



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πειραματική διερεύνηση αλληλεπίδρασης θαλάσσιων κυματισμών με υπό κλίμακα πρότυπο πλατφόρμας κινούμενης με σταθερή πρόσω ταχύτητα.



ΙΩΑΝΝΗΣ Α. ΝΤΟΥΛΗΣ

Επιβλέπων: *Ιωάννης Κ. Χατζηγεωργίου,*
Αναπληρωτής καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, 2010

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	1
ΚΕΦΑΛΙΟ 1: Θεωρητικό Μέρος	1
1.1 Tension Leg Platform (TLP)	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Πειραματικό Μέρος	5
2.1 Σκοπός πειραμάτων	5
2.2 Περιγραφή πλωτής κατασκευής	5
2.3 Περιγραφή προτύπου	7
2.4 Περιγραφή δεξαμενής Ε.Ν.Θ.Υ.	9
2.5 Όργανα μετρήσεων	10
2.6 Προβλήματα που παρουσιάστηκαν	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Παρουσίαση αποτελεσμάτων	13
3.1 Χρονικές ιστορίες	13
3.1.1 Χρονικές ιστορίες σταθερής πλατφόρμας	16
3.1.1.1 $T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0\text{m/s}, f=0.3\text{Hz}$	16
3.1.1.2 $T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0\text{m/s}, f=0.4\text{Hz}$	17
3.1.1.3 $T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0\text{m/s}, f=0.5\text{Hz}$	19
3.1.1.4 $T=15\text{cm}, h=6\text{cm}, v=0\text{m/s}, f=0.6\text{Hz}$	20
3.1.1.5 $T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0\text{m/s}, f=0.7\text{Hz}$	22
3.1.1.6 $T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0\text{m/s}, f=0.8\text{Hz}$	23
3.1.1.7 $T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0\text{m/s}, f=0.9\text{Hz}$	25
3.1.1.8 $T=15\text{cm}, h=6\text{cm}, v=0\text{m/s}, f=0.5\text{Hz}$	26
3.1.1.9 $T=15\text{cm}, h=6\text{cm}, v=0\text{m/s}, f=0.6\text{Hz}$	28
3.1.1.10 $T=15\text{cm}, h=6\text{cm}, v=0\text{m/s}, f=0.7\text{Hz}$	29
3.1.1.11 $T=15\text{cm}, h=6\text{cm}, v=0\text{m/s}, f=0.8\text{Hz}$	31
3.1.1.12 $T=15\text{cm}, h=6\text{cm}, v=0\text{m/s}, f=0.9\text{Hz}$	32
3.1.1.13 $T=15\text{cm}, h=7\text{cm}, v=0\text{m/s}, f=0.6\text{Hz}$	34
3.1.1.14 $T=15\text{cm}, h=7\text{cm}, v=0\text{m/s}, f=0.7\text{Hz}$	35
3.1.1.15 $T=15\text{cm}, h=7\text{cm}, v=0\text{m/s}, f=0.8\text{Hz}$	37
3.1.1.16 $T=15\text{cm}, h=7\text{cm}, v=0\text{m/s}, f=0.9\text{Hz}$	38
3.1.1.17 $T=15\text{cm}, h=8\text{cm}, v=0\text{m/s}, f=0.7\text{Hz}$	40
3.1.1.18 $T=15\text{cm}, h=8\text{cm}, v=0\text{m/s}, f=0.8\text{Hz}$	41
3.1.2 Χρονικές ιστορίες πλατφόρμας σε κίνηση	43
3.1.2.1 $T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0.1\text{m/s}, f=0.3\text{Hz}$	43
3.1.2.2 $T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0.3\text{m/s}, f=0.3\text{Hz}$	44
3.1.2.3 $T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0.5\text{m/s}, f=0.3\text{Hz}$	46
3.1.2.4 $T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=-0.5\text{m/s}, f=0.3\text{Hz}$	47
3.1.2.5 $T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0.1\text{m/s}, f=0.4\text{Hz}$	49
3.1.2.6 $T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0.3\text{m/s}, f=0.4\text{Hz}$	50
3.1.2.7 $T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0.5\text{m/s}, f=0.4\text{Hz}$	52
3.1.2.8 $T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=-0.5\text{m/s}, f=0.4\text{Hz}$	53

3.1.2.9	$T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0.1\text{m/s}, f=0.5\text{Hz}$	55
3.1.2.10	$T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0.3\text{m/s}, f=0.5\text{Hz}$	56
3.1.2.11	$T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0.5\text{m/s}, f=0.5\text{Hz}$	58
3.1.2.12	$T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=-0.5\text{m/s}, f=0.5\text{Hz}$	59
3.1.2.13	$T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0.1\text{m/s}, f=0.6\text{Hz}$	60
3.1.2.14	$T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0.3\text{m/s}, f=0.6\text{Hz}$	62
3.1.2.15	$T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0.5\text{m/s}, f=0.6\text{Hz}$	63
3.1.2.16	$T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=-0.5\text{m/s}, f=0.6\text{Hz}$	65
3.1.2.17	$T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0.1\text{m/s}, f=0.7\text{Hz}$	67
3.1.2.18	$T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0.3\text{m/s}, f=0.7\text{Hz}$	68
3.1.2.19	$T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0.5\text{m/s}, f=0.7\text{Hz}$	70
3.1.2.20	$T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=-0.5\text{m/s}, f=0.7\text{Hz}$	71
3.1.2.21	$T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0.1\text{m/s}, f=0.8\text{Hz}$	73
3.1.2.22	$T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0.3\text{m/s}, f=0.8\text{Hz}$	74
3.1.2.23	$T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0.5\text{m/s}, f=0.8\text{Hz}$	76
3.1.2.24	$T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=-0.5\text{m/s}, f=0.8\text{Hz}$	77
3.1.2.25	$T=15\text{cm}, h=6\text{cm}, v=0.1\text{m/s}, f=0.5\text{Hz}$	79
3.1.2.26	$T=15\text{cm}, h=6\text{cm}, v=0.3\text{m/s}, f=0.5\text{Hz}$	80
3.1.2.27	$T=15\text{cm}, h=6\text{cm}, v=0.5\text{m/s}, f=0.5\text{Hz}$	82
3.1.2.28	$T=15\text{cm}, h=6\text{cm}, v=-0.5\text{m/s}, f=0.5\text{Hz}$	83
3.1.2.29	$T=15\text{cm}, h=6\text{cm}, v=0.1\text{m/s}, f=0.6\text{Hz}$	85
3.1.2.30	$T=15\text{cm}, h=6\text{cm}, v=0.3\text{m/s}, f=0.6\text{Hz}$	86
3.1.2.31	$T=15\text{cm}, h=6\text{cm}, v=0.5\text{m/s}, f=0.6\text{Hz}$	88
3.1.2.32	$T=15\text{cm}, h=6\text{cm}, v=-0.5\text{m/s}, f=0.6\text{Hz}$	89
3.1.2.33	$T=15\text{cm}, h=6\text{cm}, v=0.1\text{m/s}, f=0.7\text{Hz}$	91
3.1.2.34	$T=15\text{cm}, h=6\text{cm}, v=0.3\text{m/s}, f=0.7\text{Hz}$	92
3.1.2.35	$T=15\text{cm}, h=6\text{cm}, v=0.5\text{m/s}, f=0.7\text{Hz}$	94
3.1.2.36	$T=15\text{cm}, h=6\text{cm}, v=-0.5\text{m/s}, f=0.7\text{Hz}$	95
3.1.2.37	$T=15\text{cm}, h=7\text{cm}, v=0.1\text{m/s}, f=0.6\text{Hz}$	97
3.1.2.38	$T=15\text{cm}, h=7\text{cm}, v=0.3\text{m/s}, f=0.6\text{Hz}$	98
3.1.2.39	$T=15\text{cm}, h=7\text{cm}, v=0.5\text{m/s}, f=0.6\text{Hz}$	100
3.1.2.40	$T=15\text{cm}, h=6\text{cm}, v=-0.5\text{m/s}, f=0.7\text{Hz}$	101
3.1.2.41	$T=15\text{cm}, h=7\text{cm}, v=0.1\text{m/s}, f=0.7\text{Hz}$	103
3.1.2.42	$T=15\text{cm}, h=7\text{cm}, v=0.3\text{m/s}, f=0.7\text{Hz}$	104
3.1.2.43	$T=15\text{cm}, h=7\text{cm}, v=0.5\text{m/s}, f=0.7\text{Hz}$	106
3.1.2.44	$T=15\text{cm}, h=7\text{cm}, v=-0.5\text{m/s}, f=0.7\text{Hz}$	107
3.1.2.45	$T=15\text{cm}, h=8\text{cm}, v=0.1\text{m/s}, f=0.7\text{Hz}$	109
3.1.2.46	$T=15\text{cm}, h=8\text{cm}, v=0.3\text{m/s}, f=0.7\text{Hz}$	110
3.1.2.47	$T=15\text{cm}, h=8\text{cm}, v=0.5\text{m/s}, f=0.7\text{Hz}$	112
3.1.2.48	$T=15\text{cm}, h=8\text{cm}, v=-0.5\text{m/s}, f=0.7\text{Hz}$	113
3.1.3	Χρονικές ιστορίες σταθερού μοντέλου σύνθετου κυλίνδρου	115
3.1.3.1	$T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0\text{m/s}, f=0.3\text{Hz}$	115
3.1.3.2	$T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0\text{m/s}, f=0.4\text{Hz}$	116
3.1.3.3	$T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0\text{m/s}, f=0.5\text{Hz}$	118
3.1.3.4	$T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0\text{m/s}, f=0.6\text{Hz}$	119
3.1.3.5	$T=15\text{cm}, h=4\text{cm}, v=0\text{m/s}, f=0.7\text{Hz}$	121

3.1.3.6	T=15cm, h=4cm, v=0m/s, f=0.8Hz	123
3.1.3.7	T=15cm, h=4cm, v=0m/s, f=0.9Hz	124
3.1.3.8	T=15cm, h=6cm, v=0m/s, f=0.5Hz	126
3.1.3.9	T=15cm, h=6cm, v=0m/s, f=0.6Hz	128
3.1.3.10	T=15cm, h=6cm, v=0m/s, f=0.7Hz	129
3.1.3.11	T=15cm, h=6cm, v=0m/s, f=0.8Hz	131
3.1.3.12	T=15cm, h=7cm, v=0m/s, f=0.6Hz	132
3.1.3.13	T=15cm, h=7cm, v=0m/s, f=0.7Hz	133
3.1.3.14	T=15cm, h=8cm, v=0m/s, f=0.7Hz	135
3.1.4	Χρονικές ιστορίες μοντέλου σύνθετου κυλίνδρου σε κίνηση	137
3.1.4.1	T=15cm, h=4cm, v=0.1m/s, f=0.3Hz	137
3.1.4.2	T=15cm, h=4cm, v=0.3m/s, f=0.3Hz	138
3.1.4.3	T=15cm, h=4cm, v=0.1m/s, f=0.4Hz	139
3.1.4.4	T=15cm, h=4cm, v=0.3m/s, f=0.4Hz	140
3.1.4.5	T=15cm, h=4cm, v=0.1m/s, f=0.5Hz	142
3.1.4.6	T=15cm, h=4cm, v=0.3m/s, f=0.5Hz	143
3.1.4.7	T=15cm, h=4cm, v=0.1m/s, f=0.6Hz	145
3.1.4.8	T=15cm, h=4cm, v=0.3m/s, f=0.6Hz	146
3.1.4.9	T=15cm, h=4cm, v=0.1m/s, f=0.6Hz	148
3.1.4.10	T=15cm, h=4cm, v=0.3m/s, f=0.7Hz	149
3.1.4.11	T=15cm, h=4cm, v=0.1m/s, f=0.8Hz	151
3.1.4.12	T=15cm, h=4cm, v=0.3m/s, f=0.8Hz	152
3.1.4.13	T=15cm, h=4cm, v=0.1m/s, f=0.9Hz	154
3.1.4.14	T=15cm, h=4cm, v=0.3m/s, f=0.9Hz	155
3.1.4.15	T=15cm, h=6cm, v=0.1m/s, f=0.5Hz	157
3.1.4.16	T=15cm, h=6cm, v=0.3m/s, f=0.5Hz	158
3.1.4.17	T=15cm, h=6cm, v=0.1m/s, f=0.6Hz	160
3.1.4.18	T=15cm, h=6cm, v=0.3m/s, f=0.5Hz	161
3.1.4.19	T=15cm, h=6cm, v=0.1m/s, f=0.7Hz	163
3.1.4.20	T=15cm, h=6cm, v=0.3m/s, f=0.7Hz	164
3.1.4.21	T=15cm, h=6cm, v=0.1m/s, f=0.8Hz	166
3.1.4.22	T=15cm, h=6cm, v=0.3m/s, f=0.6Hz	167
3.1.4.23	T=15cm, h=7cm, v=0.1m/s, f=0.7Hz	169
3.1.4.24	T=15cm, h=7cm, v=0.3m/s, f=0.7Hz	170
3.1.4.25	T=15cm, h=8cm, v=0.1m/s, f=0.7Hz	172
3.1.4.26	T=15cm, h=8cm, v=0.3m/s, f=0.7Hz	173
3.2	Φασματική ανάλυση σημάτων	175
3.2.1	T=15cm, h=6cm, v=0m/s, f=0.8Hz	176
3.2.2	T=15cm, h=6cm, v=0m/s, f=0.9Hz	176
3.2.3	T=15cm, h=7cm, v=0m/s, f=0.9Hz	177
3.2.4	T=15cm, h=8cm, v=0m/s, f=0.8Hz	178
3.2.5	T=15cm, h=4cm, v=0.5m/s, f=0.6Hz	178
3.2.6	T=15cm, h=4cm, v=0.3m/s, f=0.7Hz	179
3.2.7	T=15cm, h=4cm, v=0.1m/s, f=0.8Hz	179
3.2.8	T=15cm, h=4cm, v=0.1m/s, f=0.9Hz	180

3.2.9	T=15cm, h=4cm, v=0.3m/s, f=0.9Hz	180
3.2.10	T=15cm, h=6cm, v=0.1m/s, f=0.7Hz	181
3.2.11	T=15cm, h=6cm, v=0.3m/s, f=0.7Hz	181
3.2.12	T=15cm, h=7cm, v=0.1m/s, f=0.7Hz	182
3.2.13	T=15cm, h=7cm, v=0.5m/s, f=0.7Hz	182
3.2.14	T=15cm, h=8cm, v=0.7m/s, f=0.8Hz	183
3.2.15	T=15cm, h=8cm, v=0.5m/s, f=0.7Hz	183
3.3	Διαγράμματα τυπικής απόκλισης (standard deviation, STD) και μεγίστων τιμών (maximum, MAX) για την πλατφόρμα	184
3.3.1	Αποτελέσματα Standard Deviation και Maximum μετρήσεων για την Πλατφόρμα για h=4cm	185
3.3.1.1	Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία	187
3.3.1.2	Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη γωνία για διαφορετική ταχύτητα	188
3.3.1.3	Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία	190
3.3.1.4	Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη γωνία για διαφορετική ταχύτητα	192
3.3.1.5	Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα	194
3.3.1.6	Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη συχνότητα για διαφορετική ταχύτητα	197
3.3.1.7	Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη συχνότητα για διαφορετική ταχύτητα	202
3.3.2	Αποτελέσματα Standard Deviation και Maximum μετρήσεων για την Πλατφόρμα για h=6cm	207
3.3.2.1	Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία	208
3.3.2.2	Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη γωνία για διαφορετική ταχύτητα	209
3.3.2.3	Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία	211
3.3.2.4	Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη γωνία για διαφορετική ταχύτητα	212
3.3.2.5	Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα	214
3.3.2.6	Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη συχνότητα για διαφορετική ταχύτητα	218
3.3.2.7	Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα	220
3.3.2.8	Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη συχνότητα για διαφορετική ταχύτητα	223
3.3.3	Αποτελέσματα Standard Deviation και Maximum μετρήσεων για την Πλατφόρμα για h=7cm	226
3.3.3.1	Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία	227
3.3.3.2	Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη γωνία για διαφορετική ταχύτητα	228
3.3.3.3	Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία	230
3.3.3.4	Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη γωνία για διαφορετική ταχύτητα	231
3.3.3.5	Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα	233
3.3.3.6	Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη συχνότητα για διαφορετική ταχύτητα	236
3.3.3.7	Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα	238
3.3.3.8	Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη συχνότητα για διαφορετική ταχύτητα	241
3.3.4	Αποτελέσματα Standard Deviation και Maximum μετρήσεων για την Πλατφόρμα για h=8cm	243
3.3.4.1	Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία	244
3.3.4.2	Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία	244
3.3.4.3	Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα	245
3.3.4.4	Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη συχνότητα για διαφορετική ταχύτητα	248
3.3.4.5	Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα	249
3.3.4.6	Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη συχνότητα για διαφορετική ταχύτητα	252

3.4	Διαγράμματα τυπικής απόκλισης (standard deviation, STD) και μεγίστων τιμών (maximum, MAX) για το σύνθετο κύλινδρο	253
3.4.1	Αποτελέσματα Standard Deviation και Maximum μετρήσεων για το Πόδι για $h=4\text{cm}$	253
3.4.1.1	Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία	254
3.4.1.2	Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη γωνία για διαφορετική ταχύτητα	255
3.4.1.3	Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία	256
3.4.1.4	Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη γωνία για διαφορετική ταχύτητα	257
3.4.1.5	Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα	259
3.4.1.6	Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα	260
3.4.2	Αποτελέσματα Standard Deviation και Maximum μετρήσεων για το Πόδι για $h=6\text{cm}$	262
3.4.2.1	Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία	263
3.4.2.2	Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη γωνία για διαφορετική ταχύτητα	264
3.4.2.3	Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία	265
3.4.2.4	Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη γωνία για διαφορετική ταχύτητα	266
3.4.2.5	Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα	268
3.4.2.6	Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα	269
3.4.3	Αποτελέσματα Standard Deviation και Maximum μετρήσεων για το Πόδι για $h=7\text{cm}$	271
3.4.3.1	Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία	272
3.4.3.2	Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη γωνία για διαφορετική ταχύτητα	273
3.4.3.3	Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία	274
3.4.3.4	Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη γωνία για διαφορετική ταχύτητα	275
3.4.3.5	Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα	277
3.4.3.6	Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα	288
3.4.4	Αποτελέσματα Standard Deviation και Maximum μετρήσεων για το Πόδι για $h=8\text{cm}$	279
3.4.4.1	Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα	280
3.4.4.2	Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα	281
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	Πειραματικά αποτελέσματα και ποιοτική ανάλυση των ευρημάτων	282
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	Πίνακας παρατηρήσεων μετρήσεων	283
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		288

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Μέσα από αυτόν τον πρόλογο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους κυρίους Δ. Συνετό, Ι. Τραχανά και Φ. Κασάπη για την πολύτιμη βοήθεια και στήριξη τους κατά τη διάρκεια των πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν στη δεξαμενή του Εργαστήριο Ναυτικής και Θαλάσσιας Υδροδυναμικής (Ε.Ν.Θ.Υ.) του Ε.Μ.Π., τον κ. Θ. Μαζαράκο για τη συνεργασία μας και τις εκπαιδευτικές συμβουλές του καθώς και τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ι. Χατζηγεωργίου για την πολύτιμη καθοδήγησή του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

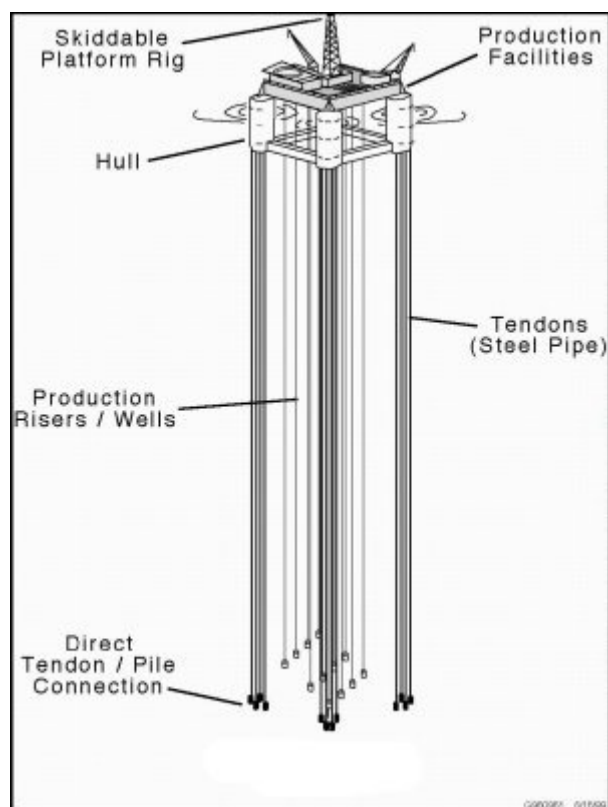
1.1 Tension Leg Platform (TLP)

Ως πλατφόρμα TLP θεωρείται μια επιπλέουσα πλατφόρμα που παραμένει σταθερή χάρη σε ένα σύστημα πρόσδεσης, Χρησιμεύει κυρίως στην θαλάσσια εξόρυξη και παραγωγή πετρελαίου ή φυσικού αερίου και είναι κατάλληλη για βάθος νερού μεγαλύτερο από 300 μέτρα. Η εγκατάστασή της προτείνεται σε περιοχές με υψηλή πιθανότητα έκθεσης σε ανεμοστρόβιλους.

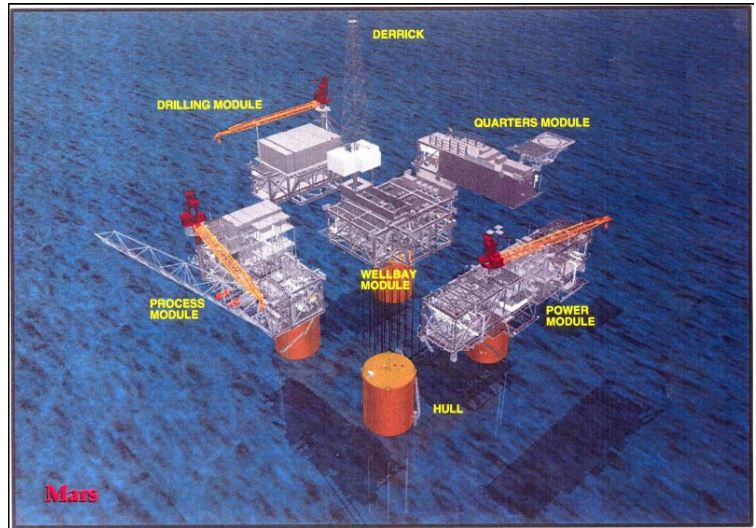
Οι πλατφόρμες TLP διαφοροποιούνται από τις συμβατικές σταθερές πλατφόρμες στο ότι οι πρώτες διατηρούνται στη θέση τους μέσω γραμμών πρόσδεσης (mooring lines) οι οποίες παραμένουν υπό ένταση λόγω της άντωσης της κατασκευής. Το σύστημα πρόσδεσης είναι ένα σύνολο κολώνων (tension leg) ή τενόντων έντασης (tendons) που συνδέονται με την πλατφόρμα και με ένα πλαίσιο ή με μία θεμελίωση στο θαλάσσιο πυθμένα. Το πλαίσιο παραμένει ακλόνητο χάρη σε αγωγούς ή πασσάλους (piles) που οδηγούνται στο θαλάσσιο πυθμένα. Αυτή η μέθοδος απαγορεύει τις κατακόρυφες κινήσεις της πλατφόρμας, επιτρέποντας, όμως, τις οριζόντιες μετακινήσεις.

Θεμελίωση είναι η σύνδεση μεταξύ του θαλάσσιου πυθμένα και της TLP. Οι περισσότερες θεμελιώσεις είναι πλαίσια που τοποθετούνται στον πυθμένα, και κατόπιν ασφαλιζονται με σκυρόδεμα ή χαλύβδινους πασσάλους (steel piles) που οδηγούνται στον πυθμένα μέσω ενός υδραυλικού σφυριού. Ωστόσο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλοι τρόποι όπως η θεμελίωση βαρύτητας. Τα θεμέλια κατασκευάζονται στην ξηρά και ρυμουλκούνται στην περιοχή πρόσδεσης.

Η γάστρα (hull) είναι μια επιπλέουσα κατασκευή η οποία συνήθως φέρει τέσσερις κολώνες γεμάτες με αέρα που υποστηρίζονται από πλωτήρες, παρόμοιους με ενός ημικαταδυόμενου σκάφους εξόρυξης. Τα καταστρώματα και ο εξοπλισμός εξόρυξης στηρίζονται στη γάστρα. Η άντωση της γάστρας υπερβαίνει το βάρος της πλατφόρμας, Για τον λόγο αυτό, απαιτούνται κολώνες (tension legs) ώστε να εξασφαλιστεί η σταθερότητα κ πρόσδεση της κατασκευής στον πυθμένα. Οι γενικές διαστάσεις της γάστρας εξαρτώνται από το μέγεθος των κολώνων και το μέγεθος της πλατφόρμας.



Κατά τα πρώιμα στάδια της ανάπτυξης των TLP, η βιομηχανία συνειδητοποίησε ότι είναι οικονομικώς αποδοτικό να χτίζονται οι εγκαταστάσεις επιφανείας σε χωριστά τμήματα, να συναρμολογούνται σε ρηχή παράκτια θέση και να ρυμουλκούνται έπειτα στην περιοχή πρόσδεσης. Τα συνθετικά μέρη που αποτελούν μια τυπική TLP πλατφόρμα ασφαλιζονται στο κατάστρωμα, το οποίο είναι συνδεδεμένο με τη γάστρα. Μία τυπική επιφάνεια είναι γύρω στα 6.000m². Οι χώροι ενδιαίτησης στεγάζουν μέχρι και 100 ανθρώπους, ανάλογα με τον τύπο και το σκοπό της δραστηριότητας της πλατφόρμας..



Ένα πλαίσιο στο θαλάσσιο πυθμένα παρεμβάλλει τους αγωγούς ή τους πασσάλους. Δεν χρησιμοποιούνται για όλες τις TLP πλαίσια. Εάν χρησιμοποιηθούν, είναι ο πρώτος εξοπλισμός που εγκαθίσταται στην περιοχή. Υπάρχουν διάφοροι τύποι πλαισίων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με μια TLP για να υποστηρίξουν τον εξορυκτικό εξοπλισμό και την ακεραιότητα των θεμελίων. Τα πλαίσια εξόρυξης έχουν έναν οδηγό για τον εντοπισμό και τη διάτρηση των φρεατίων. Τα πλαίσια θεμελίωσης μπορούν να είναι ένα ενιαίο κομμάτι ή ξεχωριστά κομμάτια για κάθε γωνία. Οι πάσσαλοι της θεμελίωσης (foundation piles) οδηγούνται

μέσω του πλαισίου θεμελίωσης. Το ενιαίο πλαίσιο είναι ένα μονό κομμάτι που περιέχει όλο τον εξοπλισμό εξόρυξης, τις άγκυρες και τους τένοντες, και εντοπίζει και καθοδηγεί τους πασσάλους θεμελίωσης. Το πλαίσιο που αποτελείται από ξεχωριστά κομμάτια επιτρέπει σε κάθε τμήμα να εγκατασταθεί χωριστά. Χρησιμοποιούν επίσης μικρότερα κομμάτια που ζυγίζουν λιγότερο και είναι ευκολότερα να εγκατασταθούν. Το πλαίσιο εξόρυξης μπορεί να εγκατασταθεί και η εξόρυξη μπορεί να αρχίσει ενώ το πλαίσιο θεμελίωσης σχεδιάζεται και κατασκευάζεται. Η εγκατάσταση μιας TLP γίνεται σταδιακά. Συχνά ο σχεδιασμός ενός τμήματος της TLP



γίνεται ενώ ένα άλλο μέρος εγκαθίσταται.

Τα υπό ένταση πόδια (τένοντες) είναι σωληνοειδούς μορφής και ασφαλιζουν τη γάστρα στην θεμελίωση. Αυτό είναι το σύστημα πρόσδεσης για τις TLP. Τα υπό ένταση πόδια είναι σωλήνες χάλυβα με διάμετρο περίπου ένα μέτρο και μήκος ανάλογα με το βάθος νερού. Μία τυπική TLP εγκαθίσταται με τουλάχιστον 16 τένοντες.

Τα θεμέλια ασφαλιζουν την TLP στο θαλάσσιο πυθμένα μέσω των θαμμένων πασσάλων, οι οποίοι ενδέχεται να είναι είτε τσιμεντένιοι είτε χαλύβδινοι. Οι τένοντες είναι συνδεδεμένοι με τα θεμέλια και η πλατφόρμα είναι συνδεδεμένη με τους τένοντες. Οι πάσσαλοι μπορούν εισχωρήσουν στον πυθμένα με τρυπάνι και να επικαλυφθούν στη συνέχεια με τσιμέντο. Ένα χαρακτηριστικό σκάφος που χρησιμοποιείται για την εγκατάσταση των θεμελίων θα ήταν ένα ημικαταδυόμενο σκάφος. Ένα υδραυλικό σφυρί χρησιμοποιείται για να οδηγήσει τους πασσάλους στο θαλάσσιο πυθμένα.

Τα risers για τις TLP είναι οι ίδια με τα risers που χρησιμοποιούνται για τις συμβατικές πλατφόρμες. Ένα SCR μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συνδέσει την υποθαλάσσια σωλήνωση με τις TLP. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες μέθοδοι εγκατάστασης. Η πιο κοινή μέθοδος που χρησιμοποιείται για την εγκατάσταση των σωληνώσεων είναι η J-lay μέθοδος. Οι σωληνώσεις για τις TLP κυμαίνονται μέχρι 18in σε διάμετρο για το πετρέλαιο και περίπου 14in για το αέριο. Συχνά η σωλήνωση θα ενώσει ένα άλλο σύστημα για τη μεταφορά στην ακτή. Το πετρέλαιο ενδέχεται να μεταφέρεται με δεξαμενόπλοιο ως εναλλακτική λύση στις σωληνώσεις.

Οι TLP χρησιμοποιούν τένοντες για να ασφαλιστεί η πλατφόρμα στα θεμέλια. Δεν υπάρχει συγκεκριμένος τρόπος εγκατάστασης της πλατφόρμας και των τενόντων. Σε μερικές περιπτώσεις οι τένοντες θα συνδεθούν με τα θεμέλια, η πλατφόρμα θα κινηθεί στη θέση και έπειτα οι τένοντες θα συνδεθούν με την στην πλατφόρμα. Σε άλλες περιπτώσεις, μεταφέρεται η πλατφόρμα στο σημείο πρόσδεσης πρώτα, συνδέονται οι τένοντες στην πλατφόρμα, και έπειτα συνδέονται οι τένοντες με τα θεμέλια. Μια άλλη επιλογή είναι να συνδεθούν μερικοί από τους τένοντες στα θεμέλια, να κινηθεί η πλατφόρμα στο σημείο πρόσδεσης, να συνδεθούν αυτοί οι τένοντες με την πλατφόρμα, και να συνδεθούν οι υπόλοιποι τένοντες με την TLP και έπειτα με τα θεμέλια.

Το ανώτερο τμήμα μιας TLP αποτελείται από τη γάστρα, τη γέφυρα, και τις εγκαταστάσεις επιφάνειας. Τα τμήματα επιφάνειας χτίζονται στη στεριά και συνήθως συναρμολογούνται σε μια ρηχή θέση κοντά στην ακτή. Κατόπιν ρυμουλκούνται στην θέση που έχει προσδεθεί η γάστρα. Τα διάφορα τμήματα μπορούν να συνδεθούν με τη γάστρα είτε παράκτια είτε επί της θέσεως πρόσδεσης. Οι παράγοντες που καθορίζουν συνήθως το που θα γίνει η σύνδεση με τη γάστρα είναι συνήθως οικονομικοί.

Η γάστρα παρέχει την άνωση που απαιτείται για να επιπλεύσει η TLP στο νερό και υποστηρίζει την πλατφόρμα. Η γάστρα περιέχει αρκετά από τα μηχανικά συστήματα που απαιτούνται για τη λειτουργία της πλατφόρμας. Ο εξοπλισμός στα τμήματα επιφάνειας σχετίζεται με εγκαταστάσεις αποθήκευσης νερού για πυρόσβεση, θαλασσινού νερού, diesel, κα. Ο εξοπλισμός που σχετίζεται με τη γάστρα της πλατφόρμας περιλαμβάνει τα συστήματα ερματισμού και διαγωγής, τα συστήματα αποστράγγισης και bilge συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων έκτακτης αποστράγγισης, θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού (HVAC).

Μια χαρακτηριστική γάστρα έχει τέσσερις κολώνες, που η διάμετρός τους φτάνει μέχρι και τα 30,48m (100ft), και είναι συνδεδεμένες στη βάση με τέσσερα συστήματα πάκτωσης. Αυτά είναι ερματισμένα κατά τη διάρκεια της παράκτιας κατασκευής, της σύνδεσης των τμημάτων και της εγκατάστασης της πλατφόρμας TLP. Ο αερματισμός γίνεται μέσω των αντλιών που βρίσκονται μέσα σε υδατοστεγείς θαλάμους. Κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας, τα συστήματα είναι άδειοι. Η κατασκευή της γάστρας πραγματοποιείται στο ναυπηγείο. Τα δοκάρια στήριξης της μονάδας κατασκευάζονται μαζί με τη γάστρα. Τα κατασκευασμένα τμήματα μεταφέρονται σε μια παράκτια περιοχή για τη συνένωση και κατόπιν ρυμουλκούνται στη θέση της πλατφόρμας.

Η πρώτη TLP πλατφόρμα κατασκευάστηκε για την Hutton Conoco στη Βόρεια Θάλασσα στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Η γάστρα κατασκευάστηκε στη δεξαμενή του ναυπηγείου Nigg Fabricator της Σκωτίας, ενώ η υπερκατασκευή στο ναυπηγείο McDermott σε Ardersier. Τα δύο μέρη συνενώθηκαν στην Βόρεια Θάλασσα το 1984.

Οι βαθύτερες TLP μετρώντας από τον πυθμένα θάλασσας έως την επιφάνεια είναι :

- 1,425 m Magnolia TLP στον κόλπο του Μεξικό
- 1345m, Statoil Heidrum Platform στην Βόρεια θάλασσα
- 1,311 m Marco Polo TLP στον κόλπο του Μεξικό
- 1,295 m Neptune TLP στον κόλπο του Μεξικό

- 1,177 m Kizomba B TLP στην Αγκόλα
- 1,177 m Kizomba A TLP στην Αγκόλα
- 1,158 m Ursa TLP στον κόλπο του Μεξικό
- 1,021 m Allegheny TLP στον κόλπο του Μεξικό



Statoil Heidrun Platform – North Sea Norway (World Largest TLP, First Application of Composite Riser, 1345m)



. ConocoPhillips Magnolia TLP – Gulf of Mexico (World Deepest TLP, 1425m)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

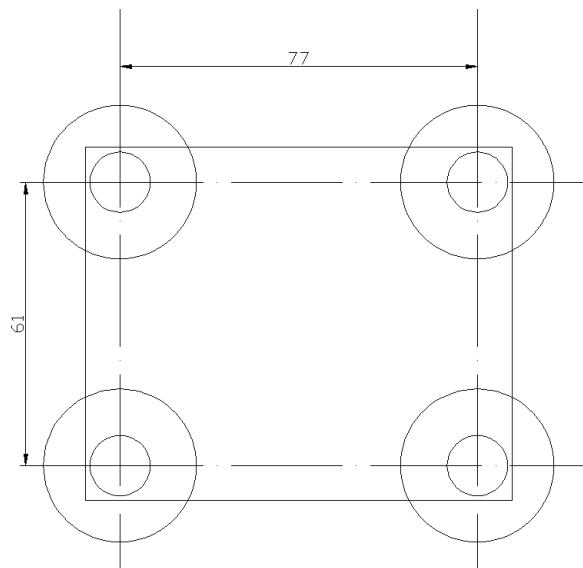
2.1 Σκοπός

Σκοπός του πειραματικού μέρους της διπλωματικής αυτής εργασίας ήταν η μέτρηση της ανύψωσης της ελεύθερης επιφάνειας και των δυναμικών φορτίσεων στις surge, heave και pitch διευθύνσεις καθώς και τον υπολογισμό των γενικευμένων drift δυνάμεων μέσω αυτών στο πρότυπο πλατφόρμας TLP σε θαλάσσιους κυματισμούς διαφόρων συχνοτήτων και υψών κύματος καθώς και σε συνδυασμένη δράση κυματισμών και ρεύματος στην επιφάνεια της θάλασσας, προσεγγίζοντας το τελευταίο μέσω πρόσω και όπισθεν ταχύτητας του φορείου στο οποίο ήταν πακτωμένο το μοντέλο. Δυστυχώς, εξαιτίας σφάλματος στις μετρήσεις των load cells του δυναμόμετρου, των οργάνων δηλαδή που μετρούν τις ασκούμενες δυνάμεις στην κατασκευή, η μέτρηση των δυνάμεων δεν κατέστη εφικτή.

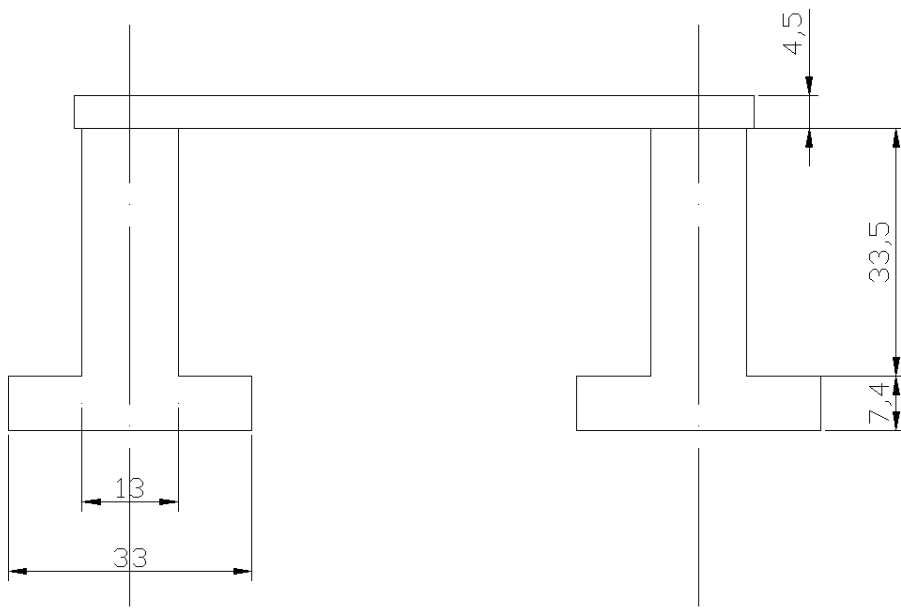
Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σε ξύλινο πρότυπο πλωτής κατασκευής TLP τεσσάρων σύνθετων κατακόρυφων πυλώνων με μεταβλητή διάμετρο, υπό κλίμακα 1:100, στην Πειραματική Δεξαμενή του Εργαστηρίου Ναυτικής και Θαλάσσιας Υδροδυναμικής (ΕΝΘΥ) του Ε.Μ.Π. Επίσης λήφθηκαν μετρήσεις σε ένα σκέλος του προτύπου το οποίο αφαιρέθηκε από το συγκρότημα προκειμένου να δοκιμαστεί μεμονωμένα.

2.2 Περιγραφή Πλωτής Κατασκευής

Η πλωτή διάταξη που εξετάστηκε είναι σχήματος ορθογωνίου παραλληλογράμμου, με προσαρτημένους τέσσερις σύνθετους κυλίνδρους στις κορυφές του (έναν σε κάθε κορυφή), οι οποίοι εξασφαλίζουν την άντωση που απαιτείται για να επιπλέει το σύστημα. Το πρότυπο το οποίο μελετήθηκε φαίνεται στα παρακάτω σχήματα. Οι διαστάσεις είναι σε m.



Σχήμα 1.1 Κάτοψη προτύπου



Σχήμα 2.2

Πλάγια όψη προτύπου

Οι παραπάνω σχεδιάσεις δοκιμάστηκαν σε αρμονικούς κυματισμούς σταθερές αλλά και κινούμενες. Πιο συγκεκριμένα, τα ύψη των κυματισμών που ελέγχθηκαν ήταν: **4, 6, 7 και 8 cm** (κλίμακα προτύπου). Στον Πίνακα 2.1 που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της πλωτής κατασκευής σε φυσική κλίμακα. Το βύθισμα αναφέρεται στη βασική γραμμή αναφοράς σε κάθε περίπτωση

Πίνακας 2.1

Χαρακτηριστικά	Μεγέθη
Εκτόπισμα Δ , [mt]	28.196
Ύψος μικρού κυλίνδρου [m]	8.0
Διάμετρος μικρού κυλίνδρου [m]	13.0
Ύψος μεγάλου κυλίνδρου [m]	7.0
Διάμετρος μεγάλου κυλίνδρου [m]	33.0
Βύθισμα [m]	15.0

2.3 Περιγραφή Προτύπου

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, το ξύλινο πρότυπο της πλωτής κατασκευής πολλαπλών σύνθετων κυλινδρικών πυλώνων, υπό κλίμακα 1:100, που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές δυναμικής συμπεριφοράς σε κυματισμούς κατασκευάστηκε στο ΕΝΘΥ. Οι δοκιμές έγιναν με το πρότυπο ακίνητο, χωρίς υπερκατασκευές αλλά ερματισμένο στο ορθό εκτόπισμα.

Το πειραματικό πρότυπο πακτώθηκε στο φορείο της δεξαμενής, εξαλείφοντας έτσι τις κατακόρυφες κινήσεις τις πλατφόρμας και προσομοιώνοντας με αυτό τον τρόπο μία tension leg πλατφόρμα. Το θαλάσσιο ρεύμα προσομοιώθηκε με αλλαγή της διεύθυνσης κίνησης και της ταχύτητας του πειραματικού προτύπου.

Τα χαρακτηριστικά του προτύπου παρουσιάζονται στον πίνακα 2.2 που ακολουθεί.

Πίνακας 2.2

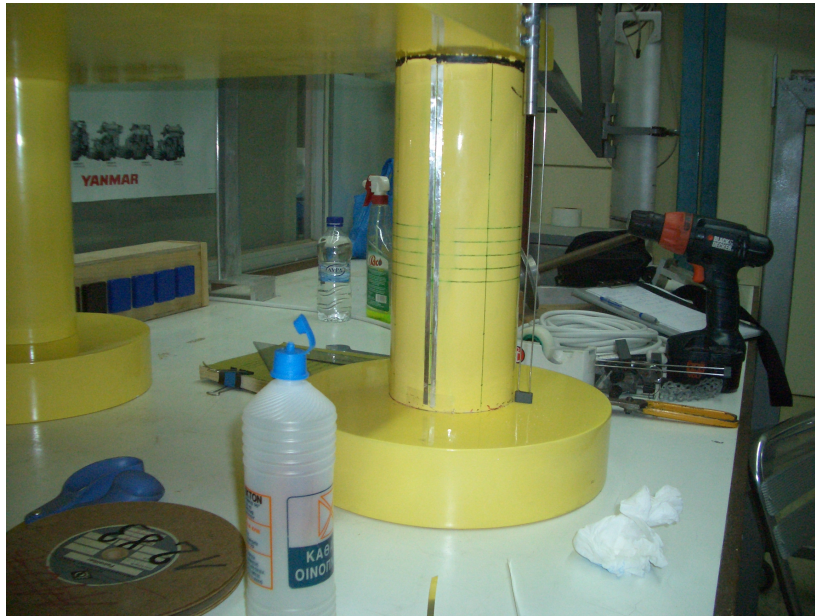
Χαρακτηριστικά	Μεγέθη
Εκτόπισμα Δ , [kg]	21.51
Ύψος μικρού κυλίνδρου [m]	0.08
Διάμετρος μικρού κυλίνδρου [m]	0.13
Ύψος μεγάλου κυλίνδρου [m]	0.07
Διάμετρος μεγάλου κυλίνδρου [m]	0.33
Βύθισμα [m]	0.15

Στις φωτογραφίες 2.1 και 2.2 που ακολουθούν φαίνεται το πειραματικό πρότυπο, ενώ διακρίνονται και οι αλουμινοταινίες που κολλήθηκαν για τη λήψη των πειραματικών μετρήσεων της ανύψωσης της ελεύθερης επιφάνειας. Στη φωτογραφία 2.3 φαίνεται το μεμονωμένο σκέλος προσαρτημένο στο φορείο κατά τη διάρκεια των δοκιμών.

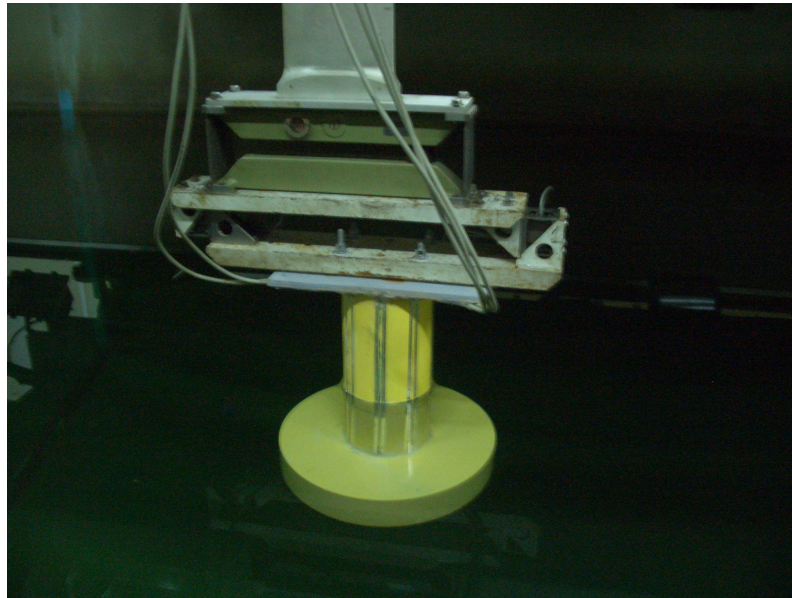


Φωτογραφία 2.1

Πειραματικό πρότυπο πλωτής κατασκευής



Φωτογραφία 2.2 Πειραματικό πρότυπο πλωτής κατασκευής



Φωτογραφία 2.3 Μεμονωμένο κυλινδρικό στέλεχος



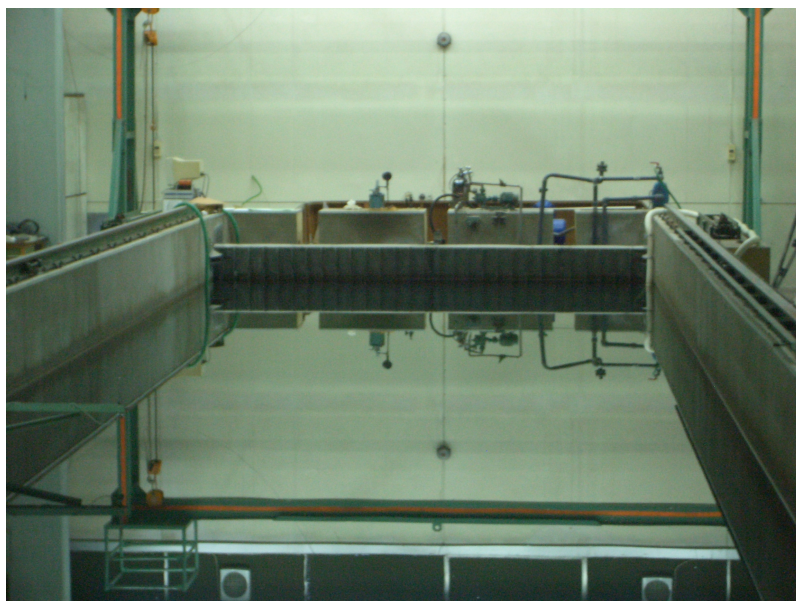
Φωτογραφία 2.4 Το πρότυπο προσαρμοσμένο στο φορείο της δεξαμενής

2.4 Περιγραφή δεξαμενής Ε.Ν.Θ.Υ.

Το Εργαστήριο Ναυτικής & Θαλάσσιας Υδροδυναμικής (ΕΝΘΥ) του Ε.Μ.Π. έχει στις εγκαταστάσεις του Πειραματική Δεξαμενή μήκους 100 m, πλάτους 4.6 m και μέγιστου βάρους νερού 3.0 m. Η Πειραματική Δεξαμενή είναι εξοπλισμένη με φορείο δοκιμών, του οποίου η κίνηση ρυθμίζεται με τη βοήθεια Η/Υ και η μέγιστη ταχύτητα του είναι 5.3 m/sec. Ακόμη η Πειραματική Δεξαμενή διαθέτει σύστημα παραγωγής κυματισμών (Κυματιστήρα) και σύστημα απόσβεσης κυματισμών (Αποσβεστήρας). Ο Κυματιστήρας έχει τη δυνατότητα παραγωγής αρμονικών κυματισμών καθώς και τυχαίων θαλάσσιων κυματισμών με συγκεκριμένη φασματική κατανομή.



Φωτογραφία 2.5 Η πειραματική δεξαμενή του Ε.Ν.Θ.Υ.



Φωτογραφία 2.5 Ο κυματιστήρας της δεξαμενής του Ε.Ν.Θ.Υ.

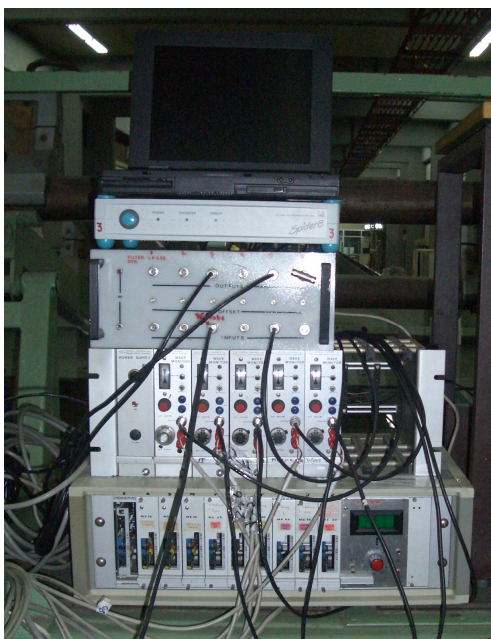
2.5 Όργανα μετρήσεων

Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση του πειράματος είναι:

1. Ηλεκτρικά αγώγιμα ζεύγη συρμάτων (probes)
2. Ένας ενισχυτής του ηλεκτρικού σήματος
3. Μια συσκευή μέτρησης και καταγραφής του ηλεκτρικού σήματος (wave monitor)
4. Μια συσκευή αποτύπωσης του ηλεκτρικού σήματος σε ηλεκτρονικό υπολογιστή (spider8)
5. Ένας φορητός ηλεκτρονικός υπολογιστής

Στη συνέχεια παρατίθεται μια σύντομη ανάλυση ορισμένων εκ των οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν.

WAVE MONITOR



Το όργανο είναι μια απλή και αξιόπιστη συσκευή για τη μέτρηση και καταγραφή των κυματισμών του νερού σε μοντέλα και δεξαμενές. Λειτουργεί υπό την αρχή της μέτρησης του ρεύματος που διαρρέει σε ένα probe που αποτελείται από ένα ζεύγος παράλληλων συρμάτων από ανοξείδωτο χάλυβα. Το probe ενεργοποιείται με εφαρμογή υψηλής συχνότητας τετραγωνικού κύματος τάσης για την αποφυγή φαινομένων πόλωσης στις επιφάνειες των συρμάτων. Τα σύρματα βυθίζονται στο νερό και το ρεύμα που ρέει ανάμεσά τους είναι ανάλογο με το βάθος της κατάδυσης. Το ρεύμα είναι αισθητό από ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα το οποίο παρέχει μια τάση εξόδου ανάλογη του στιγμιαίου βάθους κατάδυσης, δηλαδή το ύψος κύματος, και μπορεί να καταγραφεί καταγραφέα υψηλής ταχύτητας ή δεδομένων.

Το σύνθηρες probe του συναντάται αποτελείται από ένα ζεύγος συρμάτων από ανοξείδωτο χάλυβα, διαμέτρου 1.5mm και

12.5mm απόσταση μεταξύ τους. Ωστόσο, η ευκολία της ροής και ευαισθησίας των κυκλωμάτων παρέχουν μια πολύ μεγάλη ποικιλία των διαμορφώσεων των probes που χρησιμοποιούνται. Αυτή η ευελιξία επιτρέπει στο χρήστη να κατασκευάσει ανιχνευτές ανάλογα με τις απαιτήσεις του, όπως στα ακόλουθα παραδείγματα:

1. Probes σε μορφή ταινιών για ρυμούλκηση πλοίου υψηλής ταχύτητας σε δεξαμενές.
2. Ειδικά διαμορφωμένα probes που συνδέονται στην πλευρά των μοντέλων για τη μέτρηση των pitch, heave κλπ.

Η τάση εξόδου μπορεί να βαθμονομηθεί ως προς το ύψος κύματος μεταβάλλοντας το βάθος κατάδυσης του probe σε ήρεμο νερό σταθερής ποσότητας, και σημειώνοντας την αλλαγή που παρατηρείται στο σήμα εξόδου. Ένα ειδικό μέλος υποστήριξης του probe με κατανομημένες τρύπες τοποθέτησης είναι διαθέσιμο για να διευκολύνει αυτή τη λειτουργία.

Όταν ανιχνευτές χρησιμοποιούνται πολύ κοντά ο ένας στον άλλο είναι απαραίτητο να λειτουργούν σε διαφορετικές συχνότητες ώστε να αποφεύγεται τυχόν αμοιβαία αλληλεπίδραση.



SPIDERS

Το Spider8 είναι ένα ηλεκτρονικό σύστημα ηλεκτρικής μέτρησης μεταβλητών, όπως η επιμήκυνση, δύναμη, πίεση, η επιτάχυνση και η θερμοκρασία. Το Spider8 συνδέεται με τον φορητό ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω του οποίου εκτελούνται όλες οι εντολές κ γίνονται οι απαραίτητες ρυθμίσεις.

Τα χαρακτηριστικά του Spider8 είναι:

- Η βασική διάταξη περιλαμβάνει 4 ψηφιακούς ενισχυτές με συχνότητα 4.8kHz
- Κάθε κανάλι λειτουργεί με ένα ξεχωριστό μετατροπέα A/D που επιτρέπει την μέτρηση ρυθμών από 1/s ως 9600/s.
- Οι A/D μετατροπείς είναι συγχρονισμένοι ώστε να εξασφαλίζεται η ταυτόχρονη μέτρηση σε όλα τα κανάλια.



Η μετατροπή των μετρούμενων volts από τα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά συστήματα που περιγράφηκαν παραπάνω σε ανύψωση της ελεύθερης επιφάνειας, έγινε με τη βοήθεια συναρτήσεων μεταφοράς. Συνάρτηση μεταφοράς είναι ο όρος που χρησιμοποιείται στην επεξεργασία σήματος για να περιγραφεί η συμπεριφορά ενός γραμμικού, αιτιατού συστήματος. Ως γραμμικό σύστημα θεωρούμε μια οποιαδήποτε διάταξη που έχει μία ή περισσότερες εισόδους και μία ή περισσότερες εξόδους. Οι εισοδοί και οι έξοδοι είναι σήματα, δηλαδή συναρτήσεις του χρόνου. Ως σήμα ορίζεται οποιαδήποτε συνάρτηση μεταξύ φυσικών ποσοτήτων.

Μία ευρέως διαδεδομένη μέθοδος ανάλυσης σήματος είναι η ανάλυση Fourier, με την οποία αναλύουμε ένα οποιοδήποτε περιοδικό σήμα σε άθροισμα απείρων ημιτόνων, όλων των δυνατών συχνοτήτων, τα οποία σχηματίζουν αθροιζόμενα το ολικό αρχικό σήμα. Κάθε ένα από αυτά τα ημίτονα συμμετέχει με διαφορετικό πλάτος στο ολικό σήμα και ο μαθηματικός Μετασχηματισμός Fourier (FFT) μας λέει κατά πόσο συμμετέχει κάθε πιθανή συχνότητα στον σχηματισμό του. Έτσι π.χ. ο Μετασχηματισμός Fourier ενός απλού ημιτονοειδούς σήματος είναι η κρουστική συνάρτηση, μία ώθηση, καθώς το ημίτονο περιέχει μόνο μία συχνότητα.

Ο Μετασχηματισμός Fourier (FFT) έχει εφαρμοστεί δειγματοληπτικά παρακάτω στη διπλωματική εργασία ώστε να ελεγχθεί το κατά πόσο τελικά έχει επιτευχθεί η συχνότητα του κυματισμού που είχε αρχικά εφαρμοστεί στον κυματιστήρα σε ακραίους συνδυασμούς ύψους κύματος και συχνότητας.

Όσον αφορά την επεξεργασία των μετρήσεων, όπως προαναφέρθηκε, η μετατροπή των μετρούμενων volts σε ανύψωση της ελεύθερης επιφάνειας, έγινε με τη βοήθεια των συναρτήσεων μεταφοράς, μέσω μιας καμπύλης βαθμονόμησης. Για να βρεθεί αυτή η καμπύλη, αλλάξαμε το βύθισμα του wave probe και παίρναμε μια μέτρηση για τα volts σε κάθε θέση. Από αυτές τις μετρήσεις με την εντολή slope στο excel βρίσκαμε την καμπύλη που παρεμβάλλει αυτά τα σημεία μέτρησης, δηλαδή την καμπύλη βαθμονόμησης. Η καμπύλη αυτή ήταν της μορφής $y=ax+b$ όπου x : τα μετρούμενα volts, y : η ανύψωση της ελεύθερης επιφάνειας και a, b οι σταθερές που προκύπτουν από την κλίση της καμπύλης.

2.6 Προβλήματα που παρουσιάστηκαν

Στην ενότητα αυτή γίνεται λόγος για τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν κατά την εκτέλεση της πειραματικής εργασίας, καθώς και οι τρόποι με τους οποίους αντιμετωπίστηκαν.

1. Όπως προαναφέρθηκε και στην ενότητα 2.1, παρότι στόχος του πονήματος ήταν και η μέτρηση των ασκούμενων δυνάμεων στο πειραματικό πρότυπο, αυτή δεν κατέστη τελικά δυνατή λόγω σφάλματος που παρουσιάστηκε κατά τη διαδικασία βαθμονόμησης του δυναμόμετρου του εργαστηρίου. Πιο συγκεκριμένα, τα load cells που χρησιμοποιούνταν από το εργαστήριο για τη μέτρηση των ασκούμενων δυνάμεων στο πρότυπο, δεν μπορούσαν να επανέλθουν στην προηγούμενη τους κατάσταση μετά την παύση άσκησης της οποιασδήποτε δύναμης. Έτσι, αποφασίστηκε να μην προχωρήσουμε σε μετρήσεις δυνάμεων πιθανόν μη ασφαλείς, μιας και η επισκευή τους δεν ήταν δυνατή.
2. Για τη δημιουργία ιδανικών συνθηκών μέτρησης, η επιφάνεια του νερού της δεξαμενής θα έπρεπε να βρίσκεται σε πλήρη ηρεμία. Ο χρόνος, όμως, που έπρεπε να μεσολαβήσει ανάμεσα σε δύο μετρήσεις ώστε να επιτευχθεί αυτή η ηρεμία ήταν απαγορευτικός για την πραγματοποίηση όλων αυτών των μετρήσεων. Έτσι, αποφασίστηκε ανάμεσα στις μετρήσεις να μεσολαβεί ένας χρόνος αδράνειας γύρω στα τριάντα με σαράντα λεπτά, κατά μέσο όρο. Αυτό, όμως, είχε σαν αποτέλεσμα κατά την έναρξη της εφαρμογής του κυματισμού, να εμπεριέχεται κ ένας δεύτερος υψηλότερης συχνότητας κυματισμός, ο οποίος επηρέαζε σαφώς τις μετρήσεις. Για να ελαττωθεί όσο το δυνατόν περισσότερο η επιρροή αυτού του δευτερεύοντος κυματισμού στα αποτελέσματα των μετρήσεων, λαμβάναμε μία μέτρηση του κυματισμού που υπήρχε στην ελεύθερη επιφάνεια του νερού στην κατάσταση της θεωρητικής ηρεμίας, λίγα δευτερόλεπτα πριν δηλαδή εφαρμοστεί ο επιθυμητός κυματισμός. Από αυτή τη μέτρηση, λαμβάναμε μια μέση τιμή, την οποία και αφαιρούσαμε από τις τελικές μετρήσεις του εκάστοτε πειράματος.

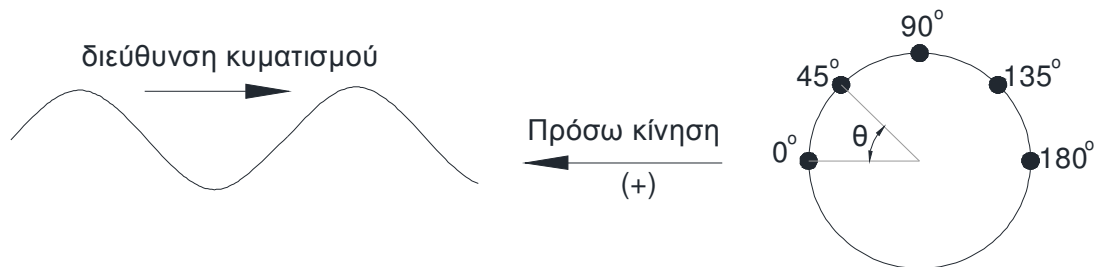
Για τους ανωτέρω λόγους, όπως προαναφέρθηκε, χρησιμοποιήθηκε ο μετασχηματισμός Fourier (FFT, Fast Fourier Transformation) ώστε να εξακριβωθεί εάν σε κάθε μέτρηση είχε επιτευχθεί η επιθυμητή συχνότητα. Στη συνέχεια του κειμένου, παρατίθενται και παραδείγματα μετασχηματισμών Fourier που εφαρμόστηκαν σε ακραίους συνδυασμούς συχνότητας και ύψους κύματος.

