

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky

Dálkově laděný anténní díl
Remote controlled antenna bazooka

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marek Dvorský, Ph.D.

ORIGINÁL ZADÁNÍ

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady uvedené v části Literatura.

V Ostravě dne 1. 5. 2009

podpis

Rád bych poděkoval Ing. Marku Dvorskému, Ph.D. za profesionální vedení
a Vratislavu Hrdému za mnoho užitečných rad.

Abstrakt:

Cílem bakalářské práce je popsat možné způsoby komunikace dálkového ovládání anténních tunerů. Dále také návrh konkrétního dálkově ovládaného anténního tuneru, a jeho realizace.

Hlavním předpokladem je následná publikace v časopise, a z toho plynoucí požadavky na jednoduchost a opakovatelnost v amatérských podmínkách neznalým konstruktérem.

Klíčová slova:

Anténní tuner, dálkové ovládání.

Abstract:

Purpose of this bachelor thesis is to describe available methods of communication remotely controlled antenna bazooka. The practical part of thesis is based on making remotely controlled antenna bazooka.

Fundamental prerequisites of this thesis follow printed publication and requirements for simplicity and repeatability in non-professional conditions.

Key words:

Antenna bazooka, remote control.

Seznam použitých symbolů a zkratek

by-pass	Přímé propojení linky. Slouží k vyřazení všech ladících prvků z vedení.
LC-článek	Cívka L a kondenzátor C společně v článku tvoří filtr proti rušení.
MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor. Polem řízený tranzistor.
PSV-metr	Přístroj měřící výkon vyslaný směrem do antény, a výkon navracený zpět z antény do vysílače. Navracený výkon je nežádoucí, může zničit zařízení, a snažíme se ho eliminovat anténním tunerem.
PWM	Pulse width modulation. Pulsně-šířková modulace. Způsob regulace výkonu spotřebiče přerušováním napájení na vysokém kmitočtu.
RC-článek	Rezistor R a kondenzátor C společně v článku tvoří rezonanční obvod jako generátor kmitočtu.
TTL	Transistor-transistor-logic. Má pouze dva logické stavy 0 nebo 1, vyjádřené napětíovou úrovní 0V nebo +5V.
UTP	Unshielded twisted pair. Nestíněná kroucená dvojlinka. Konkrétně čtyři páry vodičů. Každý pár je kroucený, a všechny čtyři jsou vzájemně také zkrouceny. Kroucení se provádí z důvodu odstínění.

OBSAH:

1. ÚVOD	1
2. ZÁKLADNÍ POPIS	2
2.1. BLOKOVÉ SCHÉMA OVLÁDÁNÍ	4
2.2. MOŽNOSTI OVLÁDÁNÍ	5
2.2.1. <i>Bezdrátové dálkové ovládání</i>	5
2.2.2. <i>Optické dálkové ovládání</i>	5
2.2.3. <i>Optický kabel</i>	6
2.2.4. <i>Mechanické ovládání</i>	6
2.2.5. <i>Metalický kabel</i>	6
3. ELEKTROMECHANICKÝ PRVEK	7
3.1. OVLÁDÁNÍ ELEKTROMECHANICKÉHO PRVKU	9
3.2. ZAPOJENÍ TUNERU	12
3.3. ZAPOJENÍ ELEKTRONIKY TUNERU	15
3.4. SPOJOVACÍ ROZHRANÍ	16
3.5. ZDROJ	18
3.6. OVLADAČ	19
3.7. PRAKTICKÁ REALIZACE	21
4. ZÁVĚR	23
LITERATURA	24
SEZNAM PŘÍLOH	25

1. Úvod

Práce nazvaná „dálkově laděný anténní díl“ vznikla z důvodu potřeby přizpůsobení antény na vzdálené střeše k pracovnímu kmitočtu připojeného širokopásmového zařízení¹ na operačním stanovišti.

Zadavatel se nachází v budově, kde má na svém pracovišti širokopásmový přijímač, popřípadě s vysílačem, a na střeše má anténu s pevným rezonančním kmitočtem.

Tato práce řeší přizpůsobení vzdálené antény s pevným rezonančním kmitočtem k širokopásmovému zařízení, aniž by docházelo k současnému ladění svodu².

Součástí práce je návrh zařízení vhodný pro splnění funkčnosti i v nepříznivých podmínkách, jeho výroba, a následná úprava ochranných prvků k zamezení účinků nepříznivých vlivů.

Hlavním předpokladem konstrukce je jednoduchost a opakovatelnost v amatérských podmínkách. Důležitá je také jednoduchost a podobnost ovládání s ovládacím panelem běžného anténního tuneru.

¹ Připojeným zařízením se myslí libovolný rádiový přijímač, vysílač, či oboje.

² Svodem se myslí libovolný vysokofrekvenční kabel (koaxiální, dvojlinka) mezi připojeným zařízením a anténou, se všemi prvky na něm připojenými.

2. Základní popis

Mezi anténou a připojeným zařízením se nachází koaxiální kabel³ vedoucí rádiový signál.

Vysílací / přijímací kmitočet připojeného zařízení ve většině případů neodpovídá rezonančnímu kmitočtu antény, impedance připojeného zařízení neodpovídá impedanci antény, a ani délka koaxiálního kabelu se ve většině případů nerovná násobku půlvlny⁴. Většina antén má jeden nebo více pevných rezonančních kmitočtů, a pokud chceme připojené zařízení přeladovat v širokém kmitočtovém spektru, je doladění antény tunerem přinejmenším výhodné pro příjem, a bezpodmínečně nutné při vysílání.

Anténní tuner se skládá z ladících kondenzátorů či cívek paralelně či sériově připojených do vedení koaxiálního kabelu.



Obr.2.1: Běžný T - člunek a běžný Pí - člunek

Nejčastěji se používá kombinace ladících prvků ve větším počtu s možností přepojování. Přehnané množství těchto prvků však může spíše uškodit. Každý takový prvek zanášá do koaxiálního svodu své vlastní ztráty. Obecně platí, že čím nižší kmitočet budeme provozovat, tím větší kondenzátory a cívky budeme potřebovat. Pro představu na krátkovlnných pásmech (1,5 – 30 MHz) je potřeba ladící kondenzátory až do jednotek nF (velikost v desítkách centimetrů krychlových a větší). V dolní části pásma ultrakrátkých vln (300 – 500 MHz) nám postačí ladící kondenzátor v desítkách pF (velikost v jednotkách centimetrů krychlových a větší). Tyto dvě pásma jsou dnes běžně používaná, a pro každé z nich můžeme potřebovat anténní tuner nejlépe s více takovými prvky. Z toho je jasné, že anténní tuner pro krátkovlnná pásma bude asi desetkrát větší než pro ultrakrátké vlny. Velikost samotného tuneru závisí i na dalších aspektech, jako je maximální průchozí výkon, a z toho vyplývající napěťová pevnost⁵ vzduchu. Lze se setkat s anténním tunerem pro krátkovlnná pásma s vysokým výkonem o rozměru přibližně jeden metr krychlový, ale i s miniaturním cestovním tunerem pro ultrakrátkovlnné pásmo o rozměru velké krabičky zápalek.

³ Kulatý, osově symetrický kabel. Střed tvoří hrubé lanko nebo drát s plastovou izolací. Na izolaci je stínění typu kovové folie nebo kovového opletení, a pogumování. S kvalitou materiálu a tloušťkou roste kvalita a cena.

⁴ Půlvlnou se myslí polovina vlnové délky vysílaného nebo přijímaného rádiového signálu.

⁵ Velikost elektrického napětí mezi dvěma elektrodami kondenzátoru, při kterém přeskóčí blesk vzduchem z jedné na druhou. Jedná se o nežádoucí jev, tudíž je nutné s ním počítat.

Zmenšení ladících kondenzátorů lze docílit použitím jednoho menšího ladícího kondenzátoru, a možnosti připojit k němu paralelně libovolný počet běžných kondenzátorů o stejné kapacitě. Běžné kondenzátory jsou mnohem menší, a skokovou změnou počtu běžných kondenzátorů s možností ladění v rozsahu stejně velkého ladícího kondenzátoru dává stejné možnosti rozsahu kapacity jako jeden mnohem větší kondenzátor.

Důležitou podmínkou při použití anténního tuneru je jeho umístění. Zapojuje se na koaxiální kabel jeho rozpojením v libovolném bodě. Může tedy být použit v místě obsluhy (v drtivé většině se používá tato možnost), ale jeho umístěním na dlouhém vedení blíže k anténě bude dosaženo mnohem lepších výsledků. Možným vylepšením anténních tunerů bývá přepínač, kterým se propojí vstup s výstupem tuneru, a odpojí se všechny ladící prvky. Tím je možno dosáhnout téměř nulového průchozího útlumu. Pokud je připojena anténa typu „dlouhý drát“, za určitých podmínek anténa mnohem lépe přijímá bez tuneru, a pokud je náhodou operační kmitočet zařízení stejný jako rezonanční kmitočet antény, je jen na škodu mít v obvodu přizpůsobení. Proto je dobré mít možnost tuner odpojit.

Anténní tuner je nutné ladit zároveň s připojeným zařízením, a pokud nechce obsluha zařízení neustále pobíhat mezi střechou a pracovištěm, je nutné od vzdáleného tuneru přivést ovládání až na operační stanoviště. Pokud chceme, aby mohl současně ovládat připojené zařízení¹ i tuner jeden operátor, je výhodné použít jednoruční vícekanálový ovladač.

Běžný ladící kondenzátor má uprostřed hrubší hřídel, kterou jemným pootočením obsluha mění kapacitu daného kondenzátoru. Na hřídeli (rotoru) je připevněna jedna sada elektrod, která pootočením zajíždí mezi druhou sadu elektrod spojenou s kostrou (stator). Rozdíl mezi maximem a minimem kapacity je nejčastěji 180°, což je v podstatě největší možný rozdíl překrytí dvou stejných elektrod. Proto je k ladícím kondenzátorům většinou připojena převodovka z ozubených kol, aby obsluha pro přesné naladění nemusela hřídeli otáčet po desetínách stupňů. Každá desetina stupně pootočení hřídeli může znamenat velmi značné rozladění. Bez převodovky pak dochází k rozladění už při dotyku s hřídelí, a zařízení se stává nepoužitelným.

