů. V případě, že již započala sulfatace, lze pomocí nabíjení malými proudy cca 0,001 In dosáhnout regenerace ploch elektrod. Funkcí desulfatace disponují i některé inteligentní nabíječky.

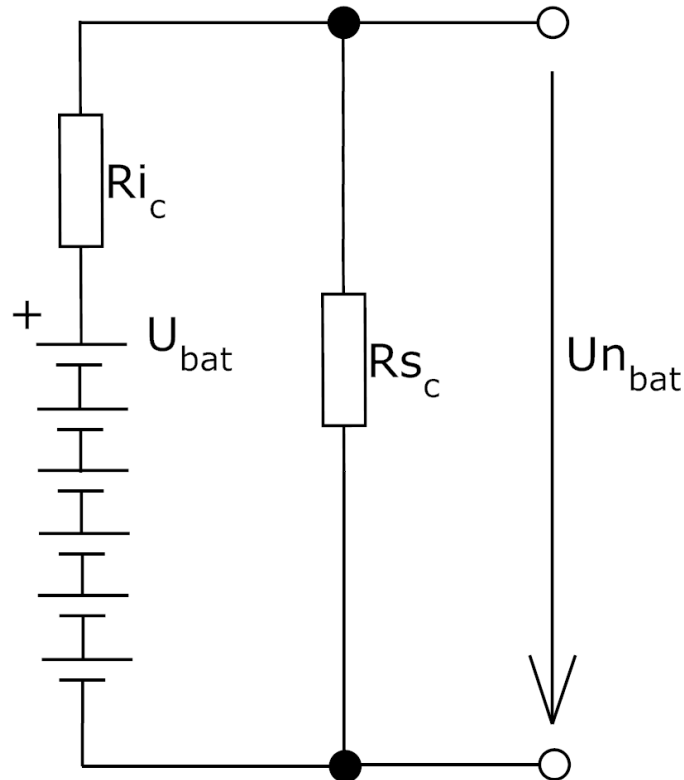
2.2 Náhradní schéma olověného akumulátoru

Samotný článek má, jako každý reálný zdroj, vnitřní odpor R_i , tento odpor mění svou hodnotu nejen v závislosti na aktuální kapacitě baterie, ale zvyšuje se i s počtem cyklů, dále je třeba zohlednit i efekt samovybíjení, který budeme značit jako R_s – samovybíjecí odpor, jehož hodnota je nejnižší v okamžiku plného nabití.



Obr. 11: Náhradní schéma samostatného článku [11]

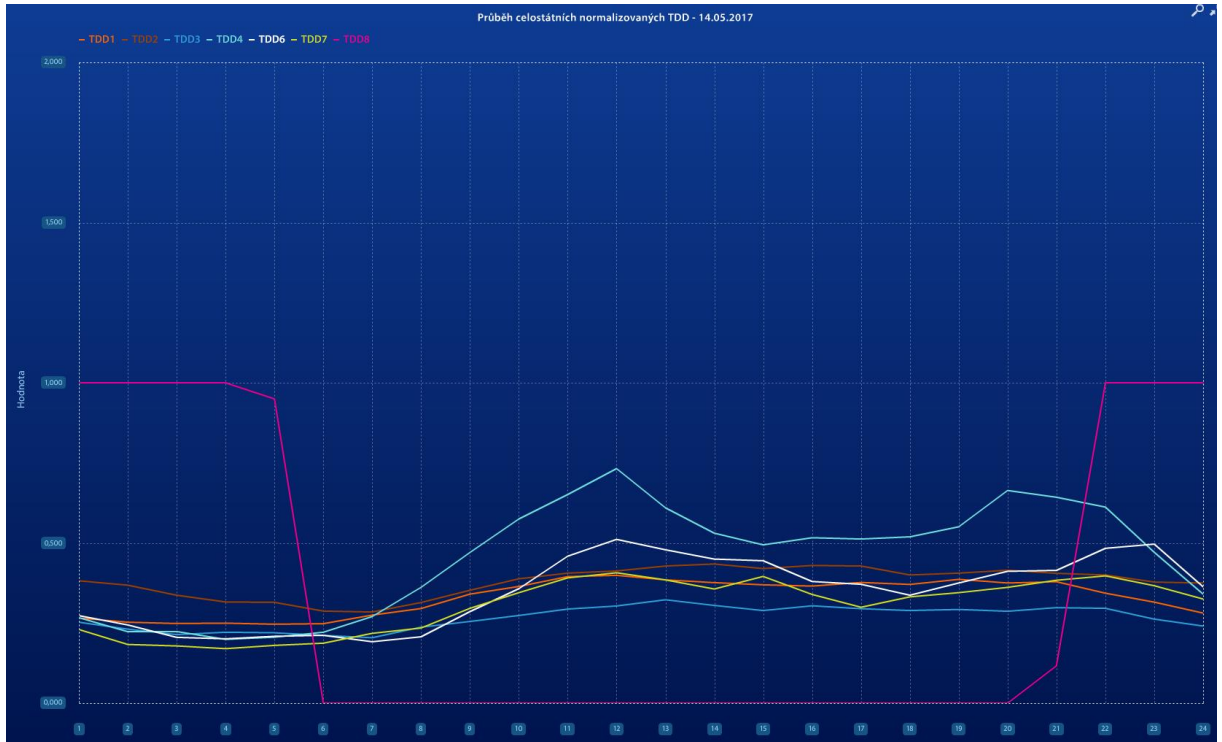
Baterie na 12V je tedy složena ze šesti článků, kdy R_{ic} je celkový vnitřní odpor baterie, složený z $R_{i1} + R_{i2} \dots R_{i6}$ jednotlivých článků. Pro R_{sc} platí to samé, neboť platí předpoklad, že díky sériovému spojení článků budou všechny vždy stejně nabitě. R_{sc} má tedy hodnotu součtu R_s jednotlivých článků. Samovybíjecí odpor baterie je roven odporu $R_{s1c} + R_{s2} \dots R_{s6}$.



Obr. 12: Náhradní schéma 12V baterie [12]

3 Měření VA charakteristik

Pro účel praktických měření jsme použili olověné akumulátory, které se běžně užívají v panelech pro měření rychlosti IPR10. Baterie je zde dobíjena v nočních hodinách, kdy je napájeno veřejné osvětlení (VO). V době dobíjení je panel napájen integrovaným stejnosměrným zdrojem, který napájí i systém dobíjení. V čase, kdy VO nesvítí, celý systém funguje na energii z baterie. Čas, po který je systém napájen z VO je vždy určen režimem provozu dané obce v místě instalace, kdy může být VO spínáno časovačem, nebo obvodem se stmívacím senzorem. V rámci úsporných opatření může být i v některých časných ranních hodinách vypínáno. Obecně lze ale pracovat s předpokladem, že VO pracuje v časech dle obr.13, například 14. 5. 2017 by mělo napájení VO napájet panel, resp. dobíjet baterii přibližně 7h a respektuje délku noci v průběhu roku.



Obr. 13: Typové diagramy dodávky pro den 14. 5. 2017- pro napájení VO (TDD8 – fialový) [13]

3.1 Parametry baterie

Detailní technickou specifikaci použitého typu baterie obsahuje příloha číslo 1. Jedná se o 6ti článkovou, 12V baterii CSB EVX 12300 o kapacitě 30Ah, použitá technologie elektrolytu je AGM. Maximální krátkodobé (5s max.) proudové zatížení je 400A. Rozsah pracovních teplot od -15°C do $+40^{\circ}\text{C}$ pro skladování a nabíjení, do $+50^{\circ}\text{C}$ pro vybití. Hmotnost 10,4Kg.



Obr. 14: Akumulátor (baterie) CSB EVX12300, 12V, 30Ah, zapuštěný závit M5 [14]

3.2 Popis vzorku

Pro měření jsme obstarali čtyři vzorky výše uvedených baterií. Od úplně nové – vzorek číslo 1, po baterii vyřazenou pro ztrátu možnosti nabití.



Obr. 15: Vzorky 1-4 - CSB EVX12300 před testem [15]

Tab.3: Vzorky baterií použité pro test

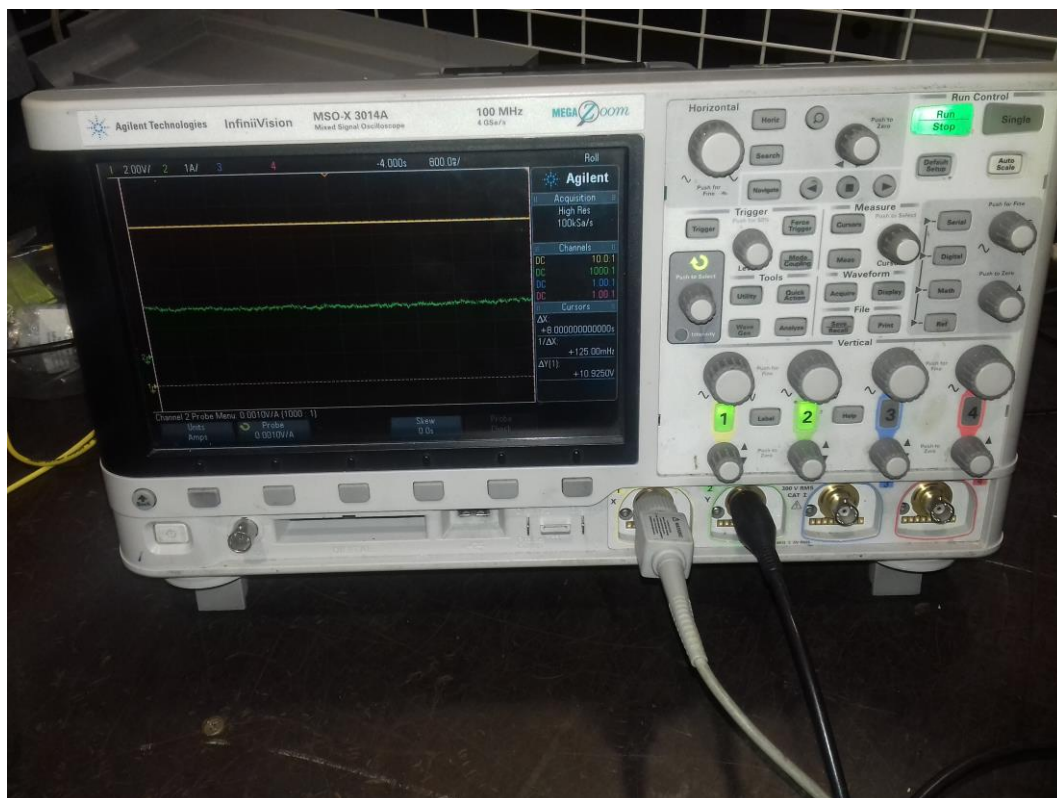
#vzorek	Datum výroby - dávka (rr,mm,dd,xxx)	Počet cyklů (předpoklad)	Stav
#1	161024K21	0	Nová
#2	140205K21	950	Plně funkční použitá
#3	080311K22	2 010	Výpadky funkce, krátká výdrž
#4	080311K22	2 500	Malý nabíjecí proud, nemožnost nabití

3.3 Použité přístroje

Seznam použitých přístrojů a zařízení je v následující přehledové tabulce.

