

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

STARTOVACÍ AKUMULÁTORY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

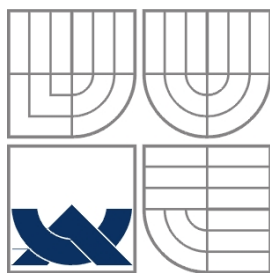
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

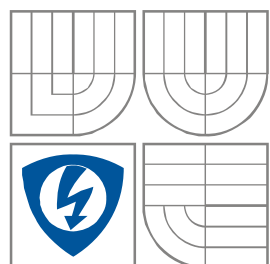
AUTHOR

Jan Bureš

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**
**ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY
A ELEKTRONIKY**
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

STARTOVACÍ AKUMULÁTORY

STARTING ACUMULATORS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Jan Bureš

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. Vítězslav Hájek, CSc.

BRNO, 2008



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií**

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Silnoproudá elektrotechnika a výkonová elektronika

Student: Jan Bureš

Ročník: 3

ID: 85869

Akademický rok: 2007/08

NÁZEV TÉMATU:

Startovací akumulátory

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Zpracujte přehled druhů a provedení startovacích akumulátorů.
2. Provedte rozbor vlastností, parametrů a provozu akumulátorů.
3. Vypracujte návrh laboratorního cvičení pro předmět AET.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Termín zadání: 10.10.2007

Termín odevzdání: 06.06.2008

Vedoucí projektu: prof. Ing. Vítězslav Hájek, CSc.

doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

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

LICENČNÍ SMLOUVA

POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Jan Bureš

Bytem: Dolní 109, 592 42 Jimramov

Narozen/a (datum a místo): 21. 2. 1985 v Poličce

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

se sídlem Údolní 53, Brno, 602 00

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc., předseda oborové rady Silnoproudá

elektrotechnika a elektroenergetika

(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1

Specifikace školního díla

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

☐ disertační práce

☐ diplomová práce

☒ bakalářská práce

☐ jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Startovací akumulátory

Vedoucí/ školitel VŠKP: prof. Ing. Vítězslav Hájek, CSc.

Ústav: Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v*:

☒ tištěné formě – počet exemplářů 2

☒ elektronické formě – počet exemplářů 2

* hodící se zaškrtněte

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

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

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

Článek 3

Závěrečná ustanovení

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

V Brně dne:

.....

Nabyvatel

.....

Autor

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá startovacími akumulátory pro automobily. Účelem této práce je, aby sloužila jako studijní materiál pro studenty následujících let. Podrobně seznamuje s dnes obvyklým oloveným akumulátorem s jeho historií, konstrukcí, s chemickými pochody a dále nás s dalšími druhy a s vývojem nových startovacích akumulátorů.

Abstract

This bachelor's thesis is dealing with starting accumulators made for cars. The purpose of this work is to serve as a study material for the future years students. It familiarize in details with lead accumulator, its history, construction, the chemical process and with other kinds of lead accumulators and with new starting accumulators development.

Klíčová slova

Startovací akumulátor; olověný akumulátor; alkalický akumulátor; stříbro zinkový akumulátor; palivový článek; kondenzátory s nanotechnologií;

Keywords

Starting accumulator; lead accumulator, alkaline accumulator; Sb-Zn accumulator; fuel cell; capacitor with nanotechnology;

Bibliografická citace

BUREŠ, J. *Startovací akumulátory*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 53 s. Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Vítězslav Hájek, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Startovací akumulátory jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

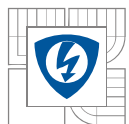
Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Prof. Ing. Vítězslav Hájek, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

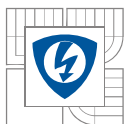
V Brně dne

Podpis autora

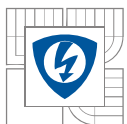


OBSAH

1. ÚČEL STARTOVACÍHO AKUMULÁTORU	15
2. ROZDĚLENÍ CHEMICKÝCH ZDROJŮ	16
3. ELEKTRICKÉ VLASTNOSTI STARTOVACÍCH AKUMULÁTORŮ	17
4. OZNAČOVÁNÍ STARTOVACÍCH AKUMULÁTORŮ	19
5. HISTORIE AKUMULÁTORŮ	20
6. SOUČASTNOST - ROZDĚLENÍ STARTOVACÍCH AKUMULÁTORŮ	23
6.1. KLASICKÝ OLOVĚNÝ STARTOVACÍ AKUMULÁTOR	23
6.1.1. SLOŽENÍ OLOVĚNÉHO AKUMULÁTORU	23
6.1.2. CHEMICKÉ POCHODY V OLOVĚNÉM AKUMULÁTORU	26
6.1.3. NABÍJECÍ A VYBÍJECÍ CHARAKTERISTIKA OLOVĚNÉHO AKUMULÁTORU	29
6.1.4. DALŠÍ DŮLEŽITÉ POJMY	30
6.2. MODERNÍ KONSTRUKCE AKUMULÁTORŮ-BEZÚDRŽBOVÉ AKUMULÁTORY	31
6.2.1. KONSTRUKČNÍ BEZÚDRŽBOVÉHO AKUMULÁTORU	31
6.2.2. VLASTNOSTI BEZÚDRŽBOVÉHO AKUMULÁTORU	33
6.3. SVITKOVÝ STARTOVACÍ AKUMULÁTOR	34
6.3.1. VLASTNOSTI	35
6.4. ALKALICKÝ STARTOVACÍ AKUMULÁTOR – NIKL-KADMIOVÝ (Ni-Cd)	36
6.4.1. ZÁKLADNÍ ČÁSTI AKUMULÁTORU	36
6.4.2. VÝHODY A NEVÝHODY Ni-Cd AKUMULÁTORU	37
6.5. STŘÍBRO-ZINKOVÝ STARTOVACÍ AKUMULÁTOR	38
6.5.1. KONSTRUKCE	38
7. VÝVOJ NOVÝCH STARTOVACÍCH AKUMULÁTORŮ	39
7.1. PALIVOVÝ ČLÁNEK	39
7.2. TVAROVATELNÉ BATERIE	40
7.3. KONDENZÁTORY S NANOTECHNOLOGIÍ	41

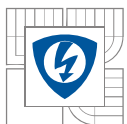


8. LABORATORNÍ ÚLOHA PRO ZJIŠTĚNÍ ZKRATOVÉHO PROUDU A VNITŘNÍHO ODPORU STARTOVACÍHO AKUMULÁTORU	43
8.1. TEORETICKÝ ROZPOR :	43
8.2. POSTUP MĚŘENÍ VYBÍJECÍ CHARAKTERISTIKY :	46
8.3. VYPRACOVÁNÍ LABORATORNÍHO MĚŘENÍ	47
8.4. ZÁVĚR	50
 9. ZÁVĚR.....	51
 LITERATURA	52
 PŘÍLOHY	53



SEZNAM OBRÁZKŮ

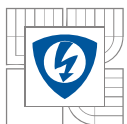
Obr. č. 1 : Konstrukce olověného akumulátoru	23
Obr.č. 2 : Vybíjení akumulátoru	26
Obr. č. 3 : Akumulátor vybit	26
Obr.č. 4 : Nabíjení akumulátoru	27
Obr. č. 5 : Akumulátor vybit	28
Obr. č. 6 : Nabíjecí charakteristika olověného akumulátoru	29
Obr. č. 7 : Složení bezúdržbového akumulátoru	31
Obr. č. 8 : Centrální odplynovací systém.....	32
Obr. č. 9 : Svitkový akumulátor	34
Obr. č. 10 : Palivový článek	39
Obr. č. 11 : Schéma zapojení	46
Obr. č. 12 : Graf - určení zkratového proudu	46



SEZNAM TABULEK

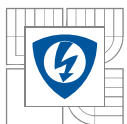
Tab. č. 1 : Závislosti stavu akumulátoru na hustotě elektrolytu 25

Tab. č. 2 : Srovnání olověného článku, ultrakondenzátoru a kondenzátoru 42



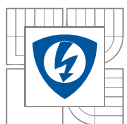
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Značka	Název	Jednotka v základním tvaru	Jednotka
I	Proud	[A]	[A]
I_v	Vybíjecí proud	[A]	[A]
t	Čas	[s]	[s]
C	Kapacita	[s.A]	[C]
R_v	Vnitřní odpor	[m ² .kg.s ⁻³ .A ⁻²]	[Ω]
U₀ (U₀₁)	Napětí naprázdno	[m ² .kg.s ⁻³ .A ⁻¹]	[V]
U₁	Napětí při zatížení	[m ² .kg.s ⁻³ .A ⁻¹]	[V]
ρ	Hustota	[kg.m ⁻³]	[kg.m ⁻³]



1. ÚČEL STARTOVACÍHO AKUMULÁTORU

Úkolem startovacího akumulátoru je dodávat spotřebičům elektrickou energii, ve chvíli kdy se netočí motor. Jako jediný zdroj elektrické energie by však akumulátor nepostačil, protože má omezenou kapacitu. Proto ve vozidle je instalován alternátor případně dynamo. Točivé zdroje a akumulátor vzájemně spolupracují, a to tak, že v době kdy se netočí spalovací motor a generátor nevyrábí elektrickou energii, je jediným dodavatelem proudu akumulátor, zatím co při normálním chodu motoru je hlavním dodavatelem proudu generátor, který navíc dobíjí akumulátor. Při velkém zatížení dodává proud jak generátor tak akumulátor.



2. ROZDĚLENÍ CHEMICKÝCH ZDROJŮ

Chemické zdroje jsou zdroje stejnosměrného proudu, které využívají elektrochemickou reakci ke vzniku elektrického proudu. Každý chemický zdroj se skládá z dvou druhů elektrod a elektrolytu. Napětí zdroje je závislé na materiálu elektrod, elektrolytu, velikost a počet elektrod ovlivňuje kapacitu zdroje.

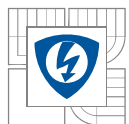
Druhy

Primární zdroje :

- U těchto zdrojů se mění pouze chemická energie v elektrickou. Proces je nevratný.
- Do této skupiny patří celá řada tzv. suchých článků.

Sekundární články :

- V tomto případě může proces probíhat obousměrně, znamená to, že se mění chemická energie v elektrickou nebo elektrická v chemickou.
- Do této skupiny patří : olověné akumulátory, alkalické akumulátory (NiCd), akumulátory se svinutými elektrodami a další.



3. ELEKTRICKÉ VLASTNOSTI STARTOVACÍCH AKUMULÁTORŮ

Jmenovité napětí

Každý článek bez zatížení olověného akumulátoru má napětí v rozmezí 2,0 - 2,15 V. Jmenovité napětí akumulátoru je dáno dle 2 Kirchhoffova zákona. Velikost celkového napětí akumulátoru je příslušně počtu článků seřazených do série.

Při odběru se hodnota napětí snižuje se zatížením. Při nižším zatížením klesá nepatrně, ale s rostoucí zatížením (v řádu stovek ampérů) klesá strmě až na hodnotu 1,4 V. Akumulátor, který není zatížen v nabitém i ve vybitém stavu má napětí článku přibližně asi 2,1 V, proto měření napětí naprázdno nám nedává správnou informaci o stavu nabití akumulátoru. Správnou informaci nám dá pouze jen hustota elektrolytu (viz tabulka 7-1). Při nabíjení se napětí zvyšuje, až na hodnotu 2,75 V, která značí že je akumulátor zcela nabit. Hustota elektrolytu se s vybíjením zmenšuje, je proto dobrým ukazatelem stavu nabití.

Napětí naprázdno jednoho článku – nezatíženého článku : (empirický vzorec)

- „ $U_{01} = 0.85 + \rho$ “ (V, -, kg m^{-3}) [1]

Napětí při zatížení 1 článku:

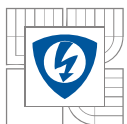
- Napětí zatíženého zdroje je nižší o úbytek napětí na vnitřní odporu zdroje. Vnitřní odpor zdroje je dán, podle druhu zdroje, ohmickým odporem vodičů a odporem elektrod.
- $U_1 = U_{01} - \Delta U$ (V, V, V) $\rightarrow$ „ $U_1 = U_{01} - I R_v$ “ (V, V, A, Ω) [1]

Kapacita

Kapacita je elektrický náboj, které je možno za určitých podmínek z akumulátoru odebrat. Není to je stálá hodnota a mění se především v závislosti na velikosti vybíjecího proudu a na teplotě. S rostoucím vybíjecím proudem kapacita akumulátoru se snižuje. Je to způsobeno tím, že čím větší je vybíjecí proud, tím se hůře vyrovnává hustota elektrolytu v pórech činné hmoty a vzniká méně pórovitého síranu olovnatého při povrchu zabraňuje využití hmoty hlouběji pod povrch. Ionty se do činné hmoty dostávají prostřednictvím difúze. S klesající se teplotou se zvyšuje hustota elektrolytu a zmenšuje pohyblivost iontů, difúze působí pouze do menší hloubky, zmenšuje se využití činné hmoty a kapacity akumulátoru.

