
PŘEDNÁŠKY Z AMATÉRSKÉ RADIOTECHNIKY

Petr Novák OK1WPN

OBVODOVÁ TECHNIKA KMITOČTOVÉ MODULACE IV.

ÚV SVAZU PRO SPOLUPRÁCI S ARMÁDOU

Úvodem	7
1. NAPÁJECÍ ZDROJE RADIOSTANIC PRO PROVOZ FM	8
1.2 Primární články	8
1.2.1 Konstrukce suchých článků	11
1.3 Sekundární články - akumulátory	19
1.3.1 Základní pojmy z techniky akumulátorů	20
1.3.2 Olověný akumulátor, princip a konstrukce	24
1.3.3 Alkalické akumulátory	29
1.3.4 Nikl-kadmiový článek	29
1.3.5 Československé nálevné akumulátory FERAK	33
1.3.6 Hermeticky uzavřené /plynotěsné/ články NiCd	34
1.3.7 Spojování plynotěsných článků do baterií	37
1.3.8 Nabíjení plynotěsných akumulátorů asymetrickým proudem	42
1.3.9 Niklocelové akumulátory - NiFe	46
1.3.10 Stříbrozinkové akumulátory - AgZn	46
2. NAPÁJENÍ VOZIDLOVÝCH RADIOSTANIC	49
2.1 Přímé napájení z akumulátoru 12 V	49
2.2 Nepřímé napájení - měniče napětí	53
2.2.1 Měníč s akumulací tlumivkou	55
2.2.2 Návrh akumulací tlumivky měniče	59
2.2.3 Magnetické materiály pro měniče napětí	64
2.2.4 Výkonové prvky měničů	72

2.2.5 Řídicí obvody měničů	75
2.2.6 Praktické příklady impulsních měničů	75
2.2.7 Měnič 12 V/24 V s impulsním transformátorem	83
2.2.8 Měnič 6 V/12 V dle návrhu Y22QW	86
3. ODRUŠOVÁNÍ RADIOSTANIC V MOTOROVÉM VOZIDLE	91
3.1 Odrušení měničů napětí	93
3.1.1 Odrušení primární části měniče	94
3.1.2 Odrušení sekundární části měniče	95
3.2 Rušení způsobené palubní sítí vozidla	96
3.2.1 Rušení pronikající anténním přívodem	98
3.2.2 Základní odrušení I. stupně	99
3.2.3 Zvláštní odrušení II. stupně	105
Závěrem	109

V pořadí čtvrtá část souboru Obvodová technika kmitočtové modulace je zaměřena na napájení radiostanic pro FM a jejich instalaci v motorových vozidlech.

Otázka napájení, na první pohled ne důležitá, má právě v případě provozu FM svůj stěžejní význam. Výrazně umocňuje konečný efekt tohoto druhu komunikace, kterým je především operativnost stanic, jejich nezávislost na energetické síti a tím prakticky neomezená pohyblivost v daném území či terénu.

V práci je probrána problematika elektrochemických zdrojů primárních i sekundárních, dále nepřímé napájení radiostanic prostřednictvím měničů napětí. Poslední část je věnována vzájemnému vlivu motorového vozidla a vestavěné radiostanice.

Práce si klade za úkol seznámit svazarmovské konstruktéry se zásadami provozu mobilních radiostanic a tak přispět k jeho většímu rozvoji. Že přitom nejde pouze o běžný radioamatérský provoz, dokazuje akce "Radio SOS Svazarm", vyhlášená v r. 1987, s vysoce humánním podtextem, zaměřená na záchranu lidských životů při dopravních nehodách. Mělo by se stát věcí cti každého radioamatéra - motoristy, aby se do této významné iniciativy aktivně zapojil.

K řešení technických otázek má pomoci i tato publikace.

Doménou provozu FM je bezesporu využití přenosných a mobilních radiostanic, u kterých dáváme přednost bateriovému napájení. Teprve na druhém místě je síťové napájení stolních zařízení.

Výhody tohoto přístupu jsou zřejmé. Zařízení napájené z baterií můžeme použít kdekoli při turistickém či mobilním provozu, jejich eventuelní síťové napájení je otázkou jednoduchého, vhodně dimenzovaného síťového zdroje.

U zařízení, určených pro provoz ze sítě, je případné bateriové napájení často problematické, svou roli hraje i hmotnost vestavěného síťového transformátoru.

1.1 ELEKTROCHEMICKÉ ZDROJE

Pro bateriové napájení se skoro výhradně používají chemické zdroje proudu. Příslušné baterie sestávají z jednotlivých článků spojených do série podle požadovaného výsledného napětí. Základem každé baterie je tedy elektrochemický článek.

Podle druhu a funkce rozdělujeme tyto články na primární a sekundární.

U primárních článků vzniká elektrická energie chemickou reakcí jednotlivých komponentů. V průběhu exploatace /tj. vybíjení/ článků se tyto komponenty rozkládají a mění až k úplnému vybití článků. Tento proces /chemická reakce/ je nevratný, zreagované

komponenty nelze opětovným nabíjením přivést do původního stavu.

Články sekundární se vyznačují vratnou chemickou reakcí. Nabíjením, tj. přiváděním elektrické energie do článku, se mění chemické složení elektrod. Při vybíjení se elektrody vracejí druhotně čili sekundárně do původního stavu, přitom je zpětně uvolňována elektrická energie. Nabíjecí proces můžeme označit jako akumulaci energie, proto se sekundární články nazývají též elektrické akumulátory. Primární a sekundární články mají pro napájení amatérských zařízení přednostní význam. Ostatní zdroje elektrického proudu, pracující na chemických nebo chemicko-fyzikálních principech, jako jsou palivové či Peltierovy články, se v amatérské praxi v podstatě nevyskytují. Určitou výjimkou je postupné rozšiřování článků solárních, tzv. slunečních baterií.

Elektrický článek /primární i sekundární/ je charakterizován především těmito parametry:

- svorkové napětí
- kapacita článku
- měrná energie

Svorkové napětí je typické pro jednotlivé druhy článků, závisí především na jejich principu, méně již na konstrukci. V průběhu exploatace článků se svorkové napětí mění podle vybíjecí /u akumulátorů i nabíjecí/ charakteristiky. Je závislé i na zatížení článku.

U primárních článků rozesnáváme proto svorkové napětí imenovité, dále počáteční při zatížení čerstvého článku a konečné vybíjecí napětí.

U sekundárních článků rozlišujeme jmenovité napětí v klidu, nabíjecí napětí a vybíjecí napětí.

Kapacitu článku charakterizuje množství elektrické práce, kterou můžeme z daného článku odebírat. Je to kapacita watthodinová C_{Wh} .

Daleko častěji se však setkáváme s kapacitou ampérhodinovou C_{Ah} , kterou vypočítáme násobením vybíjecího proudu v ampérech vybíjecí dobou v hodinách podle vztahu

$$C_{Ah} = I \cdot t \quad [Ah; A, h]$$

Watthodinovou kapacitu vypočítáme, násobíme-li kapacitu ampérhodinovou průměrným vybíjecím napětím, protože při vybíjení článku jeho napětí klesá.

Měrná energie udává, kolik elektrické energie můžeme získat z hmotností 1 kg nebo objemu 1 dm³ chemického zdroje proudu při jeho vybití za jmenovitých podmínek stanovených výrobcem. Výpočet měrné energie zdroje provádíme podle vzorců

$$a/ \text{ měrná energie na hmotnost 1 kg} = \frac{Wh \text{ vybitých}}{\text{hmotnost zdroje v kg}}$$

$$b/ \text{ měrná energie na objem 1 dm}^3 = \frac{Wh \text{ vybitých}}{\text{objem zdroje v dm}^3}$$

Měrná energie jako charakteristický parametr nabývá v poslední době stále více na významu. Lze jej ovlivnit novými technologickými postupy.

1.2 PRIMÁRNÍ ČLÁNKY

Mezi primární články řadíme především články suché /odvozené

od Lécianchéova článku/, dále články rtuťové, stříbrné a v poslední době stále důležitější články lithiové. Do výřtu patří i primární články normálové /Weston/.

Zdaleka ne všechny články se hodí pro napájení amatérských radiostanic, především z důvodů ekonomiky provozu. Týká se to radiostanic jak profesionálně, tak i amatérsky vyráběných. Platí to i pro zahraniční výrobky známých firem /Yaesu, ICOM atd./ a důvodem je zřejmě nenáročná manipulace, neboť u suchých článků odpadá nabíjení. Dalším důvodem je výrazný technologický pokrok v konstrukci článků, vyvolaný prudkým rozvojem oboru elektroniky. Původní suché články podstatně zvětšily jak kapacitu, tak i měrnou energii v poměru k objemu. Pomineme otázku všeobecné dostupnosti suchých článků v našich podmínkách a povšimneme si jednotlivých technologických etap, které vedly až k dnešním moderním článkům.

1.2.1 Konstrukce suchých článků

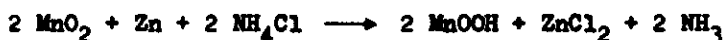
Pro sestavu suchých Lécianchéových článků se používá jako záporného pólu sinkového plechu, u válcových článků slouží sinková elektroda ve tvaru kalíšku současně jako nádoba článku. Kladným vývodem válcových článků je "panenka", slisovaná s uhlíkovou tyčinkou jako pólovým vývodem, ze směsi přírodního burelu MnO_2 a přísad /koku, grafitu a dehtu/ sejišťujících poréznost, vodivost a soudržnost. Burel má dvojí funkci. Jednak se účastní elektrochemických reakcí se zinkem a elektrolytem, jednak slouží jako depolarizátor uhlové elektrody /polarizací se rozumí vznik vodíkových bublinek na povrchu elektrody, které v podstatě elektrodu izolují, tím stoupá vnitřní odpor článku a klesá i svorkové napětí/.

Elektrolytem je roztok selmiaku /chlorid amonný NH_4Cl / s přísávkem chloridu sinečnatého ZnCl_2 a lithného LiCl_2 , omesujícími korosi zinkové nádoby v době klidu, dále ehloridu hořečnatého MgCl_2 a vápenatého CaCl_2 , které jsou hygroskopické, přijímají se vzduchu vlhkost a zabráňují předčasnému vysychání elektrolytu.

Průběh chemických reakcí není v Léclanchéových článcích jednoduchý. Základní proudotvornou reakcí můžeme znásornit sjednošenou rovnicí:



Při různých způsobech vybíjení probíhají rozdílné chemické reakce, které se postupně překrývají a vsájemně nahrazují. Například při velkých vybíjecích prouděch, kdy je spočátku v elektrolytu dostatek chloridu amonného, převládá reakce projevující se uvolňováním amoniaku, jak lze znásornit rovnicí:



S úbytkem chloridu amonného se začíná v reakčním mechanismu článků uplatňovat voda podle rovnice:

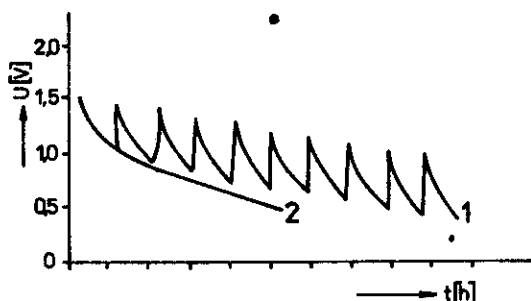


Proto ke konci životnosti dochází ke zvyšování vnitřního odporu článků a jejich vysychání.

Jako imenovité napětí článků Léclanché se udává hodnota 1,5 V. Za konečné vybíjecí napětí se považuje hodnota podle údajů výrobce, spravidla 0,9 V při přerušovaném vybíjení, a 0,75 V při nepřerušovaném vybíjení velkými proudy. Při přerušovaném vybíje-

ní se vždy po přerušení vybíjení napětí poněkud zvyšuje, články regeneruje.

Kapacitu článku nelze proto určit jednoznačně jako u akumulátorů, protože je závislá především na způsobu provozu. Při stejném zatížení dosahují články vybíjené přerušovaně vyšší kapacity než články vybíjené nepřerušovaně /obr.1/. Rovněž články



Obr.1 Závislost kapacity suchých Léclanchových článků na způsobu vybíjení
1 - přerušované vybíjení
2 - nepřerušované vybíjení

zatížené menšími proudy jsou schopné dodat více elektrické energie. Kapacita článku je závislá na konstrukci a použitých materiálech, všeobecně platí, že moderní články mohou mít několika-násobně vyšší kapacitu než články klasické.

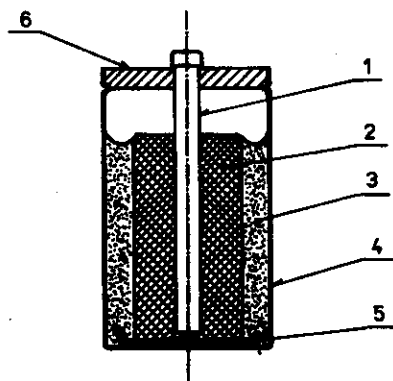
Dále kapacita závisí na provozní teplotě. S vyšší teplotou kapacita článků stoupá, s poklesem teploty se snižuje, až při teplotě pod -20°C nelze již články využít. Kapacita článků nízkými teplotami nesnižuje a po zvýšení teploty se opět obnovuje. Články lze používat až do $+50^{\circ}\text{C}$.

Z obr.1 je zřejmé, že kapacita závisí i na vybíjecím proudu. Se vzestupem vybíjecích proudů kapacita článků klesá.

Dále kapacita závisí i na délce skladování. Články nemají být skladovány při vyšších teplotách, protože rychleji vysychají.

Podle materiálů použitých pro sestavu suchých článků Léclanché systému MnO_2/Zn jsou v současné době používány čtyři generace článků.

První generace /obr.2/ je klasický suchý článek - lidově "baterka". Jeho funkci a sestavu jsme již popsali. Základem katody je přírodní práškový burel MnO_2 /ruda obsahuje 70 až 75% MnO_2 /. Jako separátor elektrod a stužovadlo elektrolytu je po-



Obr.2 Řez klasickým suchým článkem
1 - uhlík, 2 - burel, 3 - elektro-
lyt stužený škrobem, 4 - Zn kalí-
šek, 5 - izolační miska, 6 - usa-
vovací sítka

užita škrobová pasta. Elektrolytem je chlorid amonný NH_4Cl /sal-
miak/ s přísadkou již uvedených přísad. Zinkové pouzdro slouží
jako článková nádoba a je současně záporným pólem článku. Klad-
ný pól je vyveden uhlíkovou tyčinkou. Jsou to tradiční, běžně
používané články Léclanché s kyselým elektrolytem, které jsou
v současné době nejlevnější ze všech elektrochemických systémů.

Charakteristickým znakem je asfaltová sátka a papírový obal.

V dalších generacích článků se místo přírodního burelu MnO_2 používá elektrolytický oxid manganičitý, označovaný též EMD /s angl. electrolytic manganese dioxide/. EMD je velmi čistý /obsah MnO_2 je 91 až 93 %, 7 až 9 % připadá na vodu/. Průměrná velikost částic je 10 až 15 μm . Částičky mají četné mikropóry, aktivní povrchová plocha je 40 až 60 $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$.

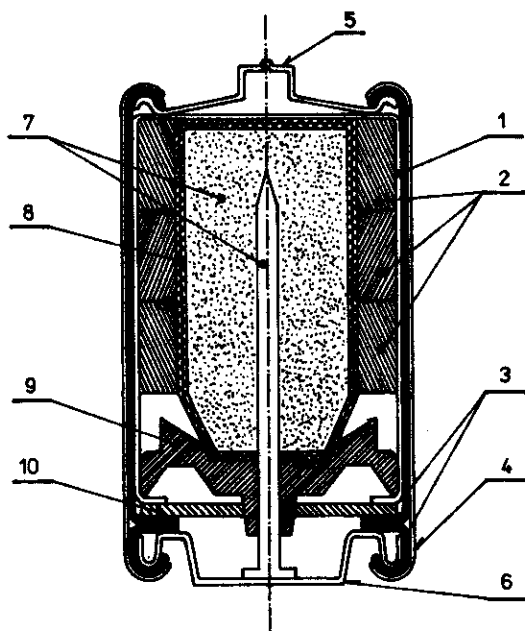
Druhá generace Léclanchéových suchých článků má v podstatě stejnou konstrukci jako první generace. Katoda však místo přírodního burelu obsahuje EMD a v článcích je použita pasta z chemicky upraveného škrobu se zvýšenou odolností vůči oxidaci. Elektrolyt je opět na bázi selmiaku NH_4Cl /. Články jsou vhodné pro těžší provoz než články první generace. Pro sátky a obal se používají materiály z plastů.

Ve třetí generaci článků s katodou z EMD, neutrálním elektrolytem chloridem zinečnatým ZnCl_2 a se sníženým obsahem NH_4Cl se místo škrobového gelu používá papírového separátoru. Protože papírový separátor je mnohem tenčí než vrstva škrobu, bylo možno zvětšit průměr "panenky", takže dochází k dalšímu zvýšení kapacity. Charakteristický je obal z ocelového plechu, omezující následky při proděravění sinkového kalíšku korozí.

Články čtvrté generace, nazývané burelové, pracují s koncentrovaným roztokem hydroxidu draselného KOH jako elektrolytem /alkalický elektrolyt, jsou označovány značkou "Alkaline"/. Anodou je Zn prášek rozptýlený v gelu, katodou je směs grafitu a EMD. Konstrukce článku je v podstatě obrácená /obr.3/, uhlíkový roubík zcela chybí. Ostatně povšimněme si již dříve uvedených základních rovnic, ve kterých se uhlík na chemické reakci

vůbec nepodílí a slouží pouze jako pólový vývod burelové elektrody.

V burelových článcích probíhá reakce EMD podle rovnice

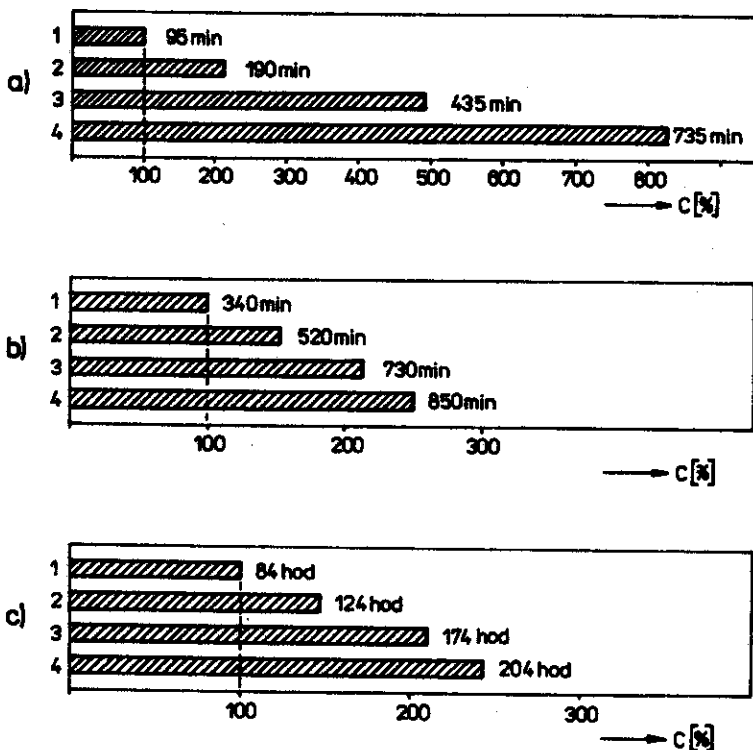


Obr.3 Řez burelovým článkem "alkaline"
 1 - vnitřní ocelový plášť, 2 - EMD /katoda/,
 3 - těsnění z plastu, 4 - vnější ocelový
 plášť, 5 - vývod +, 6 - vývod -, 7 - Zn
 anoda, 8 - nosič elektrolytu, 9 - ventila-
 věj kroužek, 10 - středící kroužek

Burelové články jsou velmi výhodné pro aplikace s rychlým vybíjením. Jsou též spolehlivější a mají mnohem menší sklon k proděravění korozí než předcházející typy. Jejich kapacita při nepřetržitém vybíjení je oproti klasickým článkům podstatně vyšší, např. článek LR 20 /osnažení I.E.C./ má kapacitu až 10 Ah.

Srovnávací diagram jednotlivých generací článků velikosti R 20 je na obr.4.

Pro napájení amatérských radiostanic jsou vhodné následující typy suchých článků:



Obr.4 Porovnání článků R20 jednotlivých generací

a/ nepřetržitě vybití přes rezistor $2,25 \Omega$ do 0,9 V

b/ vybití 4 hod. denně přes rezistor $2,25 \Omega$ do 0,9 V

c/ každou hodinu 5 minut vybití po osmi hodinách denně přes rezistor $2,25 \Omega$ do 0,9 V

Udána je čistá vybití doba

a/ Článek typu R 6 /"tuškový"/ je vhodný pro nejmenší přenosná zařízení s vř výkonem do 100 mW. Články se sériově spojují

do baterie 9 V /6 ks/, 12 V /8 ks/ a často i 13,5 V /9 ks/.

b/ baterie článků typ 3R12 /"plochá"/ má obdobné využití, zatížitelnost je poněkud vyšší. Do série se spojují 2 nebo 3 ks /9 V nebo 13,5 V/.

c/ článek R14 /"malý monočlánek"/. Vůbec nejčastěji používaný článek pro zařízení s vř výkonem do 1 W, někdy s přepínáním až na 3 W vř výkonu /větší výkony nejsou u přenosných radiostanic obvyklé/.

d/ článek R20 /"velký monočlánek"/. Přes vyšší zatížitelnost nejméně používaný typ článku. Pro přenosná zařízení nevyhovuje hmotností a objemem, pro eventuelní napájení mobilních radiostanic s vř výkonem 10 W nestačí jeho kapacita.

Podstatně vyšší nároky lze klást na články s označením LR - burelové. Vyrábějí se i v tuzemsku, často se setkáme i s články dováženými. Jejich použití v přenosných radiostanicích lze doporučit jako nejvýhodnější. Ekvivalentní typy nejznámějších výrobků jsou uvedeny ve srovnávací tabulce 1.

Tabulka 1. Ekvivalentní typy burelových článků

ČSSR označení IEC	Varta	Mallory Duracell	Eveready Ucar
IR 6	V 1500 U	Mn 1500	E 91
IR 14	V 1400 U	Mn 1400	E 93
IR 20	V 1300 U	Mn 1300	E 95

Při používání suchých článků je třeba dbát, aby po skončení provozu byly články vždy vyjmuty. V dlouhodobě odstaveném přístroji by mohl vytékající elektrolyt způsobit větší škodu v e-

elektronických obvodech. Zmíněným opomenutím bylo již mnoho přístrojů zničeno. Nejlepší je konstrukční řešení, při kterém je prostor pro baterie hermeticky oddělen od elektrických obvodů a umístěn v nejspodnější části přístroje. Takové řešení je známe u přenosných rozhlasových přijímačů vyšší jakostní třídy. Kontaktní pružiny mají být galvanicky pokoveny kovem odolným proti korozi /alespoň nikl, ne však stříbro/.

Zmíněné zásady se nevyplatí podceňovat, škody po vyteklých bateriích jsou prakticky neodstranitelné, neboť přístroj se sice dá opravit, ale v dalším provozu je obvykle velmi nespolehlivý.

1.3 SEKUNDÁRNÍ ČLÁNKY - AKUMULÁTORY

Jak již bylo uvedeno, vysnažují se tyto články vratnou chemickou reakcí. Na elektrochemické reakci, nazývané též iontovou výměnou, se nepodílejí přímo kovy, ze kterých jsou zhotoveny elektrody, ale sloučeniny těchto kovů. Podle použitého elektrolytu dělíme sekundární články na akumulátory kyselé a alkalické.

V podstatě jediným představitelem článků s kyselým elektrolytem je olověný akumulátor /Planté r.1860/.

