

Ruční detektor na rozpoznávání kovových materiálů

A Hand-held Detector for Metal Material Recognition

Bc. Petr Vaněk

Diplomová práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr Vaněk**
Osobní číslo: **A12380**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Ruční detektor na rozpoznávání kovových materiálů**
Téma anglicky: **A Hand-held Detector for Metal Material Recognition**

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rozbor vhodných principů využitelných u Vámi navrhovaného detektoru kovů.
2. Na základě Vámi vybraného principu navrhnete ruční detektor kovů.
3. Při návrhu a realizaci detektoru se zaměřte i na rozpoznávání různých kovových materiálů.
4. Rozpoznávání Vámi vybraných kovů vhodným způsobem signalizujte na detektoru.
5. Ověřte, zda detektor správně signalizuje vybrané kovové materiály.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. TUREČEK, Jaroslav. **Technické prostředky bezpečnostních služeb II: Detektory pro bezpečnostní prohlídku osob, zavazadel a zásilek**. Vyd. 1. Praha: Policejní akademie České republiky, 1998, 97 s. ISBN 80-859-8181-5.
2. ROWAN, Mark a William LAHR. **How Metal Detectors Work** [online]. 1997-2012 [cit. 2014-01-27]. Dostupné z: <http://www2.gi.alaska.edu/jesse/treasure/misc/howdetector.html>
3. WILHELM, Rolf. **Hledače kovů: teorie, návrh, stavba, použití**. Ostrava: HEL, 2003, 174 s. ISBN 80-861-6720-8.
4. HÁJEK, Jan a Zdeněk JARCHOVSKÝ. **Detektory kovu - návod na stavbu: princip zapojení a praktické návody na tři konstrukce**. Praha: BEN - technická literatura, 2010, 250 s. ISBN 978-80-7300-220-6.
5. SCHÜLER, Wolfgang. **Vyhledávací technika pro profesionály**. Praha: BEN - technická literatura, 2000, 135 s. ISBN 80-86056-85-6.
6. MOLTAŠ, Zdeněk. **Detektory kovů prakticky: aneb zapni a hledej**. 2. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2007, 174 s. ISBN 978-80-7300-228-2.
7. HRUŠKA, František. **Technické prostředky automatizace III: (senzory, jejich principy a funkce)**. Vyd. 2. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2005, 118 s. ISBN 80-731-8315-3.
8. **Geotech-Technology for Treasure Hunting: Metal Detectors** [online]. [cit. 2014-01-27]. Dostupné z: <http://www.geotech1.com/cgi-bin/pages/common/index.pl?page=metdet&file=main.dat>

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Petr Skočík

Ústav elektroniky a měření

Datum zadání diplomové práce:

7. února 2014

Termín odevzdání diplomové práce:

27. května 2014

Ve Zlíně dne 7. února 2014

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

děkan



doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.

ředitel ústavu

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá rozbořem vhodných principů využívaných u ručních detektorů kovů. Cílem práce bylo vybrat jeden z uvedených principů, který je vhodný pro návrh ručního detektoru kovů s ohledem na rozpoznávání různých kovových materiálů. Jako nejvhodnější princip byl vybrán princip zázněje. Za účelem ověření vybraného principu bylo navrženo schéma zapojení a konstrukce detektoru. Tento návrh byl dle možností realizován a následně ověřen na správnou funkci a to včetně rozpoznávání různých vybraných kovových materiálů. Jako vhodný způsob signalizace byl zvolen akustický tón a to přímo na detektoru. Při návrhu a realizaci detektoru byl kladen důraz na jednoduchou obsluhu a opravitelnost. Výsledky z měření jsou také součástí této práce.

Klíčová slova:

detekce kovů, ruční detektor kovů, fyzikální principy detekce kovů, zázněj, záznějový oscilátor.

ABSTRACT

The thesis deals with analysis of principles used for the hand held metal detectors. The aim of this thesis is to choose the most suitable method for identifying different metal materials by hand-held detectors. As a appropriate principle is presented method using beat oscillation. In order to verify this method, a connection scheme was designed and the detector was built. This proposal was realised and followed by verifying of function including identifying selected metal materials. As a way of signalization was choosen acoustic tone. Emphasis was put on easy operation and fixing during the detector designing. Measurement results are also a part of this thesis.

Keywords:

metal detection, hand held metal detector, physical principles of metal detection, beats, beat oscillation.

Tímto chci velice poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Petru Skočíkovi za jeho odborné vedení, rady, návrhy a konzultace, které proběhly v celém období psaní diplomové práce. Také děkuji všem lidem, kteří mi jakýmkoli způsobem pomohli s praktickou částí mé práce. Dále děkuji rodině a všem blízkým přátelům za podporu a pomoc, nejen při tvorbě diplomové práce, ale také po celou dobu studia na Fakultě aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 DETEKTORY KOVŮ	11
2 RUČNÍ DETEKTORY KOVŮ	12
2.1 RUČNÍ DETEKTORY KOVŮ PRO FYZICKOU BEZPEČNOSTNÍ KONTROLU.....	12
2.1.1 Ruční bezpečnostní detektor kovů Ebinger.....	13
2.2 RUČNÍ DETEKTORY KOVŮ HOBBY	14
2.2.1 Ruční detektor kovů hobby XP DEUS.....	15
2.3 RUČNÍ ANALOGOVÉ A DIGITÁLNÍ DETEKTORY KOVŮ	16
2.3.1 Analogové detektory kovů	16
2.3.2 Digitální detektory kovů	17
2.4 RUČNÍ POHYBOVÉ A BEZPOHYBOVÉ DETEKTORY KOVŮ.....	18
3 PRINCIPY DETEKTORŮ KOVŮ	19
3.1 ZPŮSOBY ZAMĚŘOVÁNÍ PRO POVRCHOVÉ HLEDÁNÍ.....	19
3.1.1 Způsob změny kmitočtu	19
3.1.2 Způsob zázněje.....	21
3.1.3 Způsob utlumení vířivými proudy	22
3.1.4 Způsob vysílač - přijímač.....	24
3.1.5 Způsob pulzně indukční	28
3.1.6 Způsob rezonanční	31
3.2 ZPŮSOBY HLOUBKOVÉHO ZAMĚŘOVÁNÍ V ZEMI A POD VODOU.....	32
4 KONSTRUKCE HLEDACÍCH CÍVEK	34
5 ODVOZENÍ PARAMETRŮ HLEDACÍCH CÍVEK	38
5.1 REZONANČNÍ OBVODY	38
5.2 KVALITA REZONANČNÍHO OBVODU	38
5.3 INTENZITA MAGNETICKÉHO POLE CÍVKY	40
5.4 INDUKČNOST VÍCEVRSTVÉ VZDUCHOVÉ CÍVKY	40
5.5 LENZOVO PRAVIDLO.....	41
II PRAKTICKÁ ČÁST	42
6 VÝBĚR VHODNÉHO PRINCIPU PRO NÁVRH DETEKTORU	43
6.1 RUČNÍ DETEKTOR KOVŮ TRANSET 150	43
6.1.1 Technické údaje detektoru TRANSET 150	43
6.2 NÁVRH ZAPOJENÍ A DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ DETEKTORU.....	44
6.2.1 Návrh schéma zapojení detektoru	44
6.2.2 Návrh desky plošných spojů detektoru	46
6.3 OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI NÁVRHU SCHÉMA ZAPOJENÍ.....	48
6.3.1 Testovací zapojení na kontaktním nepájivém poli.....	48
6.3.2 Odladění testovacího zapojení	49
6.3.3 Použité součástky pro výrobu detektoru	50

6.4	VLASTNÍ KONSTRUKCE HLEDACÍ CÍVKY	51
6.5	VÝROBA DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ	55
6.6	OSAZENÍ DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ	56
6.6.1	Ověření správné funkčnosti osazené desky plošných spojů	57
6.7	KOMPLETNÍ DETEKTOR KOVŮ	57
7	ROZPOZNÁVÁNÍ RŮZNÝCH KOKOVÝCH MATERIÁLŮ	61
7.1	ZKOUŠKA ROZPOZNÁVÁNÍ VYBRANÝCH MATERIÁLŮ	61
7.2	VÝSLEDKY MĚŘENÍ	64
8	ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	65
	ZÁVĚR	68
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ	70
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	72
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	74
	SEZNAM OBRÁZKŮ	76
	SEZNAM TABULEK	78
	SEZNAM PŘÍLOH	79

ÚVOD

Detektory kovů mají v dnešním světě důležité místo, ať už se jedná o rámové detektory, ruční detektory, detekční dopravníky nebo propadové systémy. Rámové detektory spolu s ručními detektory se využívají k prohledání osob a zabezpečení vstupů do důležitých objektů, jako jsou např. letiště, soudy, věznice, elektrárny, továrny nebo při pořádání společenské akce, kde je důležité zajištění bezpečnosti. Detekční dopravníky a propadové systémy zamezují vniknutí kovových předmětů do potravin, léků a jiných materiálů. Ruční detektory kovů využívané z počátku jen armádou k hledání min už dlouhou dobu využívá široká veřejnost jako koníček pro hledání militárií a jiných cenností, což oslovilo i mně a rozhodl jsem se touto problematikou zabývat.

Při výběru tématu pro diplomovou práci jsem se opíral o mou předešlou bakalářskou práci s názvem Zařízení pro detekci kovů a jejich principy. Bakalářská práce se zabývala rozborem a návrhem ručního detektoru kovů fungujícím na principu potlačeného magnetického pole. Detektor reagoval na všechny kovy, ale nedokázal je rozeznat. Navíc vzdálenost detekce u použitého principu byla v jednotkách centimetrů. Proto jsem se rozhodl v problematice detekce kovů pokračovat a vytvořit takový ruční detektor kovů, který bude mít nejen větší dosah, ale bude také schopen rozeznávat různé druhy kovů a následně je vhodně signalizovat.

Na základě dostupných informací jsem se rozhodl pro návrh a realizaci detektoru kovů, který pracuje na principu zázněje. Jde o dříve nejrozšířenější princip, který je v dnešní době nahrazován jinými principy jako např. vysílač - přijímač, pulzně indukční, atd. Jedná se o analogový pohybový detektor kovů, který je určen pro povrchové hledání a je schopen rozeznávat různé druhy kovů, což je signalizováno pomocí zvukové odezvy. Při realizaci tohoto detektoru kovů byl kladen důraz na jednoduchou manipulaci, opravitelnost přístroje a nízké výrobní náklady.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 DETEKTORY KOVŮ

Detektory kovů slouží hlavně k ochraně života a zdraví osob, ochraně majetku. Další využití je spíše jako netradiční koníček při hledání kovových mincí, relikvií, militarií. Z těchto důvodů je jejich oblast použití následující: letiště, soudy, vězení a nápravná zařízení, vojenské prostory, elektrárny, státní budovy, školství, petrochemické závody, domácí hobby, potravinářský průmysl, atd.

Oblast použití, míra zabezpečení, potřeby zákazníka a jiné požadované vlastnosti určují, jaký princip detekce se použije, jakou bude mít detektor citlivost, odezvu, počet detekčních zón, aj. Níže jsou uvedeny oblasti, ve kterých se detekce kovů využívá:

- Rámové detektory kovů
- Ruční detektory kovů pro fyzickou bezpečnostní kontrolu
- Ruční detektory kovů Hobby
- Detektory kovů v obuvi
- Detektory kovů v tělních dutinách
- Detekční dopravníky
- Potrubní systémy
- Propadové systémy
- Farmaceutické detektory

Průmysl i domácí hledači pokladů zvyšují své nároky na detektory kovů. Vývoj v této oblasti je neustálý. Inovace se zabývá hlavně zvýšením dosahu, určením tvaru a vlastností detekovaného materiálu, zlepšením ergonomických vlastností, aj.

Tato práce se zajímá hlavně o ruční detektory kovů a jejich funkční principy. Ostatní výše uvedené typy detektorů jsou popsány ve své bakalářské práci "Zařízení pro detekci kovů a jejich principy". [9]

2 RUČNÍ DETEKTORY KOVŮ

Ruční detektory kovů se dělí do několika základních kategorií. Podle oblasti použití se rozdělují hlavně na ruční detektory kovů pro fyzickou bezpečnostní kontrolu a ruční detektory kovů Hobby. Z pohledu uživatele jsou rozděleny hlavně na analogové a digitální. Dále je možné rozdělit detektory na pohybové a bezpohybové. V neposlední řadě se pak rozdělují detektory podle funkčního principu, na kterém pracují (kapitola 3).

2.1 Ruční detektory kovů pro fyzickou bezpečnostní kontrolu

Ruční detektor kovů pro bezpečnostní prohlídku se používá pro vyhledávání kovových zbraní, především ručních palných zbraní u osob. [1]

Dříve byly detektory téměř stejné. Jejich tvar, velikost i detekční charakteristiky byly podobné. Po technologické stránce by inovace byla možná, ale z bezpečnostních důvodů ne. Síla signálu byla omezena kvůli používání kardiostimulátorů u nemocných lidí. Při hledání větších kovových předmětů velikosti palných zbraní nebyl problém. Ten nastal při hledání menších kovových předmětů. Slabší pole nemohlo proniknout tělem nebo detekovat kov na větší vzdálenost. Ruční skenování bylo prováděno z těsné vzdálenosti po povrchu celého těla a pokrývalo jen malou plochu. Skenování bylo obtížné a trvalo dlouhou dobu. Indikace síly signálu byla nízká a nedalo se s jistotou určit, zda u kovového zipu není schován třeba drobný řetízek. Proto se ruční detektory používali spíše jen jako doplněk u průchozích detektorů kovů (rámový detektor kovů). V případě signalizace rámového detektoru sloužily pro dohledání kovového předmětu a určení přesné polohy na těle kontrolované osoby (obr. 2). Mnoho průchozích detektorů totiž neumělo určit polohu kovového předmětu vůbec nebo jen jeho přibližné umístění na těle.

V dnešní době se jednotlivé typy detektorů liší více. Velikost a tvar je stále trochu podobný, to je dáno hlavně ergonomií a váhou. Mění se hlavně pořizovací cena a to řádově od 1000 Kč do 8000 Kč. Ta je dána především citlivostí, silou signálu, nastavením, signalizací, ergonomií, odolností, výdrží baterie, atd. Nové detektory už neovlivňují kardiostimulátor, přenosné magnetické média (paměťové karty, disky) ani jiné elektronické zařízení. Pro představu nových funkcí a vlastností je v kapitole 2.1.1 uveden nový ruční detektor kovů pro fyzickou bezpečnostní kontrolu Ebinger SC 61.

2.1.1 Ruční bezpečnostní detektor kovů Ebinger

Jeden z nejoblíbenějších ručních bezpečnostních detektorů kovů je Ebinger SC 61 (Obr. 1). Detektor využívá řada profesionálních bezpečnostních firem, ale také třeba celní nebo policejní jednotky Německa, Belgie atd. V SC 61 se dokonale spojují technické funkce, ovládání a design, a je tak vysoce vhodný k profesionálnímu použití. Sonda Ebinger SC 61 je navržena tak aby co nejlépe a nejrychleji mohla prozkoumat i větší plochy. To šetří čas při bezpečnostních kontrolách a značně to přispěje k rychlé práci obsluhy. [10]



Obrázek 1: Ruční bezpečnostní detektor kovů Ebinger SC 61 [10]

SC 61 pracuje na principu útlum. Pokud se v blízkosti sondy nachází kovové předměty, způsobí vizuální a zvukovou indikaci. Při vysoké intenzitě signálu se automaticky detektor přepne do statického režimu vyhledávání. Základní dynamické hledání do značné míry kompenzuje možné rušení prostředí kde je skenování prováděno.



Obrázek 2: Dohledání kovového předmětu pomocí ručního detektoru kovů [10]

2.2 Ruční detektory kovů Hobby

Jedná se o detektory, které slouží k hledání kovových předmětů v terénu. Dříve se využívaly především v armádním odvětví pro hledání větších kovových předmětů (např. miny). Takové detektory jsou záměrně méně citlivé, aby nereagovaly na každý drobný předmět - přínosem je spíše větší hloubkový dosah. Postupně se jeho použití rozšířilo např. do stavebnictví, archeologie, těžby a jiných průmyslových aplikací a v neposlední řadě jde také o netradiční koníček. Pro běžného člověka v terénu je pak přínosem, aby bylo na detektoru možné nastavit požadované vlastnosti: diskriminace, separace, citlivost, rychlost reakce, hloubkový dosah, pinpoint, atd. Detektory mohou být analogové nebo digitální, pohybové a bezpohybové, a liší se také fyzikálním principem, na kterém pracují. Velikost a tvar hledací cívky je také důležitý. Právě různé funkce a principy fungování detektorů mění jejich způsob využití a tím se zvyšuje i cena, která od nejlevnějších 3000 Kč stoupá až k 120000 Kč. Na obr. 3 je ruční detektor kovů XP DEUS V3.2 PRO (cca 40000 Kč). Níže jsou pak uvedeny nejdůležitější vlastnosti detektoru uvedených na stránkách prodejce, technická data jsou uvedena v příloze PI.

2.2.1 Ruční detektor kovů hobby XP DEUS



Obrázek 3: Detektor kovů XP DEUS V3.2 PRO [12]

DEUS je technologickým průlomem a jedná se o skutečnou inovaci vývoje detektoru kovů. Patentovaná architektura je založena na třech prvcích. Hledací cívka, hlavní jednotka a audio sluchátka. Tyto komponenty jsou jedinečné v tom, že navzájem komunikují prostřednictvím digitálního bezdrátového spojení. Výkon, rychlost, přesnost, lehkost a kompaktnost, to vše bylo dosaženo díky špičkovým komponentům vyvinutých nejnovějšími technologiemi. Hledací cívka obsahuje základní prvky pro zpracování signálu. Tyto signály již nemusejí být přenášeny klasickým způsobem pomocí kabelu do hlavní jednotky, ale jsou digitalizované a analyzovány přímo v ultra-miniaturním digitálním obvodu, který výrazně zlepšuje kvalitu zachyceného signálu. Tento obvod je integrován v hledací cívce a analyzované signály posílá v reálném čase bez zpoždění do sluchátek a do dálkového ovládání (hlavní jednotky) pomocí bezdrátového spojení. [11]

Lze vypnout hlavní jednotku a DEUS pracuje dále. Pomocí bezdrátových sluchátek je možné samostatně ovládat detektor, což umožní po odepnutí hlavní jednotky snížit hmotnost detektoru na pouhých 875 g. Při absenci hlavní jednotky vám sluchátka umožní ovládat všechny důležité nastavení: Citlivost, diskriminaci, odladění půdního efektu, pracovní kmitočet (4 kHz, 8 kHz, 12 kHz, 18 kHz), počet tónů a další. Včetně již dříve vytvořených programů pomocí dálkového ovládání. Nová patentovaná teleskopická konstrukce vyniká nejen svou snadností a rychlostí při sestavování než běžné konstrukce, ale přináší i pohodlnější uchopení díky své tvarované gumové rukojeti a zlepšenému operačnímu úhlu. Nabíjení a aktualizace software pomocí USB. [11]

2.3 Ruční analogové a digitální detektory kovů

2.3.1 Analogové detektory kovů

Obdržený signál u analogového detektoru kovů (obr. 4) je přijímací cívkou sondy pouze zesílen, zmodulován a následně ho jako takový pak slyšíme buď ve sluchátkách, nebo z reproduktoru.



Obrázek 4: Analogový detektor kovů FISHER 1270 [14]

To má určité výhody, ale také nevýhody. Za největší výhodu je považováno, že nic není zpracováno složitým mikroprocesorem a softwarem, vyhodnoceno je přímo to, co vychází z cívky. Velkou nevýhodou tohoto systému je pro většinu lidí, zvláště nezkušené hledače, poněkud nejasná a nejednoznačná odezva. Dobrý signál se musí od toho nechtěného rozeznat jen podle toho, zda je čistý a jasně ohraničený ze všech směrů (barva), nebo v opačném případě mizí a jen popraskává (železo). Člověk nesmí být pohodlný kopat hraniční signály (pravidlo – když si nejsi jistý, kopej), k tomu si musí uvědomit, že ideálních a jasných signálů už dnes zase až tolik není. Ten kdo se však naučí analogový detektor kovu používat a poslouchat, bude mít určitě úspěch. [13]

Pro podrobnější popis analogových detektorů kovů je v příloze PII popsán detektor kovů FISHER 1270. Uvedeno je přibližné nastavení tohoto detektoru a jeho základní funkce.

