

# MĚŘENÍ PORUCH PŘEDIZOLOVANÝCH POTRUBNÍCH SYSTÉMŮ POMOCÍ PŘENOSNÉHO REFLEKTOMETRU BDP 103

*Doplněk návodu k obsluze BDP 103*

*14.09.2000 (upraveno 15.02.2005)*

Tento doplněk předpokládá znalost Návodu k obsluze BDP 103, přesto jsou zde připomenuty některé základní údaje.

## **Funkce BDP 103**

BDP 103 je reflektometr s dlouhým měřicím pulsem, speciálně koncipovaný pro sledování vlhkosti v izolační pěně u předizolovaných potrubních systémů. Do integrovaného detekčního vodiče v potrubí vysílá vysokofrekvenční impulsy, které se v místech poruch částečně nebo úplně odrážejí. Odražené impulsy nesou informaci o vzdálenosti, charakteru a intenzitě poruch a BDP 103 je dokáže vyhodnotit v časové i amplitudové ose, údaje o vzdálenosti i velikosti poruch zobrazit na displeji a případně je uchovat ve své paměti pro pozdější přenos do počítače.

BDP 103 nahrazuje osvědčený model BDP 102, který se stal v daném oboru určitým standardem. Ten však v mnohých parametrech významně předčí a navíc disponuje novými užitečnými funkcemi.

Ve funkci **měření jednotlivých odrazů (MEASURE)** vyhodnocuje BDP 103 odrazy vlastní vyhodnocovací rutinou, která automaticky vyhledá a změří signálové skoky dle předem stanovené meze jejich významu (citlivost - SENSITIVITY). Tato metoda slouží ke screeningovému proměření trasy a velmi dobře vyhoví při vyhledávání významnějších poruch, jako zkratů, přerušení, svodů unikající kapalinou či přechodů na kabelové propojky nebo úseky potrubí s odlišnou impedancí.

Ve funkci **grafického záznamu (CHART)** vysílá BDP 103 do připojeného počítače údaje o průběhu amplitudy signálu po celé měřené trase potrubí v ekvidistantních vzorcích, vzdálených 1/1000 zvoleného rozsahu vzdálenosti (DISTANCE). Například při rozsahu 100 m je hustota vzorkování 0,1 m. Tato metoda má přirozeně větší informační hodnotu - především svou možností detailně porovnat více křivek v jednom grafickém poli - vyžaduje však současně připojení počítače (Notebook) pro uchování potřebného množství dat. *To neplatí pro model detektoru BDP 103.2, který má schopnost ukládat i grafy do vlastní rozšířené paměti!*

## **Optimální nastavení BDP 103**

**Citlivost** (pouze pro funkci MEASURE) - Pro lokalizaci přerušení nebo zkratů používat citlivost 50 %, pro zvláště dlouhé trasy 20 %. Pro běžná měření impedančních odchylek vyhoví citlivost 10 %, odchylky impedance nižšího významu bývají u potrubí běžné a jsou bezvýznamné. Provádíme-li výchozí proměření systému pouze funkcí MEASURE, doporučuje se archivovat údaje naměřené s nejvyšší citlivostí 5 %. Tak mohou být v budoucnosti zachyceny i drobné odchylky proti původnímu stavu.

**Rozsah vzdálenosti** - Pro posouzení zcela neznámých úseků potrubí s rozpojenými konci je vhodné používat rozsah auto. Přístroj sám zvolí rozsah, který bude přiměřený délce měřeného úseku. Pokud je však v daném úseku elektrický svod (únik kapaliny), přístroj nemůže určit správně konec úseku a přiřadí pak největší rozsah 5000 m. Proto je při měření známých úseků vhodnější zvolit ručně rozsah dle největší předpokládané délky trasy. Volíme rozsah přibližně dvojnásobný, abychom mohli dostatečně sledovat tendenci grafu i za fyzickým koncem vedení.