Tab. 4: seznam použitých přístrojů

přístroj	výrobce	typ	kalibrace platná do:	poznámka - příslušenství
osciloskop	Agilent Technologies	MSO-X 3014A	02/2018	proudová sonda Chauvin Arnoux – E3N, napěťová sonda Agilent N2862B
dataloger	GRAPHTEC	GL900	11/2018	proudová sonda Chauvin Arnoux – E3N, 8GB USB memory stick
multimetr	MASTECH	MS8218	01/2018	Měřicí šňůry s banánky 90°
napájecí zdroj	MEAN WELL	SP-150-15	N/A	viz. datasheet - příloha 2
modul nabíjení	NWK-TECHNOLOGY s.r.o.	IPR1N	N/A	modul pro řízení nabíjení, ochrana před hlubokým vybitím, selektor pro případ dobíjení přepíná zátěž na dodávku energií přímo z napájecího zdroje
výkonový 1Ω rezistor	N/A	AX20W 1R00	N/A	6ks Rezistor drátový - 20W (+/-5%); keramické tělísko; axiální vývody; 13x13x64mm



Obr. 16 - Osciloskop Agilent Technologies - MSO-X 3014A [16]



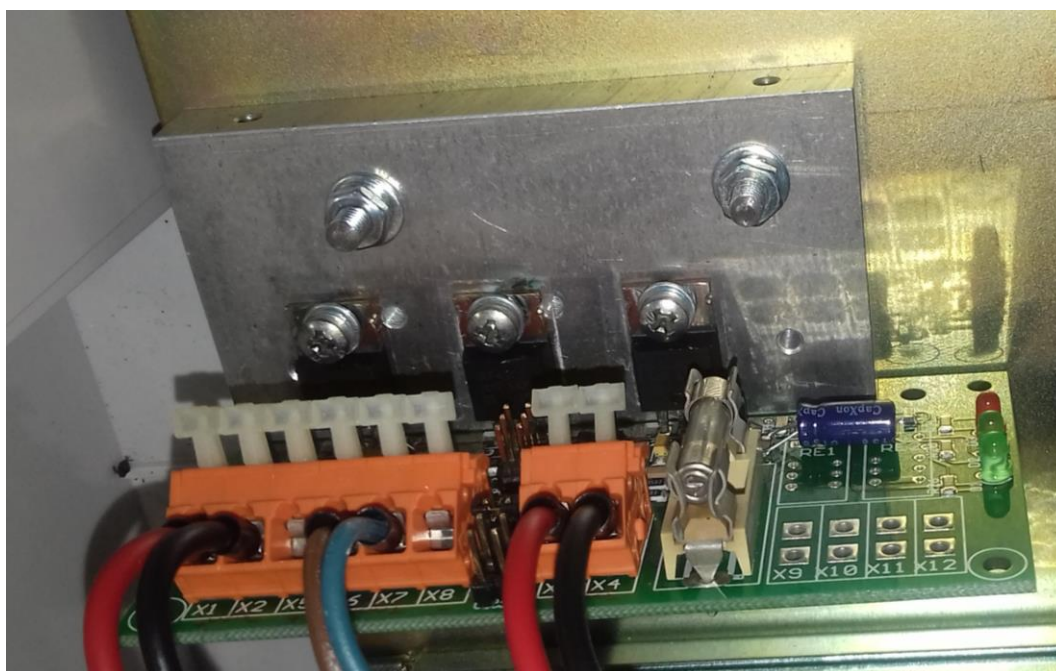
Obr. 17 - Dataloger GRAPHTEC GL900 během měření - vzorkování 2s [17]



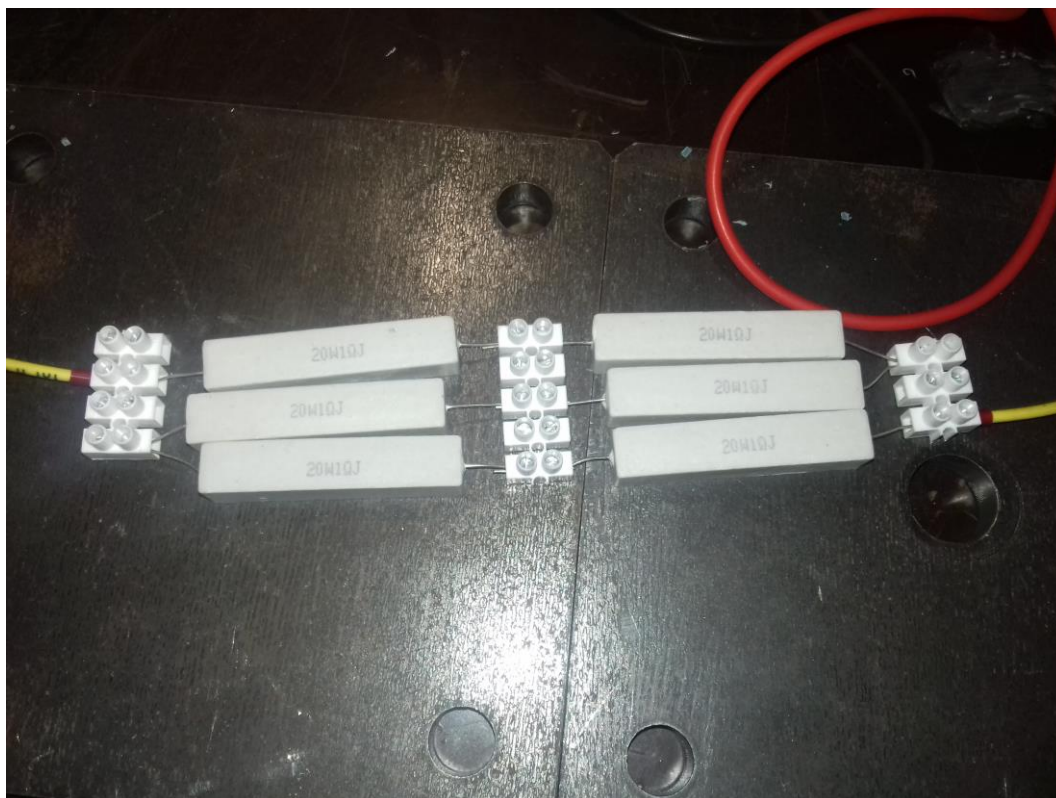
Obr. 18 - Multimetr MASTECH 8218 – měření napětí U_{nbat}



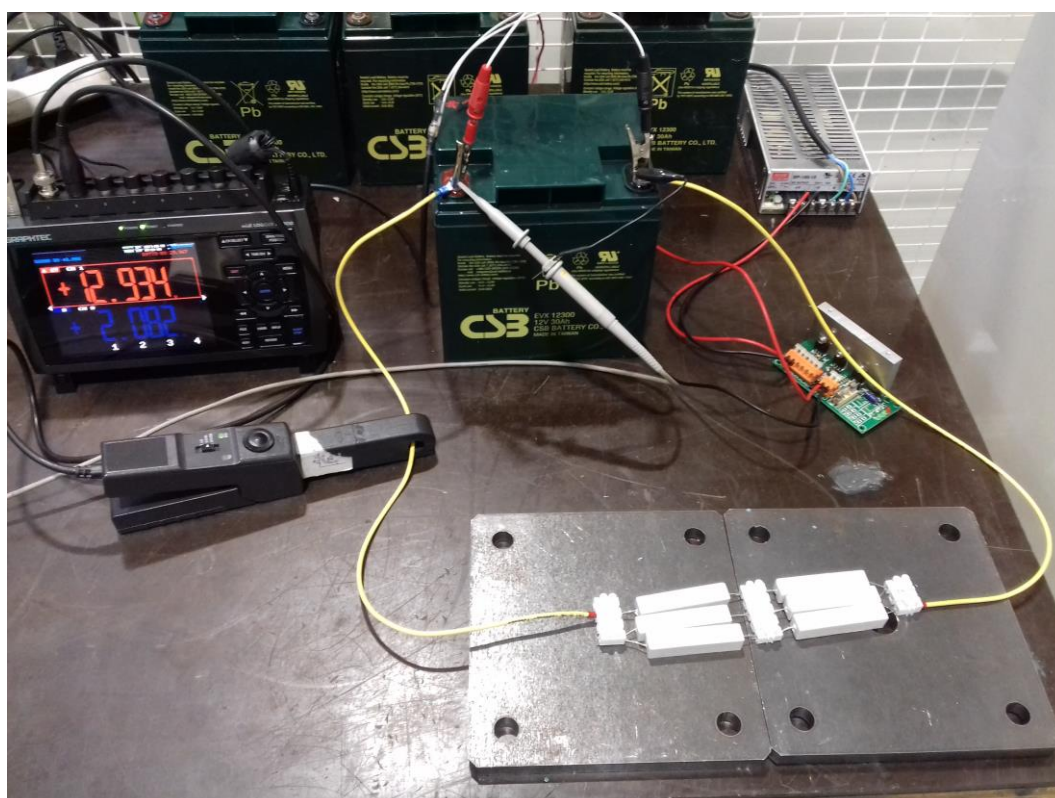
Obr. 19 - Štítek napájecího zdroje MEAN WELL 15V DC / 150W [19]



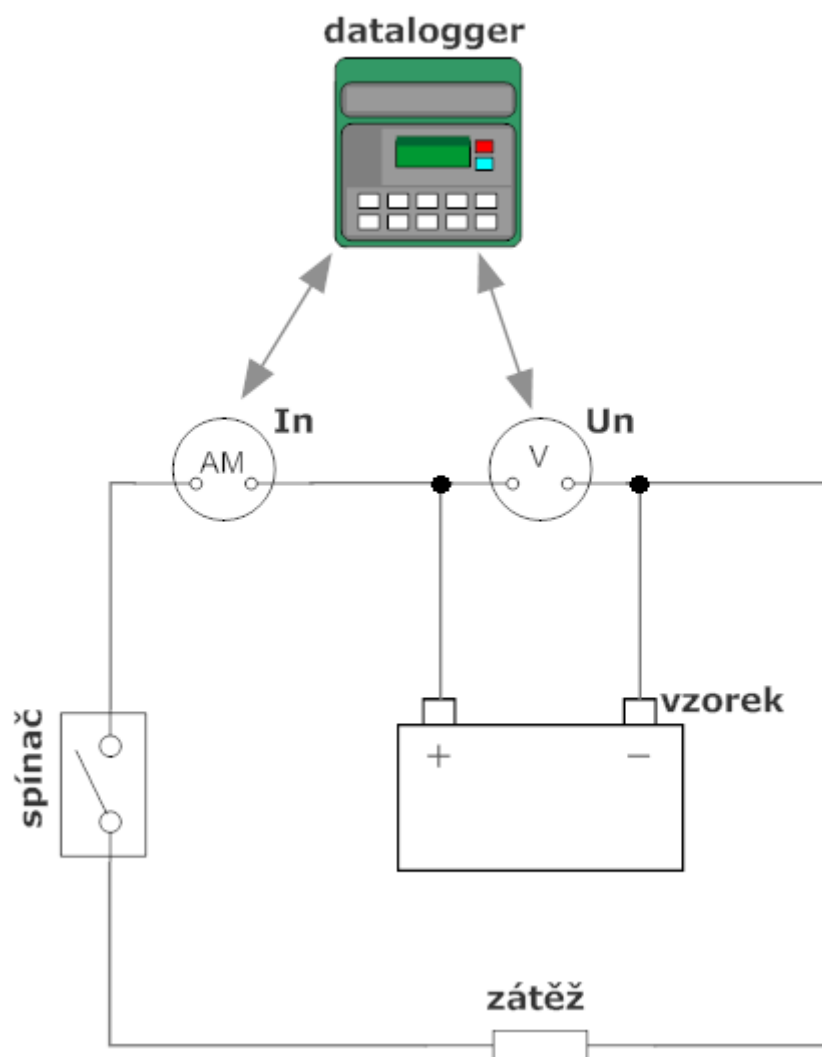
Obr. 20 - Modul nabíjení od NWK-TECHNOLOGY s.r.o. - typ IPR1N [20]



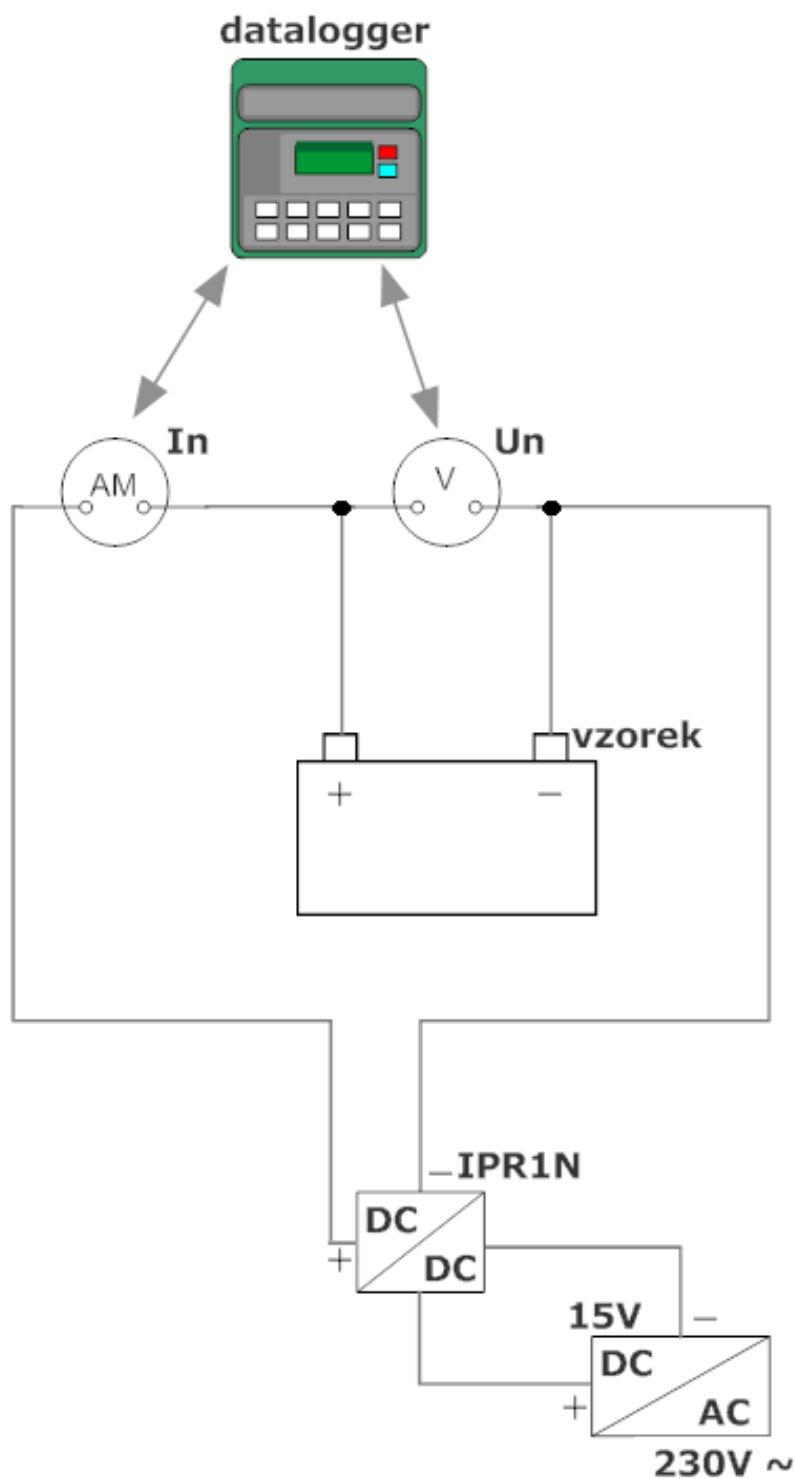
Obr. 21 - Odporová zátěž složená ze 6ti ks AX20W 1R00 – položená na chladiči [21]



