



Radiodetection

ZÁKLADY TRASOVÁNÍ INŽENÝRSKÝCH SÍTÍ

11. vydání 10/11



Radeton s.r.o.
Mathonova 23
613 00 Brno

tel: +420 5432 5 7777
fax: +420 5432 5 7575
www.radeton.cz

Radeton SK s.r.o.
J. Kollára 17
971 01 Prievidza

tel: +421 (0)46 542 4580
fax: +421 (0)46 542 4584
www.radeton.sk

OBSAH

	Strana
1. Úvod	3
2. Princip trasování	3
3. Možnosti vytvoření elektromagnetického pole	3
3.1 Aktivní vytvoření elektromagnetického pole	3
3.1.1. Indukce pomocí vysílače	3
3.1.2. Galvanické napojení vysílače	4
3.1.3. Napojení vysílače pomocí indukčních kleští	5
3.1.4. Napojení vysílače pomocí zásuvkového konektoru	5
3.2. Pasivní vytvoření elektromagnetického pole	5
4. Snímání elektromagnetického pole pomocí přijímače	6
4.1. Využití pasivních frekvencí	6
4.2. Využití indukce vysílače	7
4.3. Režim maxima	7
4.4. Režim minima	8
5. Správná práce s režimy maxima a minima	8
6. Informace, které je možné pomocí lokátoru odečítat ze země	9
6.1. Síla odezvy vedení	9
6.2. Měření hloubky	9
6.3. Měření proudu	10
6.4. Měření směru proudu	10
7. Trasování sondy	11
8. Markery	11
9. Vyhledávání plášťových poruch na kabelech	12
9.1. A-rám	12
9.2. Lokátor FFL	12

1. ÚVOD

Základní podmínka pro úspěšné vytyčení jakékoliv z inženýrských sítí:
- **vedení musí být metalické!**

Jaká zařízení jsou potřeba k tomu , aby se dala úspěšně a precizně najít trasa některé z inženýrských sítí?

1. Vysílač
2. Přijímač



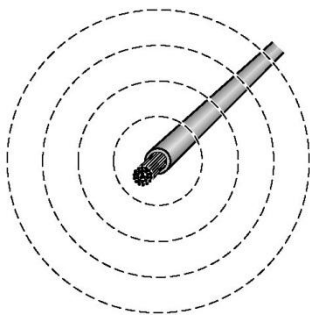
Vysílač

Přijímač

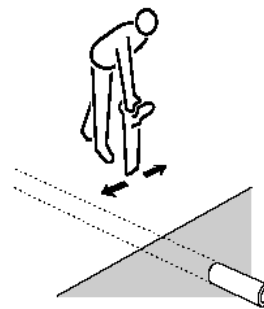
Obr.1 Lokační sada (vysílač + přijímač)

2. PRINCIP TRASOVÁNÍ

Základní princip trasování spočívá ve vytvoření elektromagnetického pole kolem trasovaného vedení pomocí signálu z vysílače a to tak, že vysílačem pustíme do vedení střídavý proud s vlastní frekvencí. Toto elektromagnetické pole je následně snímáno a vyhodnocováno nad terémem přijímačem, který je schopen určit správnou polohu a případně i hloubku trasovaného vedení.



Obr.2 Kruhové elektromagnetické pole kolem vedení

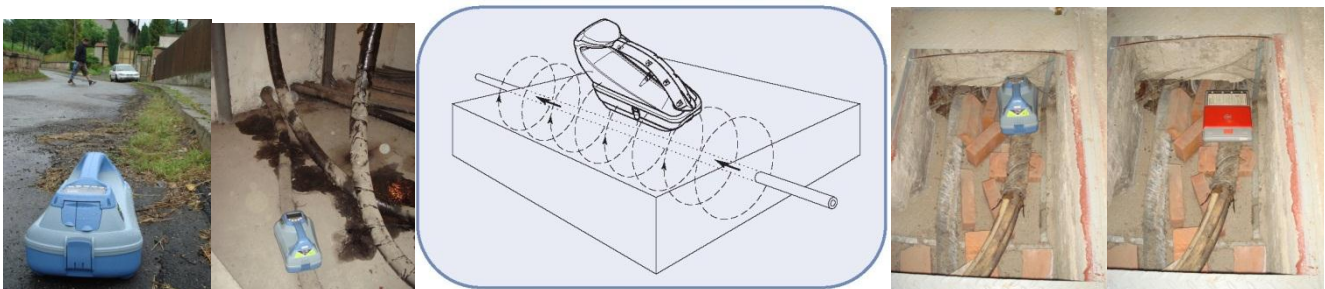


Obr. 3 Správná pozice lokátoru při mapování elektromagnetického pole

MOŽNOSTI VYTVOŘENÍ ELEKTROMAGNETICKÉHO POLE

3.1. Aktivní vytvoření elektromagnetického pole

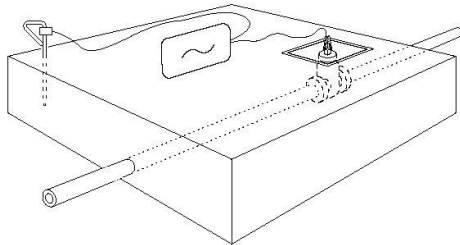
3.1.1. Indukce pomocí vysílače (obr.4) - položením zapnutého vysílače přesně nad vedení v jeho směru. Pokud umístíme vysílač už o 1m vedle správné polohy, dostane se od vedení pouze 30% signálu!