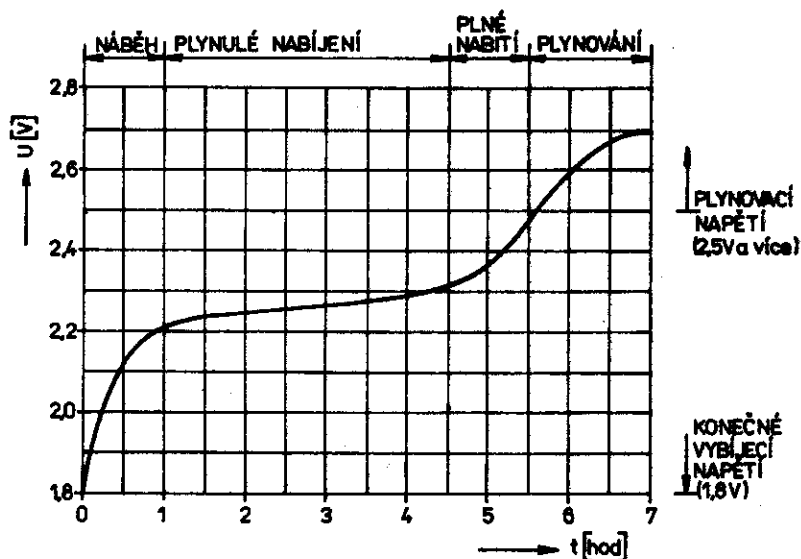
Ze skupiny alkalických článků jmenujme především akumulátor niklkadmiový /NiCd, Jungner r.1901/, niklocelový, označovaný též železoniklový /NiFe, Edison r.1901/ a stříbrozinkový /AgZn, André r.1941/.

Ostatní typy akumulátorů nemají z hlediska radioamatérského využití praktický význam.

1.3.1 Základní pojmy z techniky akumulátorů

Pro usnadnění dalšího výkladu je na místě uvést několik základních pojmů.

Nabíjecí charakteristika /obr.5/ vyjadřuje změnu svorkového napětí článku v průběhu nabíjení. Uvedená charakteristika je typická pro olověný akumulátor nabíjený konstantním proudem /nabíjecí charakteristika typu I/. Na charakteristice rozlišujeme několik oblastí:



Obr.5 Nabíjecí charakteristika Pb akumulátoru

a/ náběh, kdy napětí článku rychle stoupá z tzv. konečného vybíjecího napětí 1,8 V na hodnotu asi 2,2 V, dochází k vyrovnaní a odplynování elektrod.

b/ plynulé nabíjení, napětí stoupá lineárně, probíhá hlavní chemická reakce.

c/ plné nabití, napětí varoste rychle na hodnotu větší než 2,5 V, vyvíjí se vodík, akumulátor začíná plynovat.

d/ plynování, varůst napětí se zpomaluje, akumulátor "vaří" doslova, protože prudce roste teplota elektrolytu, vyvíjí se vodní plyn $/H_2 + O_2/$. Při dlouhém přebíjení dochází k poškození kladných elektrod.

Proto se často používá nabíjecí charakteristika U /nabíjení konstantním napětím/, u které při pokračujícím nabíjení nabíjecí proud klesá a po plném nabití má již tak nízkou hodnotu, že prodloužení nabíjecí doby nemůže elektrody poškodit. Při náběhu je ovšem proud značný a nabíječ musí mít odpovídající výkonovou rezervu. Charakteristika U je vhodná např. pro trvalé dobíjení staničních akumulátorů /starý výraz "pufrování"/. Optimální hodnota napětí pro olověné akumulátory je 2,23 V na jeden článek a je ji nutno udržovat s vysokou přesností včetně eliminace výkyvů síťového napětí. Výsledkem této péče je několikanásobné prodloužení životnosti akumulátorů.

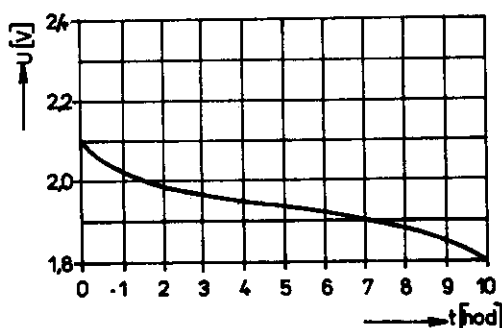
Kombinací obou charakteristik je charakteristika W. Jde v podstatě o nabíjení měkkým zdrojem napětí. Nabíječe jsou jednoduché a levné. Potřebného efektu můžeme dosáhnout např. tím, že primární vinutí transformátoru připojujeme na síť přes sériový kondenzátor vhodné kapacity. Někdy se též můžeme setkat s transformátorem, který je navinut hliníkovým vodičem.

Alkalické akumulátory se od olověných liší především jinými hodnotami napětí v různých fázích nabíjení, obecně jsou tyto změny napětí méně výrazné.

Vybíjecí charakteristika /obr.6/ je pro všechny typy akumulátorů podobná, liší se opět pouze typické napětí. Výjimkou je

pouze stříbrozinkový akumulátor, jehož charakteristiky mají zřetelně vyjádřeny dva stupně.

Kapacita akumulátoru C_{Ah} /ampérhodinová/ je jedním z hlavních parametrů, od kterého odvozujeme další údaje. Jak již bylo



Obr.6 Vybíjecí charakteristika Pb akumulátoru

uvedeno, je kapacita C_{Ah} součinem proudu a času. Kapacita 10 Ah tedy znamená, že z akumulátoru můžeme odebírat proud 1 A po dobu 10 h, nebo také 10 A po dobu jedné hodiny.

Poznámka: Skutečná kapacita akumulátoru závisí též na způsobu provozu a především na teplotě. Proto se v některých publikacích můžeme setkat s tím, že ampérhodinová kapacita je označována jako kapacita jmenovitá C_{jm} . Zpravidla se pro přehlednost u označení jmenovité Ah kapacity přímo uvádí index vybíjecí doby, za kterou se jmenovitá kapacita dosáhne /např. C_5 , C_{10} , C_{20} /. Je-li tedy jmenovitá kapacita akumulátoru C_{10} při pokojové teplotě 22°C rovna 1000 Ah, lze akumulátor vybit proudem $C_{jm}: 10 = 100\text{ A}$ po dobu 10 hodin. Při C_5 je tentýž akumulátor možno vybit proudem $C_{jm}: 5 = 200\text{ A}$ po dobu 5 hodin. To je

zcela v souladu se vzorcem $C = I \cdot t$. Při nižších teplotách však může být skutečná kapacita nižší, např. pro výše uvedený příklad můžeme psát, že pro -20°C je kapacita $C_5 = 500\text{ Ah}$, tedy 50% C_{jm} .

S tak vysokými intenzitami proudů, které jsou v tomto případě uvedeny, se však v běžné amatérské praxi nesetkáme. Vybíjecí proud je závislý na typu akumulátoru, obecně platí, že olověné akumulátory lze bez nebezpečí poškození vybijet daleko vyššími proudy než běžné akumulátory alkalické. Pro daný typ akumulátoru je proto předepsán

maximální vybíjecí proud I_n , kde velikost indexu n označuje podíl jmenovité kapacity. Např. proud I_5 znamená, že povolený proud je roven jedné pětině jmenovité kapacity akumulátoru. V případě akumulátoru 10 Ah nesmí tedy vybíjecí proud I_5 být větší než $10 : 5$, tj. 2 A. Obdobně definujeme

normální nabíjecí proud. Nabíjecí proud I_{10} tedy znamená, že akumulátor nabíjíme proudem rovným jedné desetinně jmenovité ampérhodinové kapacity C_{Ah} . Pro příklad akumulátoru 10 Ah je tedy nabíjecí proud rovný $1\text{ A} / 10\text{ Ah} : 10\%$. Obdobně lze definovat proud pro trvalé dobíjení, udržovací dobíjení apod.

Akumulátor můžeme považovat za stroj, pracující s jistou danou účinností. Proto vždy do akumulátoru musíme o něco více energie dodat, než můžeme odebrat. I to je možné vyjádřit pomocí ampérhodin. Např. smíšený akumulátor 10 Ah musíme nabíjet proudem I_{10} po dobu 14 hodin, dodali jsme tedy $14\text{ h} \cdot 1\text{ A} = 14\text{ Ah}$.

Účinnost akumulátoru η_{Ah} je tedy dána

$$\eta_{Ah} = \frac{\text{Ah vybitých}}{\text{Ah nabitých}}$$

a je vždy menší než jedna. Násobením koeficientem 100 dostáváme účinnost v %.

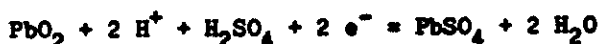
Nabíjecí činitel je převrácenou hodnotou účinnosti a je z hlediska údržby akumulátorů velice praktický, protože většinou při běžném tzv. normálním nabíjení používáme konstantní proud I_{10} . Stačí tedy násobit proud I_{10} nabíjecím činitelem, čímž dostáváme normální nabíjecí čas, který je potřebný k plnému nabití akumulátoru. Se stárnutím akumulátoru se nabíjecí čas prodlužuje /klesá účinnost/.

Dále výrobci udávají

počet pracovních cyklů /jeden cyklus = nabití + vybití/ pro správně udržovaný akumulátor, údaj o samovybití a další údaje.

1.3.2 Olověný akumulátor, princip a konstrukce

Základem olověného akumulátoru jsou dvě desky - elektrody, obě zhotovené z olova a ponořené do kyseliny sírové H_2SO_4 o předepsané hustotě. Celek je umístěn do nádoby z materiálu, odolávajícího účinkům kyseliny. Kladná elektroda /červenohnědá/ je pokryta vrstvou oxidu olovičitého PbO_2 /minium, suřík/, záporná elektroda /šedé barvy/ houbovitým olovem /klejt/. Při vybíjení probíhá na kladné elektrodě reakce:



Na záporné elektrodě probíhá reakce

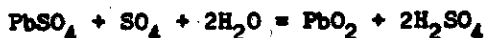


Sečtením rovnic získáme rovnici vybíjení



Při vybíjení se tedy na obou deskách vytváří síran olovnatý a vylučováním vody klesá hustota elektrolytu. Tím klesá i svorkové napětí akumulátoru v klidu až na povolené vybíjecí napětí 1,8 V na článěk.

Při nabíjení probíhá opačný chemický děj než při vybíjení. Na kladné elektrodě:



Na záporné elektrodě:



Sečtením obou rovnic získáme rovnici nabíjení:



Porovnání této rovnice s rovnicí vybíjení dokazuje vratnost chemického děje. Při nabíjení se síran olova rozpouští, váže se voda a hustota elektrolytu stoupá. Jako maximální klidové napětí nabitého akumulátoru se uvádí hodnota 2,1 V/čl. Pro pokojovou teplotu 22° C platí pro hustotu ρ a klidové napětí článku jednoduchý vztah

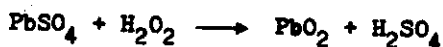
$$U_{\text{chl.}} = \rho + 0,84$$

Hustotě 1,28 kg . dm⁻³ bude tedy odpovídat 2,12 V, hustotě 1,20 kg . dm⁻³ napětí 2,04 V. Podle této poučky by tedy konečnému vybíjecímu napětí 1,8 V odpovídala hustota 0,96 kg . dm⁻³, což se zdá být na první pohled protismyslné. Musíme si však uvědomit, že hustota elektrolytu v celém prostoru akumulátoru není při jeho provozu stejná. Nejnižší hustota je mezi deskami

a především v pórech desek, v prostoru nad deskami i pod nimi je elektrolyt hustší. Proto se na hustoměru pro automobilisty uvádí jako nejnižší hodnota $\rho = 1,14 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$, zahrnující nezbytnou rezervu.

V radiomateráské praxi se nejspíše setkáme se startovacími olověnými akumulátory. Mají elektrody ve formě mřížek, vymazaných aktivní hmotou. Výhodou je velký efektivní povrch /snažná poréznost/, nevýhodou menší mechanická pevnost, proto časem dochází k vypadávaní aktivní hmoty. Dalším negativním jevem je sulfatace elektrod /ucpávání pórů elektrod síranem olovnatým PbSO_4 /. Proces sulfatace se umocňuje ponecháním akumulátoru ve vybitém stavu nebo tím, že zapomeneme kontrolovat hladinu elektrolytu, větší část desek zůstane vynořena a uschne.

Při normálním provozu je síran olovnatý při nabíjení rozpouštěn přítomnou vodou, to však není možné, jestliže v deskách zatvrdne. Pak nezbyvá než pokusit se o desulfataci, při které elektrolyt nahradíme destilovanou vodou a akumulátor velmi dlouho, až týden, nabíjíme malým proudem $I \approx 0,02 \text{ Cjm} / \text{v A} /$. Prostředek Desulfator působí především tím způsobem, že zatvrdlé desky změkčí, ale i zde je nejdůležitější dlouhé nabíjení malým proudem. Obdobně působí i nedávno znovuobjevená metoda regenerace olověných akumulátorů peroxidem vodíku, která si zasluhuje podrobnější popis a vysvětlení. Princip metody spočívá v tom, že se do aktivního prostoru mezi desky akumulátoru, nejlépe pomocí injekční stříkačky pro jedno použití, vpraví několik cm^3 peroxidu vodíku o koncentraci 25 %. Peroxid reaguje se sulfátem /síranem olovnatým PbSO_4 / podle rovnice



čili chemicky vzniká pouze to, co v akumulátoru má být a co v něm bylo na počátku. Protože peroxid vodíku je látka chemicky velice aktivní /až agresivní/, proniká účinně do pórů desek, vyplavuje zatvrdlé mikročástice sulfátu a tím světluje aktivní povrch desek. Výsledkem je zvýšení stávající skutečné kapacity akumulátoru. Kombinujeme-li tuto metodu s regeneračním nabíjením, můžeme skutečně životnost akumulátoru prodloužit. Nejde ovšem o nic "zázračného", metoda posbývá účinnosti při mechanickém poškození elektrod, ke kterému můžeme počítat vypadávání aktivní hmoty, narušení nosných mřížek korozí, případně skraty mezi elektrodami.

Při jakékoli manipulaci s akumulátory je třeba dbát na to, aby hustota elektrolytu byla sice dostatečná, nikoli však nadměrná. Proto také nikdy nedoléváme akumulátory kyselinou, i když zjistíme pokles hustoty, ale vždy jen destilovanou vodou. Za normálních okolností z akumulátoru ubývá /především odpařováním/ pouze voda, elektrolyt pak ovšem houstne a proces sulfatace se při hustším elektrolytu zrychluje. Z těchto důvodů se např. staniční akumulátory plní elektrolytem o hustotě $1,22 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ /oproti $1,28 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ u akumulátorů startovacích/. To má příznivý vliv na prodloužení jejich životnosti.

Moderní staniční akumulátory mají též kladné elektrody s tzv. trubkovou konstrukcí, omezující vypadávání aktivní hmoty.

Základní vlastnosti olověných startovacích akumulátorů:

Jmenovité napětí: 2 V/článek

Hustota elektrolytu při plnění: $1,28 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$

Nabíjecí proud: I_{10}

Účinnost: 0,75 až 0,85

Nabíjecí činitel: 1,2

Normální nabíjecí čas: 12 až 13 hodin

Vybíjecí proud: ve špičkách několiknásobek C_{20} .

Při provozu olověného akumulátoru se vyvarujeme znečištění elektrolytu cizími látkami /svláště kovy/, a věnujeme pozornost pravidelnému dobíjení při nízkých teplotách, kdy se urychluje samovolné vybíjení. I u olověného akumulátoru může dojít k tzv. "přepólování" některého článku, není to však jev zcela typický. Přes řadu výhod lze považovat olověné akumulátory za poměrně choulostivé, takže nezbytné péči se nevyhneme.

V amatérské praxi můžeme předpokládat zejména používání olověných startovacích baterií naší výroby. Nejběžnější typy jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2. Startovací olověné akumulátory Akuma

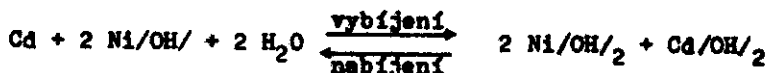
Typ	Jmenovitá napětí [V]	Jmenovitá kapacita C_{20} [Ah]	Rozměry [mm]	Hmotnost s elektrolytem [kg]
3 N 75	6	75	220x170x225	20
3 T 150	6	150	330x170x235	34
6 N 37	12	37	209x166x215	16,4
6 N 50	12	50	260x168x217	20
6 N 88	12	88	435x170x225	37
6 N 100	12	100	483x170x225	41
6 T 125	12	125	196x515x238	49
6 T 150	12	150	236x515x238	62
6 T 175	12	175	268x515x241	75

1.3.3 Alkalické akumulátory

Do této skupiny zařazujeme akumulátory obsahující jako elektrolyt vodný roztok hydroxidu draselného KOH čistý nebo s přísadami. Jsou to především akumulátory niklkadmiové NiCd, dále niklocelové NiFe a stříbrozinkové AgZn. Chemické reakce probíhající v alkalických akumulátorech jsou zcela odlišné než u akumulátorů olověných. Elektrolyt alkalického akumulátoru se přímo nedůčastní chemických reakcí s aktivními materiály elektrod a proto se během nabíjení a vybíjení jeho hustota téměř nemění.

1.3.4 Niklkadmiový článek

Přesto, že zmíněný článek je označen názvy čistých kovů /Ni - nikl, Cd - kadmium/, na vlastní elektrochemické reakci se přímo podílejí jejich sloučeniny, zejména hydroxidy. Elektrochemická reakce probíhá na principu iontové výměny a lze ji popsat stechiometrickou rovnicí

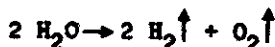


Průběh dílčích chemických reakcí na elektrodách při nabíjení můžeme znázornit následovně:

Na kladné elektrodě: $2 \text{Ni}/\text{OH}/_2 + 2 \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{e}^- + 2 \text{NiO}/\text{OH}/ + 2 \text{H}_2\text{O}$

Na záporné elektrodě: $\text{Cd}/\text{OH}/_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cd} + 2 \text{OH}^-$

Při přebíjení k tomu přistupuje i elektrolýza vody podle rovnice



Na kladných elektrodách se uvolňuje kyslík, na záporných elektrodách vodík.

Podle konstrukce rozlišujeme články nálevné a hermeticky uzavřené /plynotěsné/.

Nálevné články se vyznačují plochými elektrodami ve tvaru desek. Nejběžnější jsou články s tzv. kapsovými elektrodami, jejichž životnost je 1500 až 2500 cyklů. Vyšší životnost /2500 až 4000 cyklů/ mají články s trubkovými kladnými elektrodami. Akumulátory se sintrovanými elektrodami se vyznačují podstatně vyšší měrnou energií na jednotku objemu i hmotnosti, jejich životnost je až 3000 cyklů. Všechny typy nálevných akumulátorů NiCd jsou vhodné pro staniční provoz s trvalým dobíjením, kdy jejich životnost může dosáhnout 10 až 20 roků. Všeobecně můžeme nálevné akumulátory NiCd označit jako velmi odolné a poměrně nenáročné na obsluhu. Často lze článek provozovat tak dlouho, dokud nedojde k proděravění článkové nádoby korozí. Oproti tomu hermeticky uzavřené /plynotěsné/ akumulátory mají životnost podstatně kratší a vyžadují větší péči.

Životnost nálevných akumulátorů NiCd se skrácuje:

- provozem za vyšších teplot /+ 40°C a výše/
- trvalým nedostatečným nabíjením
- soustavným nebo častým hlubokým vybíjením

Nejdůležitější elektrické parametry nálevných článků NiCd:

Jmenovité napětí: 1,2 V/článek

Konečné vybíjecí napětí: 1,0 V/čl. pro kapsové a trubkové
elektrodové systémy

1,1 V/čl. sintrované elektrody

Hustota elektrolytu při plnění: 1,20 kg . dm⁻³

Nabíjecí proud: I_{10}

Účinnost: 0,73

Nabíjecí činitel: 1,5

Vybíjecí proud: typicky až I_5 , jinak dle údajů výrobce

Určitou zvláštností alkalických akumulátorů je, že při přerušovaném vybíjení stoupá svorkové napětí na téměř stejnou výši, jakou měl akumulátor v klidu před vybíjením podobně jako u suchých článků. Proto při přerušovaném vybíjení nemá být z akumulátoru vybíjena vyšší Ah kapacita, než jaké akumulátor dosahuje při nepřerušovaném vybíjení konstantním proudem do předepsaného konečného vybíjecího napětí.

Nabíjecí napětí má podobný průběh jako u olověného akumulátoru /obr.5/, změny při náběhu a plynování jsou ale méně výrazné a povlnnější. Plynovací napětí akumulátoru NiCd je 1,55 až 1,6 V na článek.

Kapacita NiCd akumulátorů závisí na velikosti a provedení kladných elektrod podobně jako u olověného akumulátoru. Protože se však elektrolyt neúčastní chemických reakcí a nemění se tudíž jeho koncentrace, je kapacita článků NiCd méně závislá na teplotě.

Kapacita nových článků po naplnění elektrolytem a prvním nabití je nízká. Je proto nutné tzv. "formování" alespoň ve třech cyklech. Totéž platí pro akumulátory, které byly ponechány delší dobu v nečinnosti. Ve srovnání s olověnými akumulátory má neúčinnost nálevného akumulátoru NiCd poměrně malý vliv na jeho životnost. U hermeticky uzavřených článků to však neplatí, jak bude uvedeno dále.

U nálevných článků může docházet k postupnému poklesu kapacity i znečištěním elektrolytu. Vyloučíme-li vliv různých kovů, zbývá především reakce hydroxidu draselného se vzdušným oxidem

uhličitým. Vznikající uhličitán draselný K_2CO_3 /karbonát/ snižuje elektrolyt, proto je důležité dbát na kvalitu pryžového těsnění šroubovacích zátek. Doporučuje se též 1x ročně úplná výměna elektrolytu. Hustota elektrolytu je předepsána $1,20 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ pro provozní teploty od -15 do $+45^\circ \text{C}$, ale pro nižší teploty než -15°C se doporučuje vyšší hustota $1,26$ až $1,28 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Přidání 20 g hydroxidu lithného LiOH do 1 dm^3 elektrolytu má příznivý vliv na životnost elektrodových desek. Při běžném provozu se NiCd akumulátor dolévá pouze destilovanou vodou stejně jako akumulátor olověný. Zátky, pólové vývody a spojky včetně článkových nádob udržujeme v čistotě a suchu. Velmi dobře poslouží lehký nástřík konzervačním olejem Konkor 101.

Nabíjení akumulátorů NiCd

Normální nabíjení se provádí konstantním proudem I_{10} . Protože plynování při plném nabití je méně výrazné než u akumulátorů olověných, je výhodné pro odhad nabíjecí doby použít nabíjecí činitel. Při nabíjení zcela vybitého akumulátoru má hodnotu $1,5$, nabíjíme tedy proudem I_{10} po dobu 15 hodin. Neznáme-li stupeň vybití akumulátoru, nebo je-li nabíjení prováděno jinými nabíjecími charakteristikami, můžeme na plné nabití usuzovat jen podle ukončeného vzestupu napětí, obecně $1,55$ až $1,6 \text{ V/čl}$. Jestliže tedy napětí nabíjených akumulátorů dosáhlo své nejvyšší hodnoty a po dobu alespoň jedné hodiny se již nemění, lze považovat akumulátory za nabité. Jelikož krátkodobé přebíjení normálním nabíjecím proudem I_{10} nálevné ani plynotěsné akumulátory nepoškozuje, je lépe nabíjení poněkud prodloužit, než baterie nabíjet nedostatečně.