2.3.2 Digitální detektory kovů

Jedná se o detektor kovů s LCD obrazovkou (obr. 5), na které lze sledovat kromě velkých čísel označujících pravděpodobnou elektromagnetickou vodivost detekovaného předmětu také řadu jiných užitečných údajů a grafů. Čísla jsou zde od 0 do 100 a také odpovídají polohám diskriminačního potenciometru analogového detektoru FISHER 1270. Je zde také i zvukové, neboli audio rozlišení. Dle potřeby si může uživatel vybrat z 1, 2, 3 nebo 4 tónů nebo i multitónu. K zajištění všech těchto funkcí jsou určeny mikroprocesory a software umístěný v ovládacím boxu detektoru, kde dochází k digitálnímu zpracování/převodu signálu (přicházejícího z přijímací cívky sondy detektoru). [13]



Obrázek 5: Digitální detektor FISHER F 70 [13]

Z toho vyplývá i hlavní výhoda digitálních detektorů kovů = velké množství informací pro přesnou analýzu signálů. Nevýhodou ovšem je, že dokud mikroprocesory ve spojení se softwarem nebudou dostatečně rychlé a dokonalé, výsledné signály vycházející od kovových předmětů v zemi budou digitalizací osekány a zkresleny. S tím se často setkáme hlavně u levnějších digitálních detektorů, které právě kvůli pomalému a nepřesnému mikroprocesoru mohou vydávat falešné signály. Pak se lehce může stát, že hledač spoléhající se výhradně na displej takového detektoru stále čeká na ideální signál a díky tomu přechází spoustu signálů reálných, které jeho digitální detektor neumí jednoznačně zařadit. [13]

Nejdražší digitální detektory kovů mají velmi rychlou odezvu a zkreslení signálu nehrozí. Pro většinu lidí je však vysoká cena problém a proto sahají raději po koupi nebo

konstrukci analogových detektorů. Digitální detektor kovů konstruovaný doma, nemusí být tak přesně vyladěn a takový detektor může mít menší dosah nebo dlouhou odezvu.

2.4 Ruční pohybové a bezpohybové detektory kovů

Další možné dělení je na detektory pohybové a bezpohybové. Většinu pohybových detektorů je také možné přepnout do bezpohybového režimu (pinpoint). Takový detektor má však v režimu pinpoint ovlivněnou diskriminaci, nebo diskriminace nefunguje vůbec.

Pohybovým detektorem se neustále pohybuje ze strany na stranu asi jako při sečení trávy. Ve chvíli, kdy se přejede nad cílem, detektor vydá tón nad jeho středem. Pokud se detektor nad cílem zastaví, signál zmizí - detektor signalizuje, jenom když zaznamená náhlou změnu v elektromagnetickém poli. [15]

Bezpohybovým detektorem se vyhledává stejně, ale signál se zesiluje už při přibližování k předmětu, pokud zůstane detektor přímo nad ním, bude znít stálý signál, jehož tón a hlasitost se mění s velikostí, hloubkou a materiálem předmětu. Bezpohybový detektor se hodí k pomalejšímu a pečlivému prohledání vymezeného úseku, detektor perfektně rozlišuje barevné kovy v záplavě železného smetí. Tyto detektory uvidíme nejčastěji v rukou archeologů. Detektorem je potřeba pohybovat v konstantní výšce nad zemí a vyžaduje přesné nastavení vlivu země. Proto se pro běžné hledání používají detektory pohybové. [15]

3 PRINCIPY DETEKTORŮ KOVŮ

Ruční detektory kovů pro povrchové hledání mohou pracovat na různém fyzikálním principu. Níže je uveden seznam nejznámějších nebo nejpoužívanějších principů. Některé z nich už jsou popsány ve své bakalářské práci "Zařízení pro detekci kovů a jejich principy" [9], ale pro lepší přehled jsou stručně popsány i s dalšími principy v kapitole 2.1.

Některé fyzikální parametry hledacích cívek a důležité vzorce, které bude potřeba při výrobě a konstrukci detektoru kovů, jsou kvůli přehlednosti odvozeny a uvedeny až v kapitole 5. Jedná se především o rezonanční kmitočet, činitel jakosti a intenzitu magnetického pole cívky.

3.1 Způsoby zaměřování pro povrchové hledání

- Způsob změny kmitočtu
- Způsob zázněje
- Způsob utlumení vířivými proudy
- Způsob vysílač - přijímač
- Způsob velmi nízkého kmitočtu
- Způsob pulzně indukční
- Způsob rezonanční

3.1.1 Způsob změny kmitočtu

Ačkoli tento způsob není téměř vůbec využíván pro čisté zaměřování, je přesto v rámci této diplomové práce vysvětlen. Protože je tento princip snadno pochopitelný, dává možnost i laikům seznámit se krok za krokem i s principy funkce složitějších postupů. Později je vidět, že např. způsob zázněje je jen vylepšením způsobu změny kmitočtu. Blokové schéma tohoto principu je uvedeno na obrázku 6. [5]

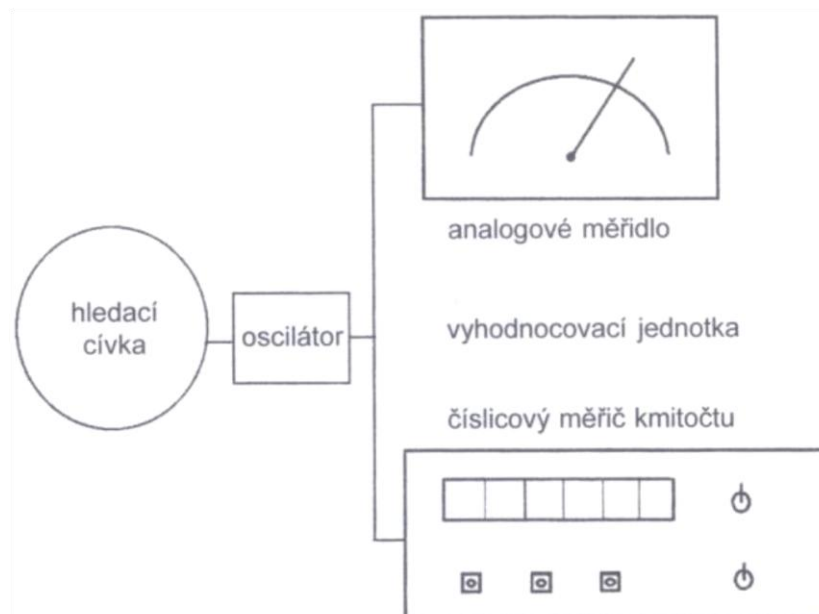
Základem tohoto postupu je malý vysílač (oscilátor) kmitající na jistém kmitočtu. Obvyklé jsou kmitočty kolem 100 kHz. Tyto vlny jsou vyzařovány anténou tvořenou cívkou v pohyblivé sondě. Je-li vysílač zapnut, je kolem sondy vytvořeno elektromagnetické pole. Kmitočet oscilátoru je přitom určován oběma částmi kmitavého okruhu: cívkou a kondenzátorem. Tento kmitočet se nazývá rezonančním kmitočtem a vypočítává se Thomsonovým vzorcem (1), který je odvozen v kapitole 5.1.

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{LC}}; [Hz] \quad (1)$$

Ve vztahu je f kmitočet [Hz], L je indukčnost [H] a C je kapacita [F]. Tento vzorec je použitelný i pro oscilační obvody, u kterých jsou kondenzátor a cívka spojeny paralelně. Kmitočet určuje spolu s kapacitou tzv. vlastní indukčnost (samoindukce) cívky. Tato veličina je pro zaměřování velmi důležitá, neboť se za jistých podmínek může měnit. Jednou z příčin může být přibližování se kovového předmětu k sondě. Změnou vlastní indukčnosti se mění také rezonanční kmitočet kmitavého obvodu. To má za následek, že oscilátor kmitá na (nepatrně) odlišném kmitočtu. [5]

Kterým směrem se kmitočet mění, záleží na druhu kovu. Vzhledem k tomu, že feromagnetické kovy, jako např. železo, zvětšují vodivost cívky, zvětšují i vlastní indukčnost. Tím se sníží kmitočet oscilačního obvodu. Kovy jako např. měď, stříbro nebo zlato zmenšují vlastní indukčnost cívky a výsledkem je vyšší kmitočet. [5]

Prokázat tyto změny kmitočtu tak, aby je bylo možno při praktickém hledání spolehlivě rozpoznat, je poněkud obtížné. Vzhledem k tomu, že zde ani měřiče kmitočtu nezaručují potřebné výsledky, byl při hledání lepšího zprostředkování vyhledávacího signálu vyvinut nový postup, o kterém pojednává kapitola 3.1.2. [5]

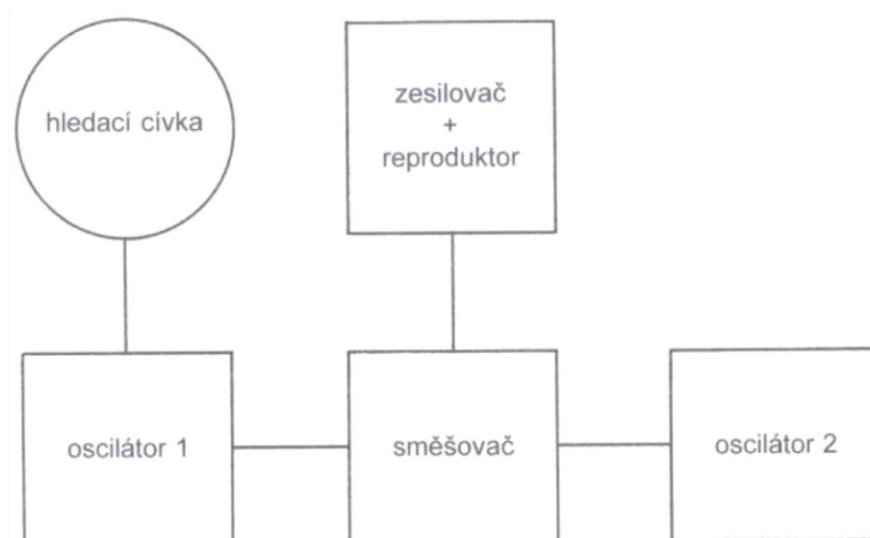


Obrázek 6: Blokové zapojení způsobu se změnou kmitočtu [5]

3.1.2 Způsob zázněje

Detektory fungující na tomto principu se označují BFO (Beat Frequency Oscillator). Tento princip vychází z požadavku spolehlivé indikace i malých změn kmitočtu. Ve vyhledávací praxi se využívá jevu, který vzniká, jestliže se překrývají dva nepatrně odlišné kmitočty: zázněj. Zázněj je výsledkem směšování kmitočtů dvou oscilátorů, jejichž frekvenční rozdíl spadá do slyšitelné oblasti. Tento rozdíl kmitočtů (zázněj) je vyhodnocen jako zaměřovací signál. [5]

Jak je z blokového zapojení zřejmé (obr. 7), je záznějový způsob poněkud složitější než způsob změny kmitočtu. Důležitou částí, která přibývá, je druhý, pokud možno kmitočtově stabilní oscilátor. Jeho část určující kmitočet, kmitavý obvod, je proveden tak, aby vznikal konstantní kmitočet. Často bývá takovýto oscilátor stabilizován krystalem. Je-li nyní kmitočet oscilátoru, jehož cívka je provedena jako hledací sonda, naladěn tak, že jeho kmitočet odpovídá téměř kmitočtu druhého oscilátoru, vzniká ve vyhodnocovací elektronice slyšitelný tón, jehož kmitočet závisí jen na rozdílu kmitočtů obou oscilátorů. Princip funkce tohoto způsobu je jednoduchý: změní-li se kovovým předmětem vlastní indukce cívky oscilátoru, jehož cívka je provedena jako sonda, změní tento oscilátor svůj kmitočet, neboť se změní rezonanční kmitočet jeho kmitavého obvodu. To má za následek, že se také změní rozdíl kmitočtů (výška tónu zázněje), což lze využít jako zaměřovací signál. [5, 4]



Obrázek 7: Blokové zapojení přístroje se záznějem (BFO) [5]

U tohoto způsobu je možno při zaměřování zjistit, zda se jedná o feromagnetické předměty (železo) nebo o jiné kovy, neboť v prvním případě se vlastní indukčnost cívky

zvětší, tím poklesne kmitočet, rozdíl kmitočtů se zvětší a tím se zvětší i výška tónu. Naopak je-li kmitočet zvýšen neželezným kovem v oblasti sondy, způsobený zmenšením vlastní indukčnosti hledací cívky, zmenší se kmitočtový odstup (výška tónu) a zaměřovací signál je hlubší. Tyto předpoklady však platí jen tehdy, je-li zaměřovací signál naladěn tak, že hledací oscilátor kmitá pod kmitočtem pevného oscilátoru. [5, 4]

Detektory na principu zázněje (interference) byly nejrozšířenějšími elektronickými hledači kovů. V dnešní době už se tento princip téměř nepoužívá. Mezi nejrozšířenější detektory patří ty, které pracují na principu VLF/TR (Very Low Frequency / Transmitter - Receiver) a PI (Pulse Induction), které jsou popsány v dalších kapitolách.

3.1.3 Způsob utlumení vířivými proudy

Pro lepší pochopení je uvedeno na obrázku 8 blokové schéma. Průchodem proudem cívkou vzniká magnetické pole a působí do okolí. Je-li v okolí elektricky vodivý předmět, magnetické siločáry při částečném průchodu přes jeho materiál vytváří v jeho vodivých nehomogenních vrstvách vířivé proudy. [7]

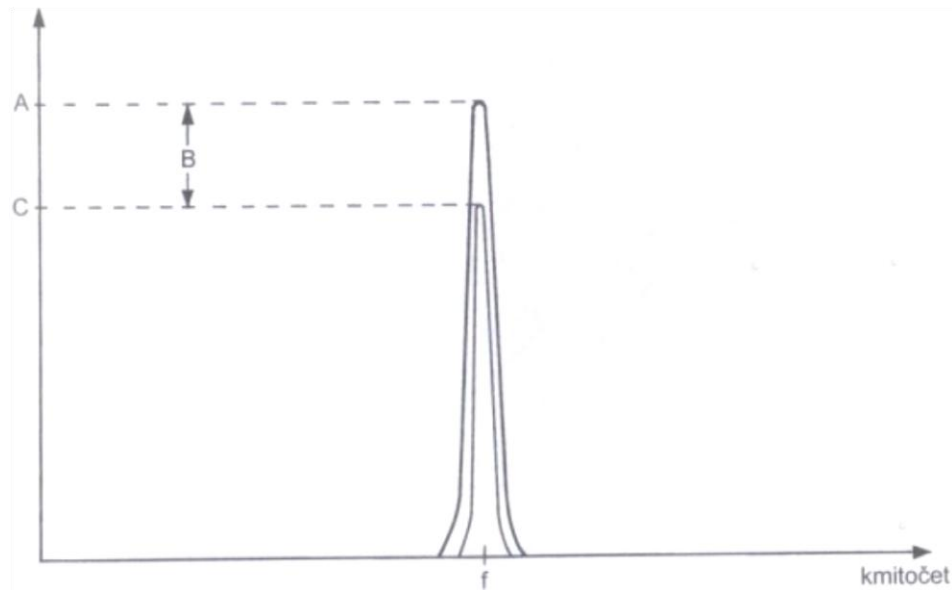
Tyto vířivé proudy, které jsou v elektrotechnice vzhledem k parazitnímu charakteru obávány a proto všude potlačovány, jsou zde žádány, neboť vytvářejí něco, co je hlavní při zkoumání funkčních principů následujících detektorů kovových předmětů: sekundární elektromagnetické pole. Toto sekundární pole ovlivňuje opět náš vysílač, neboť je k původně vznikajícímu poli směřováno opačně. Tím dochází k pohlcení výkonu našeho vysílače, což se projeví ve zmenšení jeho amplitudy. To je možno spolehlivě rozpoznat dohlížecím a vyhodnocovacím zařízením a převést na proměnlivý zvukový signál. V této souvislosti se hovoří o utlumení amplitudy oscilátoru, což dalo tomuto postupu i jméno: princip utlumení. Vzhledem k tomu, že tato absorpce nastává polem s měnící se polaritou, je běžný také název: způsob střídavého pole. [5]



Obrázek 8: Blokové zapojení přístroje na principu změny střídavého pole [5]

Jak je vznik střídavého pole rozpoznán a co následuje ve vyhodnocovacím a dohlížecím zařízením? Princip funkce je vysvětlen na obrázku 9:

1. Oscilátor kmitá na kmitočtu f .
2. Vysílá konstantní výkon A , nazývaný také konstantní amplituda.
3. Vířivými proudy v předmětu vzniká sekundární pole, které působí v opačném směru. Následkem toho se amplituda sníží o hodnotu B a amplituda dosahuje pouze hodnoty C . Toto je vyhodnocovacím zařízením rozpoznáno a odpovídajícím způsobem převedeno obvykle na akustický signál. [5]



Obrázek 9: Průběhy ve vyhodnocovací jednotce [5]

Protože sondou vyzařované primární pole se vzdáleností rychle klesá, je velice rychle dosaženo hranice možností zaměřování. Jestliže si ještě uživatel uvědomí, že s tímto nepatrným polem musí být vytvářeny vířivé proudy, které dají vzniknout indikovanému sekundárnímu poli, je brzo jasné, že tento způsob je používán ve většině případů pouze pro povrchové vyhledávání. [5]

Oblasti použití: Přístroje na principu tlumení vířivými proudy bývají používány převážně při vyhledávání bojových prostředků. Jejich výhodou je možnost otočení sondy o 90° . Okrajem sondy je pak možná téměř bodová lokalizace. Předpokladem ovšem je, že se předmět nalézá v povrchové oblasti. Další výhodou je jednoduché použití a obsluha. Mnohé přístroje mají pouze jeden ovládací knoflík. Jestliže se však z toho odvozuje, že jsou tyto přístroje obzvláště levné, je to naprosto nesprávné. Požadavky na tyto přístroje vzhledem k jejich vojenskému použití se podstatně odrážejí v ceně. Mechanická stabilita, ochrana proti korozi, automatická kompenzace vlastností půdy a rychlá signalizace důležitých vyskytujících se chyb mají vliv na cenu. [5]

3.1.4 Způsob vysílač - přijímač

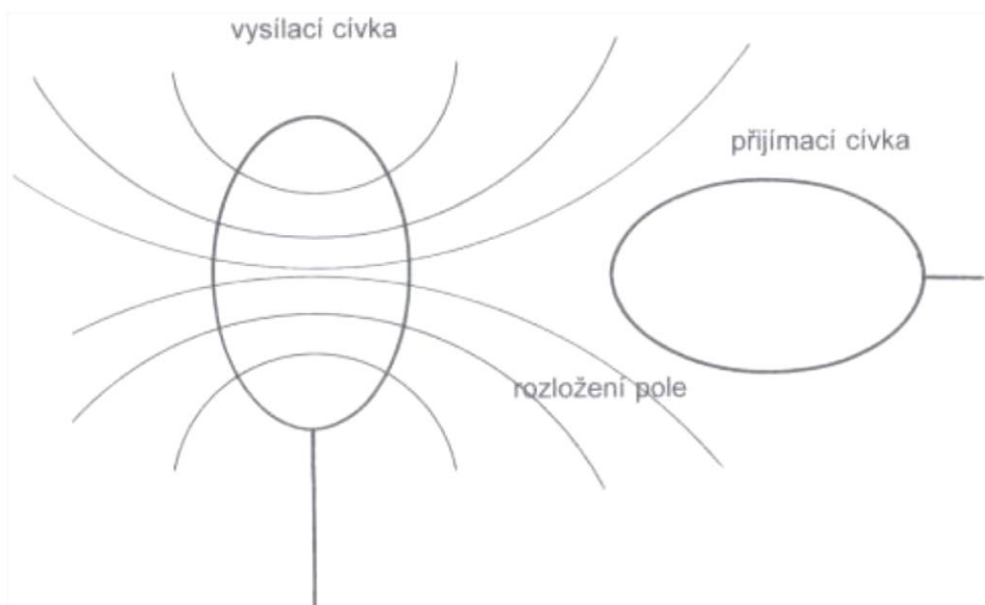
Způsob vysílač - přijímač, nazývaný zkráceně TR (Transmitter - Receiver) je nejrozšířenější princip používaný u ručních detektorů kovů. Bývá někdy označován také IB s vyváženou indukčností (Induction Balance). Někdy je používáno správně obou zkratk: TR-IB. Poslední možnost značení je VLF/TR (Very Low Frequency), zde ale funguje princip na nízkých kmitočtech a je více popsán v závěru této kapitoly.

