

Preliminary Measurements of Schumann's Resonances (SR) in the Greek Area.

**Giorgos Tatsis¹, Constantinos I. Votis¹,
Vasilis Christofilakis¹, Panos Kostarakis¹,
Vasilis Tritakis^{2,3}, Christos Repapis^{2,3}**

¹Physics Department Electronics-Telecommunications and Applications Laboratory University of Ioannina , Greece

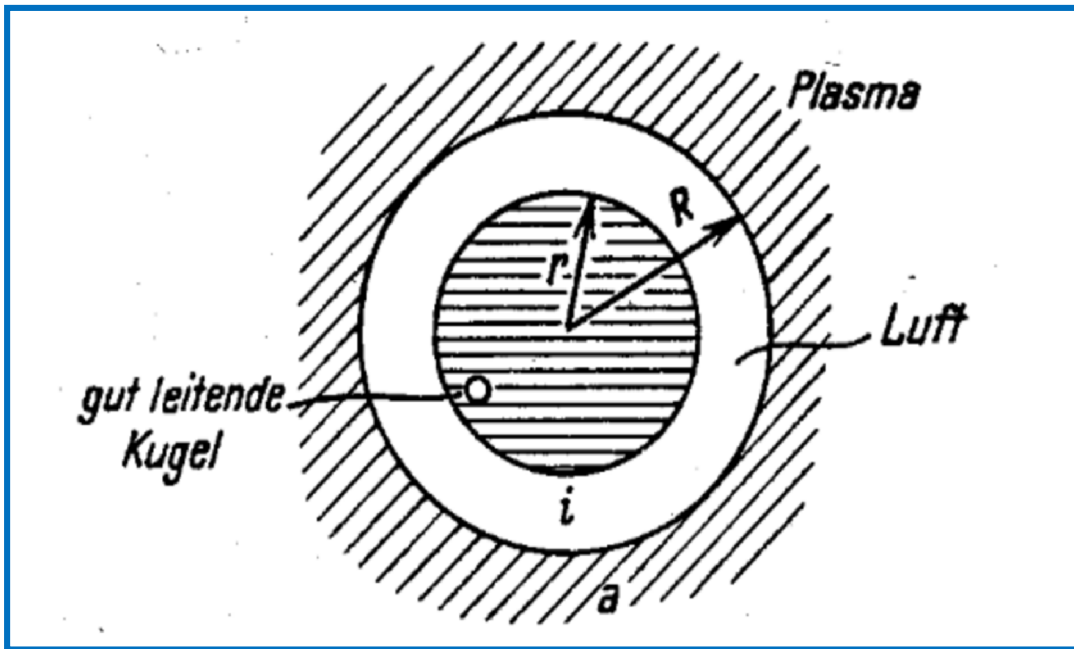
²Marionopoulos-Kanaginis Foundation for the Environmental Sciences, Athens, Greece

³Research Center for Astronomy, Academy of Athens, Greece.

OVERVIEW

- What is SR?
- Wherefore?
- Laboratory made Hardware
- Typical measurements
- Preliminary results.

Original Schumann's Sketch and formula.