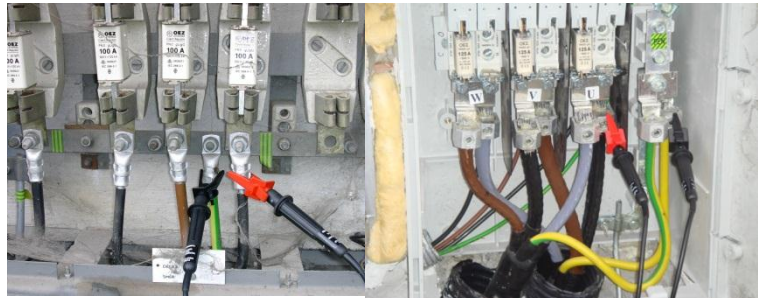
Obr.4 Vytvoření elektromagnetického pole položením zapnutého vysílače nad nebo přímo na vedení

V případě položení vysílače na terén by mělo být trasování zahájeno minimálně 10 metrů od vysílače, aby nedocházelo k ovlivnění přijímače vysílačem. V případě, že je vysílač položen přímo na vedení, je možné zahájit trasování již po několika metrech od umístění vysílače. V tomto případě dosáhneme také většího dosahu signálu na trasovaném vedení. Nicméně obecně lze konstatovat, že se jedná o pomocný způsob aplikace signálu, při kterém se navíc nelze vždy spoléhat na měření hloubky ani velikosti proudu pro rozlišení originálního signálu od případných nežádoucích indukci.

3.1.2. Galvanické napojení vysílače- Jedná se o nejdokonalejší způsob napojení vysílače na inženýrskou síť. Pro tento způsob napojení se používají dva propojovací kabely (červený a černý) a zemnicí kolík. Pomocí galvanického způsobu napojení je možno trasovat veškerá potrubí a kabely, ve kterých není napětí! V případě NN rozvodů (380V) je možné pro galvanické napojení pod napětím použít Konektor na živý vodič (obr.6). A to tak, že červená svorka se aplikuje na fázi požadovaného kabelu a černá na nulový vodič tohoto kabelu! Alternativně na nezávislé uzemnění na zemnicí kolík. U VN kabelů se musí vždy použít Indukční kleště! V beznapěťovém stavu je nejlepší provádět uzemnění kolmo na předpokládaný průběh vedení a co nejdále (Obr.5). Dochází tak k minimalizaci rizik vzniku indukci na jiné inženýrské sítě. Aby byl průběh trasování co nejefektivnější, měl by protékat vytvořenou smyčkou mezi červeným a černým kabelem proud min. 20mA. Jestliže nastane situace, kdy není možno rozhodnout, který směr je kolmý na průběh vedení, je žádoucí umístit zemnicí kolík šikmo ve směru požadovaného trasování a pokud možno co nejdále od předpokládané trasy vedení.



Obr.5 Galvanické napojení vysílače



Obr.6 Nejvýhodnější napojení konektoru na živý vodič na NN kabely

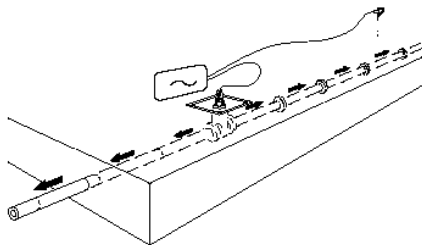
V případě, že se nedaří vytvořit smyčku, kterou protéká proud aspoň 20mA, je možné provést následující opatření:

1. Polít zemnicí kolík
2. Přemístit kolík (viz. obr.7)
3. Zvýšit napětí na vysílači
4. Zvýšit frekvenci (viz. obr.8)

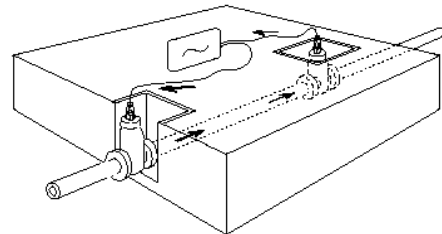
Ad1/ Zvlhčením země kolem kolíku dojde k poklesu zemního odporu. Výsledkem je zvýšení velikosti protékajícího proudu z vysílače, který je rozhodující pro kvalitu signálu. Celý tento efekt je důsledkem Ohmova zákona $I=U/R$.

Ad2/ Vzhledem k tomu, že se signál šíří z místa napojení oběma směry, může dojít k situaci, že kvůli např. špatným spojům na vedení dochází k lepšímu šíření signálu na opačnou stranu, než si obsluha přeje. V takovém případě je lepší umístit zemnicí kolík ve směru, ve kterém má být trasování provedeno, aby byl proud donucen téci tímto žádaným směrem (Obr.7a). Obsluha by měla ovšem mít na paměti, že důsledkem tohoto typu uzemnění je zvýšení rizika naindukování signálu do jiné inženýrské sítě.

Pokud to situace dovolí, je velice účinné provést uzemnění na konec úseku vedení, které se má vytrasovat (Obr.7b).