Vybíjení akumulátorů NiCd

Intenzita vybíjecích proudů závisí na konstrukci elektrod a vnitřním elektrickém odporu akumulátoru. Vnitřní elektrický odpor pro akumulátory s kladnými trubkovými elektrodami dosahuje hodnoty přibližně $\frac{1,75}{C_{jm}} \Omega$, u akumulátorů s kapsovými elektrodami se může pohybovat v rozsahu $\frac{1,5}{C_{jm}}$ až $\frac{1,25}{C_{jm}} \Omega$. V průměru je tedy vnitřní elektrický odpor větší než u olověného akumulátoru. Srovnatelný vnitřní odpor vykazují pouze akumulátory se sintrovanými elektrodami $\frac{0,3}{C_{jm}}$ až $\frac{0,15}{C_{jm}} \Omega$. Vybíjení akumulátorů NiCd velkými /téměř skratovými/ proudy není vhodné - k tomu jsou určeny startovací olověné akumulátory. Při určení maximálního vybíjecího proudu se proto vždy řídíme údajem výrobce a tím, že teplota elektrolytu nemá při vybíjení překročit $+40^{\circ} \text{C}$.

1.3.5 Československé nálevné akumulátory FERA

Podle normy ČSN 36 43 53 jsou označovány písmeny NK /nikl, kadmium/, třetí písmeno je označení použití, a to:

T - trekční, O - osvětlovací, N - napájecí, S - startovací, a D - důlní.

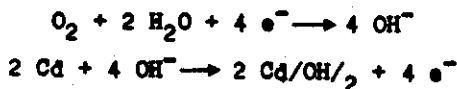
Pokud je použito čtvrté písmeno U, označuje článkovou nádobu z umělé hmoty /např. polystyrén/. Číselné označení za písmeny udává jmenovitou ampérhodinovou kapacitu akumulátoru. Číslo před písmeny udává počet článků akumulátorové baterie.

Označení 2 NKNU 24 tedy znamená napájecí dvoučlánkový nikl-kadmiový akumulátor s nádobou z umělé hmoty a kapacitou 24 Ah. Popsané označení je natolik výstižné, že není třeba uvádět podrobnou tabulku u nás vyráběných typů NiCd nálevných akumulátorů.

1.3.6 Hermeticky uzavřené /plynotěsné/ články NiCd

Elektrolýzou vody obsažené v elektrolytu akumulátoru se při nabíjení vyvíjí plyný kyslík a vodík. Aby bylo možné články hermetizovat, musí být zajištěno potlačení vývoje plynů a tím omezen vstoup tlaku uvnitř článku. Hmoty záporné elektrody je oproti kladné elektrodě předimenzována, takže lze u ní dosáhnout stupně nabití jen 0,6 při plně /na 100%/ nabitě záporné elektrodě. Kyslík se vyvíjí na kladné elektrodě při dosažení stupně nabití asi 0,6. Rychlý vývoj vodíku je charakterizován stupněm nabití 0,95 a vzrůstem napětí z 1,52 V na asi 1,63 V.

Kyslík vznikající na kladné elektrodě je transportován plynou fází /ale i elektrolytem/ na elektrodu zápornou. Protože hmota záporné elektrody /kadmiové/ je zvětšena, vzniká reakcí kyslíku hydroxid kadmiový a plyný kyslík je elektrodou chemicky vázán podle rovnice:



Tím je iontová bilance uvnitř článku vyrovnána. Rychlost rekombinace kyslíku podle uvedených rovnic je však omezena a proto nesmí být překračovány nabíjecí proudy předepsané výrobcem, aby nedošlo k poškození článků.

Podle konstrukce rozlišujeme plynotěsné články s elektrodami se slisované aktivní hmoty, nebo s elektrodami sintrovanými. U knoflíkových článků mají elektrody tvar tabletek, separátorem je tenká polyamidová tkanina. Elektrody i separátor jsou nasyceny elektrolytem. Akumulátory se sintrovanými elektrodami mají v porovnání s akumulátory s lisovanými aktivními hmotami elek-

troch při stejném objemu přibližně dvojnásobnou kapacitu a velmi nízký elektrický vnitřní odpor. To umožňuje vybíjení i pulsními proudy dosahujícími desetinásobku, u speciálních konstrukcí až čtyřicetinásobku jejich jmenovité kapacity. Proto je nutné dbát při manipulaci s těmito články zvýšené opatrnosti, protože vysoké skratové proudy mohou snadno poškodit zařízení, ve kterém jsou akumulátory zapojeny.

Pro standardní plynotěsné články s lisovanými elektrodami platí tato všeobecná provozní doporučení:

Nabíjecí proud I_{10} : 0,1 Cjm, tj. o hodnotě jedné desetiny jmenovité kapacity akumulátoru

Maximální vybíjecí proud I_5 : 0,2 Cjm, tedy jedna pětina jmenovité kapacity

Samovybíjení po 28 dnech: $\leq 35 \% \text{ Cjm}$

Odolnost proti přebití: 144 hodin proudem I_{10}

Normální nabíjecí čas: 14 hodin proudem I_{10}

Nabíjecí činitel: 1,4

Počet cyklů: max. 500

Na základě těchto údajů se pokusme rozebrat některé režimy provozu plynotěsného akumulátoru NiCd a zjistit, jak je možné dosáhnout maximálního prodloužení životnosti.

Přebíjení akumulátoru

Plně nabitý článek vykazuje při připojení nabíječi napětí 1,55 V. Předpokládá se nabíjení konstantním proudem I_{10} po určenou dobu 14 hodin. Většina informací o plynotěsných akumulátorech zdůrazňuje nadměrně škodlivost jejich přebíjení. Uvědomíme-li si, že odolnost proti přebití je zaručována bezpečnost-

ním koeficientem 10 /144 hodin proti 14 hodinám/, je sřejné, že účinek přebíání je přeceňován. Po elektrochemické stránce je přebíání provázáno vývojem vodíku, který je se normálních okolností stále pevně vázán v článku.

Teprve extrémním vývojem vodíku může dojít k nadmutí článku, porušení jeho těsnosti, případně explozi. Praxe ukazuje, že při zachování nabíjecího proudu I_{10} u dobrého článku k takovému případu nemůže dojít ani při značně prodloužené nabíjecí době. Něco jiného je ovšem tzv. "srychlené nabíjení" článků nadměrnými proudy. Článek potom "vaří" nejen chemicky, ale i doslova, je tepelně přetížen a jeho destrukce je otázkou přiměřeného času.

Další častou chybou je pájení článků přímo na víčka nebo pouzdra. Články jsou utěsněny obvykle polyamidovou fólií, která se vyšší teplotou při pájení snadno může porušit.

Ze normálních podmínek není mírné přebíání článků na škodu a jeho význam netřeba přeceňovat.

Extrémní vybití

Znehodnocení článku nadměrným vybitím je v praxi častější, než se na první pohled zdá. Obdobný účinek má i dlouhodobé ponechání článku ve vybitém stavu. Vybitý článek je charakterizován levou stranou stechiometrické rovnice.



Čisté kadmium patří mezi kovy, krystalizující v šesterečné /hexagonální/ soustavě. Na povrchu kladné elektrody se vytvářející krystalky kadmia jsou méně elektrochemicky aktivní. Volné atomy kadmia, rozptýlené v elektrolytu, na těchto zárodečných

krystalcích dále narůstají ve formě jehliček či "vousů". Pro-
růstají separátorem a vyvolávají postupně se světšující svodo-
vý proud, kterým je článěk samovolně vybíjen. Nastává řetězová
reakce a další krystalizace kadmia, až rostoucí krystaliky spó-
sobí mezi elektrodami dokonalý skrat. Jev je označován jako
vytváření dendritických struktur kadmia. Postup této "kadmiové
nemoci" je podporován opakovaným hlubokým vybíjením. Pokud člá-
nek nevykazuje úplný skrat, jsou kadmiové dendrity při řádném
nabíjení částečně rozpouštěny a postup stárnutí zpomalován.

V zahraniční literatuře byly popsány léčebné kúry, spočíva-
jící v rozrušování krystalů velkými proudovými impulsy /šoky/
o hodnotě 10 . Cj a následném formování článků. Praktické ově-
řování této metody ukázalo, že lze zachránit asi 50% postiže-
ných článků, a to jen na určitou dobu.

Dobu života žádného článku však nelze prodlužovat do neko-
nečna. Chceme-li dosáhnout maximálního počtu pracovních cyklů,
je nutná především prevence, spočívající v tom, že kontrolujeme
napětí provozovaných článků, které nesmí při vybíjení klesnout
pod 1,05 V/článek.

Stárnutí článků má za následek pokles skutečné kapacity o-
proti jmenovité. Při dlouhodobém skladování článků se doporuču-
je po pololetním skladování provést jedno normální čtrnáctiho-
dinové nabíjení proudem I_{10} , v případě čtvrtletního intervalu
pak nabíjení sedmihodinové.

1.3.7 Spojování plynotěsných článků do baterií

Sériové spojování článků do baterií je s důvodů získání vyš-
šího napájecího napětí spravidla nezbytné, nikoli však bez pro-
blémů.

V zásadě se nedoporučuje spojování více než deseti článků /baterie 12 V/ a překračování vybíjecího proudu I_5 /jedna pěti- na jmenovité kapacity C_{jm} /.

Zatímco u nové baterie předpokládáme, že všechny články mají zcela shodné charakteristiky, může po určité době provozu kapacity některých článků poklesnout. U desetičlánkové baterie ještě lze předčasné vybíjení některého článku zjistit měřením jeho celkového svorkového napětí. Toto však nepřichází v úvahu u větších baterií, protože napětí na jednotlivých člancích kolísá podle zatížení a vybíjecí doby v rozmezí 1,1 až 1,35 V.

U každé baterie musí některý článek "odejít" jako první. Všimněme si nyní, jak působí pokles kapacity prvního slabšího článku na celou baterii. Při plném vybíjení baterie je slabší článek vybíjen hlouběji než ostatní a rychleji narůstá i jeho vnitřní odpor. Důsledkem hlubokého vybíjení je následující přepólování článku protékajícím vybíjecím proudem ostatních článků, které výrazně urychluje postup již zmíněné kadmiové "nemoci". Postižený článek nemůže být kvůli tomu již nikdy plně nabít a zvýšení jeho vnitřního odporu vede ke snížení nejen vybíjecího, ale i nabíjecího proudu celé baterie. Tím se stane, že po nepříliš dlouhé době k prvnímu postiženému článku přibude další. Postup stárnutí článků můžeme poněkud zpomalit, zařadíme-li po každém desátém cyklu tzv. vyrovnávací nabíjení velmi malým proudem I_{20} až I_{30} po dobu několika dnů až jednoho týdne. Dále může vliv přepólování na stárnutí článků poněkud omezit řetěz paralelních diod přiměřeně proudově dimenzovaných, připojených v nepropustném směru. Diody omezí antipolarizační napětí na článku na hodnotu 0,65 V. Vhodnější se jeví diody germaniové

či Schottky, je však menší výběr, protože musí snést požadovaný vybíjecí proud. Problém stárnutí článků však diody neřeší.

V profesionální praxi je obvyklá výměna celé baterie. Ekonomická nevýhodnost je pouze zdánlivá, protože resolutní výměna je méně nákladná než manipulace s jednotlivými články. Nezanedbatelné je i hledisko spolehlivosti.

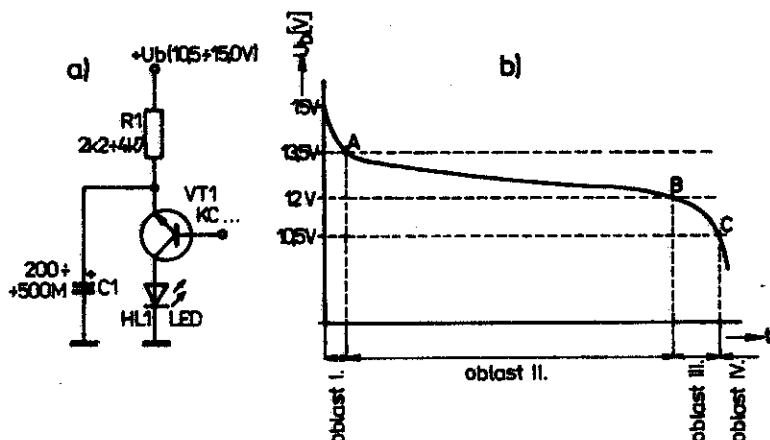
Amatér je veden spíše vrozenou šetrností, proto se snaží postižené články zachránit. Proti tomuto postupu nelze nic namítat, jen je nutné včas slábnoucí článek vyjmout, pomocí léčebné kúry znovu individuálně přeformovat, vrátit na původní místo a - čekat na další článek v pořadí. Praktická konstrukce pouzdra baterií musí tedy umožňovat snadný přístup a výměnu jednotlivých článků. Celkové využití baterie lze tak skutečně prodloužit. Nicméně dříve či později se intervaly začínou rychle zkracovat a situace se stane neúnosnou. To je okamžik výměny celé baterie, nikdy nekombinujeme nové články se starými.

Na základě uvedených skutečností se tedy pokusme vytknout nejdůležitější zásady pro provoz baterie s deseti plynotěsnými články NiCd:

1. Nabíjení provádět nabíječem - zdrojem konstantního proudu I_{10} po dobu 14 hodin. Tuto dobu lze zajistit i vhodným časovačem. Plné nabití je charakterizováno svorkovým napětím 15 V; toho lze při částečném dobíjení využít pro odpojení nabíječe. Není to však nutné, protože při dodržení předepsaného nabíjecího proudu není ani další úplné čtrnáctihodinové přebíjení pro články nebezpečné /viz všeobecná provozní doporučení/.

2. Již jediné vybití baterie pod dovolenou mez 10,5 V je škodlivé a zahajuje proces stárnutí nejslabšího článku. Toto

tvrzení se zdá sice poněkud přehnané, zahrnuje však nezbytný bezpečnostní faktor. Mez vybití je tedy vhodné alespoň jednoznačně indikovat přímo v napájeném přístroji.



Obr.7 Indikátor stavu baterie
a/ zapojení, b/ vybíjecí křivka

K tomu se velmi dobře hodí zapojení s relaxačním oscilátorem podle obr.7. Funkce indikátoru je následující:

Při plně nabité baterii a při připojeném nabíječi bliká LED kmitočtem několika /5 až 10/ Hz. Odpojením nabíječe /oblast I./ poklesne svorkové napětí rychle na 13,5 V /bod A, začátek vybíjecí křivky/ a kmitočet oscilací se poněkud sníží, asi na 2 Hz. Prakticky využitelná část vybíjecí křivky mezi body A a B je u dobré baterie velice povlnná /oblast II/. Tomu odpovídá posvolné snižování kmitočtu oscilací na hodnotu asi 1 Hz v bodě B. V oblasti III. od napětí asi 11,5 V dochází k rychlému zlomu vybíjecí charakteristiky. Kmitočet oscilací rychle klesá na

hodnotu asi 0,2 Hz, až v bodě C /10,5 V/ oscilace úplně ustanou. Konec blikání LED znamená vypnutí zařízení a neprodlené nabíjení. Jakékoli další hluboké vybíjení výrazně urychluje stárnutí článků.

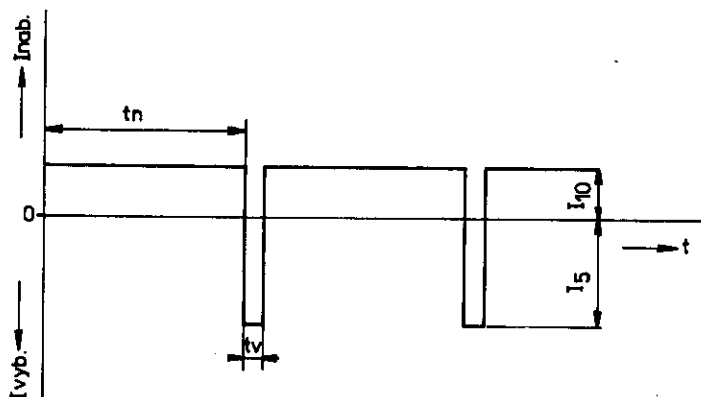
Podrobný popis průběhu vybíjecí křivky a vlivu napětí na množství oscilací je potřebný proto, že v jednotlivých případech půjde vždy o individuální nastavení. Nejde pouze o výběr vhodné hodnoty rezistoru R_1 či kondenzátoru C_2 , ale i o výběr vhodného tranzistoru. Oscilační charakteristiky se i u tranzistorů stejného typu liší - tím je právě dána nutnost individuálního nastavení. Hodí se všechny tranzistory typu KC... nebo BC..., z typů NDR byly ověřeny SF 136 a SF 137. Při nastavování je výhodné použít číslicový voltmetr - pečlivost se vyplácí.

Popsaná indikace je pro daný účel daleko přesnější než analogový údaj jakéhokoli ručkového měřidla, ovšem odhad stupně vybití baterie bude vždy otázkou zvyku. Ty, kteří s relaxačním oscilátorem přicházejí do styku poprvé, je třeba upozornit, že v zapojení na obr.7 není chyba. Emitor NPN tranzistoru je skutečně na kladném potenciálu a báze není zapojena. Vzhledem k nepatrnému množství součástek je individuální nastavení jednoduchou a téměř zábavnou záležitostí /zvláště když to nechce chodit - poznámka lektora/. Na závěr popisu ještě připomínku, že indikátor se vyplácí i pro kontrolu baterie suchých článků. Poslouží dokonce i pro hrubé sledování stavu nabití olověného akumulátoru, např. v automobilu.

1.3.8 Nabíjení plynotěsných akumulátorů NiCd asymetrickým proudem

V souvislosti s "kadmiovou nemocí" /krytalizací kadmia/, která se urychluje při hlubokém vybíjení článků, bylo poukázáno na důležitost prevence.

Tvorbu krystalických jehliček /dendritů/ lze zpomalit, popřípadě přispět k jejich rozrušování, též při nabíjení akumulátorů asymetrickým proudem. Princip této metody, používané již



Obr.8 Nabíjení asymetrickým proudem

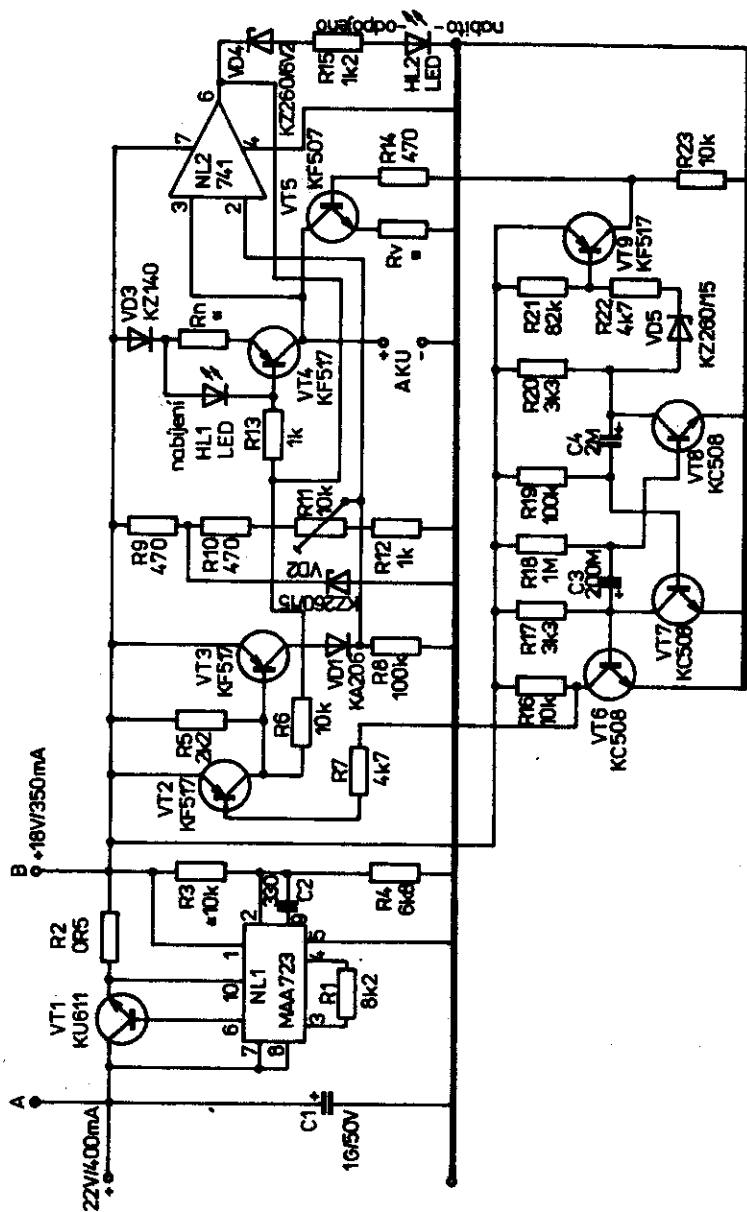
dříve při provozu staničních olověných akumulátorů, je znázorněn na obr.8. Využívá skutečnosti, že normální nabíjecí proud je vždy po určité době vystřídán vybíjecím impulsem délky t_v , tedy proudem opačné polarity. U olověných akumulátorů při vybíjecích impulsích dochází k rychlejšímu odplynování mikropórů elektrod, ze kterých jsou zároveň uvolňovány drobné krystalky síranu olovnatého /sulfátu/. U akumulátorů NiCd jde vedle odplynování mikropórů též o rozrušování kadmiových jehliček, jak již

bylo uvedeno výše. Vcelku můžeme popsanou metodu označit jako zrychlené formování elektrod. Impulsní poměr $t_n : t_v$ volíme v rozsahu 10 až 30, skutečnou odpověď nám však dá pouze praxe, protože vždy záleží na celkovém stáří článku. Nový článek se bude chovat jinak než starý, s přibývajícími pracovními cykly se snižuje i dosažitelné nabíjecí svorkové napětí. To má být v případě článku NiCd 1,50 až 1,55 V.

Velmi zajímavou se ukazuje skutečnost, že asymetrickým proudem lze s úspěchem regenerovat burelové primární články LR. U klasických suchých článků tento efekt není výrazný. Aby nebylo mýlky - zde nejde o doslovné nabíjení, protože u primárních článků jakéhokoli typu nelze již zreagované komponenty elektrod vrátit do původního stavu, ale o regeneraci, spočívající stejně jako u akumulátorů v uvolnění mikropórů a tím i opětovném světlení činné plochy elektrod. Konečný efekt je ovšem stejný, zaznamenáme prodloužení životnosti, tedy zvýšení kapacity primárního článku, jako bychom ho doopravdy "nabíli". Tak je také nutno nahlížet na laické "nabíjení" miniaturních článků do kalkulačtorů nebo hodinek.

Zapojení jednoduchého nabíječe knoflíkových článků, které se velmi dobře osvědčilo v praxi leteckých modelářů, je na obr.9. Protože akumulátory NiCd mají poměrně plochou nabíjecí i vybíjecí křivku, je nutno napájecí napětí stabilizovat. Transformátor s usměrňovačem musí být dimenzován tak, aby mohly být dodrženy hodnoty napětí a proudů v bodech A a B.

Impulsní poměr $t_n : t_v$ je vytvářen multivibrátorem s tranzistory VT7 a VT8 a byl pokusně stanoven na $t_n = 9$ s, $t_v = 0,3$ s. Nabíjecí proud se nastavuje hodnotou rezistoru R_v , vybíjecí



proud volbou R_v podle údajů výrobce akumulátorů /spravidla I_{10} a I_5 /. Při nastavení R_v si můžeme pomoci skratováním kolektoru tranzistoru VT9 k zemi. Nabíječ je určen pro baterii deseti knoflíkových článků 225 mAh nebo 450 mAh, indikace konečného nabíjecího napětí se nastavuje potenciometrickým trimrem 10 k Ω . Pro větší typy článků je nutné přiměřeně dimenzovat napájecí zdroj a stabilizátor napětí, taktéž je nutné nahradit tranzistory VT7 a VT8 výkonnějšími typy.

