

Mjerenje E i H bliskih polja matične ploče stolnog računala

Lalić, Robin

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:826759>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-20**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**

Sveučilišni studij

**Mjerenje električnih i magnetskih bliskih polja matične
ploče stolnog računala**

Završni rad

Robin Lalić

Osijek, 2022.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Zadatak završnog rada	1
2. ELEKTROMAGNETSKA POLJA	2
3. POSTUPCI MJERENJA POLJA	3
4. MJERENJA I REZULTATI MJERENJA	4
4.1. Opis mjernog postupka	4
4.2. Rezultati, tablice i grafovi dobivenih mjerenja.....	12
4.2.1. Dobiveni rezultati	12
4.2.2. Tablice pretvorenih vrijednosti sondi	15
4.2.3. Grafovi rezultata i usporedba grafova.....	17
5. ZAKLJUČAK	22
6. LITERATURA	23
7. POPIS I OPIS UPOTREBLJENIH KRATICA	24
SAŽETAK	25
8. PRILOZI	26
P.4.0. Prvih 39 izmjerenih vrijednosti zapisane u tekstualnoj datoteci	26
P.4.1. Zadnjih 39 izmjerenih vrijednosti zapisane u tekstualnoj datoteci.....	27
P.4.2. Spektrogram električnog i magnetskog polja paralelnog mjerenja u mjernoj točki 128	
P.4.3. Spektrogram električnog polja u mjernoj točki 2 i magnetskog polja u mjernoj točki 1 paralelnog mjerenja	29
P.4.4. Spektrogram električnog polja u mjernoj točki 4 i magnetskog polja u mjernoj točki 2 paralelnog mjerenja	30
P.4.5. Spektrogram magnetskih polja u mjernoj točki 4 paralelnog mjerenja.....	31
P.4.6. Spektrogram električnog i magnetskog polja u mjernoj točki 6 paralelnog mjerenja	32
P.4.7. Spektrogram električnog i magnetskog polja u mjernoj točki 8 paralelnog mjerenja	33
P.4.8. Spektrogram električnog i magnetskog polja u mjernoj točki 1 okomitog mjerenja	34

P.4.9. Spektrogram magnetskih polja u mjernoj točki 2 okomitog mjerenja	35
P.4.10. Spektrogram električnog i magnetskog polja u mjernoj točki 4 okomitog mjerenja	36
P.4.11. Spektrogram magnetskih polja u mjernoj točki 6 okomitog mjerenja	37
P.4.12. Spektrogram električnog i magnetskog polja u mjernoj točki 8 okomitog mjerenja	38
P.4.13. Spektrogram električnog polja u slobdnome prostoru	39

1. UVOD

Krajem dvadesetog stoljeća, došlo je do naglog tehnološkog napretka u čovječanstvu. Izumom elektroničkih komponenti poput tranzistora, integriranih krugova te elektroničkih čipova omogućen je razvitak vrlo složenih elektroničkih naprava poput RISC mikroprocesora [1]. Daljnjim napretkom tehnologije, koristilo se sve više i više komponentata na sve manjim elektroničkim pločama, a sve te komponente stvaraju svoje elektromagnetsko polje te proizvode vlastitu emisiju. Matične ploče stolnih računala obično sadrže preko 20 komponenti [2], a neki od tih komponenti su CMOS baterija, chip za radnu memoriju, utor za radnu memoriju, chip za glavni procesor, priključak za glavni procesor, itd. Tema ovog završnog rada je izmjeriti i odrediti koliko iznosi elektromagnetsko polje koje stvara matična ploča i sve njezine komponente stolnog računala. Rad je strukturiran na način da se prvo kratko objasne potrebni pojmovi vezani uz rad te nakon toga da se opiše postupak mjerenja električnog i magnetskog polja. Poglavlje elektromagnetska polja daje kratak uvod u bitnost elektromagnetska polja za ovo mjerenje. Nadalje, poglavlje postupci mjerenja polja opisuje potrebne uvjete i pravilno izvođenje mjerenja elektromagnetskog polja. Na poslijetku, poglavlje mjerenja i rezultati mjerenja daje uvid u način mjerenja polja te obradu očitanih podataka.

1.1. Zadatak završnog rada

Zadatak ovog završnog rada je izmjeriti jačinu magnetskog i električnog bliskog polja matične ploče stolnog računala sa svim njenim komponentama te uočiti ima li stolno računalo veliki utjecaj zračenja u odnosu na svijet oko nas.

2. ELEKTROMAGNETSKA POLJA

Elektromagnetsko polje sastoji se od električne i magnetske komponente polja, odnosno od električnog i magnetskog polja koja su nerazdvojno povezana i matematički opisana Maxwellovim jednadžbama. Električno polje u nekoj točki u prostoru definira silu na jedinični električni naboj u mirovanju na navedenoj točki. Jakost prethodno navedenog električnog polja vektorska je veličina te je izražena u voltima po metru (V/m). Magnetsko polje definirano je silom koja je vršena na naboj u gibanju na navedenoj točki. Također je vektorska veličina i izražena je u amperima po metru (A/m). Veza između električnih i magnetskih polja može se vidjeti preko Faradayevog zakona i Amperovog zakona. U nastavku slijede Maxwellove jednadžbe koje opisuju ta dva zakona [3].

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (1-1)$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \quad (1-2)$$

$\nabla \times$ - Linearni operator rotacije polja

\mathbf{E} - Električno polje

\mathbf{B} - Magnetsko polje

μ_0 - Magnetska permabilnost vakuuma

\mathbf{J} - Gustoća struje

ϵ_0 - Permitivnost vakuuma

Jednadžba (1-1) prikazuje Faradayev zakon indukcije i Lenzovo pravilo. Ukoliko u prostoru postoje naboji, oni će biti potaknuti na gibanje i uzrokovat će struju kojoj je smjer takav da i sama struja proizvodi magnetsko polje koje je suprotno promjenjivom polju.

Jednadžba (1-2) prikazuje proširen Ampèreov zakon. Amperov zakon govori da su struje uzrok vremenski promjenjivog magnetskog polja. Proširen Ampèreov zakon sadrži i Maxwellov dodatak o postojanju magnetskog polja u prostoru u kojem se mijenja električno polje. Taj dodatak bio je vrlo bitan za generalizaciju i ujedinjenje pojava u elektricitetu i magnetizmu s elektromagnetskim zračenjem.

3. POSTUPCI MJERENJA POLJA

Postoji više razloga mjerenja neionizirajućeg (elektromagnetskog) zračenja, a najčešći su sljedeći: utvrđivanje nivoa električnih i magnetskih polja te gustoće snage radi osiguranja rada zračećih komunikacijskih sustava u skladu sa Zakonom o zaštiti od neionizirajućeg zračenja; dizajniranje i ispitivanje rada antena i antenskih sustava te ispitivanje kompatibilnosti uređaja koji se stavljaju na tržište ili su već prisutni na tržištu. Također, jedan od razloga mjerenja zračenja je radi utvrđivanja mogućih opasnosti za ljude koji rade u području elektromagnetskih emisija. Jedna od metoda mjerenja elektromagnetskog zračenja je mjerenje magnetskim i električnim sondama uz spektralni analizator. Također postoji mjerenje zračeće emisije različitim tipovima antena: Bikonusna antena (30Mhz do 300Mhz), Log-periodička antena(200Mhz do 1Ghz) te širokopoljasna antena (30Mhz do 1 Ghz). Mjerenje elektromagnetskog zračenja kompleksnije je nego mjerenje emisije vođenja. Prostor u kojem se obavlja mjerenje može sadržavati interferenciju koja može dati krive rezultate. Pravilno mjerenje elektromagnetskog polja sastoji se od nekoliko preduvjeta. Potrebno je mjeriti u najmanje 6 mjernih točaka koje su najviše izložene magnetskom polju. Mjerenje mora biti provedeno u sve tri prostorne osi pomoću antene ili sonde. Antenu je potrebno postaviti na visinu od 1.5 metra iznad tla na električki nevodljivom nosaču. Temperatura mora biti u granicama prihvatljive radne temperature mjernog instrumenta [4]. Tek kada su zadovoljeni svi preduvjeti, može se započeti s mjerenjem elektromagnetskog polja.

4. MJERENJA I REZULTATI MJERENJA

4.1. Opis mjernog postupka

Sva mjerenja za ovaj završni rad odrađena su u Laboratoriju za Visokofrekvencijska mjerenja Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku.

Za potrebe mjerenja ovog pokusa korišteni su sljedeći instrumenti:

-Spektralni analizator Anritsu MS2038C VNAMaster

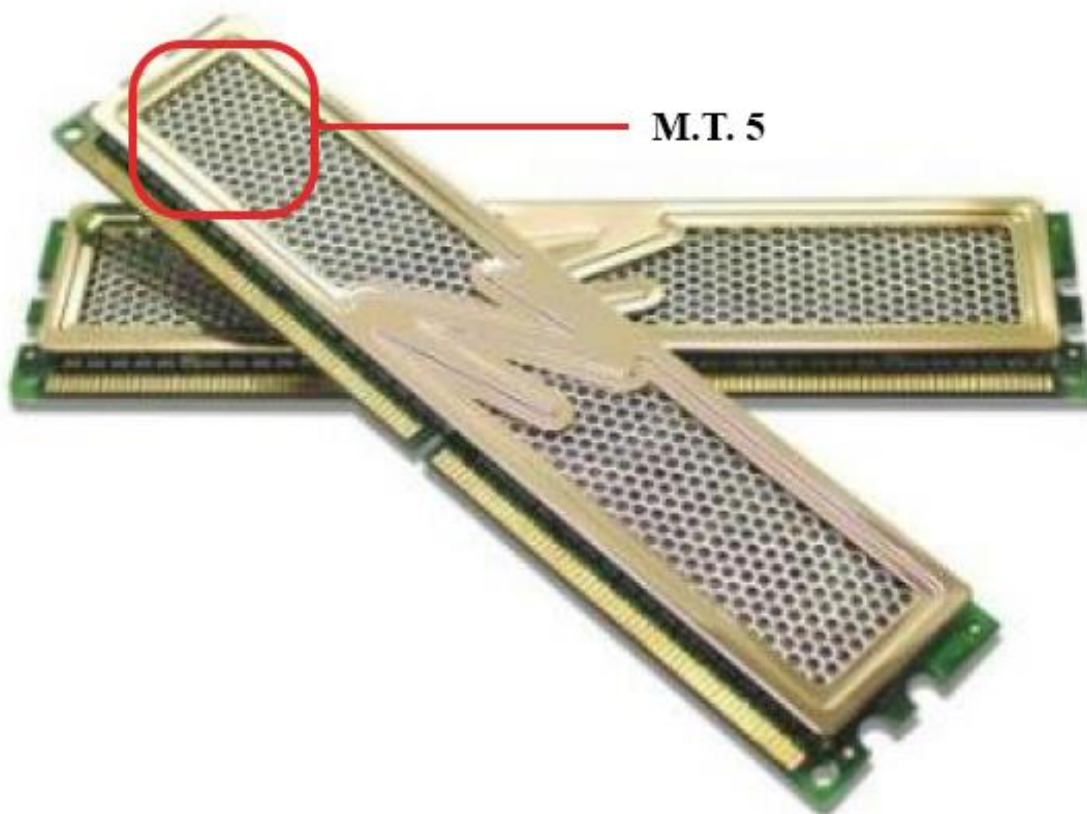
-Aaronia RF komplet sonde za mjerenja na terenu – korištena je sonda PBS E1 za mjerenje električnog polja te sonde PBS H3 i PBS H4 za mjerenje magnetskog polja [5]

Mjerenje je odrađeno na ASUS-ovoj matičnoj ploči P4PE-X/TE [6] na određenim mjernim točkama. Mjerenja su izvršena na dva načina tako da je jednom sonda postavljena okomito na mjernu točku, a drugi je puta sonda postavljena paralelno na mjernu točku. Mjerenja su također izvršena u slobodnom prostoru zbog preciznijeg utvrđivanja vrijednosti. Prilikom mjerenja, koristila se funkcija spektralnog analizatora da spremi sliku grafa kao i njegove podatke. Datoteka koju je analizator spremio sadrži veliki broj podataka, no za ovaj rad bitan je dio gdje su zapisane mjerne točke i njihove vrijednosti. U datoteci je spremljeno 550 vrijednosti na intervalu od 1000 Mhz, odnosno očitane su vrijednosti svakih 1.818182 Mhz. Prema priložima (P.4.0.) i (P.4.1.) može se vidjeti primjer ispisa datoteke. Potrebno je dodatno naznačiti kako je frekvencijsko područje između 880 Mhz – 915 Mhz rezervirano za usluge mobilnih telefona i frekvencijsko područje između 925 Mhz – 960 Mhz rezervirano za rad baznih postaja. U tim granicama, neće biti očitani maksimumi jer te frekvencije dolaze iz prethodno navedenih utjecaja, a ne iz stolnog računala koje se mjeri. Nakon izvlačenja podataka, potrebno je pronaći maksimalnu vrijednost među 550 očitanih mjernih točaka. To je postignuto programom Microsoft Excel koji sadrži vrlo opsežan alat za rad s tablicama među kojima je i pronalazak maksimalne vrijednosti stupca. Korišteno je sljedećih 8 mjernih točaka:

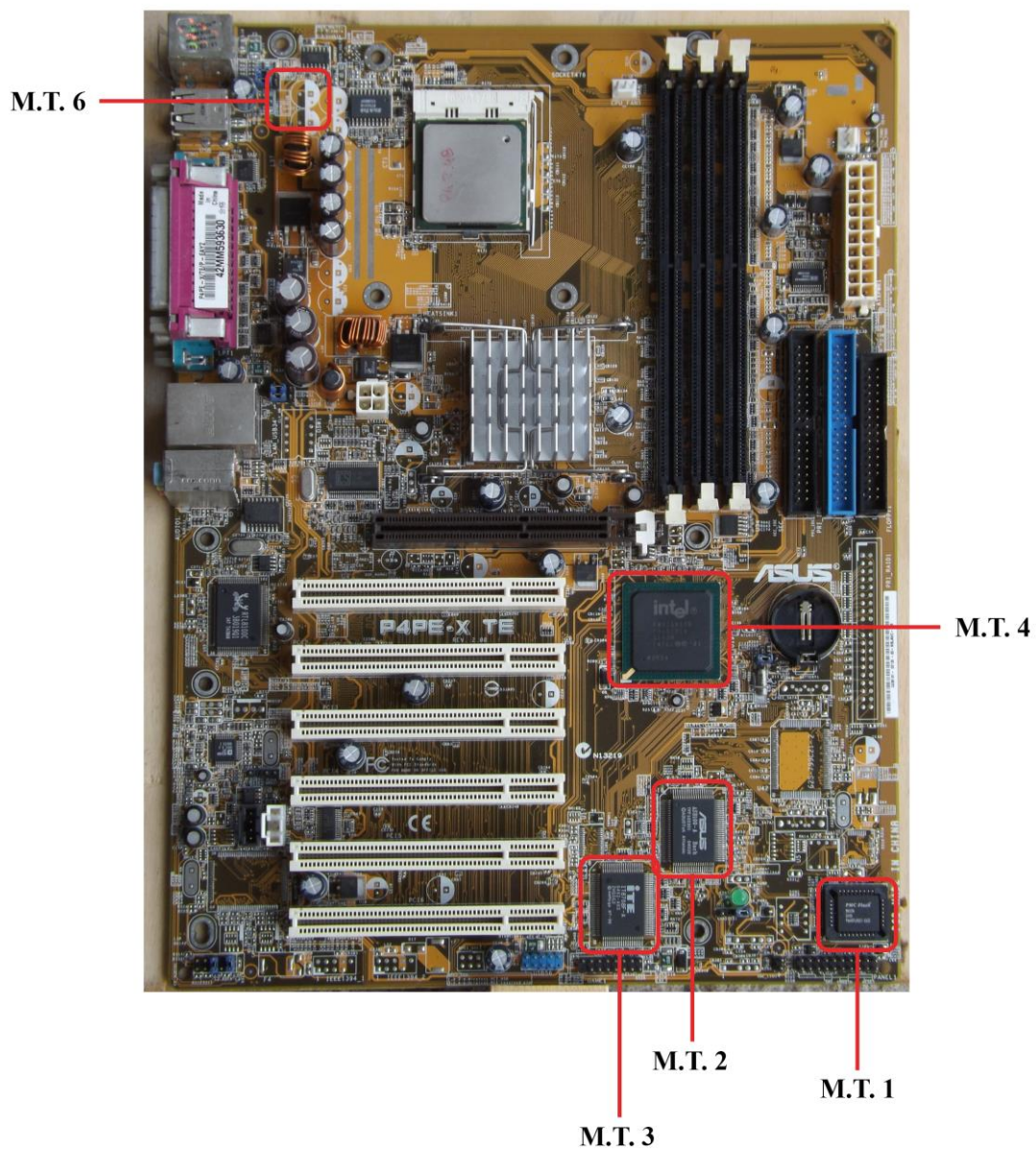
- 1) Prva mjerna točka je FLASH ROM čip na matičnoj ploči koji sadrži programljivi BIOS program.
- 2) Druga mjerna točka je ASUS ASIC. Jedna od uloga ovog čipa je nadgledanje napona hardvera i sustava.
- 3) Treća mjerna točka je Super I/O upravljač. Ovaj skup čipova pruža mnoge funkcionalnosti poput kontrolera za disketu, pogon za disketu i sučelje za FLASH ROM.

- 4) Četvrta mjerna točka je kontroler za most. Ovo središte za kontroler je podsustav koji integrira I/O funkcije.
- 5) Peta mjerna točka nalazi se na RAM pločici Gold Gx Xtc Dual Channel.
- 6) Šesta mjerna točka je mjesto na matičnoj ploči gdje se nalazi zavojnica te veliki broj tranzistora.
- 7) Sedma mjerna točka nalazi se na drugoj generaciji grafičke kartice koju je proizvela tvrtka Nvidia.
- 8) Osma mjerna točka nalazi se na tvrdom disku Hitachi HDS721616PLAT80.

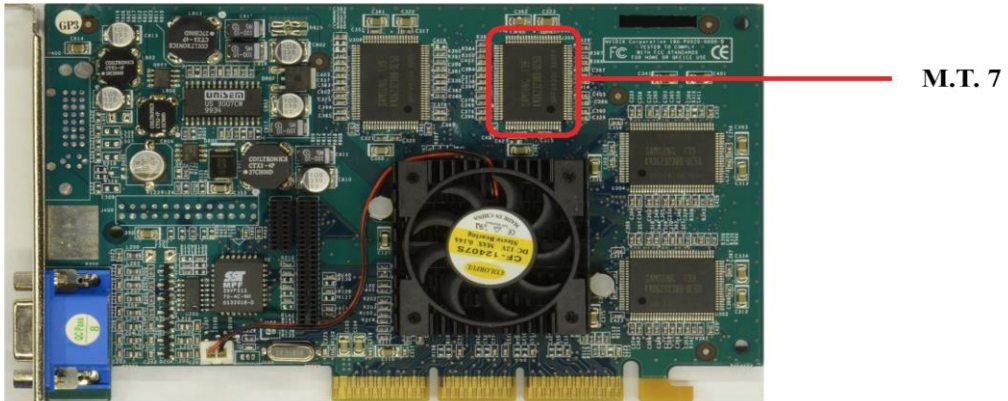
Sljedeće slike imat će oznaku oblika „M.T. N“ gdje „M.T.“ označava mjernu točku, a „N“ označava koja je mjerna točka po redu.



