



Úloha č. 5

Diagnostika kabelového vedení pomocí reflektometrie v časové oblasti

1 Zadání úlohy

Na cvičných svazcích I a II zjistěte odezvu reflektometru (reflektometrie v časové oblasti – TDR) na různé typy stavů (zakončení či propojení vodičů a poruch) kabelů, které si sami nasimulujete. Informace o typu stavu zjistíte z průběhu analyzovaného odraženého signálu.

Nasimulujte následující typy stavů:

- dvojice vodičů s rozpojenými konci,
- dvojice vodičů se spojenými konci,
- zkrat na vedení (vodivé spojení žilových vodičů mezi sebou v libovolné vzdálenosti),
- přerušené vedení (přerušení jednoho žilového vodiče v libovolné vzdálenosti) tvořené dvojicí vodičů s rozpojenými konci,
- přerušené vedení (přerušení jednoho žilového vodiče v libovolné vzdálenosti) tvořené dvojicí vodičů se spojenými konci.

Změřte a vyhodnoťte parametry a možné příčiny poruch u zadaných kabelů, případně topologii propojení jednotlivých vodičů v kabelu. Lokalizujte detekované poruchy s ohledem na použité nastavení (věnujte pozornost hlavně nastavení jmenovitého rychlostního faktoru definovaného níže v textu). Vzdálenost k místu poruchy ověřte při měření z obou konců kabelu.

Vložte grafické výstupy z reflektometrie datového, napájecího a koaxiálního kabelu ve formě fotografií, případně nákresů.

Změřte odpor měděného vodiče koaxiálního kabelu dle níže uvedeného postupu a použijte tuto hodnotu pro výpočet délky kabelu. Vypočtenou hodnotu porovnejte s délkou naměřenou s využitím reflektometru.

2 Teoretický rozbor problematiky

Vypracujte teoretický rozbor tématiky související s problematikou kabelů a měřením jejich charakteristických parametrů, přičemž pozornost věnujte také reflektometrii (v časové oblasti), v rozsahu **2 normostrany** (1 normostrana = 1800 znaků včetně mezer). V textu **aktivně používejte** citace na použitou odbornou literaturu. Použitou literaturu formátujte v souladu s normou ČSN ISO 690 Informace a dokumentace – Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů.

V teoretickém rozboru problematiky, která se týká reflektometrie v časové oblasti můžete vycházet z následujícího textu. *Princip reflektometrie (TDR – Time Domain Reflectometry) spočívá v měření doby, za kterou se předem definovaný vyslaný signál do kontrolovaného vodiče vrátí zpět do přístroje pro zpracování. Poruchy v měřeném kabelu, jako zkratky či*



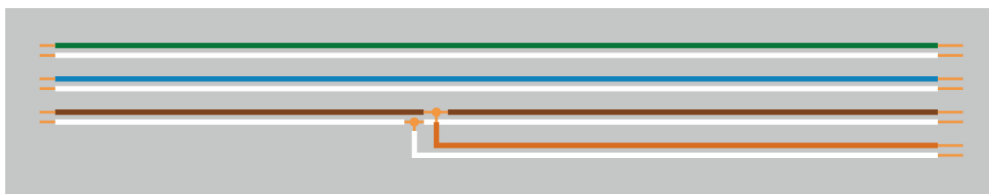
rozpojení způsobí odrazy, přičemž zbytek signálu pokračuje dál do kabelu. Z povahy signálu je možno následně vyhodnotit možnou příčinu poruchy případně délku vodiče.

3 Používané přístrojové vybavení a jeho stručný popis

- Reflektometr Megger TDR1000/3
- posuvné měřítko (změření průměru vodiče)
- laboratorní zdroj s nastavitelným napětím 0 až 24 V (max. výstupní proud 6 A)
- digitální multimetr (měření napětí na vodiči)

