

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta – Katedra fyziky

Záložní zdroje zabezpečovacího zařízení

Bakalářská práce

Vedoucí práce: [doc. PaedDr. Petr Adámek, Ph. D.](#)

Autor: Štolba Michal

Tato bakalářská práce obsahuje základní popis zabezpečovacího zařízení a uvedení do dané problematiky. Popisuje používané NiCd a Pb akumulátory v daném oboru. Seznamuje se základními pojmy, značením, druhy a vlastnostmi akumulátorů. A seznamuje se základním měřením na akumulátorech.

This bachelor project contains a basic description of the emergency device and an introduction to this problem. The project describes uses of NiCd and Pb batteries of this branch. It introduces the basic terms, symbols, types and characteristics of batteries. And it introduces the basic measurement electric quantity of batteries.

Prohlašuji, že příloženou práci jsem vypracoval samostatně, pouze z použitých pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 sb. V platném znění souhlasím se zveřejněním bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované JČU v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách.

V Českých Budějovicích 15.1.2010

Michal Štolba

Děkuji doc. Petru Adámkovi za četné rady a náměty, které mi po celou dobu mé bakalářské práce ochotně poskytoval.

Děkuji panu Rybkovi z firmy Signalmont a panu Ing. Zikovi prodejnímu zástupci firmy Hoppecke® za odborné konzultace, které přispěly ke zpracování teoretické části této práce.

V Českých Budějovicích 15. 1. 2010

Michal Štolba

OBSAH

1. CÍLE PRÁCE.....	7
2. ÚVOD.....	7
2.1. Historie zabezpečovacího zařízení.....	7
2.2. Seznámení s technologií zabezpečovacího zařízení.....	8
2.3. Všeobecné požadavky.....	8
2.4. Parametry, které rozhodují o řešení napájecích systémů	9
2.4.1. Kmitočet kolejevých obvodů.....	9
2.4.2. Bateriový zdroj a jeho kapacita.....	10
2.4.3. Odebíraný zdánlivý výkon	10
3. NÁHRADNÍ NAPÁJENÍ.....	12
3.1. Nikl-kadmiové baterie FNC.....	13
3.1.1. Elektrochemická struktura nikl-kadmiových baterií.....	13
3.1.2. Konstrukce baterie	14
3.1.3. Typy baterií.....	16
3.1.4. Provozní vlastnosti NiCd akumulátorů.....	16
3.2. Olověné akumulátory.....	17
3.2.1.1. Elektrochemická struktura olověných akumulátorů s kapalným elektrolytem	17
3.2.1.2. Konstrukce olověných akumulátorů s kapalným elektrolytem.....	18
3.2.1.3. Provozní vlastnosti Pb akumulátorů s kapalným elektrolytem.....	19
3.2.2. Hermeticky uzavřené bez údržbové olověné akumulátory.....	21
3.2.2.1. Konstrukce bez údržbových hermetických akumulátorů s deskovými elektrodami.....	21
4. NABÍJENÍ A VYBÍJENÍ AKUMULÁTORŮ.....	23
4.1. Nabíjecí charakteristika U.....	23
4.2. Nabíjení charakteristikou I	23
4.3. Nabíjení charakteristikou IU.....	23
4.4. Používané metody nabíjení	23
4.4.1. Nabíjení konstantním napětím u baterií NiCd.....	23
4.4.2. Nabíjení Pb baterií konstantním proudem.....	24
4.4.3. Nabíjení Pb baterií konstantním napětím.....	24
4.4.4. Nabíjení hermetických bez údržbových akumulátorů.....	24

4.4.5. Hloubka vybití a vybíjecí proud	24
5. MĚNIČE NAPĚTÍ.....	26
5.1. Rotační měniče.....	26
5.2. Elektronický zdroj napětí EZ1.....	26
5.2.1. Popis funkce EZ1.....	27
5.2.2. Popis jednotlivých částí.....	28
6. MĚŘENÍ ELEKTRICKÝCH VELIČIN.....	30
6.1. Úvod.....	30
6.2. Použité měřicí přístroje.....	32
6.3. Měření napětí a proudu při zatížení na baterii NiCd.....	33
6.3.1. Úvod:.....	33
6.3.2. Teorie:.....	34
6.3.3. Postup měření:.....	34
6.3.4. Přehled výsledků.....	35
6.4. Měření vnitřního odporu článku NiCd.....	36
6.4.1. Úvod:.....	36
6.4.2. Teorie:.....	36
6.4.3. Postup měření:.....	37
6.4.4. Přehled výsledků.....	38
6.5. Měření kapacity akumulátoru NiCd.....	39
6.5.1. Úvod:.....	39
6.5.2. Teorie:.....	39
6.5.3. Postup měření:.....	39
6.5.4. Přehled výsledků.....	39
7. ZÁVĚR.....	43
8. LITERATURA.....	44

1. CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je:

- seznámit čtenáře s technologií zabezpečovací zařízení, s technickými požadavky kladené investorem a s bezpečností provozu na vedlejších a na koridorových železničních tratích,
- vytvořit přehled s používanými akumulátory v tomto odvětví, s konstrukcí NiCd a Pb, s typy a parametry,
- seznámit se základním způsobem nabíjení,
- vytvořit základní přehled elektrických měničů napětí,
- popsat teorii základních měření,
- hlavním cílem je provést základní měření a testování na akumulátorech.

2. ÚVOD

Pro zabezpečovací zařízení provozované správou železniční dopravní cesty jsou kladeny velmi vysoké nároky. Hlavním úkolem je plynulý a bezpečný provoz s převažujícím ohledem na lidské životy [1,2].

Zabezpečovací systém je z části, nebo plně automatický, elektromechanický a v současné době se rozvíjejí elektronické zařízení. Z toho důvodu se kladou vysoké požadavky na napájecí soustavu, která je nedílnou součástí zabezpečení. Tato soustava musí být zálohována a to: buď je zařízení napájeno ze dvou na sobě nezávislých síťových rozvodů využitých z převahy na koridorových tratích, nebo kombinací stejnosměrného (bateriového) rozvodu s nepřetržitým dobíjením z dobíječe, který je napájen z NN rozvodu [1,2].

2.1. Historie zabezpečovacího zařízení

S technickým rozvojem, po 2. světové válce, nastává postupná modernizace železniční dopravy. Velký podíl na tom má výstavba mnohem výkonnější elektrické trakce s rekonstrukcí zabezpečovacího zařízení. Dosluhující mechanické zařízení bylo postupně nahrazováno staničním a traťovým reléovým zabezpečovacím zařízením [1].

V prvopočátcích se nebralo v úvahu to, že tyto příbuzné, z technického hlediska vzdálená obory se navzájem ovlivňují. Z toho důvodu docházelo k technickým problémům při spouštění

nového zabezpečovacího zařízení, které byly jen těžko řešitelné a často vedly ke kompromisům, jejichž následky se projevují dodnes [1,2].

Tato skutečnost vedla k velkým rekonstrukcím na tratích Praha - Česká Třebová, kde byla použita stejnosměrná trakce 3 kV s novým zabezpečovacím traťovým zařízením [1].

Zkušenosti při projektování nových tratí byl základem pro technický rozvoj zabezpečovacího zařízení s širším uplatněním elektroniky, a na druhé straně zavedení druhé trakční střídavé soustavy 25 kV s frekvencí 50 Hz [1].

Pro napájení zabezpečovací techniky je třeba mít objektivní znalosti dvou rozhraní: silno proudovou a zabezpečovací technikou [1].

V dnešní době české dráhy (dále ČD) prochází technickou rekonstrukcí ve sdělovacím i zabezpečovacím odvětví, čímž dochází k vybavení nových technologií s novými možnostmi v efektivnosti a bezpečnosti železničního provozu. Technické zdokonalování zařízení je podstatou ke zkvalitnění záložních systémů, umožňující provozuschopnost zařízení i při výpadku sítě na předem stanovenou dobu [1,2].

2.2. Seznámení s technologií zabezpečovacího zařízení

Napájení zabezpečovacího zařízení se rozděluje do dvou základních skupin:

1. Napájecí systémy používaných ve staničních a traťových koridorech

– zařízení zde využívá jako hlavní zdroj elektrické energie trakční vedení což je střídavý napětí o 25kV a záložního zdroje se využívá, je-li menších výkonů, baterií či diesलगregáty.

U vyšších výkonů se může náhradního napájení využívat přípojek NN distribuční soustavy [1].

2. Napájecí systémy na vedlejších tratí ve stanicích a přejezdových zab. zař.

- je to zařízení využívající hlavní zdroj NiCd či Pb baterií s nepřetržitým dobíjením, dobíječem napájeným z veřejné sítě nebo rozvodu ČD [1,2].

2.3. Všeobecné požadavky

Na napájecí systémy pro zabezpečovací zařízení, používané v provozu ČD, jsou kladeny velmi vysoké požadavky. Je to zapříčiněno zvláštním postavením zařízení v železniční dopravě, neboť na její bezpečnosti a spolehlivosti závisí nejen plynulost provozu, ale především lidské životy [1,2].

Postupnou modernizací, pomocí elektronickými doplňky, bylo umožněno používat nové zařízení s maximálním bezpečnostním efektem [1,2].

Pro plynulost a bezpečnost železniční dopravy je kladeno několik podmínek bez ohledu na zvolený typ zabezpečovacího zařízení:

1. Zabezpečovací zařízení musí mít zajištěnou dodávku elektrické energie ze dvou nezávislých zdrojů, z nichž je každý schopen dodávat požadovaný výkon.

-zařízení je zařazeno v 1. stupni dodávky elektrické energie, neboť jeho selhání může ohrozit lidské životy [1,2].

2. U napájecích systémů musí být zajištěna ochrana proti nebezpečným účinkům trakčního vedení a účinkům blesku.

- 3kV DC – velká část zpětného proudu stejnosměrného trakčního obvodu se při jízdě vlaku vrací do napájecí stanice zemí - využívá cestu nejmenšího odporu - a z toho důvodu jsou v nebezpečí všechna kovové vedení a kabely s kovovým pláštěm, uložené v souběhu s tratí. Využívá se zde pasivních či aktivních ochran.

- 25kV AC – jednofázový napájecí obvod vytváří ve svém okolí elektrostatické a elektromagnetické pole, které jsou zdrojem indukovaných napětí a proudů ve vedeních nacházejících se v jeho blízkosti.

- proti blesku se jak zařízení tak i napájecí zdroje chrání svodiči přepětí [1,2]

3. Napájecí systém musí splňovat požadavky pro ochranu před úrazem elektrickým proudem.

- jedná se o zařízení napájené výhradně z trafostanic ČD (je napájena pouze technologie ČD), z níž by mohl být zavlečen zpětný trakční proud do veřejné soustavy. Nejsnazším řešením je soustava IT nebo osazení oddělovacího izolačního transformátoru mezi trakčním vedením a vstupem pro napájení zabezpečovacího zařízení s krytím ve dvojité izolaci s dimenzovanými přívodními i odchozími vodiči vyhovujícím maximálním proudům při největším přípustným zatížení napájecího zařízení [1,2].

4. Systém nesmí vykazovat neúměrně vysoké ztráty [1,2].

5. Navržený systém musí být hospodárný.

- při hledání optimální varianty technického řešení musíme brát v úvahu také technicko-provozní kritéria, hospodárnost řešení, při kterém se posuzují investiční náklady a životnost zařízení [1,2].

2.4. Parametry, které rozhodují o řešení napájecích systémů

2.4.1. Kmitočet kolejových obvodů

Kolejové obvody slouží k viditelnosti vlakové soupravy v kolejovém úseku. Vlaková souprava vytváří kolejový zkrat svými nápravami, na což reagují kolejové relé. Tento systém je přes kontakty kolejových relé začleněn do dalších reléových či elektronických vazeb, který

ovládá postavení návěstidel, výhybek, komunikuje s výpravčím nebo PC, ovládá přejezdové zabezpečovací zařízení atd. Na provoz kolejových relé jsou požadovány ty největší nároky z důvodu bezpečnosti. Toto zařízení nesmí v žádném případě selhat nebo nesmí být z důvodů různých ovlivněno (z důvodu cizích vlivů, špatných kabelových stavů...) [1,2].