Byl vyvinut na základě následujícího poznatku. Jestliže se podaří umístit v systému cívek (systém sondy) vinutí vysílací cívky tak, že nevyzařuje do cívky přijímací, podařilo se vytvořit oddělený cívkový systém. Tím se otvírají pro vyhledávání kovových předmětů vynikající možnosti, neboť tento oddělený stav má dvě důležité výhody:

- v oblasti sondy se nechá relativně snadno ovlivnit kovovým předmětem
- signál přijímače je pln cenných informací, které umožňují např. rozeznávání druhu kovu

Aby tento způsob bezvadně fungoval, musí být překonány některé technické překážky, neboť oddělení musí být spolehlivé, jinak je přijímač zahlcen bezprostředně sousedícím vysílačem. Tím by byl signál naprosto nepoužitelný. Pro uskutečnění potřebného oddělení je možno použít tří různých postupů:

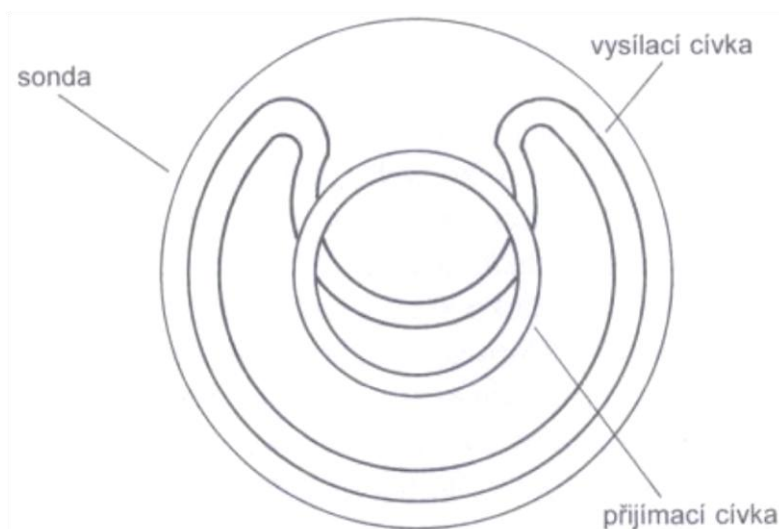
- a) Přijímací cívka není s vysílací cívkou ve stejné rovině, nýbrž obě cívky jsou k sobě kolmé (devadesátistupňové oddělení).



Obrázek 10: Průběh siločar při devadesátistupňovém oddělení [5]

Z obrázku 10 je zřetelné, že jen nepatrné množství siločar prochází přijímací cívkou a je možno je vhodnými prostředky kompenzovat. Tato možnost oddělení je dosud nejstarší známý způsob realizace. Byla použita již více než před padesáti lety.

- b) Přijímací cívka se nachází s vysílací cívkou v jedné rovině. Přitom jsou cívky umístěny tak, aby bylo vzájemné ovlivňování co nejmenší. Experimentálně byly nalezeny různé vhodné tvary cívek, jako např. na obrázku 11. Výroba těchto cívek je však poměrně drahá, neboť je nutno dodržet určité tolerance a jsou potřebné podstatné vyvažovací práce, při kterých je dosaženo požadovaného oddělení jemným doladováním. Tyto sondy jsou citlivé zejména na pronikání vlhkosti a na silné sluneční záření. Na základě podstatných pokroků ve výrobě se tyto sondy již mezitím prosadily a oblast detektorů TR se bez nich neobejde. Rozlišují se uzavřené sondy různých průměrů a tzv. "Open Center Coils" (cívky s otevřeným středem), které mají ve středu několikacentimetrové otvory. Jejich průměry se pohybují obvykle mezi 20-25 cm. Pro hloubkové vyhledávání jsou nabízeny sondy s většími průměry, se kterými však mohou být problémy při praktickém hledání vzhledem k jejich nesnadné ovladatelnosti a hmotnosti. Pro bodové vyhledávání existují i malé sondy. Zde platí, čím menší průměr, tím menší hloubka vyhledávání.

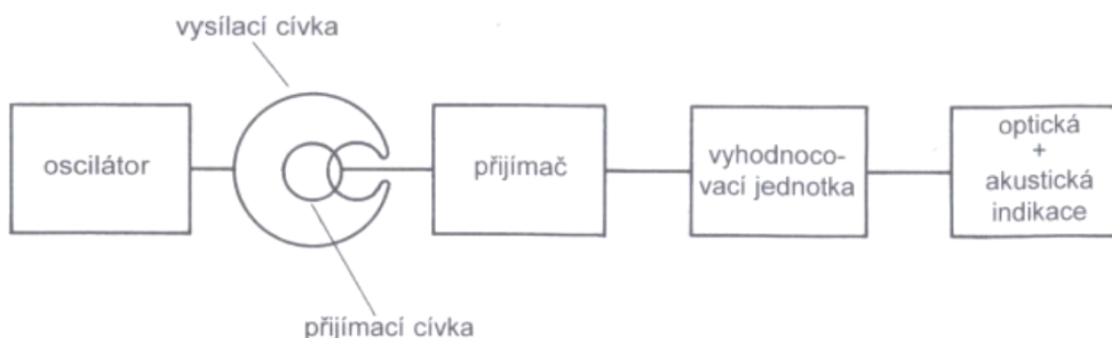


Obrázek 11: Umístění cívek v sondě [5]

- c) Speciálně pro vyhledávání předmětů ve velkých hloubkách bylo vymyšleno jiné řešení. Na základě prostorového oddělení vysílací a přijímací cívky bylo dosaženo dodatečným oddělením 90° , že průběh pole mezi cívkami zasahuje do většího prostoru. To bylo také dosaženo podstatně většími cívkami. Tento způsob však není

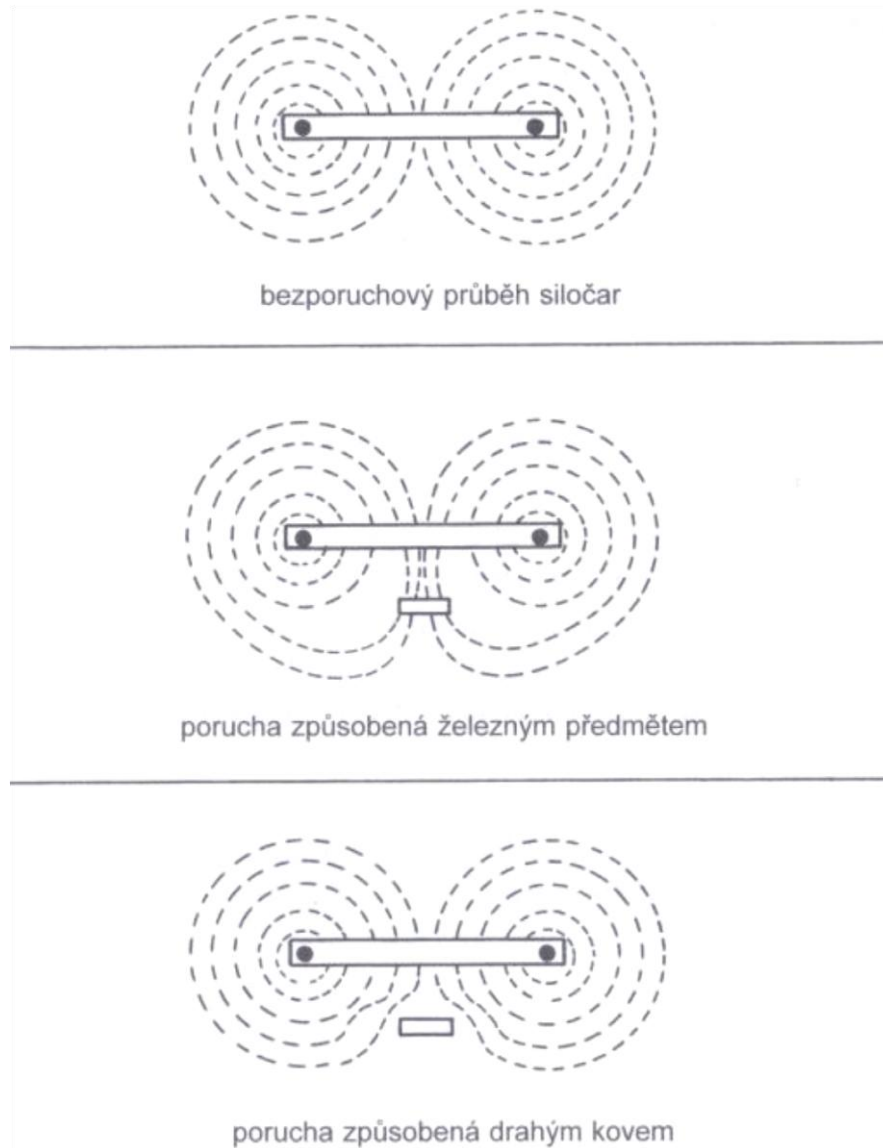
bez problémů. Podrobněji se touto možností zabývá kapitola o hloubkovém zaměřování, kterou se však my zaobírat nebudeme. [5]

Jestliže se zvolil některý ze způsobů oddělení, je možno využít sekundárního pole a nabízených výhod. Je totiž možno přijímaný signál rozložit a analyzovat. Takto získané znalosti dovolují vyhodnotit údaje o hledaném předmětu dříve, než je odkryt. Blokované zapojení (obr. 12) ještě jednou znázorňuje funkční princip. Přitom se využívá jevu, který je podmíněn odlišnou magnetickou vodivostí různých kovů. To má za následek, že elektromagnetické pole, které se dostane do blízkosti železného předmětu, se na tomto místě zhuští, tedy koncentruje, neboť jednotlivé siločáry se pokoušejí jít cestou nejmenšího odporu a probíhají předmětem. Toto chování je při metodě TR žádoucí, neboť přivádí předem obtížné dosažené oddělení mezi vysílací a přijímací cívkou z rovnováhy. Protože tento poměr byl předtím pracně vytvořen (vybalancován), nazývá se také někdy tento postup "balanční indukčnost". [5]



Obrázek 12: Blokované zapojení jednoduchého detektoru typu TR [5]

Další princip funkce lze snadno popsat a porozumět mu. Porušení rovnováhy rozložení siločar se dostane do přijímací cívky a vytváří v ní signál vhodný k vyhodnocení. Jak siločáry pole reagují na kovy s různou magnetickou vodivostí, ukazuje obrázek 13. Tato reakce, tedy narušení vyváženého pole, převažuje nad známým jevem vířivých proudů, který se přirozeně také vyskytuje. Jím vzniklé sekundární pole hraje však podřadnou roli oproti deformaci pole feromagnetickými předměty. Oba jevy se překrývají, dominující je však deformace pole. U kovů s dobrou elektrickou, avšak špatnou magnetickou vodivostí se pole předmětu přímo vyhýbá. Přijímaný signál je možno dále analyzovat k získání dalších informací o objektu. [5]



Obrázek 13: Kovové předměty mění průběh siločar pole [5]

- Způsob velmi nízkého kmitočtu

Zkratka VLF znamená Very Low Frequency (velmi nízký kmitočet). Tento způsob je spíše modifikace detektoru kovů na principu TR. Konstrukce detektoru zůstává stejná (vysílací - přijímací cívka), ale od dříve používaných kmitočtů (100 kHz - 500 kHz) se kmitočtová oblast pohybuje kolem hodnoty 10 kHz. Změna kmitočtu na nižší hodnotu má svůj důvod a tím je tzv. skin (povrchový jev). Jedná se o zvyšující se odpor půdy vůči vznikajícím vysokým kmitočtům. Ukázalo se, že snížení kmitočtu na oblast kolem 10 kHz je v terénu lépe použitelné.

Detektory VLF/TR mají velice dobrou schopnost diskriminace (rozeznávání kovů). S čím však mají detektory problémy, jsou silně mineralizované půdy. Jde například o černý

písek v některých částech USA, čedičové vyvěřeliny na území ČR (České středohoří), červený písek v Austrálii, atd. Tyto problémy řeší novější přístroje vysíláním více kmitočtů současně. Takovým způsobem mají být rozeznány a vyloučeny změny vodivosti půdy. Dalším možným řešením je použití detektoru kovů fungujícím na principu pulzně indukčním, který je popsán v kapitole 3.1.5. [6]

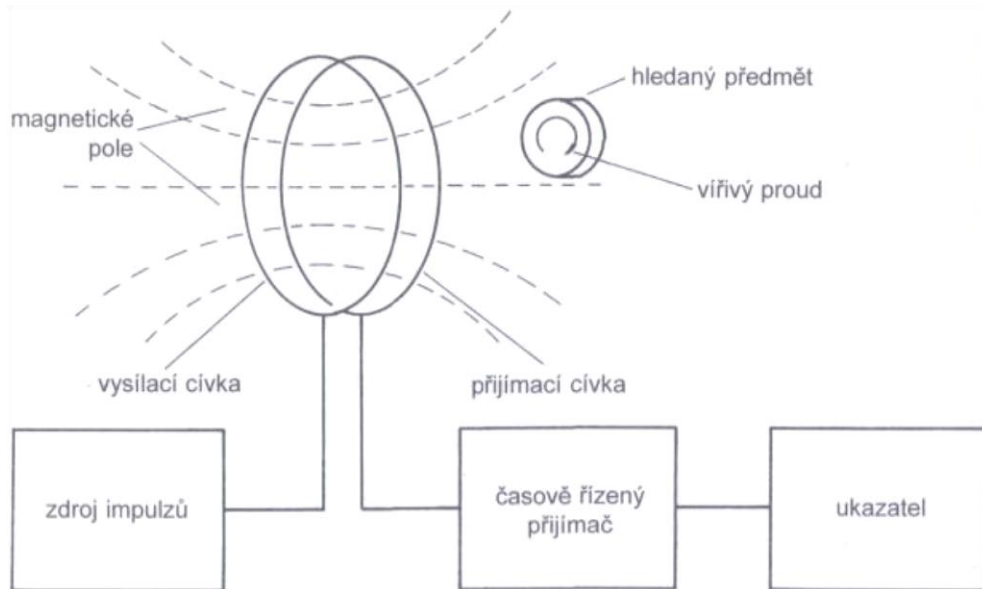
3.1.5 Způsob pulzně indukční

Dosud popsané způsoby měly jedno společné. Bylo vyzařováno spojité pole, jehož změny, vzniklé vniknutím kovových předmětů do průběhu siločar, bylo možno vyhodnotit. Pulzně indukční způsob (PI - Pulse Induction) pracuje zcela jinak. Od ostatních způsobů se odlišuje zásadně ve dvou bodech:

- časové oddělení vysílaného signálu a okamžiku zapnutí přijímače
- používané sondy nejsou součástí kmitavého obvodu

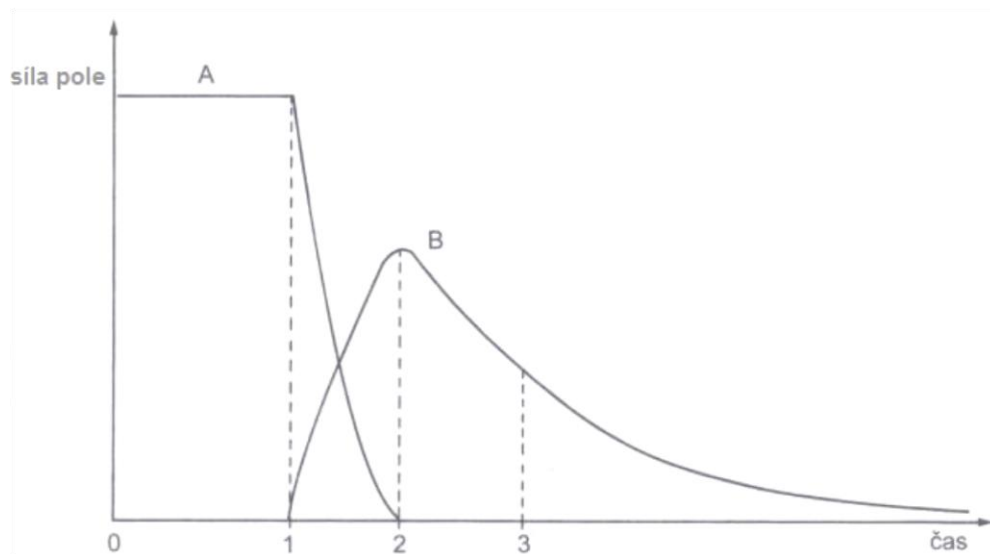
Další funkci lze vysvětlit následovně. Zatímco u dosud popsaných způsobů vytvářel oscilátor stálé elektromagnetické pole, potřebné mimo jiné pro vznik vířivých proudů, protéká u pulzně indukčního způsobu cívkou hledací sondy stejnosměrný proud ve formě krátkých impulzů, v poslední době i řadou impulzů různé intenzity. Tím je vytvořeno časově krátké, avšak silné magnetické pole, které po svém skončení potřebuje jistý čas k úplnému zaniknutí. Je-li v blízkosti sondy kovový předmět, vzniká v něm vířivý proud, který má za následek vznik magnetického pole kolem předmětu. Po vypnutí stejnosměrného impulzu toto pole pomalu odeznívá a indukuje v přijímací cívkě - to může být i na příjem přepnutá vysílací cívka - napětí, které je možno po zesílení dále analyzovat a vyhodnotit. Na blokovém zapojení (obr. 14) je znázorněn princip činnosti přístroje využívající popsaného principu. [5]

Tajemství pulzně indukčního způsobu je skutečně v časovém oddělení vysílaného a přijímaného signálu. Tato skutečnost dovoluje použití podstatně většího magnetického pole, které se kladně projevuje ve vytváření vířivých proudů v hledaném kovovém předmětu. Důležité přitom je, že se technicky postupuje tak, že po malém bezpečnostním časovém úseku se zapne přijímač a pokouší se mezitím probíhající zanikání vířivých proudů zjistit a blíže analyzovat. [5]



Obrázek 14: Blokové zapojení pulzně indukčního přístroje [5]

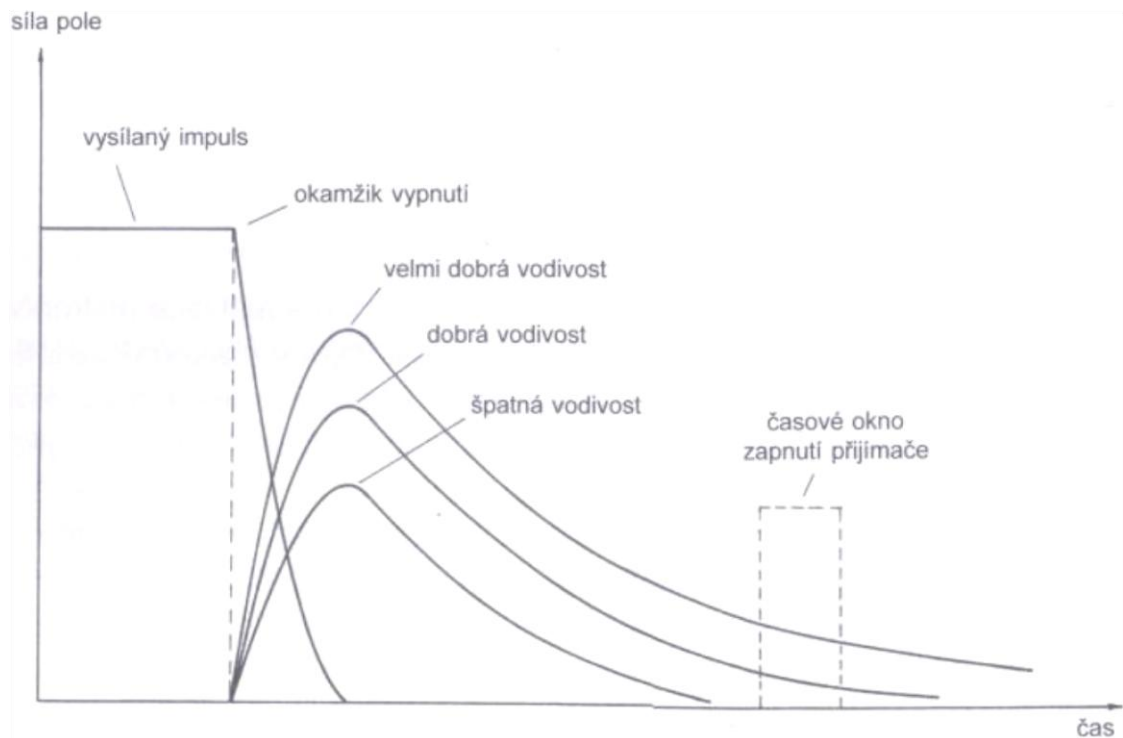
Doba zapnutí přijímače bývá nazývána časové okno. Většina přístrojů má pohyblivé časové okno, které činí přijímač tím citlivější, čím blíže jej lze umístit k primárnímu impulzu. Při tom je nutno minimalizovat tzv. kapacitní jev, kterému vzájemně podléhají jednotlivé závity cívky. Tento jev je tím menší, čím větší je vzájemný odstup vinutí. Proto je zde používán vodič s tlustou izolací z umělé hmoty. Měděný lakovaný drát zhoršuje výsledky vyhledávání. Jak vypadají časové průběhy při vyhledávání, ukazuje diagram na obr. 15. V časovém okamžiku 0 je zapojen stejnosměrný impulz. Ten vytváří ihned ve vysílací cívce magnetické pole o intenzitě A . V časovém okamžiku 1 je proud vypnut a magnetické pole zaniká. V časovém okamžiku 2 zcela zaniklo. V tomto okamžiku dosahuje však vířivým proudem vyvolané magnetické pole maxima a pomalu zaniká. Průběh zanikání se řídí z fyziky známou exponenciální funkcí. V okamžiku 3, kdy již zanikly všechny pole A podmíněné děje, je zapojena rychlým elektronickým spínačem přijímací cívka, ve které jsou dosud trvajícím magnetickým polem B indukována napětí. Tento funkční princip je stejný u všech pulzně indukčních způsobů. [5]



Obrázek 15: Časový průběh doznívání [5]