Vzorky kabelů pro diagnostiku pomocí TDR

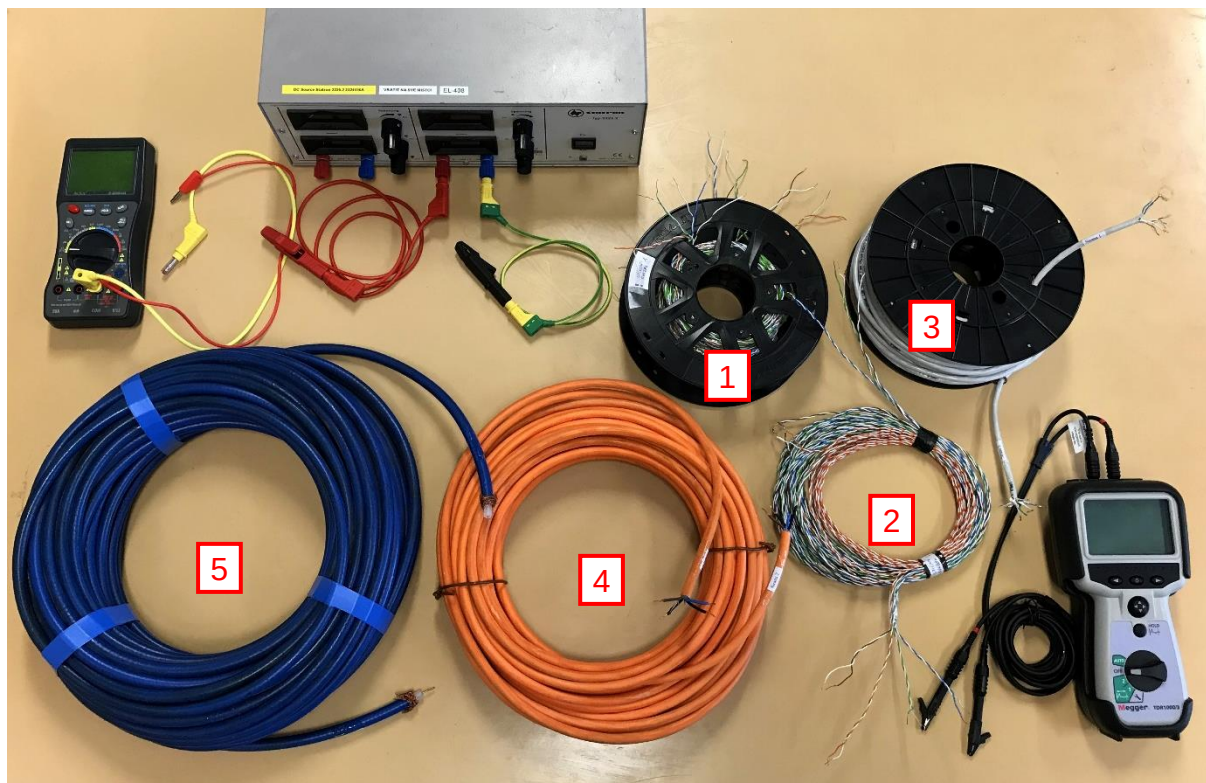
- **cvičný svazek I** – svazek se čtyřmi kroucenými páry pro simulování různých rozpojení a propojení vodičů
- **cvičný svazek II** – svazek se čtyřmi kroucenými páry s definovaným propojením vybraných vodičů (viz Obr. 1)
- **návin datového kabelu** (čtyři kroucené páry, průřez 0,22 mm²) se simulovanou poruchou
- **návin napájecího kabelu** (čtyř-žilový) se simulovanou poruchou
- **návin koaxiálního kabelu** (s izolací ze síťovaného polyethylenu mezi měděným vodičem a měděným stíněním) pro určování délky vodiče (a) pomocí Ohmova zákona a vztahu pro výpočet rezistivity, (b) pomocí reflektometrie



Obr. 1: Názorné zobrazení cvičného svazku II s vytvořením propojení kroucených párů vodičů.



