

# Zařízení pro detekci kovů a jejich principy

Metal detectors and their principles

Petr Vaněk

---

Bakalářská práce  
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr VANĚK**  
Osobní číslo: **A08144**  
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**

Téma práce: **Zařízení pro detekci kovů a jejich principy**

Zásady pro vypracování:

1. Provedte rozbor vybraných technických prostředků zaměřených na detekci kovů.
2. Navrhněte a realizujte laboratorní úlohu zaměřenou na indukčnostní princip.
3. Ověřte vliv vzdálenosti kovového předmětu na indukčnost.
4. Zjistěte vliv různých vybraných materiálů.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské 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. 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.
3. Detektory kovů – konstrukce na internetu [online]. 2007 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://detektory.wz.cz/>
4. Amatérské radio: Řada B. Praha 1: MAGNET-PRESS, 1990, 39(4). ISSN 0139-7087.
5. ROWAN, Mark a William LAHR. How Metal Detectors Work. My Metal Detector Page [online]. 2000 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://www.gi.alaska.edu/jesse/treasure/misc/howdetector.html>

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Petr Skočík**

Ústav elektroniky a měření

Datum zadání bakalářské práce:

**24. února 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**25. května 2012**

Ve Zlíně dne 24. února 2012

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

*děkan*



L.S.

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.

*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Tato práce je zaměřena na rozbor základních typů detektorů kovů používaných ve světě a na jejich fyzikální principy. Cílem je návrh a realizace detektoru kovů za účelem ověření jednoho z popisovaných principů založeném na potlačení magnetického pole. Výsledkem je detektor, který je konstruován pro jednoduchou manipulaci, opravitelnost a rychlost detekce s možným využitím jako demonstrační ukázkou aplikovaného principu v laboratorních cvičeních předmětu Senzory. Získané výsledky zjištěné měřením vlivu kovového předmětu na indukčnost a měřením vlivu různých vybraných materiálů, mohou sloužit jako opora při demonstraci aplikovaného principu.

Klíčová slova:

Detekce kovů, detektor kovů, hledač kovových předmětů, fyzikální principy detekce kovů, potlačené magnetické pole.

## **ABSTRACT**

This thesis focuses on analysing basic kinds of metal detectors used all over the world and their physic principles. The target is a proposal and realization of metal detectors in order to check one of the described principles based on the magnetic field repression. As a result comes a detector, constructed for a simple manipulation, repair and the quickness of the detection with the possible utilization as demonstrations applied in laboratory exercises in Sensors. The results gained by measuring the metal object induction effect and effects on other picked materials may help demonstrate the applied principle.

Keywords:

Metal detection, a metal detector, a metal seeker device, physical principles of metal detection, magnetic field repression.

Rád bych velice poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Petru Skočíkovi za jeho cenné rady, návrhy, odborné vedení a konzultace při psaní této bakalářské práce. Také bych chtěl poděkovat všem lidem, kteří mi pomohli s praktickou částí mé práce. Poděkování patří rovněž rodině a všem svým blízkým za podporu, které se mi dostávalo nejen při psaní této bakalářské práce, ale také po celou dobu studia na Fakultě aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati.

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním 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 bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk 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 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 – 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 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 bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem 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 bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....  
podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 HISTORIE ZAŘÍZENÍ PRO DETEKCI KOVŮ</b> .....	<b>11</b>
<b>2 DETEKTORY KOVŮ A JEJICH VYUŽITÍ</b> .....	<b>15</b>
2.1 ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI DETEKTORŮ .....	15
2.1.1 Diskriminace .....	15
2.1.2 Separace .....	16
2.1.3 Dosah - Citlivost .....	17
2.1.4 Rychlost reakce detektoru .....	17
<b>3 TYPY DETEKTORŮ KOVŮ</b> .....	<b>18</b>
3.1 RÁMOVÉ DETEKTORY KOVŮ .....	18
3.1.1 Rámový detektor GARRETT 6500i.....	19
3.2 RUČNÍ DETEKTORY KOVŮ PRO FYZICKOU BEZPEČNOSTNÍ KONTROLU.....	20
3.2.1 Ruční detektor kovů GARRETT Super Scanner .....	21
3.3 RUČNÍ DETEKTOR KOVŮ HOBBY.....	22
3.3.1 Ruční detektor kovů GARRETT ACE 150.....	22
3.3.2 Ruční detektor kovu GARRETT GTI 2500 Pro .....	23
3.4 DETEKTORY KOVŮ V OBUVI .....	25
3.5 DETEKTORY KOVŮ V TĚLNÍCH DUTINÁCH .....	26
3.6 DETEKČNÍ DOPRAVNÍKY .....	27
3.7 POTRUBNÍ SYSTÉMY .....	28
3.8 PROPADOVÉ SYSTÉMY .....	29
3.9 FARMACEUTICKÉ DETEKTORY .....	30
<b>4 PRINCIPY DETEKTORŮ KOVŮ</b> .....	<b>31</b>
4.1 FYZIKÁLNÍ PRINCIP DETEKTORŮ (BFO, IB, PI) .....	31
4.2 OBECNÝ PRINCIP HLEDAČŮ KOVOVÝCH PŘEDMĚTŮ.....	33
4.3 BFO DETEKTORY .....	34
4.4 IB DETEKTORY .....	35
4.5 PI DETEKTORY.....	37
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>39</b>
<b>5 NÁVRH LABORATORNÍ ÚLOHY</b> .....	<b>40</b>
5.1 DETEKTOR KOVŮ TESLA HKP-001 .....	40
5.1.1 Technické údaje .....	40
5.2 NÁVRH DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ .....	41
5.2.1 Program EAGLE .....	41
5.2.2 Návrh schéma zapojení .....	44
5.2.3 Návrh desky plošných spojů .....	44

5.3	OVĚŘENÍ NÁVRHU POMOCÍ ZKUŠEBNÍHO ZAPOJENÍ .....	46
5.3.1	Zapojení na kontaktním nepájivém poli.....	46
5.3.2	Ladění zkušebního zapojení.....	46
5.3.3	Seznam součástek.....	48
5.4	VÝROBA CÍVKY .....	49
5.5	VÝROBA DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ .....	50
5.5.1	Postup při výrobě .....	50
5.5.2	Příprava leptací lázně .....	50
5.5.3	Vlastní leptání .....	51
5.6	OSAZENÍ DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ .....	52
5.6.1	Zkouška funkčnosti .....	53
5.7	KOMPLETNÍ DETEKTOR HKP-001 .....	53
5.7.1	Funkce přístroje.....	54
5.7.2	Vnitřní uspořádání a výměna baterie .....	55
<b>6</b>	<b>VLIV RŮZNÝCH VYBRANÝCH MATERIÁLŮ .....</b>	<b>56</b>
6.1	ZKOUŠKA DETEKCE VYBRANÝCH MATERIÁLŮ .....	56
6.2	VÝSLEDKY MĚŘENÍ DETEKCE .....	57
<b>7</b>	<b>VLIV VZDÁLENOSTI KOVOVÉHO PŘEDMĚTU NA INDUKČNOST .....</b>	<b>58</b>
7.1	DOSAŽ DETEKTORU.....	59
7.1.1	Vzdálenost detekce stříbra .....	59
7.1.2	Vzdálenost detekce mědi.....	59
7.1.3	Vzdálenost detekce zlata.....	60
7.1.4	Vzdálenost detekce hliníku .....	60
7.1.5	Vzdálenost detekce železa.....	60
7.1.6	Vzdálenost detekce cínu.....	61
7.2	VÝSLEDKY MĚŘENÍ VZDÁLENOSTI.....	62
<b>8</b>	<b>ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>63</b>
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>65</b>
	<b>ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....</b>	<b>67</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>69</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>72</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>75</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>77</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>78</b>



## ÚVOD

K psaní této bakalářské práce mě vedl zájem o problematiku ručních detektorů kovů určených k hledání kovových předmětů v terénu. Je to aktuální téma v dnešním světě, a tak jsem si chtěl takový detektor koupit, ale vzhledem k jeho vysokým pořizovacím nákladům jsem přešel raději na levnější variantu. Realizovat detektor kovů v domácím prostředí, s účelem snížit podstatně cenu. Jakožto začátečník v této oblasti jsem se rozhodl nejprve prostudovat dostupné informace, zjistit jaké typy detektorů se vyskytovaly v minulosti a jaké se používají dnes. Porovnal jsem dříve používané fyzikální principy detekce s dnešními. Detektory se liší od těch zastaralých hlavně velikostí a počtem funkcí. Zatímco dříve byly detektory těžké, nosily je i dva lidé a nedokázali rozeznat detekovaný kov dokud ho nevykopali, dnešní doba nám nabídla detektory podstatně menší, které uneseme bez problémů v jedné ruce a mají velký dosah a velké množství funkcí, pomocí kterých dokážeme rozeznat druh nalezeného kovu, jaký má tvar, hloubku v které je a další podstatné informace, takže se v případě bezcenného nálezu nemusíme zabírat zbytečným kopáním.

Při bádání v této oblasti jsem narazil i na další využití detektorů kovů. Mezi nejčastěji využívané patří rámové detektory spolu s ručními detektory k dohledávání kovových předmětů. Využívají se při zabezpečení letišť, soudů, vězení, společenských akcí, továren, elektráren, škol a jiných důležitých budov, kde je potřeba zajistit nebezpečné předměty před vstupem do těchto prostor. Detekce kovů má také velké využití v potravinářství a farmaceutické společnosti, kde je zapotřebí pomocí propadových systémů, detekčních dopravníků a potrubních systémů znemožnit vniknutí kovových částí mezi potraviny a léky.

Po prostudování problematiky detektorů kovů jsem se rozhodl pro začátek vyrobit malý ruční detektor kovů, ověřit jeho funkčnost a zjistit detekci různých vybraných materiálů. Získané informace mi velice pomohli při tvorbě této práce a konstrukci detektoru kovů. Také je možné tento detektor následně použít k praktickému měření úloh spojených s bezpečnostní tematikou v laboratořích na naší fakultě aplikované informatiky.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 HISTORIE ZAŘÍZENÍ PRO DETEKCI KOVŮ

Za klíčovou osobu ve vývoji a popularizaci ručních detektorů kovů tak jak je známe dnes je všeobecně považován Dr. Gerhard Fisher. Po studiích elektroniky na Universitě sídlící v Drážďanech imigruje do USA kde začíná pracovat na vývoji rádiové navigace. Nápad sestavit přenosný detektor kovů se mu v hlavě zrodil během badatelské práce v Los Angeles, Californii kde se zabýval výzkumem leteckých radiolokačních / detekčních zařízení. Při vyhodnocování výsledků si totiž všiml jedné velmi zajímavé věci a tou bylo, že pokaždé když se při letu dostal mezi přijímač a vysílač nějaký kovový předmět nebo když letadlo přelétávalo nad velkými továrními halami s plechovou střechou či povrchovými rudnými ložisky, radiolokátor začal vydávat podivné, navigaci matoucí informace. Piloti letadel mu potvrdili, že se nejedná o nějaký náhodný jev, ale že k tomu dochází neustále na stejných místech. Na základě tohoto zjištění dospěl k názoru, že příčinou těchto chyb jsou vysoce elektromagneticky vodivá nebo mineralizovaná místa. Dr. Fisher z toho vyvodil, že by bylo možné zkonstruovat a vyrábět přenosné prospektorské přístroje – detektory kovů na stejném principu teorie elektromagnetického pole, které by dokázaly detekovat i malé zakopané předměty nebo rudné deposity. [7]

Se svým nápadem se svěřil příteli Albertu Einsteinovi a když mu detektor předvedl, ten jeho vizi okamžitě podpořil a prohlásil, že takovéto detektory kovů si i on dovede představit a předpověděl jim velkou budoucnost. [7]

Ačkoli skutečný vynálezce detektoru kovů není znám, první praktické využití ručního přístroje na detekci kovu je přesně zaznamenáno z července roku 1881. Tehdy byl spáchán atentát na 20. amerického prezidenta Jamese A. Gartfielda a známý vynálezce Graham Bell sestrojil přístroj - detektor kovu za účelem lokalizování kulky v těle prezidenta. První patent na ruční detektory kovu využívající elektromagnetické indukce je ale vydán až na konci dvacátých let minulého století a jeho majitelem je právě Dr. Gerhard Fisher. [7]

Ten totiž pokračuje ve svém bádání a v roce 1931 zakládá v garáži svého domu firmu Fisher Research Laboratory (Palo Alto, Californie), kde se čtyřmi zaměstnanci začíná vyrábět a podávat ruční detektory kovů pod názvem Metallascope. Jejich hlavní výhodou je bytelná konstrukce a jednoduché ovládání. Z pohledu dnešních standardů se sice jednalo o poněkud neskladný přístroj velkých rozměrů, který se skládal ze dvou velkých dřevěných boxů obsahujících jednoduché měděné cívky, pět vakuových

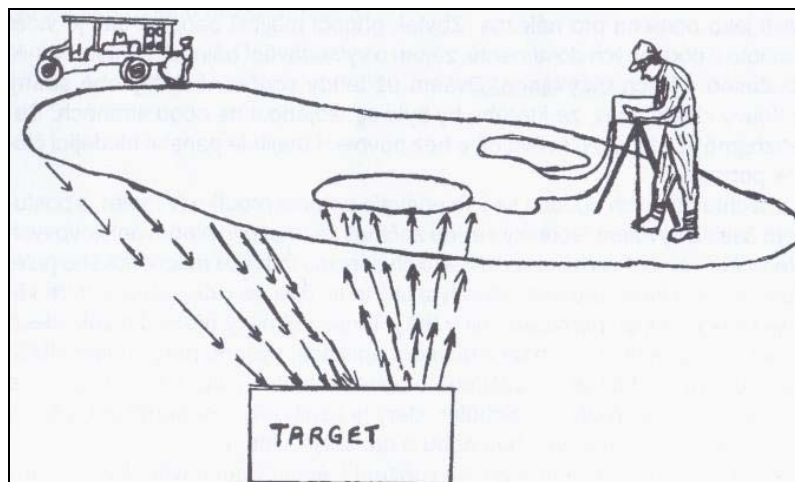
elektronek-lamp a několika dalších komponent. Fisherovy detektory kovů se pod jménem M-Scope (Metallscope) rychle rozšiřují nejprve v Americe a posléze se i po celém světě začínají používat ve stavebnictví, v bezpečnostních složkách i v mnoha dalších oborech.[7]

V roce 1936 prodeje detektorů tak stouply, že garáž přestává stačit a firma se přesouvá do malé výrobní haly. Krátce na to Dr. Fisher na svůj Metallscope získává patent. Je to vůbec první patent na světě týkající se detekčního přístroje. Metallscope je později přejmenovaný na M-Scope a jako takový se stává akceptovaným standardem pro všechny detektory kovů – všechny typy elektronické detekce: Hledají se s nimi rudná ložiska v geologii, hledači pokladů pátrají po kovových artefaktech, stavebníci lokalizují podzemní trubky a roury, pily hledají hřeby v kmenech a bezpečnostní pracovníci pátrají po zbraních na letištích i jinde. [7]

V roce 1939, těsně před začátkem II. Světové války, se Fisher opět stěhuje do větších, vyhovujících prostor. Během II. Světové války a následné války v Koreji firma Fisher přispívá svou technologií do válečného programu, i přesto ale nadále produkuje civilní detektory kovu M-Scope. Stále se zvyšující popularita M-Scopu a vypršení patentové lhůty vede k tomu, že příklad Fisher Research Labs následují další firmy a vznikají nové konkurenční firmy vyrábějící detektory kovu. Přesto Fisher i nadále zůstává světovým leaderem v detekční technice. Během let Fisher vytvořil a vyprodukoval takové sofistikované detektory kovů jako geiger counter, radio communication systems, voltage detektory a cable fault lokátory. [7]

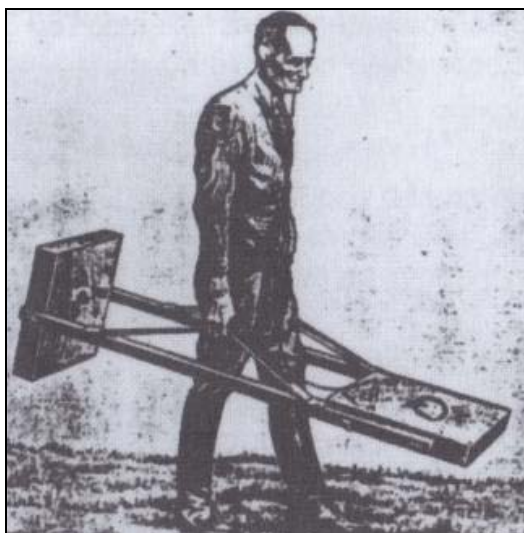
Další záznamy o použití přístroje k vyhledávání pokladů je autobiografie Herveye de Montmorency, nazvaná Sword and Stirrup (v překladu: Meč a opasek). Zde popisuje vyhledávání slavného pokladu pirátů Kokosovém ostrově v Pacifiku s pomocí detektoru kovů. Jednalo se o přístroj předváděný již v roce 1903! Byl to přístroj vyrobený firmou London Electrical Ore Finding Company. První předvádění pro veřejnost bylo provedeno v březnu 1903, v dubnu 1903 byl patentován ve Velké Británii. Jde o první přístroj, který získal nejprve britský patent a po několika měsících byl patentován také jako první svého druhu v USA. Z dnešního hlediska se jednalo o velmi moderní přístroj pracující na základě pulzní indukce. Místo dnes používaných pevných cívek (sond), používal jako cívky smyčky kabelů, položených volně na zemi, jak je vidět na obr. 1. Jako zdroj elektrické energie sloužil velký generátor umístěný na opodál stojícím automobilu. Jako první se

dokonce dokázal vyrovnat s problémem zemního efektu, což nedokázaly modernější přístroje vyrobené v následujících letech. [6]



Obrázek 1: První patentovaný detekční systém z roku 1903 [6]

Další směr ve vývoji detektorů ukázala firma Radio Metal Locating Company (USA). Tato společnost začala jako první vyrábět detektory kovů pro potřeby trhu. Všeobecně byly tyto přístroje známy pod názvem Radio Lokátor (radiolokátor), který je na obrázku 2. Měly konstrukci jako dnešní hloubkové detektory Two Box, které mají cívky posunuté o 90° proti sobě. [6]



Obrázek 2: Radiolokátor [6]

Pracovaly na principu rozladění oscilátoru se základním kmitočtem 175 kHz, výstupní kmitočet měl hodnotu 1 kHz. Byly to těžké přístroje, které nosil operátor zavěšené pomocí speciální konstrukce na ramenech, přičemž se pohyboval uprostřed mezi sondami, což je vidět na obr. 3. [6]



Obrázek 3: Radiolokátor pozdějšího provedení [6]

První TR detektory byly již podobné dnešním přístrojům pro hloubkové hledání (Two Box), které mají oddělené sondy, vyvinula firma Goldak Company pod obchodním jménem RadioScope. Tento detektor byl patentován v USA pod patentovým číslem 2 160 356. [6]

Teprve tato konstrukce našla širší uplatnění, ale hlavně byla dále vylepšována, čímž byly tyto přístroje schopny zachytit i menší kovové předměty. Další vylepšení přišlo z Evropy kolem roku 1930 v podobě tzv. pánvičkových detektorů (Pancake Detektors), což není nic jiného než dnes známá podoba kruhových hledacích sond. [6]

Přístroje začínají používat první hledači pokladů, kteří se soustřeďují pouze na tento typ průzkumu. Dokonce ve Francii je založen první oficiální klub hledačů pokladů (French Treasure Seekers Club) a jeho předsedou byl Robert Charroux. [6]

Je nutné si uvědomit, že výkony a hlavně rozměry detektorů kovů, byly omezeny v té době existencí elektronek. Ty měly vysokou spotřebu energie, protože musely být stále během provozu nažhaveny. Jejich větší rozměry a vyšší spotřeba elektrické energie brzdily další vývoj. [6]

Toto vše se radikálně změnilo ke konci padesátých let s příchodem tranzistorů. Začaly se vyrábět detektory, které byly lehčí, ale hlavně lépe ovladatelné. [6]

## 2 DETEKTORY KOVŮ A JEJICH VYUŽITÍ

Všechny detektory kovů pro vstupně-výstupní prohlídku objektů využívají vlastního budícího magnetického pole. Jejich základem jsou cívky schopné vytvářet v prostoru kontroly budící magnetické pole a snímat magnetické pole z tohoto prostoru, v případě přítomnosti kovů různě pozměněné. [1]

Detektory kovů mají široké využití: letiště, školy, soudy, vězení a nápravná zařízení, bezpečnostně zajištěné akce, vojenské základny, jaderné elektrárny, sklady benzínu, státní budovy, petrochemické závody, domácí hobby, potravinářský průmysl, atd.