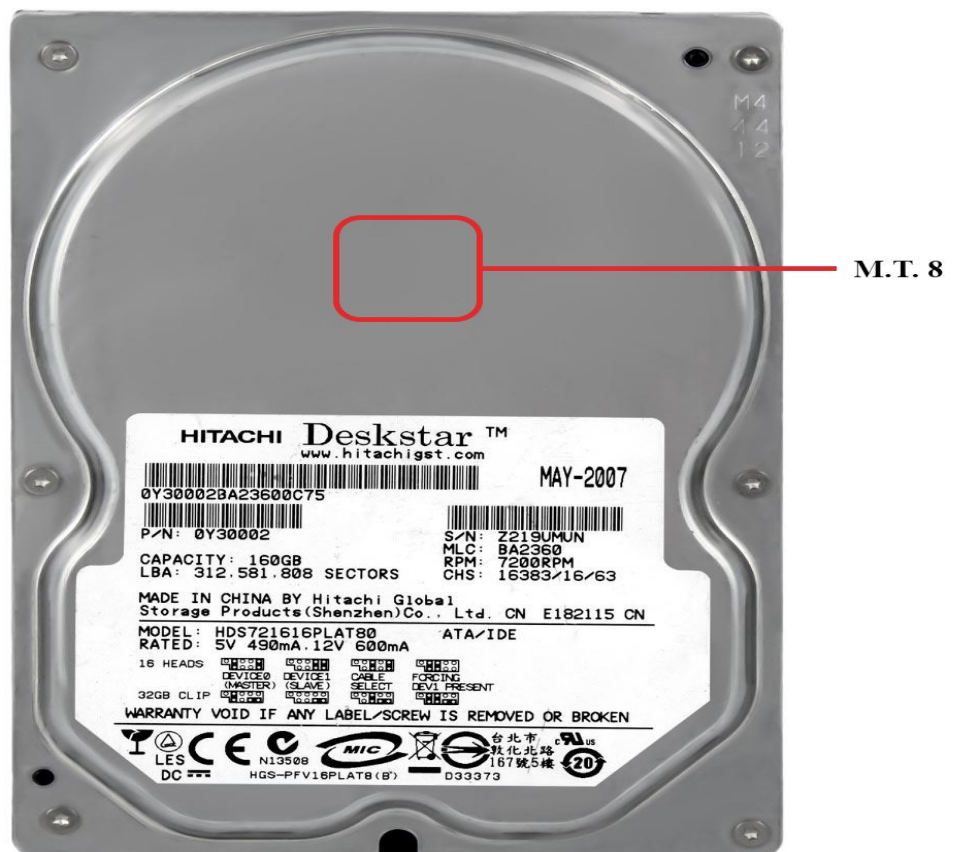
Sl. 4.1. RAM pločica i mjerna točka [7]



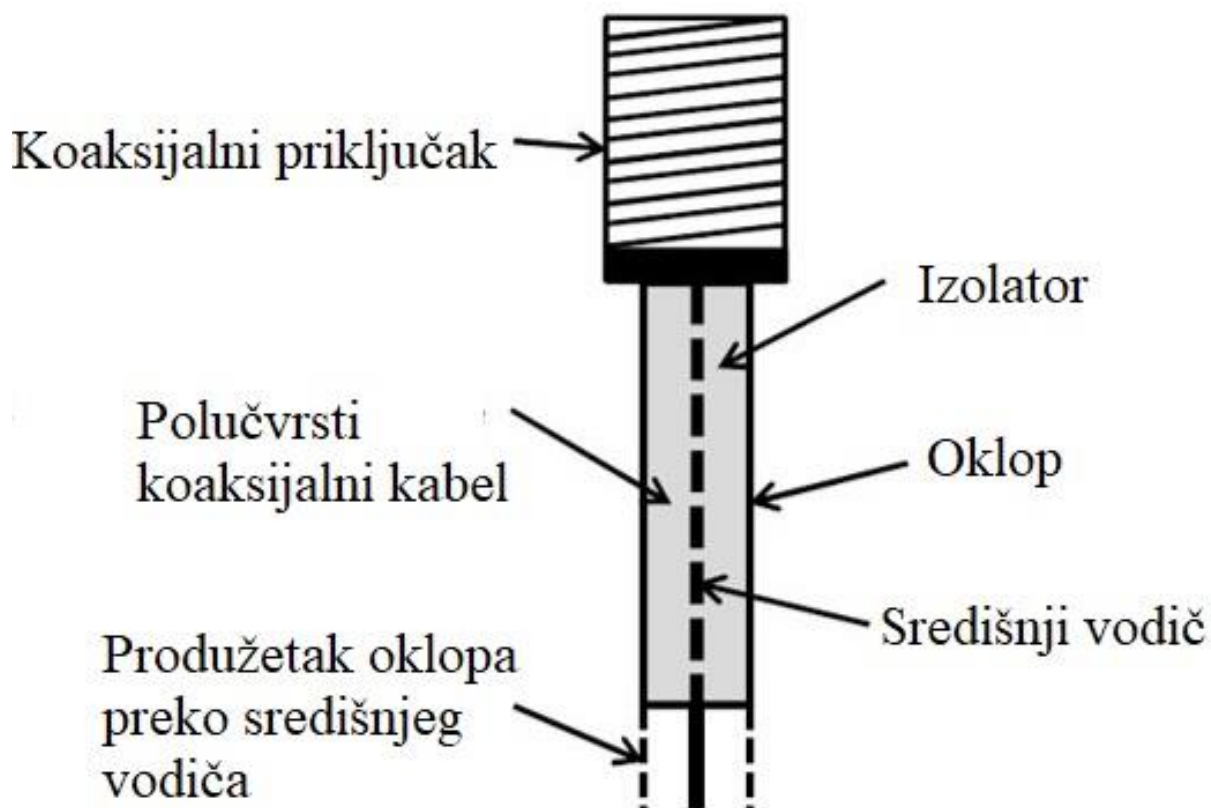
Sl. 4.2. Matična ploča i mjerne točke [8]



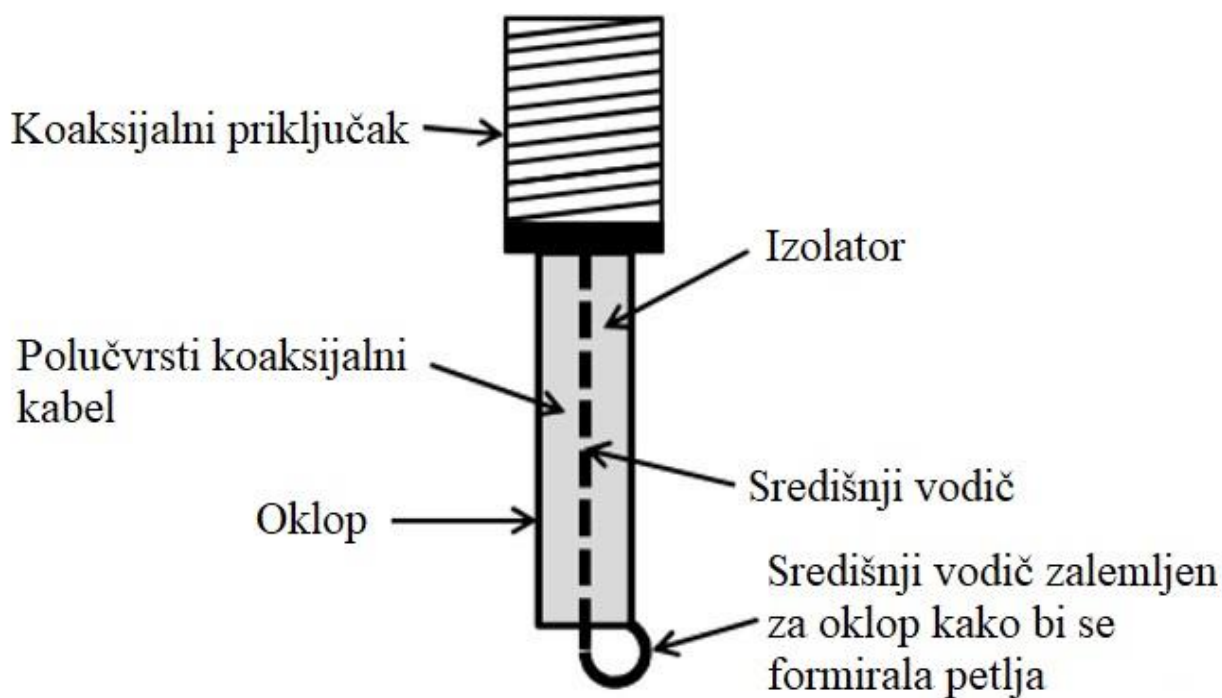
Sl. 4.3. Grafička kartica i mjerna točka [9]



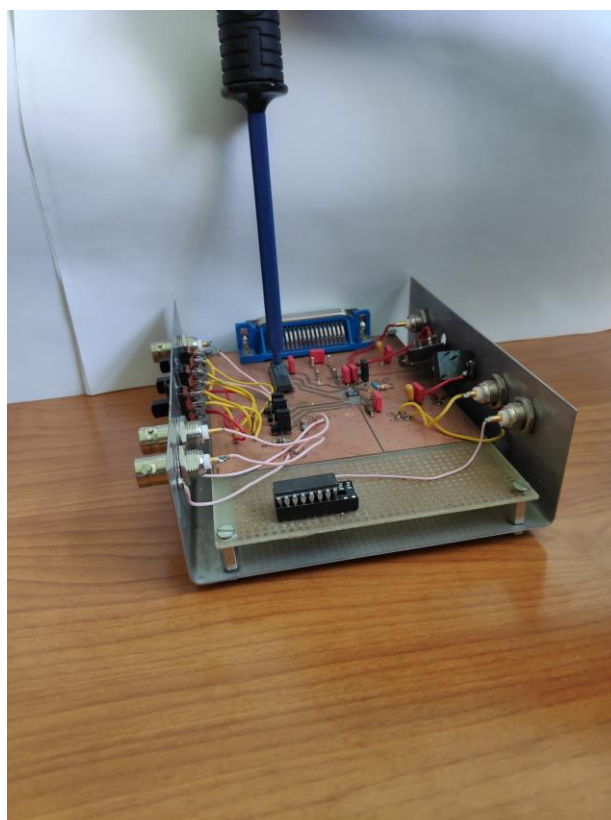
Sl. 4.4. Tvrdi disk i mjerna točka [10]



Sl. 4.5. Sonda za mjerenje električnog polja



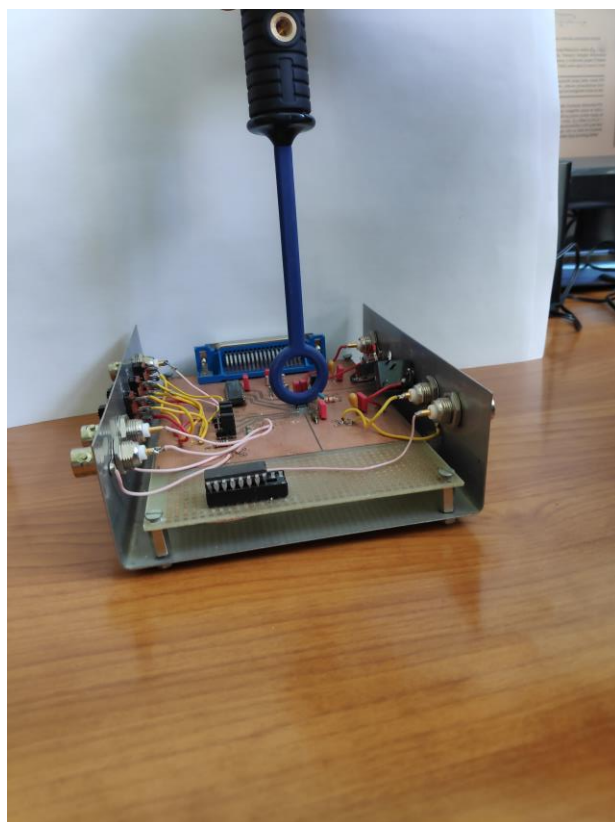
Sl. 4.6. Sonda za mjerenje magnetskog polja [11]



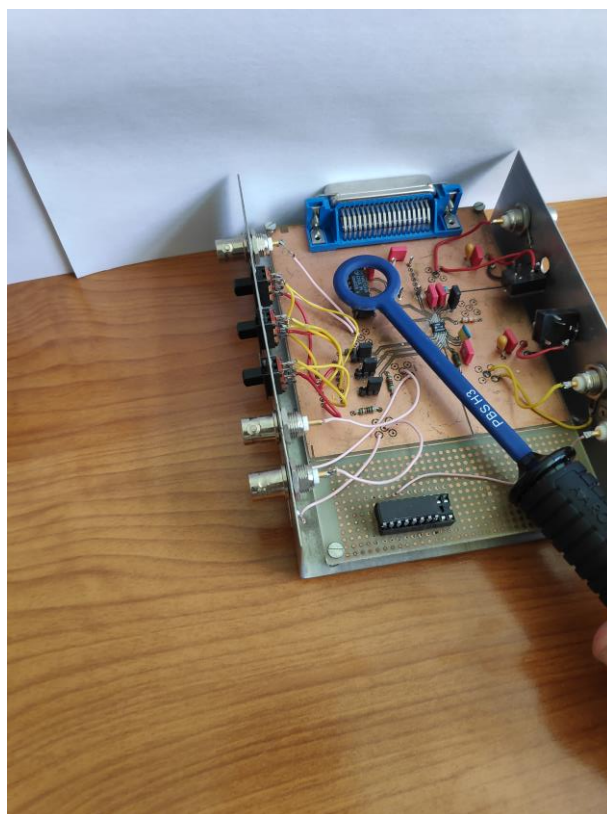
Sl. 4.7. Primjer okomitog mjerenja električne komponente električnom sondom PBS-E1



Sl. 4.8. Primjer horizontalnog mjerenja električne komponente električnom sondom PBS-E1



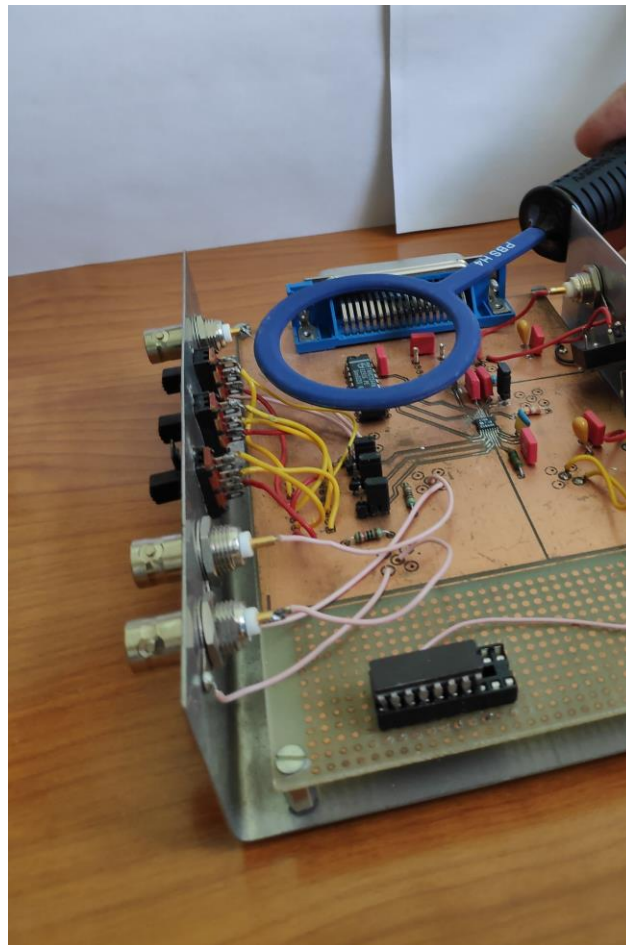
Sl. 4.9. Primjer okomitog mjerenja električne komponente magnetskom sondom PBS-H3



Sl. 4.10. Primjer horizontalnog mjerenja električne komponente magnetskom sondom PBS-H3



Sl. 4.11. Primjer mjerenja električne komponente magnetskom sondom PBS-H4



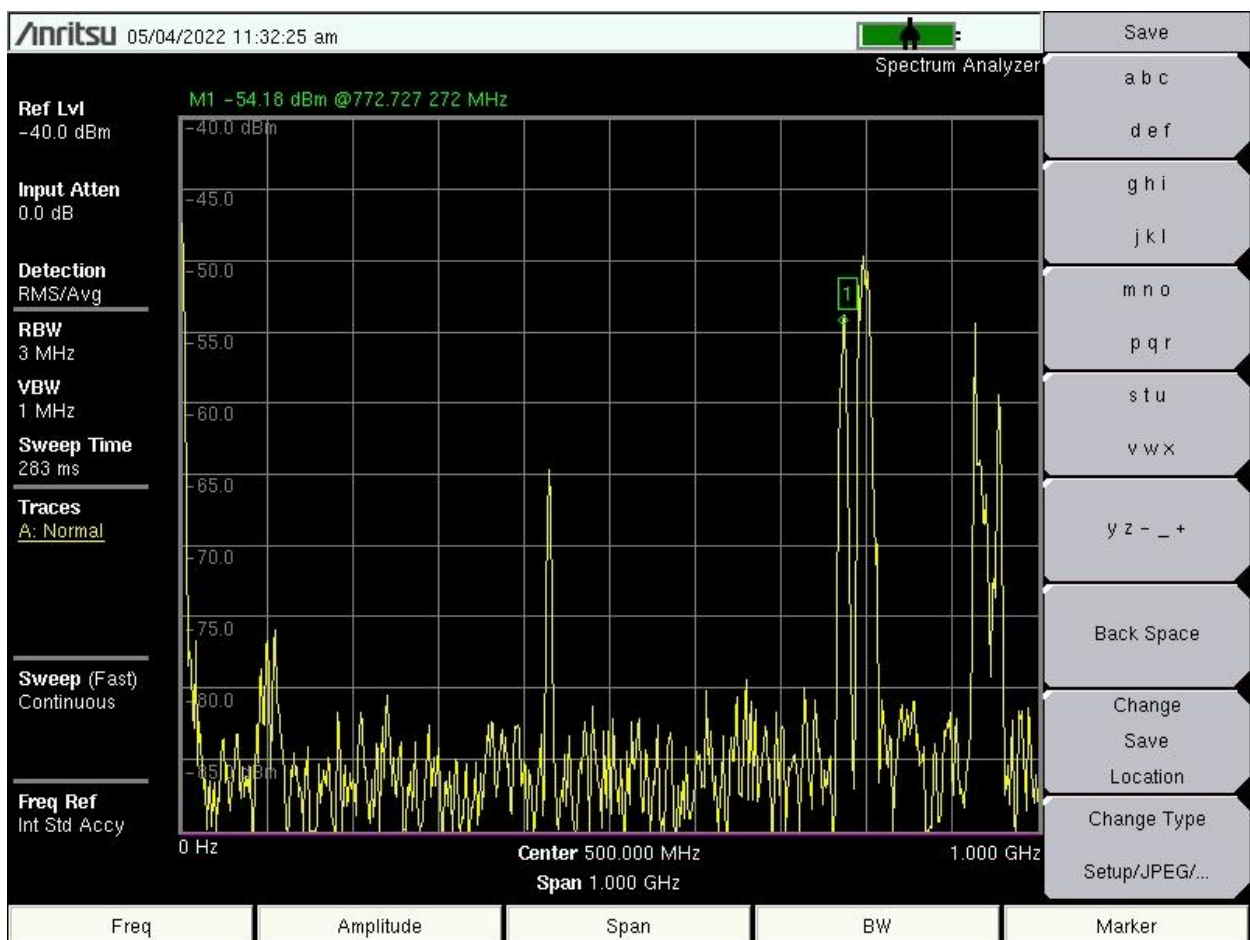
Sl. 4.12. Primjer horizontalnog mjerenja električne komponente magnetskom sondom PBS-H4