3. Το στενό πλάτος της δεξαμενής του εργαστηρίου, ευνοούσε το φαινόμενο του διατοιχισμού, δεν επέτρεπε δηλαδή την ελεύθερη εκτόνωση των κυματισμών που είχαν παραχθεί κατά τη διάρκεια μιας μέτρησης. Έτσι, μόλις προσέκρουε ένας κυματισμός στα πλάγια τοιχώματα της δεξαμενής, δημιουργείτο ένας νέος κυματισμός αντίθετης διεύθυνσης με αποτέλεσμα να εισάγεται και μια νέα συχνότητα στον εφαρμόζοντα κυματισμό, ο οποίος τελικά δεν μπορούσε να δώσει ορθές μετρήσεις. Το φαινόμενο αυτό παρατηρήθηκε κυρίως σε συνδυασμούς υψηλής συχνότητας, ταχύτητας κι ύψους κύματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Παρουσίαση αποτελεσμάτων

3.1 Χρονικές ιστορίες

Στον πίνακα που ακολουθεί αναφέρονται οι περιπτώσεις οι οποίες εξετάστηκαν και αναλύθηκαν. Σημειώνονται τα εξής:



1. Ως θετική φορά (+) της ταχύτητας της πλατφόρμας θεωρήθηκε η κίνηση αντίθετα στη φορά του κυματισμού.
2. Ο αριθμός Froude (Fn) υπολογίζεται από τον τύπο $Fn = c/(gl)^{0.5}$,
Όπου, c : η ταχύτητα διάδοσης του κυματισμού σε m/s
 $g=9.81 \text{ m/s}^2$
 $l=0.33\text{m}$: η μεγαλύτερη διάμετρος των στελεχών στήριξης της πλατφόρμας, η οποία ελήφθη ως η χαρακτηριστική διάσταση.
3. Σαν FR (Front Right) συμβολίζεται το εμπρόσθιο δεξιά στέλεχος στήριξης της πλατφόρμας και σαν RR (Rear Right) το πίσω δεξιά στέλεχος στα οποία εφαρμόστηκαν τα wave probes και λήφθηκαν οι μετρήσεις.
4. Οι αριθμοί που συνοδεύουν τους παραπάνω συμβολισμούς (π.χ. FR0) αναφέρονται στη γωνία θ που εφαρμόστηκαν οι αλουμινοταινίες, θεωρώντας ως 0° το σημείο που προσπίπτει πρώτα ο κυματισμός κατά την πρόσω ταχύτητα της πλατφόρμας.

Πρότυπο					
T (cm)	Wave (cm)	f (Hz)	V (m/s)	ω (rad/s)	Fn
15	4	0,3	0	1,884	0
15	4	0,4	0	2,512	0
15	4	0,5	0	3,140	0
15	4	0,6	0	3,768	0
15	4	0,7	0	4,396	0
15	4	0,8	0	5,024	0
15	4	0,9	0	5,652	0
15	6	0,5	0	3,140	0
15	6	0,6	0	3,768	0
15	6	0,7	0	4,396	0
15	6	0,8	0	5,024	0
15	6	0,9	0	5,652	0
15	7	0,6	0	3,768	0
15	7	0,7	0	4,396	0
15	7	0,8	0	5,024	0
15	7	0,9	0	5,652	0
15	8	0,7	0	4,396	0
15	8	0,8	0	5,024	0
15	4	0,3	0,1	1,884	0,056
15	4	0,3	0,3	1,884	0,167

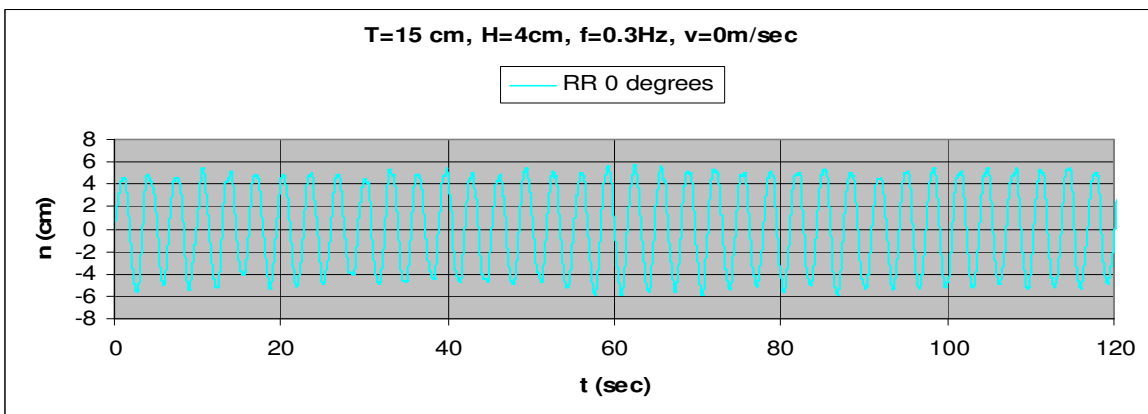
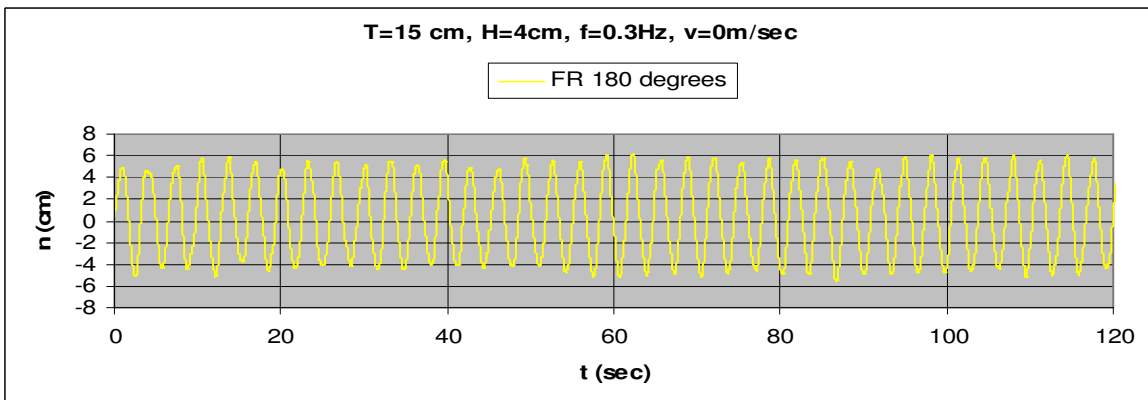
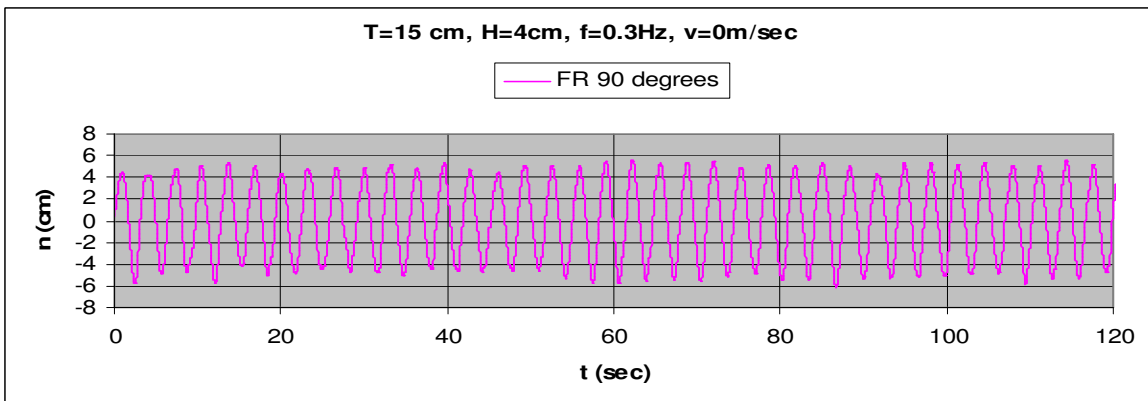
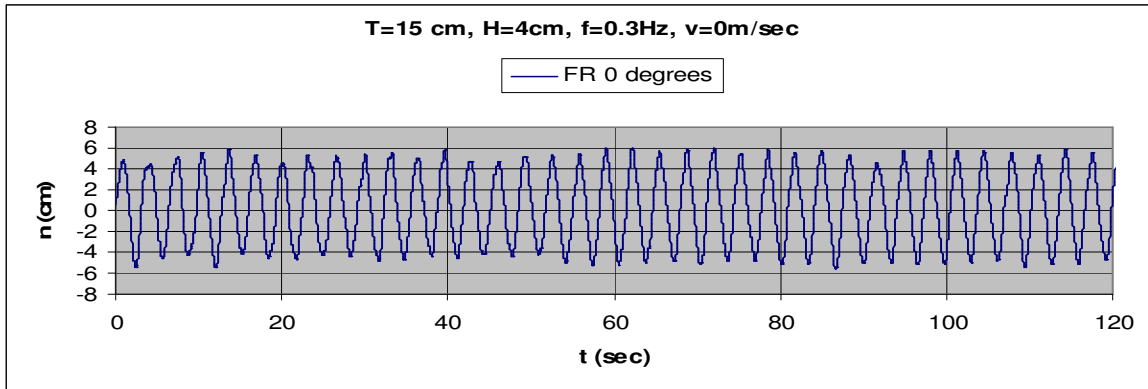
T (cm)	Wave (cm)	f Hz)	V (m/s)	ω (rad/s)	Fn
15	4	0,3	0,5	1,884	0,278
15	4	0,3	-0,5	1,884	0,278
15	4	0,4	0,1	2,512	0,056
15	4	0,4	0,3	2,512	0,167
15	4	0,4	0,5	2,512	0,278
15	4	0,4	-0,5	2,512	0,278
15	4	0,5	0,1	3,140	0,056
15	4	0,5	0,3	3,140	0,167
15	4	0,5	0,5	3,140	0,278
15	4	0,5	-0,5	3,140	0,278
15	4	0,6	0,1	3,768	0,056
15	4	0,6	0,3	3,768	0,167
15	4	0,6	0,5	3,768	0,278
15	4	0,6	-0,5	3,768	0,278
15	4	0,7	0,1	4,396	0,056
15	4	0,7	0,3	4,396	0,167
15	4	0,7	0,5	4,396	0,278
15	4	0,7	-0,5	4,396	0,278
15	4	0,8	0,1	5,024	0,056
15	4	0,8	0,3	5,024	0,167
15	4	0,8	0,5	5,024	0,278
15	4	0,8	-0,5	5,024	0,278
15	4	0,9	0,1	5,652	0,056
15	4	0,9	0,3	5,652	0,167
15	4	0,9	0,5	5,652	0,278
15	4	0,9	-0,5	5,652	0,278
15	4	1,0	0,5	6,280	0,278
15	4	1,0	-0,5	6,280	0,278
15	6	0,5	0,1	3,140	0,056
15	6	0,5	0,3	3,140	0,167
15	6	0,5	0,5	3,140	0,278
15	6	0,5	-0,5	3,140	0,278
15	6	0,6	0,1	3,768	0,056
15	6	0,6	0,3	3,768	0,167
15	6	0,6	0,5	3,768	0,278
15	6	0,6	-0,5	3,768	0,278
15	6	0,7	0,1	4,396	0,056
15	6	0,7	0,3	4,396	0,167
15	6	0,7	0,5	4,396	0,278
15	6	0,7	-0,5	4,396	0,278
15	7	0,6	0,1	3,768	0,056
15	7	0,6	0,3	3,768	0,167
15	7	0,6	0,5	3,768	0,278
15	7	0,6	-0,5	3,768	0,278
15	8	0,7	0,1	4,396	0,056

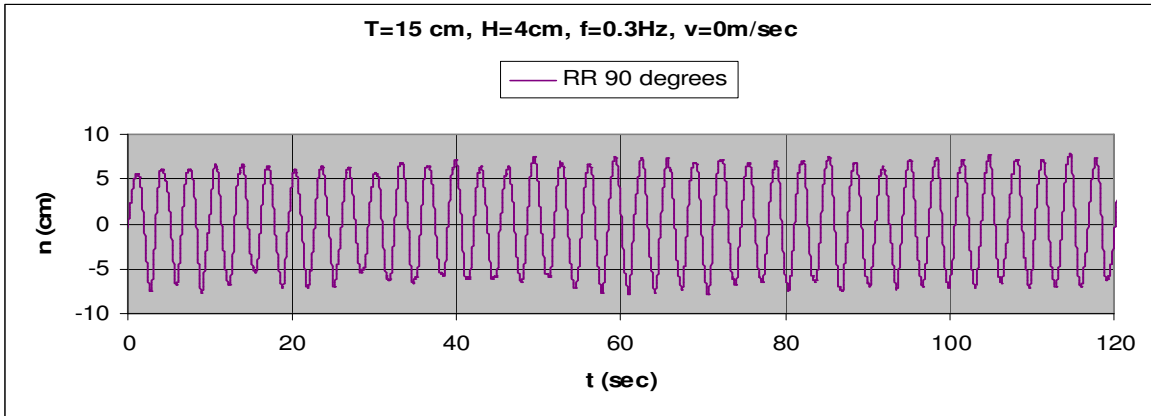
15	8	0,7	0,3	4,396	0,167
15	8	0,7	0,5	4,396	0,278
15	8	0,7	-0,5	4,396	0,278

Σύνθετος κύλινδρος					
T (cm)	Wave (cm)	f Hz)	V (m/s)	ω (rad/s)	Fn
15	4	0,3	0	1,884	0
15	4	0,4	0	2,512	0
15	4	0,5	0	3,140	0
15	4	0,6	0	3,768	0
15	4	0,7	0	4,396	0
15	4	0,8	0	5,024	0
15	4	0,9	0	5,652	0
15	6	0,5	0	3,140	0
15	6	0,6	0	3,768	0
15	6	0,7	0	4,396	0
15	6	0,8	0	5,024	0
15	7	0,6	0	3,768	0
15	7	0,7	0	4,396	0
15	4	0,3	0,1	1,884	0,056
15	4	0,3	0,3	1,884	0,167
15	4	0,4	0,1	2,512	0,056
15	4	0,4	0,3	2,512	0,167
15	4	0,5	0,1	3,140	0,056
15	4	0,5	0,3	3,140	0,167
15	4	0,6	0,1	3,768	0,056
15	4	0,6	0,3	3,768	0,167
15	4	0,7	0,1	4,396	0,056
15	4	0,7	0,3	4,396	0,167
15	4	0,8	0,1	5,024	0,056
15	4	0,8	0,3	5,024	0,167
15	4	0,9	0,1	5,652	0,056
15	4	0,9	0,3	5,652	0,167
15	6	0,5	0,1	3,140	0,056
15	6	0,5	0,3	3,140	0,167
15	6	0,6	0,1	3,768	0,056
15	6	0,6	0,3	3,768	0,167
15	6	0,7	0,1	4,396	0,056
15	6	0,7	0,3	4,396	0,167
15	7	0,6	0,1	3,768	0,056
15	7	0,6	0,3	3,768	0,167
15	7	0,7	0,1	4,396	0,056
15	7	0,7	0,3	4,396	0,167
15	8	0,7	0,1	4,396	0,056
15	8	0,7	0,3	4,396	0,167

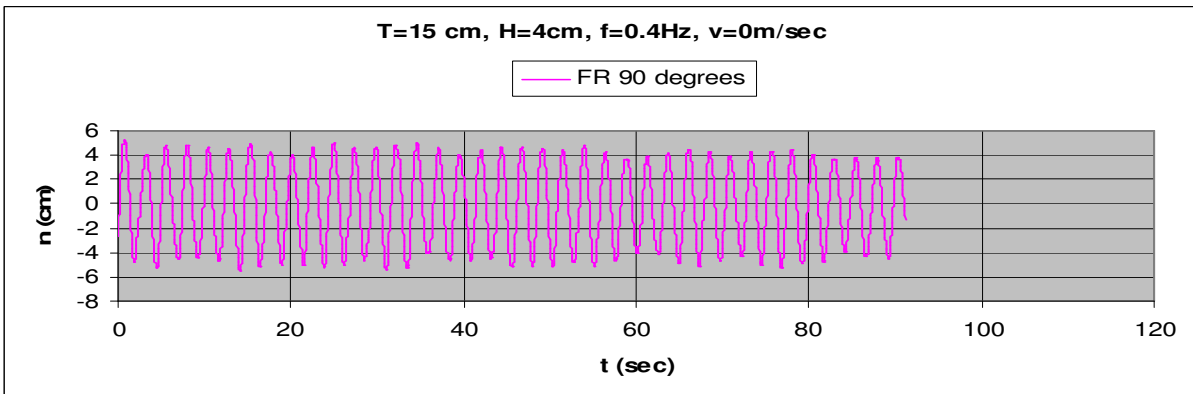
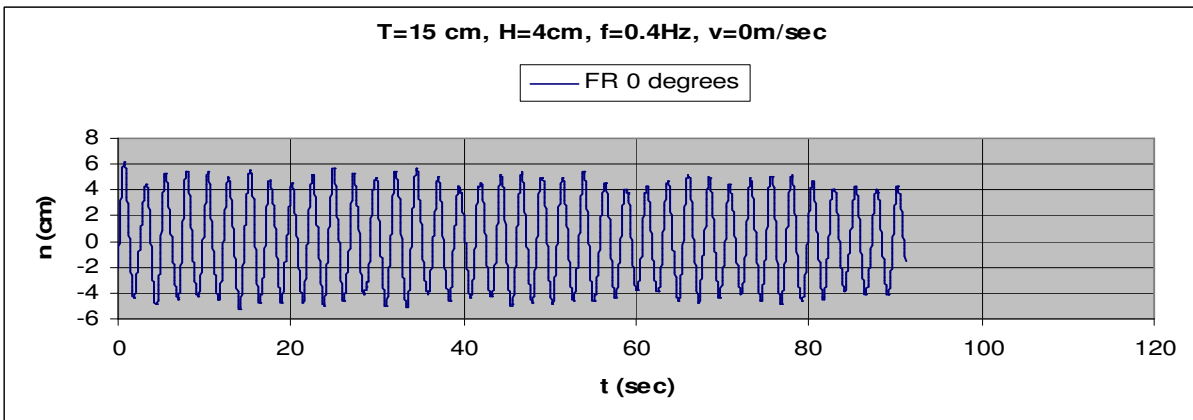
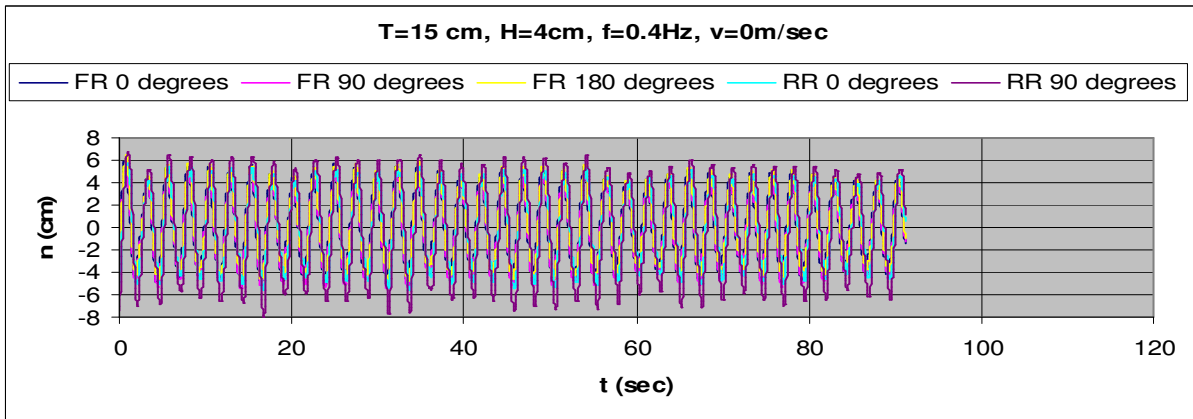
3.1.1 Χρονικές ιστορίες σταθερής πλατφόρμας

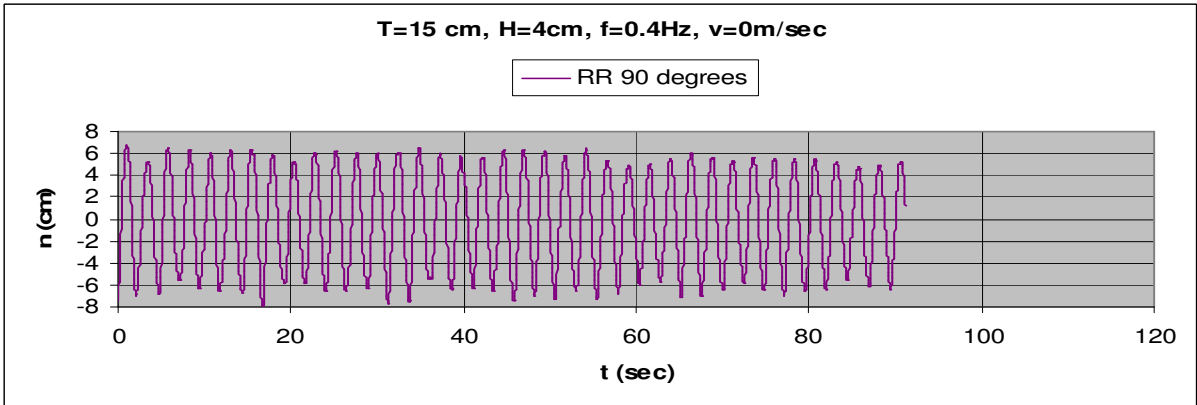
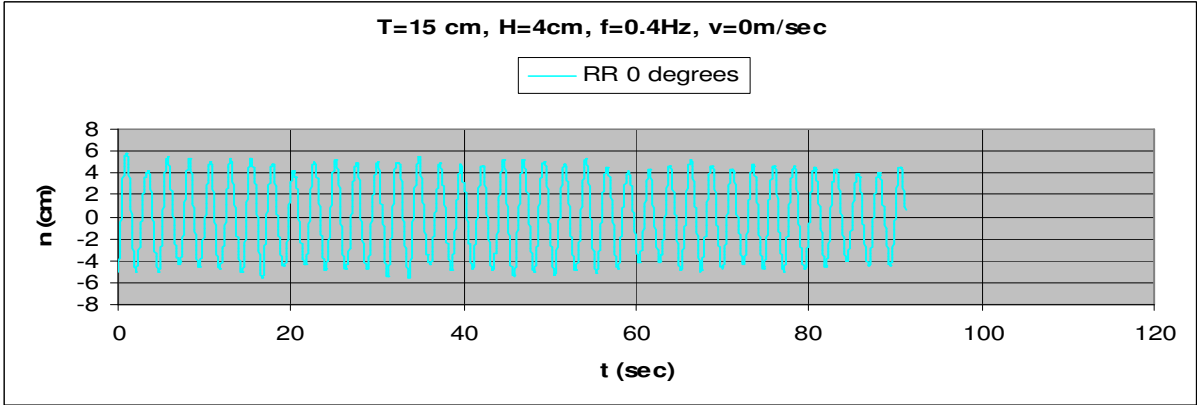
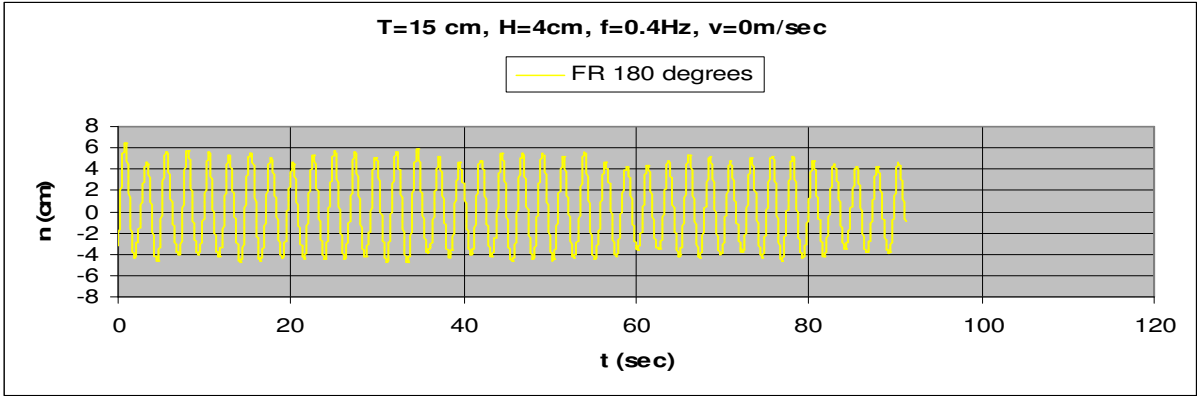
3.1.1.1 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0\text{m/s}$, $f=0.3\text{Hz}$, $F_n=0$, $\omega=1.885\text{rad/sec}$





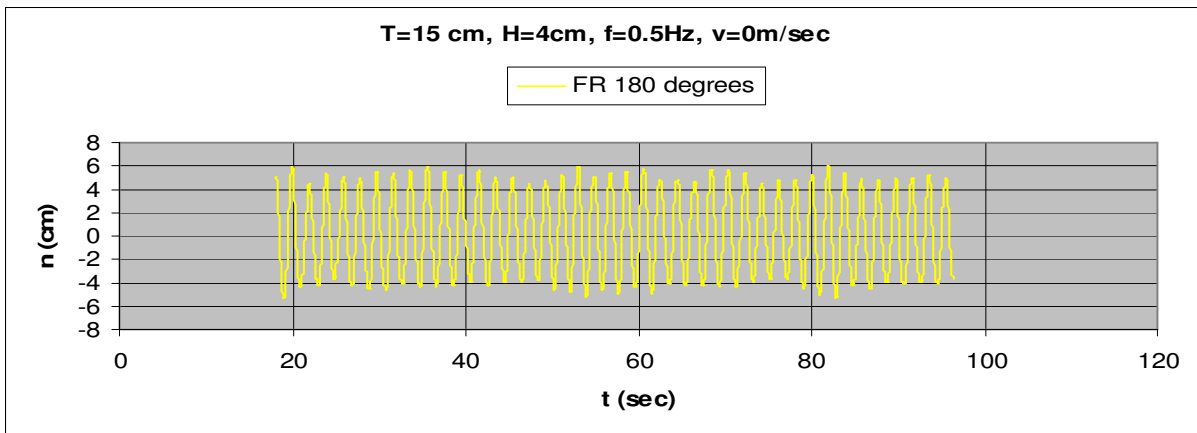
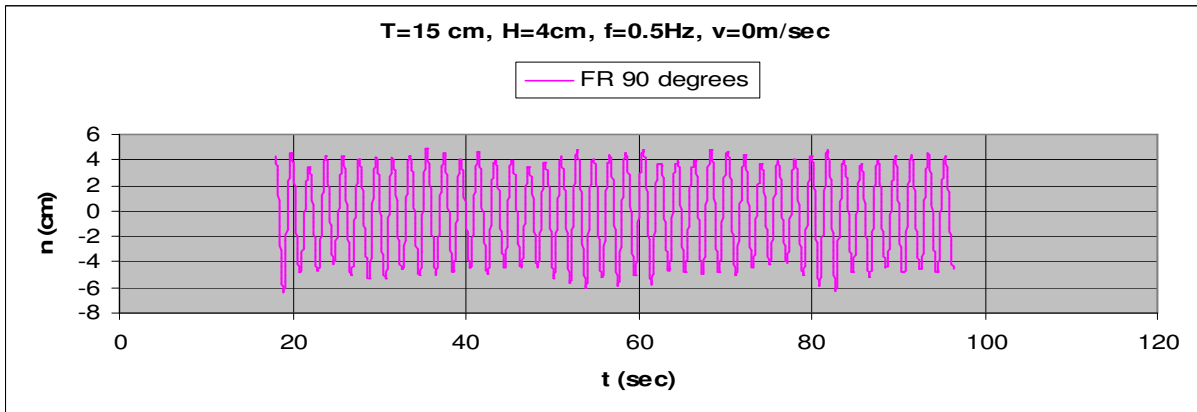
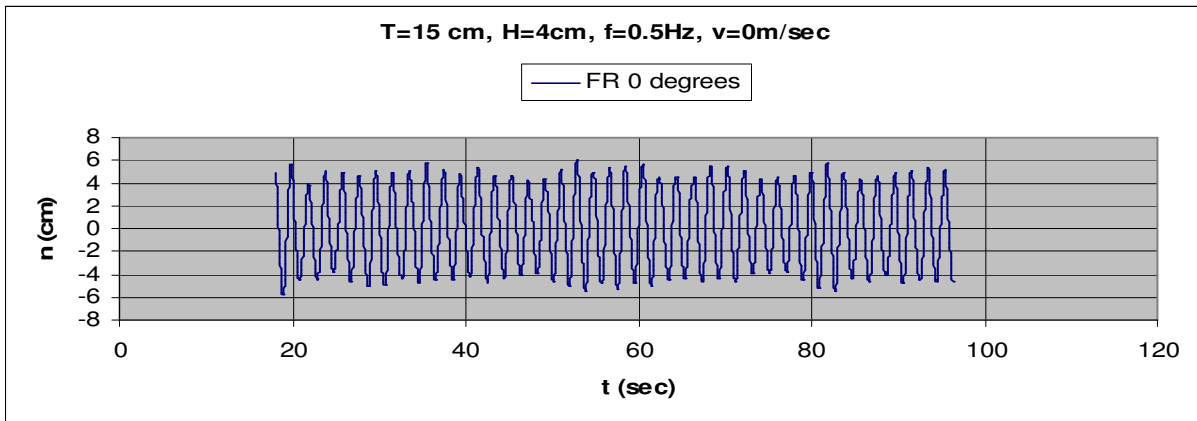
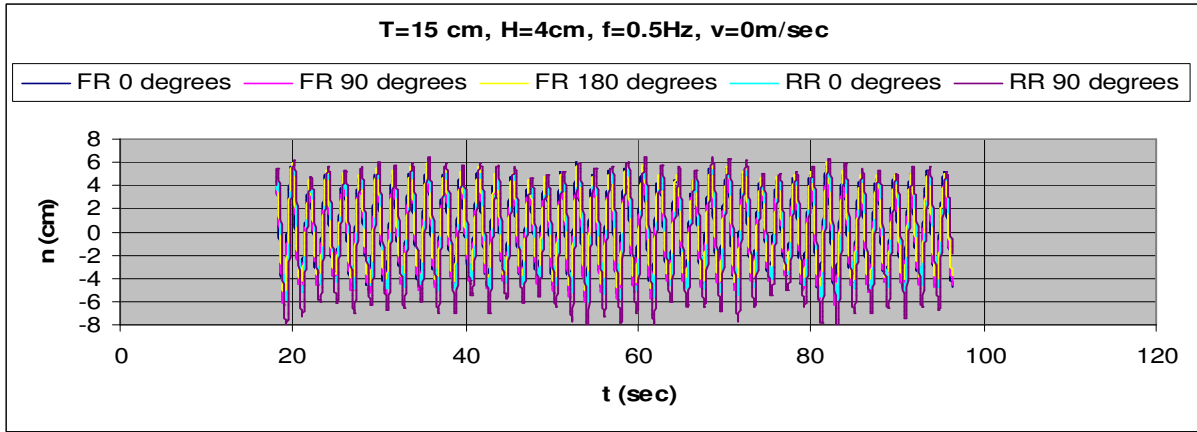
3.1.1.2 T=15cm, h=4cm, v=0m/s, f=0.4Hz, Fn=0, $\omega=2.513$ rad/sec

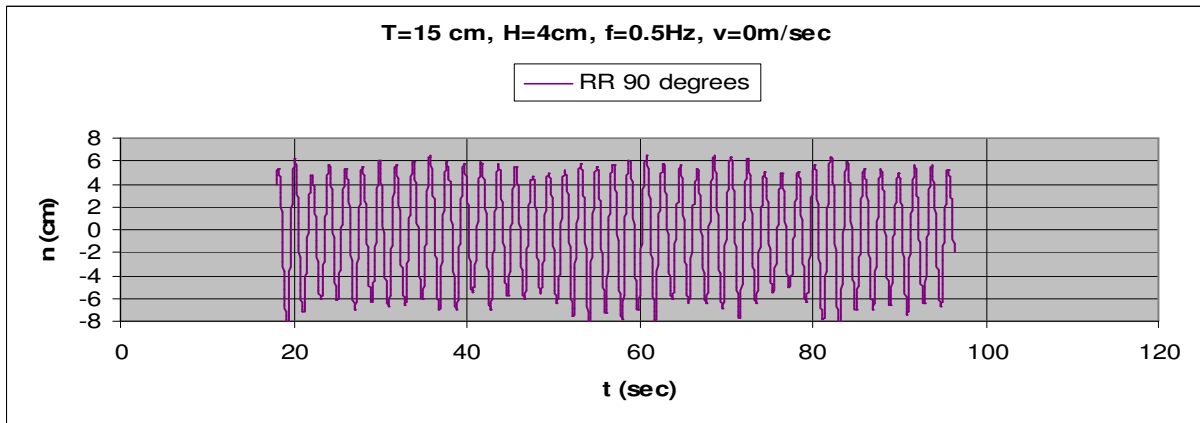
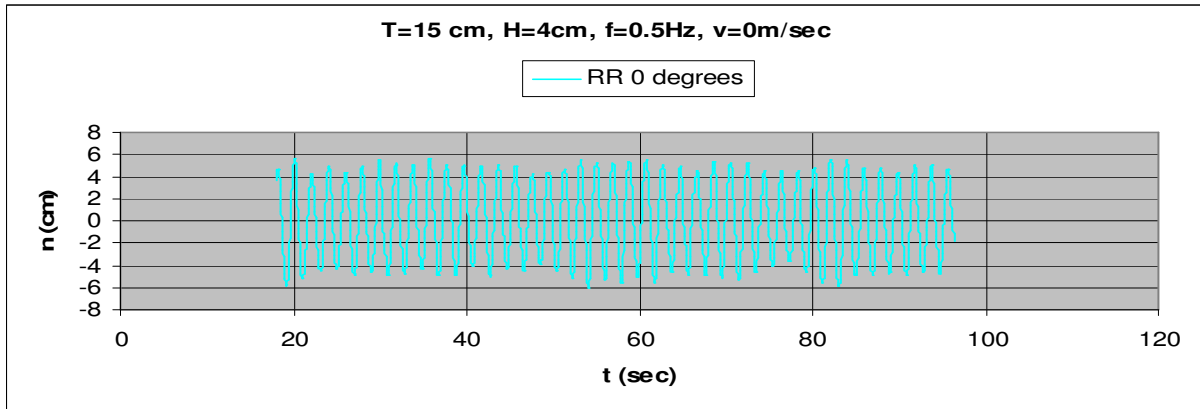




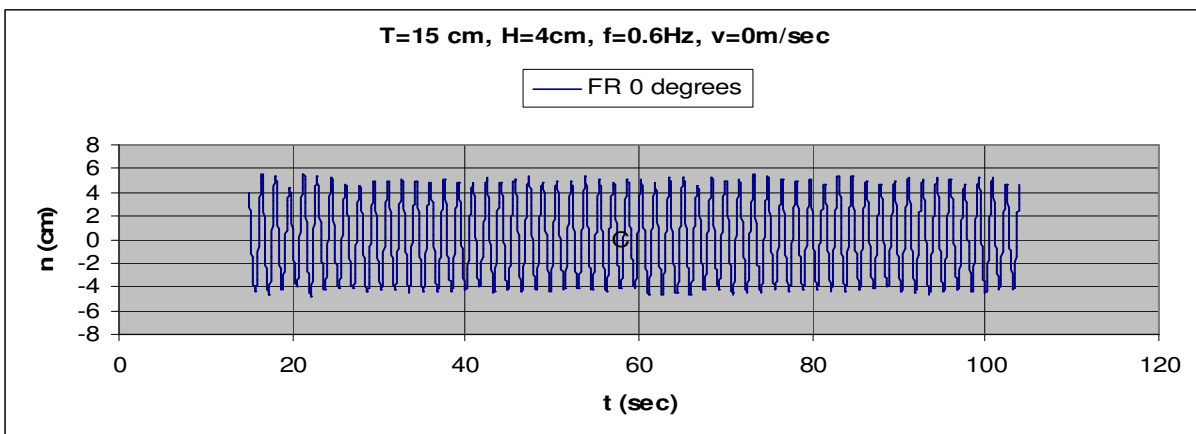
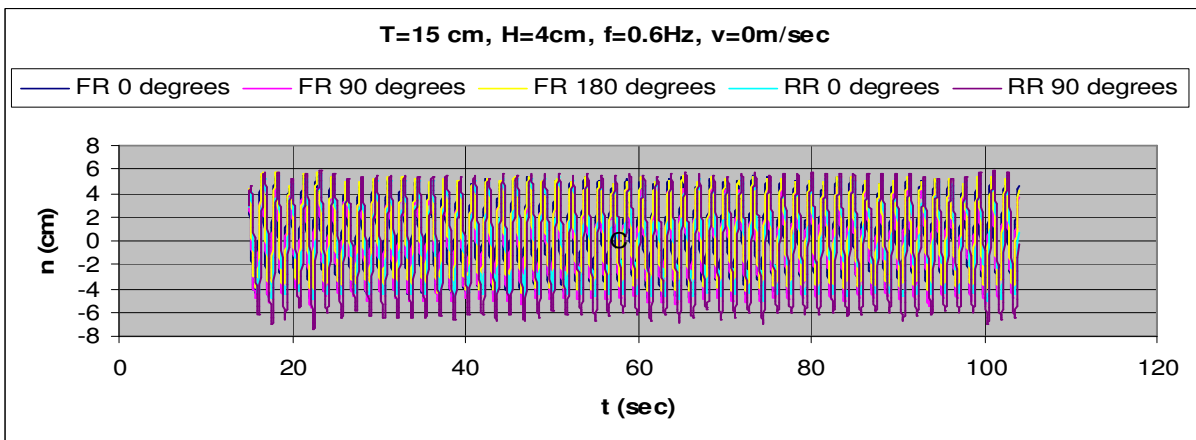
3.1.1.3

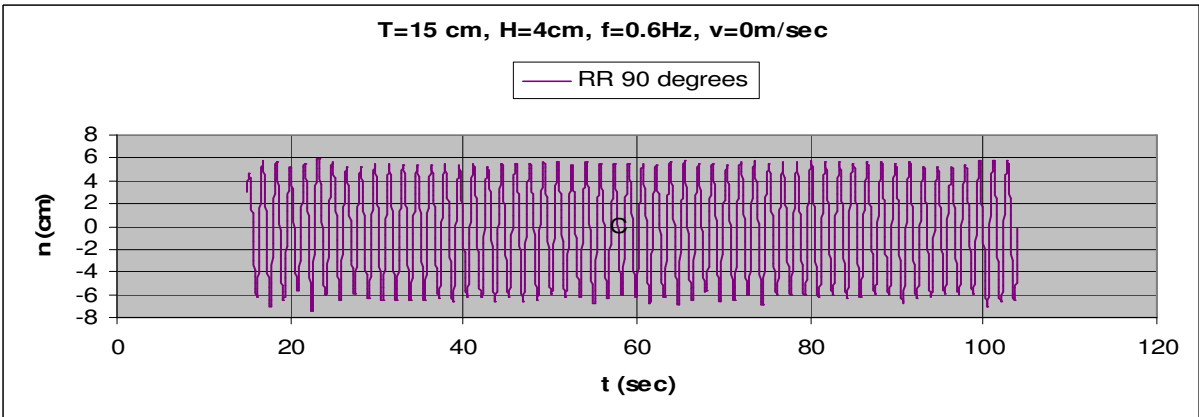
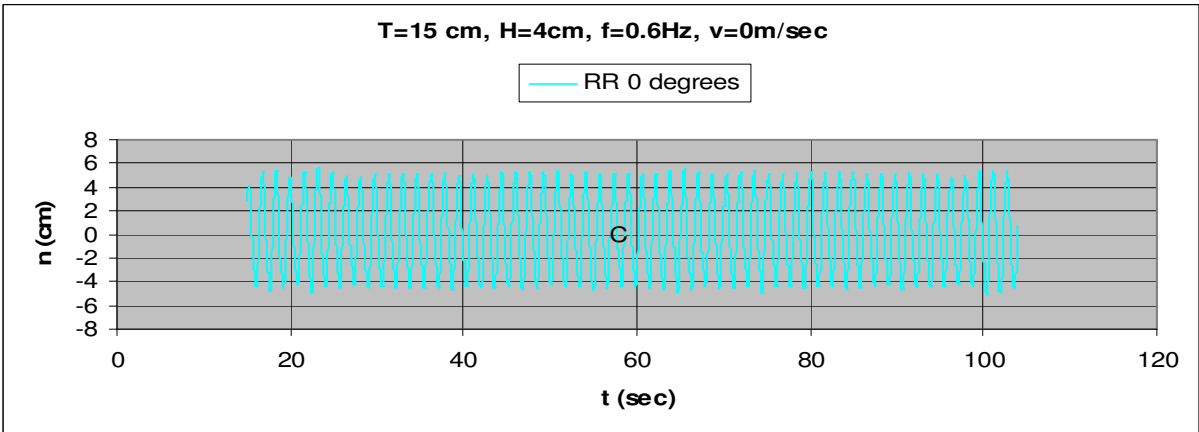
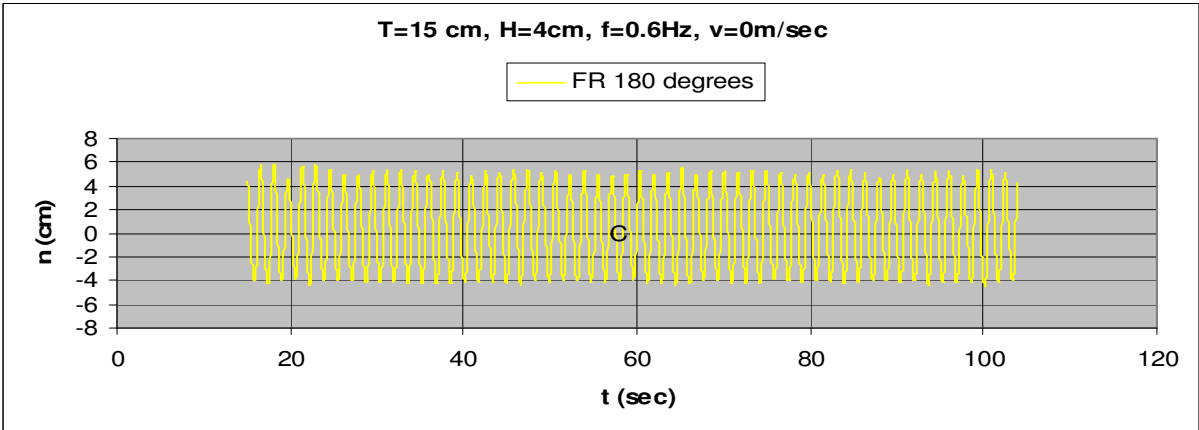
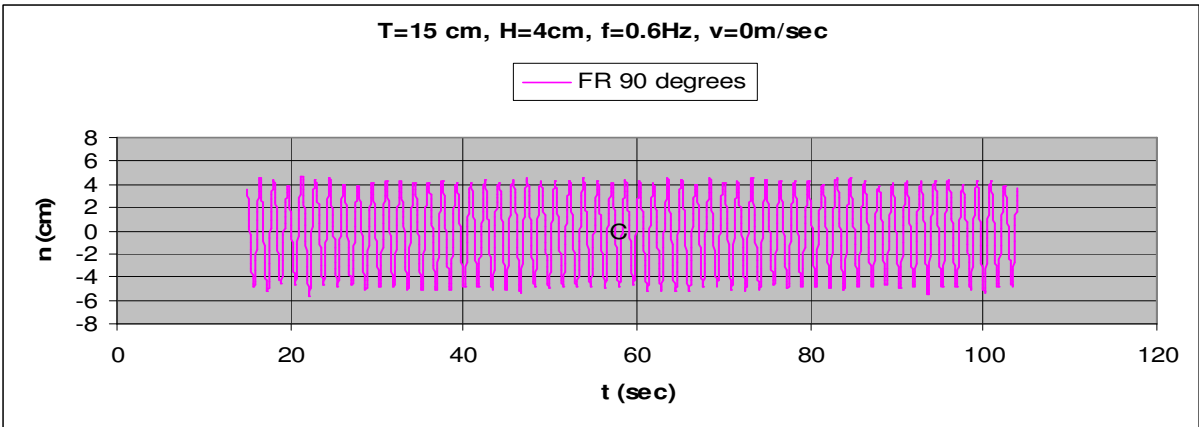
$T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0\text{m/s}$, $f=0.5\text{Hz}$, $F_n=0$, $\omega=3.142\text{rad/sec}$



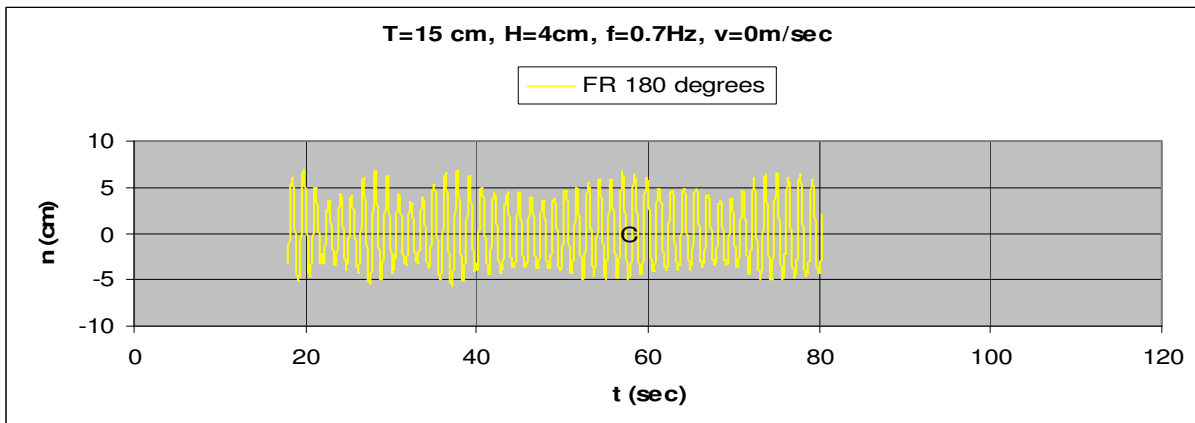
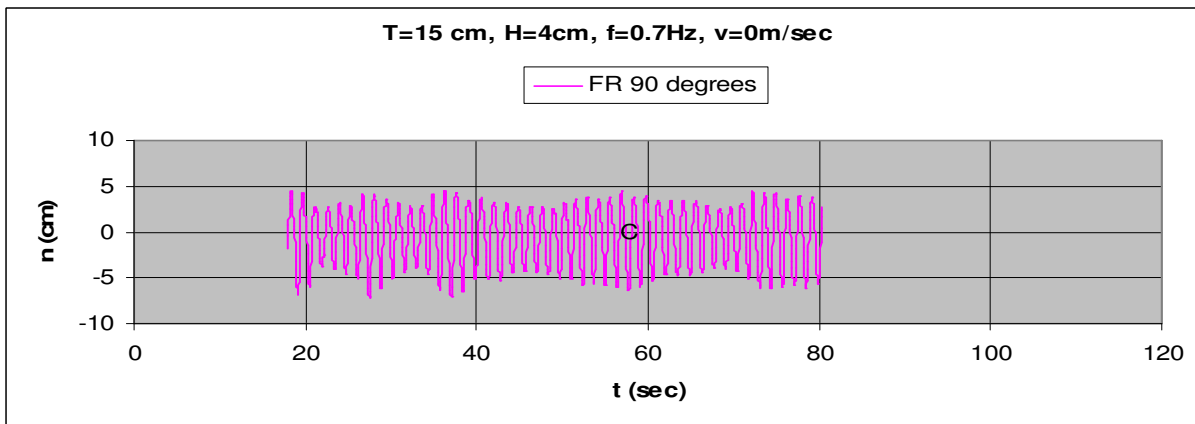
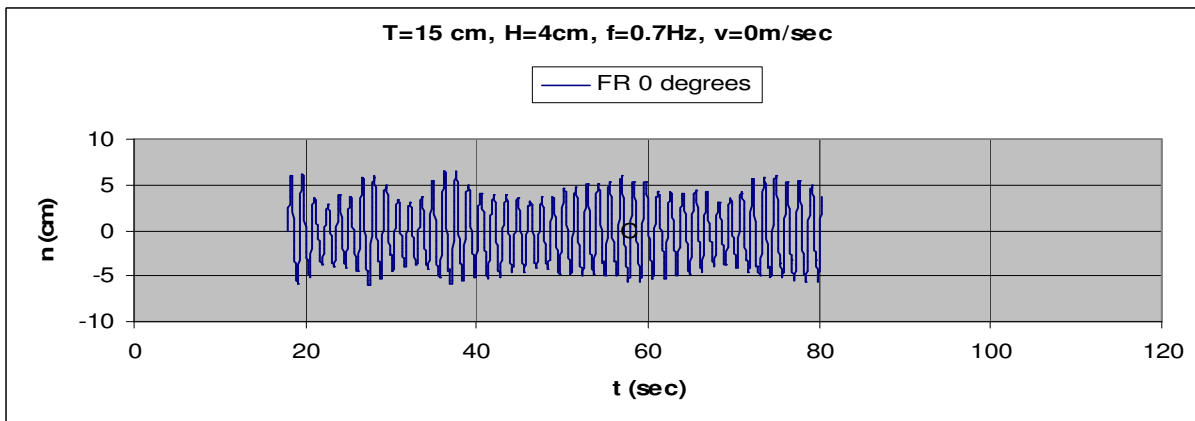
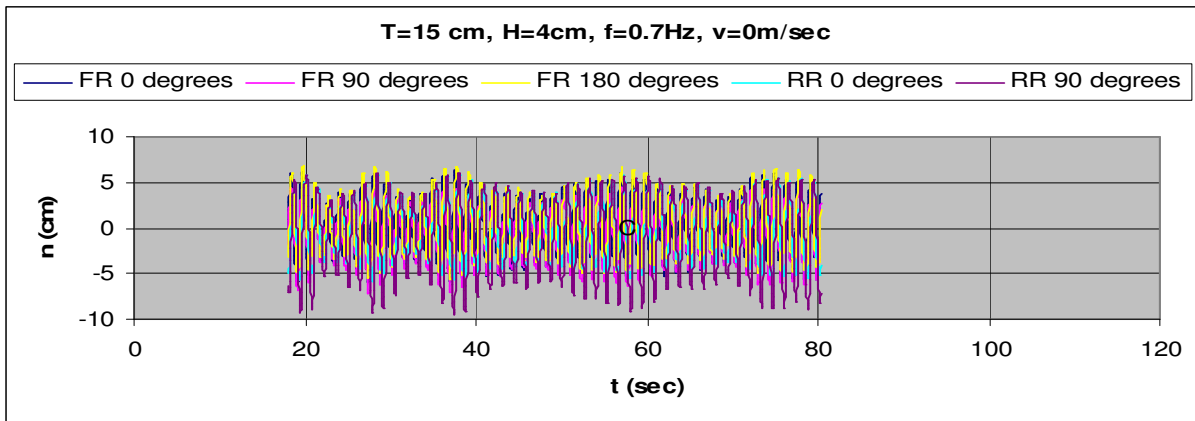


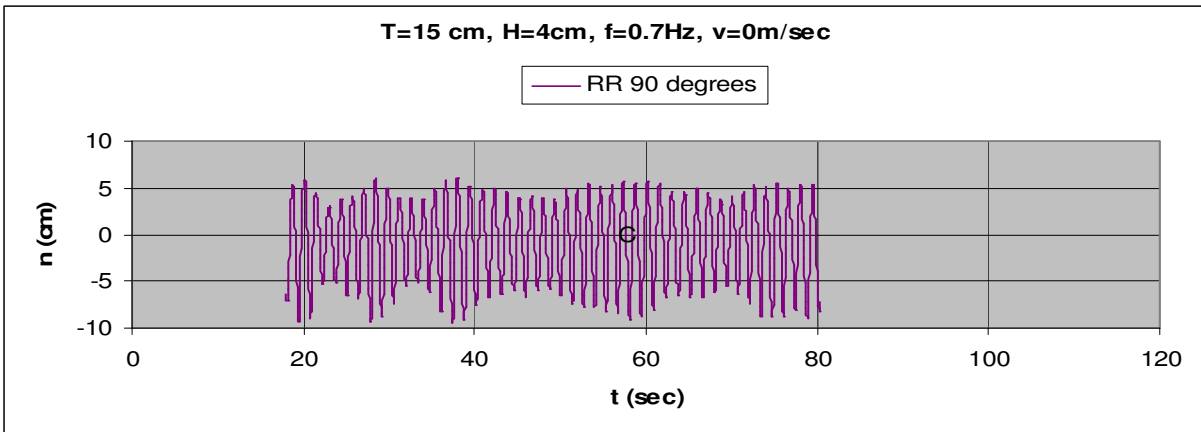
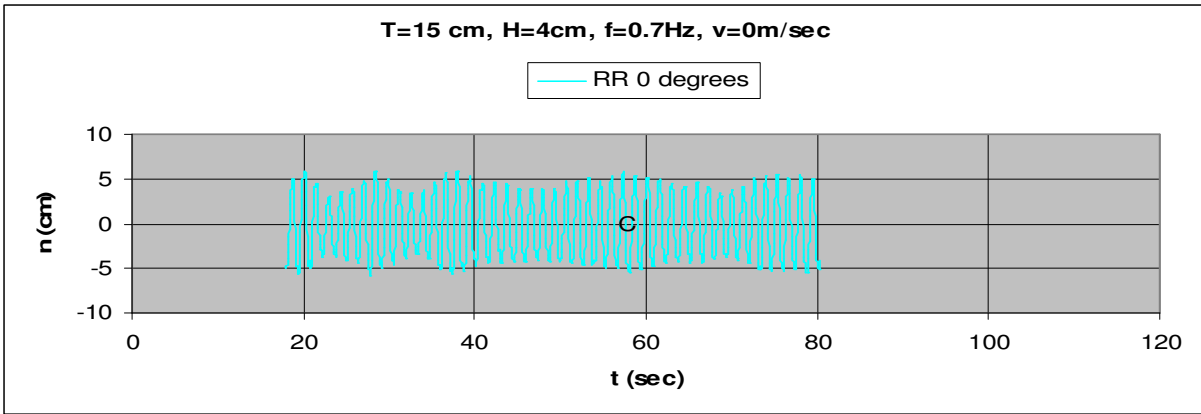
3.1.1.4 T=15cm, h=4cm, v=0m/s, f=0.6Hz, Fn=0, $\omega=3.770$ rad/sec



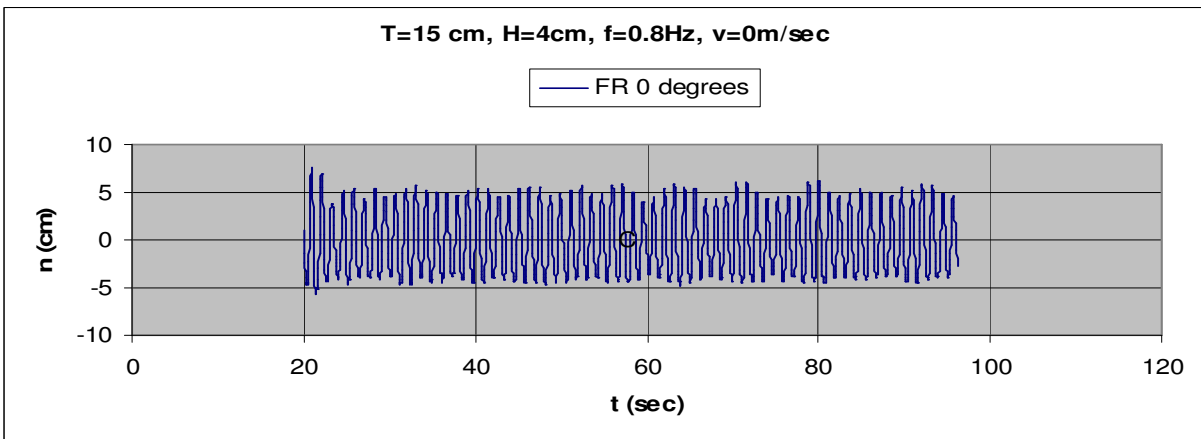
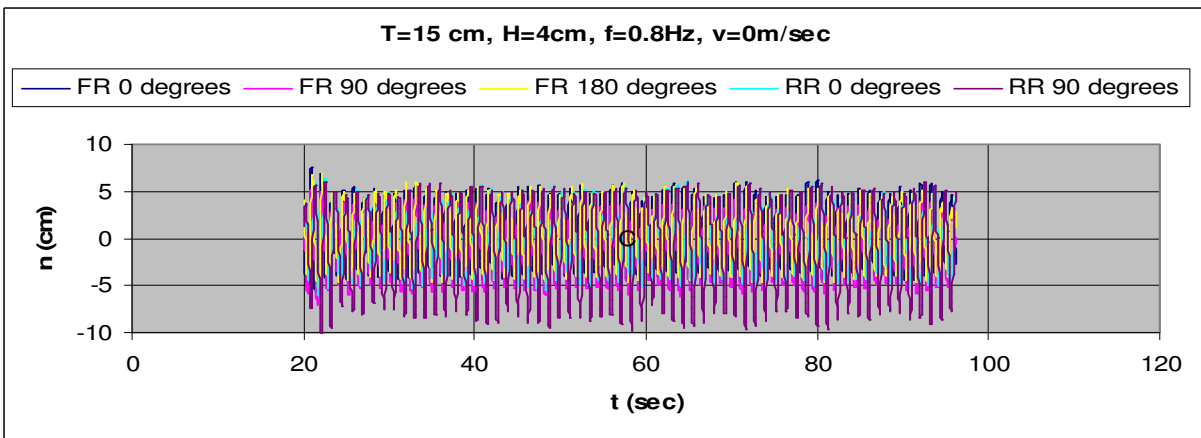


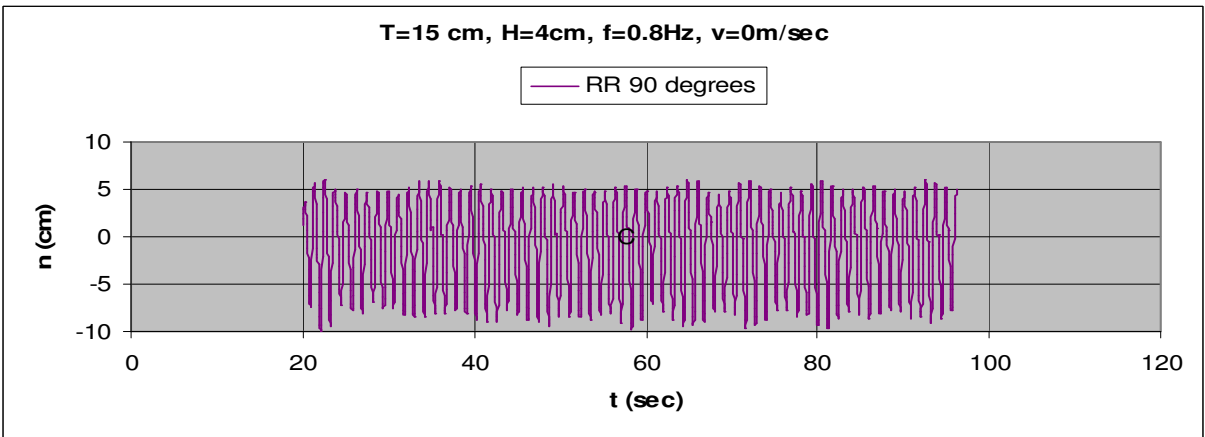
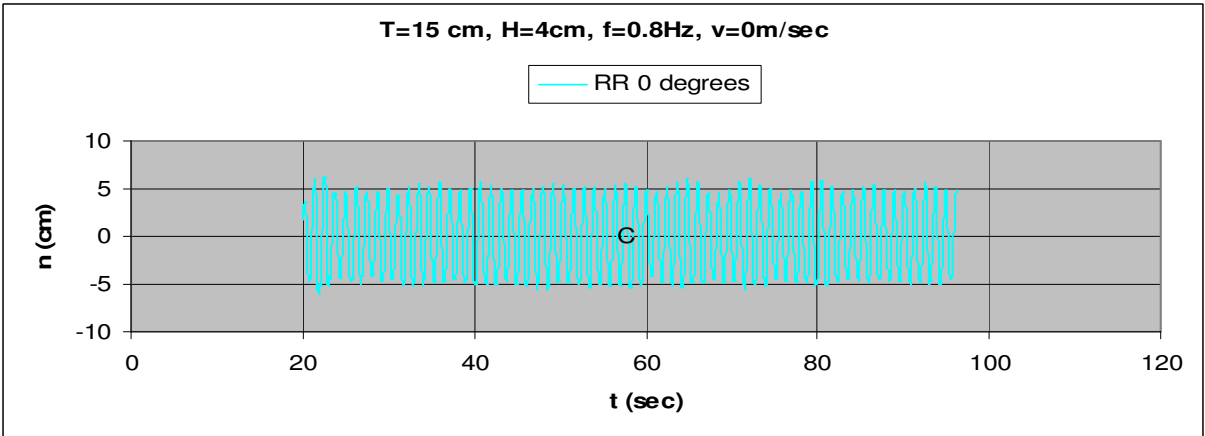
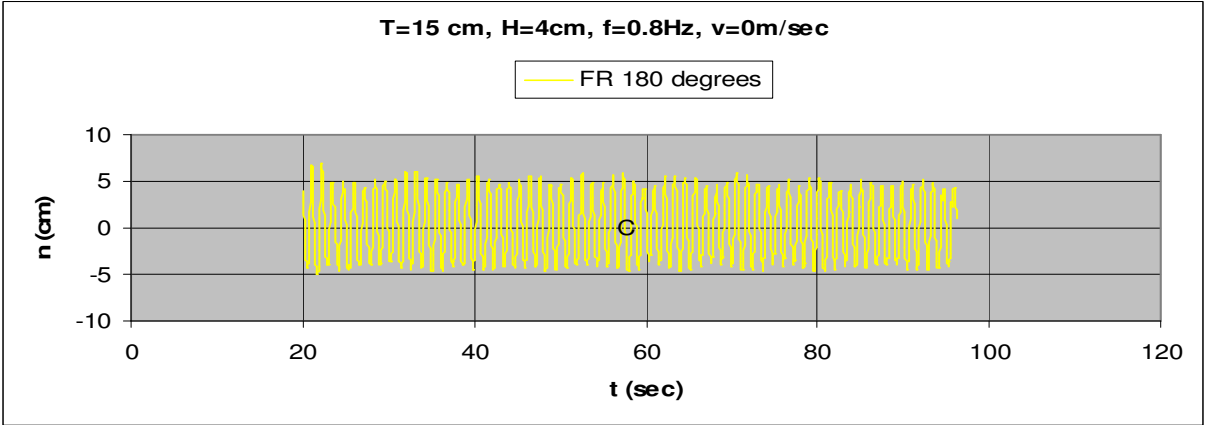
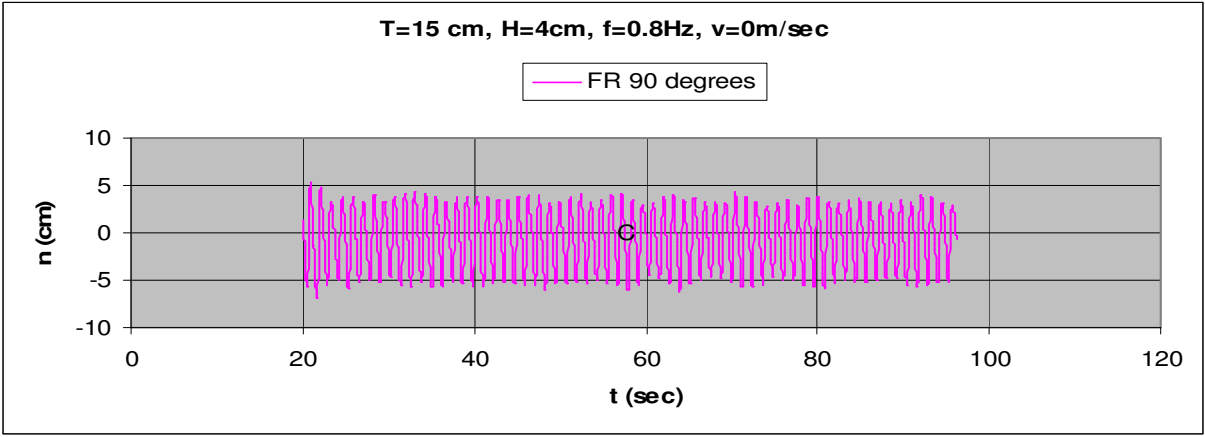
3.1.1.5 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0\text{m/s}$, $f=0.7\text{Hz}$, $F_n=0$, $\omega=4.398\text{rad/sec}$