Za podmínky časového oddělení vysílacího impulsu a aktivace přijímače mohou být vyráběna silná magnetická pole, která dají i v poměrně vzdálených předmětech vzniknout vířivým proudům vyvolávajícím ještě použitelná sekundární pole. Tento fyzikální jev předurčuje pulzně indukční způsob k jednomu z vůbec nejvýkonnějších způsobů. [5]

Rozeznávání kovů nebylo dříve u mnoha přístrojů na principu pulzně indukčním optimální. Protože zde není k dispozici pro vyhodnocení změněná fáze přijímaného signálu, musí být blíže analyzováno a vyhodnoceno časové zanikání v sondě indukovaných napětí v době časového okna. Intenzita vířivých proudů vznikajících v objektu a tím i intenzita cívkou přijímaných signálů je závislá na elektrické vodivosti hledaného kovového předmětu. Čím větší je jeho vodivost, tím silnější je v předmětu vznikající vířivý proud a tím delší je i jeho zanikání. To znamená, že při stejně velkých předmětech je časový důkaz vířivými proudy vzniklého magnetického pole u stříbra možný později než např. u železa s jeho relativně špatnou elektrickou vodivostí. Diagram na obr. 16 znázorňuje tyto poměry. Je zřejmé, že zapnutí přijímací cívky ve vhodném okamžiku (časové okno) dovoluje rozeznání ušlechtilých kovů. Pole kovu se špatnou vodivostí v tomto čase již zaniklo a není již indikováno. [5]



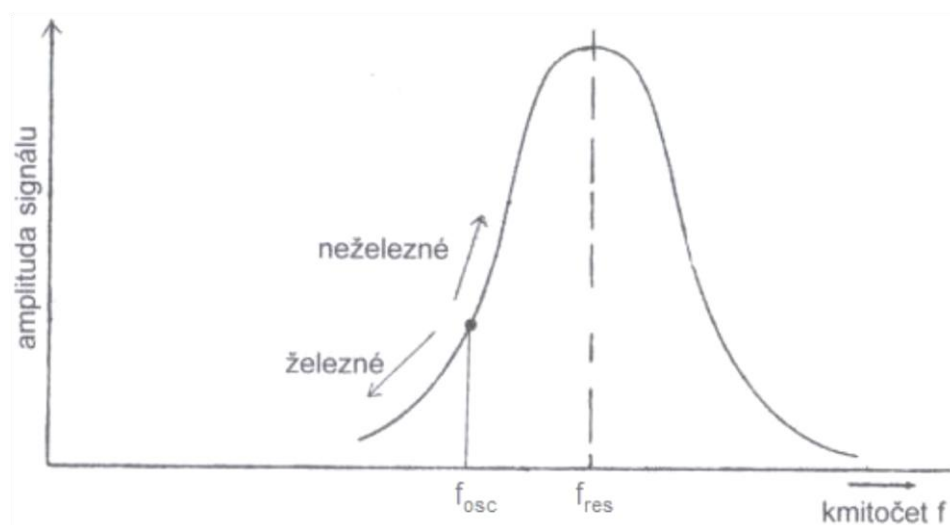
Obrázek 16: Doznívání kovů různé vodivosti [5]

Hlavní problém je však v různých velikostech hledaných předmětů. Velký železný předmět má přibližně stejný průběh zanikání pole jako menší předměty z mědi, stříbra nebo zlata. I zde učinila elektronika v posledních letech velké pokroky. Poměrně nákladnou mikroprocesorovou technikou je analyzován průběh zanikání přijímaného pole a stanoveny různé vodivosti. Tím se stalo rozlišování kovů u pulzně indukčních přístrojů podstatně spolehlivější. Vzhledem k tomu, že při tomto způsobu lze vyloučit chybové signály z mineralizovaných půd, rozšířil se pulzně indukční způsob úspěšně v mnoha oblastech použití. Vzhledem k necitlivosti na slanou vodu je pulzně indukční způsob přednostně používán v mořských oblastech. [5]

3.1.6 Způsob rezonanční

Při popisu způsobu vířivými proudy bylo zřejmé, že kovové předměty mohou zmenšovat amplitudu kmitů oscilátoru. Tento jev, avšak v jiné souvislosti, je využíván i u způsobu rezonančního. K tomu je však zapotřebí zvláštního druhu oscilátoru: krystalový oscilátor. Krystalový výbrus má všeobecně úlohu stabilizovat kmitočet oscilátoru, který jinak podléhá stále jisté nestabilitě (drift). Dosahováno je to rozkmitáváním tenkého plátku křemenného krystalu, umístěného obvykle v kovovém pouzdře. Kmitočet, který přitom vzniká, je nazýván rezonančním kmitočtem a je závislý až do jistého kmitočtu na síle

použitého plátku. S tímto rezonančním kmitočtem je možno násobením nebo dělením získat další stabilní vyšší nebo nižší kmitočty. Výhoda stabilizace krystalem v tomto způsobu vyplývá z fyzikální skutečnosti, že se rezonanční kmitočet krystalu dá rozladit jen v nepatrném rozmezí. Je-li tato oblast překročena velkým rozladěním oscilátoru, zmenší se amplituda a kmity zanikají, neboť se celý oscilátor nachází mimo rezonanční kmitočet. Maximum amplitudy oscilátoru se dosahuje, je-li kmitočet oscilátoru rovný rezonančnímu kmitočtu krystalu. Při praktickém hledání se navíc využívá známé skutečnosti, že drahé kovy zvyšují kmitočet oscilátoru, zatímco kovy železné jej snižují. [5]



Obrázek 17: Účelná volba hledacího kmitočtu u metody vysazení [5]

Naladí-li se nyní kmitočet oscilátoru tak, že se nachází na nejstrmější části rezonanční křivky (obr. 17), dochází u neželezných předmětů ke zvýšení kmitočtu a tím k velmi dobře vyhodnotitelnému vzrůstu amplitudy. Předmět ze železa způsobuje naopak klesající amplitudu, resp. vede k přerušení kmitání oscilátoru. Protože je možno měnit polohu kmitočtu oscilátoru na rezonanční křivce, nabízí se tento způsob zejména u těžkých půd. Vyladěním elektroniky na stávající druh půdy je již detektor optimálně nastaven. To přináší výhody pro praktický provoz. Zejména v Austrálii byly oblíbeny přístroje s vysazováním rezonančních kmitů u tamějších hledačů valounů zlata, neboť jimi bylo možno hledat i ve vysoce mineralizovaných půdách. [5]

3.2 Způsoby hloubkového zaměřování v zemi a pod vodou

Tyto detektory používají takové principy, které jsou popsány buď v kapitole 3.1, nebo jsou pro tuto diplomovou práci nepodstatné. Jedná se o principy, které mají větší hledací cívkou, konstrukci i hloubkový dosah a nedají se použít do ručního detektoru

navrhovaného v této práci. Některé detektory jsou tak velké, že je musí obsluhovat i více lidí. Jsou uzpůsobeny pro velký dosah, a proto jsou méně citlivé pro předměty uložené v menších hloubkách a mnohdy na ně nereagují vůbec. Seznam používaných principů u hloubkového zaměřování v zemi a pod vodou:

- VLF - velkoplošné sondy
- Velkoplošné sondy pro způsob pulzně indukční
- Magnetometr
- Magnetometr s protonovou rezonancí
- Způsoby zaměřování kabelů
- Půdní radar
- Potápěčské pohyblivé sondy
- Magnetometr pro potápěče
- Magnetometr s protonovou rezonancí pro potápěče
- Sonar
- Side scan sonar
- Sedimentový sonar

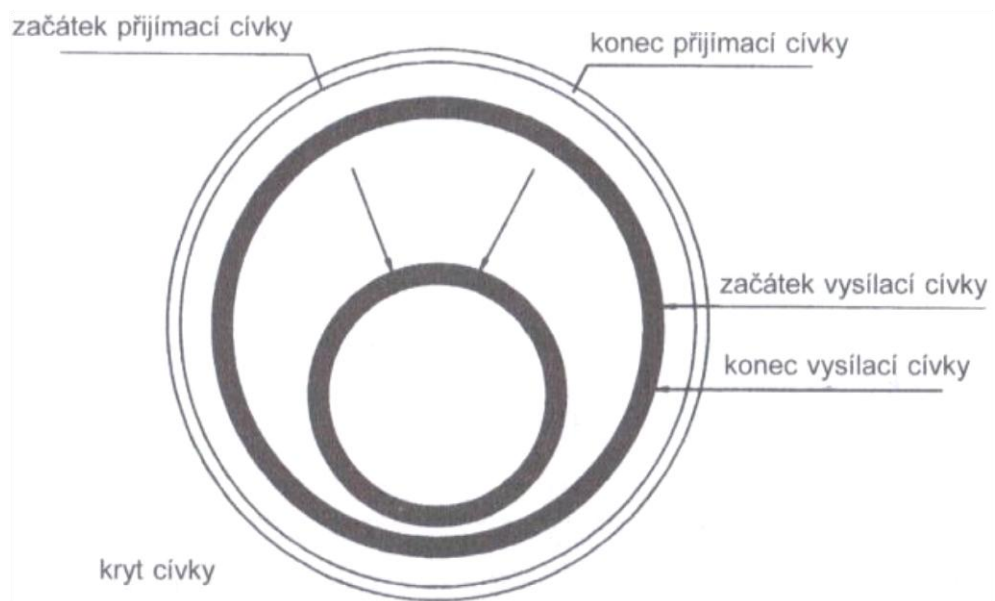
4 KONSTRUKCE HLEDACÍCH CÍVEK

U hledačů kovů plní cívky dva důležité úkoly. Ve vysílací fázi jsou kovy ležící v zemi magnetizovány působením známých vlastností polí. Během přijímací fáze přijímá cívka zbytkový magnetismus, který přetrvává působením vířivých proudů o velmi rozdílných energetických hodnotách a předává tyto signály dále na zesilovač, dříve než kov tuto energii opět vstřebá. V přijímací fázi tento zbytkový magnetismus vždy přímo souvisí se změnami indukčnosti cívky. [3]

Konstrukce hledacích cívek je rozdělena podle tvaru a vzájemného uspořádání vysílací a přijímací cívky. Existuje několik dalších tvarů a způsobů vinutí cívek, které si nechalo mnoho radioamatérů patentovat. Pro naše potřeby ovšem stačí uvést pouze pět nejpoužívanějších cívek (viz obrázek 18 - 23).

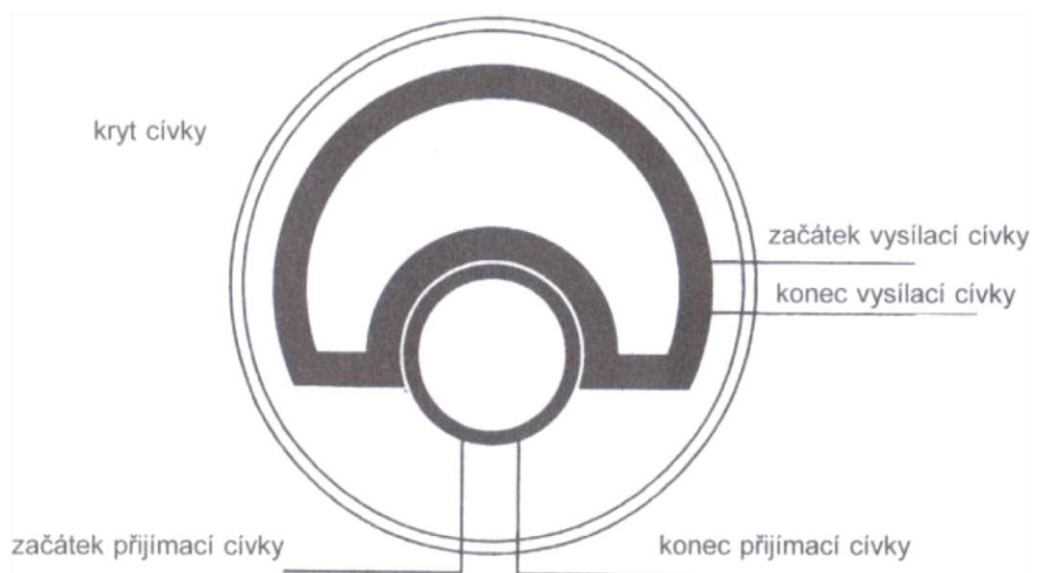
Cívky, o kterých chceme pojednat pro náš případ použití, se vyrábějí zpravidla z měděných spékavých smaltovaných vodičů. To jsou měděné dráty potažené spékavou vrstvou laku. Vinutí, v němž se nechá cívkou protékat zvýšený proud, se tak fixuje do svého tvaru. Ve zvláštních případech mohou být cívky vyrobeny i ze stříbrného drátu nebo jiného dobře vodivého materiálu (přírodně v podobě drátu). Pro velmi rychlé pulzně indukční hledače doporučujeme použít smaltované dráty s velmi silnou vrstvou laku, aby se zmírnil známý, ale nežádoucí kondenzátorový efekt a aby se prostorově zvětšily odstupy závitů. [3]

- Excentrická konstrukce cívky



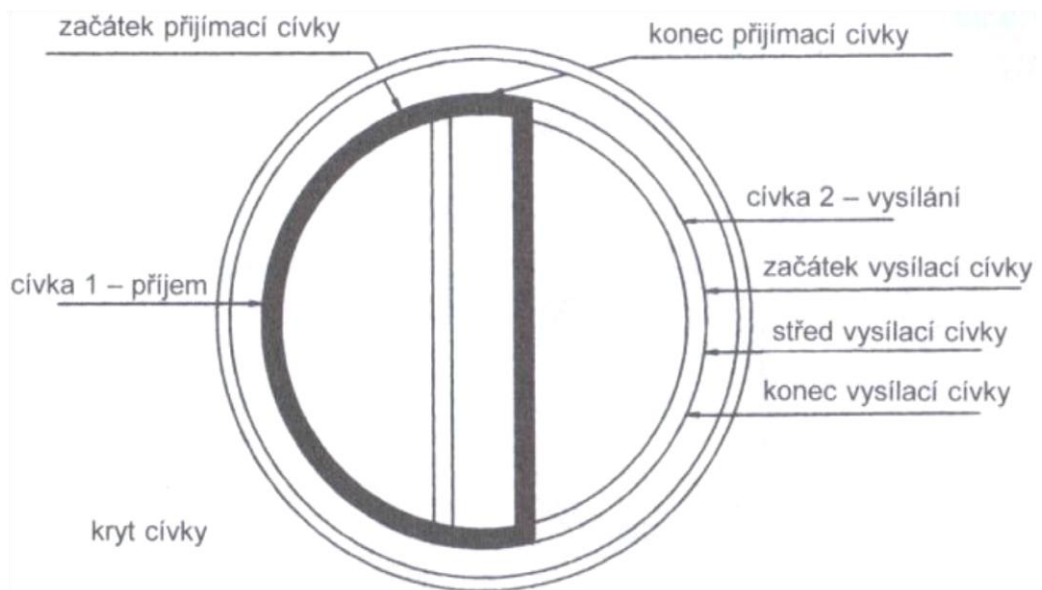
Obrázek 18: Hledací cívky s excentrickým uspořádáním [3]

- Koncentrická konstrukce cívky



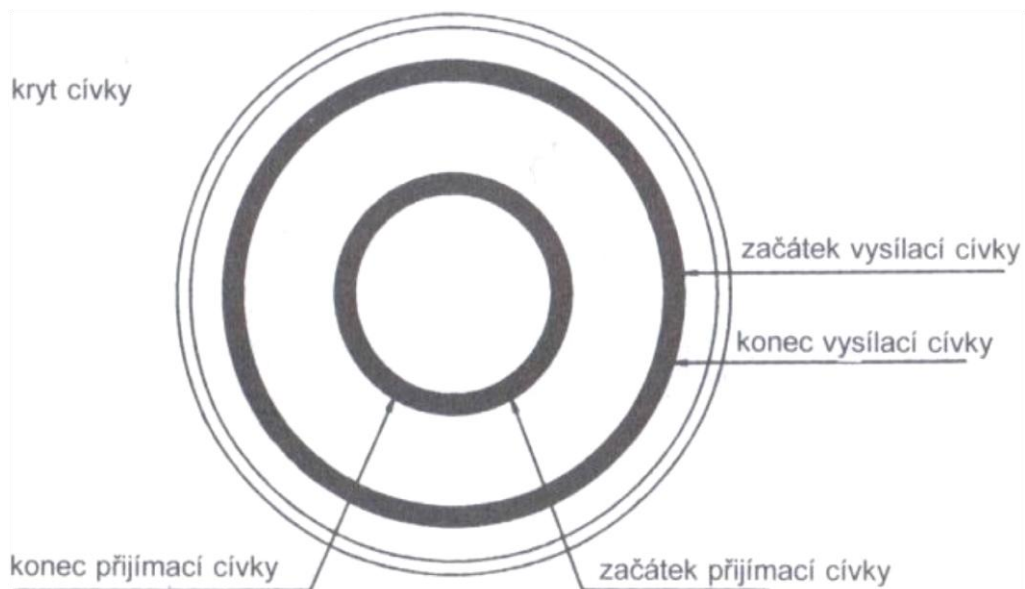
Obrázek 19: Hledací cívky s koncentrickým uspořádáním [3]

- Dvojitá konstrukce D



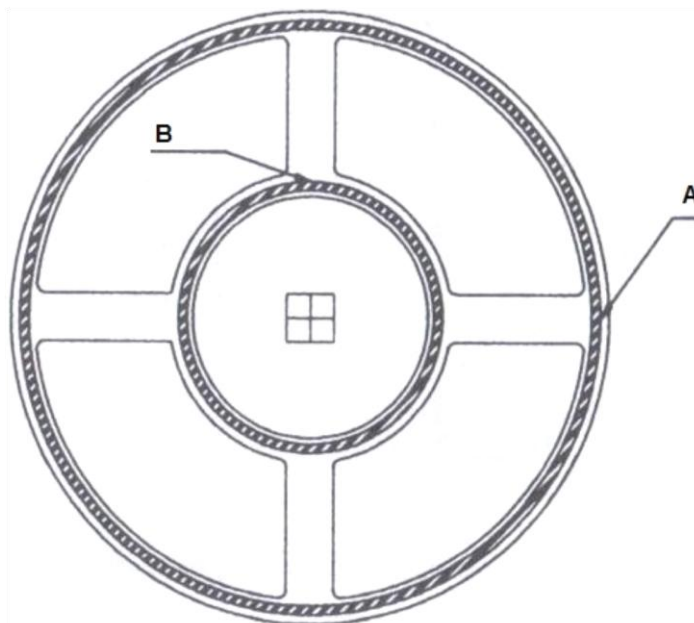
Obrázek 20: Hledací cívky s dvojitým uspořádáním ve tvaru D [3]

- Koplanární konstrukce cívky



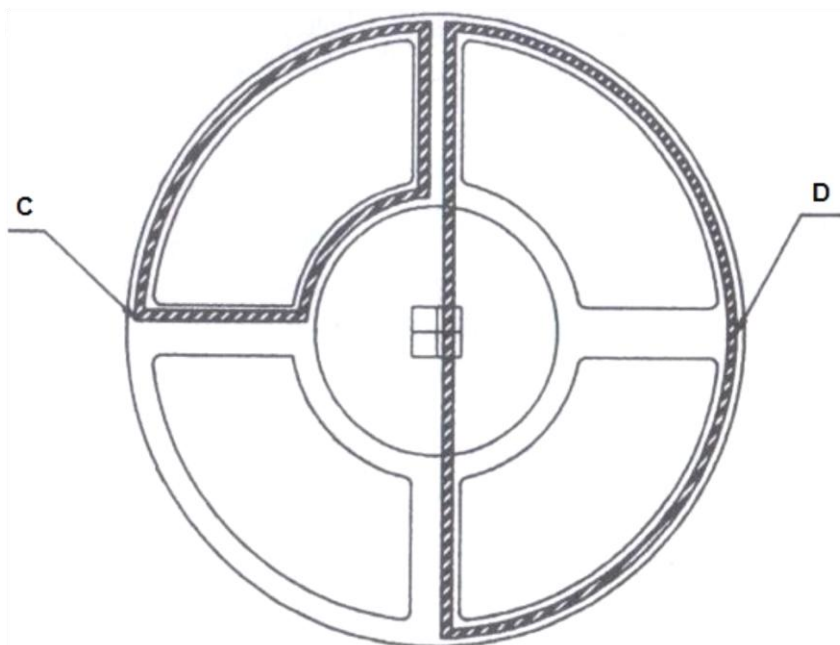
Obrázek 21: Hledací cívky s kruhově symetrickou (soustřednou) stavbou [3]

- Zvláštní provedení hledací cívky



Obrázek 22: Konstrukce vysílací a přijímací cívky [3]

A - vysílací cívka, B - přijímací cívka



Obrázek 23: Poloha kompenzačních cívek [3]

C - čtvrtinová kompenzační cívka, D - poloviční kompenzační cívka

5 ODVOZENÍ PARAMETRŮ HLEDACÍCH CÍVEK

Tato práce se zabývá konstrukcí detektoru kovů BFO, který pracuje na principu zázněje. Zjednodušený princip je popsán v kapitole 3.1.2. V této kapitole je uvedeno několik fyzikálních parametrů, které jsou potřebné ke konstrukci detektoru, hlavně pak k výrobě a naladění cívky.