4.2. Rezultati, tablice i grafovi dobivenih mjerenja

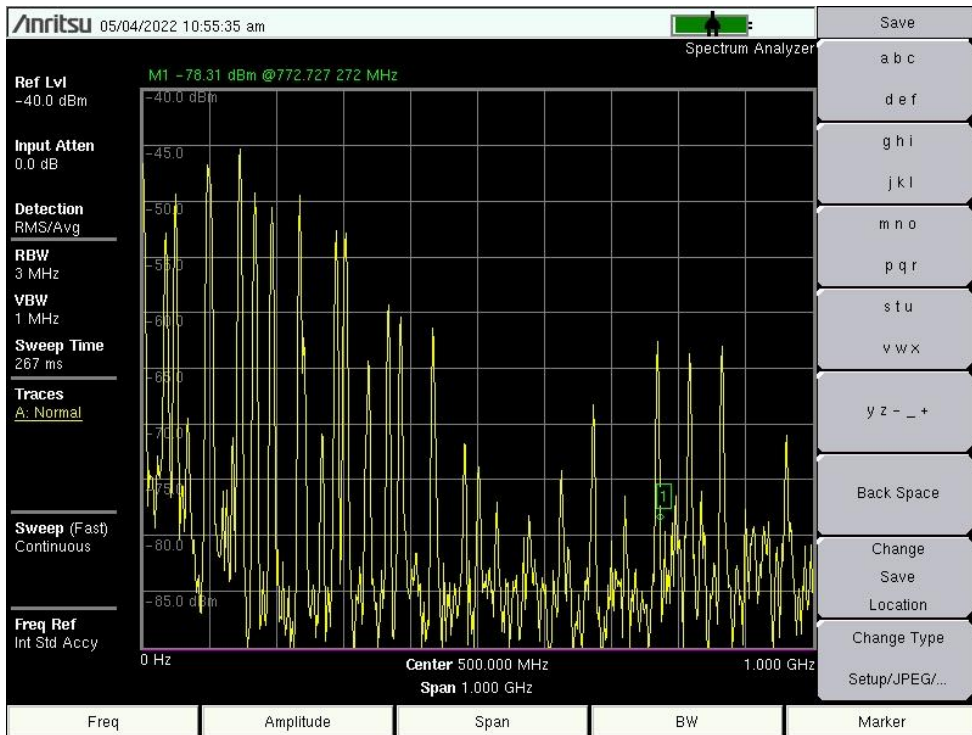
Mjerenja su provedena na osam mjernih točaka mjerenih okomito i paralelno s ukupno tri sonde. Sonda PBS E1 korištena je za mjerenje električnog polja dok su sonde PBS H3 i PBS H4 korištene za mjerenje magnetskog polja. Također, obavljena su mjerenja slobodnom prostoru za svaku sondu. Ukupno to je 51 izmjerenih vrijednosti.

4.2.1. Dobiveni rezultati

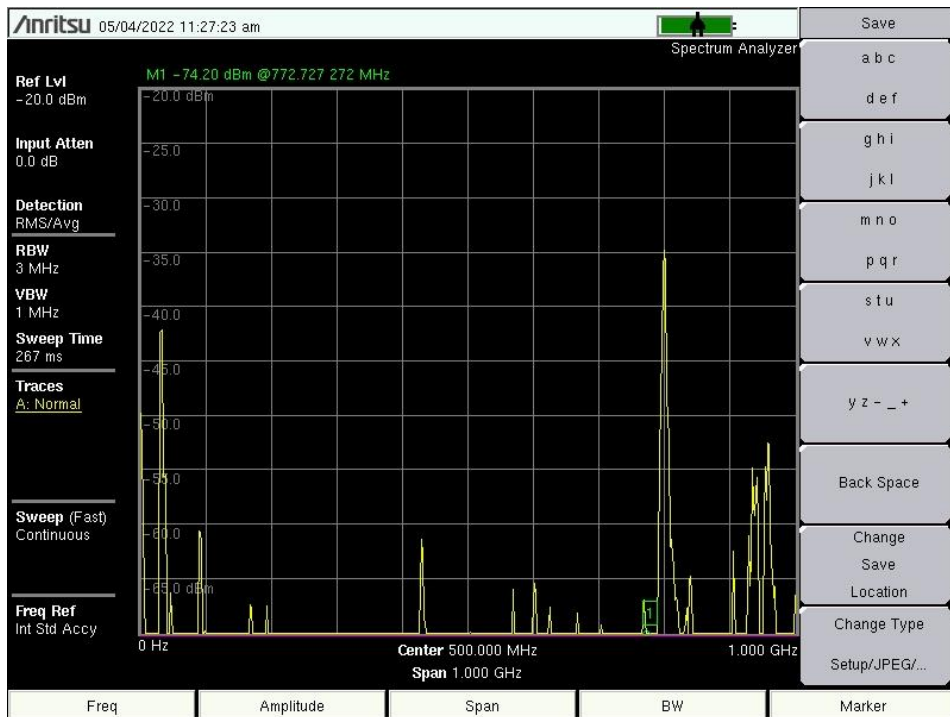
Slike od 4.13 do 4.17 predstavljaju primjere izmjerenih spektara signala koji su ekvivalentni električnim i magnetskim poljima na definiranim mjernim točkama. Uz svaki od njih navedene su i maksimalne izmjerene vrijednosti. Više primjera izmjerenih spektara signala nalaze se u prilogima (P.4.2.) do (P.4.13.) prema kojima se može vidjeti različitosti mjerenja različitim parametrima.



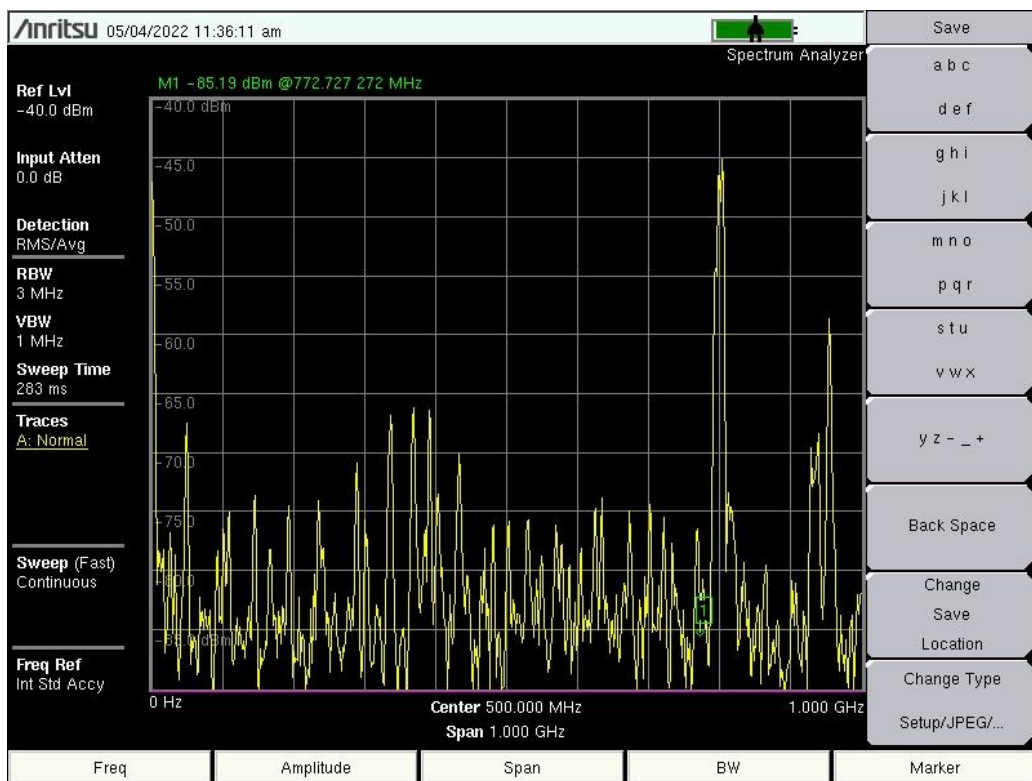
Sl. 4.13. Mjerenje magnetskog polja u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-H4 u slobodnom prostoru. Maksimalna vrijednost izmjerena u slobodnome prostoru ovom sondom je -47.224 [dBm] u 0.000001 [MHz]



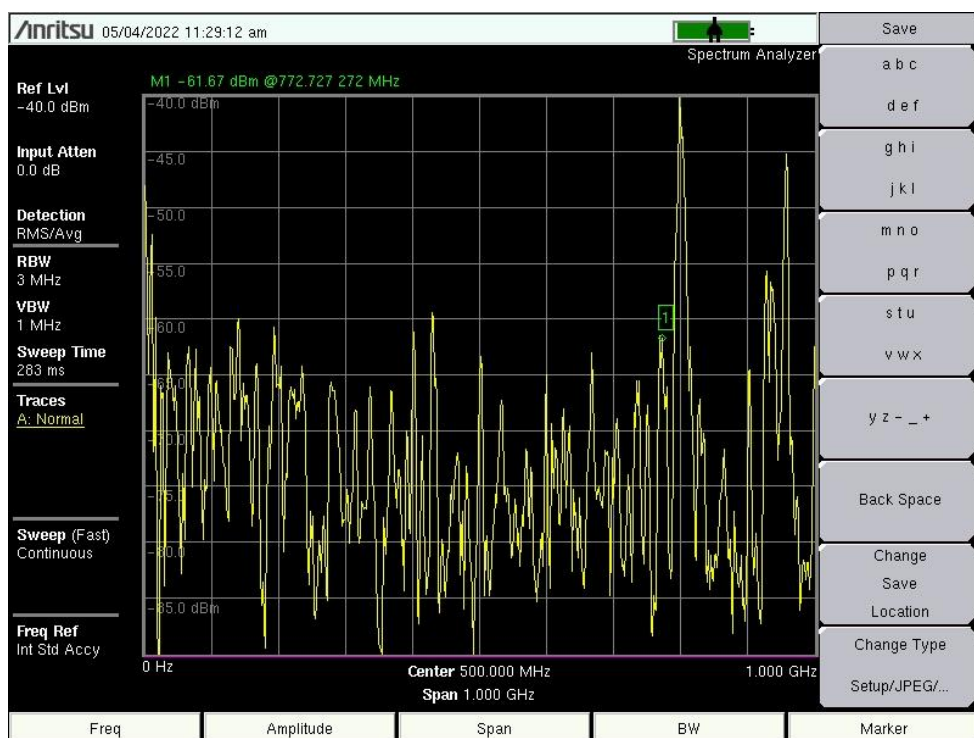
Sl. 4.14. Mjerenje magnetskog polja paralelno u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-H3 u mjernoj točki 2
Maksimalna vrijednost u ovoj mjernoj točki je -45.316 [dBm] u 145.454546 [MHz]



Sl. 4.15. Mjerenje magnetskog polja paralelno u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-H4 u mjernoj točki 6
Maksimalna vrijednost u ovoj mjernoj točki je -34.82 [dBm] u 800.000001 [MHz]



Sl. 4.16 Mjerenje električnog polja okomito u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-E1 u mjernoj točki 2
Maksimalna vrijednost u ovoj mjernoj točki je -45.06 [dBm] u 803.636364 [MHz]



Sl. 4.17 Mjerenje magnetskog polja okomito u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-H4 u mjernoj točki 7
Maksimalna vrijednost u ovoj mjernoj točki je -40.196 [dBm] u 798.181819 [MHz]

4.2.2. Tablice pretvorenih vrijednosti sonde

Dobivene vrijednosti nisu konačne zato što PBS sonde kojima su mjereni podaci imaju koeficijent antene koji se mora uzeti u obzir pri računanju dobivenih vrijednosti. Uz svoje sonde, tvrtka Aaronia AG uključuje i tablice pomoću kojih se pretvaraju dobivene vrijednosti. Jednostavno se unese željena vrijednost i frekvencija na kojoj je očitana te tablica izračuna prave vrijednosti. Rezultati u tablici ovise o vrsti korištene sonde. Ne moraju se uzeti sve mjerne jedinice, već samo one koje su potrebne. Mjerenje nije obavljeno u izoliranom prostoru, tj. u komori bez elektromagnetskog odjeka. Prema pravilima dobre inženjerske prakse treba se oduzeti vrijednost dobivena u mjernoj točki s vrijednošću dobivene mjerenjem slobodnog prostora. Zbog različitih utjecaja konstruktivnih i destruktivnih valova, moguće je dobiti slučaj u kojemu je vrijednost slobodnog prostora veća od maksimalne vrijednosti mjerne točke, u čijem je slučaju vrijednost točke negativna i uzima se njena apsolutna vrijednost.

25mm sonda za magnetska polja PBS-H3 (<=50MHz)		50mm sonda za magnetska polja PBS-H4 (<=70MHz)	
Frekvencija [MHz]	109.9	Frekvencija [MHz]	100
Snaga [dBm] (50Ohm)	-69.73	Snaga [dBm] (50Ohm)	-40
Napon [V] (50Ohm)	7.29432E-05	Napon [V] (50Ohm)	0.002236068
dBTesla	-195.6499538	dBTesla	-176.98
Tesla	0.0000000016500697688	Tesla	0.0000000141579377996
mTesla	0.00000016500697687632	mTesla	0.00000141579377995708
µTesla	0.00016500697687632400	µTesla	0.00141579377995708000
nTesla	0.16500697687632400000	nTesla	1.41579377995708000000
pTesla	165.00697687632400000000	pTesla	1415.79377995708000000000
Gauss	0.00000165006976876324	Gauss	0.00001415793779957080
mGauss	0.00165006976876324000	mGauss	0.01415793779957080000
µGauss	1.65006976876324000000	µGauss	14.15793779957080000000
nGauss	1650.06976876324000000000	nGauss	14157.93779957080000000000
Sonda za električna polja PBS-E1 (<=6GHz)			
Frekvencija [MHz]	100		
Snaga [dBm] (50Ohm)	-40		
Napon [V] (50Ohm)	0.002236068		
dBV/m	33.2		
V/m	45.70881896148750000000		
mV/m	45708.81896148750000000000		

Sl. 4.18. Općenit izgled tablica za pretvaranje vrijednosti očitane s grafa koje su praktične za računanje i uspoređivanje

Okomito								
Mjerna točka	1	2	3	4	5	6	7	8
nTesla	0.374212	0.1382207	0.1596	0.550667661	0.133742	3.15494	0.558542	0.262304
Paralelno								
Mjerna točka	1	2	3	4	5	6	7	8
nTesla	0.067562	0.4477479	0.1502	0.074099513	0.010594	5.769858	0.039814	0.00844
Slobodni prostor								
nTesla	2.295104							

Sl. 4.19 Tablica maksimalnih vrijednosti svake mjerne točke izmjerene sondom za magnetska polja PBS-H3
Maksimalna vrijednost izmjerena sondom za magnetska polja PBS-H3 je 5.769858 [nTesla] mjereno paralelno u mjernoj točki 6.

Okomito								
Mjerna točka	1	2	3	4	5	6	7	8
nTesla	0.366569	0.3079355	0.0464	0.148566813	0.028276	0.023001	0.778026	0.020148
Paralelno								
Mjerna točka	1	2	3	4	5	6	7	8
nTesla	0.117925	0.4265836	0.1955	0.080574344	0.127548	1.964218	0.097867	0.031003
Slobodni prostor								
nTesla	0.606178							

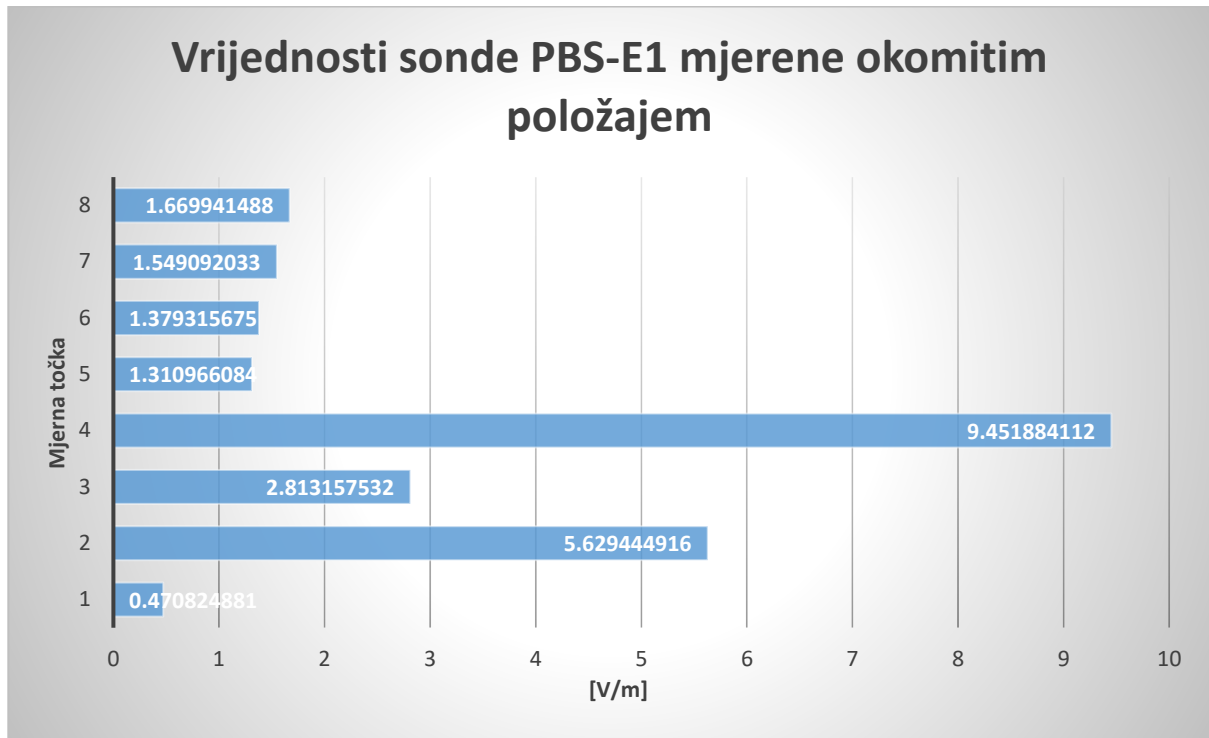
Sl. 4.20 Tablica maksimalnih vrijednosti svake mjerne točke izmjerene sondom za magnetska polja PBS-H4
Maksimalna vrijednost izmjerena sondom za magnetska polja PBS-H4 je 1.964218 [nTesla] mjereno paralelno u mjernoj točki 6.

