

Микроталасна мерења

-13Е074ММ-

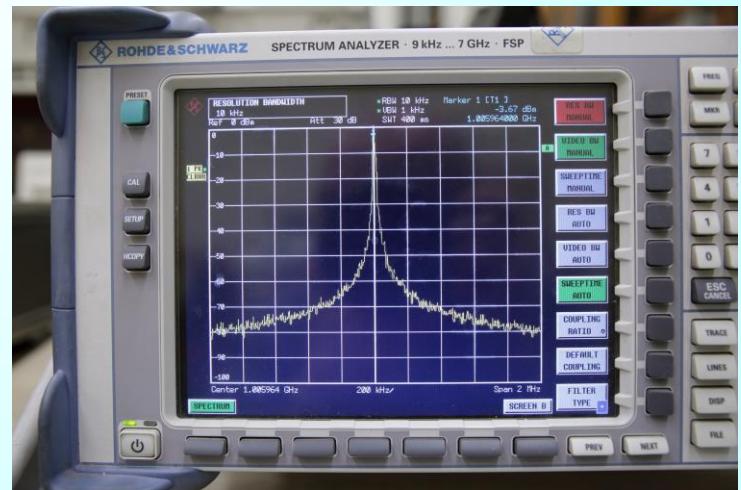
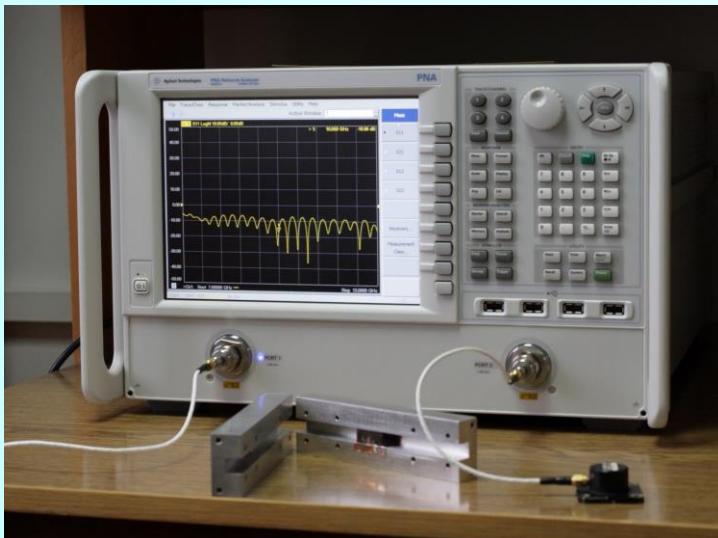
Миодраг Тасић
tasic@etf.bg.ac.rs

RF / микроталасне учестаности / милиметарски таласи

- Енглески назив ове области је RF and Microwave measurements
- Од 300 MHz до 300 GHz (оријентационо)
- У литератури се део микроталасног фреквенцијског опсега до 3 GHz често назива RF (радио фреквенцијским) опсегом
- Таласна дужина у вакууму: $\lambda = c_0 / f$
- Преко 30 GHz таласна дужина у вакууму је реда милиметара

Шта се мери?