**Filtr** - Ve většině případů ponecháme filtr zapojen, účinně potlačuje rušivé signály. Chceme-li v průběhu měření kontrolovat velikost rušení, případně měnit hodnotu automaticky přiřazeného filtru, použijeme volbu FILTER on, jinak FILTER auto. Vypnutí filtru - FILTER off - může umožnit podrobnější odečet grafického záznamu (CHART), kdy je v případě potřeby dostupná dodatečná filtrace v počítači. To lze provést pro jednotlivá měření i při nastavení FILTER on.

**Nominální impedance** - BDP 103 musí být dobře přizpůsoben nominální impedanci detekčního vodiče. Pro trubky typu NORDIC různých výrobců bývá tato hodnota v rozsahu 200 až 280  $\Omega$ . Přesné nastavení lze provést pomocí automatického přizpůsobení (MATCH). Pro zachování jednotných výchozích podmínek při porovnávání grafů je však doporučeno pevné nastavení nominální impedance 220  $\Omega$ .

**Rychlost šíření** - Pro většinu vyráběných trubek vyhoví přibližná hodnota 90,0 % (rychlost šíření závisí v podstatě jen na vlastnostech izolantu, kterým je obvykle polyuretanová pěna). Přesné stanovení lze provést měřením na známé - co největší - délce daného potrubí.

**Měrný útlum** (pouze pro funkci MEASURE) - Pro většinu trubek nejlépe vyhoví nastavení 4 nebo 8 dB/100m. Při měření obzvláště dlouhých úseků s více propojkami lze někdy docílit lepší záchytnosti odrazů při nastavení vyššího útlumu, to je však třeba vyzkoušet.

**Stejnoseměrná měření** - slouží k získání dalších důležitých informací o měřeném úseku vedení. Funkci DC TEST lze zařadit jako součást procesu měření, prodlužuje však měřicí dobu. Používáme ji rozhodně při pořizování záznamů pro archivaci, při běžném zaměřování nemusí být nezbytná. Chceme-li již v průběhu měření kontrolovat stejnosměrný odpor a napětí na vedení, použijeme volbu DC TEST on, jinak DC TEST auto. DC TEST lze realizovat také samostatně, z hlavní nabídky (bez možnosti uložení do paměti).

**Uložení nastavených parametrů** - Po nastavení nejvhodnějších parametrů pro obvykle měřená potrubí je vhodné si tyto hodnoty uložit jako jednu ze tří možných sad parametrů (STANDARD). Použijeme k tomu funkci SAVE. Jeden ze standardů lze pak použitím funkce SET předvolit jako implicitní. Na něj se přístroj nastaví vždy po zapnutí.

### **Příprava měření, předměření, měření**

**Připojení vstupu** - Vstup BDP 103 připojíme při přímém měření k detekčnímu vodiči pomocí měřicí šňůry s krokodýky. Propojovací kabel slouží k propojení vstupu BDP 103 s testovacím konektorem detektoru BD 41, BDM 01, nebo připojovacích krabic BI 21, BT 21 a BJ 21. Elektrická délka měřicí šňůry je při nastavené rychlosti šíření 90,0 % asi 0,5 m, elektrická délka propojovacího kabelu asi 2 m. Tuto délku je třeba *započítat do celkové délky* měřené trasy.

**Vstupní ochrana** - Zásadně připojíme BDP 103 k měřenému vedení dříve, než spustíme měření (MEASURE nebo CHART). Je-li na vedení přítomno napětí, které by mohlo ohrozit citlivý reflektometrický vstup, přístroj nedovolí spustit měřicí proces.

**Rušivé signály** - Při volbě FILTER on můžeme sledovat velikost naměřeného rušivého signálu a stejnosměrné složky. Při volbě FILTER auto, nepřekročí-li rušení 15 %, jeho hodnota není zobrazována a automaticky přiřazený rozsah filtru běžně vyhoví. Hodnoty rušení větší než 20 % mohou již zkreslit výsledek měření, hodnoty nad cca 50 % způsobí podstatné chyby. Na druhou stranu má filtr negativní vliv na rozlišitelnost vzájemně blízkých odrazů v krátkých vzdálenostech.