Okomito								
Mjerna točka	1	2	3	4	5	6	7	8
V/m	0.470825	5.6294449	2.8132	9.451884112	1.310966	1.379316	1.549092	1.669941
Paralelno								
Mjerna točka	1	2	3	4	5	6	7	8
V/m	0.763822	1.1907467	1.7591	0.548038482	1.75077	0.291071	0.109655	0.336165
Slobodni prostor								
nTesla	19.89757							

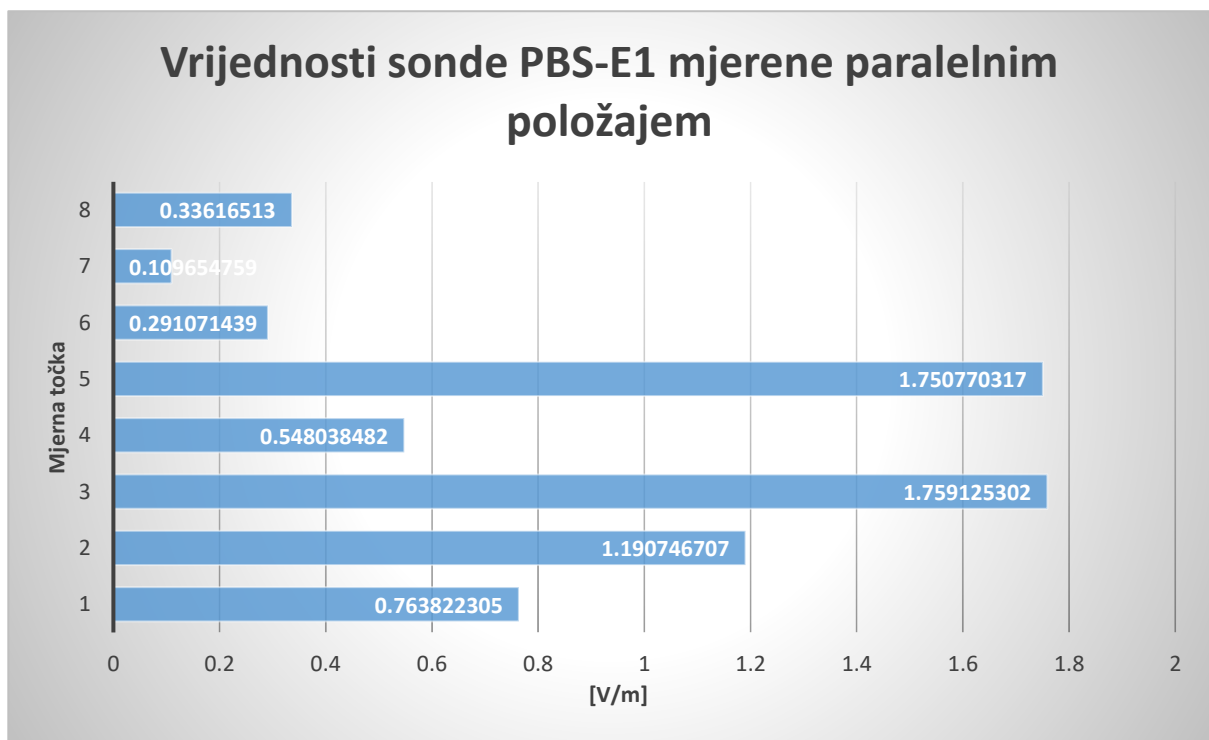
Sl. 4.21. Tablica maksimalnih vrijednosti svake mjerne točke izmjerene sondom za električna polja PBS-E1
Maksimalna vrijednost izmjerena sondom za električna polja PBS-E1 je 9.451884112 [V/m] mjereno okomito u mjernoj točki 4.

4.2.3. Grafovi rezultata i usporedba grafova

Nakon što su očitane i pretvorene sve maksimalne vrijednosti, sljedeći je korak napraviti grafove te ih usporediti.

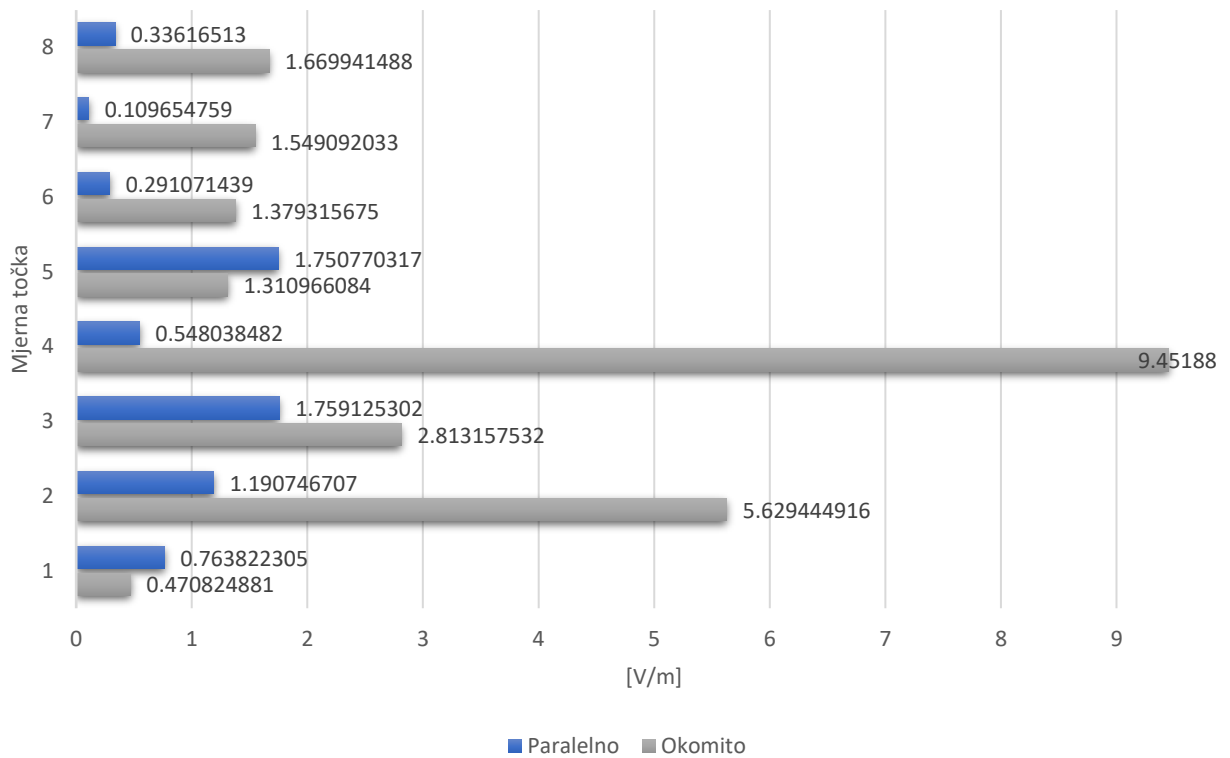


Sl. 4.22. Graf električne sonde PBS-E1 mjereno u okomitom položaju

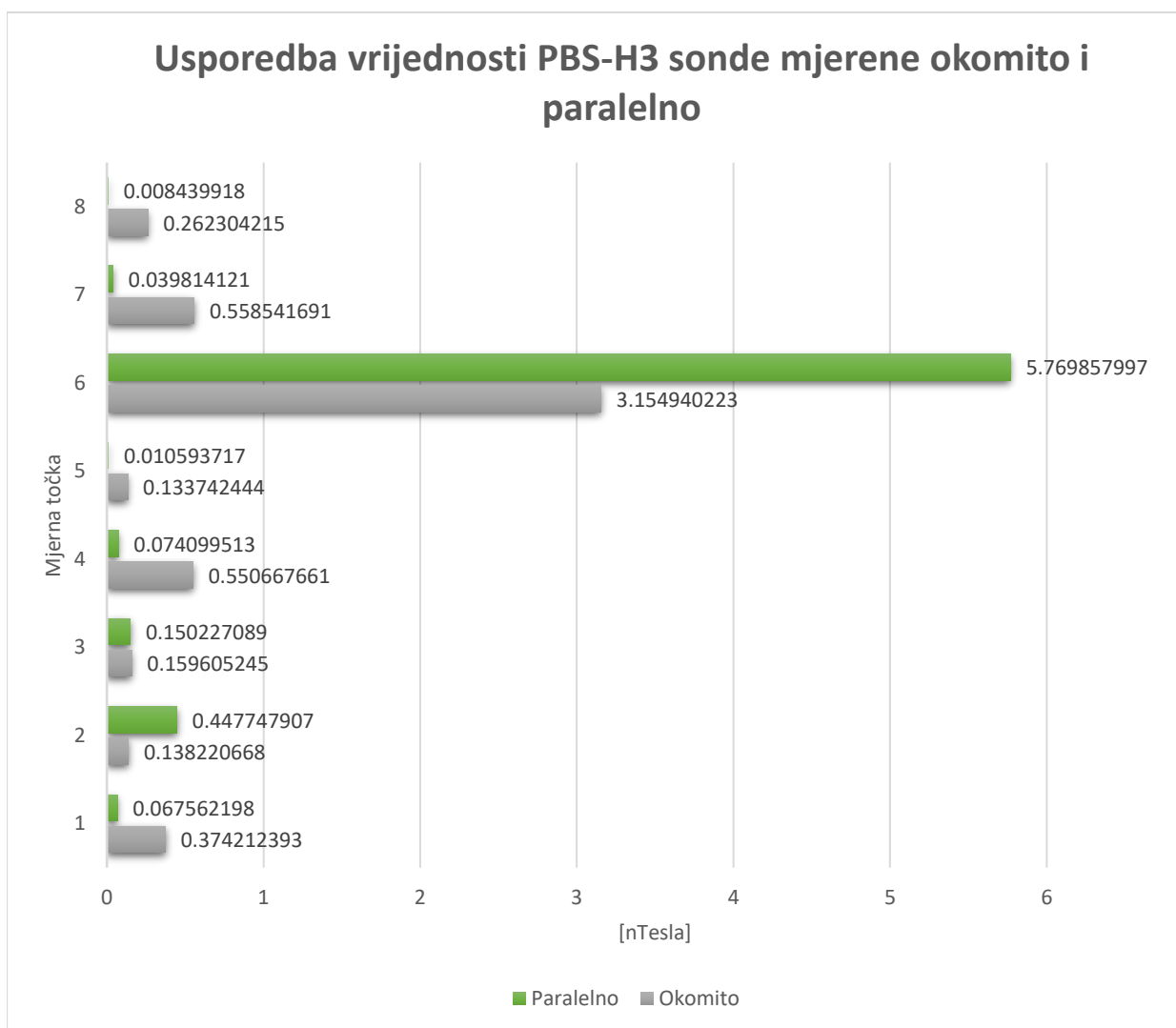


Sl. 4.23. Graf električne sonde PBS-E1 mjereno u paralelnom položaju

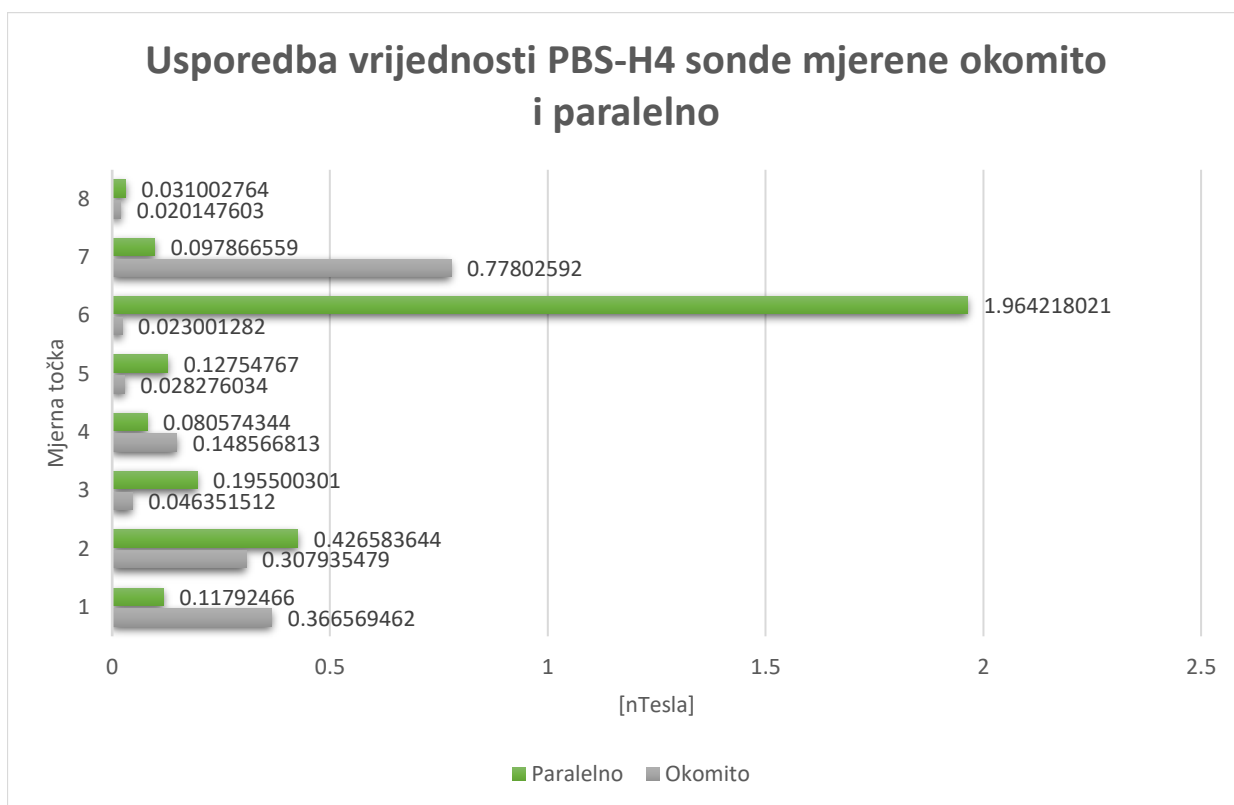
Usporedba vrijednosti PBS-E1 sonde mjerene okomito i paralelno



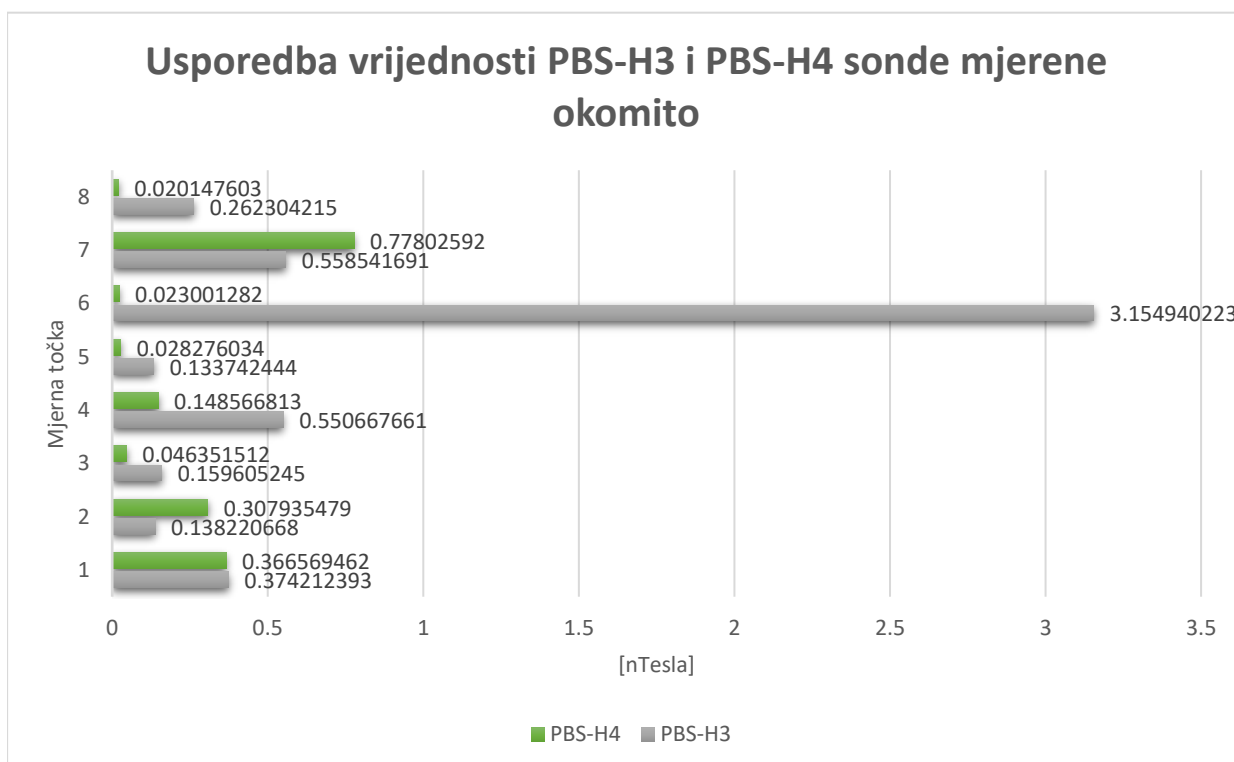
Sl. 4.24. Usporedba grafova električne sonde PBS-E1 mjereno u paralelnom i okomitom položaju



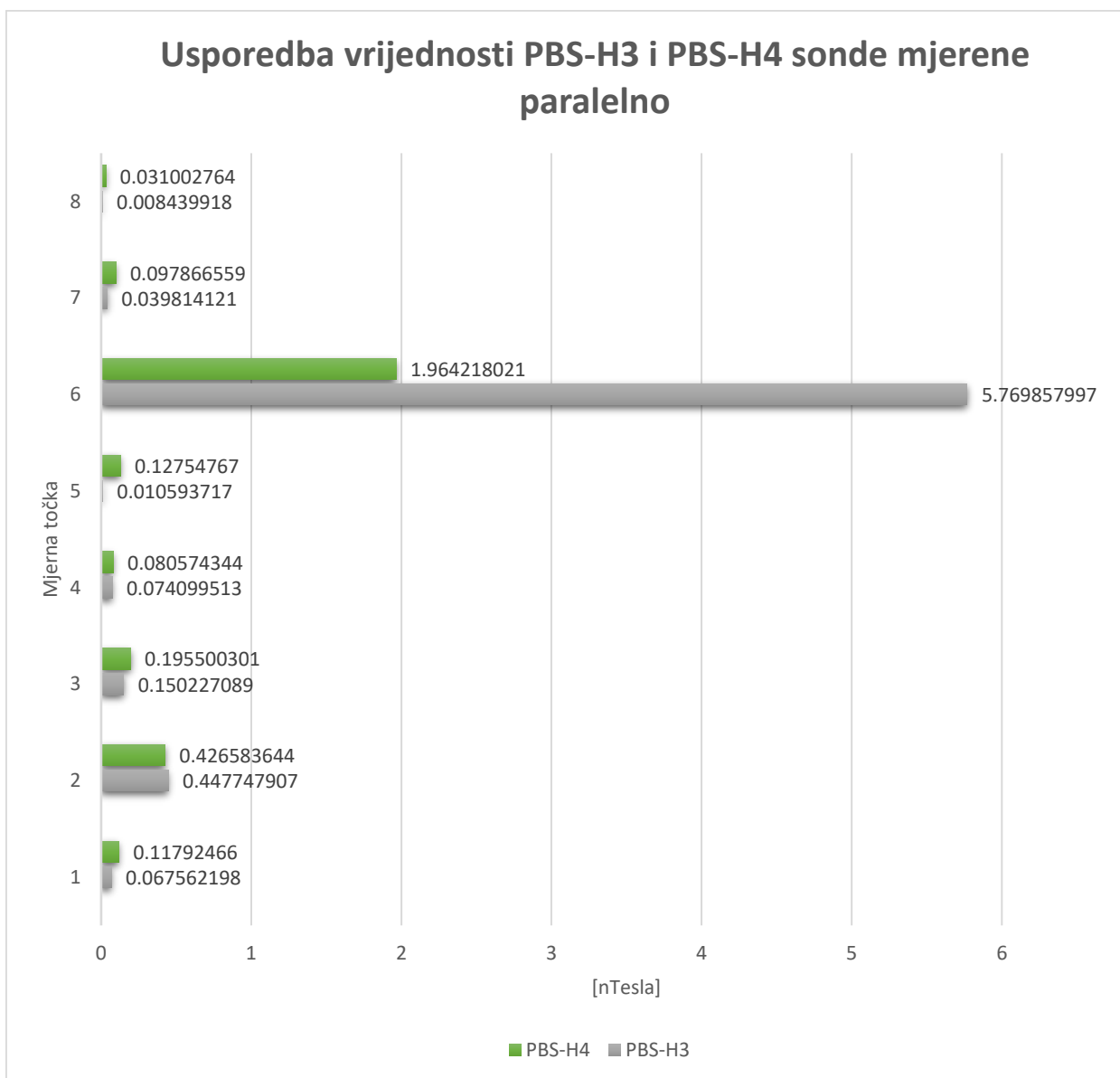
Sl. 4.25. Graf magnetske sonde PBS-H3 koji uspoređuje maksimalne vrijednosti izmjerene okomito i paralelno u mjernim točkama.