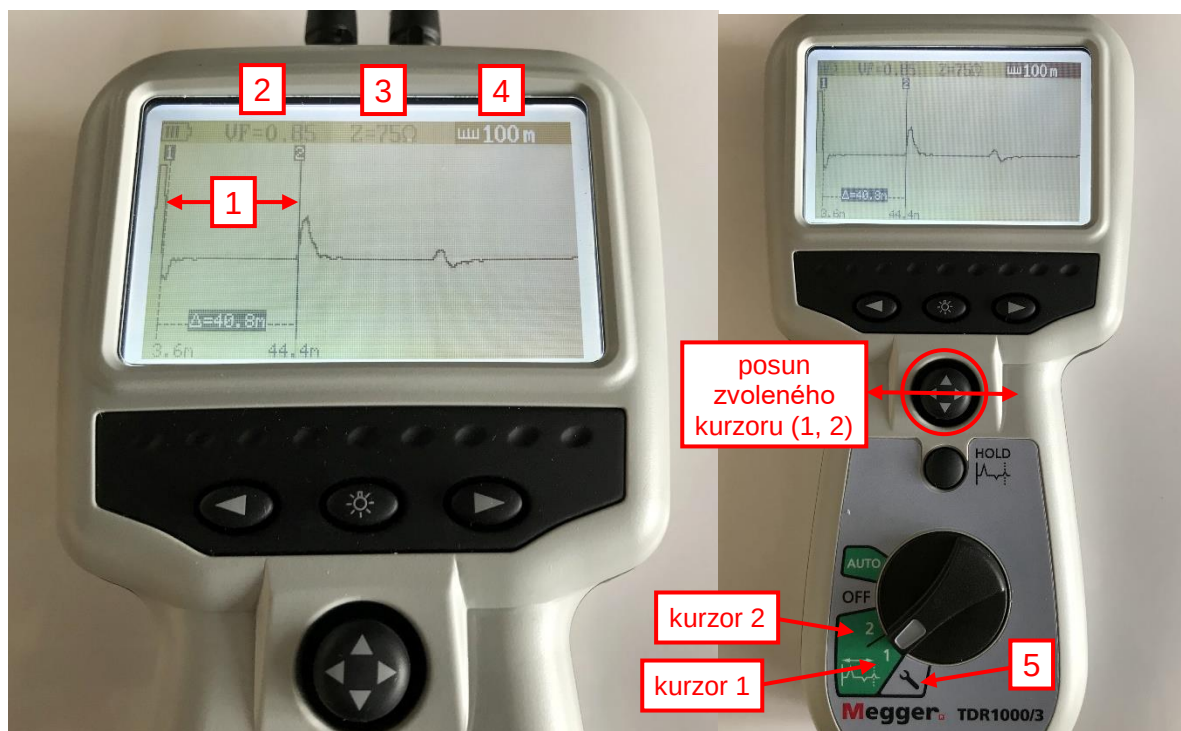
Obrazová dokumentace k přístrojovému vybavení a k diagnostikovaným kabelům



Obr. 2: Sestava laboratorního vybavení a diagnostikovaných vzorků kabelů (1 – cvičný svazek I s kroucenými páry pro simulování různých rozpojení a propojení vodičů, 2 – cvičný svazek II s kroucenými páry s definovaným propojením vybraných vodičů, 3 – návin datového kabelu, 4 – návin napájecího kabelu, 5 – návin koaxiálního kabelu).



Obr. 3: Reálné připojení reflektometru k diagnostikovanému koaxiálnímu kabelu společně se schematickým znázornění odezvy TDR na stav rozpojení a stav zkratování vodiče a stínění.



Obr. 4: Zobrazení reflektometru – základní ovládání a měření (1 – vzdálenost kurzorů představující délku měřeného kabelu, 2 – hodnota nastaveného jmenovitého rychlostního faktoru VF, 3 – hodnota impedance Z nastavené pro daný kabel, 4 – vzdálenost zobrazovaná na displeji, 5 – poloha regulátoru pro nastavování VF, Z atd.).



4 Postup měření

1. Zorientujte se v sadě vzorků kabelů připravených pro diagnostikování a poznamenejte si všechny dostupné informace.
2. Zapněte reflektometr Megger přepnutím otočného přepínače nejprve do polohy AUTO.
3. Připojte měřicí vodiče reflektometru pomocí svorek na dva vodiče v cvičném svazku I. Vždy připojujte vodiče z jednoho krouceného páru (vodič s bílou izolací a k němu příslušný vodič s barevnou izolací). Na displeji se zobrazí průběh impedance změřené v závislosti na vzdálenosti od počátku připojené dvojice vodičů.
4. Pro jednotlivé dvojice vodičů nasimulujte jednotlivé stavy dle zadání a zaznamenejte si příslušné odezvy (průběhy impedance). Všechny stavy proměřte vždy z obou stran zvolené dvojice vodičů (zapojení ze strany značené 1 a ze strany značené 2).

Pro měření dvojice vodičů s rozpojenými nebo spojenými konci využijte jednu z dvojic vodičů: hnědý a bílý, oranžový a bílý, modrý a bílý.