Na závěr části o akumulátorech NiCd je na místě krátká rekapitulace:

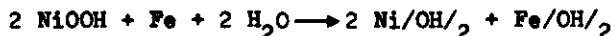
Nálevné články NiCd jsou vhodné pro napájení jakýchkoli komunikačních, tedy i amatérských zařízení, protože jejich obsluha je nenáročná. Případné opomenutí pravidelného dobíjení obyčejně nevede k jejich poškození a po výměně elektrolytu je lze spravidla vždy přeformovat. Protože kladné a záporné desky nejsou u většiny konstrukcí odděleny separátorem, ale v podstatě volně zavěšeny v elektrolytu /stálou vzdálenost desek zajišťují izolační držáky nebo rámečky na jejich okrajích/, nedochází ani k prorůstání kadmiových jehliček a tím k samovolnému vybíjení svodovými proudy. Z amatérského hlediska je tedy nálevný článek NiCd skutečný "nezmar". Bohužel, nehodí se příliš do přenosných přístrojů, protože běžné konstrukce nálevných článků vyžadují zachování kolmé polohy.

Hermeticky uzavřené /plynotěsné/ články NiCd jsou oproti tomu daleko náročnější na údržbu, vyžadují pravidelné dobíjení a musí být chráněny před hlubokým vybitím. Za veškerou péči se nám někdy odvděčí krátkou životností a sníženým počtem pracovních cyklů. Z amatérského hlediska jsou prvky značně choulosti-

vé a návrat k primárním suchým článkům je tedy zcela pochopitelný.

1.3.9 Niklocelové akumulátory - NiFe

Tyto dříve velmi populární akumulátory /vynálezce T.A. Edison/ mají svůj zenit za sebou a ve většině států se již nevyrábějí. Elektrochemická reakce je podobná akumulátorům NiCd:



Proti akumulátorům NiCd mají tyto nevýhody:

- přibližně dvojnásobný vnitřní elektrický odpor
- dvakrát až třikrát vyšší samovybíjení, zejména při vyšších teplotách
- podstatně větší pokles kapacity při teplotách pod bodem mrazu
- nižší watthodinovou účinnost /o 5 %/

Jedinými výhodami jsou poněkud vyšší /o 0,1 V/ svorkové napětí článku, vysoká mechanická odolnost a poměrně dlouhá životnost.

V posledních letech se opět do jisté míry obnovil zájem výzkumných pracovišť o niklocelové články v souvislosti s vývojem elektromobilů, řeší se nové metody výroby elektrod lisováním a sintrováním. Zajímavé možnosti slibuje vývoj plynotěsného článku NiFe, protože železo nevytváří dendritické formy, prorůstající separátorem.

1.3.10 Stříbrozinkové akumulátory - AgZn

Tyto akumulátory mají ze všech běžných systémů nejvyšší měr-

nou energii na objem a hmotnost, vnitřní odpor přibližně stejný jako akumulátory NiCd se sintrovanými elektrodami a četné jiné výhody, bohužel jsou velmi drahé, zvláště pro amatérskou praxi. Přesto pro úplnost uvedeme hlavní vlastnosti:

Svorkové napětí článku AgZn je 1,87 V v širokém rozmezí teplot. Vybíjecí charakteristika je dvoustupňová, první stupeň je charakterizován svorkovým napětím 1,85 V/čl., druhý stupeň 1,55 V/čl. Na rozdíl od jiných systémů se vnitřní elektrický odpor při vybíjení nezvětšuje, ale klesá. Akumulátory AgZn mají vysokou ampérhodinovou účinnost 93 až 96 %.

K nevýhodám je nutno počítat především vysoké nároky na správné ošetřování, např. napětí při nabíjení nesmí nikdy překročit 2,1 V na článek, dále musí být přesně podle rysky dodržována hladina elektrolytu, kterým je roztok KOH vysoké chemické čistoty a hustotou $1,40 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Životnost AgZn článků nepřesahuje obvykle 200 cyklů, je tedy velmi nízká. Stejně jako kadmiem vytváří i zinek při krystalizaci dendritické formy, které narušují separátory desek a urychlují stárnutí.

K zajímavým vlastnostem AgZn článků patří, že je lze skladovat vybité na 0 V a zkratované, i když se dlouhodobé skladování aktivovaných a vyformovaných článků nedoporučuje. Jediným výrobcem stříbrozinkových akumulátorů u nás je PANP Ml. Boleslav. Pokud se s těmito články ve své radioamatérské praxi setkáte, musíte se vždy důsledně řídit provozními doporučeními výrobce. Řadu dalších informací nalezne zájemce v publikaci [1].

Tabulka 3. Typová řada AgZn článků ELAK

Typ	Jmenovité napětí [V]	Jmen. kapacita C_5 při 25°C [Ah]	Rozměry [mm]	Hmotnost [kg]
SZ 3,5	1,5	3,5	14x40x62	0,062
SZ 6,5	1,5	6,5	23x40x62	0,105
SZ 13	1,5	13	23x50x92	0,210
SZ 25 H	1,5	25	38x40x107	0,340
SZ 50	1,5	50	45x92x92	0,730

Zkušenosti s praxí potvrzují, že pro čistý provoz FM je lépe každou konstrukci již v zárodku řešit s preferencí pro bateriové napájení a případné umístění v automobilu. Domácí provoz "od krbu" je pak záležitostí nenáročného přídatného napáječe. To konečně potvrzuje i stoupající obliba rozměrově malých transceiverů s úplným vybavením "all mode", např. FT 480, IC 260E.

Mobilní zařízení pro FM se zpravidla řeší s výkonem 10 W, tj. s příkonem 30 až 50 W. I když v současnosti dostupné vř. výkonové transistory umožňují i výkony vyšší, je jejich použití především otázkou energetické bilance a využití vozidlového akumulátoru. Je třeba velice nepříjemné, musíme-li po několikahodinovém provozu ze stojícího automobilu startovat rostlačováním. Za to přínos několika málo decibelů působený vyšším vysílačným výkonem nestojí.

Základním napájecím zdrojem automobilového transceivru je olověný akumulátor 12 V s kapacitou obvykle 33 až 45 Ah /pro osobní automobily/. O dnes už stypickém napájení 6 V bude zmínka později.

2.1 PŘÍMÉ NAPÁJENÍ Z AKUMULÁTORU 12 V

V současné době dostupná součástková základna umožňuje řešení zejména transceiverů pro FM s přímým napájením z palubní sítě

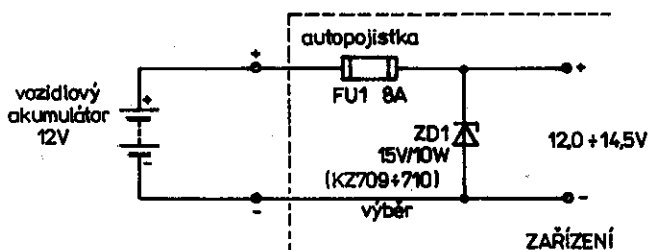
12 V. Kromě některých integrovaných obvodů, o kterých byla zmínka ve 2. dílu publikace, jde především o vf výkonové zesilovače, pro které existuje řada vhodných typů tranzistorů. Pro jejich použití platí však některá pravidla. Palubní síť automobilu nemůžeme považovat za neměnný, napěťově stabilní systém. Během provozu se napětí palubní sítě mění jak spojitě v rozmezí 12 až 14,5 V v závislosti na zatížení a dobíjení akumulátoru, tak nespojitě působením vnitřních spotřebičů a obvodů automobilu /startér, zapalování, regulátor napětí atd./. Právě funkce těchto obvodů vyvolává v palubní síti přechodové jevy, které se projevují napěťovými špičkami někdy i značné amplitudy /startér, zapalování - špičky až 300 V/.

Častou závadou, ohrožující vf výkonové zesilovače, ale i některé obvody méně odolné proti přepětí, je postupná koroze hlavní svorky u kladného pólu vozidlového akumulátoru. Je to jev celkem přirozený a nelze ho nikdy zcela vyloučit, jediné pravidelnou údržbou. Např. málokdo z motoristů ví, že tuto korozi /"obrůstání"/ lze účinně zpomalit atypickým prostředkem, a to nástřikem zamontované a dotažené svorky sprejem Akutol z příruční lékárníčky. Lze použít i neutrální silikonovou vazelinu. Ovšem ani to není zcela stoprocentní řešení, protože koroze může skrytě pokračovat i pod povrchem ošetřené svorky. V místě doteku svorky a pólového vývodu vzrůstá přechodový odpor a akumulátor přestává plnit svou důležitou funkci kapacitního filtru palubní sítě. Stejně tak se vozidlový akumulátor chová ke konci svého života, kdy sulfatizace desek dostoupí vrcholu, nebo když zapomeneme dolévat destilovanou vodu.

Pokud by alternátor nebyl v tomto případě zcela zatížen, je

schopen generovat daleko vyšší napětí než zmíněných 14,5 V. Reálné nabíjecí soustavy sice v takovém případě odpojují budicí vinutí alternátoru, pro vř výkonový zesilovač však může být jeho reakce příliš pomalá.

Vliv přepětí a přechodových jevů v palubní síti se tedy nevyplatí podceňovat. Ochranný obvod např. podle obr.10 by neměl



Obr.10 Ochranný obvod se Zenerovou diodou

chybět v žádném elektronickém zařízení provozovaném v automobilu, tím spíše v případě použití vř výkonových tranzistorů. Obvod má několik funkcí. Jednak zařazená tavná pojistka FU1 chrání proudově proti možnému zkratu v zařízení. Pojistku dimenzujeme podle odběru zařízení a vědomím toho, že i pojistka je vlastně odpor a vzniká na ní úbytek napětí. Pro vyšší výkony je autopojistka 8 A zcela přiměřená.

Zenerova dioda ZD1 chrání též před napěťovými špičkami. Dnešní dostupné vř výkonové tranzistory /např. známá řada KT 920, KT 925/ nejsou již tak citlivé na průraz jako starší typy a rychlost reakce Zenerovy diody je pro ně dostačující.

Proti pomalému zvyšování napětí je dioda účinná pouze v případě menších odběrů - tehdy dojde k přepálení pojistky. U vět-

ších odběrů dojde spíše k přepálení diody, byť desetiwattové, překročením povolené stráty. V případě automobilu by však tato situace neměla přicházet v úvahu, pokud regulátor správně pracuje a včas reguluje buzení alternátoru. Zde Zenerova dioda vykryvá čas mezi okamžikem zvýšení napětí a reakcí reléového regulátoru a na tento relativně krátký časový úsek její zatížitelnost postačí.

I když se to zdá protismyslné, mohou v palubní síti vozidla vznikat i napěťové špičky opačné polaroty. Každá Zenerova dioda se v inverzním /propustném/ směru chová jako normální křemíková dioda s napětím přechodu 0,65 V. Napětí opačně polarizovaných špiček nemůže tuto mez překročit a tak malé protinapětí není nebezpečné ani v výkonových zesilovačích, ani některým integrovaným obvodům, z nichž mnohé přepólování vůbec neunesou /MAA 661, A 244 D atd./.

V neposlední řadě chrání dioda zařízení i proti změně polarity napájecích přívodů. Takovou situaci nemůžeme nikdy zcela vyloučit, vzápětí se skratovým proudem přepaluje tavná pojistka. Dioda tento režim snáší bez problémů i v případě silnějších pojistek.

Jednoduchost obvodu je zárukou jeho spolehlivé funkce a jeho důsledné používání nám ušetří nejen mnohé komplikace, ale i peníze.

V souvislosti s provozem v výkonových zesilovačích osazených tranzistory ve vozidle je na místě ještě následující připomínka:

Ve vozidle zvláště v letních měsících bývá teplota natolik vysoká, že podstatně snižuje účinnost chladičů, spravidla hliníkových. Může proto nastat kritický stav, kdy tepelný odpor

malého hliníkového chladiče nestačí k rychlému odvodu vytvořeného množství tepla z výkonového prvku, dojde k přehřátí a tepelné destrukci. Proto se zvláště v poslední době projevuje trend používání měděných chladičů, které při stejných rozměrech mají menší tepelný odpor.

Pro napájení rádiových zařízení z palubní sítě platí i další důležitá zásada. Jak již bylo řečeno, akumulátor se projevuje jako účinný kapacitní filtr. Je proto vhodné připojovat jakékoli zařízení přímo ke svorkám baterie, a to měděnými kabely o dostatečném průřezu, doporučuje se dále rozlišení polaritý vodičů červenou $+/+$ a modrou $-/-$ barvou. Kostru vozidla jako společný vodič nepoužíváme. Jištění obstará již zmíněný ochranný obvod, který je součástí zařízení. Přímé připojení k baterii se projeví i poklesem hladiny impulsního rušení, zvláště při příjmu. Toto řešení je účinnější než sařazování odrušovacích členů, na kterých sase nutně vzniká při větších odběrech nežádoucí úbytek napětí.

2.2 NEPŘÍMÉ NAPÁJENÍ - MĚNÍČE NAPĚTÍ

V řadě případů je nutno mobilní vysílací zařízení, zvláště jeho koncové stupně napájet vyšším napětím, než má daná vozidlová baterie. Pomineme-li napájení elektronkových, resp. hybridních radiostanic a zaměříme-li se na nejčastější případy, půjde zpravidla o konverzi 12 V na 24 V, případně 6 V na 12 V. Lze realizovat i měnič napětí z 6 V na 24 V, ale jde o výjimečné případy. Zde je snad na místě připomínka, že vyšší napájecí napětí lze jednoduše získat sériovým spojením akumulátorových ba-

terií, takové řešení však není technicky příliš elegantní. I když vyřešíme průběžné dobíjení přídavného akumulátoru, skončíme obvykle u nerudovské otázky. Dobře pracující měnič je rozměrově vždy menší než přídavný akumulátor a při jeho použití není nutno v palubní síti vozidla činit další úpravy. Pokud je měnič součástí radiostanice, je celý komplet navíc použitelný v kterémkoli jiném vozidle s odpovídajícím napětím palubní sítě.

K používání měničů nás vede i skutečnost, že mezi amatéry je ještě dost starších typů tranzistorů pro napájecí napětí 28 V. Jmenujme např. americké 2N3375, 2N3632 nebo sovětské KT904, KT907, ale i novější řadu KT922. Pro účely provozu FM bohatě postačují a je škoda je nechat zahálet pouze proto, že nedokážeme přemoci vlastní pohodlnost a zhotovit jednoduchý měnič. Ostatně, napájení 28 V je stále výhodné pro lineární zesilovače SSB. Není vůbec jednoduché získat čistý signál SSB z dostupných tranzistorů pro napájení z 12 V při zachování alespoň minimální účinnosti.

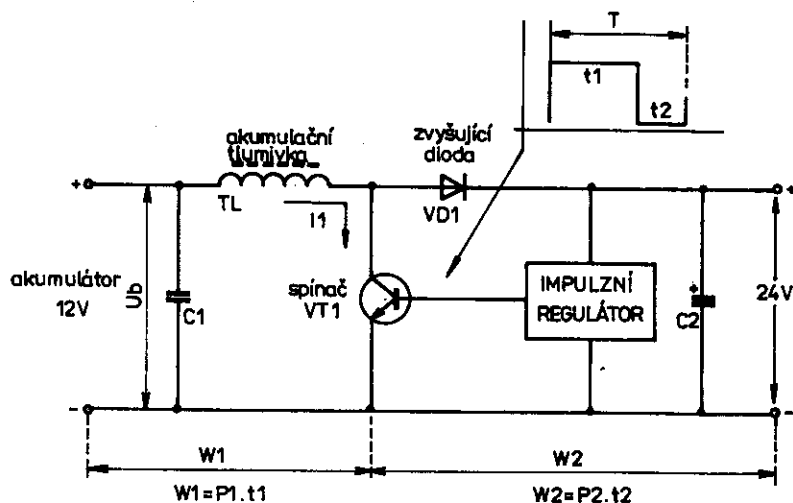
Nepřímé napájení z měniče má též další klady. Především měnič působí jako oddělovací mezičlánek mezi zařízením a palubní sítí vozidla a omezuje tak již zmíněné napěťové špičky a rušivé jevy. Měniče působí zpravidla jako dobré stabilizátory, vyrovnávající /i filtrující/ změny vstupního napětí. V případě automobilových měničů není nutno klást přehnané požadavky na účinnost měniče jako např. u fotoblesků, což se projeví značným zjednodušením zapojení a jeho menší pracností. Nicméně i tak účinnost jednoduchých měničů zůstává vysoká, málokdy je nižší než 60 %.

Pro potřeby mobilního provozu přichází do úvahy především

měníče s impulsním řízením a stabilizací výstupního napětí. Nejvhodnější je blokující měnič zvyšujícího typu s akumulací tlumivkou, u kterého lze dosáhnout velmi vysokého činitele stabilizace výstupního napětí. Dalším vhodným typem je měnič s impulsním transformátorem.

2.2.1 Měnič s akumulací tlumivkou

Pro uspokojivou funkci měniče je nejdůležitější správné dimenzování jeho výkonové části. Typické zapojení výkonové části měniče je na obr.11. Akumulační tlumivka Tl je spínána řízeným



Obr.11 Výkonová část měniče s akumulací tlumivkou

spínačem VT1. Rozlišujeme u něj dva stavy: stav sepnutí po dobu t_1 a čas vypnutí po dobu t_2 . Součet obou časů tvoří jednu periodu řídicího signálu T .

V čase sepnutí t_1 se v tlumivce akumuluje energie W_1 . V čase

t_2 se tato energie uvolňuje jako kladný impuls, usměrňuje zvyšující /booster/diodou VD1, zapojenou v sérii s baterií a nabíjí kondenzátor C2. Napětí usměrněné diodou se sčítá s napětím baterie U_b , proto hovoříme o zvyšujícím měniči. Velikost usměrněného napětí je závislá na impulsním poměru řídicího signálu spínače VT1, tedy i na poměru doby sepnutí t_1 k periodě spínání T . Učiníme-li tento poměr závislý na velikosti napětí na výstupu prostřednictvím regulátoru, můžeme dosáhnout stavu, při kterém se automaticky stabilizuje výstupní napětí v širokých mezích.

Účinnost měniče bude především ovlivňována úbytkem napětí ΔU_L na strátovém odporu tlumivky T1. Dále je nutné, aby použitý spínač VT1 měl minimální saturační napětí U_{CES} . Tyto parametry jsou důležité z hlediska akumulace co největšího množství magnetické energie W_1 v tlumivce po dobu sepnutí t_1 .

Energie magnetického pole tlumivky je dána vztahem

$$W_1 = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2 \quad /1/$$

Spínací proud I_1 bude sřejmě tím větší, čím menší bude saturační napětí U_{CES} spínače, protože pracujeme s poměrně nízkým napájecím napětím 12 V. Dále spínací proud závisí i na vnitřním odporu zdroje, ten však v uvažovaném případě olověného automobilového akumulátoru bude vždy minimální.

Je též nutné optimálně volit indukčnost tlumivky T1. Zvětšování indukčnosti s ohledem na akumulaci energie W_1 je možné jen do jisté míry, protože velká indukčnost znamená velký počet závitů a tudíž zveličený ohmický /strátový/ odpor vinutí, ze kterého zase vyplývá větší úbytek napětí ΔU_L . Stačí si pro srovnání

nání uvědomit, že na strátovém odporu vinutí $0,1 \Omega$ vzniká při proudu $I_1 = 10 \text{ A}$ výkonová stráta 10 W .

Je tedy nezbytné použití feromagnetického jádra, které umožní konstruovat cívky s malým strátovým odporem vinutí při dostatečně velké indukčnosti. Volba materiálu jádra s ohledem na pracovní kmitočet a dovolené sycení $B_{\max}$ je pro uspokojivou funkci jakéhokoli měniče nejdůležitější, jak bude poukázáno později. Prozatím obraťme pozornost k energetickým poměrům v měniči.

Tlumivkou L_1 v čase t_1 protéká přibližně proud

$$I_1 = \frac{U_b}{L} \cdot t_1 \quad /2/$$

přičemž tento vztah platí pro $T \ll \tau = R_g \cdot L$, tj. pro kvasilineární část nabíjecího průběhu.

Pro snadné pochopení dalšího výkladu si časy t_1 a t_2 vyjádříme jako poměrnou část celkové periody T pomocí činitele klíčování K .

$$t_1 = K \cdot T \quad /3/$$

$$t_2 = (1 - K) \cdot T \quad /4/$$

Činitel K vyjadřuje tedy poměr času sepnutí t_1 k celkové periodě T :

$$K = \frac{t_1}{T} \quad /5/$$

nebo též

$$K = \frac{t_1}{t_1 + t_2} \quad /6/$$

Nyní dosadíme vzorec /2/ do základního vztahu /1/:

$$W_1 = \frac{L}{2} \cdot I^2 = \frac{L}{2} \cdot \left(\frac{U_b}{L} \cdot t_1 \right)^2 = \frac{U_b^2}{2L} \cdot t_1 \quad /7/$$

Vyjádříme ještě čas sepnutí t_1 pomocí vztahu /3/ a obdržíme

$$W_1 = \frac{U_b^2}{2L} \cdot K^2 \cdot T^2 \quad /8/$$

Na straně zátěže je odebírána energie

$$W_2 = P_2 \cdot t_2 \quad /9/$$

kde P_2 je výkon odebíraný v čase vypnutí t_2 . I tento vztah je možno vyjádřit činitelem K dosažením /4/

$$W_2 = P_2 \cdot (1 - K) \cdot T \quad /10/$$

Pro výpočet předpokládáme ideální bezztrátový přenos energie, čili $W_1 = W_2$, a tedy

$$\frac{U_b^2}{2L} \cdot K^2 \cdot T^2 = P_2 \cdot (1 - K) \cdot T \quad /11/$$

po úpravě

$$\frac{U_b^2}{2L} \cdot K^2 \cdot T = P_2 \cdot (1 - K) \quad /12/$$

Z toho nás zajímá především výstupní výkon

$$P_2 = \frac{U_b^2}{2L} \cdot \frac{K^2}{(1 - K)} \cdot T \quad /13/$$

a protože víme, že

$$T = \frac{1}{f} \quad /14/$$

můžeme napsat výslednou rovnici

$$P_2 = \frac{U_b^2}{2L \cdot f} \cdot \frac{K^2}{(1 - K)}$$

/15/

ze které lze odvodit nejdůležitější závěry pro konstrukci výkonové části. Z rovnice vyplývá:

- ke zvětšení výstupního výkonu je třeba při konstantním kmitočtu f zmenšit indukčnost tlumivky

- při malých napětích baterie je nutné též zmenšit indukčnost tlumivky nebo snížit kmitočet f

- volba vyššího činitele K má vliv na zvýšení výstupního výkonu. Vyjdeme-li z impulsního poměru $1 : 1$, kterému odpovídá činitel $K = 0,5$, bude výrazu

$$\frac{K^2}{(1-K)} \quad /16/$$

odpovídat též hodnota $0,5$. Zvolíme-li však $I = 0,75$, nabývá zmíněný výraz hodnoty $2,25$, což znamená více než čtyřnásobné zvýšení výkonu vztaheno k výchozímu impulsnímu poměru $1 : 1$. Právě kvadratické závislosti funkce /16/ se u impulsně řízených měničů využívá k účinné regulaci. Pro výchozí výpočet volíme obvykle hodnotu $K = 0,7$, abychom si zajistili dostatečnou rezervu pro regulaci. Více než všeobecné úvahy naznačí praktický příklad:

Předpokládejme baterii vozidla Trabant, jejíž napětí je vlivem celkových úbytků zmenšeno na $5,4$ V. Volíme $L = 100 \mu\text{H}$, činitel $K = 0,7$ a kmitočet $f = 10$ kHz. Po dosazení do vzorce /15/ získáme $P_2 = 24$ W.