Kapacita se také mění v závislosti na stáří článků. Zpočátku se zvyšuje, je to způsobeno, tím že se postupně zlepšuje formování činné hmoty. Po dosažení maxima kapacita postupně klesá, následkem změn ve struktuře činné hmoty, postupnou sulfatací, zanášením pórů a z části o odpadávání činné hmoty v podobě kalu.

- $C = I_v t$ (Ah, A, hod)



Jmenovitá kapacita

Jmenovitá kapacita je pouze srovnávací údaj pro hodnocení akumulátorů za stejných podmínek. V soulase s mezinárodní dohodou se udává dvacetihodinová kapacita

(ČSN EN 60 095 – 1)

Jmenovitá dvacetihodinová kapacita C_{20} podle normy odpovídá vybíjení při teplotě $+27^{\circ}\text{C}$ proudem $0,05 C_{20}$ a do snížení napětí na 1,75 na článěk.

Rezervní kapacita

Rezervní kapacita je definována jako čas, po který je akumulátor schopen dodávat elektrickou energii pro bezpečný provoz motorového vozidla, a to i tehdy, nepracuje-li generátor - alternátor. V provozu jsou přitom zapalovací soustava, elektrické vstřikování, osvětlení, topení.

Vybíjecí proud

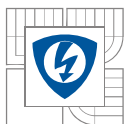
Vybíjecí proud je proud, který je schopen plně nabitý akumulátor dodávat při teplotě -18°C po dobu 10s a současně napětí akumulátoru nesmí klesnout pod 7,5V. Často bývá udáván vybíjecí proud podle normy DIN - v tomto případě je to proud, který musí být plně nabitý akumulátor schopen dodávat při teplotě -18°C po dobu 30s, aniž by napětí kleslo pod 9V.

Vnitřní odpor akumulátoru

Do vnitřního odporu jsou zahrnuty složky činné hmoty, odpor jejích spojení s mřížkou, vlastnosti přechodové vrstvy a separátoru. Značný vliv má na vnitřní odpor má i hustota teplota elektrolytu.

Množství a vlastnosti jednotlivých složek způsobují, že vnitřní odpor akumulátoru je velmi proměnná veličina, která nelze vyjádřit stálou hodnotou ani jednoduchým vzorcem. Orientačně je možno uvažovat, že vnitřní odpor 6-článekového akumulátoru se pohybuje v rozmezí $10\text{m}\Omega$ až $30\text{m}\Omega$.

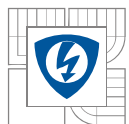
- „ $R_v = \frac{U_0}{15 \cdot C_{20}}$ “ (Ω , V, C) [3]



4. OZNAČOVÁNÍ STARTOVACÍCH AKUMULÁTORŮ

Způsob značení akumulátorů si stanovuje výrobce sám, ale ani všechny akumulátory jednoho výrobce nemusí být označovány stejným způsobem. Značka obvykle obsahuje :

- označení typu akumulátoru je většinou kombinací písmen a číslic (např. L 45 WG)
- jmenovité napětí akumulátoru(6 V, 12 V, 24 V)
- kapacitu C_{20} v ampérhodinách (Ah)
- rezervní kapacitu RC v minutách (min)
- vybíjecí proud v ampérech (A) a obvykle podle několika norem (ČSN, EN, SAE, IAE, DIN)

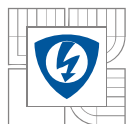


5. HISTORIE AKUMULÁTORŮ

Novodobá historie galvanických článků začala známými pokusy se žabími stehýnkami, který konal italský lékař Luigi Galvani (1737 - 1798). Výsledky svých pokusů shrnul do spisu „Úvahy o elektrické síle svalů“ v němž roku 1791 oznámil světu, že objevil novou sílu života – živočišnou elektřinu. Tento spis si přečetl profesor fyziky Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta (1745 – 1825), s názorem Galvaniho nesouhlasil a dokázal, že ke vzniku elektrického proudu není potřeba žabích nožiček, ale postačí dotyk dvou různých kovů. Na důkaz sestavil svůj tzv. „Voltův sloup“, s nímž seznámil vědeckou veřejnost v roce 1801. Voltův vynález první elektrické baterie odstartoval novou etapu vývoje elektrostatiky. Jedním z těch, kteří konali s novým vynálezem pokusy, byl i pařížský učitel hudby Nicolas Guatherot (1753 - 1803). Podle Voltova návodu si sestavil baterii a proudem z ní rozkládal solný roztok, podobné pokusy konali i jiní, ale jen Guatherot si povšiml se po odpojení od zdroje se na elektrodách udržuje napětí a kratičkou dobu je z nich možno odebírat proud.

Roku 1803 později tento objev potvrdil německý fyzik Johan Wilhelm Ritter (1776 - 1810) a sestavil vlastní „Ritterův sloup“ který se dal i nabíjet. Akumulátor byl tedy na světě, ale nikdo nevěděl, k čemu by mohl být dobrý. Ostatně, i dnes by si těžko někdo koupil akumulátor, který by musel dobíjet primárními články. Tehdejšími potřebami, převážně různými pokusy, plně postačovaly primární články. Zatímco ty byly dále rozvíjeny a zlepšovány, akumulátor byl „uložen k ledu“. Až o padesát let později jej znovu připomenul německý vojenský lékař Joseph Wilhelm Sinstedden (1803 – 1891). Zjistil že, při elektrolýze zředěného roztoku kyseliny sírové, že se kladná elektroda se při průchodu proudu pokrývá hnědou hmotou PbO_2 . Když odpojil zdroj proudu a obě elektrody ponořené v roztoku zapojil do proudového obvodu, protékal tímto obvodem daleko větší intenzity, než tomu bylo při elektrolýze. Proud mohl odebírat až do okamžiku, než se kysličník olova rozložil.

Mnohem úspěšnějším byl v roce 1859 francouzský fyzik Gaston Raimond Louis Planté (1834 – 1889). Když v roce 1859 zahájil sérii pokusů, jejíž účelem bylo studium polarizačních jevů. O Sinsteddenově objevu vůbec nevěděl. Pro své pokusy sestavil Planté malý elektrochemický článek, do něhož postupně vkládal tyčinky z různých kovů. Do nich pak vedl proud z baterie Bunsenových galvanických článků. Po odpojení článků od baterie zjistil, že každý zkoumaný článek dával určitý, byť někdy velmi malý sekundární proud. Co se týče do intenzity i doby možného odběru skýtal nejlepší výsledky článek s olověnou tyčinkou ve zředěné kyselině sírové. Podle získaných poznatků pak Planté zkonstruoval svou tzv. spirálovou formu olověného akumulátoru. Desky byly odděleny gumovými vložkami, stočené do spirály a takto vloženy do nádoby naplněné kyselinou sírovou. Po zapojení akumulátoru na baterii docházelo k jevu zvanému ze Sinsteddenova akumulátoru. Na kladné elektrodě se vylučoval kyslík a vytvářel oxid olovičitý (PbO_2) a na záporné elektrodě se vytvářel vodík. Při vybíjení se PbO_2 redukoval na houbovitě olovo, vytvářel kypřejší povrch, takže následující okysličování pronikalo do větší hloubky. Na druhé desce se vytvářel PbO_2 . Planté vynalezl způsob i způsob formátování desek. Desky střídavě nabíjel a vybíjel tak dlouho, až vrstva aktivní hmoty činila 1-2 mm a byly schopny poskytnout velké proudy. Planténův akumulátor byl neustále zlepšován, ale hlavní problém – týdny a měsíce trvající formátování desek stále přetrvával. A tak jeho praktické využití nebylo příliš výhodné. Jediným zdrojem elektrického proudu byly tehdy primární galvanické články, takže nabíjení akumulátorů bylo přeléváním elektrického proudu z jednoho elektrického článku do druhého. Možnost lepšího využití Plantého akumulátoru nastala po vynálezu nového zdroje elektrického proudu – dynama, které umožňovalo snadnou a levnou výrobu velkých proudů při dostatečném napětém. Zasloužili se o to anglický profesor fyziky Charles Wheatstone (1825 – 1875) a německý vynálezce a průkopník Werner von Siemens (1816 – 1892), kteří kolem roku 1866 nezávisle na sobě objevili princip dynama.



Mezníkem v rozvoji olověných akumulátorů byl rok 1881, kdy francouzský inženýr chemie Camille Alphonso Faure (1840 – 1898) předložil svůj patent na výrobu olověných akumulátorů z PbO_2 mechanicky nenasyčených na povrch elektrod. Tím se odstranil týdny i měsíce dlouhý a únavný formační proces. Jako elektrody sloužily hladké nebo zdrsňené olověné plechy, na něž se dřevěnými stěrkami ručně nanášela aktivní hmota – směs olověného prachu a kyseliny sírové. Od této doby začala historie praktické akumulace elektrické energie. Výkon akumulátorů se výrazně zvýšil a po dalších zdokonalení byla umožněna jejich strojová výroba. Obdobně jako Faure v Evropě, v Americe odstranil formační proces u olověného akumulátoru Charles Francis Brush (1849 – 1929). Jako vynálezce obloukových lamp a průkopník elektrického osvětlení hledal cesty ke zdokonalení akumulátorů, na nichž závisel úspěch obloukovek a později i žárovek. Přibližně v roce 1881 přihlásil C. Brush v USA k patentování žebrované elektrody s velkým povrchem. O některé patenty vedl soudní spory s jinými vynálezci, mezi nimiž byl i Faure.

Od roku 1881 vynálezci v Evropě i Americe soupeřili v řešení a patentování konstrukcí akumulátorů. V mnoha případech byly prakticky stejné návrhy současně zaznamenány ve dvou nebo více zemích. V lavině nových návrhů na zlepšení olověných akumulátorů se brzy uplatnily ty, které vedly k lepšímu aktivní hmoty na deskách.

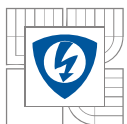
Do zlepšování konstrukcí olověných akumulátorů se zapojovali i průkopníci elektricky poháněných vozidel, mezi nimi byly například Walter Bersey, Raffard, E. Correns, ale i celá řada dalších.

Vývoj olověného akumulátoru probíhal v závislosti na rozvoji elektrického světla a zčásti vycházel i ze snahy o uplatnění elektromobilů. Dá se říci, že se akumulátory, elektromobily a elektrické světlo žili ve vzájemné symbióze. Faurem a Brushem zdokonalené akumulátory umožnily rozvoj elektrického osvětlení a výrobu elektromobilů, a naopak, zdokonalené elektromobily a elektrická světla – oblouky (Brush) i žárovky (Stan, Edison) - podpořily rozvoj výroby akumulátorů.

Rok 1881 byl významným nejen pro akumulátor, ale i pro celou elektrotechniku. V Paříži se konala Světová elektrotechnická výstava a současně také 1. elektrotechnický kongres, na kterém bylo stanoveno pojmenování základních elektrotechnických veličin VOLT, AMPÉR, WATT, COULOMB, WEBER a uznána dosavadní jednotka odporu OHM.

Do konstrukce akumulátorů zasáhl výrazně i lucemburský inženýr Henry Owen Tudor (1859 – 1929). Narodil se v roce, kdy Planté vynalezl olověný akumulátor. Akumulátory se zabýval jako student; sledoval práce Plantého i Faureho, vedl korespondenci s Edisonem a na jeho radu se pak vývoji akumulátoru plně věnoval. Nakonec se mu jeho práce stala osudnou – onemocněl otravou olova. Tudor získal plno patentů na zlepšení konstrukcí i technologii výroby olověných akumulátorů, m.j formování elektrod ve zředěné kyselině sírové. Jeho první akumulátor sloužil téměř bez přerušení 16 let ve vodné elektrárně v Rozpočtu. V rozpočtu založil i malou továrnu na výrobu svých baterií, brzo dosáhla velkých úspěchů. Vyráběl hlavně baterie, které ve spojení s dynamem zajišťovaly osvětlení továren, nádražních a obytných domů. Adolph Miller (1852 – 1928) se stal generálním zástupcem jeho firmy pro Německo. V roce 1887 pak založil Miller akumulátorovnu Büsche a Miller, později Miller & Einbeck, jejíž výrobním programem byly akumulátory tudorova systému. V roce 1890 vznikla z této společnosti akciová společnost AFA – dnešní VARTA.