Každý typ se může lišit principem detekce, počtem zón detekce, citlivostí, rychlostí odezvy a dalšími vlastnostmi. Záleží na stupni zabezpečení a v jaké oblasti chceme detektor použít, abychom zvolili správný typ detektoru nebo kombinaci jednotlivých zařízení.

Detektory kovů i nadále expandují do různých institucí, průmyslové výroby, ale také do rukou obyčejných lidí, kteří hledají „zakopaný poklad“. Stále se zvyšují nároky na detekci kovů a proto je inovace detektorů neustálá. Základní principy detekce však zůstávají nepozměněny. Způsoby detekce budou popsány v kapitole 4.

### 2.1 Základní vlastnosti detektorů

Jednotlivé termíny se používají hlavně pro ruční detektory kovů určené k hledání kovů v půdě. Potřebujeme většinou určit o jaký kov se jedná. U rámových detektorů a detektorů kovů v obuvi se tyto vlastnosti někdy neuvádějí, protože chceme detekovat jakýkoli kovový předmět ať už kontrolujeme osoby, zavazadla nebo potraviny a další. Jsou popsány pouze základní vlastnosti, další funkce detektorů se odvíjejí od ceny a způsobu použití.

#### 2.1.1 Diskriminace

Každý detektor pracuje v tzv. režimu ALL-METAL, kdy reaguje na všechny kovy a v režimu diskriminace. Režim diskriminace umožňuje některé kovy vyloučit ze signalizace. Zpravidla to děláme proto, abychom nekopali každý hřebíček. Zvyšováním prahu diskriminace však riskujeme, že přejdeme jinak zajímavý nález. V určitých situacích může detektor přehlédnout stříbrnou minci pokud bude ležet v těsné blízkosti

"vydiskriminovaného" železa. Pokud se však pohybujeme v oblasti zamořené odpadem, je takový postup často nutný. [8]

Čím dražší a kvalitnější detektor, tím je lepší a přesnější nastavení diskriminace. Nejlevnější detektory rozdělují všechny kovy do 5-8 skupin, ty nejlepší pak do 100 i více podle ID čísla. [8]



Obrázek 4: Nalezené předměty rozdělené pomocí diskriminace [6]

Hledané předměty rozdělujeme na „přijaté“ nepotlačené a dále na „nepřijaté“ potlačené - nežádoucí, jak je vidět na obr. 4. Vlevo na misce jsou vidět nepotlačené nalezené předměty z barevných kovů, šperky, knoflíky, mince. Vpravo na misce vidíme potlačené předměty - nežádoucí, např. koňskou podkovu a jiné železné předměty, které jsou rezavé a nezajímavé (bezcenné). [6]

### 2.1.2 Separace

S diskriminací úzce souvisí separace. Tyto dvě vlastnosti bývají někdy vzájemně zaměňovány nebo dokonce slučovány, ale jedno a to samé to rozhodně není. Představte si dva kovové předměty blízko sebe a navíc každý z jiného materiálu. Separací se rozumí



schopnost detektoru tyto cíle od sebe rozeznat. Zde je velmi důležitá rychlost s jakou přístroj vyhodnocuje signály. Pokud je v tomto ohledu příliš pomalý, tak buď rozpozná pouze jeden z předmětů a o tom druhém vůbec neví, nebo ze dvou různých signálů vytvoří jeden zkreslený. Může se tak snadno stát, že železný předmět, který nás nezajímá, zastíní signál barevného kovu a vyhodnotí pouze signál železného kovu. [9]

### **2.1.3 Dosah - Citlivost**

Nastavení citlivosti je pro hledání s detektorem kovů základní možností nastavení. Nastavením citlivosti ovlivňujete jak dosah detektoru, tak stabilitu. Je chybou si myslet, že na maximum nastavený detektor bude mít vždy maximální dosah. V lokalitách s velkým množstvím minerálů a odpadů tak získáte pouze nestabilní přístroj. Vždy se tak hledá optimální kompromis mezi stabilitou a dosahem. [10]

### **2.1.4 Rychlost reakce detektoru**

Často zmiňovaný parametr v hodnocení detektoru. Je žádoucí, aby reakce detektoru na cíl byla pokud možno co nejrychlejší. Zvláště při nastavené diskriminaci (obvyklé je odfiltrování železa) by měl být čas takzvaného zotavení detektoru co nejrychlejší. Je možné, že se u pomalejších přístrojů může snadno stát, že blízko sebe uložené cíle prostě detektor nedokáže rozpoznat. [10]

### 3 TYPY DETEKTORŮ KOVŮ

#### 3.1 Rámové detektory kovů

Rámové detektory kovů (nebo také průchozí detektory kovů) jsou určeny ke kontrole všude tam, kde je nutno provádět kontroly osob při jejich vstupu do hlídaných prostor s vysokými požadavky na bezpečnost. Schopnost spolehlivě detekovat nebezpečné předměty i při instalaci dvou a více detektorů těsně vedle sebe se uplatní na letištích, jak je vidět na obr. 5, nebo v jiných velkých objektech, kde je nutno zkontrolovat velké množství lidí. Služby detektorů ocení všichni pořadatelé konferencí, sportovních utkání, koncertů, výstav i speciálních akcí konaných např. policií či armádou. [11]



Obrázek 5: Rámový detektor kovů Rapiscan na letišti Ostrava [12]

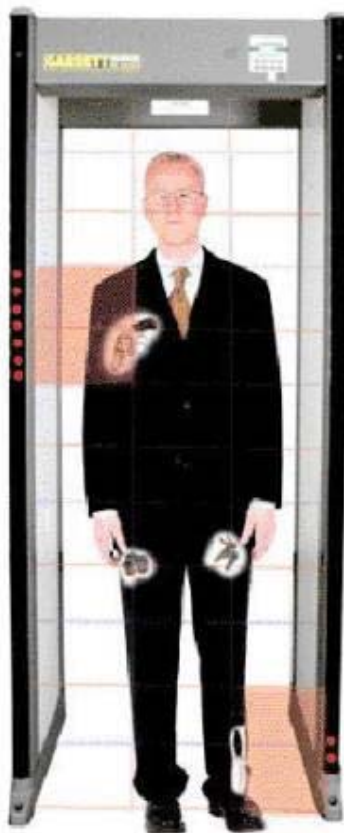
Rámové detektory kovů jsou obvykle osazeny různým počtem zón, podle úrovně zabezpečení. Jednozónové, šestizónové, osmizónové, 18-ti nebo v dnešní době i s 33-mi zónami, jako například rámový detektor GARRETT 6500i, který je zobrazen na obr. 6. Čím je počet detekčních zón vyšší, tím přesněji určíme i umístění kovového předmětu v detekčním prostoru. S vyšším počtem zón roste také cena detektoru. Zónové detekční rámy jsou osazeny LED diodami, jejichž světelná signalizace upozorní na umístění kovových předmětů v oděvu procházející osoby nebo má vestavěný zobrazovací panel, který zabezpečuje okamžitou vizuální identifikaci. Umožňuje přesnou lokalizaci při podezření na zbraň nebo sledované či podezřelé předměty v průchozím prostoru. Sledovaná osoba je spolehlivě skenována od hlavy až k botě. Boční stěny detektoru mají

zabudovány od sebe oddělené detekční zóny (horizontální a vertikální). Každou z těchto zón je možné nastavit dle požadovaných parametrů s ohledem na umístění detektoru v prostoru. Pohyb předmětů v prostoru rámu je zobrazován pomocí senzorů obsahující vysokorychlostní digitální řízení. Pro potřeby škol a úřadů jsou vyvinuty jednozónové detektory ve velice příznivé cenové relaci. [11]

Někdy bývají rámové detektory doplněny ručními detektory, které mají větší citlivost, pro přesnější určení detekovaného místa.

### 3.1.1 Rámový detektor GARRETT 6500i

Rámový detektor GARRETT 6500i obsahuje 33 detekčních zón. Hladký a efektivní průchod osob je zajištěn využitím mezinárodně používaných světelných znaků. Jednoduché ovládání je zajištěno pomocí podsvíceného LCD panelu, LED pásů pro kontinuální provoz a hlášení výsledků autodiagnostiky. Má jednoduché ovládání nastavení pomocí osmi tlačítek. [13]



Obrázek 6: Rámový detektor kovů GARRET 6500i při detekci [13]

Technická specifikace:

- Teplota a relativní vlhkost: -20°C až 70°C, 0 až 95%
- Napájení: Automatické 100 – 240 V, 50/60 Hz, bez nutnosti přepínání, 5W
- Ochrana: IP 54
- Ochrana před neoprávněným zásahem: Veškeré nastavení je chráněno zámekem a dvěma hesly
- Konstrukce: Odolný laminát, detektor a podpěry jsou vyrobeny z hliníku
- Počítač průchodů: Počítá počet průchodů, počet alarmů a počítá procento alarmů
- Synchronizace: Duální kanály a DSP obvody umožňují práci více detektorů v těsné blízkosti
- Potlačení interference: speciální DSP obvody eliminují vliv monitorů, rentgenů a dalších zdrojů interference
- Nastavení: Patnáct přednastavených nezávislých programů pro snadné nastavení pro specifické podmínky jednotlivých instalací
- Alarmy: Zvukový alarm s nastavitelným tónem a hlasitostí. Jasný LED vizuální alarm.
- Zónová detekce: 33 zón je zobrazováno pomocí LED panelů po obou stranách detektoru [13]

### 3.2 Ruční detektory kovů pro fyzickou bezpečnostní kontrolu

Ruční detektor kovů pro bezpečnostní prohlídku, který je vidět na obr. 7, se užívá pro vyhledávání kovových zbraní, především ručních palných zbraní u osob. [1]

Ruční detektory kovů všeobecně lákají svou nižší cenou. Přes některé odlišnosti různých typů jsou jejich detekční schopnosti v podstatě stejné. To proto, že omezení není dáno technologií, ale bezpečnostními předpisy. Síla vyhledávacích signálů je omezena z důvodu ochrany kardiostimulátorů. Pro vyhledávání položek velikosti ručních palných zbraní není toto omezení podstatné, daleko horší je to s malinkými položkami. Toto slabší pole nemůže použitelně proniknout tělem nebo detekovat z větší vzdálenosti. Proto je nezbytné provádět ruční skenování po povrchu celého těla z těsné vzdálenosti. A protože

jedno kývnutí ručním detektorem pokryje malou plochu, je ruční skenování namáhavé a zdlouhavé. Ruční detektory též neposkytují dostatečnou indikaci síly signálu. Tak je nejisté, jestli se za hodinkami neskrývá prstýnek nebo za zipem zlatý řetízek. Vzdálenost kovového předmětu od detekční cívky (která je samozřejmě pouze z jedné strany předmětu) je při ručním skenování pokaždé trochu jiná. Síla signálu přitom klesá s šestou mocninou vzdálenosti a tak nastavováním citlivosti nemůžeme dosáhnout tak kvalitní rozlišování velikosti pronášeného předmětu (i když síla signálu závisí i na tvaru předmětu, jeho poloze apod.). Z výše uvedených důvodů se ruční detektory kovů hodí pro bezpečnostní prohlídku osob na stacionárním stanovišti jen nouzově. Jsou však užitečným doplňkem průchozích detektorů kovů a to pro případné přesné dohledání polohy kovové položky na těle osoby v případě pozitivní detekce průchozím detektorem s neschopností tuto položku najít. Mnohé průchozí detektory totiž neurčují polohu detekovaného předmětu buď vůbec nebo jen její výšku. [1]

### 3.2.1 Ruční detektor kovů GARRETT Super Scanner

Super Scanner má automatické ladění a kontrolu baterie. Jakékoli úpravy a seřizování nejsou nutné. Jakmile je zachycen podezřelý předmět, přístroj automaticky sepne zvukový alarm a rozsvítí se vizuální alarm. Tento přístroj byl vylepšen módem "Reduced Sensitivity" pro skenování blízko podlah, které odrážejí signál; novou rukojetí pro lepší uchopení a novým zakončením, které umožňuje výměnu baterií bez jakýchkoli nástrojů. Doplňky obsahují sluchátko pro "tiché" prohlídky, NiCad (dobíjecí) baterie a nabíječku a pevný obal pro připevnění na opasek nebo do auta. Detekuje středně velkou pistoli ze vzdálenosti 22,5 cm, velký kapesní nůž ze vzdálenosti 15 cm, žiletku ze vzdálenosti 7,5 cm a kloboukovou jehlici z 2,5 cm. Citlivost může být upravena v případech, kdy kov v okolí způsobuje interferenci. [14]



Obrázek 7: Ruční detektor kovů Super Scanner od firmy GARRETT [14]

Technická specifikace:

- Pracovní kmitočet: 95 kHz
- Rozměry: Hmotnost: 0,5 kg, Šířka : 8,30 cm, Tloušťka: 4,13 cm, Délka: 42,00 cm
- Ladění: Automatické
- Indikátory: reproduktor, červená svítivá dioda, přípojka pro sluchátko
- Ovladače: 3-polohový přepínač (ON, OFF, okamžité použití), vypínač pro eliminaci interference
- Baterie: 9 V (až 80 hodin provozu), nabíjecí NiCad (doplňkové příslušenství) [14]

### 3.3 Ruční detektor kovů Hobby

Další skupinu tvoří ruční detektory kovů Hobby, které používáme pro práci v terénu. Těchto zařízení je však velké množství od mnoho výrobců. Jako příklad je na obr. 8 uvedena levnější varianta detektoru kovů, na obr. 9 je technicky vyspělejší detektor kovů a tím je samozřejmě vyšší i cena. Fyzikální princip je vždy téměř stejný. Jednotlivé typy mohou obsahovat více či méně funkcí. Jejich cena se pohybuje od 4000Kč do 40000Kč a závisí na kvalitě vyhodnocování signálu a vlastnostech detektoru: diskriminace, separace, citlivost, analogový / digitální detektor, rychlost reakce, hloubkový dosah, pinpoint, velikost cívky

#### 3.3.1 Ruční detektor kovů GARRETT ACE 150

Základní vlastnosti:

- GTA - grafický cílový analyzátor
- cílový ID kurzor
- indikátor baterií
- indikátor hloubky mince
- zvuková identifikace vodivosti
- 3 režimy: všechny kovy, šperky, mince
- citlivost ve 4 krocích

- cena 4300Kč [15]



Obrázek 8: Ruční detektor kovů GARRETT ACE 150 [15]

### 3.3.2 Ruční detektor kovu GARRETT GTI 2500 Pro

Vlastnosti:

- GTI (hloubka a velikost)
- GTA (grafický cílový analyzátor)
- ID kurzor
- hloubkový všekovový režim
- zvýšený výkon (o 20%)
- přijetí/odmítnutí cíle v plném rozsahu
- dohledávka s parametry cíle
- Scan Track, Fast Track
- Audio ID

- GB auto/manuální
- eliminace solí
- manuální nastavení vlivů země
- poslední použitý mód
- 6 režimů: All, Coins, Jewelry, Relics, Nula, Vlastní a Zobrazovací (při Pin-Pointu) + bezpohybový mód.
- Cena 34000Kč [16]

Nastavení: citlivost/hloubka, frekvence, prahová úroveň, hlasitost, Multi-Noch v plném rozsahu, eliminace vlivů solí a země. [16]

Další vlastnosti: podsvícený LCD, reproduktor, konektor pro sluchátka (Jack 6.3), hlasový výstup. [16]



Obrázek 9: Ruční detektor kovů GARRETT GTI 2500 Pro [16]

U nás je ještě spousta lidí, kteří nemohou investovat nemalou částku do koupě profesionálního detektoru kovů. Zde se nabízí další možnost - detektor si sám vyrobit. Na internetu je spousta návodů na amatérskou výrobu různých detektorů. Jak ovšem mezi těmito zapojeními vybrat takové, u kterého se úsilí vynaložené při jeho stavbě vrátí? Nejlépe podle zkušeností těch, kteří tento detektor již stavěli (např. na internetové stránce <http://detektory.wz.cz/>). [3]

I nejlepší detektor kovů, je stále jen tak dobrý, jako ten, kdo ho používá. [5]



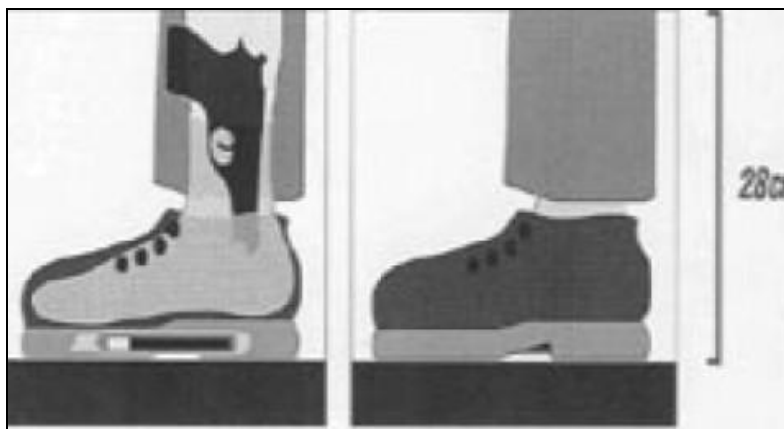
### 3.4 Detektory kovů v obuvi

Kontrola obuvi bez nutnosti vyzouvání pasažérů (viz. obr. 10). Kompaktní, přenosný systém, jednoduchý na obsluhu. Snadná integrace do stávajících bezpečnostních systémů kontroly. Urychlení kontroly, zamezuje vzniku front a kumulace kontrolovaných osob. Vlastní kontrola je jednoduchá, spolehlivá a plně automatická operace. Obsah boty je kontrolován rychle a bez obtěžování pasažérů. Odstraňuje nutnost prověřovat boty v jiných skenovacích zařízeních. [17]



Obrázek 10: Detektor kovů v obuvi [17]

Detekuje kov, bimetal i nekovové předměty. Ignoruje kovové předměty, které jsou součástí obuvi. Kovové objekty v obuvi detekuje porovnáním, zda se nacházejí jak v levé, tak i v pravé botě. Indikuje větší kovové předměty, které se nacházejí na nebo nad úrovni kotníků (na obr. 11 je vidět detekce střelné zbraně). [17]



Obrázek 11: Detekce na displeji [18]

### 3.5 Detektory kovů v tělních dutinách

Tyto přístroje slouží k detekci malých kovových objektů ukrytých v tělních dutinách, konkrétně orálních, análních a vaginálních. Anténní soustava pro kontrolu análních a vaginálních tělních dutin bývá zamontována v robustním dřevěném nebo plastovém křesle, anténní soustava pro kontrolu ústní dutiny je v krytu na držáku namontovaném na straně opěradla křesla. Křeslo je vidět na obr. 12. [1]



Obrázek 12: Detektor tělních dutin [19]

Toto uspořádání dovoluje důslednější kontrolu než by tomu bylo pouze s průchozími a ručními detektory kovů. Bývají schopny detekovat ve výše uvedených tělních dutinách například zlatou kuličku o průměru 4mm. Klíček k poutům nacházející se v těle detekují až na vzdálenost 15 cm od senzoru. [1]

Nacházejí uplatnění v rámci osobní prohlídky především u vězeňských služeb, ale také u policie a celníků. Vězňové jsou kontrolováni, jestli v sobě neskrývají například klíček k poutům, jednostrannou žiletku, hřebíky, vrtáček, malé nástroje, kovové kapsle pro transport drog atd. [1]

Další uplatnění nacházejí v rámci prevence ztrát, při vyhledávání například zlatých šperků, drahých kovů, mikročipů apod. [1]

### 3.6 Detekční dopravníky

Jednou z nejčastějších aplikací detektoru kovů je detekce v produktech, přepravovaných na pásových dopravnících, vynášecích dopravnících z balících strojů apod.