Na střeše musí převodovým ovládáním kondenzátoru otáčet vhodný mechanický prvek. Může jim být elektromotor, krokové relé, nebo dokonce táhlo až od obsluhy zařízení.

Laditelné cívky s jezdcem se používají zřídka. Jejich výroba je nákladná. Při jejich provozu dochází k opotřebení, a jsou citlivé na korozi. Namísto laditelné cívky se může použít větší klasická cívka, u které z vhodných míst vyvedeme další vývody. Přepínání mezi těmito vývody je pak jednodušší, odolnější a mnohem méně nákladné než použití laditelné cívky.

Kvůli předpokladu publikace v časopise budeme používat výhradně součásti jednoduše získatelné, a jednoduché na pochopení. Zvýší se tím náklady, počet integrovaných obvodů, rozměry, ale také stabilita. Použitím pouze dvou jednočipů⁶ (dvacetikorunové položky) bychom značně ušetřili, ale běžný konstruktér by nebyl schopen takové zařízení vyrobit či opravit bez znalosti programování. Proto použijeme pouze jednoduché logické obvody⁷ (některé jsou poměrně drahé). Mírně zkušený konstruktér takovému zařízení bez problémů porozumí, a dokáže si podle předlohy zkonstruovat vlastní zařízení. Stejně tak může být tento návrh vhodný jako podnět pro zkušeného konstruktéra – programátora, který pouze nahradí sadu dražších integrovaných obvodů dvěma levnějšími programovatelnými jednočipy, pro které napíše nepřilíš složitý program.

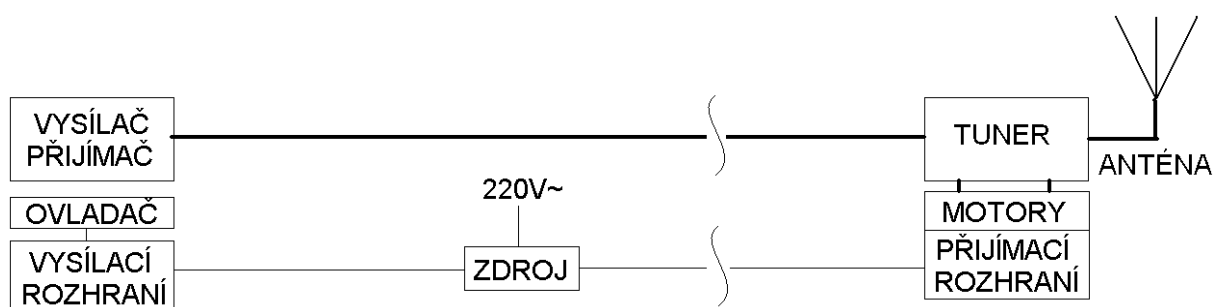
2.1. Blokové schéma ovládání

Celé zařízení může být navrženo a vyrobeno mnoha způsoby, avšak jeho jednotlivé stavební prvky budou mít vždy stejnou architekturu zapojení. Běžně se používá tato architektura:



Obr.2.2: Běžné zapojení anténního tuneru na koaxiálním vedení

Architektura dálkově řízeného anténního tuneru bude složitější:



Obr.2.3: Zapojení anténního tuneru u antény s dálkovým ovládním

⁶ Mikroprocesor s vysokou výpočetní rychlostí, množstvím vstupů a výstupů. Je nutné k němu napsat program a nahrát ho dovnitř. Možnosti jednočipu jsou téměř neomezené. Dokáže vykonávat libovolné digitální či analogové funkce. Drobná úprava funkce je pak pro zkušeného programátora velmi jednoduchá.

⁷ Obvod se vstupy a výstupy. K chodu potřebuje pouze napájení. Aktuální stav na každém výstupu je přesně definován převodní tabulkou dle stavů na vstupech.

Tuner umístíme co nejbližší k anténě. Ovládací knoflíky (hřídel ladícího kondenzátoru) propojíme s hřídelí elektromechanického prvku. O otáčení elektromechanického prvku se stará elektronika umístěná v blocích mezi ovladačem a motory.

2.2. Možnosti ovládání

Pro spojení mezi ovladačem a mechanickým prvkem je možné použít různá média, různé technologie, a mnoho jejich kombinací. Taktéž umístění jednotlivých převodních prvků může být různé.

2.2.1. Bezdrátové dálkové ovládání

Na první pohled nejjednodušším řešením je bezdrátové ovládání. Dnešní bezdrátové ovladače jsou univerzální a levné. Muselo by však být přivedeno napájení až na střechnu. Toho je možné docílit klasickým párem vodičů, nebo přidáním stejnosměrné či střídavé složky do koaxiálního kabelu, s následnou nutností odfiltrování těchto nižších kmitočtů z antény a z rádiového zařízení, přičemž vzniknou zbytečně vložené ztráty a rušení. Použijeme-li rádiové bezdrátové ovládání⁸, můžeme být rušení vnějším rušením⁹ (zařízení přestane pracovat, nebo se samočinně spustí). V horším případě může náš rádiový bezdrátový ovladač zanášet rušení do přijímací antény (můžeme buď přijímat nebo ovládat, ale ne současně), nebo bude naše rádiové vysílání rušit příjem dálkového ovladače (můžeme buď vysílat, nebo ovládat, naše vysílání může samočinně spustit motory tuneru). Všechny tyto problémy rádiového dálkového ovládání s největší pravděpodobností vylučují možnost současné práce s rádiem a ovládání tuneru. Celá tato možnost se tímto stává z hlediska prvotních předpokladů nepoužitelná.

2.2.2. Optické dálkové ovládání

Další možností je optické dálkové ovládání¹⁰ (např. infračervené). Jde sice taktéž o elektromagnetické záření, avšak na o mnoho řádů vyšších kmitočtech, a nemůže tedy docházet k interferenci s rádiovými kmitočty. Toto řešení je nepoužitelné z důvodu pevných překážek. Většina dalších uživatelů, stejně jako zadavatel, nemá možnost přímé ani odrazové viditelnosti z pracoviště na anténu, což je základní podmínka pro infračervené dálkové ovládání. A také je nutné přivést napájení na střechnu.

⁸ Používá se dálkový ovladač podobný klíčenke k autoalarmu či dálkové ovládání modelů autíček. Vysílaný nosný kmitočet se stiskem tlačítka libovolně upraví, přijímač vyhodnotí změnu, a provede požadovanou operaci.

⁹ Vnější rušení je způsobeno libovolným vysílačem, může jim být i blízký výkonový elektromotor nebo spínání silnoproudého zařízení.

¹⁰ Stejně jako rádiové dálkové ovládání. Mění se některý parametr světelného paprsku vyzařovaného infračerveným ovladačem.

2.2.3. Optický kabel

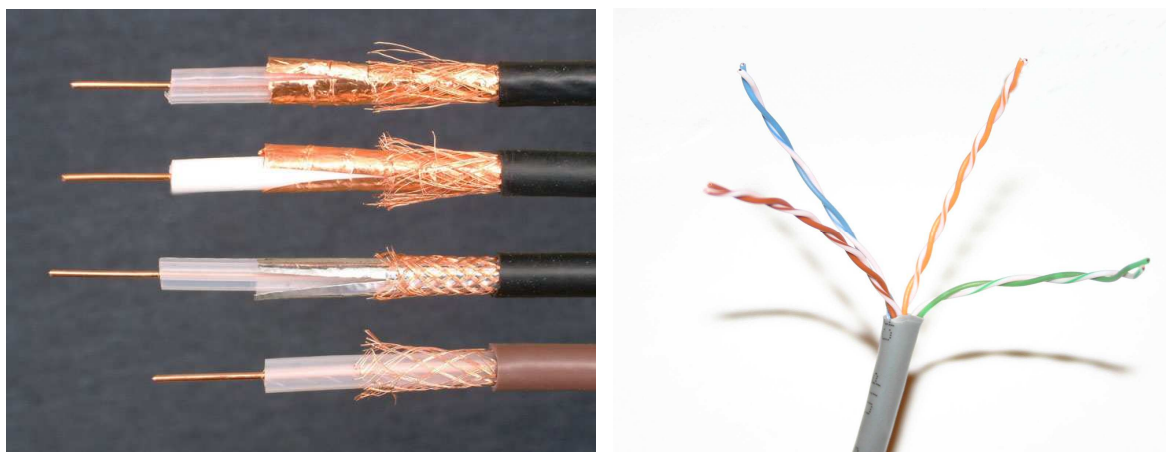
Modernější možností by byl optický kabel. Jedno tenké vlákno¹¹ optického kabelu by bez problémů zvládlo ovládání celého zařízení. Pro výrobce koaxiálních kabelů by nebyl problém přibalit dovnitř hrubého kabelu jedno vlákno optického kabelu. Koaxiální kabely se nesmí lámat, ani moc ohýbat, a mají hrubé kovové opláštění, což jsou ideální podmínky pro optické vlákno. Využití optického vlákna by však bylo minimální za značně vysoké pořizovací a konstrukční náklady, a přetrvává požadavek na přivedení napájení.

2.2.4. Mechanické ovládání

V neposlední řadě je zde možnost klasického táhla. Pružná kovová trubice s lankem vevnitř. Na jednom konci připojené k otočnému mechanismu ladícího kondenzátoru s protitažným pérkem. Na konci druhém jednoruční ovladač s aretací. Tento mechanismus byl úspěšně aplikovaný jako dálkové ovládání historického televizoru. Překlenutelná vzdálenost by však byla pro anténní tuner zřejmě nedostačující, a mechanická nepřesnost a pružnost táhla zanáší do ovládání další chybovost v podobě trhání a samovolného posuvu.