Obr. 7a

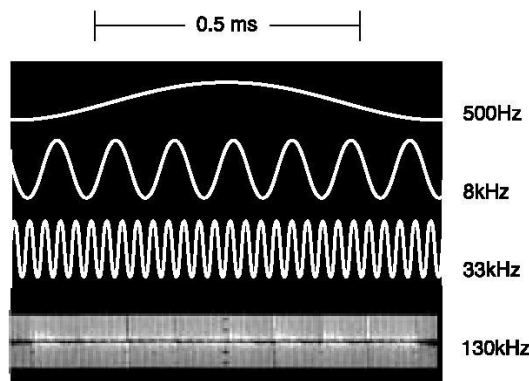


Obr. 7b

Obr. 7 Přemístění uzemnění na výhodnější místa

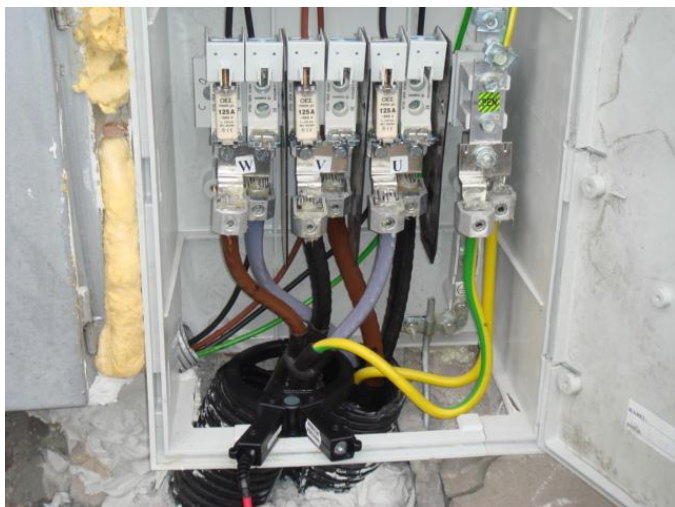
Ad3/ Zvýšením napětí na vysílači docílíme, také jako v bodě 1, zvýšení velikosti protékajícího proudu do trasovaného vedení, který je rozhodující pro kvalitu signálu. I toto zlepšení signálu je důsledkem Ohmova zákona $I=U/R$.

Ad4/ Čím je frekvence vyšší, tím lépe se šíří do napojeného vedení. Nevýhodou je ale fakt, že se šíří lépe i do všech ostatních sítí v blízkosti vedení, na které je připojený vysílač a tím pádem s rostoucí frekvencí roste riziko vzniku indukce signálu do jiného vedení, které nemá být trasováno.



Obr.8 Amplitudy frekvencí

3.1.3. Napojení vysílače pomocí indukčních kleští – Používá se pro napojení vysílače na kabely pod napětím a také na kovová potrubí. Pro úspěšné trasování při tomto způsobu napojení je nutné, aby byly kleště „zacvaknuté“ a kabely, případně potrubí, na obou koncích uzemněny! Při napojení na NN kabely je třeba obejmout kleštěmi nejlépe celý kabel (obr.9). Alternativně je možné zkoušet i obejmutí nulového vodiče a jedné nebo dvou fází patřící tomuto nulovému vodiči a také obejmutí pouze všech tří fází. Při napojení na VN staré kabely olejové je neefektivnějším způsobem obejmutí celého kabelu kleštěmi a to nejlépe až pod objímkou, kterou je kabel upevněn na konstrukci klece (Obr.10). Jako nejlepší způsob napojení kleští na novější jednožilové plastové VN kabely se jeví obejmutí všech tří fází dohromady nebo obejmutí společného stínění na konci kabelu, což není bohužel vždy dobře přístupné (Obr. 11 a 12). Upozornění: Kleště nefungují v případě, kdy je jeden konec vedení „mrtvý“!



Obr.9 Nejvýhodnější napojení kleští na NN kabely



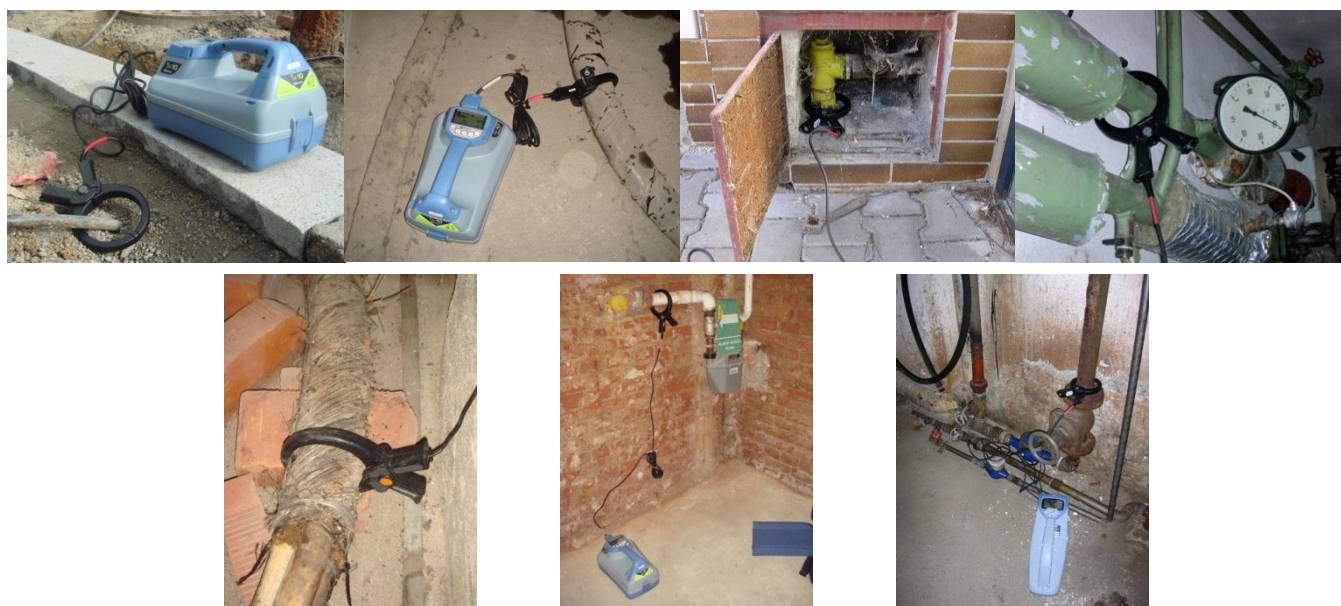
Obr.10 Správné napojení kleští na olejové VN kabely