5.1 Rezonanční obvody

U kmitočtových detektorů kovů jsou hledací cívky součástí rezonančních obvodů. Indukčnost cívky spolu s vlastní a přidanou kapacitou tvoří zpravidla paralelní rezonanční obvod. Při rezonančním kmitočtu je reaktance indukčnosti rovna reaktanci kapacity viz vzorec (2) dle [4, 3]:

$$X_L = X_C; [-] \quad (2)$$

což vyjádřeno kruhovým rezonančním kmitočtem ω_r dává Thomsonův vztah

$$\omega_r L = \frac{1}{\omega_r C}; [-] \quad (3)$$

ze kterého vznikne jednoduchou úpravou

$$\omega_r^2 = \frac{1}{LC}; [s^{-1}] \quad (4)$$

a dosazením za $\omega_r = 2\pi f_r$ vychází Thomsonův vzorec pro rezonanční kmitočet

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}; [Hz] \quad (5)$$

5.2 Kvalita rezonančního obvodu

Rezonanční obvod je charakterizován nejen rezonančním kmitočtem, nýbrž i kvalitou rezonančního obvodu Q (činitel jakosti). Je to bezrozměrné číslo, poměr mezi induktivním nebo kapacitním odporem a ohmickým (ztrátovým) odporem. Činitel jakosti paralelního rezonančního obvodu (6) je vyjádřen výrazem dle [4, 3]

$$Q = \frac{R_p}{\omega_r L}; [-] \quad (6)$$

Pro sériový rezonanční obvod je činitel jakosti (7) dán poměrem reaktance při rezonanci k činnému odporu

$$Q = \frac{\omega_r L}{R_S}; [-] \quad (7)$$

Odvozením vzorce pro činitel jakosti Q obvykle většina učebnic končí. Pro zjištění, který z rezonančních obvodů je vhodnější pro vyzáření co největšího výkonu a pro hledače kovů vytvoření co největšího magnetického pole v okolí hledací cívky je nutno porovnat činný výkon obou rezonančních obvodů.

Výkon (8) je obecně dán vzorcem uvedeným dle [4]

$$P = \frac{U^2}{R}; [W] \quad (8)$$

Pro paralelní rezonanční obvod platí při použití vzorce (6):

$$P_P = \frac{U^2}{Q\omega_r L}; [W] \quad (9)$$

Pro sériový rezonanční obvod platí při použití vzorce (7) obdobně

$$P_S = \frac{QU^2}{\omega_r L}; [W] \quad (10)$$

Za předpokladu, že indukčnosti, rezonanční kmitočty a činitele jakosti obou rezonančních obvodů jsou shodné, platí pro poměr výkonu na paralelním a sériovém rezonančním obvodu

$$\frac{P_P}{P_S} = \frac{\frac{U^2}{Q\omega_r L}}{\frac{QU^2}{\omega_r L}}; [-] \quad (11)$$

Krácením a jednoduchou úpravou lze zjednodušit na

$$\frac{P_P}{P_S} = \frac{1}{Q^2}; [-] \quad (12)$$

Výsledný vztah je pak

$$P_P \cdot Q^2 = P_S; [-] \quad (13)$$

Z toho plyne, že za jinak stejných okrajových podmínek, především při použití střídavého zdroje s nulovým vnitřním odporem, je vyzářený výkon ze sériového obvodu Q^2 krát větší než u paralelního rezonančního obvodu. Proto je výhodné zapojit u kmitočtových hledačů kovů typu vysílač - přijímač (TR) indukčnost vysílací části hledací cívky do sériového

rezonančního obvodu. Větší vyzářený výkon vybudí v hledaném předmětu intenzivnější vířivé proudy a podstatně tak vzroste dosah přístroje. [4]

5.3 Intenzita magnetického pole cívky

Citlivost a šumovou imunitu detektorů kovů určuje především intenzita magnetického pole vysílaného cívkou do prostoru. Na první pohled je to záležitost počtu závitů, napájecího napětí a odporu cívky. Z technického pohledu je intenzita magnetického pole H [$A \cdot m^{-1}$] ve středu cívky s jednotkovým poloměrem dána zjednodušeně "ampéřzávit", tedy počtem závitů z , násobeným protékajícím proudem I dle [4]:

$$H = zI; [A \cdot m^{-1}] \quad (14)$$

Proud protékající cívkou při napětí U lze za ustáleného stavu vypočítat z Ohmova zákona při znalosti celkového odporu R :

$$I = \frac{U}{R}; [A] \quad (15)$$

Přičemž odpor cívky R je roven odporu r jednoho závitu, násobeného celkovým počtem závitů z . Dosazením do vzorce (14) lze tak získat pro sílu magnetického pole H :

$$H = \frac{zU}{rz}; [A \cdot m^{-1}] \quad (16)$$

a vykrácením počtu závitů z vychází:

$$H = \frac{U}{r}; [A \cdot m^{-1}] \quad (17)$$

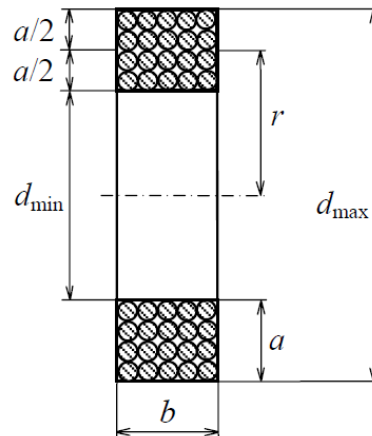
Závěr je překvapivě jednoduchý: intenzita magnetického pole H emitovaného cívkou s jednotkovým poloměrem závisí jen na napájecím napětí a odporu jednoho jejího závitu. [4]

5.4 Indukčnost vícevrstvé vzduchové cívky

V praktické části bude vyrobena vícevrstvá vzduchová cívka. Její indukčnost se ověří pomocí Wheelerova vztahu (18-1), který je uveden v literatuře [21]:

$$L = \frac{3,15 \cdot N^2 \cdot r^2}{6r + 9b + 10a}; [\mu H; cm, cm, cm] \quad (18-1)$$

L - indukčnost, N - počet závitů, r - poloměr vinutí cívky, a - výška vinutí cívky, b - délka vinutí cívky. Hodnoty lze vyčíst z obrázku 24.

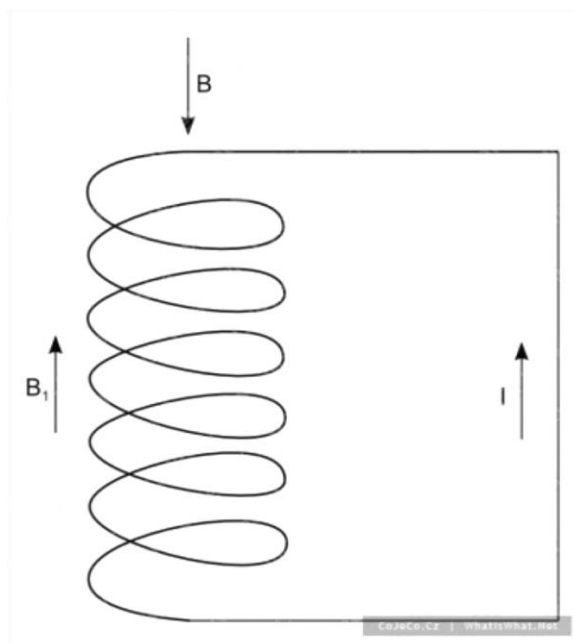


Obrázek 24: Řez vícevrstvou vzduchovou cívkou [21]

5.5 Lenzovo pravidlo

U hledacích cívek detektorů kovů je jedno významnější pravidlo, které udává směr indukovaných proudů v kovových předmětech. Takové vířivé proudy vyvolávají magnetické pole, které pak přístroje indikují a ukazují tak přítomnost kovu.

Lenzovo pravidlo: Indukovaný proud má vždy takový směr, že jeho účinky působí proti změnám, které jej vyvolaly (obr. 25). [4]



Obrázek 25: Lenzovo pravidlo[16]

Do hledaného předmětu proniká z hledací cívky střídavé magnetické pole, které indukuje vířivé proudy takového směru, že tím vytvářené sekundární magnetické pole působí proti původnímu primárnímu poli.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 VÝBĚR VHODNÉHO PRINCIPU PRO NÁVRH DETEKTORU

Tato práce se zabývá nejen analýzou vhodných principů využitelných u ručních detektorů kovů, ale také návrhem, realizací a ověřením jednoho z uvedených principů. Na základě teoretického rozboru běžně používaných principů byl vybrán princip záněže, na kterém pracuje například i detektor kovů TRANSET 150 uvedený v polském časopise *Praktyczny Elektronik* 3/1995 [17], jeho podrobnější specifikace jsou uvedeny v kap. 6.1. Při výběru vhodného principu jsem se nechal inspirovat tímto detektorem. Využívaný princip u tohoto detektoru splňoval i mé předpoklady a to je důraz na jednoduchou ovladatelnost, konstrukci a opravitelnost detektoru. Tento detektor je vhodný na rozpoznávání i různých kovových materiálů, které jsou signalizovány pomocí akustického tónu. Správná signalizace vybraných kovových materiálů, tj. výška tónu zvukové odezvy byla ověřena po realizaci detektoru.

6.1 Ruční detektor kovů TRANSET 150

Jak již bylo uvedeno, toto zapojení nejvíce vyhovovalo výše zmíněným požadavkům, tj. rozpoznávání různých kovových materiálů, jednoduchá ovladatelnost, konstrukce a snadná údržba detektoru. Potenciometrem P1 se nastavuje záněž tak, že ve sluchátkách by mělo být slyšet ticho, vrčení nebo tikot. Potenciometrem P2 se nastavuje hlasitost detektoru. Ladění a nastavení záněže se provádí až po zkompletování celého detektoru. Nejdůležitější část detektoru je hledací cívka. Výroba a rozměry použité hledací cívky jsou podrobně popsány v kapitole 6.4.

6.1.1 Technické údaje detektoru TRANSET 150

Výrobce uvádí následující technické údaje [17]:

Napájení: 9 V baterie;

Spotřeba: 5,6 mA při použití 1k Ω sluchátek;

Rozměry: (0,23 x 0,23 x 1,25) m;

Hmotnost: 0,9 kg;

Detekce: kovy (železo, měď, zlato, stříbro, atd.);

Cívka: průměr 20 cm;

Dosah: podle velikosti hledací cívky a velikosti, tvaru a typu kovu.

Výrobce uvádí, že detektor při použití sondy s průměrem 30 cm dokáže detekovat hliníkovou desku na vzdálenost až 1,5 m. Rozměry hliníkové desky a teoretický dosah detektoru, je uveden v tabulce 1. V prvním sloupci tab. 1 jsou rozměry detekované hliníkové desky, v druhém sloupci je uveden teoretický dosah detektoru měřený v laboratorních podmínkách, ve třetím sloupci uvádí výrobce dosah detektoru v terénu. [17]

Tabulka 1: Dosah detektoru TRANSET 150 dle výrobce [17]

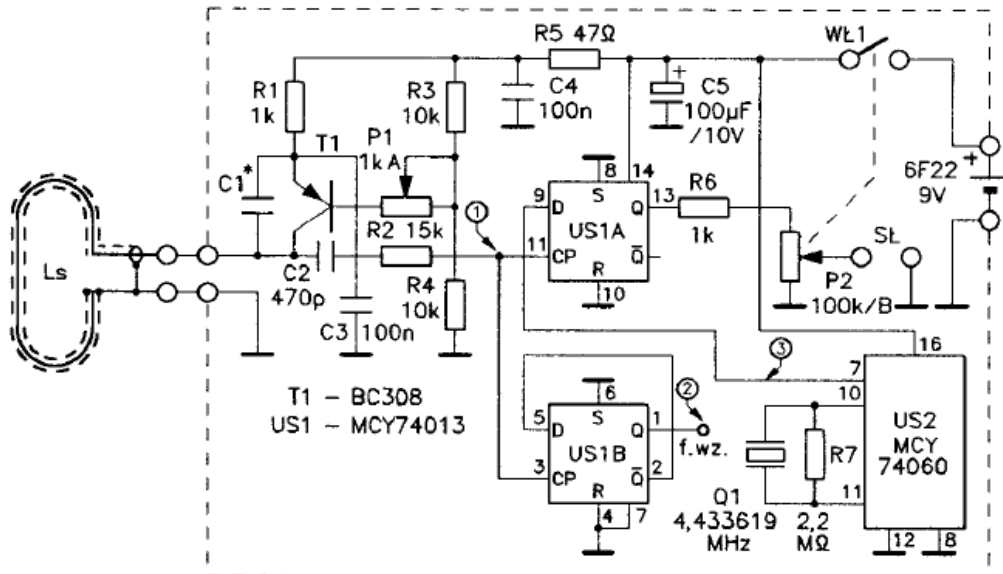
Rozměry hliníkové desky	Dosah detektoru v laboratorních podmínkách	Dosah detektoru v terénu
(10 x 10) cm	0,60 m	0,45 m
(20 x 20) cm	0,80 m	0,65 m
(30 x 30) cm	1,20 m	0,80 m
(60 x 60) cm	1,50 m	1,20 m

6.2 Návrh zapojení a desky plošných spojů detektoru

Prvním krokem při návrhu detektoru bylo ověřit schéma zapojení uvedené na obrázku 26. K tomu účelu byl použit vhodný software, konkrétně program EAGLE (Free verze 6.5.0.), dostupný na domovské stránce výrobce [18]. Tento program je vhodný také pro návrh DPS. S daným softwarem mám již vlastní zkušenosti, získané během studia na střední elektroprůmyslové škole. Free verze má omezenou podporu nápovědy a knihovnu dostupných součástek. K výrobě návrhu schéma zapojení a DPS jsou však funkce ve free verzi dostačující a program EAGLE je pro uživatele vyhovující.

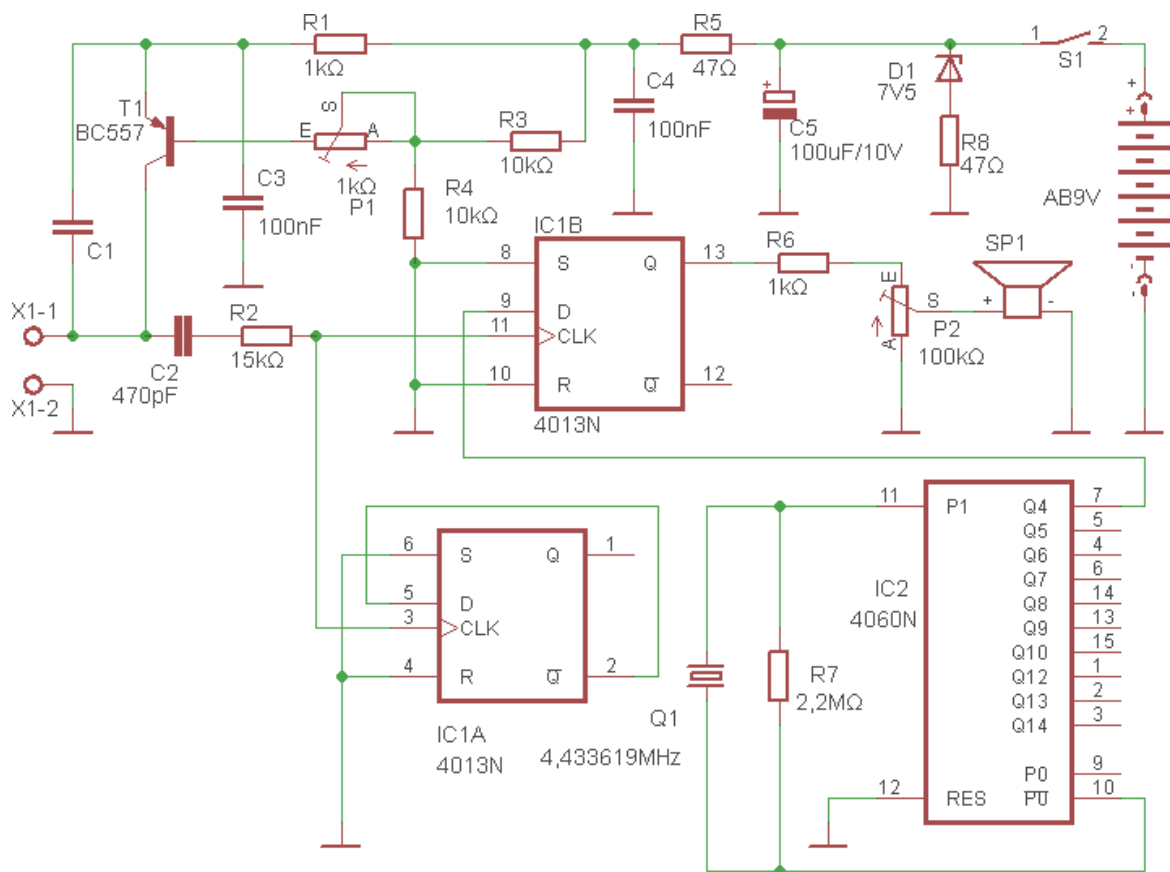
6.2.1 Návrh schéma zapojení detektoru

Schéma zapojení pro daný typ detektoru uváděný výrobcem je ukázáno na obr. 26. Toto schéma zapojení bylo následně doplněno a upraveno přidáním dalších součástek zvyšujících stabilitu celého zapojení. Vlastní návrh schéma zapojení (obr. 27) jsem vytvořil v programu EAGLE, konkrétně v editoru schémat. Program EAGLE a jeho hlavní tři části (Editor schémat, Editor spojů a Autorouter), včetně podrobného postupu, jsem popsal již v mé bakalářské práci na téma Zařízení pro detekci kovů a jejich principy [9], konkrétně v kapitole 5.2.1. Jsou zde uvedeny všechny podstatné informace a postupy potřebné pro práci a seznámení s tímto softwarem.



Obrázek 26: Schéma zapojení TRANSET 150 [17]

Schéma zapojení na obr. 26 bylo upraveno o přidání Zenerovy diody D1 7V5 v sérii s rezistorem R8 = 47 Ω a to celé paralelně ke kondenzátoru C5 s cílem zlepšení stability celého zařízení a možností napájet detektor pomocí 12 V akumulátoru. Tím se prodlouží také provozní doba přístroje.



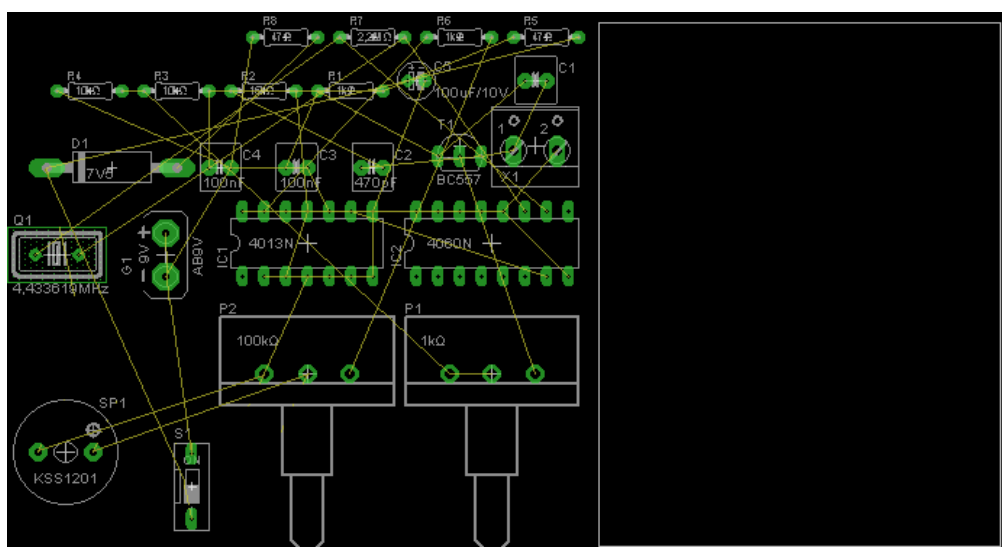
Obrázek 27: Návrh schéma zapojení

Tato dodatečná úprava byla doplněna na základě mých dosavadních zkušeností a informací získaných studiem dané problematiky [19, 21]. Upravený návrh schéma zapojení s doplněnými součástkami je vidět na obr. 27. Zenerova dioda D1 a rezistor R8, které jsou do zapojení přidány z důvodu stability, jsou vidět v pravé horní části návrhu schéma zapojení (obr. 27).