Obr. 22 - Měření a záznam VA během vybíjení vzorku #1 – zátěž 6Ω [22]



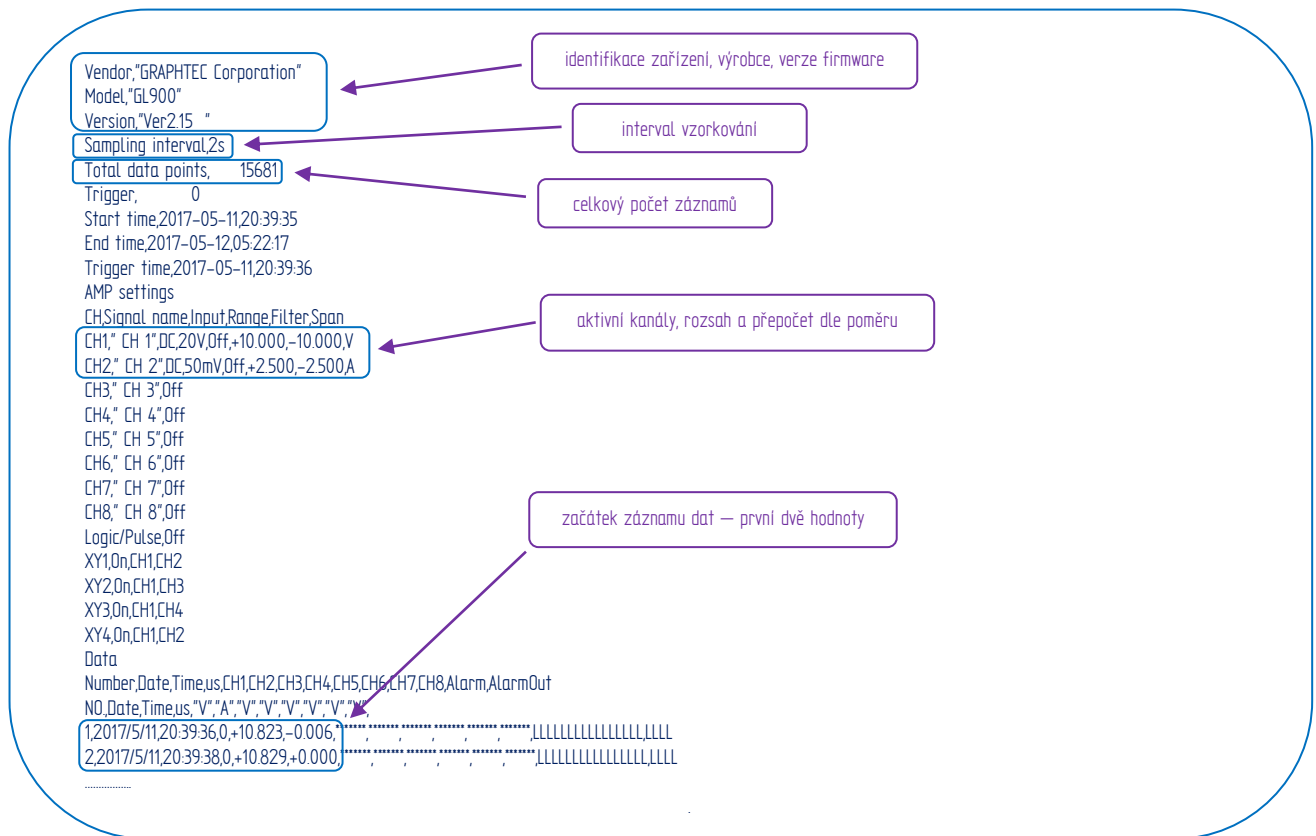
Obr. 23: Schéma zapojení měření VA charakteristiky pro vybíjení [23]



Obr. 24: Schéma zapojení měření VA charakteristiky pro nabíjení [24]

3.4 Naměřená data

Datalogger GRAPHTEC GL900 byl osazen přímým měřením napětí na kanálu 1 a měření proudu pomocí proudové sondy E3N na kanálu 2 a to v poměru 10mV/A. Protože byla k bateriím vždy připojována pouze statická odporová zátěž 6 nebo 4Ω, je plně dostačující frekvence vzorkování a následného záznamu na vložený USB Flashdisk v intervalu 2s. Interval 0,1ms byl použit pro měření na vzorcích 3 a 4, kde byl pokles napětí a proudu velice rychlý a bylo třeba vzorkovat častěji. Výstupem záznamu je CSV soubor s následující organizací dat.



Obr. 25: Ukázka organizace dat v CSV hlavičce souboru zaznamenaného datalogerem [25]

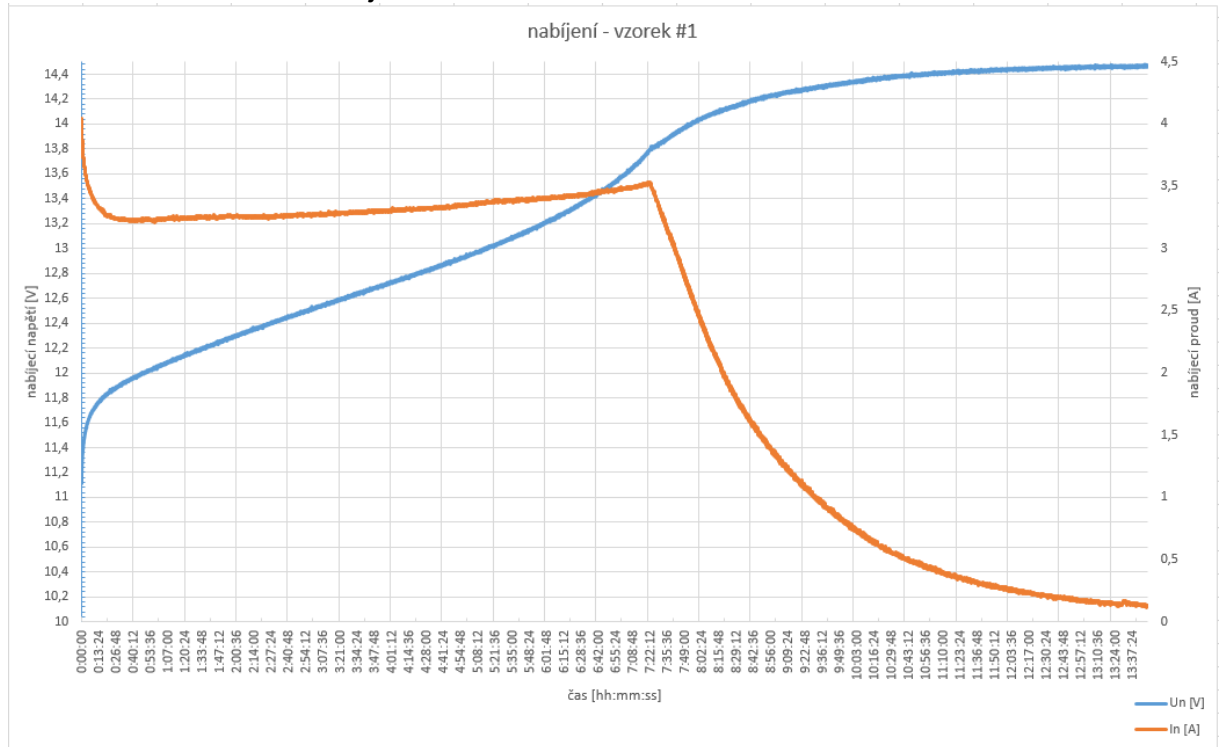
3.4.1 Seznam provedených měření

Tab.4: seznam provedených měření v pokojové teplotě

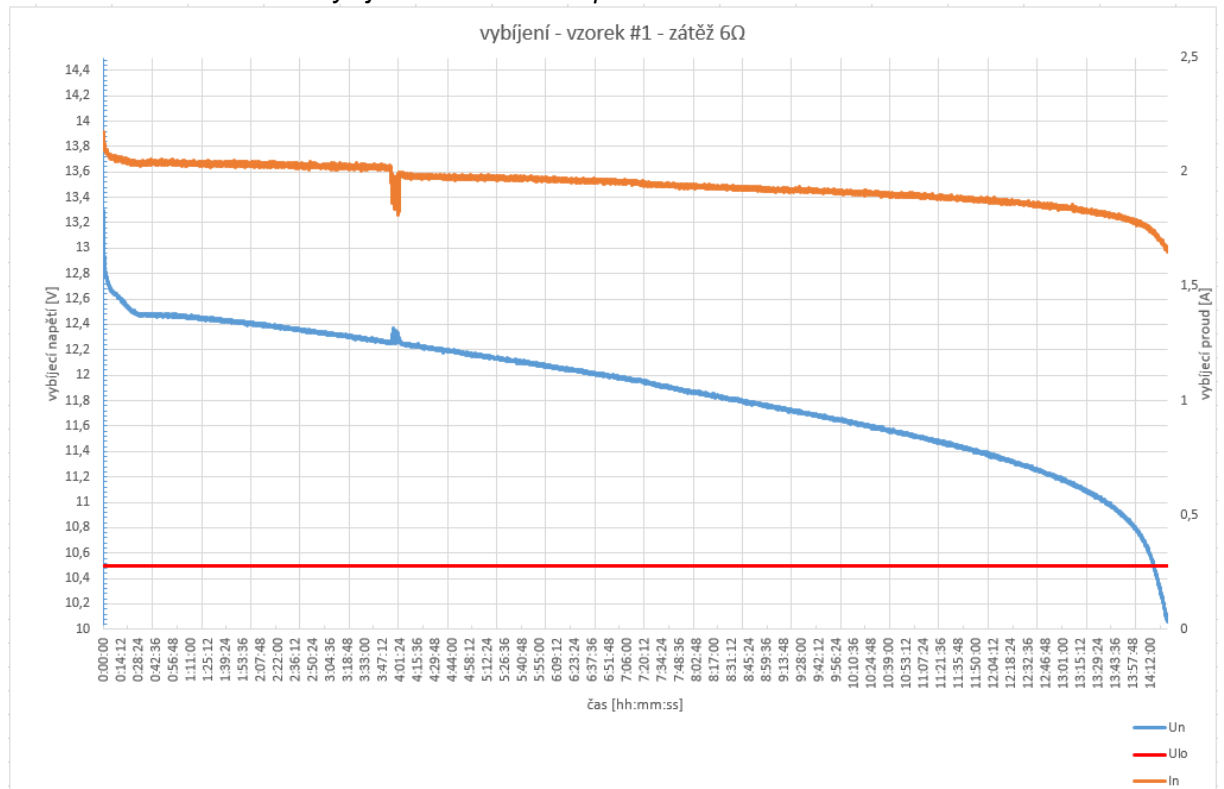
směr měření	vzorek	csv soubor / graf	počet záznamů / interval [s]	zátěž [Ω]	popis	stav baterie
nabíjení	#1	170515-130112_U1.CSV / 1	24 917 /2	N/A	nabíjení baterie ze stavu Un 10,8 do 14,2V	OK
vybíjení	#1	170512-072912_U1discharge#1work.CSV / 2	25 976 /2	6	vybíjení baterie ze stavu plného nabití 1hodinu po dokončení nabíjecího cyklu	OK
vybíjení	#1	170516-063547_U1upd workfinal.CSV /3	17 895 /2	4	vybíjení baterie ze stavu plného nabití 1hodinu po dokončení nabíjecího cyklu	OK
nabíjení	#2	170511-203935_U1upd.CSV /4	15 680 /2	N/A	nabíjení baterie ze stavu Un 10,8 do 14,2V	OK
vybíjení	#2	170518-051916_U1 –work.CSV /5	26 628 /2	6	vybíjení baterie ze stavu plného nabití 1hodinu po dokončení nabíjecího cyklu	OK
vybíjení	#2	170517-073438_U1 – work.CSV /6	18 009 /2	4	vybíjení baterie ze stavu plného nabití 1hodinu po dokončení nabíjecího cyklu	OK
vybíjení	#2	170517-073214_U1work.CSV /7	414 /0,1	N/A	samovybíjení baterie měření poklesu Un ihned po dokončení nabíjecího cyklu do stabilizovaného stavu	OK
nabíjení	#3	170518-201133_U1 – kopiework.CSV /8	1 382 /0,1	N/A	nabíjení baterie ze stavu Un 10,8 do 14,2V	NOK
vybíjení	#3	170517-073214_U1work.CSV /9	404 /0,1	4	vybíjení baterie ze stavu plného nabití 1hodinu po dokončení nabíjecího cyklu	NOK
nabíjení	#4	170518-211613_U1.CSV /10	92 283 /0,1	N/A	nabíjení baterie ze stavu Un 10,8 do 14,2V	NOK
vybíjení	#4	170518-201515_U1.CSV /11	35 530 /0,1	6	Pokus o vybíjení baterie ze stavu po nabití dokončení nabíjecího cyklu	NOK