Na území pozdějšího Československa se výrobou olověných akumulátorů zabývali profesori vysoké školy Banské Štiavnici Štefan Barbarský (1837 – 1929) a Štefan Schenek (1830 – 1909). V roce 1881 - 1902 vyrobily šedesáti článkovou akumulátorovou baterii s pastovanými mřížkovými elektrodami. Ta potom složila 10 let k osvětlení budovy akademie. Okénka pozitivních mřížek vyplnili směsí suříku a klejtu, negativní pouze klejtem, byla to z prvních takto vyrobená zhotovená touto technologií.



Pozornost byla věnována i konstrukci akumulátorů s jinými elektrodami než je olověnými. Cílem těchto snah bylo docílit vyšší efektivnost v akumulaci energie na jedno váhy kovu. Mezi prvními byly články měď – olovo, zinek – olovo a zinek – měď. Vyzkoušeny byly i platiny a zlato, buď čisté nebo ve slitině, a nehleděno na cenu. Mnoho pokusů bylo učiněno s uhlíkem, měl být využit jako materiál pro nosič elektrody, zvláště pro svou nízkou váhu a také u hlediska zamezení lokální reakce mezi aktivní hmotou a nosičem na kladné elektrodě. Jedno řešení patentoval v roce 1881 J.S. Sellon, o rok později J.W.Swan navrhl konstrukci z lisovaného grafitu.. Jiný návrh obsahoval vytvoření směsí žíhaných s cukrem. Experimentováno bylo i se železem, hliníkem či mědí, různě chráněné proti působení kyseliny sírové; např. jako nosič byla navržena měděná síťka potažená olovem. I když snaha nahradila olovo jiným kovem byla mnohokrát opakována, nebylo dosaženo žádného úspěchu. Při pohledu na dnešní startovací akumulátor je zřejmé, že tento výrobek prošel za uplynulých 100 let ještě dlouhým vývojem, Právě tak i jiné druhy akumulátorů. Postaraly se o to tisíce patentů a technologických zlepšení. Pořídít soupis byt' jen těch nejdůležitějších by byl úkol téměř radlický. Základní princip akumulátorů se ale nezměnil a stejně tomu bylo i jiných oborech. Zatímco v 19 století docházelo k zásadním převratům, v 20. století především zdokonalovalo a o zlepšovalo. Příkladem může být třeba může být třeba automobil či telefon.....

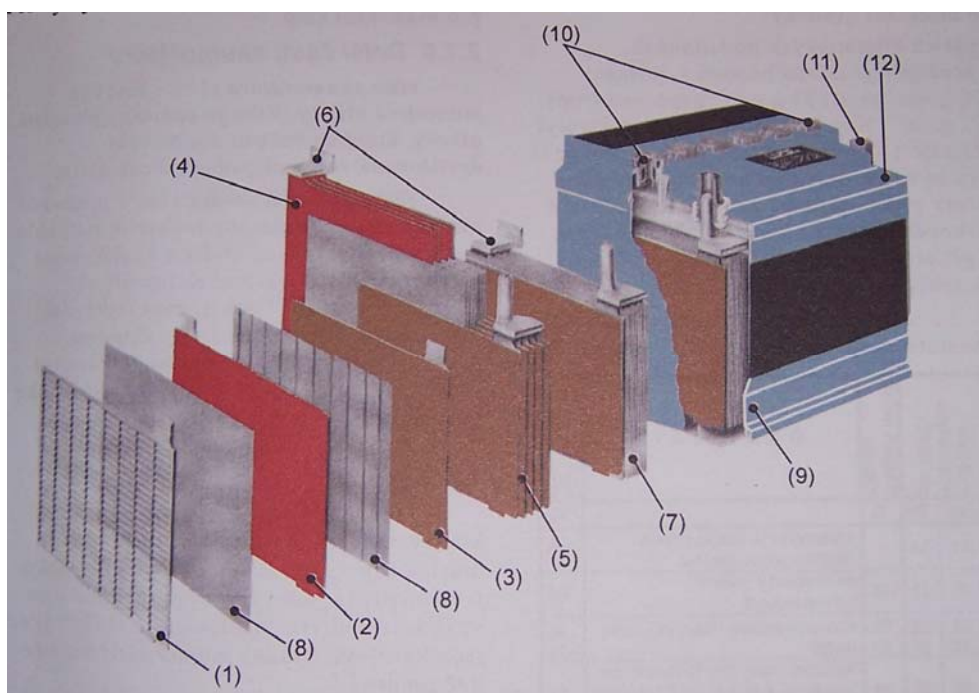
6. SOUČASTNOST - ROZDĚLENÍ STARTOVACÍCH AKUMULÁTORŮ

6.1. Klasický olověný startovací akumulátory

Olověný akumulátor je nejtypičtější zástupce zdroje elektrické energie v motorovém vozidle, který dodává energii spotřebičům ve chvíli, když se motor netočí a především slouží ke startování. Je rozšířen především díky přijatelné ceně, spolehlivosti a dobrým výkonem. V dnešní době je nahrazen bezúdržbovým akumulátorem pro jeho výhody jako jsou lepší vlastnosti při startování, větší výkon, snížení samovybíjení vlastností, minimální nutnost doplňování destilované vody

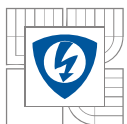
Jeho konstrukce je provedena ve formě desek, tak aby se dosáhlo co nejmenšího vnitřního odporu. To totiž umožňuje odebírat až proudy ve stovkách ampérů. Pro nás je to rozhodující aspekt, zda akumulátor v automobilu dokáže za všech podmínek dostatečně zatočit motorem.

6.1.1. Složení olověného akumulátoru



- | | |
|----------------------------|---------------------------------|
| 1. mřížka | 7. článek |
| 2. kladná deska | 8. separátor |
| 3. záporná deska | 9. nádoba s lištou pro uchycení |
| 4. skupina kladných desek | 10. zátky plnicích otvorů |
| 5. skupina záporných desek | 11. pólový vývod |
| 6. pólový můstky | 12. víko |

„Obr. č. 1 : Konstrukce olověného akumulátoru“ [1]



Elektrody (desky)

Elektrody se vyrábějí ve formě mřížky (1) odlité z olova, které jsou legované zejména antimonem, tím vzniká tvrdé olovo. Další legující přísady rovněž slouží pro zvýšení chemické odolnosti a vazby s činnou hmotou. Mřížky slouží jako nosiče činné hmoty. Základní tvar je zvolen tak, aby bylo možno činný materiál pevně zachytit, s co nejlepším elektrickým stykem a aby neodpadával při provozních vibracích a pnutí, vznikají objemovými změnami činných hmot při nabíjení a vybíjení.

Desky jsou jak kladné (2) tak i záporné (3), vyrábějí se ve normalizovaných velikostech a pro odstupňování výkonů se paralelně spojují do deskových sad, které jsou také kladné (4) a záporné (5). Jednotlivé desky jsou navzájem spojeny pólovými můstky (6). Všechny desky akumulátoru stejné polaritě jsou propojeny a vyvedeny na horní stranu článku. Vývody jsou pod víkem nádoby spojeny, první a poslední vývod je vyveden vně víka a slouží k připojení kabelů. Kladná a záporná sada jsou do sebe navzájem zasunuty tak, aby se kladné a záporné desky střídaly. Tímto střídáním se tvoří článek (7).

U nabitých akumulátorů je základní složení činné hmoty následující :

- Kladné desky jsou z oxidu olova (PbO_2), který má tmavohnědou barvu a poměrně malou soudržnost. Z tohoto důvodu je životnost kladných desek asi třikrát menší než desek záporných.
- Záporné desky jsou z čisté houbovité olova (Pb), které má šedou barvu.
Geometrická velikost desek udává kapacitu článku a max. velikost odebíraného proudu.

Separátory(8)

Separátory se nazývají oddělovací vložkami, které o zabraňují dotyku mezi jednotlivými deskami, udržují mezi nimi konstantní vzdálenost a zpevňují celou soustavu.

Vlastnosti mají separátory velký vliv na vlastnosti akumulátorů, a to zejména za nízkých teplot. Separátory nesmí bránit volnému průchodu iontů, nesmí se dotýkat desek v příliš velké ploše z důvodu, aby byl ponechán prostor pro elektrolyt a snadno se vyrovnávala hustota. Separátory musí být zhotoveny z materiálu, který dobře odolává velmi agresivnímu prostředí. Při výrobě separátů se využívají skelné tkaniny, plasty a v poslední době mikroporézní separátory ze speciálních papírů, což příznivě ovlivňuje funkci akumulátorů, zejména za nízkých teplot.

Článek

Každý článek bez zatížení má napětí v rozmezí 2,0 - 2,15 V. Při odběru se hodnota napětí snižuje se zatížením. Při nižším zatížení klesá nepatrně, ale s rostoucí zatížením (v řádu stovek ampérů) klesá strmě až na hodnotu 1,4 V. Akumulátor, který není zatížen v nabitěm i ve vybitém stavu má napětí článku přibližně asi 2,1 V, proto měření napětí naprázdno nám nedává správnou informaci o stavu nabití akumulátoru. Správnou informaci nám dá pouze jen hustota elektrolytu (viz tab. 1). Při nabíjení se napětí zvyšuje, až na hodnotu 2,75 V, která značí že je akumulátor zcela nabit. Hustota elektrolytu se s vybíjením zmenšuje, je proto dobrým ukazatelem stavu nabití.

Elektrolyt

Elektrolyt u olověného akumulátoru se používá kyselina sírová H_2SO_4 zředěná destilovanou vodou na předepsanou hustotu. Optimální hustota elektrolytu činí $1,26 \text{ g.cm}^{-3}$ až $1,285 \text{ g.cm}^{-3}$. Největší vodivost má elektrolyt o hustotě $1,2 \text{ g.cm}^{-3}$ až $1,22 \text{ g.cm}^{-3}$. Zvětšení hustoty má za následek zvýšení svorkového napětí i kapacity akumulátoru. Pokud překročíme mez $1,285 \text{ g.cm}^{-3}$ hrozí nebezpečné napadení desek kyselinou.

	ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií Vysoké učení technické v Brně		25
Hustota elektrolytu při 15 ⁰ C g.cm ⁻³	Stupeň nabití %	Nutná opatření pro správnou funkci	
g.cm ⁻³	%	-	
1,31	-	Elektrolyt má velkou hustotu a je nutno ho zředit destilovanou vodou na hustotu 1,28 g .cm ⁻³	
1,28	100	Plně nabitý akumulátor	
1,24 1,22	70 50	Akumulátor musíme dobít	
1,16	20	Akumulátor je nutno neprodleně nabít	
1,13	0	Na elektrodách akumulátoru probíhá delší dobu sulfatace a rychle ztrácí svou kapacitu	

Tab. 1 : Závislosti stavu akumulátoru na hustotě elektrolytu

„S klesající teplotou klesá pohyblivost iontů a zvyšuje se vnitřní odpor. Při teplotě -18° C je vnitřní odpor dvojnásobný oproti teplotě +25° C a proto je možné z akumulátoru dostat jen poloviční proud. Zároveň klesne i svorkové napětí, protože se zvýší úbytek napětí na vnitřním odporu. Takže přesto, že akumulátor má plnou kapacitu - ta se nikam mrazem neztrácí - a je za tepla schopný dodat 310 A při 10,8 V, při -18° C je schopen dodat pouze 155 A při 8 V a to již na spouštění promrzlého motoru nemusí stačit.“ [4]

Nádoba (9)

Nádoba je vyrobena z tvrdé pryže, dnes můžeme setkáme s nádobou z průhledného nebo průsvitného plastu (polypropylenu), což uživateli usnadňuje kontrolu hladiny elektrolytu.. Na dně nádoby jsou žebra, na kterých jsou umístěny desky a mezi nimi je prostor pro usazování kalů.

Další části akumulátoru :

Zátky plnicích otvorů (10)

V akumulátoru dochází k rozkladu vody a elektrolytu na vodík a kyslík, proto musí zátky umožňovat odchod těchto plynů. Také musí zabránit strhávání kapek elektrolytu z článku a vzhledem k výbušnosti směsi plynů musí zabraňovat i možnost rozšíření plamene dovnitř článku při případném vzniku jiskry.