$$f_n = \frac{c}{2\pi R} \sqrt{n(n-1)},$$

$$f_1 = 7,8 \text{ Hz},$$

$$f_2 = 14 \text{ Hz},$$

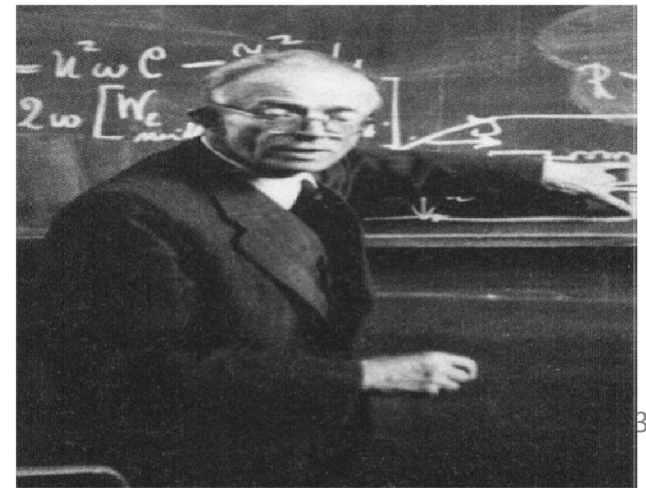
$$f_3 = 20 \text{ Hz},$$

$$f_4 = 26 \text{ Hz}$$

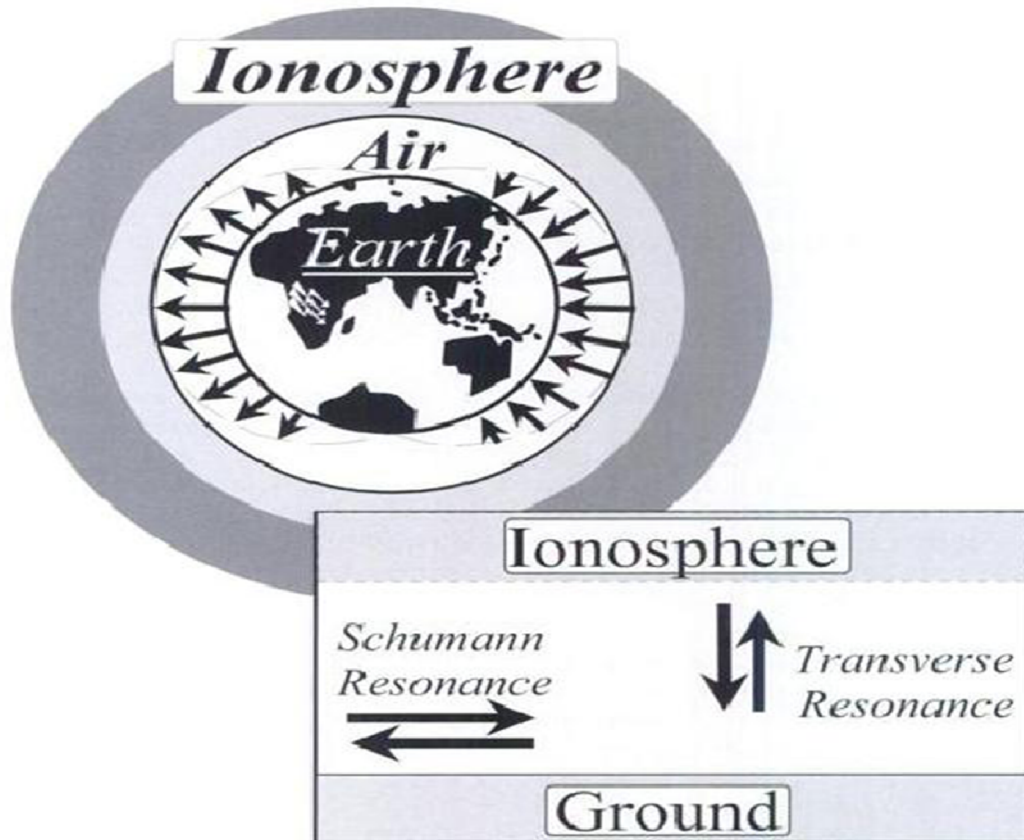
$\lambda \gg R$... capacitor

$\lambda \ll R$... waveguide

$\lambda \approx 2\pi R$.. resonator

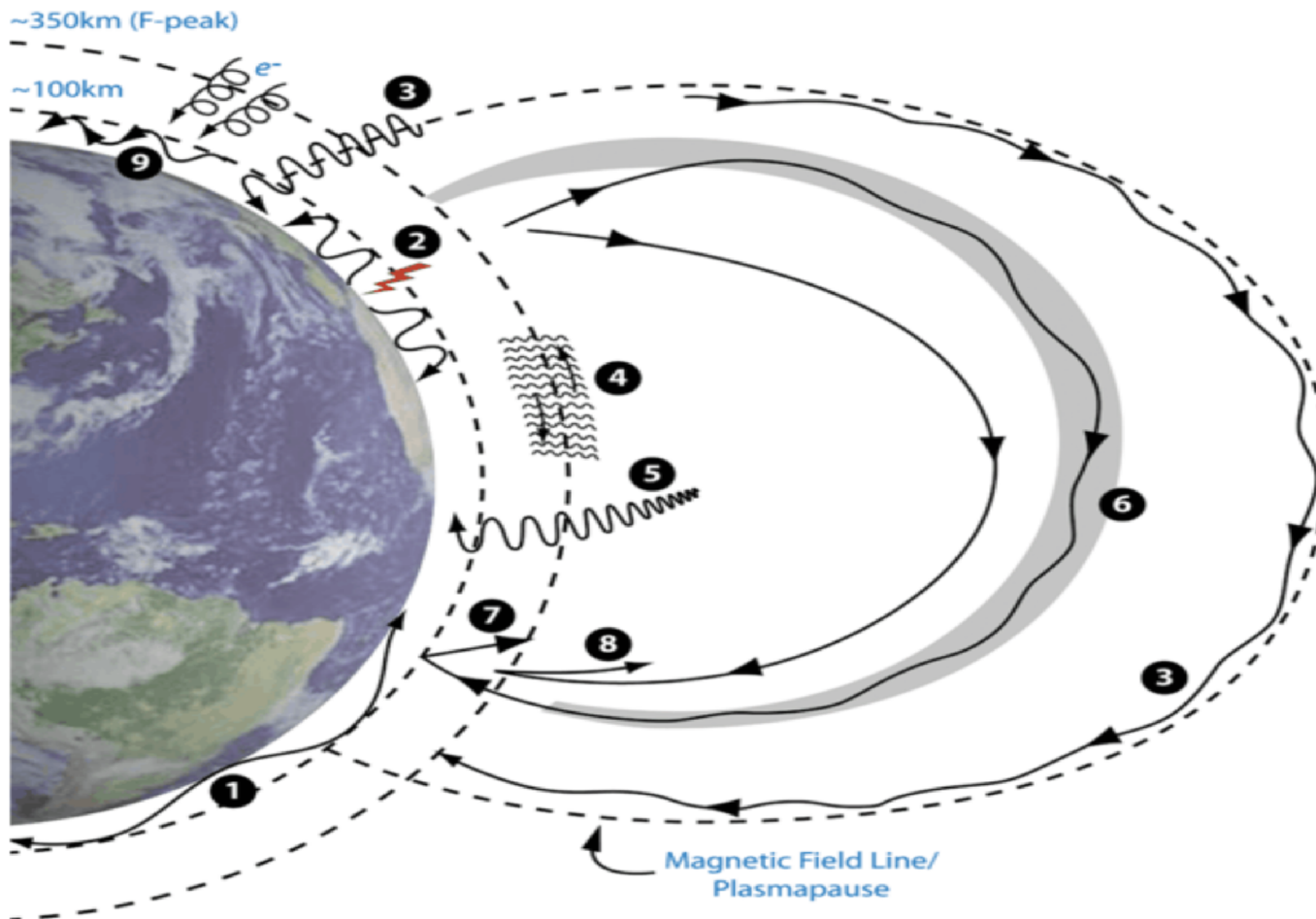


Earth-Ionosphere Cavity



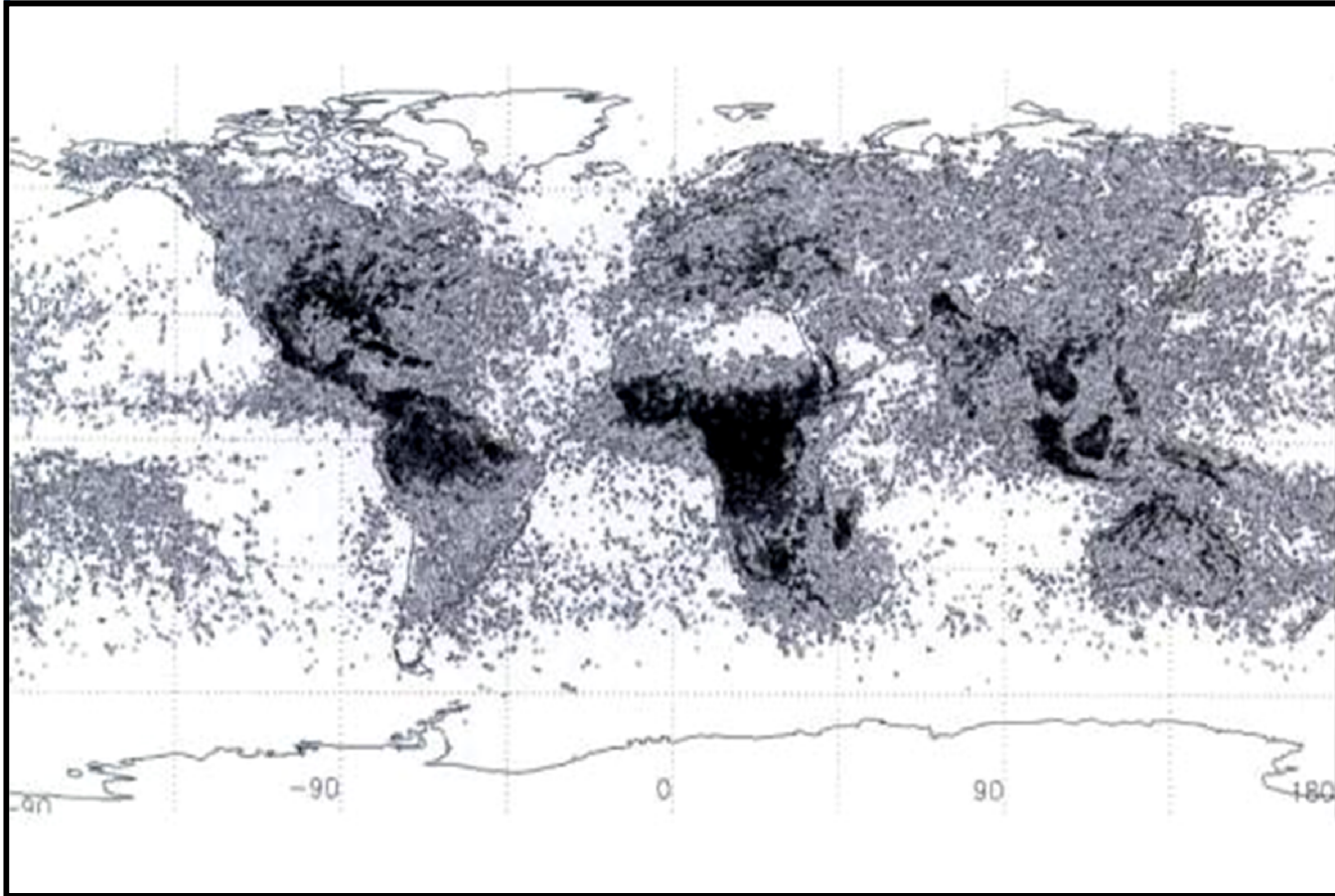
$$f = \frac{c}{2\pi a} n = 7,5n \text{ Hz}$$

Waves in the near-earth area.



- 1.-Schumann Resonances
- 2.-Atmospherics
- 3.-Geomagnetic Pulsations
- 4.-Alfen waves (magnetosonic)
- 5.-Alven waves (shear)
- 6.-Whistler
- 7.-VLF propagation
- 8.-VLF reflection
- 9.-VLF subionospheric propagation

World Lightning Centers



**Global Number of
thunderstorms:
2000/sec**

**Global Number of
lightnings: 50-
100/sec**

Main Characteristics of SR.-

- Electromagnetic waves in the lower part of ELF band (0-50 Hz).
- Frequency: 8,14,20,26 Hz etc.
- Intensity: tenths of picoTesla.
- Source: Global lightning.
- Other characteristics: Q-bursts, possible triggering of atmospherics ($f > 300\text{Hz}$).
- Attenuation : db/1000 Km

Possible Applications.