3.4.2 Grafy prezentující naměřená data

Graf 1: VA charakteristika nabíjení vzorku #1

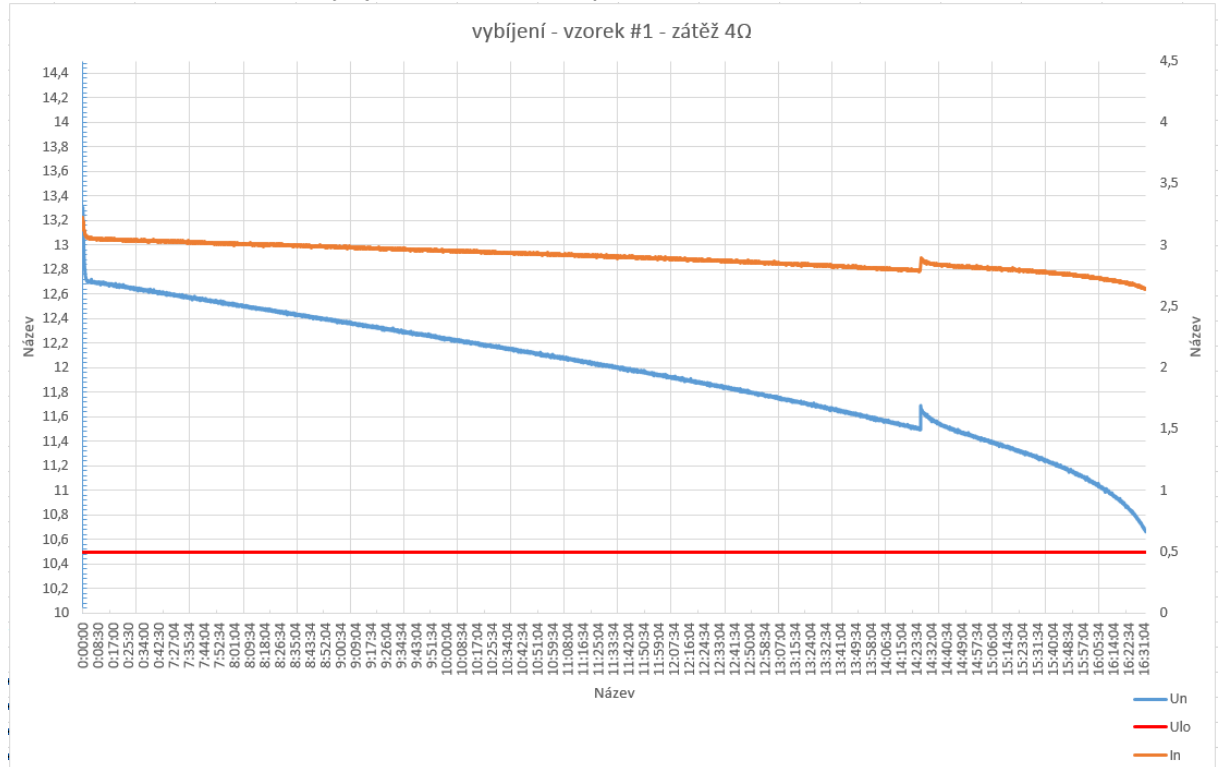


Graf 2: VA charakteristika vybíjení vzorku #1 – odporová zátěž 6Ω



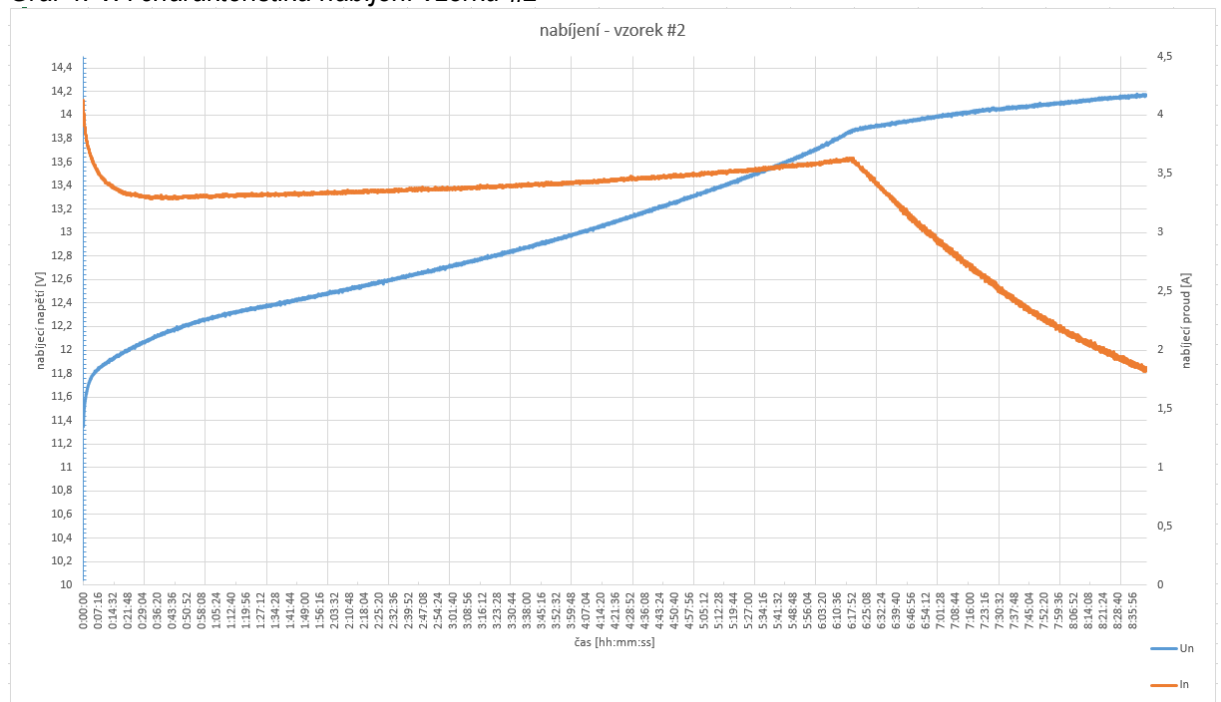
Pozn.: peaky na cca 4. hodině jsou následkem opravy odporové zátěže

Graf 3: VA charakteristika vybíjení vzorku #1 – odporová zátěž 4Ω

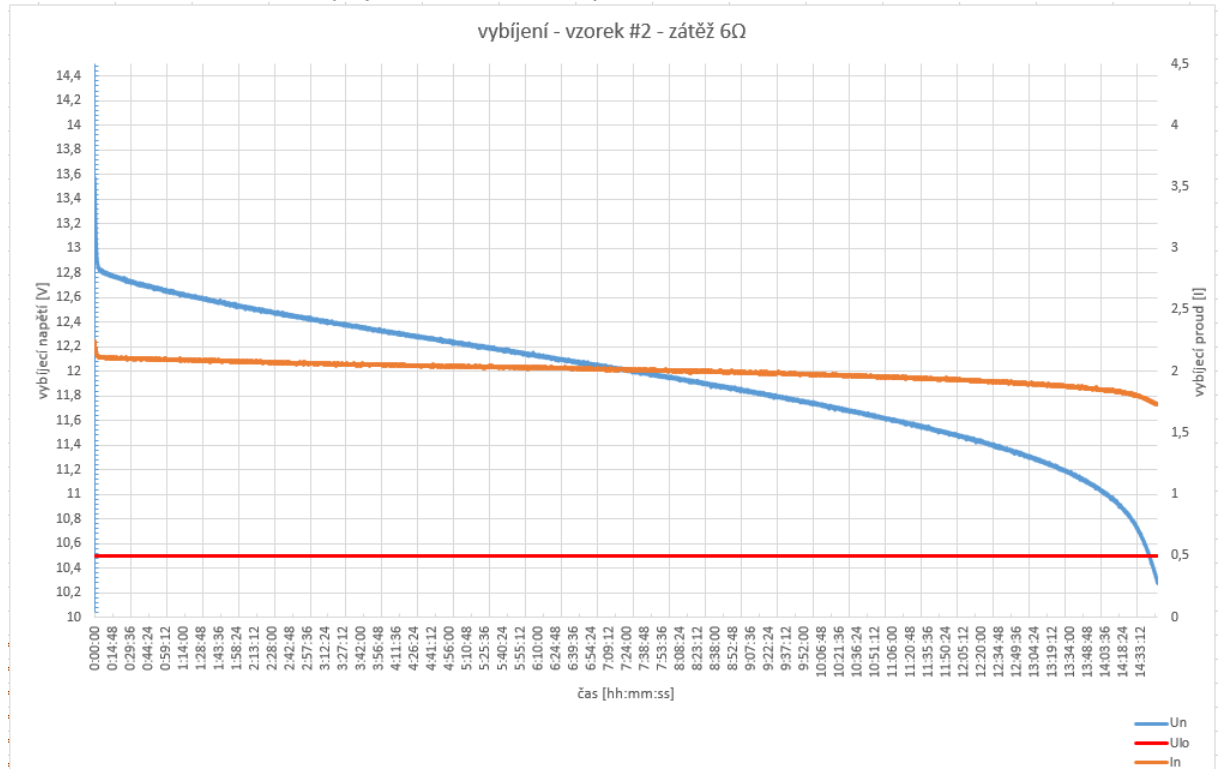


Pozn.: peaky na cca 14. Hodině jsou následkem přerušování měření (baterie se mírně zregenerovala, zátěžové odpory vychladly)

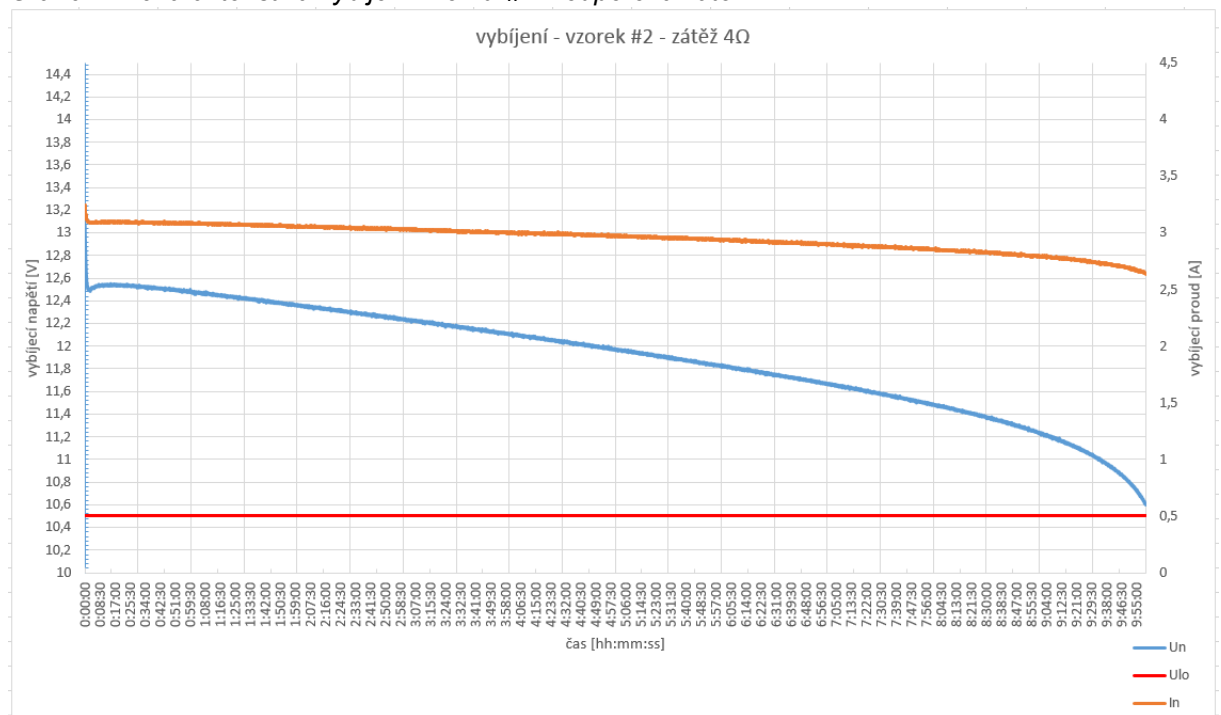
Graf 4: VA charakteristika nabíjení vzorku #2