Zkrat na vedení (propojení žilových vodičů mezi sebou) simulujte s využitím dvojice zeleného a příslušného bílého vodiče. **Průběh impedance pro zkrat může být částečně zaměněn s průběhem pro dvojici vodičů se spojenými konci. Rozdíl v těchto průbězích potvrďte měřením při připojení postupně z obou stran vodičů. Pozice odezvy změny impedance by v případě zkratu měla být na jiném místě při měření z jednotlivých stran.**

Přerušené vedení (přerušení žilového vodiče) simulujte s využitím dvojice zeleného a příslušného bílého vodiče. **Průběh impedance pro přerušení může být částečně zaměněn s průběhem pro dvojici vodičů s rozpojenými konci. Rozdíl v tomto případě potvrďte měřením při připojení postupně z obou stran vodičů. Pozice odezvy změny impedance by v případě zkratu měla být na jiném místě při měření z jednotlivých stran.**

5. Na libovolném případě z předchozího bodu si vyzkoušejte změny odezvy zobrazeného signálu při rozdílném nastavení reflektometru. Pro změnu rozsahu v měřené délce použijte křížový ovladač (posun nahoru a dolů). Přesunutím přepínače do polohy NASTAVENÍ můžete provést změnu nastavení několika parametrů. Pro změnu hodnoty parametru použijte křížový ovladač (posun nahoru a dolů) a pro změnu nastavovaného parametru použijte samostatná tlačítka (šipky vpravo a vlevo) v horní části přístroje.

Nastavovat je možné amplitudu (v rozsahu 1 až 3), jmenovitý rychlostní faktor (VF – *velocity factor* zjednodušeně definovaný jako poměr rychlosti šíření signálu ve vakuu a rychlosti šíření signálu v diagnostikovaném kabelu v závislosti na použitém dielektriku a konstrukci kabelu), šířku impulsu (pro zlepšení viditelnosti konkrétní reflexe), impedanci (výběr hodnoty co nejbližší skutečné impedanci měřeného kabelu pro potlačení prvotního impulsu).

6. Vzdálenost místa odezvy od počátku kabelu (charakterizující stav na izolaci) odečtete pro dané nastavení přístroje pohybem kurzorů 1 (počátek) a 2 (konec), které se ovládají



křížovým ovladačem (posun vlevo a vpravo) dle Obr. 4. Pokud již není nastaveno, tak přesuňte kurzor 1 na počátek přepnutím otočného ovladače do pozice “1” a pomocí pohybu křížového ovladače vlevo či vpravo. Umístění kurzoru 2 poté můžete ovládat po přepnutí otočného ovladače do pozice “2”. **Výrazné změny na začátku průběhu souvisí se zavedením zkušebního signálu do kabelu a nejsou hledaným koncem ani stavem.**

7. Na cvičném svazku II změřte odezvy v rámci určení topologie propojení jednotlivých vodičů.

Průběhy impedance z měření na cvičných svazcích I a II zaznamenejte (pomocí fotoaparátu nebo si načrtněte ručně) pro své potřeby, abyste mohli v závěru protokolu shrnout rozdíly slovně a využít je při hodnocení poruch a propojení vodičů ve vzorcích datového a napájecího kabelu. Není tak nutné vkládat do protokolu obrázky všech odezv pro jednotlivé stavy, které lze dohledat i v literatuře.

