

Napájecí zdroje koncových zesilovačů

Následující článek má sloužit jako sbírka konstrukčních poznámek při individuální stavbě lineárních napájecích zdrojů pro napájení koncových zesilovačů výkonu běžné, tedy "analogové" konstrukce. Mnozí možná namítnou, že na stavbě běžného nestabilizovaného síťového napájecího zdroje pro koncový zesilovač není moc co zkazit. Do jisté míry je to i pravda - pravdou je ovšem také to, že poněkud jiným přístupem lze na konstrukci takového zdroje leccos vylepšit. Pokud stavíte zesilovač v jednom exempláři, pro vlastní, domácí použití, nejste příliš omezeni časem, částečně i financemi a máte k dispozici alespoň základní dílenskou výbavu /mechanického charakteru/, máte možnost takový zdroj k zesilovači zkonstruovat bez větších kompromisů. Článek vznikl jako volné pokračování článku o zesilovačích aktivních subwooferů, kde napájecím zdrojům nebylo věnováno příliš mnoho místa a pozornosti. Konkrétně v této aplikaci /aktivní subwoofer/ je totiž možnost /a vlastně i nutnost/ zkonstruovat napájecí zdroj skutečně robustní a kvalitní. Ve většině aktivních subwooferů je totiž poměrně dost místa a tak lze přistupovat ke konstrukci zdroje poněkud svobodněji, než v případě stěsnané konstrukce výkonného dvoukanálového PA zesilovače ve skříni 19"x2U.

Předpokládám, že případný "stavitel" je obeznán s principy funkce jednotlivých součástek. Laici nebo začínající amatéři by měli ve vlastním zájmu nejprve vyhledat literaturu, která je více zaměřena na obecný popis principů a funkce jednotlivých aktivních a pasivních prvků. Mnoho starší, ale dosud aktuální odborné literatury lze najít v technických, někdy i normálních antikvariátech za babku /je-li antikvář psychicky zdravý/, teorie a vědomosti od firmy BEN už jsou poněkud finančně náročnější. Poznamenám jen, že ani toto, jinak poměrně seriózní nakladatelství se nevyhnulo šíření doslova brakové technické literatury, která obsahuje spoustu pověr a technických nesmyslů. Bohužel. Velký pozor je třeba dávat i při pročítání webových stránek různých bastlířů, kde bývají občas publikovány "zajímavé" konstrukce. Bohužel někdy /a většinou/ z mimotolerantních nebo výprodejních součástek, fungující autorovi, které Vy ale se standardním sortimentem "nerozchodíte".

Začneme tedy síťovým transformátorem. Účinnost běžných koncových zesilovačů, nastavených do více či méně pootvřené pracovní třídy AB nepřesahuje 60%, účinnost zesilovačů se silnými zápornými zpětnými vazbami, dvojitým budičem pracujícím ve třídě A a koncovým stupněm v "čisté" třídě B /tedy bez klidového proudu/ dosahuje až 70%. Vezmeme-li v úvahu účinnost síťového transformátoru s dvoucestným usměrňovačem a filtrační nárazovým kondenzátorem, vychází průměrná účinnost celku zdroj-zesilovač asi 50%. Znamená to tedy, že u správně dimenzovaného zdroje pro koncový zesilovač by měl mít transformátor primární příkon, rovnající se dvojnásobku jmenovitého sinusového výkonu zesilovače. Vzhledem k předpokládanému použití /koncový zesilovač subwooferu/ se toto dimenzování jeví jako nezbytné pro zachování plného výkonu zesilovače i na nejnižších zpracovávaných kmitočtech. Na těchto kmitočtech /okolo 30-40Hz/ je totiž odběr proudu koncovým zesilovačem nejvyšší a při nejnižších kmitočtech dokonce nabývá téměř pulsního charakteru. Pokud tyto špičkové odběry nestačí krýt zásoba energie ve filtračních kondenzátorech, pak už záleží jen na napěťové "tvrdosti" /poklesu napětí při zatížení/ síťového transformátoru, zda zesilovač udrží plný výkon např. i na kmitočtu 30Hz. Odchyly cca 15% směrem dolů v dimenzování transformátoru nejsou kritické - pro zesilovač se jmenovitým sinusovým výkonem 200W potřebujeme tedy síťový transformátor s primárním příkonem asi 350-400VA. Nejběžnější jsou v současné době transformátory "klasičké" na jádrech EI a transformátory toroidní. Nebudeme se zde zabývat různými, vesměs výprodejními exoty na jádrech C, EE, M, R a podobnými, i když ani jejich použití /po vhodné úpravě/ není vyloučeno. Transformátory na jádrech EI jsou oproti toroidním charakterizovány větší vahou, rozměry, větším rozptylovým polem a "měkčím" napětím, ovšem také poněkud nižší cenou. U větších příkonů /nad 400VA/ se už ovšem rozdíly v ceně obou typů stírají, kolem příkonu 1000VA jsou už toroidní transformátory levnější a naopak EI transformátory pro své rozměry a váhu nepoužitelné. Toroidní transformátor je proti typu EI podstatně lehčí, menší, je-li správně navržen a vyroben, má minimální rozptylové pole a protože celková délka drátu vinutí je u tohoto druhu podstatně kratší, dávají poměrně "tvrdé" napětí i při mírném krátkodobém přetížení, které tento typ transformátoru /vinutí je krátké a dobře chlazené/ beze škod snáší.