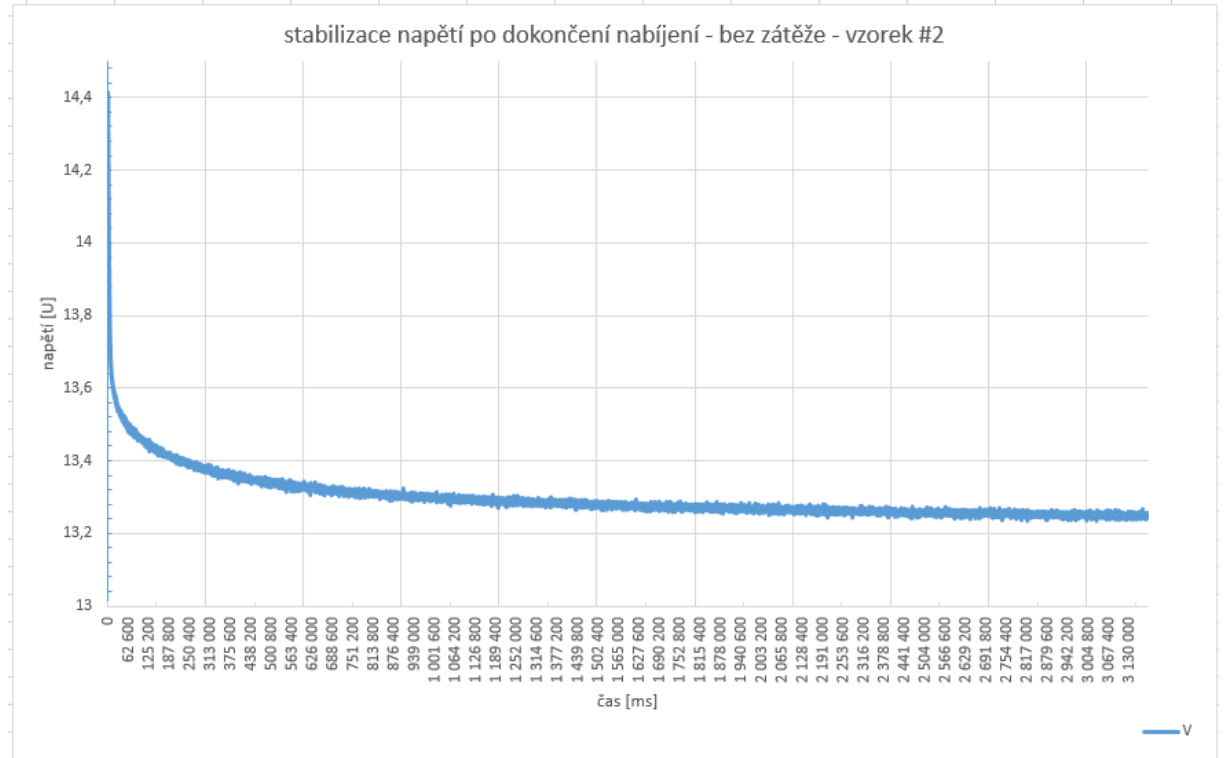
Graf 5: VA charakteristika vybíjení vzorku #2 – odporová zátěž 6Ω



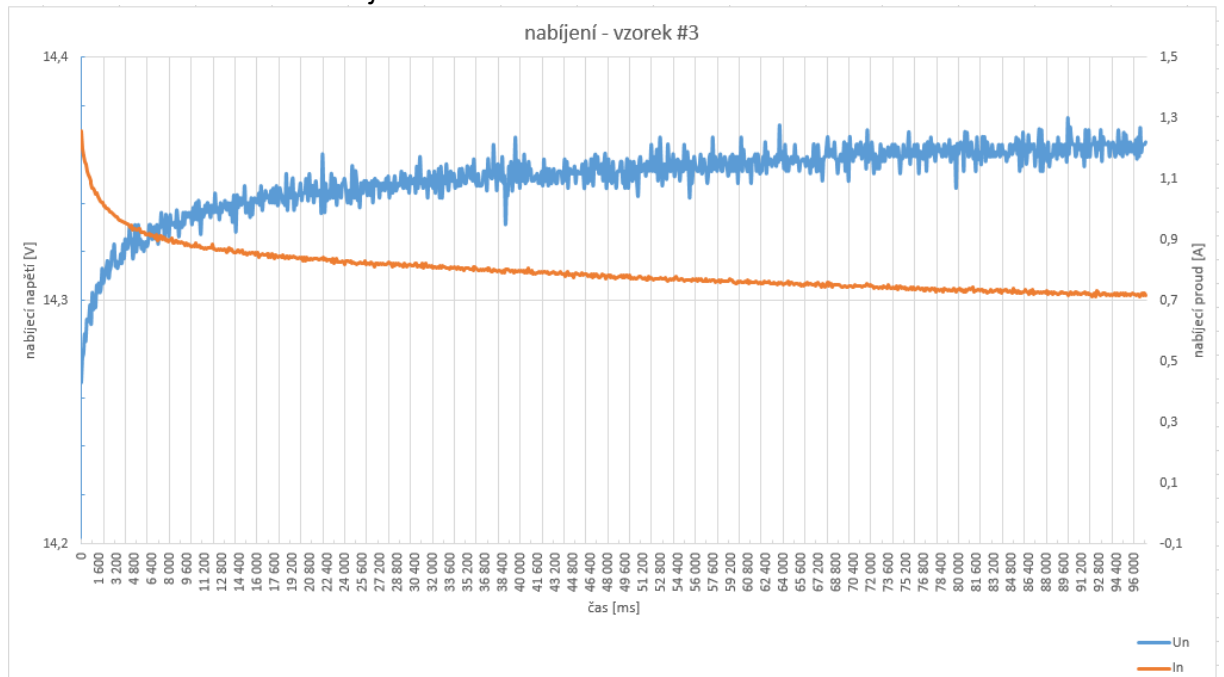
Graf 6: VA charakteristika vybíjení vzorku #2 – odporová zátěž 4Ω



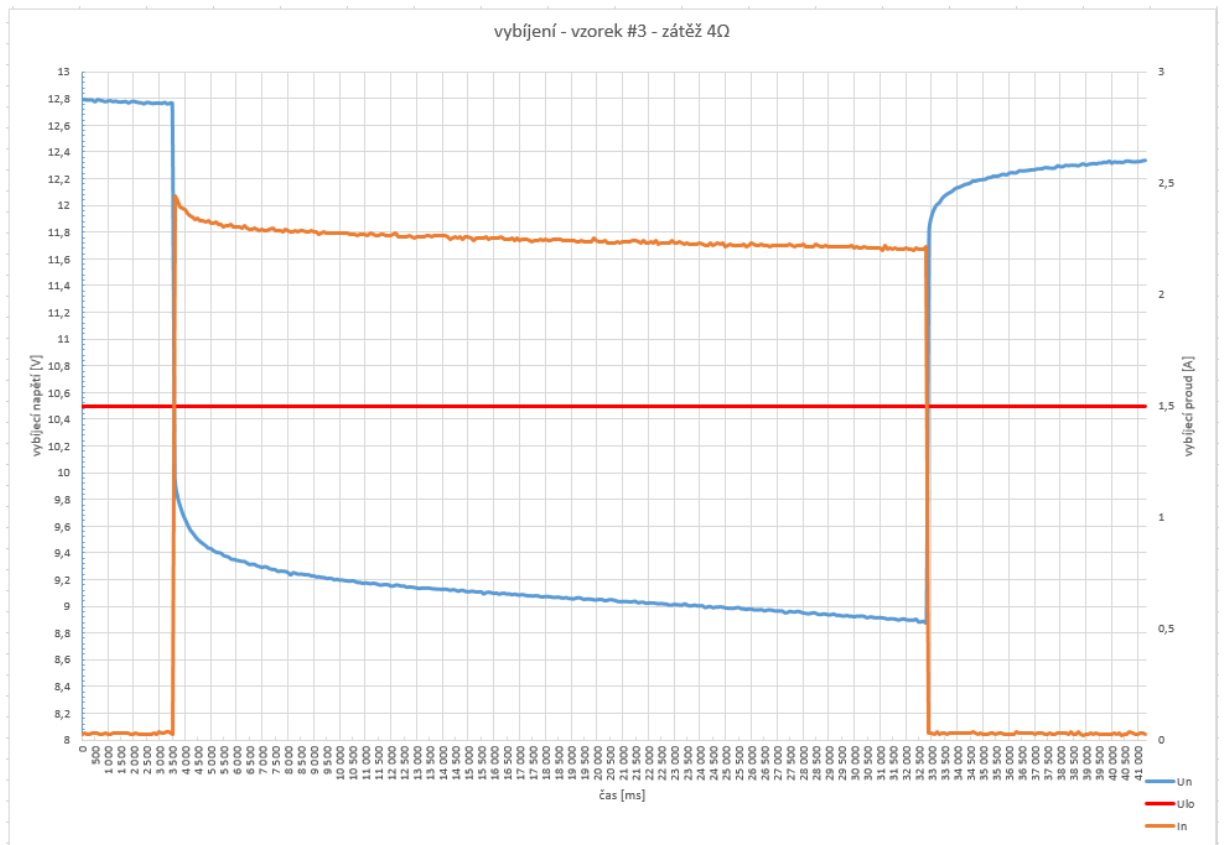
Graf 7: pokles napětí na vzorku #2 – těsně po ukončení nabíjení – bez zátěže



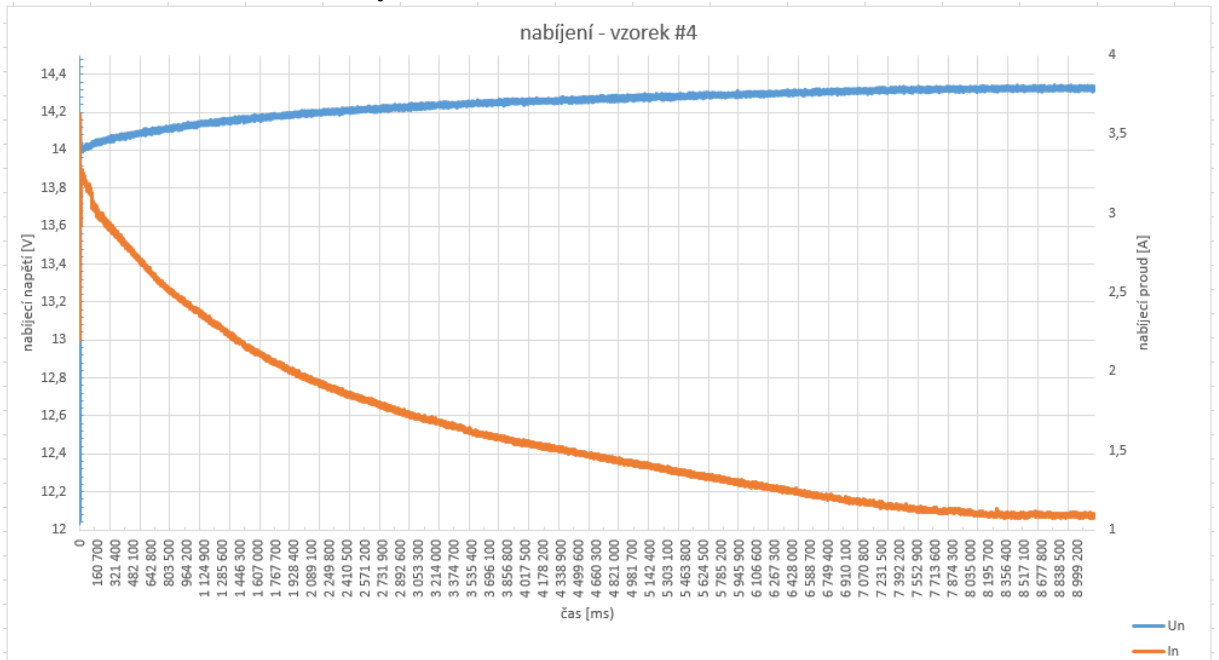
Graf 8: VA charakteristika nabíjení vzorku #3