Pólový vývody (11)

„Pólový můstek kladných i záporných desek prvního článku jsou opatřeny pólovými vývody, které jsou vyvedeny nad víko akumulátoru (12). Vývody jsou kuželové, kladný pól má pro odlišení větší průměr než záporný.“ [2]

Víko akumulátoru (12)

„Zakrývá jednotlivé články. Víko je opatřeno plnicími otvory, které slouží pro doplňování destilované vody, výjimečně i elektrolytu.“ [2]

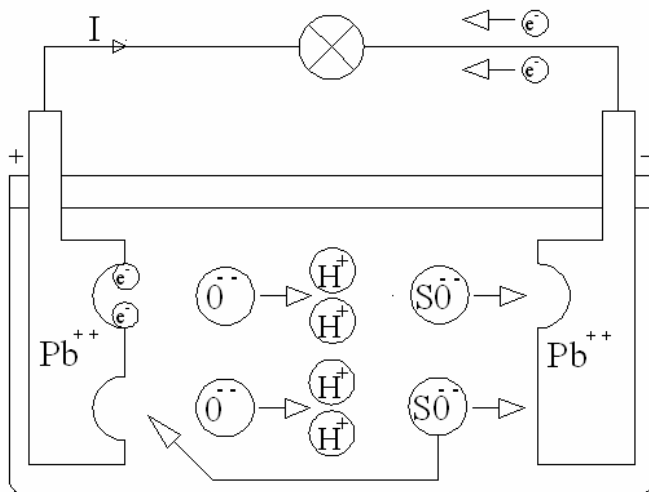
Článekové spojky

Spojují navzájem jednotlivé články.

6.1.2. Chemické pochody v olověném akumulátoru

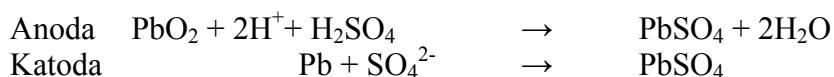
Vybíjení akumulátoru

„Při vybíjení elektrolyt řídne (se spotřebovává H_2SO_4) a ve vybitém stavu je na kladné elektrodě červenohnědý a na záporné elektrodě tmavošedý síran olovnatý (PbSO_4).“ [2]



Obr. č. 2 : Vybíjení akumulátoru

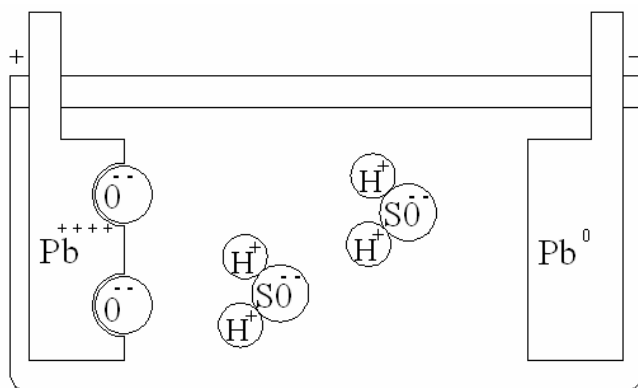
Reakce na elektrodách :



Akumulátor vybit

Kladná i záporná deska jsou tvořeny síranem olovnatým (PbSO_4) .

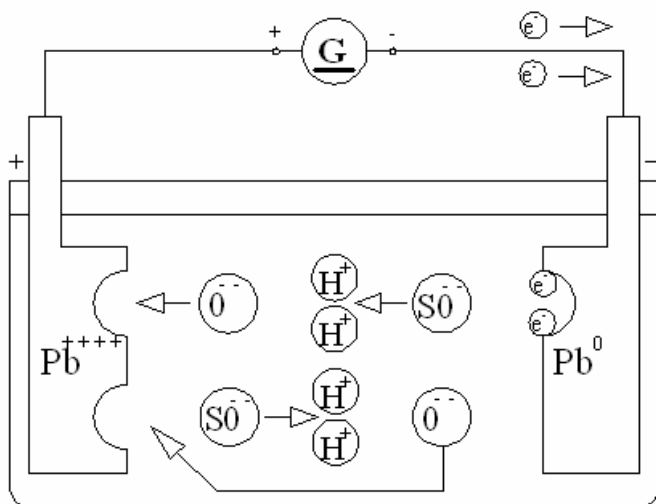
Hustota elektrolytu je nízká ($\rho = 1,17 \text{ g m}^{-3}$).



Obr. č. 3 : Akumulátor vybit

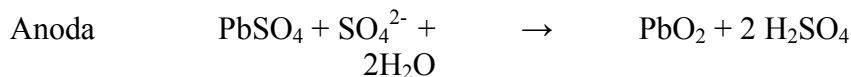
Nabíjení akumulátoru

„Při nabíjení elektrolyt houstne a tvoří se kyselina sírová (H_2SO_4). Po skončení nabíjení je na kladné elektrodě tmavohnědý oxid olovičitý (PbO_2) a na záporné elektrodě je jemně rozptýlené tmavošedé olovo.“ [5]



Obr. č. 4 : Nabíjení akumulátoru

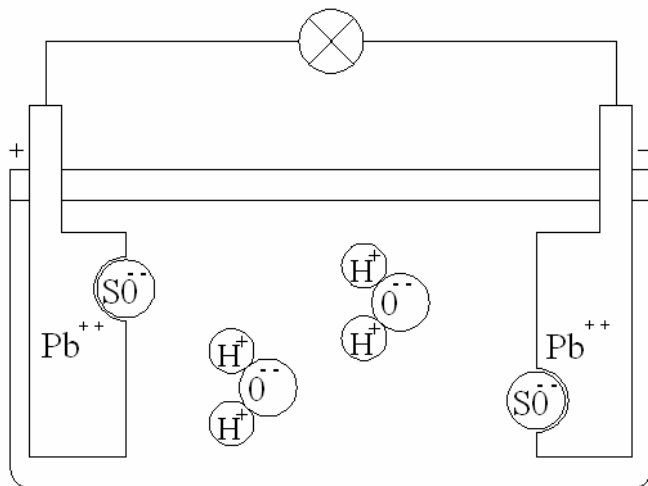
Reakce na elektrodách :



„Reakce probíhají tak dlouho, pokud je k dispozici síran olovnatý. V okamžiku, kdy je na obou deskách přeměněn na aktivní hmotu, je další nabíjení zbytečné a pak dochází k nežádoucímu elektrolytickému rozkladu vody na vodík a kyslík.“ [2]

Akumulátor nabit

Anoda je tvořena oxidem olovičitým PbO_2 , katoda tvoří houbovitě olovo Pb . Elektrolytem kyselina sírová zředěná s destilovanou vodou má předepsanou hustotu ($\rho = 1,285 \text{ g m}^{-3}$).

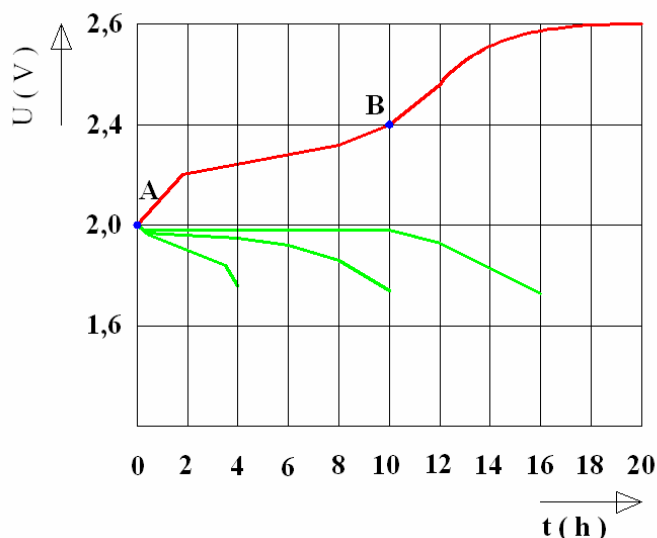


Obr. č. 5 : Akumulátor vybit

Akumulátor je plně nabit v případě :

- Je-li hustota elektrolytu $1,285 \text{ g m}^{-3}$ a po dvě hodiny se nemění
- Dosáhne-li při nabíjení napětí na článek $2,6 \text{ V}$ až $2,7 \text{ V}$ po 2 hodiny již nevzrůstá
- Když všechny články plynoují

6.1.3. Nabíjecí a vybíjecí charakteristika olověného akumulátoru



„Obr. č. 6 : Nabíjecí charakteristika olověného akumulátoru“ [1]

Nabíjecí charakteristika

„Na začátku nabíjení vzroste svorkové napětí U_B na obrázku dané bodem A, z klidové hodnoty U_{B0} o úbytek na vnitřním odporu akumulátoru. Na elektrodách se uvolňuje kyselina sírová a roste její koncentrace v pórech. V průběhu nabíjení roste koncentrace elektrolytu a chemická reakce zasahuje stále větší objem činné hmoty, svorkové napětí vzrůstá. Dosáhne-li svorkové napětí akumulátoru 2,4 V na článek (bod B). Je akumulátor asi z 80% nabit. V činné hmotě se zhoršuje přístup $PbSO_4$ schopnému k přeměně a proud neustále více spotřebovává jen na rozklad vody, což vede k intenzivnímu plynování elektrod. Při nabíjení stoupne napětí na 2,7 V až 2,8 V na článek. Po ukončení nabíjení klesne napětí na 2,4 V na článek a za několik hodin na klidovou hodnotu 2,0 V až 2,1 V na článek“ [2]

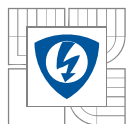
Vybíjecí charakteristika

„Na obrázku č. 6 jsou různé vybíjecí charakteristiky pro tři různé vybíjecí proudy. Po připojení zátěže k akumulátoru klesne klidové hodnoty (bod A) asi na 2 V. Při vybíjení se kyselina sírová spotřebovává na vytváření $PbSO_4$, její hustota na povrchu desek se snižuje, vzrůstá vnitřní odpor R_B a svorkové napětí klesá. Poněvadž ke konci vybíjení má $PbSO_4$ větší objem než Pb a PbO_2 , póry činné hmoty se zužují, kyselina do nich hůře proniká a účinnost akumulátoru klesá.“ [2]

Nabíjení olověného akumulátoru

„U olověného akumulátoru se při normálním nabíjení používají nabíjecí proudy $0,1.C_{20}$ až $0,3.C_{20}$ (A) do vzestupu napětí na 2,4 V na článek a $0,06 C_{20}$ (A) od počátku nebo po dosažení 2,4 V na článek až do znaků plného nabití. Po dosažení znaků plného nabití se ukončí nabíjení, aby se akumulátor nepoškodil. Doba nabíjení činí 7 až 14 hodin podle stupně nabití akumulátoru.“ [2]

„Platí, že nelze nabíjet tak velkými proudy, jako vybíjet - články jsou sice schopny mimořádných odběrů proudů, ale chemické reakce zpětného charakteru potřebují více času na proběhnutí. Nabíjení velkými proudy rychle ničí desky.“ [2]



6.1.4. Další důležité pojmy

Formování desek

Formování desek se elektrotechnický děj, při kterém se na kladné i záporné desce vytváří aktivní hmota. Akumulátory „zasucha nabité“ označovali typ akumulátorů, u kterých výrobce určitým způsobem zformátoval desky, ty akumulátory se dodávali veze elektrolytu a při jejich uvádění do provozu stačí dolít do akumulátoru elektrolyt předepsané hodnoty.

Samovybíjení

Příčinou samovybíjení jsou chemické procesy, které probíhají na povrchu akumulátoru, probíhají i když u akumulátoru není připojena žádná zátěž. Hlavní příčinou vzniku samovybíjení proudů jsou nečistoty na povrchu akumulátoru, které vytváří svod mezi svorkami navzájem i mezi svorkami a kostrou. Značný vliv na samovybíjení má také teplota - s rostoucí teplotou samovybíjení vzrůstá.

U klasických akumulátorů mohou činit ztráty samovybíjení až 1 % kapacity denně, u moderních akumulátorů se uvádí jen 0,3% za 24 hodin.