Obr.11 Správné napojení kleští na VN jednožilových kabelech

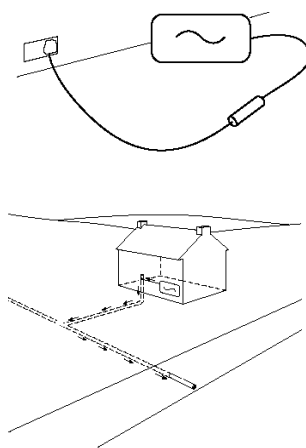


Obr.12 Kleště na společném stínění



Obr. 13 Další využití indukčních kleští pro aplikaci signálu

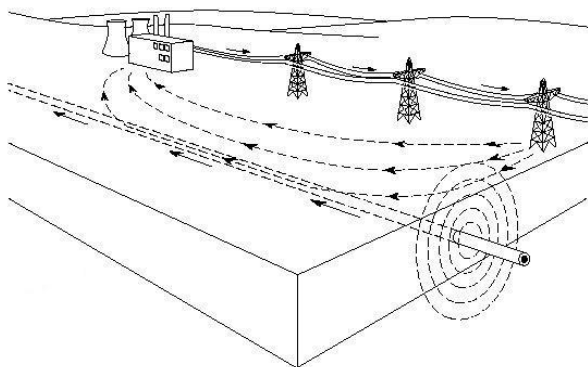
3.1.4. Napojení vysílače pomocí zásuvkového konektoru (obr.14)– Používá se v případě, že chceme dostat signál do kabelů přes domovní zásuvky 230V. Konektor má ochranu do hodnoty napětí max.250V.



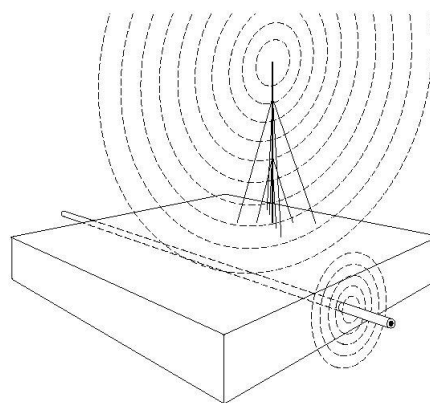
Obr.14 Napojení vysílače pomocí zásuvkového konektoru

3.2. Pasivní vytvoření elektromagnetického pole

Využívá se již naindukovaných frekvencí 50Hz a 20.1kHz z nadzemního vysokonapětového vedení a dlouhovlnných radiových vysílačů k orientačnímu ověřování polohy inženýrských sítí pod zemí.



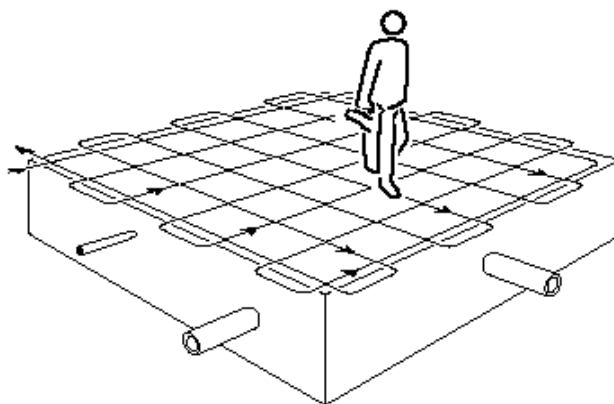
Obr.15 Indukce z nadzemního vedení



Obr.16 Indukce z radiových vysílačů

4. SNÍMÁNÍ ELEKTROMAGNETICKÉHO POLE POMOCÍ PŘIJÍMAČE

4.1. Využití pasivních frekvencí -V tomto případě se používá pouze přijímač bez vysílače a požadovanou oblast je třeba projít na obě dvě pasivní frekvence přesně tak, jak je znázorněno na obr.17. Tabulka 1 pak ukazuje, jak která inženýrská síť většinou reaguje na každý z pasivních režimů.

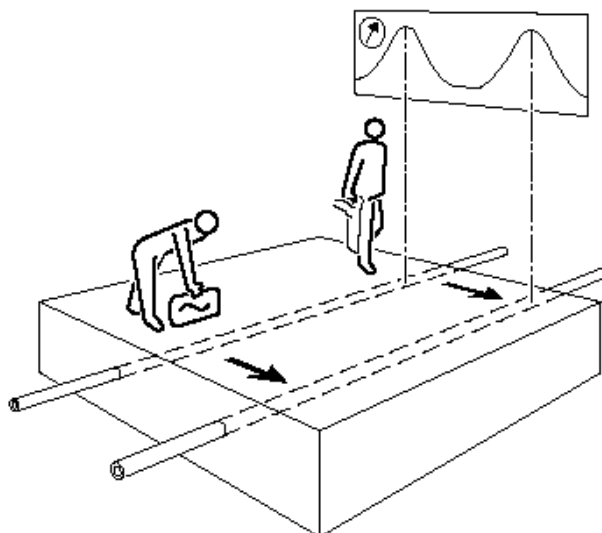


Obr.17 Mapování neznámého prostoru při využití pasivních frekvencí

Tab.1 Odezvy jednotlivých inženýrských sítí na pasivní frekvence:

	POWER (50Hz)	RADIO (20.1kHz)	CPS (100Hz)
silový kabel	☺	X	X
veřejné osvětlení	☺	X	X
plynovod	☺	☺	☺ (katodicky chráněný)
vodovod	X	☺	☺ (katodicky chráněný)
Telecom	X	☺	X
Kabelová TV	☺	☺	X

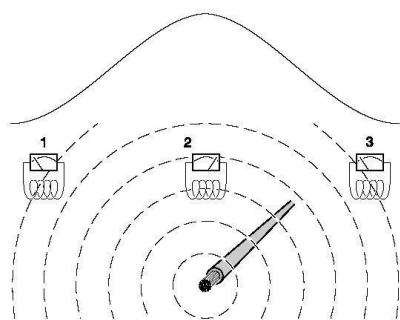
4.2. Využití indukce vysílače -V tomto případě je vhodné mít pomocníka, který přenáší vysílač velmi pomalu ve stejné linii s přijímačem. I v tomto případě platí, že by se měla oblast zmapovat v obou vzájemně kolmých směrech.