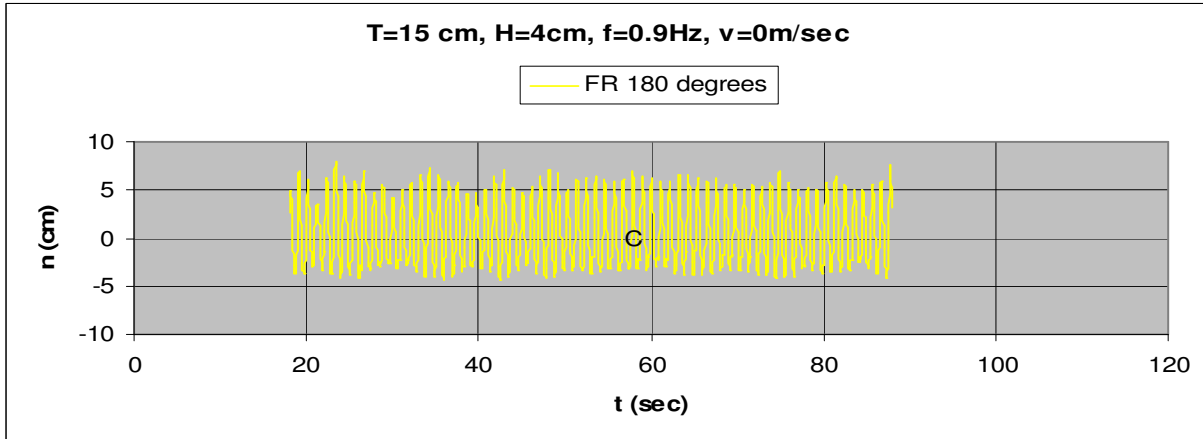
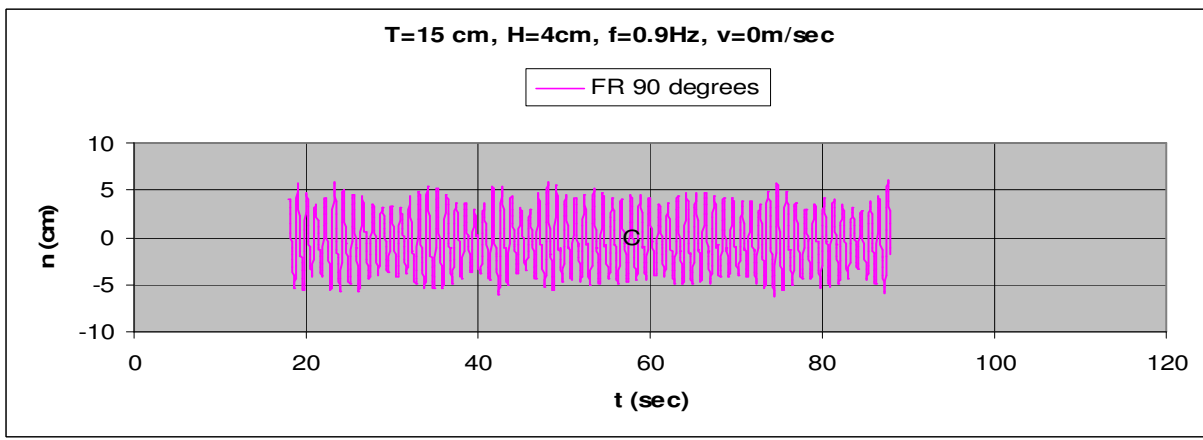
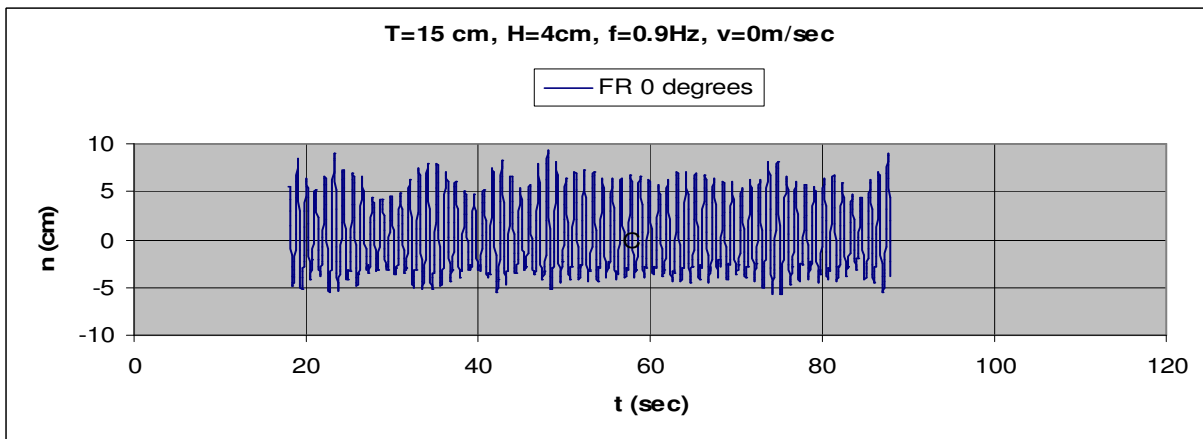
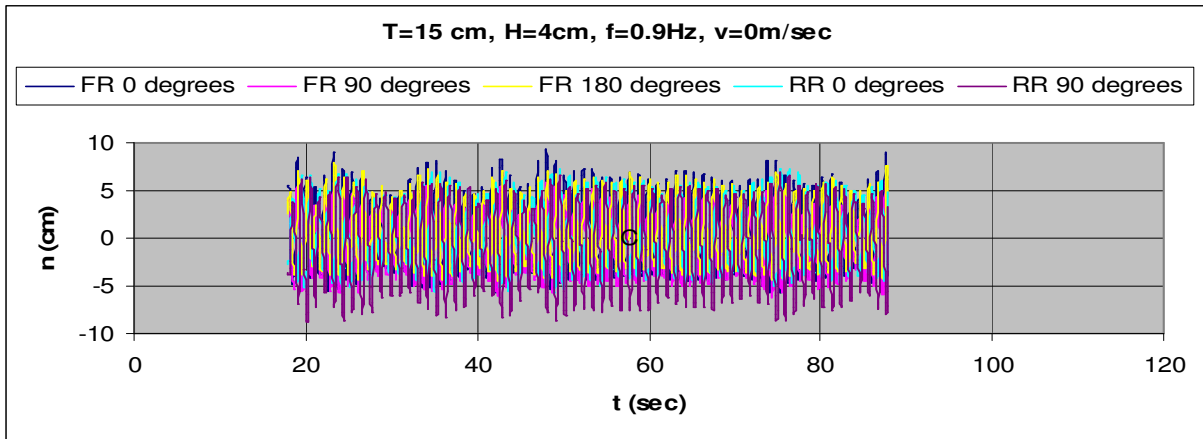


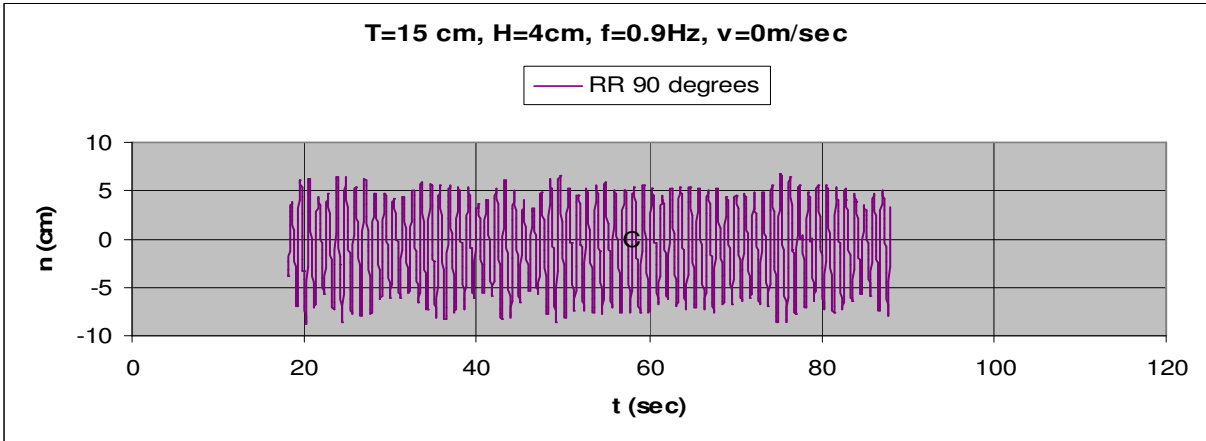
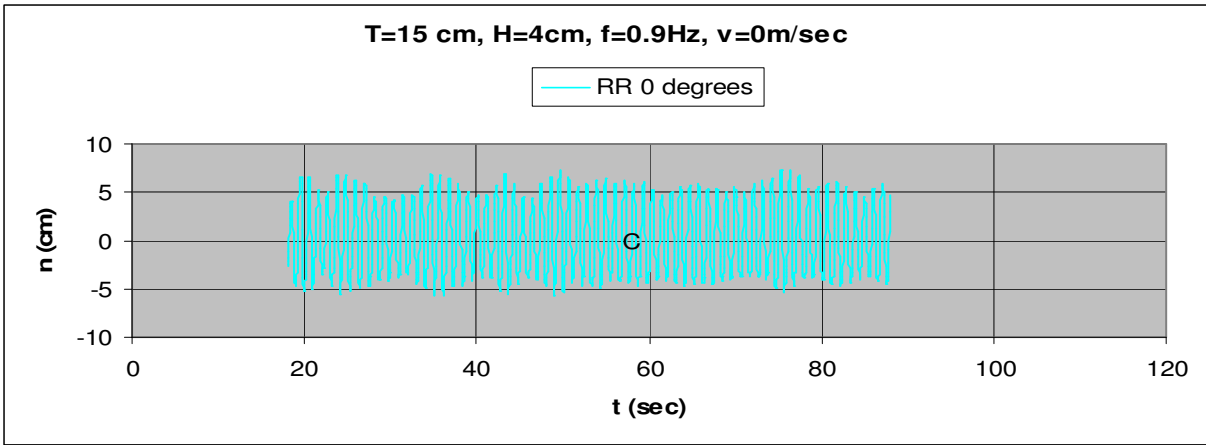
3.1.1.6 T=15cm, h=4cm, v=0m/s, f=0.8Hz, , Fn=0, $\omega=5.026/\text{sec}$



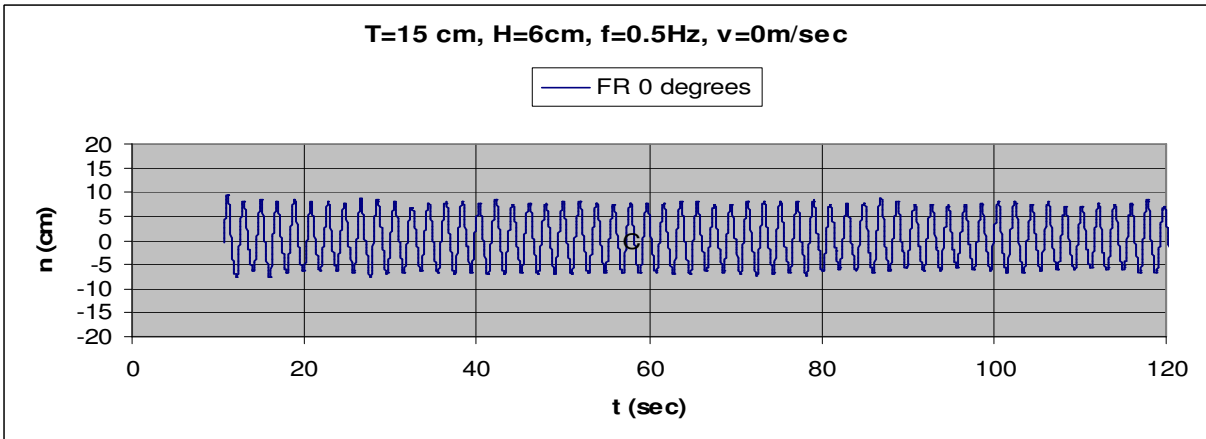
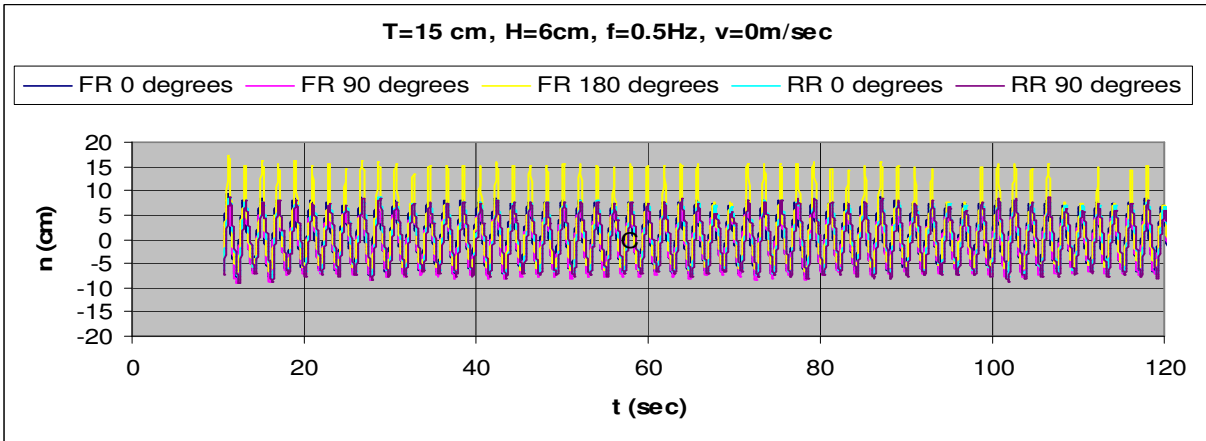


3.1.1.7 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0\text{m/s}$, $f=0.9\text{ Hz}$, $F_n=0$, $\omega=5.655\text{rad/sec}$



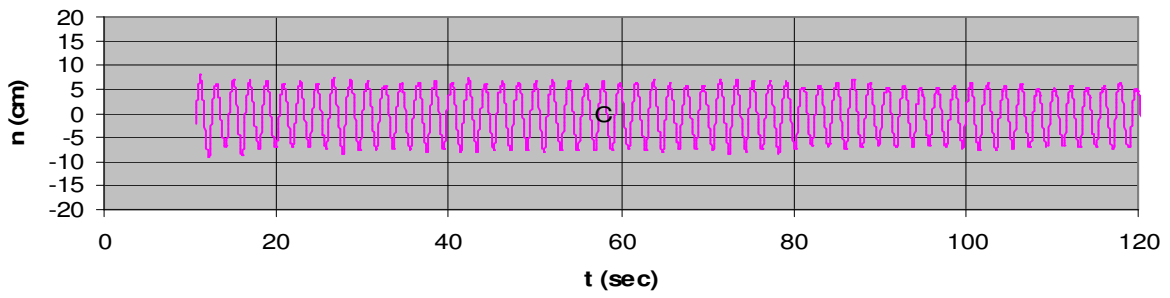


3.1.1.8 T=15cm, h=6cm, v=0m/s, f=0.5Hz, Fn=0, $\omega=3.142$ rad/sec



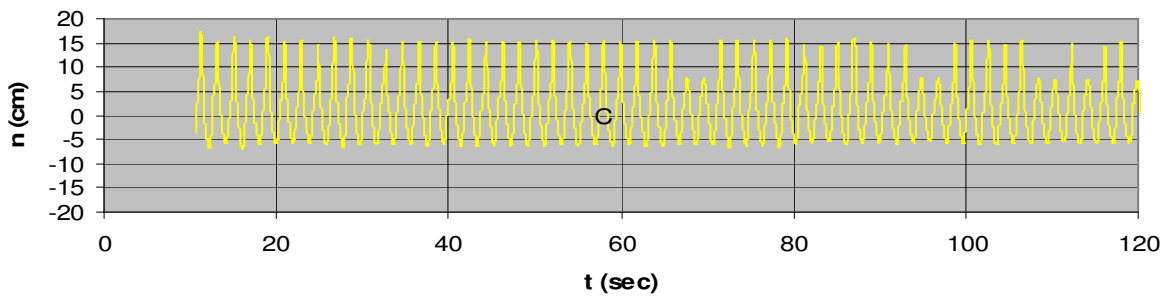
T=15 cm, H=6cm, f=0.5Hz, v=0m/sec

FR 90 degrees



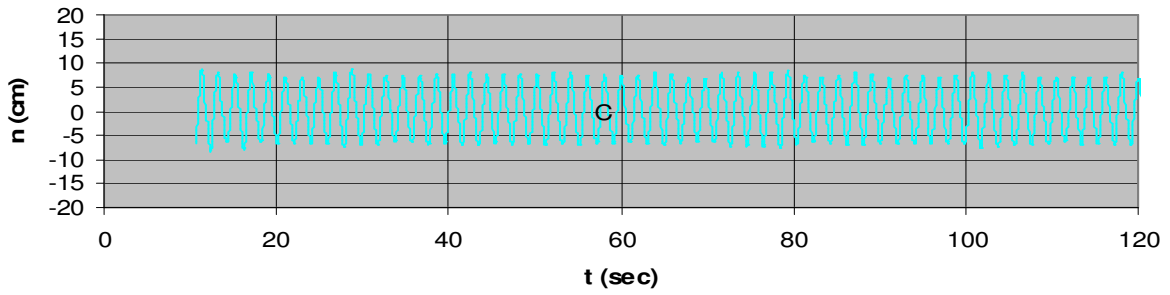
T=15 cm, H=6cm, f=0.5Hz, v=0m/sec

FR 180 degrees



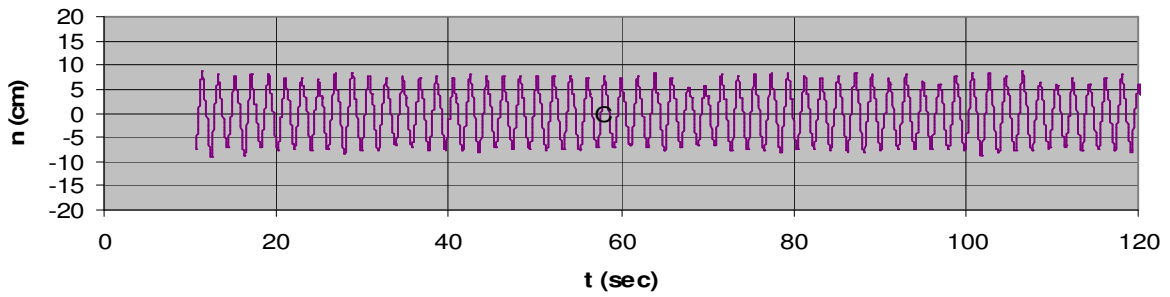
T=15 cm, H=6cm, f=0.5Hz, v=0m/sec

RR 0 degrees

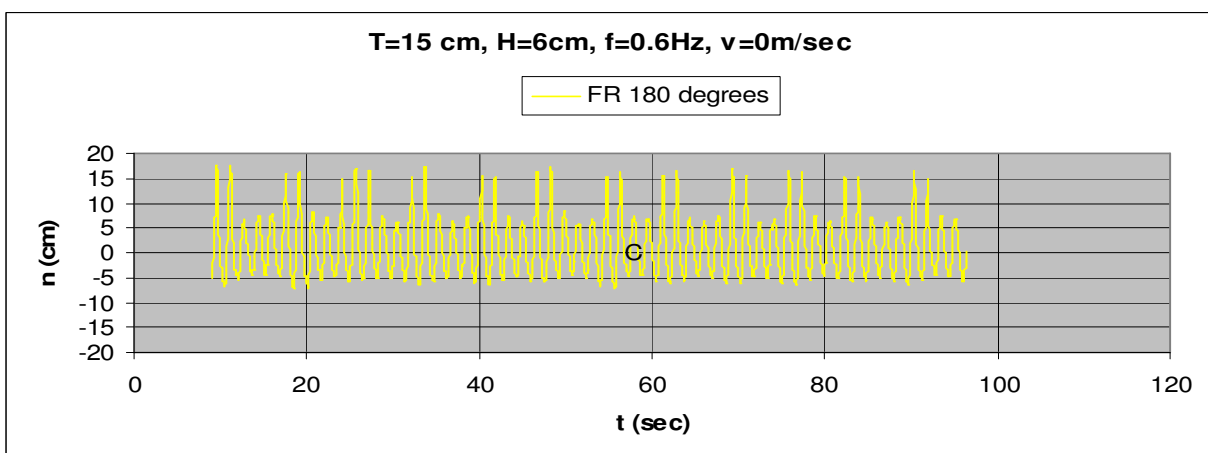
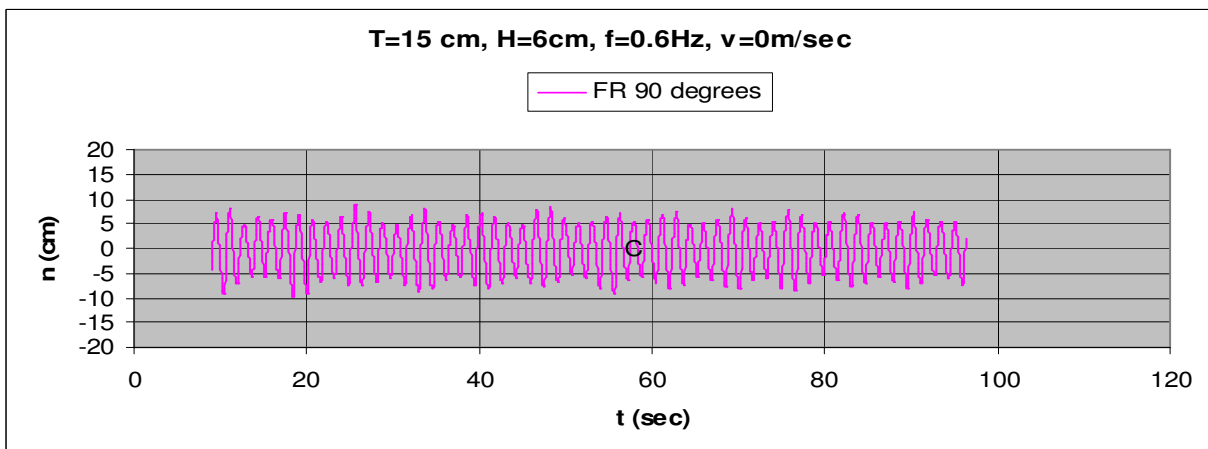
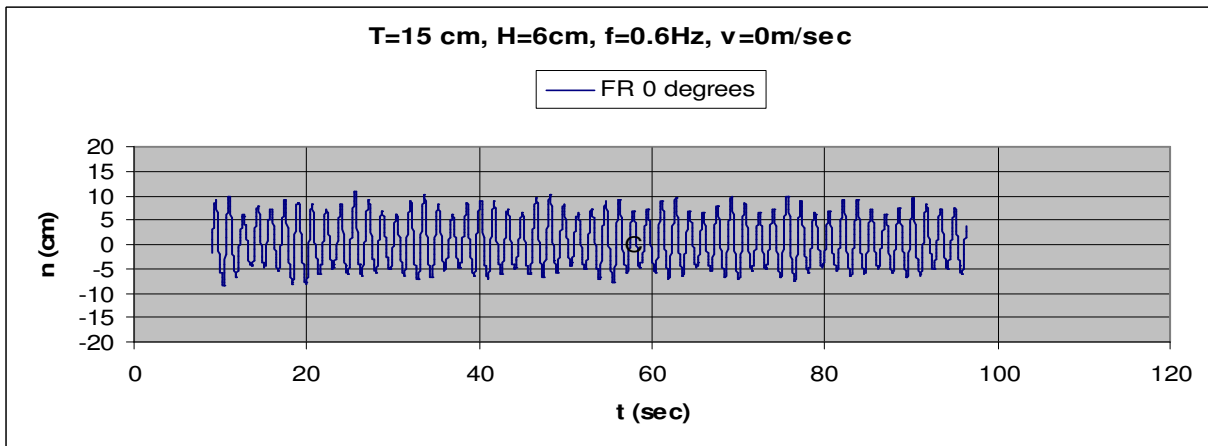
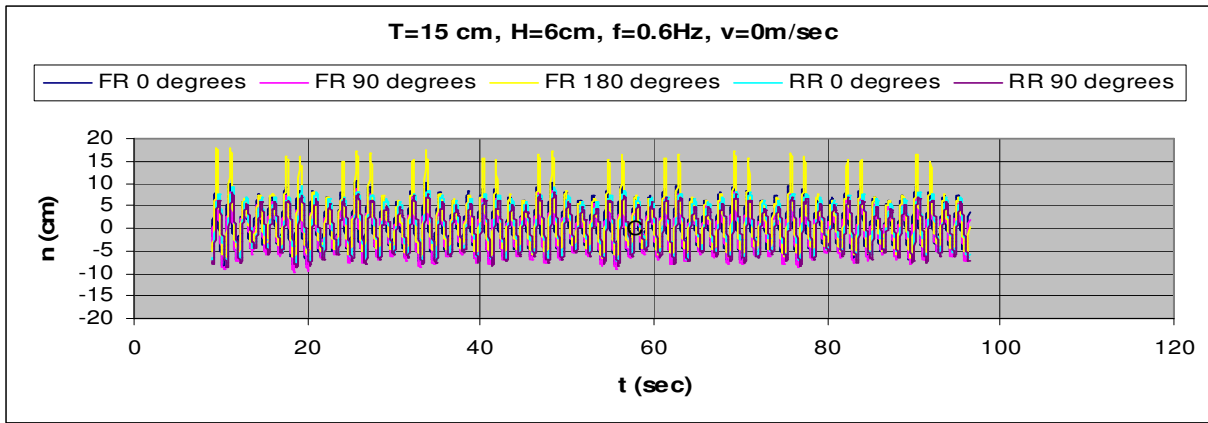


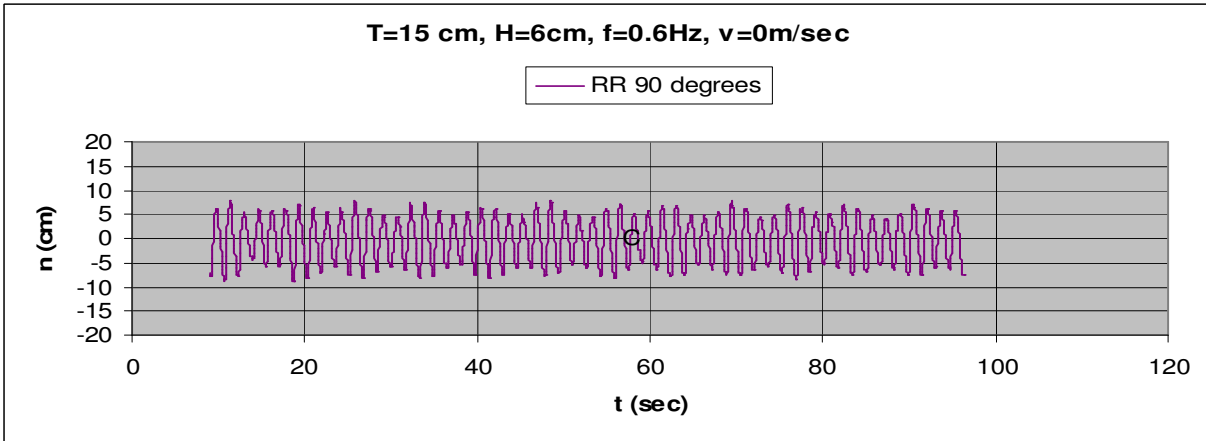
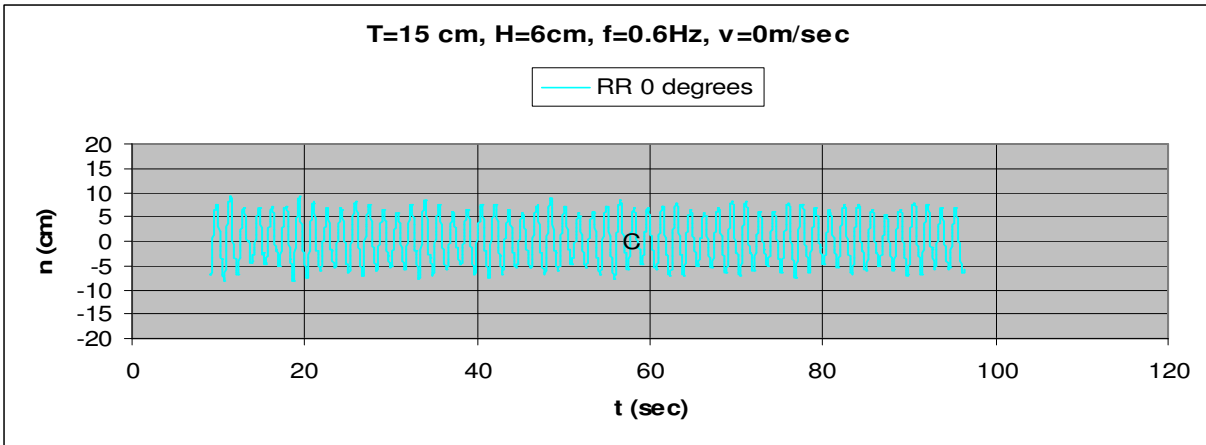
T=15 cm, H=6cm, f=0.5Hz, v=0m/sec

RR 90 degrees

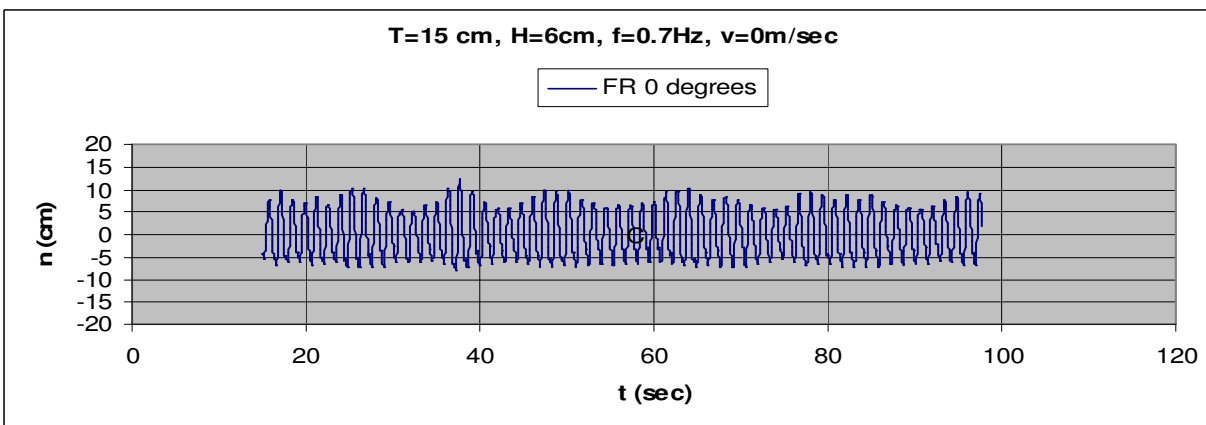
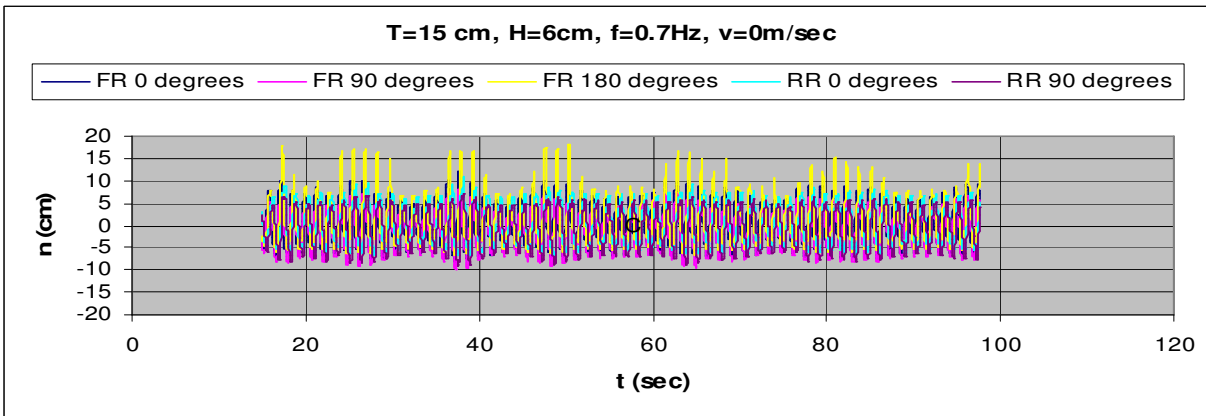


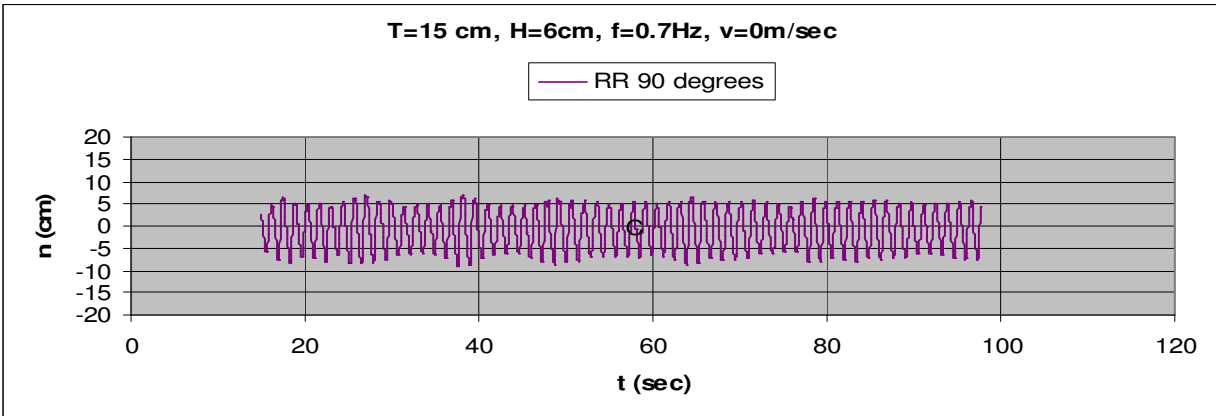
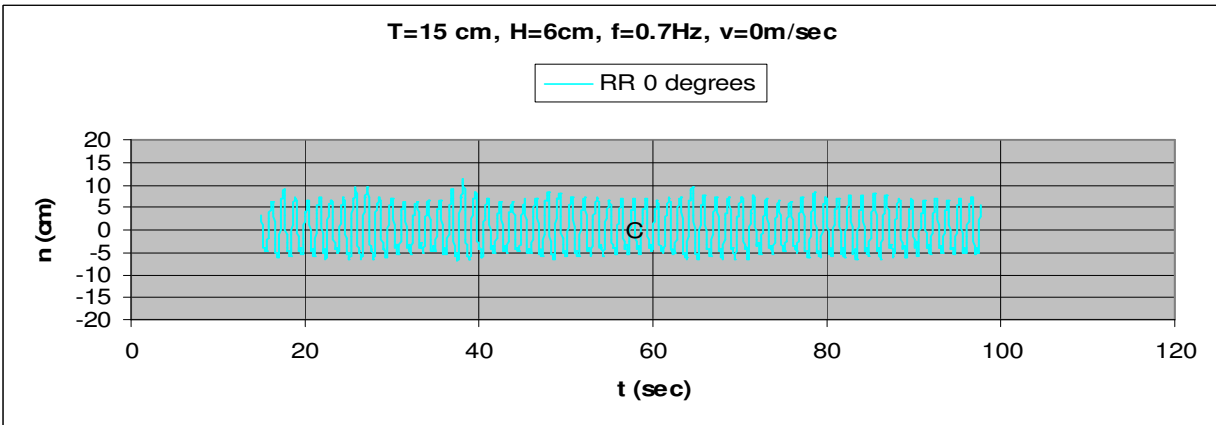
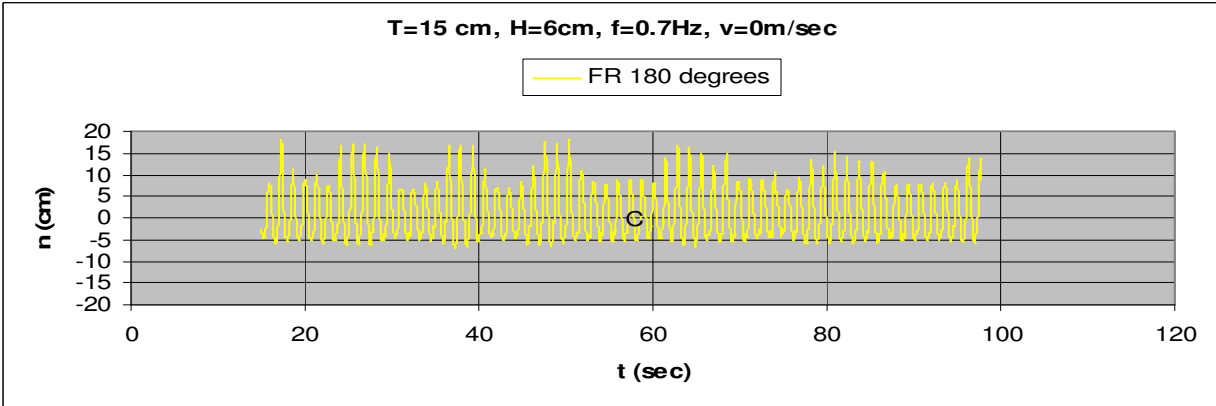
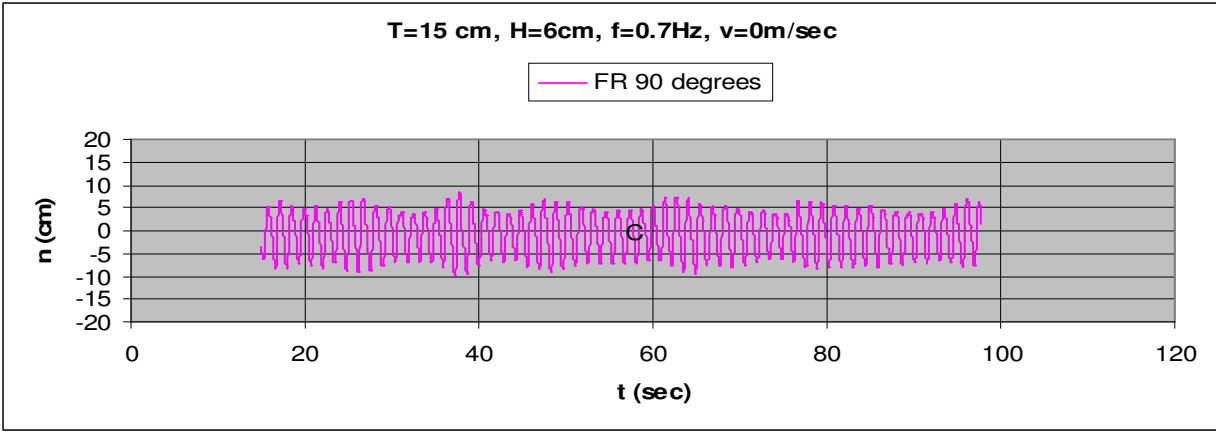
3.1.1.9 $T=15\text{cm}$, $h=6\text{cm}$, $v=0\text{m/s}$, $f=0.6\text{Hz}$, $F_n=0$, $\omega=3.770\text{rad/sec}$



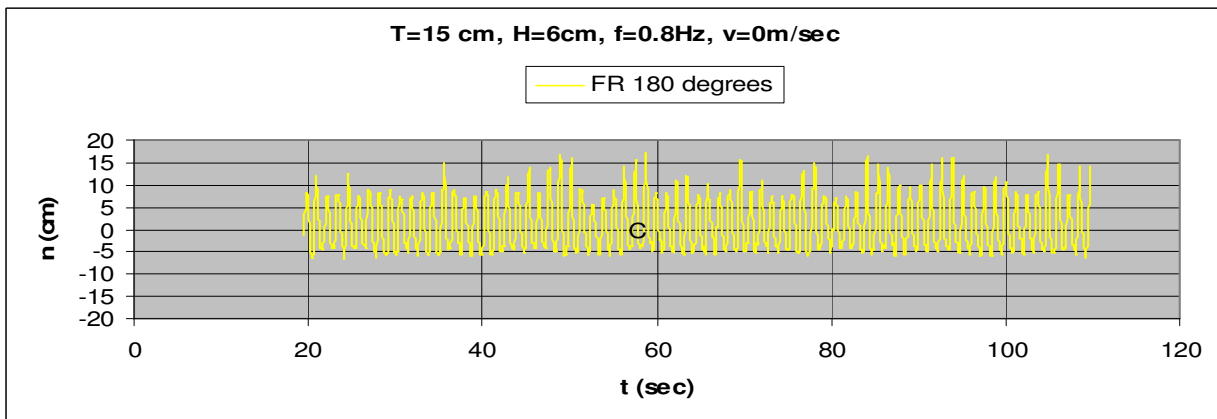
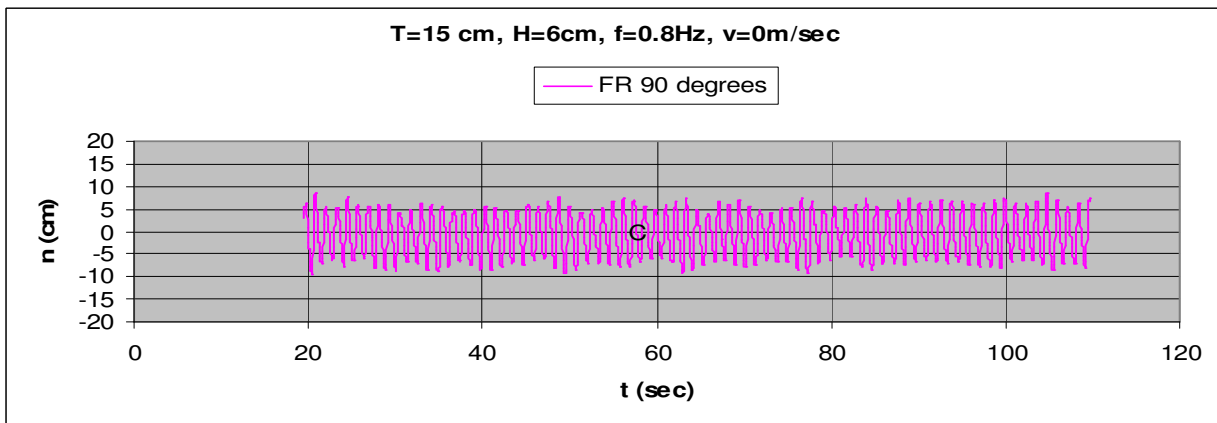
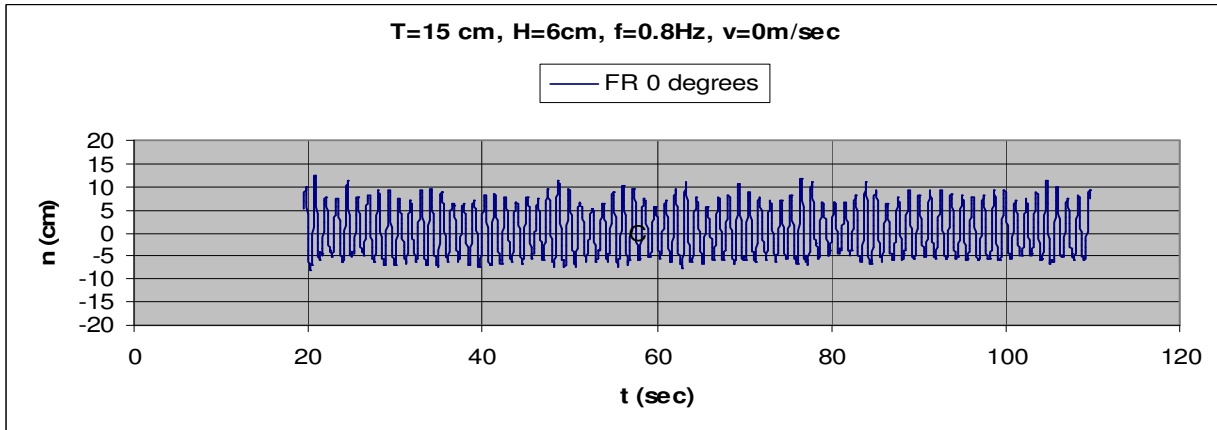
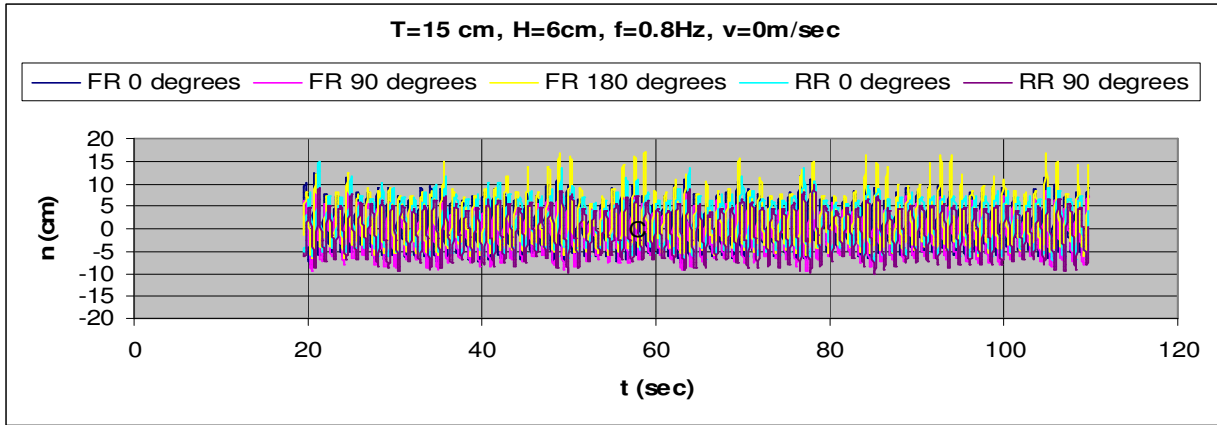


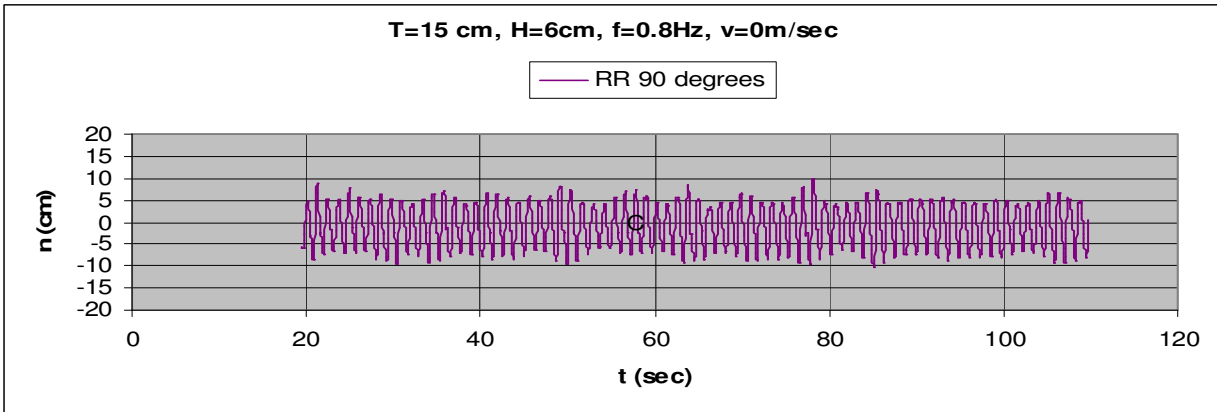
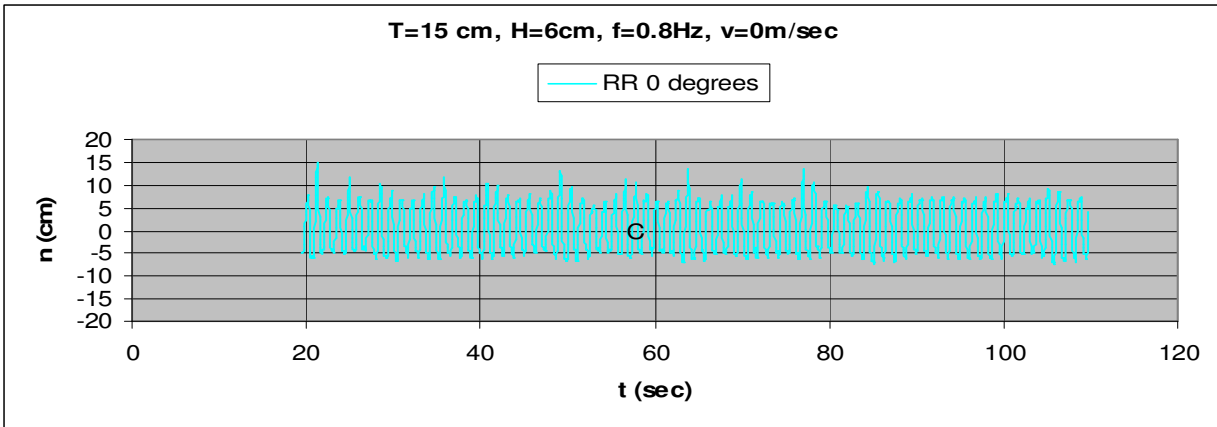
3.1.1.10 T=15cm, h=6cm, v=0m/s, f=0.7Hz, Fn=0, $\omega=4.398\text{rad/sec}$



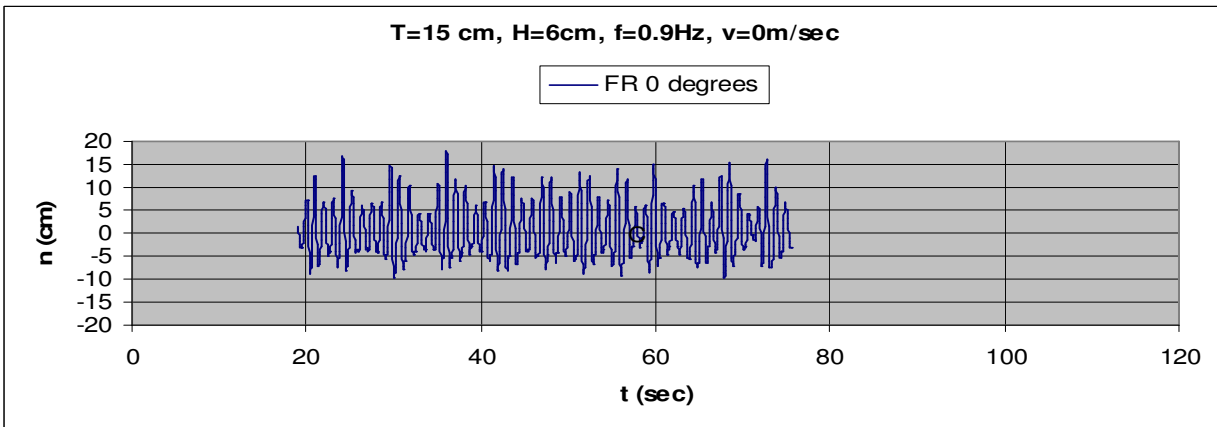
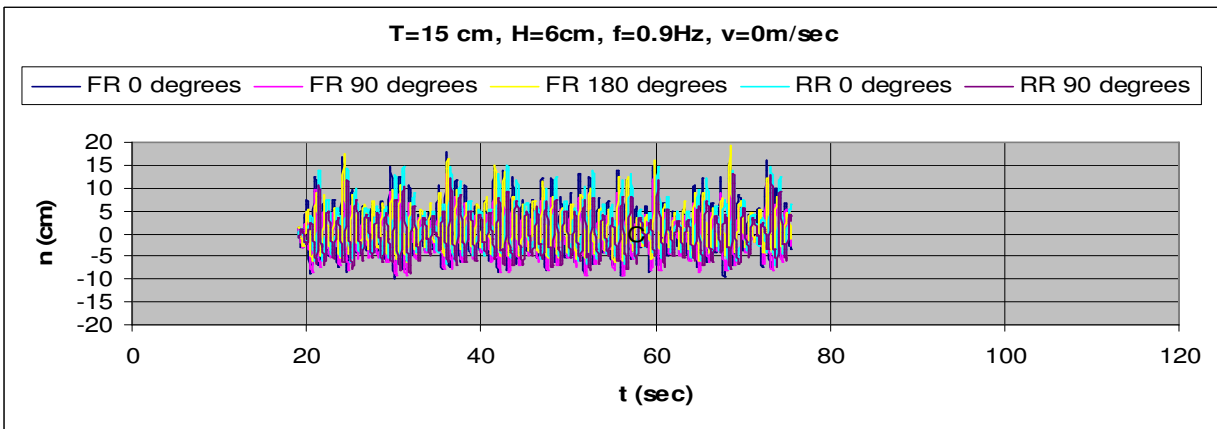


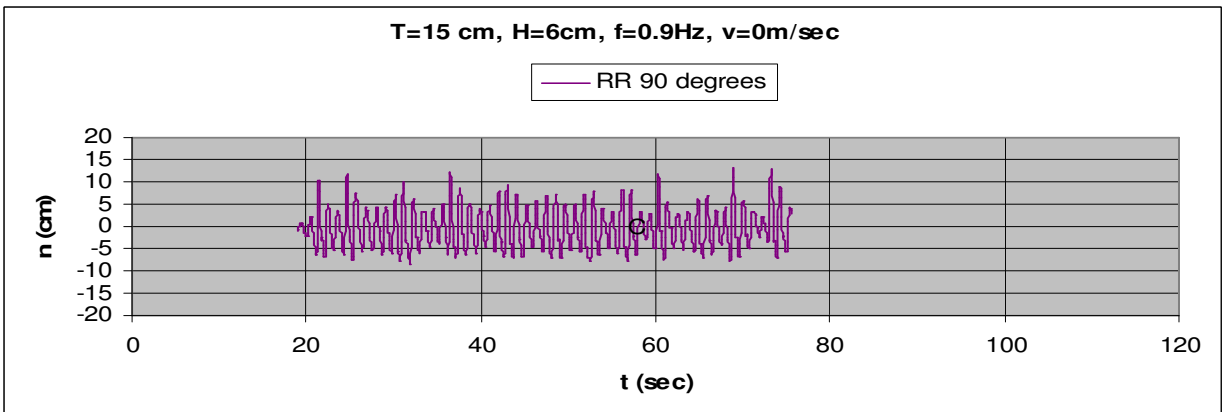
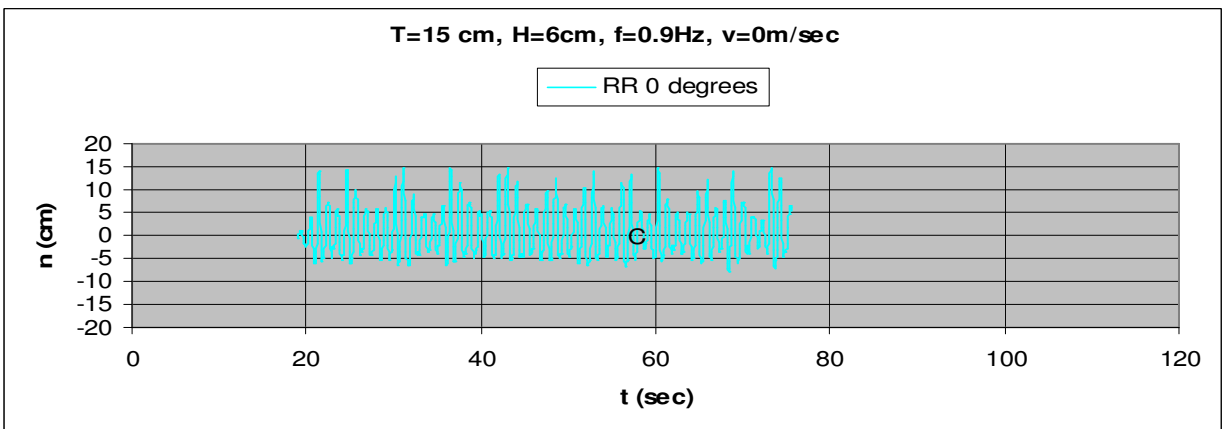
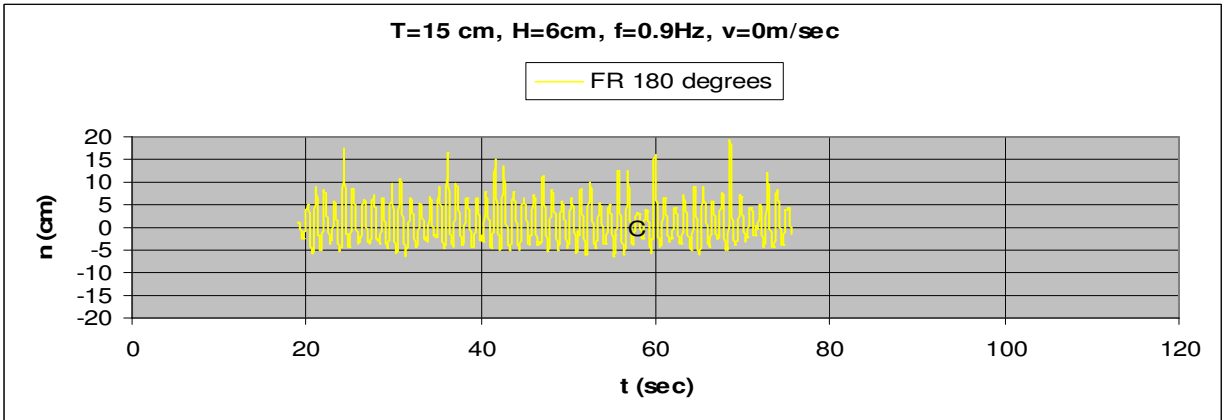
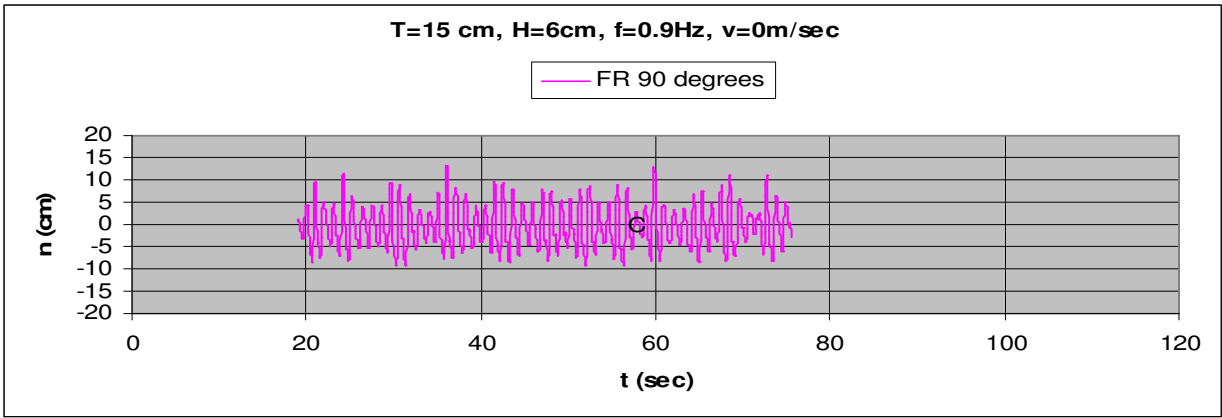
3.1.1.11 $T=15\text{cm}$, $h=6\text{cm}$, $v=0\text{m/s}$, $f=0.8\text{Hz}$, $F_n=0$, $\omega=5,026\text{rad/sec}$