Sulfatace

Je proces, který vzniká při trvalém nedobíjení akumulátoru, při němž se mění amorfní (beztvarý, bez vnitřní struktury) síran olovnatý na krystalický, který je v elektrolytu nerozpouští. Při sulfataci vznikají na deskách skvrnky bílé barvy, které tvrdnou a bortí se. U tohoto procesu dochází v deskách k nárůstu odporu (a ztrátě vodivosti). To má za následkem snížení kapacity. U klasických akumulátorů mohou ztráty činit až 1% kapacity denně a u moderních akumulátorů hodnota pouze 0,3% kapacity za den.

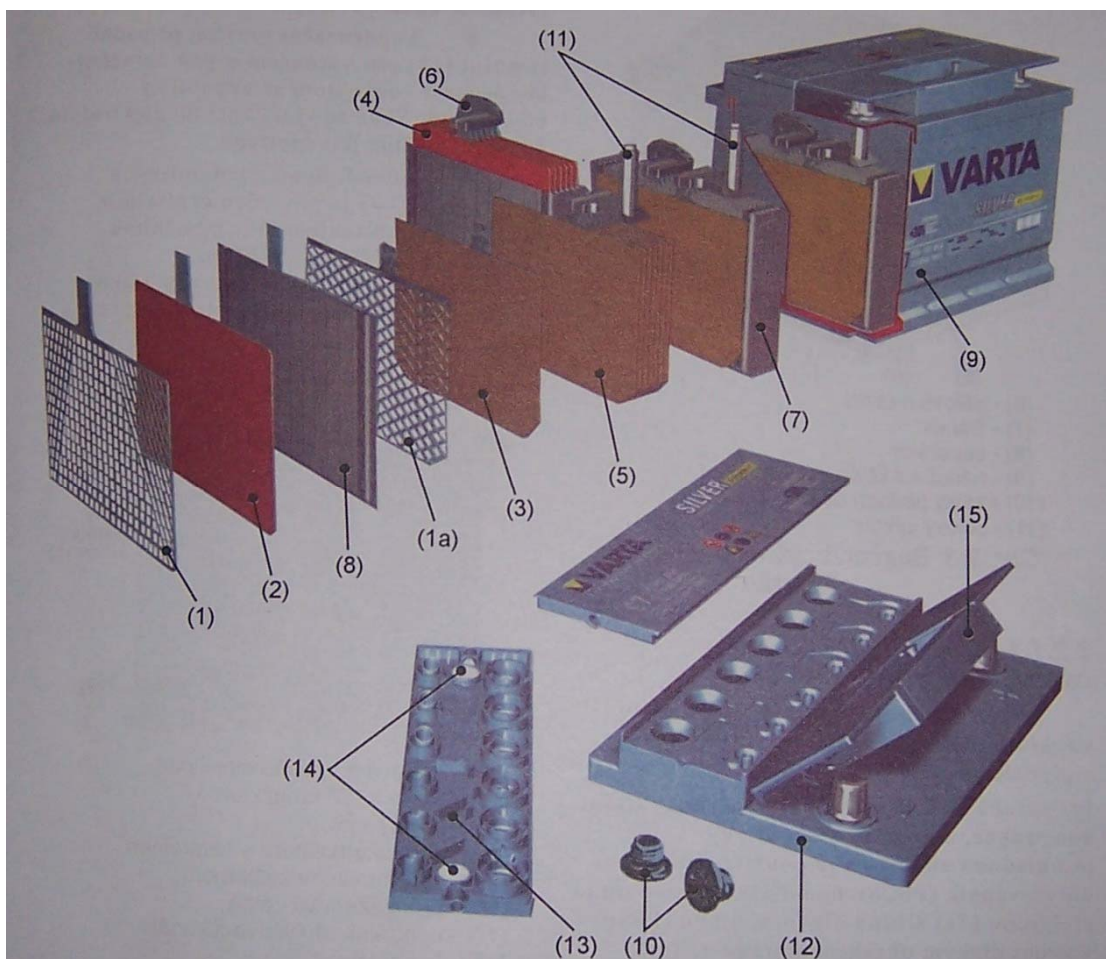
Hlavní příčiny sulfatace :

- dlouhodobé vyřazení akumulátoru z činnosti, zejména není-li dostatečně dobit
- dlouhodobé nedostatečné nabíjení
- vybíjení pod hranici napětí 1,7 V na článek
- vybíjení pod hranici jmenovité kapacity
nedostatečná výška hladiny elektrolytu

6.2. Moderní konstrukce akumulátorů-bezúdržbové akumulátory

Název „bezúdržbový“ akumulátory je do jisté míry zavádějící, protože by mohlo vést k názoru / představě, že se o akumulátor nemusíme vůbec starat. Musíme dbát na hlavně o to na jeho správné dobíjení A také musíme udržet akumulátor v čistotě.

6.2.1. Konstrukční bezúdržbového akumulátoru



1. kladná deska

1a. záporná deska

2. kladná deska

3. záporná deska

4. skupina kladných desek

5. skupina záporných desek

6. pólové můstky

7. článěk

8. separátor

9. nádoba s lištou pro uchycení

10. zátky plnicích otvorů

11. pólový vývod

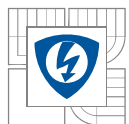
12. víko akumulátoru

13. labyrint pro vysoušení plynů

14. antidetonační pojistka

15. ochranný kryt

„Obr. č. 7 : Složení bezúdržbového akumulátoru“ [2]



Mřížky

Kladná mřížka má paprskovitou strukturu (1), která má za úkol zajišťovat rovnoměrné a plynulé spuštění. Mřížky jsou vyrobeny z olova a s příměsí legujících prvků především antimonu, který zpevňuje desky. Jeho použití je levné a dobře technologicky zvládnuté. „Nevýhodou použití antimonu je negativní vliv na hodnotu samovybíjení a rozklad vody. Proto se u běžných akumulátorů musí pravidelně dolévat voda, ztráta samovybíjením se udává jako 1 % denně z momentální kapacity. Akumulátor se musel při nečinnosti jednou za tři měsíce dobíjet. Dnes výrobci postupně přecházejí na „vápníkovou“ technologii. Změna technologie nejenom silně potlačila negativní vlastnosti antimonové technologie, ale výrazně i zvýšila životnost akumulátoru.

Vápníkové akumulátory téměř nevykazují samovybíjení a ztráta vody je natolik zanedbatelná, že zásoba vody v akumulátoru postačuje na celou dobu životnosti, která bývá výrazně vyšší než u původního provedení“

Separátory

Separátory (8) jsou vyrobené z polyetylénu (PE), dlouhodobě odolávají působení agresivnímu elektrolytu a mají nízký elektrický odpor. Separátory jsou se vyrábí v provedení ve tvaru kapsy, do které nasouvá zespodu na elektrodu. Tato konstrukce zaručuje dokonalé elektrické oddělení kladných a záporných desek, zabraňuje mezielektrodoých zkratů, protože činná hmota, která případně odpadne z desky zůstane v obálce, a takto prodlužuje životnost celého akumulátoru.

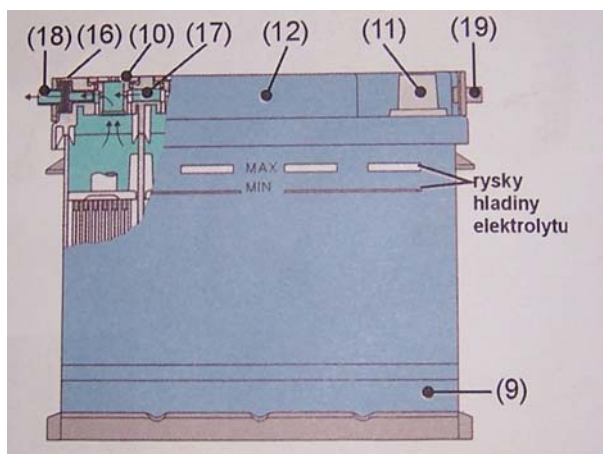
Magické oko

Jedná se o otočný hustoměr, který se otáčí podle momentální hustoty elektrolytu a odráží různými barvami okolní světlo.

Kondenzační prostor, případně labyrint (13)

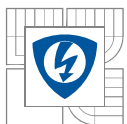
slouží pro vysoušení plynů umožňuje kondenzaci vody, která se odpařuje z elektrolytu. Voda se vrací zpět do elektrolytu což dále snižuje její potřebu.

„Odvod plynů z jednotlivých článků je proveden centrálním odplyňovacím kanálkem (17) k bočnímu vývodu (18). Vývod je opatřen protizážehovou polykarbonátovou zátkou s mikroporézní keramickou vložkou (16) – víko EURO Kamíka.“



- 9. nádoba s upevňovací lištou
- 10. zátka s „O“ kroužkem
- 11. pólový vývod
- 12. víko akumulátoru s centrálním odplyňovacím systéme,
- 16. protizážehová zátka
- 17. centrální odplyňovací kanál
- 18. boční vývod
- 19. zaslepovací zátka

„Obr. č. 3 : Centrální odplyňovací systém“ [1]

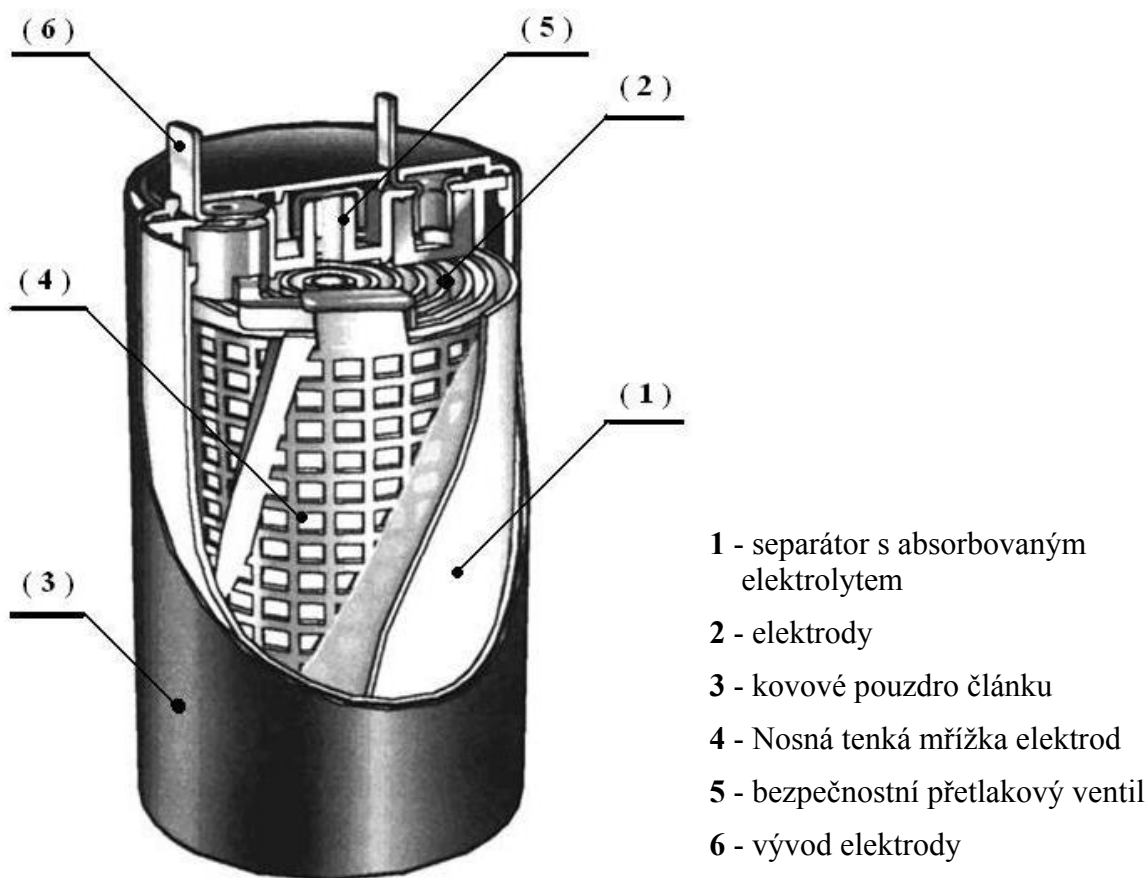


6.2.2. Vlastnosti bezúdržbového akumulátoru

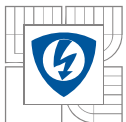
- Minimální samovybíjení vlastnosti - asi 0,3% kapacity za 24 hodin
- Minimální nutnost doplňovat elektrolyt destilovanou vodou v intervalu 1 rok i více
- Vyšší odolnost proti vibracím
- Odvodu plynů vznikajících při činnosti akumulátoru mimo vnitřní prostor vozidla
- U plně nabitého akumulátoru značný rozsah provozních teplot během provozu
- Zvýšená odolnost proti přebíjení
- Zlepší vlastností při startování vozidla než u starší typů
- Větší výkon vztažený na hmotnost a objem vztažen oproti klasickými akumulátory
- Delší životnost
- Možnost skladovat akumulátor poměrně dlouhou dobu - podle firmy VARTA až 15 měsíců