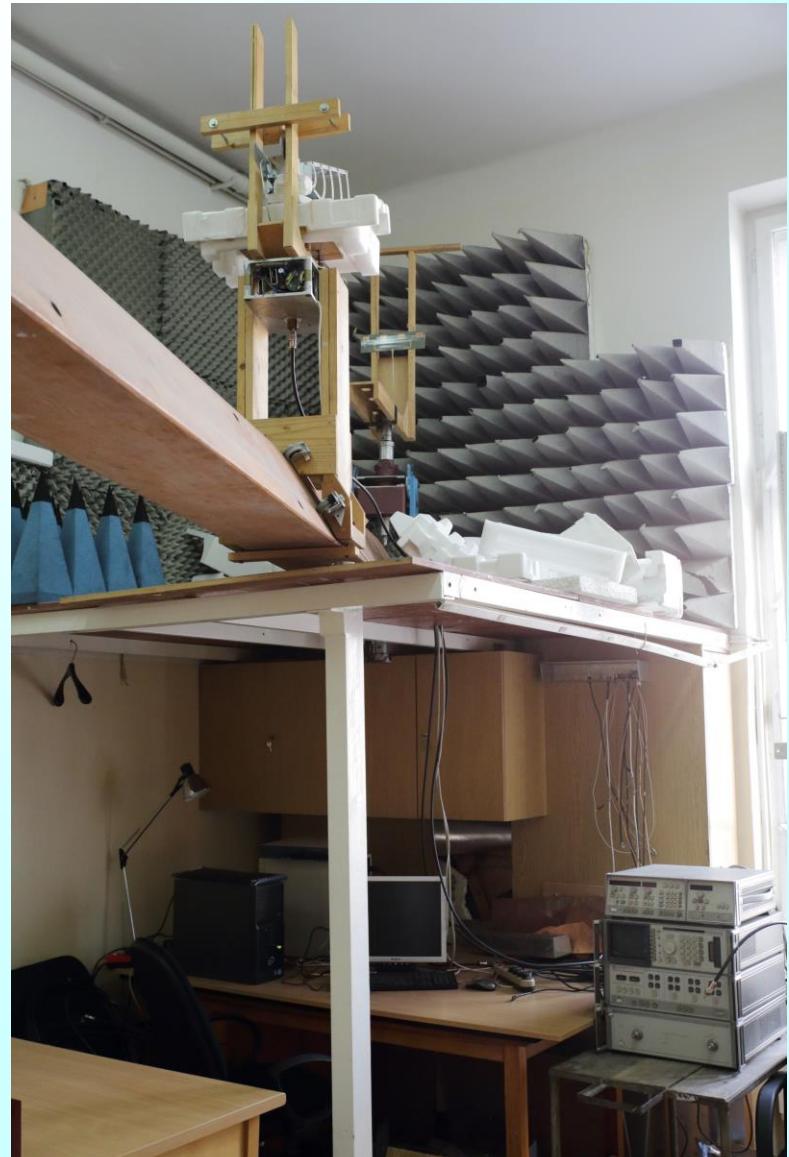
- Мерењем карактеришимо микроталасни сигнал или склоп
- Сигнал обично меримо у временском или фреквенцијском домену



- Склоп се најчешће описује S-параметрима, које меримо анализатором мрежа

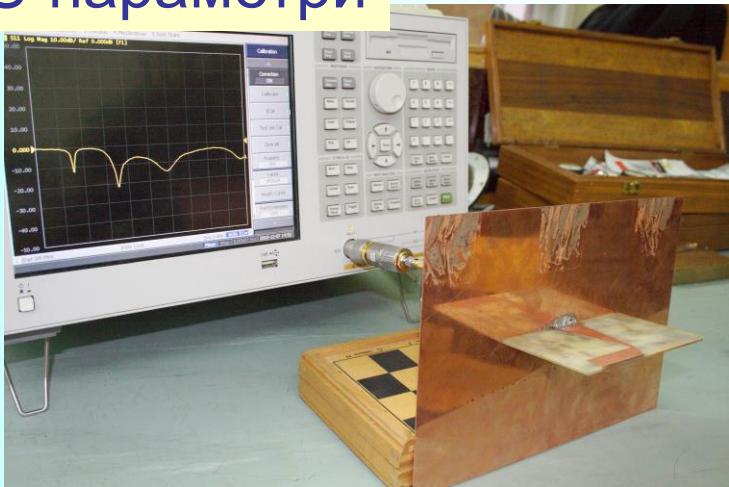
Где се и зашто мери?