Sl. 4.26. Graf magnetske sonde PBS-H4 koji uspoređuje maksimalne vrijednosti izmjerene okomito i paralelno u mjernim točkama.



Sl. 4.27. Graf magnetskih sondi PBS-H3 i PBS-H4 koji uspoređuje maksimalne vrijednosti izmjerene okomito u mjernim točkama.



Sl. 4.28. Graf magnetskih sonde PBS-H3 i PBS-H4 koji uspoređuje maksimalne vrijednosti izmjerene paralelno u mjernim točkama.

5. ZAKLJUČAK

Zadatak ovog završnog rada bio je izmjeriti jačinu magnetskog i električnog bliskog polja matične ploče stolnog računala sa svim njenim komponentama. Kako bi se uspjelo izmjeriti prethodno navedena bliska polja, bilo je potrebno koristiti pravilne instrumente u ispravnim radnim uvjetima. Korištene su 3 sonde tvrtke Aariona AG, jedna električna sonda PBS-E1 i dvije magnetske sonde PBS-H3 i PBS-H4. Tim sondama mjerena su magnetska i električna polja na specifično odabranim mjernim točkama matične ploče gdje se nalaze sofisticirani dijelovi. Mjerenja su bila odrađena na dva načina, tj. paralelno i okomito u odnosu na matičnu ploču i njene dijelove kako bi se mogla uočiti razlika utjecaja bliskih polja na različite položaje mjernog instrumenta. Najveća vrijednost električnog polja izmjerena je okomito u mjernoj točki 4 koja se nalazi na kontroleru za most, a taj uređaj je podsustav koji integrira razne I/O funkcije. Najveća vrijednost magnetskog polja izmjerena je paralelno u mjernoj točki 6 koja je mjesto na matičnoj ploči gdje se nalazi zavojnica i veliki broj tranzistora. Ovi rezultati su bitni kako bi se znalo koji dijelovi matične ploče proizvode najjača bliska polja i kako bi se poduzele mjere da se dodatno izoliraju ti dijelovi radi smanjivanja njihovih utjecaja na ljudsko zdravlje. Ova mjerenja mogu se provesti na velikom broju elektroničkih uređaja radi preciznijih očitavanja bliskih polja i izoliranja njihovih utjecaja na čovjeka.

6. LITERATURA

- [1] M. J. Flynn, *Computer Architecture: Pipelined and Parallel Processor Design*, Sudbury: Jones and Bartlett Publishers, 1995..
- [2] Helen, »Partition Wizard,« MiniTool Software Ltd., 6 Travnja 2022. [Mrežno]. Available: <https://www.partitionwizard.com/partitionmanager/motherboard-components.html>. [Pokušaj pristupa 28 Lipnja 2022].
- [3] »Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje,« Leksigografski zavod Miroslav Krleža, 2021. [Mrežno]. Available: <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=70457>. [Pokušaj pristupa 28 Lipnja 2022].
- [4] Hakom, »Hakom - Uputa za mjerenje EMP,« 10 March 2015. [Mrežno]. Available: https://www.hakom.hr/UserDocsImages/2015/kontrola_spektra/VL-KS-UP-INTS-Uputa%20za%20mjerenje%20EMP%20za%20web-20150310.pdf?vel=3053282. [Pokušaj pristupa 28 Lipnja 2022].
- [5] Aaronia, »Aaronia,« 12 September 2014. [Mrežno]. Available: <https://aaronia.com//Datasheets/Antennas/RF-Near-Field-Probe-Set.pdf>. [Pokušaj pristupa 28 Lipnja 2022].
- [6] Asus, »Asus support,« 12 November 2003. [Mrežno]. Available: https://dlcdnets.asus.com/pub/ASUS/mb/sock478/p4pe-x/e1474_p4pe-x_te.pdf. [Pokušaj pristupa 28 Lipnja 2022].
- [7] »Memoryc,« MemoryC Inc, [Mrežno]. Available: <https://www.memoryc.com/3536-1gb-ocz-ddr2-pc2-6400-800mhz-gold-gx-xtc-dual-channel-kit.html>. [Pokušaj pristupa 14 Srpnja 2022].
- [8] Zago, »The retro web,« [Mrežno]. Available: <https://theretroweb.com/hardware/motherboards/asus-p4pe-x-te>. [Pokušaj pristupa 14 Srpnja 2022].
- [9] Vlask, »VGA museum,« 24 Kolovoza 2014. [Mrežno]. Available: <https://www.vgamuseum.info/index.php/charts/memory/item/249-nvidia-geforce2-ti>. [Pokušaj pristupa 14 Srpnja 2022].
- [10] »Hard disk direct,« [Mrežno]. Available: <https://harddiskdirect.com/hds721616plat80-hitachi-desktop-hard-drive.html>. [Pokušaj pristupa 14 Srpnja 2022].
- [11] S. Rupčić, *Predavanje STANDARDI I METODE MJERENJA EMC-a*, Osijek, 2022.

7. POPIS I OPIS UPOTREBLJENIH KRATICA

RISC (engl. reduced instruction set computer) – tip procesora sa smanjenim skupom naredba

CMOS (engl. Complementary Metal Oxide Semiconductor) – Komplementarni metal–oksid–poluvodič je mala količina memorije na matičnoj ploči računala koja pohranjuje BIOS postavke.

BIOS (engl. Basic Input/Output System) – osnovno ulazno/izlazni sustav je računalni program koji je prvi pokrenut pri uključivanju računala.

ASUS (engl. ASUSTek Computer Incorporated) – tvrtka koja proizvodi računalni i mobilni hardware te raznu računalnu opremu.

ROM (engl. Read only memory) – memorija samo za čitanje podataka je uređaj koji trajno skladišti podatke. Moguće je samo čitati programe i podatke s tog uređaja.

I/O (engl. Input/Output) – ulazno/izlazni – opisuje bilo koju operaciju, program ili uređaj koji prenosi podatke s računala ili na računalo.

RAM (engl. Random access memory) – Memorija s nasumičnim pristupom vrsta je memorije koja se može čitati i mijenjati bilo kojim redosljedom.

SAŽETAK

Završni rad bavi se mjerenjem električnih i magnetskih bliskih polja stolnog računala matične ploče. Navedeni su osnovni pojmovi i definicije elektromagnetskog, električnog i magnetskog polja. Nakon toga opisan je postupak mjerenja elektromagnetskog polja sa svim potrebnim uvjetima. Poslije upoznavanja s općenitim postupcima mjerenja, opisano je mjerenja odrađeno u završnom radu te svi potrebni instrumenti mjerenja. Tu je potrebno istaknuti koje su se mjerne točke koristile na matičnoj ploči i njihovu ulogu. Zatim slijede spektrogrami mjernih točaka i usporedba njihovih grafova iz kojih se mogu dobiti neki zaključci. Na poslijetku opisani su dobiveni rezultati te koji značaj imaju ti rezultati.

Ključne riječi: Blisko polje, Elektromagnetsko polje, Matična ploča, Okomito mjerenje, Paralelno mjerenje

Measuring electric and magnetic near fields on a desktop computer motherboard

ABSTRACT

The thesis' theme is around measuring electric and magnetic near fields from a desktop computer motherboard. Basic concepts and definitions of electromagnetic, electric, and magnetic fields are explained. Afterwards follows a description of the procedure of measuring electromagnetic field following all the necessary conditions. After describing basic measurement procedures, the measurement used in the thesis is described along with the measuring instruments. It is important to point out which of the measuring points were used on the motherboard and their role. Then follow some spectrograms of measured points along with the comparison of their graphs which contain their maximum values in each point. Lastly, the results are described along with the significance of those results.

Key words: Electromagnetic field, Motherboard, Near field, Parallel measurement, Vertical measurement

8. PRILOZI

P.4.0. Prvih 39 izmjerenih vrijednosti zapisane u tekstualnoj datoteci

```
# Begin TRACE A Data
P_0=-47.092000 , 0.000001 MHz
P_1=-49.860000 , 1.818182 MHz
P_2=-56.848000 , 3.636364 MHz
P_3=-69.812000 , 5.454546 MHz
P_4=-81.184000 , 7.272728 MHz
P_5=-78.384000 , 9.090910 MHz
P_6=-78.616000 , 10.909091 MHz
P_7=-80.064000 , 12.727273 MHz
P_8=-79.632000 , 14.545455 MHz
P_9=-78.200000 , 16.363637 MHz
P_10=-87.016000 , 18.181819 MHz
P_11=-85.468000 , 20.000000 MHz
P_12=-84.856000 , 21.818182 MHz
P_13=-79.784000 , 23.636364 MHz
P_14=-76.824000 , 25.454546 MHz
P_15=-79.268000 , 27.272728 MHz
P_16=-85.304000 , 29.090910 MHz
P_17=-82.296000 , 30.909091 MHz
P_18=-78.624000 , 32.727273 MHz
P_19=-85.096000 , 34.545455 MHz
P_20=-87.760000 , 36.363637 MHz
P_21=-89.312000 , 38.181819 MHz
P_22=-85.652000 , 40.000000 MHz
P_23=-82.508000 , 41.818182 MHz
P_24=-82.108000 , 43.636364 MHz
P_25=-78.116000 , 45.454546 MHz
P_26=-69.620000 , 47.272728 MHz
P_27=-67.560000 , 49.090910 MHz
P_28=-72.396000 , 50.909091 MHz
P_29=-83.232000 , 52.727273 MHz
P_30=-87.964000 , 54.545455 MHz
P_31=-86.040000 , 56.363637 MHz
P_32=-86.556000 , 58.181819 MHz
P_33=-85.708000 , 60.000000 MHz
P_34=-86.148000 , 61.818182 MHz
P_35=-88.860000 , 63.636364 MHz
P_36=-88.548000 , 65.454546 MHz
P_37=-82.268000 , 67.272728 MHz
P_38=-84.740000 , 69.090910 MHz
```

Sl. 8.1. Primjer prvih 39 vrijednosti izmjerenih u mjernoj točki prikazano s vrijednošću i frekvencijom na kojoj je izmjerena ta vrijednost u tekstualnom obliku

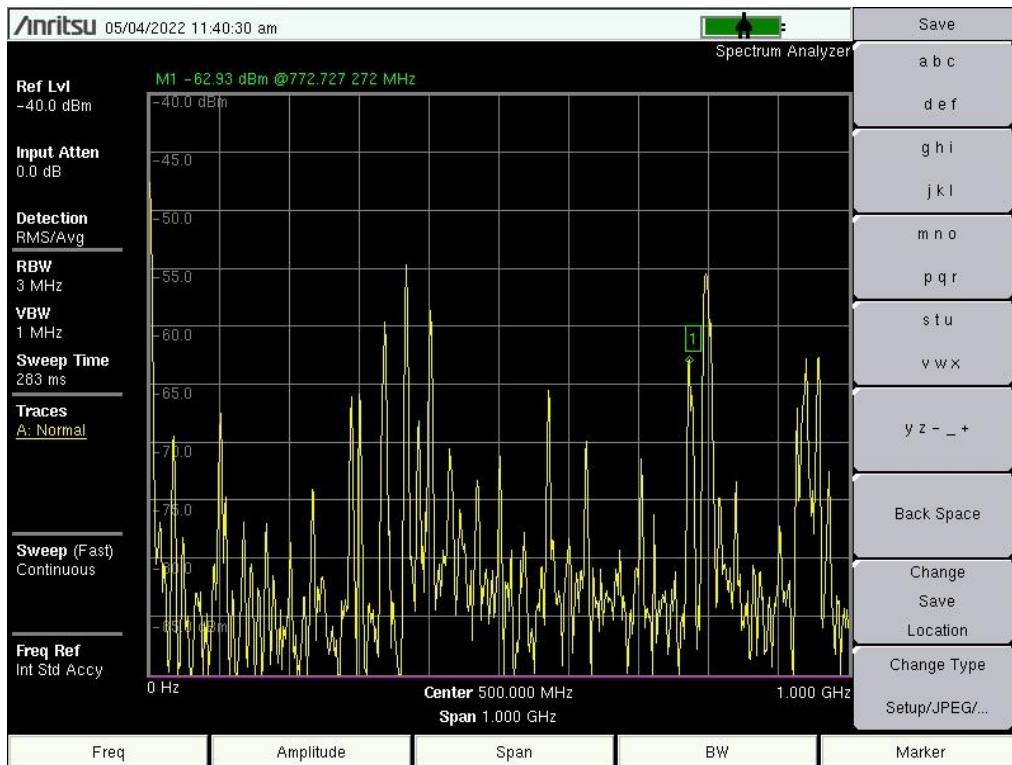
P.4.1. Zadnjih 39 izmjerenih vrijednosti zapisane u tekstualnoj datoteci

```
P_513=-72.388000 , 932.727273 MHz
P_514=-72.264000 , 934.545455 MHz
P_515=-70.856000 , 936.363637 MHz
P_516=-69.796000 , 938.181819 MHz
P_517=-68.424000 , 940.000001 MHz
P_518=-77.068000 , 941.818182 MHz
P_519=-82.184000 , 943.636364 MHz
P_520=-84.140000 , 945.454546 MHz
P_521=-81.824000 , 947.272728 MHz
P_522=-79.148000 , 949.090910 MHz
P_523=-72.500000 , 950.909091 MHz
P_524=-63.148000 , 952.727273 MHz
P_525=-58.664000 , 954.545455 MHz
P_526=-61.108000 , 956.363637 MHz
P_527=-67.508000 , 958.181819 MHz
P_528=-75.896000 , 960.000001 MHz
P_529=-76.028000 , 961.818182 MHz
P_530=-80.288000 , 963.636364 MHz
P_531=-85.748000 , 965.454546 MHz
P_532=-87.116000 , 967.272728 MHz
P_533=-88.532000 , 969.090910 MHz
P_534=-83.808000 , 970.909091 MHz
P_535=-86.948000 , 972.727273 MHz
P_536=-87.228000 , 974.545455 MHz
P_537=-88.516000 , 976.363637 MHz
P_538=-85.912000 , 978.181819 MHz
P_539=-89.088000 , 980.000001 MHz
P_540=-89.988000 , 981.818182 MHz
P_541=-84.828000 , 983.636364 MHz
P_542=-84.712000 , 985.454546 MHz
P_543=-83.824000 , 987.272728 MHz
P_544=-91.420000 , 989.090910 MHz
P_545=-87.980000 , 990.909091 MHz
P_546=-84.820000 , 992.727273 MHz
P_547=-82.052000 , 994.545455 MHz
P_548=-83.748000 , 996.363637 MHz
P_549=-82.164000 , 998.181819 MHz
P_550=-82.000000 , 1000.000001 MHz
```

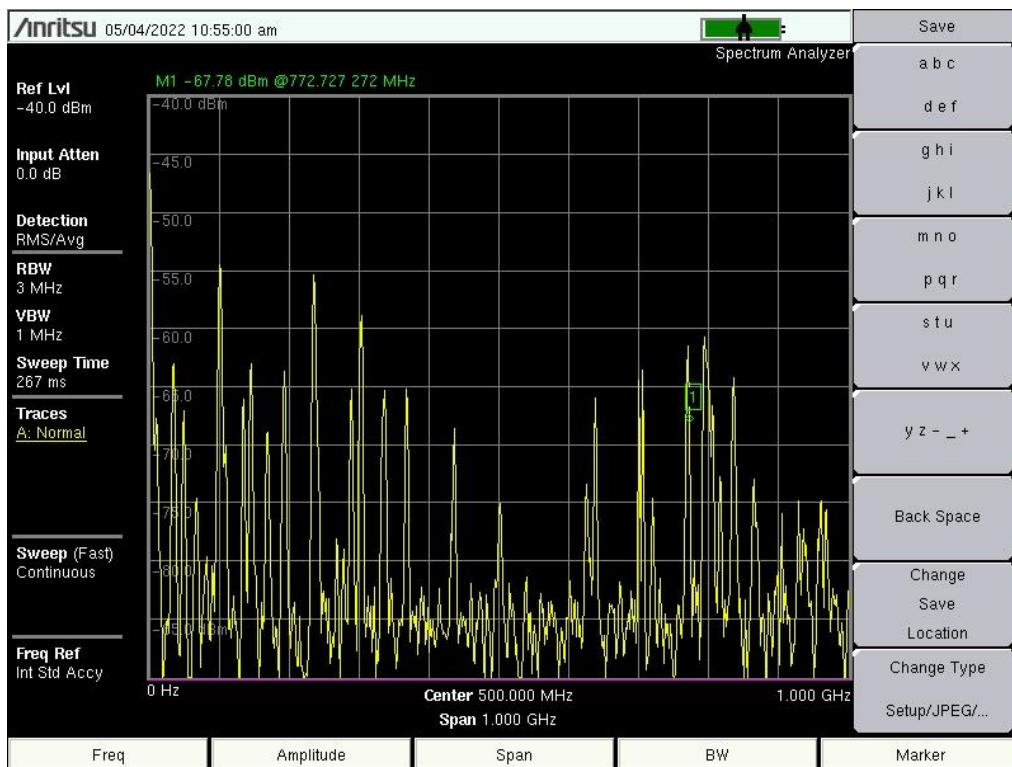
Data Done

Sl. 8.2. Primjer posljednjih 39 vrijednosti izmjerenih u mjernoj točki prikazano s vrijednošću i frekvencijom na kojoj je izmjerena ta vrijednost u tekstualnom obliku

P.4.2. Spektrogram električnog i magnetskog polja paralelnog mjerenja u mjernoj točki 1