- **Neurophysiology/Molecular biology.**

Encephalic modes:

A-mode:8-13Hz. B-mode:14-30Hz

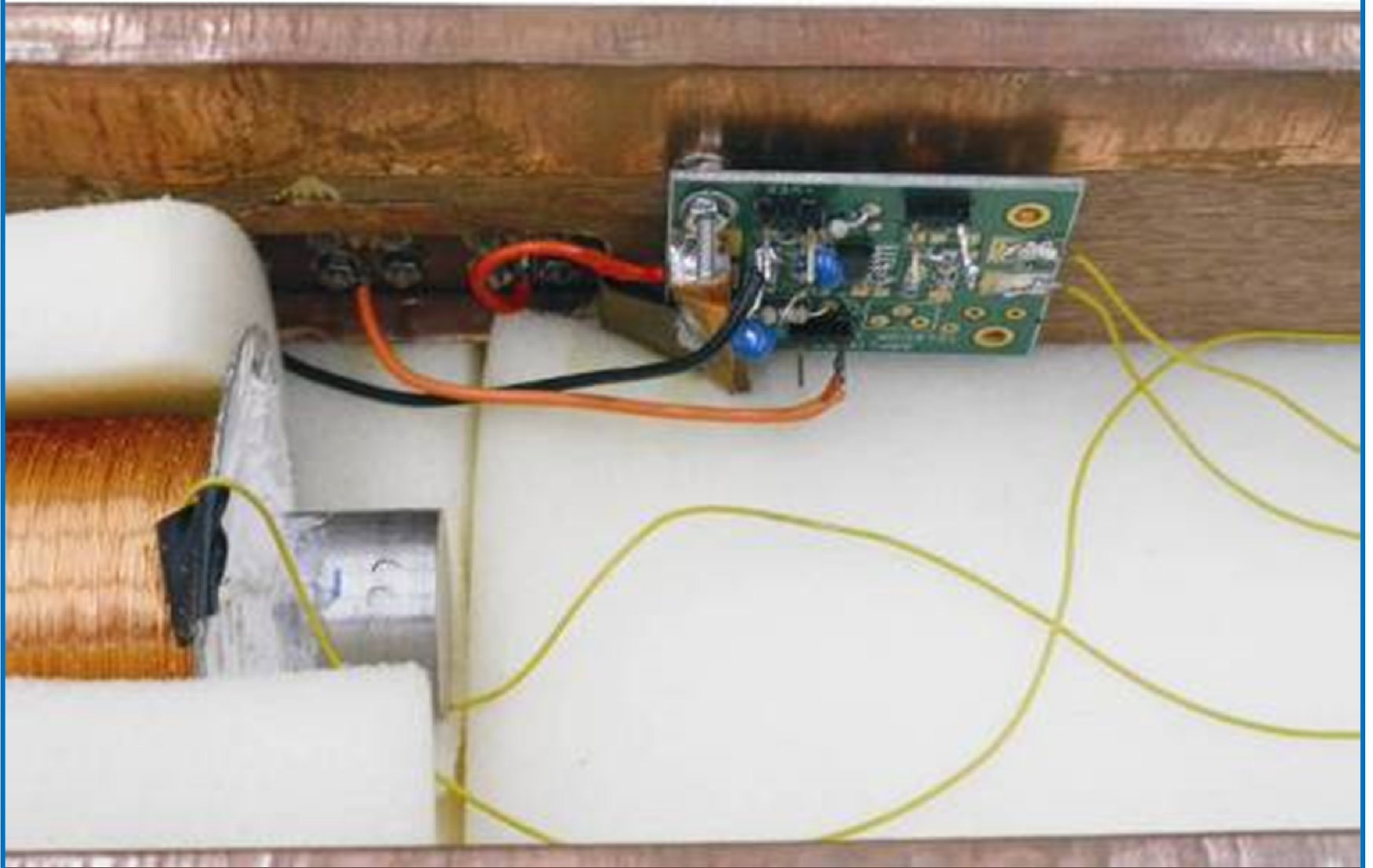
Θ-mode: 4-7Hz, Γ-mode:>30Hz Δ-mode:1-3Hz

- **Climatology/Environment.** Connection to lightning. Non-linear relation of thunderstorms to temperature. Detection of global warming. Detection of aerosols.
- **Tectonics/Seismology.** Possible precursor of earthquakes several days in advance.
- **Solar/Space physics/Geomagnetism/Ionospheric Physics.** Interaction with solar and galactic cosmic rays, geomagnetic pulsations, ionospheric parameters .