6.3. Svítkový startovací akumulátor

Tuto baterie vyvinuta americkou firmou Gates technology v Denveru. Jedná se zásadně odlišnou konstrukci ve srovnání s olověnými akumulátory, i když základní princip samozřejmě je stejný. „Jedná se opět o sestavu dvou elektrod jejichž základem je olověná nosná mřížka s příměsí cínu s aktivní hmotou oxidu olovičitého a olova. Separátor mezi nimi vytváří izolační vzdálenost elektrod a je to kompozit skelných vláken a textilií nasáklý elektrolytem. Základní elektrochemický systém je vytvořen dvěma elektrodami, stočenými do spirály a vsunut do plastického nebo kovového pouzdra.“

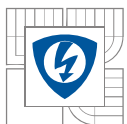


„Obr. č. 9 : Svítkový akumulátor“ [5]



6.3.1. Vlastnosti

- protože rozteč mezi elektrodami je velmi malá, má každý článek velkou aktivní plochou (o 50% - 100% větší ve srovnání s olověným akumulátorem) a s tím souvisí i větší kapacita
- v akumulátoru není tekutý elektrolyt a baterie, z toho plyne, že může pracovat libovolné poloze
- vodík a kyslík vznikají při provozu a jsou automaticky rekombinovány zpět na vodu a není třeba doplňovat elektrolyt a navíc nedochází ke korozi
- vybíjecí proud je 850 A (měřeného podle normy DIN)
- rezervní kapacita je asi 120 minut
- díky velké povrchové ploše článků dochází při spouštění k rychlé obnově kapacity, což umožňuje opakované spuštění
- baterie vydrží až 12 000 startů - běžná akumulátorová baterie umožňuje asi 4000 startů



6.4. Alkalický startovací akumulátor –Nikl-kadmiový (Ni-Cd)

V zásadě je konstrukce akumulátorů stejná jako u olověných, jediný rozdíl jsou pouze v provedení a materiálu elektrod a druhu elektrod.

6.4.1. Základní části akumulátoru

Elektrody - desky

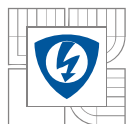
Desky jsou tvořeny ze silně poniklovaného ocelového plechu a opatřeny kapsičkami, ve kterých je aktivní hmota (aktivní hmota kladné desky je oxid nikličitý (NiO_2) a niklitý (Ni_2O_2). „Pouzdra z performovaného ocelového pásu a porézní skelety musí zajišťovat mechanickou pevnost elektrod, elektricky vodivý kontakt s aktivními hmotami, dokonalý průnik elektrolytu do aktivní hmot a minimalizovat uvolňování aktivních hmot z elektrod.“

Elektrody dělíme podle konstrukce na :

- trubkové,
- kapsové,
- spékané,
- FNCC
- plastem pojení

Elektrolyt

„Elektrolytem nikl-kadmiových akumulátorů je vodný roztok hydroxidu draselného (KOH) o hustotě $1,21 \pm 0,01 \text{ g cm}^{-3}$ při teplotě $20 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ s přísadou 20 g hydroxidu lithného (LiOH) na 1 dm³ elektrolytu. Přísada LiOH v elektrolytu zlepšuje nabití a zamezuje postupnému slnutí oxidů Ni při cyklování akumulátoru, a tím prodlužuje jejich životnost. Nadbytek LiOH může ale způsobovat vznik nikláku lithného a pokles výkonu akumulátoru.“ [3]



6.4.1. Výhody a nevýhody Ni-Cd akumulátoru

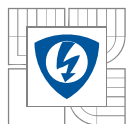
Výhody :

- menší samovybíjení než u klasických olověných akumulátorů
- neexistuje jevu podobného sulfataci desek olověných akumulátorů
- možnost vystavit akumulátor nízké teplotě bez nebezpečí poškození
- odolnost proti otřesům, zkratům, přebíjení i úplnému vybití
- vyšší životnost než u běžných olověných akumulátorů

Nevýhody :

- vysoká cena, až pětinasobek ceny olověného akumulátoru
- nižší napětí na článek 1,2 V proto musí být 12 V akumulátor složen z 10 článků a je tedy objemnější a hmotnější než odpovídající olověný akumulátor
- větší vnitřní úbytek napětí, a proto horší startovací vlastnosti
- hustota elektrolytu se během provozu nemění a nelze tedy stav nabit akumulátor zjišťovat hustoměrem
- přítomnost toxických těžkých kovů, zejména kadmia, a proto nutnost provádět recyklace

Nikl-kadmiové akumulátory se uplatňují zejména, tam kde musí být stále v pohotovosti, i když jsou delší dobu mimo provoz, tj. u speciálních vozidel, při spouštění dieselelektrických lokomotiv apod.



6.5. Stříbro-zinkový startovací akumulátor

Jedná se o další akumulátor z řady na bázi vodného elektrolytu. Vyniká svou velkou měrnou energií (až 130 W h kg^{-1}), velkou měrnou účinností ampérovou (min. 90%) a wattovou (min. 75 %). Dále pak vyniká velmi malým vnitřním elektrickým odporem, proto jsou vhodné k zatížení i velkými proudy. Při ponechání Ag-Zn akumulátoru ve vybitém stavu nedochází k jeho znehodnocení jako u jiných druhů. Jejich nevýhodou je velká cena, proto je nejsou běžně používány. Používají se tam, kde je využívají jejich příznivé parametry – například v některých vojenských letadel. Levnější náhradou tohoto akumulátoru je akumulátor s nikl-kadmiovými se spékanými elektrodami nebo svítkový akumulátor.

6.5.1. Konstrukce

Elektrody

„**Kladné elektrody** se zhotovují z nanesením práškováním oxidu stříbrného na kolektor ze stříbrného nebo postříbřené měděné sítky, nebo perforovaného plechu. Při teplotě kolem 500°C se oxid stříbrný redukuje na stříbrný prášek, který se současně spéká v pevnou hmotu s porézností nejméně 50 %. Pólové vývody se zhotovují přivařením stříbrného drátu k elektrodám.“ [3]

„**Záporné elektrody** se zhotovují nalisováním navlhčováním zinkového prachu a oxidu zinečnatého s pojivem na kolektory stejné konstrukce, jako se používají pro výrobu kladných desek. Tloušťka elektrod se pohybuje kolem 1 mm.“ [3]

„Separátory

Separátory se používají z regenerované celulózy (neplastifikovaného celofánu). Folií se obalí vždy dvě kladné elektrody, které po přehnutí tvoří kapsu do které se vkládá i záporná elektroda rovněž zabalená v celofánu. Po vložení elektrod do článkové nádoby a naplněním elektrolytem celofánové folie hydratuje a expanduje. Vzniklý tlak zpevňuje záporné Zn elektrody, které nemají dostatečnou pevnost. Článek tak lépe odolává mechanickému poškození.“

„**Elektrolytem** ve Ag-Zn akumulátoru je vodný roztok hydroxidu draselného o hustotě 1,40 až $1,42 \text{ g cm}^{-3}$.“ [3]

„**Článkové nádoby** se zhotovují z průhledného plastu. Víko je k nádobě přilepeno. Je opatřeno svorníky kladného a záporného pólu a plnicím otvorem se zátkou. Prodloužené hrdlo plnicího otvoru, speciální separace a malé množství elektrolytu zamezují vytečení elektrolytu při jakékoliv poloze článku.“ [3]

7. VÝVOJ NOVÝCH STARTOVACÍCH AKUMULÁTORŮ

7.1. Palivový článek

Palivový článek je zdroj, v kterém probíhá tzv. studené spalování paliva, při kterém se vyrábí stejnosměrný elektrický proud. Aby tato reakce probíhala je zapotřebí kontinuálně a odděleně přivádět palivo a okysličovadlo k elektrodám. Reakční zplodiny jsou potom stále odváděny z článku. Článek funguje pouze jako zdroj energie, reakce probíhá pouze jednosměrně (palivový článek nejde nabíjet) .

„Přeměna chemické energie na elektrickou se většinou děje v generátorech oklikou přes kinetickou energii, která vzniká při spalování daného paliva. Palivové články vyrábějí elektřinu přímo a proto by měly být účinnější, jednodušší a spolehlivější. Zatím však jejich využití částečně brání technické překážky.“ [6]

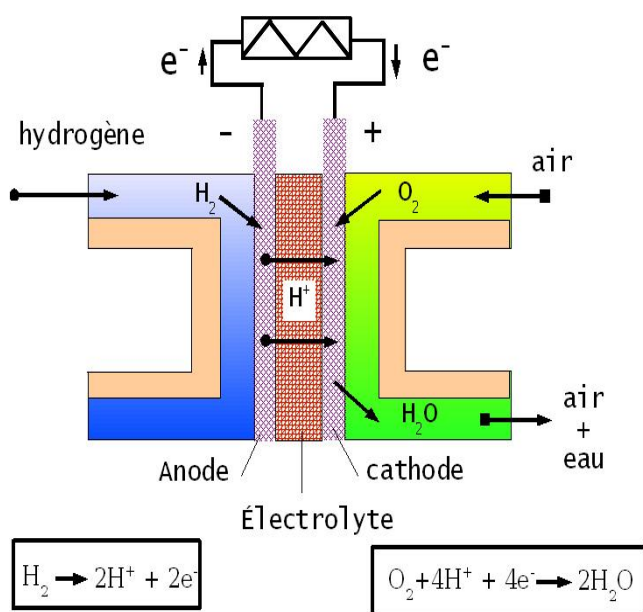
V dnešní době se především uvažuje používat v palivových člancích jako palivo se vodík, ale jsou i jiné vhodné látky formaldehyd, amoniak, oxid uhelnatý, zemní plyn, metan, metanol, etanol a další. Jako okysličovadlo lze použít čistý kyslík, vzduch nebo peroxid vodíku.

Jako elektrolyt lze používat vhodné roztoky hydroxidu draselného (KOH) nebo kyseliny sírové (H₂SO₄).

Elektrody jsou vyráběny z různých kovů, nebo se může jednat o uhlíkové nanotrubičky. Mohou být potaženy katalyzátorem (platina nebo platinové kovy) , které urychlují chemickou reakci.

Reakce

Palivo (v této chvíli budeme uvažovat vodík) je na anodě katalyticky přeměněno na kationty H⁺. Uvolněné elektrony jsou přitahovány anodou, které vytváří elektrický proud, který teče přes elektrický spotřebič ke katodě. Na katodě se okysličovadlo (v našem případě kyslík) přeměňuje na anionty (O²⁻), a ty pak následně reagují s H⁺ . Při sloučení těchto dvou látek vzniká jako zplodiny čistá voda.