K zabezpečení vlakové cesty jsou v základním stavu při neobsazeném úseku relé natažená. Aby se zabránilo rušivým vlivům na kolejové obvody, ze strany distribuční sítě či trakčního vedení, používá se rozdílná frekvence. Na hlavních tratích se pro napájení kolejových obvodů používá kmitočtu o 75 Hz a pro staniční odvody o 275 Hz jak pro reléový tak i pro elektronický systém. Dle těchto kmitočtů se používá požadovaný elektronický zdroj o různé frekvenci [1,2].

2.4.2. Bateriový zdroj a jeho kapacita

Provoz reléového či elektronického zařízení vyžaduje nepřetržitou dodávku elektrické energie. Toto nám nejspolehlivěji umožňuje napájení celého zařízení z akumulátorové baterie, která umožňuje nepřetržitou dodávku energie i při výpadku trakčního či síťového zdroje [1,2].

Spojením baterií, dobíječů, elektronických zdrojů a stabilizátorů napětí se vytváří napájecí systém zabezpečovacího zařízení.

Velkou roli zde hraje kapacita bateriového zdroje, vyjádřena v Ah. Základní parametry pro dimenzování zdroje jsou:

- jmenovité napětí baterie,
- předem vypracovaný odebíraný výkon zabezpečovacího zařízení,
- doba, po kterou je baterie schopna dodávat nepřetržitě energii pro nejnужnější provoz

zařízení. Při stanovení doby musíme předem rozlišovat, zda se jedná o napájení na hlavní trati, či na vedlejší. Na elektrizované hlavní trati je napájecí systém napájen ze tří na sobě nezávislých zdrojích (z veřejné sítě a z trakčního vedení umožňujícího napájení ze dvou trakčních napájecích stanic) a zde je požadavek na dodávku energie z baterie po dobu 30 minut. Pro napájení přejezdového zabezpečovacího zařízení se počítá s kapacitou baterie pro dodávku energie na dobu 8 hodin, a to z toho důvodu, že zde je jen napájecí systém napájen jen z jednoho síťového napájení [1,2,3,4,5].

2.4.3. Odebíraný zdánlivý výkon

Před započítáním projekčních prací se musí vypočítat zdánlivý výkon všech spotřebičů, při trvalém odběru, a podle tohoto výpočtu se zvolí kapacita baterií i s dobíječem. Tento výpočet se

pohybuje na staničním a traťovém zařízení od 130 – 280 VA, na přejezdovém zabezpečovacím zařízení 150 – 200 VA [1].

Při dimenzování přejezdového napájecího systému se bere v úvahu, že po 8 hodinovém výpadku sítě dojde k vysokému vybití baterie, avšak dnešní dobíječe baterií jsou schopny dodávat plný výkon baterie a proto postačí volba kolem 100 – 130 VA [1].

3. NÁHRADNÍ NAPÁJENÍ

Zabezpečovací zařízení vyžaduje několik základních a zásadních bodů pro bezporuchovou funkci zařízení a maximální bezpečnost pro jakýkoliv pohyb v kolejišti. Aby zařízení bylo bezpečné, musí spolehlivě pracovat i při výpadku napájení elektrické sítě. Z toho důvodu se zařízení zálohuje náhradními zdroji nikl-kadmiovými bateriemi NiCd či olověnými Pb baterie od výrobců HOPPECKE® či VARTA®.

Požadavky na náhradní zdroje:

- vysokou spolehlivost - neprojevení výpadku proudu. Při síťovém výpadku musí baterie dodávat takové množství energie, aby zařízení bylo schopné pracovat na 100% zátěž,
- dlouhá životnost - v mnoha aplikacích je možno dosáhnout životnost až na dobu 20-ti let, což záleží na okolních teplotách,
- nenáročnou údržbu – vzhledem vysoké hladiny elektrolytu mohou baterie být na odloučených místech a po určitou dobu mohou být bez jakékoli údržby,
- vysoký počet cyklů - vybití/nabití, přičemž těmto bateriím nevadí, že v jednom cyklu dojde k vybití na 100%,
- široký rozsah provozních teplot - s použitím elektrolytu lze baterie používat v teplotním rozsahu -20°C až +50°C,
- rychlé nabíjení - vysokou odolnost proti elektrickému přetížení – např.: přebití, hluboké vybití, silné pulzní špičky - odolnost proti mechanickému poškození – nová konstrukce nám dovoluje bez poškození zvládnout hrubé zacházení spojené s přepravou v těžkém terénu,
- jednoduchá instalace - stavebnicový či blokový systém dovoluje různé aplikace jak pro stabilní tak i pro mobilní stavy,
- prodlouženou skladovatelnost - v prázdném a vybitém stavu a při splnění skladovacích podmínek lze baterie skladovat mnoho let,
- ekologickou nezávadnost - baterie lze recyklovat. Různými technologickými procesy lze získávat recyklací nikl, kadmium, olovo, ocel, plasty a to vše se může opět použít na výrobu baterií,
- nízké náklady na cyklus a na životnost [3,4,5].

3.1. Nikl-kadmiové baterie FNC

3.1.1. Elektrochemická struktura nikl-kadmiových baterií

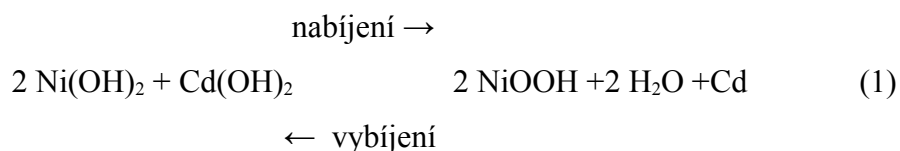
Aktivním materiálem pro nikl-kadmiové baterie je pro zápornou elektrodu hydroxid kademnatý a pro kladnou desku hydroxid nikelnatý [4].

Vodní roztok hydroxidu draselného tvoří elektrolyt s malým přídavkem hydroxidu lithnatého pro delší životnost a pro lepší funkci v provozu ve vyšších teplotách [3,4].

Při vybíjení nedochází k chemickým změnám ani k znehodnocení elektrolytu, takže roztok slouží pouze k přenosu iontů mezi kladnou a zápornou deskou [4].

Základním materiálem desek je ocel, která zůstává během chemického procesu nedotčena a uchovává si po celou dobu životnosti článku [4].

Následující chemický vzorec (1) je reakce při nabíjení a vybíjení, převzato [4]:



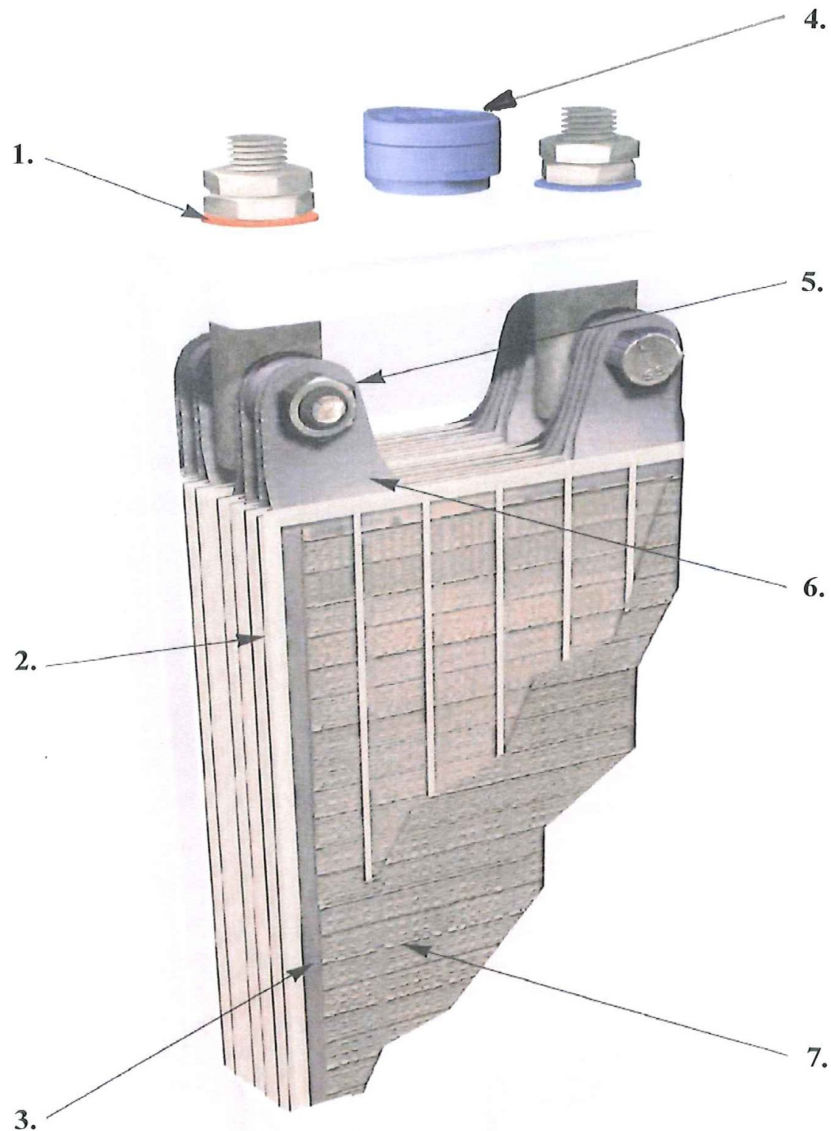
Při vybíjení se trojmocný hydratovaný oxid nikelnatý redukuje na dvojmocný oxid nikelnatý a kadmium u záporné desky je oxidováno na hydroxid kademnatý. Při nabíjení se probíhá reakce opačná [3,4].

Jestliže potenciál článku stoupne na takovou úroveň, že se začne uvolňovat vodík u záporné desky a kyslík u kladné, dochází k úbytku vody. Tato voda, v podobě páry, je zachycována v rekombinačních zátkách na horní části článku, kde kondenzuje a vrací v tekutém stavu zpět do článku [3,4].

Během nabíjení a vybíjení nedochází ke změnám v hustotě elektrolytu, z toho důvodu lze použít poměrně velkou objemovou rezervu, bez vlivu na elektrochemickou reakci mezi deskami [3,4].

Nikl-kadmiové články mají hodnotu napětí 1,2 voltu.

3.1.2. Konstrukce baterie



Obr. č. 1 Konstrukce článku NiCd, převzato a upraveno[4]

1. Těsnění pólového vývodu, 2. Separátory, 3. Rám desky, 4. Zátka, 5. Soustava sběrnice elektrod, 6. Praporec desky, 7. Deska

Desky

Článek se skládá z lisované kladné desky obsahující hydroxid nikelnatý a záporné desky obsahující hydroxid kademnatý [4].

Aktivní složka článku je umístěna v kapsách vytvarovaných z ocelových perforovaných pásků. Pásky jsou mechanicky spojeny, ořezány na požadovanou velikost a slisovány 3. Lisováním se dosáhne vysoké mechanické pevnosti. Ocelové pouzdro 3, ve kterém je aktivní část desky umístěna, zaručuje dobrou vodivost s minimálním nárůstem objemu elektrod [4].

Pro mechanickou a elektrickou stabilitu jsou desky přivařeny k vodivé sestavě sběrnice 5 [4].

Aktivní součást desky je z oceli, je elektrická a není konstrukční. Zásaditý elektrolyt s ocelí nereaguje, ani nejsou postupně oslabovány korozí. Nosná konstrukce baterie je nedotčena a nezměněna po celou provozní dobu [3,4].

Mezi kladnou a zápornou deskou je tolik místa, že je zajištěna dobrá cirkulace elektrolytu, dále je zajištěn dobrý rozptyl plynů a nedochází k rozvrstvení elektrolytu [3,4].