**Vlastní reflektometrické měření** - proběhne zcela automaticky, jeho doba trvání je dle okolností 5 až 12 s a po jeho skončení máme k dispozici výsledek v textové (MEASURE) nebo grafické (CHART) formě.

## Impedanční přízpusobení

**Vstupní přízpusobení** - Připojené vedení by mělo mít impedanci přibližně shodnou s nastavenou nominální impedancí BDP 103. Nepřízpusobení na přechodu měřicí šňůry i propojovacího kabelu ( $93 \Omega$ ) nebude za běžných okolností na závadu úspěšnému měření.

**MEASURE** - Vstupní přízpusobení charakterizuje skok s pořadovým číslem 0. Jeho výchozí úroveň je implicitně nulová, jeho amplituda určuje míru nepřízpusobení a při optimálním vstupním přízpusobení je také nulová.

**CHART** - V grafu je míra nepřízpusobení vedení vůči vstupu přístroje charakterizována úrovní křivky (odchylkou od nulové osy) v blízkosti počátku vpravo. Křivka ideálně přízpusobeného i zakončeného ideálního vedení by ležela v celé délce v nulové ose.

**Koncové přízpusobení** - Trasa vedení může být obecně zakončena libovolnou impedancí. Typické jsou tři možnosti zakončení:

**Přízpusobení:** Na konec vedení je připojen odpor o hodnotě odpovídající nominální impedanci vedení.

**MEASURE** - Konec vedení nebude zaměřen. Rozdíl maxima a minima představuje maximální rozkmit impedančních výkyvů na trase.

**CHART** - Graf bude do svého konce sledovat přímou linii, poloha konce vedení na něm nebude patrná.

**Rozpojení:** Konec vedení je rozpojen.

**MEASURE, CHART** - Ve vzdálenosti konce vedení bude indikován skok směřující nahoru o amplitudě, která se blíží hodnotě +100 %.

**Zkratování:** Konec vedení je zkratován. (To představuje u systému NORDIC propojení vodiče s nosnou trubku.)

**MEASURE, CHART** - Ve vzdálenosti konce vedení bude indikován skok směřující dolů o amplitudě, blíží se hodnotě -100 %.

Reálná hodnota amplitudy koncového skoku se ale často - a to zejména v případě zkratu - od teoretické hodnoty 100 % podstatně liší. Je to způsobeno především při velkých vzdálenostech útlumem vedení, skok může dosahovat pouhých 50 až 30 %.

Uvedené charakteristické projevy koncového přízpusobení platí pouze pro vstupně přízpusobené homogenní vedení v jehož průběhu se nenachází elektrický svod ani jiná impedanční změna.

## Vyhodnocení

**Vzdálenost místa odrazu** - je určena úpatím příslušného skoku.

**MEASURE** – BDP 103 stanoví vzdálenost samočinně. Přesnost závisí mimo jiné na velikosti útlumu vedení a vhodném nastavení měrného útlumu v přístroji.

**CHART** - Pro přesné určení úpatí skoku je třeba zvolit vhodné zvětšení grafu. Postup je popsán v kapitole 11.3. Návodu k obsluze (*vzdálenost poruchy*).

**Strmost odraženého skoku** - značně závisí na celkovém útlumu vedení. Celkový útlum závisí na měrném útlumu a vzdálenosti, se zvětšující se vzdáleností roste a tím se snižuje strmost nárůstu skoku. To je také limitující faktor pro celkový dosah měření. Snímací vedení v kvalitních předizolovaných potrubích mívá díky silnému měděnému vodiči a dobrým dielektrickým vlastnostem pěny poměrně malý útlum a významné odrazy (přerušeni, zkrat) lze identifikovat i pro vzdálenosti přes 3000 m.