2.2.2 Návrh akumulární tlumivky měniče

Nejdůležitější pro funkci měniče je volba vhodného feromagnetického materiálu jádra. To platí nejen pro popisovaný případ akumulární tlumivky, ale i pro měniče s impulsními transformátory.

U měničů spolu úzce souvisí přenášený výkon, hmotnost /ob-

jem/ jádra indukčnosti a pracovní kmitočet. Význačným parametrem je magnetická indukce B /sycení/ materiálu jádra.

Klasické, dnes minimálně používané měniče /střídače/ s pracovním kmitočtem 50 Hz se vyznačovaly nevýhodným poměrem hmotnosti k přenášenému výkonu. Snad jedinou výhodou byly minimální nároky na použité polovodičové součástky a relativně vysoká dovolená indukce B /pro běžné křemíkové transformátorové plechy tloušťky 0,35 mm spravidla $B = 1$ T/. Tuto hodnotu indukce můžeme však využít pouze do kmitočtu asi 150 Hz. S dalším zvyšováním kmitočtu rostou již ztráty v železe /hysterezní i vířivými proudy/, což se projeví ohřevem jádra. Vzniklé teplo musí být povrchem jádra odvedeno do okolí. Záleží tedy i na tvaru jádra a jeho případném chlazení. Se zvyšujícím se kmitočtem je nutno zmenšovat zvolenou hodnotu indukce.

Optimum účinného přenosu energie s přihlédnutím k hmotnosti můžeme vyjádřit pomocí poměru přenášeného výkonu P k výkonu, přenesenému při 50 Hz. Zhruba platí, že pro křemíkový plech 0,35 mm můžeme dosáhnout asi pětinasobného zvětšení přenášeného výkonu při kmitočtech 0,5 až 1 kHz; tenké orientované plechy o tloušťce 0,1 mm umožňují až dvacetinasobně zvětšit přenášený výkon při kmitočtech 2 - 5 kHz. Při kmitočtech nad 20 kHz jsou již nejvýhodnější mangano-zinečnatá feritová jádra, u nichž však musíme respektovat skutečnost, že mají velmi malou mechanickou pevnost v tahu, a proto snadno při přehřátí praskají vnitřním tepelným pnutím. Dále se běžné mangano-zinečnaté ferity vyznačují menší dovolenou indukcí a nižší hodnotou Curieho bodu, tj. teplotou, při níž dochází k degradaci magnetických vlastností /např. pro materiál H 22 je $B_{\max} = 0,3$ T a

$\alpha_{\text{CUR}} = 90^\circ \text{ C/}$. Přesto tyto materiály umožňují přenášet výkony až padesátinásobné ve srovnání se stejně velkým železným jádrem při 50 Hz.

Vhodnost či nevhodnost jádra pro daný účel ověřujeme předběžným informativním výpočtem. Jeho postup si ukážeme na následujícím praktickém příkladu.

Příklad: Uvažujeme nejméně příznivé podmínky, tj. vozidlovou baterii 6 V. Součet úbytků napětí na přívodech od baterie, strátovém odporu vinutí Tl a saturačního napětí transistorového spínače VT 1 bude celkově 1 V. Účinnost měniče předpokládáme $\eta = 0,75$, odebíraný výkon $P_2 = 50 \text{ W}$.

Proud vinutím akumulární tlumivky Tl bude tedy

$$I = \frac{P_2}{\eta (U_b - \sum \Delta U)} = \frac{50}{0,75 (6 - 1)} = 13,3 \text{ A} \quad /17/$$

zakrouhleno na špičkový proud 15 A. Zvolená indukčnost akumulární tlumivky $L = 100 \mu\text{H}$.

Pro první krok volíme toroidní jádro z hmoty H22 o vnějším průměru 32 mm. U tohoto jádra je délka střední magnetické siločáry $l_0 = 8,15 \text{ cm}$, efektivní průřez jádra $A_0 = 0,78 \text{ cm}^2$. Tyto údaje zjistíme buď z katalogu, nebo je vypočítáme po co možno nejpřesnějším změření jádra posuvným měřítkem s geometrických rozměrů. Počet závitů toroidní cívky se vypočítá ze vztahu

$$n^2 = \frac{L \cdot l_0}{\mu_0 \mu_1 A_0} \quad /18/$$

kde $\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$ je permeabilita vakua, μ_1 je počáteční permeabilita uvažovaného magnetického materiálu /pro H 22 $\mu_1 = 2200/$. Všechny hodnoty se dosazují v jednotkách soustavy SI. Po dosazení

$$n^2 = \frac{100 \cdot 10^{-6} \cdot 8,15 \cdot 10^{-2}}{1,256 \cdot 10^{-6} \cdot 2200 \cdot 0,78 \cdot 10^{-4}} = 37,8 \quad /19/$$

$$\text{tedy } n = 6 \text{ závitů} \quad /20/$$

Nyní ověříme pro daný vzorek sycení B

$$B = \mu_0 \cdot \mu_i \frac{I \cdot n}{l_0} \quad /21/$$

Součin $I \cdot n$ je intenzita magnetického pole /známé ampérsávity A_z /. Po dosazení

$$B = 1,256 \cdot 10^{-6} \cdot 2200 \frac{15 \cdot 6}{8,15 \cdot 10^{-2}} = 3,05 \text{ T} \quad /22/$$

Je zřejmé, že dovolené sycení feritu $B_{\max} = 0,3 \text{ T}$ je v tomto případě desetinásobně překročeno, uvažované jádro je tedy pro daný účel nevhodné.

Pro druhý krok volme hrncové jádro průměru 36 mm z hmoty H 22, bez vzduchové mezery. Toto jádro má konstantu $A_L = 8000 \text{ nH/Z}^2$, efektivní průřez $A_0 = 2,02 \text{ cm}^2$, délku střední siločáry $l_0 = 5,32 \text{ cm}$. Nejdříve určíme počet závitů

$$n^2 = \frac{L}{A_L} \quad [\text{záv; nH, nH/záv.}^2] \quad /23/$$

kde L dosazujeme v nH , protože i katalogová hodnota A_L /spravidla uváděná i na jádře/ je udávána v nH/záv.^2 . Tedy

$$n^2 = \frac{100 \cdot 10^3}{8000} = 12,5 \quad /24/$$

$$n = 3,5 \text{ závitů} \quad /25/$$

Podle vztahu /21/ ověříme sycení B. Tento vztah platí jak pro toroidy, tak pro hrncová jádra.

$$B = 1,256 \cdot 10^{-6} \cdot 2200 \frac{15 \cdot 3,5}{5,32 \cdot 10^{-2}} = 2,72 \text{ T} \quad /26/$$

I v tomto případě je přípustné sycení B značně překročeno.

Jedinou možností, jak snížit sycení B, je zařazení vzduchové mezery do magnetického obvodu jádra. Vzduchová mezera zvětšuje celkový magnetický odpor obvodu a tak zmenšuje jeho sycení, které musí být udrženo pod dovolenou hodnotu $B_{\max}$.

Pro šířku mezery l_m /vlastně délku magnetické siločáry ve vzduchu/ platí následující vztah

$$l_m = \frac{\mu_0 \cdot L \cdot I^2}{B^2 \cdot A_e} \quad [m; H, A, T, m^2] \quad /27/$$

Pro B z toho vyplývá

$$B = \sqrt{\frac{\mu_0 \cdot L \cdot I^2}{l_m \cdot A_e}}$$

kde součin $l_m \cdot A_e$ představuje vlastně objem mezery.

Při ověřování vycházíme z katalogových údajů. Katalog např. uvádí mezi hrníčkovými jádry H 22 o průměru 36 mm typ s $A_L = 250$ a vzduchovou mezerou 1,25 mm /zařazením vzduchové mezery se samosřejmě pro dané jádro zmenšuje konstanta A_L , i když vnější rozměry jádra zůstávají stejné/. Uvedené jádro ověříme dosazením do vzorce /28/

$$B = \sqrt{\frac{1,256 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 10^{-6} \cdot 12^2}{1,25 \cdot 10^{-3} \cdot 2,02 \cdot 10^{-4}}} \quad /29/$$

$$B = 0,33 \text{ T} \quad /30/$$

Hodnota $B_{\max} = 0,3 \text{ T}$ je v tomto případě překročena již nepatrně. Dalšího snížení sycení můžeme snadno dosáhnout volbou menší hodnoty indukčnosti, např. $L = 75 \mu H$. Po dosazení

$$B = \sqrt{\frac{1,256 \cdot 10^{-6} \cdot 75 \cdot 10^{-6} \cdot 15^2}{1,25 \cdot 10^{-3} \cdot 2,02 \cdot 10^{-4}}} \quad /31/$$

$$B = 0,29 \text{ T} \quad /32/$$

což je těsně pod hranicí dovoleného sycení B_{max} . Uvažované jádro tedy vyhoví. Pro udávanou konstantu $A_L = 250$ bude počet závitů pro $L = 75 \mu H$

$$n = \sqrt{\frac{75 \cdot 10^3}{250}}$$

$$n = 17,5 \text{ závitů}$$

Vzduchovou mezeru lze u hrncových jader realizovat snadno, u toroidů je to, zvláště v amatérských podmínkách, méně pravděpodobné. V případě nutnosti, zvláště při větších výkonech, se můžeme uchýlit k E-jádrům, u nichž mezeru vytvoříme vložením distanční vložky vhodné tloušťky. Skutečná šířka mezery bude s ohledem na dvojnásobné přerušení jádra v tomto případě poloviční. Některé typy E-jader jsou dodávány se vzduchovou mezerou již výrobcem.

Z hlediska rozptylového magnetického pole a tím i rušivého vyzařování však stále kromě hrncových jader zůstávají perspektivní toroidní jádra s uzavřeným magnetickým tokem. Uvažujme nyní, jakým způsobem lze pro toroidní jádro dosáhnout odpovídající vzduchové mezery.

2.2.3 Magnetické materiály pro měniče napětí

V zahraničí se v posledních letech pro impulsní měniče začínají prosazovat lisovaná jádra, v podstatě období práškových jader. Drcené magneticky vodivé legované kovy, smísené s pojivem z plastické hmoty, mohou být lisovány, případně i jinak opracovány do libovolných forem a tvarů. Tyto materiály jsou vhodné právě pro indukčnosti impulsních měničů - pojivo nahrazuje vzduchovou mezeru.

Dnes již málokdo ví, že jádra tohoto typu byla u nás ve velkém množství vyráběna v Pražské Šumperk v padesátých letech pro telekomunikační techniku. Prášková jádra nesla společné označení "Fonit" a vyráběla se ve dvou variantách, karbonylové a sendustové.

Základem karbonylových, tzv. stříkaných jader byl jemný prášek z karbonylového železa o velikosti zrna asi $3\text{ }\mu\text{m}$, pojivem byl termoplast, obvykle polystyren. Nejrozšířenější byla žroubová dolaďovací jádra /tj. hmota C5/, nepřesně označovaná jako fero-kartová. Dalším běžným tvarem jsou dodnes vyráběné mezikvartové hrníčky o průměru 8 mm, známé z radiostanic VLN, VR atd.

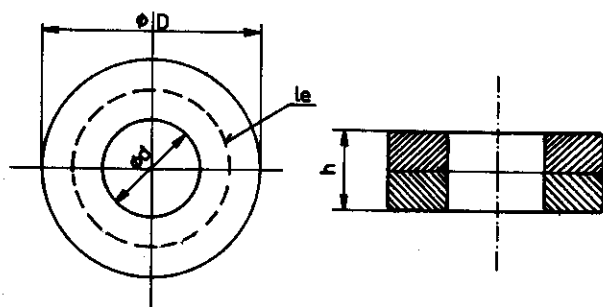
Základem sendustových jader je magneticky měkká trojná slitina Fe-Si-Al /vlastně křesí populární Alsi-fer/. Ingoty této slitiny se drtí a melou na velikost zrna asi $50\text{ }\mu\text{m}$. Sendustový prášek má zrníčka tvaru nepravidelných mnohostěnů s četnými ostrými hranami. Proto se prášek izoluje chemickou cestou, nebo se zrníčka sendustu obalí práškovým skloem, který se při žhání vylisuje a vytvoří mezi zrny izolační vrstvičku. Sendustové jádro poznáme snadno podle toho, že na lomu připomíná litinu. Ze sendustu se vyráběla převážně toroidní jádra pro telekomunikační filtry až do kmitočtů kolem 100 kHz. V současné době je možné tato jádra získat z vyřazovaných zastaralých telekomunikačních zařízení. Sendustové toroidy jsou normalizovány, rozměry a vlastnosti ukazuje obr.12. Jádra "Fonit" byla vyráběna jak v kompaktním tvaru, tak i dvoudílná.

Hlavní výhodou sendustu je jeho poměrně značné sycení $B_{\text{max}} \geq 1,2\text{ T}$, větší než u běžných křemíkových plechů. Dále je to

Tabulka 4. Sendustová toroidní jádra "Fonit"

Označení	D [mm]	d [mm]	h [mm]	l_e [mm]	Relativní permeabilita	Barva
T 33,5 S	35	18	10	83	35	oranž.
T 35,7 S	35	23	14	91	32	oranž.
T 40,7 S	40	24,5	14	101	35	oranž.
T 44,10 S	44	28	20	113	60	červená
T 59,12 S	59	36	24	150	25	zelená
T 59,12 S	59	36	24	150	35	oranž.
T 59,12 S	59	36	24	150	55	červená

Pozor! Barevné označení nezaměňovat s označením pro ferity.



Obr.12 Sendustová toroidní jádra "Fonit"

skutečnost, že tento v podstatě práškový materiál je vhodný pro mírně nadzvukovou kmitočtovou oblast 20 až 30 kHz, která přichází nejvíce v úvahu.

Vlastnosti sendustu si ukážeme nejlépe na praktickém příkladu.

Příklad: Uvažujeme opět indukčnost $L = 100 \mu\text{H}$ a proud 15 A jako v předcházejících případech. Pro tlumivku T1 zvolme sendustový toroid, na obr.12 označený jako T 33 . 5 S, tedy nej-

menší vyráběná velikost. Podle geometrických rozměrů byla vypočítána délka střední siločáry $l_g = 83,25 \text{ mm}$, průřez $A_g \approx 0,8 \text{ cm}^2$. Relativní permeabilita $\mu_r = 35$.

Po dosazení do vzorce /18/ získáme

$$n^2 = \frac{100 \cdot 10^{-6} \cdot 83,25 \cdot 10^{-3}}{1,256 \cdot 10^{-6} \cdot 35 \cdot 0,8 \cdot 10^{-4}} \quad /35/$$

$$n \approx 48 \text{ závitů} \quad /36/$$

Podle /21/ ověříme sycení B

$$B = 1,256 \cdot 10^{-6} \cdot 35 \cdot \frac{15 \cdot 48}{83,25 \cdot 10^{-3}} \quad /37/$$

$$B = 0,38 \text{ T} \quad /38/$$

což oproti předpokládané minimální hodnotě $B_{\max} = 1,2 \text{ T}$ představuje ještě značnou rezervu. Tomu odpovídaly i praktické pokusy s tímto jádrem, které ve funkci akumulární tlumivky bylo schopno přenést výkon až 200 W bez znatelného oteplení, kdy již ostatní součástky /spínací tranzistor, dioda/ pracovaly na horní hranici svých ztrátových výkonů.

Uvedený výpočet však poukazuje i na určitý nedostatek práškových jader, a to je ve srovnání s ferity jejich poměrně nízká permeabilita. Pro požadovanou indukčnost je pak třeba větší počet závitů a zvyšuje se ztrátový odpor vinutí. Tento odpor lze sice snížit zvětšením průřezu použitého vodiče, řešení však není z rozměrových a zejména mechanických důvodů příliš praktické, protože zhotovit vinutí na toroidní /ale i hrncové/ jádro z extrémně silného vodiče je velmi obtížné.

Používá se proto s výhodou vinutí několika slabšími vodiči současně. Důležité je, aby všechny vodiče svazku měly stejnou délku, což dosáhneme jejich mírným zkroucením. Jde tedy vlastně

o rukodělně vyrobené vř lanko s lakovanými vodiči průměru asi 0,5 mm, které již lze snadno tvarovat. Celkový průřez volíme co možná největší, tak, aby se vinutí ještě na jádro vešlo. Použití lanka není samočelné ani z elektrického hlediska, protože u uvažovaných pracovních kmitočtů se již začínají uplatňovat i ztráty způsobené povrchovým jevem /skin efektem/. Ostatní způsoby, mezi něž patří např. ploché vinutí z měděného pásu, jsou pro amatérskou praxi značně pracné. S výhodou je ovšem můžeme využít v případě dále uváděných feritových E-jader.

Feritový materiál H 21

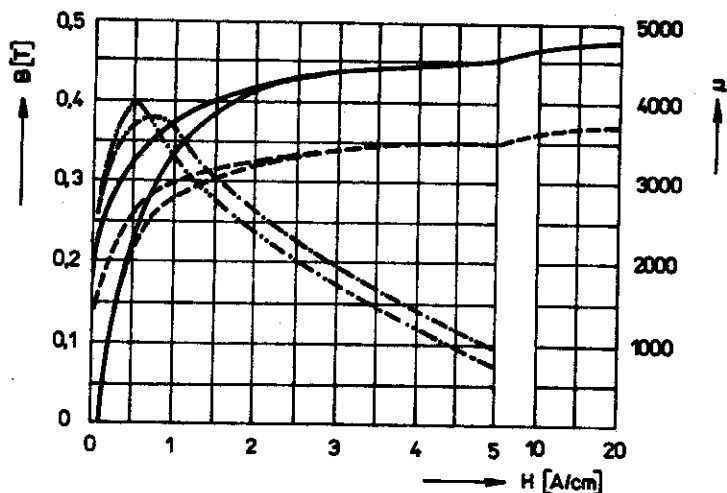
Feritové materiály s vysokou počáteční permeabilitou umožňují sice dosáhnout minimálního strátového odporu vinutí, mají však nižší povolené sycení a především nízkou hodnotu Curieho bodu. U běžných feritových materiálů platí, že čím vyšší je permeabilita, tím nižší je Curieho bod. Proto byl hledán feritový materiál, který by spojoval výhodu vysoké permeability s vysokou hodnotou Curieho bodu.

V Přemětu Šumperk byl vyvinut materiál H 21, svými vlastnostmi vhodný právě pro spínací zdroje a měniče. Protože jde o materiál poměrně nový, uvádíme některé hlavní údaje, získané díky pomoci OK2JI:

Počáteční permeabilita je udávána $\mu_1 = 1900 \pm 20 \%$, koerzivní síla $H_c = 20 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$, Curieho bod vyšší než 200°C . To je více než dvojnásobná hodnota ve srovnání s materiálem H 22, proto též materiál H 21 můžeme běžně provozovat při teplotě jádra okolo 100°C . Tomu ovšem musí vyhovovat izolační materiály vinutí /teflon apod./.

Na obr.13 je magnetizační charakteristika, tabulka 5 obsahuje přehled současného sortimentu feritových jader z materiálu H 21, jejichž základní tvary znázorňuje obr.14.

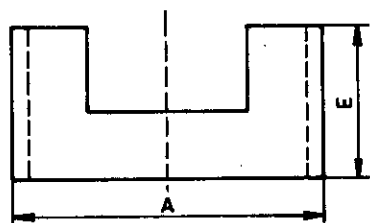
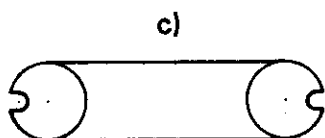
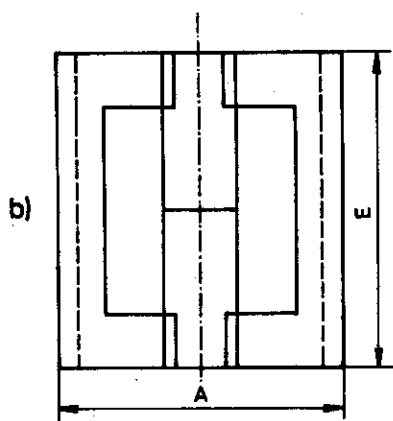
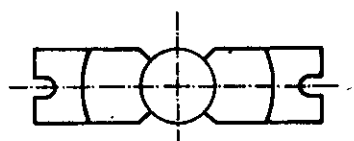
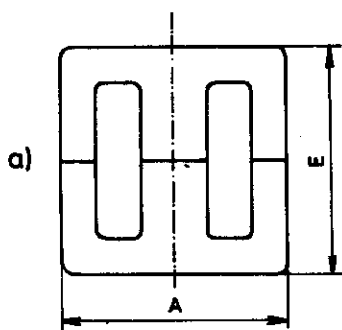
H21



Obr.13 Magnetizační charakteristika /hystezerní křivka/ a závislost permeability feritu H21 na stejnosměrném magnetickém poli

Pro měniče nízkého napětí jsou vhodné tvary E a zejména pak EC, umožňující i amatérskou realizaci vinutí z měděného pásu. V případě potřeby lze u těchto tvarů jader snadno vytvořit vzduchovou mezeru pomocí distanční vložky příslušné tloušťky. Stahovací a upevňovací armatury jsou jednoduché a snadno zhotovitelné.

Jádra tvaru U jsou sice určena pro měniče vysokého napětí v televizních přijímačích, protože však lze předpokládat amatérské experimentování i s těmito poměrně snadno dosažitelnými typy, uvádíme některé další údaje.



Obr.14 Tvary feritových jader H21
a/ jádra E, b/ jádra EC, c/ jádra U

Tabulka 5. Sortiment feritových jader H 21

Číslo JK:	A [mm]	B [mm]	S_{ef} [mm ²]	l_{ef} [cm]
Jádra E - použití ve spínacích zdrojích a měničích				
205 521 203 250	42	42,6	172	9,52
205 521 203 300	55,2	57	343	12,23
Jádra EC - použití ve spínacích zdrojích a měničích. Zaručovaná minimální indukce při teplotě 100° C jakož i ztráty při teplotě 100° C a kmitočtu 16 kHz.				
205 521 404 400	35,3	34,9	84,3	
205 521 404 425	41,6	39,3	121	
205 521 404 450	53,5	48,7	180	
205 521 404 475	71,7	69,3	279	
Jádra U - pro vn transformátory televizních přijímačů. Bližší specifikace v textu.				
205 521 304 109	57,8	28,4	170	16,3
205 521 304 110	59	35,8	210	18,9

Jádro U označené JK 205 521 304 109, je charakterizováno celkovými ztrátami $P_z \leq 3,3$ W při indukci $B = 0,2$ T, kmitočtu $f = 15$ kHz a teplotě $\vartheta = 25^\circ$ C. Pro teplotu 100° C jsou zaručovány ztráty $P_z \leq 3,05$ W při stejné indukci a kmitočtu. Amplituda magnetické indukce $B_a \geq 310$ mT při intenzitě magnetického pole $H = 250$ A . m⁻¹, $f = 15$ kHz a $\vartheta = 100^\circ$ C.

Větší jádro U, označené JK 205 521 304 110, má celkové ztráty $P_z \leq 4,8$ W při $B = 0,2$ T, $f = 15$ kHz a $\vartheta = 100^\circ$ C. Pro teplotu 100° C jsou zaručovány ztráty $P_z \leq 4,4$ W při stejné indukci a kmitočtu. Amplituda magnetické indukce $B_a \geq 310$ mT při intenzitě $H = 250$ A . m⁻¹, $f = 15$ kHz a $\vartheta = 100^\circ$ C.

2.2.4 Výkonové prvky měničů

Důležitým výkonovým prvkem je spínač, jehož vlastnosti posuzujeme především z hlediska ztrát, ovlivňujících celkovou účinnost. V zásadě jde o ztráty dvojího druhu, a to stejnosměrné a spínací. Záleží zde na typu a určení měniče.

Stejnoseměrné ztráty jsou dány především saturačním napětím spínacího prvku, které musí být co nejmenší. To je důležité právě u měničů napájených z autobaterií s nízkým napětím, u měničů napájených poměrně vysokým síťovým napětím je úbytek napětí na spínači nepatrným zlomkem vstupního napětí, tudíž zanedbatelný.