Separátory

Mezi kladnou a zápornou deskou je izolace nazývaná separátor 2, která umožňuje cirkulaci elektrolytu a rozptyl plynu mezi deskami [4].

Elektrolyt

V bateriích je použit roztok hydroxidu draselného a hydroxidu lithného v takovém poměru, aby článek mohl bezpečně pracovat v nízkých a vysokých teplotách (-20 °C až +60 °C).

Dále nepodléhá změnám při nabíjení či vybíjení = uchovává si schopnost přenášet ionty mezi deskami bez ohledu na úroveň nabití a téměř po celou dobu životnosti, tzn., není třeba ho po celou dobu měnit [3,4].

Používáním baterií v extrémně vysokých teplotách se volí různá hustota elektrolytu, aby se zabránilo hrozcímu zvýšení uhličitánů v elektrolytu [3,4].

Pólové vývody

Svorníky jsou přivařeny k sběrnícím deskám, které jsou vyrobeny z ocelové tyčoviny, opatřeny závitem a poniklovány. Stlačené pryžové těsnění 1 mezi miskou a svorníkem zabraňuje výtoku elektrolytu [4].

Zátka

Každý článek obsahuje rekombinační zátku 4, která zamezuje odpaření elektrolytu. Při odpařování plynů se rekombinují pomocí integrovaného katalyzátoru z ušlechtilých kovů a vznikají vodní páry. Páry kondenzují na stěnách zátky a vysrážené kapky stékají zpět do nádoby [4].

Nádoba

Nádoba je z nárazu vzdorného průsvitného polypropylénového materiálu [3,4].

3.1.3. Typy baterií

Nikl-kadmiové baterie se vyrábí v několika řadách rozdělených podle dodávaného výkonu:

Typ L

- tento typ zajišťuje dodání energie na dlouhé časové intervaly. Proud je poměrně malý ve srovnání s celkovým množstvím uchovávané energie. Mají kapacitu od 11 Ah až 160 Ah.
- používají se pro napájení signalizačního zařízení [3,4].

Typ M

- tento typ se aplikuje pro takové zařízení, kde je potřeba dodávat stálou energii po dobu 30 minut až 3 hodin, nebo pro smíšené odběry, které vyžadují kombinaci vysokých a malých vybíjecích cyklů. Mají kapacitu od 18 Ah až po 375 Ah.
- používají se pro napájení signalizačního a zabezpečovacího zařízení [3,4].

Typ H

- baterie jsou určeny pro krátký vybíjecí režim s vysokým proudem v krátkých časových periodách. Mají kapacitu 15 Ah až 280 Ah.
- jsou využity pro napájení diesel generátorů [3,4].

3.1.4. Provozní vlastnosti NiCd akumulátorů

Napětí článku

Napětí jednoho článku NiCd je určena elektrolytickým potencionálem materiálu niklu a kadmia v elektrolytu hydroxidu draselného. Nominální hodnota napětí elektrolytického páru je 1,2 V [3,4].

Kapacita baterie

Kapacita je udávána v ampérhodinách [Ah] a představuje množství elektrické energie, kterou baterie je schopna dodávat během několika hodinového vybíjecího cyklu až do napětí 1 voltu [3,4].

Vnitřní odpor

Vnitřní odpor není stabilní, je závislý na okolní teplotě, na stavu nabití a na době, po kterou je baterie používána. U nových baterií je vnitřní odpor udán výrobcem, u starších lze vnitřní odpor určit měřením v závislosti na vybíjecím napětí se změnou vybíjecího proudu [3,4].

Vliv výkonnosti na teplotě

Provoz při nízkých teplotách výkonnost snižuje, zatímco charakteristiky pro vyšší teploty se blíží k charakteristikám při normální teplotě. Vliv nízké teploty je patrný při vyšším stupni vybití [3,4].

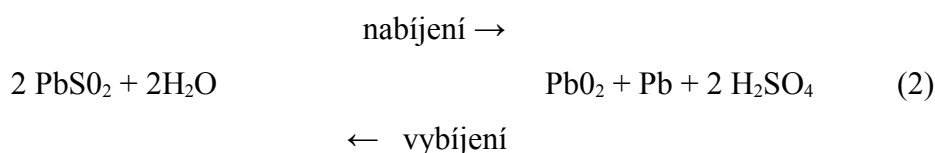
Ztráta kapacity samovybitím

Stav nabití článku při odpojení z obvodu se časem snižuje díky samovolnému vybíjení, které je závislé na teplotě. Při nízkých teplotách je úbytek náboje nižší než při vyšších teplotách [3,4].

3.2. Olověné akumulátory

3.2.1.1. Elektrochemická struktura olověných akumulátorů s kapalným elektrolytem

Základem olověného akumulátoru jsou olověné desky (elektrody), ponořené do zředěné kyseliny sírové. Jeden článek akumulátoru je tvořen dvěma deskami. Články jsou seřazené a pospojované do série a vytváří akumulátorovou baterii. Vratný je chemický proces při nabíjení a vybíjení a lze ho vyjádřit chemickou rovnicí (2), převzato [6]:



Při nabíjení se tvoří kyselina sírová (H_2SO_4) a dochází k houstnutí elektrolytu. Po ukončení nabíjení je na kladné elektrodě tmavohnědý oxid olovičitý (PbO_2) a na záporné elektrodě je jemně rozptýlené tmavošedé olovo [3,5,6,7,].

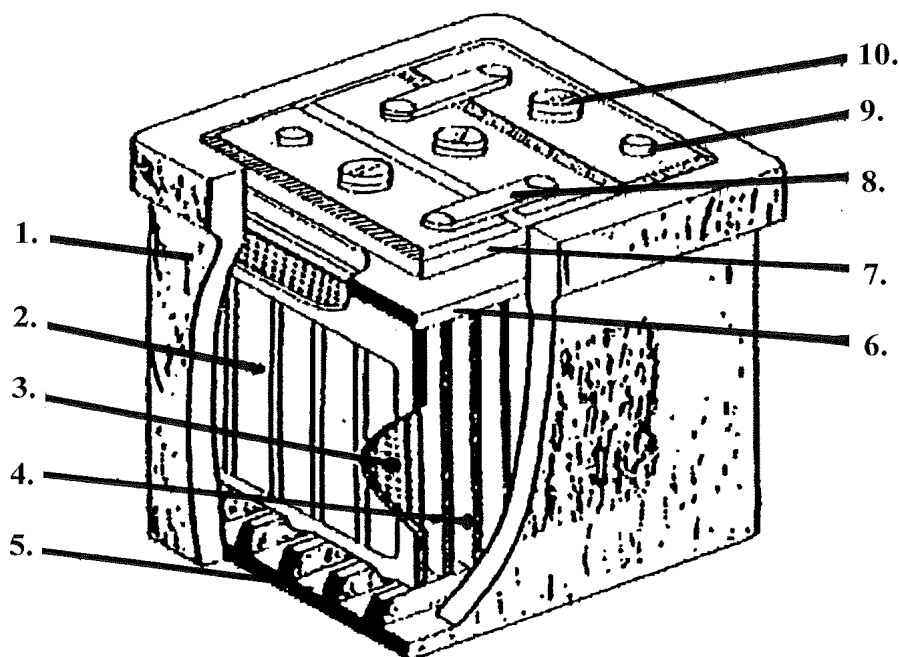
Je-li akumulátor vybitý, je pochod opačný: elektrolyt řídne (H_2SO_4 se spotřebovává) a ve vybitém stavu je na kladné elektrodě červenohnědý a na záporné elektrodě tmavošedý síran olovnatý (PbSO_4). Hustota elektrolytu se zvětšujícím se nábojem zvětšuje. Podle stavu elektrolytu

je možné zjistit stav akumulátoru. Dalším ukazatelem stavu akumulátoru je napětí, které se při nabíjení zvětšuje. Pomocným ukazatelem je vývoj plynů, tzv. „var“. To nám ukazuje, že je ukončen rozklad síranu olova a že začíná rozklad vody, na vodík a kyslík. Od tohoto okamžiku stoupá napětí rychleji a dosáhne ke konci nabíjení hodnotu 2,7 V na článek. Směs vodíku a kyslíku při nabíjení tvoří plyn, který může explodovat, a proto je třeba nabíjení akumulátorů ve větším množství, nabíjet ve větraných místnostech (akumulátorovnách), nebo na volném prostranství [5,6].

Při vybíjení dochází k silnému zředování elektrolytu, protože se spotřebovává kyselina sírová a tvoří se voda. V nabitých člancích je koncentrace H_2SO_4 28 až 40 %. Čím je menší objem elektrolytu k poměru s množstvím aktivních elektrodových materiálů, tím je větší pokles koncentrace při vybíjení. Je-li nabíjení ukončeno, tak koncentrace se pohybuje kolem 12 až 24 % [5,6].

U nabitého akumulátoru je bezproudové napětí 2,06 až 2,15 V a u téměř vybitého akumulátoru je napětí 1,95 až 2,03 V [5,6].

3.2.1.2. Konstrukce olověných akumulátorů s kapalným elektrolytem



Obr. č. 2 Konstrukce Pb baterie, převzato a upraveno od [6]

1. Nádoba, 2. Elektrody, 3. Separátory, 4. Kladný a záporný desky,
5. Hranoly na dně nádoby, 6. Můstek článků, 7. Víko akumulátoru,
8. Olověné spojky, 9. Proudové vývody, 10. Ventilační zátka.

Všechny typy olověných akumulátorů mají samostatné nádoby 1, které jsou vyrobeny z izolačních materiálů. Při výrobě akumulátorů se musí volit takové materiály, které jsou odolné účinkům kyseliny sírové. Jedním z odolných materiálů je olovo, proto jsou části vedoucí proud vyrobeny z olova nebo olověných slitin. Ani nerezová ocel se nedá použít, protože železo v roztoku ruší elektrochemickou reakci. Krajní elektrody 2 jsou vždy záporné. V každé elektrodové skupině jsou desky přivařeny k můstkům článků 6, na kterých jsou proudový vývody 9. Separátory jsou umístěny mezi zápornými a kladnými deskami 4. Spodní částí se desky opírají o speciální hranoly 5, vyčnívající ze dna nádoby, kde se tvoří kalový prostor, pro shromažďování aktivní hmoty spadlé z elektrod. Mezera mezi horní hranou desky a víkem 7 je minimálně 20 mm, z důvodu kompenzování hladiny elektrolytu. Tato mezera také odděluje kapičky elektrolytu při silném plynování na konci nabíjení. Víko má dva otvory pro polové vývody a ventilační zátku 10, která vypouští plyn během samovybíjení a přebíjení, a zabraňuje vystřikování elektrolytu při větším náklonu. Otvorem pro ventilační zátku se také přidává elektrolyt, určuje se jeho hladina a koncentrace. Jednotlivé články jsou spojeny spojkami 8, které jsou také vyrobeny z olova [5,6].

Elektrolyt

V olověných akumulátorech se jako elektrolyt používají roztoky dostatečně čisté kyseliny sírové, zředěná destilovanou vodou do předepsané hustoty pro jednotlivé druhy akumulátorů. V nabitém stavu obsahuje roztok 28 až 40 % kyseliny sírové. Při větší koncentraci může mít elektrolyt menší objem, pro zlepšení měrných parametrů. A také se sníží nebezpečí zamrzání elektrolytu při vybíjení při nízkých teplotách. Plně nabitý akumulátor se správnou hustotou elektrolytu je bezporuchový i při teplotách o - 40 °C. Ve vybitém stavu snadno zmrzne elektrolyt a doslova roztrhá nádobu i s pórovitými destičkami [5,6,7].

Kapacita akumulátoru závisí na hustotě kyseliny. Při změně hustoty o 0.01 g/cm³ se změní kapacita akumulátoru o více než 3 %. Jestliže akumulátor je dolit pouze destilovanou vodou, zbavujeme se tak kyseliny a urychlujeme jeho zničení [5].