Použité typy integrovaných obvodů jsou CMOS 4013 (2 x klopný obvod D) a CMOS 4060 (14 bitový binární čítač a oscilátor). Místo reproduktoru SP1 jsem použil pro zvukový výstup sluchátka Philips SHE1350. Hodnota kondenzátoru C1 je podle výrobce 10 nF, ale při ladění zřejmě budeme muset tuto hodnotu možná změnit, viz kapitola 6.3.2. V levé části jsou vidět výstupní svorky X1-1 a X1-2 pro připojení hledací cívky. Dále je v původním zapojení použit potenciometr P2 s vypínačem. Já jsem zvolil obyčejný potenciometr bez vypínače a doplnil jsem schéma o dvoupolohový spínač S1, který jsem umístil hned za napájení z baterie. Detektor je tak možné vypnout ihned bez nutnosti snižovat hlasitost. Poloha 1 - zapnuto, poloha 0 - vypnuto. Uživatel pak nemusí mít starost, zda detektor opravdu vypnul otočením potenciometru do krajní polohy, ale stav detektoru je přímo vidět na poloze spínače.

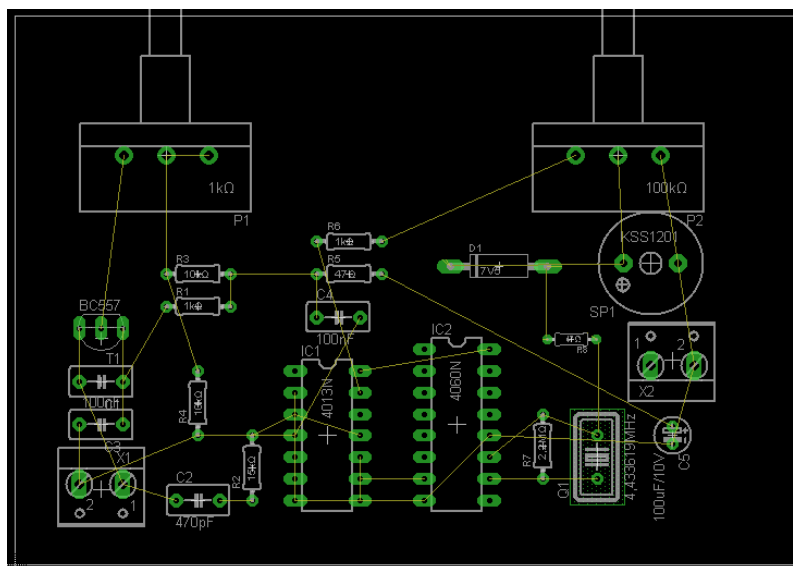
6.2.2 Návrh desky plošných spojů detektoru

Po vytvoření návrhu schéma zapojení uvedeného v kap. 6.2.1, které je vidět na obrázku 27, se dále v programu EAGLE uživatel přepne z editoru schémat do editoru spojů (obr. 28). Následně se pak přesunou součástky na ohraničenou plochu, kterou je pak možné dodatečně upravit.



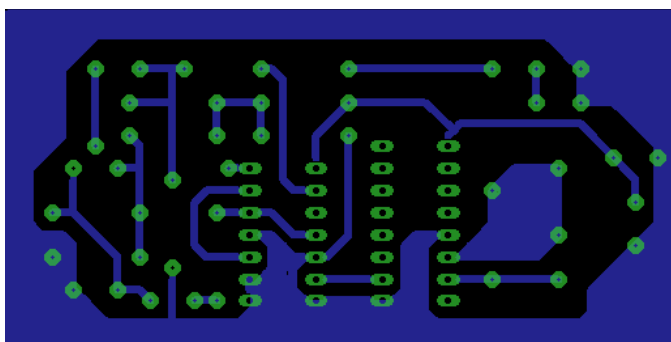
Obrázek 28: Editor spojů - před rozmístěním součástek

Součástky se uspořádají tak, aby nezabíraly velkou plochu, a otočí se podle potřeby, viz obrázek 29. Následně se vytvoří plošné spoje propojením jednotlivých součástek nebo se použije funkce autorouter, která propojí součástky automaticky. V našem případě byly součástky propojeny ručně.



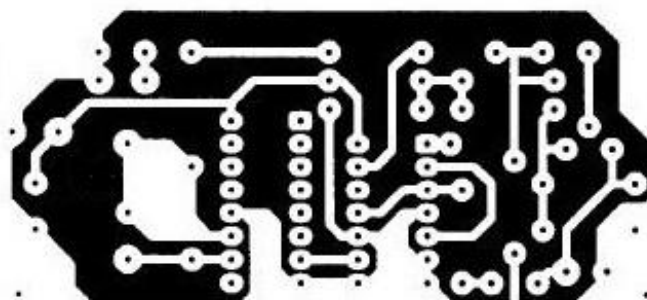
Obrázek 29: Editor spojů - po rozmístění součástek

Výsledný návrh DPS je vidět na obr. 30. Modrou barvou jsou označeny měděné cesty a zelená barva značí rozmístění vývodů součástek. Na větší modrou plochu, která je na okrajích celého DPS, je připojeno uzemnění od součástek, stínění koaxiálního kabelu, pouzdra od potenciometrů atd.



Obrázek 30: Návrh DPS vytvořený v editoru spojů

Na obr. 31 je vidět negativ návrhu DPS, který se vytiskne na průhlednou fólii a ten je pak použit k výrobě DPS. Výroba DPS je popsána v kapitole 6.5.



Obrázek 31: Návrh DPS - negativ

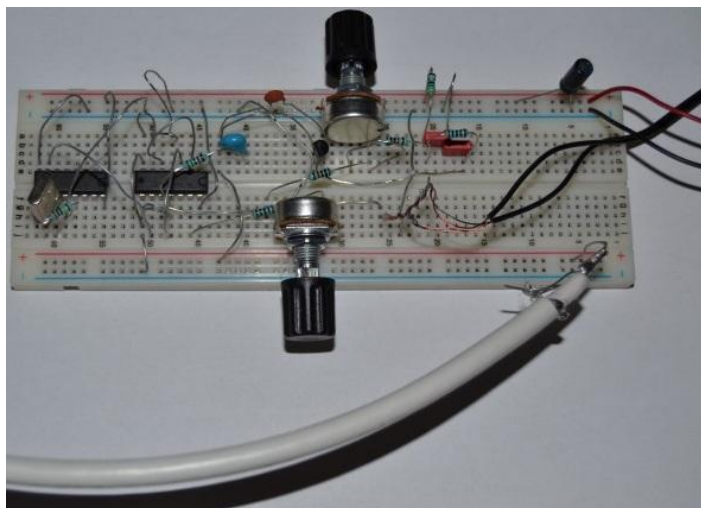
6.3 Ověření funkčnosti návrhu schéma zapojení

Před samotnou výrobou a osazením DPS je nutné nejdříve ověřit správnou funkčnost návrhu schéma zapojení (obr. 27). K tomu účelu bylo použito kontaktní nepájivé pole. Cílem tohoto ověření je, aby se předešlo možným chybám v návrhu zapojení nebo vadným součástkám. Současně s tímto ověřením bude provedeno i předběžné naladění zázněje.

6.3.1 Testovací zapojení na kontaktním nepájivém poli

Jednotlivé součástky se zapojí na kontaktní nepájivé pole postupně podle schéma zapojení (obr. 27). Nejdříve se osadí integrované obvody a potenciometry P1 a P2. Dále se zapájí součástky postupně z pravé strany schématu až na levou stranu k vývodům pro cívku. Další potřebné propojení součástek se provede pomocí drátových propojek. Pak se připojí koaxiální kabel z hledací cívky (KOAX CB100F, 75 Ω , bílý kabel v dolní části obrázku 32) a sluchátka, které jsou vidět jako dva černé vodiče vedoucí ze středu kontaktního nepájivého pole. Potenciometry P1 a P2 se stáhnou na nejnižší hodnotu, aby nepustili do sluchátek příliš vysoký tón. Nakonec se připojí napájení z 9 V baterie, které je vidět jako černý a červený vodič v pravé horní části kontaktního nepájivého pole.

Po osazení všech součástek následuje odladění testovacího zapojení. Na obrázku 32 je vidět původní zapojení, které je ještě bez Zenerovy diody a rezistoru R8, ale jejich osazení proběhlo v pořádku a odzkoušení zkušebního zapojení bylo provedeno i s těmito součástkami. Díky tomu je možné napájet zapojení pomocí 12 V baterie. V našem případě se použilo napájení 9 V. Všechny použité součástky jsou uvedeny v kapitole 6.3.3. Podrobný popis výroby hledací cívky je popsán v kapitole 6.4.



Obrázek 32: Testovací zapojení na kontaktním nepájivém poli

6.3.2 Odladění testovacího zapojení

Zkušební zapojení je potřeba odladit, aby se ověřila správná funkčnost všech součástek. Po připojení napájení detektoru pomocí 9 V baterie a otáčení potenciometrem P2 se ve sluchátkách začne ozývat slabé kolísavé pískání. Potenciometrem P2 se nastavuje hlasitost. Postupně se jím otáčí, dokud není zvuk dobře slyšitelný. Pak následuje naladění zázněje pomocí potenciometru P1. Toto ladění je však pouze orientační. Zjišťuje se, zda vůbec detektor reaguje na ladění potenciometrem P1 a tím se vlastně ověřuje i funkčnost cívky a její správné zapojení. Pokud zapojení reaguje na otáčení potenciometry P1 a P2 a zvuk ve sluchátkách se mění, lze přejít k osazení součástek na DPS. Správná zázněj se ladí až po zhotovení DPS, cívky a zkompletování celého detektoru do finální podoby. Já jsem zkusil naladit zázněj i na zkušebním zapojení.

Před připojením Zenerovy diody a rezistoru R8 bylo přibližné naladění téměř nemožné a zvuk ve sluchátkách neustále rychle kolísal. Po připojení těchto součástek se přístroj více stabilizoval, což vedlo ke snadnějšímu ladění zázněje. Zvuk ve sluchátkách začal být také více stabilní. Po přečtení dalších zdrojů [19] jsem zjistil, že změna kapacity C1 z 10 nF na 6,8 nF, případně zvyšování z hodnoty 6,8 nF po 1 nF výše, může vést k lepšímu naladění zázněje. Při použití kondenzátoru s hodnotou 6,8 nF se zázněj ladila nejlépe. Proto jsem zvolil hodnotu $C1 = 6,8 \text{ nF}$ a použil ji i při osazení DPS.

Správná zázněj se ve zkušebním zapojení podařila téměř vyladit. Při ladění zázněje byl ve sluchátkách slyšet slabý rušivý tón, který mohl být způsobený nepřesným vyladěním zázněje, neodstíněnými potenciometry, nebo jinými vlivy, teplotou, atd.

Správná záznej se tedy naladí, až bude detektor ve finální podobě, tj. osazené součástky na DPS, připojená hledací cívka, DPS osazená v odstíněné krabici a tepelně odizolována před povětrnostními podmínkami, čímž se zabývá kapitola 6.7 - Kompletní detektor kovů.

6.3.3 Použité součástky pro výrobu detektoru

Při odladění testovacího zapojení na kontaktním nepájivém poli byly použity součástky uvedené v tab. 2. Rozpočet součástek a celkové náklady jsou uvedeny v kap. 8.

Tabulka 2: Seznam použitých součástek

Rezistory	R1, R6 - 1 k Ω ; R3, R4 - 10 k Ω ; R7 - 2,2 M Ω ;	R2 - 15 k Ω ; R5, R8 - 47 Ω ;
Kondenzátory	C1 - 10 nF (6,8 nF) / 25 V; C3, C4 - 100 nF / 100 V; C5 - 100 uF / 10 V (elektrolytický);	C2 - 470 pF;
Integrované obvody	CMOS4013 (+ patice: PAT14 DIL); CMOS4060 (+ patice: PAT16 DIL);	
Tranzistor	T1 - BC557B;	
Zenerova dioda	D1 - 7V5;	
Potenciometry	P1 - 1 k Ω ; P2 - 100 k Ω ;	
Krystal	Q1 - 4,433619 MHz;	
Spínač	SSK8600 01;	
Hledací cívka	lakovaný drát (\varnothing 0,2 mm; \varnothing 0,3 mm; \varnothing 0,4 mm), podle průměru hledací cívky, viz kapitola 6.4;	
Ostatní součástky, přístroje a nářadí	koaxiální kabel, 9 V baterie, kontakt na 9 V baterii - 9VI, cuprextit, plastová krabice (100 x 100 x 50) mm, alobal, tenký pocínovaný drát, textilní látka, lepicí páska, gumová hadice, mikropájka, dílenské nářadí, sluchátka;	

6.4 Vlastní konstrukce hledací cívky

Počet závitů a průměr použitého drátu je závislý na průměru hledací cívky. Výrobce udává, že u detektoru kovů TRANSET 150 si je možné vybrat ze tří průměrů cívky a to následovně [17]:

- pro průměr cívky 30 cm - 40 závitů drátem 0,4 mm
- pro průměr cívky 20 cm - 50 závitů drátem 0,3 mm
- pro průměr cívky 10 cm - 70 závitů drátem 0,2 mm

Já jsem zvolil průměr cívky 20 cm, protože jsem zjistil, že cívky s průměrem 20-25 cm patří mezi nejpoužívanější průměry u profesionálních detektorů kovů. Menší průměr cívky zabírá jen malou plochu hledání v terénu, větší průměry cívky dosahují sice většího hloubkového dosahu, ale z hlediska přepravy a použití v terénu jsou pro nejběžnější hledání nepraktické.

Dle výrobce by měla být indukčnost cívky asi 1,2 mH. Vzorec pro výpočet indukčnosti vícevrstvé cívky (18-1), je uveden v teoretické části. Vzorec se upraví tak, aby se počítalo v základních jednotkách SI, viz vzorec (18-2). Do vzorce se dosadí hodnoty uvedené při výrobě cívky 20 cm, 50 závitů, drát 0,3 mm. Chybějící proměnné lze vyčíst z obr. 24 ($N = 50$ závitů; $r = 0,10045$ m; $a = 0,0009$ m; $b = 0,0051$ m) a po dosazení je vidět vztah (18-3).

$$L = \frac{3,15 \cdot 10^{-5} \cdot N^2 \cdot r^2}{6r + 9b + 10a}; [H; m, m, m] \quad (18-2)$$

$$L = \frac{3,15 \cdot 10^{-5} \cdot 50^2 \cdot 0,10045^2}{6 \cdot 0,10045 + 9 \cdot 0,0051 + 10 \cdot 0,0009} \quad (18-3)$$

$$L = \frac{7,9460 \cdot 10^{-4}}{0,6576} = \underline{\underline{1,208 \cdot 10^{-3} H}} \quad (18-4)$$

Z výpočtu (18-4) je vidět, že vypočítaná indukčnost je přibližně 1,2 mH, což je teoretická hodnota vypočítaná ze zadaných rozměrů a hodnot. Ve skutečnosti je však změřená indukčnost o něco nižší, ale blížila se také hodnotě 1,2 mH. Snížení indukčnosti je zapříčiněno mezerami mezi jednotlivými závity cívky, které jsou způsobeny lakovaným drátem a možným křížením při navíjení jednotlivých závitů.

Výrobou hledací cívky jsem se nechal inspirovat výrobcem [19], který se zabývá konstrukcí různých tvarů hledacích cívek. K navinutí cívky se použije tvrdý výkres, ze kterého se zhotoví válec o průměru 20 cm. Navine se 50 závitů lakovaným měděným drátem o průměru 0,3 mm. Po navinutí se natře cívka speciálním lepidlem, které ji zafixovalo proti rozmotání. Nebo je možné cívku z papírového válce opatrně sesunout a zafixovat proti rozmotání například černou elektrikářskou lepicí páskou. Navinutá cívka je vidět na obr. 33.



Obrázek 33: Navinutá hledací cívka o průměru 20cm

Detail navinutých závitů hledací cívky je vidět na obrázku 34. Zelená barva na cívce je použité lepidlo k fixaci cívky. Může se použít například i bakelitový lak, vosk nebo jiné používané lepidlo uvedené na internetu.



Obrázek 34: Detail navinuté hledací cívky

Dále je potřeba si nachystat gumovou hadici o takovém průměru, aby se do ní vlezla navinutá cívka, a zhotovit si z ní kruh v potřebném průměru 20 cm. Hadice se rozřeže po jedné straně a cívka se do ní opatrně vloží. Vývody cívky se nechají dlouhé asi 5 cm, aby bylo možné později připojit koaxiální kabel. Konce hadice se k sobě slepí černou elektrikářskou lepicí páskou, tak aby hadice držela tvar kruhu. Pak se obalí gumová hadice proužky alobalu širokými 2-3 cm (obr. 35), protože širší proužky alobalu by se špatně namotávaly.



Obrázek 35: Hledací cívka v gumové hadici, olepená proužky alobalu

Na cívku omotanou alobalem se pak navine tenký pocínovaný neizolovaný drát např. z žilového vodiče, aby se alobal nezačal odmotávat. Pak se připojí koaxiální vodič k cívce. Vývody cívky jsou lakované a je potřeba je předem očistit od laku např. jemným smirkovým papírem, aby byly spájené vodiče opravdu vodivě spojené. Středový vodič koaxiálního kabelu se připájí mikropájkou k jednomu konci cívky. Není potřeba rozlišovat vývody cívky, kvůli směru navíjení. Stínění koaxiálního vodiče se připájí k druhému konci cívky, pocínovanému drátu a také k alobalu. Musí se dát pozor, aby všechny spoje byly vodivě propojeny. To se ověří například pomocí akustické kontroly multimetru, který při správném spojení kabelů zapípá. Všechny vodiče se následně zaizolují proti zkratu a zafixují lepicí páskou tak, jak je vidět na obr. 36.



Obrázek 36: Hledací cívka - zafixování koaxiálního kabelu

Cívka se dále omotá proužky textilu z důvodu tepelné izolace a ochrany proti poškození alobalu při pohybu v terénu. Já jsem použil staré bavlněné tričko, které jsem natrhal na proužky široké přibližně 3 cm, aby se látka dobře namotávala. Cívka se začne omotávat u koaxiálního kabelu tak, aby každý další proužek látky překrýval předešlý závin alespoň do půlky. Tím se docílí dvou vrstev látky a lepší tepelné izolace. Textilní látka se nakonec zafixuje proti odmotání lepicí páskou. Takto připravená cívka je vidět na obr. 37.



Obrázek 37: Hledací cívka - omotání textilem

Ve finále se omotá ještě jednou celá cívka lepicí páskou, aby se proužky textilu neodmotaly, a připojí se k testovacímu zapojení na kontaktní nepájivé pole pro ověření funkčnosti (obr. 38). Ověření testovacího zapojení je popsáno v kapitole 6.3



Obrázek 38: Kompletní hledací cívka připojená na kontaktní nepájivé pole

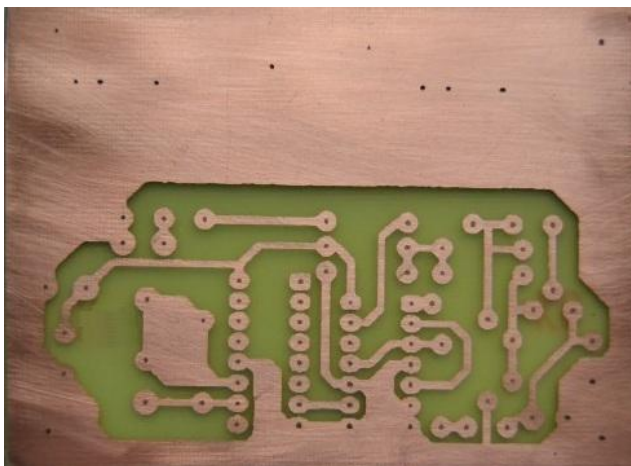
Délka koaxiálního vodiče by měla být co nejkratší z důvodu co nejkvalitnějšího signálu. Na obr. 38 je jeho délka asi 2 m, ve finálním provedení je jeho délka zkrácena asi na 1,1 m, což je vzdálenost mezi cívkou položenou na zemi a řídicí jednotkou upevněnou na rukojeti detektoru (viz kapitola 6.7).

6.5 Výroba desky plošných spojů

Na základě dosaženého vzdělání v oboru elektrotechniky a svých dosavadních zkušeností jsem se rozhodl realizovat výrobu DPS svépomocí a to v domácích podmínkách. Navíc výroba jednoho kusu DPS u specializované firmy by byla velmi nákladná. Dle dostupných podmínek jsem k samotné výrobě DPS použil metodu fotocesty. Jedná se o rychlou a levnou metodu, kde výroba jedné desky trvá přibližně 30 minut a variabilní náklady se pohybují kolem 50 Kč/dm². Podrobný popis výroby DPS pomocí fotocesty je již uveden v mé bakalářské práci [9] v kapitole 5.5.

Výstupem programu EAGLE je DPS, který je ukázán na obrázku 30, z něhož se vytvoří negativ, který je vidět na obr. 31, ten se vytiskne na průhlednou fólii a je použit k výrobě DPS. Když je DPS vyleptána, očistí se její povrch od zbylé barvy a ochranného laku. Pak se měděné plošné spoje jemně přebrousí smirkovým papírem, celá deska se opláchne a po oschnutí natře pájivým lakem. Do vytvořené DPS na obr. 39 se pak vyvrtají

otvory pro součástky. Já jsem použil vrták o průměru 0,1 mm. Pro většinu součástek byl tento průměr dostatečný, pro potenciometry jsem musel otvory převrtat větším průměrem. Takto připravená DPS je nyní nachystána na osazení součástek.