2.2.5. Metalický kabel

Původní a nevhodnější možností je metalický kabel. Uložením metalického kabelu v dostatečné vzdálenosti od koaxiálního kabelu, a také stíněním dosáhneme bezinterferenčního provozu. V tomto případě by nemělo docházet k rušení rádiového signálu ovládáním, ani k rušení ovládání rádiovým signálem. Pokud použijeme nevhodné nebo slabé odstínění, bude docházet i v tomto případě k rušení.



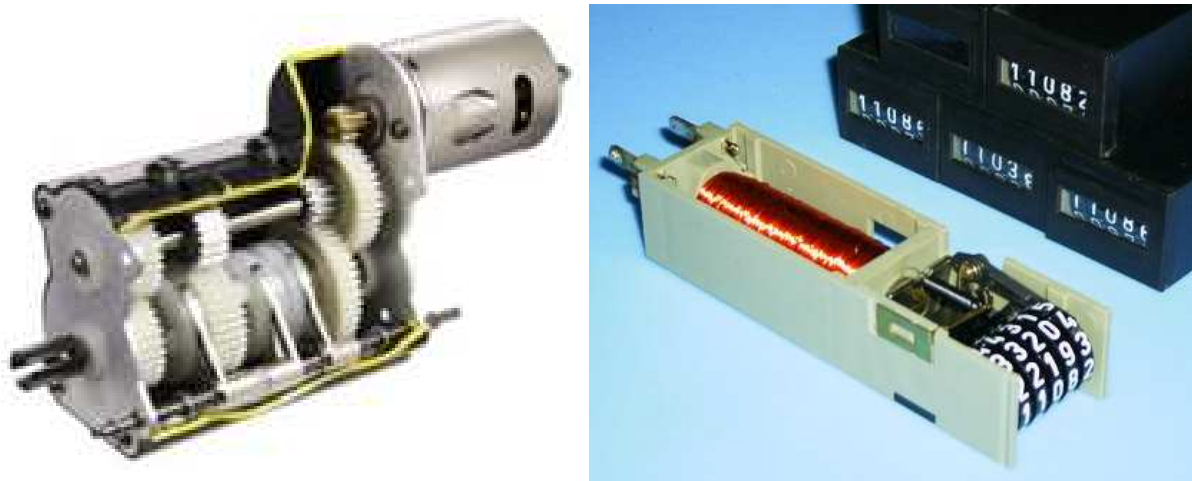
Obr.2.4: Koaxiální kabely (svod) a UTP kabel (kroucená dvoulinka)

¹¹ Skleněné vlákno o přesných parametrech. Při přivedení světla do jednoho konce vlákna, paprsek projde naskrz vláknem na velké vzdálenosti s vysokou rychlostí.

3. Elektromechanický prvek

Nejjednodušším elektromechanickým prvkem vhodným pro otáčení ladícími kondenzátory v tuneru je malý stejnosměrný elektromotor s převody snižujícími otáčky (Obr.3.1 vlevo). Při převodu na nižší rychlost dochází zároveň k nárůstu točivého momentu. Spotřeba elektromotoru není vysoká, ale nejmenší také není. Pokud má ladící kondenzátor dorazy¹², museli bychom snímačem detekovat krajní pozici, a motor včas zastavit. V opačném případě by došlo k destrukci (nejspíše ozubených koleček). Elektromotoru ani pomocí pulsně-šířkové modulace (PWM – pulse-width modulation) není možné ubrat otáčky a výkon natolik, že by nehrozila jakákoli destrukce a byla by dodržena požadovaná přesnost. Stejnosměrný elektromotor má svoji setrvačnost, která se projevuje i na opačném konci převodu. Po roztočení elektromotoru a při jeho vypnutí by se vždy motor zastavil ještě o pár otáček dále. Z toho také vyplývá nemožnost krátkých kroků, které jsou velmi důležité pro přesné ladění.

Další možností je krokové relé. Jedná se o ozubené kolo, o které se opírá kovová deska se zubem. Elektromagnet svým působením desku přitáhne k sobě a ta zubem pootočí kolem o jeden zub. Při vypnutí elektromagnetu pěrko navrátí desku na původní místo, ale ozubené kolo zůstává pootočené. Kmitáním desky se ozubené kolo pomalu roztočí. Zdvojením mechanismu na opačnou stranu je možné točit oběma směry. Osvědčený způsob využíváný v elektromagnetických počítadlech (Obr.3.1 vpravo). Pro naše účely dosahuje velmi velkých kroků (jednotky až desítky stupňů), a po převodování dosahuje velmi nízkých rychlostí. Také je nutné přivádět zbytečně vysoký proud, který může způsobovat rušení při příjmu rádiového signálu.

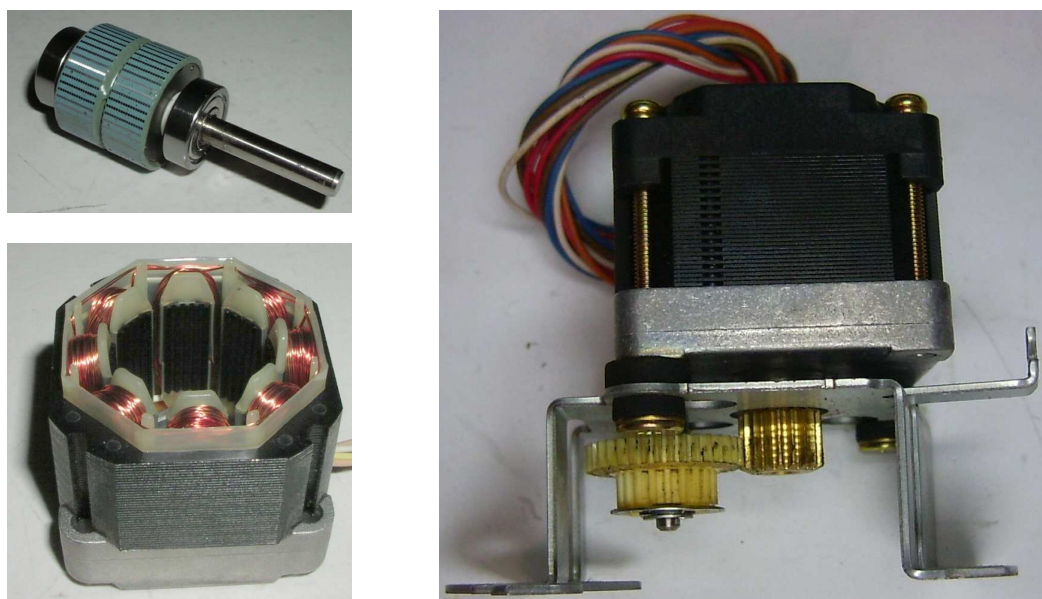


Obr.3.1: Elektromotor s převodovkou a elektromagnetické počítadlo telefonních impulsů.

¹² Dorazem se myslí krajní poloha. Její překročení brání mechanický prvek.

Dálkově laděný anténní díl

Zřejmě nejvhodnějším řešením je krokový motor (Obr.3.2 vpravo). Vyrábí a používají se většinou čtyřfázové. Mají násobky čtyř vinutí pootočená o stejný úhel a při násobku větším než jedna jsou zapojená do série tak, že každé páté vinutí v řadě je spojeno s prvním. Každý takový motor má většinou jeden nebo dva střední vodiče vždy společné pro dva nebo všechny čtyři vinutí a čtyři vodiče, pro každé vinutí jeden. Rotor tvoří více-pólový magnet. Proti jednomu vinutí je jeden pól magnetu. I bez převodu dosáhneme s krokovým motorem libovolně nízké rychlosti, ale přesnost není optimální. Kroky zůstávají příliš velké. Krok běžného krokového motoru je v rozmezí 3° až 15° (asi 24 kroků na 180°), ale pro ladění ladícím kondenzátorem je potřeba rozlišení alespoň 1° nebo menší. Po připojení pár převodů kroky motoru dostatečně zmenšíme, ale zvětšíme jeho už tak veliký točivý moment. Velký točivý moment by při dorazu krajní polohy mohl zničit převodovku. U krokového motoru lze jednoduše snížit točivý moment, a to pulzně šířkovou modulací¹³. I minimálním proudem je možné bez problémů rozpohybovat krokový motor. Pak je důležité nastavit proud motorem na takovou úroveň, aby bez problémů roztočil převodovku i ladící kondenzátor, ale dost nízký na to, aby se zastavil při první překážce. Při vhodně nastavené PWM se motor na dorazu zastaví, a při pokusu o další otáčení začne pouze mírně poskakovat. Pokud bychom nastavili i přesto proud vysoký, motor se také zastaví, bude se více chvět a vydávat zvuky jako přetížený transformátor, ale dříve či později dojde ke zničení převodů nebo ke zničení ladícího kondenzátoru, anebo ke spálení motoru.