3.2.1.3. Provozní vlastnosti Pb akumulátorů s kapalným elektrolytem

Jmenovité napětí

Napětí jednoho článku je dáno elektrolytickým potenciálem mezi dvěma olověnými deskami v elektrolytu kyseliny sírové. Hodnota napětí je 2V na jeden článek [3,5,6].

Hustota elektrolytu

Pro akumulátor je pokles koncentrace kyseliny přímo úměrný prošlému náboji. Proto je měření hustoty elektrolytu nebo koncentrace vhodnou a přesnou metodou stanovení stupně nabití akumulátoru. Během vybíjení se objem elektrolytu zmenšuje zhruba o 1 ml na každou ampérhodinu [3,5,6].

Vnitřní odpor

V závislosti na hustotě a teplotě elektrolytu je vnitřní odpor olověného akumulátoru velmi malý, řádu 0.001Ω . Při nabíjení se vnitřní odpor akumulátoru zmenšuje, při vybíjení se zvětšuje. Nabitý akumulátor má asi dvakrát menší vnitřní odpor oproti akumulátoru vybitému [5,6].

Samovybíjení

Samovybíjení je během skladování nového a nabitého akumulátoru zanedbatelné a činí 2 až 3 % ztráty kapacity za měsíc [5,6].

Vysoké samovybíjení je spojené s rostoucí koncentrací H_2SO_4 , s rostoucí teplotou a rychle stoupá s cyklováním akumulátoru. To vše je způsobeno rozpouštěním antimonu při korozi kladné mřížky elektrody. Vylučování antimonu na aktivní hmotě záporné elektrody se usnadňuje vývin vodíku a tak se podporuje koroze olova. Se samovybíjením akumulátorů s mřížkami, které obsahují velké množství antimonu, ztrácí okolo 30 % kapacity za měsíc. Ke konci nabíjení se zvyšuje tvorba vodíku a klesá kapacita akumulátoru. Samovybíjení podporují i látky v elektrolytu - malé části solí železa [5,6,7].

Zkratky

V olověném akumulátoru se mohou vytvářet olověné můstky mezi elektrodami, které způsobují zkratky a tím také samovybíjení. Příčiny zkratů mohou být z vrstvy kalů, opadané částice oxidu olovičitého, které se dostanou k záporné elektrodě, nebo deformace elektrod a zborcení záporné elektrody [5,6].

Sulfatace

K sulfataci elektrod dochází z důvodu, je-li olověný akumulátor skladován ve vybitém stavu, nebo je systematicky nedostatečně nabíjen. Sulfatace je postupná přeměna jemně zrnitého síranu olovnatého v tvrdou hutnou vrstvu hrubozrného síranu. Akumulátor se těžko nabíjí,

protože nabíjecím proudem se vyvíjí vodík na záporné elektrodě a neredukuje se síran olovnatý [6].

Abychom zabránili sulfataci, musíme pravidelně dobíjet akumulátor. Kapacita akumulátoru se sulfatovanými elektrodami se projeví zmenšením kapacity, která se obnoví naplněním zředěnou kyselinou sírovou, nebo dokonce odsátím elektrolytu a dolití destilovanou vodou a nabíjením akumulátoru malými proudy cca $I_n = 0,01 \text{ A}$ [6].

Formování elektrod

Formováním elektrod se při výrobě vytvoří aktivní hmota na elektrodách. Elektrody se formují v roztoku kyseliny sírové. Výsledkem jsou vrstvy oxidu olovičitého a olovené houby, které se tvoří střídavě na povrchu desky [5,6].

3.2.2. Hermeticky uzavřené bez údržbové olovené akumulátory

Z dlouhodobého vývoje v oblasti olovených akumulátorů pro záložní napájení byly vyvinuty hermeticky uzavřené akumulátory. S nejmenšími požadavky na údržbu akumulátorů tohoto typu jsou nyní hermeticky uzavřené akumulátory zcela bez požadavků na údržbu, za předpokladu, že nedojde k vysokému vybití, či k častým přebíjením. To má za následek ztrátu kapacity a vede to až ke zničení akumulátoru [6].

3.2.2.1. Konstrukce bez údržbových hermetických akumulátorů s deskovými elektrodami

Kvalita akumulátorů je určena konstrukcí elektrod. Tyto akumulátory mají moderní konstrukci elektrod. Základem je bezantimonový olovo-kalciový kompozit. Malé množství použitého kalcia je odolné vůči korozi a je zárukou vysoké pevnosti elektrod. V nabitém stavu je na záporné elektrodě vrstva čistého olova a na kladné elektrodě je vrstva PbO_2 . Pro dosažení velkého povrchu elektrod jsou obě porézní. Separátory hermetických akumulátorů jsou současně také absorbérem elektrolytu. Materiál je použit sklotextil, který má velkou odolnost proti vlivům tepla a oxidace. Dobře váže elektrolyt a má dobrou iontovou vodivost [6,7].

Elektrolytem je kyselina sírová, nebo gelový elektrolyt.

Obal je vyroben z plastu ABS, který je vysoce odolný proti nárazům i proti požáru [6,7].

Akumulátory jsou konstruovány jako hermetické, to znamená, že za normálních okolností nemůže dojít k úniku plynů ani elektrolytu. Dojde-li v provozu u akumulátoru k vysokému přebíjení, dochází ke zvýšení tlaku vyvíjeného plynu a z tohoto důvodu jsou akumulátory vybaveny ventily na každém článku. Při přetlaku 15 až 40 kPa se ventil otevře a vypustí

přebytečné plyny. Ventily jsou jednocestné, vzduch z okolí se nemůže dostat do akumulátoru, v případě vniku vzduchu by znamenalo nečekanou reakci kyslíku s elektrodami, akumulátor se začne vnitřně vybíjet. Vývody akumulátoru jsou konektorové nebo šroubovací, vyrobené z pocínovaného plechu [6,7].

U bez údržbových akumulátorů je třeba zvládnout rekombinaci plynů vyvíjených při přebíjení akumulátoru. To je zajištěno kyslíkovým cyklem. To znamená, že záporná elektroda má větší kapacitu než kladná. Během dobíjení akumulátoru je potom kladná elektroda nabita dříve než záporná. Potom se začíná vyvíjet kyslík. Kyslík však reaguje s olovem na záporné elektrodě a tak zabrání vyvíjení vodíku. Voda obsažená v elektrolytu se nerozkládá a jeho množství se nemění. Dojde-li většímu vyvíjení kyslíku než absorpční schopnost záporné elektrody, jsou přebytečné plyny vypuštěny bezpečnostním přetlakovým ventilem [6,7].

Hloubka vybití a vybíjecí proud

Kapacita akumulátoru udávaná v Ah je celkové množství elektrické energie, které je akumulátor schopen dodat při zatížení jmenovitým proudem. Kapacita je definována po 10-ti hodinovém vybíjení konstantním proudem při teplotě 20 °C do konečného napětí 1.8 V na článek [6,7].

Kapacita akumulátoru je také závislá na odebíraném proudu, teplotě v průběhu vybíjení, konečném napětí a momentálním stavu baterie. Jmenovitý zatěžovací proud je 1/20 kapacity akumulátoru. Jestliže zatížíme akumulátor jiným proudem než je jmenovitý, mění se i kapacita akumulátoru a to nepřímo úměrně se zatěžovacím proudem. Je-li zatěžovací proud menší než jmenovitý, kapacita akumulátoru roste a naopak [5,6,7].

4. NABÍJENÍ A VYBÍJENÍ AKUMULÁTORŮ

Správné nabíjení je velmi důležité pro samotnou životnost a pro dosažení správné funkce baterie. Zvolením špatného způsobu dobíjení nebo zvolení nevhodného dobíječe se může poškodit akumulátor nebo může dojít ke zkrácení jeho životnosti [5,6,7].

Nabíjecí proud je závislý na kapacitě akumulátoru a nabíjecí napětí se volí podle počtu článků.

Podle způsobu nabíjení rozlišujeme základní charakteristiky:

4.1. Nabíjecí charakteristika U

Jedná se o nabíjení konstantním napětím, které je nastaveno na hodnotu „ plynovacího napětí“ akumulátoru, u NiCd je to 1,39-1,45 V na článek, u Pb je to 2,4-2,46 V na článek. Při připojení dobíječe k akumulátoru jsou články nabíjeny až jedno násobkem proudu, jmenovité kapacity. Zvyšujícím se napětím akumulátoru klesá dobíjecí proud až k 0,002 násobku kapacity. Z velké části vybitý akumulátor je plně nabit za 10-15 hodin, ale za 2 hodiny má 80 % vlastní kapacity [7].

4.2. Nabíjení charakteristikou I

Dobíjení je řešeno konstantním proudem o hodnotě 0,08-0,1 násobku jmenovité kapacity. Vybitý akumulátor je plně nabit za 10-12 hodin, ale (oproti dobíjení s konstantním napětím, kde po 2 hodinách byl akumulátor v podstatě dobit) po dvou hodinách má pouhých 20% vlastní kapacity. Nevýhodou je, že konečný dobíjecí proud je stejně velký jako počáteční, to vede k značnému přebíjení a k rychlému vyvaření akumulátoru [7].

4.3. Nabíjení charakteristikou IU

Je to kombinace již předem zmíněných charakteristik. Začíná se akumulátor nabíjet konstantním proudem a po dosažení „ plynovacího napětí“ přechází nabíjení automaticky na nabíjení konstantním napětím [7].

4.4. Používané metody nabíjení

4.4.1. Nabíjení konstantním napětím u baterií NiCd

Tento způsob nabíjení je pro bez údržbové akumulátory nejlepší. Kromě konstantního napětí musí být omezen i proud z dobíječe, aby nedošlo k poškození akumulátoru vlivem příliš velkého nabíjecího proudu do hluboce vybitého akumulátoru. Podle aplikace mohou být

akumulátory dobíjeny trvale nebo podle potřeby. Tam kde jsou akumulátory použity, jako zálohovací zdroje napětí je doporučeno trvalé nabíjení. Nabíjení konstantním napětím podle potřeby se používá hlavně u přenosných zařízení, kde nelze určit hloubku vybití akumulátoru [3,4].

Při dobíjení roste napětí a klesá nabíjecí proud. Akumulátor je plně nabit, jestliže se proud stabilizuje na velmi nízké hodnotě po dobu několika hodin [3,4].

4.4.2. Nabíjení Pb baterií konstantním proudem

Je-li akumulátor nabíjen konstantním proudem, vzrůstá napětí z 2.3 až 2.4 V na zhruba 2.7 V a přitom začíná plynování. Silné plynování poškozuje akumulátor, a proto se často nabíjejí tak, že se proud mění po skocích [3,5,6].

4.4.3. Nabíjení Pb baterií konstantním napětím

Nabíjené olověné akumulátory konstantním napětím mají ze začátku nabíjecího cyklu velký proud, který postupně klesá. Při $U_n = 2.5$ V je k úplnému nabití akumulátoru zapotřebí 16 až 20 hodin. Někdy se používají proudové omezovače na snížení počátečního velkého proudu. Pracuje-li akumulátor jako záložní systém, sníží se nabíjecí napětí na 2.2V, pro zmenšení plynování při přebíjení [3,5,6].

4.4.4. Nabíjení hermetických bez údržbových akumulátorů

Bez údržbové akumulátory je nejlépe nabíjet konstantním napětím s omezeným nabíjecím proudem. Nabíjecí hodnota napětí je 2,15V na jeden článek [5,6].

Přebíjení akumulátoru vysokým nabíjecím napětím můžeme způsobit rozklad vody v elektrolytu a to může způsobit únik plynů ventilem a může dojít k poškození akumulátoru [5,7].

Je-li nabíjecí napětí malé, do akumulátoru přestane protékat dříve proud, než bude plně nabit. Kapacita akumulátoru bude menší. Ideální pro akumulátor je nabíjení s konstantním napětím, nebo konstantním proudem nebo jejich kombinace [7].