Obrázek 13: Detekční dopravník 1 [20]

V některých případech je možná instalace snímacího senzoru přímo na stávající dopravník, což obnáší většinou provedení mnoho mechanických úprav konstrukce dopravníku.

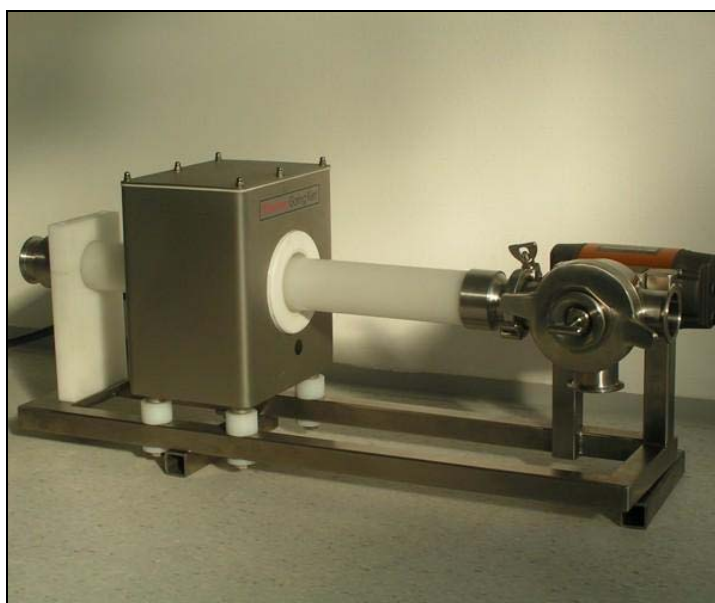


Obrázek 14: Detekční dopravník 2 [20]

Pro správnou funkci detektoru kovů je nutné zajistit jeho správnou instalaci, aby nedocházelo k ovlivňování funkce. Mezi nejčastější chyby při instalaci patří zejména nedodržení zóny bez kovu, nedostačující robustnost podpůrného rámu pro eliminaci případných vibrací, nedodržení elektrické izolace válečků dopravníku apod. Pokud není stávající dopravník konstruován již s ohledem na možnost instalace detektoru, je provedení všech výše uvedených úprav často časově i finančně náročné. V těchto případech nabízíme řešení ve formě instalace již hotového detekčního dopravníku, který je již osazen detektorem kovů (viz obr. 13 a obr. 14). Kromě standardizovaných řad dopravníků je možné vyrobit přímo dopravník „na míru“ dle přání a požadavku zákazníků. [20]

### 3.7 Potrubní systémy

Pro aplikace, kde je třeba detekovat kovy v kapalinách, nebo kašovitých hmotách (sirupy, marmelády, atd.), je navržen speciální detekční systém určený pro potrubní přepravní systémy, osazený snímacím senzorem typu APEX. Systém se skládá z detektoru a automatického vyřazovacího zařízení, které tvoří trojcestný kulový kohout, jak je vidět na obr. 15 a 16. Kohout je ovládaný z vyhodnocovací jednotky detektoru a v případě detekce kovu v toku materiálu svede část materiálu s kovem mimo hlavní tok. Poté se opět přepne zpět do původní polohy. Citlivost systému je velmi vysoká, závisí především na průměru potrubí. [21]



Obrázek 15: Potrubní systémy 1 [21]



Obrázek 16: Potrubní systémy 2 [21]

### 3.8 Propadové systémy

Pro aplikace, kde je třeba detekovat kovy v sypkých produktech přepravovaných v gravitačním toku (cukr, luštěniny atd.), je navržen speciální detekční systém určený pro potrubní systémy, osazený snímacím senzorem typu APEX. Systém se skládá z detektoru a automatického vyřazovacího zařízení, který tvoří potrubní klapka. Klapka je ovládaná z vyhodnocovací jednotky detektoru a v případě detekce kovu v toku materiálu svede část materiálu s kovem mimo hlavní tok. Poté se opět přepne zpět do původní polohy. Citlivost systému je velmi vysoká, závisí především na průměru potrubí. Kompletní propadový systém je zobrazen na obr. 17. [22]



Obrázek 17: Propadové systémy [22]

### 3.9 Farmaceutické detektory

Na obr. 18 je speciální detekční systém DSP Rx (speciální model pro farmaceutické aplikace) určený pro finální inspekci farmaceutických tablet, osazený detektorem typu APEX. Systém se skládá z detektoru a automatického vyřazovacího zařízení, které tvoří elektricky ovládaná klapka ovládaná z vyhodnocovací jednotky detektoru. V případě detekce kovu v toku materiálu je svedena část materiálu s kovem mimo hlavní tok a po uplynutí volitelného časového intervalu se opět přepne zpět do původní polohy. Citlivost systému je velmi vysoká, provedení je kompletně z nerezové oceli. [23]



Obrázek 18: Farmaceutické detektory [23]

## 4 PRINCIPY DETEKTORŮ KOVŮ

Do roku 1990 bylo z technického hlediska možné používané detektory rozdělit do pěti skupin: detektory BFO se záznějovým oscilátorem (Beat Frequency Oscillator), detektory IB s vyváženou indukčností (Induction Balance), detektory PI na základě impulsně indukční metody (Pulse Induction), detektory založené na metodě rozladění a detektory na principu protonového magnetometru. Uváděné zkratky nejsou samoúčelné, skutečně se v literatuře a v prospektech používají a je dobře znát jejich význam. Kromě uvedených zkratk se používá v souvislosti s hledači kovů také označení VLF (Very Low Frequency - velmi nízký kmitočet) a další. [4]

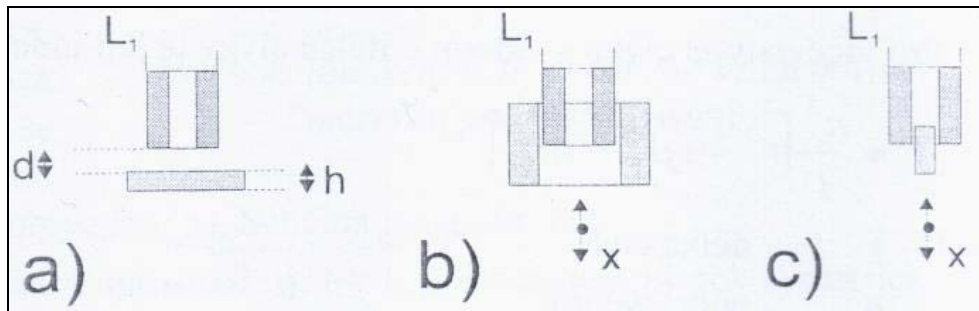
### 4.1 Fyzikální princip detektorů (BFO, IB, PI)

Tyto detektory pracují na principu potlačeného magnetického pole. Vnější podnět u těchto detektorů je převeden na změny elektrické indukčnosti. Indukčnostní detektor s potlačeným magnetickým polem tvoří zpravidla válcová cívka (cívka je tvořena vinutím vodiče jako  $n$  závitů) bez jádra. Vytvořené magnetické pole podle přítomnosti elektricky vodivých předmětů způsobuje změny impedance cívky detektoru. [2]

Mění-li se v blízkosti cívky velikost vodivého předmětu (např. jeho tloušťka  $h$ ), jeho vzdálenost  $d$  od cívky, případně jeho elektrická vodivost, teplota, složení apod., mění se indukčnost cívky. Okolí může tvořit i elektricky vodivá kapalina. [2]

Průchodem proudu 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. Tyto proudy vytváří vlastní ekvivalentní magnetické pole působící zpětně na původní pole a zmenšuje jeho intenzitu. Proto hovoříme o potlačení magnetického pole nebo o obvodu se vnesenou impedancí. [2]

Na obr. 19 jsou základní typy detektorů s potlačeným magnetickým polem. Provedení a) má v okolí čelní plochu s elektricky vodivého materiálu o tloušťce  $h$  ve vzdálenosti  $d$ . U provedení b) má cívka z vnější strany prstenec a u provedení c) ovlivňuje indukčnost cívky materiál uvnitř cívky jako jádro např. z mědi. [2]



Obrázek 19: Indukčnostní detektory s potlačeným magnetickým polem [2]

Budící, časově proměnné magnetické pole detektoru o magnetické indukci  $B(x,y,z,t)$  indukuje v každé myšlené uzavřené křivce v kontrolovaném prostoru elektromotorické napětí dle indukčního zákona: Elektromotorické napětí indukované v uzavřené křivce se rovná záporně vzaté časové změně indukčního toku plochou ohraničenou danou uzavřenou křivkou, viz vztah (1):[1]

$$E = -\frac{d\Phi}{dt}; \quad [V] \quad (1)$$

kde indukční tok  $\Phi$  (2) se rovná toku vektoru magnetické indukce  $B$  touto plochou  $S$ :

$$\Phi = \int_S B \cdot dS; \quad [Wb \text{ (Weber)}; Vs] \quad (2)$$

Magnetická indukce  $B$  (3) se rovná součinu permeability prostředí  $\mu$  a intenzity magnetického pole  $H$  [H; Henry]:

$$B = \mu \cdot H; \quad [T \text{ (Tesla)}] \quad (3)$$

Indukované napětí vzniká v libovolné myšlené uzavřené křivce. Ale elektrický proud může touto křivkou obíhat jen tehdy, když všechny její části leží ve vodivém prostředí. Velikost tohoto proudu pak závisí na ohmickém odporu prostředí. Elektrické proudy tedy nevznikají indukci pouze v drátových smyčkách. V kovových tělesech nejrůznějších tvarů se indukují proudy, které vznikají kruhovými pohyby volných elektronů. Tyto proudy se nazývají vířivé proudy nebo též Foucaultovy proudy. [1]

Vířivé proudy jsou samy zdrojem magnetického, tzv. indukovaného pole, jenž je registrováno detektorem a pro jehož směr platí Lenzovo pravidlo: Směr indukovaného pole je vždy takový, že brání změně, která je jeho příčinou. Toto pravidlo odpovídá zákonu zachování energie, neboť při uskutečňování změn, které budí indukci, musíme konat práci rovnocennou energii potřebné k udržování indukovaných proudů a to se právě jeví jako



odpor, který musíme vnějšími silami přemáhat. Energetické ztráty vzniklé vířivými proudy rostou s druhou mocninou frekvence pole. [1]

Protože velikost indukovaného napětí závisí na velikosti indukčního toku, který projde daným kovovým předmětem a větší povrchová plocha kolmá k siločávkám budícího magnetického pole přeruší více siločávek, vyvolá tak tato plocha i silnější signál. Dva kousky stejného kovu stejné hmotnosti ale různých tvarů mohou tedy způsobit signály zcela odlišné velikosti. Nebo například kovová deska (neferomagnetická) způsobí daleko větší signál, bude-li se nacházet v poloze kolmé k budícímu poli. [1]

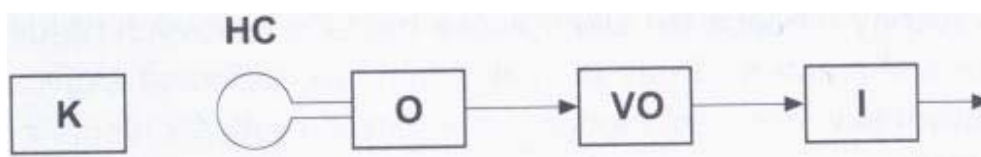
## 4.2 Obecný princip hledačů kovových předmětů

Na obr. 20 je všeobecné blokové schéma hledačů kovových předmětů, jehož typickou součástí je hledací cívka HC, v jejímž dosahu se nachází hledaný kov K. Cívka je vlastně sondou a je připojena k elektronickým obvodům EO. [24]



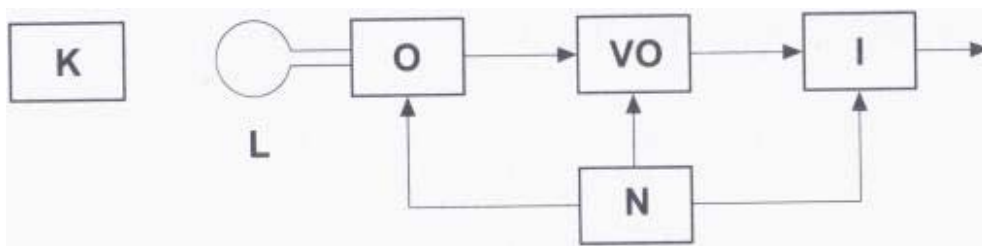
Obrázek 20: Obecné blokové schéma elektronických hledačů kov. předmětů [24]

Jak tyto elektronické obvody přesněji vypadají, je znázorněno na obr. 21 (na příkladu rezonančního hledače). Hledací cívka HC je součástí kmitavého obvodu oscilátoru O, jehož signál se zpracovává ve vyhodnocovacích obvodech VO a hledaný kov K je indikován indikátorem I. [24]



Obrázek 21: Blokové schéma rezonančních hledačů kovových předmětů [24]

V rozšířeném blokovém schématu rezonančního hledače kovů na obr. 22 je přidáno napětí N, které bývá často opomíjeno a i v praktických návodech popisováno jen okrajově. Zejména u přenosných přístrojů je napájení elektrickou energií velmi důležité. Ostatní součásti obvodu jsou stejné: K - hledaný kov, L - indukčnost hledací cívky, O - oscilátor, VO - vyhodnocovací obvody, I - indikátor. [24]

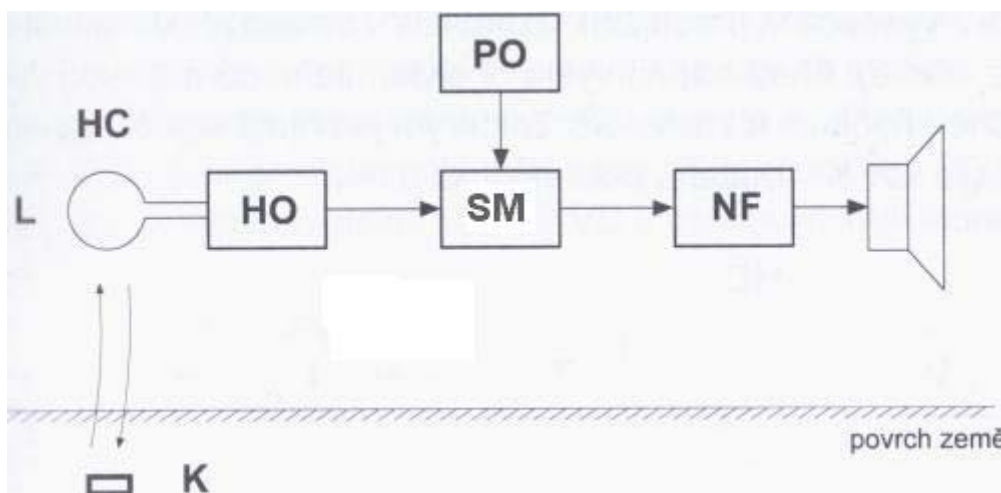


Obrázek 22: Rozšířené blokové schéma rezonančního hledače kov. předmětů [24]

Z důvodu velkého množství elektronických hledačů kovových předmětů budou v následující kapitole popsány pouze nejpoužívanější typy: záznějové, balanční a impulzní detektory.