Na tuto skutečnost pravidelně hřeší výrobci podřadného asijského zboží, podezřele levných neznámkových zesilovačů a i ostatní elektroniky. Společně se na to, že zesilovač bude buzen jen přirozeným hudebním signálem, v zesilovači je ventilátor a pokles výkonu na nejnižších kmitočtech ti hloupí Evropani, pro které je hlavním kritériem cena, stejně nepoznají. Pak se klidně může stát, že po otevření takového přístroje najdete uvnitř směšně malý, přesycený toroidní transformátor, který má primární příkon stěžej se rovnající součtu jmenovitých deklarovaných sinusových výkonů - pokud ovšem zesilovač těchto výkonů vůbec dosahuje. Pokud ano, pak právě za cenu trvalého přetížení síťového toroidního transformátoru, který to ovšem dokáže snášet jen omezenou dobu - dokud to tepelně bude snášet izolace vinutí a dokud nedejde k degradaci magnetických vlastností jádra. Celá konstrukce takovýchto "přístrojů" bývá velmi pečlivě spočítána po stránce životnosti dílů přibližně na zákonnou záruční lhůtu.

Při vyšších odběrech proudu, symetrickém sekundárním vinutí a navazujícím dvoucestným usměrňovači s filtračními kondenzátory je velmi důležitá právě symetrie sekundárního vinutí. Běžně se totiž transformátory vinou tak, že se navine /primár je vespod/ první polovina sekundáru, vyvede se odbočka a pak se vine druhá polovina sekundáru. Obě vinutí mají tudíž nestejnou délku drátu, nestejný vnitřní odpor a při zatížení vzniká na /delším/ vinutí s vyšším odporem vyšší úbytek napětí, který je při vyšších odebíraných proudech dosti citelný. Pak se samozřejmě liší i výsledné stejnosměrné napětí na výstupu zdroje a některé druhy koncových zesilovačů na tento fakt reagují různým způsobem. Některým /těm lepším a špičkovým/ to nevadí vůbec, některá standardní zapojení nebo integrované obvody zareagují ss složkou na výstupu, případně nesymetricky limitují. Všechny ale tento fakt připravuje o maximální dosažitelný sinusový výkon, proto při zadávání výroby transformátoru požadujte vinutí sekundáru dvěma vodiči současně /aby měly obě vinutí stejnou délku drátu/, zvláště vyvedenými. Střed symetrického vinutí pak vytvoříte spojením konce prvního vinutí se začátkem druhého. Pouze tímto způsobem je možno dosáhnout dobré symetrie vinutí a maximálního využití výkonu transformátoru. Lze i požádat /je-li na jádře dostatek místa/ o navinutí poněkud silnějšího drátu, než by odpovídalo standardnímu tabulkovému dimenzování podle výkonu a příkonu transformátoru. Klesne tím výhodně vnitřní odpor vinutí a krátkodobě-ve špičkách-lze odebírat vyšší výkon, což nás ovšem nesmí svádět k trvalému přetížení transformátoru. Takto konstruovaný transformátor totiž - díky nižšímu vnitřnímu odporu - při dlouhém přetížení či zkratu shoří dokonce rychleji, než transformátor vinutý standardně. Pokud to Vámi vybraná firma odmítne udělat, vyberte jinou, při navijení toroidních transformátorů není tento způsob vinutí technický problém a lze jej realizovat i u transformátorů s jádrem EI. Problém bývá pouze v lenosti personálu a nepružnosti firmy. Upozorňuji, že všechny nadstandardní úpravy a provedení bývají bez výjimky za příplatek.