MEASURE - Přístroj akceptuje pouze skoky, jejichž strmost je vyšší, než strmost, odpovídající nastavenému měrnému útlumu.

CHART - Posouzení je intuitivní. Pro běžná potrubí lze strmost skoku v jeho nejstrmějším místě (v blízkosti úpatí) při přerušení detekčního vodiče orientačně vypočítat dle vztahu:

$$\text{strmost skoku } [\%/m] = (700 \text{ až } 1100 \%) / \text{vzdálenost skoku } [m]$$

To znamená, že při přerušení ve vzdálenosti 1000 m bude strmost skoku asi 0,7 až 1,1 % / m. Skoky, jejichž strmost je výrazně odlišná od uvedených hodnot mohou mít jinou příčinu, než je odraz signálu (např. rušivý signál).

**Poruchy** - jsou obecně změny impedance detekčního vodiče. Mohou mít různý charakter a příčinu:

**Elektrický svod** mezi detekčním vodičem a trubkou - je nejvýznamnější fenomén, způsobený právě přítomností prosakující kapaliny v prostoru snímacích vodičů, respektive mezi snímacím vodičem a nosnou trubkou (u systému NORDIC). Jeho projev je jednoznačný. Vlivem převážně reálné složky impedance takového svodu dochází k odčerpání energie vyslaného pulsu, což má za následek *skokové snížení úrovně křivky od místa, určeného polohou svodu až do konce trasy*. Tento projev se nesmí zaměňovat s projevem impedančního výkyvu (viz. dále). Zejména pro vyhodnocení svodu má podstatný význam možnost porovnání naměřených údajů s výchozím stavem.

MEASURE - Tato metoda zachytí pouze svod, přesahující amplitudou skoku nastavenou citlivost. Projeví se negativním skokem o amplitudě dle velikosti svodu a následným poklesem výchozí úrovně dalších případných skoků až do konce vedení. Hodnota maxima (v případě na konci přerušeno detekčního vodiče) *nedosáhne očekávaných 100 %* - tento efekt je důležitým projevem přítomnosti svodu.

CHART - Svod způsobí negativním skokem počínající snížení úrovně křivky až do konce grafu.

Poznámka: *Počínající průsak kapaliny, kdy tato ještě nezasáhla detekční vodič, ale pouze se k němu těsně přiblížila může vlivem změněné kapacity způsobit negativní skok, jehož úroveň se exponenciálně vrací k původní hodnotě!*

**Zkrat** detekčního vodiče s trubkou - viz. Koncové přizpůsobení - *Zkratování*

**Přechodový odpor** detekčního vodiče - může vzniknout nekvalitním propojením vodičů ve spoji. Projeví se skokovým nárůstem úrovně křivky, analogicky k projevu svodu. Tato situace nastává v praxi výjimečně.

**Přerušení** detekčního vodiče - viz. Koncové přizpůsobení - *Rozpojení*

**Výkyvy impedance** - Vlivem nepřesnosti výroby mohou jednotlivé trubky a komponenty rozvodu (například propojovací kabely) vykazovat poněkud odlišnou impedanci, způsobující přechodnou změnu úrovně. Následuje-li dále úsek s původní impedancí, úroveň křivky se opět vrátí prakticky na původní hodnotu, poněvadž přechodná impedanční změna nemá za následek odčerpání energie signálu. Výsledným efektem je zvlnění křivky, které dosahuje u běžných rozvodů 3 až 10 % a v tomto rozmezí není na závadu.

**Sekundární odrazy** - viz. Návod k obsluze BDP 103. Z principu vzniku sekundárních odrazů plyne významná skutečnost, že jakékoli skoky signálu, indikované (ať metodou MEASURE či CHART) ve vzdálenosti přesahující reálnou délku měřeného úseku nemají pro vyhodnocení význam. V případě rozpojeného konce trasy může ale velikost *úrovně* signálu v této imaginární oblasti citlivě vyvídat o eventuální existenci svodu na trase (viz. Příklady).