### 4.3 BFO detektory

Hledače na principu zázněje (interference) jsou nejrozšířenějšími elektronickými hledači kovů. V literatuře jsou mnohdy označovány zkratkou BFO (beat frequency oscillator) podle hlavního, hledacího (záznějového) oscilátoru HO (obr. 23), jehož kmitočet se mění při přiblížení hledací cívky HC s indukčností L k hledanému kovovému předmětu K. [24] [26]



Obrázek 23: Blokové schéma záznějového hledače kovových předmětů [24]

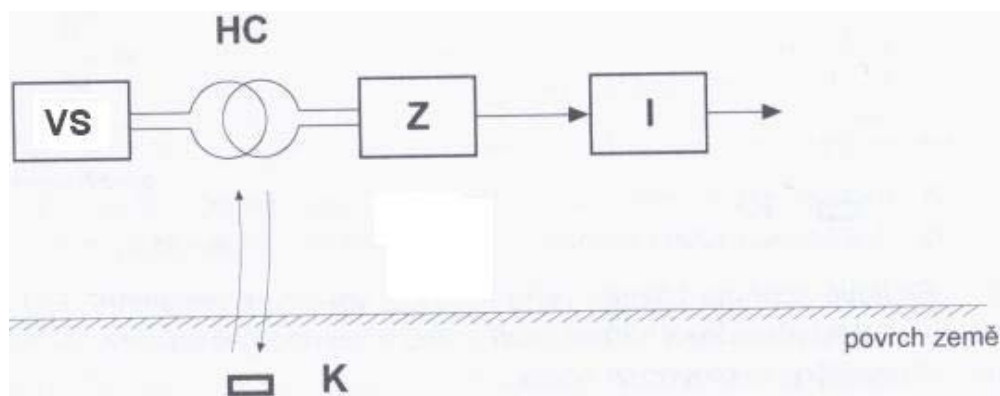
Výstup tohoto oscilátoru je veden do směšovače SM, do kterého je přiveden i signál z pomocného oscilátoru PO (s pevným, referenčním, neproměnným kmitočtem). Ve směšovači vznikají součtové a rozdílové kmitočty. Využívány jsou kmitočty rozdílové (zázněje), spadající do oblasti akustických kmitočtů, které jsou zesilovány nízkofrekvenčním zesilovačem NF a vedeny k indikaci do reproduktoru. [24] [26]

Hledací cívka HC s indukčností  $L$ , která je součástí kmitavého obvodu hlavního oscilátoru HO, vyvolává ve svém okolí slabé magnetické pole. Dostane-li se do dosahu tohoto pole kovový předmět K, ovlivní toto pole (způsobí jeho deformaci), což má za následek změnu indukčnosti  $L$  s následující změnou rezonančního kmitočtu oscilátoru, která vyvolá zázněj, indikovaný po zesílení reproduktorem. [24] [26]

#### 4.4 IB detektory

Elektronické hledače kovových předmětů, zakládající se na změně vazby mezi dvěma indukčnostmi (tedy hledače balanční, kompenzační), bývají uváděny v literatuře pod dvěma různými názvy: jako hledače s vyváženou indukčností (zkratka IB - induction balance) nebo jako hledače s vysílačem a přijímačem (zkratka TR - transmitter/receiver). Někdy je používáno správně obou zkratk: TR-IB. [24]

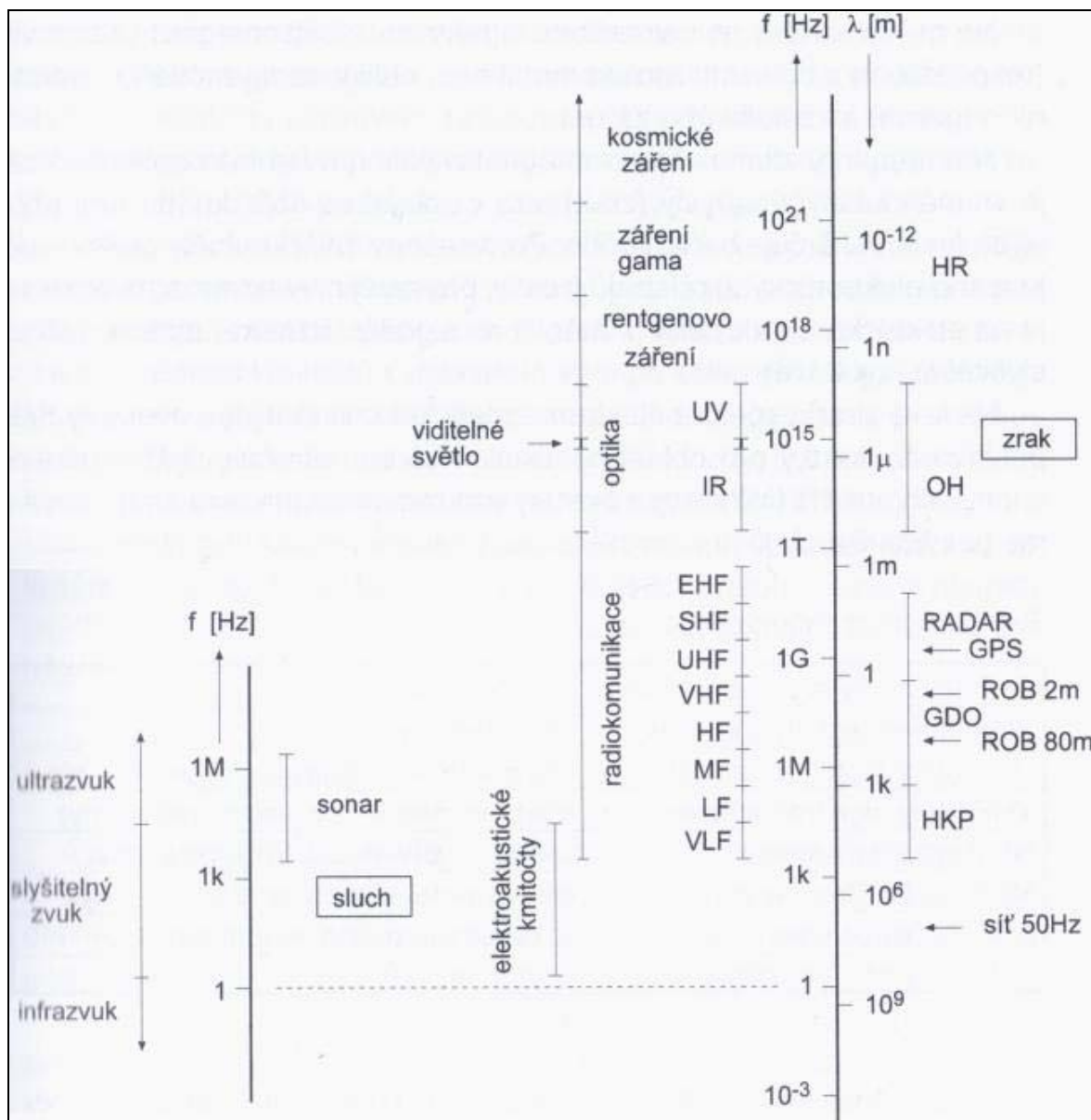
Zjednodušené blokové zapojení balančního hledače je na obr. 24. Přístroj se skládá z vysílače VS pracujícího zpravidla v oblasti elektroakustických kmitočtů (viz obr. 25), který napájí vysílací cívku, zatímco přijímací část hledací cívky HC je připojena k zesilovači Z, kterým je přijatý signál zesílen a indikátor I indikuje kov K v dosahu pole vysílací cívky. [24]



Obrázek 24: Blokové schéma balančního hledače kovových předmětů [24]

Vzájemná vazba mezi oběma cívkami je nulová, neboť jsou uspořádány tak, že v klidovém stavu (bez přítomnosti kovu) nedochází k přenosu energie z vysílací části do přijímací. Teprve přiblížením hledací cívky ke kovovému předmětu K nastane deformace pole, vyvolaného vysílací cívkou, tím se změní i vazba mezi cívkou vysílací a přijímací (poruší se balance, vybalancování, vyvážení), do přijímací cívky se indukuje napětí, které je zesíleno a indikováno jako přítomnost kovu. [24]

Potřebného nulového přenosu energie mezi vysílací a přijímací cívkou se dosahuje buď umístěním cívek kolmo (osy cívek svírají úhel  $90^\circ$ ), přičemž vysílací a přijímací cívka (sonda) mohou být od sebe vzdáleny, nebo speciálním tvarem cívek, umístěných v hledací sondě tak, že vzájemná indukčnost je nulová. [24]



Obrázek 25: Spektra vlnění s vyznačenými kmitočty a vlnovými délkami [24]

Na obrázku 25 jsou spektra vlnění s vyznačenými kmitočty a vlnovými délkami. Vlevo je spektrum mechanického vlnění, vpravo spektrum elektromagnetického vlnění (záření). Vlevo od osy jsou vyznačena různá pásma, vpravo použití u elektronických hledačů: HR - hledače radioaktivity, OH - optické hledače, GPS - celosvětový poziční

system, GDO - hledače rezonance, HKP - hledače kovových předmětů. Ve spektrech jsou zvláště vyznačeny oblasti vnímání lidskými smysly: sluch a zrak. [24]

#### 4.5 PI detektory

Zatímco předchozí dva druhy hledačů kovových předmětů lze zařadit mezi páry „pasivní-aktivní“ (viz obr. 26 - kovový objekt je pasivní, hledač aktivní, neboť vytváří pole, jehož změny jsou pak indikovány), patří impulzní hledače kovových předmětů mezi pár „aktivní-aktivní“ podle obr. 27, přičemž se u hledaného jedná o aktivitu podmíněnou, vyvolanou (indukovanou) aktivitou hledače. [24]



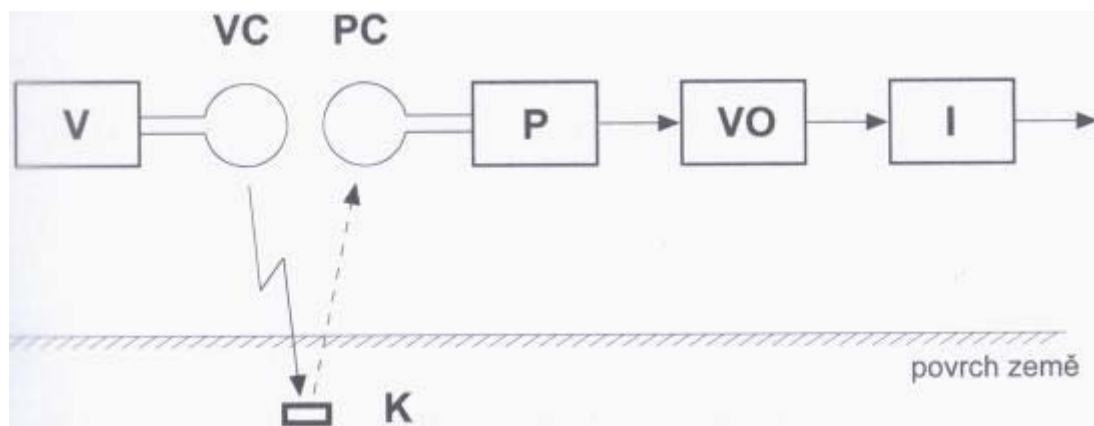
Obrázek 26: Hledané X je pasivní, hledač H je aktivní [24]

Aktivita hledače H je naznačena plnou lomenou čarou, symbolizující elektrickou veličinu většiny elektronických hledačů (viz. obr. 26). Aktivita hledaného X je znázorněna přerušovanou rovnou čarou (viz. obr. 27). [24]



Obrázek 27: Hledané X je aktivní, hledač H je rovněž aktivní [24]

Blokové schéma impulzního hledače kovových předmětů je na obr. 28. Základem přístroje je vysílač V, dodávající proudové impulzy do vysílací cívky VC.



Obrázek 28: Blokové schéma impulzního hledače kovových předmětů [24]

Impulzní magnetické pole indukuje v kovovém objektu K vířivé proudy, které vytvářejí sekundární magnetické pole, přijímané přijímací cívkou PC, jejíž signál je přijat přijímačem P a zpracován vyhodnocovacími obvody VO a indikován indikátorem I. [24]

Po skončení budícího impulsu z vysílací cívky přestanou téci v kovu indukované vířivé proudy, jimi vzniklé magnetické pole však doznívá a z tvaru přijímaného signálu lze dokonce soudit na vlastnosti hledaného kovu. [24]

Vzhledem k tomu, že vysílání budícího impulsu a příjem signálu jsou časově odděleny, je možno použít jediné cívky jako vysílací i přijímací. Na rozdíl od předchozích hledačů, které pracují se spojitým signálem a indukčnost cívky u rezonančních hledačů je součástí kmitavého obvodu (s nevýhodami nežádoucích změn, např. teplotou nebo deformací na změnu kmitočtu oscilátoru), slouží cívka impulzního hledače pouze k vysílání magnetického impulsu a je proto méně citlivá na malé změny její indukčnosti.[24]

Výhoda časového oddělení vysílaného impulsu od příjmu odezvy je vyvážena složitostí vyhodnocovacích elektronických obvodů. [24]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 NÁVRH LABORATORNÍ ÚLOHY

Cílem je nejen navržení a realizace měřícího zařízení pro možnou laboratorní úlohu zaměřenou na detekci kovů, ale také ověření jednoho z používaných principů u těchto detektorů přímo v praxi. Jako dostupný byl vybrán princip potlačeného magnetického pole, který např. využívá i hledač kovových předmětů HKP-001 od firmy Tesla. Motivací pro vhodný výběr principu byla i jeho realizovatelnost a aplikace v měřícím zařízení. Proto byla brána v úvahu i samotná konstrukce detektoru, ovladatelnost, opravitelnost a dostačující rychlost a přesnost s ohledem na jeho demonstrační využití.

### 5.1 Detektor kovů TESLA HKP-001

Na základě výše uvedeného byl jako vhodný vybrán hledač kovových předmětů HKP-001 je výrobkem firmy TESLA Kolín. Jde o zařízení k vyhledávání kovových předmětů, elektroinstalačních či vodovodních trubek ve zdi, případně volně vedených vodičů. Zapojení pracuje tak, že oscilátor s jedním tranzistorem a indukčností na feritové tyčce je přítomností kovového předmětu tlumen, amplituda jeho oscilací se tudíž zmenší a tato změna je po usměrnění vyhodnocena operačním zesilovačem - dioda na jeho výstupu se rozsvítí. [28]

#### 5.1.1 Technické údaje

Napájení: 9 V baterie

Spotřeba: 1,67 mA - klidový stav; 9,1 mA - detekce kovu

Dosah: až 40 cm (podle velikosti, tvaru a typu kovu)

Rozměry: (180 x 70 x 35) mm

Hmotnost: 130 g

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

Výrobce dále uvádí, že přístroj zjistí:

elektroinstalaci 3 x 2,6 mm<sup>2</sup> do hloubky 4 cm,

vodovodní trubku (1/2") do hloubky 8 cm,

ocelovou desku 40 x 40 x 0,2 cm do hloubky 20 cm.



## 5.2 Návrh desky plošných spojů

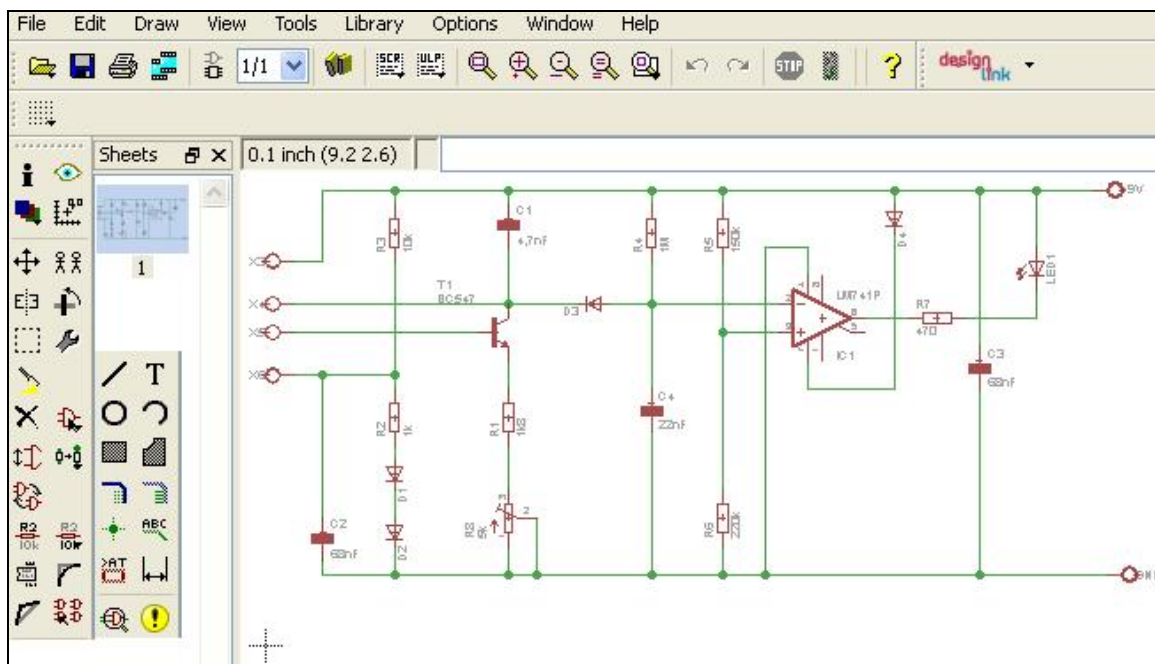
K realizaci detektoru HKP-001 je nutné vyrobit desku plošných spojů (dále jen DPS). Před výrobou DPS je zapotřebí nainstalovat některý z mnoha editorů plošných spojů. V tomto případě byl použit, mezi uživateli velmi rozšířený, program EAGLE 6.0.0. (Easily Applicable Graphical Layout Editor), konk. jeho Freeware Light Edition volně dostupná na domovských stránkách výrobce. Jedná se pouze o zkušební verzi s omezenou knihovnou součástek a nápovědou, ale pro účely této práce byla dostačující.

V následující kapitole je nastíněn navazující postup po zakreslení navrženého schéma zapojení za účelem vytvoření potřebné DPS pomocí tohoto programu. Cílem kapitoly je seznámení s použitým programem. Samotný návrh schéma zapojení a vytvoření podkladů pro výrobu DPS je popsáno v níže uvedených kapitolách.

### 5.2.1 Program EAGLE

EAGLE je produkt firmy CadSoft, která má sídlo v Německu a pobočku v USA. Je to uživatelsky přívětivý a výkonný nástroj pro návrh desek plošných spojů. Pokud vlastníme pouze omezenou freeware verzi, jsou funkce programu omezeny o tyto vlastnosti: použitelná plocha desky je omezena na 100 x 80 mm, mohou být použity jen dvě signálové vrstvy spojů (vrchní a spodní strana), editor schématu může vytvořit schéma pouze na jednom listu. Další vlastnosti jsou přístupné stejně jako ve verzi Profesional. [29]

Program se skládá ze tří hlavních modulů: Editor spojů, Editor schémat a Autorouter, které jsou ovládány z jednoho uživatelského prostředí. Proto není třeba konvertovat netlisty mezi schématy a deskami. Podrobné parametry těchto tří modulů, včetně požadavků na systém jsou v příloze PI. [29]

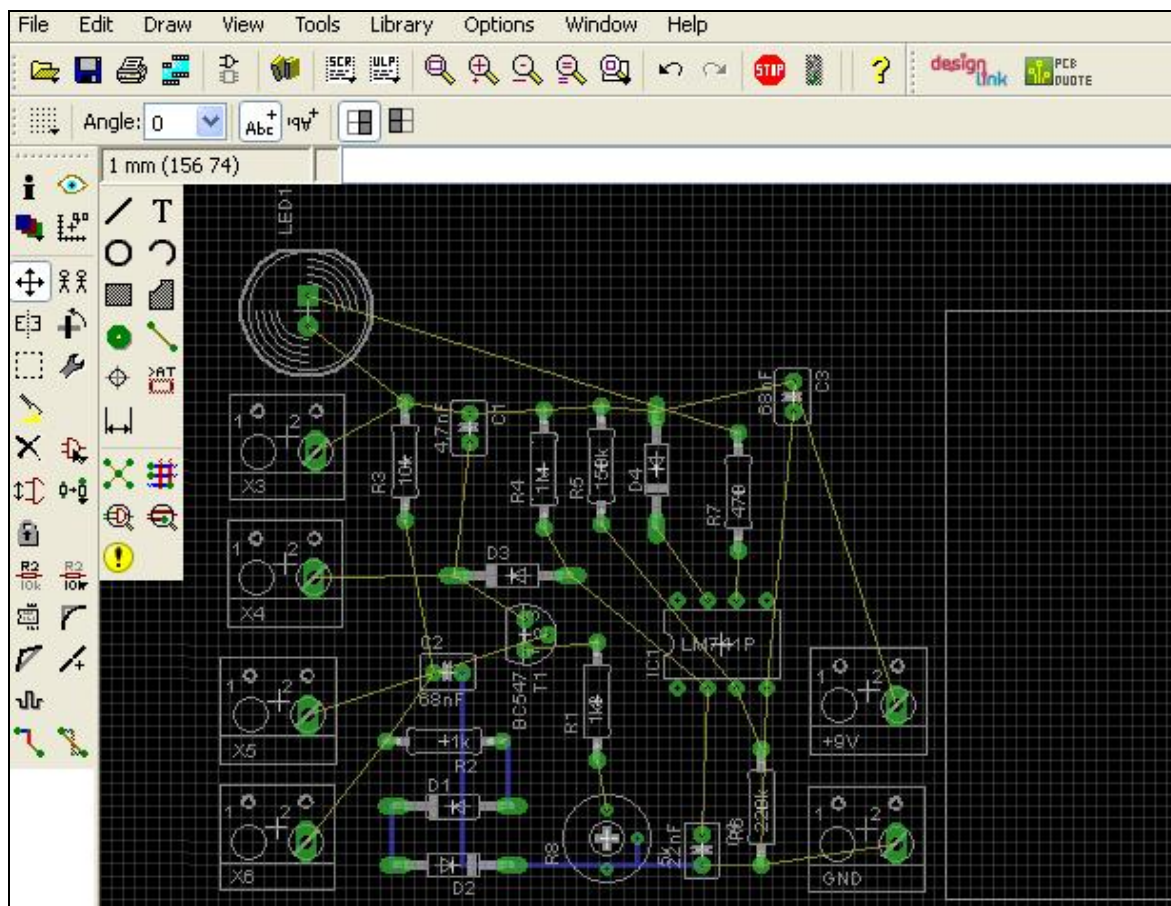


Obrázek 29: Program EAGLE - Editor schémat

V editoru schémat (obr. 29) je možné vložit symboly součástek, kreslení schémat, kreslení sítí, přemísťování a úpravy schématu. Po dokončení výkresu schématu by se měl zkontrolovat pomocí Kontroly elektrických pravidel (ERC). ERC ukáže chyby jako: nepřípojené vstupní vývody, sítě bez vývodů, propojené výstupy. [29]

Na obrázku 29 je ukázán konkrétní návrh schéma zapojení, který jsem navrhl za účelem vytvoření návrhu DPS na základě použitého schématu (viz.5.2.2). V levé části jsou panely na vytvoření a úpravy schématu. Pomocí tohoto panelu byly vloženy jednotlivé součástky a následně propojeny. V horním panelu jsou tlačítka pro práci s vytvořeným schématem (uložení, tisk, otevření editoru spojů, atd.).