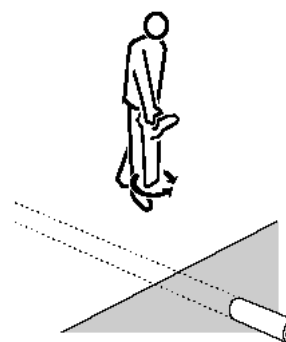
Obr.18 Mapování neznámého prostoru pomocí indukce vysílače

4.3. Režim maxima pro trasování s přijímačem- Při režimu maxima jsou v činnosti horizontální cívky přijímače, které jsou v těle lokátoru dvě. Cívka je vždy nejvíce vybudena v momentě, kdy jí prochází elektromagnetické pole podélně (obr.19). Díky tomu má lokátor největší odezvu přímo nad vedením.

V tomto režimu je rovněž možné pomocí otáčení lokátoru o 90° oběma směry určovat směr vedení (obr.20). Tím, že otočíme horizontální cívky v lokátoru o 90° tak, že jimi bude elektromagnetické pole procházet kolmo, klesne výchylka citlivosti lokátoru na minimum z důvodu nulového vybudení těchto cívek.

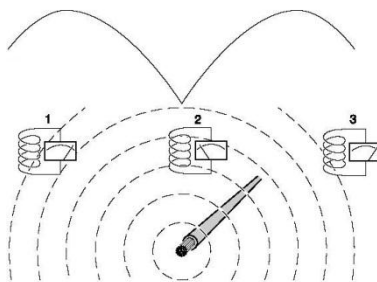


Obr.19 Princip režimu maxima



Obr.20 Určení směru vedení

4.4. Režim minima pro trasování s přijímačem – Při režimu minima je v činnosti vertikální cívka přijímače, která je v lokátoru pouze jedna. Díky efektu popsanému výše není cívka přímo nad vedením vůbec vybudena a proto v tomto místě nemá lokátor žádnou odezvu. Se zvětšující se vzdáleností od vedení se pak odezva lokátoru zvětšuje (obr.21). Při tomto režimu není možné určení směru vedení.

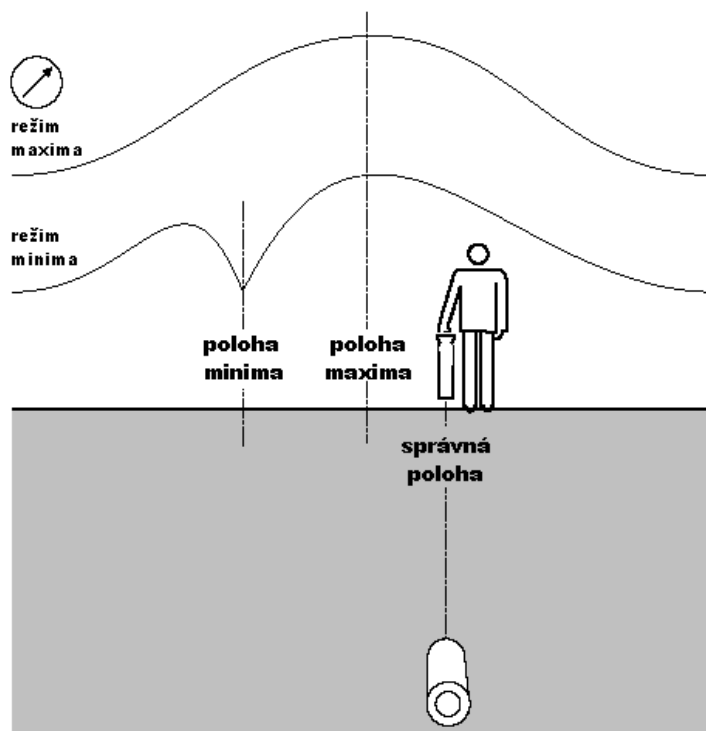


Obr.21 Princip režimu minima

5. SPRÁVNÁ PRÁCE S REŽIMY MAXIMA A MINIMA

Při určování správné polohy vedení by se mělo vždy využívat jak režimu maxima tak minima! V běžné praxi se často stává, že při trasování vedení neukazuje maximum a minimum na stejné místo (obr.22). Dochází totiž k nežádoucímu naindukování signálu z vysílače do okolních blízkých vedení. Toto následně vede k narušení elektromagnetického pole kolem trasovaného vedení.

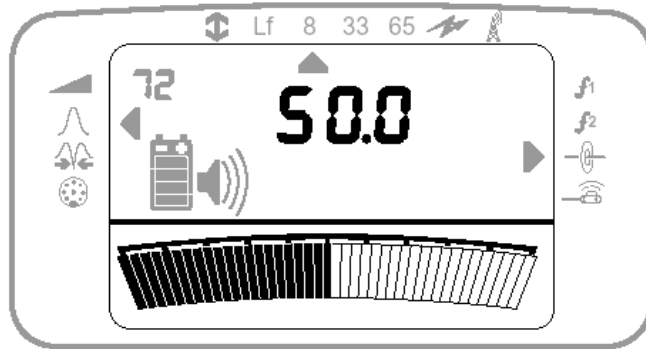
Při tomto jevu platí následující pravidlo: Vzdálenost mezi polohou na maximum a na minimum se rozdělí na půl a tato polovina se posune o stejnou hodnotu za maximum. Z toho vyplývá, že režim maxima je vždy blíže správné poloze vedení a je tím pádem vždy režimem přesnějším.