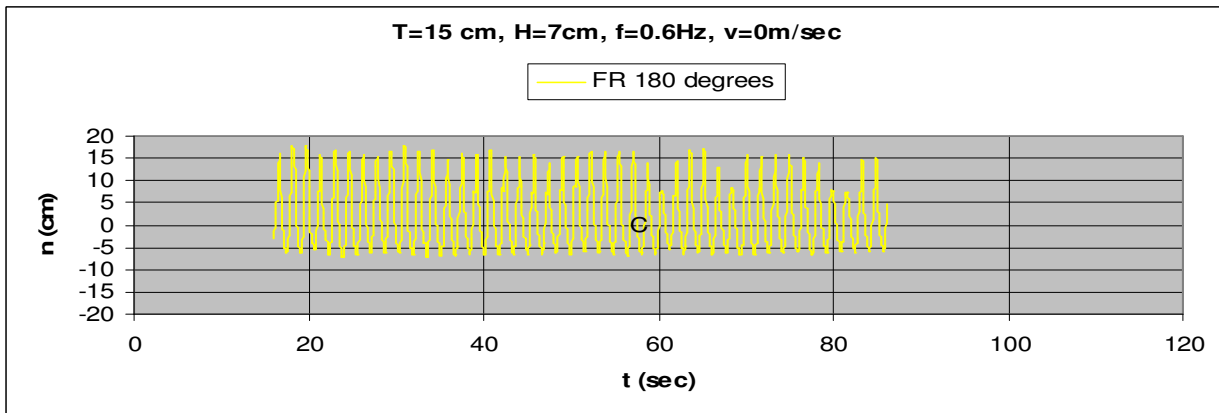
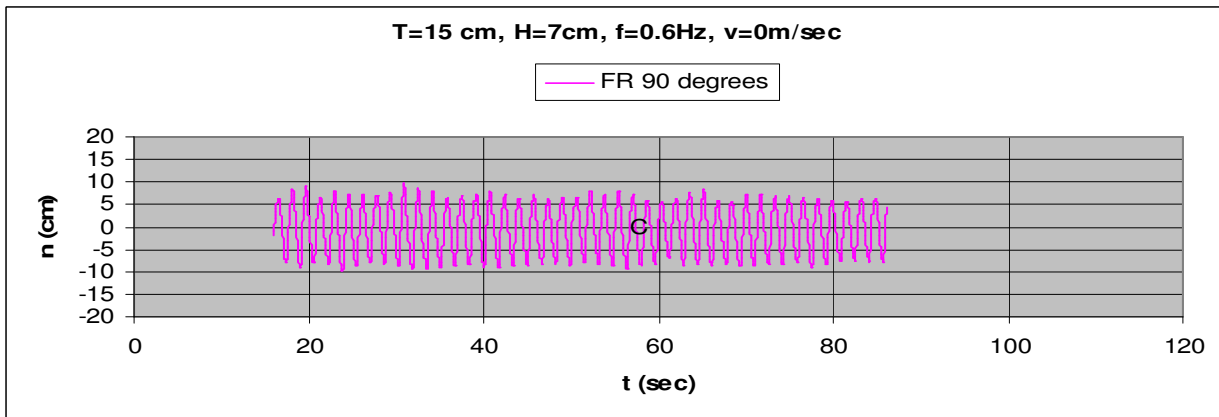
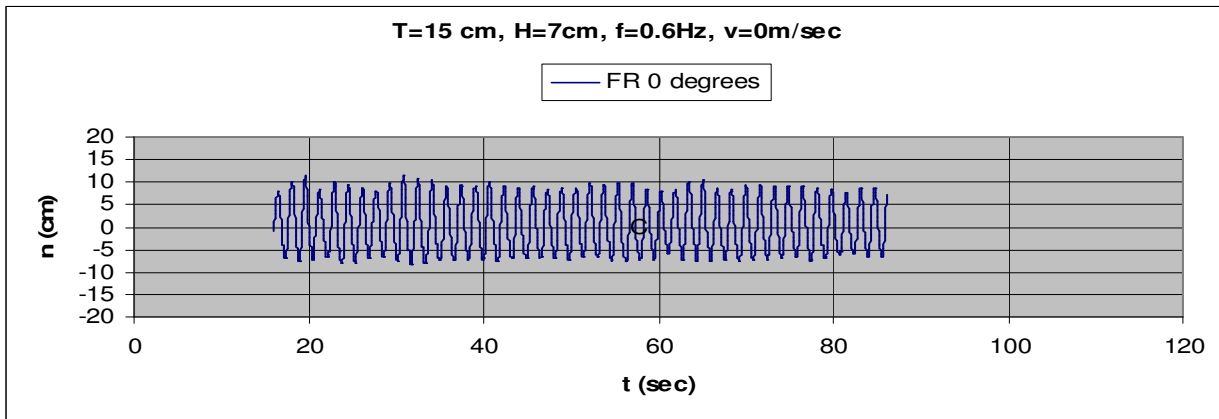
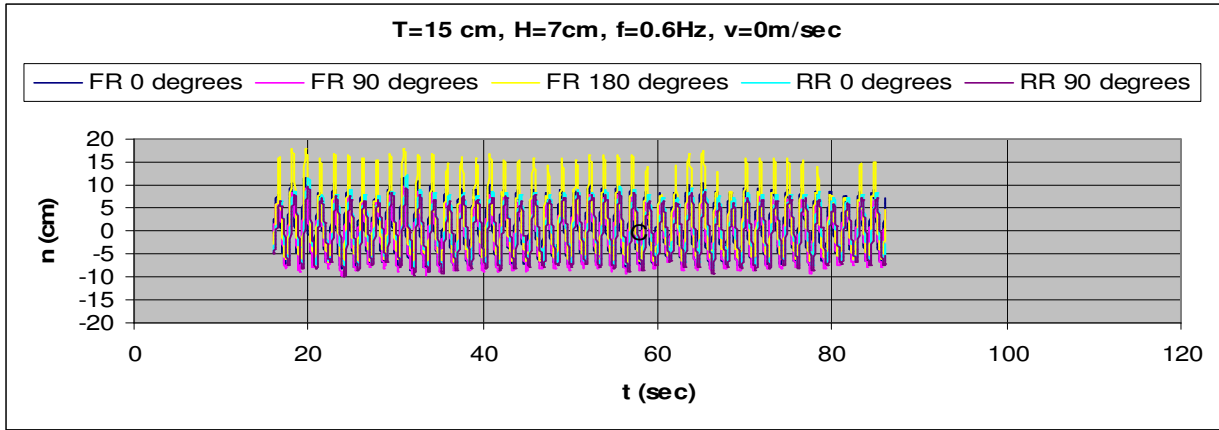


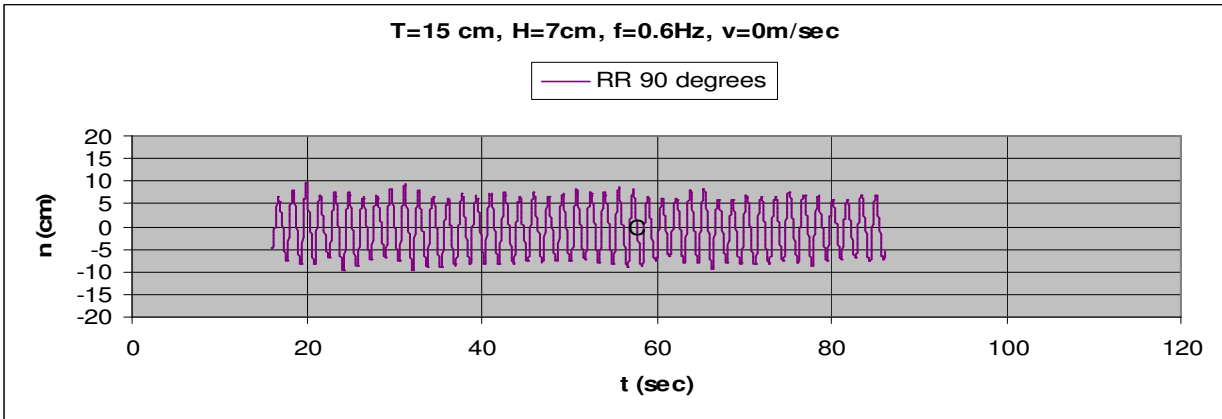
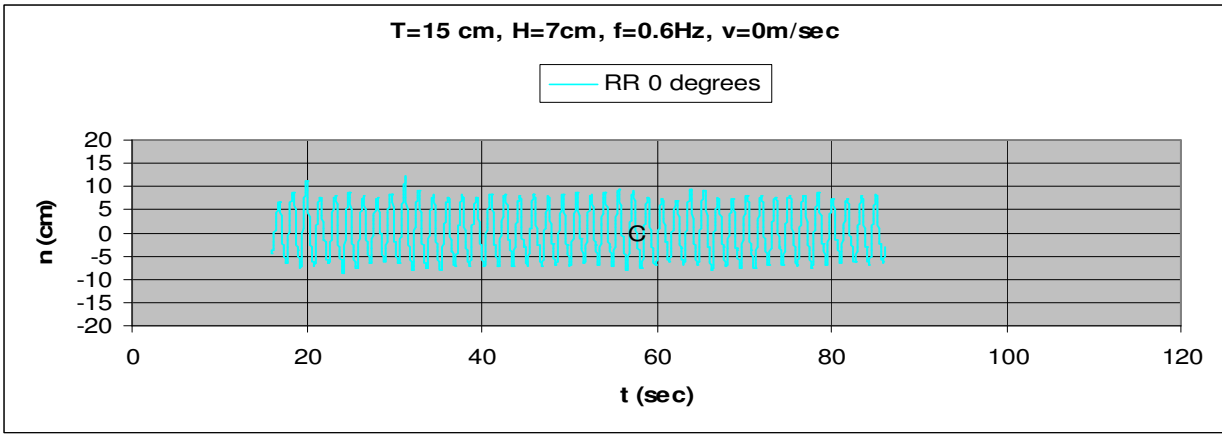
3.1.1.12 T=15cm, h=6cm, v=0m/s, f=0.9Hz, Fn=0, $\omega=5.655\text{rad/sec}$



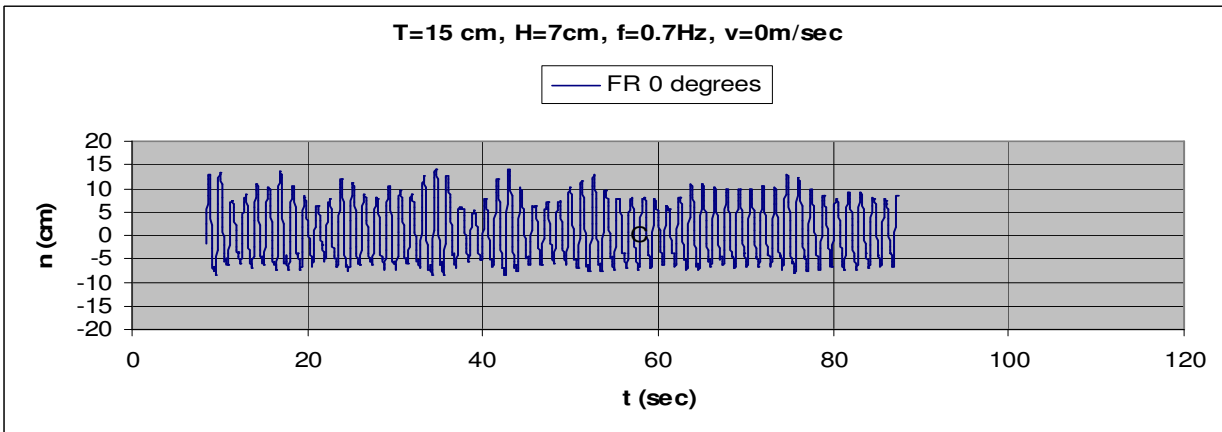
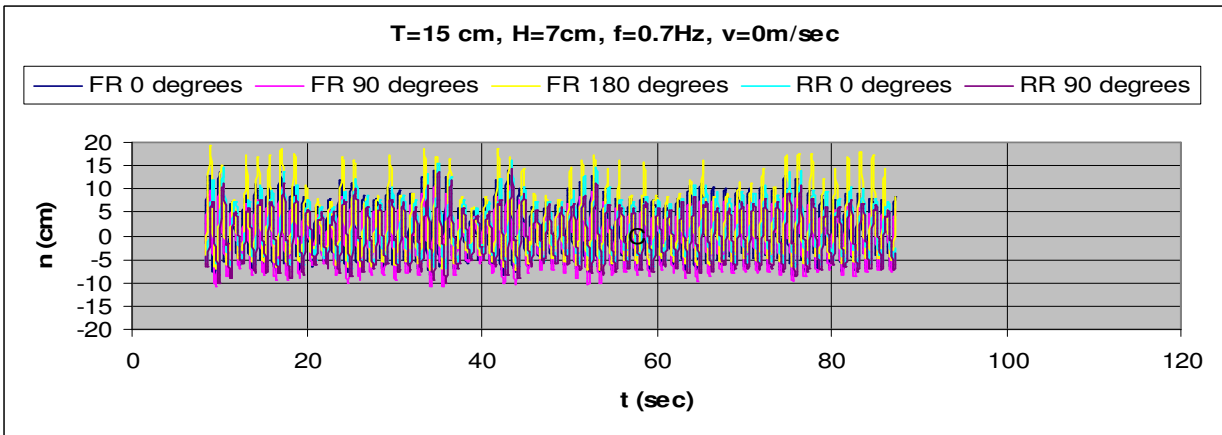


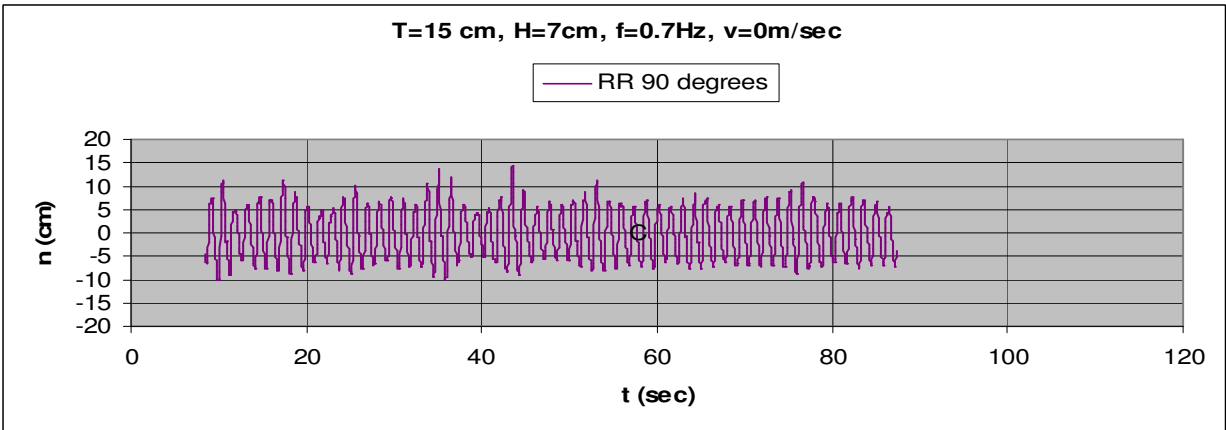
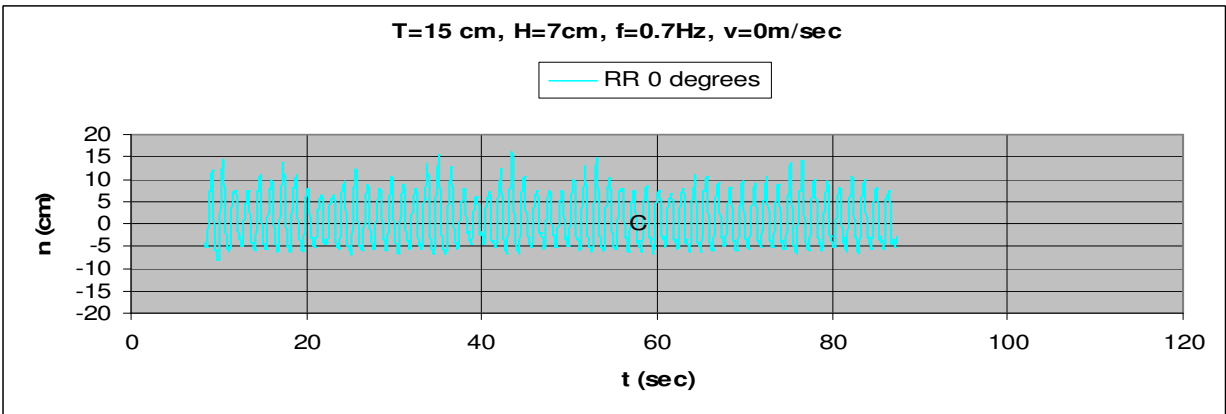
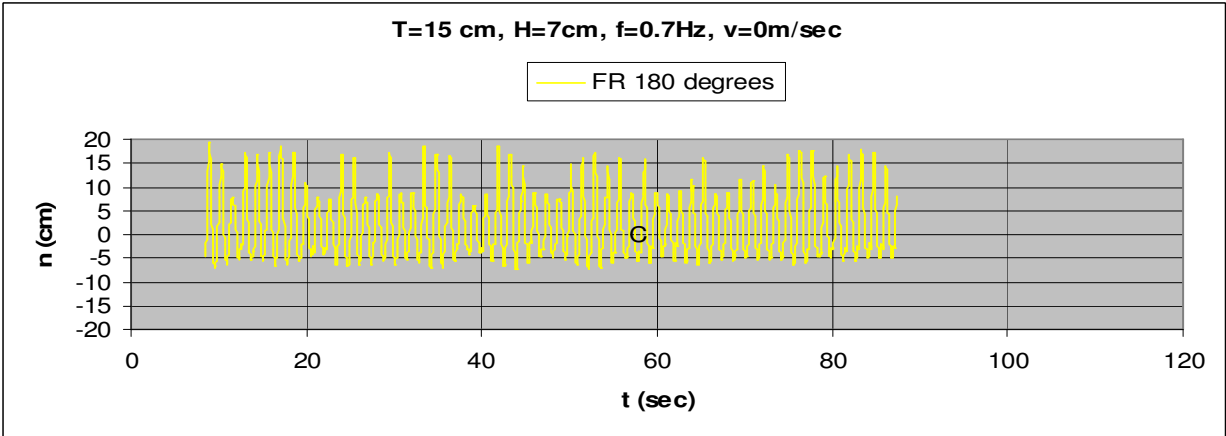
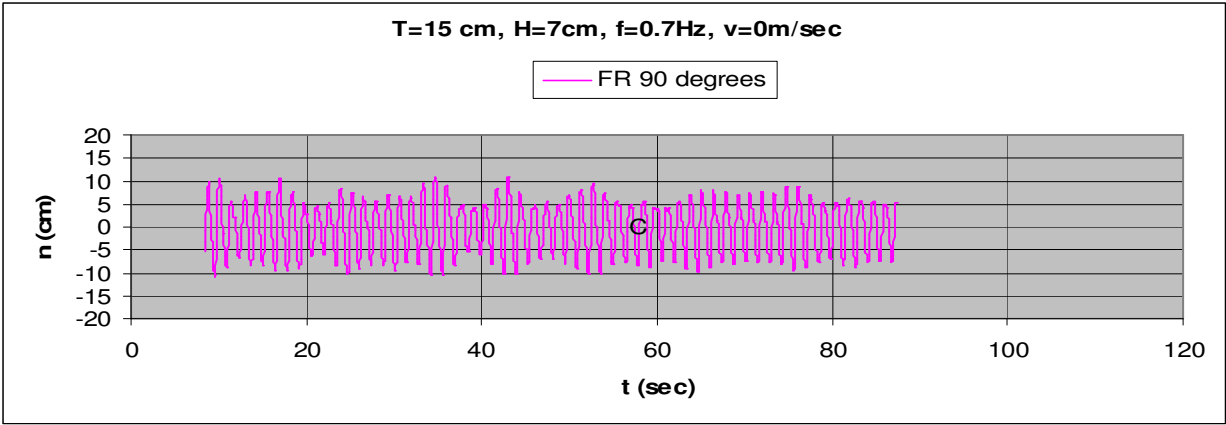
3.1.1.13 $T=15\text{cm}$, $h=7\text{cm}$, $v=0\text{m/s}$, $f=0.6\text{Hz}$, $F_n=0$, $\omega=3.770\text{rad/sec}$



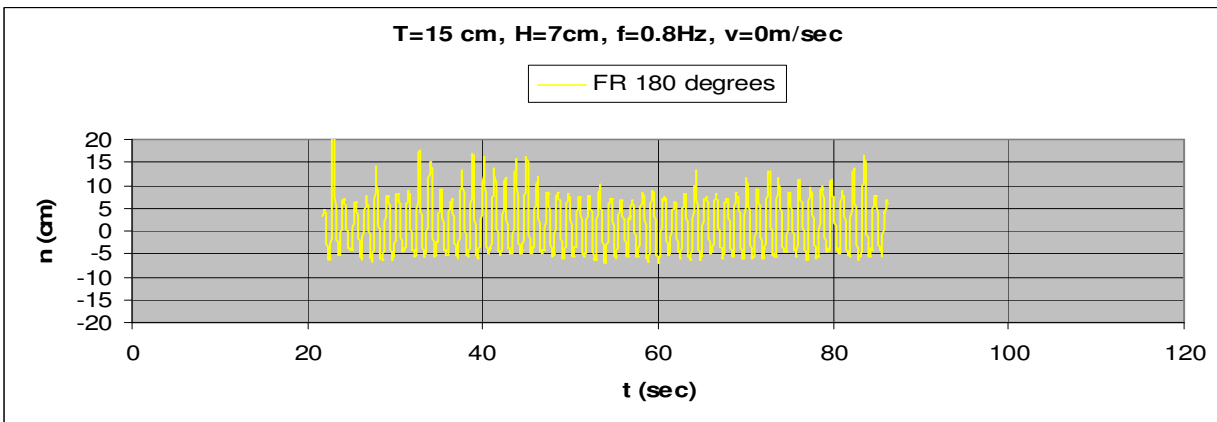
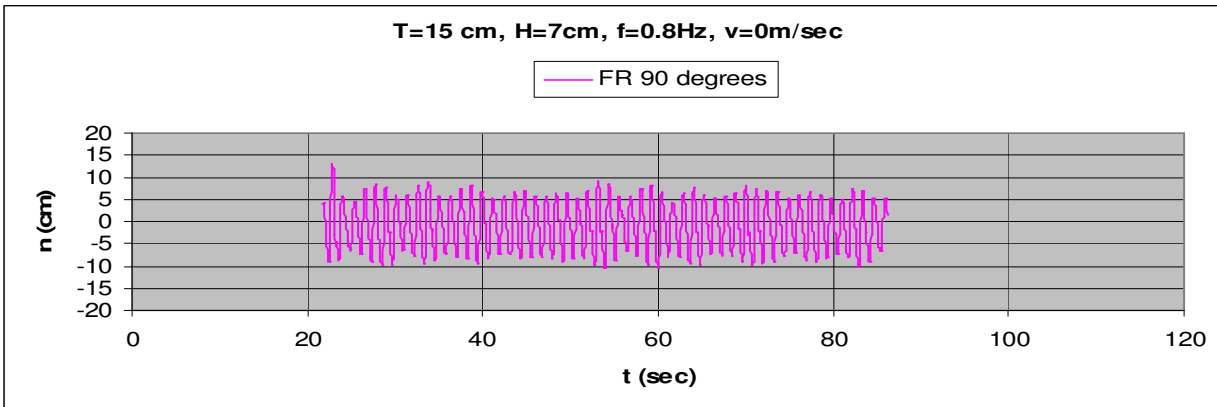
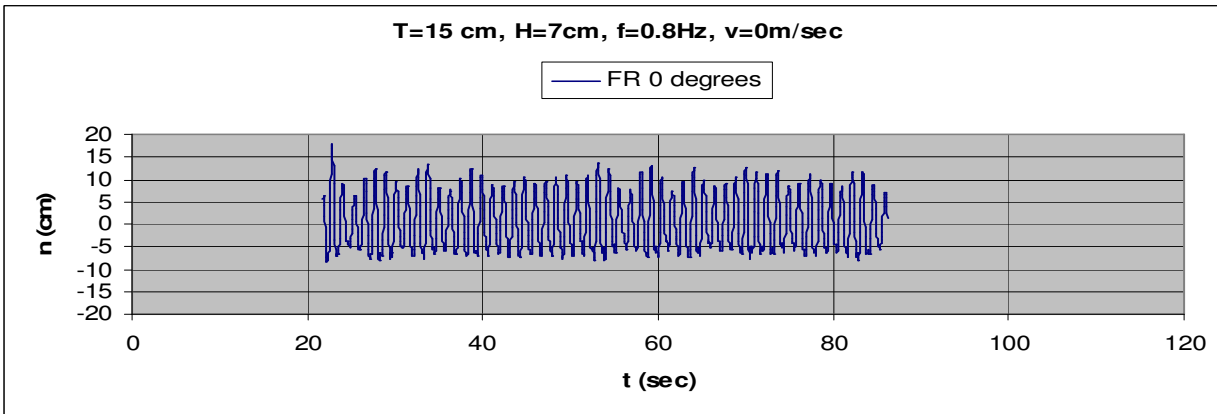
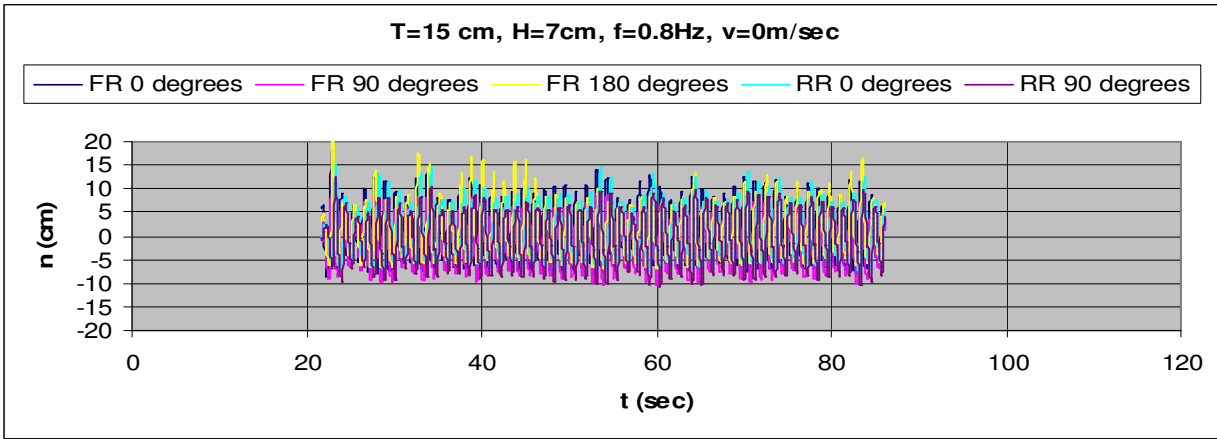


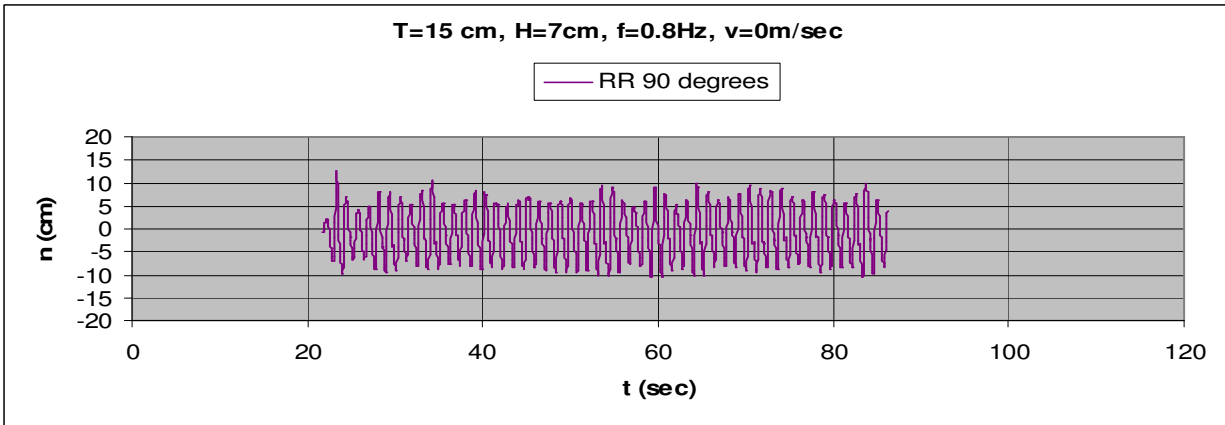
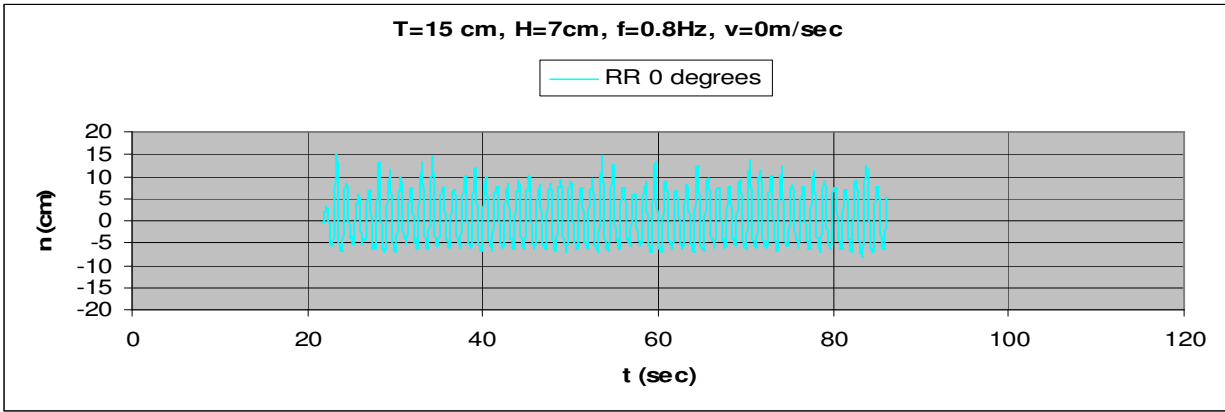
3.1.1.14 T=15cm, h=7cm, v=0m/s, f=0.7Hz, Fn=0, $\omega=4.398$ rad/sec



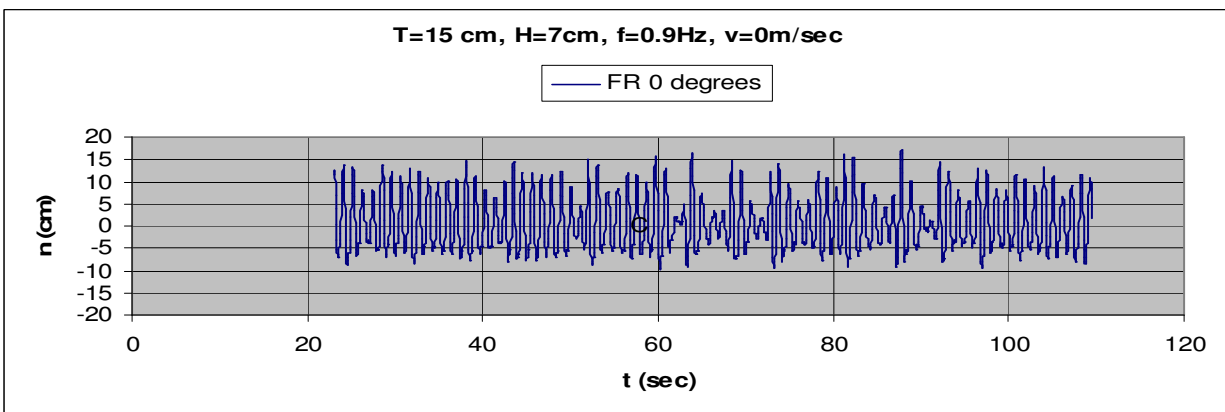
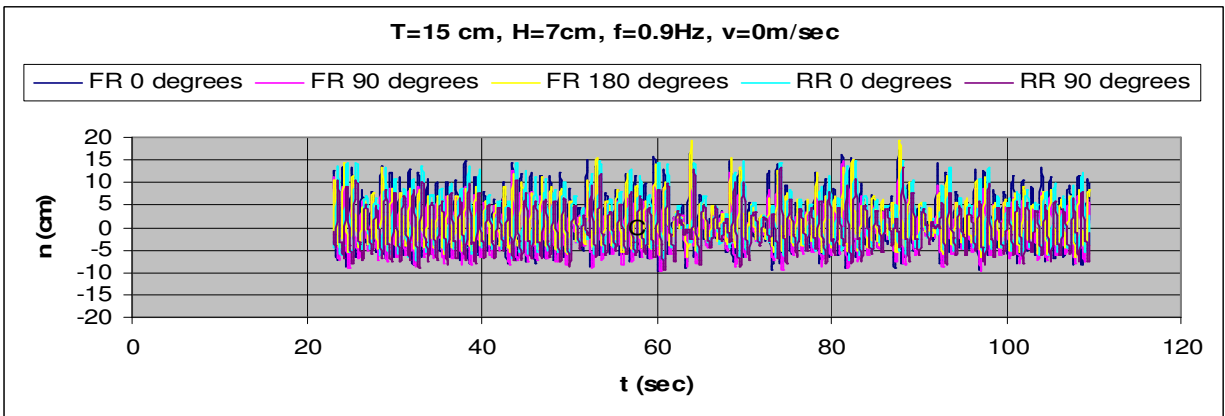


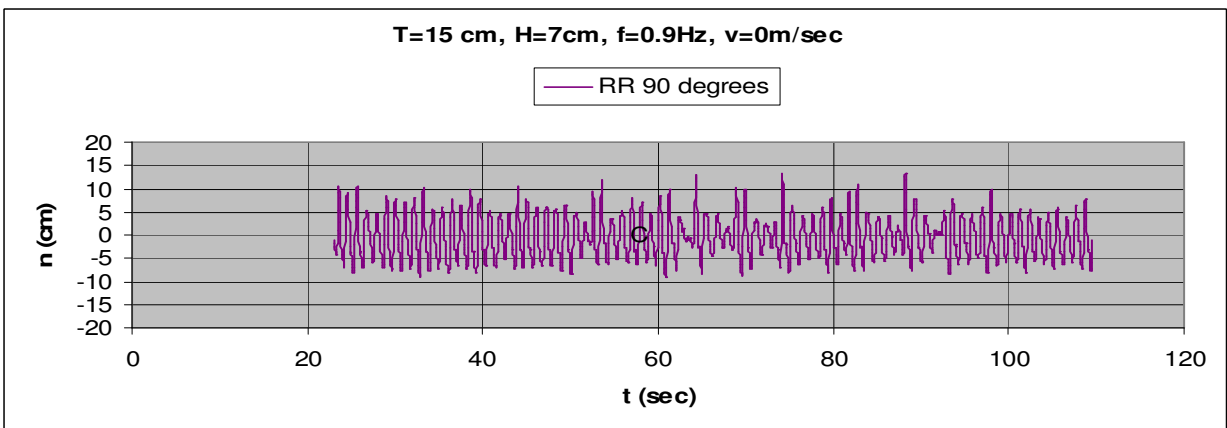
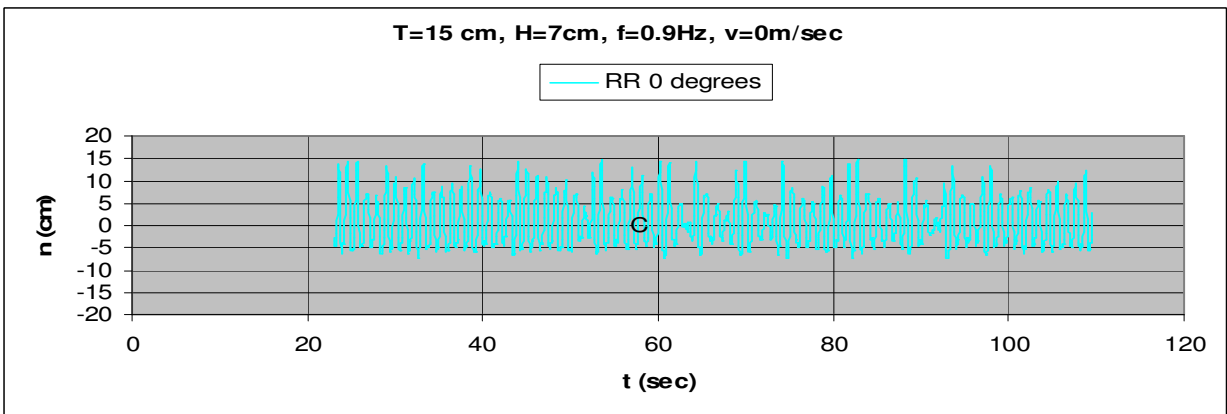
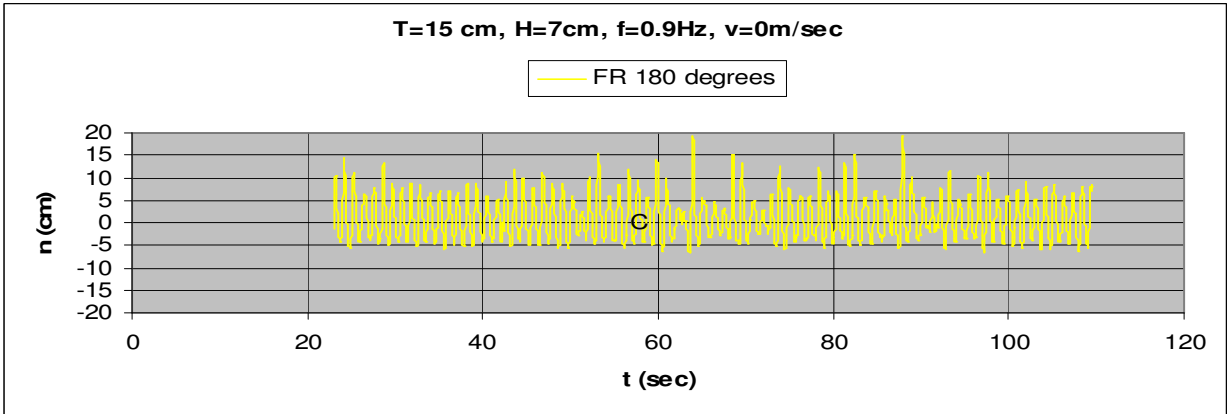
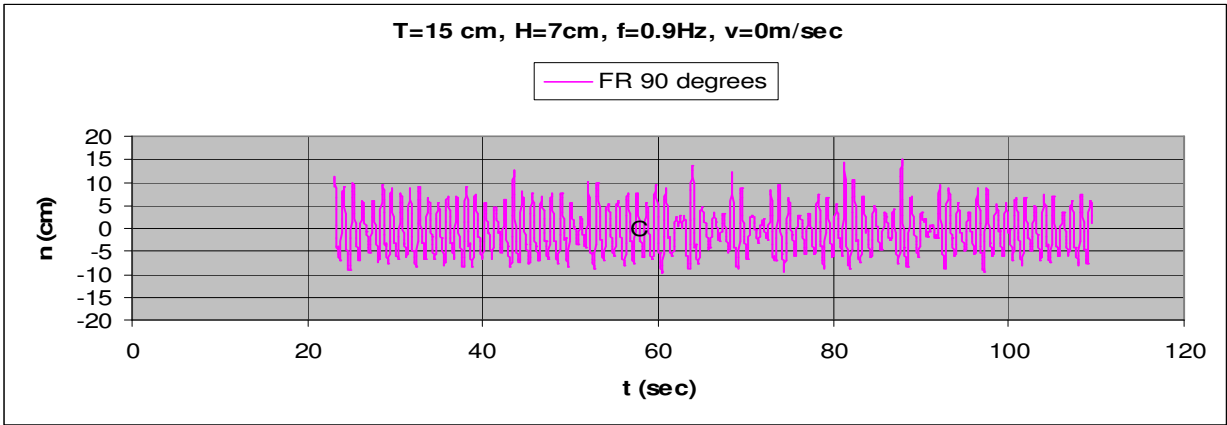
3.1.1.15 $T=15\text{cm}$, $h=7\text{cm}$, $v=0\text{m/s}$, $f=0.8\text{Hz}$, $F_n=0$, $\omega=5.026\text{rad/sec}$



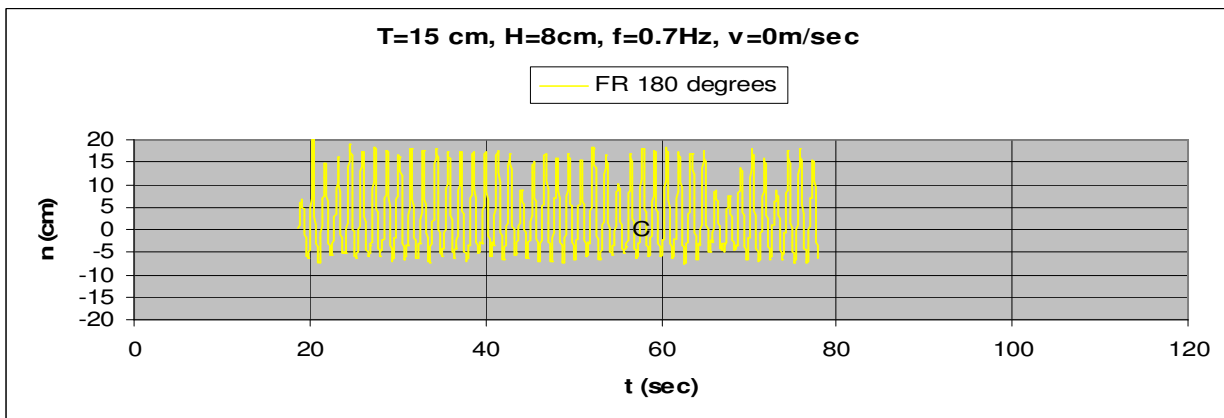
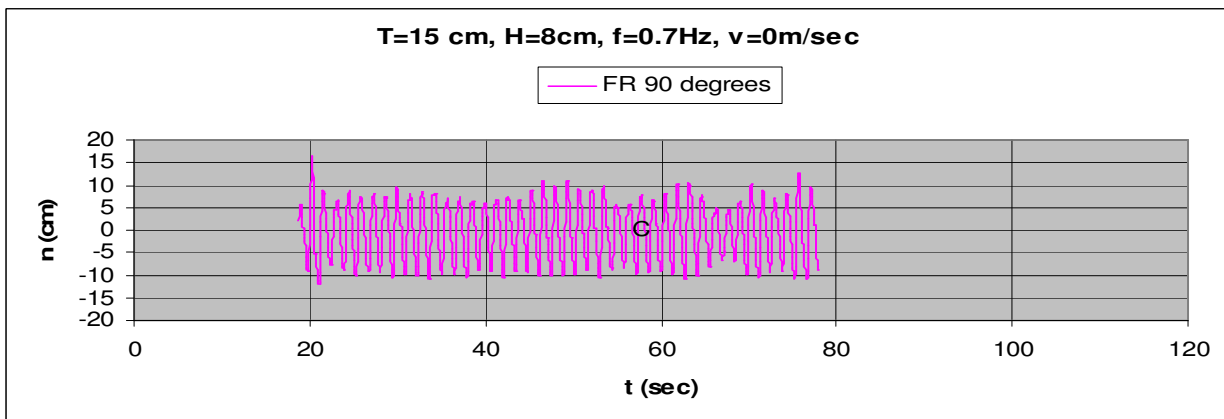
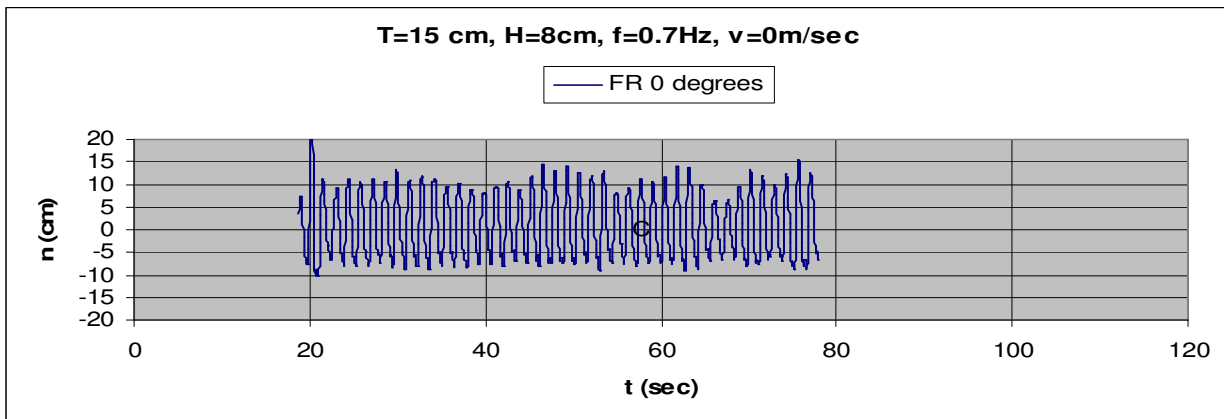
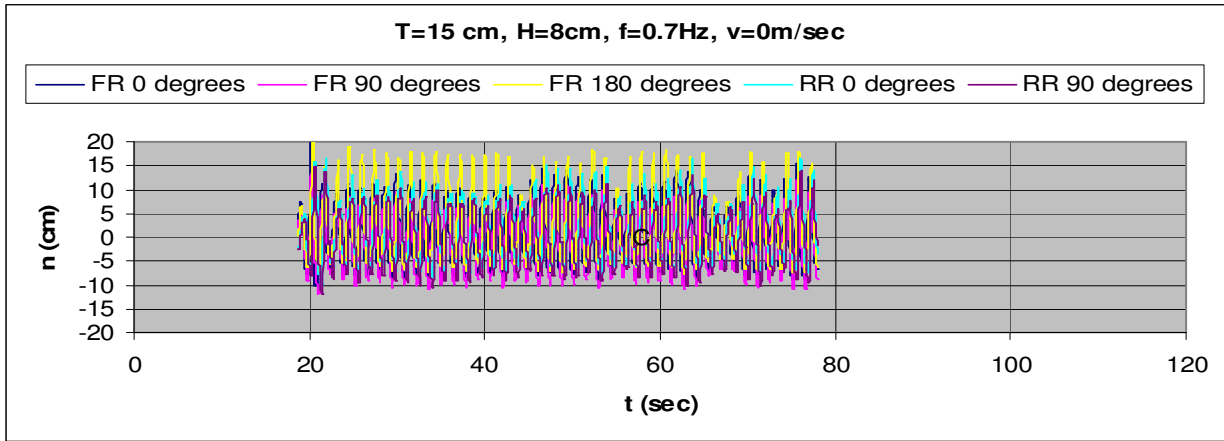


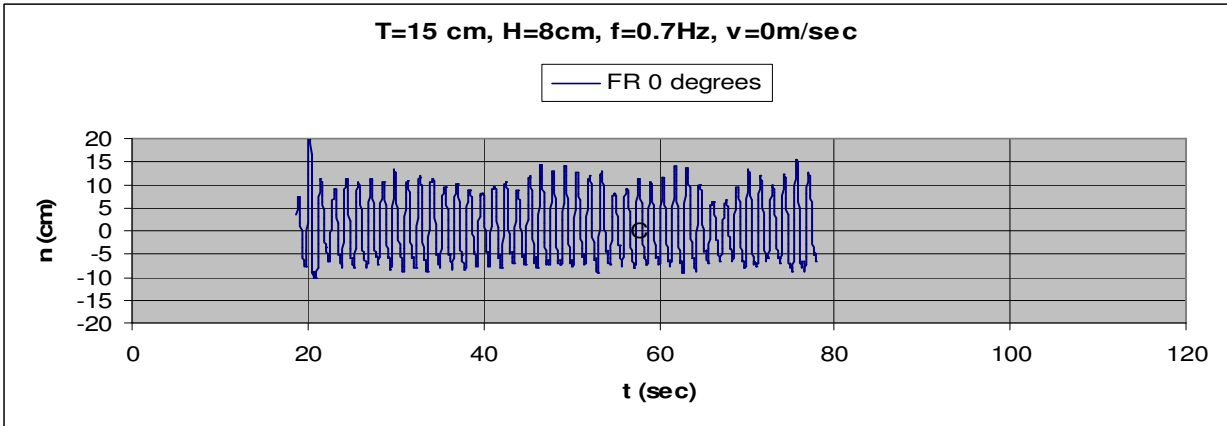
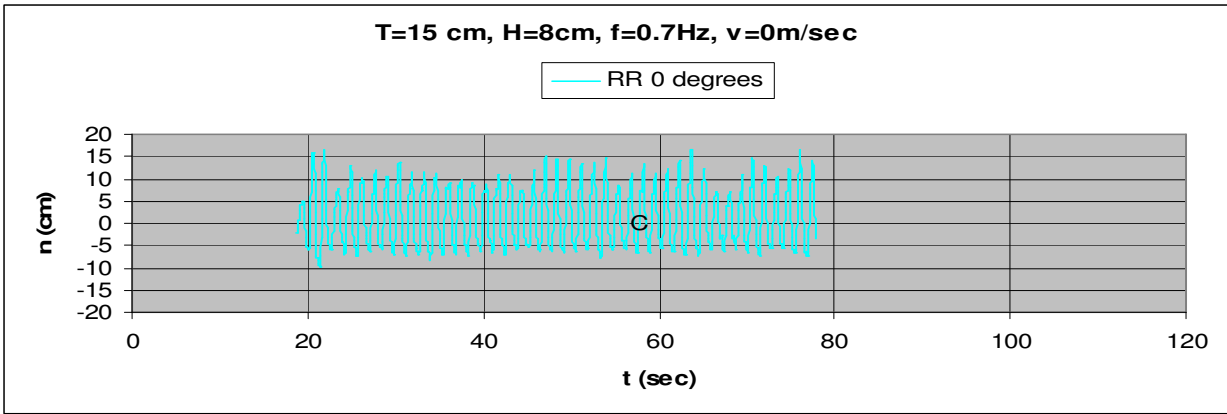
3.1.1.16 T=15cm, h=7cm, v=0m/s, f=0.9Hz, Fn=0, $\omega=5.655\text{rad/sec}$



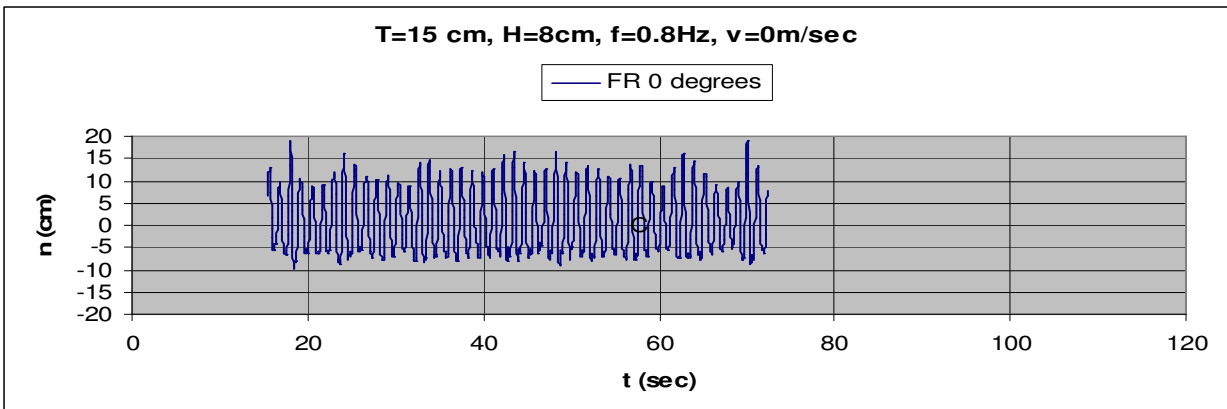
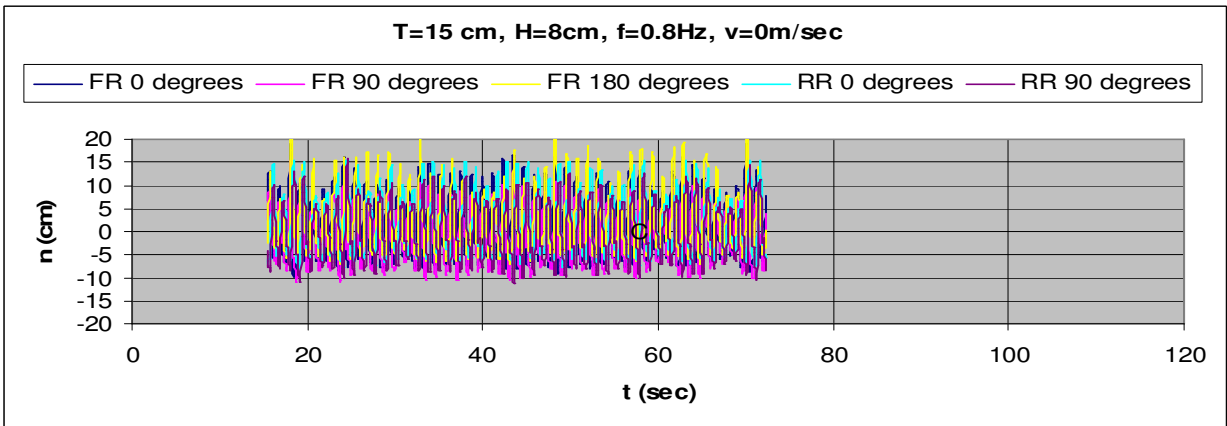


3.1.1.17 $T=15\text{cm}$, $h=8\text{cm}$, $v=0\text{m/s}$, $f=0.7\text{Hz}$, $F_n=0$, $\omega=4.398\text{rad/sec}$



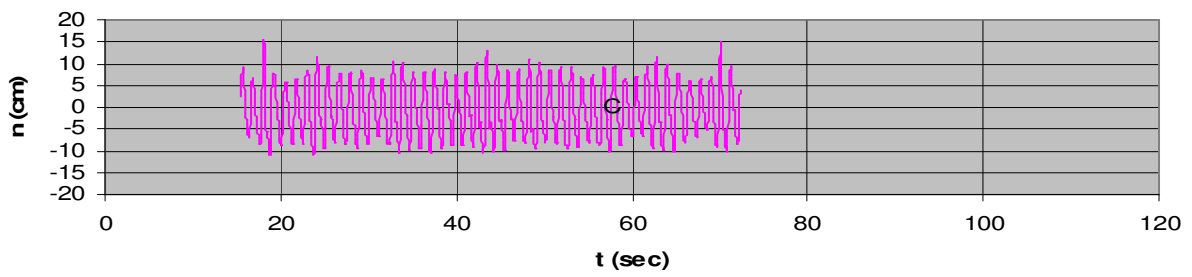


3.1.1.18 T=15cm, h=8cm, v=0m/s, f=0.8Hz, Fn=0, $\omega=5.026$ rad/sec



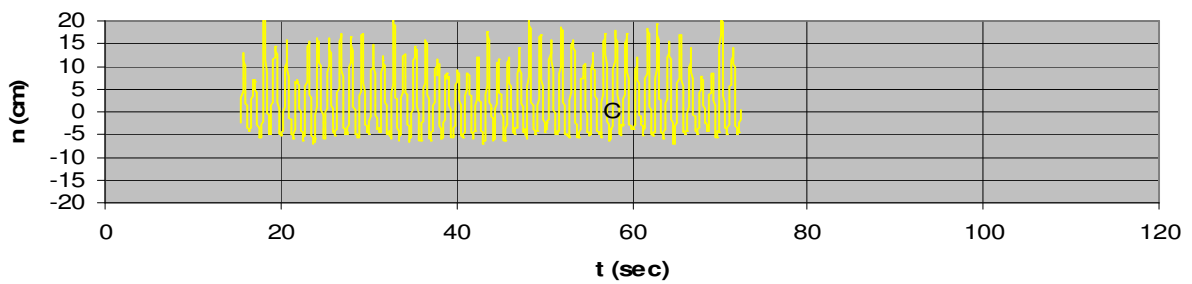
T=15 cm, H=8cm, f=0.8Hz, v=0m/sec

FR 90 degrees



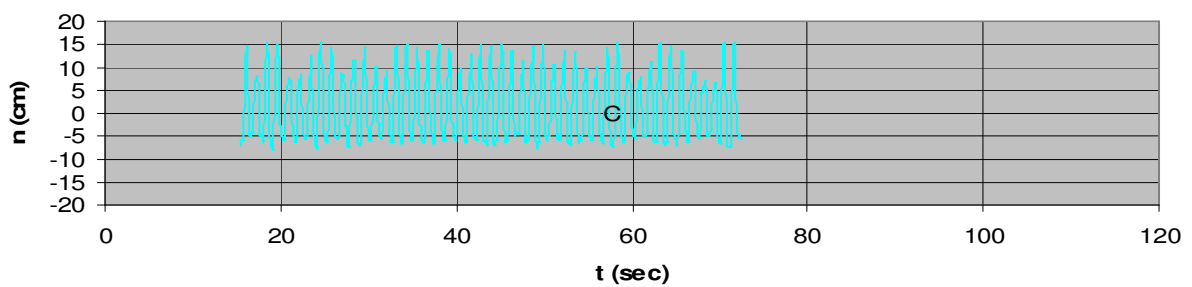
T=15 cm, H=8cm, f=0.8Hz, v=0m/sec

FR 180 degrees



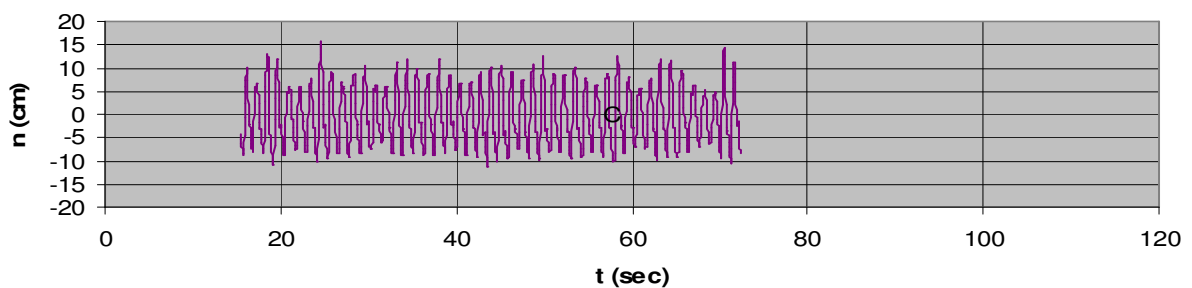
T=15 cm, H=8cm, f=0.8Hz, v=0m/sec

RR 0 degrees



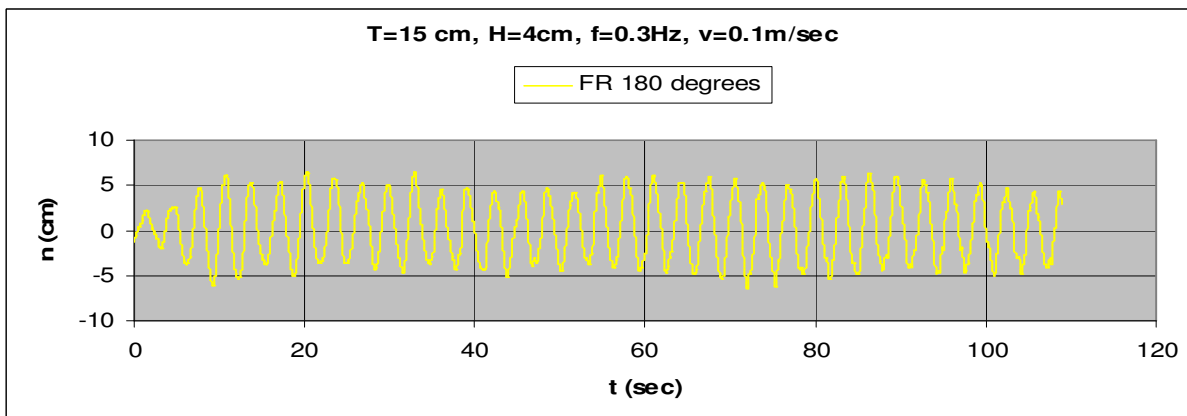
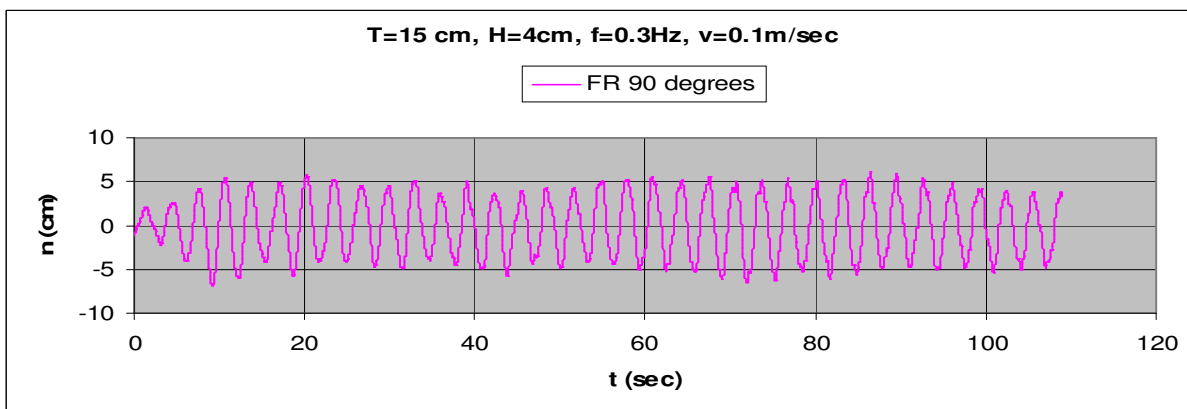
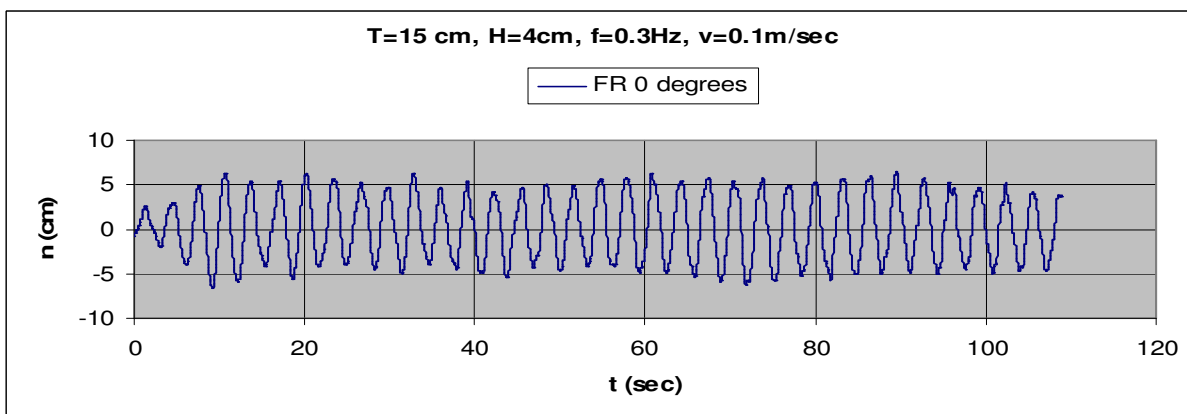
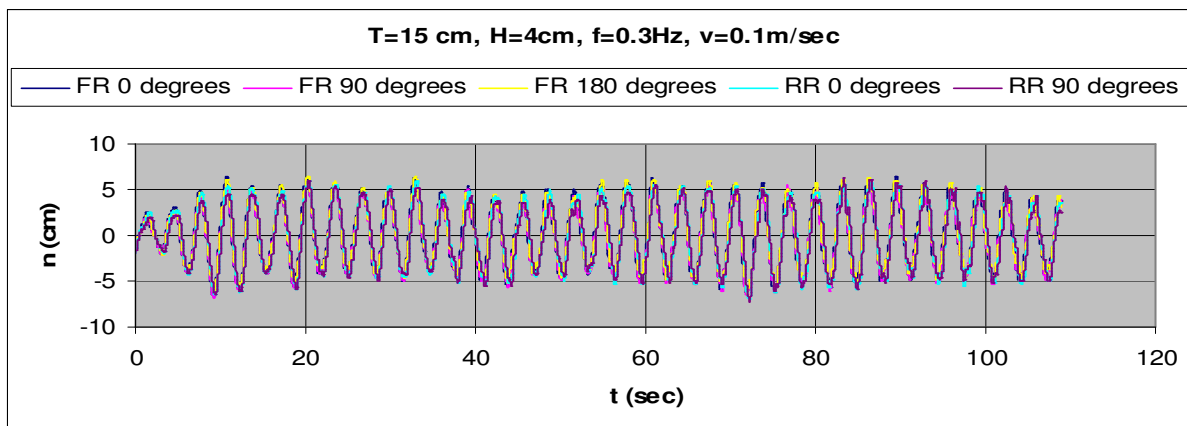
T=15 cm, H=8cm, f=0.8Hz, v=0m/sec