**Rušivé signály** - mají původ v blízkosti jiných elektrických zařízení, která je produkují, nebo v blízkosti vodičů, obvykle silových, po kterých se rušení šíří. V grafu je rušení dobře patrné a má

různé podoby. Nízkofrekvenční rušení může vyvolat zdánlivé skoky, které bývají *velmi strmé* a tvarově se liší od běžných skoků, způsobených impedančními změnami vedení v potrubí.

MEASURE - Rušení nelze rozeznat od odrazů, doporučuje se nevypínat předurčený filtr. Vysoké hodnoty naměřených rušivých signálů (> 20 %) indikují riziko neregulérních výsledků. Částečně lze vliv rušení vyloučit sledováním reprodukovatelnosti při opakovaném měření.

CHART - Nejčastější vysokofrekvenční rušení se projevuje fluktuací jednotlivých bodů grafu kolem skutečného tvaru křivky. Tento druh rušení lze efektivně omezit filtrací již při vlastním měření. Graf lze navíc díky schopnosti komunikačního programu RefMeter filtrovat i dodatečně. Dodatečná filtrace umožňuje experimentální volbou rozsahu filtru optimalizovat grafický průběh na největší výtěžnost informací. Tento proces je vždy kompromisem mezi potlačením rušení a zachováním dostatečné strmosti skoků. Dodatečnou filtraci lze aplikovat na každou křivku pouze jednou, a to i na takovou, která byla filtrována již při měření.

**Porovnání křivek** - časová porovnání dovolí sledovat *změny* impedančního průběhu určité trasy.

MEASURE - Průkazné jsou pouze významnější odchylky. Před archivací je vhodné zkontrolovat reprodukovatelnost měření.

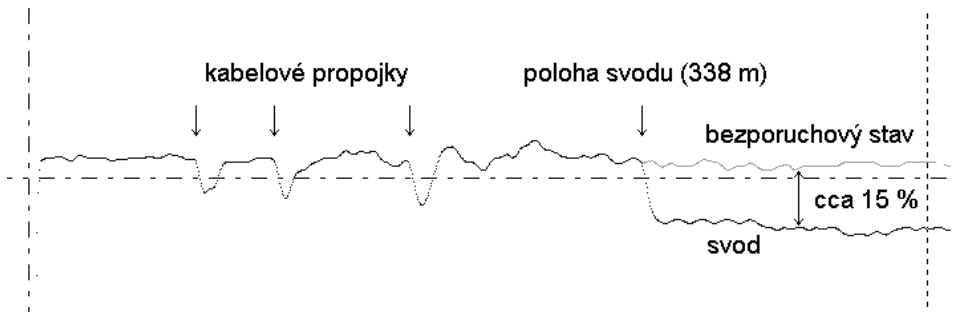
CHART - důsledná archivace grafů jednotlivých úseků systému nám umožní odhalit i nepatrné odchylky, indikující možné poruchy systému. To je účelné zejména v případech tras impedančně nevyrovnaných (viz. výše - Výkyvy impedance), kde by mohly být změny zamaskovány celkovým zvlněním grafu.

### Příklady

Následující graf představuje dva průběhy signálu na reálném potrubí. Snímací vodič byl opatřen zakončovacím odporem 220 Ω. Světlejší křivka zobrazuje bezporuchový stav a je z větší části překryta křivkou tmavší. Ta je z pozdějšího data a zachycuje významný svod unikající kapalinou (poloha svodu je 338 m, odchylka úrovně oproti původní křivce je asi 15 %).

Na grafu je navíc patrné značné zvlnění (až 13 %), převážně způsobené použitím kabelových propojek o odlišné impedanci mezi jednotlivými úseky trasy. Takové zvlnění může odečet grafu značně ztížit a menší odchylky způsobené vlhkostí tu mohou snadno zaniknout. Proto je v takových případech zvlášť důležitá možnost porovnání grafu se záznamem pořízeným před vznikem poruchy.

