

Měření mikrovlnných generátorů

Laboratorní úloha poskytuje studentům představu o parametrech a vlastnostech mikrovlnných generátorů a možnostech měření moderními spektrálními analyzátory.

Úkoly měření

1. Stabilita výkonu generovaného signálu generátorem HP 86250D.
2. Fázový šum generovaného signálu generátory HP 86250D a R&S SMF 100A.
3. Fázový šum generovaného signálu generátorem ELSY SG2000.
4. IP2 a IP3 generátorů ELSY SG2000 a R&S SMF 100A na frekvenci 1 GHz.
5. Odstup intermodulačních a subharmonických složek signálu generátoru ELSY SG2000

Použité přístroje a komponenty

- Spektrální analyzátor Agilent E4440A (3 Hz–26,5 GHz)
- Zásuvná jednotka generátoru HP 86250D (8–12,4 GHz)
- Řídící jednotka HP8620C
- Generátor ELSY SG2000 (100 kHz–2 GHz)
- Generátor R&S SMF 100A (1–43,5 GHz)
- Propojovací SMA kabel Mini-Circuits CBL-2FT-SMSM+

1. Stabilita výkonu HP 86250D

- Spektrální analyzátor Agilent E4440A uveďte do základního nastavení (tlačítko PRESET).
- Nastavte referenční hodnotu výkonu na +10 dBm (tlačítko AMPLITUDE).
- Nastavte šířku mezifrekvenčního filtru na 1 MHz (tlačítko BW/Avg).
- Zapněte korekci měřeného výkonu na použitý kabel Mini-Circuits CBL-2FT-SMSM (tlačítko File, volby Load, Type nastavte na Corrections, šipkami najedte ve složce C:\ na soubor CBL2FT.CBL, Load Now). Korekce se zapne automaticky. Útlum použitého kabelu je podle katalogového listu:

frekv. [MHz]	IL (dB)	frekv. [MHz]	IL (dB)	frekv. [MHz]	IL (dB)
50	0,09	5 000	0,63	10 000	0,94
1 000	0,30	6 000	0,71	12 000	1,03
2 000	0,41	7 000	0,74	13 000	1,10
3 000	0,50	8 000	0,81	15 000	1,19
4 000	0,57	9 000	0,87	18 000	1,32

- Na řídicí jednotce generátoru nastavte CW režim a výkon signálu na minimum.
- Propojte propojovacím kabelem generátor a spektrální analyzátor a na spektrálním analyzátoru by měla být vidět spektrální čára generovaného signálu. Nastavte mu zhruba výkon 0 dBm.
- Přelaďte frekvenci na generátoru a sledujte pohyb případných vyšších harmonických složek generovaného signálu.
- Nastavte rozsah zobrazovaných frekvencí v rozsahu 7–13 GHz (tlačítko FREQUENCY, volby Start a Stop Frequency).
- Na spektrálním analyzátoru zapněte marker a nastavte ho na frekvenci generovaného signálu (tlačítko Marker, Peak Search).
- Zapněte na spektrálním analyzátoru funkci trackování signálu (tlačítko FREQUENCY, volba Signal Track). Marker bude nyní sledovat signál i v případě, že mu změníte frekvenci a bude možné vždy odečíst jeho aktuální frekvenci a výkon.
- Nastavte frekvenci generovaného signálu na 8 GHz a výkon tak, aby měl výkon na konektoru generátoru výkon $P_G = 0$ dBm.
- Přelaďte frekvenci generovaného signálu v rozsahu 8–12 GHz, aktivujte přitom tlačítko CW VERNIER a jemně doladujte frekvenci na požadovanou hodnotu dle tabulky níže. Nastavení výkonu již ponechte beze změny. Na spektrálním analyzátoru markerem odečítejte změřené výkony P_G , které jsou již automaticky korigovány o útlum použitého kabelu.

frekv. [GHz]	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12
P_G [dBm]									

Tabulka se změřenými výkony generátoru.