4.4.5. Hloubka vybití a vybíjecí proud

Jedná se o elektrochemickou výkonnost požadovanou od akumulátoru při jeho aplikaci. Kapacita akumulátoru udávaná v Ah je celkové množství elektrické energie, které je akumulátor schopen dodat při zatížení jmenovitým proudem. Kapacita je definována po 10-ti

hodinovém vybíjení konstantním proudem při teplotě 20 °C do konečného napětí 1.8 V u Pb a 1 V u NiCd na článek [6,7].

Kapacita akumulátoru je také závislá na odebíraném proudu, teplotě v průběhu vybíjení, konečném napětí a momentálním stavu baterie. Jmenovitý zatěžovací proud je 1/20 kapacity akumulátoru. Jestliže zatížíme akumulátor jiným proudem než je jmenovitý, mění se i kapacita akumulátoru a to nepřímo úměrně se zatěžovacím proudem. Je-li zatěžovací proud menší než jmenovitý, kapacita akumulátoru roste a naopak [5,6,7].

5. MĚNIČE NAPĚTÍ

Pro zabezpečovací technologii jsou kladeny vysoké nároky a požadavky na funkci zařízení i v případě možného výpadku síťového napájení. U přejezdových zab. zař. je tato podmínka splněna formou napájení celé soustavy stejnosměrným bateriovým zdrojem s kapacitou na 10 hodin plného provozu. Staniční zařízení používající technologii i na střídavé napětí 230 V – návěstidla, kolejové obvody, přestavníky – se využívají zařízení pro převod stejnosměrného bateriového napětí na napětí střídavé [2].

Začátkem modernizace zabezpečení vlakových cest se používal rotační měnič, který byl napájen stejnosměrným napětím z baterií 28 V, při výpadku sítě došlo k jeho zpuštění a byl schopný dodávat symetrické střídavé napětí o hodnotě 220 V 50 Hz [8,9,10,11].

Díky vzestupu elektronických součástek se začaly aplikovat s vysokou spolehlivostí a účinností statické měniče [8,9,10,11].

Statický měnič pracuje s vyšší účinností oproti rotačnímu. Rotační měnič vykazoval ztráty na teple až v kW [11].

5.1. Rotační měniče

Pro přeměnu stejnosměrného proudu se dá využít rotační měnič napětí, což je elektrický stroj složený ze stejnosměrného elektromotoru a generátoru na společné ose. Starší měniče napětí bývají rozměrově a hmotnostně robustnější, v přímé úměře s velikostí proudu, se kterým pracují. Rotační měnič pracoval jako generátor střídavého napětí 220 V 50 Hz [11].

Rotační měniče byly používány z několika důvodů:

- pro jejich jednoduchost a nenáročný provoz,
- výstupní napětí bylo sinusové.

Měly i některé nedostatky například nízkou účinností a opotřebením uhlíků [2,11].

Dalším nepříznivým vlivem bylo značné kolísání výstupního napětí, které v nemalé míře záleželo na kapacitě záložních zdrojů [2,11].

5.2. Elektronický zdroj napětí EZ1

Je to jeden ze statických zdrojů, který je používán pro záložní napájení zabezpečovacího zařízení. Statické zdroje mají několik výhod od rotačních měničů:

- mohou předávat na řídicí pracoviště informace o stavu měniče,
- je možné stabilizovat hodnotu výstupního napětí,
- statický měnič nezabírá velký prostor,

- výrazně nižší je úroveň vibrací a hluku [11].

Zdroje EZ1 jsou střídače (měniče), určené pro napájení zabezpečovacího zařízení. Pomocí stavebnicového provedení lze je využít jako záložních zdrojů s požadovaným výkonem pro napájení návěstidel, s počtem výstupních napětí, i pro stálé napájení kolejových obvodů s generovaným kmitočtem 75 Hz a 275 Hz a z toho plyne, že lze měnit i výstupní frekvenci [8,9,10].

Zdroje musí splňovat náročné požadavky zabezpečovací techniky, proto je kontrolováno výstupní napětí, aby nepřesáhlo stanovenou mez, dále je dohlížen výstupní kmitočet generovaného napětí [9,10].

Zdroj EZ1 má vysokou energetickou účinnost pohybující se při plném výstupním zatížení kolem 75% [9,10].

5.2.1. Popis funkce EZ1

Přívodní vstupní napětí je přivedeno na stabilizátor (stejnoseměrný či střídavý) a poté na tři stejné sekce Z1, Z2, Z3, který slouží jako vysokofrekvenční modulátory napětí. Na výstupech je napětí obdélníkového tvaru o požadovaném kmitočtu a fázovým posunem mezi napětím jednotlivých sekcí. Tyto napětí mají velikost 70 V a to je transformováno na 3 transformátorech VT na velikost 230 V. Výsledné napětí je na výstupu zdroje 230 V 50 Hz a je získáno součtem vzájemně fázově posunutých obdélníkových napětí ze sekundárních vynutí VT. Výstupní napětí má schodovitý průběh a po dodatečné filtraci na LC (výkonovém) filtru vzniká sinusový průběh [9].

Budící signál pro vysokofrekvenční modulaci je odebírán z výstupu kmitočtové ústředny KÚZ. Je to zdroj s nastavitelným kmitočtem, s výstupy budícího signálu pro Z1, Z2, Z3 s fázovým posunem, který je nastavitelný pomocí klíčového konektoru, vkládajícího se do konektoru na čelním panelu. Kmitočtová ústředna dále zajišťuje blokaci, vyvolanou nepříznivými vlivy venkovním vedením a průmyslovým kmitočtem 50 Hz [9].

Dalšími bloky EZ1 jsou dohlížecí obvody stejnosměrného a střídavého napětí. Dohled stejnosměrného napětí je generován z výstupu ze stabilizátorů s hladinou o 70 V ss. Výstupní střídavé napětí je přímo úměrné tomuto stejnosměrnému napětí a proto je dohled řešen tak, že dostane-li se stejnosměrné napětí mimo stanovené meze, zablokuje se budící signál z kmitočtové ústředny a EZ1 je v poruše [9].

Zařízení je vybaveno optickou signalizací, pomocí LED diod na čelním panelu, všech důležitých funkčních modulů, umožňující rychlou kontrolu a identifikaci případné poruchy. Pro dohled správného výstupního napětí lze na dané svorky připojit externí relé pro případnou indikaci stavu zdroje na vzdálené obslužné pracoviště [9].

5.2.2. Popis jednotlivých částí

Stabilizátor vstupního napětí (Z1, Z2, Z3)

Podle použitého vstupního napětí se dělí:

- Stabilizátor pro vstupní stejnosměrné napětí

Vstupní napětí je v rozsahu od 20 – 36 V zesíleno a stabilizováno na $70 \text{ V} \pm 1,5 \text{ V}$ v závislosti na maximálním výkonu na výstupu 230 W. Tato závislost je dána velikostí zatížení na externím napájecím zabezpečovacím zařízení [9].

- Stabilizátor pro vstupní střídavé napětí

Vstupní střídavé napětí 230 V stabilizátor usměrní, sníží a stabilizuje opět na $70 \text{ V} \pm 1,5 \text{ V}$ se stejnou závislostí na výstupním napětí [9].

Ve stabilizátoru vstupního napětí se generuje 12 V a 5 V napětí pro napájení dalších obvodů s elektronickými součástkami v EZ1 [9].

Blok střídače

Tato část slouží k přeměně výstupního 70 V stejnosměrného napětí ze stabilizátoru na napětí obdélníkového tvaru s volitelným kmitočtem 50 Hz, 75 Hz nebo 275 Hz [9].

Jeho součástí je:

-Kmitočtová ústředna (KÚ),

-Koncový stupeň (KS),

-Výstupní transformátor (VTR).

Kmitočtová ústředna – generuje budící signál obdélníkového tvaru s volitelným kmitočtem. Základním prvkem KÚ je generátor tvořený multivibrátorem s časovačem. Zde je generován impulz s fázovým posunem mezi sebou vždy o 15° a ovládá tranzistory v koncovém stupni pro generování obdélníkového napětí [9].

Generátor je napájen z výstupního dohlížecího obvodu, který dohlíží na velikost napětí ze stabilizátorů. Generátor kmitá pouze tehdy, je-li stejnosměrné napětí ve stanovených mezích [9].

Koncový stupeň – vytváří ze stejnosměrného a stabilizovaného 70 V napětí obdélníkové o stejné hodnotě [9].

Stejnoseměrné napětí je přivedeno na tranzistorové spínače zapojené do můstku. Tranzistory jsou na sobě závislé a střídavě buzeny z kmitočtové ústředny => výstupní napětí z koncového stupně má obdélníkový průběh o 70 V s fázovým posunem [9].

Výstupní transformátor – slouží ke galvanickému oddělení a příslušné transformaci vstupního 70V napětí obdélníkového průběhu na požadovanou napěťovou úroveň [9].

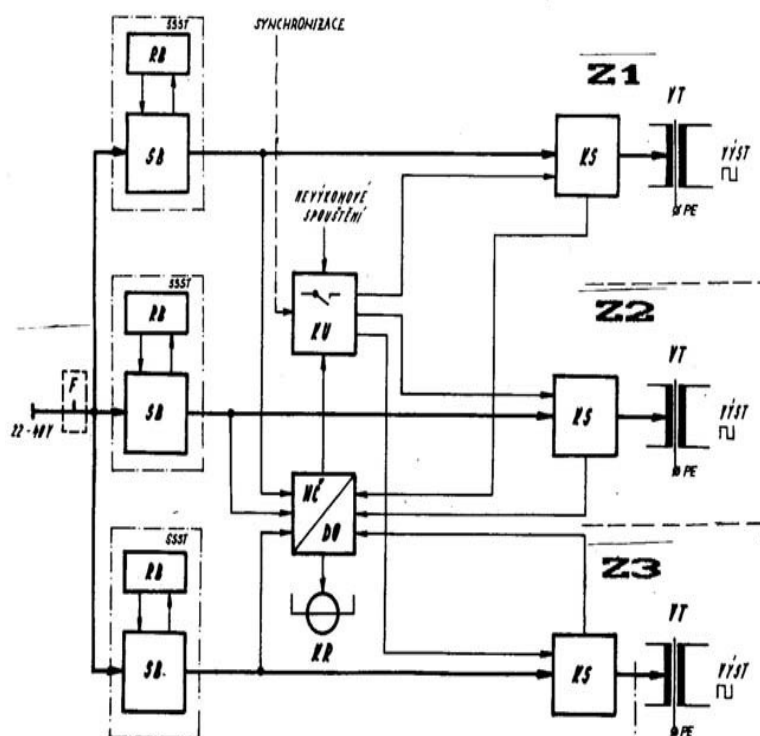
Dohlížecí obvod

Dohlížecí obvod porovnává výstupní stejnosměrné 70 V napětí ze stabilizátoru s výstupním 70 V napětím obdélníkového tvaru z bloku střídače [9].

Přivedené stejnosměrné napětí se porovnává s referenčním, jsou-li tyto napětí ve shodě je rozkmitán dohlížecí obvod tvořený tranzistorem a transformátorem. Výstup transformátoru je usměrněn můstkovým usměřňovačem. Tímto napětím jsou napájeny vstupní obvody kmitočtové ústředny [9].

LC filtr

Tři přivedená napětí z výstupních transformátorů po transformaci ze 70V na 230V obdélníkového napětí a s 15° fázovým posunem se slučuje v jedno napětí a dodatečně filtruje na průběh sinusový [9].



Obr. č. 3 Blokové schéma EZ1, převzato a upraveno [10]

RB – bateriový regulátor, SB – stabilizátor bateriový, KS – koncový stupeň,
DO – dohlížecí obvod, KU – kmitočtová ústředna, VT – výstupní transformátor

6. MĚŘENÍ ELEKTRICKÝCH VELIČIN

6.1. Úvod

Pro specifická měření na akumulátorových bateriích musíme znát základní veličiny a měřící metody, která nám poslouží k dobrání se k dalším výsledkům.

Elektrický náboj - Q - jednotkou je coulomb [C]. Je o dvou polaritách: kladný náboj a záporný náboj. Nosiči náboje jsou protony a elektrony. Náboj od částice nelze oddělit [12,13,14].