- У фази развоја (R&D)
- При контроли квалитета
- При праћењу процеса (monitoring)
- У лабораторијама

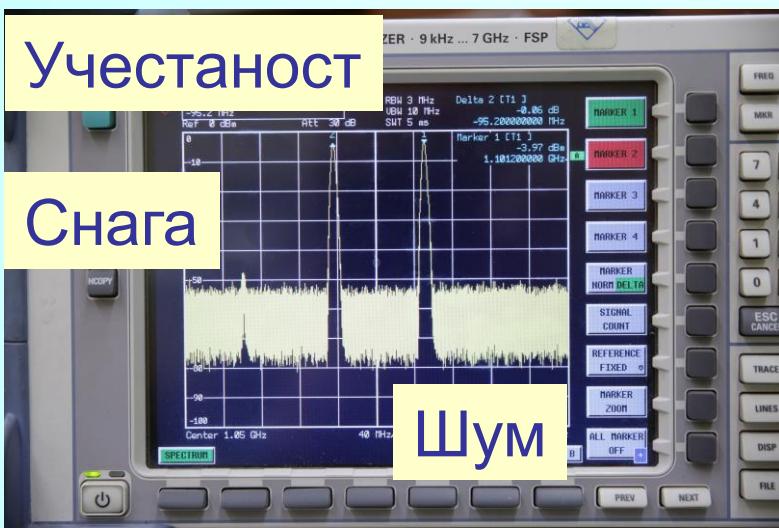


Основне величине које се мере

S-параметри



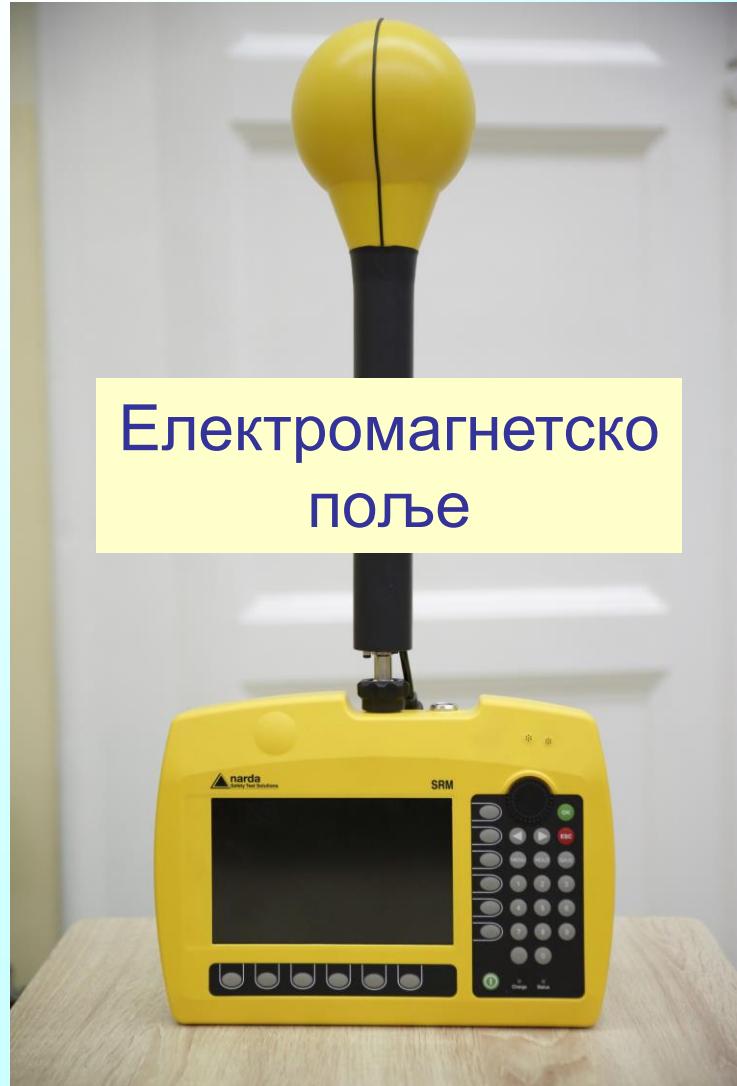
Учестаност



Снага

Шум

Електромагнетско
полье



Програм (1, анализатор мрежа)