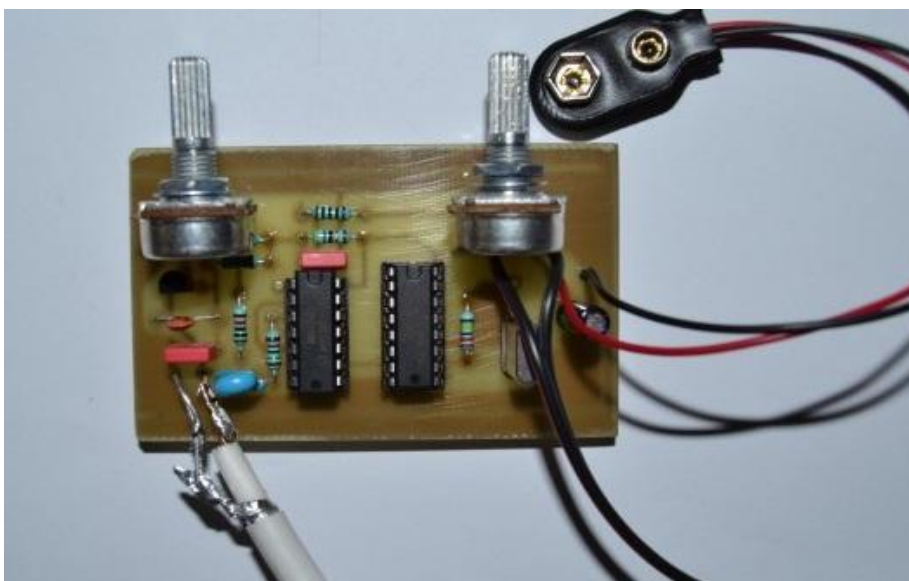


Obrázek 39: Vytvořená DPS

Pozor, při leptání se vždy uvolňují nebezpečné výpary. Manipuluje se s nebezpečnými chemikáliemi, a jejich nesprávné použití může těžce poškodit zdraví. Při jakémkoliv úrazu leptacím roztokem je nutno ihned zasaženou oblast omýt vodou, při zasažení očí je nezbytně nutné vždy vyhledat lékařskou pomoc!

6.6 Osazení desky plošných spojů

Po vyvrtání otvorů pro součástky a očištění DPS následovalo osazení součástek. Jak vypadají zapájené osazené součástky je vidět na obr. 40.



Obrázek 40: Osazené součástky na DPS

Nejdříve proběhlo osazení nejnižších a nejmenších součástek, mezi které patří rezistory a Zenerova dioda. Pak byly osazeny kondenzátory, patice pro operační zesilovače, krystal a tranzistor. Následně byly připájeny potenciometry a vývody od napájení, sluchátek a koaxiálního kabelu s hledací cívkou. Nakonec proběhlo osazení dvou integrovaných obvodů do připravených patic. Funkce použitých součástek je popsána v kapitole 6.2.1 a 6.3.

6.6.1 Ověření správné funkčnosti osazené desky plošných spojů

Na takto připravené osazené DPS proběhne ověření funkčnosti detektoru. Připojí se napájení a zkouší se otáčet potenciometry P1 a P2. Zjistilo se, že detektor reaguje a ve sluchátkách se ozývají stejné zvuky jako při ověření funkčnosti zapojení na kontaktním nepájivém poli v kapitole 6.3. Na základě změny tónu při uchopení potenciometrů jsem se rozhodl uzemnit kovové pouzdra potenciometrů, aby nenastal problém při přesném ladění zázněje detektoru. Také se vyzkoušelo přiblížit k hledací cívce různé kovové materiály, jako např. železo, hliník, měď, cín, aj. a ve sluchátkách byla znatelná změna tónu. Proto se může přejít k finální fázi realizace detektoru a osadit DPS do krabice, poskládat jednotlivé části detektoru dohromady a odzkoušet naladění správné zázněje detektoru. Kompletním sestavením detektoru do finální podoby se zabývá kapitola 6.7.

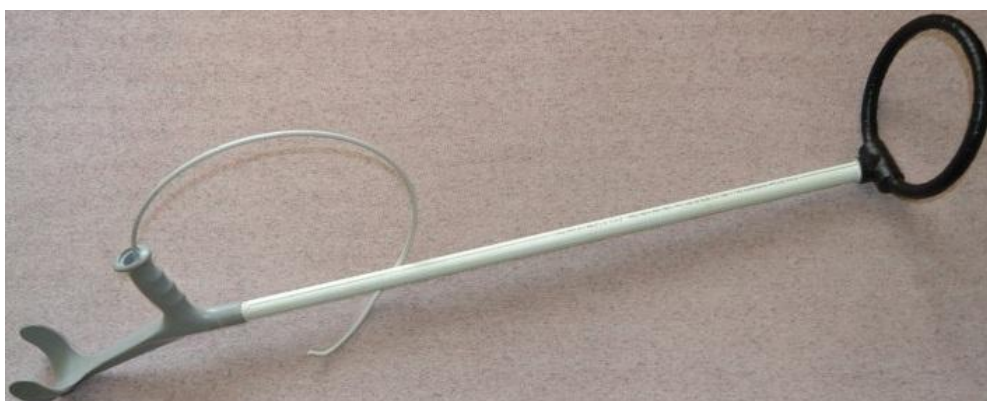
6.7 Kompletní detektor kovů

Do finální podoby detektoru je potřeba udělat ještě několik úprav. Nejdříve se musí upevnit hledací cívka na nějakou nosnou trubku, která samozřejmě nemůže být z kovu. Já jsem použil vodovodní plastovou trubku s vnějším průměrem 25 mm, která má označení PPR 25 PN20 25 x 4,2 a dále t-kus se stejným průměrem označený PPR jednoznačný Ø 25. Trubka se nechá v délce asi jednoho metru a na přesnou délku se bude zakracovat až později. Obě části se spojí dohromady pomocí svářečky plastů. Pak se t-kus po délce rozřeže tak, aby se mohl koaxiální kabel provléct vnitřkem trubky. Zbytek z t-kusu se následně přiloží zpět ze spodní strany cívky a celý t-kus i s cívkou se zafixuje pomocí elektrickářské pásky tak, jak je vidět na obrázku 41.



Obrázek 41: Hledací cívka upevněná na plastové trubce

Jako rukojeť detektoru se použije horní část francouzské berle. Spodní část berle se musí demontovat, protože je kovová. Obě části k sobě nejsou nijak přilepeny a dají se od sebe trochu větší silou oddělit. Průměr díry v horní části berle je cca 20 mm, proto se musí díra zvětšit vrtákem o průměru 25 mm, aby se do ní mohla zasunout plastová trubka s koaxiálním kabelem. Trubka se pak postupně zakracuje na požadovanou délku, aby bylo nošení detektoru co nejpohodlnější. Já jsem ji nakonec zkrátil na délku asi 85 cm. Tělo detektoru kovů, tj. sestavená rukojeť, plastová trubka a cívka s vyvedeným koaxiálním kabelem je vidět na obr. 42.



Obrázek 42: Tělo detektoru kovů

Po zkompletování těla detektoru se k rukojeti připevní krabice vhodná pro uložení DPS. Já jsem použil plastovou krabici GW44204 (100 x 100 x 50 IP56 Gewiss) [20] pomocí dvou vrtů 3 x 35 mm. Do této krabice se nejdříve vyvrtají otvory potřebné pro spínač, potenciometry, konektor JACK PG203JB a přivedený koaxiální kabel. Ze zdroje [19] jsem se dočetl, že se má vnitřní prostor krabice vylepit alobalem a ten pak spojit se zemněním DPS z důvodu eliminace možného vnějšího rušení. Také bylo doporučeno obalit

DPS vatou, což má funkci tepelné izolace, protože je detektor citlivý na změnu teploty. Na obr. 43 je vidět kompletně osazená plastová krabice s alobalem a vatou, připojené napájení, osazené plastové knoflíky na potenciometrech, a připojený koaxiální kabel hledací cívky.



Obrázek 43: DPS osazená v plastové krabici

Před uzavřením krabice se ještě přidá vata z vrchní části DPS a přebytečným alobalem se vytvoří stínění i z vrchní části krabice. Pak se uzavře krabice krytem, který je součástí zakoupeného balení. Celý kryt drží čtyři šrouby v jednotlivých rozích. Pak se z estetického hlediska omotá celá plastová trubka černou lepicí páskou a navíc se tím zafixuje i rukojeť francouzské berle k plastové trubce, aby nedošlo k jejich nechtěnému oddělení. Nakonec se připojí do zvukového výstupu sluchátka a detektor je kompletní, což je vidět na obr. 44.



Obrázek 44: Kompletní detektor kovů

Před zapnutím přístroje se nastaví oba potenciometry na minimální úroveň, tj. směrem doleva, aby nedošlo k poškození sluchu. Nyní se může zapnout přístroj spínačem do polohy 1. Levým potenciometrem označeným "Hlasitost" se reguluje hlasitost zvukového signálu ve sluchátkách. Otočí se do takové polohy, aby byl zvuk dobře slyšitelný. Pravým potenciometrem označeným "Ladění" se ladí správná záněj detektoru. Správná záněj by měla být plynule laditelná po celé dráze P1 od 0 Hz až po cca 1500 Hz. Ve sluchátkách by mělo být slyšet ticho, vrčení nebo tikot. Záněj se může měnit nebo kolísat např. vlivem teploty a jiných okolních vlivů. Proto je potřeba potenciometrem P1 záněj průběžně doladovat. V případě přiblížení hledací cívky ke kovovému předmětu by se měl ve sluchátkách ozvat různý tón, v závislosti na velikosti, tvaru a typu kovu, což je více popsáno v kapitole 7.

7 ROZPOZNÁVÁNÍ RŮZNÝCH KOKOVÝCH MATERIÁLŮ

Tento typ detektoru je podle výrobce schopen rozpoznávat různé druhy kovů a to pomocí zvukového výstupu, který je v našem případě realizovaný pomocí sluchátek. Při zaměřování je možné zjistit, zda je nalezený předmět feromagnetický např. železo, nebo se jedná o jiný kov, třeba stříbro, měď nebo hliník. V případě nálezu feromagnetické látky se vlastní indukčnost cívky zvětší, tím poklesne kmitočet, rozdíl kmitočtů se zvětší a tím se zvětší i výška tónu. Naopak neželezný kov v blízkosti cívky její indukčnost sníží, kmitočet se zvýší, zmenší se kmitočtový odstup, tj. výška tónu a výsledný signál je hlubší. Jednoduše řečeno velmi vysoký tón znamená přítomnost feromagnetického kovu - železo, nízký tón znamená diamagnetický kov - stříbro, měď, aj.

7.1 Zkouška rozpoznávání vybraných materiálů

Cílem tohoto měření bylo zjištění, zda detektor kovů, fungující na principu zázněje, dokáže rozpoznat různé druhy kovových materiálů, a zda je dokáže správně signalizovat. Rozpoznávání různých kovových materiálů proběhlo na několika pro mě dostupných materiálech. Tím bylo železo, hliník, měď a stříbro. Rozměry jednotlivých předmětů jsou vidět v tabulce 3:

Tabulka 3: Rozměry vybraných materiálů

Předmět	Materiál	Rozměry	Obrázek
Plát železa	Železo	(60 x 60 x 3) mm	Obr. 47
Lžice	Hliník	(20 x 4) cm	Obr. 48
Trubka	Měď	(Ø 15 - 65) mm	Obr. 49
Řetízek	Stříbro	Délka 50 cm	Obr. 50

Zkouška proběhla na trávníku vedle domu. Nejdříve jsem detektorem prohledal vymezenou oblast trávníku, abych se ujistil, že se v zemi nenachází nějaký kovový předmět, který by rušil následnou zkoušku. Nutno podotknout, že jsem zaslechl v jednom místě velice vysoký tón, který značil železný předmět. Při kopání jsem narazil ve hloubce 15 cm na starý rezavý hřebík o délce asi 10 cm, což je vidět na obrázku 45 a 46.



Obrázek 45: Nalezení kovového předmětu



Obrázek 46: Nalezený hřebík

Následně jsem na vymezeném prostoru už nic dalšího nenašel. Všechny kovové předměty jsem položil na zem ve vzdálenosti asi 1 m od sebe, aby se vzájemně neovlivňovaly. Zapnul jsem detektor a pokusil se vyladit správnou zázněj. Ta průběžně kolísala a musel jsem ji postupně dolad'ovat, ale na měření to nemělo vliv.



Obrázek 47: Železný předmět



Obrázek 48: Hliníková lžíce



Obrázek 49: Měděná trubka



Obrázek 50: Stříbrný řetízek

Detektorem jsem postupně kmital ze strany na stranu nad všemi uvedenými předměty ve výšce asi 15 cm. Ve sluchátkách se ozývaly tóny, které odpovídali danému druhu kovu, tj. po kmitání nad železným předmětem, což je feromagnetická látka, byl slyšet velmi vysoký tón. Nad hliníkovým a měděným předmětem, se ozýval střední tón. Stříbrný předmět byl signalizován velmi nízkým tónem, který byl téměř neslyšitelný, a musel jsem zvýšit hlasitost detektoru.

7.2 Výsledky měření

Přítomnost kovu v blízkosti hledací cívky byla signalizována pomocí akustického signálu prostřednictvím sluchátek. Praktické odzkoušení proběhlo na čtyřech různých kovových předmětech, konkrétně z materiálu železo, hliník, měď a stříbro. Jak již bylo uvedeno výše, postupným zkoušením se zjistilo, že výška tónu ve sluchátkách se měnila v závislosti na druhu zkoumaného materiálu. Výška tónu u různých materiálů se mění tak, jak popisuje teorie v kapitole 3.1.2. Železný předmět zvýší indukčnost hledací cívky, jak již bylo zmíněno v kap. 7.1 a tím poklesne kmitočet, rozdíl kmitočtů se zvětší a tím se zvětší i výška tónu. Naopak neželezný kov v blízkosti cívky její indukčnost sníží, kmitočet se zvýší, zmenší se kmitočtový odstup (výška tónu) a výsledný signál je hlubší. Tím se ověřila správná funkčnost detektoru kovů, který funguje na principu zázněje.

8 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Za účelem ověření funkčnosti jednoho z používaných principů, jsem se rozhodl navrhnout a realizovat ruční detektor kovů, který funguje na principu zázněje. Výhoda tohoto detektoru je v jeho jednoduché obsluze, opravitelnosti a rychlosti detekce. Je také schopen rozeznávat různé druhy kovových materiálů a to pro mě vhodným způsobem, tj. pomocí výšky tónu akustického signálu, který je signalizovaný přímo na detektoru pomocí sluchátek.

Návrh detektoru kovů byl realizován pomocí free verze programu EAGLE 6.5.0 (kap. 6.2), který je volně dostupný na stránkách výrobce. Jeho omezené funkce jsou plně dostačující pro vytvoření schématu, jedné signálové vrstvy a DPS o rozměrech 75 x 40 mm. Po prostudování pro mě dostupné literatury byl v uvedeném editoru schémat vytvořen návrh zapojení. Na základě dosavadních a získaných zkušeností jsem se rozhodl tento návrh doplnit o Zenerovu diodu a rezistor R8, jak lze vidět na obr. 27. Tato úprava pomohla celý detektor více stabilizovat a v případě potřeby i napájet pomocí 12 V akumulátoru. Ověření funkčnosti navrženého schéma zapojení a použitých součástek proběhlo na kontaktním nepájivém poli. Po odladění tohoto testovacího zapojení byl pomocí editoru spojů vytvořen i návrh DPS, který byl potřebný k samotné výrobě DPS. Vyleptání DPS proběhlo svépomocí a to pomocí metody fotocesty. Následně proběhlo osazení všech součástek, včetně připojení hledací cívky.

Výroba hledací cívky, popsána v kapitole 6.4, byla realizována opět svépomocí v pro mě dostupných podmínkách. Byla vyrobena cívka o průměru 20 cm. Pro tento průměr jsem se rozhodl na základě nejčastěji používané velikosti u profesionálních detektorů kovů. Na tuto cívku bylo potřeba 50 závitů z měděného lakovaného vodiče o průměru 0,3 mm. Indukčnost cívky byla naměřena 1,2 mH. Tato hodnota byla ověřena i výpočtem. Následně proběhlo na cívce ještě několik úprav, včetně tepelné izolace pomocí textilu a upevnění cívky k tělu detektoru.

Celé tělo detektoru je tvořeno plastovou trubkou zakončenou vhodnou rukojetí, což je ukázáno a popsáno v kapitole 6.7. Na rukojeť detektoru byla připevněna plastová krabice, jejíž vnitřní prostor byl obalen alobalem a to z důvodu odstínění DPS před vnějším rušením. Připravená DPS byla osazena do krabice a propojena s cívkou pomocí koaxiálního kabelu, který je veden přes celé tělo detektoru. Před uzavřením krabice detektoru byla vyplněna krabice s DPS vatou, kvůli tepelné izolaci a následně bylo

připojeno i napájení. K finálnímu prototypu detektoru byly připojeny sluchátka za účelem ověření funkčnosti a naladění zázněje. Tím byl detektor kompletní.

Po zapnutí přístroje proběhlo samotné ladění zázněje detektoru. Potenciometrem P2 označeným "Hlasitost" se nastavila taková hlasitost, aby byl ve sluchátkách slyšet tón. Pomocí potenciometru P1 označeným "Ladění" se ladila správná zázněj. Ve sluchátkách by mělo být slyšet ticho, vrčení nebo tikot. Zázněj se podařila naladit, ale postupně kolísala a bylo potřeba ji průběžně doladovat.

Dále proběhla zkouška rozpoznávání různých vybraných materiálů. Použité předměty byly ze čtyř různých kovů a to konkrétně železo, hliník, měď a stříbro. Detektor reagoval různě na každý kov tak, že ve sluchátkách byla slyšet vždy jiná výška tónu. Velmi vysoký tón značil detekci železa, střední tón detekci hliníku a mědi, velmi nízký tón, který byl téměř neslyšitelný, znamenal detekci stříbra.

Na základě provedených testů detektor považuji za funkční a díky jeho jednoduché manipulaci a schopnosti rozeznávat i různé druhy kovů je vhodný pro uživatele, kteří se chtějí začít zajímat o problematiku hledání kovových předmětů v terénu. Náklady na výrobu detektoru jsou uvedeny v tab. 4 a jsou velmi nízké v porovnání s profesionálními detektory uvedenými na trhu, jejichž nejnižší cena se pohybuje kolem 4000 Kč. Na samotné výrobě byla nejnáročnější výroba celé hledací cívky, což bylo navinutí cívky, zafixování a uložení do plastové hadice, připájení koaxiálního kabelu, následné omotání vrstvami alobalu, textilní látky, lepicí pásky a zafixování k plastové trubce těla detektoru. Složitou částí výroby bylo i uložení DPS do krabice a připojení všech potřebných vodičů, tj. koaxiální kabel k cívice, výstup na sluchátka a připojení spínače. Po zkompletování detektoru jsem ho odzkoušel v terénu. Váha detektoru je pouhých 0,9 kg a díky vhodné rukojeti není jeho používání vůbec namáhavé. Po chvíli seznámení s detektorem se podařilo naladit i zázněj a její průběžné kolísání doladovat. Při první zkoušce v terénu jsem našel asi po minutě hledání kovový hřebík o velikosti 10 cm, který byl asi 15 cm hluboko v zemi (obr. 45).

Musím konstatovat, že vlastností detektoru fungujícím na principu zázněje je stále slabé pískání ve sluchátkách, které je po delší době hledání nepříjemné.

Celkové náklady na výrobu detektoru byly odhadem 1000 Kč. Jednotlivé cenové náklady na součástkovou základnu jsou uvedeny níže v tab. 4.

Tabulka 4: Cenové náklady na výrobu detektoru

Elektronické součástky	150 Kč
Sluchátka	150 Kč
Plastová krabice	80 Kč
Plastová trubka	40 Kč
Koaxiální kabel	10 Kč
Měděný lakovaný drát	70 Kč
Poštovné, ostatní materiál	500 Kč
Celkem	1000 Kč

Do cenové kalkulace jsem nezahrnul vlastní práci, ale pouze poštovné a materiál, včetně materiálu, který jsem použil z vlastních domácích zdrojů.

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo provést analýzu ručních detektorů kovů, jejich funkční principy a hlavně vytvořit návrh jednoho z používaných principů, který bude schopen rozeznávat různé druhy kovů a tento návrh prakticky realizovat a odzkoušet.