Elektrický proud - I - je dán uspořádaným pohybem elektrického náboje Q , který projde vodičem o určitém průměru za jednotku času t [12,15].

Vztah (3) je základním vztahem pro výpočet proudu, kde I je proud, dQ je změna náboje a dt je změna v čase.

$$I = \frac{dQ}{dt} \quad (3)$$

Elektrický proud se měří v ampérech -A- a definice zní: Proud jednoho ampéru představuje náboj jednoho coulombu, který projde vodičem za 1s [12].

Elektrické napětí - U - pro průchod vodičem elektrického proudu se musí do obvodu zapojit zdroj elektrické energie, který mezi dvěma místy udržuje a vytváří elektrické napětí. Elektrické napětí se udává ve voltech -V. Definice 1 voltu pomocí práce A je: 1 volt je definován pomocí práce o 1 joulu, která je potřebná k přemístění 1 coulombu [12,13,14].

Vztah (4) je základním vztahem pro výpočet napětí, kde U je napětí, A je práce a Q je náboj.

$$U = \frac{A}{Q} \quad (4)$$

Elektromotorické napětí - E - je to takové napětí, které měříme na svorkách nezatíženého zdroje (napětí zdroje na prázdno). Zdrojem elektromotorického napětí je tzv.,, nábojová pumpa“, která udržuje napětí mezi svorkami a přitom je schopna konat práci při přemísťování náboje Q [12,13,15].

Vztah (5) je základním vztahem pro výpočet elektromotorického napětí, kde E je elektromotorické napětí, dW_z změna práce pro přenos náboje a dQ je náboj.

$$E = \frac{dW_z}{dQ} \quad (5)$$

Elektromotorické napětí v článku má směr od záporné elektrody, značená $-$, kde je přebytek nosičů náboje, ke kladné elektrodě, značená $+$, kde je nedostatek nosičů náboje. Z toho vyplývá, že v baterii musí být určitá energie, umožňující práci k přenosu náboje do míst, kde ho potřebujeme. U baterií k tomu slouží chemická reakce [12,13,15].

Svorkové napětí - U – je to napětí zatíženého zdroje, kdy protéká obvodem proud \Rightarrow ze zdroje je odebírána energie. To znamená, že svorkové napětí je menší než elektromotorické [12,13,15].

Ideální zdroj napětí – je takový zdroj, který neklade žádný odpor nositelům náboje uvnitř zdroje od pólu k pólu \Rightarrow vnitřní odpor je roven nule. Napětí článku - elektromotorickému napětí - je rovno svorkovému napětí. Elektromotorickému napětí se nemění ani při velkém odebíraném proudu [12,13,15].

Reálný zdroj napětí – je takový zdroj, který klade určitý odpor nosičům náboje pohybujících uvnitř zdroje – má určitý **vnitřní odpor**. Pokud reálný zdroj napětí není zapojen do obvodu, neprotéká jím žádný proud a jeho vnitřní odpor se neprojeví tak svorkové napětí je rovno elektromotorickému. Jestliže je zapojena na baterii nějaká zátěž, tak dochází k pohybu nosičů náboje v baterii, poklesne napětí na svorkách \Rightarrow svorkové napětí U se liší od elektromotorického napětí E o vnitřní odpor zdroje $\Rightarrow E = - U$. Připojíme-li k reálnému zdroji napětí zatěžovací odpor R_z , obvodem bude procházet proud I_z [12,13,15].

Vztah (6) je vztahem pro výpočet proudu, kde I_z je proud v obvodu, U je napětí, A_i je práce a R_z je zatěžovací odpor.

$$I_z = \frac{U}{A_i} + R_z \quad (6)$$

Vztah (7) je základním vztahem pro napětí na svorkách, kde U_z je napětí na svorkách, U je napětí v obvodu, R_i je vnitřní odpor a I_z je proud zdroje.

$$U_z = U - R_i I_z \quad (7)$$

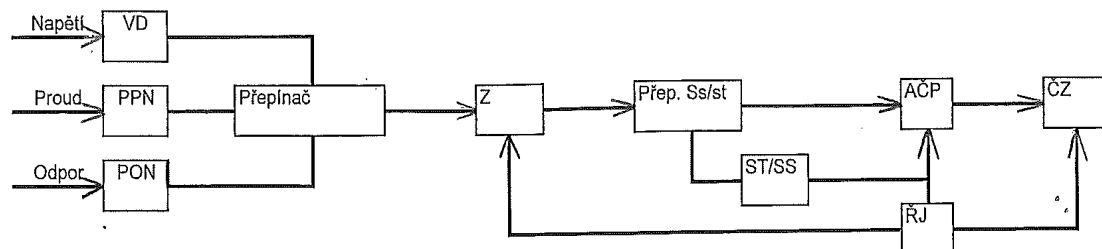
Vnitřní odpor baterie – R_i – je to neodstranitelná součást vlastnosti baterie, pocházející z materiálu, z kterého je baterie vyrobena. Baterie při zátěži vykazuje určitý pokles napětí, tj. úbytek napětí na vnitřním zdroji. Zároveň je zde závislost na velikosti a na rychlosti změny zatížení [3,4,13].

Kapacita baterie – představuje množství elektrické energie, kterou může akumulátor dodat během několika hodinového vybíjení do napětí 1 voltu (u NiCd článků). Je udávána v ampérhodinách – Ah [3,4].

6.2. Použité měřicí přístroje

V současné době se v měřicí technice nejvíce používají číslicové přístroje, ukazující měřený záznam formou dekadického čísla. Pro měření stejnosměrného napětí se používá číslicový multimetr, po doplnění vhodnými převodníky je možné změřit také střídavé napětí, stejnosměrné a střídavé proudy, odpory a další veličiny [14].

Základní částí číslicového multimetru je stejnosměrný číslicový voltmetr (4), který se skládá z:



Obr. č. 4 Blokové schéma číslicového voltmetru, převzato a upraveno [14]

VD-vstupní dělič, PPN-převodník proudu, PON-převodník odporu, Z-zesilovač, Přepínač-zvolení měřené veličiny, Z-zesilovač, Přepínač ss/st-zvolení stejnosměrné či střídavé složky, ST/SS-převodník, AČP-analog-číslíkový převodník, ŘJ-řídící jednotka, ČZ-číslíková zobrazovací jednotka

Základní popis jednotlivých částí: *vstupní dělič VD a zesilovač Z* – pro změnu měřicího rozsahu a pro požadovanou hodnotu vstupní impedance, *analogově-číslíkový převodník AČP* – s dvoutaktní integrací, *logické řídicí jednotka ŘJ*, *číslíkové zobrazovací jednotka s dekodérem ČZ*, *převodník proudu PPN a převodník odporu PON* – pro měření proudu a odporu, a pro měření střídavých napětí a proudů je před AČP předřazen *převodník ST/SS*.

Číslicové měřicí přístroje mají několik základních charakteristik:

- počet míst číslicové zobrazovací jednotky – 3 až 8 ½ míst podle přesnosti přístroje,
- počet hodnot vstupních údajů – několika stupňový rozsah měřené veličiny,
- přesnost – při měření nezískáme správnou hodnotu, protože každé měření je zatížené chybou.

Jsou to chyby systematické, způsobené špatně zvolenou metodou měření, nebo špatně nastavenou nulou v převodníku. A chyby náhodné, které se jeví při opakovaném měření stejné veličiny a hodnoty se nepředvídatelně mění.

- rozlišení – je to nejmenší změna napětí indikovanou voltmetrem,
- citlivost – vyjádření nejmenší napětí měřitelným použitým přístrojem,
- vstupní impedance – pro měření stejnosměrných napětí je $10^9 \Omega$,
- použitý typ AČP – tento údaj výrobci neuvádí, ale AČP má podstatný vliv na řadu parametrů a vlastnosti voltmetru (rychlost měření, rozlišovací schopnost, citlivost...) [14].

6.3. Měření napětí a proudu při zatížení na baterii NiCd

6.3.1. Úvod:

Závislost svorkového napětí U v závislosti na odebíraném proudu danou změnou odporu zatěžovacího rezistoru R_z vyjadřuje zatěžovací charakteristika. V obvodech stejnosměrného proudu, kde jsou napětí a proud konstantní, je možné vyjádřit výkon P [15].

Vztah (8) je základním vztahem výkonu, kde P_m je výkon, U je napětí a I je proud:

$$P_m = U * I \quad (8)$$

Zároveň musíme počítat určitou chybou způsobené spotřebou měřících přístrojů. Měříme-li výkon zdroje, voltmetr měří napětí nižší o úbytek napětí na ampérmetru. Opravu vypočítáme podle vzorce (9), kde P_s je skutečný výkon, P_m je výkon vypočítaný a P_a je výkon na ampérmetru [14]:

$$P_s = P_m + P_a \quad (9)$$

Po úpravách dostaneme skutečný výkon zdroje P_s , podle vzorce (10), kde U je naměřené napětí na voltmetru, I je naměřený proud na ampérmetru a R_a je vnitřní odpor ampérmetru:

$$P_s = U * I + I^2 * R_a \quad (10)$$

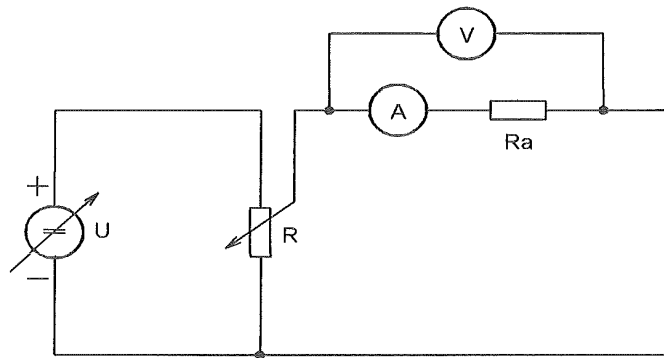
Vnitřní odpor ampérmetru je dán vnitřním operačním zesilovačem. Tento odpor změříme nepřímou metodou, která je založena na Ohmově zákoně pro měření neznámého odporu, R_a je vnitřní odpor měřicího přístroje podle obrázku č. 5 [15].

6.3.2. Teorie:

Zatěžovací charakteristiku zdroje lze určit, nepřímou metodou, naměřenými hodnotami voltmetrem, ampérmetrem a regulačním odporem o maximální hodnotě 5Ω . Zapojení měřícího schéma se zvolila čtyřvodičová metoda pro měření malých odporů a větších proudů. Voltmetr je připojen k regulačnímu odporu přímo dvěma vodiči podle obrázku č. 6 [15,16].

6.3.3. Postup měření:

Vnitřní odpor ampérmetru

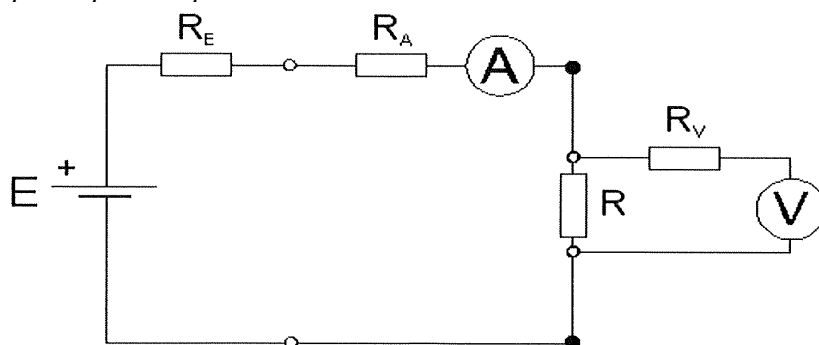


Obr. č. 5 Zapojení pro měření vnitřního odporu ampérmetru, převzato a upraveno [15]

Podle obrázku č. 5 se ampérmetr s paralelně zapojeným voltmetrem zapojí s jezdcem na proměnném odporu. Odpor rozdělený na 6 částí se po každém měření posune do další polohy. Jezdec na odporu nastavíme na maximální hodnotu a provede se měření. Snižováním odporu opakujeme měření. Z naměřených hodnot se vypočítají rozdíly proudu ΔI a napětí ΔU a z těchto hodnot se určí průměrná hodnota vnitřního odporu na ampérmetru R_a podle vzorce (11).

$$R_a = \frac{\Delta U}{\Delta I} \quad (11)$$

Měření napětí a proudu při zatížení



Obr. č. 6 Měření zatěžovací charakteristiky čtyřvodičovou metodou, převzato [15]

Podle obrázku č. 6 se zapojí ampérmetr do série s baterií a regulačním odporem a paralelně s odporem se zapojí voltmetr. Před měřením rozdělíme regulační odpor na 13 pozic. Měření se začíná na max. ohmové hodnotě odporu, změříme protékající proud obvodem I , napětí na odporu U a podle vzorce (8) se určí výkon P_m [15,16].