Pro bateriové měniče je stále vhodným spínacím prvkem bipolární výkonový tranzistor. Pro dosažení úplné saturace je však ve většině případů nutné použít Darlingtonova zapojení. Toto tzv. výkonové buzení jde samozřejmě na účet ztrát, přesto je toto řešení lepší než stav neúplné saturace.

V poslední době se stále více prosazují spínací prvky s tzv. bezvýkonovým buzením na bázi technologie MOS. Zde je nutno připomenout, že ne všechny tyto prvky jsou vhodné pro bateriové měniče - pro tato zapojení jsou určeny speciální spínací MOS tranzistory. Technologický vývoj v této oblasti je však značný. Zahraniční výrobci uvádějí některé typy struktury V-MOS /ale i technologie SIPMOS - Siemens/, vhodné i pro nízká vstupní napětí /např. typ BUZ 10 firmy Siemens/.

Pro úplnost je nutno se zmínit i o tyristorových spínačích, jejichž doménou je oblast vyšších vstupních napětí. Pro bateriové měniče se nehodí.

Spínací ztráty jsou závislé na technologii spínacího prvku. Lze je zhruba posoudit podle mezního kmitočtu uvažovaného spí-

nače. Rozděluje je na stráty při zapínání, dané časem zapnutí t_{on} , ve kterém daný prvek přejde do úplné saturace. Ztráty při vypínání jsou naopak dány vypínacím časem t_{off} . Oba časy nejsou spravidla shodné a mimo jiné závisí i na napájecím napětí.

V praxi pro bateriové měniče vyhoví všechny tranzistory řady KU /BU, SU/, ale i KD, jejichž spínací vlastnosti jsou pro uvažovanou kmitočtovou oblast 20 až 30 kHz více než dostatečné.

Naopak kritickým prvkem výkonové části měničů zůstává dioda VD 1, v případě měniče snázorněného na obr.11 pracující jako zvyšovací /booster/ dioda. Kritickými parametry jsou zejména čelní napětí U_{AK} a zotavovací doba t_{rr} v závěrném směru, související s kapacitou přechodu v oblasti malých napětí. Při rozpojení spínače prochází zvyšovací diodou VD 1 proud, prakticky shodný s I_1 . V již uváděném případě měniče napájeného z akumulátoru 6 V tedy špičkový proud $I_1 = 15$ A. To při průměrném čelním napětí křemíkových diod U_{AK} /též U_F / asi 1,2 V vede k okamžité výkonové ztrátě $P_{AK} = 18$ W.

Mimořádně nepříznivě se však uplatňuje zotavovací doba t_{rr} , světšující přepínací stráty měniče. V jejím důsledku je při sepnutí VT 1 zvyšovací dioda savírána se spožděním /rekombinační jev/. V tomto přechodovém intervalu vlastně dioda představuje pro spínací tranzistor skrat, protože jí prochází značný proudový impuls /a to ztrátový/ v závěrném směru. Doba spoždění by tedy měla být co nejkratší. Na druhé straně je však žádoucí, aby se zotavovací charakteristika vracela povlovněji ke statické velikosti závěrného proudu, což umožní snadnější kmitočtové odrušení zdroje. Mezi oběma požadavky je nutné volit kompromis. Ve všech případech má rekombinační čas t_{rr} dominantní podíl na

celkových ztrátách a tím i účinnosti měniče. Z těchto důvodů jsou běžné křemíkové diody pro všeobecné použití /KY 130, KY 708 atp./ nevhodné. V nejlepším případě dosahovaný čas t_{rr} okolo 1000 ns je určuje k původnímu účelu, tj. usměrňování síťového kmitočtu 50 Hz.

Poněkud lepší, i když ne zcela ideální, jsou v katalogu Tesla uváděné rychlé křemíkové usměrňovací diody KY 189 a KY 190, popř. další diody této řady /KY 193 atd./. Přesto však při kmitočtech nad 20 kHz vlivem ztrát již znatelně hřeje a je nutné jejich umístění na chladič.

Z perspektivních prvků tuzemské výroby je třeba uvést dva typy, a to velmi rychlé spínací epitaxní diody a výkonové Schottkyho usměrňovací diody.

Velmi rychlé epitaxní dioda KYW 31 se vyznačuje snížením čelního napětí na hodnotu $U_F = 0,85$ V při proudu $I_F = 20$ A, závěrná zotavovací doba t_{rr} je typicky 50 ns, maximálně 100 ns. Dioda patří mezi typy s povlovnou zotavovací charakteristikou /angl. označení soft recovery/.

Schottkyho usměrňovací diody KYS 26 a KYS 30 se vyznačují ještě nižším čelním napětím $U_F = 0,6$ V /pro KYS 26 při proudu $I_F = 3$ A, pro KYS 30 při $I_F = 30$ A/. Zotavovací doby jsou srovnatelné s epitaxními diodami, zotavovací charakteristika je však příkrřejší a rychleji se vrací ke statické hodnotě závěrného proudu /angl. označení fast recovery/. Pro Schottkyho diody je charakteristické poněkud nižší závěrné napětí U_{RR} asi 30 až 40 V, které vymezuje jejich použití na oblast zdrojů nižšího napětí.

Dalším důležitým prvkem výkonové části spínaných zdrojů jsou

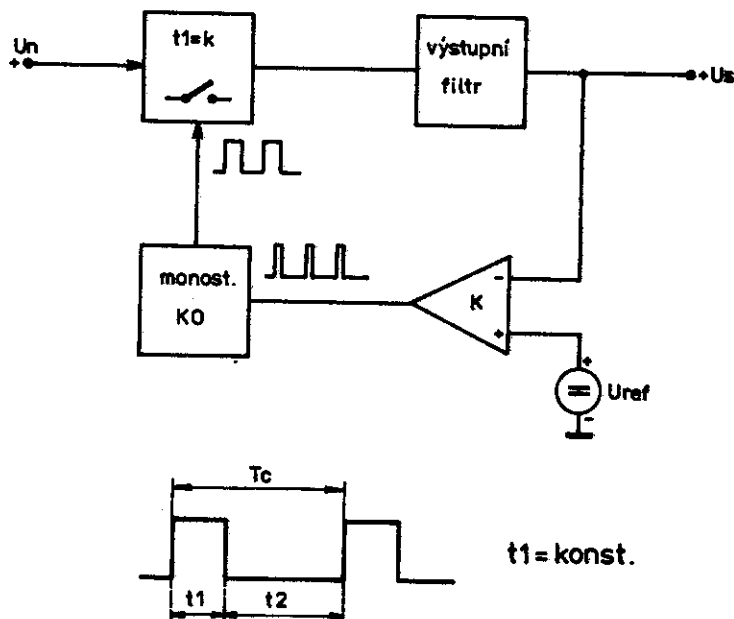
vatupní a filtrační kondenzátory. Z důvodů dokonalé filtrace jsou potřebné kondenzátory s co největší kapacitou, to znamená elektrolytické. Vlastností a vhodnost určitého typu kondenzátoru je však nutno posuzovat z hlediska použitého kmitočtu, tedy náhradního schématu kondenzátoru. Vliv parazitních prvků /především parazitní indukčnosti/ je možné omezit paralelním spojováním kondenzátorů menší kapacity do baterie, která se navíc doplní svitkovými a keramickými blokovacími kondenzátory. Jde o obdobu známé "širokopásmové blokovací kombinace". Z amatérského hlediska je toto řešení nejlevnější a neúčinnější, protože nevyžaduje drahé speciální či často doporučované ještě dražší tantalové kondenzátory. Popsané provedení kondenzátorové baterie má dobrý vliv i na snížení hladiny rušení na výstupu zdroje.

2.2.5 Řídící obvody měničů

Řídící obvody /též impulsní regulátory/ mají za úkol převést změny výstupního napětí měniče na změny parametrů budících impulsů výkonového spínače. Pro měniče napájené s akumulátory mají význam především dva základní způsoby regulace.

První z nich, znázorněný blokově na obr.15, se označuje jako regulace s proměnným kmitočtem. Interval sepnutí t_1 je pevně určen monostabilním klopným obvodem, startovaným změnou napětí na vstupu komparátoru K. Jakmile se napětí U_g zmenší pod U_{ref} , je vybaven budící impuls konstantní délky t_1 pro výkonový spínač. Regulovaný interval t_2 trvá tak dlouho, dokud se napětí U_g opět nezmenší pod U_{ref} . Trvání intervalu t_2 je tedy závislé na změnách zátěže. Změna zatěžovacího proudu má za následek změnu intervalu t_2 , tudíž i periody T_c . Tomu odpovídá i změna

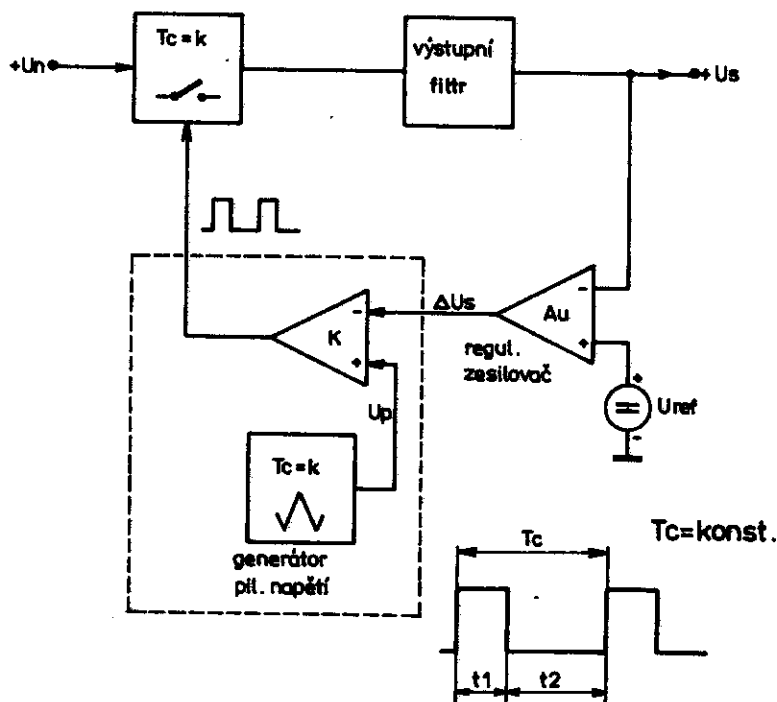
kmítočtu t_0 . Regulátory tohoto typu lze snadno konstruovat z diskretních součástek, lze však s výhodou využít např. i integrovaný obvod MAA 723, který obsahuje základní dílčí části regulátoru [2].



Obr.15 Regulace s proměnným kmitočtem

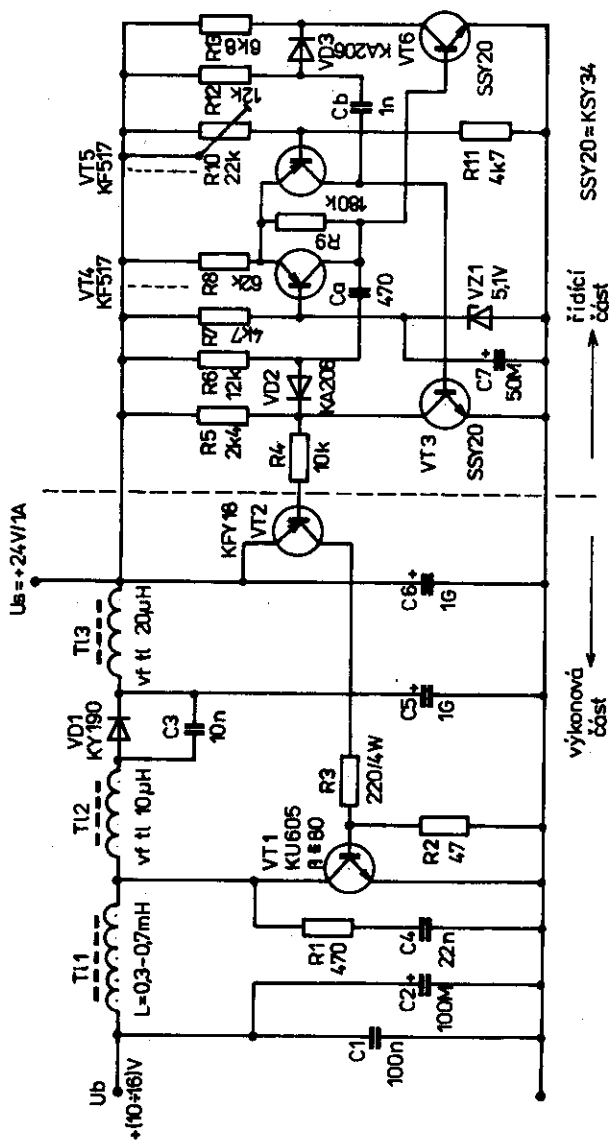
Regulátory s konstantním kmitočtem, tudíž s konstantní periodou T_0 , využívají změny impulsního poměru intervalů t_1 a t_2 . Princip je znázorněn na blokovém schématu na obr.16. Jádrem zapojení je napěťový komparátor K , srovnávající napětí pilovitého průběhu konstantního kmitočtu U_p a zesílenou regulační odchylku ΔU_g . Šířka takto vytvořených budících impulsů na výstupu kom-

parátoru je úměrná velikosti a směru regulační odchylky. Se zmenšováním U_g se interval sepnutí t_1 rozšiřuje a t_2 zužuje, při zvětšování U_g je tomu naopak. Tento způsob regulace je vhodný i pro větší výkony.



Obr.16 Regulace s konstantním kmitočtem

I když je v zásadě možné konstruovat i tento regulátor z diskretních součástek, nejví se v současné době toto řešení jako optimální. Do ČSSR je totiž dovážen výborný monolitický regulátor B 260 výroby NDR /ekvivalent TDA 1060/, který má kromě základních ještě řadu doplňkových funkcí /např. jištění, blokování/.



Obr.17 Měníč 12/24 V podle T230J

2.2.6 Praktické příklady impulsních měničů

Následující příklady byly převzaty z časopisu NDR Funkamateureur a z větší části ověřeny s použitím tuzemských součástek.

Na obr.17 je původní verze měniče podle návrhu Y230J [3]. Je to typ měniče s proměnným kmitočtem. Při nezatíženém měniči je základní kmitočet asi 8 kHz, se zvyšujícím se odběrem kmitočet stoupá. Indukčnost akumulární tlumivky není příliš kritická. K realizaci tlumivky použijeme feritové hrncové jádro $\varnothing$ 36 mm z hmoty H 22 nebo H 11 se vzduchovou mezerou asi 1 mm. Pro uváděné odběry vyhoví s rezervou, je možné uvažovat i o menším jádru $\varnothing$ 26 mm. Rozhodující je vždy teplota jádra při praktickém provozu.

Počet závitů vypočítáme z A_L konstanty, uvedené na jádře, podle vzorce

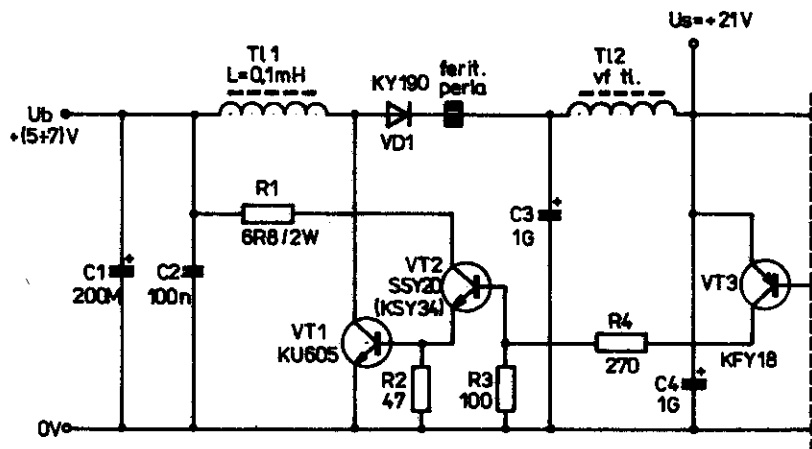
$$n = \sqrt{\frac{L}{A_L}} \quad [Z; nH; nH/Z^2]$$

Důležité je nepřehlédnout, že indukčnost se do vzorce dosazuje v nH - /nanohenry/. Volíme co největší průřez vodiče /lépe skládaného lanka, např. 8 x 0,63 mm CuU/ a využijeme plně prostoru pro vinutí.

Na obr.18 je varianta výkonové části při napájení z autobaterie 6 V. Indukčnost akumulární tlumivky je nutno oproti předchozímu příkladu zmenšit a spínač provést v Darlingtonově zapojení. V tom případě vyhoví i výkonový tranzistor s nižším zesílením.

Na původním zapojení měniče podle obr.17 s výkonovou částí podle obr.18 bylo experimentálně ověřováno zvýšení zatížitelnosti měniče pro větší odběry. Indukčnost akumulární tlumivky

T_{L1} byla zvolena $36 \mu\text{H}$. Tlumivka byla navinuta na hrncovém jádře $\emptyset 36 \text{ mm}$ s hmoty H 22, s konstantou $A_L = 630$. Vínutí mělo 7,5 závitů dvojitém vodičem opředeným bavlnou o průměru 1,4 mm.



Obr.18 Výkonová část měniče podle Y230J při napájení 6 V

Výsledky jsou uspořádány v tab.6, maximální zatěžovací proud je uveden pro pokles výstupního napětí na 95% původně nastavené hodnoty. Kapacita vstupního i výstupního kondenzátoru /C1 a C4/

Tabulka 6. Výsledky měření měniče podle obr.17 s výkonovou částí podle obr.18

Měnič	I výst. max.	C_a	C_b
12 na 24 V	3 A	120 pF	470 pF
6 na 12 V	3 A	120 pF	470 pF
6 na 24 V	1,2 A	68 pF	1,5 nF
Akumulační tlumivka $36 \mu\text{H}$, hrncové jádro H 22 $\emptyset 36 \text{ mm}$, $A_L = 630$ 7,5 záv. 2 x 1,4 mm bavlna			

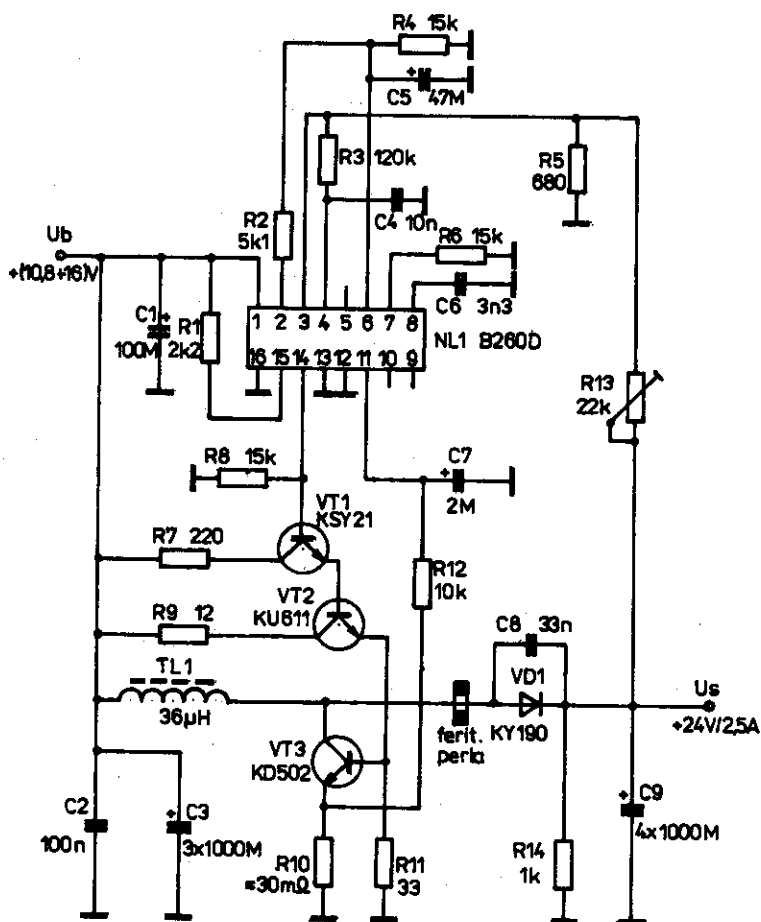
byla zvýšena na 4000 μF , tj. 4 x 1000 μF paralelně. Výkonová část, tj. tranzistory VT1 a VT2, byla osazena typy KD 501/KU 611. Hodnoty kondenzátorů /kmitočet a impulsní poměr signálu řídicího multivibrátoru/ byly nastaveny experimentálně s ohledem na maximální výstupní proud.

Při tomto ověřování nebyla sledována účinnost, přesto však je zřejmé, že největší ztráty vznikaly na diodě KY 190, která při zvýšení kmitočtu nad 15 kHz již silně hřála a vyžadovala umístění na chladič. Ohřev hrncového jádra byl nepatrný, výkonový tranzistor měl při maximálním odběru teplotu asi 50° C. V době ověřování /rok 1982/ nebyly ještě dostupné diody KYW 31. Přesto je od té doby měnič v uvedeném zapojení používán v mobilním provozu bez jediné závady.

Příkladem měniče s konstantním kmitočtem je zapojení na obr. 19, opět převzaté od Y230J. Výkonová část /tranzistory VT1, VT2 a VT3/ je obdobná předešlému příkladu, povšimněme si proto blíže možností, které nám nabízí integrovaný obvod NL 1 typu B 260, který obsahuje úplný impulsní regulátor.

Regulační kmitočet je určen rezistorem R_6 a kondenzátorem C_6 připojeným k vývodům 7 a 8 integrovaného obvodu. Člen R_4C_5 na vývodu 6 určuje časovou konstantu tzv. zpomaleného startu. Poklesne-li napájecí napětí integrovaného obvodu krátkodobě pod hodnotu 9,4 V, regulátor odpojuje busení výkonové části a následuje opět zpomalený náběh měniče. Velikostí odporu R_3 se nastává zesílení regulačního zesilovače /až 60 dB/. Kapacita C_4 blokuje regulační systém proti samovolnému rozkmitání.

Integrovaný regulační obvod B260D umožňuje též jištění měniče proti některým poruchovým stavům:



Obr. 19 Měníč s řídicím regulátorem B260

Při zvýšení výstupního napětí, např. při přerušení rezistoru R_5 , se automaticky sníží impulsní poměr budicího signálu. Totéž nastane při zvýšení napětí na vývodu 3 na více než 0,6 V.

Vstup snímáče proudového omezení je na vývodu 11. Překročí-li napětí na tomto vývodu hodnotu +0,48 V, je plynule snižován impulsní poměr budicího signálu. Při překročení meze 0,6 V /velký odebíraný proud nebo zkrat na výstupu/ je obvod vypnut. Po odstranění zkratu resp. extrémního proudu následuje opět zpomalený start. V zapojení na obr.19 je takto jištěn mezní proud výkonového tranzistoru KD 502 / $I_{c\ max} = 20\ A$ /. K jištění proti přepětí na vstupu nebo výstupu měniče obsahuje regulátor obvod, jehož vstup je na vývodu 13. K sablokování budicích impulsů dochází opět při napětí 0,6 V. V tomto případě však není při opětovném zapnutí zajištěn zpomalený náběh restartu.

Obvod lze řídit externím synchronizačním kmitočtem přiváděným na vývod 9 /synchronizace většího počtu měničů nebo aplikace obvodu ve spínaných zdrojích televizních přijímačů/.

Dálkově lze obvod vypínat uzemněním vývodu 10. Tento vstup je kompatibilní s logikou TTL.

Integrovaný obvod B260D je stavebním prvkem, který umožňuje i v amatérských podmínkách konstrukci měničů vysoké kvality.