Příkaz Board vytvoří nové okno - Editor spojů (obr. 30), se všemi součástkami seřazenými u výchozího okraje desky. Všechny sítě ze schématu jsou zobrazeny jako vzdušné (gumové) spoje.



Obrázek 30: Program EAGLE - Editor spojů

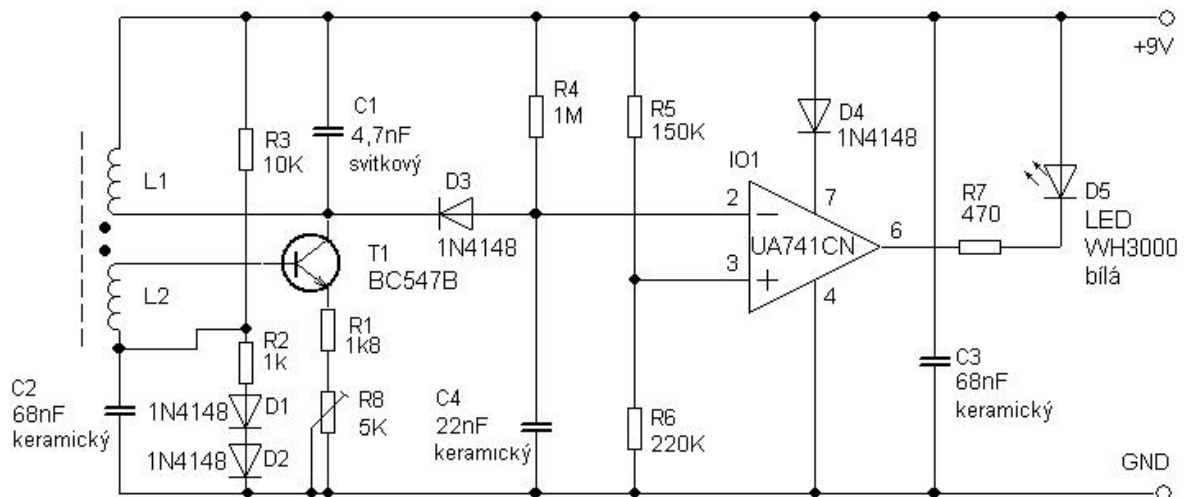
Příkaz Move umožňuje uchopit libovolnou součástku a umístit ji na určené místo. Je možné také přemísťovat celé skupiny součástek. Pravé tlačítko myši otáčí uchopenou součástkou nebo skupinou. Příkaz Ratsnest pak optimalizuje vzdušné spoje. Ruční propojení signálů se provádí příkazem Route. Jednoduše se uchopí konec vzdušného spoje, nastaví se úhel tažení spoje např. pravým tlačítkem myši a vybere se vrstva spoje prostředním tlačítkem. Prokovy budou přidávány automaticky podle potřeby. Je možné svěřit propojení také Autorouteru. Kdykoliv je možné přemísťovat, otáčet a zrcadlit objekty, měnit parametry, rozdělovat spoje atd. Finální podoba desky v editoru spojů je vidět na obr. 33. [29]

Autorouter slouží a automatickému propojení signálů. EAGLE je dodáván s volitelným ripup&retry Autorouterem, který je konfigurovatelný uživatelem pomocí penalizačních faktorů. Může propojit jak klasické, tak i SMD desky až o 16 vrstvách a je plně integrován do editoru desky. [29] V případě detektoru HKP-001 není použití Autorouteru potřebné. Při jednom použití programu je ruční propojení signálů rychlejší, než automatické. Musel by se nastavit počet vrstev, styl zalomení, mezery mezi spoji, atd.,

což je výhodnější pro složitá schémata s velkým počtem použitých součástek pro výrobu velkých DPS.

### 5.2.2 Návrh schéma zapojení

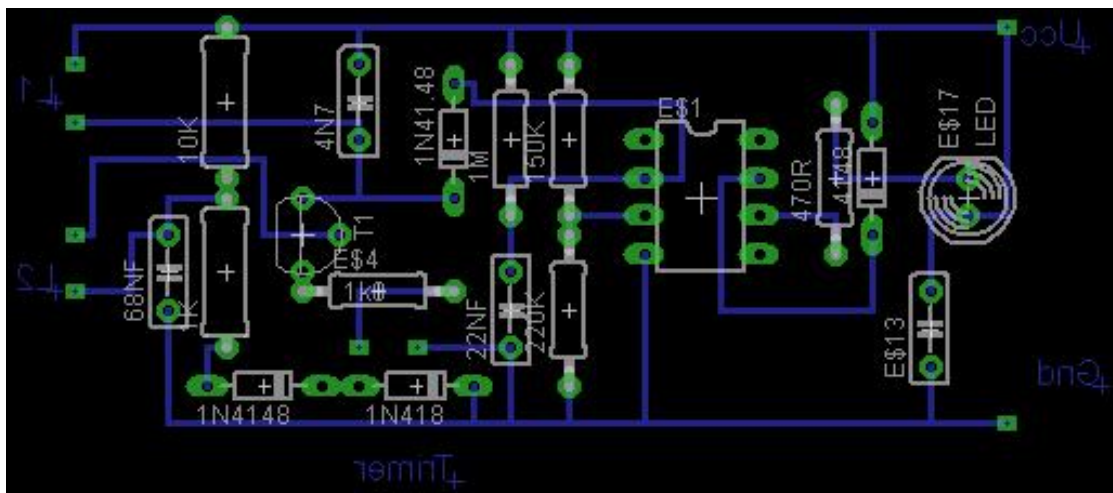
Schéma zapojení, které je ukázáno na obr. 31 se skládá ze dvou částí. První část je tvořena samokmitajícím oscilátorem a je realizována pomocí tranzistoru. Druhá část s využitím operačního zesilovače slouží jako vyhodnocovací. Typ tranzistoru a operačního zesilovače je patrný ze schématu na obr. 31. Odporový trimr  $5k\Omega$  se nastaví do polohy, kdy právě přestane LED dioda svítit (oscilátor začne kmitat). Když se však dostane do blízkosti kovový předmět, tato stabilita se poruší, oscilátor přestane kmitat a LED dioda se rozsvítí.



Obrázek 31: Schéma zapojení HKP-001 [27]

### 5.2.3 Návrh desky plošných spojů

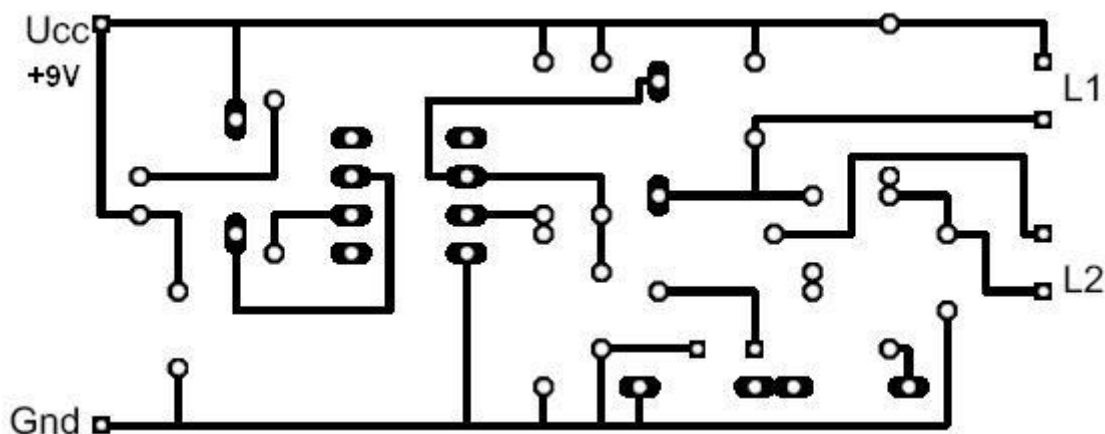
V programu EAGLE se nakreslí schéma zapojení podle obr. 31. Při potížích je možné použít help přímo v programu (anglicky) nebo návod dostupný na českých internetových stránkách (česky). V programu se pak přepne na editor spojů. Spoje je možné vytvořit ručně nebo použít automatickou tvorbu spojů.



Obrázek 32: DPS - rozmístění součástek

Rozmístění součástek na DPS je na obr. 32. Díky časté aktualizaci knihoven součástek je vidět, jak by po výrobě DPS a zapájení součástek deska vypadala. Kdyby nějaké pouzdro zasahovalo do jiného, je potřeba ještě upravit některé spoje. Měděné plošné spoje jsou označeny modrou barvou, vývody pro použité součástky, napájení a vývody z cívek jsou označeny zelenou barvou.

Na obrázku 33 je vidět strana plošných spojů bez součástek, vývody pro napájení z baterie a vývody pro cívky L1 a L2.



Obrázek 33: DPS - strana plošných spojů

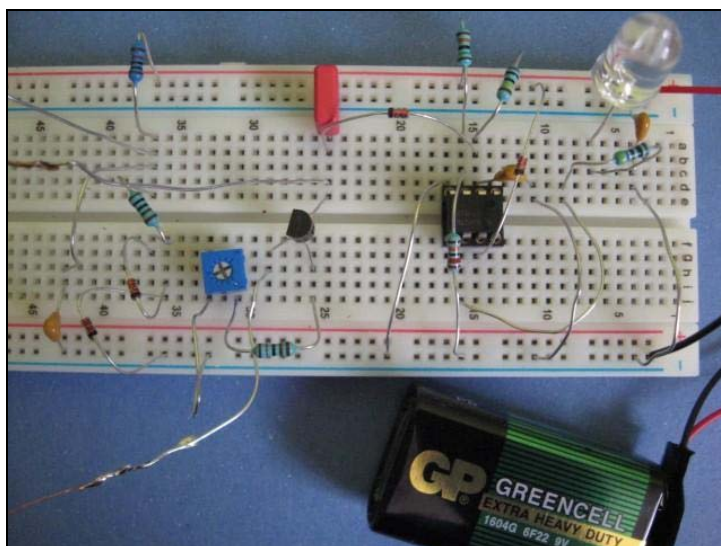
Výstupem programu EAGLE je obr. 33, který se vytiskne na průhlednou fólii. Takto vytištěný návrh DPS je následně použit k výrobě DPS.

### 5.3 Ověření návrhu pomocí zkušebního zapojení

Před samotnou výrobou DPS jsem vyzkoušel funkci zařízení na kontaktním nepájivém poli, viz. obr. 34. Účelem této zkoušky bylo zjistit, zda zapojení správně funguje, jestli jsou všechny použité součástky v pořádku a případně všechny chyby vyřešit a opravit před samotnou výrobou DPS a následným zapájením součástek.

#### 5.3.1 Zapojení na kontaktním nepájivém poli

Podle schématu na obr. 31 byly zapojeny jednotlivé součástky na kontaktní nepájivé pole a připojena hledací cívka. Následně se připojí napájení z 9V baterie. Konkrétní typy použitých součástek jsou uvedeny v kapitole 5.3.3. Samotná výroba hledací cívky je zvláště podrobně popsána v kapitole 5.4.

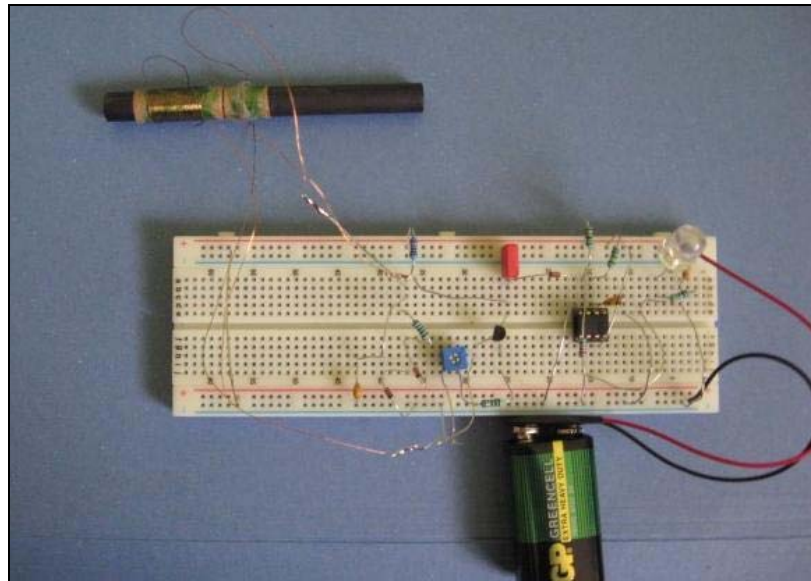


Obrázek 34: Zapojení na kontaktním nepájivém poli

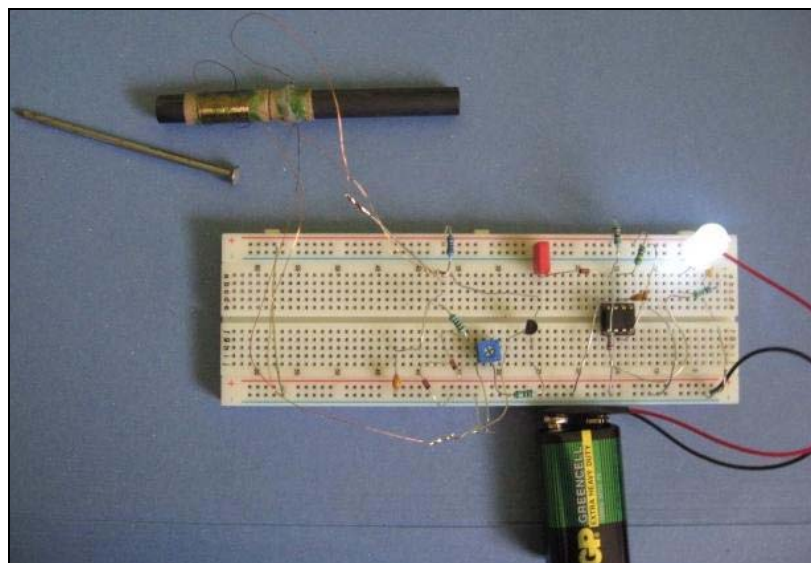
#### 5.3.2 Ladění zkušebního zapojení

Po připojení napájení 9V baterií je posunuta papírová trubička s cívkami asi do středu feritové antény. Odporovým trimrem se musí pootočit doprava a pak doleva, aby se zjistilo, zda LED dioda v některé této krajní poloze zhasne. Pokud se tak nestane, přehodí se vývody cívky L1 a znovu se pootočí trimrem doprava a doleva až na samou hranici, dokud LED dioda nezhasne (viz. obr. 35). Jde o předběžné a hrubé ladění pomocí trimru, kterým se zjistí správné zapojení cívek a zda detektor opravdu funguje. Přesné ladění je uskutečněno až po finálních úpravách detektoru (viz 5.7) pomocí trimru nebo posunutím cívek po feritové tyčce. Potom je možné přiblížit k cívkám a nebo anténě kovový předmět

(nejlépe reaguje stříbro, postačí i železný předmět) a dioda by se měla rozsvítit, což je vidět na obr. 36.



Obrázek 35: HKP-001 bez přítomnosti kovu



Obrázek 36: HKP-001 v blízkosti kovu

Potom je posouvána postupně trubička s cívkami po feritové anténě, dokud nebude dosah největší. Pokud se dosah nemění, feritová anténa může být vadná a je potřeba ji vyměnit za novou. Na obrázku není detektor přesně vyladěn, proto je detekce kovového hřebíku pouze na vzdálenost asi 2cm. Postupným laděním je dosaženo větších vzdáleností, podle typu a tvaru kovu až vzdálenosti 13cm. Cívky však nejsou fixovány proti posunu a proto se snadno rozladí. Funkce detektoru byla ověřena a přesné ladění proběhne až po osazení a zapájení součástek na DPS.

### 5.3.3 Seznam součástek

Na základě schéma zapojení z obr. 31 jsou vypsány potřebné polovodičové součástky a ostatní součástky potřebné k výrobě hledací cívky a DPS. Při konstrukci hledače kovových předmětů HKP-001 je kromě použitých součástek ještě potřeba mikropájku, základní nářadí (štípací kleště, křížový šroubovák, nůž), plastovou krabičku na uzavření DPS a uložení baterie, kovové předměty na odzkoušení vzdálenosti, atd.

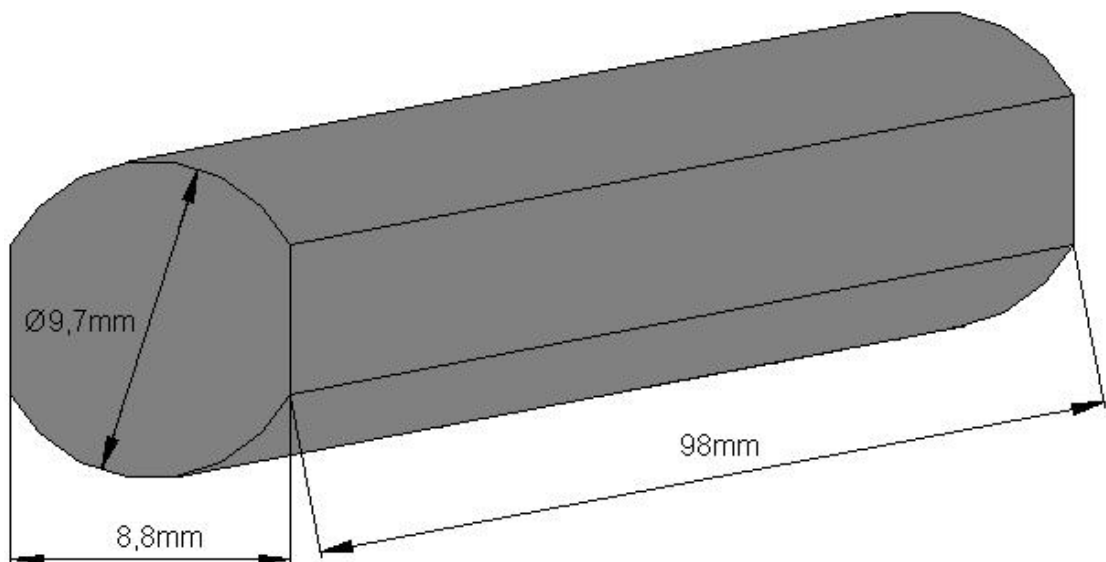
Tabulka 1: Seznam použitých součástek

Rezistory	R1 - 1,8k $\Omega$ ; R2 - 1k $\Omega$ ; R3 - 10k $\Omega$ ; R4 - 1M $\Omega$ ;	R5 - 150k $\Omega$ ; R6 - 220k $\Omega$ ; R7 - 470 $\Omega$ ; R8 - 5k $\Omega$ (trimr);
Kondenzátory	C1 - 4,7nF (svitkový); C2, C3 - 68nF (keramický); C4 - 22nF (keramický);	
Operační zesilovač	UA741CN (+ patice: PAT08 DIL)	
Tranzistor	T1 - BC547B	
Diody	D1, D2, D3, D4 - 1N4148; D5 - L10WHT6500 (LED dioda)	
Ostatní součástky	Feritová tyčka ( $\varnothing$ 10 x 100) mm; lakovaný drát ( $\varnothing$ 0,235mm); 9V baterie; kontakt na 9V baterii - 9VI; spínač SSK8600 01; cuprextit;	



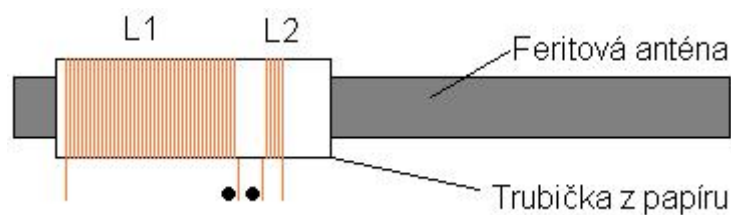
## 5.4 Výroba cívky

K výrobě hledací cívky je potřeba feritová tyčka o rozměrech ( $\text{Ø}10 \times 100$ )mm. Lze ji nalézt i v některém starším rádiu. Feritová tyčka (anténa) může mít i trochu odlišné parametry. Při konstrukci tohoto detektoru byla použita tyčka ze starého rádia, mírně seříznutá po délce, jak je vidět na náčrtu obr. 37.



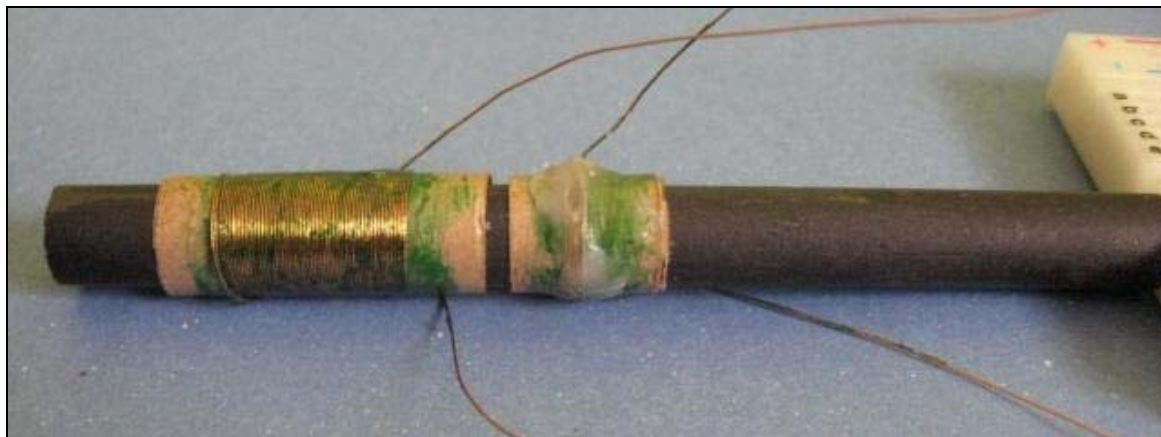
Obrázek 37: Feritová tyčka

Pomocí tvrdšího papíru je vyrobena trubička o průměru feritové tyčky (trubička z papíru musí jít po feritové tyčce posouvat). Na papírovou trubičku se navinou cívky L1 a L2, viz. obr. 38. Cívka L1 má 60 závitů, cívka L2 má 5 závitů. K výrobě cívky je použit lakovaný drát  $\text{Ø}$  (0,2 - 0,3) mm.



Obrázek 38: Ukázka navinutí cívky L1 a L2 na feritové anténě [27]

Na obrázku 39 jsou vidět navinuté cívky. Jsou natřené speciálním lepidlem, aby se nerozmotaly. Pokud se musí cívka převíjet nebo nějak upravovat, stačí použít pro fixaci drátu vosk nebo silikon, což je vidět na cívce L2 (pravá cívka) na obr. 39.



Obrázek 39: Navinuté cívky L1 a L2

## 5.5 Výroba desky plošných spojů

Vychází se z výstupů programu EAGLE uvedených v kap. 5.2.3. K samotné výrobě DPS je použita fotocesta. Návodů na výrobu DPS je velké množství, fotocesta však patří mezi takové, které lze zvládnout bez problémů doma. Méně zkušené osoby si můžou DPS nechat vyrobit na zakázku. Také se nevyplatí nakupovat roztoky a ostatní věci, pokud nám jde pouze o jednorázovou akci.

### 5.5.1 Postup při výrobě

V obchodě je koupena vývojka a DPS opatřená světlocitlivou vrstvou, navíc je potřeba ještě silná výbojka nebo slunce. U celé sady je většinou přiložen návod, pokud je přiložen, je doporučeno řídit se návodem výrobce sady. Pokud návod není, použije se následující postup: příprava se dělá potmě, na DPS se přiloží negativ obrazce plošných spojů (obr. 32), osvítí se výbojkou (rychlejší postup) nebo se nechá působit slunce, následně se vyvolá obrazec a je umyt zbytek neosvícené fotocitlivé vrstvy.

### 5.5.2 Příprava leptací lázně

Bude se potřebovat miska takových rozměrů, do které vleze DPS, pak se připraví kousek dřívka nebo umělé hmoty na míchání roztoku. Všeobecně se pro leptání používají dva různé roztoky: Chlorid železitý - dostupný ve speciálních prodejnách s chemikáliemi pod názvem chlorid železitý, nebo v prodejnách pro elektrotechniky s názvem leptací lázeň (nebo jiným) a výrazně vyšší cenou. A nebo roztok kyseliny chlorovodíkové a peroxidu vodíku - kyselina je dostupná téměř ve všech drogériích, peroxid vodíku tekutý je možné

koupit v lékárně. Směs se musí namíchat takto: do misky se nalije kyselina, vloží se kousek kuprextitu (nejčastěji laminát ze skelné tkaniny sycený epoxidovou pryskyřicí, z jedné nebo obou stran je nalepena měděná folie), začne se míchat a postupně dolévat peroxid. Jeho množství záleží na koncentraci (vyšší koncentrace znamená rychlejší průběh leptání, a však vzrůstá nebezpečí podleptání nebo zničení celé desky), pokud je tato činnost dělána poprvé, použije se 3% roztok. Jakmile deska začne uvolňovat bublinky přestane se dolévat peroxid a vytáhne se vzorek. Pozor - při leptání se uvolňuje nebezpečný chlór! [30]

### 5.5.3 Vlastní leptání

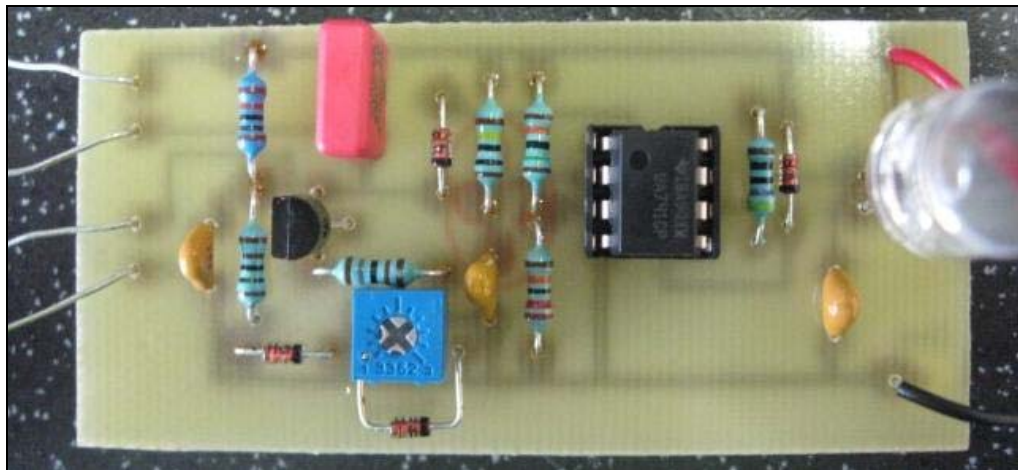
Je připravena DPS, miska, míchátko, leptací roztok a navíc je doporučeno pro případnou neutralizaci nádobu s vodou nebo vodovod. Vždy se provádí leptání v dobře větrané místnosti, z důvodu případné záměny roztoků se také nedoporučuje pít. Při vlastním leptání směsí kyseliny se uvolňuje teplo, jehož množství závisí na rychlosti leptání, při rychlém leptání může dojít k poškození misky teplem - jedná se o celkem častý jev u nedočkavých lidí - a k následnému vylití roztoku. Do misky je nalita leptací lázeň a vložena deska. Roztok je pomalu promícháván a pohledem se kontroluje stav leptání, v okamžiku, kdy je leptání u konce, se zkontroluje kvalita leptání pohledem proti světlu, důležité jsou místa se složitějším obrazcem. Pro nedočkavé - leptání klidně může trvat 20 minut i déle dle koncentrace a poměru roztoků. Deska se vloží do kbelíku s vodou, kde je opláchnut zbytek leptacího roztoku. [30]

Po leptání se musí deska připravit k pájení, očistí se od barvy, zbytků fixu, případně ochranného laku a pod. Povrch mědi se jemně přebrousí smirkovým papírem, deska se opláchne a po oschnutí natře roztokem kalafuny v lihu (popř. pájivým lakem). Vyvarujeme se dotyku měděných cest. Vyvrtají se všechny otvory pro součástky dle potřeby. Nyní je deska připravena k montáži součástek. [30]

Ještě jednou důrazné upozornění. Při leptání se uvolňují nebezpečné výpary. Pracuje se s nebezpečnými chemikáliemi, jejichž 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!

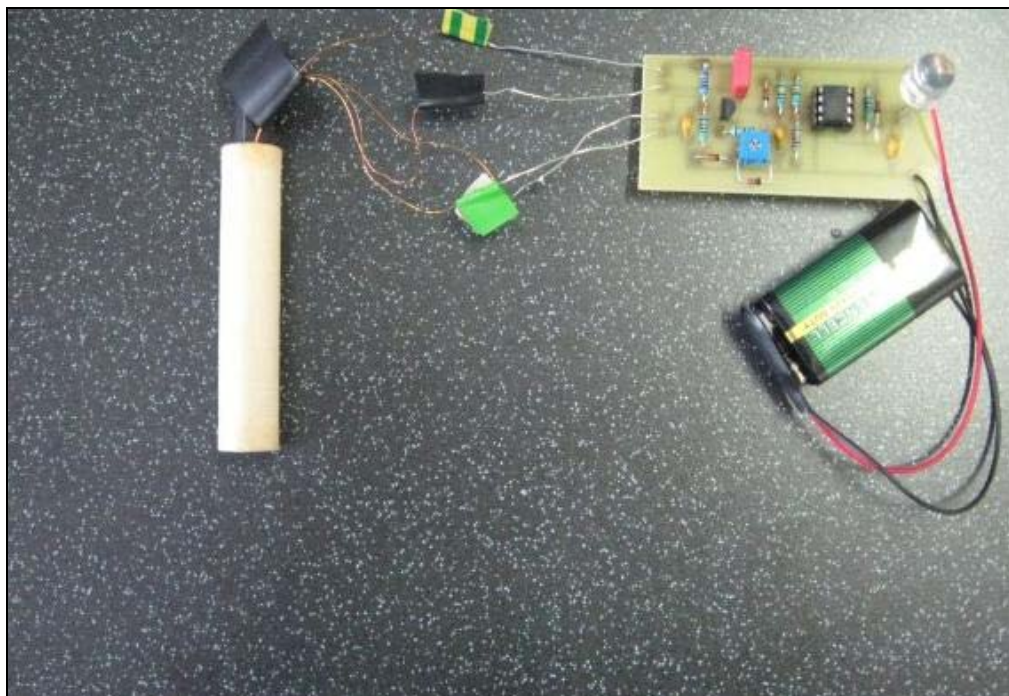
## 5.6 Osazení desky plošných spojů

Na obrázku 40 je vidět osazená DPS. Nejdříve byly zapájeny nejnižší a nejmenší součástky (diody, rezistory), dále pak kondenzátory, patice pro operační zesilovač, trimr, LED dioda a nakonec také vývody od napájení a cívek. Operační zesilovač byl osazen po ukončení pájení.



Obrázek 40: Osazená DPS

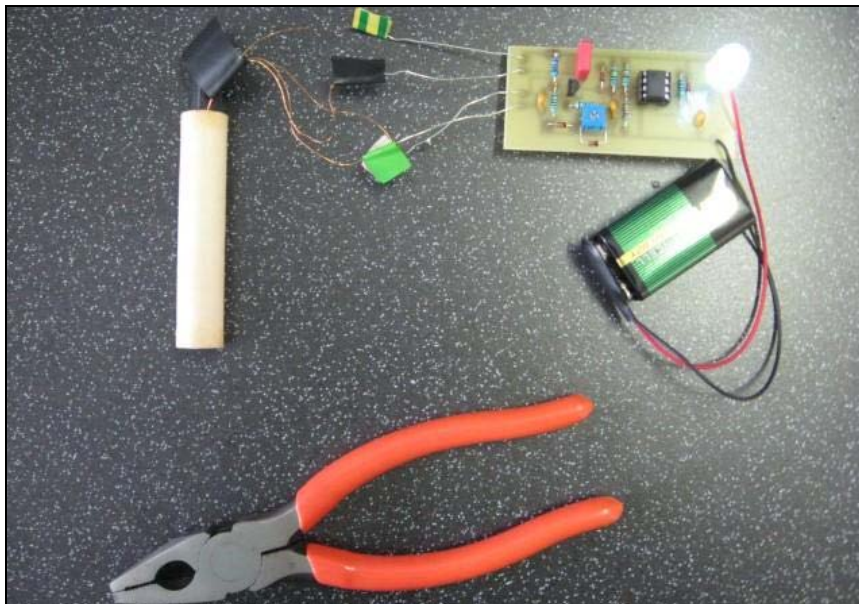
Na obrázku 41 je vidět detektor po připojení baterie a hledací cívky. LED dioda nesvítí - není detekována přítomnost kovu.



Obrázek 41: Klidový stav detektoru

### 5.6.1 Zkouška funkčnosti

V přítomnosti kovového předmětu (oranžové kleště - kombinačky) detektor opět reaguje a LED dioda se rozsvítí (obr. 42).

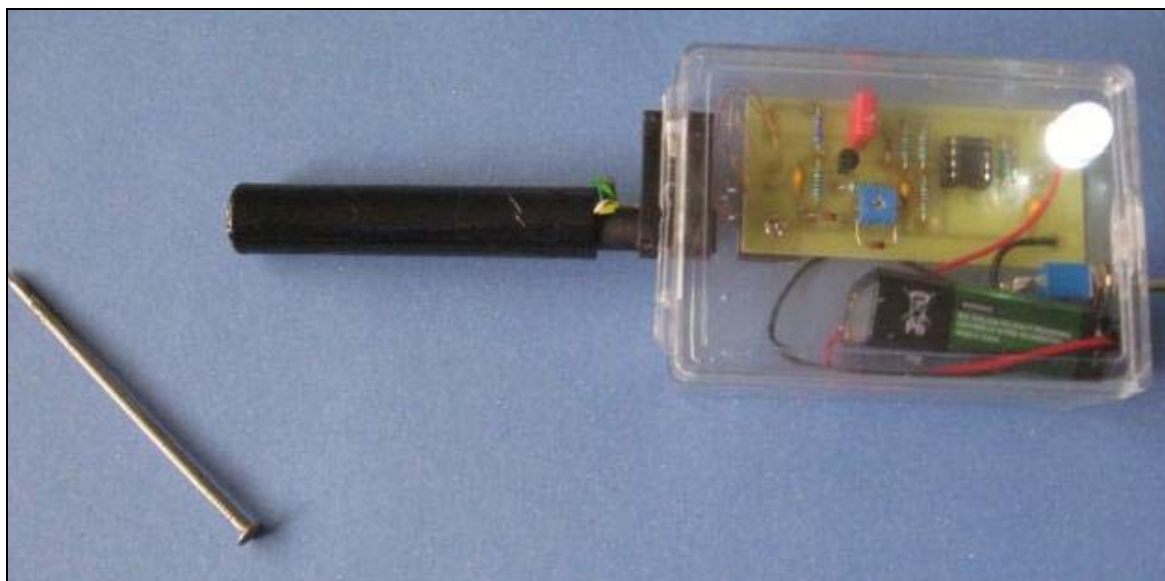


Obrázek 42: Detekce kovového předmětu

Po zapájení součástek na DPS a odzkoušení funkčnosti byla DPS s baterií připevněna do plastového pouzdra a cívka byla přesně naladěna. Ještě byl dodatečně přidán spínač k 9V baterii, což je vidět na obr. 44.

## 5.7 Kompletní detektor HKP-001

Na níže uvedených obrázcích je vidět detail zkompletovaného detektoru HKP-001. Jako pouzdro pro DPS a baterii byla použita průhledná plastová krabička, jak je vidět na obr. 43 a obr. 44. Plastová průhledná krabička byla použita z těchto důvodů. Nelze použít pouzdro z kovového materiálu (plech), protože by cívky detekovaly kov a tudíž by detektor nefungoval správně, a dioda by neustále svítila. A průhlednost krabičky byla zvolena z důvodu rychlejší ukázky vnitřního uspořádání baterie a osazené DPS.



Obrázek 43: Detektor HKP-001 při detekci - finální podoba

Na obrázku 43 je vidět opět detekce kovového předmětu v blízkosti detektoru. Po zabudování detektoru do plastového pouzdra proběhlo závěrečné ladění cívek a bude ověřen vliv vzdálenosti kovového předmětu na indukčnost a vliv různých vybraných materiálů.

### 5.7.1 Funkce přístroje

Detektor se uchopí za plastový obal. Černá trubička vedoucí z pouzdra je hledací cívka. Proto se cívky pokud možno nedotýkáme, kvůli možnému rozladění detektoru. Zařízení se uvádí do chodu spínačem připevněným v zadní části pouzdra přístroje. Po prvním zapnutí přístroje se rozsvítí LED dioda. Pomalu je otáčeno trimrem, až LED dioda zhasne. To je bod největší citlivosti. Pokračujeme-li dále v otáčení, citlivost přístroje se postupně zmenšuje.

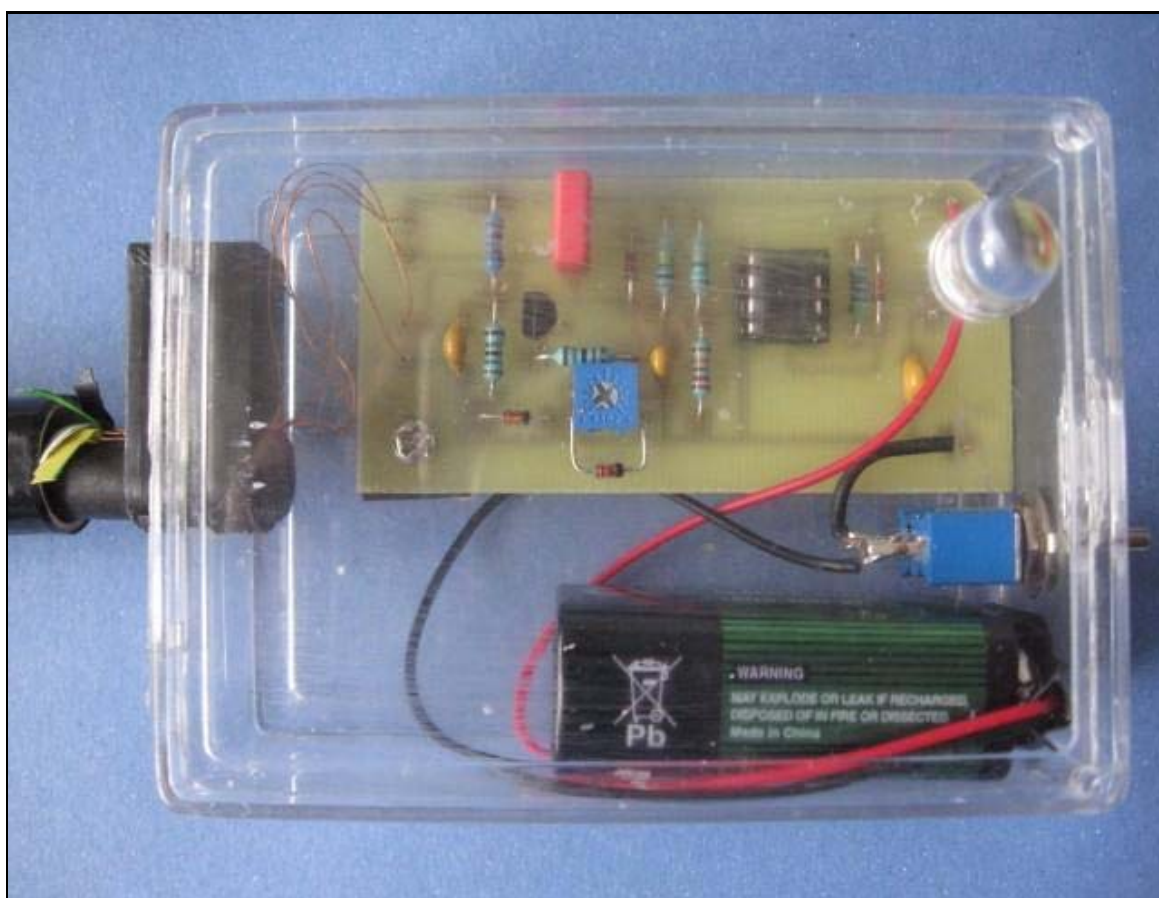
Nejvyšší dosažitelná citlivost však v praxi většinou ani nemá využití, protože je tak velká, že přístroj reaguje ze značné dálky dokonce i na kovové rámy dveří, případně na armaturu v železobetonových překladech apod. Například při hledání vodovodních nebo elektroinstalačních trubek (a zjišťování jejich přesné polohy ve zdi) je výhodnější nastavit citlivost menší. Mnohem přesněji se pak může zjistit jejich poloha i průběh. [27]

Proto je nastaven dosah detektoru kolem sedmi centimetrů a po zapnutí přístroje se už dále trimrem neladí. Pokud je potřeba vyšší dosah, není problém trimrem nebo

dodatečně cívkou přístroj naladit na vyšší citlivost, což však zabere více času, protože jemné ladění přístroje je velice zdlouhavé.

### 5.7.2 Vnitřní uspořádání a výměna baterie

Po odejmutí krytu lze nejen bez potíží vyměnit napájecí baterii, ale získáme i pohodlný přístup k DPS (obr. 44). DPS lze jednoduše demontovat a realizovat jakoukoli opravu. Ta je vzhledem k účelné jednoduchosti použitého zapojení bez problémů.



Obrázek 44: Detektor HKP-001 - pouzdro

Feritová tyčka, která nese obě vinutí oscilačního obvodu, je umístěna v dostatečné vzdálenosti od elektronické části, takže je součástkami relativně málo tlumena. Tím je dosaženo dobré citlivosti hledače. Také vnitřní uspořádání je možné považovat za zcela vyhovující.

## 6 VLIV RŮZNÝCH VYBRANÝCH MATERIÁLŮ

Funkce detektoru kovů byla nejdříve odzkoušena na různých kovových a nekovových materiálech. Toto měření má za úkol určit, zda detektor reaguje pouze na kovové předměty a jejich slitiny nebo zda reaguje i na jiné nekovové předměty.

### 6.1 Zkouška detekce vybraných materiálů

Ze sobě dostupných materiálů jsem vybral pro odzkoušení několik zajímavých předmětů. Výsledky detekce jsem zaznamenal do tab. 2

Tabulka 2: Zkouška detekce vybraných materiálů

Předmět	Rozměry, Typ	Materiál, detekovaná oblast	Detekce
CD, DVD	(Ø120 x 1,2) mm	Stříbro, Indium, Antimon, Tellur	ANO
Mobilní telefon	(109,6 x 46,9 x 14,6) mm	Kovové součástky	ANO
Platební karta	(85,6 × 54) mm	EMV čip	ANO
Studentský průkaz	(85,6 × 54) mm, UTB FAI	Celá karta	ANO
Paměťová karta	(32 × 24 × 2,1) mm	SSD	ANO
Kostka	(28 x 28 x 28) mm	Neodym (magnet)	ANO
Bankovky	200 Kč, 500 Kč, 1000 Kč	Ochranný proužek	NE
Plast	Různé	PE, PP, PS	NE
Dřevo	Různé	Smrk, Buk, Dub, Modřín	NE
Papír	Různé	Bílý, Barevný, Karton	NE
Alkohol	50% alkohol	Ethanol 98,5%	NE
Voda	1 l	H <sub>2</sub> O	NE
Sůl	1 kg	NaCl	NE
Slaná voda	1 l	Roztok slané vody	ANO



## 6.2 Výsledky měření detekce

Z předcházející tab. 2 je vidět, že detektor kovů funguje správně. Na kovové předměty reaguje a to v různých vzdálenostech, podle typu kovu. Přesné výsledky měření vzdálenosti detekce jednotlivých typů kovů jsou uvedeny v kapitole 7. Předměty, které neobsahují kovy nebyly detekovány.

Zvláštní pozornost jsem zaměřil na ochranný proužek bankovek, který může být kovový, pokovený nebo plastový. V mém případě jsem zkoušel 30 bankovek nominálních hodnot 200, 500, 1000 a 2000 Kč. U žádné bankovky nebyl detekován kov, ani když byly dány všechny bankovky (proužky) k sobě. Jelikož detektor je schopný zachytit i velice malé kousky kovu, vyvozují z toho, že zkoušené bankovky měly ochranné proužky plastové.

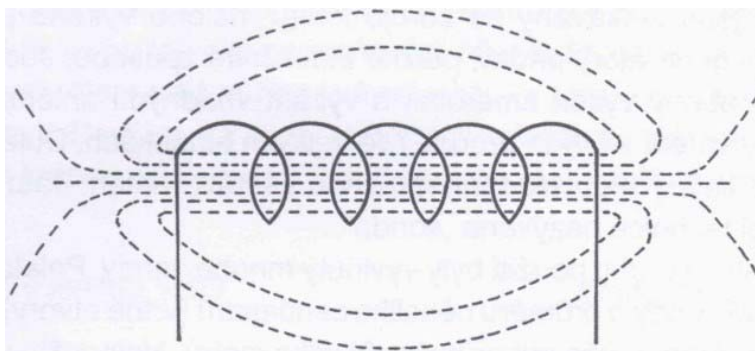
Dále jsem se zaměřil na trojici vybraných materiálů: voda, sůl a roztok vody a soli. Kuchyňská sůl (NaCl) nereagovala. Čistá voda ( $H_2O$ ) má elektrickou vodivost velmi slabou. Proto nebyla také detekována. Když však uděláme roztok vody a soli, vzniklá chemická reakce zvýší elektrickou vodivost natolik, že je tento roztok detekován stejně jako kovy.

Toto měření proběhlo hlavně pro zjištění detekce multimediálních nosičů a zařízení. Bylo zjištěno, že paměťová média jsou detekována. Taktéž mobilní telefon (i vypnutý a bez baterie) nebo identifikační studentská karta (FAI UTB) byly detekovány. Tyto výsledky je možné využít v rámci výuky na FAI UTB v různých předmětech zaměřených na detekci kovů, fyzikální principy senzorů nebo také v dalších předmětech zaměřených na bezpečnostní prohlídku osob, zavazadel a zásilek.

## 7 VLIV VZDÁLENOSTI KOVOVÉHO PŘEDMĚTU NA INDUKČNOST

V této kapitole se zkoumá vliv vzdálenosti kovového předmětu na indukčnost. Před samotným měřením vzdálenosti je důležité si objasnit teoretickou stránku měření, aby každý pochopil, proč reaguje detektor různě na jednotlivé typy kovů.

Na obrázku 45 je vidět průběh magnetických siločar v cívce protékané proudem nacházející se v sondě detektoru kovů. Velikost magnetického pole závisí na nastavení citlivosti detektoru. Pokud je vzdálenost cívky od kovového předmětu dostačující, je detekován kovový předmět. [25]



Obrázek 45: Průběh magnetických siločar v cívce protékané proudem [25]

Intenzitu vzniklých vířivých proudů a tím i dosažitelnou vzdálenost zaměření ovlivňuje další fyzikální vlastnost kovových předmětů: jejich elektrická vodivost  $G$ . Čím větší je její hodnota, tím silnější je vytváření vířivých proudů a tím i možnost zaměření. Hodnoty elektrické vodivosti pro různé kovy jsou v tab. 3 při teplotě 20 °C: [25]

Tabulka 3: Elektrická vodivost vybraných kovů [31]

Typ kovu	$G$ [ $S \cdot m^{-1}$ ]
Stříbro	$6,3 \cdot 10^7$
Měď	$6,07 \cdot 10^7$
Zlato	$4,5 \cdot 10^7$
Hliník	$3,77 \cdot 10^7$
Železo	$1 \cdot 10^7$
Cín	$8,7 \cdot 10^6$

## 7.1 Dosah detektoru

Dosah detektoru byl vyzkoušen na kovových předmětech různých rozměrů. Jednotlivé typy kovů byly vybrány na základě elektrické vodivosti v tab. 3, aby se ověřilo, že předměty s větší elektrickou vodivostí jsou detekovány na větší vzdálenost.

### 7.1.1 Vzdálenost detekce stříbra

Pro zkoušku vzdálenosti mezi detektorem a stříbrem byly použity pouze dostupné předměty (prstýnky, řetízky, atd.). Následně byly všechny tyto předměty dány dohromady ke společné detekci. Výsledky jsou vidět v tab. 4.

Tabulka 4: Vzdálenost detektoru a stříbra

Předmět	Rozměry	Materiál	Dosah
Řetízek	(Ø3 x 40) mm	Stříbro	3 cm
Naušnice	Ø18 mm	Stříbro	4 cm
Naušnice	Ø25 mm	Stříbro	5,5 cm
Všechny předměty	(Ø25 x 5) mm	Stříbro	6,5 cm

### 7.1.2 Vzdálenost detekce mědi

Zkouška vzdálenosti u mědi proběhla hlavně pro elektroinstalaci (kabely). V případě hledání elektroinstalace ve zdi byla změřena vzdálenost pro tři různé průměry vodičů. Nakonec byl ještě otestován měděný plech, který byl detekován na vzdálenost 7,5 cm, jak je vidět v tab. 5.

Tabulka 5: Vzdálenost detektoru a mědi

Předmět	Rozměry	Materiál	Dosah
Vodič	3 x 1 mm <sup>2</sup>	Měď	1,5 cm
Vodič	3 x 2,6 mm <sup>2</sup>	Měď	3 cm
Vodič	Ø6 mm, 1 žíla	Měď	4 cm
Plech	(90 x 40 x 0,6) mm	Měď	7,5 cm

### 7.1.3 Vzdálenost detekce zlata

Stejně jako u stříbra byly použity pouze dostupné předměty (prstýnky, přívěšek). Protože se velikosti předmětů příliš nelišily, je i vzdálenost detekce podobná, až při detekci všech předmětů najednou se dosah zvýšil o jeden centimetr, což je vidět v tab. 6.

Tabulka 6: Vzdálenost detektoru a zlata

Předmět	Rozměry	Materiál	Dosah
Přívěšek (plný)	(Ø0,5 x 18) mm	Zlato	5 cm
Prstýnek	Ø21 mm	Zlato	5 cm
Prstýnek	Ø24 mm	Zlato	5,5 cm
Všechny předměty	(Ø24 x 5) mm	Zlato	6 cm

### 7.1.4 Vzdálenost detekce hliníku

V tabulce 7 je vidět dosah detektoru pro různé hliníkové předměty. Opět je vidět, že předmět s většími rozměry je detekován na větší vzdálenost. Hliníkových předmětů je i v domácnosti velké množství, ale pro porovnání stačí tyto čtyři předměty.

Tabulka 7: Vzdálenost detektoru a hliníku

Předmět	Rozměry	Materiál	Dosah
Lžička	Kávová lžička	Hliník	4,5 cm
Lžice	Polévková lžice	Hliník	5,5 cm
Al profil	(45 x 15 x 200) mm	Hliník	7 cm
Al profil	(60 x 60 x 200) mm	Hliník	8 cm

### 7.1.5 Vzdálenost detekce železa

Nejdostupnější kov pro ověření vzdálenosti bylo železo. Tabulka 8 ukazuje železné předměty seřazené od nejmenšího po největší. Při zvětšení citlivosti bylo možné detekovat nejmenší hřebík na vzdálenost 5 cm. Citlivost však musela být snížena, protože při detekci větších předmětů už detektor reagoval na kovové zárubně a jiné větší kovové konstrukce. Maximální vzdálenost detekce s upravenou citlivostí byla u radiátoru a plechu tedy 13 cm a u nejmenšího hřebíku tedy 2cm.

Tabulka 8: Vzdálenost detektoru a železa

Předmět	Rozměry	Materiál	Dosah
Hřebík	(Ø1,4 x 20) mm	Železo	2 cm
Hřebík	(Ø3,5 x 90) mm	Železo	4,5 cm
Hřebík	(Ø7 x 220) mm	Železo	6 cm
Plech	(36 x 36 x 1) cm	Železo	13 cm
Radiátor	(150 x 50 x 6) cm	Železo	13 cm

### 7.1.6 Vzdálenost detekce cínu

K měření vzdálenosti mezi detektorem a cínem, byl použit pouze pájecí cín. Proto byl nastříhán na několik různých délek a postupně se měřil dosah detektoru. Z tabulky 9 je vidět, že mezi pájecím cínem délky 110 mm a 140 mm už se nemění dosah. Pokud však dáme k sobě několik kousků pájecího cínu, změní se tím tloušťka materiálu, tím se ovlivní indukčnost cívky a detektor reaguje na větší vzdálenost.

Tabulka 9: Vzdálenost detektoru a cínu

Předmět	Rozměry	Materiál	Dosah
Pájecí cín	(Ø2 x 20) mm	Cín	2 cm
Pájecí cín	(Ø2 x 25) mm	Cín	2,5 cm
Pájecí cín	(Ø2 x 110) mm	Cín	3 cm
Pájecí cín	(Ø2 x 140) mm	Cín	3 cm
Pájecí cín	(Ø2 x 110) mm + (Ø2 x 140) mm	Cín	4 cm

## 7.2 Výsledky měření vzdálenosti

Cílem bylo zjistit vliv vzdálenosti kovového předmětu na indukčnost. Dosažitelná vzdálenost zaměření závisí na intenzitě vzniklých vířivých proudů. Intenzitu vířivých proudů ovlivňují kovy různě podle jejich elektrické vodivosti. Měření bylo provedeno pro několik dostupných kovů: stříbro, měď, zlato, hliník, železo a cín. Z předcházejících tabulek (tab. 4, 5, 6, 7, 8, 9) je možné vyčíst název zkoušených předmětů, rozměry, materiál předmětů a vzdálenost detekce pro jednotlivé typy kovů. Z výsledků měření bylo ověřeno, že čím je elektrická vodivost kovu větší, tím je větší i dosažitelná vzdálenost zaměření.

## 8 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Za účelem možného využití i jako laboratorní úlohy zaměřené na demonstraci použitého principu a realizaci měřicího zařízení jsem vybral princip potlačeného magnetického pole, na kterém funguje i v praxi používaný detektor HKP-001. Samotná konstrukce detektoru, opravitelnost, ovladatelnost, dostačující přesnost a rychlost je vyhovující pro možné využití, např. v laboratořích Senzorů pro výše zmiňovanou ukázkou principu nebo v jiných předmětech Fakulty aplikované informatiky zabývajících se bezpečnostní problematikou jako je prohlídka osob, zavazadel, atd. Vznikla by tak možnost vyšší názornosti a aplikování teoretických poznatků do praxe.

Návrh schématu a DPS jsem vyrobil v programu EAGLE (kap. 5.2.1). Tento program byl ve verzi Light Freeware omezen. Bylo možné vytvořit menší rozměr DPS (100 x 80mm), dále byl omezen počet signálových vrstev spojů z šestnácti na dvě a editor schémat může vytvořit schéma zapojení jen na jednom listu. V mém případě však stačilo pouze jedno schéma, jedna signálová vrstva spojů a DPS o rozměrech (70 x 35) mm. Leptání DPS a pájení součástek proběhlo bez větších problémů a proto jsem mohl připojit i hledací cívku.

Hledací cívku detektoru jsem vyrobil již při zkušebním zapojení na kontaktním nepájivém poli kvůli ověření funkčnosti. Feritová tyčka a měděný drát k výrobě hledací cívky jsou snadno dostupné. Na zkušebním zapojení jsem musel přehodit vývody cívky L1, aby detektor fungoval správně. Vývody jsem si barevně označil, aby nedošlo k záměně při pájení na DPS.

Všechny přichystané součástky jsem následně vložil do plastového pouzdra. Nelze mít pouzdro detektoru z kovu, protože kovový obal by tlumil cívky a tak by detektor nefungoval správně. Po závěrečných úpravách pouzdra jsem naladil hledací cívku a doladil detektor pomocí trimru. Při vlastních měřeních vlivu kovů na detektor jsem zvolil rychlejší ladění pomocí cívky jednoduchým posunutím po feritové anténě.

Ověřil jsem detekci kovů a také vliv vzdálenosti jednotlivých kovů na indukčnost. Zjistil jsem, že záleží na elektrické vodivosti, velikosti (tvaru) a směru natočení měřeného kovu (viz. kap. 7). Největší elektrickou vodivost má stříbro. Při měření jsem se zaměřil i na čistou vodu (nereagovala). Přidáním soli (NaCl) jsem zvýšil vodivost roztoku natolik, že detektor reagoval, i když ze vzdálenosti bylo jasné, že je vodivost roztoku slabá.

Cena tohoto detektoru je přibližně 600 korun. Přičemž polovodičové součástky byly vyčísleny na cca 300 Kč a dalších 300 Kč jsem použil na leptání DPS, plastové pouzdro, poštovné a jiné výdaje.



## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo nejen prostudovat historii detektorů kovů a rozdělení jednotlivých typů, ale hlavně realizace vlastní laboratorní úlohy, která bude fungovat na jednom z uvedených principů a její využití bude možné i pro jiné účely, například na FAI UTB v předmětech s bezpečnostním zaměřením. Tato práce se skládá ze dvou hlavních částí. Teoretická část která se zabývá popisem jednotlivých fyzikálních principů a rozdělení detektorů a praktická část ve které je vysvětlen postup práce při tvorbě detektoru.

V teoretické části je ukázka od nejstarších detektorů kovů, až po dnešní typy. Můžeme si tak udělat rychlou představu, jak se detektory s postupem času měnily. Zvyšoval se počet jejich funkcí, zmenšovali se jejich rozměry a hmotnost, vzrůstalo využití detektorů. Nejdříve se vyráběly ruční detektory k hledání kovů v terénu, následně se našlo uplatnění v bezpečnostní sféře pomocí rámových detektorů a ručních detektorů k dohledávání kovových předmětů pro fyzickou ostrahu. Dnes jsou detektory kovů ve všech důležitých budovách a prostorech kde je nutné kontrolovat osoby, tělní dutiny a zavazadla. Detektory kovů našli také využití v potravinářském, farmaceutickém a jiném průmyslu. Pomocí propadových systémů, farmaceutických systémů, potrubních systému a detekčních dopravníků se kontrolují potraviny v tekutém i pevném stavu, léky a jiné hmoty, které nesmí obsahovat kovy. A využití ve světě stále roste.

Praktická část se zabývá vlastním návrhem a realizací detektoru kovů založeném na používaném principu potlačeného magnetického pole, který v praxi využívá, např. detektor HKP-001 od firmy Tesla. Realizace detektoru spočívá v návrhu schéma zapojení založeném na vybraném principu a jeho ověření funkčnosti. Návrh schéma a DPS byl vytvořen pomocí programu EAGLE. Výstupem programu byl negativ DPS, který byl použit k leptání DPS. Před osazením součástek na DPS proběhlo ověření funkčnosti nejprve na kontaktním nepájivém poli. Po závěrečných úpravách detektoru proběhlo měření za účelem ověření vlivu různých vybraných materiálů na jeho funkčnost a vliv vzdálenosti kovového předmětu na indukčnost. Výsledky měření byly zaznamenány do tabulek.

Na základě získaných zkušeností bych doporučil v práci pokračovat a rozšířit ji o návrh detektoru, který je svou konstrukcí schopen rozlišit i jednotlivé druhy kovových materiálů a umožňuje větších dosahů. Navržený a realizovaný detektor doporučuji

k demonstrativním účelům použitého principu v laboratorních cvičeních zaměřených na Senzory. Získané výsledky měření mohou posloužit jako opora při demonstraci aplikovaného principu v laboratorních úlohách a pomoci tak dalšímu vývoji a výzkumu v této oblasti. Ve světě neustále roste poptávka po detektorech kovů, ať už se jedná o domácí hobby nebo zabezpečování objektů. Jde o aktuální téma, jehož výzkum jde neustále kupředu a proto je vhodné ho sledovat a pokračovat tak v rozšíření této práce.

## ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The aim of this bachelor thesis is not only careful history studying of metals and deviding into particular types, but also realization of the own laboratory exercise that works thanks to one of the mentioned principle and its utilization can be used for other purposes, e.g. subjects with safety majoring at FAI UTB. This work consists of two major parts. Theoretical one deals with a physic principle description and detector divison physic principle description and detector divison. The practical part explains work process of detector creation.

The theoretical part shows metals from the earliest to the latest ones so that you simply see how detectors have changed with time. A number of their functions has increased, their size and weight decreased and utilization grown. First, people used to produce hand detectors to search in feild work, followed by use in safety field thanks to frame and hand detectors to seek metal objects for person security guarding. Metal detectors are nowadays in all important buildings and places where it is necessary to check persons, body cavities and baggage. Metal detectors are also helpful in food, pharmaceutical and other industries. Food in liguid or solid state, drugs and other substances are checked using sinking systems, pharmaceutical and pneumatic systems and detection transporters that cannot contain metals. Utilization in the world keeps growing.

The practical part is concentrated on my own metal detector plan and realization based on the principle of the repressed magnetic field, which is used in practise, e.g. a detector HKP-001 by TESLA company. Detector realization is supported by scheme plan connection based on a picked principle and its fuction check. Scheme plan and DPS was created thanks to EAGLE programme. The programme output was DPS negative which was used for DPS corroding. Before setting devices on DPS, there was checking on function of a connecting charge field. After the final adjustments came measurements in purpose of checking the various material effects on its function and the material object distance on induction. The results were remarked in tables.

From the gained experience, I would recommend to continue working and extend it with the detector plan which is with its construction able to distinguish even individual kinds of metal materials and enables a wider range. The proposed and realized detector would be suitable for demonstrative purposes of the used principle in laboratory exercises concentrated on Sensors. The gained result measurement can be a support of applied

principle demonstration in laboratory tasks and help other development and research in that field. The Demand for metal detectors is increasing, no matter whether it is a domestic hobby or an object security. This is a current topic, whose research keeps going on and therefore, it is would very good to keep on extending this work.

**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] 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.
- [3] Detektory kovů - konstrukce na internetu [online]. © 2007 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://detektory.wz.cz/>
- [4] Amatérské radio: Řada B. Praha 1: MAGNET-PRESS, 1990, 39(4). ISSN 0139-7087.
- [5] ROWAN, Mark a William LAHR. How Metal Detectors Work. My Metal Detektor Page [online]. © 2000 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://www.gi.alaska.edu/~jesse/treasure/misc/howdetector.html>
- [6] MOLTAŠ, Zdeněk. Detektory kovů prakticky, aneb, Zapni a hledej. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2003, 166 s. Elektronické hledače. ISBN 80-730-0080-6.
- [7] DETEKTOR CENTRUM PRAHA. DETEKTORY KOVU FISHER - HISTORIE [online]. © 2009 [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: <http://www.detektorkovu.cz/clanky-detektory-kovu-fisher-historie>
- [8] Detektory kovu - Printex. Detektory kovů [online]. [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: <http://www.detektorkovu.com/otazky-a-odpovedi/>
- [9] Velký kluk. Detektory kovů - základní charakteristika, jak vybrat ten pravý [online]. © 2009 [cit. 2012-03-17]. Dostupné z: [http://www.velkykluk.cz/ruzne/detektory\\_kovu-zakladni\\_charakteristika,\\_jak\\_vybrat\\_ten\\_pravy/index.htm](http://www.velkykluk.cz/ruzne/detektory_kovu-zakladni_charakteristika,_jak_vybrat_ten_pravy/index.htm)
- [10] Detektory-Tesoro. Jak začít s detektorem kovů - poradna pro všechny začátečníky [online]. [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: <http://www.detektory-tesoro.cz/poradna>

- [11] OXFORD Alarm Systém. Detektory kovů rámové [online]. © 2012 [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: <http://www.oxford-alarm.cz/zabezpeceni/detektorramovy-9/#obsah>
- [12] Ostrava Airport. Průchozí detektory kovů včetně síťového software [online]. © 2003-2012 [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: <http://www.airport-ostava.cz/cz/page-pruchozi-detektory-kovu-vcetne-sitoveho-software/>
- [13] ELMES Praha. Rámové detektory kovů a výbušnin [online]. [cit. 2012-03-21]. Dostupné z: [http://www.elmes.cz/ramovy\\_detektor.html](http://www.elmes.cz/ramovy_detektor.html)
- [14] ELMES Praha. Ruční detektory kovů [online]. [cit. 2012-03-21]. Dostupné z: [http://www.elmes.cz/rucni\\_detektory.html](http://www.elmes.cz/rucni_detektory.html)
- [15] GARRETT Metal Detectors. Hobby detektory kovů: Detektory kovů - Pro začátečníky [online]. © 2009 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://www.garrett.cz/detektor-kovu-ace-150-s-civkou-65-x-9-proformance/d-69278/>
- [16] GARRETT Metal Detectors. Hobby detektory kovů: Detektory kovů - Profí [online]. © 2009 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://www.garrett.cz/detektor-kovu-gti-2500-pro-package/d-69275/>
- [17] OXFORD Alarm Systém. Detektory kovů v obuvi [online]. © 2012 [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: <http://www.oxford-alarm.cz/zabezpeceni/detektorobuvi-9/#obsah>
- [18] MERCOTRADE s.r.o. Detektory kovů: Detektory kovů v obuvi [online]. © 2009 [cit. 2012-03-26]. Dostupné z: <http://www.mercotrade.cz/detektory-kovu/detektor-kovu-v-obuvi/magshoe-m-100-7/>
- [19] RANGER Security Detectors. Products: B.O.S.S. [online]. [cit. 2012-03-26]. Dostupné z: <http://www.rangersecurity.com/boss.html>
- [20] Ad controls. Detektory kovů: Detekční dopravníky [online]. © 2009 [cit. 2012-03-27]. Dostupné z: [http://www.adcontrols.cz/detekcni\\_dopravniky/](http://www.adcontrols.cz/detekcni_dopravniky/)
- [21] Ad controls. Detektory kovů: Potrubní systémy [online]. © 2009 [cit. 2012-03-27]. Dostupné z: [http://www.adcontrols.cz/potrubni\\_systemy/](http://www.adcontrols.cz/potrubni_systemy/)

- [22] Ad controls. Detektory kovů: Propadové systémy [online]. © 2009 [cit. 2012-03-27]. Dostupné z: [http://www.adcontrols.cz/potrubni\\_systemy/](http://www.adcontrols.cz/potrubni_systemy/)
- [23] Ad controls. Detektory kovů: Farmaceutické detektory [online]. © 2009 [cit. 2012-03-27]. Dostupné z: [http://www.adcontrols.cz/farmaceuticke\\_detektory/](http://www.adcontrols.cz/farmaceuticke_detektory/)
- [24] HÁJEK, Jan. Elektronické hledače. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2001, 103 s. Elektronické hledače. ISBN 80-730-0011-3.
- [25] SCHÜLER, Wolfgang. Vyhledávací technika pro profesionály. 1. české vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2000, 136 s. Elektronické hledače. ISBN 80-86056-85-6.
- [26] WILHELM, Rolf. Hledače kovů. 1. české vyd. Ostrava: HEL, 2003, 176 s. Elektronické hledače. ISBN 80-861-6720-8.
- [27] PabloX.net. Detektory kovov [online]. 21.4.2008 [cit. 2012-03-28]. Dostupné z: [http://www.pablox.net/index.php?option=com\\_content&task=view&id=28&Itemid=35](http://www.pablox.net/index.php?option=com_content&task=view&id=28&Itemid=35)
- [28] Amatérské radio: Řada A. Časopis pro elektroniky a amatéry. Praha: NAŠE VOJSKO, 1984, XXXIII (LXII), č. 8.
- [29] Eagle Online [online]. © 2003, 12.12.2011 [cit. 2012-03-29]. Dostupné z: <http://www.eagle.cz/index.htm>
- [30] zesilovace.cz [online]. 2003 [cit. 2012-03-29]. Dostupné z: <http://www.zesilovace.cz/view.php?cisloclanku=2003010301>
- [31] WolframAlpha [online]. © 2012 [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: <http://www.wolframalpha.com/>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

apod.	A podobně.
atd.	A tak dále.
B	Magnetická indukce.
BFO	Beat Frequency Oscillator.
cca	Cirka (přibližně).
DPS	Deska plošných spojů.
Dr.	Doktor.
DSP	Digitální Signální Procesor.
E	Elektromotorické napětí.
EO	Elektronické obvody.
ERC	Kontrola elektrických pravidel.
FAI	Fakulta aplikované informatiky.
GDO	Hledače rezonance.
GPS	Global Positioning Systém.
GTI	Hloubka a velikost předmětu.
GTA	Grafický cílový analyzátor.
GB	Ground Balance.
H	Intenzita magnetického pole, Henry.
HC	Hledací cívka.
HKP	Hledač kovových předmětů.
HO	Hlavní oscilátor.
HR	Hledače radioaktivity.
Hz	Hertz.
I	Indikátor.



---

IB	Induction Balance.
ID	Identifikace.
IP54	Stupeň krytí.
K	Kov.
kap.	Kapitola.
Kč	Koruna Česká.
konk.	Konkrétně.
L	Indukčnost hledací cívky.
LED	Light-Emitting Diode.
LCD	Liquid Crystal Display.
M-Scope	Metallascope.
N	Napájení.
např.	Například.
NF	Nízkofrekvenční zesilovač.
NiCad	Nikl-kadmiový akumulátor.
O	Oscilátor.
Obr.	Obrázek.
OH	Optické hledače.
P	Přijímač.
PC	Přijímací cívka.
PI	Pulse Induction.
PO	Pomocný oscilátor.
S	Plocha.
$S \cdot m^{-1}$	Siemens na metr.
SM	Směšovač.

---

T	Tesla.
TR	Transmitter-Receiver.
USA	United States of America.
UTB	Univerzita Tomáše Bati.
V	Volt.
VC	Vysílací cívka.
VO	Vyhodnocovací obvody.
VLf	Very Low Frequency.
VS	Vysílač.
Wb	Weber.
Z	Zesilovač.
$\mu$	Permeabilita prostředí.
$\Phi$	Indukční tok.
$\Omega$	Ohm.
$^{\circ}\text{C}$	Stupeň Celsia.

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1: První patentovaný detekční systém z roku 1903 [6] .....	13
Obrázek 2: Radiolokátor [6] .....	13
Obrázek 3: Radiolokátor pozdějšího provedení [6] .....	14
Obrázek 4: Nalezené předměty rozdělené pomocí diskriminace [6] .....	16
Obrázek 5: Rámový detektor kovů Rapiscan na letišti Ostrava [12] .....	18
Obrázek 6: Rámový detektor kovů GARRET 6500i při detekci [13] .....	19
Obrázek 7: Ruční detektor kovů Super Scanner od firmy GARRETT [14] .....	21
Obrázek 8: Ruční detektor kovů GARRETT ACE 150 [15] .....	23
Obrázek 9: Ruční detektor kovů GARRETT GTI 2500 Pro [16] .....	24
Obrázek 10: Detektor kovů v obuvi [17] .....	25
Obrázek 11: Detekce na displeji [18] .....	25
Obrázek 12: Detektor tělních dutin [19] .....	26
Obrázek 13: Detekční dopravník 1 [20] .....	27
Obrázek 14: Detekční dopravník 2 [20] .....	27
Obrázek 15: Potrubní systémy 1 [21] .....	28
Obrázek 16: Potrubní systémy 2 [21] .....	29
Obrázek 17: Propadové systémy [22] .....	29
Obrázek 18: Farmaceutické detektory [23] .....	30
Obrázek 19: Indukčnostní detektory s potlačeným magnetickým polem [2] .....	32
Obrázek 20: Obecné blokové schéma elektronických hledačů kov. předmětů [24] .....	33
Obrázek 21: Blokové schéma rezonančních hledačů kovových předmětů [24] .....	33
Obrázek 22: Rozšířené blokové schéma rezonančního hledače kov. předmětů [24] .....	34
Obrázek 23: Blokové schéma záznějového hledače kovových předmětů [24] .....	34
Obrázek 24: Blokové schéma balančního hledače kovových předmětů [24] .....	35
Obrázek 25: Spektra vlnění s vyznačenými kmitočty a vlnovými délkami [24] .....	36
Obrázek 26: Hledané X je pasivní, hledač H je aktivní [24] .....	37
Obrázek 27: Hledané X je aktivní, hledač H je rovněž aktivní [24] .....	37
Obrázek 28: Blokové schéma impulzního hledače kovových předmětů [24] .....	37
Obrázek 29: Program EAGLE - Editor schémat .....	42
Obrázek 30: Program EAGLE - Editor spojů .....	43
Obrázek 31: Schéma zapojení HKP-001 [27] .....	44

Obrázek 32: DPS - rozmístění součástek.....	45
Obrázek 33: DPS - strana plošných spojů .....	45
Obrázek 34: Zapojení na kontaktním nepájivém poli.....	46
Obrázek 35: HKP-001 bez přítomnosti kovu .....	47
Obrázek 36: HKP-001 v blízkosti kovu.....	47
Obrázek 37: Feritová tyčka.....	49
Obrázek 38: Ukázka navinutí cívky L1 a L2 na feritové anténě [27] .....	49
Obrázek 39: Navinuté cívky L1 a L2.....	50
Obrázek 40: Osazená DPS.....	52
Obrázek 41: Klidový stav detektoru .....	52
Obrázek 42: Detekce kovového předmětu.....	53
Obrázek 43: Detektor HKP-001 při detekci - finální podoba.....	54
Obrázek 44: Detektor HKP-001 - pouzdro .....	55
Obrázek 45: Průběh magnetických siločar v cívce protékané proudem [25] .....	58

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1: Seznam použitých součástí .....	48
Tabulka 2: Zkouška detekce vybraných materiálu .....	56
Tabulka 3: Elektrická vodivost vybraných kovů [31] .....	58
Tabulka 4: Vzdálenost detektoru a stříbra .....	59
Tabulka 5: Vzdálenost detektoru a mědi .....	59
Tabulka 6: Vzdálenost detektoru a zlata .....	60
Tabulka 7: Vzdálenost detektoru a hliníku .....	60
Tabulka 8: Vzdálenost detektoru a železa .....	61
Tabulka 9: Vzdálenost detektoru a cínu .....	61

## SEZNAM PŘÍLOH

PI: Parametry programu EAGLE 6.0.0

## **PŘÍLOHA P I: PARAMETRY PROGRAMU EAGLE**

Vlastnosti programu (verze Professional) [29]:

- dopředná a zpětná anotace v reálném čase
- nápověda orientovaná podle obsahu
- žádná hardwarová ochrana programu!
- vícenásobná okna pro desku, schéma a knihovnu
- výkonný uživatelský jazyk
- integrovaný textový editor
- dostupný pro Windows 95/98/NT4/2000 a Linux

Editor spojů:

- největší rozměr výkresu 1.6 x 1.6m (64 x 64 inch)
- rozlišení 1/10.000 mm (0,1 mikronu)
- až 16 signálových vrstev
- klasické i SMD součástky
- dodává se s plnou sadou knihoven součástek
- snadné vytváření vlastních součástek v plně integrovaném editoru knihoven
- funkce vpřed/vzad pro libovolný editační příkaz, do libovolné hloubky
- skriptové soubory pro dávkové zpracování příkazů
- pomědění ploch
- funkce kopírovat a vložit pro kopírování kompletních částí výkresu
- kontrola pravidel návrhu

Autorouter:

- ripup&retry router
- až 16 signálových vrstev
- strategie propojování nastavitelná uživatelem pomocí váhových faktorů

Editor schémat:

- až 99 listů jednoho schématu
- kontrola elektrických pravidel zapojení
- prohazování hradel a pinů
- vytvoření desky ze schématu jediným příkazem

Požadavky na systém:

- PC Pentium (nebo lepší)
- Windows 95/98/NT4/2000 nebo Linux (kernel 2.x nebo vyšší)
- alespoň 32MB RAM

pevný disk s alespoň 20MB volného místa