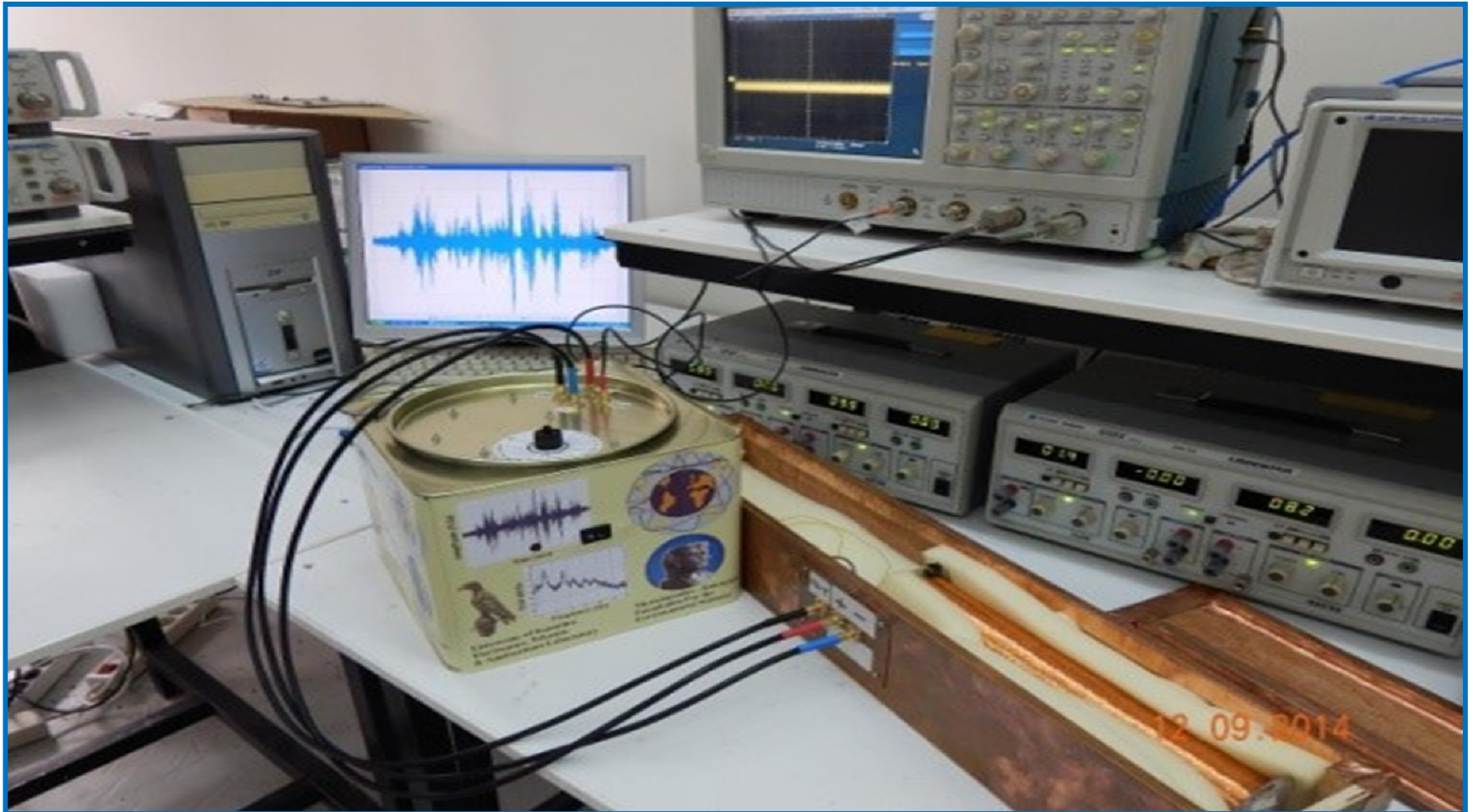
Coil and the insulating box



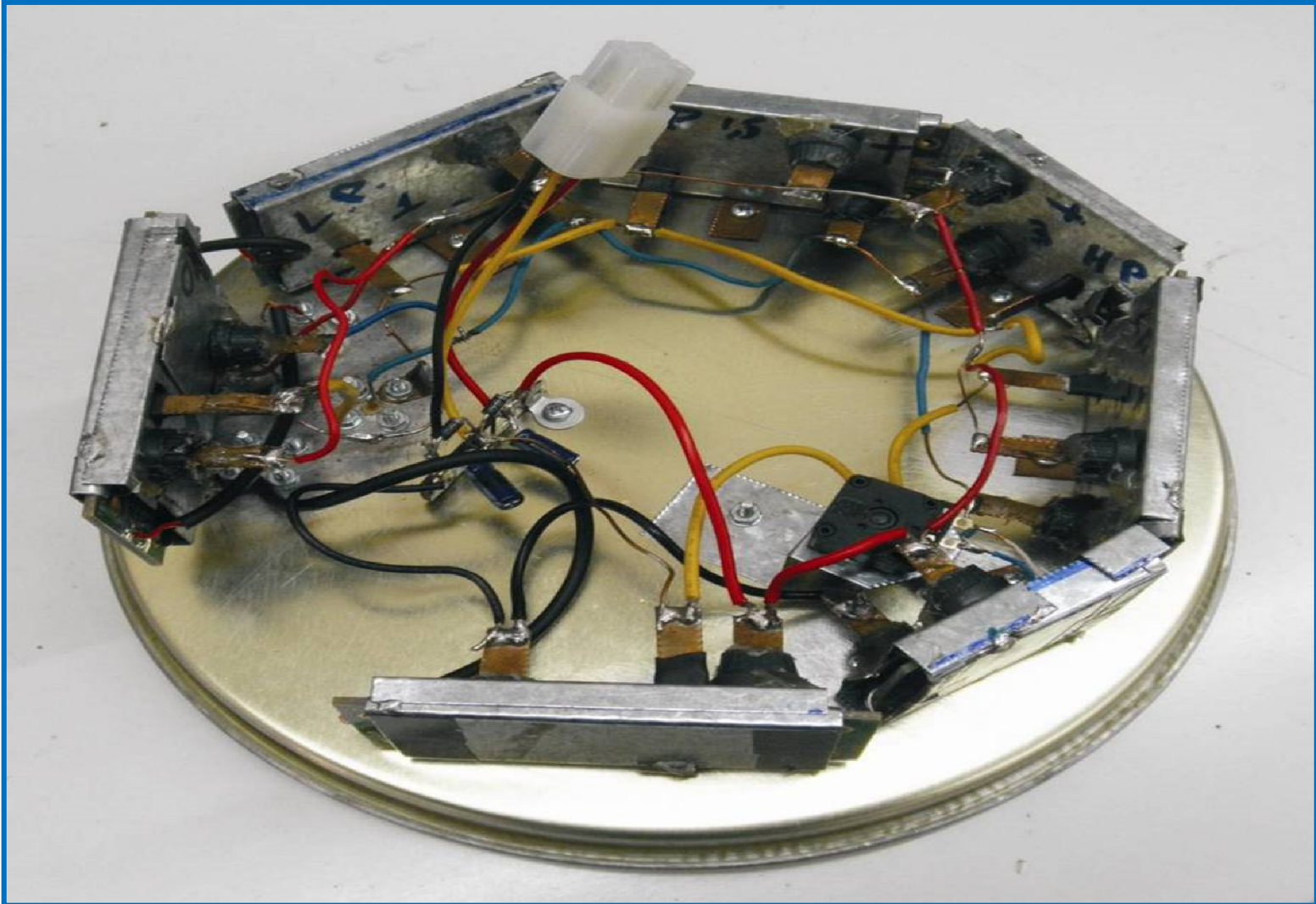
Preamplifier installation



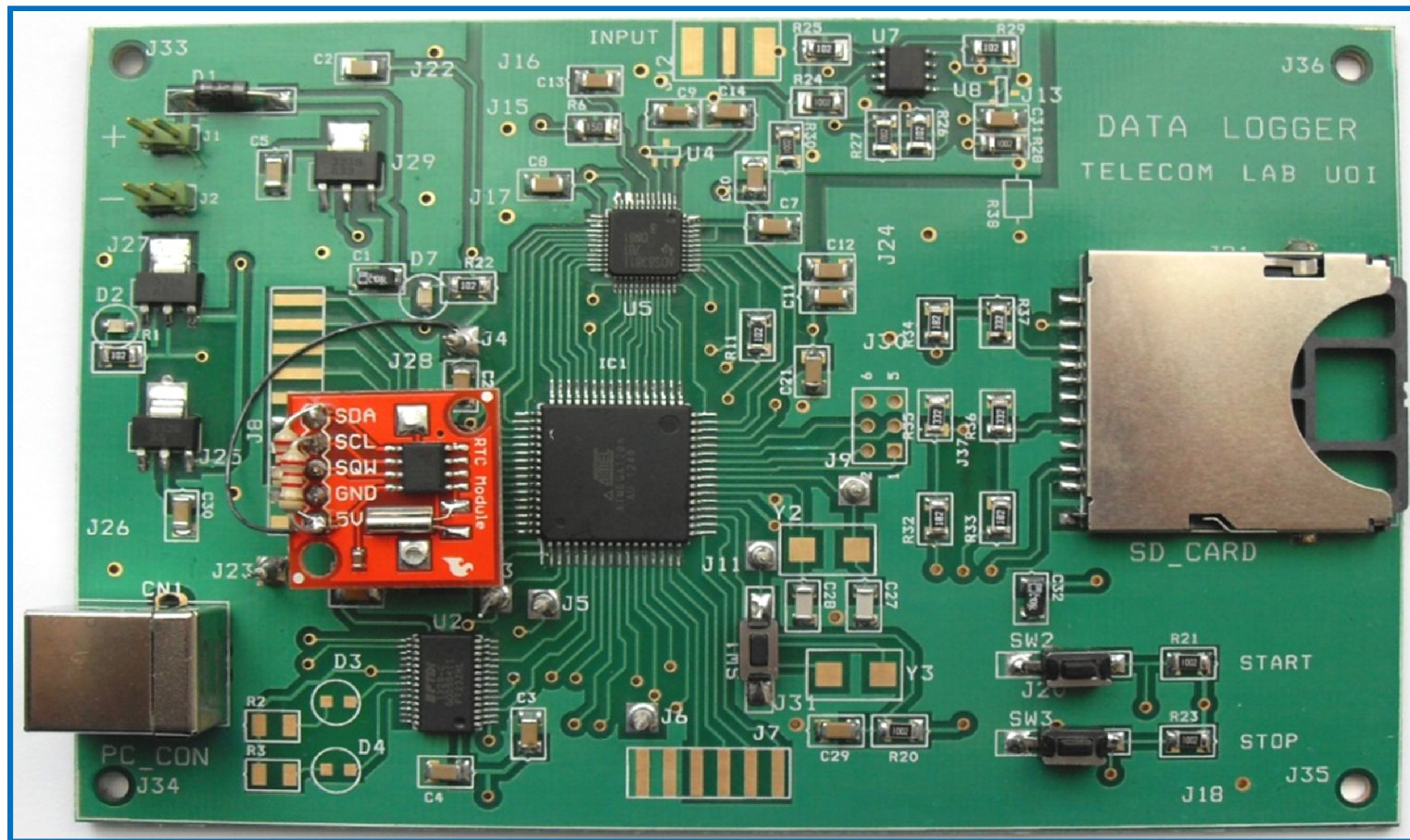
Laboratory tests of the coil and the amplifier