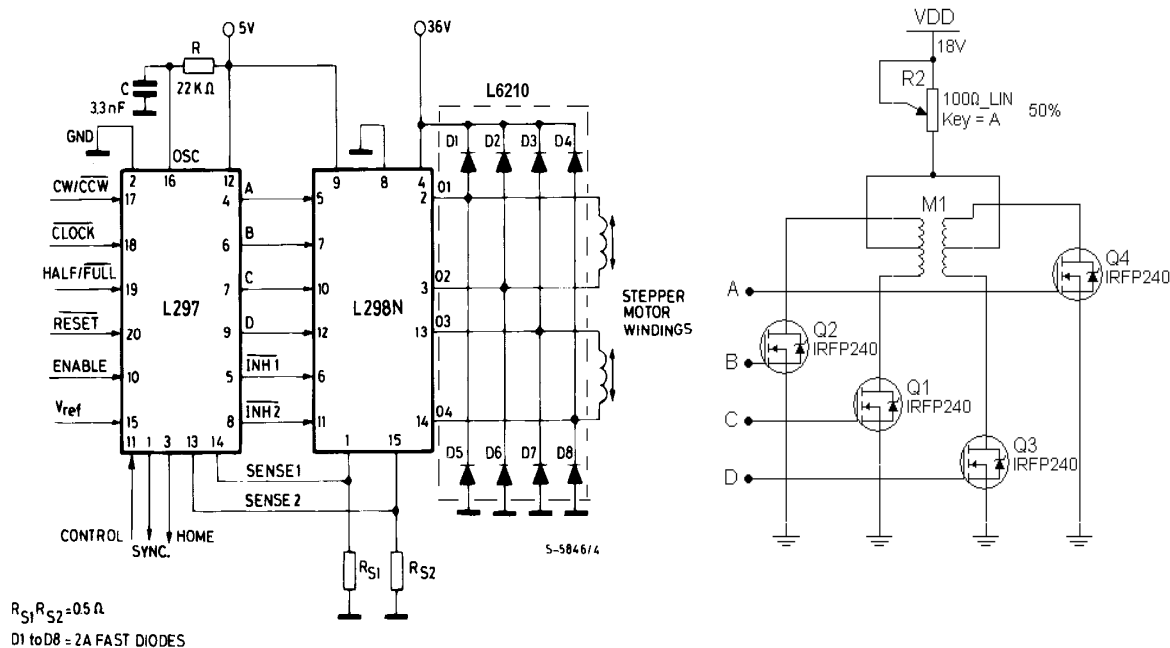


Obr.3.2: Více-pólový rotor, osmi-pólový stator a krokový motor s vlastními převody.

¹³ PWM je způsob regulace proudu dodávaného do zátěže v časové oblasti. Zátěži necháme procházet běžným vysokým proudem po určitou dobu (většinou v mikrosekundách) a pak na podobně dlouhou dobu přerušíme tok proudu. Tento děj se neustále opakuje. Využívá se většinou u výkonových spotřebičů, kde nemůžeme snížit napětí. U PWM nedochází téměř k žádným tepelným ztrátám na rozdíl od napěťové regulace.

3.1. Ovládání elektromechanického prvku

Krokové motory se nejčastěji řídí běžnými řadiči krokového motoru. Je jich několik, osvědčeným se stal integrovaný obvod řadiče krokového motoru s označením L297. Tento obvod společně s obvodem L298, který je výkonovým budičem, jsou aplikovány ve značné části dodávaných výrobků. Uvedené zapojení má různá vylepšení, jako například automatická regulace na základě detekce proudu nebo PWM regulace proudu motorem. Bohužel je známo ze zkušeností více kolegů (používá se v automatických frézách, vrtačkách, apod.), že obvod L298 není vždy korektně spínán. Obvod L298 obsahuje výkonové spínací tranzistory, které by měly být ovládány obvodem L297 výhradně ve spínacím režimu na kmitočtech několika kilohertz. Tranzistory jsou však řízeny v zesilovacím režimu, proto se zahřívají, a ničí se. Zapojení bylo upraveno výměnou L298 za MOSFET tranzistory (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor, polem řízené tranzistory). Konkrétním zvoleným tranzistorům nedělají problémy spínací kmitočty několika megahertz, spínané proudy desítek ampér, průchozí odpor v miliohmch, a to vše při řídicích proudech v mikroampérech. Prakticky je možné tvrdit, že je nepravděpodobné jejich zahřívání nebo zničení.



Obr.3.3: Výrobce doporučené schéma zapojení, převzato z katalogových listů (vlevo). Vlastní návrh budiče krokového motoru (vpravo).

Všechny ovládací vstupy pomocných funkcí obvodu L297 (detekce proudu, referenční napětí) zůstávají nezapojené. Všechny vstupy nastavení obvodu L297 jsou nastaveny přímým připojením na 0 V nebo +5 V podle potřeby. Vstupy řízení směru otáčení a řízení taktu jsou přivedeny z ovladače.

Tab.3.1: Zapojení jednotlivých výstupů obvodu L297.

Č.	Název	Popis
1	SYNC	Synchronizace obvodů – nepoužito.
2	GND	Společná zem.
3	HOME	Indikace počátečního stavu – nepoužito.
4	A	Výstup pro zesilovač prvního vinutí.
5	INH1	Blokující výstup pro vinutí A a B – nepoužito.
6	B	Výstup pro zesilovač druhého vinutí.
7	C	Výstup pro zesilovač třetího vinutí.
8	INH2	Blokující výstup pro vinutí C a D – nepoužito.
9	D	Výstup pro zesilovač čtvrtého vinutí.
10	ENABLE	Povolení činnosti obvodu – připojeno na +5V.
11	CONTROL	Řízení vazby kroku – připojeno na +5V
12	V _s	Společné napájení +5V.
13	SENS2	Detektor proudu – nepřipojeno.
14	SENS1	Detektor proudu – nepřipojeno.
15	V _{ref}	Referenční napětí pro PWM – nepřipojeno.
16	OSC	Vstup RC článku.
17	CW/CCW	Řízení směru otáčení – přivedeno z ovladače.
18	CLOCK	Řízení rychlosti otáčení – přivedeno z ovladače.
19	HALF/FULL	Typ krokování, poloviční je přesnější – připojeno na +5V.
20	RESET	Reset obvodu, počáteční stav – připojeno na +5V.

Na společný střední vodič krokového motoru je přivedeno nestabilizované napětí přímo ze zdroje. Motorem pak protéká příliš velký proud, což je nežádoucí. Krokový motor je na to dimenzován. Snese zatížení jednotkami ampér. Ale v navrhovaném zařízení nebude zapotřebí takto velký točivý moment. Proto se zařadí do série na střední vodič motoru výkonový odpor. Pokud nemůže být použit malý výkonový reostat (vhodný pro testování), postačí dva nebo tři výkonové odpory s možností přepínání odbočky. V konstrukci prototypu byl pro otáčení postačující celkový proud kolem 10 mA na 120 Ω vinutích motoru.

Předřadný odpor pro testovací účely nebo krátké vzdálenosti v jednotkách metrů je vhodný přibližně 100 Ω. Avšak při testování maximálního dosahu, kdy byl použit buben UTP kabelu délky cca 150 m, bylo nutné pro správnou funkci odpor snížit až na 10 Ω nebo níže. Při jakékoli změně odporu vedení, je nutné tuto hodnotu upravit. Předřadný odpor také omezuje točivý moment motoru, a tím i maximální otáčky.

Pro dosažení vysokých rychlostí otáčení s dostatečnou přesností je možné předřadný odpor zkratovat. Pak je také nutné počítat s následky. Zdroj se bude více zahřívat, značně vzroste spotřeba, a to i bez otáčení motoru. Bude se zahřívat vinutí motoru. Stejně tak se bude zahřívat napájecí vedení, a vznikne na něm podstatně větší úbytek napětí, což způsobí menší dosah. Pokud je elektronika pod napětím, vždy minimálně jedním vinutím každého motoru prochází proud. Způsobuje to funkce řadiče HALF/FULL. Tato funkce určuje krokování po celých nebo polovičních krocích. V celých krocích je pod napětím vždy jen jedno vinutí motoru, a tedy při každém kroku vzniká minimální mezera, kdy není pod napětím žádné vinutí. V polovičních krocích je pod napětím vždy alespoň jedno vinutí každého motoru. Při pootočení o půl kroku je pod napětím i vedlejší vinutí (druhé v řadě), a v dalším kroku se pouze první odpojí. Tím docílíme se čtyřmi stejnosměrně napájenými vinutími osmi směrů natočení – čtyři přímé směry, a další čtyři mezi nimi¹⁴. V režimu polovičních kroků je krokový motor trvale v aretaci¹⁵.

K přepínání zapojení prvků v anténním tuneru slouží běžně dostupné vysokofrekvenční přepínače. Většinou jsou celokovové, naplněné inertním plynem a se zlacenými vývody. Na nižších kmitočtech, cca do 14 MHz, se běžně používaly i klasické silnoproudé přepínače.

V této aplikaci je nutné přepínače ovládat dálkově. Použijí se vysokofrekvenční relé.



Obr.3.4: Vysokofrekvenční relé

¹⁴ Celkový počet směrů natočení motoru bývá jejich násobkem. Závisí na rozložení jednotlivých částí vinutí.

¹⁵ Je trvale jištěn protékajícím proudem proti otočení působením vnější síly. Nelze jím běžně otočit jinak než ovládním řadiče. Síla zajištění proti otočení závisí na velikosti protékajícího proudu.

Vysokofrekvenční relé jsou taktéž celokovové, napuštěné inertním plynem a se zlacenými vývody, avšak místo mechanicko-magnetického přepínání používá elektromagnetické přepínání. Nové vysokofrekvenční relé jsou velmi nákladné, a i proto se na nižších kmitočtech, cca do 14 MHz, běžně používaly silnoproudá relé. Relé libovolného typu se ovládá pouze napětím přivedeným na svorky cívky elektromagnetu. Jeho proud není zanedbatelný (desítky až stovky miliampér), ale má poměrně velký rozsah pracovního napětí, při kterém korektně funguje.

3.2. Zapojení tuneru

Zapojení anténních tunerů je nesčetně mnoho. Možnosti kombinací jejich prvků je již zmíněno ve 2. kapitole. Tyto běžné kombinace se většinou vyrábějí pro radioamatérskou činnost v domácím prostředí. Použije se libovolná plechová krabice odpovídající rozměrům. Vloží se do ní jednotlivé prvky tak, aby je bylo možné z venku ovládat. Propojí se vhodně mezi sebou. A výstupy se vyvedou na výstupní konektory. Takové zařízení je pro běžného radioamatéra dostačující. Pro dosažení lepších výsledků je vždy možnost zvolit lepší materiál skříňky, kvalitnější prvky, složitější zapojení, apod.