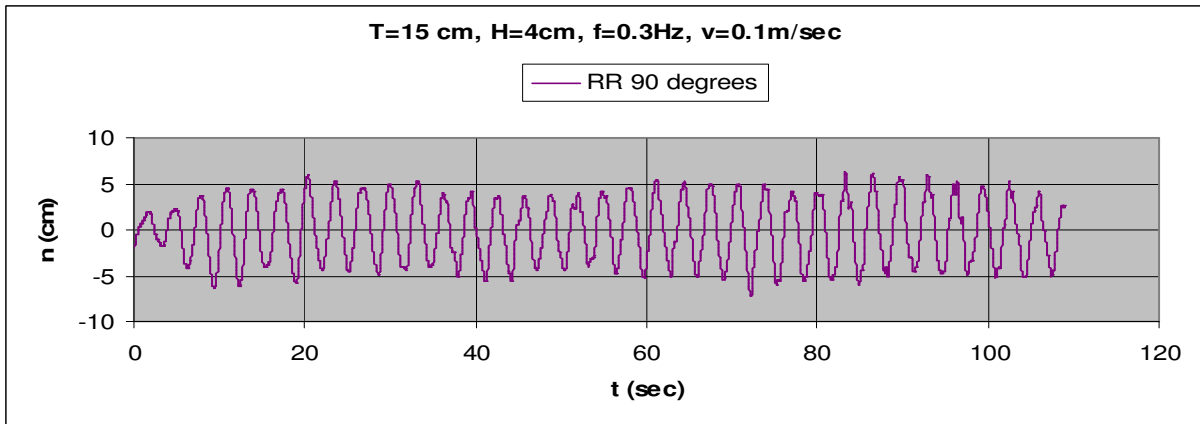
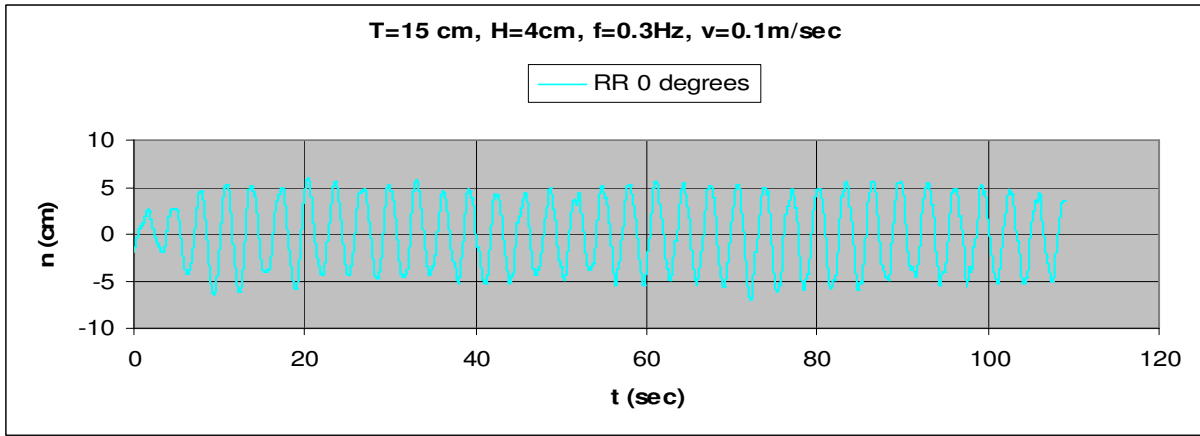
RR 90 degrees



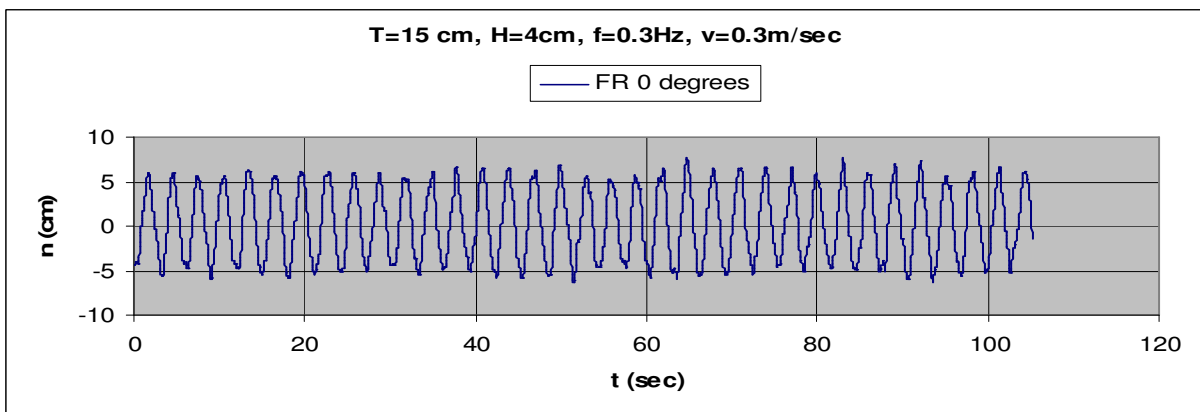
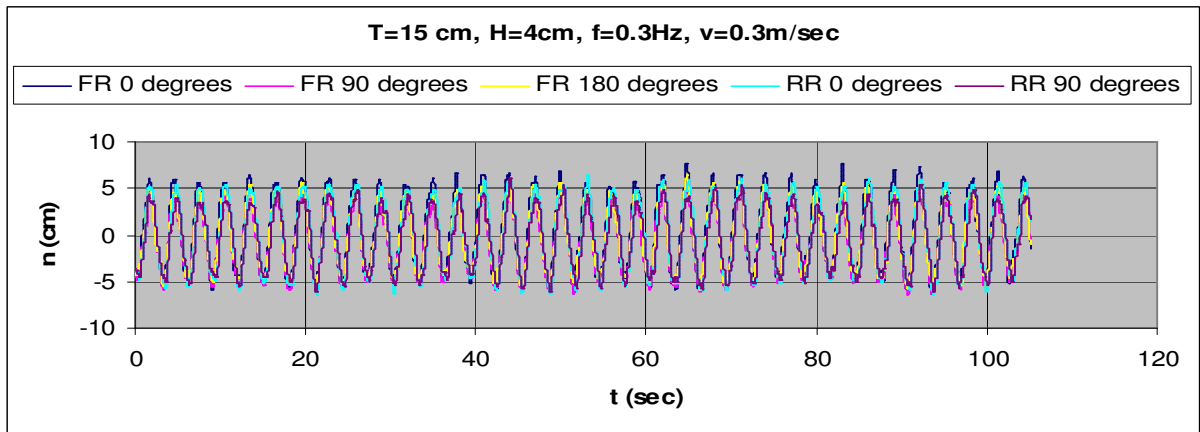
3.1.2 Χρονικές ιστορίες πλατφόρμας σε κίνηση

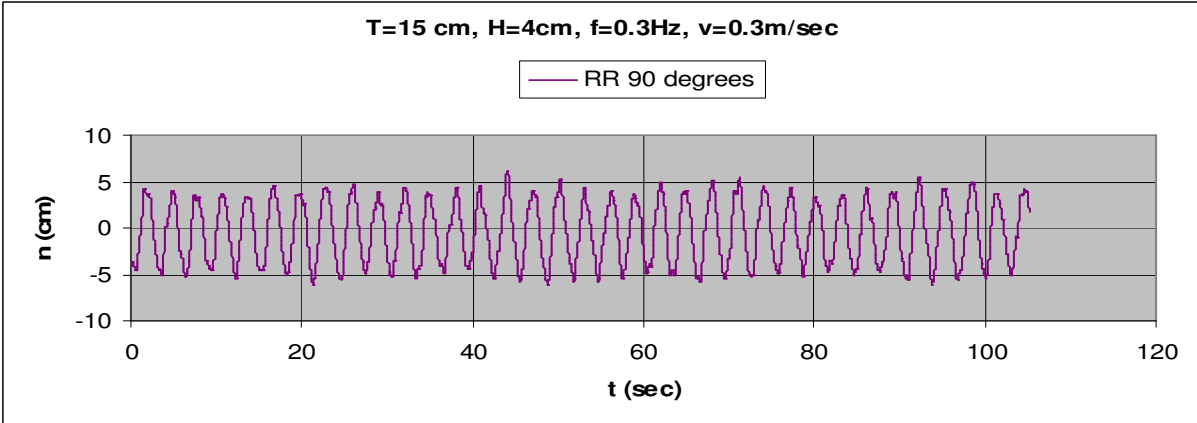
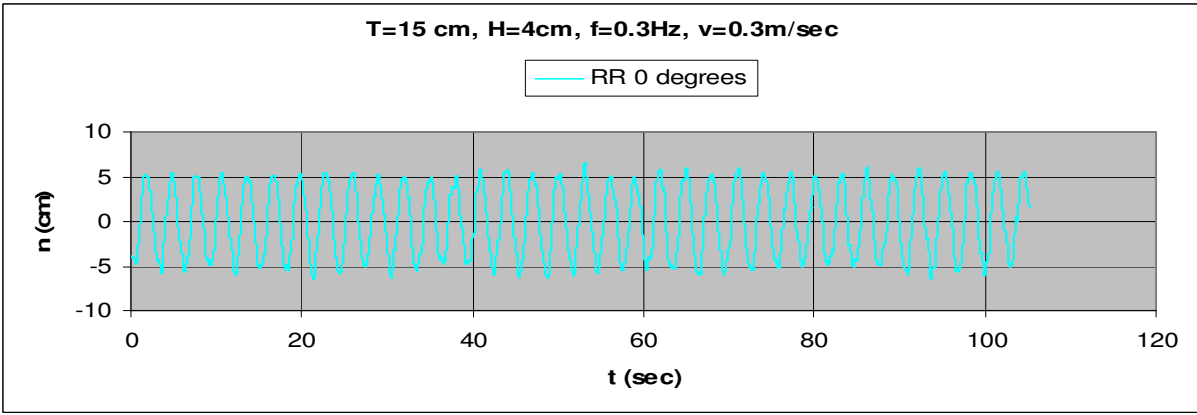
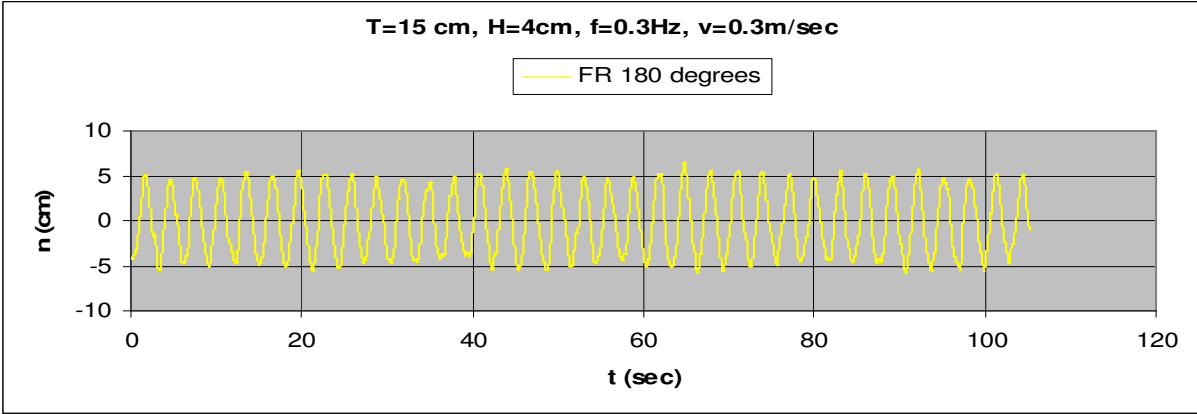
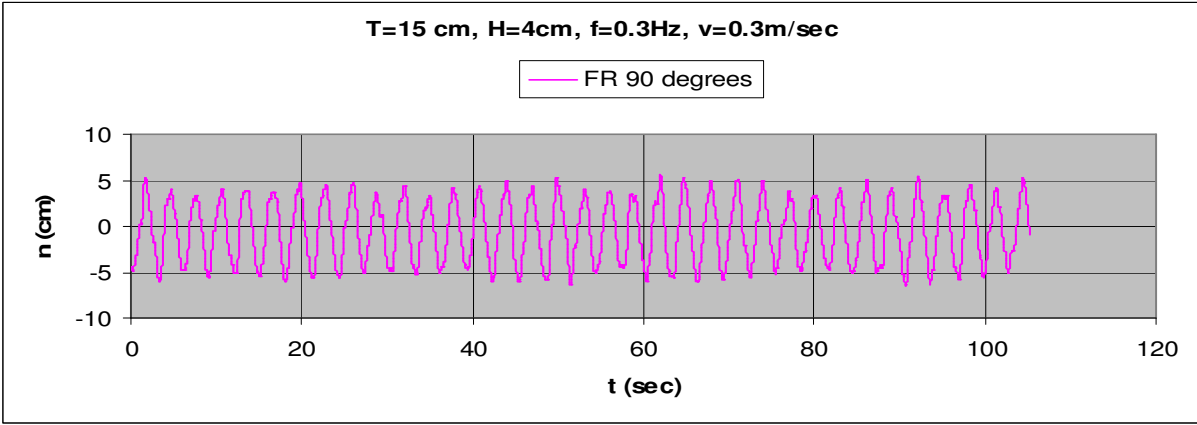
3.1.2.1 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.3\text{Hz}$, $F_n=0.056$, $\omega=1.885\text{rad/sec}$



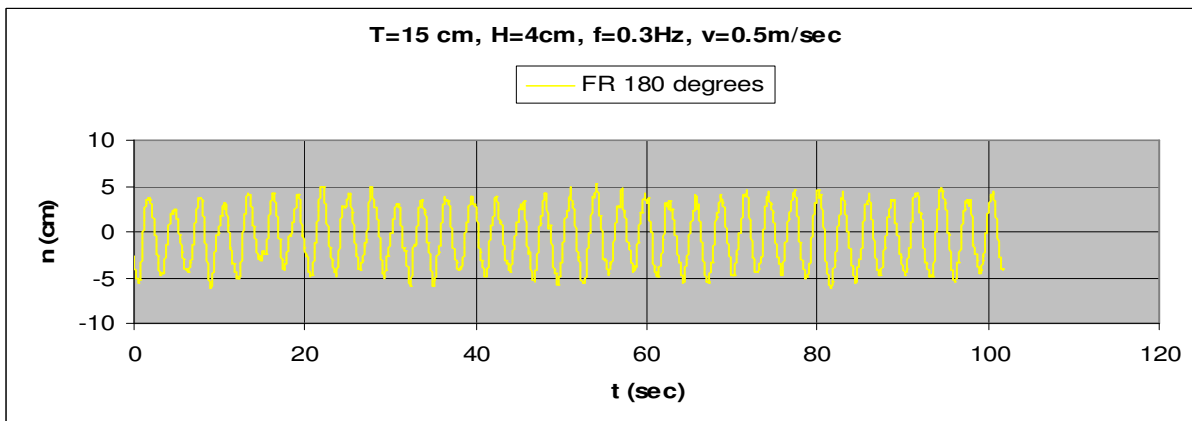
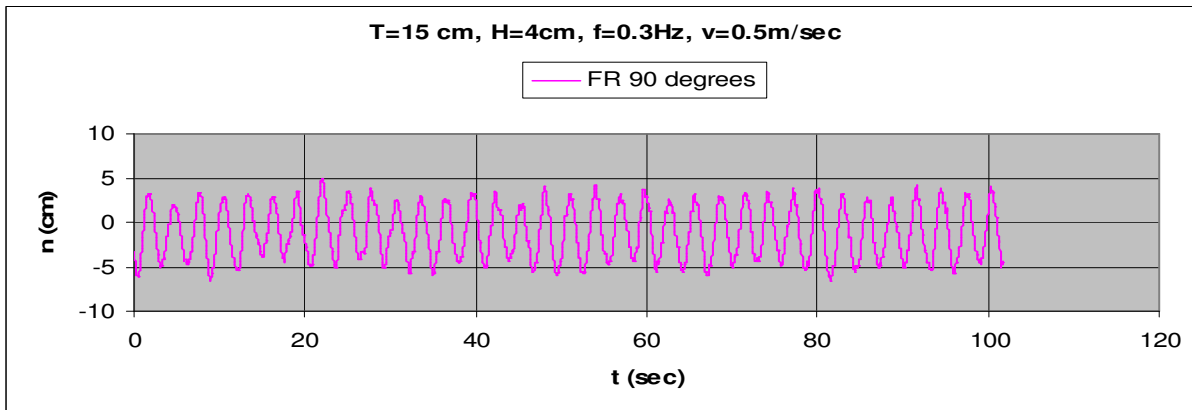
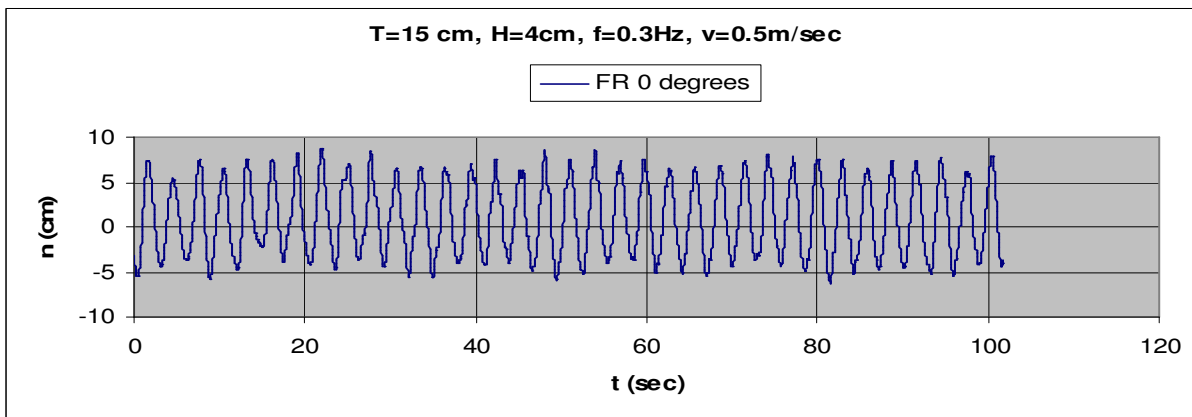
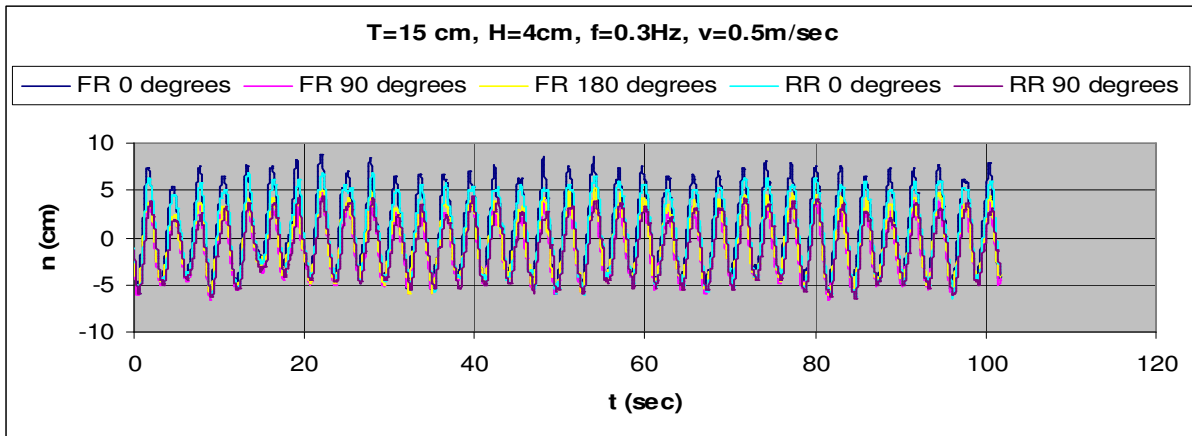


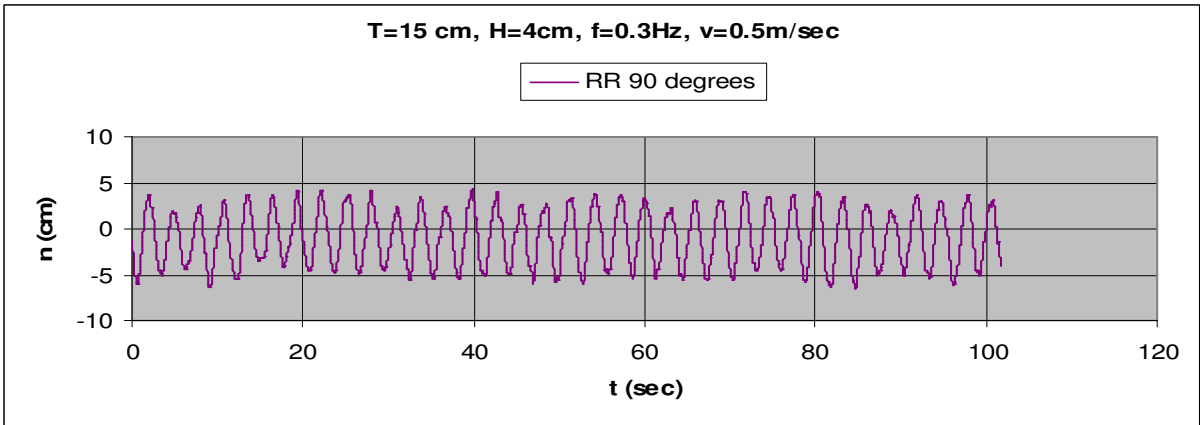
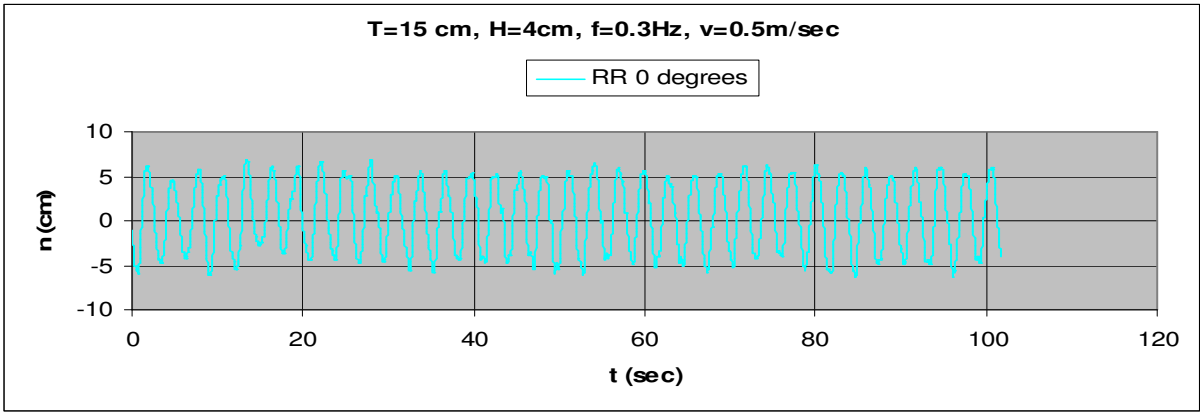
3.1.2.2 T=15cm, h=4cm, v=0.3m/s, f=0.3Hz, Fn=0.167, $\omega=1.885$ rad/sec



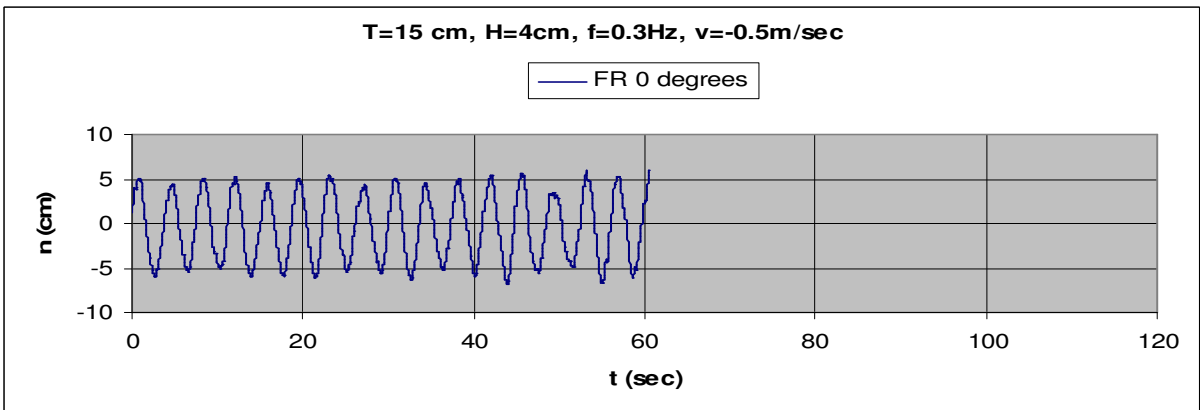
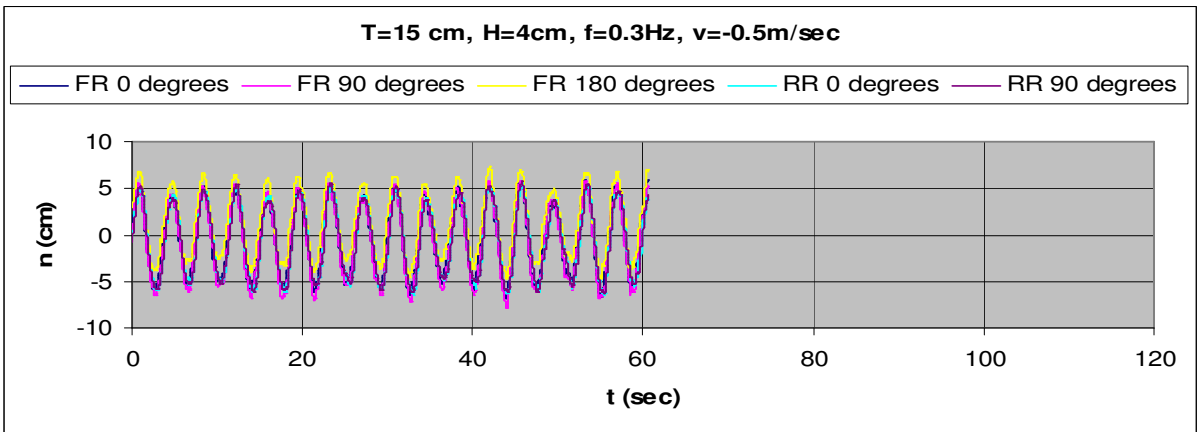


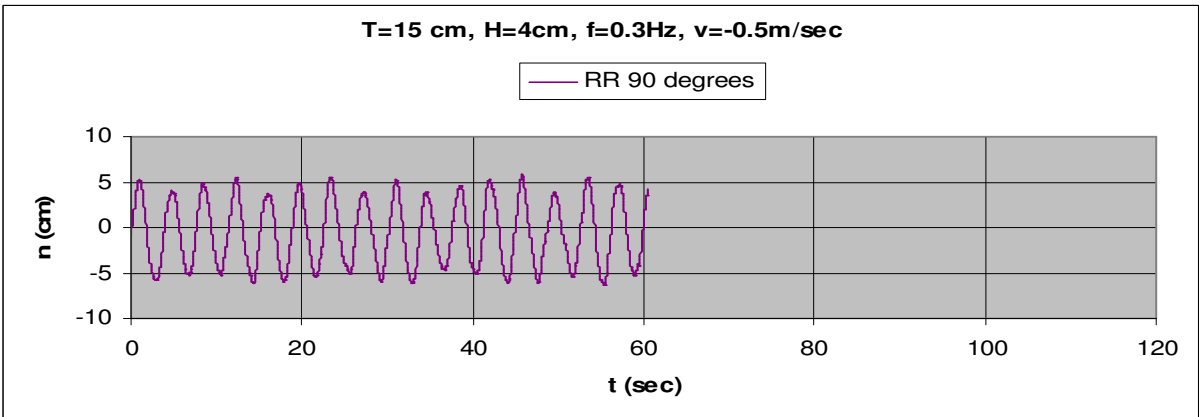
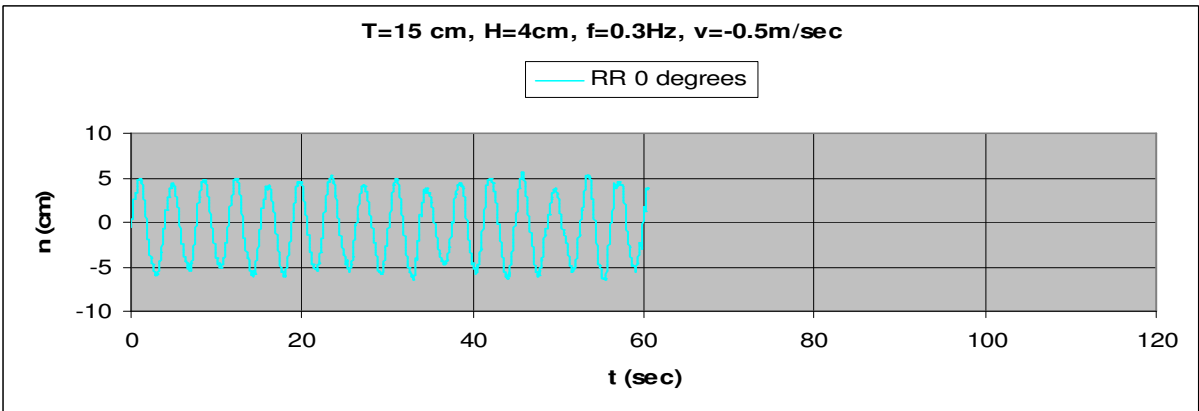
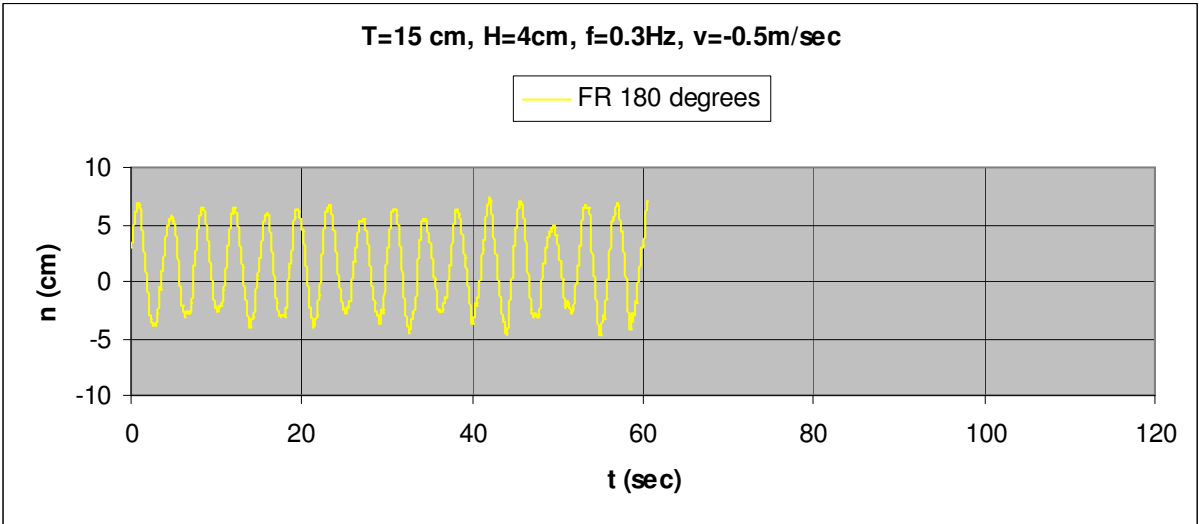
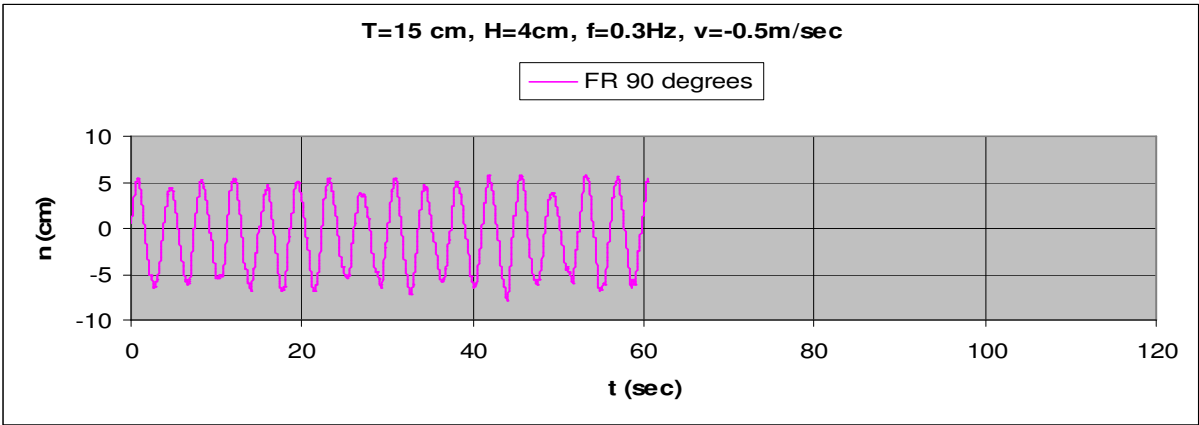
3.1.2.3 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0.5\text{m/s}$, $f=0.3\text{Hz}$, $F_n=0.278$, $\omega=1.885\text{rad/sec}$



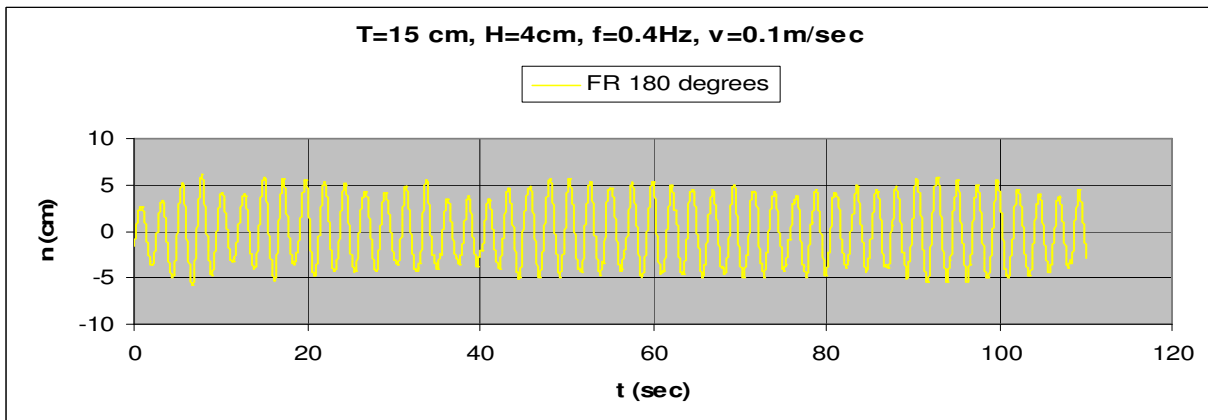
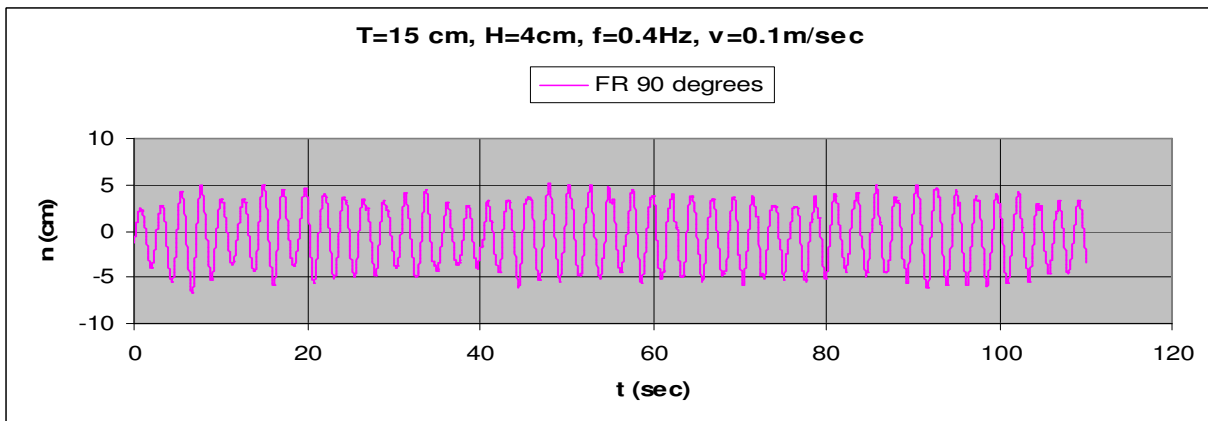
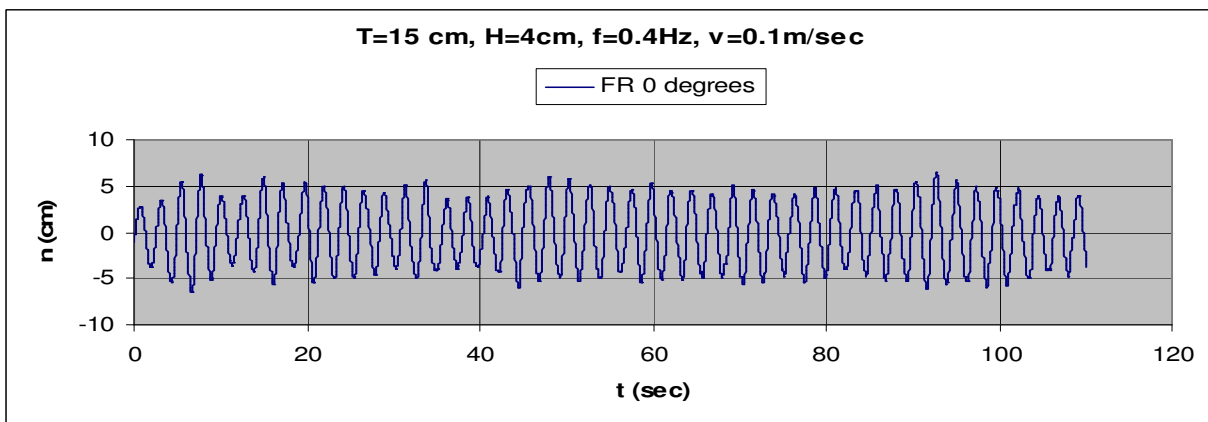
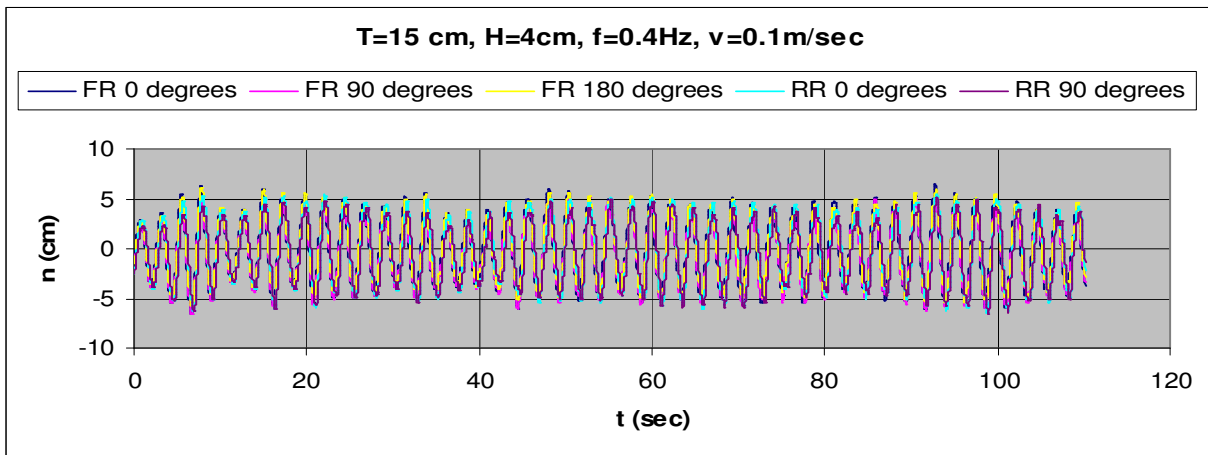


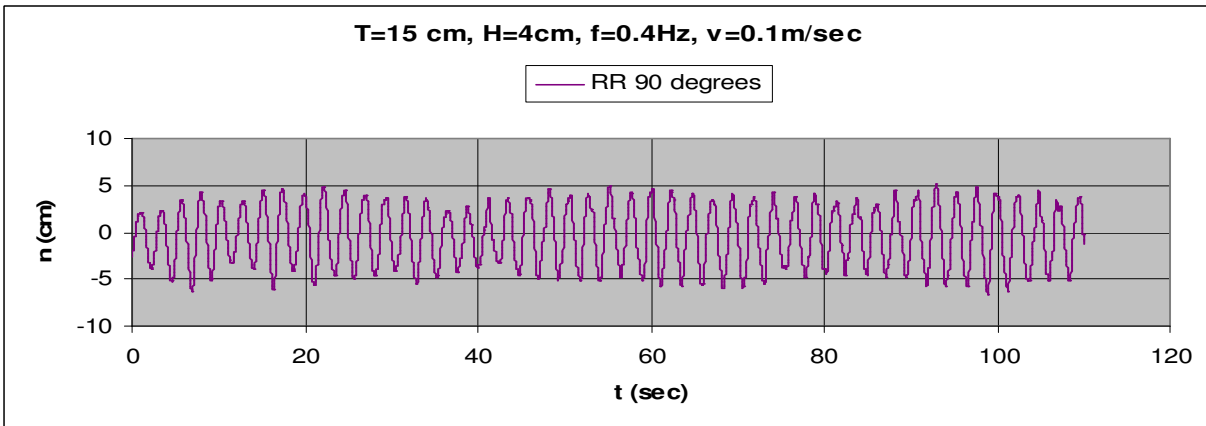
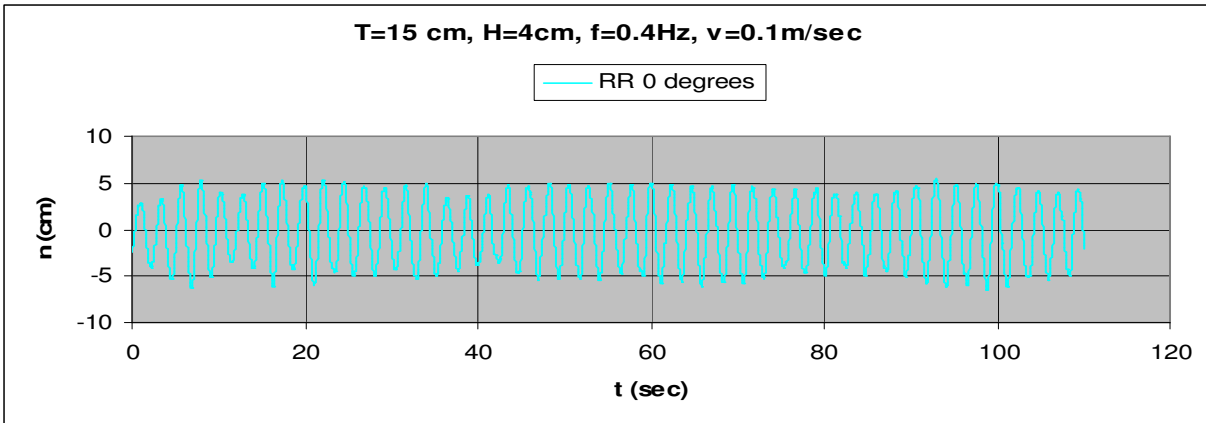
3.1.2.4 T=15cm, h=4cm, v=-0.5m/s, f=0.3Hz, Fn=0.278, $\omega=1.885\text{rad/sec}$



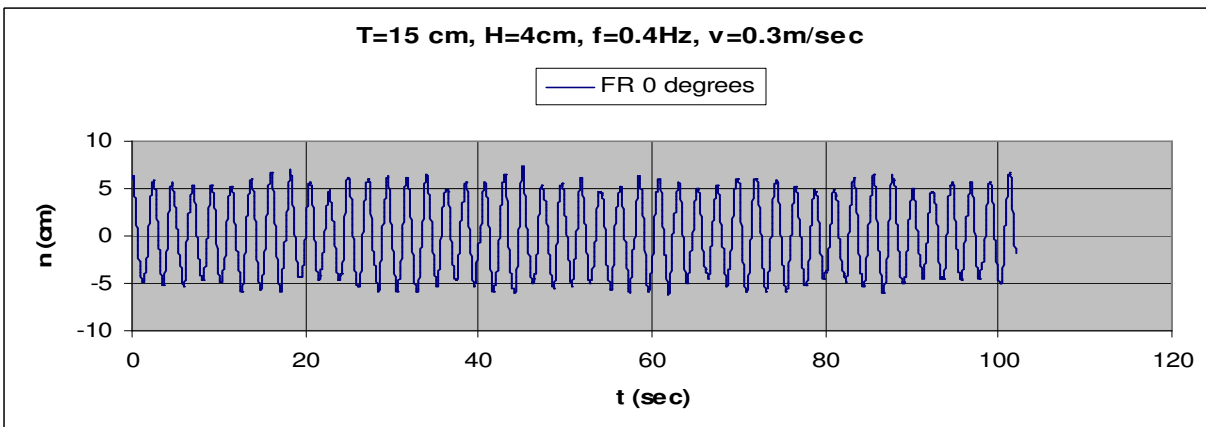
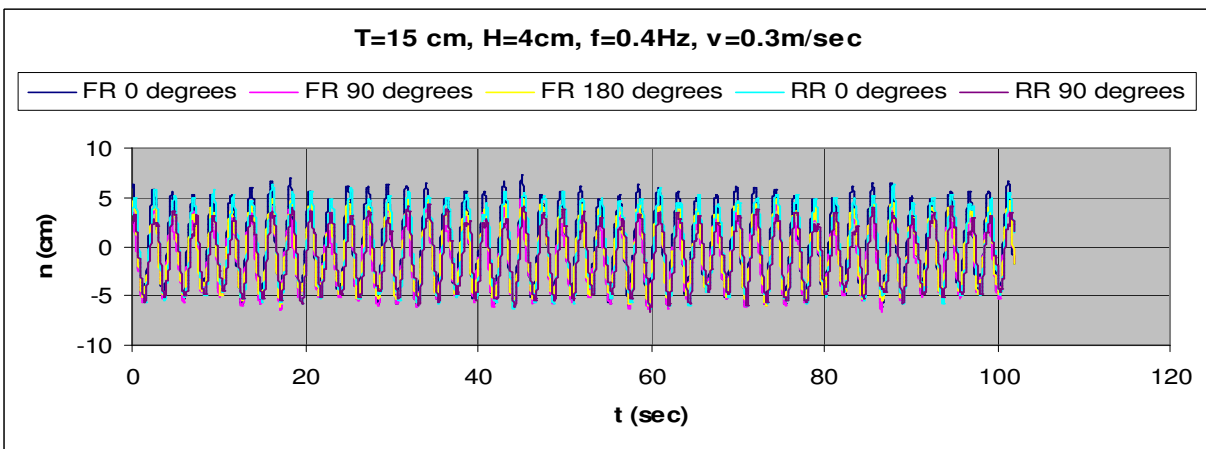


3.1.2.5 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.4\text{Hz}$, $F_n=0.056$, $\omega=2.513\text{rad/sec}$



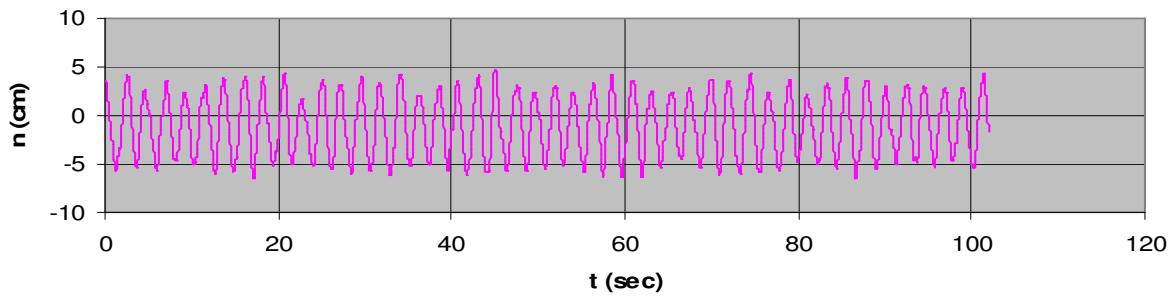


3.1.2.6 T=15cm, h=4cm, v=0.3m/s, f=0.4Hz, Fn=0.167, $\omega=2.513$ rad/sec



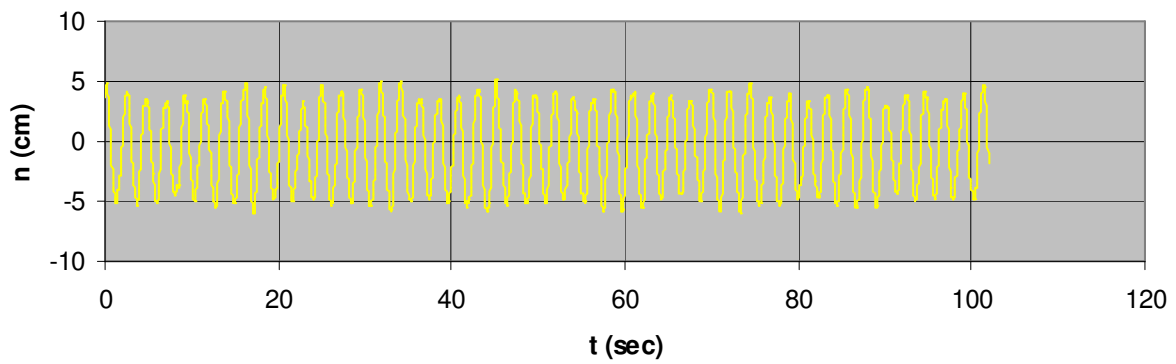
T=15 cm, H=4cm, f=0.4Hz, v=0.3m/sec

FR 90 degrees



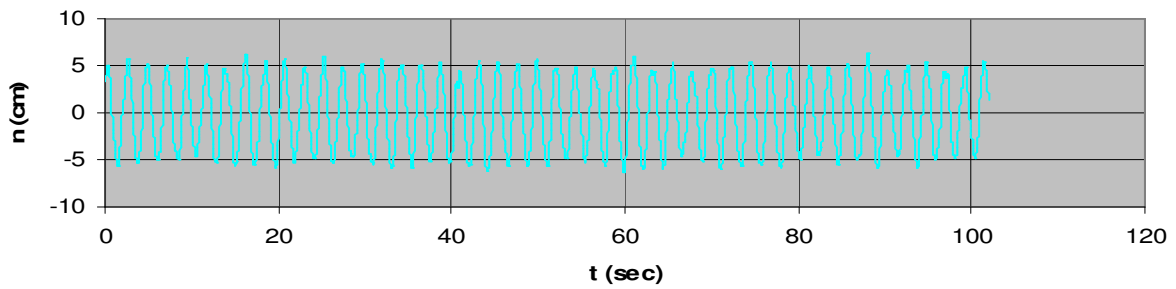
T=15 cm, H=4cm, f=0.4Hz, v=0.3m/sec

FR 180 degrees



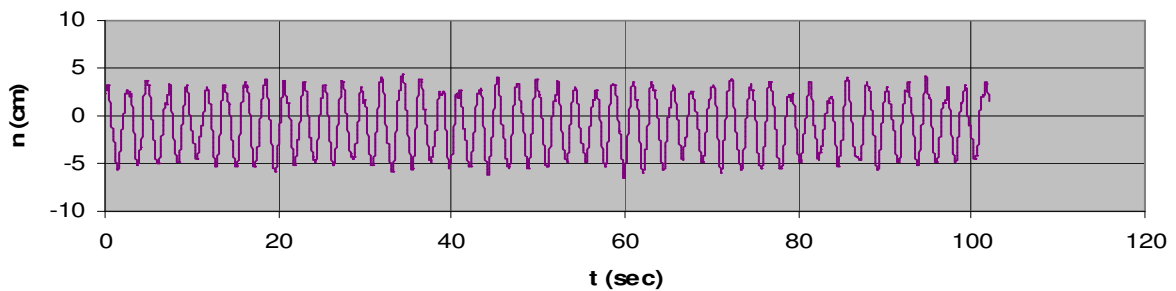
T=15 cm, H=4cm, f=0.4Hz, v=0.3m/sec

RR 0 degrees

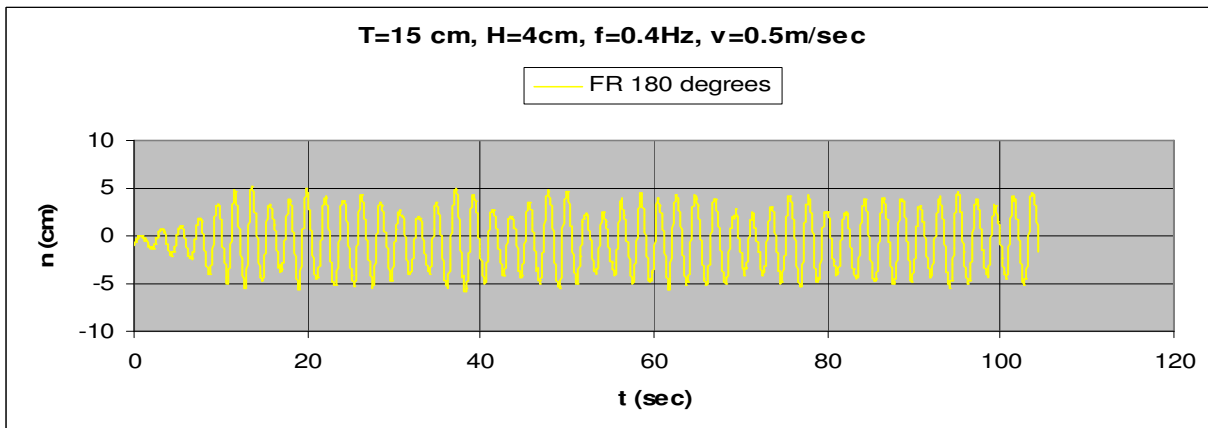
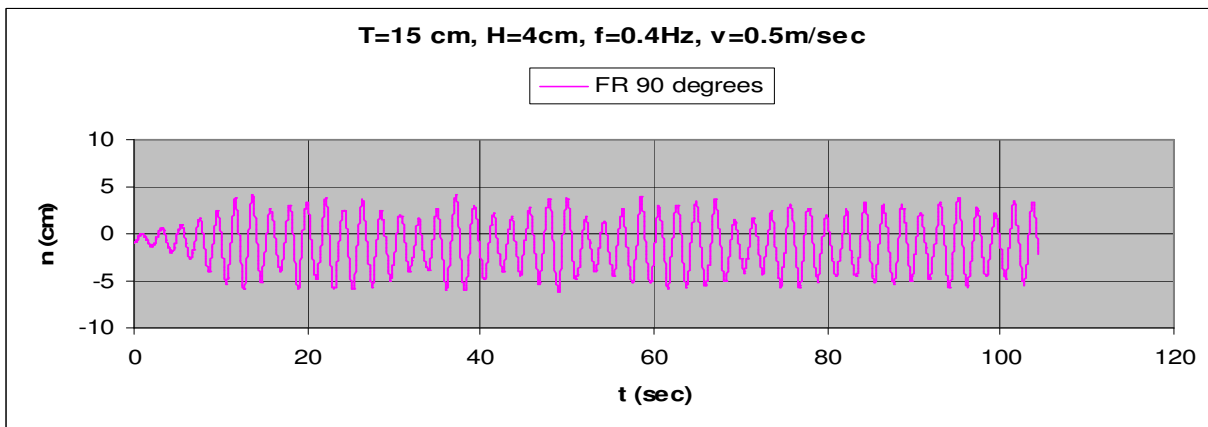
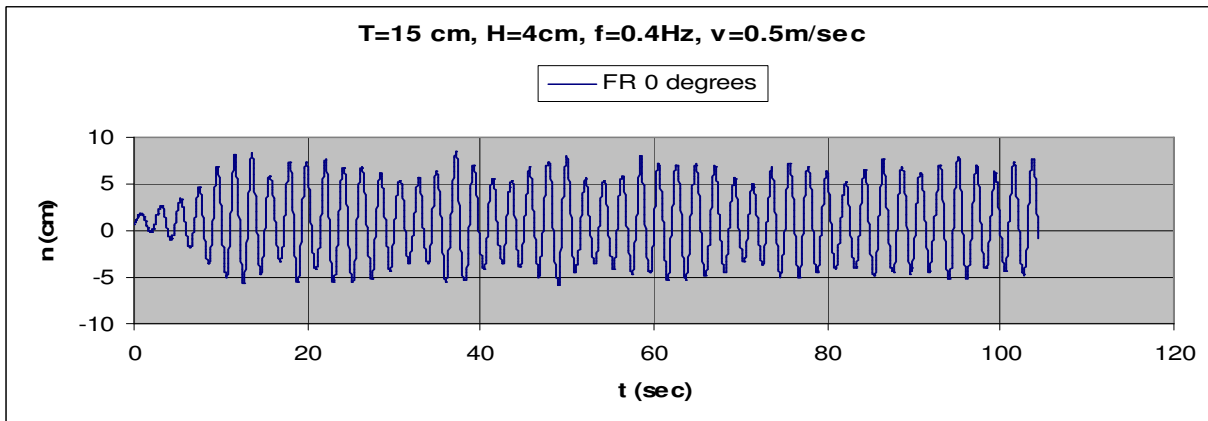
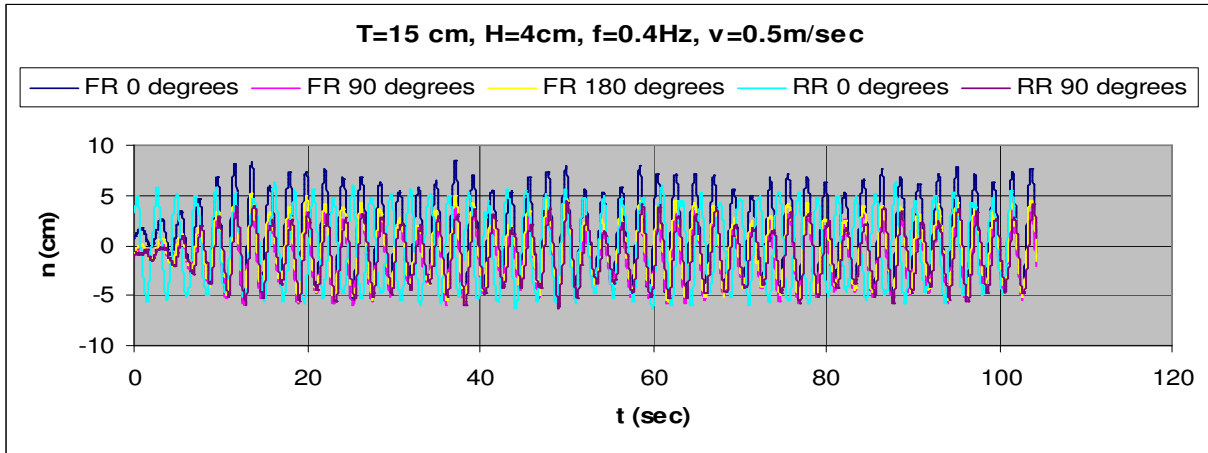