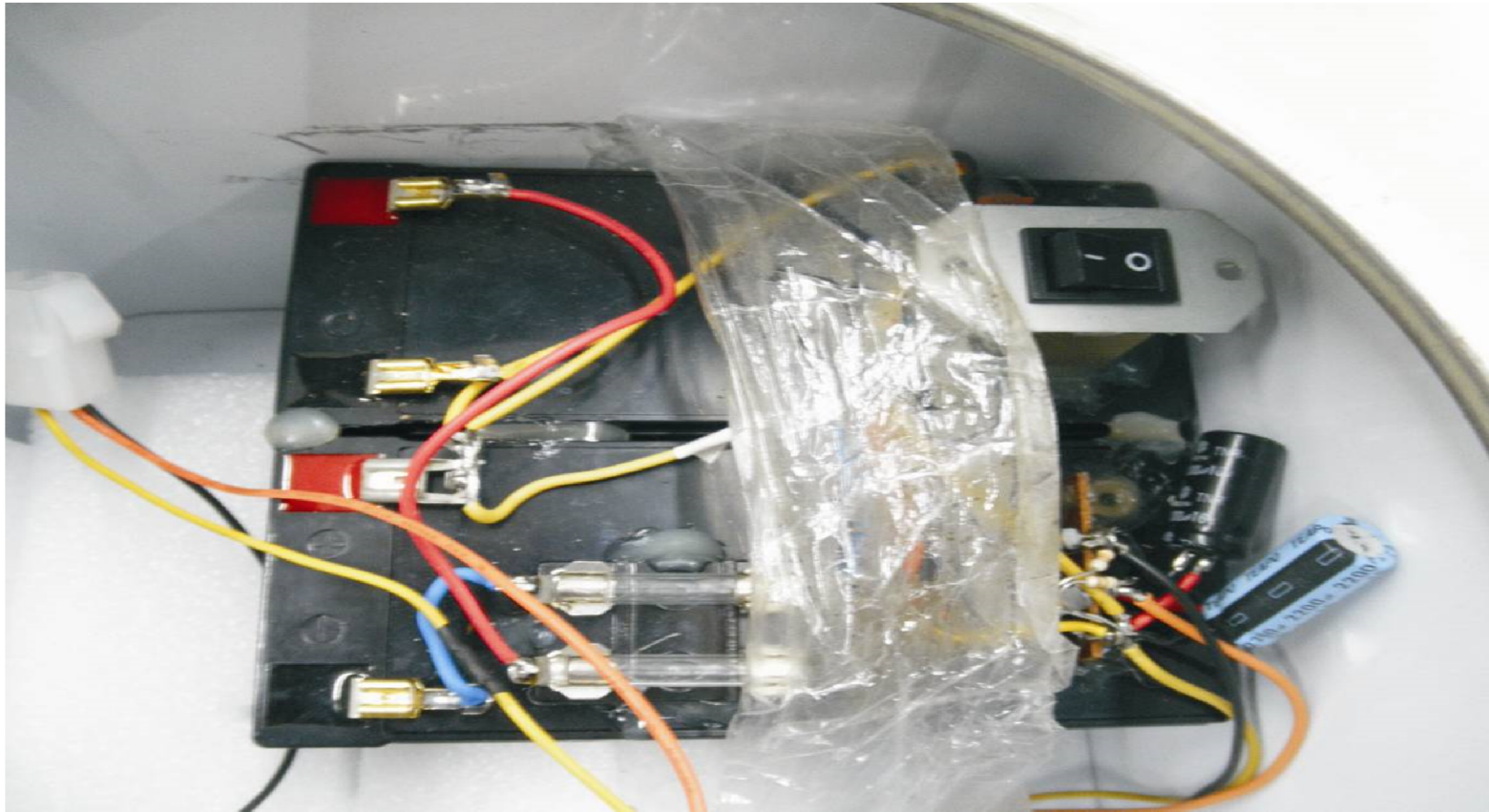
Seven stage amplifier



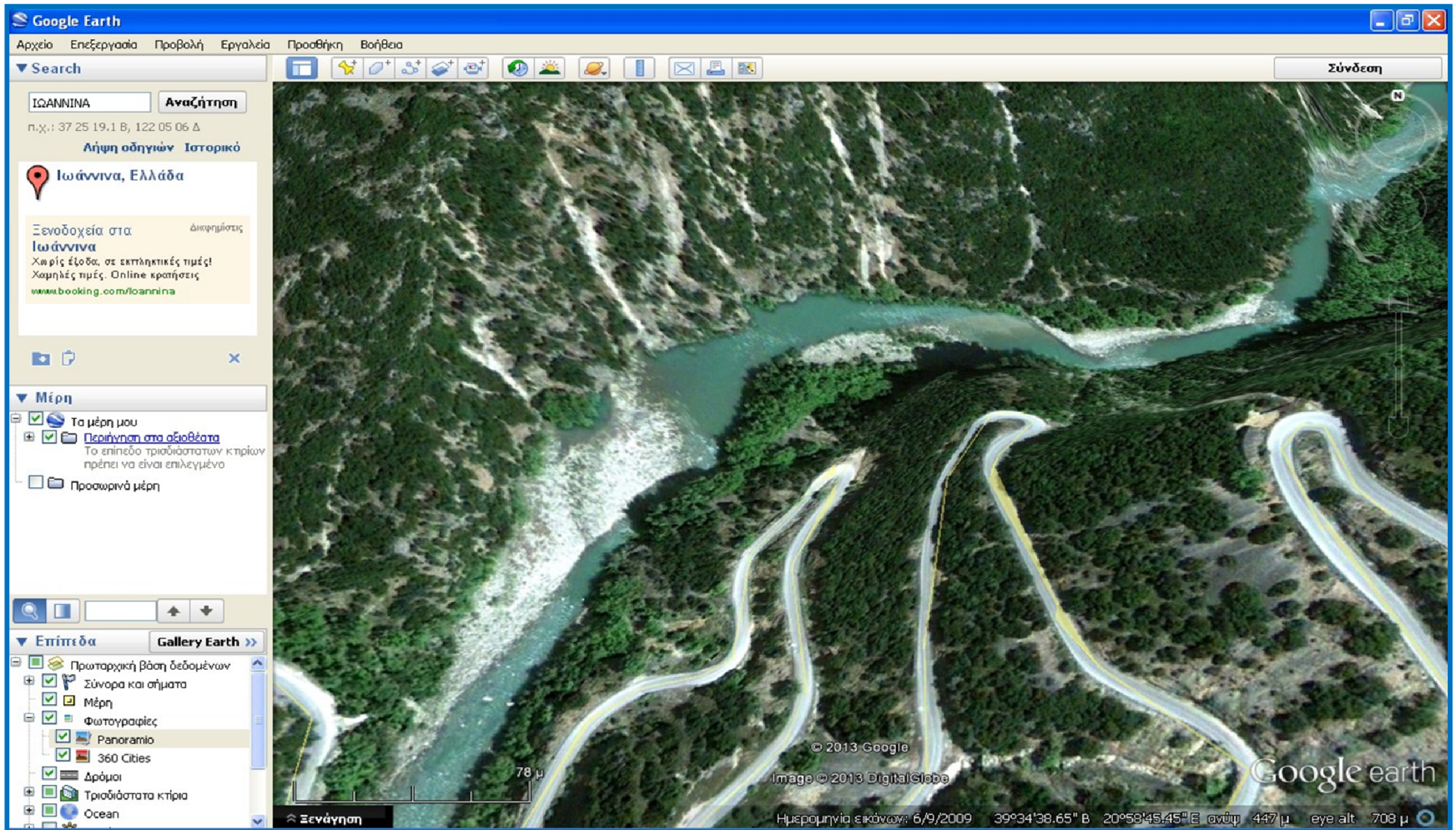
Data logger



Energy supply



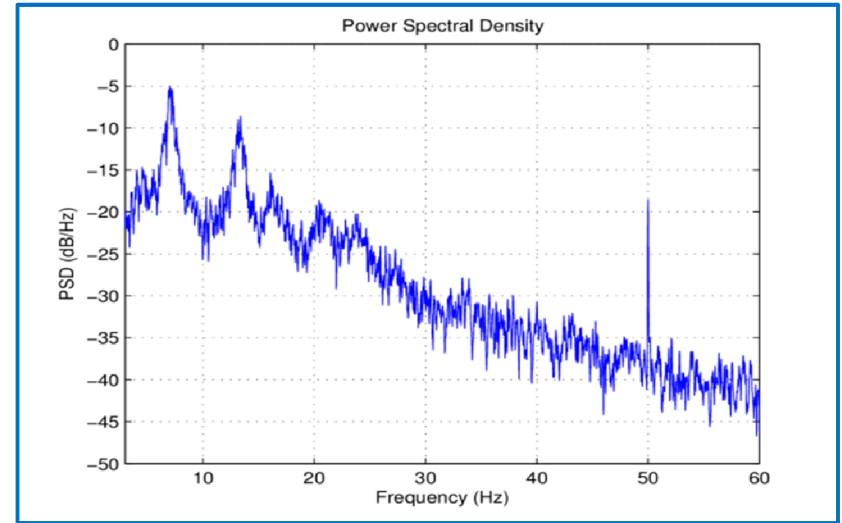
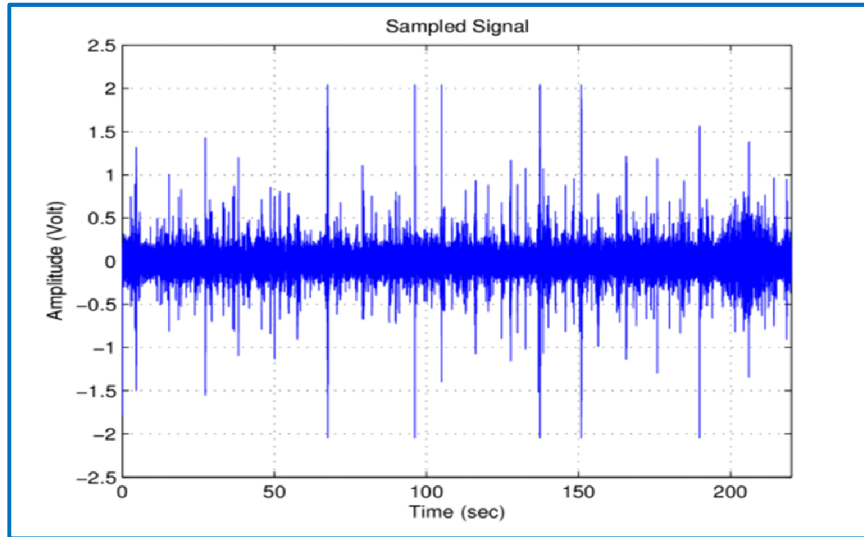
Site of Measurements



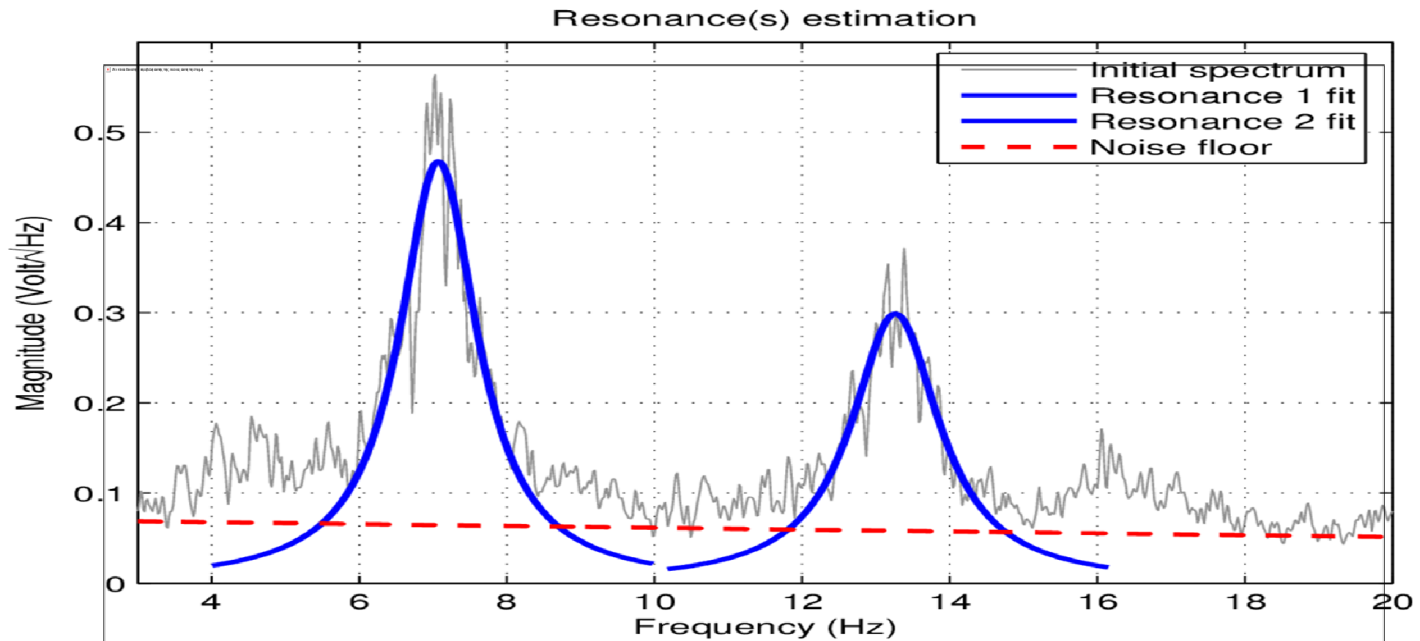
Distance from the closest electrical line.



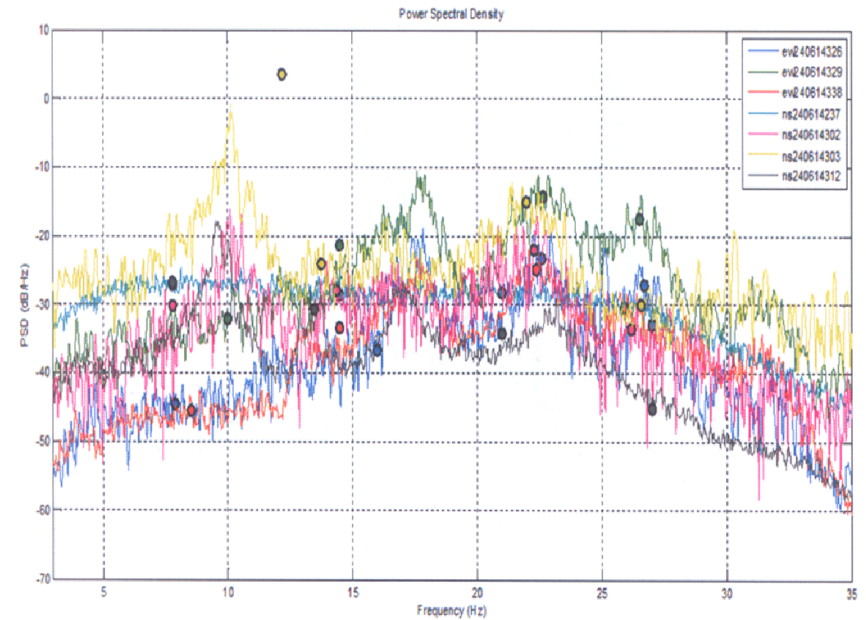
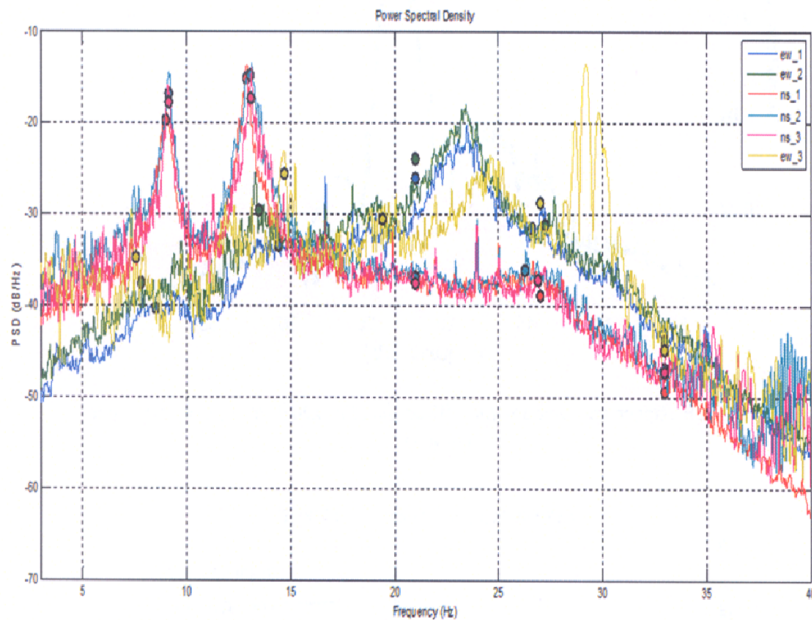
A Typical SR Measurement.



Lorenzian fit

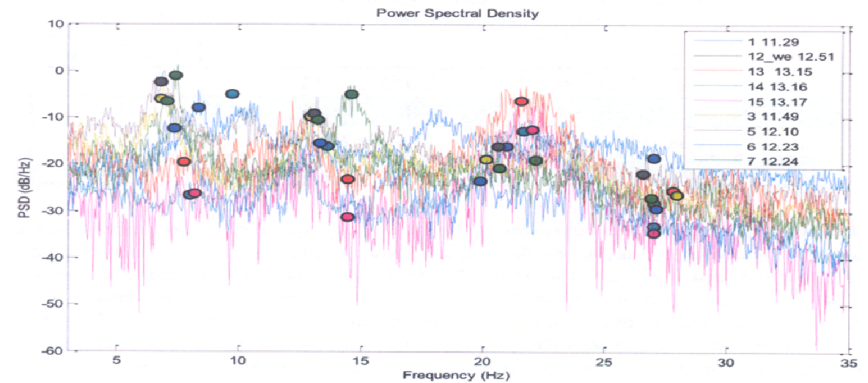
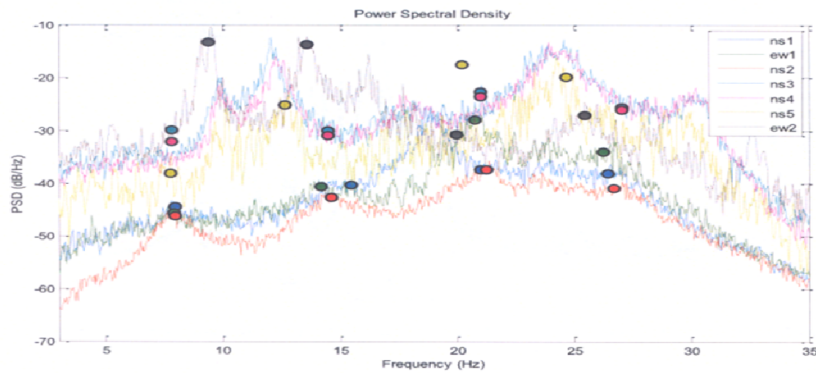


Measurements During Solstices.



Ημερ. Μέτρησης / UT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
20/12/2013	-10	-9	-5	-4	-9	-7	-5	-6	-10	-13	-13	-13	-8	-5	-5	-4	-7	-10	-10	-9	-9	-9	-10	-12
24/6/2014	8	12	14	9	1	-2	-6	-5	-6	-4	-3	-2	-1	0	0	-1	-1	-1	2	9	7	3	-1	-4

Measurements During Equinoxes.



Ημερ. Μέτρησης / UT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
10/10/2013	-23	-33	-28	-28	-36	-38	-34	-28	-24	-21	-23	-25	-26	-24	-23	-22	-20	-19	-19	-19	-18	-20	-15	-16
2/4/2014	3	4	7	9	9	7	6	5	4	2	1	5	8	8	9	8	5	4	7	7	4	2	2	0

Precipitation during measurements

Dates	Precipitation height (mm)	Epoch
01/04/13	0,2	Spring equinox (approx.)
02/04/13	0,2	
09/10/13	4,8	Autumn equinox (approx.)
10/10/13	3,2	
19/12/13	0.0	Winter solstice
20/12/13	0,2	
23/06/14	0,0	Summer solstice.
24/06/14	0,0	

Preliminary Conclusions

- It looks that SR close to Winter Solstice and Autumn Equinox are more prominent than the Summer Solstice and the Spring Equinox, respectively.
- Geomagnetic field appears weak when SR is prominent.
- Precipitation may play some role in the appearance of strong SR.

THANK YOU
FOR YOUR ATTENTION.

Dates	Precipitation height (mm)	Epoch
01/04/13	0,2	Spring equinox (approx.)
02/04/13	0,2	
09/10/13	4,8	Autumn solstice (approx.)
10/10/13	3,2	
19/12/13	0.0	Winter solstice
20/12/13	0,2	
23/06/14	0,0	Summer solstice.
24/06/14	0,0	



- 1. Αντήχηση Schumann,
2. Atmospherics,
3. Γεωμαγνητικοί παλμοί (κύματα συχνότητας 1mHz-1Hz),
4. Κύματα Alfvén (μαγνητοηλεκτρικά),
5. Κύματα Alfvén (εγκάρσια) (τα κύματα Alfvén είναι ένα είδος μαγνητοϋδροδυναμικών κυμάτων που προκύπτουν από ταλάντωση ιόντων),
6. Κύματα Whistler (προέρχονται από τους κεραυνούς και έχουν συχνότητα 1 [kHz](#) έως 30 kHz),
7. Διάδοση VLF κυμάτων,
8. Ανάκλαση VLF κυμάτων,
9. Υποϊονοσφαιρική διάδοση VLF (Simoes κ.α., 2012)
-

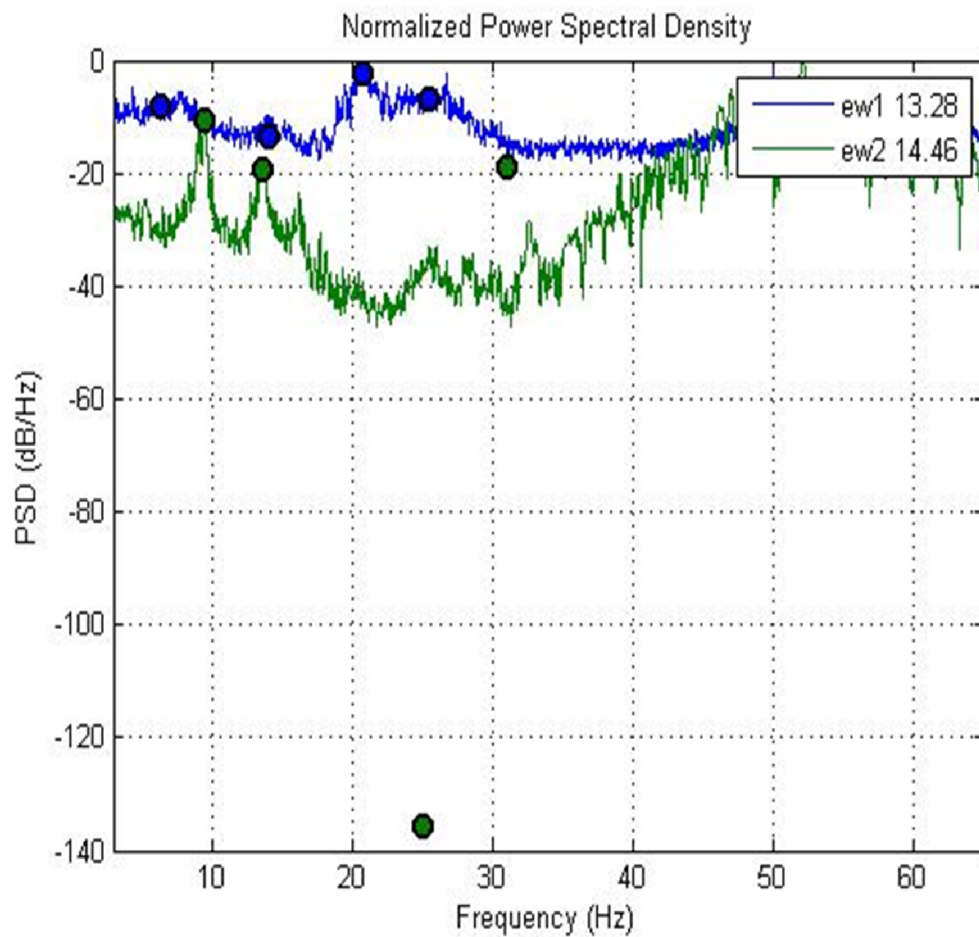
- Οι συχνότητες αντήχησης μπορούν να εκτιμηθούν εύκολα χρησιμοποιώντας το σχήμα της εικόνας 4.1. Η διαμήκης διάσταση της κοιλότητας $2\pi a$ ισούται με 40Mm και η αντίστοιχη συχνότητα αντήχησης μπορεί να εκτιμηθεί υπό τη συνθήκη ότι η περιφέρεια της γης είναι ίση με το μήκος κύματος. Αγνοώντας τη σφαιρικότητα έχουμε:
-
-
- όπου $c=3\cdot 10^8 \text{ m/s}$ είναι η ταχύτητα του φωτός και $\nu=1,2$ κλπ είναι ο αριθμός αντήχησης. Το εγκάρσιο ύψος της κοιλότητας είναι πολύ μικρότερο, $h/a=10^{-2}$ και οι σχετικές συχνότητες βρίσκονται με μια παρόμοια απαίτηση ότι το ιονοσφαιρικό ύψος είναι ίσο με ένα ακέραιο πολλαπλάσιο του μισού μήκους κύματος.
-
-
-
- Βλέπουμε ότι δύο σειρές συχνοτήτων αντήχησης υπάρχουν στην κοιλότητα και αντιστοιχούν σε διαφορετικές κατευθύνσεις διάδοσης κυμάτων. Οι συχνότητες διαφέρουν κατά έναν παράγοντα της τάξης του 100. Η συνεισφορά του Schumann συνίσταται στο γεγονός ότι εξήγαγε μαθηματικά τις ιδιοσυχνότητες αυτού του κυματοδηγού σε μια πολύ γενική μορφή. Λαμβάνοντας και τη σφαιρική γεωμετρία υπόψη, λαμβάνουμε τις συχνότητες συντονισμού:
-
- A.P. Nickolaenko, M. Hayakawa, Resonances in the Earth-Ionosphere Cavity (2002), Kluwer Academic Publishers, σελ 3-4
-
- Schumann, W.O., Über die strahlungslosen Eigenschwingungen einer leitenden
- Kugel, die von einer Luftschicht und einer Ionosphärenhülle umgeben ist, Z.
- Naturforsch. 7a, 149, (1952)

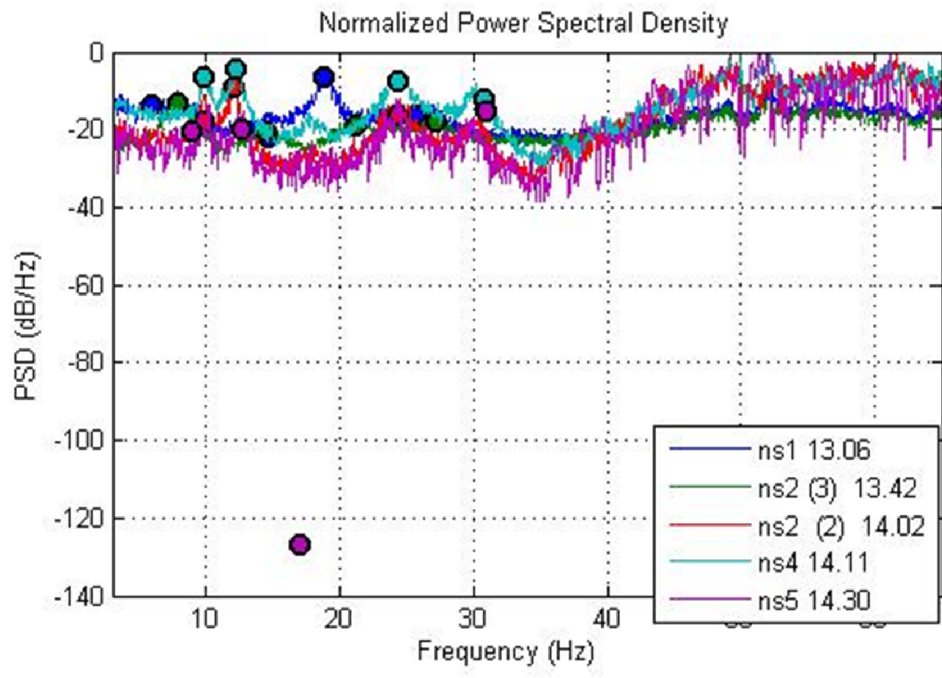
$$f = \frac{c}{2\pi\alpha} n = 7,5n \text{ Hz}$$

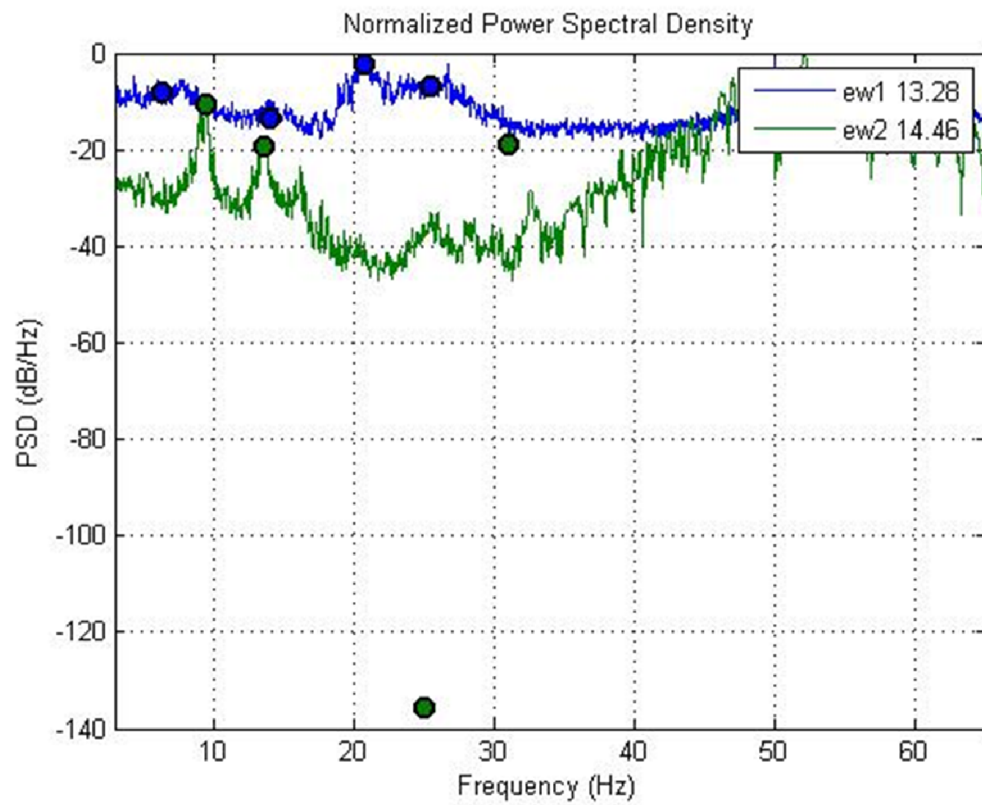
$$f = \frac{c}{2\pi\alpha} n = 7,5n \text{ Hz}$$

$$F = \frac{c}{2h} p \text{ Hz}$$

$$f_n = \frac{V(\sigma)}{2\pi r_e} \sqrt{n(n+1)} \approx 6.0 \sqrt{n(n+1)} [\text{Hz}]$$







Main lightning centers