Běžně prodávané anténní tunery mají většinou složitější zapojení, lepší opracování, a také více funkcí. Většinu z nich však není pro radioamatéra problém s vhodnými prostředky vyrobit. Sériově vyráběná zařízení jsou však kalibrovaná, a parametry jednotlivých prvků jsou nastaveny tak, aby bylo možné přizpůsobit libovolnou anténu v určitém rozsahu na libovolný kmitočet. Amatérsky vyrobené zařízení může mít nepřesnosti nebo např. mezery v ladícím pásmu.

Na druhou stranu je však potřeba zdůraznit cenový rozdíl obou možností. Běžně dostupné anténní tunery pořídíme v ceně od několika jednotek tisíc korun až po desítky tisíc. Za to vyrobený anténní tuner nás vyjde v nejjednodušším případě na plechovku od bonbónů, dva ladící kondenzátory ze starých nehrajících radií, pár konektorů a kus drátu. Ti šikovnější se s cenou dostanou i pod sto korun za plně funkční anténní tuner.

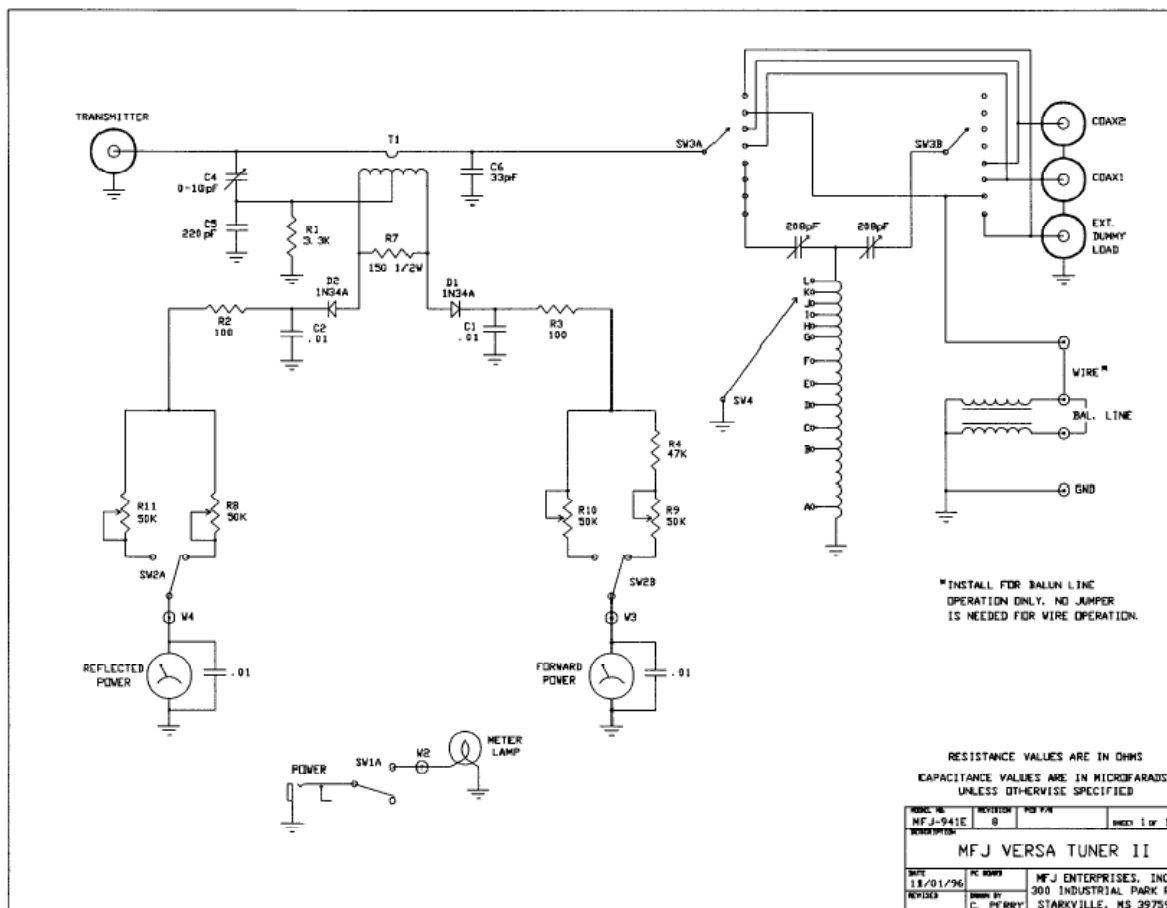
Další funkce běžně dostupných anténních tunerů jsou například „by-pass“¹⁶, přepínání více výstupů pro více podobných antén, přepínání mezi různými typy¹⁷ antén, PSV-metr¹⁸.

¹⁶ Koaxiální vedení se přímo propojí bez připojení ladících prvků.

¹⁷ Pro běžnou anténu se používá 50Ω koaxiální výstup. Pro drátovou anténu se používá přímo svorkovnice k připojení drátu, před kterou se nachází impedanční přizpůsobení. Pro dipól (dva dráty tažené každý jiným směrem) se používá symetrický výstup se symetrickou svorkovnicí, na kterou se připojuje dvoulinka jako napáječ dipólu.

¹⁸ Přístroj měřící výkon vyslaný směrem do antény, a výkon navracený zpět z antény do vysílače. Navracený výkon je nežádoucí, může nám zničit zařízení, a snažíme se ho eliminovat anténním tunerem.

Dálkově laděný anténní díl

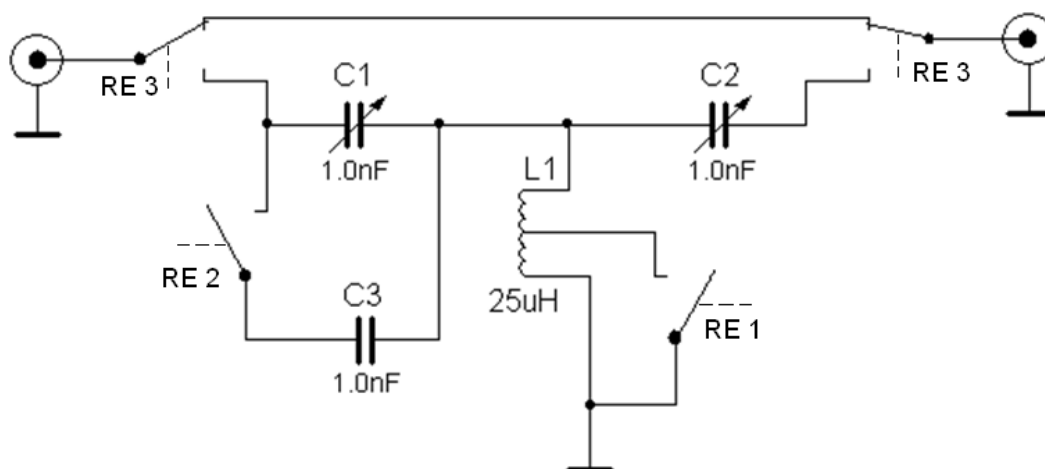


Obr.3.5: Schéma zapojení komerčního anténního tuneru MFJ-941E

Zapojení tuneru je použito dle možností ovládacího kabelu, a dle dostupných prvků. Podařilo se získat dva kusy ladících kondenzátorů s dorazem o kapacitě přeladitelné v rozsahu 80pF až 1 000 pF. Tato práce se nezabývá návrhem prvků anténního tuneru pro konkrétní použití. Z dobře známých a odzkoušených zapojení tunerů [1] bylo podle získaných kondenzátorů vybráno vhodné zapojení. Taktéž hodnota indukčnosti cívky 25uH je hodnota získaná z radioamatérské praxe, běžně používaná pro dolní pásma krátkých vln. Počet ovládacích linek limituje počet ovládaných prvků. Možností zapojení prvků v tuneru při daném počtu ovládacích linek je mnoho. Bylo zvoleno osvědčené zapojení T-článku s „by-passem“. Jelikož na kabelu zbyly dva vodiče, zapojení bylo rozšířeno o dva přepínače prvků. První přídavné relé zkratuje přibližně 10uH část cívky, přičemž indukčnost klesá přibližně na 15uH. Druhé přídavné relé připojuje k přeladitelnému kondenzátoru přídavný kondenzátor. Při sepnutí se změní rozsah přeladění kondenzátoru z 80pF až 1000pF na 1080pF až 2000pF. Ve středu přeladitelného pásma sice vzniká skok o šířce 80pF, ale to je nepodstatné, protože byla zdvojnásobena přeladitelnost jedné strany T-článku. Hodnota přídavného kondenzátoru nesmí být menší. Zbytečně by se tím vzájemně překryly rozsahy kapacit. Zmenšil by se rozsah soustavy obou kondenzátorů. V konstrukci je použit běžný kondenzátor 1nF na 3kV stejnosměrné nebo 700 V střídavých. Někdy se tento kondenzátor chová zvláštním způsobem. Rozladí při připojení celý

Dálkově laděný anténní díl

tuner, ale ne vždy. Předpokládá se chyba v použití běžného kondenzátoru. Proto není doporučováno používat běžné kondenzátory. Doporučuje se použít vysokofrekvenční pevné kondenzátory vhodně dimenzované pro radiotechniku.



Obr.3.6: Schéma navrženého tuneru.

Relé RE 3 přepíná „by-pass“. Kondenzátory C1 a C2 jsou řízeny motorem. Relé RE 2 přepíná kapacitní rozsahy jedné strany T-článku. Relé RE 1 zkratuje část 10uH z celkové indukčnosti 25uH cívky. Ve vlastní konstrukci bylo nutné, z nedostatku místa a velké indukce do ovládacích linek, použít zkratování odbočky cívky ne proti zemi, ale proti živému konci cívky. I když bylo použito takto nevhodné zapojení, neprojevovalo se nijak negativně ani při vysokých výkonech. Přesto vnáší do zapojení zbytečné riziko, a není doporučováno. Vysokofrekvenční a mnohdy i vysokonapěťový signál se může dostat snáze do ovládacích linek a zničit zařízení. V krajním případě pak může ohrozit nic netušící obsluhu na ovládacím konci. Doporučuje se pouze zapojení, jak je uvedeno ve schématu Obr.3.7. Odbočka z cívky se musí zkratovat proti zemi.