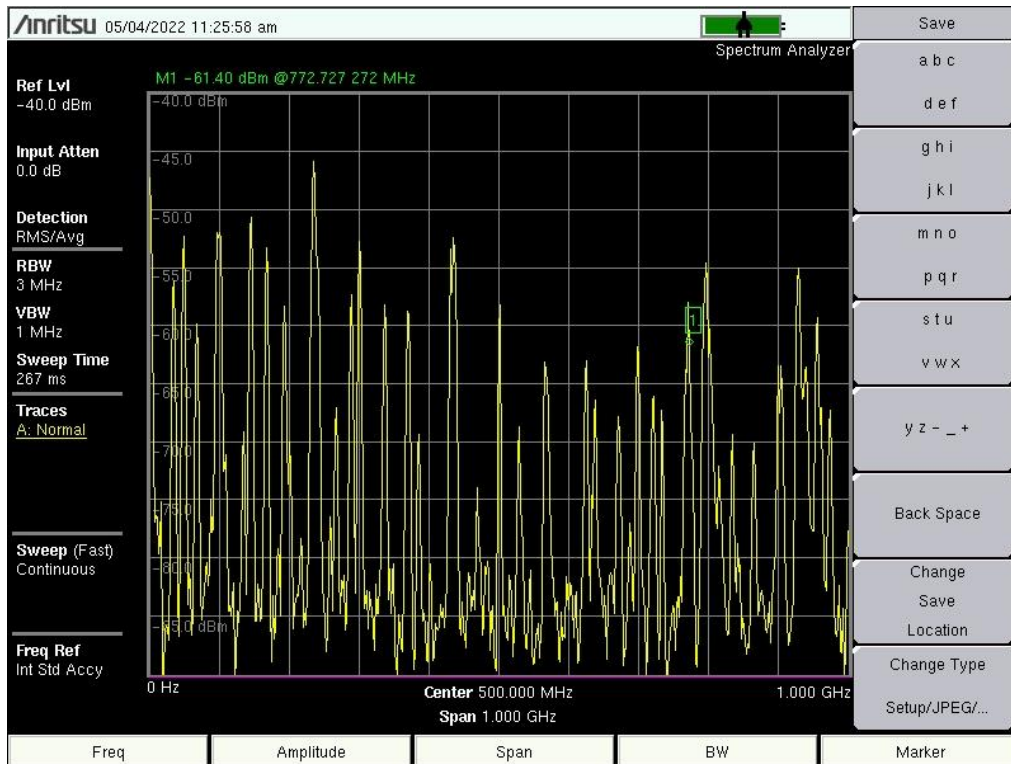


Sl. 8.3. Spektrogram električnog polja mjenog paralelno u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-E1 u mjernoj točki 1

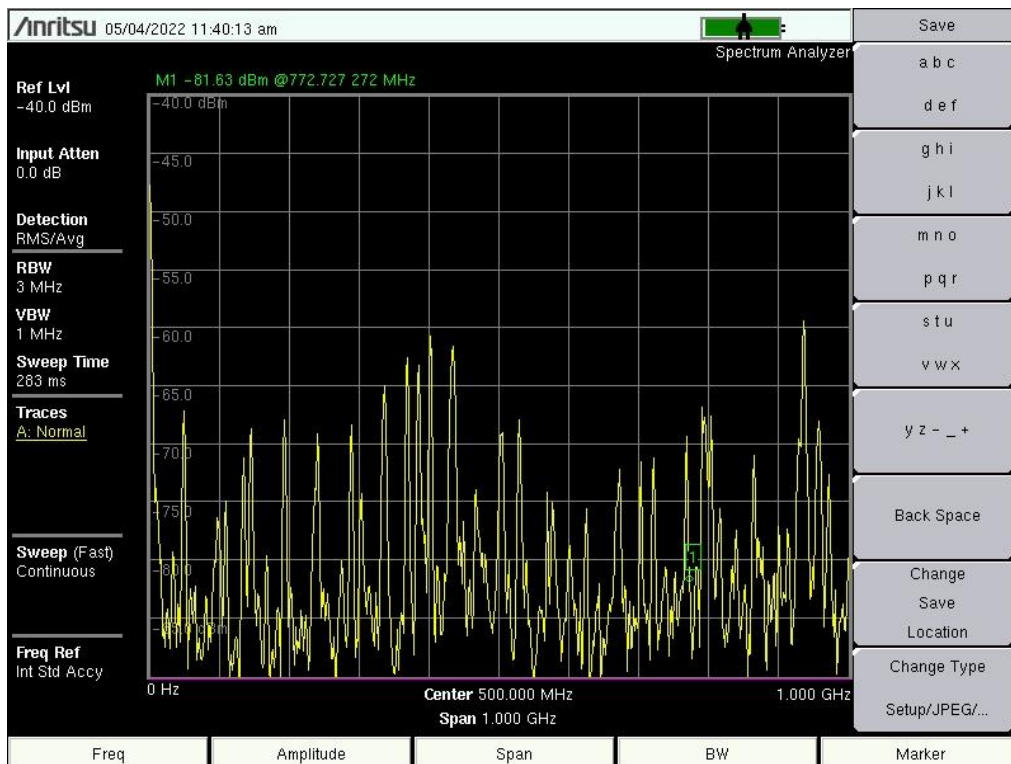


Sl. 8.4 Spektrogram magnetskog polja mjenog paralelno u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-H3 u mjernoj točki 1

P.4.3. Spektrogram električnog polja u mjernoj točki 2 i magnetskog polja u mjernoj točki 1 paralelnog mjerenja

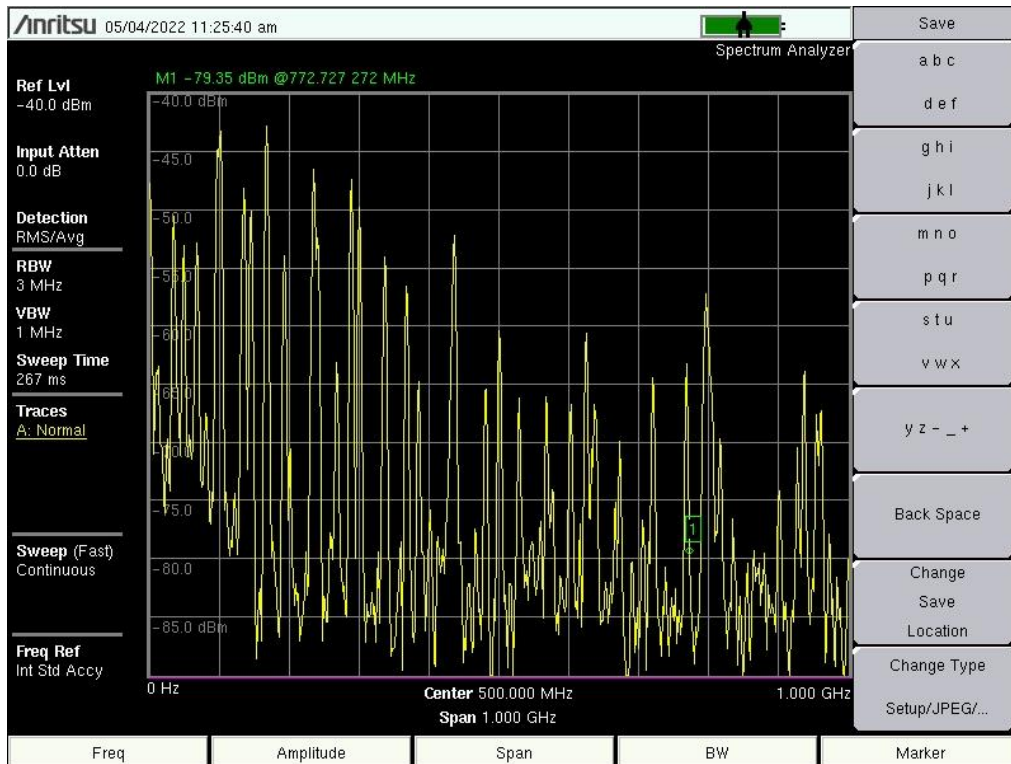


Sl. 8.5. Spektrogram magnetskog polja mjenog paralelno u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-H4 u mjernoj točki 1

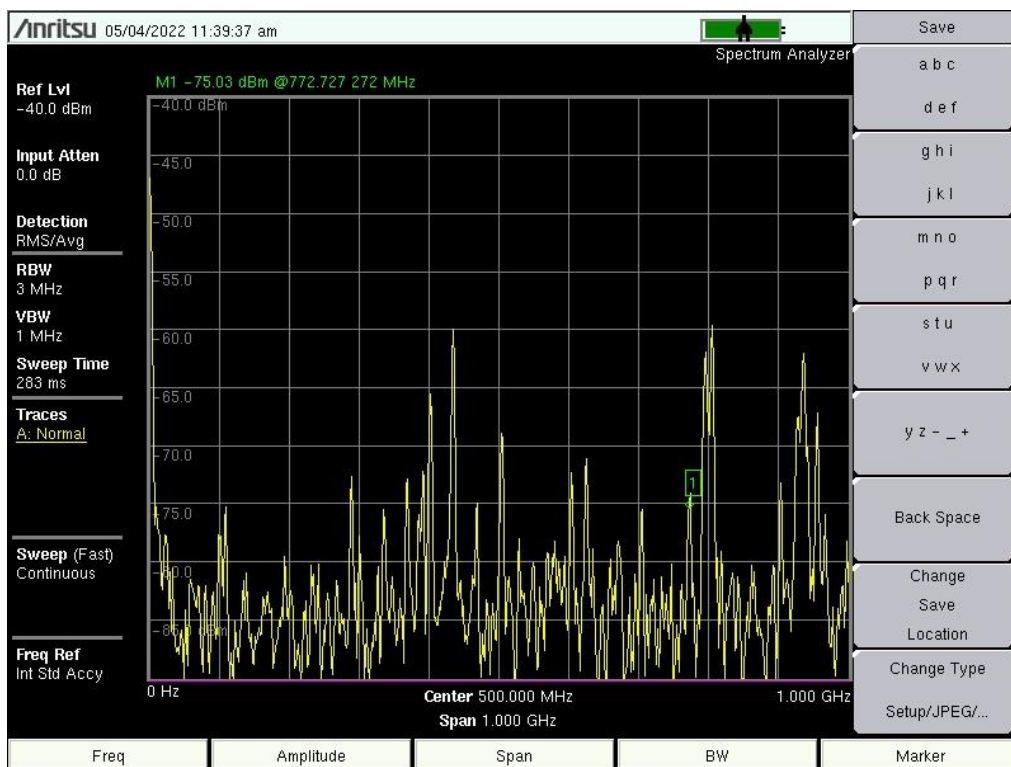


Sl. 8.6 Spektrogram električnog polja mjenog paralelno u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-E1 u mjernoj točki 2

P.4.4. Spektrogram električnog polja u mjernoj točki 4 i magnetskog polja u mjernoj točki 2 paralelnog mjerenja

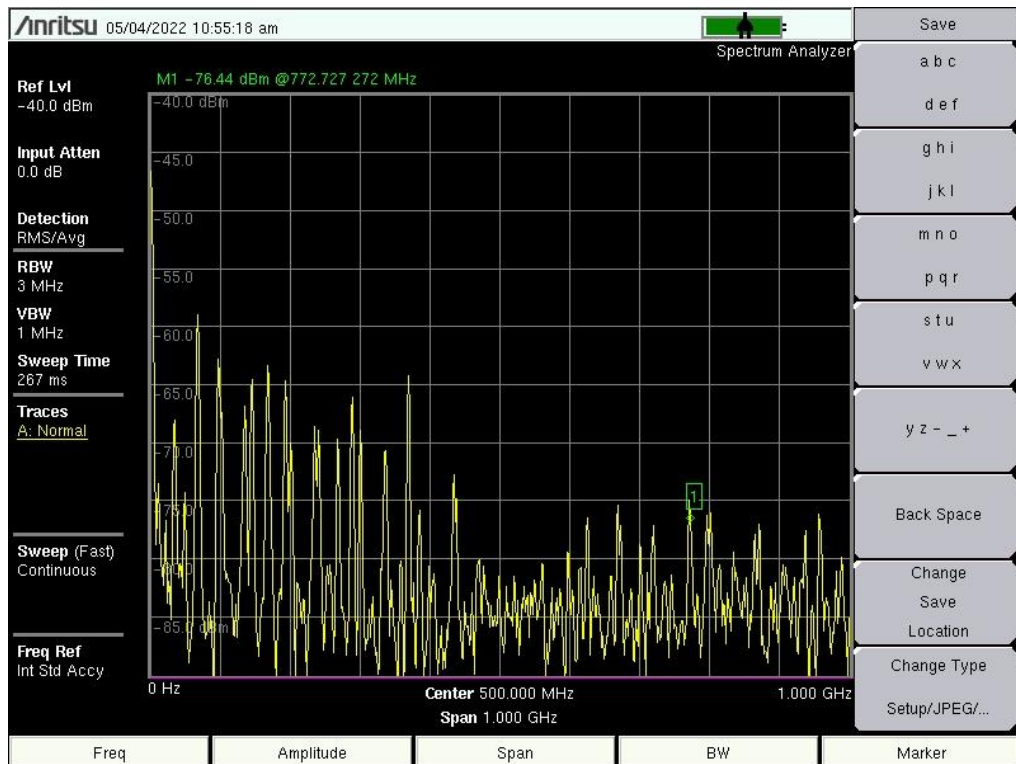


Sl. 8.7. Spektrogram magnetskog polja mjenog paralelno u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-H4 u mjernoj točki 2

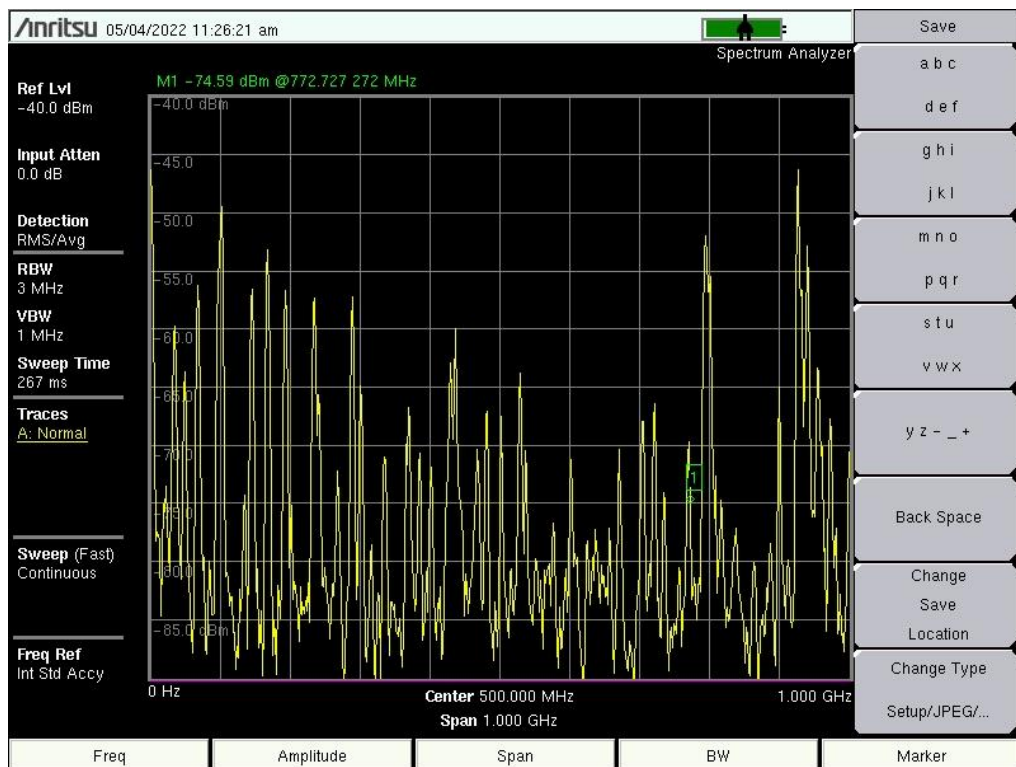


Sl. 8.8 Spektrogram električnog polja mjenog paralelno u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-E1 u mjernoj točki 4

P.4.5. Spektrogram magnetskih polja u mjernoj točki 4 paralelnog mjerenja

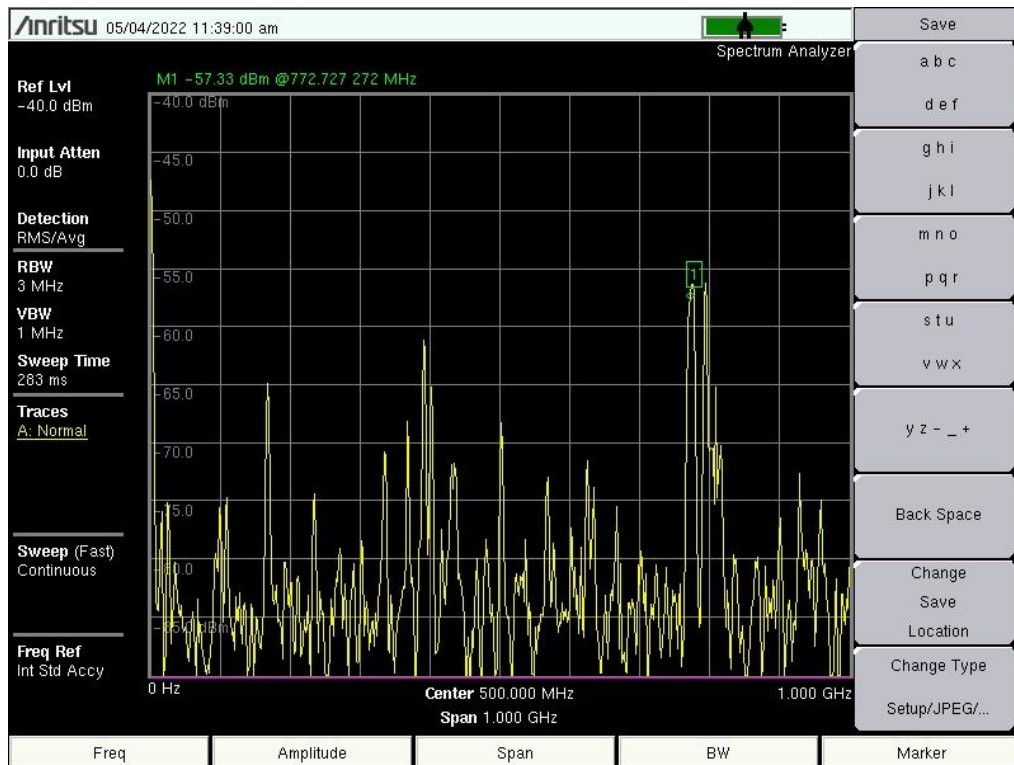


Sl. 8.9. Spektrogram magnetskog polja mjenog paralelno u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-H3 u mjernoj točki 4