Dalším důležitým prvkem zdroje je usměrňovač. Na trhu je nepřehledná spousta typů od jednoduchých můstkových "placek" pro proudy 4 - 10A, přes "kostky" 25 - 50A až po kompaktní můstkové usměrňovače pro frekvenční měniče či diody pro svařovací agregáty a elektrickou trakci. Opět doporučuji vyhýbat se podezřele levnému zboží a nakupovat tento typ součástek u seriózních a zavedených součástkových distributorů, jmenujme zde např. EZK Rožnov p. Radhoštěm nebo SEMIC Trade. Pokud se rozhodnete použít kompaktní můstkový usměrňovač "kostku", pak tedy minimálně pro proud 35, lépe 50A. Tyto usměrňovače jsou totiž konstruovány s filozofií "dostaneš, co si zaplatíš" a typy 15 - 25A nesnášejí příliš

velké nárazové proudy při nabíjení filtračních kondenzátorů. Kromě toho je na přechodech těchto kompaktních můstků podstatně vyšší úbytek napětí, než na diodách můstkového usměrňovače, sestaveného např. z "klasických" samostatných 20A diod. Vysvětlení viz článek "Zesilovače pro aktivní subwoofery". Pokud máte tedy chuť, čas a dostatek místa v přístroji, lze velmi dobrý usměrňovač sestavit z 20A diod Tesla KY717-719. Nevýhodou je složitější upevnění a potřeba tří nevelkých chladičů /KY717-719 mají anodu na šroubu, dvě mohou být tedy vodivě na jednom chladiči/. Absolutní špička je pak usměrňovač, složený z tzv. alternátorových diod Tesla řady KYZ / KYZ73-79/ a zvláště pak typů KYZ61H/V a KYZ66H/V. Rozebráním alternátorové diody KYZ61- 66 lze zjistit cca o polovinu větší čip, než u klasické 20A diody KY719, tlustý přívod k čipu a měřením pak nízký úbytek napětí i při značných proudcích a až neskutečná přetížitelnost. Tento fakt potvrzuje také použití paralelně řazených alternátorových diod KYZ ve svařovacích usměrňovačích firmy MEZ Brumov. Diody KYZ jsou konstruovány do velmi těžkých podmínek /teplota, vibrace, proudové nárazy/. Alternátorové diody se vyskytují ve dvou polaritách pouzdra, lze tedy použít pouze dva chladičí profily, do kterých je ovšem nutné diody přiměřeným, rovnoměrným tlakem zalisovat za pomoci trubky a podložky vhodného průměru. Základna profilu by měla odpovídat výšce vroubkované plochy na diodě, určené k zalisování, tj. minimálně 8 mm. Průměr potřebného otvoru je 12,2 - 12,5 mm, pozor na tzv. "rozhozování" vrtáku v měkkých hliníkových chladičích profilech. Na usměrňovač sestavený z těchto diod už po zamontování do přístroje můžete zapomenout. Tento typ diod se dá sehnat v různých doprodejích a bazarech za pár korun, v podstatě jedinou nevýhodou je poněkud obtížnější manipulace s nimi. Je samozřejmě možné dobře použít i rychlé diody řady KYW /KYW31-100-150, KYW77-150-200/, pokud jsou ještě někde k dostání za rozumné ceny. Výkonové diody typu Schottky se pro omezené závěrné napětí do zdrojů tohoto typu nehodí, s výjimkou typů se závěrným napětím kolem 100V, kterých je ovšem velmi málo a jsou ve větších proudových zatížitelnostech velmi drahé.

K jednotlivým diodám usměrňovače je vhodné paralelně připojit kondenzátory, jejichž velikost není možno jednoznačně určit - závisí totiž na vnitřním odporu sekundárního vinutí transformátoru, na typu usměrňovače či diod a také hlavně na odebíraném proudu. Kondenzátory omezují rušení, vznikající otíráním a zavíráním diod, jejich velikost se může pohybovat od 10 do 470n a ss provozní napětí těchto kondenzátorů by mělo být asi čtyřnásobkem sekundárního napětí transformátoru. Provedení těchto odrušovacích kondenzátorů by mělo být bezindukční, u menších kapacit tedy keramické na napětí 250-500V a u vyšších kapacit fóliové v bezindukčním provedení. Připojením běžných kondenzátorů, které nemají potlačenu vlastní indukčnost se totiž úroveň rušení z diod ještě zvýší. Naprosto nevhodné jsou fóliové kondenzátory, určené pro síťové napětí /CFAC/.