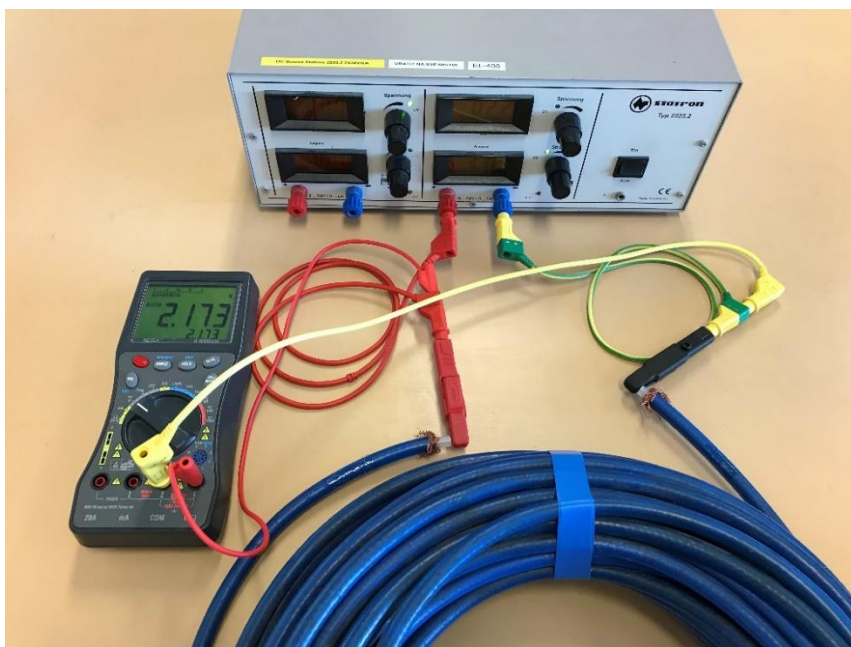
8. Další měření proveďte na vzorcích datového, napájecího a koaxiálního kabelu (návinu kabelů s plášťovou izolací šedé, oranžové a modré barvy). Při diagnostice daných kabelů vyzkoušejte nejprve nastavit rozdílné hodnoty VF a sledujte změny v ukazované délce kabelu. Pro datový kabel (tvořený kroucenými páry) využijte interval hodnot VF od 0,64 do 0,67, pro napájecí kabel využijte hodnoty VF z intervalu od 0,58 do 0,64 a pro koaxiální kabel využijte interval od 0,68 do 0,8. Optimalizujte odezvu reflektometru nejen změnou velikosti VF, ale také vhodnou kombinací délky pulsu, impedance a zesílení.
9. V případě datového, napájecího a koaxiálního kabelu dále hodnotěte konkrétní typy vyskytujících se poruch nebo propojení jednotlivých vodičů na základě odezvy reflektometru. Opět proveďte měření z obou konců kabelu a porovnejte dosažené výsledky (typ a místo poruchy).

Pro napájecí kabel (oranžový plášť) určete typ poruchy a lokalizujte místo jejího výskytu. Lokalizaci proveďte na základě měření vždy z obou konců kabelu a výsledky porovnejte. Zároveň určete, na jakém vodiči/vodičích k poruše pravděpodobně došlo. Měření proveďte pro všechny kombinace dvojic vodičů (černý 1 – modrý, černý 2 – hnědý, modrý – hnědý, ...).

V případě digitálního číselného TDR bude indikována pouze vzdálenost k první hlavní poruše, nikoli menší poruchy nad větší chybou. Z opačného konce kabelu musíte otestovat, zda nevykazuje známky dalších možných poruch. Dvě poruchy na jednom vodiči se projeví odlišnou vzdáleností při měření z každé strany kabelu.

Pro datový (osmi-žilový) kabel určete na základě proměření všech variant připojení reflektometru topologii (propojení) jednotlivých vodičů.

10. Proveďte měření odporu měděného vodiče koaxiálního kabelu s využitím obvodu pro měření odporu vodiče dle Obr. 5. **Zapojení nechte zkontrolovat vyučujícím!** Na regulovatelném zdroji nastavte hodnotu proudu 1 A a změřte napětí na vodiči pomocí multimetru. Postup opakujte vždy po jednom ampéru až do proudu 5 A.



Obr. 5: Zapojení pro určení elektrického odporu daného kabelu.

11. Změřte si průměr měřeného měděného vodiče koaxiálního kabelu posuvným měřidlem nebo mikrometrem.
12. Proveďte výpočet délky vodiče (koaxiálního kabelu) ze zjištěných hodnot odporu (pět měření) a následně z průměrné hodnoty. Pro výpočet délky vodiče využijte vztah (1).
13. Vypočtenou hodnotu porovnejte s hodnotu naměřenou pomocí TDR při správně zvoleném nastavení (především VF).

Nezapomeňte si poznamenat parametry prostředí!

- Teplota (°C):
- Vlhkost (%RH):
- Tlak (mbar nebo kPa):

5 Vztahy nutné k výpočtům

Délku vodiče vypočítejte ze vztahu pro výpočet rezistivity:

$$\rho = R \cdot \frac{S}{l} \quad (\Omega \cdot m), \quad (1)$$

kde ρ je tabulková rezistivita mědi ($\Omega \cdot m$), R je odpor vodiče (Ω), S je průřez vodiče (m^2) a l je délka vodiče (m).

Odpor vypočítejte z poměru napětí a proudu dle Ohmova zákona.