2. Fázový šum generátorů HP 86250D a R&S SMF 100A

- Nastavte frekvenci generovaného signálu z HP 86250D na 10 GHz.
- Na spektrálním analyzátoru zapněte aplikaci pro měření fázového šumu (tlačítko Mode, Phase Noise). Nastavení frekvence nosné na 10 GHz, rozsah hledání nosné 10 MHz, trackování nosné (tlačítko FREQUENCY, volby Carrier Frequency, Search Span, Signal Track, tlačítko Return).
- Nastavte rozsah zobrazování fázového šumu od -30 dBc s krokem mřížky po 15 dB (tlačítko AMPLITUDE, volby Scale/Div, Ref Value, tlačítko Return).
- Rozsah offsetů od nosné nastavte na 1 kHz–10 MHz (tlačítko SPAN, volby Start Offset, Stop Offset, tlačítko Return).
- Zahajte měření fázového šumu (volba Log Plot).
- Pomocí markeru odečtěte fázový šum na frekvencích uvedených v tabulce níže.
- Ke spektrálnímu analyzátoru připojte generátor R&S SMF 100A.
- Nastavte ho do základního nastavení (tlačítko PRESET) a výstupní výkon na 0 dBm (tlačítko LEVEL). Frekvence by již měla být nastavena na 10 GHz automaticky.
- Na spektrálním analyzátoru změřte fázový šum generovaného signálu a zapište do tabulky níže.

frekv. offset	1 kHz	10 kHz	100 kHz	1 MHz	10 MHz
HP 86250D					
R&S SMF 100A					

Tabulka se změřenými fázovými šumy \mathcal{L} [dBc/Hz].

3. Fázový šum generátoru ELSY SG2000 na 1 a 2 GHz

- Propojte generátor ELSY SG2000 a spektrální analyzátor.
- Nastavte frekvenci generovaného signálu na 1 GHz a změřte jeho fázový šum. Hodnoty přepište do tabulky níže.
- Stejně měření proveďte pro frekvenci 2 GHz.

frekv. offset	1 kHz	10 kHz	100 kHz	1 MHz	10 MHz
$\mathcal{L}(f = 1 \text{ GHz})$ [dBc/Hz]					
$\mathcal{L}(f = 2 \text{ GHz})$ [dBc/Hz]					

Tabulka se změřenými fázovými šumy.

- Na základě znalosti blokového schématu generátoru zdůvodněte, čím je způsoben rozdíl mezi oběma závislostmi:
-
-

4. IP2 a IP3 generátorů ELSY SG2000 a R&S SMF 100A

- Nastavte spektrální analyzátor do základního nastavení.
- Nastavte korekci měřeného výkonu na použitý kabel.
- Nastavte rozsah frekvencí spektrálního analyzátoru na rozsah 100 MHz–3,1 GHz.
- Referenční výkon nastavte na 10 dBm.
- Nastavte RBW na 20 kHz.
- Nastavte frekvence na generátorech na 1 GHz.
- Připojte jeden z generátorů a zkontrolujte, v jakém rozsahu nastavených výkonů jsou 2. a 3. harmonické složky nad úrovní šumu. Nenastavujte výkon větší než 10 dBm.
- Ve zjištěných výkonových mezích nastavujte výkony generátorů a odečítejte pomocí markerů výkony základní, 2. a 3. harmonické.
- Změřené hodnoty zapište do tabulky a vynesete do grafu a určete IP2 a IP3.

$P_{\text{nast. [dBm]}}$									
$P_{1.\text{harm. [dBm]}}$									
$P_{2.\text{harm. [dBm]}}$									
$P_{3.\text{harm. [dBm]}}$									

Tabulka s výkony harmonických složek generátoru ELSY SG2000.

$P_{\text{nast. [dBm]}}$									
$P_{1.\text{harm. [dBm]}}$									
$P_{2.\text{harm. [dBm]}}$									
$P_{3.\text{harm. [dBm]}}$									

Tabulka s výkony harmonických složek generátoru R&S SMF 100A.

Zjištěné hodnoty IP2 a IP3:

	IP2 [dBm]	IP3 [dBm]
ELSY SG2000		
R&S SMF 100A		

5. Odstup intermodulačních a subharmonických složek signálu generátoru ELSY SG2000

- Spektrální analyzátor nastavte na měření do 6,2 GHz.
- RBW nastavte na 100 kHz.
- Nastavte generátor na frekvenci 2 GHz.
- Měňte generátoru výstupní výkon a sledujte, který z rušivých signálů je vždy nejvýkonnější vzhledem k základní složce signálu.
- Pomocí delta markerů změřte odstup rušivého signálu od nosné v závislosti na výstupním výkonu generátoru.
- Nastavení delta markeru: tlačítka Marker a Peak Search (v tuto chvíli je marker zachycen na nejvýkonnější základní harmonické), Marker, volba Delta Pair, tlačítka Marker, Peak Search, volba Next Peak až markerem najedete na nejvýkonnější rušivý signál.

$P_{\text{nast.}}$ [dBm]									
ΔP [dBm]									

Tabulka s odstupy nejvýkonnější rušivé složky.

- Na základě znalosti blokového schématu generátoru zdůvodněte změřenou závislost:
-

.....

.....