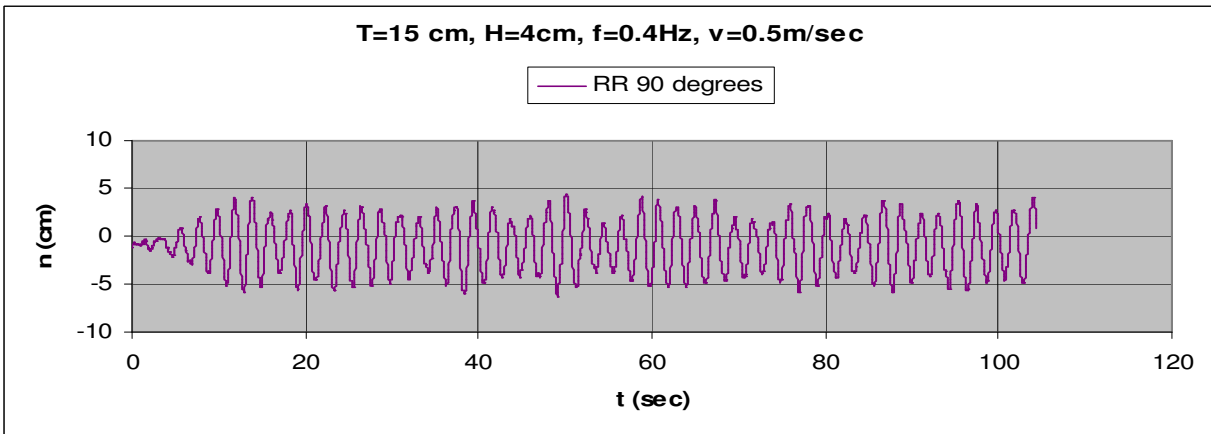
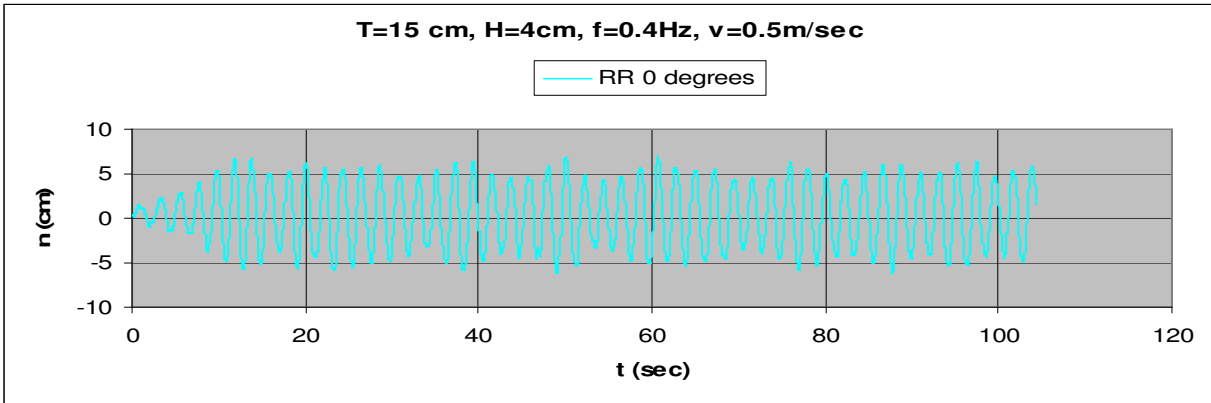
T=15 cm, H=4cm, f=0.4Hz, v=0.3m/sec

RR 90 degrees

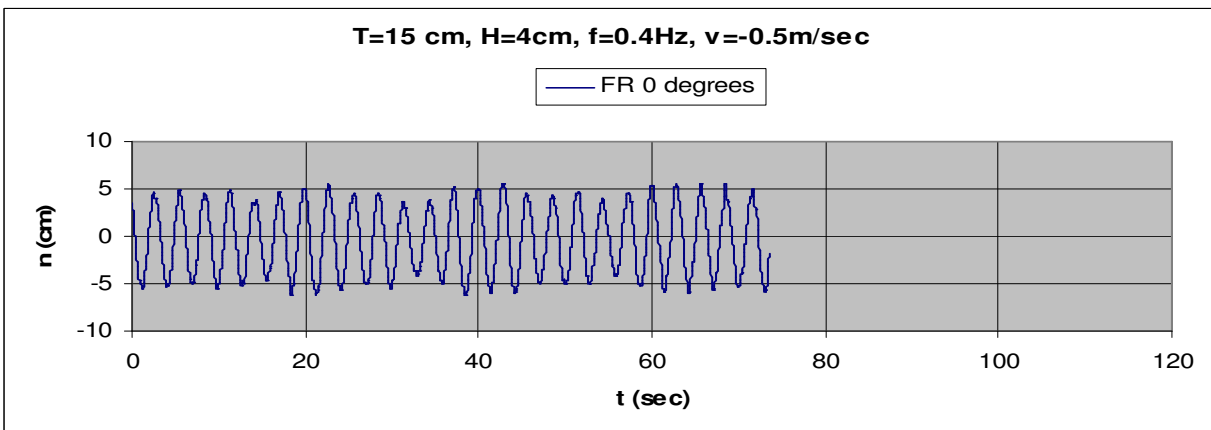
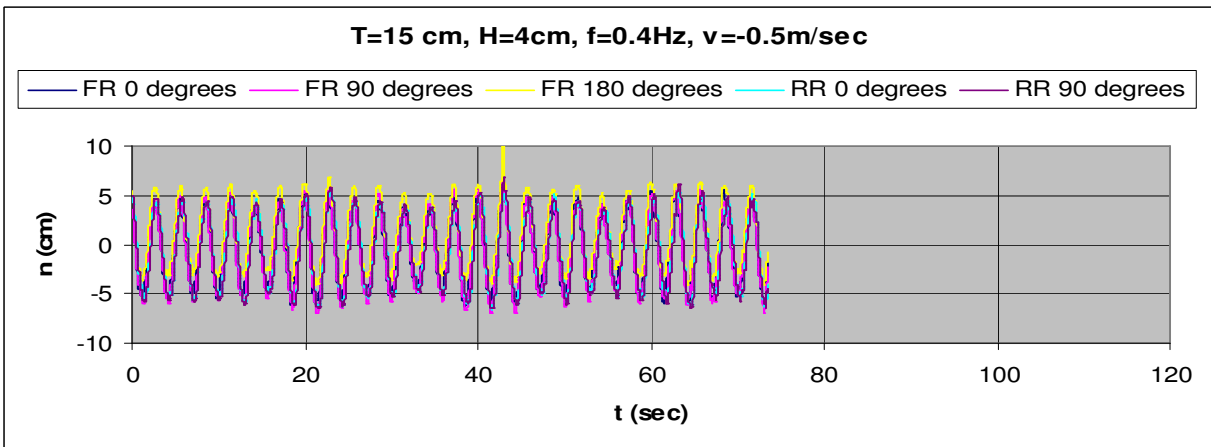


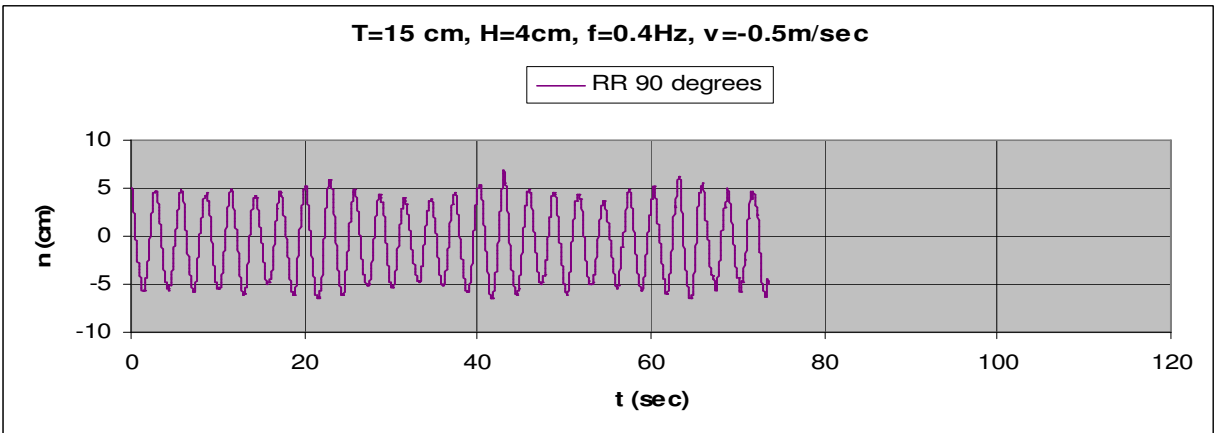
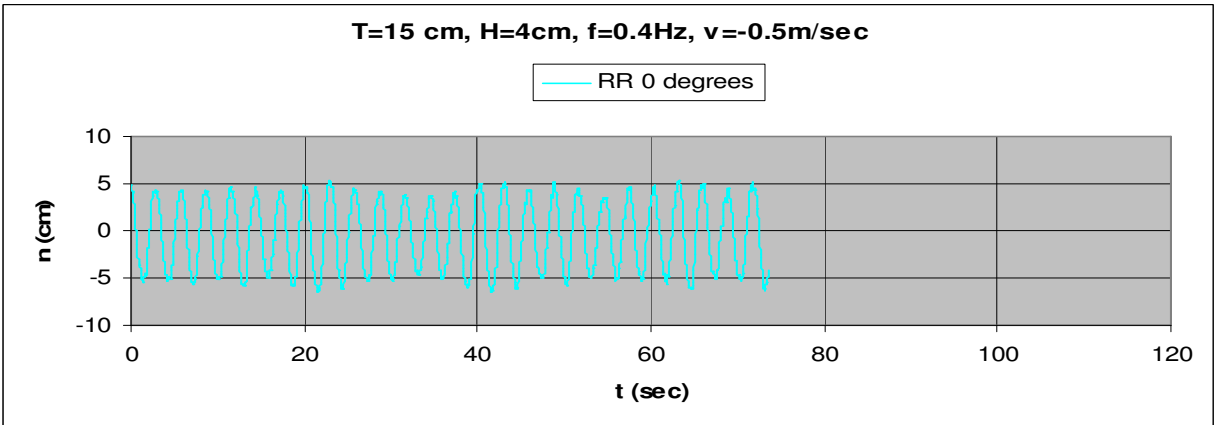
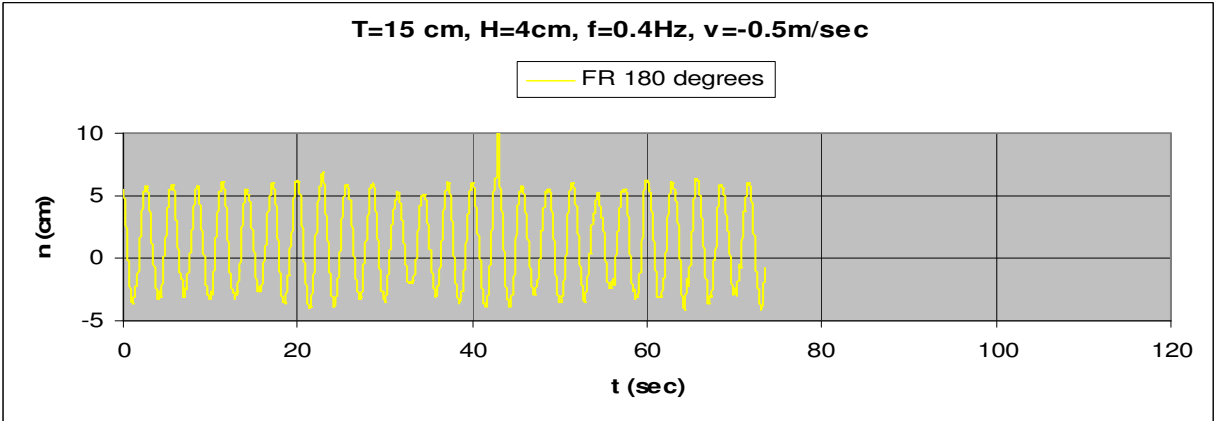
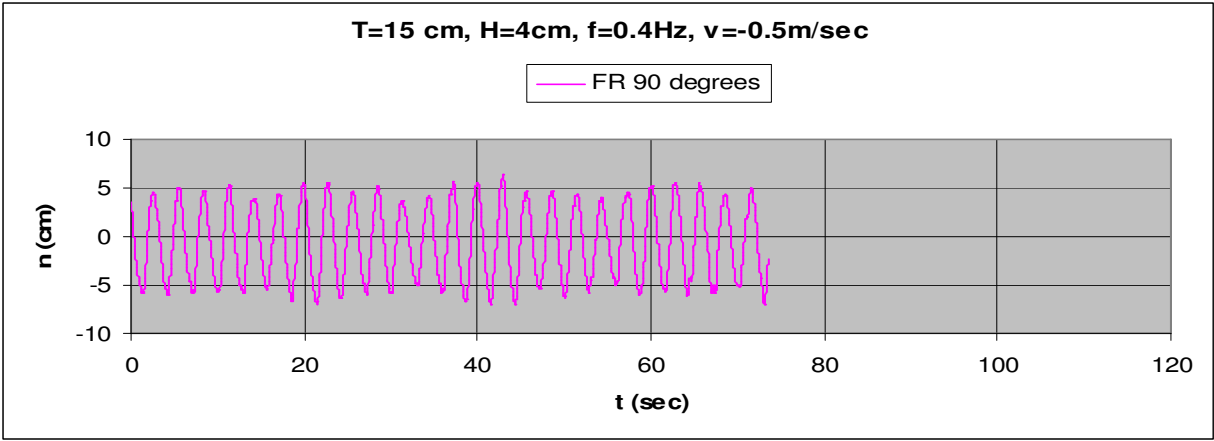
3.1.2.7 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0.5\text{m/s}$, $f=0.4\text{Hz}$, $F_n=0.278$, $\omega=2.513\text{rad/sec}$



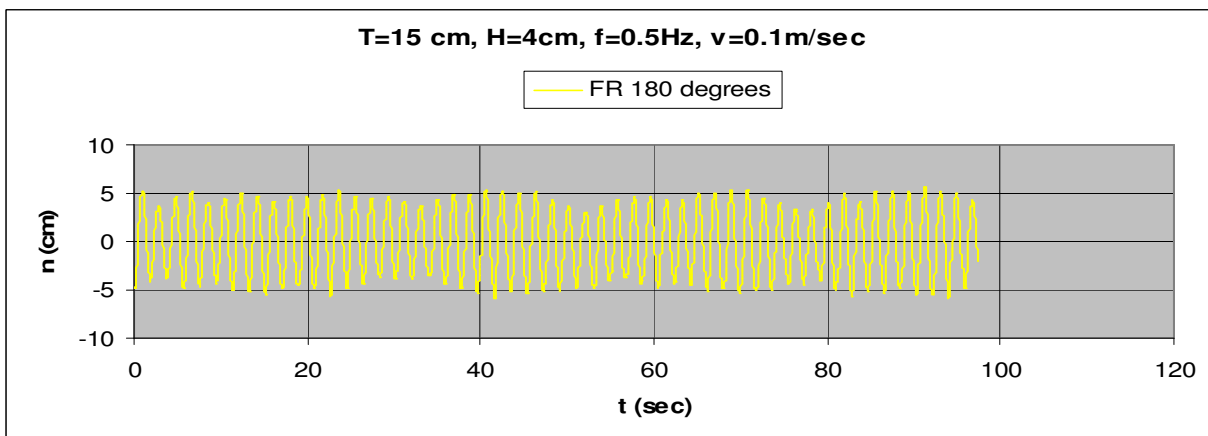
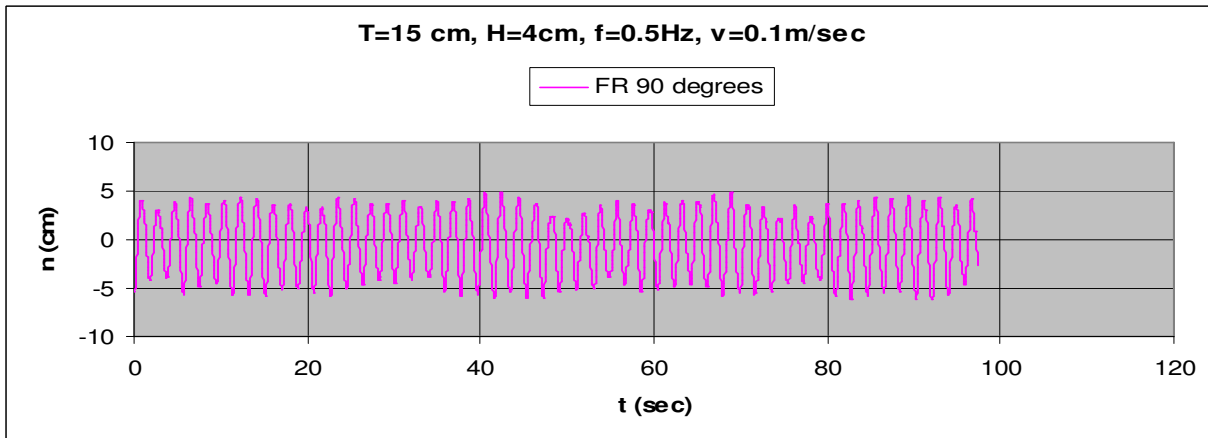
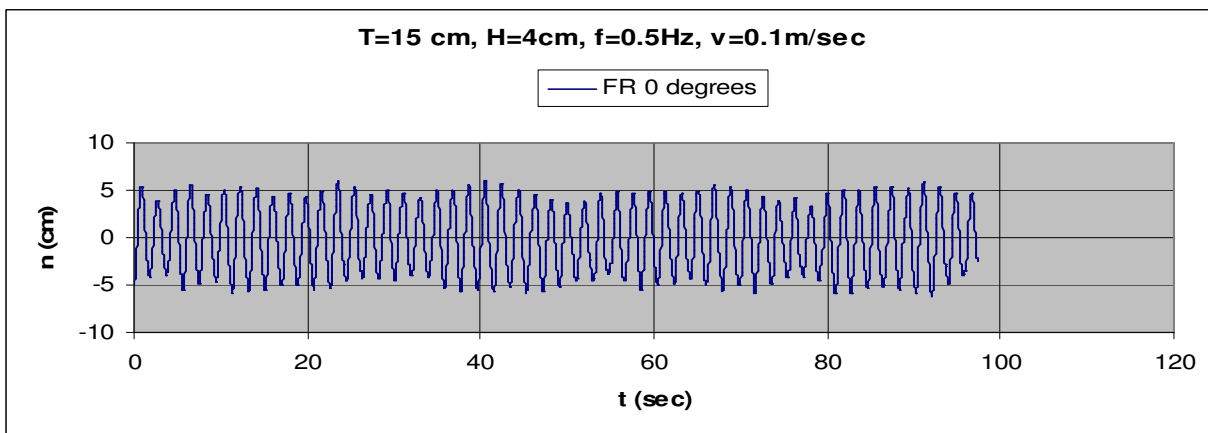
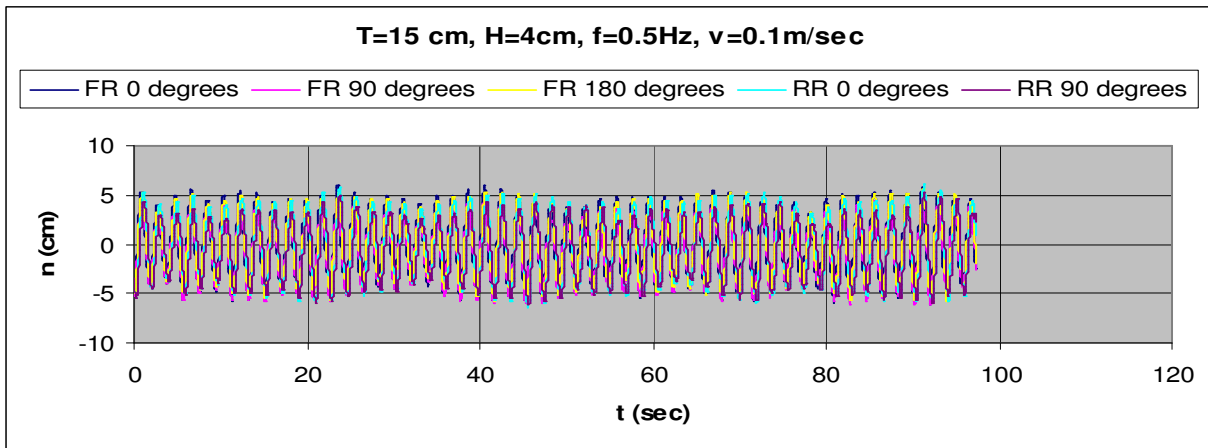


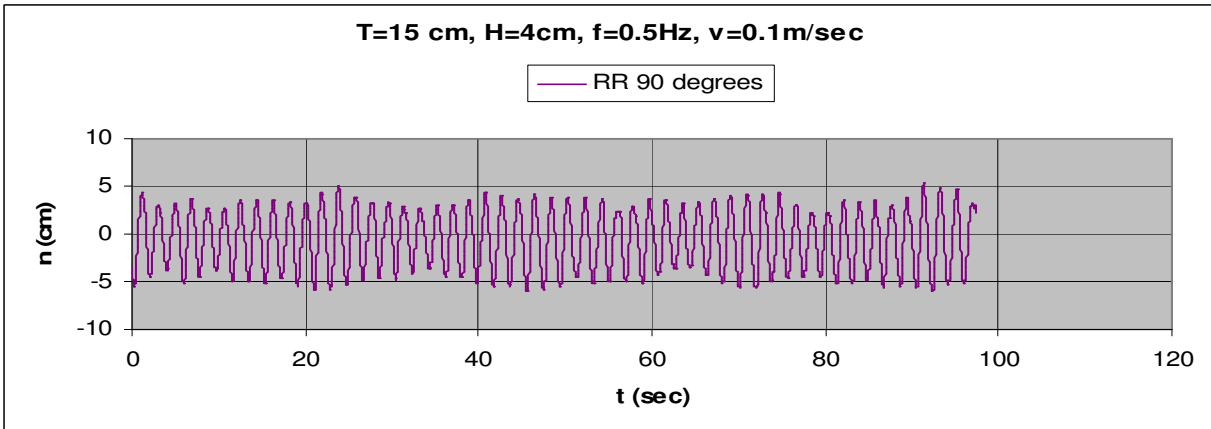
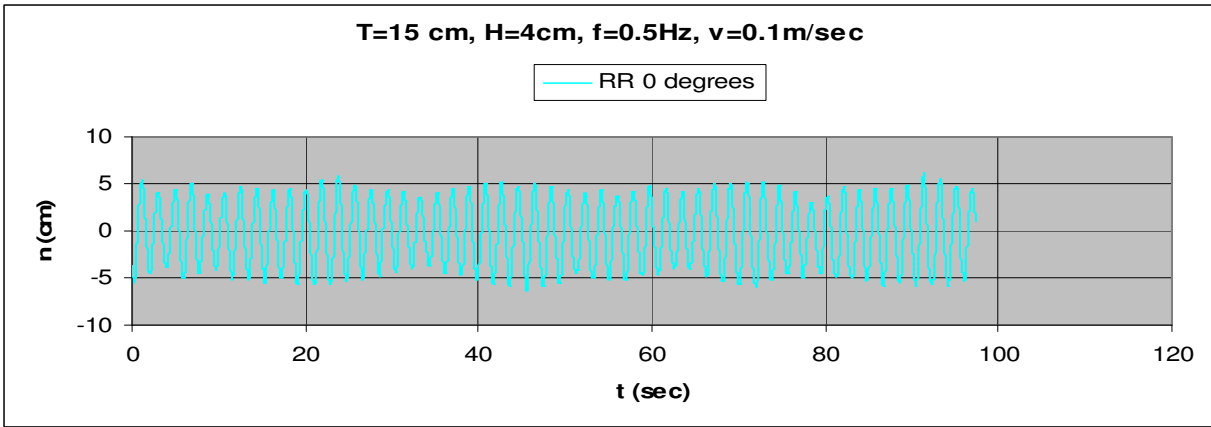
3.1.2.8 T=15cm, h=4cm, v=-0.5m/s, f=0.4Hz, Fn=0.278, $\omega=2.513$ rad/sec



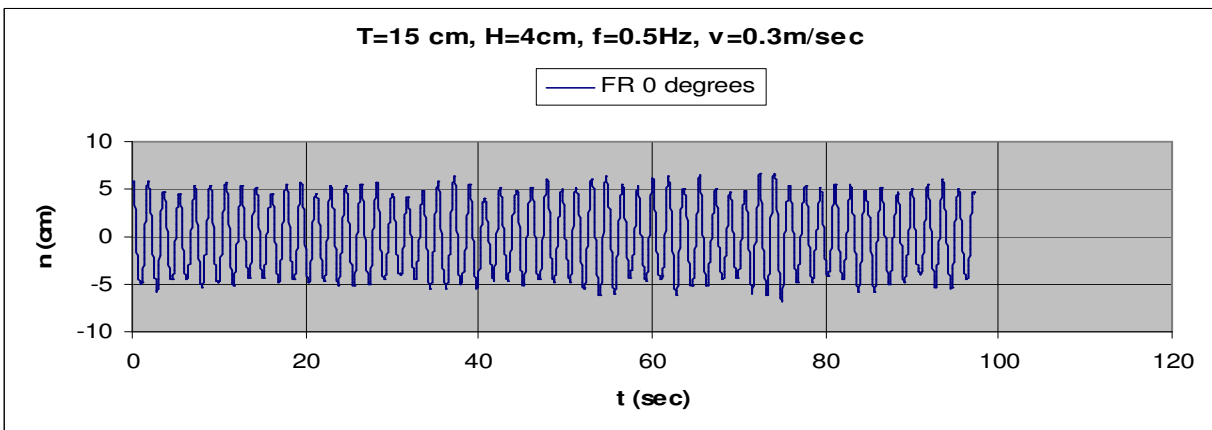
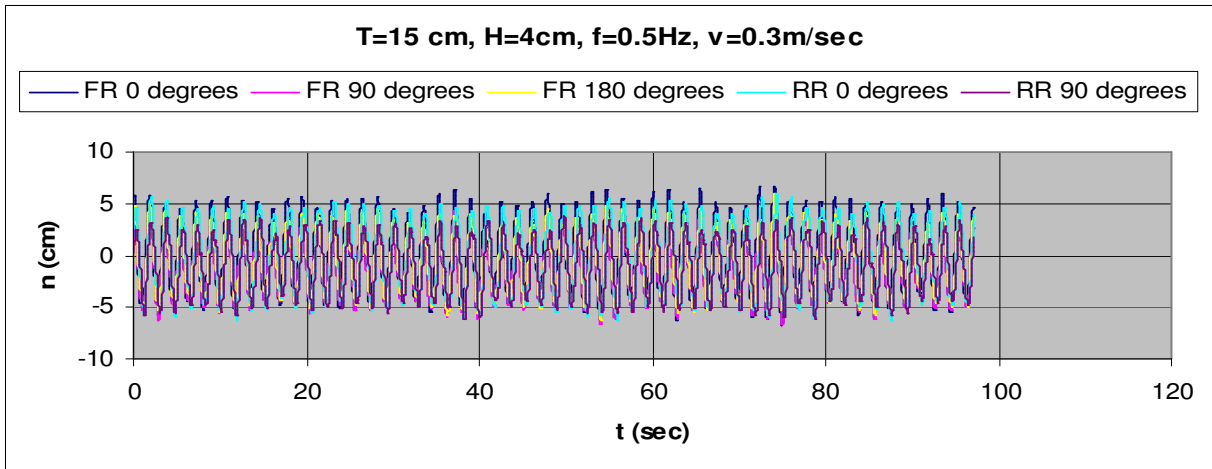


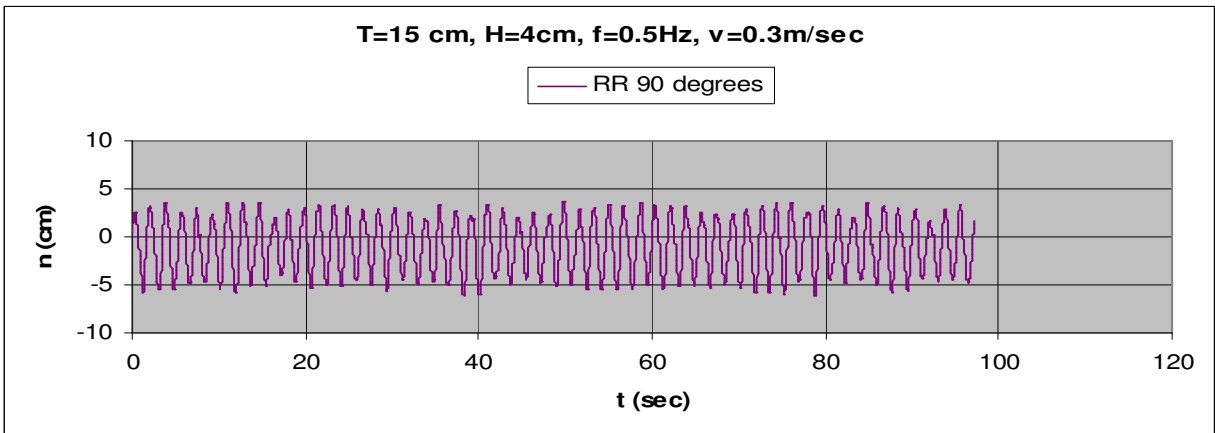
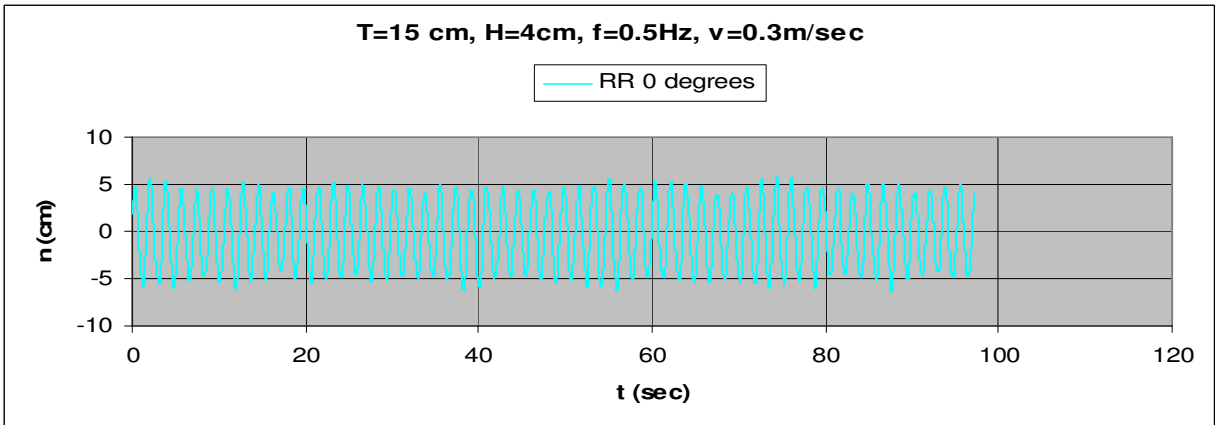
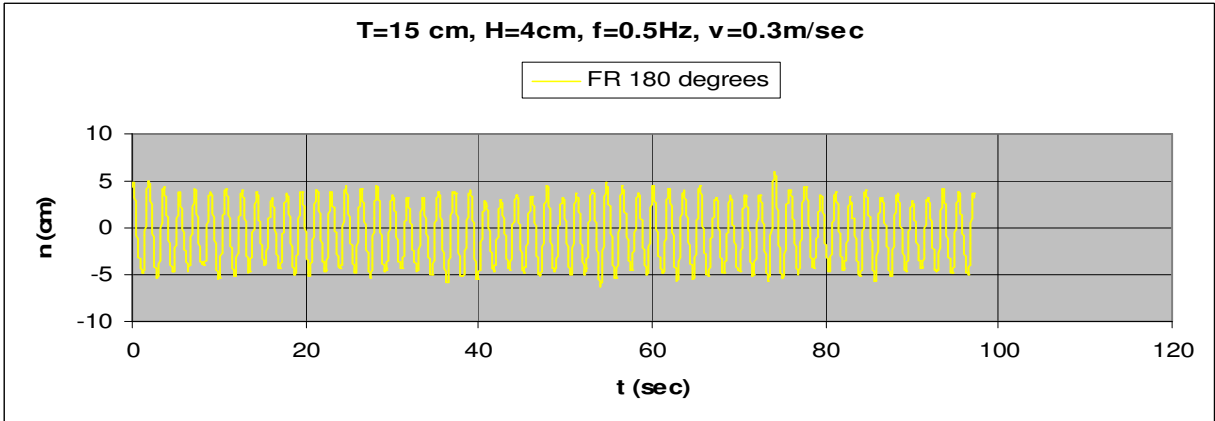
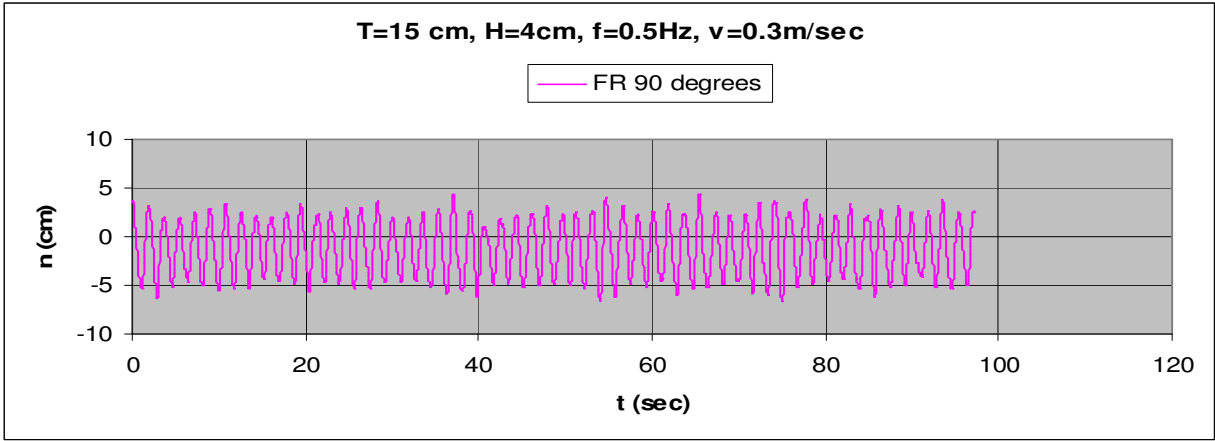
3.1.2.9 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.5\text{Hz}$, $F_n=0.056$, $\omega=3.142\text{rad/sec}$



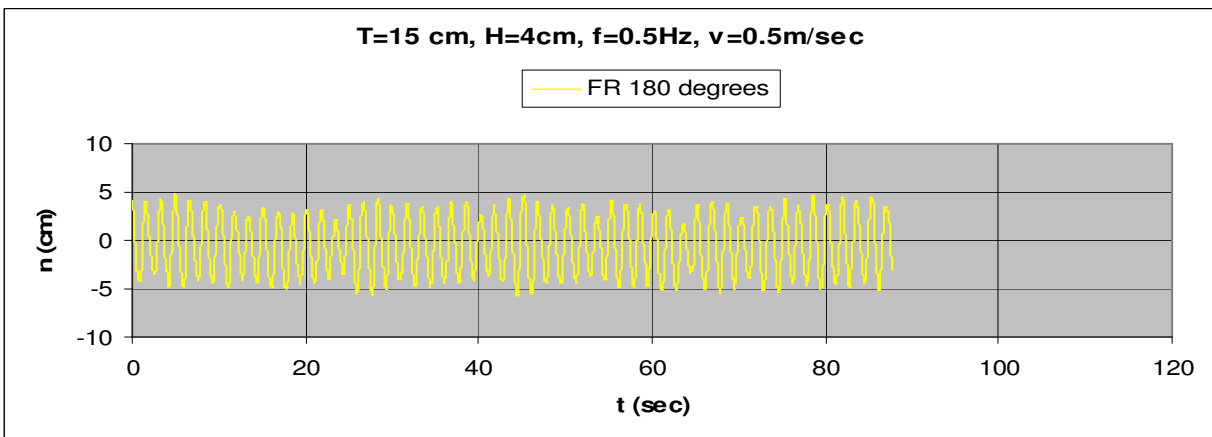
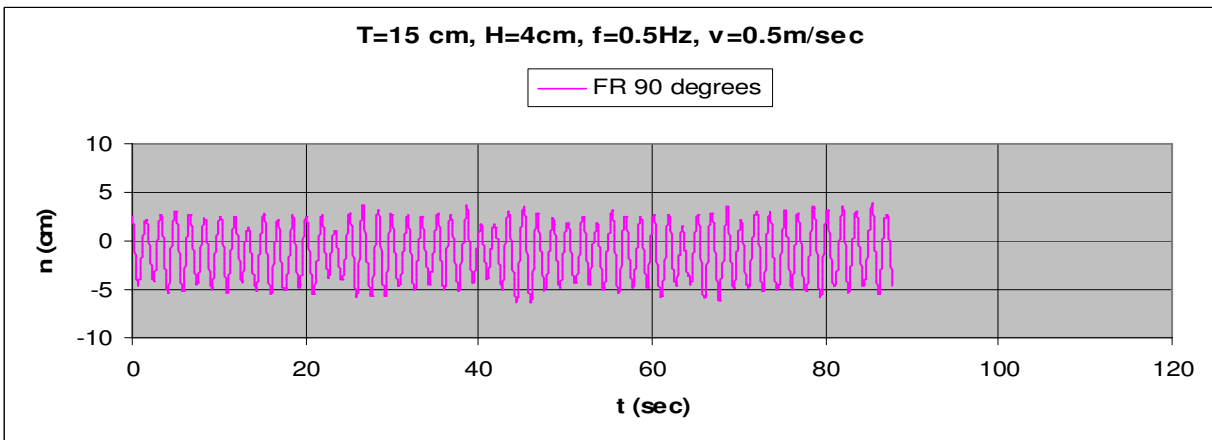
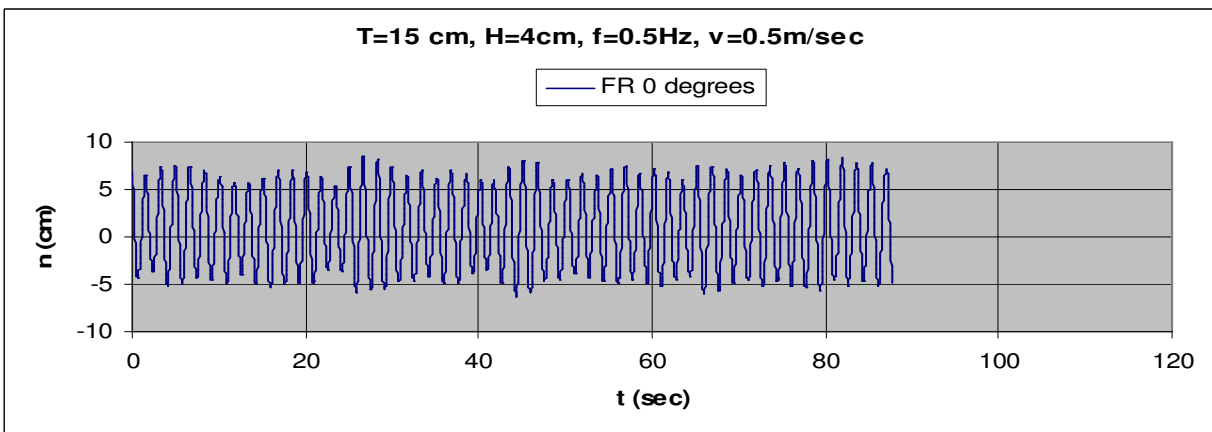
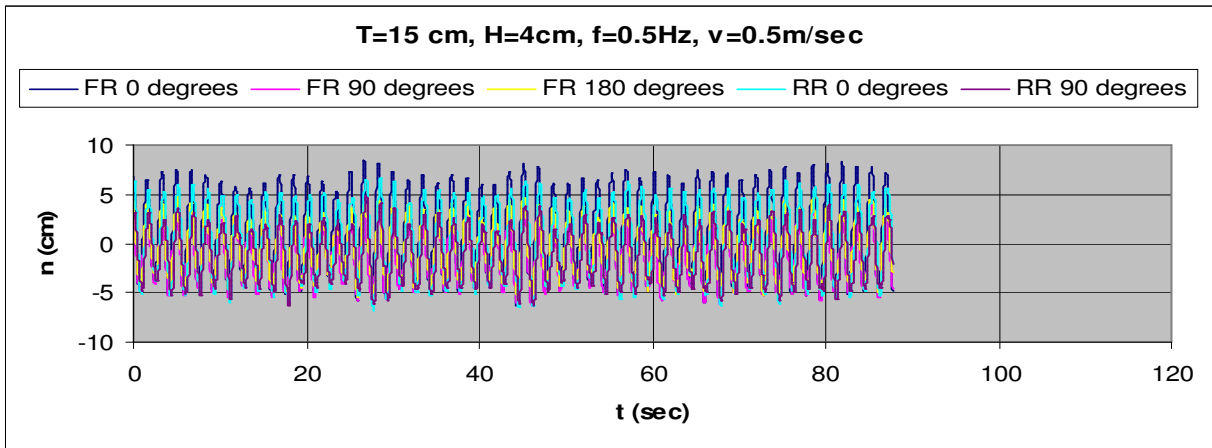


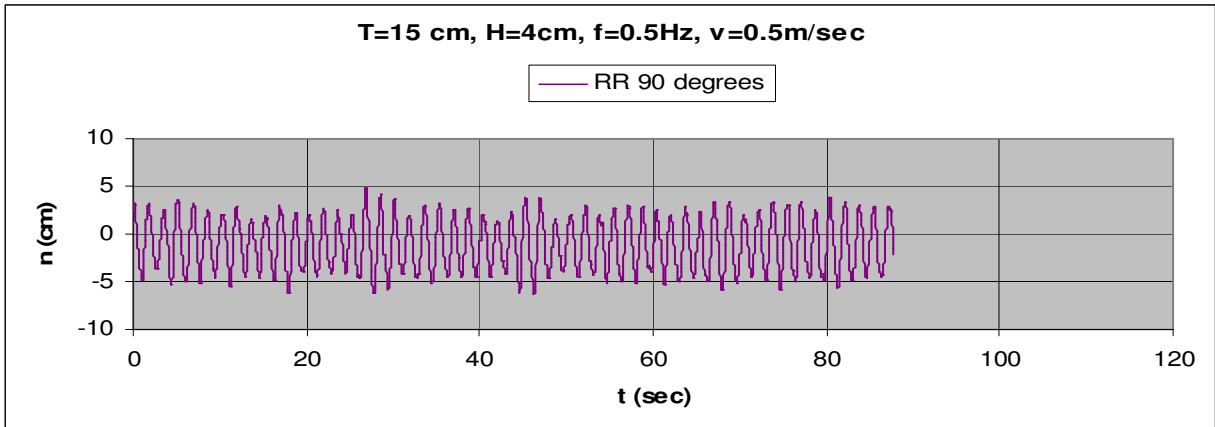
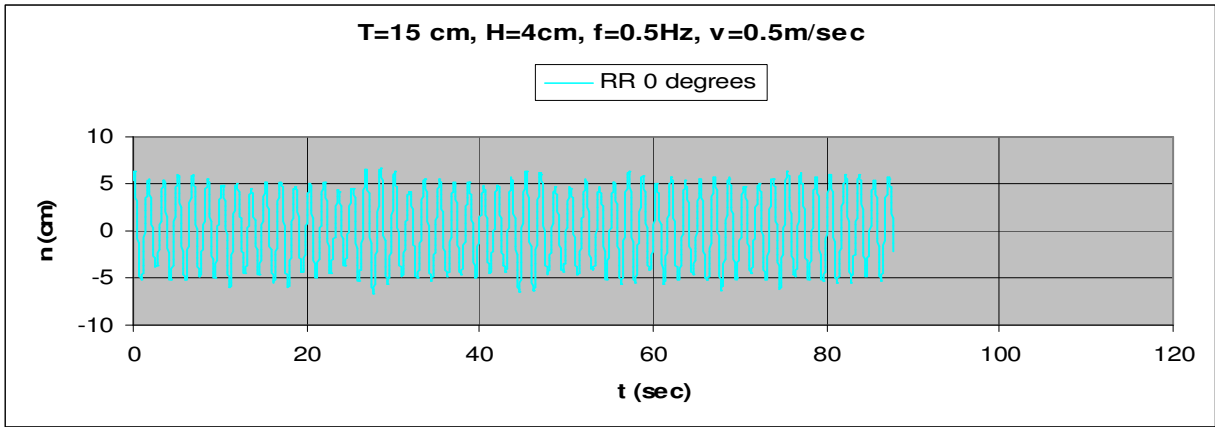
3.1.2.10 T=15cm, h=4cm, v=0.3m/s, f=0.5Hz, Fn=0.167, $\omega=3.142$ rad/sec



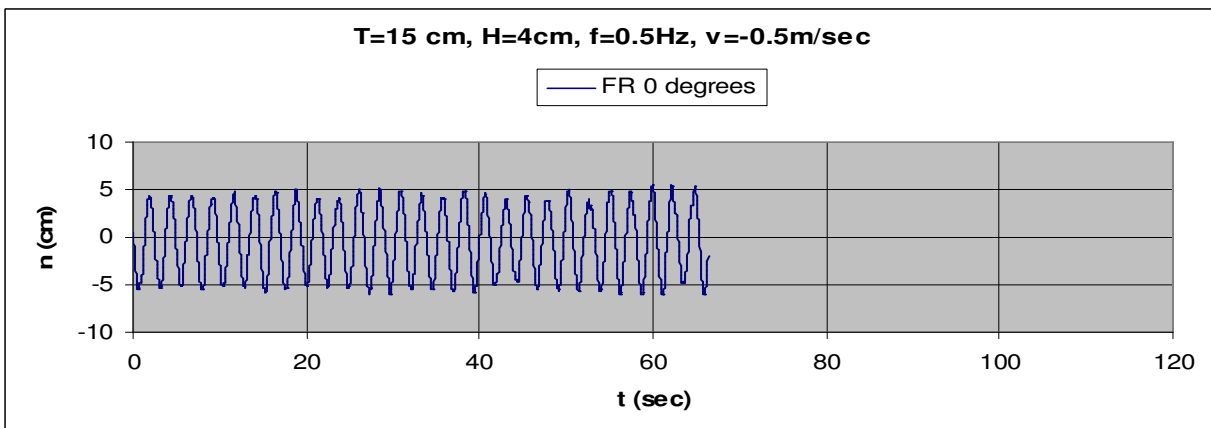
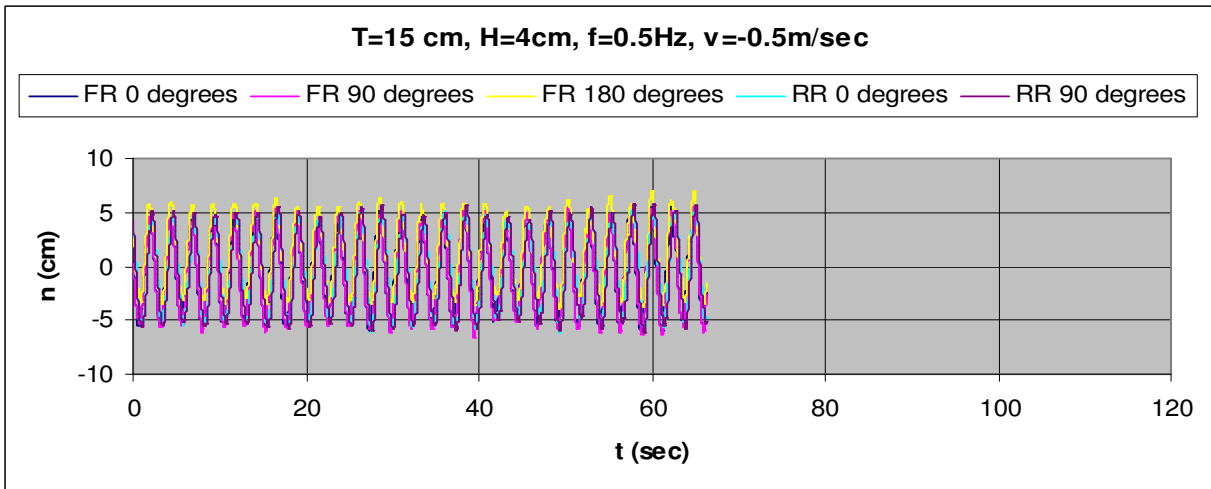


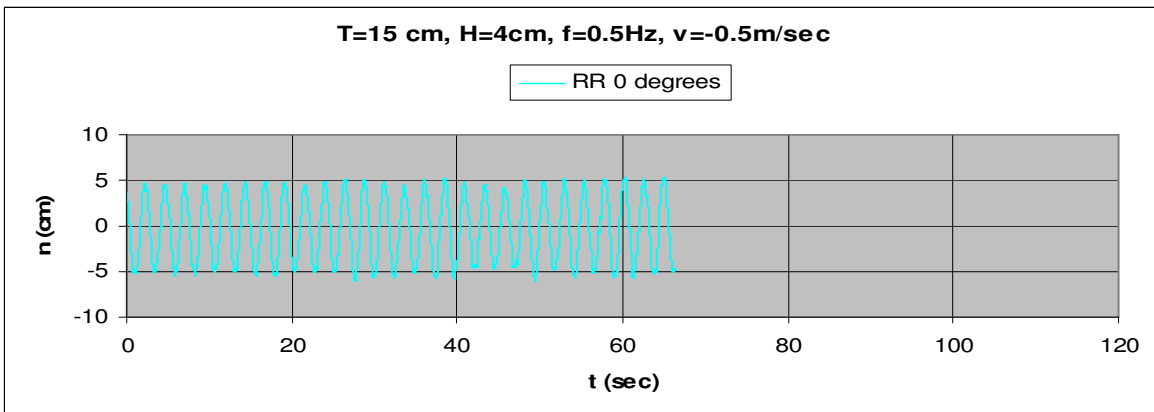
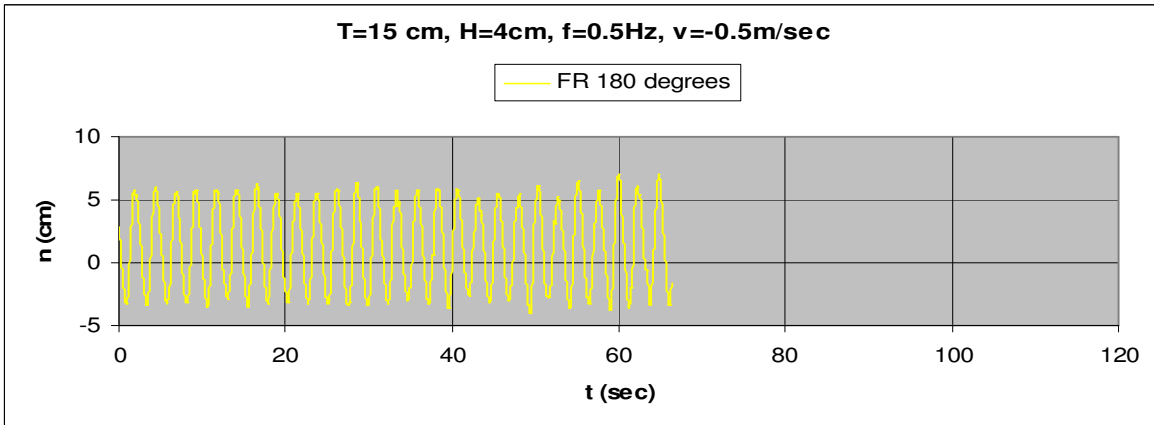
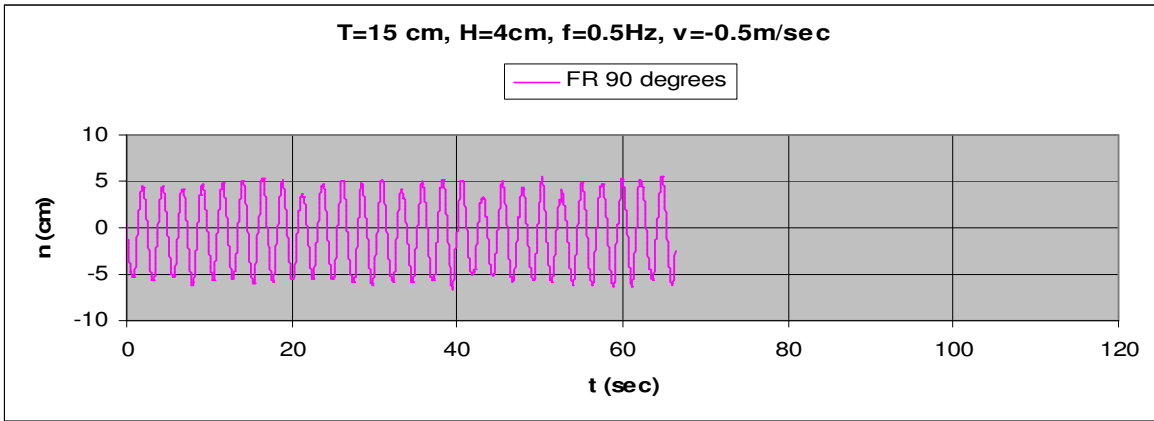
3.1.2.11 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0.5\text{m/s}$, $f=0.5\text{Hz}$, $F_n=0.278$, $\omega=3.142\text{rad/sec}$



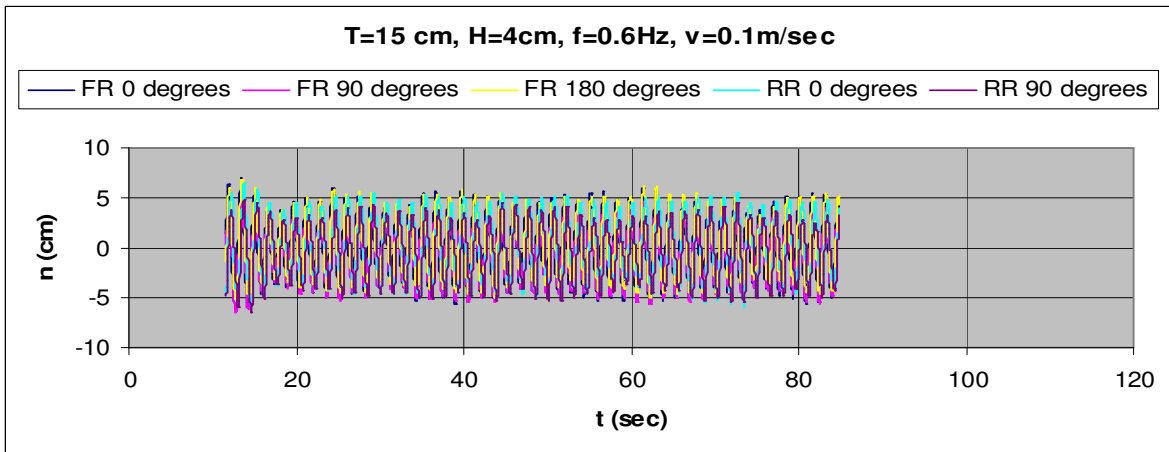


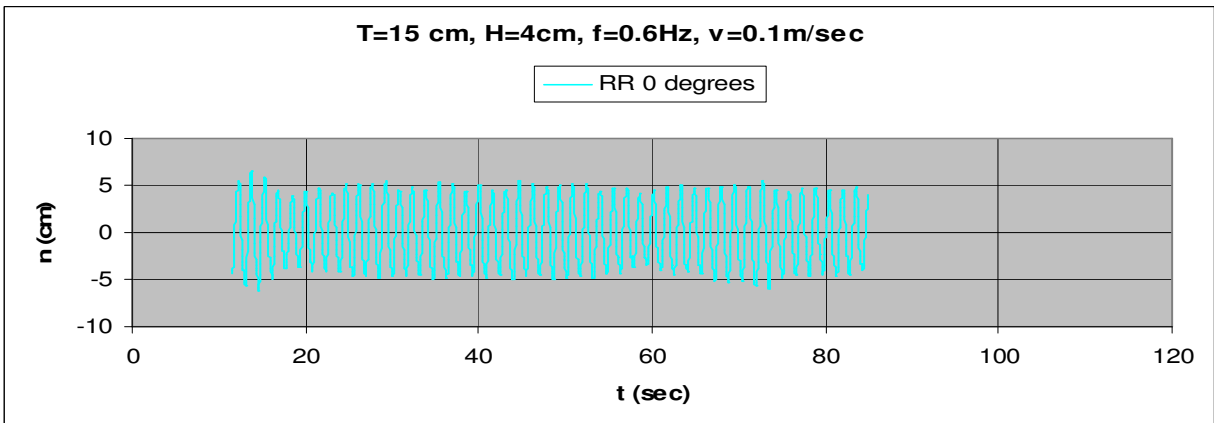
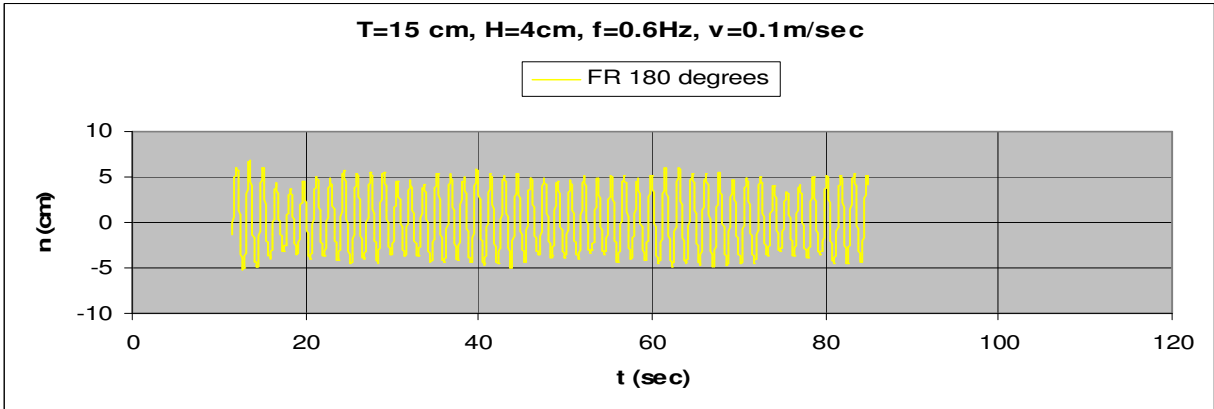
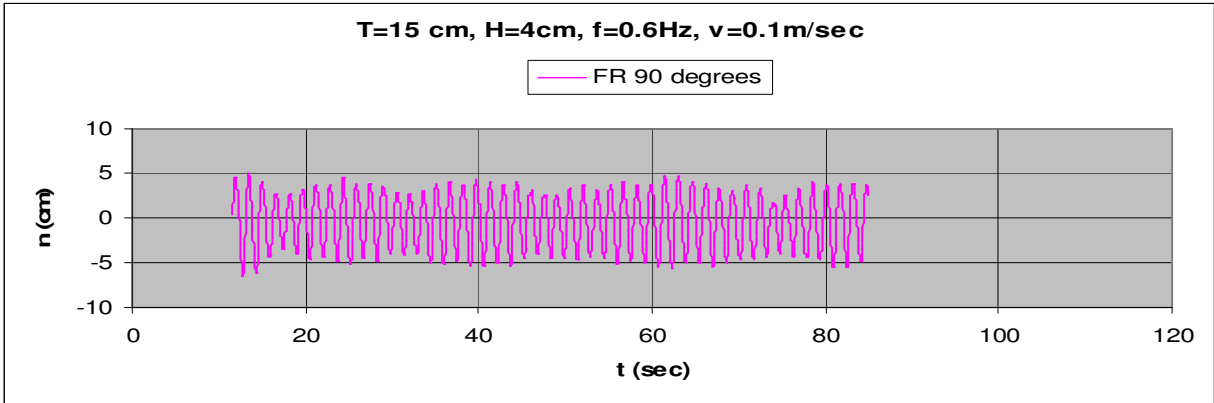
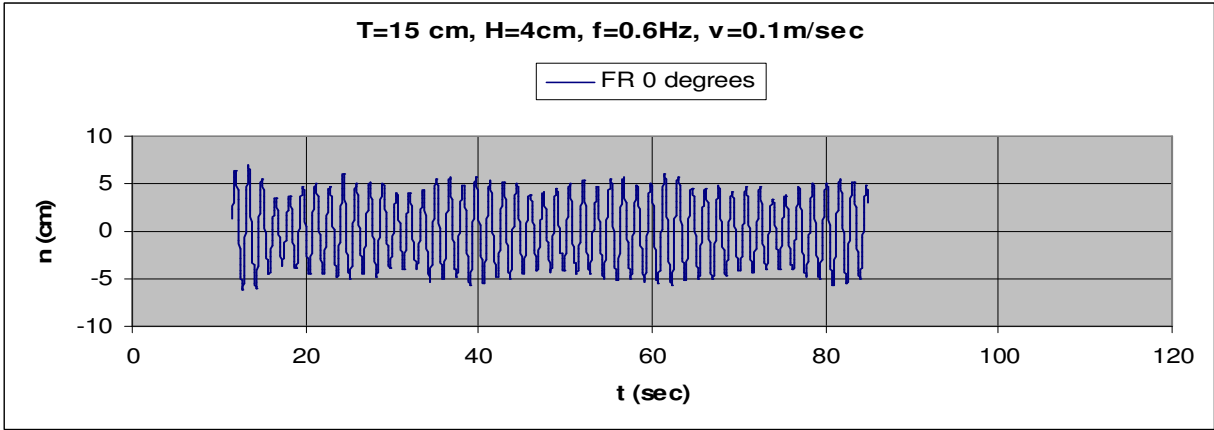
3.1.2.12 T=15cm, h=4cm, v=-0.5m/s, f=0.5Hz, Fn=0.278, $\omega=3.142\text{rad/sec}$