Osmi-linkový UTP kabel je pak podle ovládacích prvků rozdělen takto:

Tab.3.2: Jednotlivé linky UTP kabelu.

1.	Ucc	Společné nestabilizované napájení +18 V, automatické odpojení by-passu.
2.	TTL 1	Taktovací linka ovládající rychlost otáčení prvního motoru.
3.	TTL 2	Taktovací linka ovládající rychlost otáčení druhého motoru.
4.	TTL 3	Linka určující směr otáčení prvního motoru.
5.	TTL 4	Linka určující směr otáčení druhého motoru.
6.	RE 1	Linka napájení pro relé přepínající odbočku na cívce.
7.	RE 2	Linka napájení pro relé přepínající přídavnou kapacitu.
8.	GND	Společná zem.

Větším počtem linek by bylo možné ještě více rozšířit možnosti přepínání prvků či ladění dalších prvků, a s tím i přizpůsobovací schopnosti celého tuneru. Najít stejně levný kabel by nebylo jednoduché, byl by podstatně hrubší a náchylnější k poškození.

Vlastní tuner je odstíněn kovovým stíněním sezemněným se stíněním koaxiálních kabelů. Řídící elektronika má své vlastní stínění a svou vlastní zem. Nachází-li se tuner ve velké výšce vzhledem k ovladači, je kvůli napěťovému rozdílu nutné dodržovat značnou vzdálenost řídicí elektroniky od tuneru. V případě kondenzátorů jsou jejich ovládací hřídele vyvedeny ven ze stínění tuneru plastovými trubičkami, a to na vzdálenost i několika desítek centimetrů. Tato vzdálenost závisí na výškovém rozdílu ovladače od tuneru, a na použitém vysílacím výkonu a kmitočtu. Čím větší napětí je na živém vodiči v tuneru, a čím větší proud prochází ladící cívku tuneru, tím větší jejich část se naindukuje i do přívodních kabelů krokových motorů a vodičů v okolí elektroniky, a tím větší je riziko zničení elektroniky. Vzhledem k těmto destruktivním účinkům se snažíme dodržet za každých okolností maximální vzdálenost mezi odstíněným tunerem a motory s elektronikou.

Složitější situace nastává u vysokofrekvenčních relé. Jejich napájecí vývody jsou často situovány velmi blízko u živých vodičů. Vevnitř relé jsou tyto od sebe izolovány vrstvou plastu odolného vůči vysokým kmitočtům a výkonům. Vně relé je však pouze několik milimetrů vzduchu mezi živým vysokofrekvenčním vodičem a zemí ovladače. Už jen z důvodu velkého vysokofrekvenčního pole použijeme k napájení relé umístěného uvnitř tuneru stíněný jednožilový kabel nebo lépe tenký kabel koaxiální. Z hlediska právě zmiňované bezpečnosti doporučuji, po připojení kabelu na napájecí vývody, všechny obnažené části obou linek použitých k napájení cívky relé zalít plastovým izolačním materiálem (plastovou lepicí pistolí).

3.3.Zapojení elektroniky tuneru

Napájecí napětí z vedení je sníženo a stabilizováno napěťovým stabilizátorem s vyhlazovacími kondenzátory. Na straně tuneru je nutné napěťový stabilizátor osadit malým chladičem.

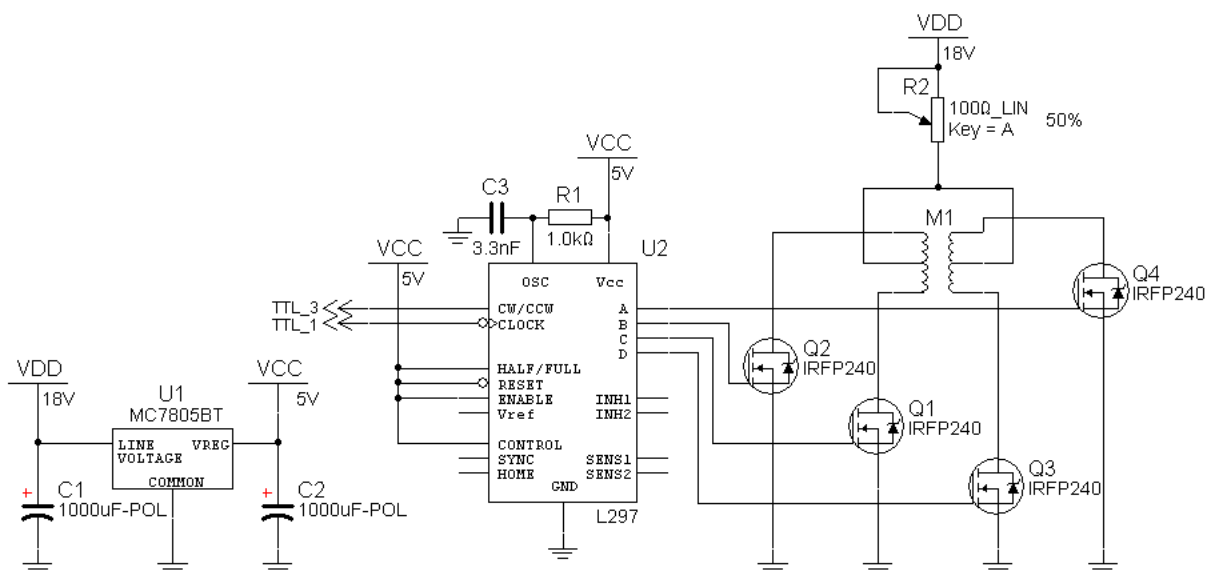
Správným nastavením řadiče krokového motoru docílíme jednoduchého a přesného ovládání pomocí dvou vodičů pro jeden motor.

RC-článek připojený k řadiči určuje funkci výstupní PWM modulace čipu. Snížením odporu v RC-člátku, na hodnotu cca $1k\Omega$, dojde k zastavení PWM modulace. Bez připojených proudových senzorů nefunguje PWM modulace korektně. Při zastavení PWM modulace se pouze nebudou pulsy pro jednotlivá vinutí v čase přerušovat. Vinutí motoru je přímo připojeno k napájecímu napětí, proto musíme proud vinutím omezit sériovým výkonovým rezistorem nebo reostatem. Jeho hodnotu určíme až při konkrétní aplikaci. Závisí hlavně na napájecím napětí, délce kabelu a přechodovém odporu konektorů.

Vývod SYNC řadiče L297 slouží k synchronizování taktu více řadičů s použitím jediného RC-článku. V aktuálním zapojení synchronizace obvodů nefunguje korektně, proto není doporučováno ji používat. Doporučuje se použít ke každému řadiči L297 vlastní RC-článek.

Vývod HOME indikuje dosažení počátečního stavu motoru. Jeden z osmi úhlů natočení motoru je počátečním stavem. Řadič tento stav indikuje na výstupu HOME logickou jedničkou. V aplikaci tuneru je taková indikace nepotřebná.

Ostatní vývody jsou součástí PWM modulátoru, a jsou v zapojení s MOSFET tranzistory nepoužitelné.



Obr.3.8: Schéma společného napět'ového stabilizátoru a řídicí jednotky pro jeden motor.

3.4.Spojovací rozhraní

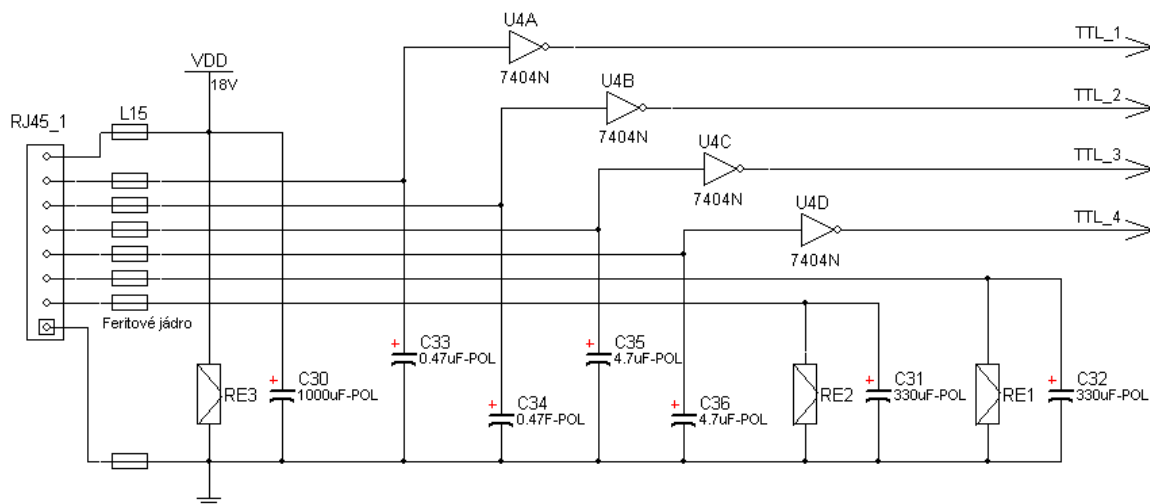
V návaznosti na kapitolu 2.2 je nejlepší možnou volbou metalické vedení. Abychom odfiltrovali možné rušení naindukované v linkách, použijeme stíněné kabely, avšak nepřítliš drahé.

Stíněné koaxiální kabely jsou pro řízení zbytečně velmi drahé, nevyužijeme jejich vysokofrekvenční potenciál, a mají malý počet linek. Bylo by nutné posílat řídicí signály libovolným způsobem modulace na kmotočtu alespoň několika kilohertz.

Vícežilové stíněné kabely jsou pro jednoduché ovládání stále zbytečně drahé, a v případě jednoduchého ovládání nevyužijeme ani jejich vysokofrekvenční potenciál.