Pro informaci je zde přehled výkonových usměrňovacích diod, použitelných ve výkonných napájecích zdrojích koncových zesilovačů. Úbytek napětí v propustném směru byl u všech typů měřen při proudu 5A, výsledky jsou průměrem z naměřených hodnot 5 kusů od každého typu diody.

KY717 - 719	0,85V	KYW31-100	0,69V
KYZ74, KYZ79	0,80V	KYW77-200	0,66V
KYZ61V, KYZ66V	0,78V	1N5831 Schottky 60V Motorola	0,27V
BYW31-100 Philips	0,71V	SY171/1 Alternátor. dioda 20A RFT	0,81V
KYS30-40 Schottky 40V	0,31V	Můstek 3502 Diotec průměrně	0,88V
Můstek KBPC2506 noname průměrně	1,22V	Můstek 5002 diotec průměrně	0,85V

Poslední, neméně důležitou součástí napájecích zdrojů pro koncové zesilovače jsou filtrační kondenzátory. S dimenzováním síťového transformátoru a filtračních kondenzátorů úzce souvisí údaj "výkonová kmitočtová charakteristika zesilovače", který pokládám za nutné blíže objasnit. Prostý údaj "kmitočtová charakteristika zesilovače", je údaj, který by nás měl informovat o šíři frekvenčního pásma, které je dotyčný zesilovač schopen přenést v určitém, příslušnou normou a kvalitativní skupinou daném tolerančním pásmu a při určitém, opět normou daném výkonu zesilovače, nejčastěji 1W nebo 10W, při jmenovité zátěži a definovaných pracovních podmínkách. Tento údaj je sám o sobě víceméně bezcenný, nemáme-li k dispozici údaj další, nazývající se výkonová kmitočtová charakteristika. Ten nás má opět informovat o tom, jak široké pásmo a v jakém tolerančním poli leží jeho kmitočtová charakteristika, ovšem tentokrát při plném jmenovitém sinusovém výkonu a při definované hodnotě zkreslení. Jestliže tedy při měření zjistíme, že na kmitočtu 40Hz má výkonová kmitočtová charakteristika pokles 3dB, pak tedy zesilovač při tomto kmitočtu odevzdá pouze polovinu svého jmenovitého výkonu. Stejně je tomu i na horním konci frekvenčního pásma, nejčastěji 20kHz. Tento údaj je /kromě jiných/ velmi dobrým srovnávacím měřítkem pro posouzení vhodnosti toho kterého zesilovače pro konkrétní aplikaci. Např. pro buzení subbasových soustav v PA systému rozhodně nepoužijeme zesilovač, který sice na kmitočtu 1kHz /kde se běžně jmen. sin. výkon měří/ výkon například 1000W, ale na kmitočtu 40Hz má jeho změřená výkonová charakteristika pokles již zmíněné 3dB. Takový zesilovač potom bez nebezpečí limitace odevzdá na kmitočtu 40Hz jen polovinu svého výkonu proti výkonu na 1kHz, tedy pouhých 500W. Jestliže tedy měříme náš zesilovač na kmitočtu 1kHz s plným výkonem a do hodnoty jmen. zkreslení a pak přeladíme generátor na spodní konec využitelného pásma, např. 40Hz, okamžitě vidíme, jak pečlivě či ekonomicky výrobce přistupoval k dimenzování zdrojové části zesilovače. Připomínám jen, že některé typy výkonových zesilovačů mohou mít ve vstupní části trvale a neodpojitelně v činnosti subsonický filtr různých mezních kmitočtů a strmostí-opět podle pečlivosti návrhu a ekonomických zájmů výrobce. Takové filtry, nemají-li dostatečnou strmost a mají zvolen mezní kmitočet příliš vysoko /to abyste nepřišli na to, že má zesilovač levný a slabý zdroj/ mohou na kmitočtu 40Hz způsobit pokles i 4dB. Jak již bylo uvedeno, na nejnižších kmitočtech přenášeného pásma koncové zesilovače při plném výkonu odebírají největší proud a kolem kmitočtu 30Hz se vlastně jedná o rychlý sled proudových pulsů. Kondenzátory zdroje musí být kapacitně i proudově dimenzovány tak, aby měly i při tomto mezním stavu v zásobě dostatek energie a také musí být schopny tuto energii v případě potřeby koncovému zesilovači rychle a bez průtahů odevzdat, síťový transformátor a usměrňovač zase musí být schopny rychle kondenzátory dobít. O transformátorech už byla řeč, rychlost nabíjení a odevzdávání energie zase souvisí s konstrukcí kondenzátorů, jejich vnitřní impedancí, celkovou koncepcí zdroje a tím se dostáváme tedy zpět k filtračním kondenzátorům.