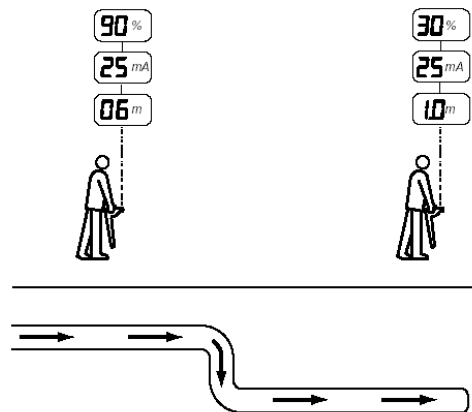
Obr.22 Určení správné polohy vedení při rozdílné indikaci režimu maxima a minima (vlevo modře, vpravo oranžově)

6. INFORMACE, KTERÉ JE MOŽNÉ POMOCÍ LOKÁTORU ODEČÍTAT ZE ZEMĚ

6.1. Síla odezvy vedení (obr.23)– Aby bylo trasování a měření všech veličin lokátorem co nejpřesnější je nutné, aby byl sloupcový graf, který reaguje na signál z podzemí, udržován aspoň na 50% hodnotě. Se zvyšující se vzdáleností od vysílače dochází k postupné ztrátě signálu kvůli snižující se hodnotě proudu ve vedení. Proto je nutné vždy po určité vzdálenosti cívky více vybudit tak, aby se výchylka udržela aspoň na požadované 50% hodnotě. Ke ztrátám signálu dochází také v místech, kdy vedení vstupuje do větší hloubky (viz. obr.24)

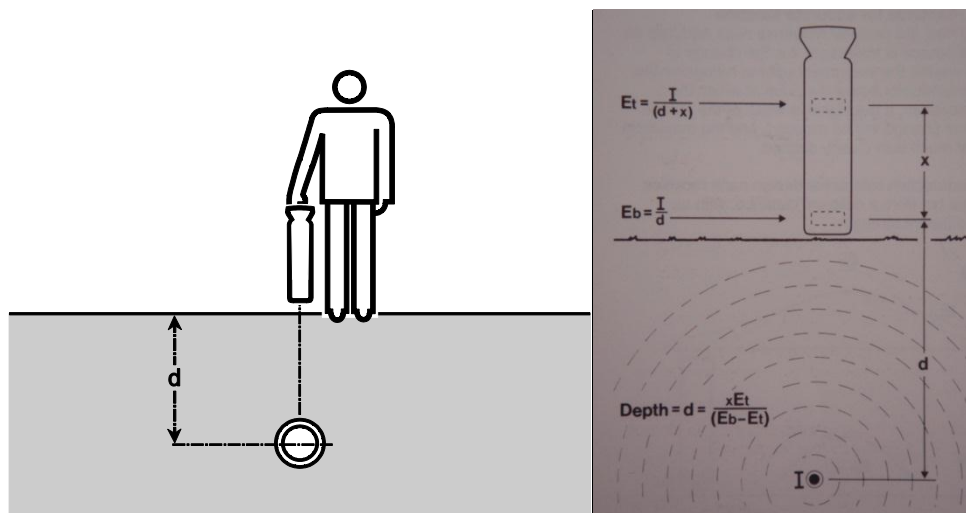


Obr. 23 Velikost odezvy vedení zobrazená na display lokátoru



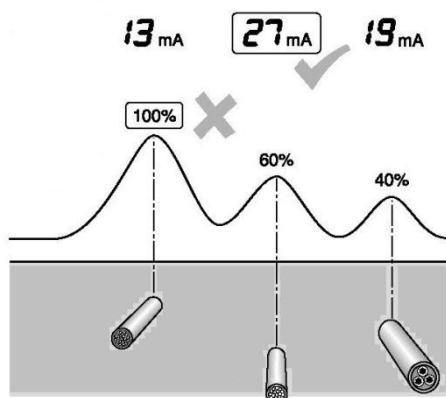
Obr. 24 Velikost odezvy lokátoru při zvýšení hloubky vedení

6.2. Měření hloubky (obr.25) – Lokátor měří hloubku s tolerancí $\pm 5\%$ (novější modely $\pm 2,5\%$) na střed vedení do hloubky 3m a $\pm 10\%$ do hloubky 5m. Aby bylo možné se na tuto toleranci spolehnout je nutné, aby měření hloubky probíhalo v místech, kde není signál ovlivněn souběhy s jinými sítěmi. To znamená, že měření hloubky bude přesné pouze v místech, kde ukazuje režim Maxima i Minima do stejného místa. Dále potom by měření hloubky mělo probíhat výhradně na rovných úsecích vedení, protože v ostrých zlomech dochází ke zhušťování siločar magnetického pole a tím pádem ke zkreslení naměřených hodnot. Správnost měření je nutné vždy ověřit nadzvednutím lokátoru a opětovným měřením. Pokud lokátor přidá hodnotu, o kterou jsme jej zvedli, tak je měření správné. Ale pouze tehdy, když režimy Maxima a Minima ukazují do stejné místa.