Nejběžnější používané UTP¹⁹ kabely pro strukturovanou kabeláž se ukázaly jako nejvhodnější řešení. Jsou velmi levné. Obsahují osm linek, a jejich stínění je dostačující. Přesto je vhodné na konec vedení vložit LC-článek, který případně silné vysokofrekvenční rušení eliminuje. Vložíme tedy na konec vedení prstencové feritové jádro, na které navineme několik závitů všech linek. Tím máme vyřešenu vhodnou cívku. Kondenzátorem propojíme každou linku s kladným nebo proměnlivým napěťovým potenciálem na zemnicí linku.

Vypočítat vhodné hodnoty jednotlivých kondenzátorů je sice možné, ale při jakékoli změně na vedení (délka, typ kabelu, přechodový odpor v konektoru) či jeho okolí (kolísání elektromagnetického rušení z okolí), nebo změně vysílacího kmitočtu zařízení dojde ke zhoršení, a objeví se na vstupech nežádoucí rušení. U TTL²⁰ vstupů nesmíme zapomenout na maximální dovolený nabíjecí a vybíjecí proud, který v našem případě prochází pouze kondenzátorem (TTL vstup má mnohonásobně větší vstupní odpor).



Obr.3.9: Vstupní část ovládaného tuneru s filtry.

Až po zjištění nepříznivých vlivů vysokofrekvenčního elektromagnetického pole byla aplikována velká feritová jádra, a kondenzátory pro TTL vstupy byly zvoleny přibližně velké, vhodné pro měření v několika krocích. Jednotlivé linky byly připojeny na osciloskop, a při různých kapacitách bylo sledováno množství naindukovaného rušení při různém vysílacím kmitočtu a změny napěťových úrovní v závislosti na odporu linky.

¹⁹ Unshielded twisted pair – nestíněná kroucená dvojlinka. Stínění vzniká kroucením dvojlinky. Případné rušení se naindukuje do obou linek dvojlinky stejně a vzájemně se vyruší. Čtyři kroucené dvojlinky vzájemně zkroucené dohromady tvoří takzvaný UTP kabel o osmi žilách.

²⁰ TTL logika. Má pouze dva logické stavy 0 nebo 1, vyjádřené napěťovou úrovní 0V nebo +5V. Použijeme integrované logické obvody s TTL logikou.

Z předešlých měření byla vybrána nejvhodnější kapacita pro obě pomalé TTL linky, kterou je hodnota 4,7 μF . Pro rychlejší dvě linky na delším vedení tato kapacita způsobovala zpomalené nabíjení, a tedy nefunkčnost. Bylo nutné zvolit nižší kapacitu na úkor mírně zvýšeného rušení. Hodnota pro rychlejší TTL linky je 470 pF. Společný kondenzátor pro napájecí část je značně větší, 1 mF, aby na napájecím vedení při ovládání nevznikaly proudové špičky. Vedení pak slouží jako anténa a způsobuje rušení okolním zařízením, stejně jako samo sobě a vlastnímu vysílacímu zařízení. Mírně menší kapacita byla zvolena pro cívky jednotlivých relé, hodnota 330 μF slouží hlavně jako vysokofrekvenční filtr, protože ve vypnutém stavu je linka každého relé odpojená, a funguje pouze jako anténa zanášející rušení na zemnicí linku skrze cívku relé.

Samotný anténní tuner bude umístěn ve značné výšce vzhledem k ovladači. Na této trase můžou vznikat napěťové rozdíly. Do linky se může dostat statický náboj. Pokud bude zařízení na střeše, naindukuje se do linky při blízkém zásahu blesku značné napětí. Tyto úvahy vedly k připojení klasických invertorů 7404 na konec linky. Případný náboj v určitých mezích zničí pouze tento logický obvod v ceně kolem deseti korun, a následující elektronika by měla přežít. Nakolik je to účinné opatření se projeví až po pár bouřkách.

První předzvěstí správné volby je už jen fakt, že při prvních testech tuneru bez filtračních kondenzátorů a feritů shořel právě tento obvod, a nic jiného v tuneru. Tehdy byl na zkoušku zatížen tuner minimálním výkonem pouhých 5 W na kmitočtu 14,23 MHz. Logický obvod shořel okamžitě. Pouhý zlomek výkonu vyzářeného v tuneru se naindukoval do tehdy jeden metr dlouhého vedení, a zničil logický obvod na vstupu. Zničil také oba logické obvody v ovladači, ale o těch se píše až v kapitole o ovladači.

Po aplikaci měření vybraných filtrů je možné zařízení provozovat na mnohem vyšších výkonech, a to bez známek zákmitů v ovládání. Špatné filtrování se projevovalo při každém vysílacím kmitočtu jinak, např.: zastavením krokových motorů a nemožnosti ovládání, samovolným roztočením nebo poskakováním motorů při vysílání, jiný směr nebo rychlost ladění při vysílání, atd.

3.5.Zdroj

Napájecí zdroj celého zařízení může být libovolného druhu. Může se použít jak spínaný stejnosměrný zdroj, tak i klasický transformátorový stejnosměrný zdroj. Nesmí se však zapomenout na jeho proudovou zatížitelnost. Zdroj může být do zařízení připojen ve kterémkoli místě vedení. Jak v ovladači, tak i v tuneru je napěťový stabilizátor snižující napájecí napětí na stabilizované napětí 5 V. Pomocí stabilizátorů kompenzujeme ztráty vzniklé na různých délcích vedení při různé úrovni zatížení. V konstrukci je zdroj integrován přímo do ovladače. Není však žádným problémem zdroj přemístit do tuneru, nebo ve kterémkoli místě rozplést UTP kabel, najít vodiče UCC (+18V) a GND (0V), a připojit na ně zdroj.

Spotřeba elektroniky celého zařízení je maximálně 250 mA. Nejvíce se na spotřebě podílí oba řadiče krokového motoru L297. Spotřeba každého krokového motoru se v běžném provozu pohybuje v rozmezí 5 až 60 mA. Při plném výkonu motoru může však motor spotřebovávat i několik ampér. Posledním spotřebičem jsou vysokofrekvenční relé. Jejich popisek definuje spotřebu 67 mA při 13,5 V. Tato relé jsou určena původem do vozidlových radiostanic. Korektně pracují již od 8 V, a ani přepětí až k 16 V jim nedělá problémy.

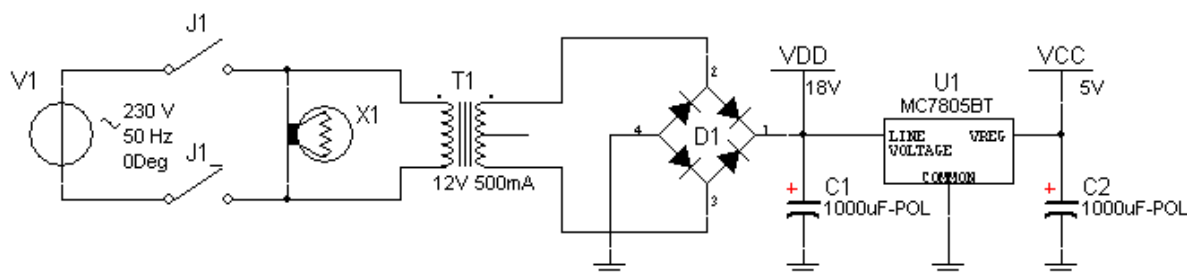
Nesmí se také zapomínat na maximální dovolené napětí na vstupech stabilizátorů, které činí 35 V, a na maximální napětí na cívce vysokofrekvenčního relé, které jsou různé. Pokud je zdroj umístěn do ovladače, nebo na vedení v jeho blízkosti, může se použít vyšší napájecí napětí takové, aby nepřesáhlo maximální dovolené napětí na cívce relé na opačném konci. Napěťové ztráty na délce kabelu a na konektorech jsou značné.

Jako napájecí zdroj je v konstrukci použita rozebraná nabíječka mobilního telefonu. Její popisek určuje na výstupu stejnosměrné napětí 12 V při 500 mA zátěži. Naprázdno zdroj dodává až 18 V.

Na vstupní část původního zdroje je připojen vypínač s doutnavkou a přívodní kabel se zástrčkou.

Na výstup zdroje je připojen větší kondenzátor 1 mF k vyhlazení proudových špiček. Kondenzátorem vyhlazené napětí zdroje je vedením dopraveno i na opačný konec vedení. Na obou koncích vedení se nachází napěťový stabilizátor, generující stabilizované napětí +5 V s vyhlazovacím kondenzátorem 1 mF.

Stabilizované napájení +5V na obou koncích vedení je použito k napájení integrovaných obvodů.



Obr.3.10: Schéma napájecího zdroje

3.6.Ovladač

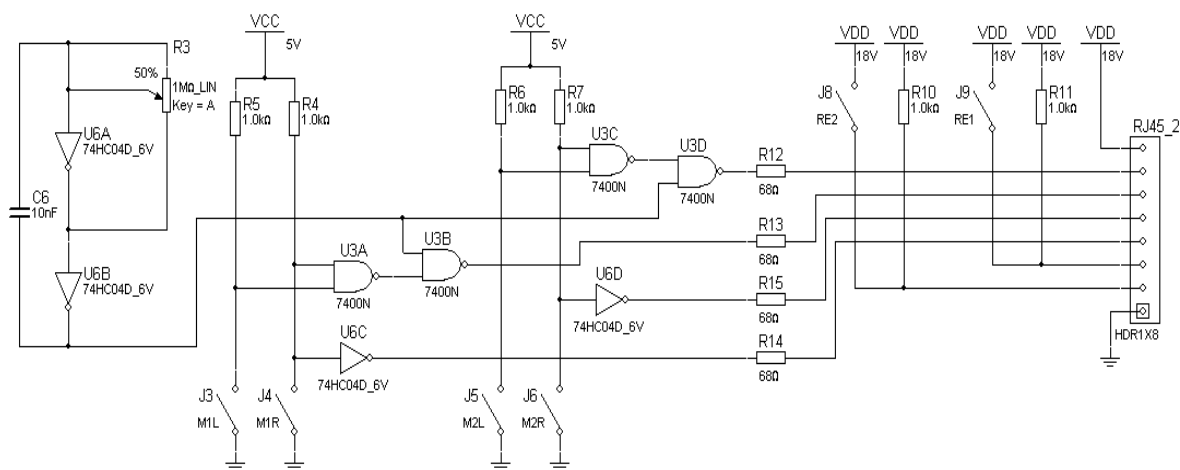
Ovladač musí splňovat požadavky na množství ovládaných motorů a relé. Volíme koncepci vhodnou k ovládání zároveň s vysílacím zařízením. U běžného anténního tuneru obsluha nejčastěji jednou rukou ovládá vysílací zařízení, a zároveň druhou rukou ovládá anténní tuner v těsné blízkosti. Jelikož bude mít obsluha místo anténního tuneru ovladač, musí tento splňovat stejné podmínky na jednoduché ovládání jednou rukou, a s ovládacími prvky blízko u sebe.