- S-параметри
- Блок шема анализатора мрежа
- Грешке приликом мерења S-параметара и њихово отклањање (калибрација)
- Мерење S-параметара филтара и појачавача
- Мерење S-параметара склопова у кућишту

Програм (2, анализатор спектра)

- Спектар сигнала
- Блок шема анализатора спектра
- Грешке приликом мерења спектра сигнала
- Мерење хармоника и интермодулационих продуката
- Мерење појачавача у нелинеарном режиму

Програм (3, остало)

- Мерење фактора шума
- Мерење снаге
- Мерење учестаности
- TRL калибрација
- TDR / TDT
- Антенска мерења

Наши анализаторы мрежа

ENA-L Highlights

Frequency E5061A	300 kHz to 1.5 GHz
E5062A	300 kHz to 3 GHz
Test set	T/R or S-parameter
Port impedance	50 or 75 Ω
Port output power	-5 to 10 dBm -45 to 10 dBm with extended power range
Dynamic range	115 dB
Trace noise	0.005 dB rms
Sweep types	Linear, log, segment, power
Display	10.4-inch color LCD Optional touch screen
ECal support	Yes
Measurement channels	4
Limit lines	Yes
Save recall	Yes
VBA® programming	Yes

Наши анализатори мрежа



Highest performance

- High source output power of +13 dBm at 1 GHz to +11 dBm at 67 GHz
- High dynamic range: 127 dB at 20 GHz at test port
- Low trace noise: 0.002 dB rms at 1 kHz bandwidth
- Low receiver noise floor
- High receiver compression level
- Fast measurement speed: 3.6 to 23 μ sec/point
- High stability: < 0.03 dB/ $^{\circ}$ C