Chemické rovnice:

Anoda : $2\text{H}_2 \rightarrow 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$

Oxidace / odevzdání elektronu

Katoda : $\text{O}_2 + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{O}_2^-$

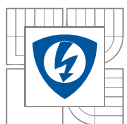
2. krok : $2\text{O}_2^- + 4\text{H}^+ \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

Redukce / přijetí elektronu

Souhrn: $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

Redoxní reakce

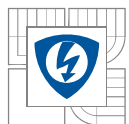
„Obr. č. 10 : Palivový článek“ [6]



7.2. Tvarovatelné baterie

„Dobrou budoucnost by mohly mít nové typy lithiových polymerových akumulátorů s gelovým elektrolytem, které kromě zlepšených technických parametrů mají i zajímavé vlastnosti mechanické. Mohou se totiž libovolně tvarovat, skládat do větších bloků a ohýbat. Jsou velmi tenké, takže je lze snadno umístit do různých elektronických karet, hracích pohlednic, průkazek a podobných plochých předmětů. V základním provedení mají totiž tloušťku jen 0,5 až 0,7 milimetru. Verze určená pro mobilní telefony má fascinující tloušťku pouhé 3 milimetry a váží pouze 15 gramů. Jinou zajímavou variantou je velkoplošná tenká baterie pro přenosné počítače, která je zasunuta do zadní strany výklopného krytu, na jehož přední straně je umístěn displej z kapalných krystalů.“ [7]

„Je pravděpodobné, že během deseti let nahradí tyto nové akumulátory dosud používané nikl-kadmiové typy. Ve srovnání s nimi mají totiž lithium-polymerové akumulátory řadu dalších výhod: neobsahují materiály ohrožující životní prostředí, ve srovnatelném objemu mají téměř dvojnásobnou kapacitu - a navíc jsou výrobně levnější. V současné době už existují baterie s kapacitou několika ampérhodin a je naděje, že do dvou let budou k dispozici i typy vhodné pro montáž do automobilů a elektrického nářadí. V Německu prý už dokonce zvládli výrobu lithium-polymerové autobaterie s výkonem 90 kilowattů, určené pro budoucí elektromobily.“ [7]



7.3. Kondenzátory s nanotechnologií

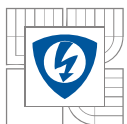
„Zatím tedy musí ultrakondenzátorové baterie často pracovat v tandemu s jinou úschovnou" energie. Mnozí vědci ale doufají, že jim toto nedůstojné postavení nezůstane věčně. Pokud by se při přijatelné ceně podařilo zvýšit energetickou hustotu na úroveň nejlepších dnešních akumulátorů, jejich vlastnosti by z nich dělaly nejen ideální zdroj pro elektromobily a další mobilní systémy, ale i pro uskladňování přebytků z alternativních zdrojů. Tím by odpadl jeden z největších problémů solární energetiky. Stačí si uvědomit, že na střechu každého domu dopadne za rok víc sluneční energie než jeho obyvatelé dokáží spotřebovat. O větru, který se zbůhdarma prohání kolem snad ani není třeba mluvit...

Potíže dnešních ultrakondenzátorů má na svědomí hlavně skutečnost, že póry v uhlíku jsou nestejnorodé a stále ještě zbytečně velké. Současný výzkum se ubírá vytvořením elektrod z uhlíkového aerogelu, unikátního materiálu s obrovským vnitřním povrchem. Na tomto principu již firma Cooper Electronic Technologies vyrobila baterie, jejichž hustota energie se blíží lithiovým článkům. Pro nízké napětí jsou zatím vhodné jen pro elektroniku, další vývoj by ale měl vést i k bateriím do elektromobilů a hybridních vozů.

Možnosti dalšího zlepšení kapacity ale nabízejí zejména nanotechnologie. Pórovitý uhlík by mohla nahradit jakási plástev, sestavená z obrovského množství uhlíkových nanotubic, jejichž průměr představuje desetitisíciny průměru lidského vlasu. Díky tomu patrně půjde skladovat elektřinu doslova na atomové úrovni, a tak docílit kapacity srovnatelnou s nejlepšími chemickými akumulátory, nebo i větší, při podstatně nižší hmotnosti. Tuto myšlenku v současnosti rozvíjí několik předních vědeckých pracovišť. Patrně nejdál je skupina odborníků z proslaveného amerického Massachusetts Institute of Technology (MIT). Snaží se uspořádat uhlíkové nanotrubice do rovnoběžně uspořádaných "pláští" a získat tak v malém objemu obrovský vnitřní povrch. "Tato konfigurace umožní získat superkondenzátory se stejnou nebo ještě větší hustotou energie, jakou disponují dnešní běžné baterie," konstatuje Joel E. Schindall, profesor na katedře elektroinženýrství a počítačů MIT. V současnosti ale není problém ani tak technický, jako spíš ekonomický. Nanomateriály jsou totiž stokrát až tisíckrát dražší než suroviny pro elektrody současných ultrakondenzátorů. Vědci z MIT ale věří, že čas, kdy kondenzátorová baterie z nanovláken bude stejně drahá jako dnešní běžné články, jednou přijde.“ [8]

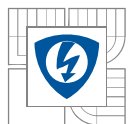
7.3.1. Princip ultrakondenzátoru

„Ultrakondenzátorová technologie je natolik nová, že se ještě nevžilo jednotné označení, a tak se můžeme setkat i s pojmy jako ultrakapacitor, superkondenzátor, pseudokondenzátor, dvouvrstvý kondenzátor a podobně. Pracuje na stejném principu jako klasický kondenzátor, kde vrstva nevodíče mezi dvěma vodivými vrstvami umožňuje vznik trvalého elektrického pole. Kapacita závisí na ploše elektrod a vlastnostech i tloušťce nevodivé vrstvy. Ultrakondenzátor má proto vodivé vrstvy (tzv. aktivní elektrody) z pórovitého uhlíku s obrovským vnitřním povrchem, dutiny jsou zaplněny elektrolytem. Mezi oběma elektrodami je navíc velmi tenká oddělovací vrstva (separátor). Po přivedení napětí se v elektrolytu oddělí elektrony od kladných iontů, přičemž tyto náboje putují ke "své" elektrodě s opačným znaménkem. Na stěnách dutin uhlíkových elektrod tak vzniknou dvě velmi rozlehlé nevodivé vrstvy s příznivými vlastnostmi. To vede k dosažení kapacity o jeden až dva řády vyšší než u klasických kondenzátorů.“ [8]



	olověný článek	ultrakondenzátor	kondenzátor
nabíjecí čas:	1-5 hod	0,3-30 s	0,001 až 0,000001 s
hustota energie (Wh/kg):	10-100	1-10	pod 0,1
počet nabíjecích cyklů:	1000	přes 500 000	přes 500 000
spec. hmotnost (W/kg):	přes 1000	přes 10 000	přes 100 000
účinnost:	0,7-0,85	0,85-0,98	přes 0,95

„Tab. č. 2 : Srovnání olověného článku, ultrakondenzátoru a kondenzátoru“ [8]



8. LABORATORNÍ ÚLOHA PRO ZJIŠTĚNÍ ZKRATOVÉHO PROUDU A VNITŘNÍHO ODPORU STARTOVACÍHO AKUMULÁTORU

8.1. Teoretický rozpor :

Úkolem startovacího akumulátoru je dodávat spotřebičům elektrickou energii, ve chvíli kdy se netočí motor. Jako jediný zdroj elektrické energie by však akumulátor nepostačil, protože má omezenou kapacitu. Proto ve vozidle je instalován alternátor případně dynamo. Točivý zdroj a akumulátor vzájemně spolupracují, a to tak, že v době kdy se netočí spalovací motor a generátor nevyrábí elektrickou energii, je jediným dodavatelem proudu akumulátor, zatím co při normálním chodu motoru je hlavním dodavatelem proudu generátor, který navíc dobíjí akumulátor. Při velkém zatížení dodává proud jak generátor tak akumulátor.

Elektrické vlastnosti startovacího akumulátoru :

Jmenovité napětí

Každý článek bez zatížení má napětí v rozmezí 2,0 - 2,15 V. Jmenovité napětí akumulátoru je dáno dle 2 Kirchhoffova zákona. Velikost celkového napětí akumulátoru je příslušné počtu článků seřazených do série.

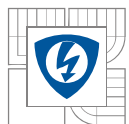
Při odběru se hodnota napětí snižuje se zatížením. Při nižším zatížením klesá nepatrně, ale s rostoucí zatížením (v řádu stovek ampérů) klesá strmě až na hodnotu 1,4 V. Akumulátor, který není zatížen v nabitém i ve vybitém stavu má napětí článku přibližně asi 2,1 V, proto měření napětí naprázdno nám nedává správnou informaci o stavu nabití akumulátoru. Správnou informaci nám dá pouze jen hustota elektrolytu (viz tabulka 7-1). Při nabíjení se napětí zvyšuje, až na hodnotu 2,75 V, která značí že je akumulátor zcela nabit. Hustota elektrolytu se s vybíjením zmenšuje, je proto dobrým ukazatelem stavu nabití.

Napětí naprázdno jednoho článku – nezatíženého článku : (empirický vzorec)

- „ $U_{01} = 0.85 + \rho$ “ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) [1]

Napětí při zatížení 1 článku:

- Napětí zatíženého zdroje je nižší o úbytek napětí na vnitřní odporu zdroje. Vnitřní odpor zdroje je dán, podle druhu zdroje, ohmickým odporem vodičů a odporem elektrod.
- $U_1 = U_{01} - \Delta U$ (V, V, V) $\rightarrow$ „ $U_1 = U_{01} - I R_v$ “ (V, V, A, Ω) [1]



Kapacita

Kapacita je elektrický náboj, které je možno za určitých podmínek z akumulátoru odebrat. Není to je stálá hodnota a mění se především v závislosti na velikosti vybíjecího proudu a na teplotě. S rostoucím vybíjecím proudem kapacita akumulátoru se snižuje. Je to způsobeno tím, že čím větší je vybíjecí proud, tím se hůře vyrovnává hustota elektrolytu v pórech činné hmoty a vzniká méně pórovitého síranu olovnatého při povrchu zabraňuje využití hmoty hlouběji pod povrch. Ionty se do činné hmoty dostávají prostřednictvím difúze. S klesající se teplotou se zvyšuje hustota elektrolytu a zmenšuje pohyblivost iontů, difúze působí pouze do menší hloubky, zmenšuje se využití činné hmoty a kapacity akumulátoru.

Kapacita se také mění v závislosti na stáří článků. Zpočátku se zvyšuje, je to způsobeno, tím že se postupně zlepšuje formování činné hmoty. Po dosažení maxima kapacita postupně klesá, následkem změn ve struktuře činné hmoty, postupnou sulfatací, zanášením pórů a z části o odpadáváním činné hmoty v podobě kalu.

- $C = I_v t$ (Ah, A, hod)

Jmenovitá kapacita

Jmenovitá kapacita je pouze srovnávací údaj pro hodnocení akumulátorů za stejných podmínek. V souhlase s mezinárodní dohodou se udává dvacetihodinová kapacita

(ČSN EN 60 095 – 1)

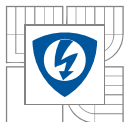
Jmenovitá dvacetihodinová kapacita C_{20} podle normy odpovídá vybíjení při teplotě $+27^{\circ}\text{C}$ proudem $0,05 C_{20}$ a do snížení napětí na 1,75 na článěk.

Rezervní kapacita

Rezervní kapacita je definována jako čas, po který je akumulátor schopen dodávat elektrickou energii pro bezpečný provoz motorového vozidla, a to i tehdy, nepracuje-li generátor - alternátor. V provozu jsou přitom zapalovací soustava, elektrické vstřikování, osvětlení, topení.

Vybíjecí proud

Vybíjecí proud je proud, který je schopen plně nabitý akumulátor dodávat při teplotě -18°C po dobu 10s a současně napětí akumulátoru nesmí klesnout pod 7,5V. Často bývá udáván vybíjecí proud podle normy DIN - v tomto případě je to proud, který musí být plně nabitý akumulátor schopen dodávat při teplotě -18°C po dobu 30s, aniž by napětí kleslo pod 9V.



Zkratový proud slouží k určení tepelného a dynamického namáhání vodičů. **Velikost zkratového proudu závisí** na mnohých faktorech, především závisí na konstrukci a kapacitě akumulátoru, stupni nabití, teplotě elektrolytu a stáří. Maximální velikost má na začátku a pak klesá se vzrůstajícím se odporem akumulátoru (oteplení → zvýšení odporu).

Teoreticky jde zjistit zkratový proud a vnitřní odpor takto :

$$„R_{\text{el}} = \frac{R_i}{C_N}“ \quad (\Omega, \Omega, C) [3] \quad „I_z = \frac{U_{\text{el}}}{R_{\text{el}}}“ \quad (A, V, \Omega) [3]$$

V praxi se někdy u vnitřního odporu zanedbává odpor propojek článků. Pokud bude mít paralelně zapojeny 2 a více akumulátorů tak jejich celkový zkratového proudu odpovídá součtu zkratových proudů jednotlivých akumulátorů.

Vnitřní odpor a zkratový proud měříme při teplotě $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, výsledky tohoto měření mají přesnost $\pm 10\%$ a nemohou postihnout dynamické vlastnosti během prvních milisekund zkratu. **Vnitřní odpor akumulátoru**

Do vnitřního odporu jsou zahrnuty složky činné hmoty, odpor jejich spojení s mřížkou, vlastnosti přechodové vrstvy a separátoru. Značný vliv má na vnitřní odpor má i hustota teplota elektrolytu.

Množství a vlastnosti jednotlivých složek způsobují, že vnitřní odpor akumulátoru je velmi proměnná veličina, která nelze vyjádřit stálou hodnotou ani jednoduchým vzorcem. Orientačně je možno uvažovat, že vnitřní odpor 6-článekového akumulátoru se pohybuje v rozmezí $10\text{m}\Omega$ až $30\text{m}\Omega$.