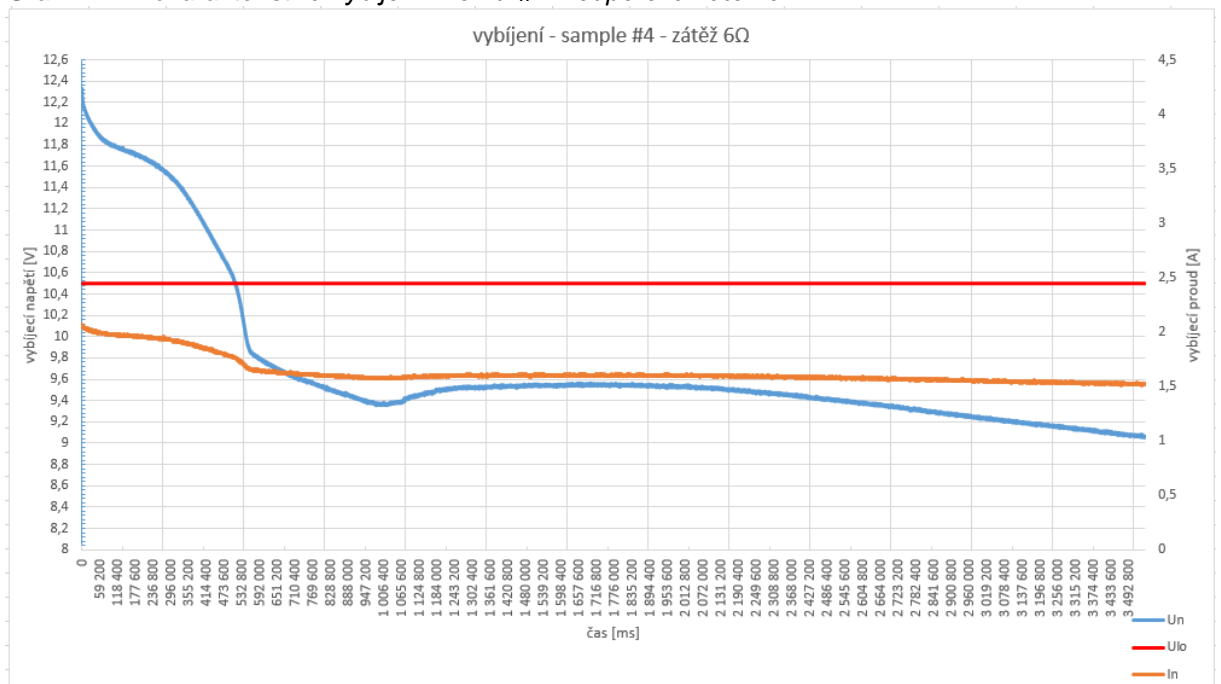
Graf 9: VA charakteristika vybíjení vzorku #3 – odporová zátěž 4Ω



Graf 10: VA charakteristika nabíjení vzorku #4



Graf 11: VA charakteristika vybíjení vzorku #4 – odporová zátěž 6Ω



3.4.3 Vyhodnocení dat

V provedeném experimentu byla vždy použita konstantní odporová zátěž 6 a 4Ω , pokud zanedbáme změnu odporu způsobenou změnou teploty. Takové zatížení ale neodpovídá naprosté většině reálných použití, včetně našeho, kdy se příkon panelu rychlosti může blížit i ke 40W. Z tohoto důvodu by bylo zřejmě lepší se orientovat na sledování fáze nabíjení, která by měla vždy probíhat za poměrně známých podmínek. Použitou metodu měření lze využít i k ověření aktuální kapacity baterie a při porovnání výkonu dodaného při nabíjení a odebraného při vybíjení, známe i účinnost jednoho cyklu, respektive ztráty při nabíjení. V případě, kdy se vybitá baterie, s napětím pod 11V začne nabíjet a napětí na ní relativně rychle naroste, oproti proudu v řádu stovek mA (případ vzorku #3 a #4), jde o jistou charakteristiku baterie na konci svého života a lze odevzdat k recyklaci. Správný průběh nabíjení lze vidět např. v grafu 1 – vzorek #1, kde napětí roste cca 0,4V za 1h a proud se pohybuje okolo 3,5A. Obdobný graf je patrný i u vzorku #2, kde bylo nabíjení ukončeno při dosažení napětí 14,2V, ale do této doby je průběh se vzorkem #1 srovnatelný.

3.4.4 Vliv teploty na provozní stavy olověných baterií

Teplota je velice podstatná podmínka pro provoz a skladování olověných baterií. Protože jsme měli k dispozici pouze průmyslový mrazák s konstantní teplotou -40°C , (viz. datasheet výrobce baterie min. -15°C), a protože víme, že vybitá baterie je na záporné teploty velice choulostivá, od tohoto extrémního testu jsme ustoupili. Pro případ teplot kladných nad teplotu pokojovou jsme test opět nedělali, tentokrát z bezpečnostních důvodů, vyžadovaných pravidly laboratoře, kde testování probíhalo. Nicméně víme, že vyšší teploty mají negativní vliv na samovybíjení nabitých článků. Podstatnou příčinou tepelných změn je teplo, které se uvolňuje nebo spotřebovává během elektrochemických jevů, další část je způsobena ohmickými ztrátami v kovových dílech – elektrodách, v elektrolytu, případně dalších součástkách, to vše platí pro proces nabíjení i vybíjení. Se snižující teplotou baterie se zvyšuje její vnitřní odpor, to má za důsledek nižší dosažitelný „startovací“ proud. Toto bude zohledněno v návrhu řešení sledovacího zařízení, které bude připraveno na kontrolu teploty okolí i samotné baterie.

3.4.5 Porovnání modelu baterie s realitou

Pokud se vrátíme k modelu navrženému v kapitole 2.2, lze konstatovat, že co do funkce není rozdíl mezi jedním článkem a sériovým spojením libovolného počtu stejných článků, pro dosažení požadovaného napětí. Toto platí v případě, že kapacita a vnitřní odpor článku je vždy stejný jako u ostatních. U velkých baterií nám bude rozdíl vznikat hlavně na člancích uvnitř bloku baterie, které se nebudou chladit tak jako krajní a tím pádem budou nerovnoměrné teplotní podmínky. Jinak lze náhradní model z obrázku 12 prohlásit za odpovídající chování reálné baterie, kterou jsme měřili. Opotřebením článku v průběhu života lze popsat hlavně jako nárůst vnitřního odporu, což má za důsledek větší ztráty uvnitř baterie, menší maximální dosažitelný proud, nižší svorkové napětí pod zatížením, delší dobu nabíjení. Dalším negativním efektem je sulfatace, která snižuje aktivní plochy elektrod a tím pádem i zásadně snižuje kapacitu baterie, dále dělá potíže při nabíjení, kdy napětí narůstá rychleji než by mělo, proud je nízký a lokálně může docházet k ještě větší degradaci elektrolytu, než sama sulfatace již způsobila (viz grafy 8 a 10, tyto baterie jsou již k nepotřebě).

4 Návrh zařízení pro diagnostiku provozních stavů baterie

Na základě provedených měření a v kontrastu s realitou stojíme před návrhem zařízení, které bude monitorovat stav napětí a proudu při nabíjení, šlo by i vybíjení, pokud to bude nějakým způsobem uchopitelné, v našem případě tento směr sledovat nebudeme. Zároveň bude počítat cykly nabití / vybití. Dalším podstatným parametrem je teplota samotné baterie a teplota okolí, které mají na průběh fází nabíjení a vybíjení podstatný vliv a i sami o sobě nám o stavu baterie mohou také dost prozradit.

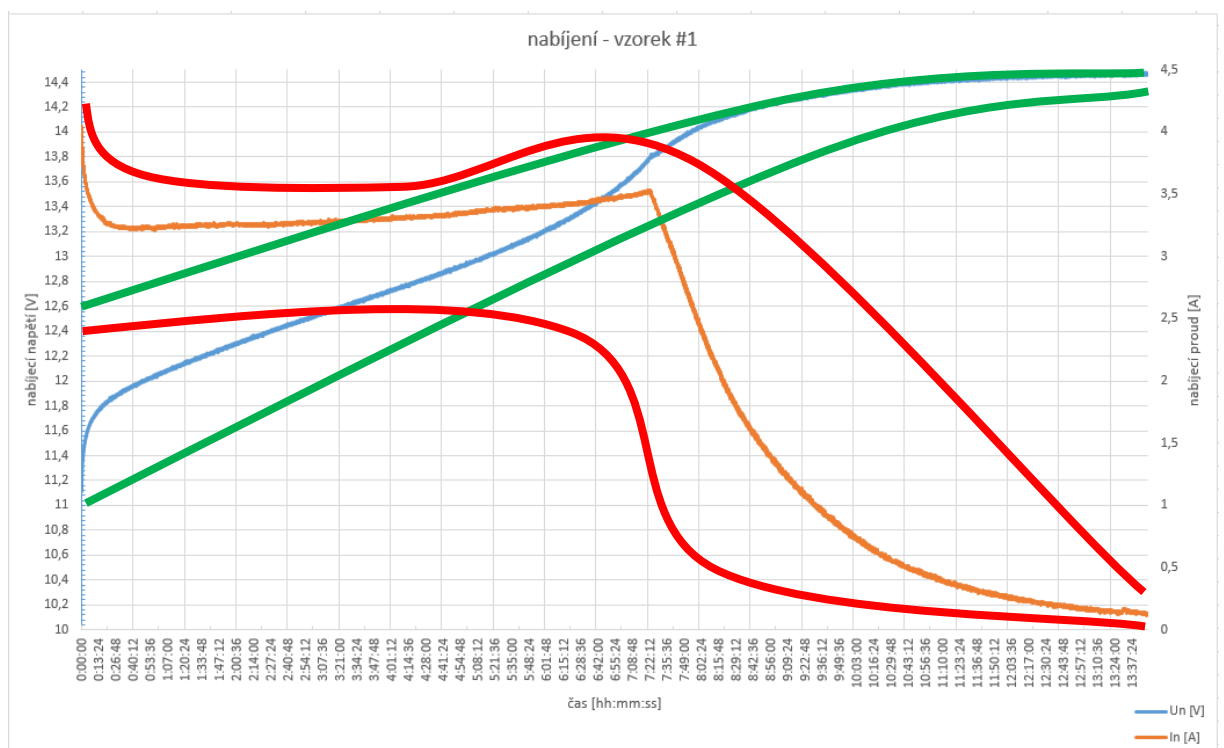
4.1 Sledované parametry

Tab.:5 sledované parametry

Veličina	Jednotka	Typ parametru
Nabíjecí napětí U_{na}	[V]	Stěžejní parametr
Nabíjecí proud I_{na}	[A]	Stěžejní parametr
Čas nabíjení T_{na}	[s]	Stěžejní parametr
Teplota baterie T_b	[°C]	Bezpečnostní parametr
Teplota okolí T_o	[°C]	Stěžejní parametr
Počet cyklů baterie	[n]	Stěžejní parametr

4.2 Metoda sledování

Jestliže známe profil napětí a proudu, včetně teploty okolí, můžeme určit limitní hodnoty, v jejichž mezích bude konkrétní aktuální průběh porovnáván s reálným uloženým měřením a bude vyhodnocován jako OK, ve chvíli, kdy některý z parametrů vybočí z profilu (pro jehož základ bude sloužit celý set měření, kde bude vidět vliv teploty, počet cyklu... atp.), bude odeslána informace prostřednictvím GSM modulu o druhu závady, případně četnosti výskytu včas, než dojde ke kolapsu napájení a fatálnímu vypnutí zařízení.



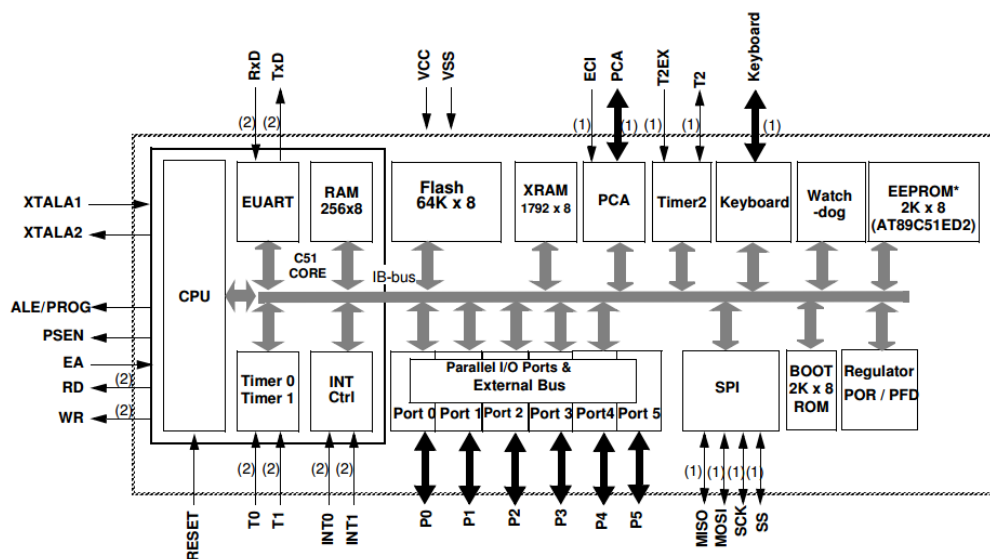
Obr.: 26 Definice mezních profilů pro napětí (zelený) a proud (červený) platný pro prvních 500 cyklů a pro teplotu 10 – 30°C [26]

4.3 Použitelné komponenty

Protože se jedná o obecný návrh, budou i komponenty vybírány obecně, primárně s přihlédnutím k principu, který nebude ovlivňovat měřený obvod. Jde o technicky poměrně komplikované zařízení, nebudeme uvažovat řešení pomocí analogových obvodů, ale pomocí mikroprocesoru.