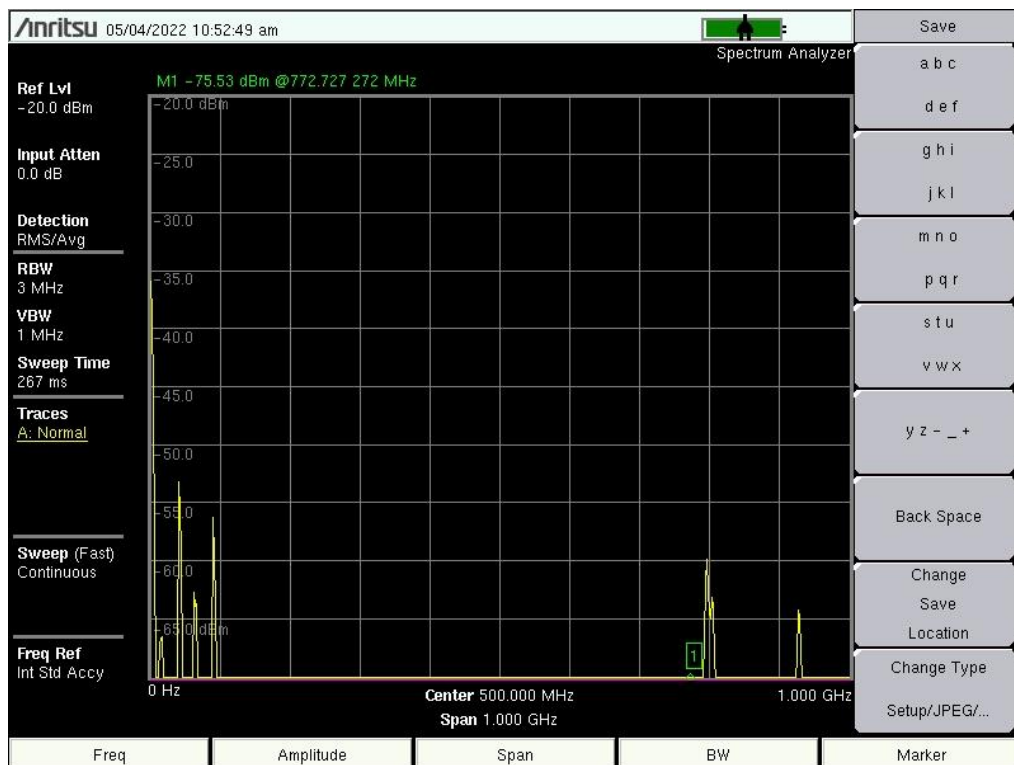


Sl. 8.10 Spektrogram magnetskog polja mjenog paralelno u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-H4 u mjernoj točki 4

P.4.6. Spektrogram električnog i magnetskog polja u mjernoj točki 6 paralelnog mjerenja

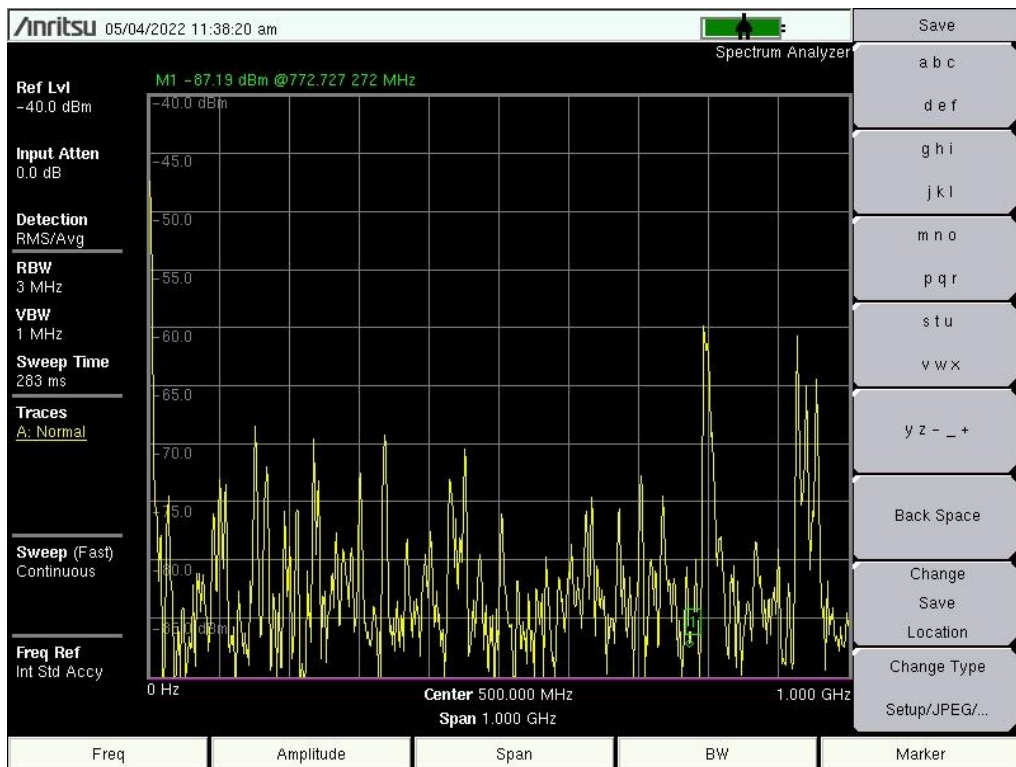


Sl. 8.11. Spektrogram električnog polja mjenog paralelno u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-E1 u mjernoj točki 6

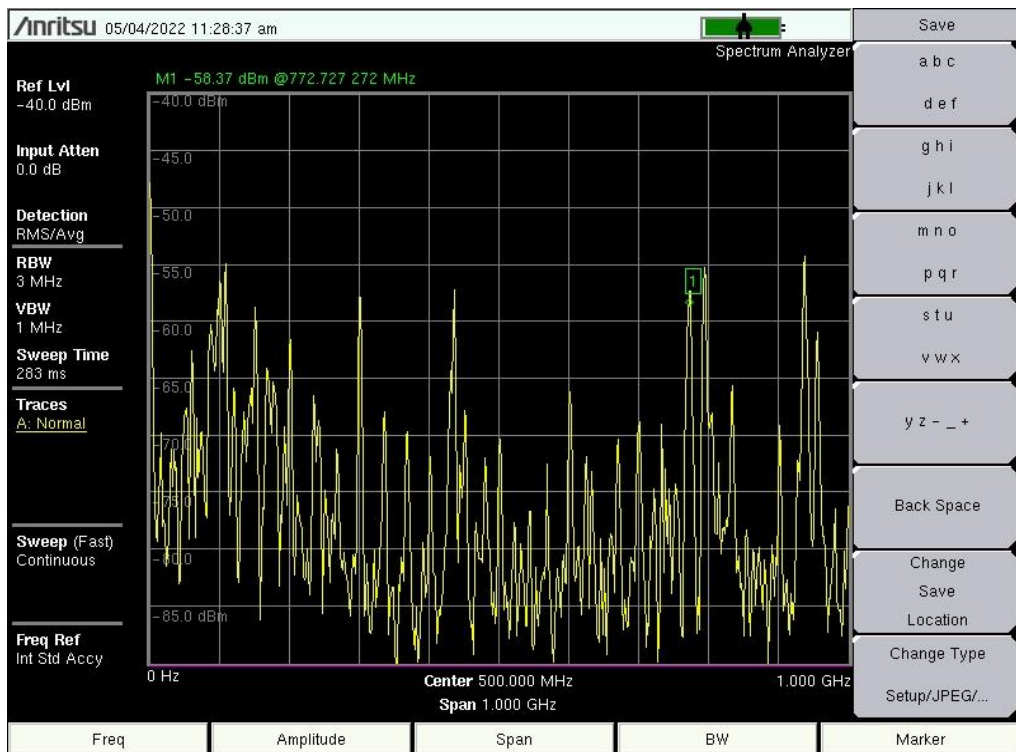


Sl. 8.12 Spektrogram magnetskog polja mjenog paralelno u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-H3 u mjernoj točki 6

P.4.7. Spektrogram električnog i magnetskog polja u mjernoj točki 8 paralelnog mjerenja

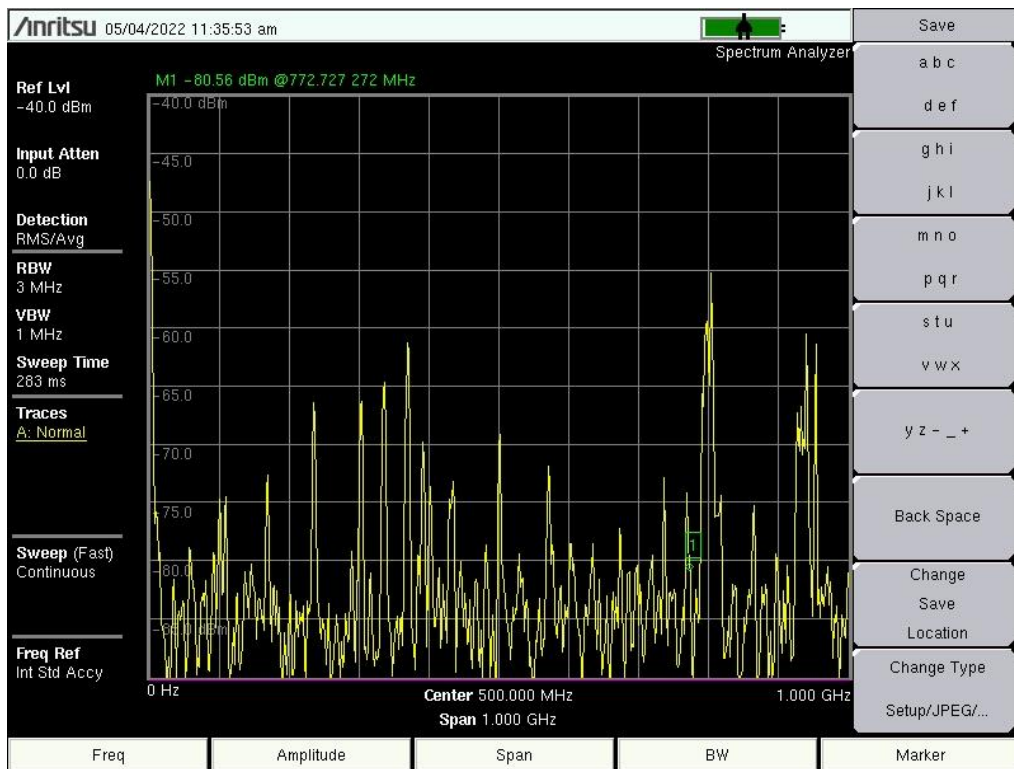


Sl. 8.13. Spektrogram električnog polja mjenenog paralelno u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-E1 u mjernoj točki 8

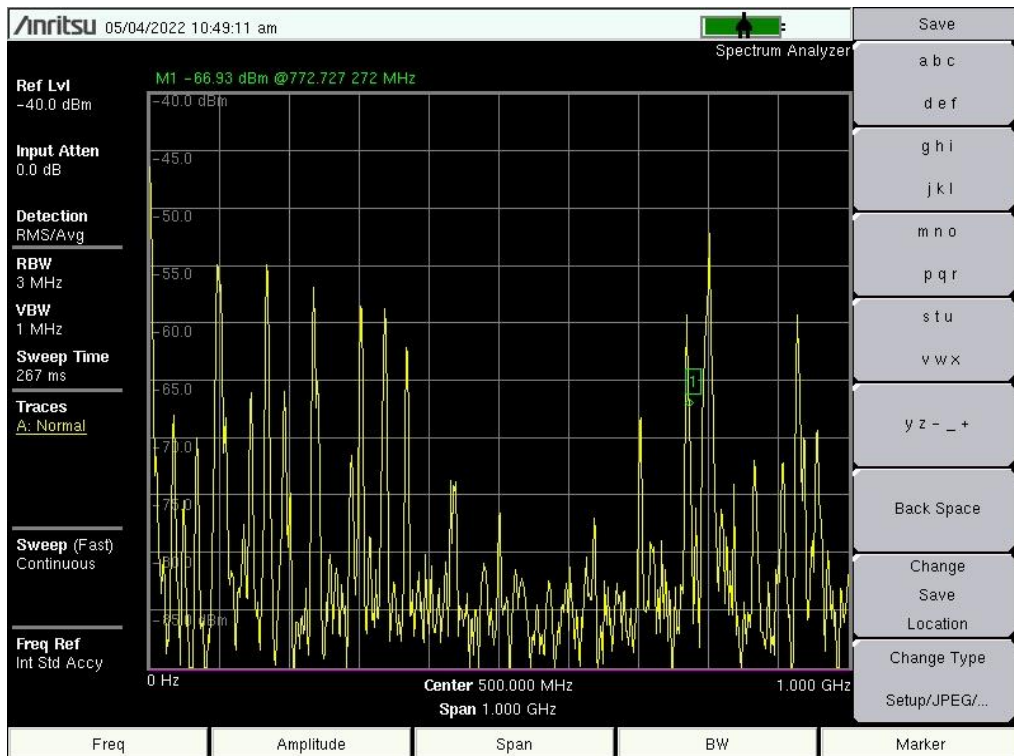


Sl. 8.14 Spektrogram magnetskog polja mjenenog paralelno u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-H4 u mjernoj točki 8

P.4.8. Spektrogram električnog i magnetskog polja u mjernoj točki 1 okomitog mjerenja

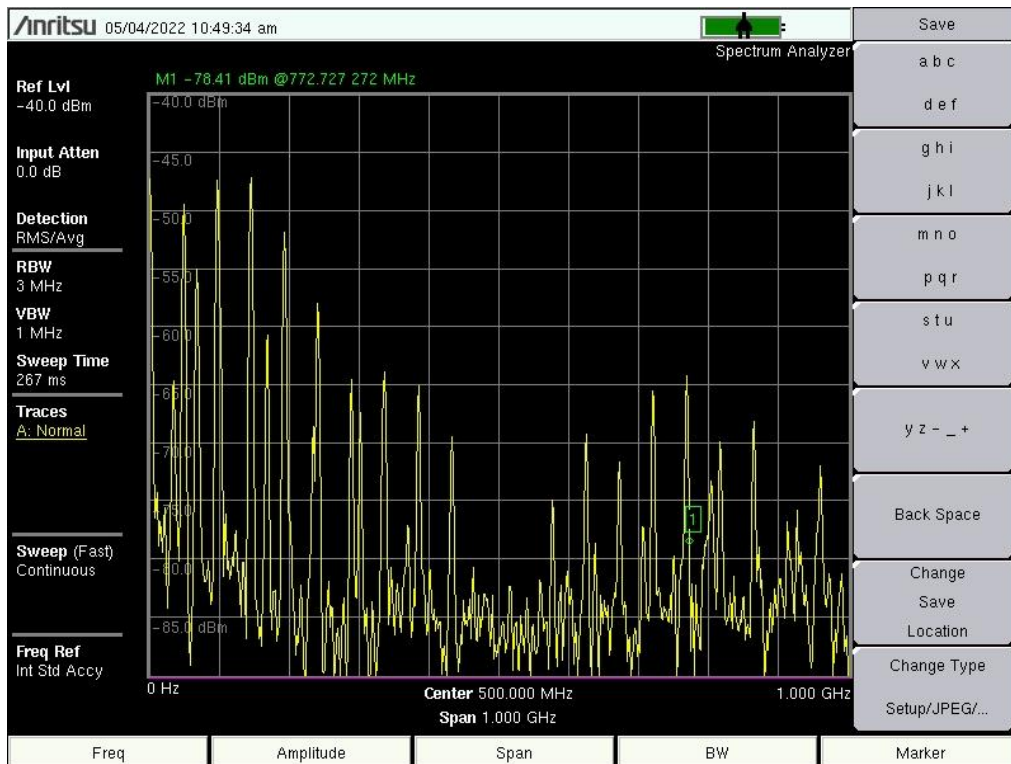


Sl. 8.15. Spektrogram električnog polja mjenenog okomito u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-E1 u mjernoj točki 1

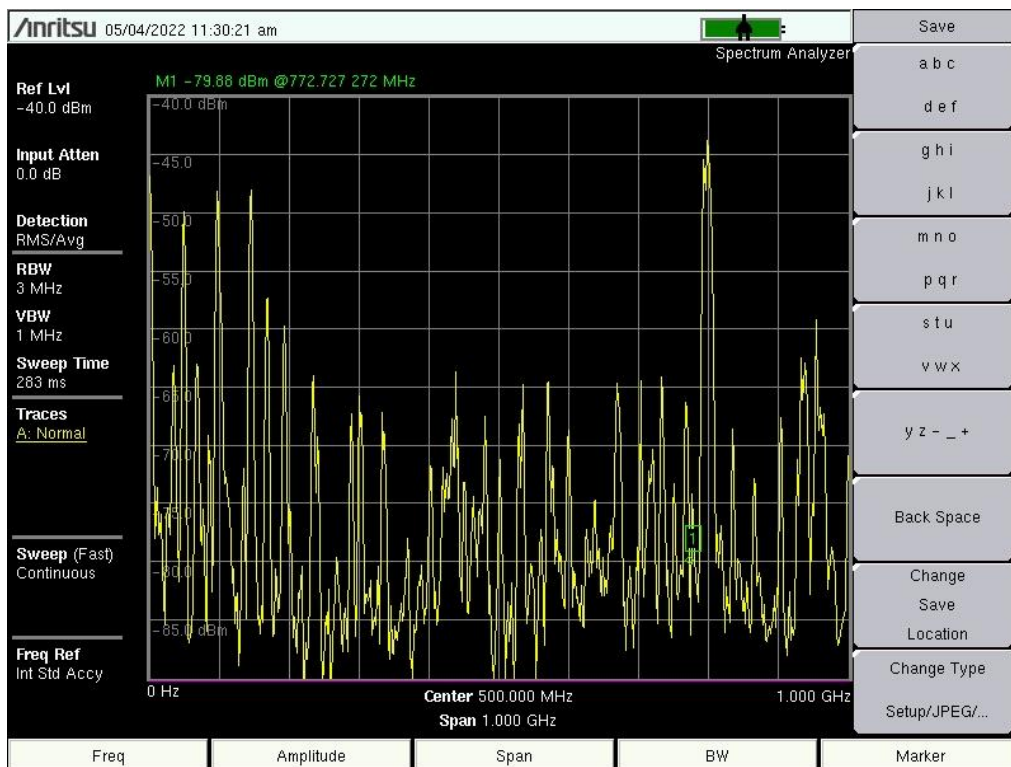


Sl. 8.16 Spektrogram magnetskog polja mjenenog okomito u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-H3 u mjernoj točki 1

