

Měření činitele jakosti Q rezonátorů

Laboratorní úloha ukazuje možnosti vektorového měření při určování jakosti rezonátorů a definování rovnic ve vektorovém analyzátoru.

Úkoly měření

1. Seznamte se s metodami měření jednotlivých činitelů jakosti mikrovlnných rezonátorů uvedených v seznamu literatury.
2. Změřte pod vedením vyučujícího pomocí vektorového analyzátoru (VNA) Agilent E8364A jednotlivé činitele jakosti **dutinového, mikropáskového a dielektrického** rezonátoru a určete jejich náhradní obvody. U dielektrického rezonátoru proměřte vlastnosti jak bez odrazného terčíku, tak s odrazným terčíkem.
3. V referenční rovině měření v místě vazby na rezonátor určete typ rezonančního obvodu a reálnou složku impedance či admitance. Dále určete potřebné frekvence dle metod [1], [2] a [3].
4. Z naměřených hodnot odvoďte náhradní obvod rezonančních obvodů a určete hodnoty jeho prvků.
5. Z měření vypracujte protokol.

Použité přístroje a komponenty

- Vektorový analyzátor Agilent E8364A (45 MHz–50 GHz)

1. ESD při měření

- Při měření na VNA je naprosto nezbytné vždy se vyhnout elektrostatickému výboji na střední vodiči testovacích kabelů, či na vodiče s nimi spojené. Je proto nutno vyloučit dotyk ruky s těmito vodiči a používat zemněný náramek.

2. Měření dutinového rezonátoru

- U měření dutinového válcového rezonátoru nejprve zkalibrujte VNA metodou TRL na vlnovodu R100. Nastavte velký počet měřicích bodů (16001), aby nedošlo k případnému přeskočení rezonanční smyčky, a frekvenční pásmo 8-12,4 GHz. Dutinový rezonátor správně orientujte vzhledem k rozložení elektromagnetického pole ve vlnovodu. Po zobrazení rezonanční smyčky nastavte užší frekvenční pásmo pouze na okolí rezonanční, aby bylo možno jemně posouvat kursor po rezonanční smyčce. Lze případně i zmenšit počet frekvenčních bodů.

3. Měření mikropáskového rezonátoru

- U mikropáskového rezonátoru kalibrujte na konci testovacích kabelů metodou OSM. Použijte kalibrační Kit Agilent 85052C 3.5 mm Precision Calibration Kit. Nastavte 16001 frekvenčních bodů, frekvenční pásmo 1 až 18 GHz. Připojte přípravek s mikropáskovým rezonátorem. Vyberte vhodnou rezonanční smyčku a nastavte užší frekvenční pásmo pokrývající smyčku s nejbližším okolím. (Rezonanční smyčky lze identifikovat ztlumením rezonátoru dotykem prstu. Nedotýkat se vazebního mikropásku!!!) Při ztlumeném rezonátoru pomocí electrical delay nastavte referenční rovinu měření na konec vazebního mikropáskového vedení. (Scale\Electrical Delay). Po odtlumení rezonátoru určete typ rezonančního obvodu. Nastavte rezonanční smyčku symetricky kolem imaginární osy, určete rezonanční odpor a metodou dle [1] určete jednotlivé činitele jakosti.

4. Určení typu rezonančního obvodu dielektrického rezonátoru

- Dielektrický rezonátor měřte navázaný na bezodrazově zakončené mikropáskové vedení. Nejprve rozšířte frekvenční pásmo na cca 8-12 GHz, kde lze očekávat rezonanční frekvenci rezonátoru. Odpojte výstupní adaptér s 50Ω zátěží a nastavte referenční rovinu měření na konec mikropásku. (Scale\Electrical Delay). Následně zmenšete electrical delay tak, aby sbalené klubíčko a tím i referenční rovina měření byla v místě zkratu. Poznamenejte si potřebnou změnu electrical delay, delta ed. V této referenční rovině, která je $\frac{1}{4}$ lambda od otevřeného konce a je v ní maximum magnetického pole pak umístěte dielektrický rezonátor. Z charakteru rezonanční smyčky určete typ rezonančního obvodu.

5. Určení vlastností dielektrického rezonátoru

- Připojte výstupní adaptér s 50Ω zátěží zpět k přípravku a odpojte vstupní SMA-mikropásek adaptér od přípravku. Adaptér zůstane připojený k testovacímu kabelu. Pomocí Scale\Electrical Delay nastavte referenční rovinu měření na otevřený konec adaptéru. Připojte adaptér k přípravku a posuňte referenční rovinu o $\frac{1}{4}$ lambda dovnitř mikropásku, tj. zvětšete electrical delay o delta ed. V této referenční rovině pak umístěte dielektrický rezonátor. Mechanickým přemístěním nebo jemnou změnou electrical delay nastavte smyčku, aby byla symetrická vzhledem k imaginární ose.

Dle metody [2] a [3] je nyní nutno smyčku 2x zvětšit a posunout o -1 . Toho lze dosáhnout pomocí matematické transformace pomocí (`Trace\Equations\Tr1*2-1`). Následně nejprve určete reálnou složku impedance na rezonančním kmitočtu v impedančním Smithově diagramu. (`Trace\Format\InverseSmithChart`). Markery jsou přitom nastaveny na `Marker\Marker\Advanced\Trace default`). Určená impedance odpovídá sériovému spojení rezonančního odporu rezonátoru a 50Ω zátěže. Potom přepněte zobrazení do Smithova admitančního diagramu (`Trace\Format\Inverse Smith Chart`) a odečtěte frekvence potřebné pro určení jednotlivých činitelů jakosti.

Literatura

- [1] Tysl V. Měření při velmi vysokých kmitočtech, skriptum ČVUT FEL, listopad 1976, str. 90 – 96.
- [2] Khanna A. P. S., Garault Y. “Determination of Loaded, Unloaded, and External Quality Factors of a Dielectric Resonator Coupled to a Microstrip Line,” IEEE Trans. on MTT, vol. MTT-31, No 3, March 1983, pp. 261-264.
- [3] Khanna A. P. S. „Q measurement of microstrip coupled dielectric resonators,” Microwaves&RF, January 1984, pp. 81 – 86.