4.3.1 Mikroprocesor

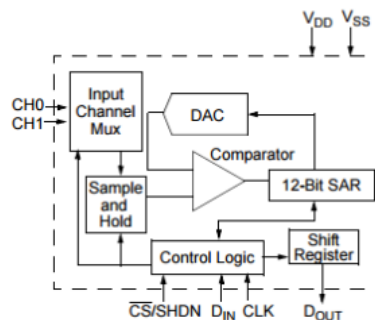
Potřebujeme procesor, který obsahuje alespoň 4x A/D převodník (napětí, proud, 2x teplota) – popřípadě externí, má dostatečně velkou paměť pro práci se vzorovými profily a má možnost sériové komunikace jako třeba UART, která mu umožní komunikovat s GSM modulem a odesílat hlášení o stavu. Jako použitelná alternativa se jeví 8bit mikroprocesor od ATMELu - AT89C51ED2, který je třeba doosadit A/D převodníky, ale jinak splňuje naše potřeby.



Obr.: 27 Blokové schéma mikroprocesoru ATMEL AT89C51ED2 [27]

4.3.2 A/D převodníky

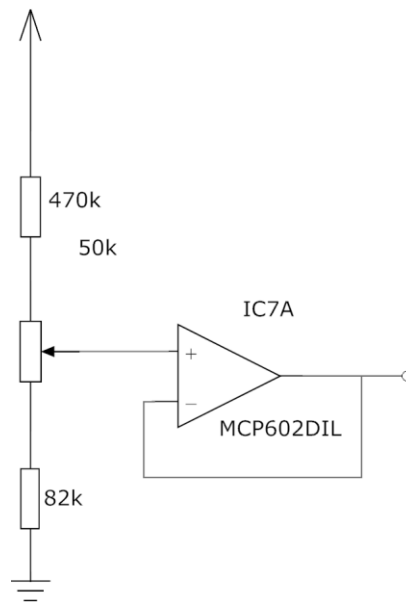
A/D převodník je komponenta, která nám umožní převést analogovou hodnotu napětí na hodnotu digitální. V tomto případě můžeme použít dvoukanálový převodník MCP3202, takže bychom si vystačili s dvěma kusy



Obr.: 28 Blokové schéma A/D převodníku MCP3202 [28]

4.3.3 Měření napětí

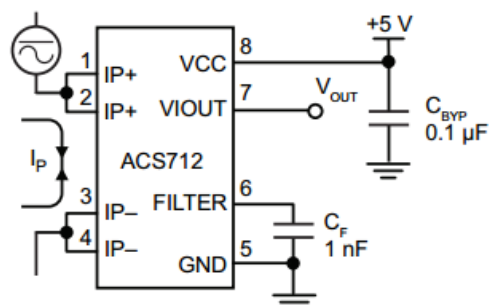
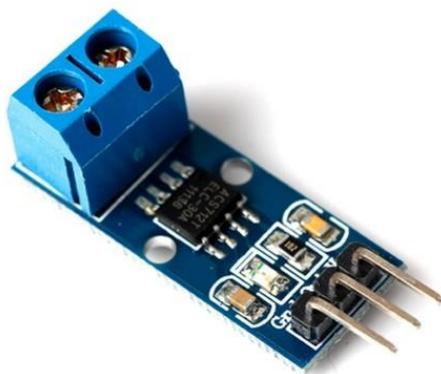
Potřebujeme měřit napětí v rozsahu 0-15V DC, musíme tuto hodnotu snížit pod maximální přípustné vstupní napětí pro A/D převodník. Cílem je co nejméně zatížit měřený obvod. Jako vhodné řešení se nabízí použití nesymetrického operačního zesilovače MCP602. Napětí rozdělíme taktéž děličem, který vydělí hodnotu 6ti, to znamená, že se budeme na vstupu do OZ pohybovat v rozmezí 0-2,5V.



Obr.: 29 Přizpůsobení měřeného napětí pomocí OZ [29]

4.3.4 Měření proudu

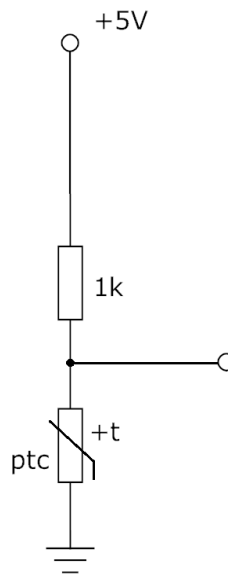
Proud by bylo nejjednodušší měřit bočníkem, nicméně tento by nám kontinuálně zkresloval přenos energie a tak by bylo lepší použít Hallovu sondu, například ACS712.



Obr.: 30 ACS712 – Hallova sonda pro měření proudu [30]

4.3.5 Měření teploty

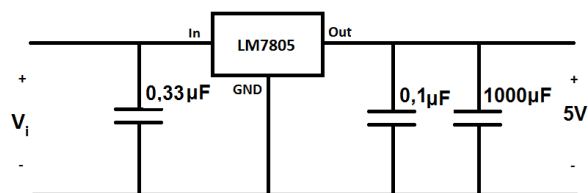
Pro měření teploty lze opět využít odporový dělič. Samotné snímání teploty by mohlo být realizováno pomocí lineárního PTC, například KTY/81-121, s teplotním rozsahem od -55 do $+150^{\circ}\text{C}$.



Obr.: 31 Zapojení PTC snímače teploty s výstupem pro A/D převodník [31]

4.3.6 Stabilizace napětí +5V

System měření také potřebuje být napájen, protože všechny použité komponenty mohou pracovat na $+5\text{V DC}$, návrh také zahrnuje úpravu tohoto napětí z provozního napětí baterie. V návrhu je tedy napěťová stabilizace pomocí LM7805.



Obr.: 32 Zapojení stabilizátoru napětí [32]

4.3.7 GSM modul

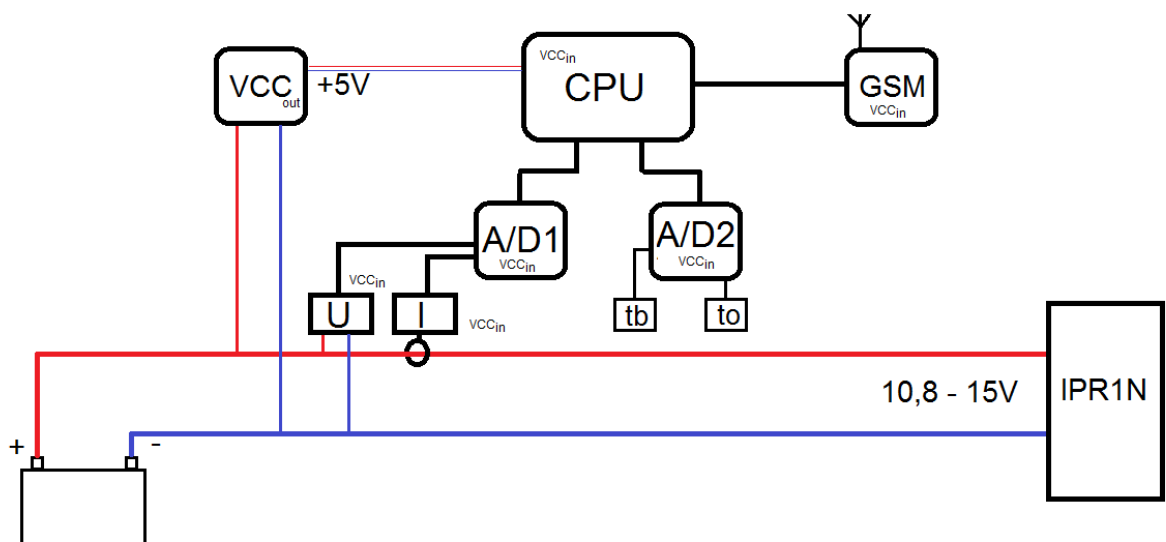
Zvolený mikroprocesor disponuje UART rozhraním, takže je již pouze otázkou software a databáze hlášení, která může pomocí GSM modulu posílat na dohledový personál. Vybraný model - GSM SIEMENS TC35 SMS Module Board.



Obr.: 33 - GSM SIEMENS TC35 SMS Module Board (UART+RS232 interface) [33]

4.3.8 Blokové schéma návrhu

Z jednotlivých komponent by již neměl být problém sestavit funkční HW, nicméně mikroprocesor je třeba naprogramovat a „naučit“ ho správné průběhy a povolené odchylky.



Obr.: 34 – Blokové schéma návrhu zařízení

5 Závěr

Obecná rešeršní část práce popsala základní metody a principy akumulace elektrické energie a to nejen využitelné pro ostrovní provoz, ale všechny - v současné době nejrozšířenější. Největší problém, se kterým se lidstvo při výrobě elektrické energie potýká, je predikce spotřeby a tomu odpovídající plán výroby, akumulace jako taková nikdy nebude bez ztrát a téměř vždy jde o poměrně zásadní investice. Jsou samozřejmě instalace, kde akumulace do olověného akumulátoru má stále své opodstatnění, zejména z důvodu velkých „startovacích“ proudů a stále i díky cenové dostupnosti. Z uvedeného ale plyne, že tato technologie má své limity a při souhře několika faktorů, můžeme baterii poměrně snadno a nenávratně zničit, stačí například, když ji v nenabitém stavu zastihne mráz.

Konstrukce článku a následně i baterie urazila od roku 1859, kdy byl článek vynalezen, velký kus cesty, zde uvedený fyzikální model ale platil již tehdy a při respektování Ohmova zákona, popřípadě druhého Kirchhoffova zákona o smyčkových napětích, jsme schopni dopočítat vnitřní odpor baterie, nebo ztráty způsobené samovybíjením.

Vlastní měření bylo časově poměrně náročné, výsledkem je 11 datových souborů, ze kterých byly generovány grafy a data tak lze přehledně číst. Jsou zde vyšetřeny průběhy nové, 100% zdravé baterie, ale i baterie, kterou již nelze použít a je odsouzena k recyklaci. Z hodnot napětí a proudu během nabíjení, a stejných veličin při vybíjení lze snadno dopočítat energetické toky – výkony, a to v obou směrech, včetně vyčíslení ztrát. Všechny tyto odměřené případy budou jen sotva stačit k přesnému odhadu a definici celého průběhu degradace a změn, kterými je akumulátor během svého života postižen, ale dokládají, že tyto změny se dějí a že je to cesta. Za nejpodstatnější formu degradace lze označit sulfataci. Naměřená data posloužila k vytipování stěžejních parametrů, které jsou zařazeny do monitoringu „zdraví“ baterie. Z neelektrických veličin je nejpodstatnějším parametrem teplota okolí a pak i teplota samotné baterie. Naměřená data jednoznačně prokázala, že baterie má vnitřní odpor, který s narůstající zátěží snižuje svorkové napětí, zároveň byla snadno prokázána i přítomnost svodového odporu – viz graf 7.