6.3.4. Přehled výsledků

Tabulka 1 Výsledky měření pro vnitřní odpor ampérmetru:

Z 1. tabulky se ze šesti měření napětí a proudu se vypočítala jejich změna a podle vzorce (11) se odvodil vnitřní odpor ampérmetru R_a .

Vnitřní odpor ampérmetru je 0,155 Ω .

Tabulka 1 Výsledky měření pro vnitřní odpor ampérmetru:

č.m.	$U[V]$	$\Delta U[V]$	$I[A]$	$\Delta I[A]$	$R_a[\Omega]$
1,000	0,630	0,228	4,230	1,790	0,161
2,000	0,918		6,020		
3,000	1,188	0,332	7,960	2,210	0,150
4,000	1,520		10,170		
5,000	1,980	0,820	13,290	5,280	0,155
6,000	2,800		18,570		

V 2. a 3. tabulce se podle vzorce (9) vypočítal skutečný výkon zdroje P_s .

Tabulka 2 Výsledky měření pro nové 90 Ah NiCd akumulátory:

č.m.	$R[\Omega]$	$U[V]$	$I[A]$	$P_m[W]$	$P_a[W]$	$P_s[W]$
1	5,0	13,300	2,820	37,506	1,233	38,739
2	4,5	12,680	3,110	39,430	1,500	40,930
3	4,2	12,620	3,390	42,780	1,713	44,493
4	3,9	12,530	3,770	47,240	2,203	49,443
5	3,4	12,440	4,180	52,000	2,708	54,708
6	3,1	12,310	4,830	59,410	3,616	63,026
7	2,7	12,200	5,310	64,660	4,370	69,030
8	2,4	12,080	6,000	72,480	5,580	78,060
9	2,1	11,880	6,860	81,500	7,294	88,794
10	1,8	11,550	8,240	95,170	10,524	105,694
11	1,4	11,140	10,280	114,520	16,380	130,900
12	1,0	10,500	13,120	137,760	26,681	164,441
13	0,8	9,530	16,800	160,100	48,952	209,052

Tabulka 3 Výsledky měření pro staré 120 Ah NiCd akumulátory:

č. m.	$R[\Omega]$	$U[V]$	$I[A]$	$P_m[W]$	$P_a[W]$	$P_s[W]$
1	5,0	13,640	3,030	41,210	1,423	42,633
2	4,5	13,580	3,310	44,810	1,698	46,508
3	4,2	13,480	3,630	48,930	2,042	50,972
4	3,9	13,390	4,050	54,230	2,542	56,772
5	3,4	13,270	4,590	60,910	3,266	64,176
6	3,1	13,150	5,110	67,200	4,047	71,247
7	2,7	13,020	5,670	73,820	4,983	78,803
8	2,4	12,850	6,250	80,310	6,055	86,365
9	2,1	12,650	7,270	93,420	8,192	101,612
10	1,8	12,310	8,710	107,130	11,759	118,889
11	1,4	11,900	10,490	160,530	17,056	177,586
12	1,0	11,050	13,630	150,610	28,795	179,405
13	0,8	9,430	17,580	165,780	47,904	213,684

6.4. Měření vnitřního odporu článku NiCd

6.4.1. Úvod:

Vnitřní odpor baterie - R_i - je závislý na teplotě okolí, v kterém se baterie nachází, a na stavu nabití baterie, z toho důvodu se těžko definuje. Normální hodnoty vnitřního odporu jsou uvedeny v katalogu výrobce, které odpovídají pro plně nabité články. Při nižším nabití se hodnoty vnitřního odporu zvyšují. Při 50 % vybitém článku vzroste vnitřní odpor zhruba o 20 % a poklesem teploty na 0 °C vzroste o 40 % [3,4].

Nejdůležitějším parametrem pro běžné aplikace je závislost vybíjecího napětí na změně vybíjecího proudu [3,4].

Pro porovnání se změřil nový článek NiCd 90 Ah a používaný článek NiCd 120 Ah.

6.4.2. Teorie:

Chceme-li změřit vnitřní odpor baterie - R_i - opíráme se o II. Kirchhoffův zákon ze vztahu (12), kde E - elektromotorické napětí, měnící se v čase, I - proud v obvodu, R_i - vnitřní odpor článku, U – svorkové napětí = proměnná veličina závislá na zatížení zdroje R_z – vnější (zatěžovací) odpor [12,13,15].

$$E = I(R_i + R_z) = I * R_i + U \Rightarrow R_i = E - \frac{U}{I} \quad (12)$$

Pro zjištění vnitřního odporu – R_i – musíme zjistit elektromotorické napětí článku. Měření se provede elektronickým voltmetrem, který má vstupní odpor velký cca.: $100 \text{ M}\Omega$ a z toho plyne, že elektromotorické napětí se rovná svorkovému [12,15].

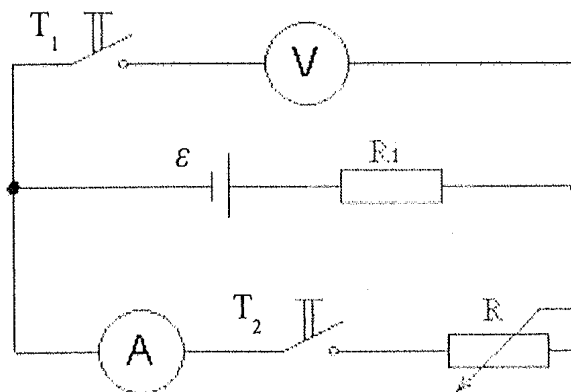
Při krátkém spojení $R_z = 0$ je svorkové napětí $U = 0$ a získáme zkratový proud $I_z = E / R_i$, je to maximální možný proud, který je baterie schopna dodávat do obvodu v omezeném čase. Pro baterie s malým vnitřním odporem jsou zkraty velmi nebezpečné, může dojít k zničení zdroje [12,15].

Proud - I - v obvodu je určen vztahem (13), kde E je elektromotorické napětí, R je zatěžovací obvod a R_i je vnitřní odpor baterie.

$$I = \frac{E}{R + R_i} \quad (13)$$

6.4.3. Postup měření:

Měření se provede dle následujícího zapojení:



Obr. č. 7 Zapojení pro měření vnitřního odporu baterie, převzato [15]

Podle obrázku č. 7 se zapojí potřebné prvky. Změnou rezistoru R se změní zatěžovací proud I_z . Nastavíme proměnný rezistor - R - na maximální hodnotu, stlačením $T1$ změříme voltmetrem svorkové napětí na baterii a za splnění podmínek $R \gg R_i$ naměříme $U = E$ [15].

Nastavením maximální hodnoty na proměnném odporu stlačíme krátkým impulzem $T2$ a změříme proud v odvodu, zapíšeme do tabulky. Krátké impulzy na $T2$ volíme z takového důvodu, aby se nevybíjela baterie. Opakovanou změnou hodnoty na posuvném odporu opakujeme měření. Z naměřených hodnot vypočítáme hodnotu vnitřního odporu na baterii při různé zátěži [15].

6.4.4. Přehled výsledků

Z naměřených výsledků a podle vzorce (12) se ve 4. tabulce určil vnitřní odpor R_i akumulátoru 90 Ah a v tabulce 5. se určil pro 120 Ah.

Z naměřených hodnot se určil vnitřní odpor akumulátoru 90 Ah $R_i = 0,0334 \Omega$.

Z naměřených hodnot se určil vnitřní odpor akumulátoru 120 Ah $R_i = 0,0721 \Omega$.

Tabulka 4 Výsledky měření pro nový 90 Ah článek NiCd:

č.m.	$R[\Omega]$	$U[V]$	$I[mA]$	$E[V]$	$R_i[\Omega]$
1	5	1,357	264	1,338	0,038
2	4,1	1,328	286	1,338	0,035
3	3,8	1,329	310	1,337	0,026
4	3,3	1,325	340	1,337	0,035
5	3	1,323	369	1,337	0,038
6	2,7	1,322	420	1,337	0,036
7	2,5	1,322	496	1,337	0,030
8	2,1	1,317	583	1,338	0,033
9	1,5	1,313	723	1,338	0,032
10	1,2	1,305	912	1,338	0,036
11	0,6	1,30	1270	1,338	0,030
12	0,3	1,285	1650	1,338	0,032

Tabulka 5 Výsledky pro starší článek 120 Ah NiCd:

č.m.	$R[\Omega]$	$U[V]$	$I[mA]$	$E[V]$	$R_i[\Omega]$
1	5	1,360	251	1,392	0,127
2	4,1	1,357	287	1,378	0,073
3	3,8	1,358	312	1,378	0,064
4	3,3	1,358	363	1,377	0,052
5	3	1,354	391	1,377	0,059
6	2,7	1,353	443	1,378	0,056
7	2,5	1,351	466	1,378	0,058
8	2,1	1,348	563	1,378	0,053
9	1,5	1,343	699	1,379	0,052
10	1,2	1,334	892	1,375	0,044
11	0,6	1,324	1204	1,374	0,042
12	0,3	1,300	1820	1,374	0,041

6.5. Měření kapacity akumulátoru NiCd

6.5.1. Úvod:

Kapacita akumulátoru je hodnota, která je udávána výrobcem. Je to hodnota, říkající o velikosti energie dodávané do zátěže na stanovenou dobu [3,4].

6.5.2. Teorie:

Akumulátor se předem nabije na cca dvojnásobnou hodnotu kapacity baterie a při určitém odběru se měří hodnota napětí po 1 hodině, blíží-li se hodnota napětí jednoho článku na hodnotu 1,1 voltu, provádí se měření i po několika minutách, až do hodnoty 1 V a ukončíme měření kapacity na akumulátoru [3,4].

5.5.3. Postup měření:

Před měřením se akumulátor (10 článků) nabije na dvojnásobnou kapacitu baterie např. 100 Ah baterie je nabíjena 15-25 A. Dosáhne-li se dvojnásobné kapacity udávané výrobcem, nechají se články 2-5 hodin v klidném stavu [3,15].

Po té se baterie začne vybíjet vybíjecím proudem o 1/10 velikosti kapacity při teplotě 20°C. Každou hodinu se změří hodnota napětí $-U$. Klesne-li napětí k hodnotě 1,1 V, baterie se měří po 10 minutách a blíží-li se hodnota k 1 V, sledujeme napětí i po minutách [3,15].