- „ $R_v = \frac{U_0}{15 \cdot C_{20}}$ “ $(\Omega, V, C) [3]$

8.2. Postup měření vybíjecí charakteristiky :

1. Určení prvního bodu (U_1 a I_1).

Zapojíme schéma dle schématu, nastavíme odpor R , tak aby se proud protékající zátěží I_1 odpovídal $0,04 - 0,06$ C10 (A). Po 20 sekundách zatěžování změříme velikost proudu I_1 a napětí U_1 a nejdéle po 25s vybíjení přerušíme obvod a bez dalšího nabíjení se po 2 až 5 minutách určí bod 2.

2. Druhý bod (U_2 a I_2).

Zapojení obvodů zůstane stejné, jen na místo klasického ampérmetru použijeme klešťový a použijeme zátěž o hodnotě $R = 0,08 \Omega$ (při teplotě 20°C). Abych dosáhli toho, že zatěžovací proud byl v intervalu $2 - 4$ C10 (A). Po 5 s zatěžování změříme a zapíšeme velikosti proudu I_2 a napětí U_2

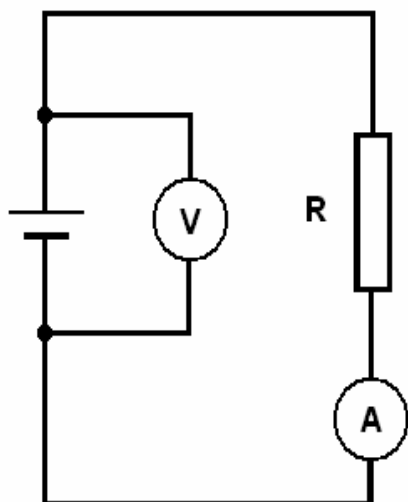
3. Sestavení grafu - naměřené hodnoty zaneseme do grafu, tyto 2 body lineárně proložíme.

Velikost zkratového proudu odpovídá bodu, kde je nulové napětí, jak patrné z níže uvedeného obrázku-grafu.

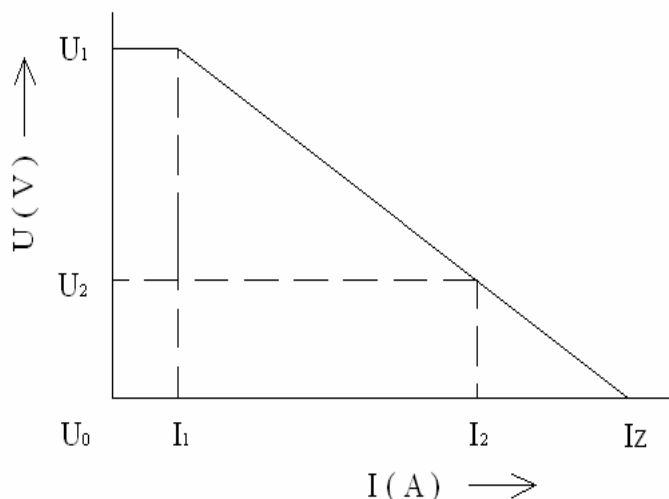
4. Zkratový proud I_z a vnitřní odpor R_i akumulátoru spočítáme podle vzorců :

$$„I_z = \frac{U_1 I_2 - U_2 I_1}{U_1 - U_2}“ \quad (A, V, A, V, A, V, V) [3]$$

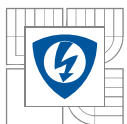
$$„R_i = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1}“ \quad (\Omega, V, V, A, A) [3]$$



Obr. č. 11 : Schéma zapojení



Obr. č. 12 : Graf – určení zkratového proudu



8.3. Vypracování laboratorního měření

Použité přístroje :

Autobaterie – Banner 12 V, 55Ah, 420A

Multimetr

Analogový Ampérmetr

Klešťový Ampérmetr

Naměřené hodnoty :

BOD 1 : **BOD 2 :**

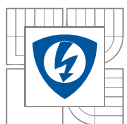
$U_1 = 12,45 \text{ V}$ $U_2 = 11,26$

$I_1 = 3 \text{ A}$ $I_2 = 102,3 \text{ A}$

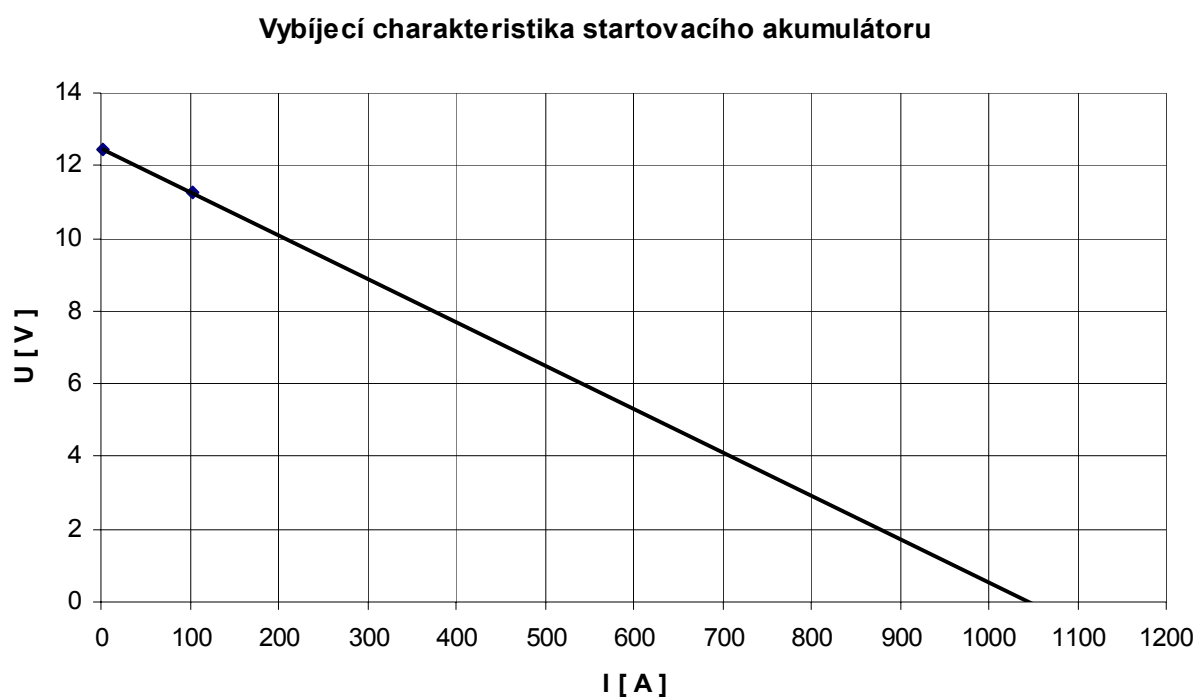
Výpočty :

$$I_z = \frac{U_1 I_2 - U_2 I_1}{U_1 - U_2} = \frac{12,45 \text{ V} \cdot 102,3 \text{ A} - 11,26 \text{ V} \cdot 3 \text{ A}}{12,45 \text{ V} - 11,26 \text{ V}} = \underline{\underline{1041,895 \pm 10\% \text{ A}}}$$

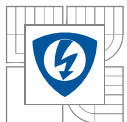
$$R_i = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1} = \frac{12,45 \text{ V} - 11,26 \text{ V}}{102,3 \text{ A} - 3 \text{ A}} = \underline{\underline{0,012 \Omega}}$$



Grafické znázornění :



Odečtená hodnota zkratového proudu je přibližně 1 040 A



Výpočet zkratového proudu pomocí metody nejmenších čtverců :

Obecné řešení :

$$A (A_n + 1) + B \sum x_i = \sum y_i$$

$$A \sum x_i + B \sum x_i^2 = \sum x_i y_i$$

i	0	1
x	3	102,3
y	12,45	11,26

Počtetní řešení :

$$(1+1) A + (3 + 102,3) B = 12,45 + 11,26$$

$$(3 + 102,3) A + (3^2 + 102,3^2) B = 3 \cdot 12,45 + 102,3 \cdot 11,26$$

$$2 A + 105,3 B = 23,71$$

$$105,3 A + 10474,29 B = 1189$$

Postupnou úpravou vypočteme A i B, poté dosadíme tyto konstanty do rovnice přímky $y = A + Bx$. $A = 12,486$, $B = 0,012 \rightarrow y = 12,486 - 0,012x$. Levou stranu rovnice položíme rovnu nule a vypočteme tak zkratový proud.

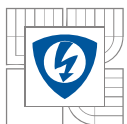
$$y = 0 :$$

$$12,486 - 0,012x = 0 \quad / -12,486 \text{ a } * -1$$

$$0,012x = 12,486 \quad / / 0,012x$$

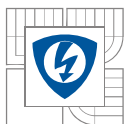
$$x = 1040,5$$

$$\underline{\underline{I_z = 1040,5 \text{ A} \pm 10\%}}$$



8.4. Závěr

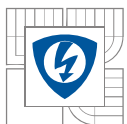
Pomocí 3 různých metod výpočtu jsem spočítal hodnotu zkratového proudu $I_z = 1041,895 \text{ A}$ s tolerancí $\pm 10\%$, maximálně dosahuje $1146,085 \text{ A}$. Výrobce udává zkratový proud $I_z = 1100 \text{ A}$. Vypočtená hodnota odpovídá velikosti zkratového proudu, kterou udává výrobce, z toho plyne, že měření bylo provedené správně avšak s nepatrnou nepřesností, pravděpodobně způsobenou nepřesného dodržení doby odečtu hodnot při měření.



9. ZÁVĚR

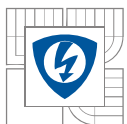
Účelem této práce je, aby sloužila jako studijní materiál pro následující studenty v předmětu automobilová elektrotechnika, kde se dozvědí základní informace o startovacích akumulátorech. Podrobněji nás seznamuje s dnes obvyklým oloveným akumulátorem s jeho historií, konstrukcí, s chemickými pochody a s ostatními vyráběnými druhy akumulátory. Velká část je věnována problematice, kam se dnes směřuje vývoj startovacích akumulátorech.

V bakalářské práci jsem navrhl, odměřil a vypracoval snadnou laboratorní úlohu ke zjištění zkratového proudu a vnitřního odporu startovacího akumulátoru. Pro tento účel jsem musel vyrobit odpor o velikosti $R = 0,08 \Omega$ (při teplotě $t = 20^{\circ}\text{C}$), z důvodu aby zatěžovací proud byl přibližně 100 A. Měření proběhlo bez problémů a vypočtený zkratový proud odpovídal hodnotě, kterou udává výrobce.



LITERATURA

- [1] Prof. Ing. HÁJEK Vítězslav CSc. *Automobilová elektrotechnika a elektronika*,
- [2] Ing. DRÁPAL Vladimír; Ing. JAN Zdeněk; Ing. KŠICA Vratislav;. *Elektrotechnika motorových vozidel 1*, Avid s.r.o. Brno 2000.
- [3] Doc, RNDr. CENEK M.; CSc. , RNDr. JINDRA J. CSc; JON M.. *Akumulátory od principu k praxi*. FCC Public 2003.
- [4] ČECH Jiří, *Akumulátor podrobný popis, údržba*. Škoda Czech Web [online]. Říjen 2002. [11. 11. 2002]. Dostupné na WWW : <http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=379>.
- [5] Doc. Ing. HAMMERBAUER J. , Ph.D. *Olověné akumulátory*. Dostupné na WWW : www.jergym.hiedu.cz/~canovm/elektro/clanky2/olov.pdf.
- [6] *Palivový článek*, Wikipedia [online]. Březen 2003 [cit. 31. 3. 2008]. Dostupné na WWW : http://cs.wikipedia.org/wiki/Palivov%C3%BD_%C4%8Dl%C3%A1nek.
- [7] LUKÁŠ Ladislav . *Tvarovatelné baterie*. Český rozhlas [online]. Srpen 2003. [cit. 23.8.2003] Dostupné na WWW : http://www.rozhlas.cz/veda/portal/_zprava/84697.
- [8] NOVÁK J. *Podaří se vyrobit baterii snů?*. 21.století [online]. Červen 2006. [cit.23. 06.2006]. Dostupné na WW : <http://www.21stoleti.cz/view.php?cisloclanku=2006062305>



PŘÍLOHY

1 CD s bakalářskou prací v elektronické podobě.