Наши анализатори мрежа

HP 8510B
45 MHz – 26.5 GHz

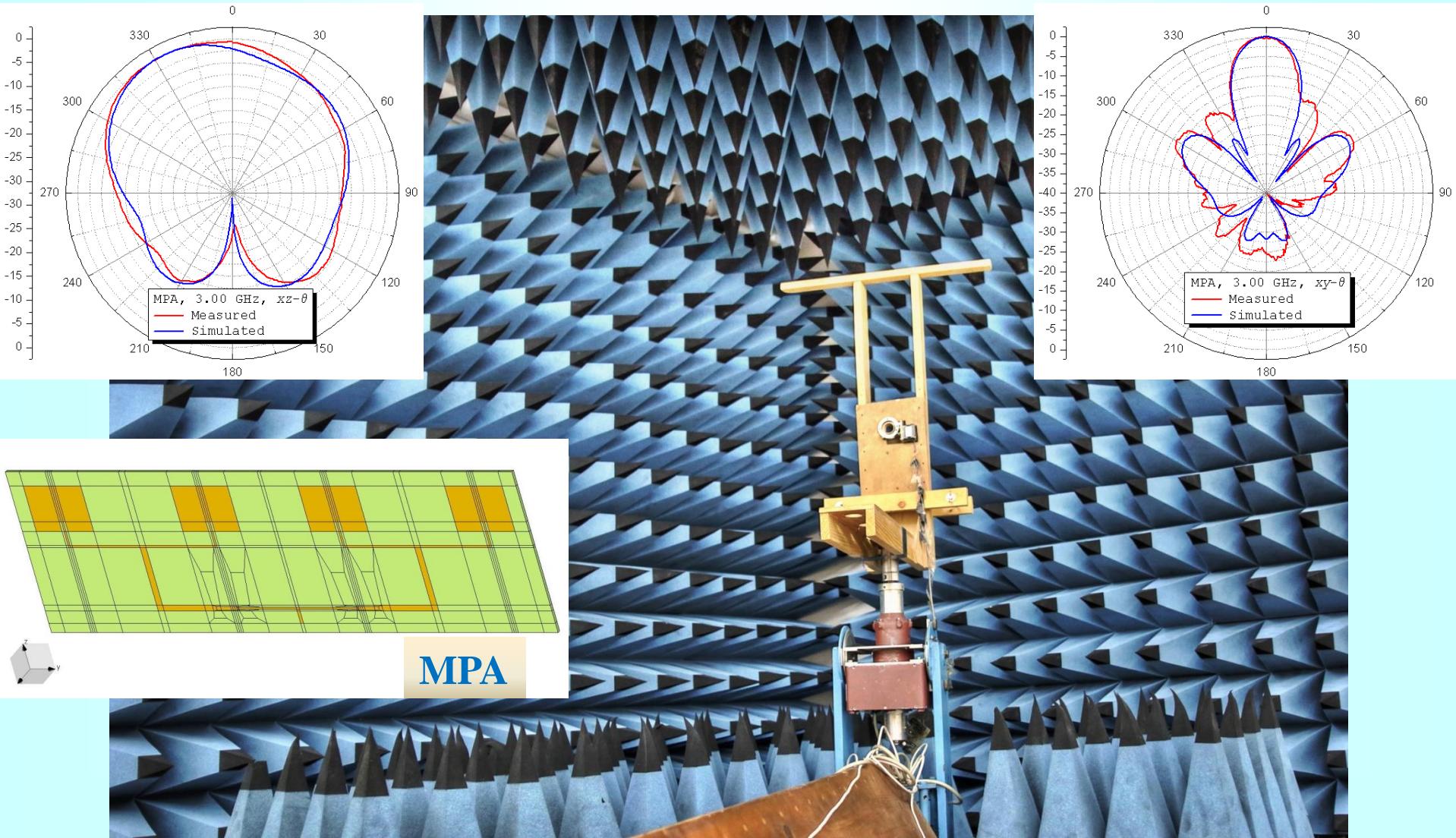


Наш анализатор спектра

	R&S®FSP3	R&S®FSP7
Frequency range	9 kHz to 3 GHz	9 kHz to 7 GHz
Frequency resolution		aging 1×10^{-6} /
Spectral purity		
Phase noise		typ. -113 dBc/Hz
Residual FM		
Sweep time		
Span >10 Hz		
Span 0 Hz (zero span)		
Resolution bandwidths		10 Hz to 10 MHz, FFT filter
Video bandwidths		
Display range		
Displayed average noise level		
1 GHz	typ. -145 dBm	typ. -145 dBm
7 GHz	–	typ. -143 dBm
13 GHz	–	–
30 GHz	–	–
40 GHz	–	–
Displayed average noise level with optional on (option R&S®FSP-B25 electronic attenuator on)	-152 dBm	-152 dBm
Total measurement uncertainty, $f < 3$ GHz		
Linear level display		



Антенска соба - 63



Циљеви курса

- Да научимо како се мере основне величине у микроталасној техници
- Да сазнамо у којим областима се примењују поједина мерења
- Да овладамо поступком мерења на мерним уређајима које поседујемо

Извођење наставе

- Теоријски део наставе изводимо у сали 64
- Практичну обуку и лабораторијске вежбе изводимо у лабораторијама 63 и 95a
- Тестови се раде на Факултету

Предиспитне и испитне радње и оцењивање

- На свакој од 5 лабораторијских вежби које ћемо организовати током семестра може се освојити максимално 6 поена (укупно 30)
- На 3 теста током семестра могуће је освојити максимално 40 поена
- На писменом испиту могуће је освојити максимално 30 поена
- Скала за оцењивање, у зависности од укупног броја освојених поена, је следећа
6 (51-60), 7 (61-70), 8 (71-80), 9 (81-90), 10 (91-100)

Литература

- Тасић, С. М., *Микроталасна мерења*, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет, Београд, 2022.
- Видео предавања
- **Edited by R. J. Collier and A. D. Skinner**, *Microwave Measurements 3rd Edition*, The Institution of Engineering and Technology, 2007.
- Ђорђевић, Р. А. И Тошић, В. Д., *Микроталасна техника*, Академска мисао, Електротехнички факултет, Београд, 2006.
- Application Notes
(Agilent, Rohde&Schwarz, Anritsu, Tektronix)