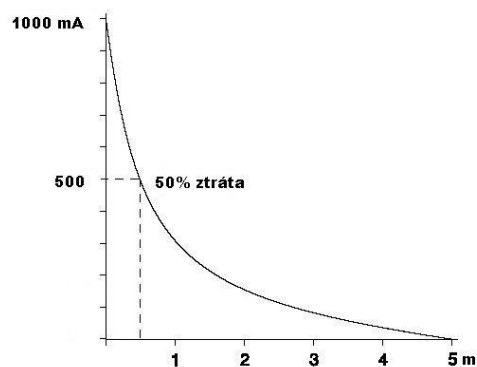


Obr. 25 Měření hloubky

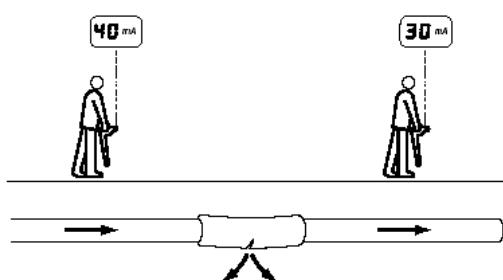
6.3. Měření proudu – Zde platí stejné tolerance a stejná pravidla jako pro měření hloubky. Hodnota velikosti proudu je významnou veličinou při oddělování nežádoucí indukce na sousední vedení (obr.26). Zde platí následující pravidlo. Ve vedení, na kterém je napojen vysílač je vždy nejvyšší hodnota proudu. Velikost proudu je také orientační veličinou při hledání nízkoohmových poruch na kabelech. Po napojení vysílače dochází ve vedení k téměř lineárnímu úbytku proudu (obr.26). Přičemž k největšímu úbytku dochází hned za místem napojení vysílače. V místě poruchy dojde ale k výraznému skokovému úbytku, který signalizuje místo poruchy (obr.27). Dalšími místy, ve kterých dochází k většímu úbytku proudu mohou dále být například odbočky nebo přípojky (obr.28).



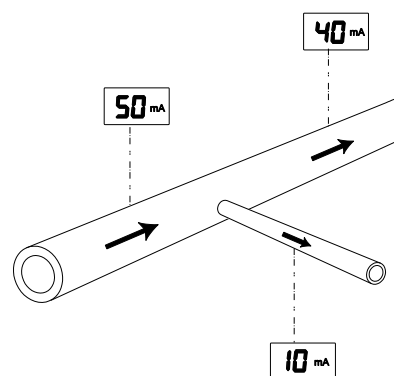
Obr. 26 Rozlišení souběhů měřením proudu



Obr. 27 Úbytek proudu

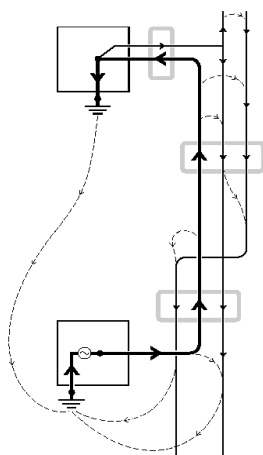


Obr. 28 Pokles proudu za poruchou



Obr. 29 Rozdělení proudu v odbočce

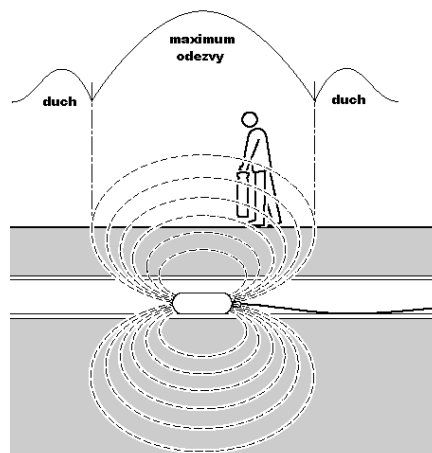
6.4. Měření směru proudu – Jde o patentovanou funkci firmy Radiodetection Ltd. pro odlišení indukce na sousední vedení. Tato funkce pracuje s tzv. CD frekvencí 320Hz, která je velice nízká. Tato frekvence je vždy použitelná při galvanickém napojení vysílače. V případě požadavku na využití této funkce na kabely, které jsou pod napětím, je nutné použít pro napojení vysílače speciální CD kleště. Princip této funkce využívá skutečnosti, že pouze ve vedení na které je napojený vysílač, teče proud směrem od vysílače. Ve všech ostatních naindukovaných vedeních teče proud opačným směrem. Vzhledem k tomu, že se při trasování používá střídavý proud je přijímač lokátoru vybaven funkcí tzv. „nulování“. Obsluha se pak jednoduše postaví zády k vysílači nad požadované vedení a lokátor „vynuluje“. To způsobí, že přijímač lokátoru začne snímat pouze dopředný směr zmíněného střídavého proudu. Šipka na displeji přijímače začne pak ukazovat směrem dopředu od vysílače. V případě, že obsluha následně přejde na nesprávně naindukované vedení, otočí se šipka na přijímači opačným směrem.



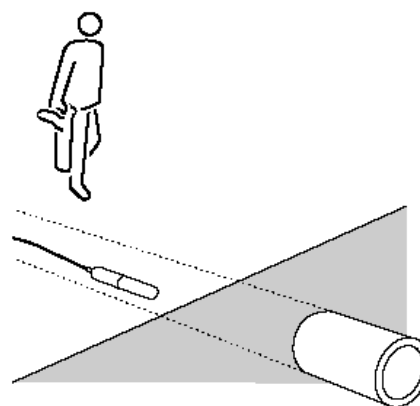
Obr. 30 Směry proudů při indukci na sousední vedení

7. TRASOVÁNÍ SONDY

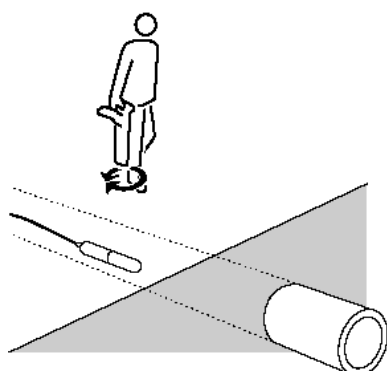
Sondy se používají pro trasování nemetalických potrubí. Metalické potrubí způsobuje štít, který signál ze sondy není schopen překročit. Sonda funguje jako malý vysílač, který pracuje s jednou danou frekvencí, která je následně snímána přijímačem nad terénem. Způsob trasování sondy je opačný, než při trasování kabelů a potrubí tzn., že lokátor se drží v podélném směru nad průběhem vedení (obr.31). Postup při dohledávání sondy je pak znázorněn na obr.32 a,b,c.