Princip a blokové schéma zařízení, které by mohlo monitorovat provozní stavy

a v případě potřeby o nich informovat na předem definovaných místech, pomocí SMS nebo emailu je popsán v poslední části této práce, jednotlivé bloky a jejich funkce jsou podrobněji popsány v kapitole 4. Konstrukce a parametry zařízení jsou předurčeny k použití v režimu „učení“, což znamená, že pokud by si software sám dokázal upravovat mapy OK profilů nabíjecích napětí a proudů, s každou nově vloženou baterií by podával lepší a přesnější výsledky.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] [http://www.nazeleno.cz/energie/energetika/ukladani-elektriny-z-fotovoltaickych-a-
vetrnych-elektren.aspx](http://www.nazeleno.cz/energie/energetika/ukladani-elektriny-z-fotovoltaickych-a-vetrnych-elektren.aspx)
- [2] [http://www.cez.cz/edee/content/file/pro-media-2012/05-kveten/20120517_jak-funguje-
ve.zip](http://www.cez.cz/edee/content/file/pro-media-2012/05-kveten/20120517_jak-funguje-ve.zip)
- [3] <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>
- [4] <http://nejedly.blog.idnes.cz/c/223416/Kvantovy-skok-ale-kam.html>
- [5] [http://www.solarninovinky.cz/?zpravy/2015042301/nova-setrvacnikova-baterie-muze-
zpusobit-prulom-ve-skladovani-elektriny#.VXQ3hVLwvuc](http://www.solarninovinky.cz/?zpravy/2015042301/nova-setrvacnikova-baterie-muze-zpusobit-prulom-ve-skladovani-elektriny#.VXQ3hVLwvuc)
- [6] <http://nejedly.blog.idnes.cz/c/223416/Kvantovy-skok-ale-kam.html>
- [7] <http://www.bateria.cz/produkty/akumulatory-valcove.html>
- [8] https://en.wikipedia.org/wiki/Gaston_Plant%C3%A9
- [9] [https://www.autohotarek.cz/autobaterie-60ah-varta-blue-dynamic-
d59?gclid=CJfl_uTO7dMCFRUTGwodg1EINQ](https://www.autohotarek.cz/autobaterie-60ah-varta-blue-dynamic-d59?gclid=CJfl_uTO7dMCFRUTGwodg1EINQ)
- [10] <https://www.alza.cz/apc-smart-ups-1500va-lcd-rm-1u-d2269737.htm>
- [11] osobní archiv – František Šedivý
- [12] osobní archiv – František Šedivý
- [13] <http://www.ote-cr.cz/statistika/typove-diagramy-dodavek-elektriny/normalizovane-tdd>
- [14] [https://topbaterie.cz/csb/akumulator-baterie-csb-evx12300-12v-30ah-zapusteny-zavit-
m5-%28102810%29.html](https://topbaterie.cz/csb/akumulator-baterie-csb-evx12300-12v-30ah-zapusteny-zavit-m5-%28102810%29.html)
- [15] osobní archiv – František Šedivý
- [16] osobní archiv – František Šedivý
- [17] osobní archiv – František Šedivý
- [18] osobní archiv – František Šedivý

- [19] osobní archiv – František Šedivý
 - [20] osobní archiv – František Šedivý
 - [21] osobní archiv – František Šedivý
 - [22] osobní archiv – František Šedivý
 - [23] osobní archiv – František Šedivý
 - [24] osobní archiv – František Šedivý
 - [25] osobní archiv – František Šedivý
 - [26] osobní archiv – František Šedivý
 - [27] <http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=At89c51ed2>
 - [28] <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/MCP3202>
 - [29] <http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Mcp602>
 - [30] <http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Acs712>
 - [31] osobní archiv – František Šedivý
 - [32] osobní archiv – František Šedivý
 - [33] <https://www.sainsmart.com/siemens-tc35-sms-gsm-module-voice-adapter.html>
-

Seznam příloh:

Příloha 1 – datasheet baterie CSB EVX12300, 12V, 30Ah

Příloha 1:

Powered by



EVX 12300 ▶ 12V 30Ah

EVX 12300 is designed specially for electric vehicles, such as electric golf cart, electric wheelchair, mower, dust collector...etc. It has high cycling life, high efficiency and long service life.



► Specification

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	30Ah @ 20hr-rate to 1.75V per cell @25 °C(77°F)
Weight	Approx. 10.4kg (22.93 lbs)
Maximum Discharge Current	400A(5sec)
Internal Resistance	Approx. 9 m Ω
Operating Temperature Range	Discharge: -15°C~50°C (5°F~122°F) Charge: -15 °C~40°C (5°F~104°F) Storage: -15°C~40°C (5°F~104°F)
Nominal Operating Temperature Range	25°C±3°C(77°F±5°F)
Float Charging Voltage	13.5 to 13.8 VDC/unit Average at 25°C (77°F)
Recommended Maximum Charging Current Limit	9 A
Equalization and Cycle Service	14.4 to 15.0 VDC/unit Average at 25°C(77°F)
Self Discharge	CSB Batteries can be stored for more than 6 months at 25°C(77°F). Please charge batteries before using. For higher temperatures the time interval will be shorter.
Terminal	M5-Thread lead alloy recessed terminal to accept M5 bolt
Container Material	ABS(UL 94-HB) & Flammability resistance of (UL 94-V0) can be available upon request.

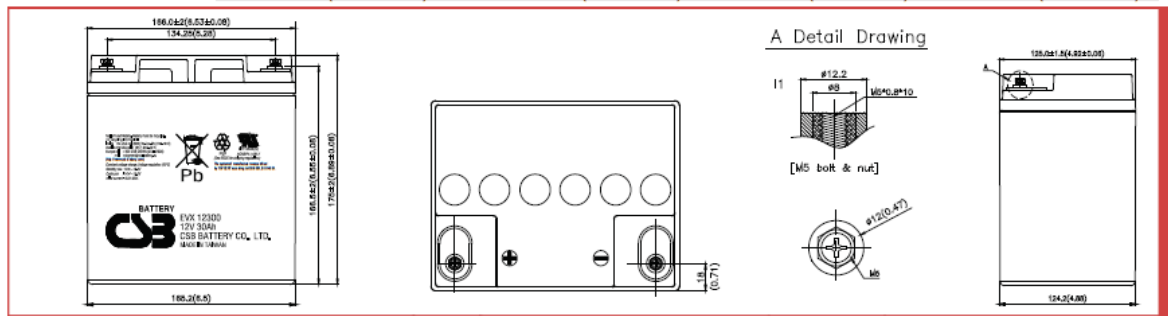


CSB-manufactured VRLA (Absorbent Glass Mat type) batteries are UL-recognized components under UL1989.

CSB is also certified by ISO 9001 and ISO 14001.

► Dimensions :

	Overall Height (H)	Container height (h)	Length (L)	Width (W)
Unit: mm (inch)	175±2 (6.89±0.08)	175±2 (6.89±0.08)	166.0±2 (6.53±0.08)	125.0±1.5 (4.92±0.06)



Constant Current Discharge Characteristics Unit:A (25°C , 77°F)

F.V/Time	30MIN	60MIN	90MIN	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	31.2	17.7	12.7	10.3	7.48	6.05	5.03	3.39	2.82	1.61
1.67V	30.6	17.3	12.3	9.94	7.26	5.87	4.90	3.29	2.75	1.58
1.70V	30.0	16.8	11.9	9.66	7.04	5.70	4.76	3.21	2.68	1.54
1.75V	29.2	16.3	11.6	9.38	6.83	5.54	4.64	3.12	2.61	1.50
1.80V	28.4	15.8	11.3	9.07	6.61	5.37	4.51	3.04	2.53	1.45
1.85V	27.6	15.3	10.9	8.79	6.40	5.21	4.39	2.94	2.46	1.41

Constant Power Discharge Characteristics Unit:W (25°C , 77°F)

F.V/Time	30MIN	60MIN	90MIN	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	374	212	152	123	89.8	72.6	60.4	40.1	33.1	17.3
1.67V	367	207	147	120	87.1	70.4	58.6	39.1	32.2	16.8
1.70V	359	202	143	116	84.5	68.4	57.1	38.1	31.4	16.4
1.75V	351	196	139	112	81.9	66.4	55.6	37.0	30.5	15.9
1.80V	341	190	135	109	79.3	64.4	54.1	35.9	29.5	15.4
1.85V	332	184	131	105	76.7	62.4	52.6	34.7	28.4	14.9

Ratings presented herein are subject to revision without notice. Please refer to www.csb-battery.com to confirm the latest version.

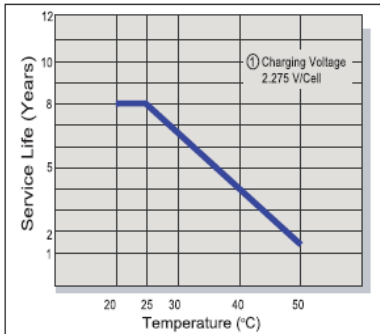
RA1406

EVX12300

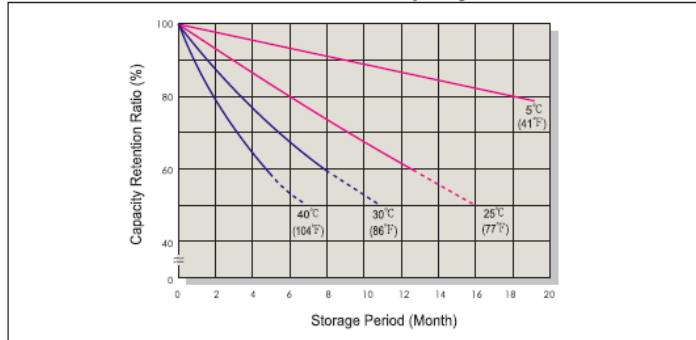
12V 30Ah



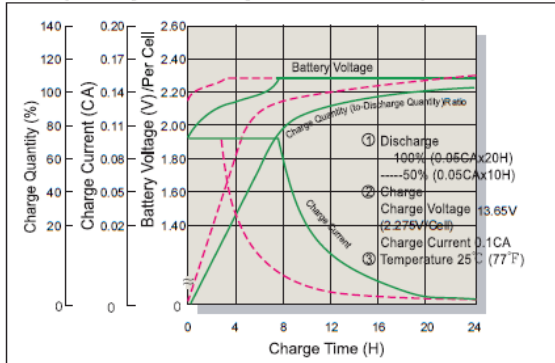
Trickle (or Float) Service Life



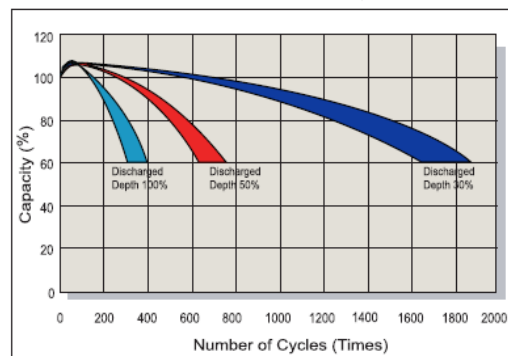
Capacity Retention Characteristic



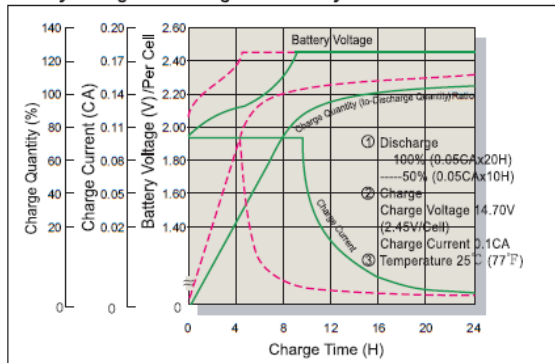
Battery Voltage and Charge Time for Standby Use



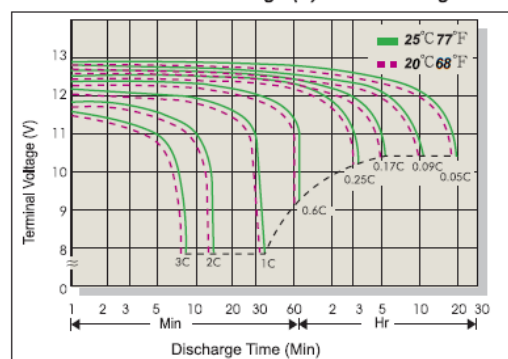
Series Cycle Service Life



Battery Voltage and Charge Time for Cycle Use



Terminal Voltage (V) and Discharge Time



Charging Procedures

Application	Charge Voltage(V/Cell)			Max. Charge Current
	Temperature	Set Point	Allowable Range	
Cycle Use	25°C(77°F)	2.45	2.40-2.50	0.3C
Standby	25°C(77°F)	2.275	2.25-2.30	

Discharge Current VS. Discharge Voltage

Final Discharge Voltage V/Cell	1.75	1.70	1.60	1.30
Discharge Current(A)	0.2C>(A)	0.2C<(A)<0.5C	0.5C<(A)<1.0C	(A)>1.0C

Sales Office URL:WWW.CSB-BATTERY.COM

GLOBAL HQ
CSB BATTERY CO., LTD. (TAIWAN)
 Tel: +886-2-2880-5600
 Fax: +886-2-2888-3300
 mail: service@csb-battery.com.tw

BEIJING OFFICE. (CHINA)
CSB BATTERY TECHNOLOGIES (BEIJING) CO., LTD.
 Tel: +86-10-5820-5336/5338
 Fax: +86-10-58203053
 mail: chinasis@csb-battery.com

AMERICA HQ
CSB BATTERY TECHNOLOGIES INC. (U.S.A)
 Tel: +1-817-244-7777/1-(800)3-CSB-USA(272872)
 Fax: +1-817-244-4445
 mail: csb@csb-battery.com

SHANGHAI OFFICE. (CHINA)
CSB BATTERY LOGISTIC (SHANGHAI) CO., LTD.
 Tel: +86-21-5046-1622/5046-0833
 Fax: +86-21-5064-1046
 mail: chinasis@csb-battery.com

EUROPE HQ
CSB Battery Europe BV.
 Tel: +31(0)-180-418-140
 Fax: +31(0)-180-418-327
 mail: eurosales@csb-battery.eu

SHENZHEN OFFICE.(CHINA)
CSB BATTERY LOGISTIC (SHANGHAI) CO., LTD.
 Tel: +86-755-8831-6488/6396/6356
 Fax: +86-755-8831-6548
 mail: she@csb-battery.com.cn