Každý elektrolytický kondenzátor /vlastně kondenzátor obecně/ je charakterizován souborem vlastností, které jej předurčují k určitému použití. U elektrolytických kondenzátorů v běžných, nestabilizovaných lineárních napájecích zdrojích pro koncové zesilovače nás kromě jmenovité kapacity, maximálního provozního napětí a dalších údajů musí zajímat také maximální nabíjecí a vybíjecí proud, který je v katalogových listech seriálních výrobců vždy uveden a je víceméně předem dán vlastní konstrukcí kondenzátoru. Z dalších důležitých údajů uvedme rozsah pracovních teplot kondenzátoru /pokud budou muset být kondenzátory umístěny blízko chladiče, je to údaj velmi důležitý/ a maximální zbytkový proud. Nezanedbatelný svodový proud teče každým elektrolytickým kondenzátorem s hliníkovými elektrodami a běžným dielektrikem /více či méně speciální papír, napuštěný elektrolytem/, jeho velikost je dána čistotou materiálů, použitých při výrobě, kvalitou elektrolytu, dielektrika a v neposlední řadě také tzv. formováním kondenzátoru. O tomto procesu se dočtete v samostatném článku, věnovaném měření a formování elektrolytických kondenzátorů, zvláště vyšších kapacit.

Ale zpět k základním údajům kondenzátoru, pro nás velmi důležitým a těmi jsou kapacita, provozní napětí a vnitřní impedance kondenzátoru, která je navenek charakterizována údajem o maximálním nabíjecím a vybíjecím proudu. V dalším textu budu předpokládat, že držíme v ruce značkový

kondenzátor renomované firmy, nikoli podezřele malý /vzhledem k udávané kapacitě/ a levný kondenzátor ještě podezřelejšího původu. Nákup takovýchto "kondenzátorů" s lehce rozmázlým sitotiskovým názvem firmy, vonícím dálkami a exotikou /je-li tam vůbec/ se prakticky rovná vložení stejné částky do nejbližší kanálové vpusti. Tomuto zboží doporučuji se zdaleka vyhýbat, i když cena těchto "výrobků" může být vzhledem k rozměrum, pracovnímu napětí a kapacitě velmi lákavá. Prodejci takového zboží se při dotazu na původ a nízkou cenu ve srovnání se značkovou konkurencí často ohánějí formulkou o "přímých dodávkách přímo od výrobce za velmi příznivé ceny", což koneckonců může být i pravda. Vy po roce provozu kondenzátoru zjistíte, že nemá ani polovinu své udávané kapacity, případně se kondenzátor vlivem chemických procesů v nečistých surovinách vlivem zvýšeného svodového proudu ohřívá, nezřídka i exploduje.

K jejich výrobě jsou používány materiály s nevyhovující čistotou, vnitřní přívody, dielektrikum i fólie elektrod jsou velmi tenké /proto ty malé rozměry/ a nekontrolovatelné chemické procesy po několika měsících provozu doslova vyžerou díry do elektrod. Kondenzátor tím velmi ztrácí kapacitu - ověřeno rozebráním několika vadných a podezřelých kondenzátorů N.A., SamXon, Hitano a několika zcela bezejmenných. Hodně napoví i fakt, že už při lehkém doformování jmenovitým napětím a následném měření kapacity nemají tyto výrobky ani udávanou kapacitu /vždy kolem -10 až -15%/ a při formování nás zarazí svodový proud, který i po několikahodinovém připojení na jmenovité napětí představuje ohřev kondenzátoru nezanedbatelným ztrátovým výkonem, zvláště u typů na vyšší napětí. Při výměně takového kondenzátoru, za který jste zaplatili nemalou částku, nedoporučuji vadný kondenzátor otvírat - připravili byste si skvělé podmínky pro vznik mozkové mrtvice nebo minimálně prudkého průjmu.