2.2.7 Měnič 12 V/24 V s impulsním transformátorem

V řadě případů není nutno napájet mobilní amatérské zařízení napětím s vysokým činitelem stabilizace a připouští se i určité zvlnění výstupního napětí. V takovém případě je možno použít zjednodušené zapojení blokujícího měniče s vlastním buzením. Příklad praktického zapojení od Y22QN je na obr.20. Všechny

součástky lze nahradit čs. ekvivalenty. Je uváděna účinnost 80%.

Pro výpočet lze použít následující vztahy:

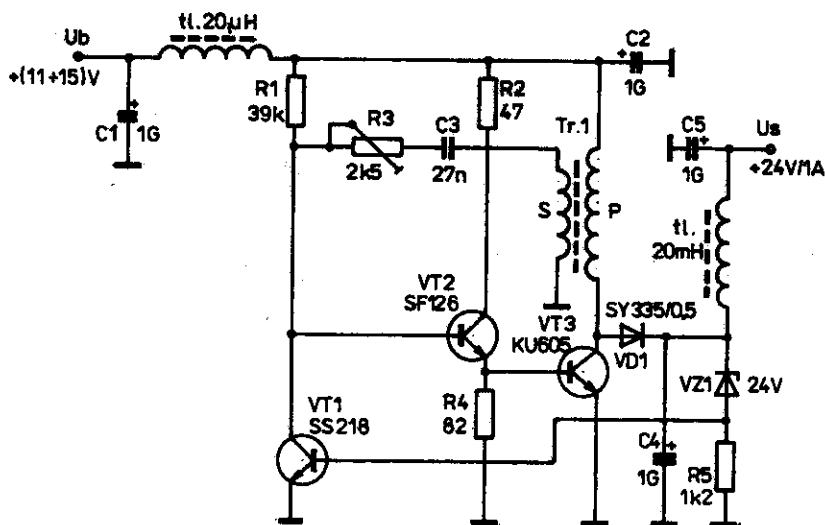
$$U_p = U_b - \Delta U_b \quad /1/$$

kde U_p je pracovní napětí na primáru transformátoru, U_b napětí baterie a ΔU_b součet úbytků napětí na přívodech a spínacím prvku.

$$p_2 = \frac{U_2}{U_2} \quad /2/$$

kde U_2 je požadované výstupní napětí, p_2 pak poměr doby rosepnutí t_2 k celkové periodě T , tedy

$$p_2 = \frac{t_2}{T} \quad \text{kde } T = \frac{1}{f} \quad /3/$$



Obr.20 Návrh 12/24 V dle Y220W

Impulsní transformátor Tr.: Hrnčové jádro H22 $\varnothing$ 26 mm, $A_e = 400$.

Primár: 27 záv. $\varnothing$ 1 mm Cu, sekundár 9 záv. $\varnothing$ 0,3 mm Cu

a doba sepnutí

$$t_1 = T - t_2 \quad /4/$$

Výstupní proud I_2 určíme z požadovaného výstupního výkonu P_2

$$I_2 = \frac{P_2}{U_2} \quad /5/$$

Proud indukčnosti /primárního vinutí/

$$I_L = \frac{1}{P_2} \cdot I_2 \quad /6/$$

Maximální proud primárního vinutí ovšem nesmí překročit

$I_{c \max}$ spínacího tranzistoru, tedy

$$I_{p \max} = \frac{2 P_2}{t_1 \cdot U_p \cdot f} < I_{c \max} \quad /7/$$

Proudovou změnu v primárního vinutí volíme

$$I_L \pm \frac{I_{p \max}}{4} \quad /8/$$

Napětí $U_{CE \max}$ spínacího tranzistoru volíme jako

$$U_{CE \max} \approx 2 U_2 \quad /9/$$

Indukčnost primárního vinutí

$$L_p = \frac{(U_2 - U_p) \cdot U_p}{I_L \cdot f \cdot U_2} \cdot \eta \quad /10/$$

kde η je předpokládaná účinnost /0,8 až 0,9/.

Počet závitů primárního vinutí je

$$n_p = \sqrt{\frac{L_p}{A_L}} \quad , \text{ udáno v nanoHenry} \quad /11/$$

jádro včetně vzduchové mezery dimenzujeme podle dříve uvedených vztahů v závislosti na přenášeném výkonu.

Počet závitů sekundárního /řídícího/ vinutí

$$n_s = \frac{n_p \cdot U_R \cdot R_p}{U_b - I_{p \max}} \quad /12/$$

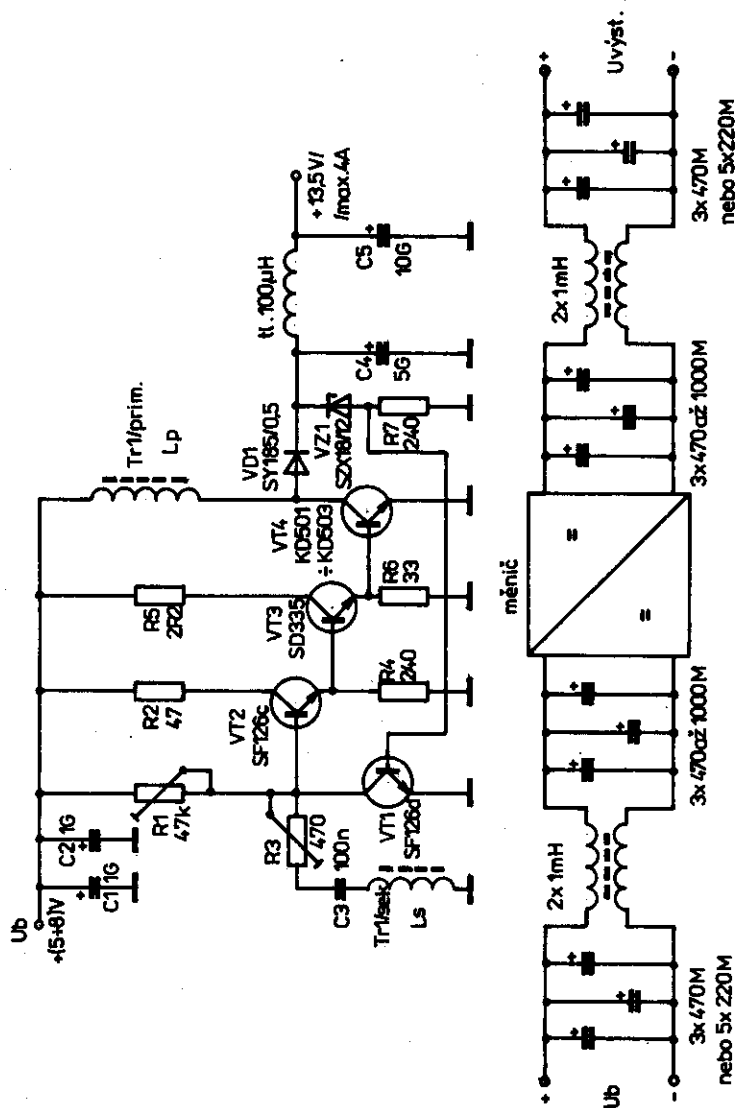
kde U_R je spínací napětí na bázi VT2, potřebné k úplné saturaci VT3 plus úbytek napětí na rezistoru R_3 /4 až 6 V/, R_p je strátový odpor primárního vinutí s případným započítáním vlivu skin-efektu při vyšších kmitočtech.

2.2.8 Měníč 6 V/12 V dle návrhu Y22QN

Zapojení tohoto měniče je na obr.21. I když palubní vozidlová síť s napětím 6 V je stále méně používána, můžeme si na tomto možno říci extrémním řešením měniče názorně vysvětlit některé problémy a konstrukční zásady, nastíněné v předešlých odstavcích.

Funkce měniče je v principu shodná se zapojením na obr.20. Požadujeme výstupní výkon 50 W. Při poměrně nízkém vstupním napětí 6 V bude i účinnost nízká a nepřevyšší 60%, protože již úbytek napětí na hlavním spínacím prvku VT4 /saturační napětí asi 0,75 V/ představuje 15% vstupního napětí. Po přepočtu podle dříve uvedených vzorců zjistíme, že výstupnímu proudu měniče 3 A odpovídá při vstupním napětí 5 V /částečně vybitá baterie/ kolektorový proud spínače VT4 asi 22 A, což je v podstatě mezní proud použitého typu KD 501 - 503.

Aby bylo možno dosáhnout co nejnižšího saturačního napětí na VT4, je použito dokonce "trojitého" Darlingtonova zapojení /SF 126, SD 335 a KD 501/, ovšem toto tzv. výkonové buzení jde také na účet ztrát. Vzhledem ke značnému kolektorovému proudu a pracovnímu kmitočtu asi 15 kHz je nutné primární vinutí impulsního transformátoru dimenzovat nejen proudově, ale i s ohledem



Obz. 21 Měnič 6/12 V dle Y220M

Impulsní transformátor Tr₁: Jádře EE55 MiniFer 183, A_L = 2000. Primár 4 záv. 1anbo 12 x 0,8 mm CuU, sekundár 4 záv. 0,6 mm CuU

na skinefekt. Vinutí je proto provedeno rukodělně zhotoveným lankem, a to 12 vzájemně stočených vodičů o průměru 0,8 mm CuU. Toto dimenzování samo o sobě již nepovídá mnohé.

V původní konstrukci je použito jádro EE 55 z hmoty Manifer 183, podle autora Y22QN vhodné až do 180 W výstupního výkonu. Menší typ EE42/15 je použitelný do 60 W výstupního výkonu. Těmto jádrům nejbližší odpovídají čs. feritová jádra E55 a E42 z hmoty H22 se vzduchovou mezerou 0,1 mm. Vhodnější by ovšem byla modernější jádra EC z materiálu H21, určená pro měniče.

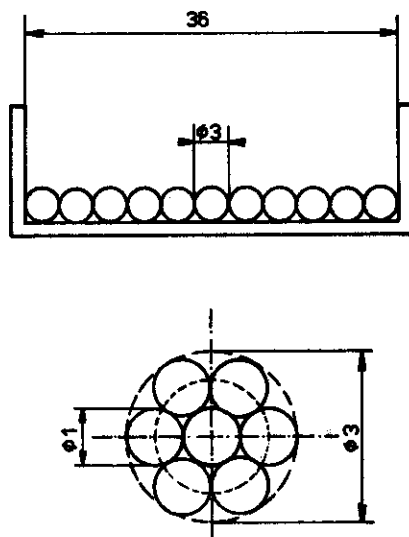
Zvláštní zmínku si vyžadují odrušovací členy na vstupu a výstupu měniče. Základní význam zde má paralelní spojení kondenzátorů menších kapacit, čímž se snižuje vliv parazitní indukčnosti jejich přívodů. Zařazení tlumivek 2 x 1 mH je též vhodné, má však vliv na celkovou účinnost měniče. To se týká především vstupní tlumivky. Realizace předepsané indukčnosti při požadavku co nejmenšího úbytku napětí na ní /při kolektorovém proudu až 22 A/ není jednoduchou ani miniaturní záležitostí. V původním pramenu [5] autor konkrétní provedení tlumivky bohužel neuvádí. Je proto na místě alespoň zde uvést praktickou úvahu s názorným příkladem.

Příklad:

Požadujeme tlumivku 2 x 1 mH s minimálním úbytkem napětí při protékajícím stejnosměrném proudu 25 A. Z jader čs. výroby zvolíme jádro E55 z hmoty H22, bez vzduchové mezery, s konstantou $A_L = 6500 \text{ nH} \cdot \text{cm}^{-2}$. Na tomto jádře lze požadovanou indukčnost realizovat podle dříve uvedených vzorců vinutím 2 x 12 závitů vodiče příslušně dimenzovaného pro požadovaný proud. Toto dimenzování je právě kamenem úrazu při praktické realizaci.

Dané jádro má využitelný prostor pro vinutí, tzv. okénko, o rozměru 38 x 10 mm. Po odečtení tloušťky materiálu pro cívkovou kostřičku můžeme počítat s prakticky využitelným prostorem 36 mm x 8 mm. Z geometrických rozměrů jádra lze určit délku středního závitu na 100 mm, pro 24 závitů bude tedy délka vodiče, na kterém vzniká celkový úbytek napětí, rovna 2,4 m.

1. Řešení: Do okénka uspořádáme vinutí ve dvou vrstvách po 12 závitěch, více vrstev s ohledem na přehyb vodičů na okraji kostry nelze realizovat. Do délky okénka 36 mm umístíme tedy



Obr.22 Uspořádání vinutí vstupní tlumivky měniče

12 vodičů kruhového průřezu o průměru 3 mm /obr.22/. Tvarování souběžného vinutí dvou vodičů s průměrem 3 mm je ovšem obtížné, použijeme proto opět rukodělně vyrobeného lanka. Do kružnice o

průměru 3 mm lze vepsat 7 malých kružnic s průměrem 1 mm, přesto, s ohledem na prostorovou rezervu, musíme zvolit vodiče $\varnothing$ 0,8 mm. Vyrobené lanko bude tedy zhotoveno ze 7 vodičů o průměru 0,8 mm, z toho vyplývá celkový průřez $3,5 \text{ mm}^2$. Měděný vodič s tímto průřezem bude mít při celkové délce 2,4 m odpor 12,25 m Ω , tomu při předpokládaném maximálním proudu 25 A odpovídá úbytek napětí 0,3 V. Tento úbytek při nízkém vstupním napětí kolem 5 V již znamená znatelnou újmu pro účinnost měniče. Krom toho, vzhledem ke značné proudové hustotě, lze předpokládat zvýšený ohřev vinutí.

2. řešení: Pro vinutí použijeme měděný pás tloušťky 0,3 mm, široký 35 mm. Do využitelné výšky okénka jej lze umístit pohodlně včetně nezbytného prokladu z teflonové nebo jiné fólie, odolávající vyšším teplotám. Vývody pásu lze provést jako stranové, protože není nutno použít cívkovou kostru s čely. Průřez pásu je $10,5 \text{ mm}^2$, tomu při délce vinutí 2,4 m odpovídá celkový odpor 4 m Ω . Úbytek napětí na vinutí při proudu 25 A bude tedy 0,1 V, což je již pro výslednou účinnost měniče přijatelná hodnota.

Toto praktické řešení lze samozřejmě využít i při realizaci akumulární tlumivky nebo impulsního transformátoru. Předpokladem je ovšem použití E nebo EC jader. U hrncových jader je problémem vyvedení pásového vinutí.

Tolik tedy ke konstrukčnímu provedení nezbytných indukčností výkonového měniče s nízkým vstupním napětím. Nutnost umístění měniče spolu s odrušovacími členy do uzavřeného stínicího krytu není jistě nutno zdůrazňovat.

3. ODRUŠOVÁNÍ RADIOSTANIC V MOTOROVÉM VOZIDLE

Radiostanice a motorové vozidlo tvoří uzavřený, vzájemně vázaný systém, pro který platí zásady elektromagnetické slučitelnosti. Předpokládáme samozřejmě, že vlastní radiostanice včetně antény je pevně zabudována ve vozidle, napájena z palubní sítě a je schopna plného provozu za pohybu vozidla. V takovém případě hovoříme o mobilní radiostanici.

Vzájemné působení radiostanice a vozidla se projevuje především rušením, které může mít různou intenzitu a charakter. Toto působení můžeme zhruba rozdělit podle zdroje rušení takto:

- a/ zdroj rušení je vnější /neodrušené cizí vozidlo atd./
- b/ zdrojem rušení je vlastní radiostanice nebo její část /měnič napětí/
- c/ zdrojem rušení je elektrický okruh vozidla nebo jeho podstatné části.

Z časového hlediska můžeme rozdělit rušení na krátkodobé či nahodilé a rušení trvalé.

Krátkodobé rušení je prakticky neodstranitelné, jde zejména o případy uvedené pod a/. Je zřejmé, že jen těžko můžeme přimět řidiče předjížděného motocyklu, aby kvůli nám vyměnil kabel k zapalovací svíčce, stejně tak je nepravděpodobné, že někdy požádáme příslušníka dopravní služby VB, aby přerušil provoz služební radiostanice, protože nám působí intermodulační rušení.

V takových případech nahodilého rušení platí jediná zásada, a to co nejdříve se od zdroje rušení vzdálit.

Do této kategorie patří i případ náležející pod b/, kdy vř energie produkovaná naší radiostanicí ovlivní krátkodobě /opět intermodulací/ funkci rozhlasového autopřijímače v blízkém cí-
sím vozidle. Ani zde není nutno provádět zvláštní zásahy.

Pod b/ však patří i vlivy, se kterými je nutno stále více v nejbližší budoucnosti počítat. V moderních automobilech se ve značné míře se silně vzestupným trendem uplatňují elektronické prvky a systémy, které mohou být vř energií, vysařovanou vlast-
ní radiostanicí, ovlivněny natolik, že dojde k poruše či bloká-
dě jejich funkce. I když je tato možnost v našich podmínkách zatím spíše hypotetická, je nutno se o ní zmínit. Je však prav-
děpodobné, že nejlepší zárukou ochrany automobilové elektroniky před rušením bude sama existence zapalovací soustavy benzínové-
ho motoru, která ve své podstatě zřejmě přetrvá a jejímuž půso-
bení budou muset být podřízeny i složitější elektronické sys-
témy.

Mezi zdroje rušení s krátkodobým charakterem, které nevyža-
dují zvláštní opatření, zahrnujeme i některé části elektrické
palubní sítě vozidla. Jde především o všechny světelné okruhy
a tepelné spotřebiče, u nichž rušivý impuls může vzniknout pou-
ze při jejich zapnutí či vypnutí. Předmětem diskuse zde může být
přerušovač směrových světel, ale ani ten obyčejně neodrušujeme.
Pokud je vliv znatelný, je odrušení kontaktu přerušovače velmi
jednoduché /blokovací kondenzátor/. Ke zdrojům rušení s krátko-
dobým projevem patří i některé rotační spotřebiče /elektromotor-

ky/ navíc, se kterými u běžného automobilu nepočítáme, např. elektrické vysouvání oken, autoantény.

Rotačním spotřebičem s velmi vysokou amplitudou rušivých impulsů je elektrický spouštěč motoru /startér/. Jeho činnost z hlediska rušení je sice krátkodobá, nelze však pominout působení rušivých impulsů na palubní síť vozidla, tedy i vestavěnou radiostanici a její citlivější části. Protože spouštěč sám z důvodů energetických ztrát nelze oddělit od vozidlového akumulátoru a palubní síť žádným přiměřeným odrušovacím členem, je nutná ochrana vlastní radiostanice. Ochranný obvod pro přímé napájení z palubní sítě byl již popsán a znázorněn na obr.10. V případě nepřímého napájení z měniče napětí působí jako oddělovací prvek měnič, ten je však sám zdrojem trvalého rušení. Proto další popis zdrojů rušení a způsobů jeho odstranění začneme od této důležité části.

3.1 ODRUŠENÍ MĚNIČŮ NAPĚTÍ

V kapitole o měničích napětí bylo uvedeno, že zdrojem rušení je vždy výkonová část měniče, pracující ve spínacím režimu. Platí to jak pro starší typy měničů, tak i moderní konstrukce s impulsními regulátory. Spínací proudové impulsy /se strmostí řádově až tisíce A za sekundu/ se projeví intenzivním rušením, jehož spektrum začíná v oblasti akustických kmitočtů /zhruba 10 kHz/ a dosahuje až do oblasti VHF.

Rušení se šíří v zásadě dvěma cestami, a to vysokofrekvenčním vyzařováním v případě vyšších harmonických spektra, za druhé

pak palubní síti vozidla v případě akustických a částečně i ultrazvukových kmitočtů. Tyto dva hlavní způsoby si můžeme v souladu s osvědčenou radioamatérskou terminologií označit jako

BCI /z angl. broadcasting interferention/ čili vysokofrekvenční rušení rozhlasových kmitočtů až do pásma VHF a

AFI /z angl. audio frequency interferention/ - nízkofrekvenční rušení v oblasti akustických kmitočtů. Toto rozdělení budeme používat nejen v případě měničů, ale i v dalším textu.

V případě měničů pracujících v horní oblasti akustických kmitočtů nebo v oblasti ultrazvukové /dnes nejčastější řešení/ jde o oba způsoby, tj. AFI i BCI, přičemž intenzita rušení při vyšších kmitočtech v oblasti VHF již klesá. Protože má rušení širokopásmový charakter, musí být i odrušovací členy širokopásmové. Do jisté míry rozdílně se projevuje primární část měniče připojená k palubní síti a část sekundární, napájející radio stanici.

3.1.1. Odrušení primární části měniče

V primární části vznikající rušení má spíše charakter AFI, vyšší kmitočky jsou tlumeny palubní sítí a připojeným akumulátorem. Platí zásada přímého a co nejkratšího připojení ke svorkám akumulátoru. V případě delších vodičů je třeba kompenzovat ztráty na nich vzniklé úměrným zvětšením jejich průřezu, to se pozitivně projeví i z hlediska rušení. Velmi důležité je provedení vstupních kapacit měniče /paralelní spojování kondenzátorů, širokopásmová blokovací kombinace/, jak bylo zdůrazněno v části 2.2.4, stejně tak i provedení vstupní tlumivky. V pří-

padě, kdy tato opatření nepostačí, lze při respektování primárního odběru zařadit před vstupní svorky měniče průchodkový odrušovací kondenzátor /např. WK 71342, uvedený v tab.8/.

Jako společný vodič se nedoporučuje použít kostru vozidla, protože nikdy nelze předem odhadnout, který spoj kostry bude dříve či později narušen korozí. Právě proto je nejlepší připojit měnič lanovými vodiči přímo na svorky akumulátoru, jak již bylo zdůrazněno. K rozlišení polarit se doporučuje použití červené /plus/ a modré /minus/ barvy izolačního pláště.

3.1.2 Odrušení sekundární části měniče

V sekundární části, napájející radiostanici, má rušení spíše charakter BCI. Princip odrušení je zhruba stejný jako pro primární část, protože však odrušovací členy obvykle není nutno natolik dimenzovat z hlediska proudového odběru, máme rezervu pro důslednější filtraci výstupního napětí.

Ovšem i zbytkové AFI v sekundární části dokáže způsobit v některých obvodech radiostanice řadu nežádoucích vlivů. Obvykle se neprojeví v režimu příjmu /zde působí spíše BCI/, ale při vysílání, kdy je odběr větší a měnič pracuje s plným výkonem. Postižen bývá moduleční zesilovač, někdy přímo varikap v případě přímé modulace FM, často i oscilátory. Velmi citlivý na AFI je fázový závěs, pokud je použit v kmitočtové ústředně. Na tyto vlivy je nutno pamatovat již při konstrukci radiostanice a chránit zmíněné obvody důslednou filtrací a separátními stabilizátory.

Pro potlačení BCI platí zásady společné pro všechny měniče. Za prvé použít na impulsní transformátor nebo akumulární tlu-

mívku jádro magneticky uzavřené, to znamená v pořadí kvality jádro toroidní, hrncové, křížové a posléze typy EE. Protože použití typů EE nebo EC se v případě vyšších výkonů nevyhneme, je vhodné jejich samostatné magnetické stínění. Za druhé je třeba potlačit vyzařování úplným uzavřením celého měniče do krytu z dobře vodivého materiálu, lépe silnějšího než slabšího. Vhodnější než kuprexit je hliníkový plech, který můžeme kombinovat s chladičem výkonové části. Dále použijeme pro vývod vstupního i výstupního napětí přiměřeně proudově dimenzované průchodkové kondenzátory.

Pokud se budeme řídit těmito zásadami, může být v řadě případů měnič vestavěn do vlastní radiostanice /zejména v případě FM/, aniž se to nepříznivě projeví na její funkci.