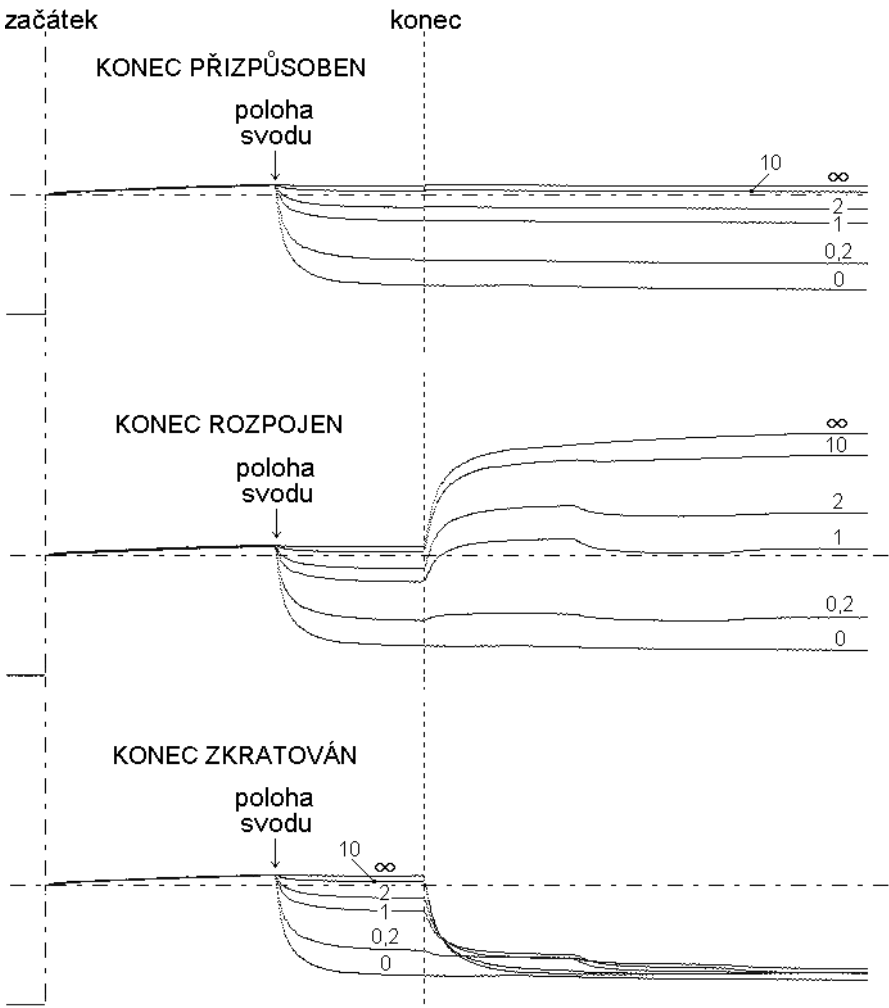
Celková linie grafu je položena mírně nad vodorovnou nulovou osou (průměrně 5 %), což napovídá, že vstup BDP 103 nebyl zcela přesně přizpůsoben nominální impedanci detekčního vodiče v potrubí. Tak malá odchylka přizpůsobení není na závadu.