P.4.9. Spektrogram magnetskih polja u mjernoj točki 2 okomitog mjerenja

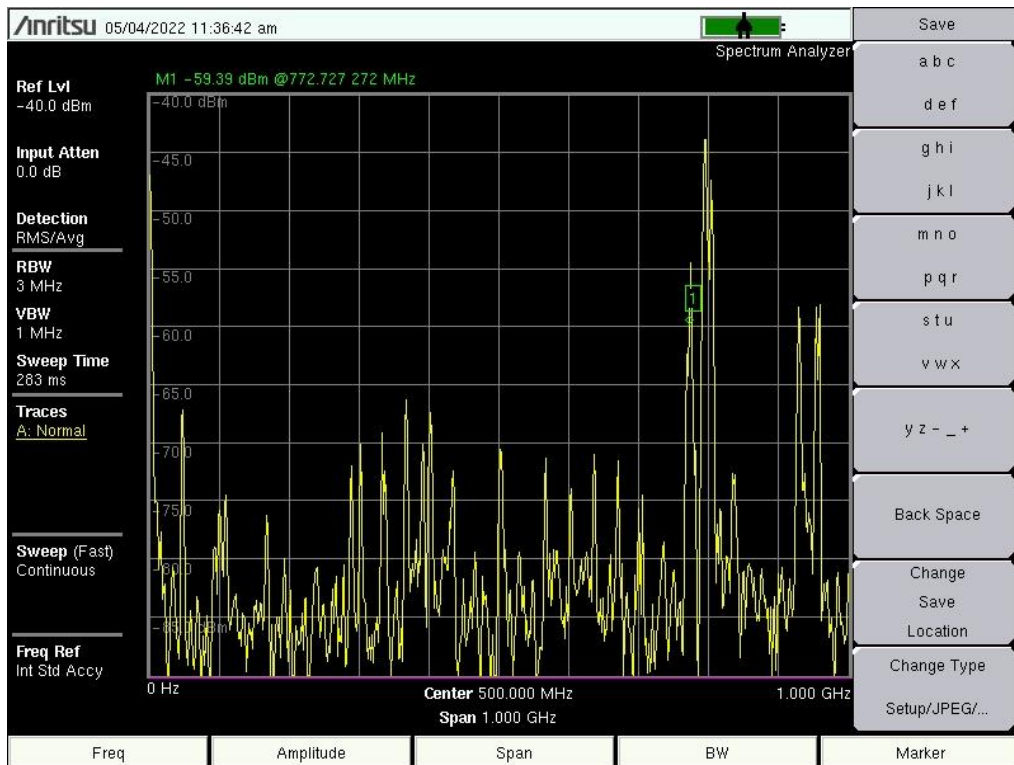


Sl. 8.17. Spektrogram magnetskog polja mjenog okomito u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-H3 u mjernoj točki 2

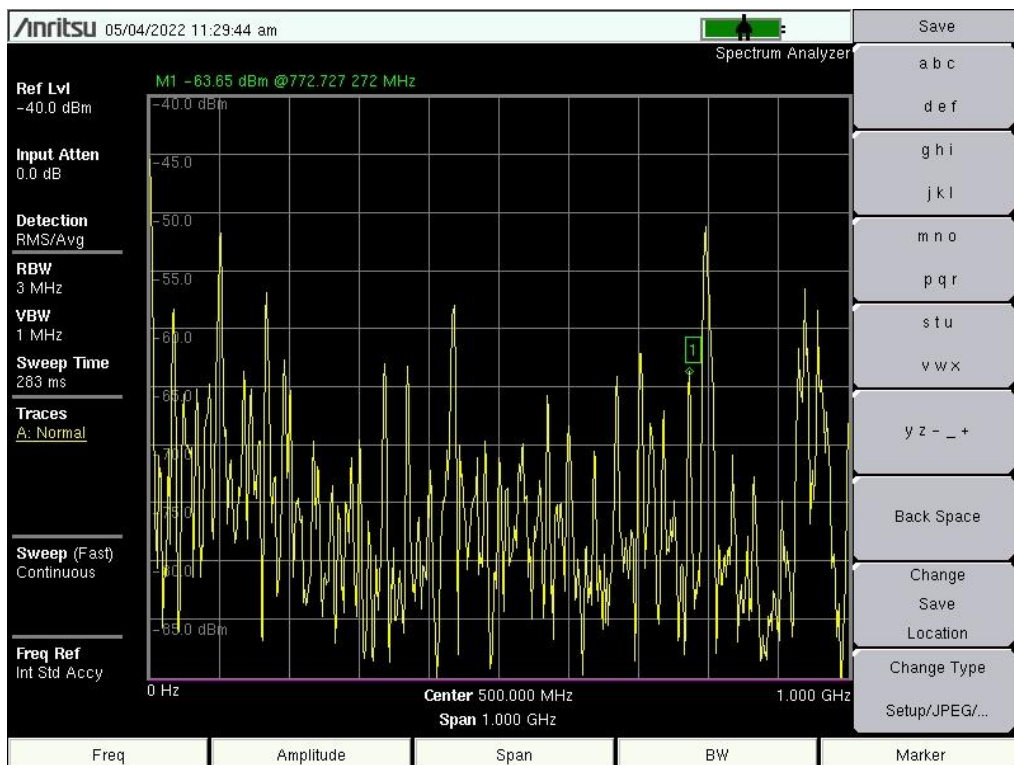


Sl. 8.18 Spektrogram magnetskog polja mjenog okomito u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-H4 u mjernoj točki 2

P.4.10. Spektrogram električnog i magnetskog polja u mjernoj točki 4 okomitog mjerenja

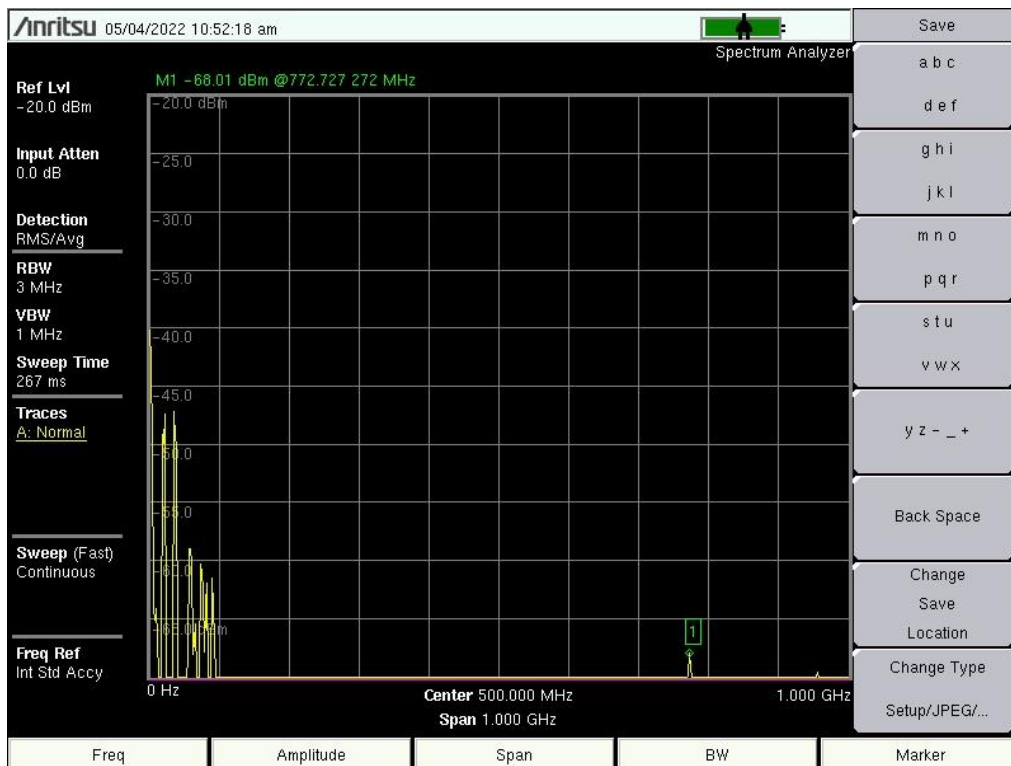


Sl. 8.19. Spektrogram električnog polja mjenog okomito u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-E1 u mjernoj točki 4

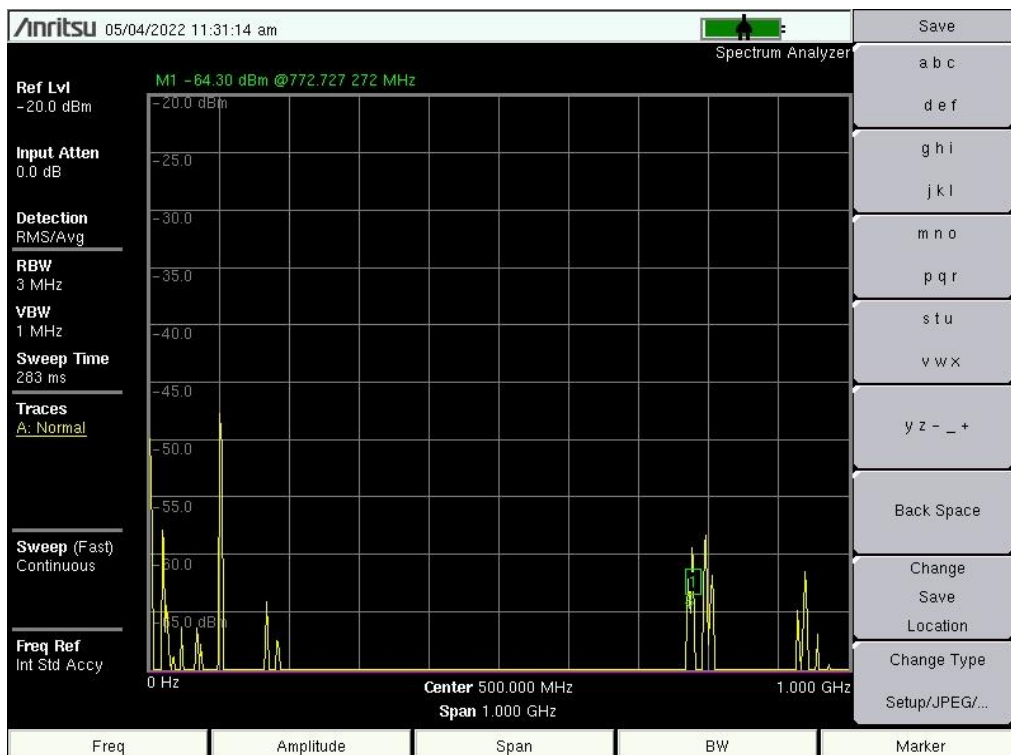


Sl. 8.20 Spektrogram magnetskog polja mjenog okomito u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-H4 u mjernoj točki 4

P.4.11. Spektrogram magnetskih polja u mjernoj točki 6 okomitog mjerenja

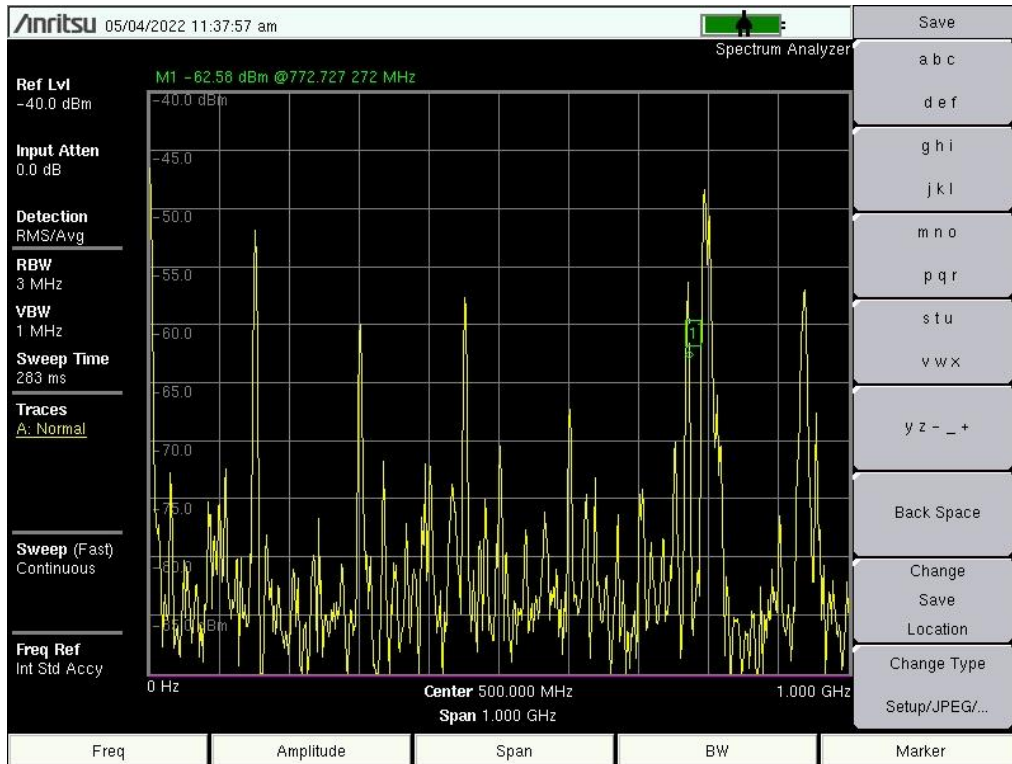


Sl. 8.21. Spektrogram magnetskog polja mjenenog okomito u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-H3 u mjernoj točki 6

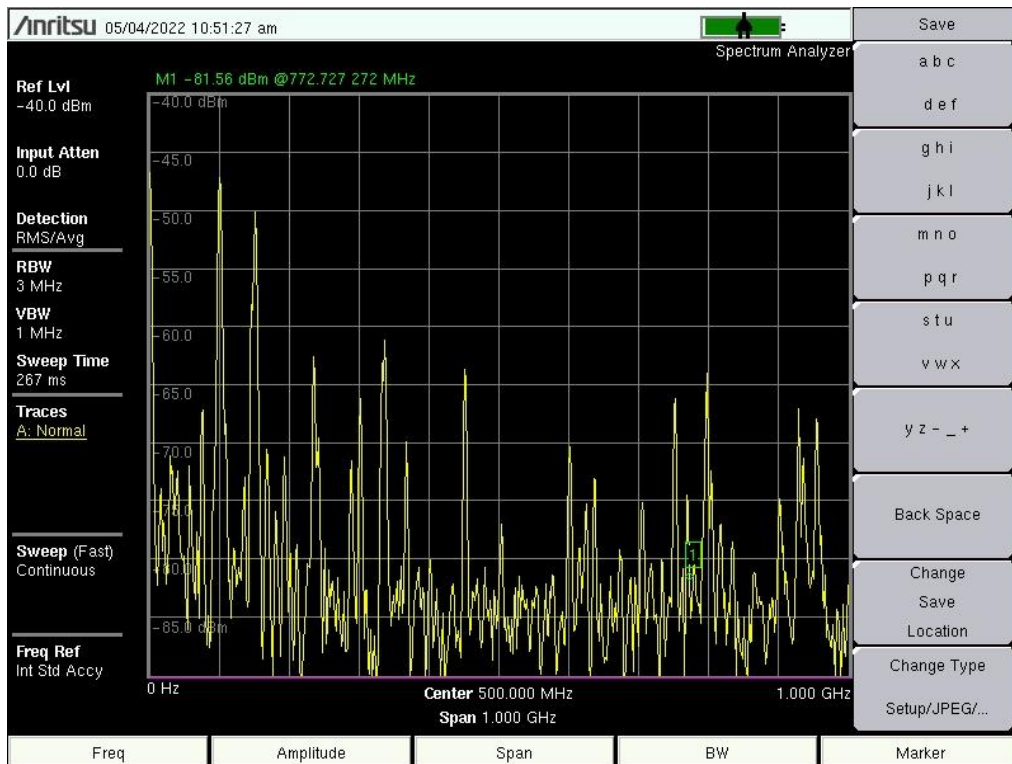


Sl. 8.22 Spektrogram magnetskog polja mjenenog okomito u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-H4 u mjernoj točki 6

P.4.12. Spektrogram električnog i magnetskog polja u mjernoj točki 8 okomitog mjerenja

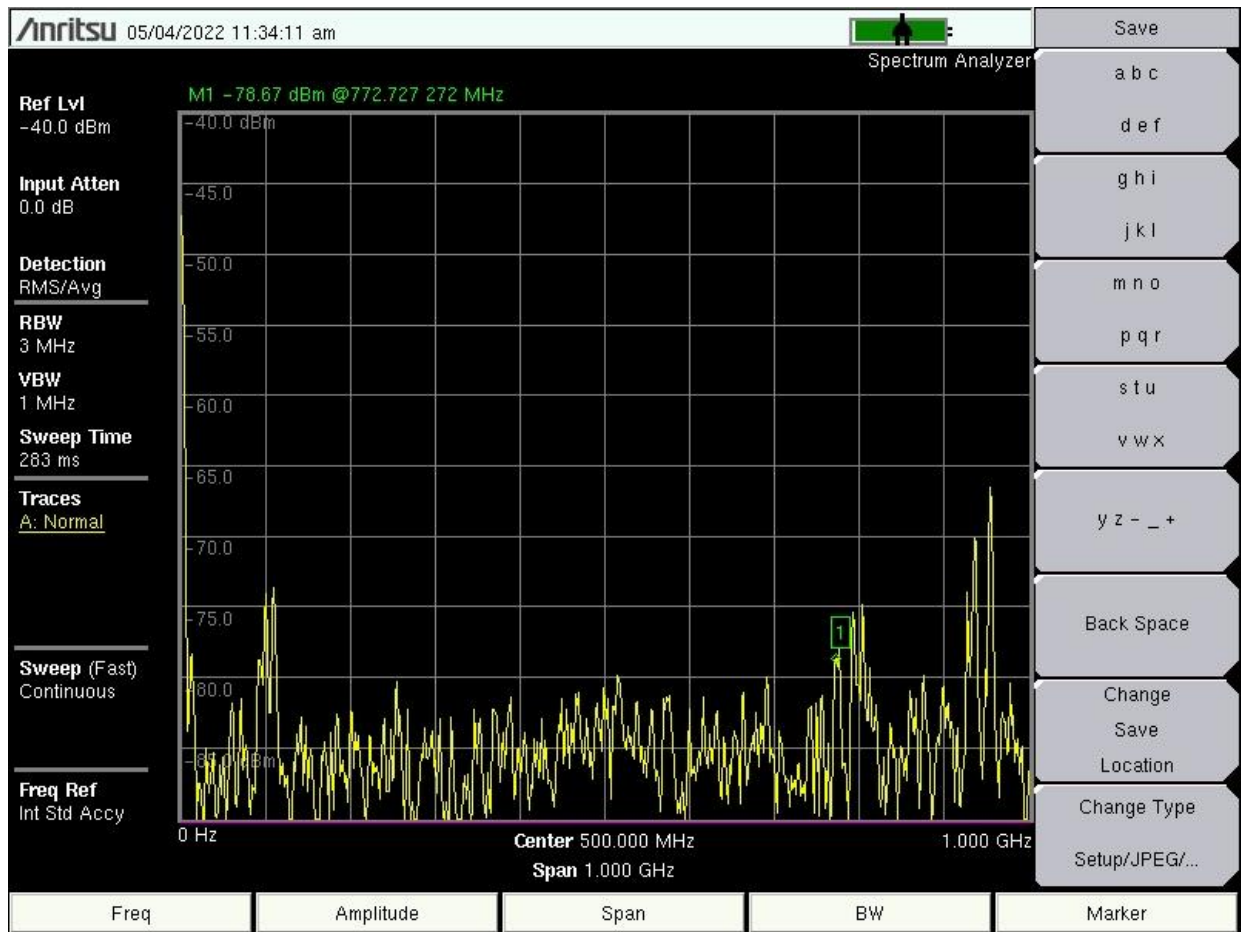


Sl. 8.23. Spektrogram električnog polja mjenog okomito u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-E1 u mjernoj točki 8



Sl. 8.24 Spektrogram magnetskog polja mjenog okomito u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-H3 u mjernoj točki 8

P.4.13. Spektrogram električnog polja u slobdnome prostoru



Sl. 8.25. Spektrogram električnog polja u ovisnosti o frekvenciji koristeći sondu PBS-E1 u slobdnome prostoru