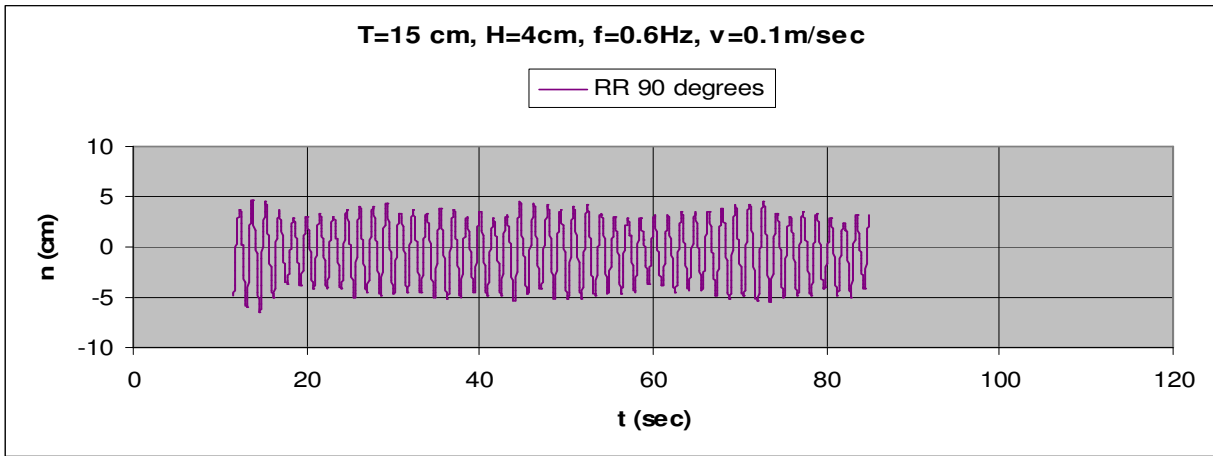




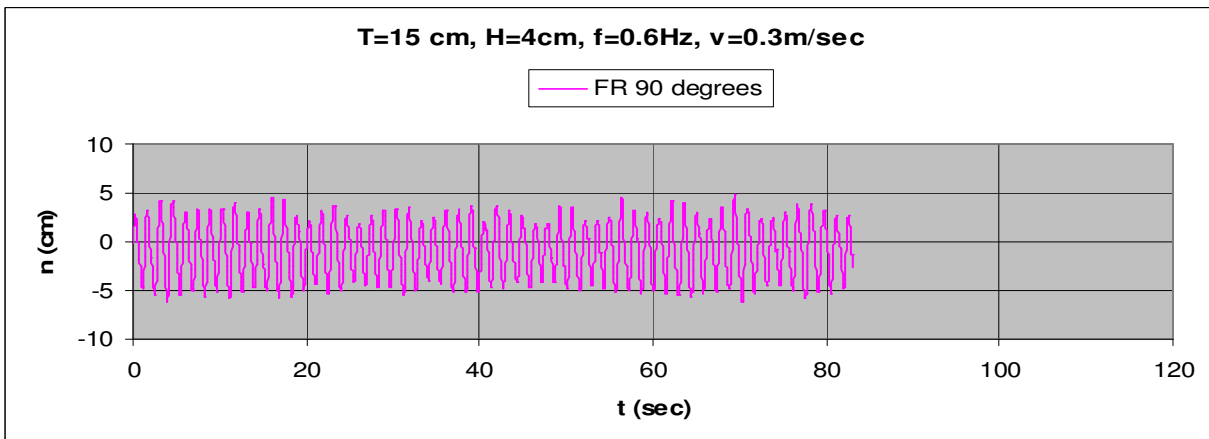
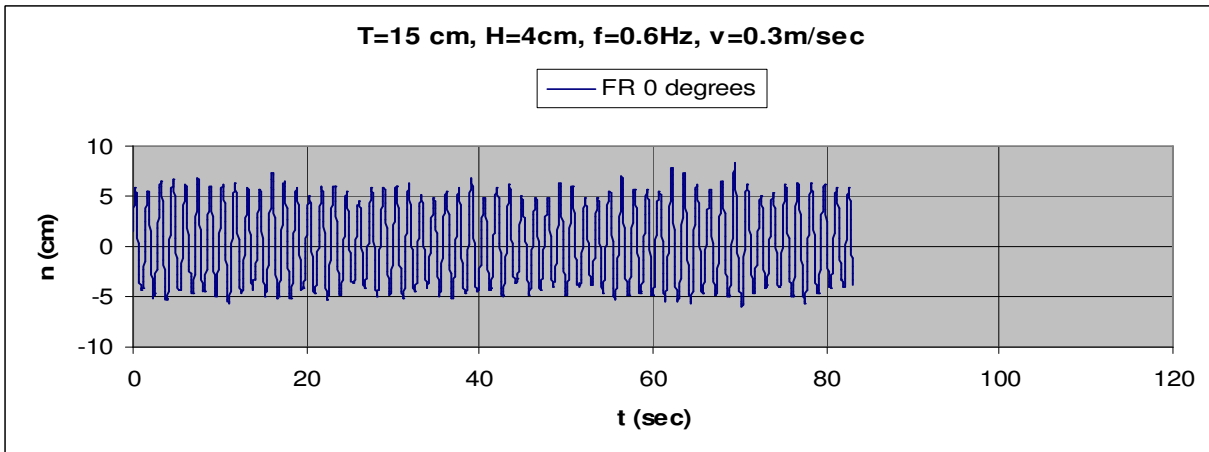
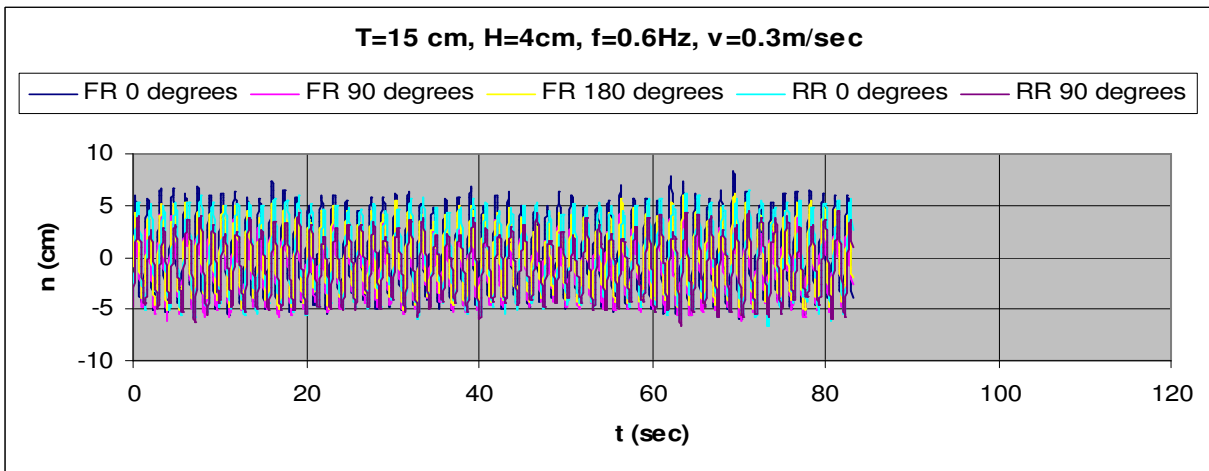
3.1.2.13 T=15cm, h=4cm, v=0.1m/s, f=0.6Hz, Fn=0.056, $\omega=3.770$ rad/sec

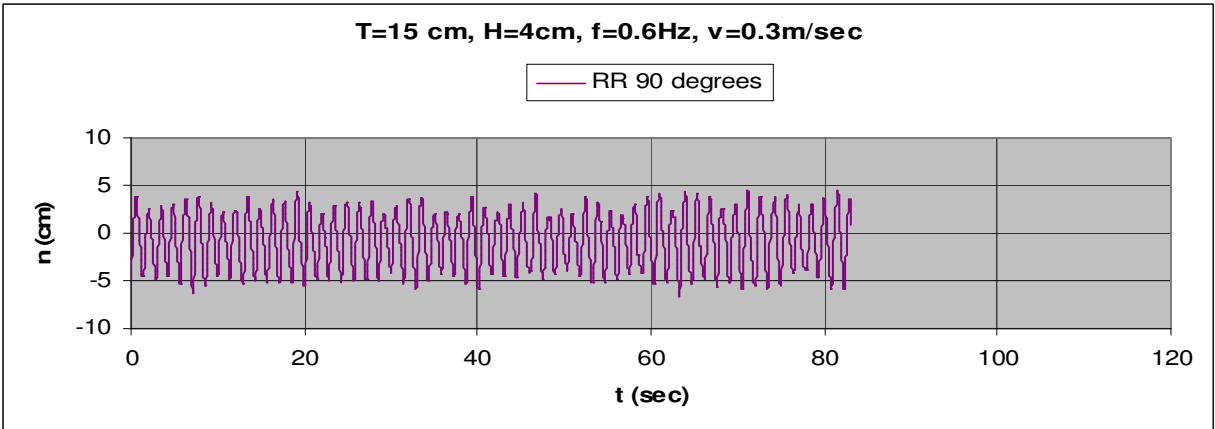
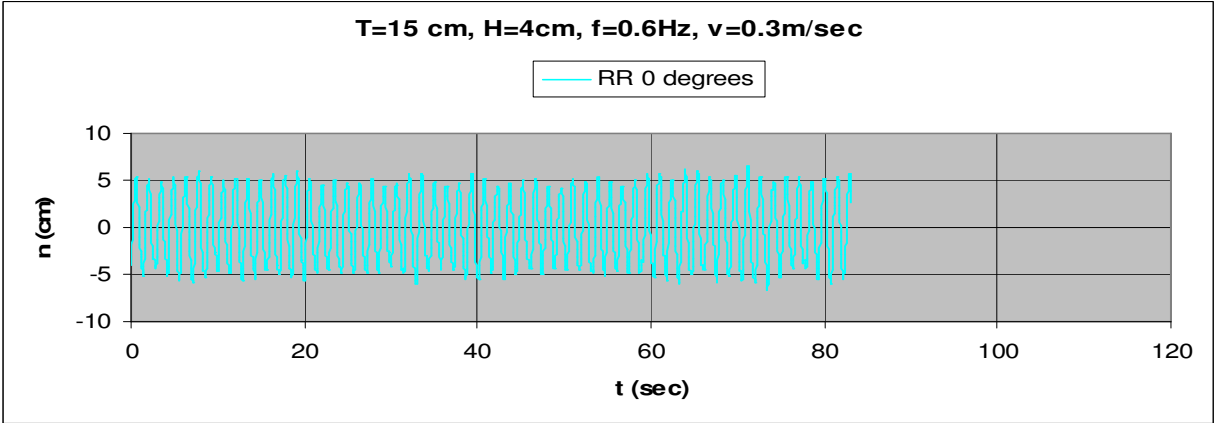
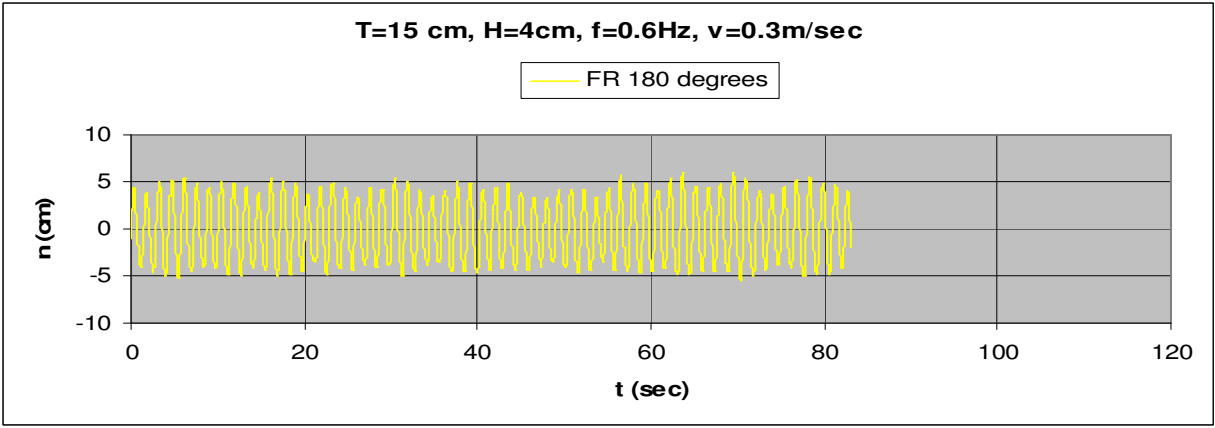




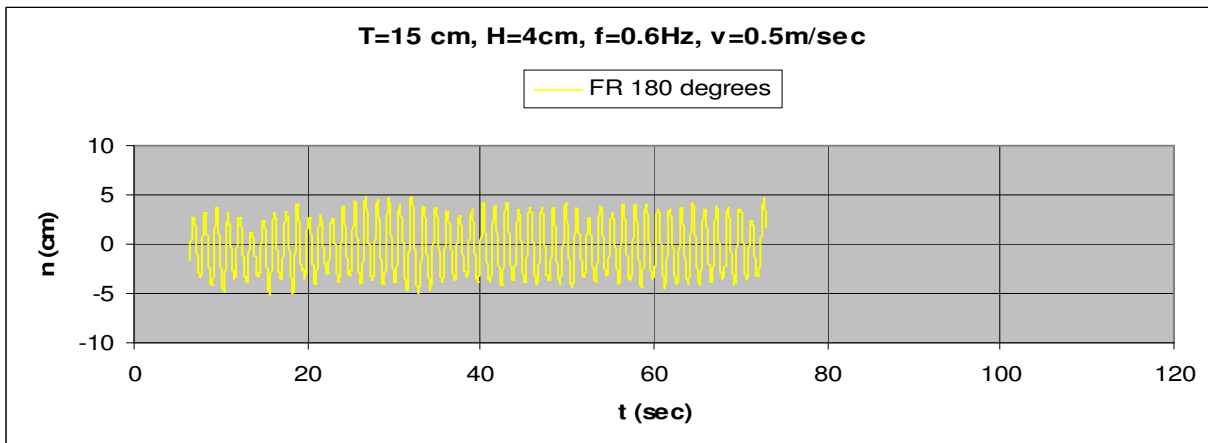
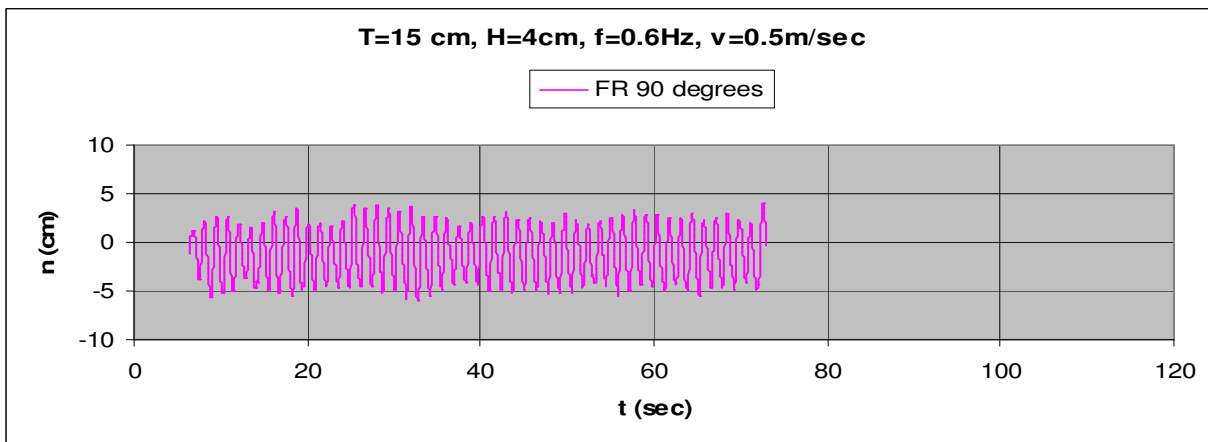
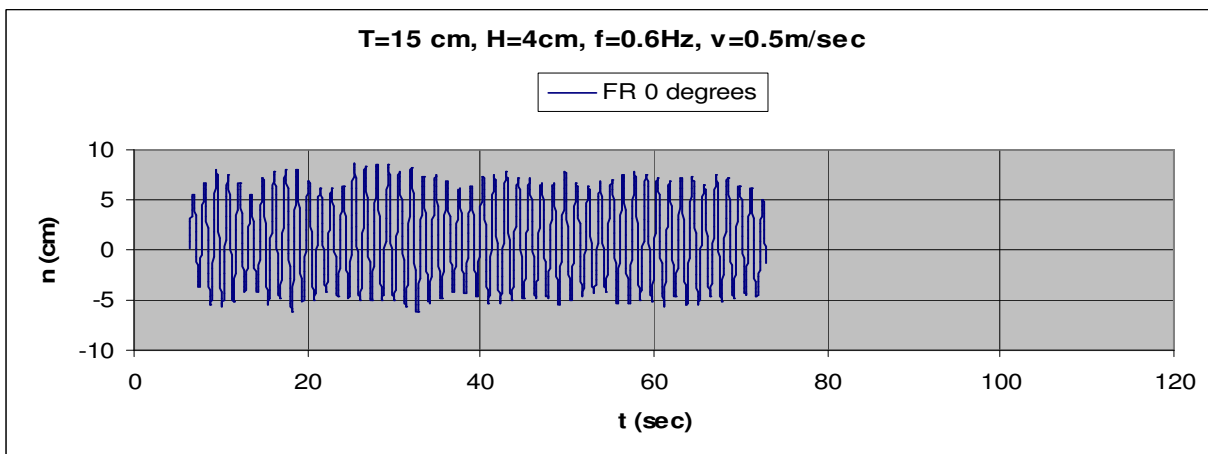
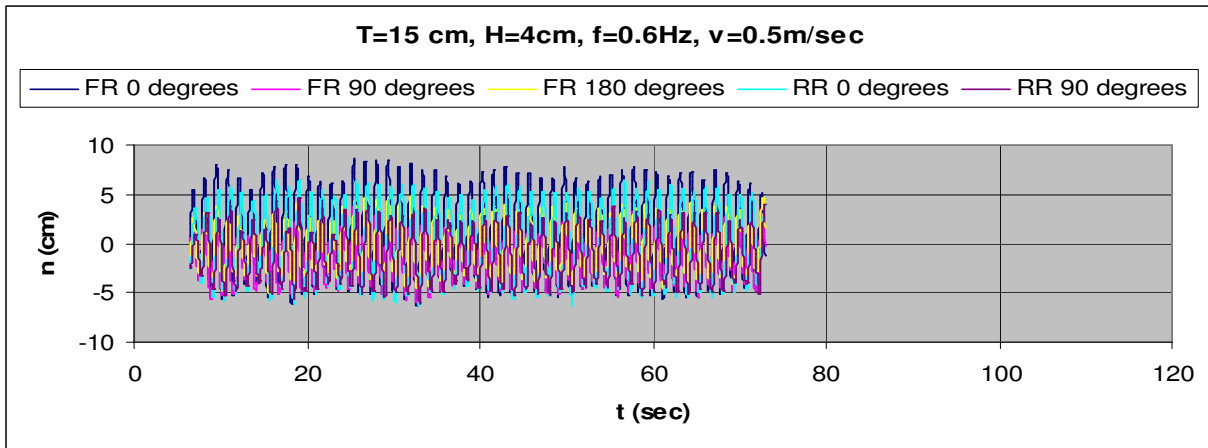


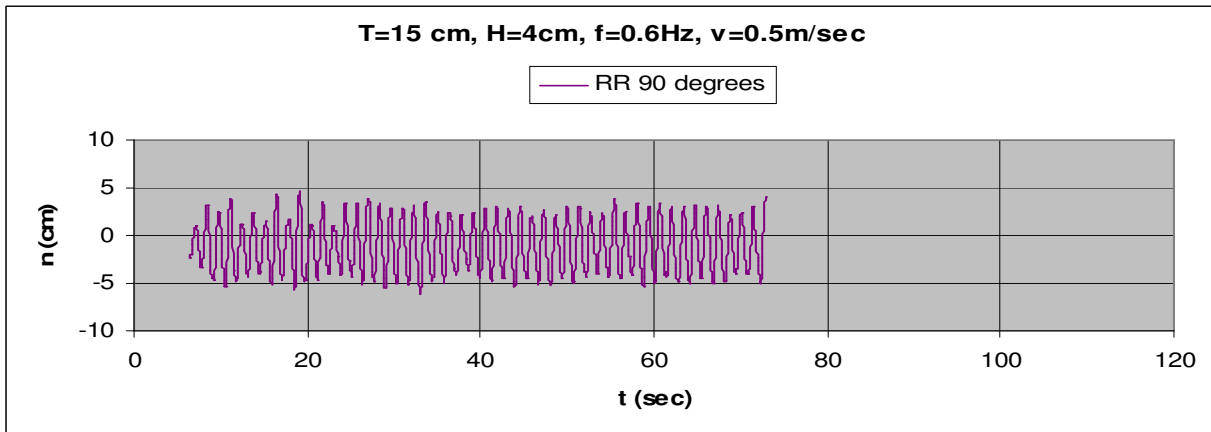
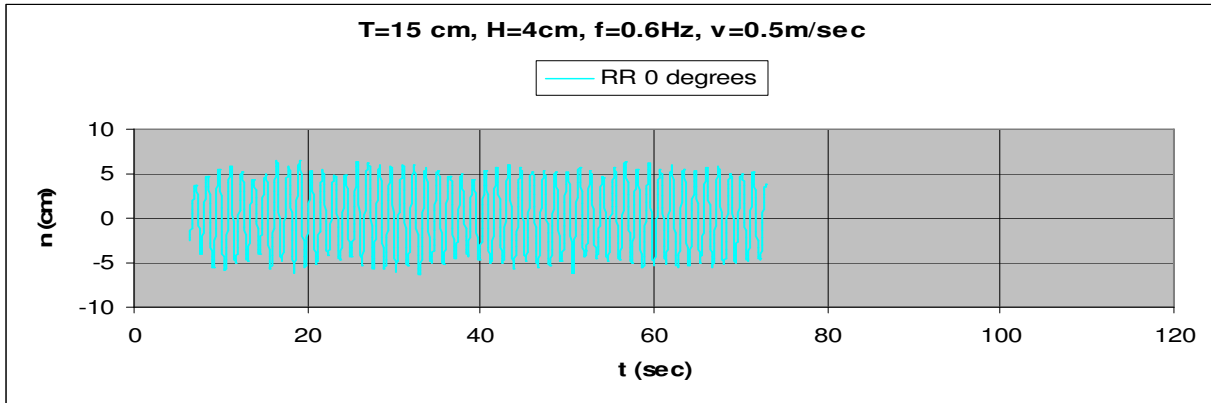
3.1.2.14 T=15cm, h=4cm, v=0.3m/s, f=0.6Hz, Fn=0.167, $\omega=3.770$ rad/sec



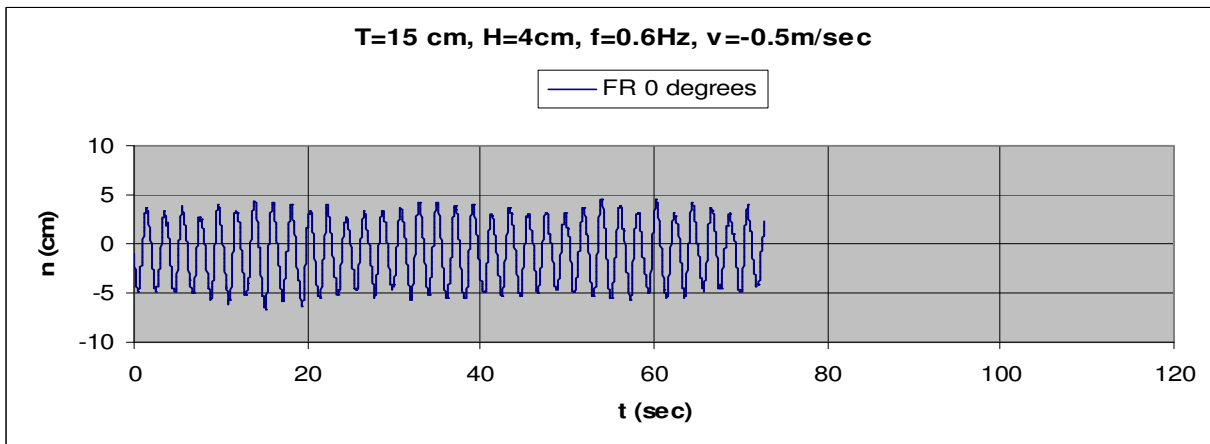
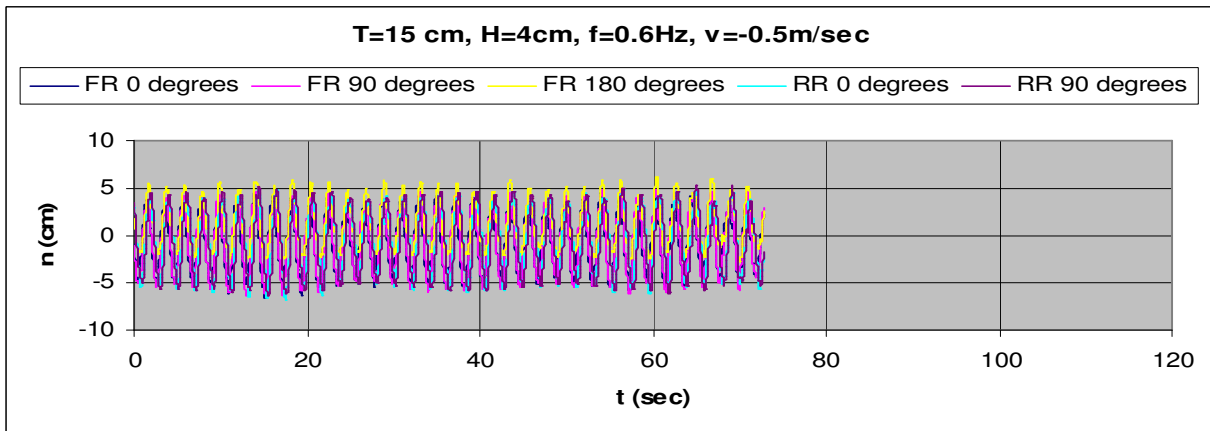


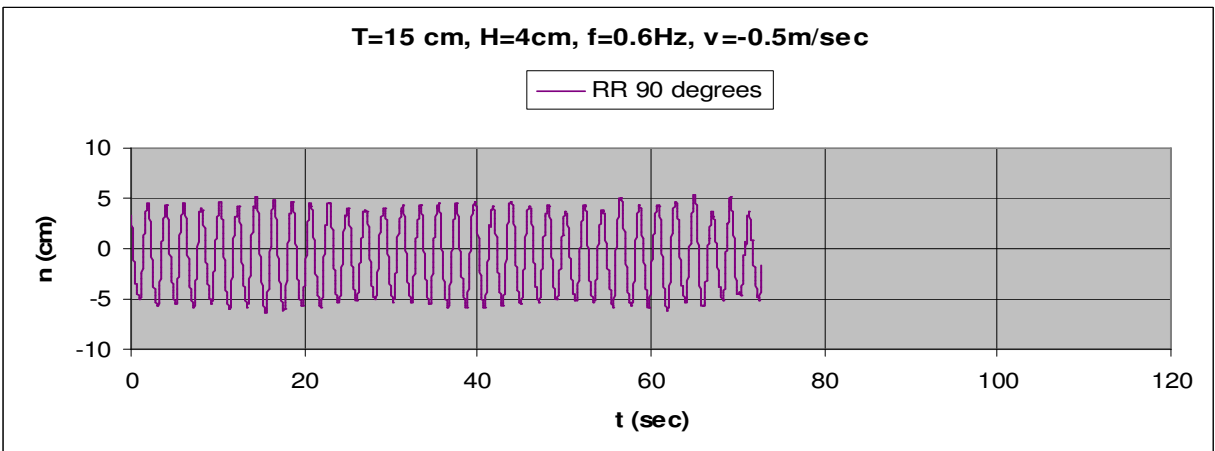
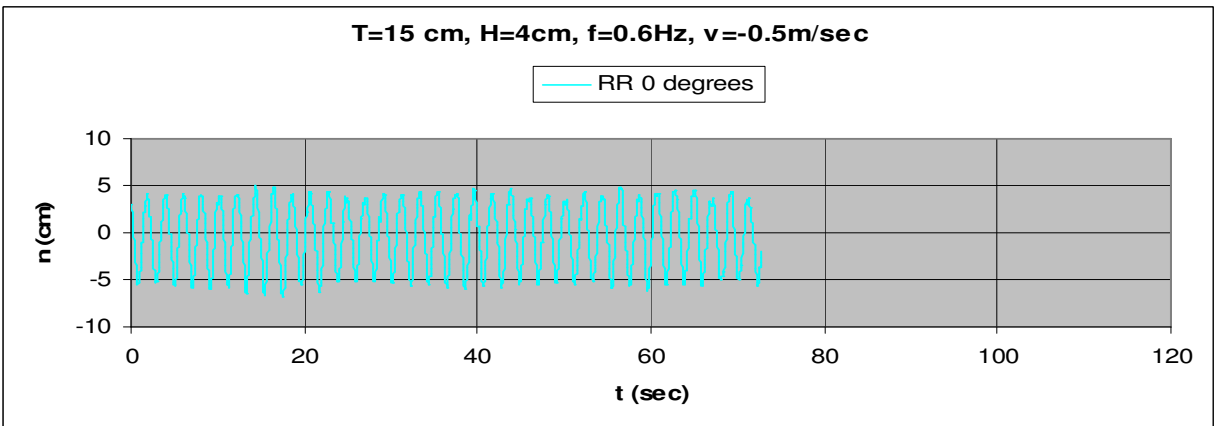
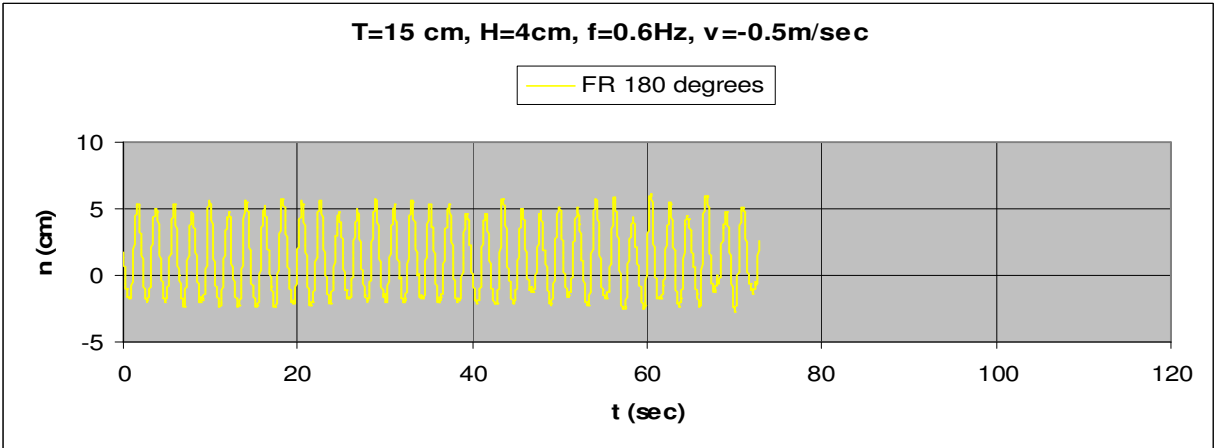
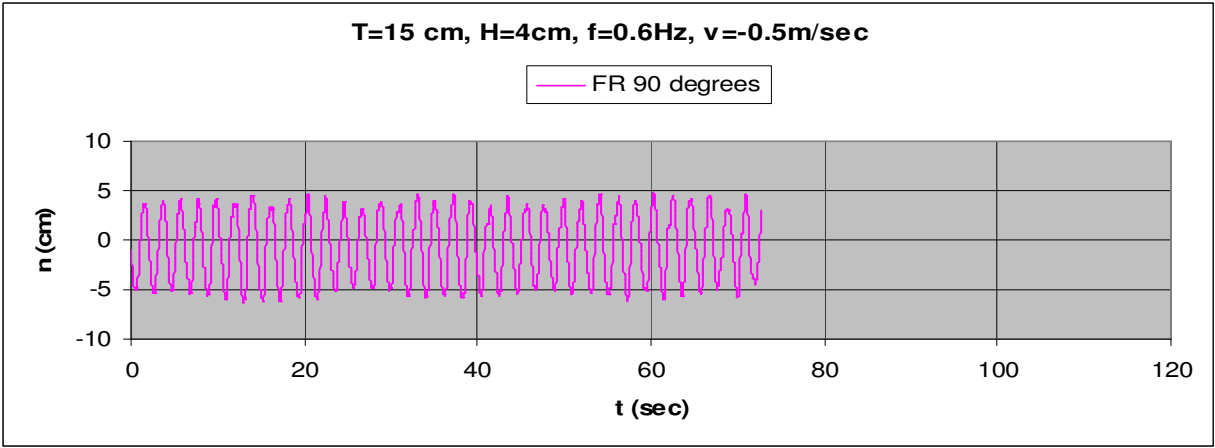
3.1.2.15 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0.5\text{m/s}$, $f=0.6\text{Hz}$, $F_n=0.278$, $\omega=3.770\text{rad/sec}$



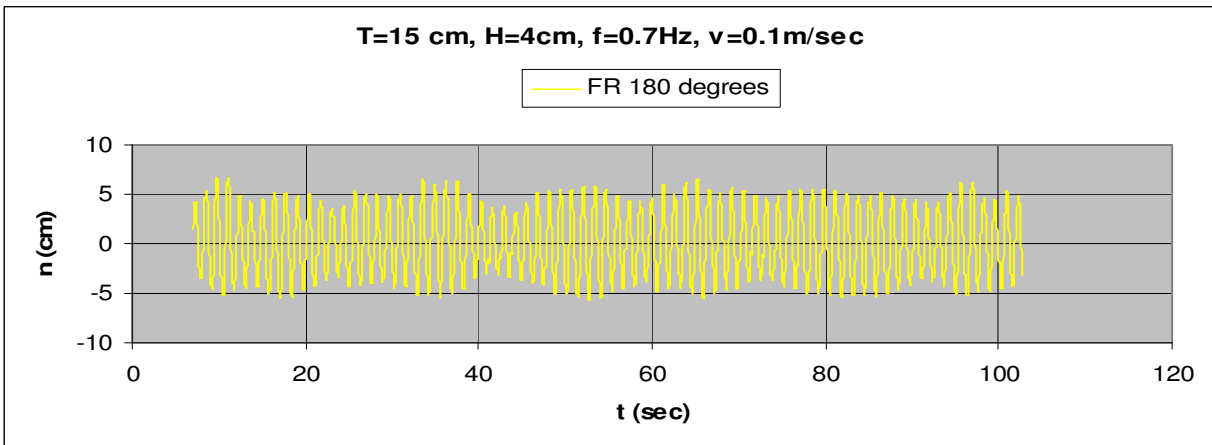
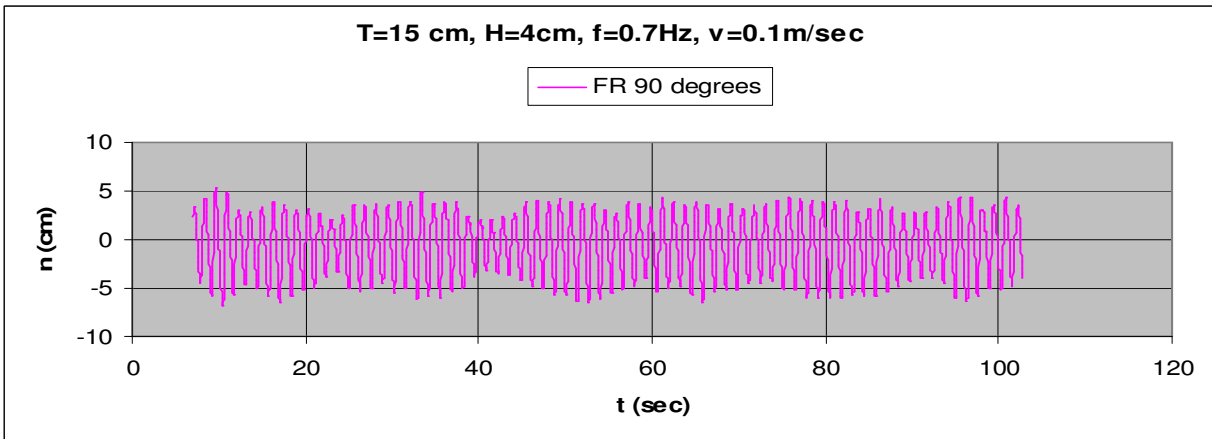
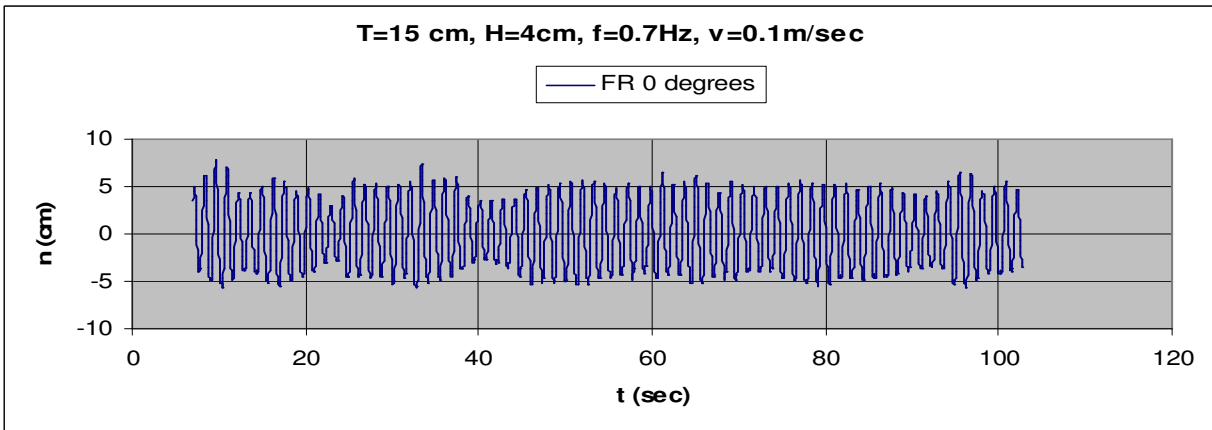
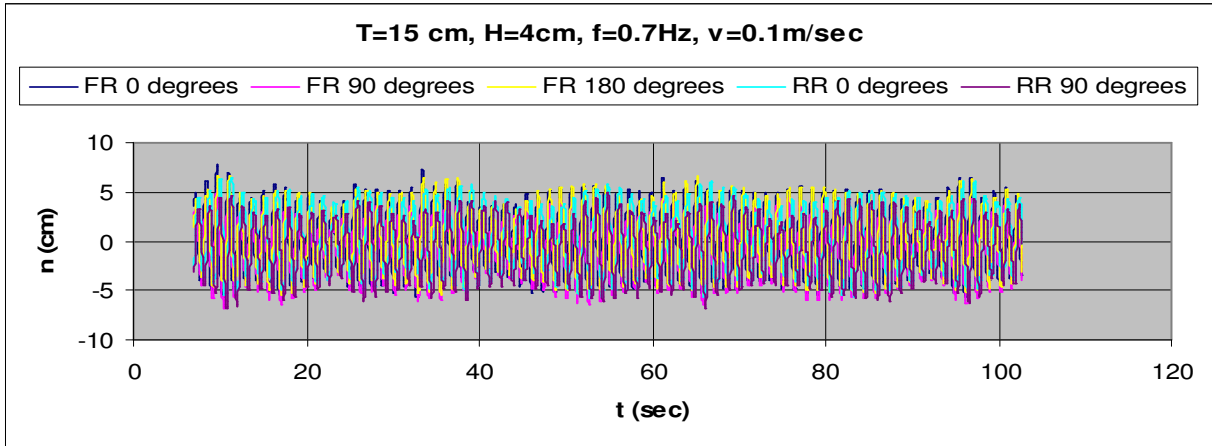


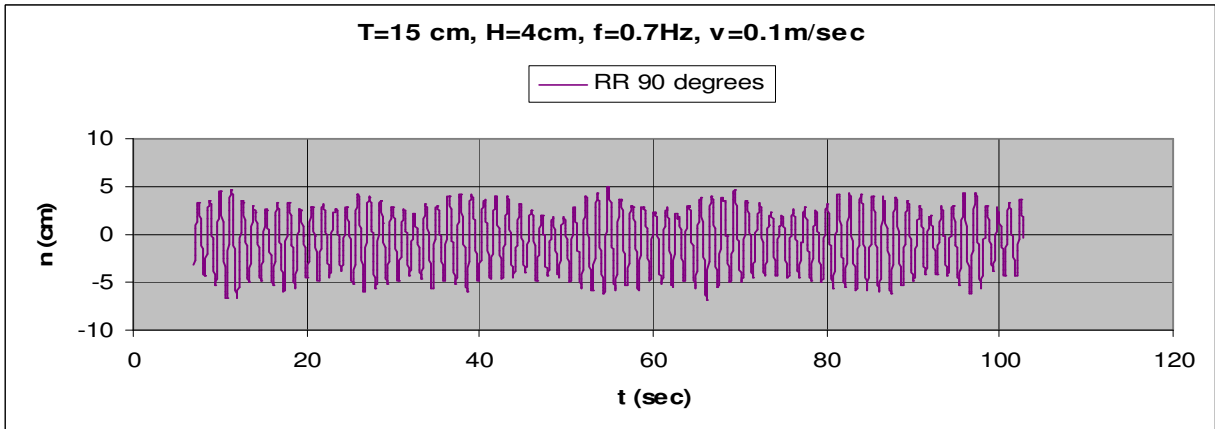
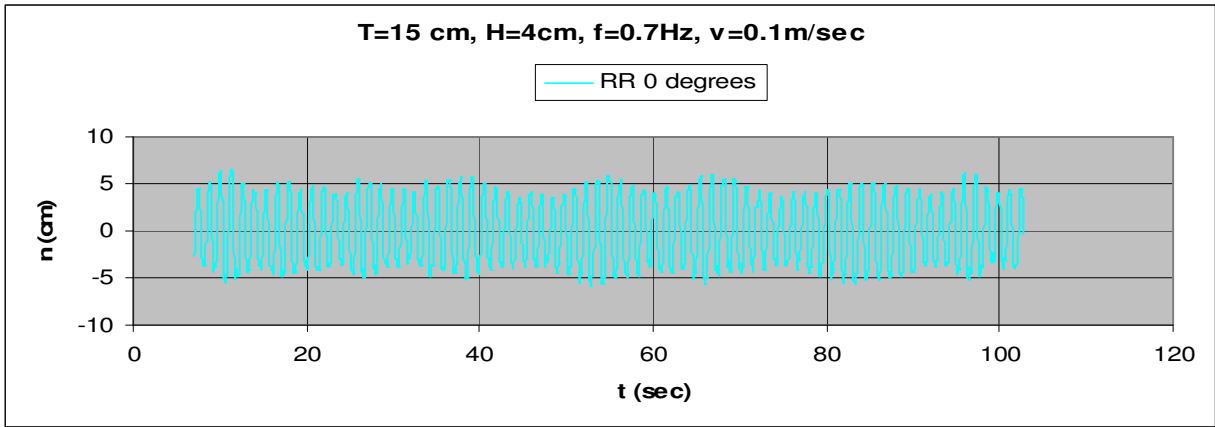
3.1.2.16 T=15cm, h=4cm, v=-0.5m/s, f=0.6Hz, Fn=0.278, $\omega=3.770$ rad/sec



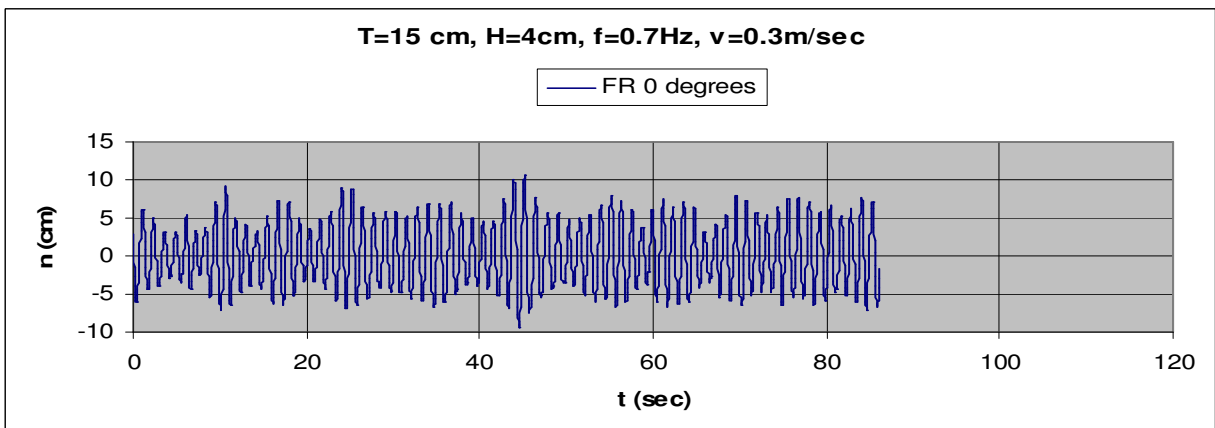
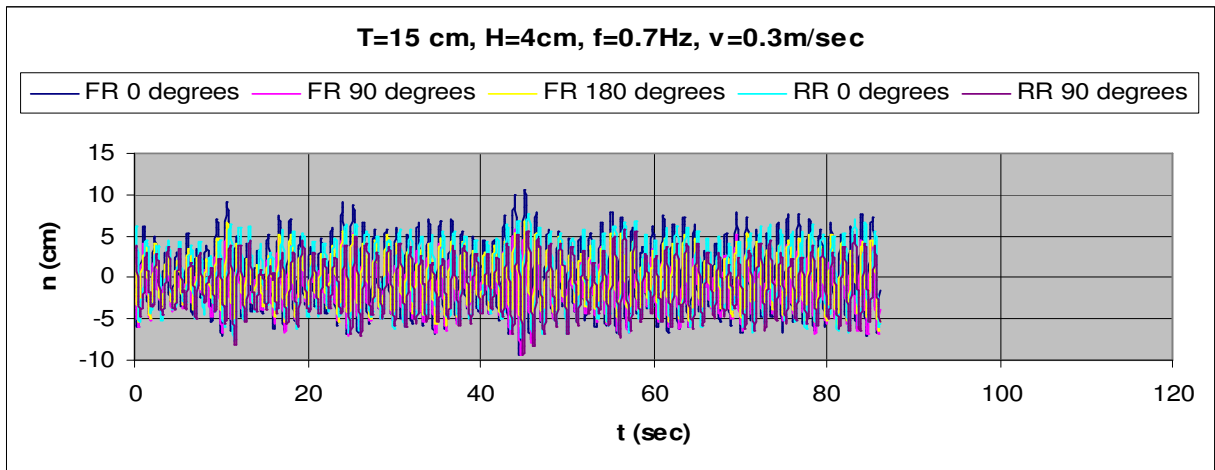


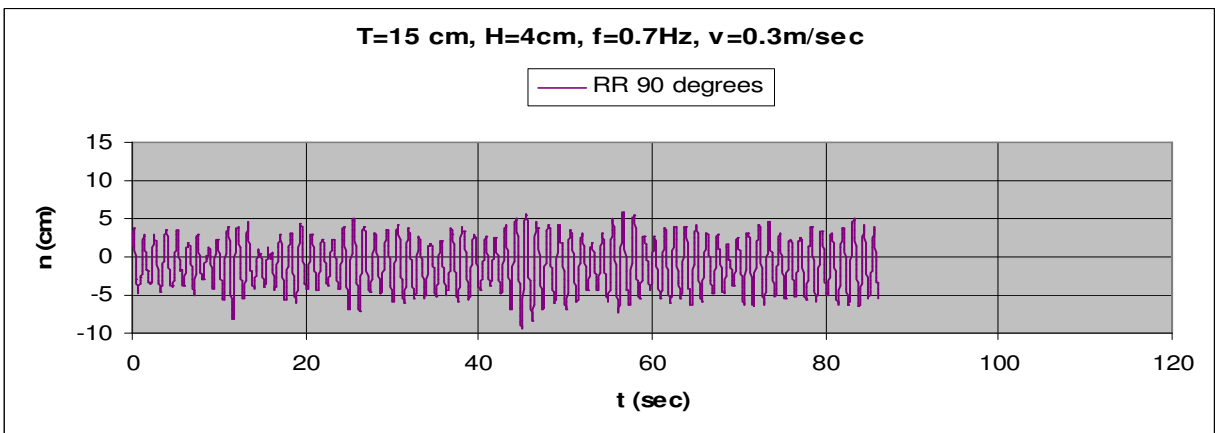
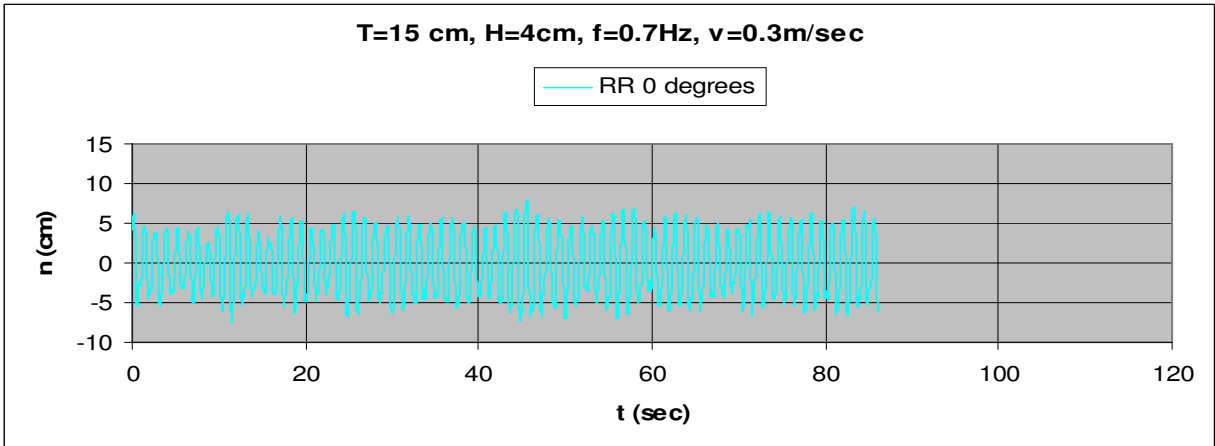
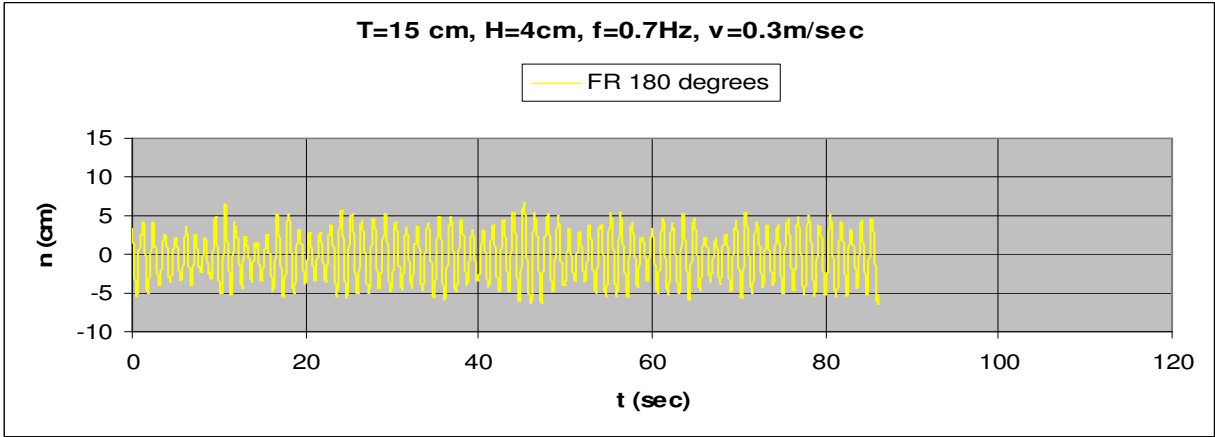
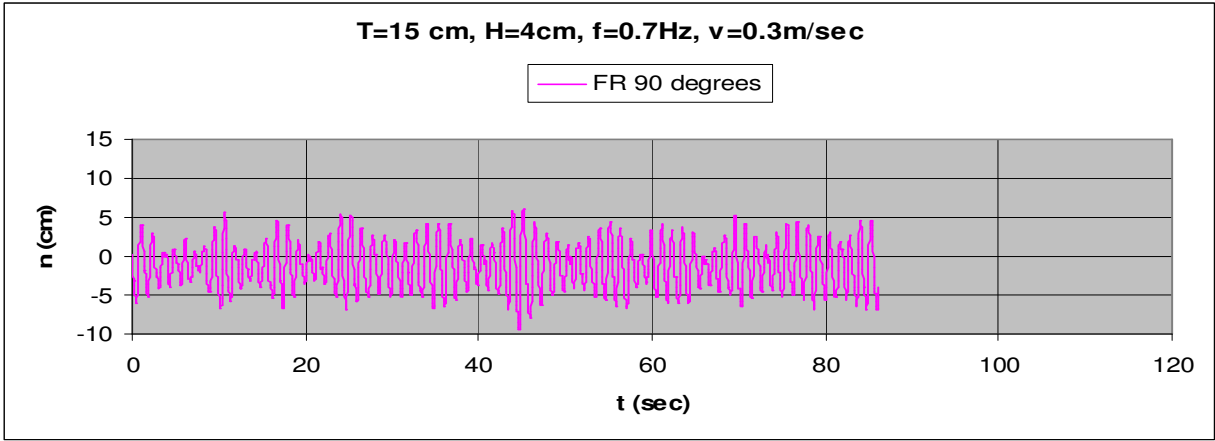
3.1.2.17 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.7\text{Hz}$, $F_n=0.056$, $\omega=4.398\text{rad/sec}$



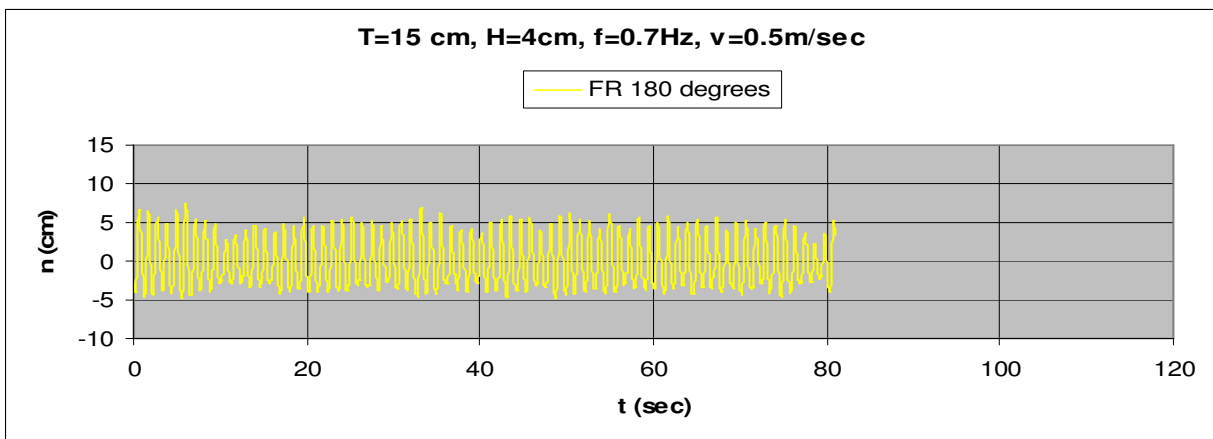
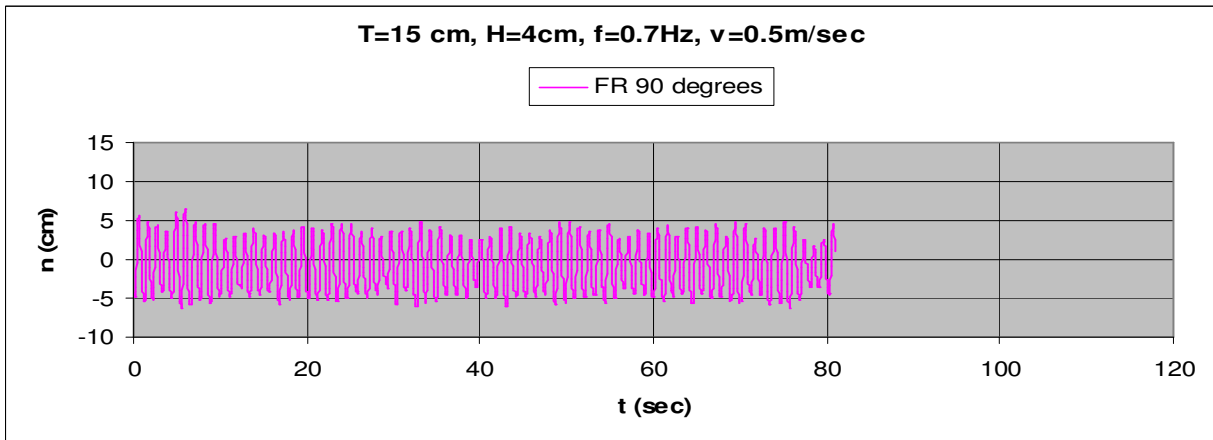
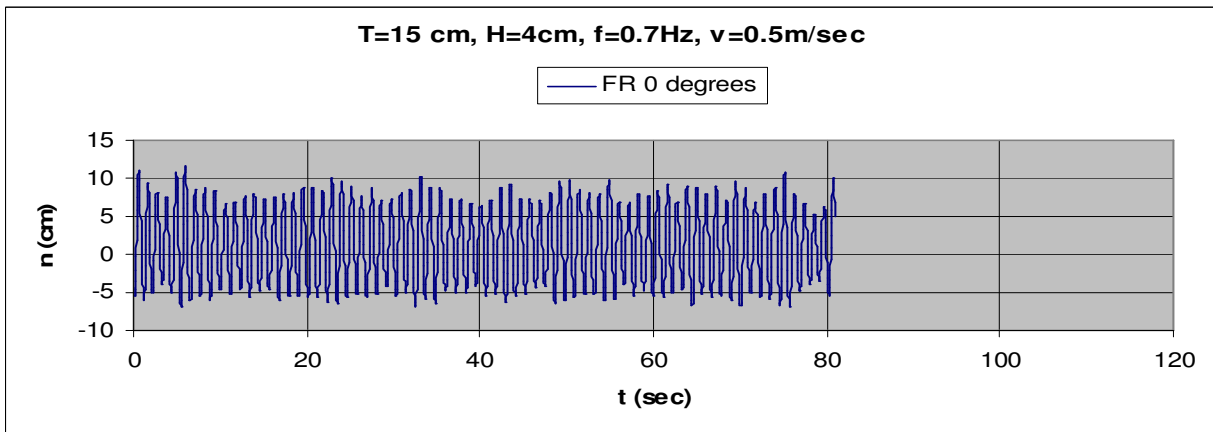
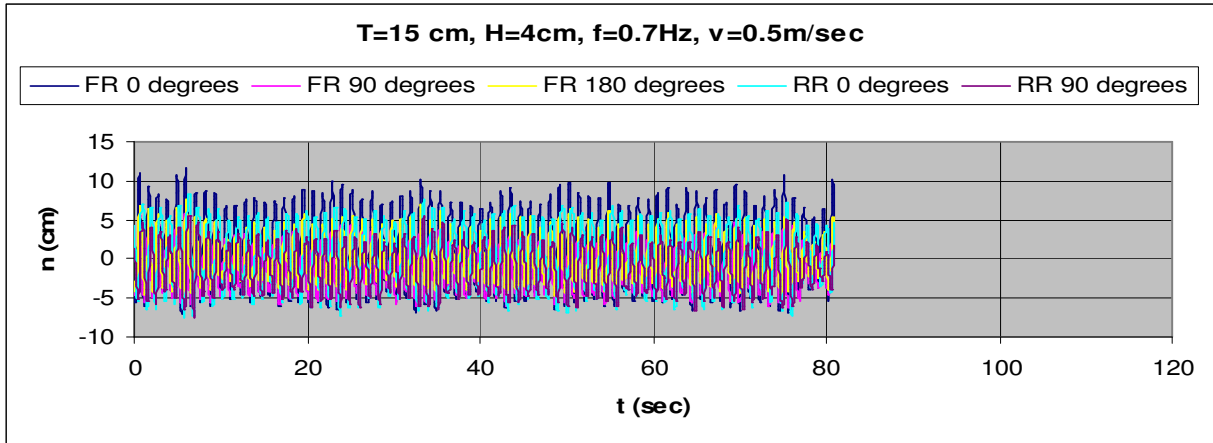