S výjimkou malých napájecích zdrojů pro integrované výkonové zesilovače do výkonu cca 20W jsou do výkonnějších zdrojů zcela nevhodné radiální i axiální kondenzátory s drátovými vývody, a to i značkové. Přestože mohou mít pro naše účely vhodnou kapacitu i provozní napětí, nejsou dimenzovány pro větší nabíjecí a vybíjecí proudy. Při jejich použití ve spojení s výkonným transformátorem a usměrňovačem dojde velmi brzy k poškození tenkých vnitřních přívodů ke svitku a úplné ztrátě kapacity. Vyhovující pro naše účely jsou radiální kondenzátory s vývody typu snap-in i některé starší typy s přívody na pájecí oka. Vhodné jsou i poslední modely /před ukončením výroby v ČR/ radiálních kondenzátorů Tesla řady TE924-TE927 s vývody ve tvaru pájecích ok, pokud nevadí jejich větší rozměry. V době tvorby tohoto článku se u některých doprodejců ve Zlínském kraji objevily velmi sympaticky malé, bleděmodré axiální kondenzátory Philips s kapacitou 2200uF a 3300uF na napětí 63V a axiálními drátovými vývody, za poměrně příznivou cenu. Tyto kondenzátory jsou vlivem dlouhého skladování buhvíkde zcela odformované a i po zdlouhavém formování mají pro naše účely zcela nevyhovující parametry, z nichž nejhorší je vysoká vnitřní impedance-patrně v důsledku nevratných chemických změn v elektrolytu, elektrodách i vnitřních přívodech ke svitku. Rovněž jsou velmi nevhodné kondenzátory starších řad Tesla, typů TC937a-TC939a /radiální s pájecími oky a texgumoidovým víčkem/, nepříliš vhodné jsou i TE677-TE679 /axiální s drát. vývody/ a ani novější TE024,050,051. S větším přimhouřením obou očí lze ještě použít kondenzátory Tesla WK 70443 8200uF/100V, je nutné je důkladně, opatrně a dlouho formovat a prověřit stav hliníkových nýtů na vývodech. Jsou-li volné, je lépe kondenzátor vyhodit, oprava důlčičkem nebo zaklepáním je k ničemu a vyhovovala maximálně tak u starších vysokonapěťových elektrolytů, kde netekly přes nýty velké proudy. Připomínám, že všechny dlouho skladované kondenzátory je nutné znovu zformovat předepsaným postupem na jejich jmenovité napětí. Připojení nezformovaného kondenzátoru "natvrdo" na plné napětí tvrdého zdroje většinou vyvolá v krátké době jeho explozi, případně únik přetlaku pojistným ventilem ve víčku kondenzátoru.

Pro stavbu kvalitního a výkonného zdroje pro koncový zesilovač jsou pak špičkou kondenzátory se šroubovými vývody /M5-M8/ určené přímo pro výkonné zdroje či zdroje spínané, frekvenční měniče a další průmyslová použití. Jsou konstruovány na obrovské nabíjecí i vybíjecí proudy, vnitřní přívody i celková konstrukce je daleko robustnější a kvalitnější, než u kondenzátorů pro spotřební elektroniku. K jejich výrobě jsou používány jen ty nejkvalitnější materiály a jejich životnost je při teplotách kolem 40°C několik desítek tisíc hodin, aniž by se projevoval nárůst svodového proudu, vnitřního odporu či pokles kapacity. Jistou nevýhodou, ovšem vyváženou vynikajícími vlastnostmi, mohou být nepoměrně větší rozměry těchto kondenzátorů oproti standardním - což je ovšem dáno jejich vnitřní konstrukcí. Vynikající vlastnosti tohoto druhu kondenzátorů jsou i příčinou faktu, že i starší kondenzátory se šroubovými vývody, získané z různých průmyslových zařízení na vrakovištech či pohřebištech elektroniky, jsou ve zcela vyhovujícím stavu a mohou případnému lovcovi sloužit ještě mnoho let. Přesto ale doporučuji po takovém "lovu" kondenzátory důkladně prověřit, změřit a případně doformovat při napětí, při kterém je budete používat Vy. V průmyslových zařízeních totiž tyto kondenzátory právě kvůli výdrži pracují s poměrně velkou napěťovou rezervou a tento stav si jakoby "pamatují". Takto se dají za poměrně směšné peníze /ne-li zdarma/ získat kvalitní kondenzátory s kapacitou několika desítek tisíc až set tisíc mikrofaradů na napětí až sta voltů i více. Po nových, moderních značkových kondenzátorech tohoto druhu /se šroub. vývody/ se nedoporučuji ani pít, jejich cena je v kusovém množství omračující - pokud Vám někdo dva či čtyři kusy bude vůbec ochoten prodat či dovézt. Výjimkou by snad mohla být již citovaná SEMIC Trade, ale pokud chcete mít v zesilovači zdroj s vlastnostmi obloukové svářečky, připravte si jen na kondenzátory pěkný balík.