Dálkově laděný anténní díl

Vzhledem k volbě řídicích obvodů motorů je použita pro každý motor dvojice tlačítek. Pro každý směr jedno. Obě tlačítka jsou připojena zvedacím rezistorem 1 k Ω na +5V. Stisknutím tlačítka dojde k zatížení zvedacího rezistoru minimálním proudem v důsledku jeho přizemnění. Tímto jednoduchým způsobem vznikne v místě mezi tlačítkem a zvedacím rezistorem vždy jedna ze dvou TTL úrovní. TTL úrovně jsou použity jako vstupy do logických obvodů.

Výstup jednoho tlačítka ze dvojice je připojen na vstup invertoru, a jeho výstup je připojen na vedení, čímž bude určen směr otáčení motoru náležícího dané dvojici tlačítek. Jedná se přímo o vstupní vodič řadiče krokového motoru určujícího směr otáčení.

Druhým vstupním vodičem je taktovací signál kroku motoru. Generátor taktovacího signálu se nachází na obrázku Obr.3.10 v levé části. Dva invertory v sérii, přemostěné kondenzátorem a potenciometrem tvoří postačující generátor. Generátor kroku motoru může být umístěn jak v ovladači, tak i v tuneru. Možnost jeho přemístění byla zjištěna, až po zhotovení zařízení. Na funkčnost přemístění nemá téměř žádný vliv (místo dvou 800 Hz TTL linek by na vedení byly dvě pomalé TTL linky do 5 Hz), avšak za cenu zvýšení počtu logických obvodů. V jednom integrovaném obvodu 7404 se nachází právě čtyři logická hradla NAND. V ovladači by byla po přemístění zapotřebí dvě hradla NAND (jeden logický obvod), a v tuneru další dvě hradla NAND (druhý logický obvod). Do řadiče krokového motoru je přiveden taktovací signál jen v případě stisku libovolného tlačítka daného motoru. TTL výstupy obou tlačítek jsou proto propojeny hradlem NAND, a jeho výstup je dalším hradlem NAND propojen s taktovacím signálem.



Obr.3.11: Schéma ovladače

3.7. Praktická realizace

Všechny součásti pro kompletaci jsou vybrány jednoduše získatelné. Většina potřebných částí je běžně dostupná v obchodě s elektronickými součástkami.

Přístrojové skříňě tuneru i ovladače jsou plastové, přičemž vysokofrekvenční část tuneru je odstíněna hliníkovou folií. Řešení je vyhovující, ale doporučuje se raději použít celokovovou skříň tuneru.

Ladící kondenzátory jsou v tuneru upevněny na plastových podložkách. V T-článku stínění ladícího kondenzátoru není součástí stínění tuneru, a musí být odděleno dostatečnou vzdáleností. Hřídel ladícího kondenzátoru je spojena s hřídelí krokového motoru pevnou plastovou trubičkou. Je nutné použít maximální možnou délku trubičky z důvodu silného vysokofrekvenčního pole.

Krokové motory a elektronika se nachází mimo stíněnou oblast tuneru.

Cívka je navinuta ze silnoproudého měděného drátu. Navíjení bylo provedeno pevným utahováním na kus vodovodního potrubí daného průměru.

Náklady na zhotovení jednodušší verze tuneru nejsou malé. Náklady na přístrojové skříň, ladící kondenzátory, zdroj a některé další součásti lze eliminovat dodáním součástí z vlastních zdrojů. Většinu však bude muset konstruktér nakoupit.

Tab.3.3: Přibližné náklady na jednotlivé součásti

č.	Název	Cena
1	Plastové přístrojové krabice a stínění	280,00 Kč
2	Předvrtaná deska tištěného spoje	140,00 Kč
3	VF a UTP konektory	200,00 Kč
4	Tlačítka a vypínače	140,00 Kč
5	MOSFET tranzistory (8x)	320,00 Kč
6	Řadiče krokového motoru (2x)	240,00 Kč
7	Napěťové stabilizátory a vyhlazovací kondenzátory	100,00 Kč
8	Logické obvody včetně obvodů zničených VF polem	160,00 Kč
9	Výkonové, zvedací a pomocné rezistory	70,00 Kč
10	UTP kabel	200,00 Kč
11	Zdroj	200,00 Kč
12	Ladící kondenzátory	400,00 Kč
13	Vodiče a ostatní spojovací materiál	150,00 Kč
	Celkem	2 600,00 Kč

Dálkově laděný anténní díl

Pokud není k dispozici žádná z těchto součástí, cena přes dva a půl tisíce korun není zrovna nejmenší. Zůstávají však k porovnání běžně prodávané anténní tunery, které mají mnohdy podobné možnosti přeladění, nemají možnost dálkového ovládání, a jejich cena začíná na třech tisících korun.



Obr.3.12: Zhotovený prototyp dálkově laděného anténního tuneru.



Obr.3.13: Zhotovený prototyp ovladače dálkově laděného anténního tuneru.

4. Závěr

Podařilo se navrhnout a vyrobit plně funkční prototyp dálkově řízeného anténního tuneru.

Tuner dokáže přizpůsobit drátovou anténu vhodné minimální délky na krátkovlnná pásma (3,5 MHz až 30 MHz). Při použití značně dlouhé antény ji dokáže přizpůsobit i na 1,8 MHz. Na kmitočtu 50 MHz má tuner příliš velké kondenzátory, a jeho ladění je komplikované. Je pak nutné značně snížit rychlost otáčení, a docílit tak velké přesnosti.

Veškeré rušení indukované vlastním vysíláním a rušení z okolního prostředí se podařilo vyfiltrovat. Bez filtrace zařízení taktéž funguje, ale pouze na příjem. Při prvním pokusu o vysílání minimálním výkonem 5 W na 14,23 MHz došlo k okamžitému zničení všech logických obvodů na obou koncích vedení. Po vyfiltrování zanášejícího rušení již zařízení snese i vysílání.

Po kompletaci finálního výrobku byla provedena destruktivní zkouška výkonovým přetížením. Zkouška proběhla úspěšně. Na nejvyšším vhodném pásmu 28 MHz anténním tunerem úspěšně prošel výkon 1 kW bez vlivu na ovládání, a bez náznaků zákmitů na motorech. Ladění antény proběhlo úspěšně. Na nižších kmitočtech, například na 3,5 MHz, musí tuner snést minimálně trojnásobné výkonové zatížení. Nebyl však při měření k dispozici silnější koncový stupeň vysílače, aby bylo možno prověřit hranice možností tohoto zařízení.

Pokud poslouží tato práce jako návod k výrobě podobných zařízení, je možné krokovými motory ovládat libovolný typ anténního tuneru, přeladitelné antény s ladícím prvkem, nebo libovolné jiné zařízení, kde se počítá se silným elektromagnetickým polem.

Literatura

- [1] IKRÉNYI, Imrich. *AMATÉRSKÉ KRÁTKOVLNĚ ANTÉNY*. Karol Holásek. 1. vyd. [s.l.] : [s.n.], 1964. 456 s.
- [2] SMIRENINA, B. A. *Radiotechnická příručka*. Rudolf Major; Jiří Appl. 1. vyd. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1955. 1226 s. ISBN 621.396.
- [3] *THE L297 STEPPER MOTOR CONTROLLER* [online]. Copyright 1995 SGS-THOMSON Microelectronics, c1995 , 1995 [cit. 2008-12-05]. PDF. Text v angličtině. Dostupný z WWW: <<http://eed.hutech.edu.vn/Datasheet/stepmotor.pdf>>.
- [4] *Datasheet 74HC04; 74HCT04 Hex inverter* [online]. © Koninklijke Philips Electronics N.V. 2003, c2003 , 2003 [cit. 2008-12-05]. PDF. Text v angličtině. Dostupný z WWW: <http://www.nxp.com/acrobat_download/datasheets/74HC_HCT04_3.pdf>.
- [5] *Datasheet 74HC00; 74HCT00 Quad 2-input NAND gate* [online]. © Koninklijke Philips Electronics N.V. 2003, c2003 [cit. 2008-12-05]. PDF. Text v angličtině. Dostupný z WWW: <http://www.nxp.com/acrobat_download/datasheets/74HC_HCT00_3.pdf>.
- [6] *Datasheet IRFP240 : 20A, 200V, 0.180 Ohm, N-Channel Power MOSFET* [online]. ©2002 Fairchild Semiconductor Corporation, c2002 [cit. 2008-12-05]. PDF. Text v angličtině. Dostupný z WWW: <<http://www.pcpaudio.com/pcpfiles/transistores/IRFP240.pdf>>.
- [7] PERRY, C. *MFJ-941E Versa Tuner II* [online]. c1996 [cit. 2008-12-05]. PDF. Text v angličtině. Dostupný z WWW: <<http://www.ges.cz/sheets/m/mfj-941e.pdf>>.

Seznam příloh

- a) Schéma celého zařízení
- b) CD se schématy, katalogovými listy, fotkami a dokumenty