Z naměřených hodnot, doplněných do tabulky, se vypočítá kapacita v % podle základního vzorce (13), kde $C_{\%}$ kapacita určena měřením, I je odebíraný proud, t doba poklesu napětí na 1 voltu na článek, C_v kapacita udávaná výrobcem [3,15].

$$C_{\%} = \frac{I * t}{C_v} * 100 \quad (13)$$

6.5.4. Přehled výsledků

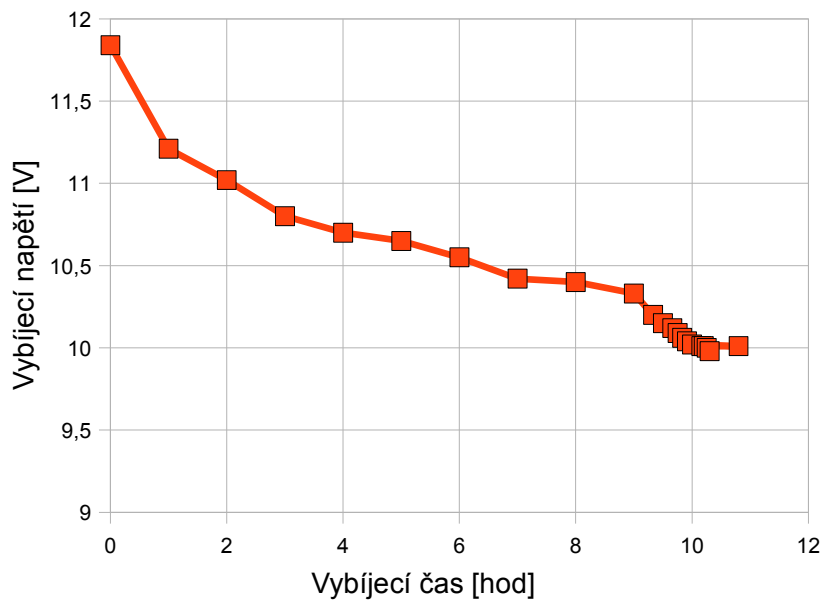
Po měření kapacitní zkoušky se doplnily hodnoty do 6. a 7. tabulky. Z naměřených hodnot se podle vzorce (13) určila kapacita akumulátorů. Z naměřených výsledků byly sestrojeny grafy, zobrazeny na obrázku 8 a 10, kde je zobrazena závislost napětí na čase při vybíjení a grafy, zobrazeny na obrázku 9 a 11, kde je zobrazena závislost proudu na čase při vybíjení.

Naměřená kapacita u nového 90 Ah akumulátoru je 102,5 %.

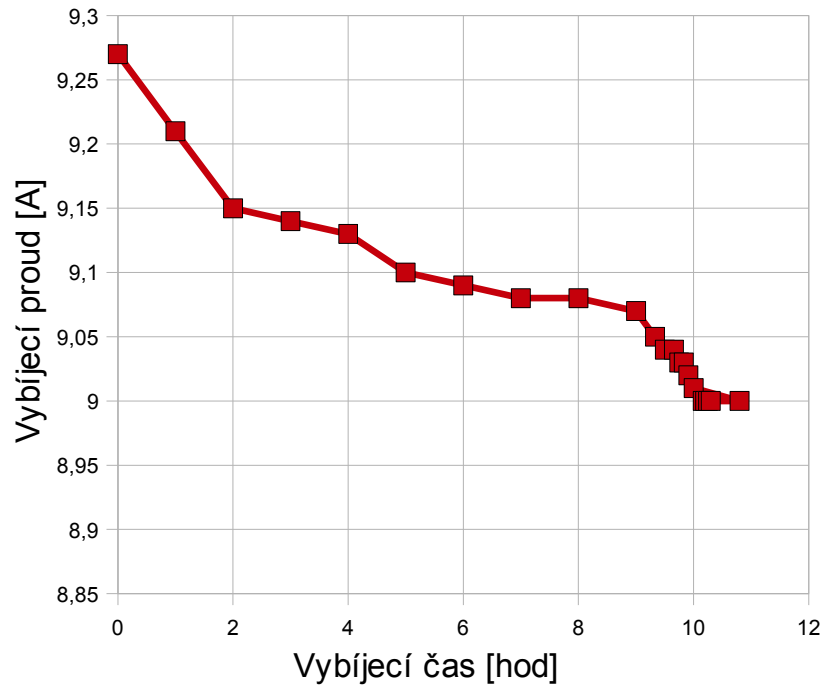
Naměřená kapacita u starého 120 Ah akumulátoru je 17,08 %.

Tabulka 6 Výsledky měření pro nový 90 Ah akumulátor NiCd:

t	$U[V]$	$I[A]$
0 hod	11,84	9,27
1 hod	11,21	9,21
2 hod	11,02	9,15
3 hod	10,8	9,14
4 hod	10,7	9,13
5 hod	10,65	9,1
6 hod	10,55	9,09
7 hod	10,42	9,08
8 hod	10,4	9,08
9 hod	10,33	9,07
9 hod 20 min	10,2	9,05
9 hod 30 min	10,15	9,04
9 hod 40 min	10,12	9,04
9 hod 45 min	10,09	9,03
9 hod 50 min	10,06	9,03
9 hod 55 min	10,04	9,02
10 hod	10,02	9,01
10 hod 5 min	10,01	9
10 hod 10 min	10,01	9
10 hod 12 min	10,01	9
10 hod 15 min	10	9
10 hod 18 min	9,98	9



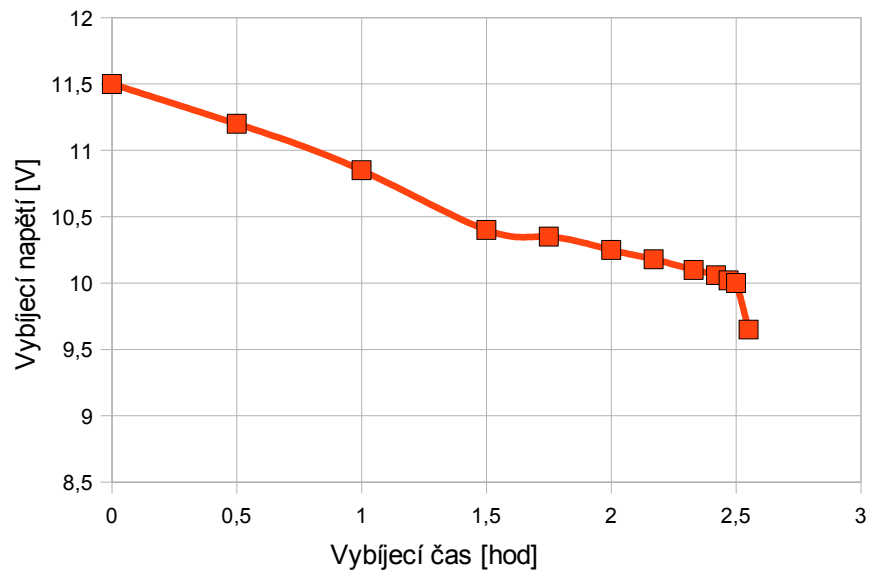
Obr. č. 8 Graf časové závislosti napětí při vybíjení u nového 90 Ah NiCd akumulátoru



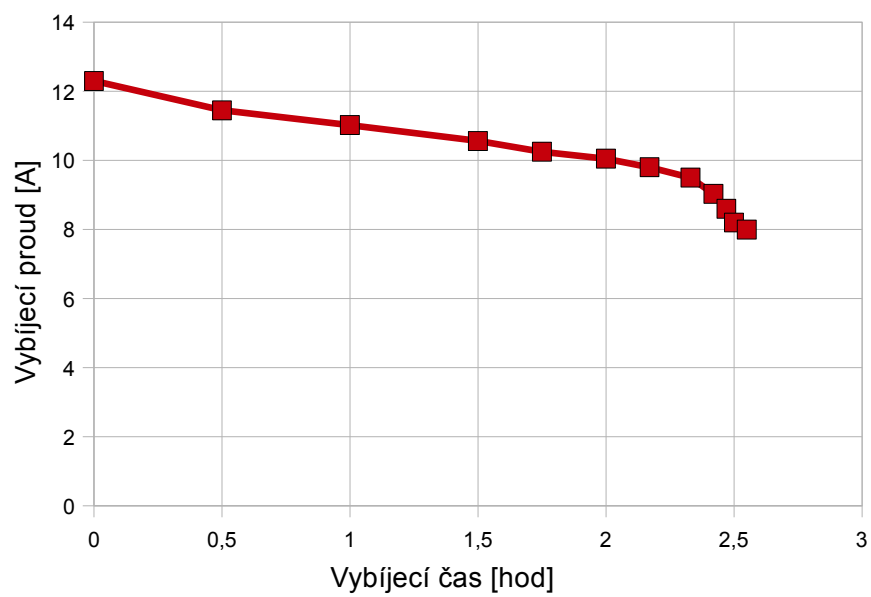
Obr. č. 9 Graf časové závislosti proudu při vybíjení u nového 90 Ah NiCd akumulátoru

Tabulka 7 Výsledky měření pro starší akumulátor 120 Ah NiCd:

t	$U[V]$	$I[A]$
0	11,5	12,3
30 min	11,2	11,45
1 hod	10,85	11,02
1 hod 30 min	10,4	10,56
1 hod 45 min	10,35	10,25
2 hod	10,25	10,05
2 hod 10 min	10,18	9,8
2 hod 20 min	10,1	9,5
2 hod 25 min	10,06	9,03
2 hod 28 min	10,02	8,6
2 hod 30 min	10	8,2
2 hod 33 min	9,65	8



Obr. ř. 10 Graf řasové závislosti napřetí při vybiření u starřího 120 Ah akumulátoru



Obr. ř. 11 Graf řasové závislosti proudu při vybiření u starřího 120 Ah akumulátoru

7. ZÁVĚR

V úvodní teoretické části bakalářské práce bylo provedeno:

- seznámení čtenáře s technologií zabezpečovací zařízení, s technickými požadavky kladené investorem a s bezpečností provozu na vedlejších a na koridorových železničních tratích,
- vytvoření přehledu s používanými akumulátory v tomto odvětví, s konstrukcí NiCd a Pb, s typy a parametry,
- seznámení se základním způsobem nabíjení,
- vytvoření základního přehledu elektrických měničů napětí,
- popis teorií základních měření,

V praktické části byly vykonány tyto měření:

- měření na NiCd starších 120 Ah vč. FNC 120L a novějších 90 Ah vč. FNC 90L akumulátorů, které se provádí i v praxi: zátěžová charakteristika a kapacitní zkouška,
- měření vnitřního odporu akumulátorů,
- měření vnitřního odporu ampérmetru pro přesnější parametry v zátěžové charakteristice akumulátorů.

8. LITERATURA

- [1] VERZICH, V. Napájecí systémy železničních zabezpečovacích zařízení. Praha: NN, 2005.
- [2] DVOŘÁK, J. a kol. Zabezpečovací zařízení na železnici. Praha: NADAS, 1970.
- [3] Technologický předpis pro údržbu a opravu akumulátorových baterií kolejových vozidel. Praha: NADAS, 1968.
- [4] Odborná příručka NiCd baterií typů KPL, KPM A KPH. Praha: D&S Design, 1998.
- [5] zvlasak.net/baterie_s.pdf, 3.12.2009.
- [6] <http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/elektro/clanky2/olov.pdf>, 10. 10. 2009.
- [7] <http://www.k1400.cz/clanky/radime/konkretne/aku/obecne/akumulatory.pdf>, 5.9.2009.
- [8] LISENKO, V. VN zdroje. Praha: BEN, 2008.
- [9] KONEČNÝ, I. Technologický popis zdrojů řady EZ1. Praha: VÚŽ, 1991.
- [10] <http://www.signalmont.cz/katalogy/pdf/nove/73304.pdf>, 8. 9. 2009.
- [11] BENEŠ, Z. Statické měniče frekvence a jejich využití pro napájení rozvodu 6kV, 75 Hz zabezpečovacího zařízení. Praha: VÚŽ, 1993.
- [12] BLAHOVEC, A. Elektrotechnika I. Praha: INFORMATORIUM, 2002.
- [13] HOLLIDAY, D. RESNIK, R. WALKER, J. Fyzika. Brno: VVUT, 2000.
- [14] HAASZ, VL., SEDLÁČEK, M. Elektrická měření. Přístroje a metody. Praha: ČVUT, 2003.
- [15] BROŽ, J. a kol. Základy fyzikálních měření I, Praha: SPN, 1983.
- [16] http://homel.vsb.cz/~rep75/Predmety/Elektronika/ele2/images/kap4/4_5.gif, 3.12.2009.