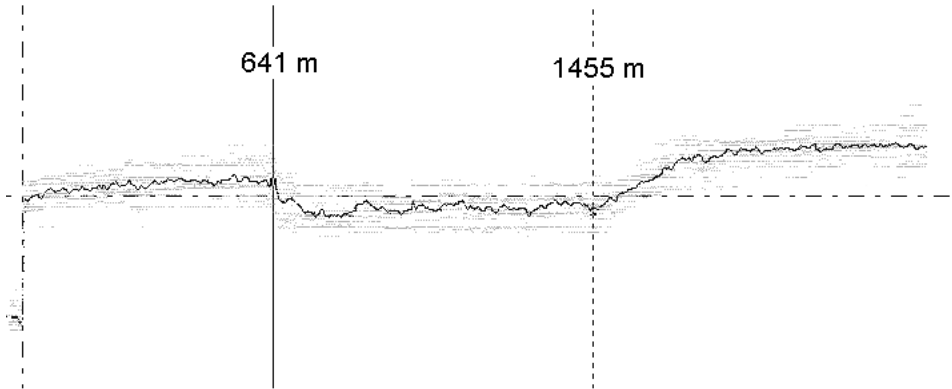
Také je zde viditelné snížení strmosti nástupné hrany vyslaného pulsu (na počátku grafu), způsobené aplikací filtru o rozsahu 10.

Další obrázek ukazuje typické tvary křivek při výskytu svodu různé velikosti na trase vedení. Čísla u jednotlivých křivek vyjadřují relativní velikost svodového odporu vůči nominální impedanci vedení. Například křivka s číslem 10 ukazuje průběh při svodu o desetinasobném odporu, což pro potrubí s nominální impedancí  $200\ \Omega$  představuje svod  $2\ \text{k}\Omega$ . Nejspodnější křivka s číslem 0 představuje svod s nulovým odporem, tedy zkrat, horní křivka s číslem  $\infty$  je bez svodu.

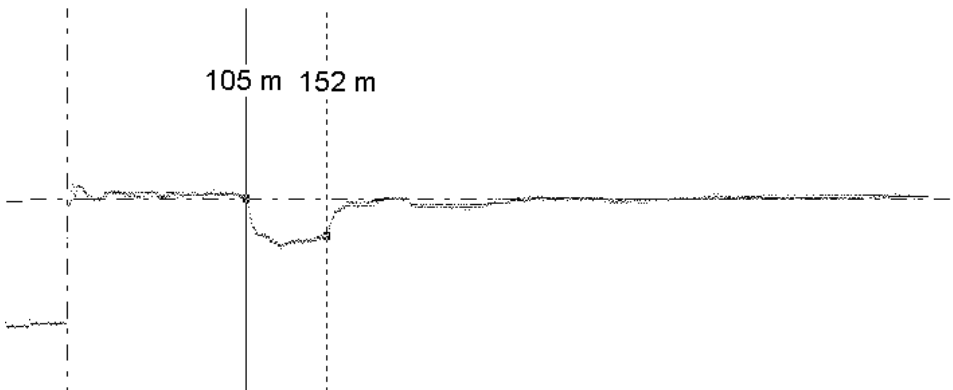
Reálná délka trasy je vymezena svislými osami. Případné skoky na křivkách vpravo od čárkované osy již necharakterizují změny na trase, jsou to sekundární odrazy. Nicméně z druhého obrázku je zřejmé, že např. křivka 10 (málo významný svod) má oproti křivce  $\infty$  (bez svodu) nejzřetelnější odchylku právě v této oblasti. Dalo by se říci, že efekt svodu je zde v *případě vedení s rozpojeným koncem* "zesílen". Tuto skutečnost lze využít jako indikaci svodu na trase, jeho polohu však lze odečíst *vždy pouze* dle polohy skoku v reálné oblasti křivky.