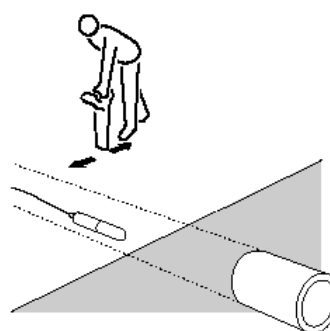
Obr. 31 Způsob trasování sondy



Obr. 32a



Obr. 32b

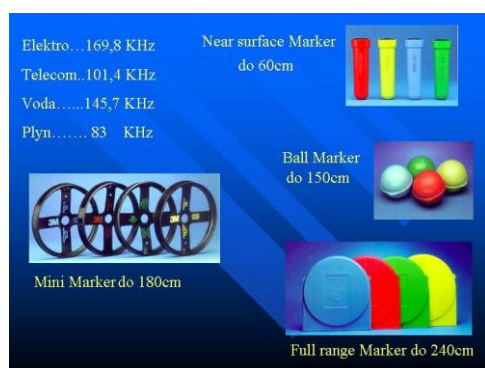


Obr. 32c

Obr. 32 Postup při dohledávání sondy

8. MARKERY

Slouží k označování důležitých míst pro správce jednotlivých inženýrských sítí. Jsou to plastové koule, které mají v sobě zabudované LC obvody. Markery se lokalizují pomocí přijímače, který má zabudovanou speciální přídavnou anténu (obr.33). Tato anténa vysílá signál, který následně vybudí obvod v markeru. Při vyklopení přídavné antény se přijímač přepne automaticky do režimu lokalizace markerů. V tomto režimu lze lokalizovat pouze markery. Jakmile se přijímač přiblíží k markeru, dojde k vybudění sloupcového grafu režimu maxima. Přijímač je ovšem schopen pracovat i v tzv. duálním režimu. Po přepnutí do režimu minima reaguje opět sloupcový graf na markery jako v režimu maxima a směrové šipky režimu minima navigují obsluhu přímo na trasované vedení, na kterém jsou umístěny markery. Markery se liší nejen různou frekvencí LC obvodů, ale také barvou viz.tab 2.



Obr. 33 Přijímač s přídavnou anténou pro lokalizaci markerů

Tab. 2 Typy markerů

POUŽITÍ	BARVA	FREKVENCE
Energetika	červená	169.8
Voda	modrá	145.7
Telefon	oranžová	101.4
Plyn	žlutá	83.0
Kabelová TV	oranžová/černá	77.0
Odpadní voda	zelená	
Univerzální použití	fialová	

9. VYHLEDÁVÁNÍ PLÁŠŤOVÝCH PORUCH NA KABELECH

Plášťovou poruchou se rozumí takový případ, kdy jsou žíly kabelů zkratovány se zemí. Tyto poruchy se hledají speciální frekvencí za pomoci krokového napětí. Podmínkou pro úspěšné nalezení poruchy je galvanické napojení vysílače. To znamená, že vedení musí být bez napětí. Plášťové poruchy se vyhledávají velice úspěšně s přesností na 1cm pomocí zařízení, která tvoří příslušenství k lokátoru. Existují dva druhy těchto zařízení.

9.1. A-rám (obr.34) – Tento rám je citlivý za normálních povětrnostních podmínek do velikosti poruchy 100kΩ. Rám je propojen pomocí kabelu přímo s přijímačem lokátoru. Při lokalizaci poruchy se následně postupuje tak, že se rám zapichuje do země v podélném směru s vedením. Toto zapichování je v případě špatně přístupného terénu možno prováděn bez problémů i 3m vedle vedení v místech, kde je lepší terén. Šipky na displeji přijímače pak ukazují směrem k poruše.

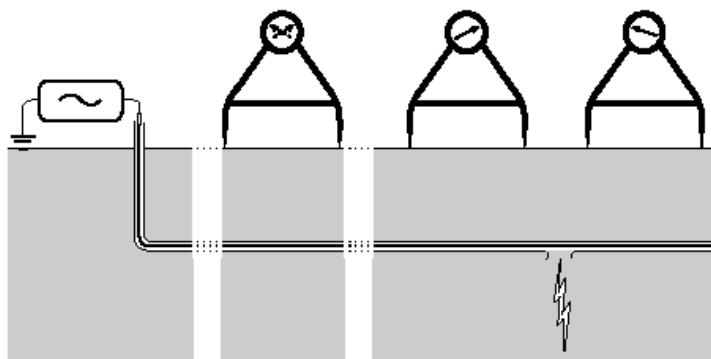


Obr. 34 A-rám

9.2. Lokátor FFL (obr.35) – Tento rám se již nevyrábí. Byl citlivý do velikosti poruchy 2MΩ. Má v sobě již zabudovanou analogovou ručičku, která ukazuje směrem k poruše a při otočení o 90° směrem k vedení, takže pracuje samostatně bez jakéhokoliv propojení s přijímačem lokátoru. Postup lokalizace je naprosto shodný s postupem při hledání poruchy pomocí A-rámu (obr.36).



Obr. 35 Lokátor FFL



Obr. 36 Lokalizace poruchy pomocí FFL

Poznámky:

Poznámky: