

AUTOMATIC ANTENNA ANALYZER

Ivo Dufek

Master Degree Programme (2), FEEC BUT
E-mail: xdufek06@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Zbyněk Lukeš
E-mail: lukes@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

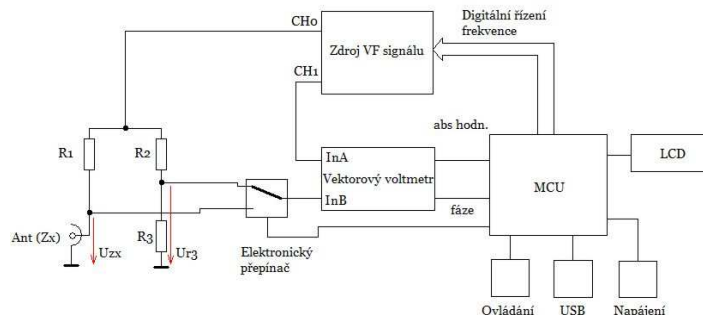
Thesis describes construction of the automatic antenna analyzer. This is a portable measurement system for field antenna measurements. Frequency range of this system begins above 50 kHz and reaches as much as 200 MHz at the end. This device will provide full scale measurement of complex impedance width at the hardware level. In the following text is described a basic principle of the measurement methods.

1. ÚVOD

Tato práce pojednává o konstrukci Automatického anténního analyzátoru. Jde o přístroj umožňující měření komplexních impedancí antén přímo v terénu. Přístroj podporuje hardwarové rozlišení znaménka fáze měřené impedance. Frekvenční rozsah přístroje sahá od 50 kHz do 200 MHz. V rámci tohoto textu bude naznačen základní princip přístroje.

2. BLOKOVÉ SCHÉMA A ZÁKLADNÍ PRINCIPY MĚŘENÍ

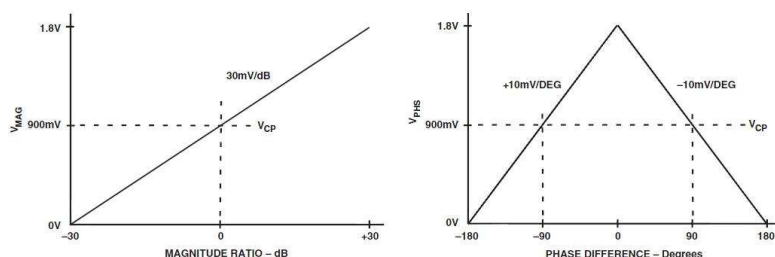
Anténní analyzátor se skládá z několika základních částí. Jedná se především o odporový můstek, který tvoří základ celého přístroje. Můstek obsahuje tři rezistory známých hodnot (50Ω) a neznámou impedanci. Dalším blokem je modul vektorového voltmetru, který provádí samotné měření. Je zde použit obvod Analog Devices AD8302 [1], který obsahuje kompletní vektorový voltmetr do frekvence 2,7 GHz. Můstek je napájen zdrojem sinusového signálu 0,05 – 200 MHz, jež je tvořen dvoukanálovým obvodem DDS Analog Devices AD9958 [2]. Průběh měření, včetně zobrazení výsledků a ovládání přístroje zajišťuje jednočipový mikroprocesor Atmel ATmega128A [3].



Obrázek 1: Blokové schéma anténního analyzátoru

2.1. PRINCIP MĚŘENÍ IMPEDANCE ANTÉNNÍM ANALYZÁTOREM

Vektorový voltmetr dokáže rozlišit fázi a modul rozdílu napětí mezi jeho měřicími vstupy. Převodní charakteristiky jsou lineární se sklony $10 \text{ mV}/^\circ$ fázového posuvu a $30 \text{ mV}/\text{dB}$ modulu. Dynamický rozsah je 60 dB .



Obrázek 2: Převodní charakteristiky obvodu AD8302 [1].

Měření modulu diagonálního napětí můstku nepředstavuje žádný problém a probíhá přesně podle převodní charakteristiky na obr. 2 s tím, že dochází k drobnému zkreslení výsledku v důsledku nelinearity na jejím počátku a konci. Určení argumentu, jak je na první pohled patrné z převodní charakteristiky, již problém představuje. Je nutné vhodným způsobem určit správné znaménko argumentu. Toho lze dosáhnout diferenciálním měřením pomocí dvoukanalového zdroje signálu o stejném kmitočtu a možnosti zavedení přesně známého vzájemného fázového posuvu mezi kanály. Měření musí v podstatě proběhnout dvakrát. První měření bude při nulovém fázovém posuvu zdrojů signálu a z následujícího měření (při definované fázové diferencii) určíme, ve kterém ze dvou intervalů fázových posuvů se měřené napětí nachází.

Samotný měřicí algoritmus funguje následujícím způsobem. V okamžiku zahájení měření je nahrána hodnota frekvence do registrů DDS a je nastaven nulový fázový posuv. Přepínač je v poloze měření rozdílu mezi referenčním vstupem voltmetru a levou větví můstku složenou ze známých rezistorů. V dalším kroku je přepínač přepnut do druhé polohy, kdy je porovnávána hodnota mezi referenčním vstupem a pravou větví můstku se zapojenou neznámou impedancí (v našem případě anténou). Odečtením hodnot modulu napětí získaného v těchto dvou krocích, určíme modul diagonálního napětí můstku pro nulový fázový posuv. Hledanou absolutní hodnotu neznámé impedance lze získat vyjádřením ze známého vztahu pro diagonální napětí můstku. Tuto hodnotu uložíme do pomocného registru zároveň s hodnotou fázového posuvu, kterou získáme pouhým odečtením hodnot z předchozích dvou kroků měření.

V tomto okamžiku máme jednu hodnotu komplexní impedance, připojené k měřicímu můstku. Neznáme však stále znaménko argumentu. Proto je třeba provést ještě jedno měření na stejném kmitočtu s definovaným fázovým posuvem (např. zavedením fázového posuvu 5°). Získáme tak druhou hodnotu měřené impedance a můžeme porovnat oba argumenty. Pokud hodnota argumentu při zavedení fázového posuvu stoupne, je jasné, že se nacházíme v intervalu $\langle -180^\circ; 0^\circ \rangle$ a naopak. Tímto způsobem jsme získali jednu hodnotu měřené impedance na konkrétním kmitočtu. Fázovou diferencii, použitou během měření je potřeba zvolit s ohledem na rozlišení AD převodníku mikroprocesoru a na možnou chybu způsobenou přechodem přes vrchol převodní charakteristiky. Jedná se tedy o určitý kompromis.

2.2. OVLÁDACÍ SOFTWARE PŘÍSTROJE

Řídící software celého přístroje je napsán v jazyce C a obsahuje kompletní sadu funkcí, zajišťujících celé měření, vyhodnocení výsledků a ovládání přístroje. Je vyřešeno ovládání obvodu DDS, obsluha AD převodníků a výpočet měřených impedancí. Naměřená data mohou být vynesena do vhodného grafu a zobrazena na vlastní grafický LCD display. Přístroj umožňuje uložení naměřených průběhů do paměti flash o kapacitě 8 MB a jejich následné zobrazení do jednoho grafu.

Použitý mikroprocesor obsahuje AD převodník o rozlišení 10 bitů, což odpovídá 1024 hodnotám měřeného napětí. Tohoto faktu jsem využil k výraznému zrychlení celého měření. Vzhledem k poměrně vysoké matematické náročnosti výpočtu modulu impedance, není tento výpočet prováděn mikroprocesorem, ale je pouze vyhledána příslušná hodnota pomocí *look-up* funkce v tabulce hodnot uložených v paměti. Určení argumentu impedance nepředstavuje z matematického hlediska pro procesor žádný problém a je prováděno přímo.

Na základě výše uvedených informací a především na základě hodnoty dynamického rozsahu vektorového voltmetru, rozlišení AD převodníku a dle použitého můstku, lze určit rozsah absolutních hodnot měřených impedancí, který je $0,8 \Omega - 3 \text{ k}\Omega$. Tento rozsah je pro anténní analyzátor postačující.

2.3. CELKOVÉ PROVEDENÍ PŘÍSTROJE

Konstruovaný anténní analyzátor je realizován na dvou oboustranných deskách plošných spojů, kde jedna představuje kompletní měřicí obvody včetně DDS a druhá obsahuje mikroprocesor, obvody napájení a další pomocné obvody, jako je například USB rozhraní a paměť flash. Uživatelské rozhraní představuje grafický LCD display s rozlišením 240×128 bodů, rotační enkodér a šestice tlačítek. Napájení zařízení zajišťuje kvůli vyššímu proudovému odběru gelový bezúdržbový akumulátor o jmenovitém napětí 12V.

3. ZÁVĚR

Příspěvek pojednává o realizovaném anténním analyzátoru, ve stručnosti popisuje principy měření a jednotlivé funkční bloky přístroje. V současné době je realizován a z větší části funkční prototyp tohoto anténního analyzátoru. Probíhá neustálý vývoj softwarového vybavení přístroje, zejména uživatelského rozhraní přístroje a algoritmů pro zpracování dat. V další fázi bude mimo jiné doplněna možnost použít přístroj také jako přenosný dvoukanálový generátor sinusového signálu s nastavitelným fázovým posuvem mezi kanály. Toto rozšíření ještě zvýší užitnou hodnotu celého přístroje.

LITERATURA

- [1] AD8302, Data sheet [online]. Analog Devices, 2002 – [cit. 3. března 2010]. Dostupné z WWW: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD8302.pdf
- [2] AD9958, Data sheet [online]. Analog Devices, 2008 – [cit. 3. března 2010]. Dostupné z WWW: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD9958.pdf
- [3] ATmega128A, Data sheet [online]. Atmel, 2010 – [cit. 3. března 2010]. Dostupné z WWW: http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/8151S.pdf