V úvodu teoretické části je popsáno základní rozdělení ručních detektorů kovů, které jsou rozděleny na detektory pro fyzickou bezpečnostní kontrolu a na Hobby detektory pro běžné uživatele. Každé odvětví těchto detektorů se neustále vyvíjí a jsou kladeny čím dál větší požadavky na bezpečnost, komfort, ergonomii, počet funkcí, cenu nebo výdrž. Pro představu ceny a dostupných funkcí je uveden z každého odvětví jeden z nejpoužívanějších nebo nejlepších přístrojů na trhu. Další dělení je popsáno z pohledu analogových a digitálních detektorů. Dříve byly analogové detektory rozšířené díky výdrži a rychlosti odezvy. Digitální detektory měli dlouhou dobu odezvy a malou výdrž, kvůli velkému počtu součástek, mikroprocesoru a LCD displeji. V dnešní době jsou oba typy téměř srovnatelné a záleží jen na uživateli, který si vybere a kolik je ochoten zaplatit. Tato práce popisuje také dělení detektorů podle způsobu zaměřování na povrchové, hloubkové a pod vodou, ale hlavní část se zabývá ručními detektory kovů určené pro povrchové zaměřování a jejich principy. V neposlední řadě jsou uvedeny nejpoužívanější konstrukce hledacích cívek. Jejich tvary a počet se stále zvyšují a autoři si je nechávají patentovat.

V praktické části této práce je popsán vlastní návrh a realizace ručního detektoru kovů fungujícího na principu zázněje, který využívá např. i detektor kovů TRANSET 150. Vlastní realizace detektoru se zabývá návrhem schéma zapojení, které pracuje na uvedeném principu, sestavením a odzkoušením správné funkčnosti detektoru. Návrh schéma zapojení byl vytvořen v programu EAGLE, který má i funkci editoru spojů, v němž byl vytvořen i návrh DPS. Podle tohoto návrhu se vytvořila DPS potřebná k osazení součástek. Před samotným osazením součástek proběhlo odzkoušení zapojení na kontaktním nepájivém poli. Byla ověřena také funkčnost všech součástek a to včetně vyrobené hledací cívky. Po sestavení detektoru proběhla zkouška a ověření správné funkčnosti na vybraných materiálech, tj. ověření správné signalizace různých kovů, což je také uvedeno ve výsledcích měření.

Ruční detektor kovů fungující na principu zázněje je vhodný pro nenáročného uživatele, kteří začínají s hledáním kovových předmětů v terénu. Jedná se o přístroj jednoduchý na obsluhu a údržbu. Různé druhy kovů signalizuje pomocí výšky tónu ve

sluchátkách. Železné kovy signalizuje velmi vysoký tón, neželezné kovy signalizuje střední a velmi nízký tón.

V práci by bylo vhodné pokračovat a zaměřit se na vylepšení vlastností detektoru uvedených ve zhodnocení výsledků. Také bych doporučil vyzkoušet jiný tvar použité hledací cívky z důvodu možného zvýšení hloubky dosahu. Daný detektor by také mohl sloužit jako ukázkový přístroj nebo jako podklad pro případnou laboratorní úlohu na základní principy detektorů kovů určenou pro obor Bezpečnostní technologie, systémy a management.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The aim of this thesis was carried out analysis of hand-held metal detectors, their functional principles and design one, on the basis of generally used methods, which would be able to identify different kinds of metals. This detector was realised and tested.

Basic division of hand-held metal detectors, which are sorted on detectors for physical security control and Hobby detectors for common users, are described in the beginning of theoretical part. Every branch of these detectors is constantly developing. More and more requirements like safety, comfort, ergonomy, number of functions, price or operation time are demanded. For example, prices and available functions of the most used devices or the best ones from every branch are given. Next division is described from the view of analogue and digital detectors. Previously, analogue detectors were widely used due to long operation time and quick response. Digital detector had long response time and low operation time because of many devices, microprocesor and LCD display. Nowadays, both types are nearly comparatible and it depends only on user. There are presented also division of detectors according to detection way – aboveground, depth and underwater. The main part deals with hand-held metal detectors given for aboveground detecting and their principles. Next the most used construction concepts of coils are mentioned. Their forms and numbers are increasing and their authors patent them.

My design and realization of hand-held detector, which works on the basis of beats is describe in practical part of this thesis. This method of beats uses also TRANSET 150 metal detector. Part dealing with realization of detector includes design of connection scheme, which works on given principle, construction and functionality testing of detector. Design of connection scheme was created in EAGLE software, which has a function of joint edition. With this function also DPS was created. According this design, needed DPS was created for placing devices. Before placing devices, testing of connection on contact non-soldering field was carried out. Functionaly of all devices including coil was verified. After construction, functionaly was verified and detector was tested on selected materials.

Hand-held metal detector works on method of beats and is suitable for undemanding users to start searching of objects in terrain. It is simple tool to operate with and for maintenance. Detector signalizes different kinds of metals using of tone in headphones. Ferrous metal is signalized by very high tone, nonferrous metals signalize mid and very low tone.

It would be good to continue with this work and focus on enhancement of detector properties given in results evaluation. I would recommend to try another form of used coil owing to possible increase of reach depth. The detector would serve as a sample tool or for laboratory task for next students.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] TUREČEK, Jaroslav. Technické prostředky bezpečnostních služeb II: Detektory pro bezpečnostní prohlídku osob, zavazadel a zásilek. Vyd. 1. Praha: Policejní akademie České republiky, 1998, 97 s. ISBN 80-859-8181-5.
- [2] ROWAN, Mark a William LAHR. How Metal Detectors Work [online]. 1997-2012 [cit. 2014-01-27]. Dostupné z: <http://www2.gi.alaska.edu/~jesse/treasure/misc/howdetector.html>
- [3] WILHELM, Rolf. Hledače kovů: teorie, návrh, stavba, použití. Ostrava: HEL, 2003, 174 s. ISBN 80-861-6720-8.
- [4] HÁJEK, Jan a Zdeněk JARCHOVSKÝ. Detektory kovu - návod na stavbu: princip zapojení a praktické návody na tři konstrukce. Praha: BEN - technická literatura, 2010, 250 s. ISBN 978-80-7300-220-6.
- [5] SCHÜLER, Wolfgang. Vyhledávací technika pro profesionály. Praha: BEN - technická literatura, 2000, 135 s. ISBN 80-86056-85-6.
- [6] MOLTAŠ, Zdeněk. Detektory kovů prakticky: aneb zapni a hledej. 2. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2007, 174 s. ISBN 978-80-7300-228-2.
- [7] HRUŠKA, František. Technické prostředky automatizace III: (senzory, jejich principy a funkce). Vyd. 2. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2005, 118 s. ISBN 80-731-8315-3.
- [8] Geotech-Technology for Treasure Hunting: Metal Detectors [online]. [cit. 2014-01-27]. Dostupné z: <http://www.geotech1.com/cgi-bin/pages/common/index.pl?page=metdet&file=main.dat>
- [9] VANĚK, Petr. Zařízení pro detekci kovů a jejich principy. Zlín, 2012. Dostupné z: http://dspace.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/23474/vaněk_2012_bp.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [10] Mlejnský detektory: Bezpečnostní detektor kovů Ebinger SC 61. [online]. © 2008- [cit. 2014-03-13]. Dostupné z: <http://www.detektory-mlejnsky.cz/rucni-detektory/bezpecnostni-detektor-kovu-ebinger-sc-61-313>
- [11] Detektory kovů: XP Deus V3.2 PRO - detektor kovu [online]. © 2003 - 2014 [cit. 2014-03-13]. Dostupné z: <http://www.detektorykovu.cz/detektor-kovu-xp-deus-v2-0-pro-5>

- [12] XP DEUS metal detector [online]. © 2009- [cit. 2014-03-13]. Dostupné z: <http://www.xpmetaldetectors.com/metal-detector/XP-DEUS>
- [13] DETEKTOR CENTRUM Praha: DETEKTORY KOVU - Digitál nebo analog ? [online]. © 2009-2011 [cit. 2014-03-13]. Dostupné z: <http://www.detektory.cz/clanky-analog-nebo-digital>
- [14] Detektory-kovu.com: Detektor kovu Fisher 1270 [online]. © 2005-2007 [cit. 2014-03-13]. Dostupné z: <http://www.detektory-kovu.com/detektor-kovu-fisher-1270.html>
- [15] Detektory kovů aneb hledači pokladů - Free Grower.cz: Detektory kovů [online]. © 2005-2007 [cit. 2014-03-13]. Dostupné z: <http://www.free-grower.cz/viewtopic.php?f=17&t=1494>
- [16] CoJeCo: Encyklopedie [online]. ©1999-2014 [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <http://www.cojeco.cz/obrazek.php?cesta=http://www.cojeco.cz/attach/image/max/13/003b/13003b3b9cf04bfc71600e93294a8071.gif>
- [17] PRZYBYSZ, Wiktor. Wykrywacz metali TRANSET 150. Praktyczny Elektronik [online]. 1995, č. 3 [cit. 2014-04-15]. Dostupné z: <http://www.pablox.net/clanky/detektory/transet150/transet150.pdf>
- [18] Eagle Online [online]. © 2003-2013, [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.eagle.cz/index.htm>
- [19] PabloX.net. Detektory kovov [online]. 21.4.2013 [cit. 2014-5-05]. Dostupné z: http://www.pablox.net/index.php?option=com_content&task=view&id=29&Itemid=35
- [20] ELIMA. Elektroinstalační materiál [online]. © 2006-2014 [cit. 2014-05-06]. Dostupné z: <http://www.elima.cz/obchod/gw44204-p-3812.html>
- [21] ŠKRLA, Milan. VÝKONOVÉ TLUMIVKY [online]. Brno, 2011 [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/xmlui/bitstream/handle/11012/18618/Výkonové%20tlumivky%20diplomová%20práce%20Škrla.pdf?sequence=1>. Diplomová práce. VUT Brno, FEKT
- [22] Elektroportal: Stabilizátor se Zenerovou diodou [online]. [cit. 2014-05-13]. Dostupné z: <http://www.elektroportal.xf.cz/index.php?p=zenerova-dioda>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

BFO	Beat Frequency Oscillator.
C	Kapacita.
cca	Cirka (přibližně).
CMOS	Complementary Metal–Oxide–Semiconductor.
DPS	Deska plošných spojů.
f	Kmitočet.
F	Farad.
g	Gram.
H	Intenzita magnetického pole, Henry.
Hz	Hertz.
I	Elektrický proud.
IB	Induction Balance.
Kč	Koruna Česká.
L	Indukčnost hledací cívky.
LCD	Liquid Crystal Display.
m	Metr.
N	Počet závitů.
P	Výkon.
PI	Pulse Induction.
Q	Činitel jakosti.
r	Elektrický odpor jednoho závitů.
R	Elektrický odpor.
s	Sekunda.
TR	Transmitter-Receiver.

U	Napětí.
USA	United States of America.
USB	Universal Serial Bus.
V	Volt.
VLFF	Very Low Frequency.
W	Watt.
X	Reaktance.
z	Závit.
π	Pí (Ludolfovo číslo; Konstanta 3,14).
\emptyset	Fí (průměr).
ω	Kruhový rezonanční kmitočet.
Ω	Ohm.

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1: Ruční bezpečnostní detektor kovů Ebinger SC 61 [10]</i>	13
<i>Obrázek 2: Dohledání kovového předmětu pomocí ručního detektoru kovů [10]</i>	14
<i>Obrázek 3: Detektor kovů XP DEUS V3.2 PRO [12]</i>	15
<i>Obrázek 4: Analogový detektor kovů FISHER 1270 [14]</i>	16
<i>Obrázek 5: Digitální detektor FISHER F 70 [13]</i>	17
<i>Obrázek 6: Blokové zapojení způsobu se změnou kmitočtu [5]</i>	20
<i>Obrázek 7: Blokové zapojení přístroje se záznějem (BFO) [5]</i>	21
<i>Obrázek 8: Blokové zapojení přístroje na principu změny střídavého pole [5]</i>	22
<i>Obrázek 9: Průběhy ve vyhodnocovací jednotce [5]</i>	23
<i>Obrázek 10: Průběh siločar při devadesátistupňovém oddělení [5]</i>	24
<i>Obrázek 11: Umístění cívek v sondě [5]</i>	25
<i>Obrázek 12: Blokové zapojení jednoduchého detektoru typu TR [5]</i>	26
<i>Obrázek 13: Kovové předměty mění průběh siločar pole [5]</i>	27
<i>Obrázek 14: Blokové zapojení pulzně indukčního přístroje [5]</i>	29
<i>Obrázek 15: Časový průběh doznívání [5]</i>	30
<i>Obrázek 16: Doznívání kovů různé vodivosti [5]</i>	31
<i>Obrázek 17: Účelná volba hledacího kmitočtu u metody vysazení [5]</i>	32
<i>Obrázek 18: Hledací cívky s excentrickým uspořádáním [3]</i>	35
<i>Obrázek 19: Hledací cívky s koncentrickým uspořádáním [3]</i>	35
<i>Obrázek 20: Hledací cívky s dvojitým uspořádáním ve tvaru D [3]</i>	36
<i>Obrázek 21: Hledací cívky s kruhově symetrickou (soustřednou) stavbou [3]</i>	36
<i>Obrázek 22: Konstrukce vysílací a přijímací cívky [3]</i>	37
<i>Obrázek 23: Poloha kompenzačních cívek [3]</i>	37
<i>Obrázek 24: Řez vícevrstvou vzduchovou cívkou [21]</i>	41
<i>Obrázek 25: Lenzovo pravidlo[16]</i>	41
<i>Obrázek 26: Schéma zapojení TRANSET 150 [17]</i>	45
<i>Obrázek 27: Návrh schéma zapojení</i>	45
<i>Obrázek 28: Editor spojů - před rozmístěním součástek</i>	46
<i>Obrázek 29: Editor spojů - po rozmístění součástek</i>	47
<i>Obrázek 30: Návrh DPS vytvořený v editoru spojů</i>	47
<i>Obrázek 31: Návrh DPS - negativ</i>	48
<i>Obrázek 32: Testovací zapojení na kontaktním nepájivém poli</i>	49

<i>Obrázek 33: Navinutá hledací cívka o průměru 20cm</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 34: Detail navinuté hledací cívky</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 35: Hledací cívka v gumové hadici, olepená proužky alobalu.....</i>	<i>53</i>
<i>Obrázek 36: Hledací cívka - zafixování koaxiálního kabelu</i>	<i>54</i>
<i>Obrázek 37: Hledací cívka - omotání textilem</i>	<i>54</i>
<i>Obrázek 38: Kompletní hledací cívka připojená na kontaktní nepájivé pole.....</i>	<i>55</i>
<i>Obrázek 39: Vytvořená DPS.....</i>	<i>56</i>
<i>Obrázek 40: Osazené součástky na DPS</i>	<i>56</i>
<i>Obrázek 41: Hledací cívka upevněná na plastové trubce.....</i>	<i>58</i>
<i>Obrázek 42: Tělo detektoru kovů.....</i>	<i>58</i>
<i>Obrázek 43: DPS osazená v plastové krabici</i>	<i>59</i>
<i>Obrázek 44: Kompletní detektor kovů</i>	<i>60</i>
<i>Obrázek 45: Nalezení kovového předmětu</i>	<i>62</i>
<i>Obrázek 46: Nalezený hřebík.....</i>	<i>62</i>
<i>Obrázek 47: Železný předmět</i>	<i>63</i>
<i>Obrázek 48: Hliníková lžice</i>	<i>63</i>
<i>Obrázek 49: Měděná trubka</i>	<i>63</i>
<i>Obrázek 50: Stříbrný řetízek.....</i>	<i>63</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1: Dosah detektoru TRANSET 150 dle výrobce [17]</i>	<i>44</i>
<i>Tabulka 2: Seznam použitých součástí</i>	<i>50</i>
<i>Tabulka 3: Rozměry vybraných materiálů</i>	<i>61</i>
<i>Tabulka 4: Cenové náklady na výrobu detektoru</i>	<i>67</i>

SEZNAM PŘÍLOH

PI: Technická specifikace detektorů kovů Ebinger SC 61, XP Deus V3.2 PRO

PII: Analogový detektor kovů FISHER 1270

PŘÍLOHA P I: TECHNICKÁ SPECIFIKACE DETEKTORŮ KOVŮ EBINGER SC 61, XP DEUS V3.2 PRO

- Ebinger CS 61

Technická data:

- Baterie 1 x 9 V nebo nabíjecí blok Ebinger
- Provozní doba 15 hodin
- Teplotní rozsah -10 °C až +55 °C
- Rozměry 32 x 170 x 115 mm
- Váha 270 g včetně baterie
- Pracovní kmitočet 9,5 kHz

Konstrukce: Robustní lehká konstrukce detektoru SC 61 umožňuje optimální práci v nepřetržitém provozu. Ve standardním modelu je přístroj dodáván s napájením 9 V baterií. Můžete si ale objednat SC 61 i s dobíjecím zdrojem a unikátním řešením dobíjení.

- XP DEUS V3.2 PRO

Základní vlastnosti:

- 4 pracovní kmitočty (4 kHz, 8 kHz, 12 kHz, 18 kHz) a zároveň posun +/-
- Nastavení výkonu a obnovovací rychlosti
- Zvukové odezva, informace na displeji, multi-tón, Iron Level, Notch filtr, mód expert, diskriminace atd.
- Odladění půdního efektu: automatické, pumpování, manuální a dva plážové režimy
- Pohybový i bezpohybový režim + pinpoint (dohledávání)
- 10 přednastavených továrních programů
- 8 vlastních programů s možností editace a vytváření vlastních úprav
- 4 bezpohybové režimy
- Vlastní reproduktor na hlavní jednotce a možnost připojení vlastních sluchátek do jednotky
- Možnost jednoduché aktualizace software od výrobce přes USB datový kabel
- Kompletní menu v českém jazyce

Technická specifikace:

- Bezdrátový přenos, automatická multi-kanálová volba (36 přenosových kanálů)
- Ultra lehký detektor: 975 g cívka, konstrukce a jednotka s displejem; 875 g bez jednotky (možnost umístit jednotku na opasek)
- Malá kompaktní hlavní jednotka (dodávaná s ochranným pouzdrem), na hlavní konstrukci se upevňuje pomocí neodýmého magnetu, podsvícený grafický displej s nízkou spotřebou a intuitivními ovládacími prvky
- Hledací cívka o průměru 23 cm 2D z impregnovaných uhlíkových vláken, velmi lehká a vodotěsná, dodávaná včetně krytu
- Bezdrátová sluchátka (dodávaná s přepravním pouzdrem), lehká a skládací (možnost odepnutí přijímacího modulu), vlastní displej a ovládací prvky pro nastavování funkcí detektoru
- USB se standardizovaným protokolem pro nabíjení a aktualizování softwaru
- Lithiová baterie, hmotnost pouze 7 g
- Výdrž baterie v hledací cívce: až 20 hodin (v závislosti na zvoleném výkonu a pracovním kmitočtu)
- Výdrž baterie v hlavní jednotce a bezdrátových sluchátkách: 27 hodin
- Rychlá a inteligentní nabíječka, nabíjí současně všech tři prvky (hlavní jednotku, hledací cívku a sluchátka), doba nabíjení všech prvků je 90 minut
- Plnohodnotný český manuál 52 stran

Technická specifikace bezdrátových sluchátek:

- Bezdrátová sluchátka s displejem a ovládacími prvky - dešti odolná
- Lehké a skládací – konstrukce z nového odolného materiálu
- Umožňují ovládání samotného detektoru
- Umožňují nastavení všech hlavních funkcí detektoru:
- Citlivost, diskriminace, vyvážení země, kmitočty (4, 8, 12 a 18 kHz), multi-tón, hlasitost atd.
- Lithiová baterie bez paměťového efektu s nabíječkou
- Transportní pouzdro z ABS

PŘÍLOHA P II: ANALOGOVÝ DETEKTOR KOVŮ FISHER 1270

Jedná se o 1 tónové detektory kovů, kde se pomocí otočné diskriminační kontroly (otočný potenciometr) postupně vylučují/odmítají kovové předměty podle jejich elektromagnetické vodivosti. Ta se nastavuje od 0 – 10, kdy „0“ představuje All Metal a „10“ kompaktní stříbro nebo hliník. Točíme-li odspoda ve směru hodinových ručiček, zjistíme, že železa jsou odfiltrována přibližně na „4“ až „4,5“, fólie na „5,5“ (a s nimi i většina drobného tenkého zlata, bronzu a stříbra) a různé slitiny pak postupně mizí asi tak od „6“ do „8“. Na konci škály zůstávají signály stříbra, hliníku a mědi. Nesmíme ale zapomenout, že elektromagnetická vodivost je pouze jednou z 3 důležitých věcí. Dalšími je velikost a tvar předmětu, přičemž oba tyto faktory dokážou zkreslit konečný signál a vyhodnocení detektoru kovu. Každý zkušený hledač ví, že jakýkoli kruhovitý tvar (železné matky, podložky, zátky, ohnuté hřebíky, hlavy kovaných hřebů, podkovy, koule, atd.) jakož i železa větších kompaktních tvarů (plechovky, radlice a jiné části zemědělských strojů, větší ploché kusy železa, atd.) vydávají signály diskriminačně někde mezi železem a fóliemi. To znamená podobné signály, jaké občas hlásí drobné barevné věci s nejnižší elektromagnetickou vodivostí, obzvláště nacházejí-li se v blízkosti, nebo jsou částečně maskovány, malým kusem železa.