Jak již bylo naznačeno, s plným výkonem napájeného koncového zesilovače i na nejnižších kmitočtech a zachování rezervy energie v kondenzátorech pro nezkraslený přenos signálových špiček úzce souvisí správná volba druhu a kapacity filtračních kondenzátorů a také jejich vlastnosti. Filtrační kondenzátory totiž zajišťují ve zdroji vlastně dvě funkce : slouží k vyhlazení tepavého stejnosměrného proudu z usměrňovače a zároveň slouží jako jakýsi "vodojem" energie pro pokrytí špičkových odběrů koncového zesilovače. Protože zvlnění po dvoucestném usměrnění mŕstkovým usměrňovačem má kmitočet 100Hz, jsou filtrační kondenzátory při zatížení zdroje vlastně za sekundu 50x nabíjeny a 50x vybíjeny. Aby toto nabíjení a vybíjení probíhalo při činnosti zdroje co nejrychleji a aby také byly kondenzátory schopny v případě signálové špičky nashromážděnou energii rychle odevzdat koncovému zesilovači, je nezbytné, aby jejich vnitřní impedance byla pokud možno co nejnižší. Ta je ovšem u každého jednotlivého typu a druhu kondenzátorů jiná, je víceméně dána jejich vnitřní konstrukcí a je jen málo a nepřímo závislá na jejich kapacitě. Zvnějšku ji nelze nijak ovlivnit. V katalogových listech kondenzátorů kromě hlavních údajů o kapacitě a provozním napětí najdeme u seriózních výrobků také údaj o maximálním nabíjecím a vybíjecím proudu, na který je kondenzátor konstruován a který při definované životnosti bez poškození snáší. Vnitřní impedance /správněji ekvivalentní sériový odpor - ESR/ kondenzátoru nezávisí ani tak na jeho velikosti či kapacitě, ale hlavně na jeho konstrukci. Vezměme např. modelový kondenzátor o kapacitě 6800uF/63V, který má podle katalogu maximální nabíjecí a vybíjecí proud např. 5.5A. Kondenzátor téhož provedení a ze stejné typové řady, ale s kapacitou 2200uF/63V má tento proud povolen cca 3.2A. Nabízí se tedy možnost rozdělit potřebnou kapacitu 6800uF přibližně do tří kondenzátorů 2200uF a získat tak téměř shodnou kapacitu, ale možnost odběru téměř dvojnásobného vybíjecího proudu. Paralelním spojováním kondenzátorů se totiž nejen sčítá kapacita, ale /velmi zjednodušeně řečeno/ snižuje se také jejich vnitřní impedance, stejně, jako bychom zapojovali obecné impedance. Ekonomicky to není příliš výhodné řešení, šest samostatných menších kondenzátorů vyjde vždy podstatně dražší, nežli dva větší. Tuto újmu na peněženice ovšem vyvažuje technická dokonalost tohoto řešení a kdo chce mít zdroj zesilovače skutečně "vyšperkovaný" nejen vizuálně, ale i technicky, zvolí toto řešení. Nezanedbatelnou výhodou je také podstatně vyšší provozní spolehlivost zdroje - při poruše jednoho velkého kondenzátoru se ocitá jedna napájecí větev zesilovače bez filtrace, zesilovač je v lepším případě kvůli neúnosnému brumu nepoužitelný, v horším případě může dojít i k poškození jak zesilovače, tak připojeného reproduktoru. Naopak při náhlé poruše jednoho či dvou menších kondenzátorů z celkového počtu např. pěti kusů je zesilovač i nadále schopen

provozu, nemůže dojít k žádným dalším škodám a jediným efektem této poruchy je mírná ztráta dynamiky a výkonu. Cvičené hifistovo či zvukařovo ucho ovšem tento stav jistě bezpečně zaznamená a při nejbližší možné příležitosti mohou být některé vadné kusy v klidu nahrazeny bezvadnými. Tato možnost a výhody paralelního spojování kondenzátorů menších kapacit je velmi dobře využitelná právě v případě kondenzátorů Tesla řady TE925-TE927 i jiných, které jsou v menších a "nezajímavých" kapacitách velmi levné. Nabízí se tak možnost získat poměrně levně "baterii" kondenzátorů nevidaných vlastností. Pokud navíc stavíme zesilovač do aktivního subwooferu, kde je zpravidla poměrně dosti místa, nemusí nás výsledné rozměry "baterie" kondenzátorů příliš trápit. Nezbytnou nutností je ovšem v tomto případě obvod síťového softstartu, který vřazením odporu několika desítek ohmů do primárního vinutí transformátoru velmi zmírní extrémně velké nabíjecí proudy vybitých kondenzátorů i zapínací náraz vlastního síťového transformátoru. Tento odpor /10-47R na 10-25W/ je po několika sekundách, kdy jsou už kondenzátory nabity na téměř plné napětí, zkratován kontaktem výkonového relé. Celý tento obvod je výhodné zakoupit hotový, protože je konstruován podle platných bezpečnostních norem a koneckonců je tak levný, že se individuální stavba snad ani nevyplatí. Maximálně lze hotový obvod opatrně modifikovat na pozdější sepnutí relé, zvláště při velkých "bateriích" kondenzátorů. V žádném případě se nepokoušejte takto sestavené zdroje připojovat na síť bez tohoto obvodu - zapínací náraz se velikostí rovná prakticky zkratování zásuvky a bezpečně shodí 16A jistič na zásuvkových okruzích, případně i v hlavním rozvaděči nebo pojistky "na sloupě", nehledě k možnému poškození usměrňovače a drastickému zkrácení životnosti kondenzátorů.

Několik konstrukčních poznámek na závěr. K propojování jednotlivých prvků zdroje je nutné bezpodmínečně použít vodiče co největšího průřezu, tedy min. 2,5mm², lépe 4-6 mm². Stejně dimenzovaný vodič je dobré použít i k propojení společných pólů filtračních kondenzátorů, zvláště těch, které jsou spojeny se střední odbočkou sekundáru síťového transformátoru. Pokud použijete k propojení prvků zdroje desku s plošnými spoji, pak použijte materiál s celkovou tloušťkou 2-2,5 mm a tloušťkou měděné fólie 70um, při větších vzdálenostech vývodů kondenzátorů je vhodné ještě spoje posílit připečením plného vodiče s průřezem 2,5-4 mm² /odizolovaný elektroinstalační vodič CY/. Před usměrňovač, nebo mezi usměrňovač a kondenzátory nevklaďte žádné pojistky - přechodové odpory pojistkových držáků a vlastní nezanedbatelný odpor pojistek zbytečně zvyšují vnitřní odpor zdroje, nehledě k faktu, že kvůli velkým nabíjecím proudům by tyto pojistky musely mít velmi vysokou hodnotu, speciální konstrukci a pojistkové držáky pro trubičkové pojistky 5x20 mm prakticky nelze koupit se zatížitelností nad 10A. Při eventuálním hladkém průstřelu některé z diod usměrňovače nebo filtračního kondenzátoru je dostatečnou ochranou transformátoru zpožděná /T/ pojistka v jeho primárním vinutí. Rovněž doporučuji zvážit použití pojistek v napájecích větvích koncových zesilovačů - tato myšlenka zní možná velmi kacířsky, ale zbytečně zvyšují impedanci napájecích větví, zvláště při použití standardních pojistek a pojistkových držáků. Při průrazu některého či několika výkonových tranzistorů už toho pojistky v napájení zesilovače stejně mnoho nezachrání, je-li správně dimenzována pojistka v primárním vinutí transformátoru, odpojí zdroj od sítě včas.

Rovněž doporučuji přehodnotit maximalistické úvahy některých stavitelů, které mohou skončit "bateriemi" kondenzátorů o celkové hodnotě několika stovek tisíc mikrofaradů, s vlastnostmi rovnajícími se téměř vlastnostem akumulátorů. Takováto monstra vyžadují pochopitelně i velmi výkonný síťový transformátor a usměrňovač, který je "stíhá" dobíjet - jinak instalace takovéto "baterie" postrádá smysl.

Při instalaci v aktivním subwooferu mějte na paměti, že instalujete zdroj do prostředí s velkými vibracemi, těžší součástky a tlustší vodiče je třeba velmi dobře upevnit, jinak se po čase z desky plošných spojů doslova "vymlátí". Také pod matice diod a upevňovacích šroubů je dobré vložit vějířové podložky, případně je ještě proti povolení zajistit kapkou hustšího druhu lepidla Chemoprén. Toto lepidlo má proti např. acetonové barvě výhodu dobré přilnavosti, nezatéká do závitů a v případě potřeby lze opět takto zajištěný spoj bez okousání matic a nadávek rozebrat. Je samozřejmě možné ve spojení s pružnými podložkami použít i tzv. bezpečnostní matice, se kterými se ale poněkud hůře pracuje a mají větší výšku, což nemusí být vždy žádoucí.