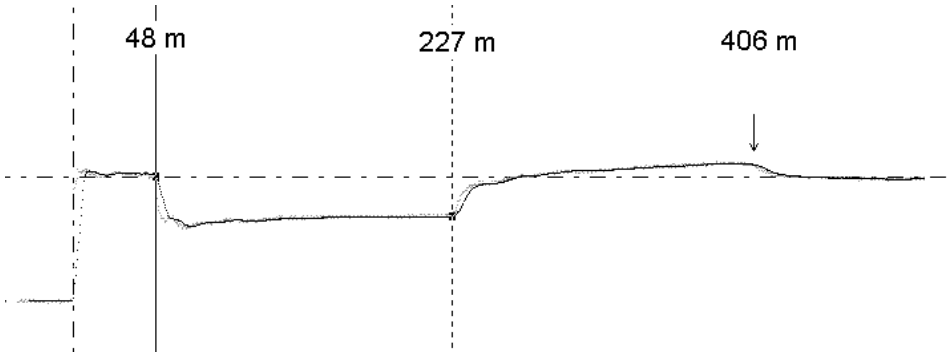
Na následujícím obrázku je příklad velmi silně zarušeného průběhu (rušení 85 %), proloženého vyfiltrovanou křivkou dodatečnou filtrací v programu RefMeter (rozsah filtru 15). Aktivní kurzor (plný) ukazuje místo svodu kapalinou 641 m a referenční kurzor ukazuje rozpojený konec vedení ve vzdálenosti 1455 m.



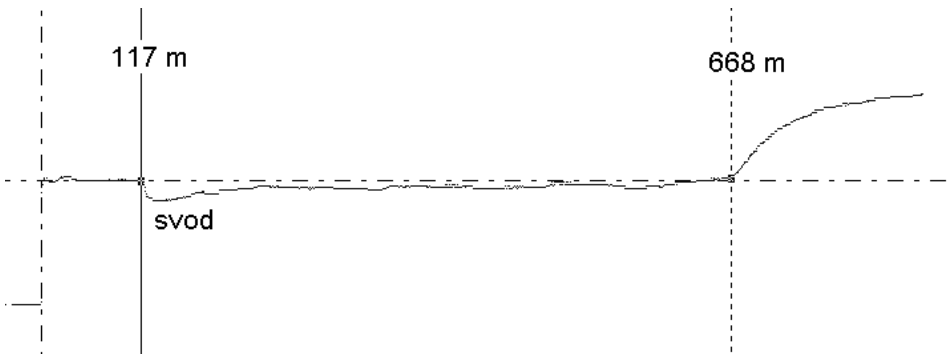
Další obrázek ukazuje průběh signálu na potrubní trase, která je složena ze dvou sekcí propojených dlouhým úsekem koaxiálního kabelu o podstatně nižší nominální impedanci ( $93 \Omega$ ). Aktivní kurzor ukazuje začátek kabelu 105 m, referenční kurzor ukazuje jeho konec 152 m. Vedení je na konci přizpůsobeno odporem  $220 \Omega$ . Potrubí nevykazuje žádné poruchy. Rušení 11 %, nefiltrováno.



Další obrázek ukazuje světlejší křivku mírně zarušeného průběhu (rušení 9 %) a zároveň tmavší křivku téhož průběhu po filtraci (rozsah filtru 15). Je zde zřetelný náklon hran pulsů vlivem filtrace. Aktivní kursor ukazuje silný svod kapalinou ve vzdálenosti 48 m a referenční kursor přerušovaný konec ve vzdálenosti 227 m. Další menší skok dolů ve vzdálenosti 406 m je sekundární odraz na konci již odraženého pulsu od místa svodu:  $227 + (227 - 48) = 406$ .



Poslední obrázek znázorňuje graf průběhu signálu na potrubí, u kterého se projevuje počátek úniku kapaliny malým svodem ve vzdálenosti 117 m (aktivní kursor). Mírný překmit skoku je způsoben kapacitní vazbou a napovídá, že unikající kapalina pronikla do pěny poblíž čidla v trubce, ale galvanický kontakt je zatím nepatrný. Rozpojený konec ukazuje referenční kursor ve vzdálenosti 668 m.



	<b>ARTHUR NOVÁK</b> <b>Havelská 19/503</b> <b>110 00 Praha 1</b> <b>ČESKÁ REPUBLIKA</b>		<a href="http://www.an.cz">www.an.cz</a>
	provozovna: Radlická 42, 150 00 Praha 5, Česká republika tel.: +420 251560567 +420 251560577 +420 251560569		