3.2 RUŠENÍ ZPŮSOBENÉ PALUBNÍ SÍTÍ VOZIDLA

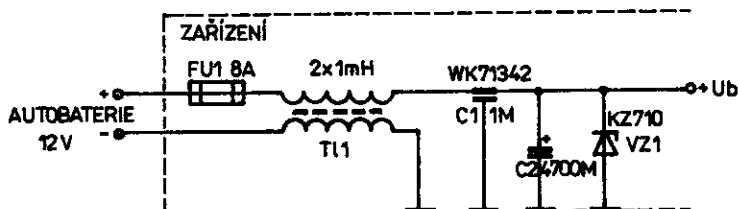
Některé elektrické obvody vozidla, především pak zapalovací soustava motoru, jsou zdrojem intenzivního rušení s dlouhodobým charakterem. Jde především o vf rušení BCI, rušení AFI je zastoupeno v daleko menší míře.

V první řadě je třeba uvážit možnost, jak lze rušení co nejvíce omezit na straně radiostanice. Do radiostanice může rušivý signál proniknout těmito cestami:

- a/ nedokonale stínící nebo vůbec nestínící skříňkou
- b/ po napájecích přívodech
- c/ po mikrofonním vstupu
- d/ po reproduktorovém výstupu
- e/ anténním přívodem

Případ uvedený pod a/ by se snad neměl vyskytovat nikdy. Vždyť i autopřijímače nejnižší jakostní třídy jsou umístěny do stínícího plechového krytu, tím spíše jej použije cti dbalý radioamatérský konstruktér.

Případ b/ byl již dostatečně probrán v kapitole 3.1. I v případě přímého napájení z palubní sítě je možné BCI zamezit ve-
stavěním vř odrušovacím členem podle obr.23, nebo použít hotový filtr WN 85201 /tab.8/.



Obr.23 Odrušovací a ochranný obvod do napájecího přívodu radiostanice
Pozn.: Tlumičky 1 mH vinout bifilárně, dimenzovat proudově,
viz odst. 2.2.8

Rušení indukované do mikrofonního přívodu uvedené pod c/ lze eliminovat zařazením vř filtračního členu bezprostředně za mikrofonní konektor. Toto opatření se nevyplatí podceňovat ani z hlediska obecného /stacionárního/ provozu; vř signál z vlastní antény, detekovaný v mikrofonním zesilovači, způsobí snadno úpornou akustickou zpětnou vazbu, která se snad hodí do luna-parku, ale již méně na amatérské pásmo.

Případ rušení, uvedený pod d/, může vzniknout tehdy, je-li reproduktor umístěn mimo radiostanici nebo použijeme-li přídatný reproduktor s delším přívodem. Nebývá častý a snadno ho odstra-

níme zablokováním reproduktorového výstupu přímo na konektoru /kondenzátor asi 10 nF/.

3.2.1 Rušení pronikající anténním přívodem

Úvahu o průniku rušení anténním přívodem úmyslně ponecháváme vzhledem k důležitosti na závěr výřtu. Vyjdeme z předpokladu, že posuzovaný automobil má celokovovou karosérii, jejíž všechny části jsou vodivě propojeny. Z hlediska šíření rádiového signálu a tedy i ECI je kovová kostra automobilu Faradayovou klecí, ve které jsou umístěny zdroje nejintenzivnějšího rušení, především celá zapalovací soustava benzínového motoru. Nad povrch karosérie pronikají vř složky rušení minimálně, takže rušivé vř proudy protékající po vnějším povrchu karosérie jsou též minimální.

V publikaci [6] byl proveden rozbor vlivu galvanického připojení stínicího pláště anténního kabelu na vyzařovací vlastnosti antény v režimu vysílání. Zde bylo zdůrazněno, že nedokonalé připojení stínicího pláště vede k narušení imedančních vlastností antény. Důsledkem je vždy vznik nežádoucích vř povrchových proudů, tekoucích po stínicím plášti kabelu. Z teoremu reciprocity, obecně platného pro jakýkoli anténní systém, skládající se z vlastního zářiče a napájecího vedení, tedy nutně vyplývá, že stínicí plášť napáječe nedokonale přizpůsobené antény absorbuje v režimu příjmu také vř energii a stává se větší či menší měrou aktivní částí antény. Protože je napáječ umístěn pod povrchem karosérie /uvnitř Faradayovy klece/, nepodílí se nijak na příjmu užitečného signálu a přijímá pouze ne-

žádoucí vř. složky rušení /BCI/, jinak ohraňčené prostorem karosérie.

Z uvedeného vyplývá, že nejdůčinnější prvotní ochranou proti rušení produkovanému vlastním vozidlem je dokonale galvanické připojení stínicího pláště kabelu ke karosérii v místě anténního držáku. Z hlediska skinefektu by mělo toto připojení mít co nejmenší vlastní indukčnost /což některé anténní držáky umožňují/, nebo je nutné připojení v několika bodech /držák RF 11/. Místo připojení je vždy nutno dokonale očistit od laku, případně pocínovat, dále použít ozubené podložky pod šroubové spoje a vše dlouhodobě chránit proti korozi Rezistinem nebo Konkorem 500. Pokud máme možnost použít napáječ s dvojitým stínicím pláštěm, je též na místě ji využít, není to však bezpodmínečně nutné, pokud je anténa bezchybně impedančně přizpůsobena.

Správnou instalací vozidlové antény a napáječe jsme tedy učinili první, základní krok pro snížení hladiny rušení produkovaného při provozu vlastního motorového vozidla. Zde je na místě připomenout, že v případě radiostanic FM /pro pásmo 145 MHz/ toto základní opatření ve většině případů zcela postačuje, podmínkou je ovšem dodržení předepsaného základního odrušení I. stupně pro zapalovací soustavu dle ČSN 34 2875.

3.2.2 Základní odrušení I. stupně

Požadavky na základní odrušení stanoví již zmíněná norma ČSN 34 2875 a její doporučení jsou povinná nejen pro tuzemské výrobce automobilů, ale i pro dovozce automobilů zahraniční výroby. Provozem vozidla však dochází k postupnému opotřebení a výměně i těch dílů, které ovlivňují rušivé vyzařování. Tak se

stane, že náhradní díl, který jinak funkčně vyhovuje, původní odrušení podstatně zhorší. Tento případ je aktuální zejména u vozidel zahraničních, jejichž originální náhradní díly jsou těžko dostupné. Někdy se též negativně projeví snaha majitele o různá zlepšení nebo i odborný zásah v servisu.

Doporučení ČSN pro základní odrušení I. stupně jsou poměrně snadno splnitelná a lze je shrnout do několika následujících zásad:

Zapalovací soustava: Účelem odrušení zapalovací soustavy I. stupně je zabránit vzniku intenzivního spektrálního rušení v kmitočtovém pásmu 30 až 1000 MHz.

V případě automobilů s kovovou karosérií se vřadí do přívodu vysokého napětí co nejblíže ke každé svíčce tlumicí rezistor s odporem 1 až 5 k Ω . Ve většině případů bývá tento rezistor součástí odrušovací kabelové koncovky. Stejně tak je nutný tlumicí rezistor 1 až 5 k Ω v přívodu vn od cívky k rozdělovači, a to co nejblíže k rozdělovači. I v tomto případě bývá součástí kabelové koncovky nebo spojky. Stejně odrušené koncovky mají být zařazeny do všech přívodů k rozdělovači. Kontakt přerušovače musí být vždy přemostěn předepsaným kondenzátorem s kapacitou obvykle 0,25 μ F.

U motocyklů všeho druhu a u automobilů s nekovovou karosérií, u nichž rušivé vyzařování není omezeno stíněním, se musí použít svíčky s vloženým odrušovacím rezistorem nebo stíněné odrušovací kabelové koncovky.

Pro provozovatele motorového vozidla je důležité, že prakticky všechny odrušovací prvky starších i zahraničních vozů lze nahradit tuzemskými výrobky Tesla, z nichž jmenujme především

odrušovací soupravu OS 1-1A a navazující typy. Důležitou součástí této soupravy kromě již zmíněných odrušených koncovek jsou kabely s odporovou duší, která účinně potlačuje BCI nejen v pásmu nad 30 MHz, ale i v pásmech KV, SV a částečně i DV.

Přehled odrušovacích prostředků Tesla spolu s doporučením pro některé typy vozů je uveden v tabulce 7. Z výše uvedeného vyplývá tedy jedna hlavní zásada:

Nikdy nevyměňovat kabely s odporovou duší /zelené nebo černé/ za kabely s měděným vodičem /červené/ v mylném domnění, že nám to pak bude lépe "pálit". To jsou právě nejčastější "odborné" zásahy. Daleko účinnější v případě, když zapalování zlobí, je zkontrolovat kabely včetně koncovek ohmmetrem. Jako radioamatéři jsme znalci elektrotechnického minima a obvykle se na drobnou chybičku přijde již v této fázi opravy. Nesmíme též zapomenout na to, že rušení může ovlivnit i stav svíček a vzdálenosti elektrod.

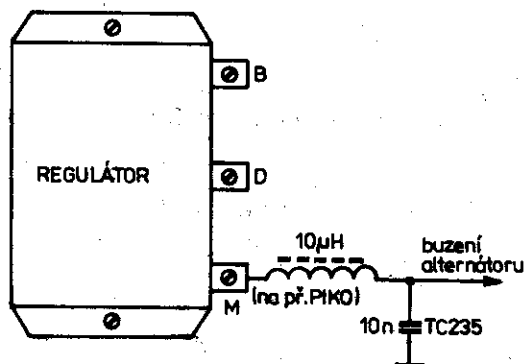
Nabíjecí souprava: Podstatnými částmi z hlediska rušení je regulační relé a alternátor /u starších vozů dynamo/. Regulační relé ruší málokdy. Pokud k rušení v oblasti VKV dojde, postačí ošetřit svorku M regulátoru /buzení alternátoru/ přidavným obvodem podle obr.24. Někdy též pomáhá uzemnit kryt regulačního relé co nejkratšími vodiči přímo na oba přípevňovací šroubky /Škoda 105 a 120/.

Alternátor produkuje rušení spíše s charakterem AFI. Zajímavá je skutečnost, že alternátory stejného typu někdy ruší, jindy ne a příčina je zřejmě v usměrňovacích diodách. V případech tvrdšího rušení se doporučuje připojit svorku D alternátoru

Tabulka 7. Přehled odrušovacích souprav a prostředků TESLA

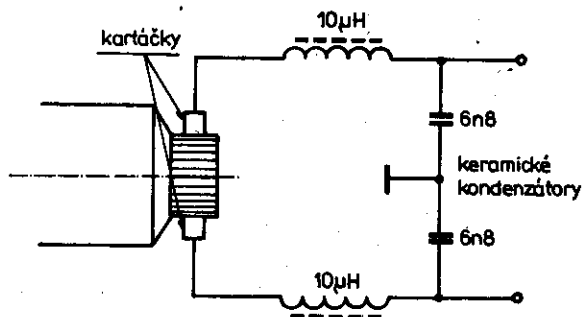
Druh	Typové označení	Obsahuje:	Vhodné pro:
Odrušovací souprava	OS 1 - 1A	4x odruš.koncovka OK 32-1 5x odruš.vložka OK 82-1 5x kabel s odpor. duší 1x konektor pro zapal.cívkou	Škoda od typu 1000MB po Š120, ale i starší Spartak Š440, Felicia a Octavia
Odrušovací souprava	OS 5 - 5CH	4x odruš.koncovka OK 32-5 5x odruš.pravouhlá vložka 92-5 5x kabel s odpor.duší 1x konektor pro zapal.cívkou	Žiguli VAZ 2101 a všechny typy Lada
Odrušovací souprava	OS 1 - OB	4x odruš.koncovka OK 32-1 1x odruš.oravouhlá vložka 92-5 4x kabel s odporovou duší 1x kabel Cu	Moskvič 408
Odrušovací souprava	OS 1 - OB/1	Stejně jako předchozí typ, pouze jiná délka kabelů a místo OK 92-5 vložka OK 82-5	Moskvič 412
Odrušovací souprava	OS 5 - 5H	Stejně jako OS 5 - 5CH, jiná délka kabelů	Fiat 125 P
Odrušovací koncovka	OK 32-1, OK 32-5	Koncovka s vestavěným odporem 1 nebo 5 kΩ	
Odrušovací vložka	OK 82-1, OK 82-5	Vložka s vestav. odporem 1 nebo 5 kΩ	
Odrušovací koncovka stíněná	OKS 14-3	Stíněná koncovka s vestav. odporem 3 kΩ	Jednostopá vozidla s neodrušenými svíčkami
Poznámka: Kabely s odporovou duší Kabel Vrchlabí typu ZRYA /černé/ mají odpor 19 kΩ.m ⁻¹ . Oproti starším kabelům Kabelo Kladno /zelené, také asi 20 kΩ.m ⁻¹ / jsou méně poruchové.			

přes průchodkový odrušovací kondenzátor typu WK 713 40 nebo WK 713 42.



Obr.24 Odrušení svorky M regulátoru

Motorek stěračů: Působí často rušení BCI v oblasti VKV, a to i v případě FM. Navíc jde o téměř typický jev u vozů Škoda. Nejúčinnější je provést odrušení přímo u pramene - to je u kartáčků



Obr.25 Odrušení motorku stěračů a komutátoru

komutátorového motorku podle obr.25. S výhodou použijeme ploché tlumivky výroby NDR /odrušení motorků Piko vláček/ nebo přede-

psané indukčnosti navineme na toroidy. Kryt motorku stěračů musí být dobře spojen s karosérií, nejlépe pleteným měděným páskem.

Ventilátor topení: Projevuje se stejně jako motorek stěračů, proto i způsob odrušení je stejný. Pokud komutátorové motorky kromě rušení typů BCI vnášejí do palubní sítě i rušení AFI, je nutné blokovat všechny přívody kondenzátoru s kapacitou 1 až 3 μF co nejblíže k motoru.

Přerušovač směrových světel: Rušení je vyvoláno jiskřením kontaktů a může být nepříjemné, protože přerušovač je často v činnosti. Naštěstí v případě VKV a zejména FM se rušení prakticky neprojeví. V případě AFI a pásma DV blokuje přerušovač elektrolitickým kondenzátorem o kapacitě až 200 μF .

Závěrem této části lze konstatovat, že základní odrušení I. stupně včetně navíc popsaných drobných odrušovacích zásahů dává předpoklad k uspokojivému provozu nejen radiostanic pro FM, ale i vozidlového radiopřijímače pro poslech FM rozhlasu v pásmech VKV. Stručně řečeno: v motorovém vozidle dáváme přednost kmitočtové modulaci, a to v jakékoli formě. Amplitudová modulace se do motorového vozidla vzhledem ke své větší citlivosti na impulsní rušení nehodí. V případě amatérských pásem /jak KV, tak i VKV/ je AM a tedy i SSB provoz praktikován obyčejně se stojícího mobilu, v tom případě je však zapalování vypnuté a odrušení není nutné.

Podobné je to i s provozem autopřijímačů, u nichž je preferováno pásmo VKV pro FM rozhlas a pásmo SV či DV považováno pouze za doplňkové, vhodné nanejvýš pro poslech místního vysílače. Amplitudová modulace si z hlediska odrušování všeobecně

vyžaduje řadu přídatných opatření, jejichž stručný výčet je popsán v následující části.

3.2.3 Zvláštní odrušení II. stupně

I když obsahové zaměření této publikace je dáno především požadavky provozu FM, je na místě se alespoň stručně zmínit o zvláštnostech odrušení pro amplitudovou modulaci v pásmech DV, SV a KV. Toto odrušení, ve smyslu normy ČSN označované jako zvláštní odrušení II. stupně, je pro výrobce vozidel nepovinné. Jeho účelem je omezit spektrální rušení produkované vozidlem i v pásmu 0,15 až 30 MHz.

Obecně lze říci, že postup při tomto stupni odrušení je rozdílný nejen pro vozidla různých výrobců, ale často i pro vozidla stejné značky. Zpravidla vždy se vyskytne nějaké specifikum, úporně vzdorující všem odrušovacíím zásahům. Tato problematika je velmi podrobně zpracována v literatuře [7]. Na tomto místě pro případné zájemce je možné uvést jen několik hlavních zásad:

1. Anténa musí být připojena stejně jako v odst. 3.2.1. Jakékoli náhražky, stejně tak používání kabelkového přijímače s feritovou anténou uvnitř vozu nemají naději na úspěch.

2. Základní odrušení I. stupně musí být bez záved. Kabely s odporovou duší jsou samozřejmostí.

3. Blok motoru musí být dokonale galvanicky spojen s karosérií pleteným měděným páskem, stejně tak musí být pospojovány pohyblivé části karosérie /kapoty, dveře/. Blok motoru se považuje za ideální zem.

4. Rušení se snažíme zachytit bezprostředně v místě jeho vzniku, eť už jde o alternátor, regulátor, zapalovací cívku

Tabulka 8. Přehled odrušovacích kondenzátorů a filtrů pro motorová vozidla

Výrobce	Druh	Typové označení	Parametry	Použití
TESLA	průchodkový odrušovací kondenzátor	WK 713 40	0,5 μ F/24 V/15 A	odrušení prvků palubní sítě vozidla pro KV a SV
		WK 713 41	0,5 μ F/24 V/100 A	
		WK 713 42	1 μ F/24 V/15 A	
		WK 713 43	1 μ F/24 V/100 A	
WEB Kondensatoren- werke Freiberg NDR	hermetický odrušovací filtr	WN 85 201	max. 100 V/6 A	odrušení pro nejnáročnější požadavky v rozsahu 0,15 až 300 MHz
		1,8/160 TGL 5187	1,8 μ F/160 V	odrušení pro pásma SV, DV
		2,5/160 TGL 5187	2,5 μ F/160 V	odrušení pro nejnáročnější požadavky v rozsahu 0,15 až 300 MHz
		0,4/125 KoBv 61428	0,4 μ F/125 V	odrušení regulátorů a dynam s max. povolenou kapacitou 0,5 F
WEB Kondensatoren- werke Gera NDR	průchodkový odrušovací kondenzátor	A 1/160 TGL 10 794	1 μ F/60 A	odrušení DV, SV, KV a VKV pro obtížné případy
		B 1/160 TGL 10 794	1 μ F/15 A	
		B 0,25/160 TGL 10 794	0,25 μ F/160 V	
		C 0,25/300 TGL 10 794	0,25 μ F/300 V/10 A	
BERU NSR	průchodkový odrušovací filtr LC	D 0,25/300 TGL 10 794	2x0,25 μ F/300 V/ 100 A	odrušení ve speciálních případech v pásmech KV a VKV
		SK 215/2	3 μ F	
BERU NSR	průchodkový odrušovací kondenzátor			univerzální kond. pro odru- šení zapal. cívky, regulá- toru, dynamy či elternátoru, motoru stěračů, větráku

atd. Vhodné jsou širokopásmové odrušovací kondenzátory, jejichž přehled je uveden v tab.8. Lze doporučit použití odrušovací soupravy Tesla OS-01 nebo OS-02, která obsahuje odrušovací kondenzátory a další potřebné prvky.

5. Stíněné kabely a koncovky v zapalovací soustavě použijeme teprve poté, když všechna ostatní opatření selhala. Naopak jejich použití u vozů s nekovovou karosérií je při odrušení II. stupně zpravidla nutností.

Tabulka 9. Přehled odrušovacích prostředků WBN Teltow, NDR

Druh	Typové označení	Vložený odpor
stíněná konc.pravouh.	ZES A 14, ZES A 18	5 kΩ
stíněná konc.přímá	ZES B 14, ZES B 18	5 kΩ
stíněná konc.pravouh.	ZES C 14, ZES C 18	5 kΩ
stíněná konc.přímá	ZES D 14, ZES D 18	5 kΩ
odrušovací spojka	ZEM	asi 9 kΩ

Tyto prostředky jsou určeny především pro odrušení dvoutakt-
ních motorů, lze je však použít v obtížných případech i u
čtyřtaktů. Pozor! Je nutno rozlišovat u svíček tzv. malý
šestihran /závit M 14/ a velký šestihran /závit M 18/, běž-
ný u vozů Škoda. Pro vozy Trabant je určena speciální odru-
šovací souprava Trabant 8319.6 se stíněnými kabely a kon-
covkami, vyráběná VEB Fahrzeugelektronik Karl Marx Stadt.

6. Při zvláštním odrušení II. stupně se nesmí zhoršit základ-
ní odrušení I. stupně, ani negativně ovlivnit funkce elektric-
kých obvodů vozidla.

Závěrem k této části, zabývající se odrušováním rádiových
prostředků v motorovém vozidle, lze dodat, že jde o problema-
tiku ryze radiosmatérského, čili do značné míry experimentál-

ního charakteru. Problémy, vyskytující se při jejím řešení, nutí k logické úvaze a vyžadují uplatnit technický um a důvtip, který je radioamatérské povaze vlastní. Zdánlivě nepatrné důsledky nás nutí uvažovat o hlubších příčinách i souvislostech a rozšiřují tak praktickou formou naše znalosti ve stále důležitějším oboru elektroniky, kterým je bezpochyby elektromagnetická slučitelnost.

Čtvrtá část souboru Obvodová technika kmitočtové modulace, zaměřená na napájení a odrušování mobilních radiostanic, je částí závěrečnou.

Nebylo záměrem a ani v možnostech autora postihnout danou problematiku v celém rozsahu, ale zachytit současný stav rozvoje oboru a nastínit další perspektivy. Autor byl veden především snahou o předání praktických poznatků všem svazarmovským technikům a konstruktérům, kteří se tematice věnují, a to přístupnou a srozumitelnou formou.

Shrnutí a utřídění všech poznatků by nebylo možné bez účinné spolupráce přátel - radiosmatérů. Z nich patří poděkování zejména:

ing. Vladimíru Gerykovi, OK1BEG, za náročnou a důslednou lektoraci,

ing. Jiřímu Štěpánovi, OK1ACO, za pečlivé provedení obrazové části,

příteli Sietmaru Henschelovi, Y22QN, za konzultace a nezištnou mezinárodní spolupráci,

všem spolupracovníkům z Technické komise radioklubu ČSR a členům radioklubu Karlovy Vary za podnětné a kritické připomínky. Dík patří též pracovníkům edičního odboru PVO ÚV Svazarmu za technické zpracování publikace.

Karlovy Vary, prosinec 1987
Petr Novák, OK1WPN

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Kozumplík, J.: Chemické zdroje proudu ve sdělovací technice, NADAS 1981
- [2] Kyrš, Fr.: Měníče a stabilizátory napětí, Amatérské rádio B 4/1982
- [3] Schröder, R.: Moderne Schaltregler für den Funkamateurl, Funkamateurl 6/1981
- [4] Henschel, S.: Sperrwandler 12 V/24 V mit geregelter Ausgangsspannung, Funkamateurl 9/1981
- [5] Henschel, S.: Transistor - Leistungsverstärkerstufen für das 144 MHz - Amateurlband, Funkamateurl 4/1985
- [6] Novák, P.: Obvodová technika kmitočtové modulace III, účelová edice ÚV Svazarmu, 1988
- [7] Skála, J.: Rušení a odrušování, Amatérské rádio B 2/1980

ÚČELOVÁ EDICE ÚV SVAZARMU

Knižnice zájmové, branně technické a sportovní činnosti

Rídí Nina Erbenová

PŘEDNÁŠKY Z AMATÉRSKÉ RADIOTECHNIKY

OBVODOVÁ TECHNIKA KMITOČTOVÉ MODULACE IV.

Vydal ústřední výbor Svazu pro spolupráci s armádou v Praze
roku 1988 jako svoji 2992. publikaci, 112 stran, 25 obrázků,
prostřednictvím podniku ČO ČSTV Sportpropag

Zpracoval Petr Novák OK1WPN

Obálku navrhl František Prouza

Grafická úprava Miloslav Torn

Odpovědná redaktorka PhDr. Lenka Lukavská

Technický redaktor Jindřich Běhal

Náklad 5 000 výtisků. Publikace je určena pro vnitřní potřebu
Svazarmu a rozšiřuje se bezplatně.

Vytiskl: Metasport Ostrava 1183/88