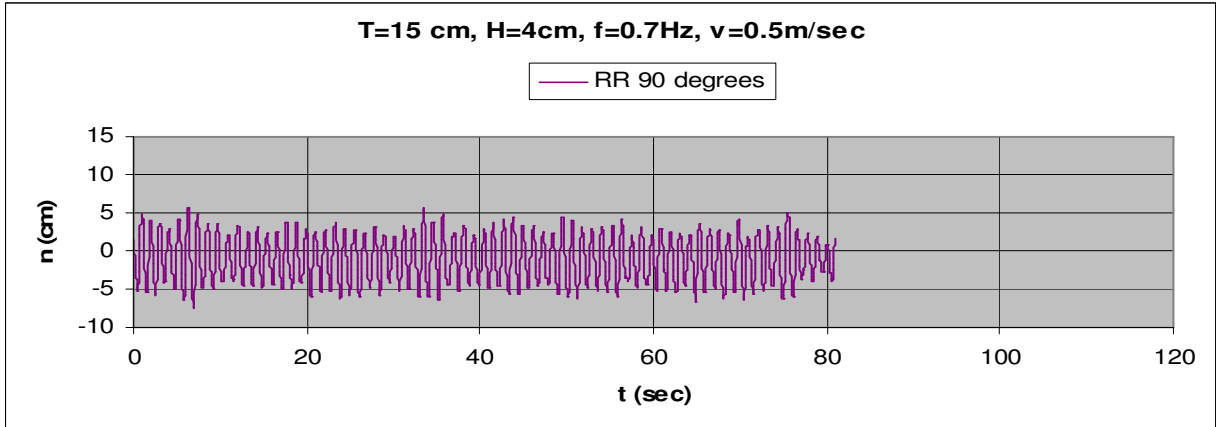
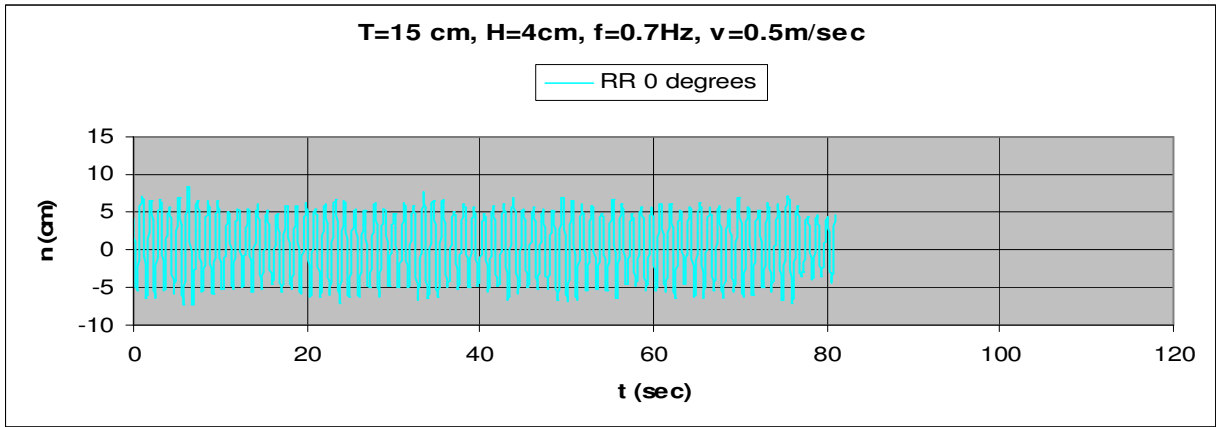
3.1.2.18 T=15cm, h=4cm, v=0.3m/s, f=0.7Hz, Fn=0.167, $\omega=4.398$ rad/sec



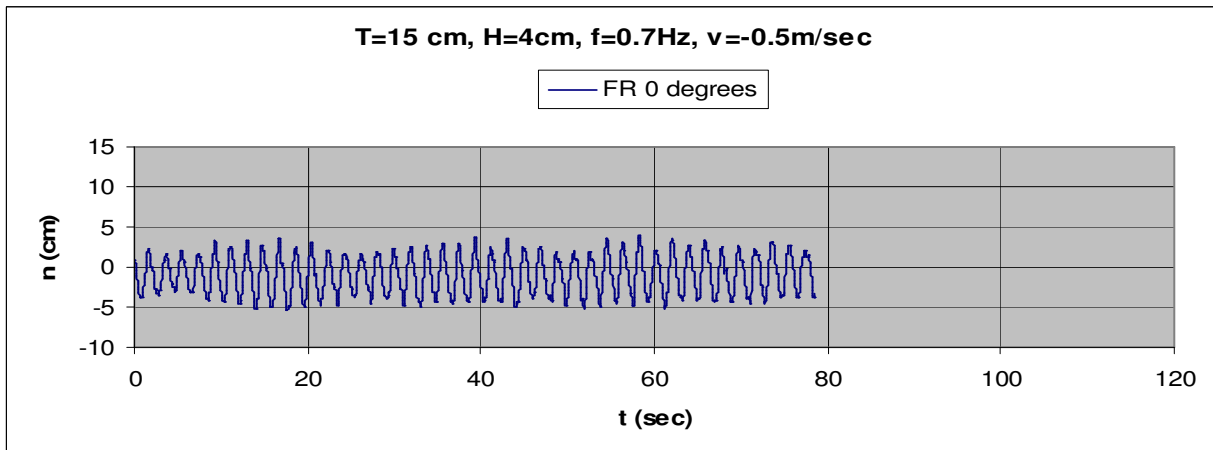
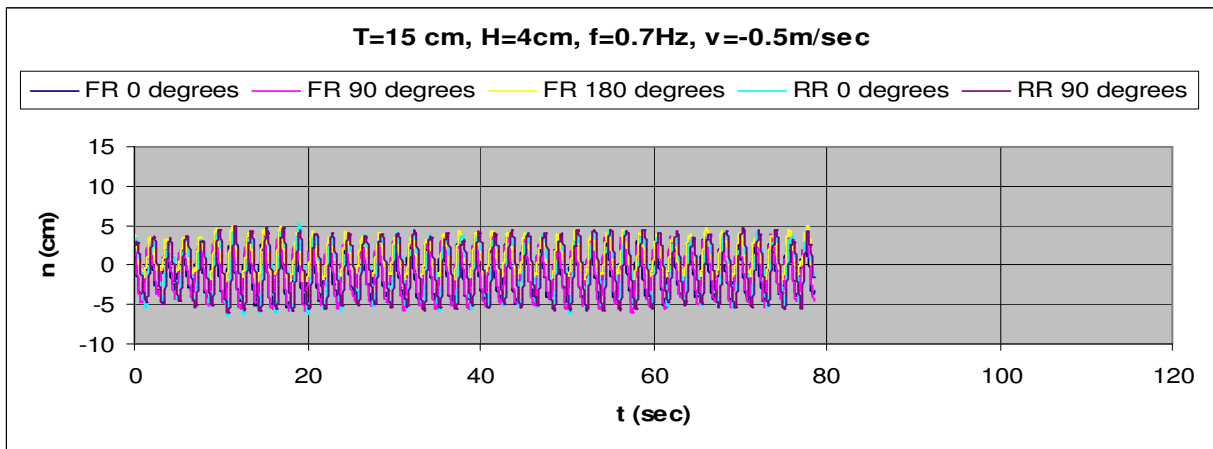


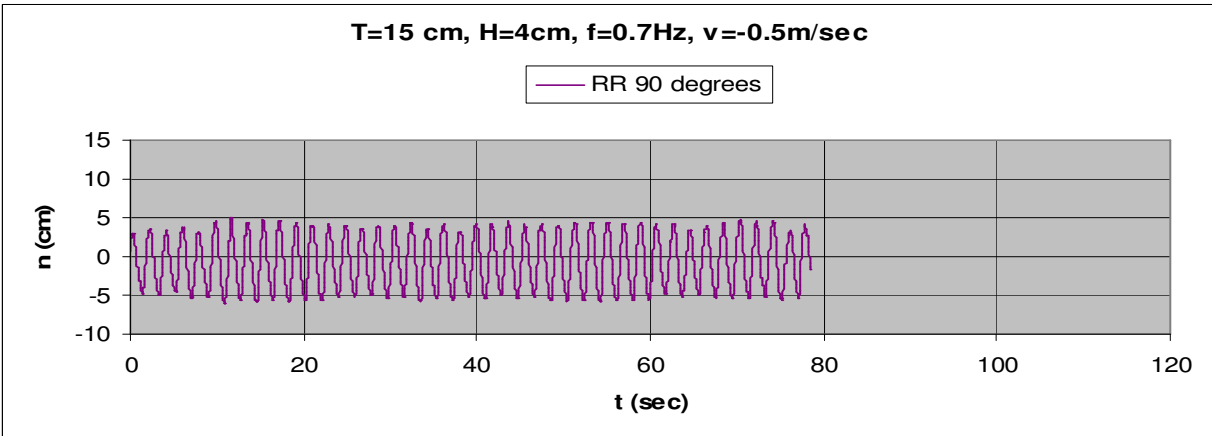
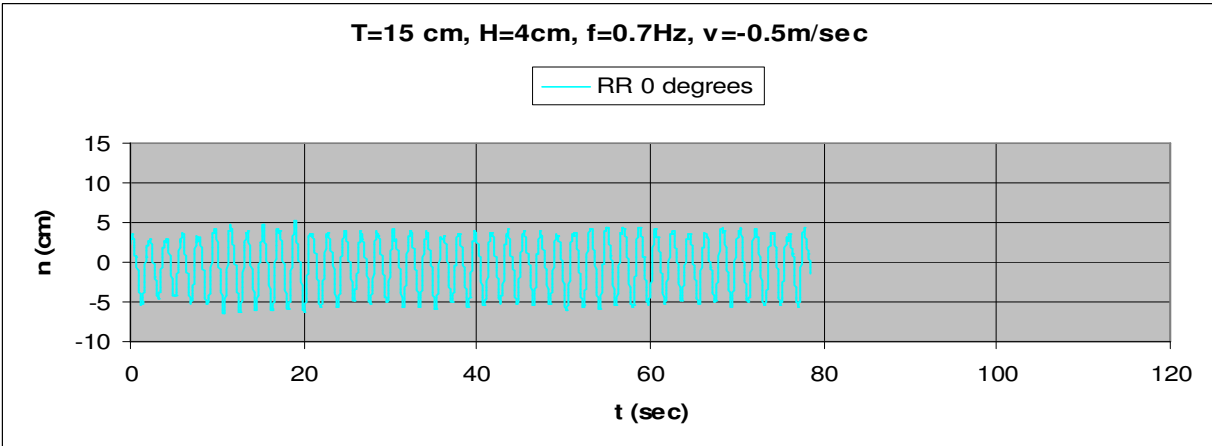
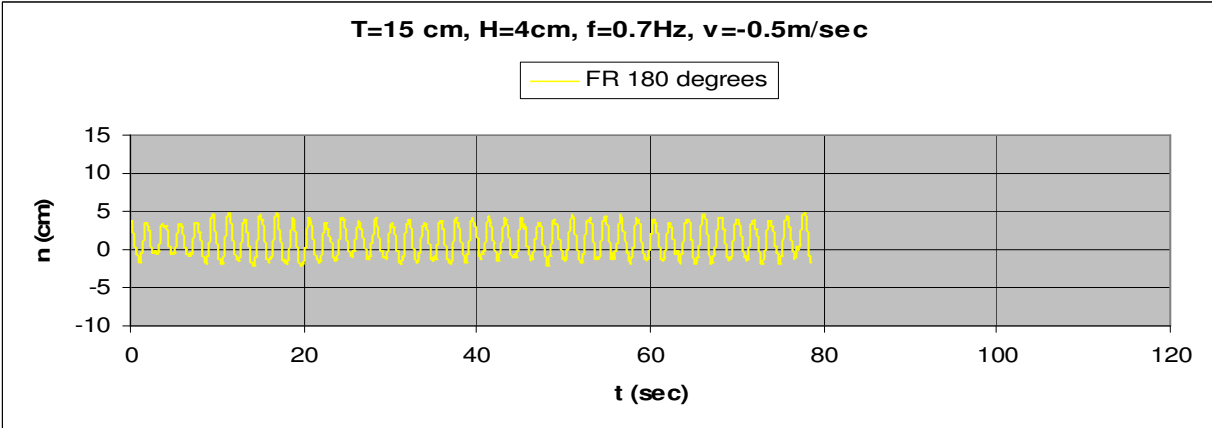
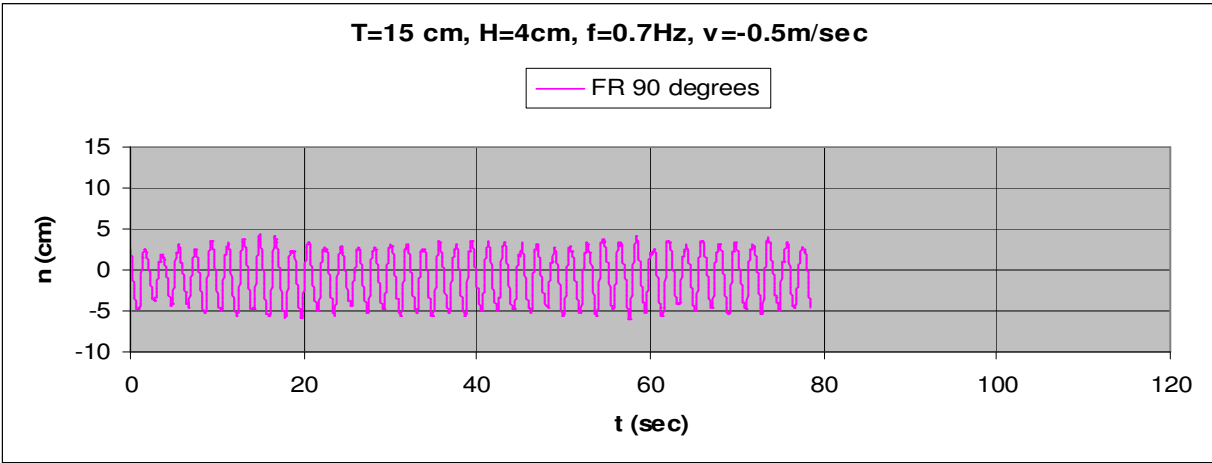
3.1.2.19 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0.5\text{m/s}$, $f=0.7\text{Hz}$, $F_n=0.298$, $\omega=4.398\text{rad/sec}$



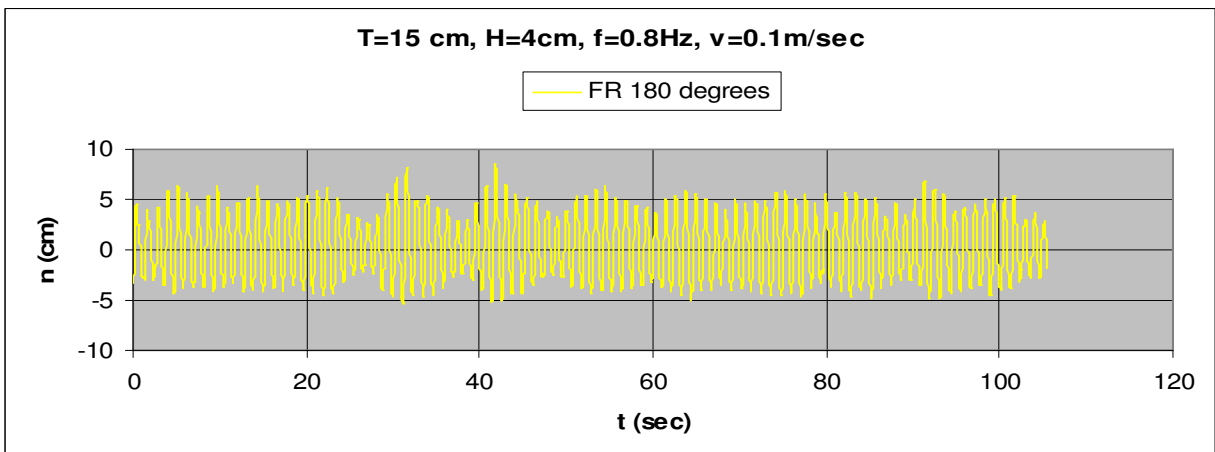
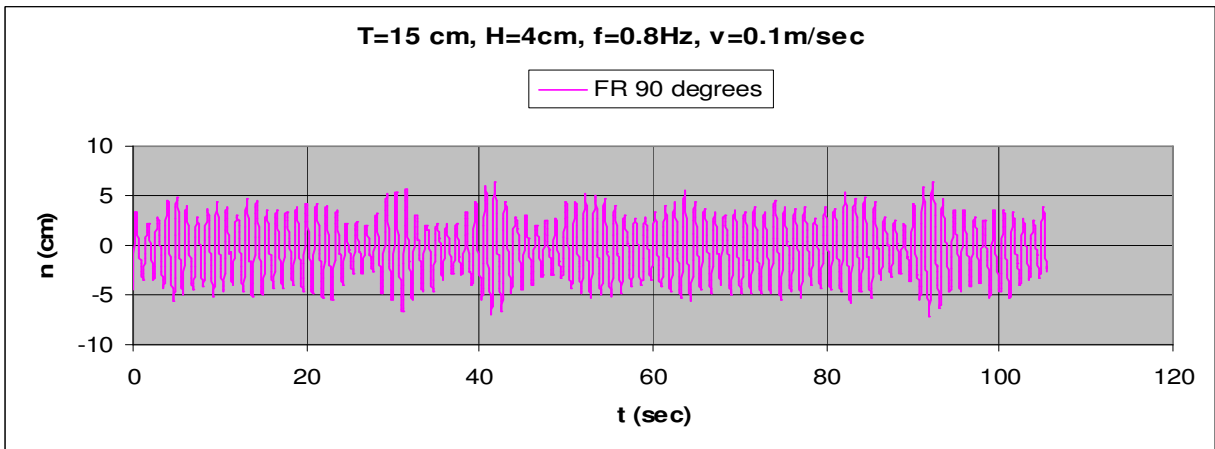
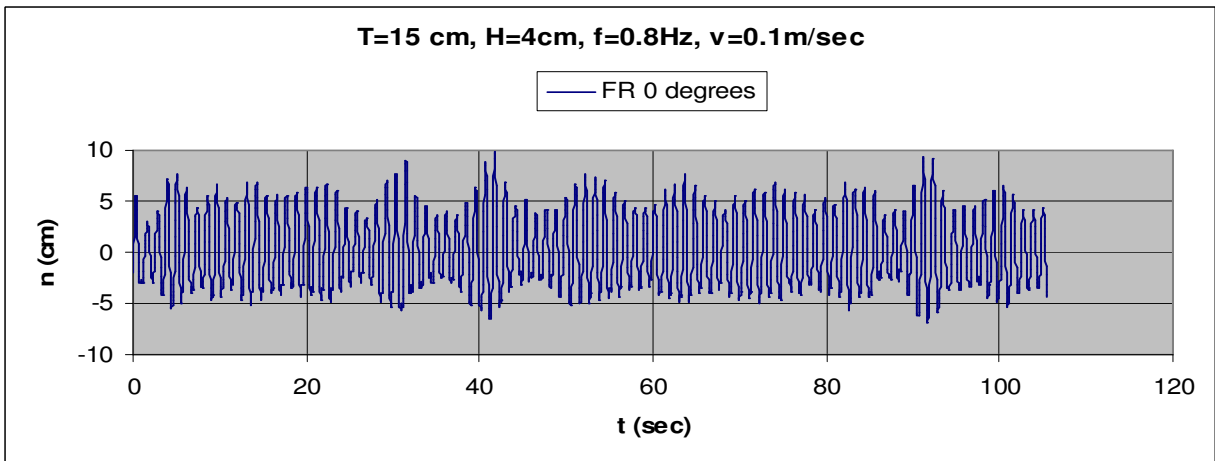
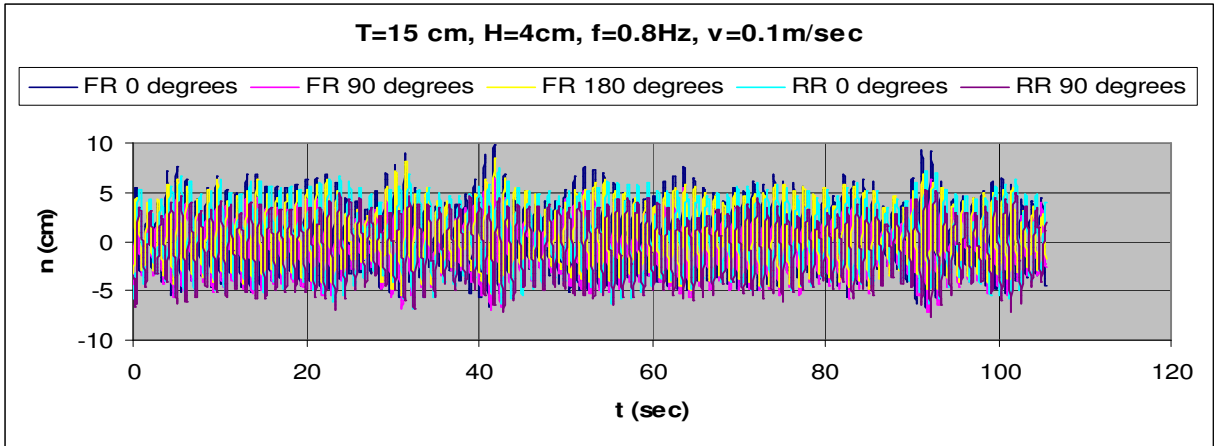


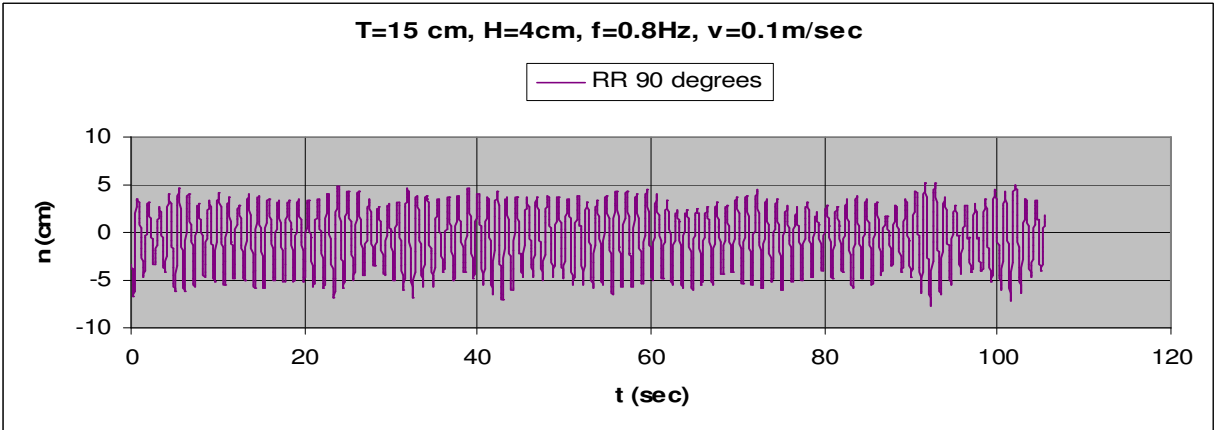
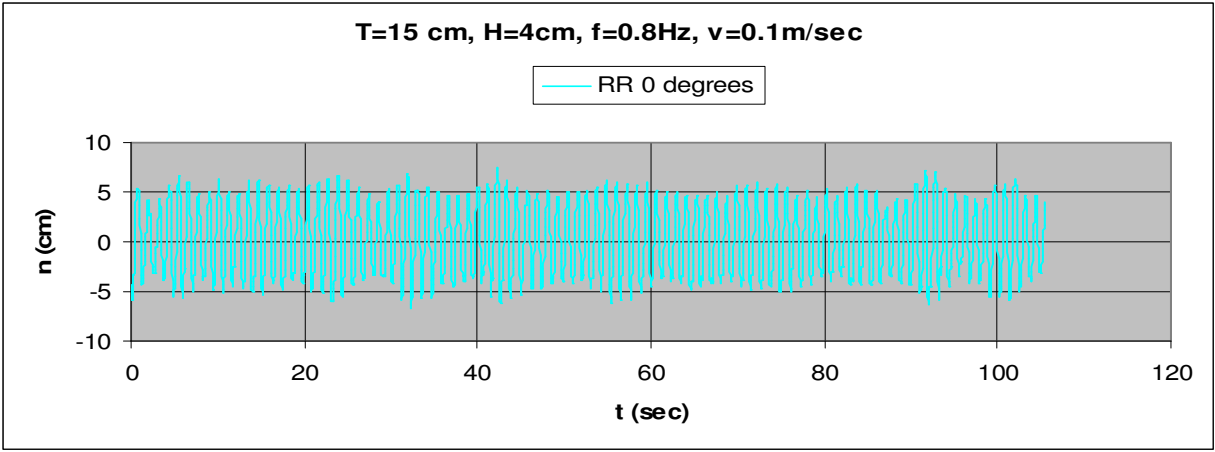
3.1.2.20 T=15cm, h=4cm, v=-0.5m/s, f=0.7Hz, Fn=0.056, $\omega=4.398\text{rad/sec}$



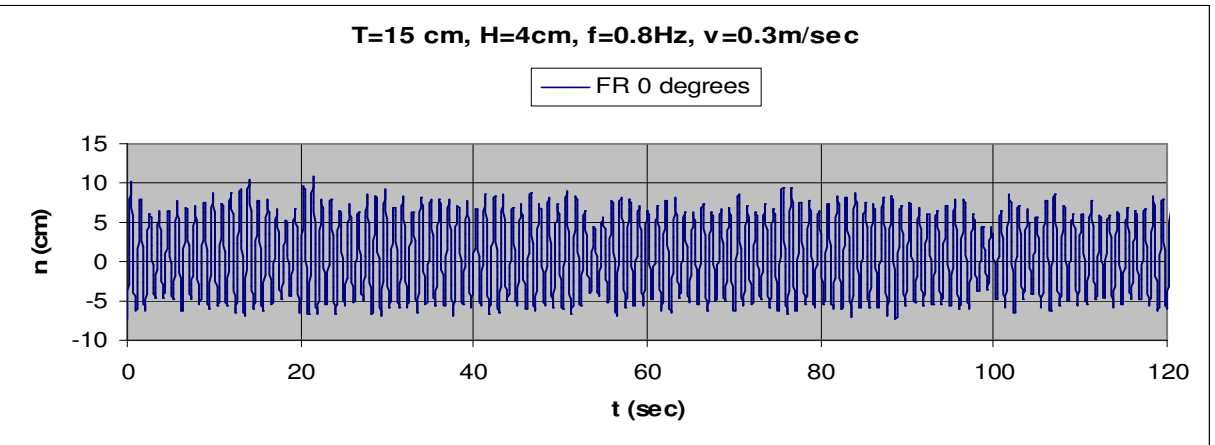
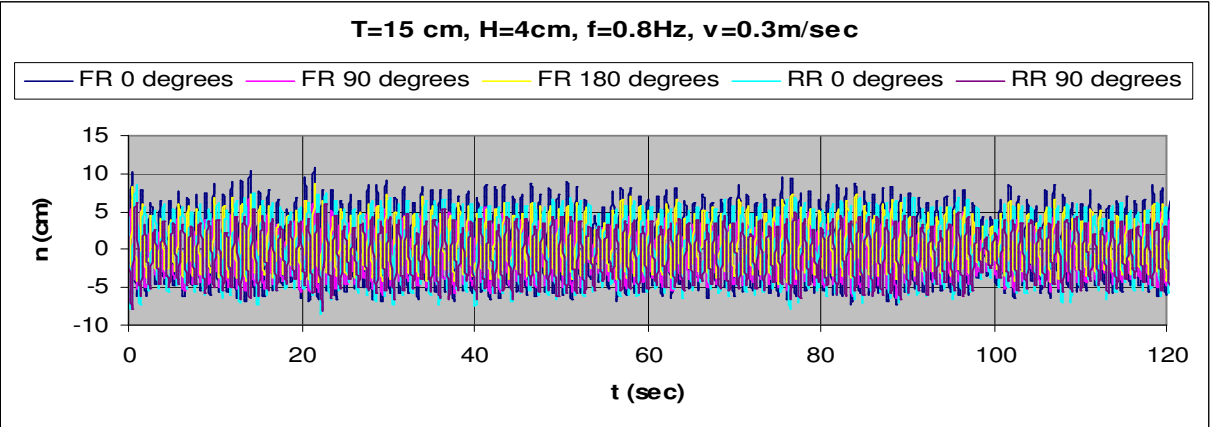


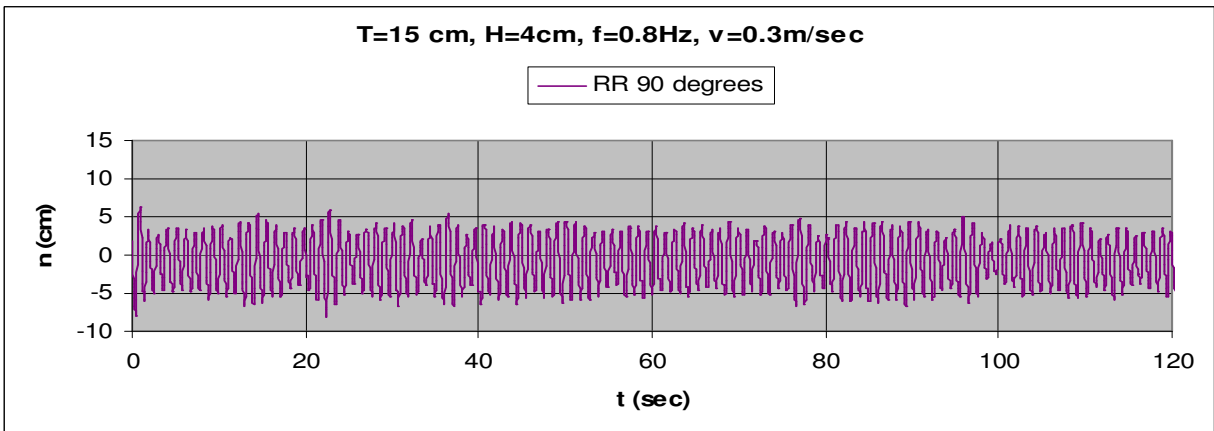
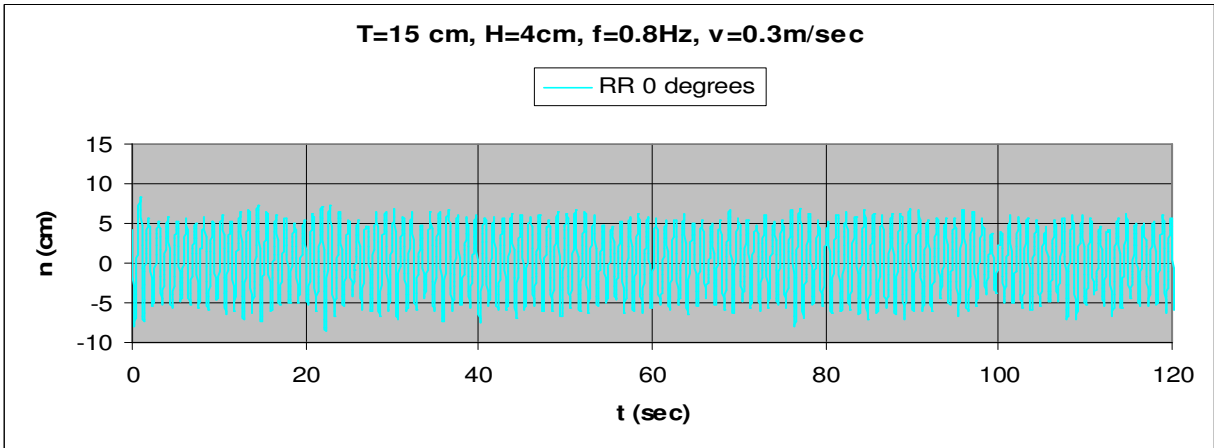
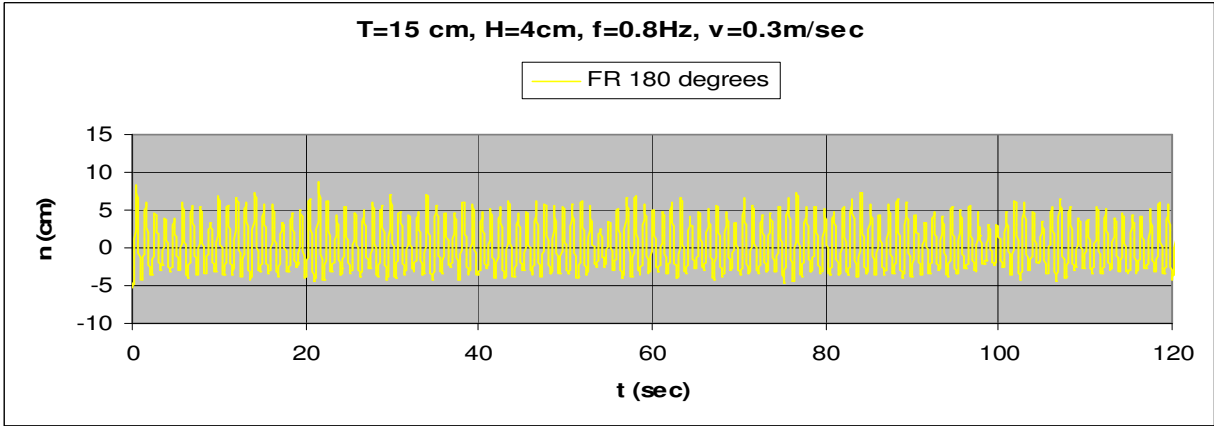
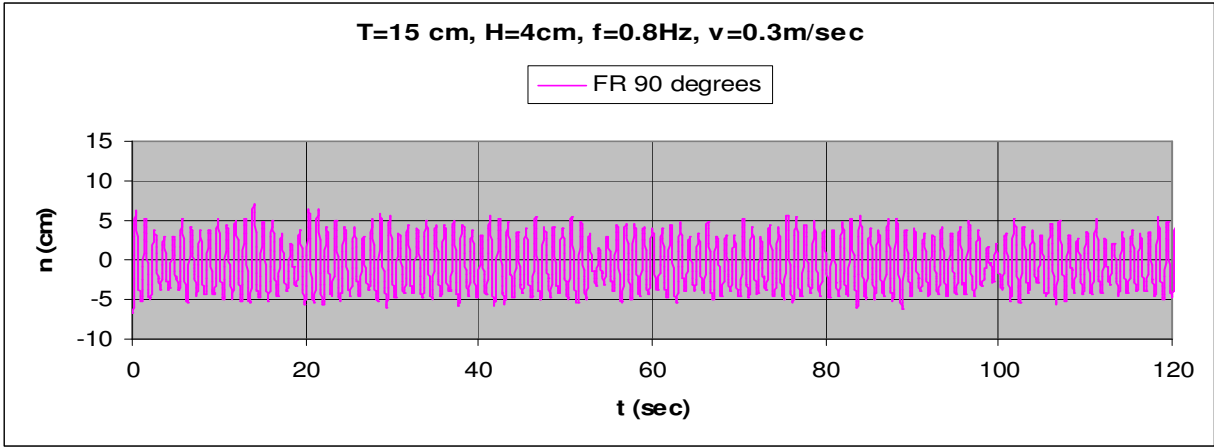
3.1.2.21 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.8\text{Hz}$, $F_n=0.056$, $\omega=5.026\text{rad/sec}$



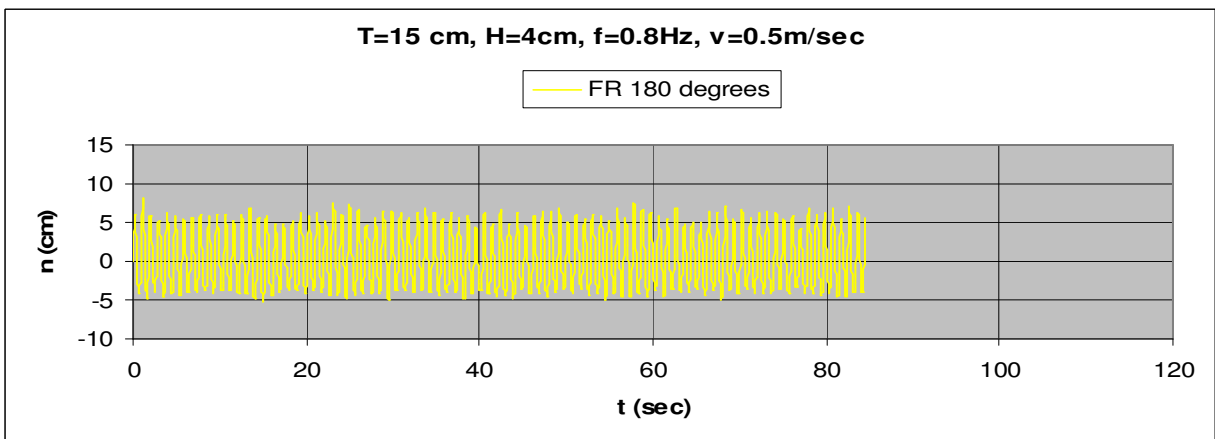
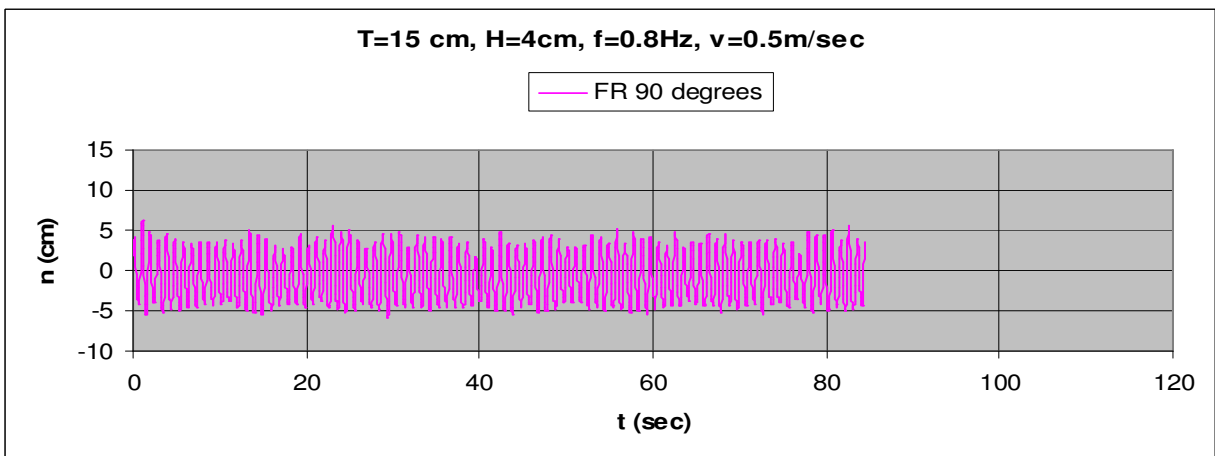
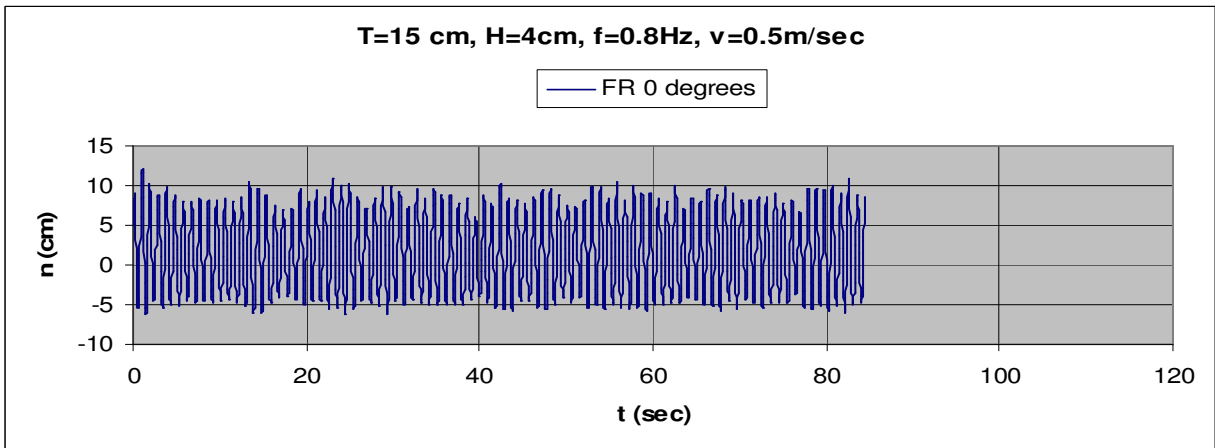
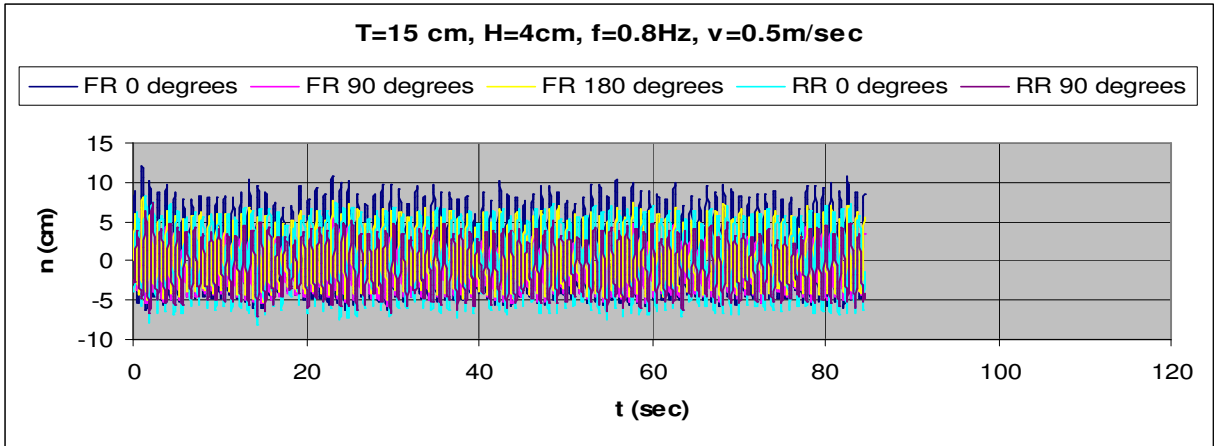


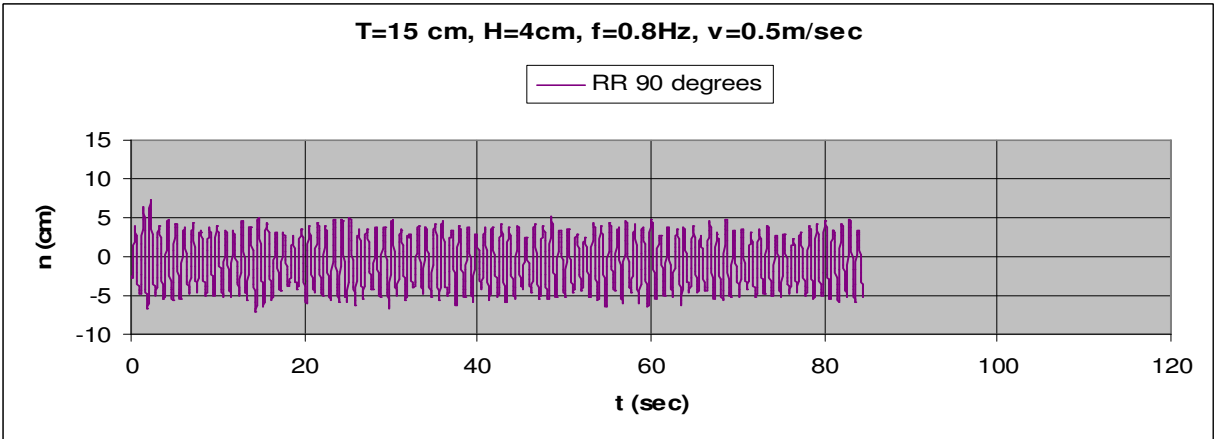
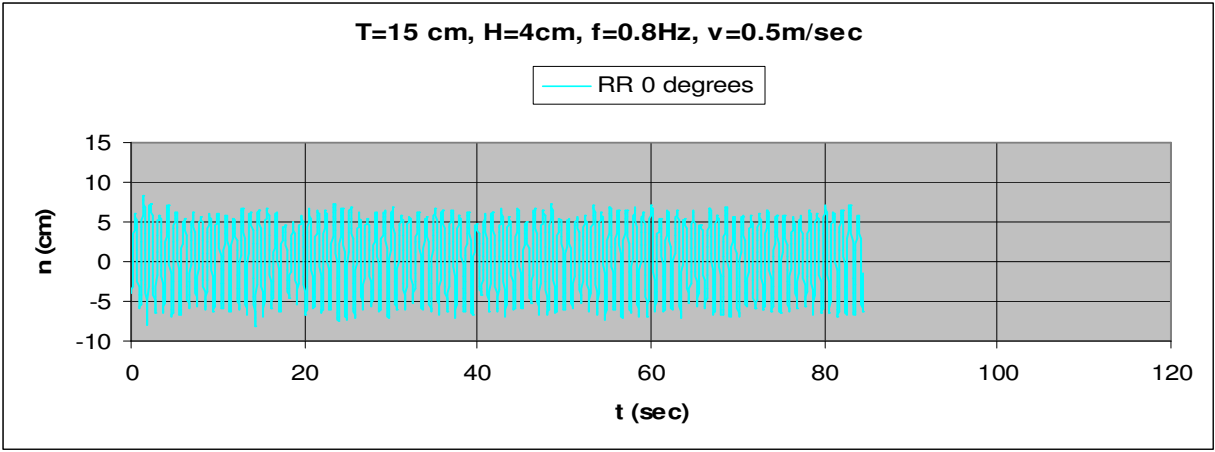
3.1.2.22 T=15cm, h=4cm, v=0.3m/s, f=0.8Hz, Fn=0.167, $\omega=5.026$ rad/sec



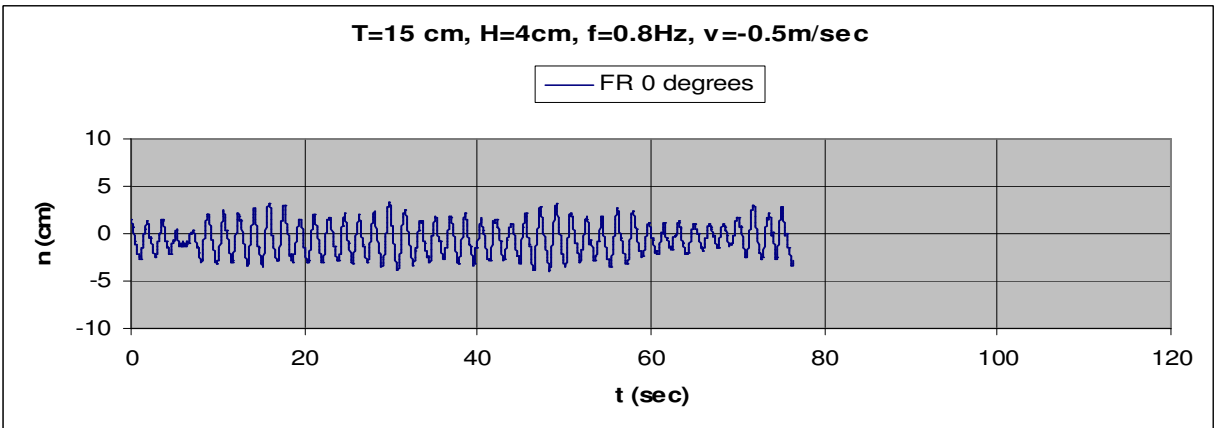
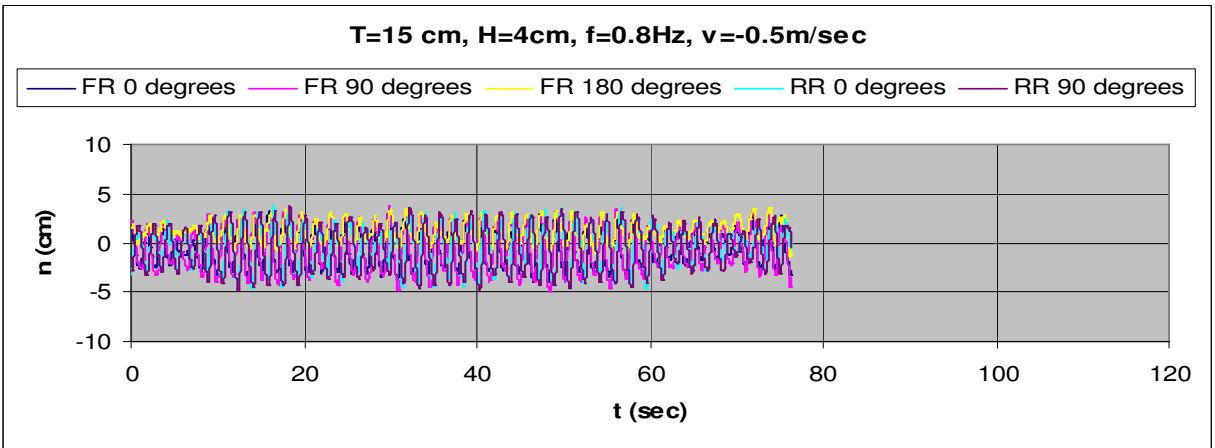


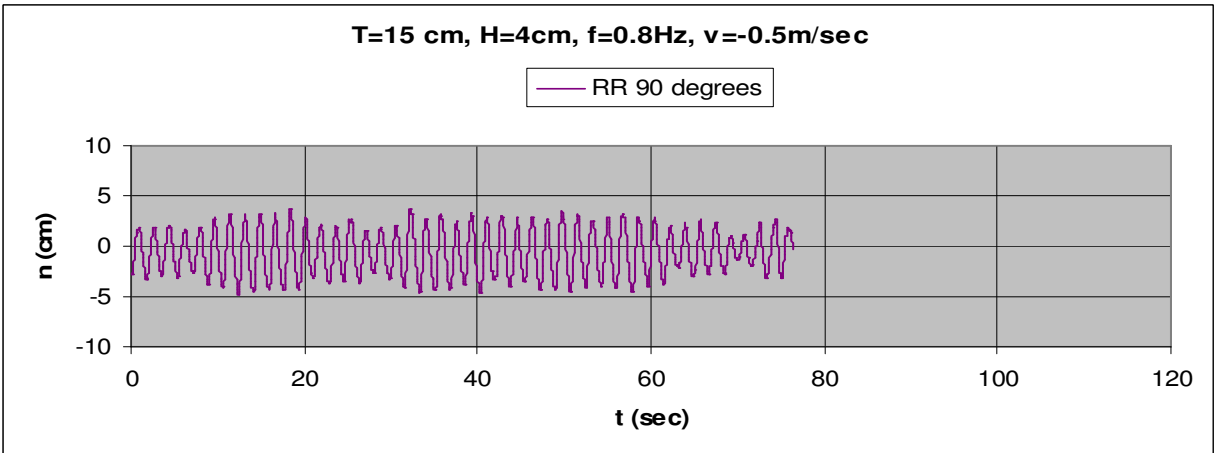
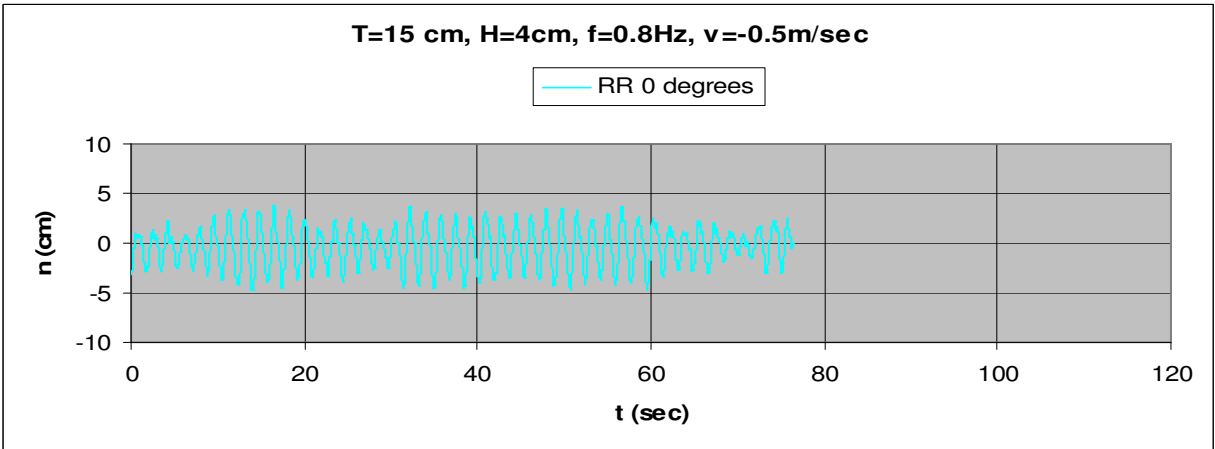
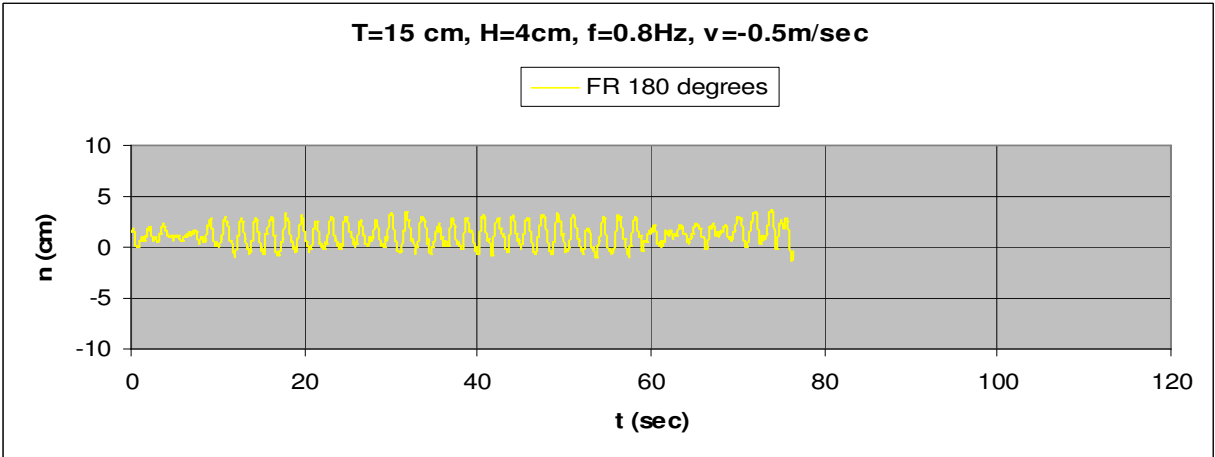
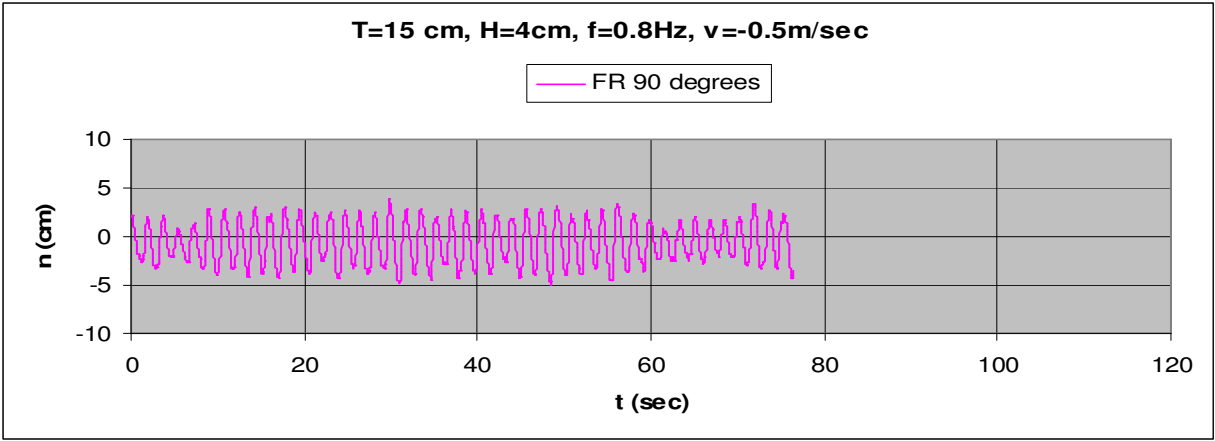
3.1.2.23 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0.5\text{m/s}$, $f=0.8\text{Hz}$, $F_n=0.278$, $\omega=5.026\text{rad/sec}$



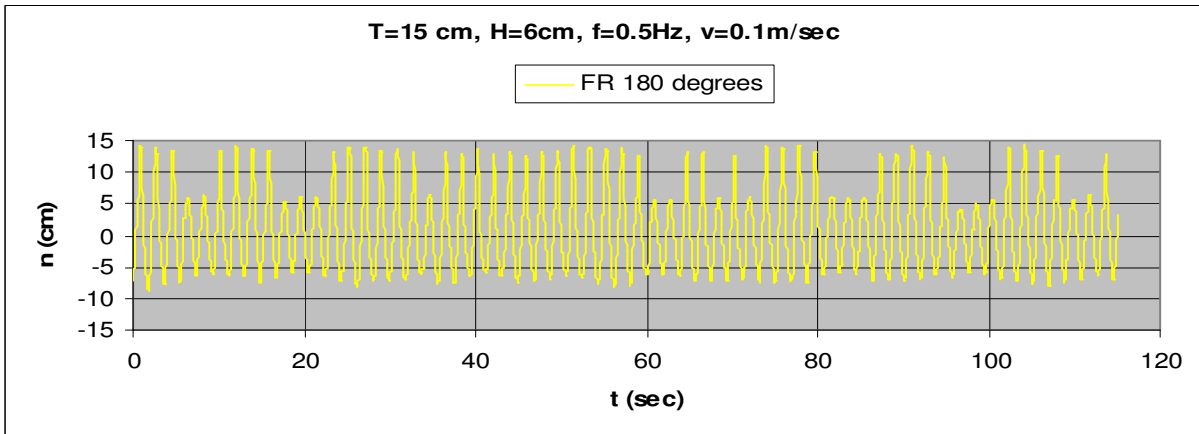
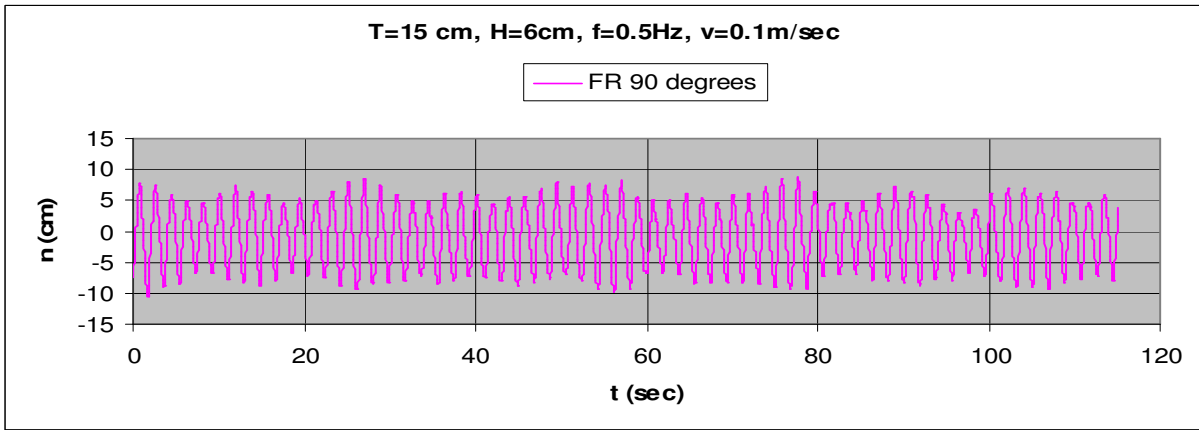
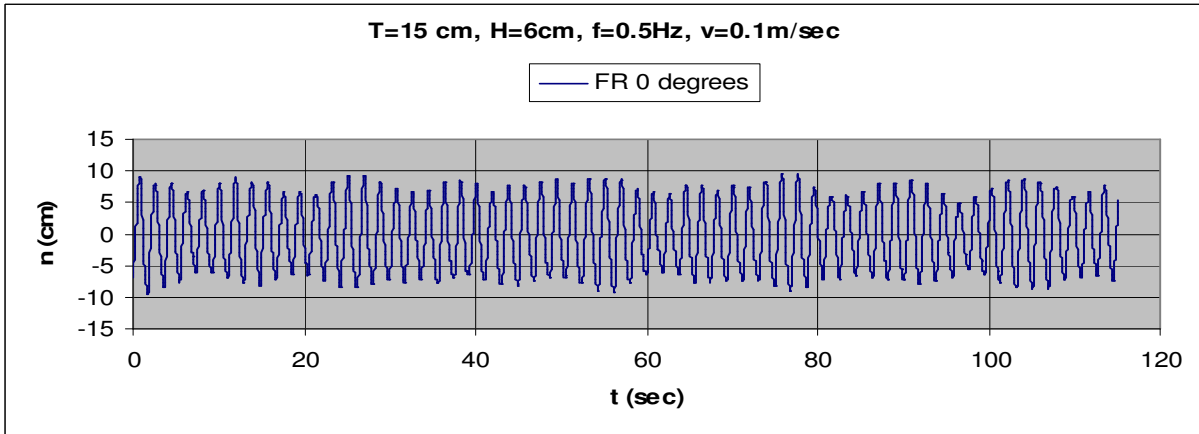
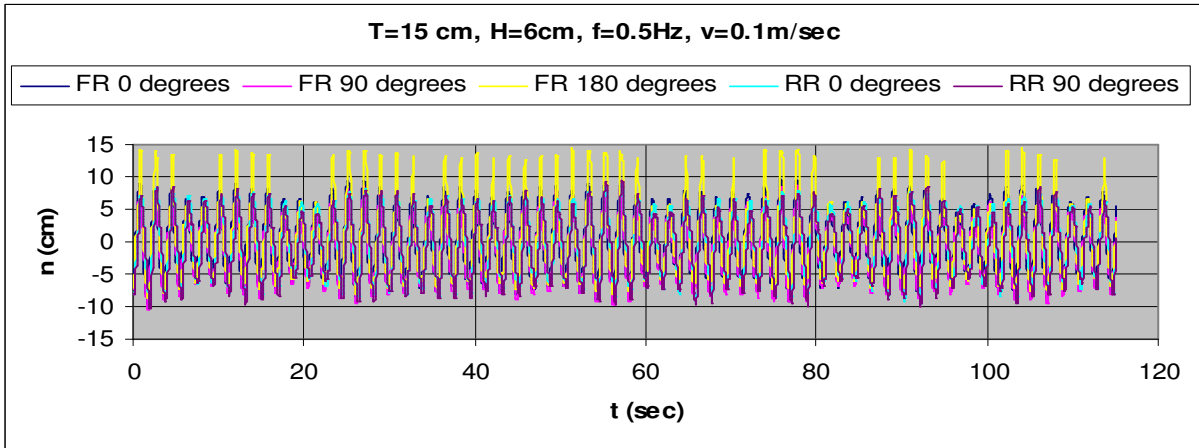


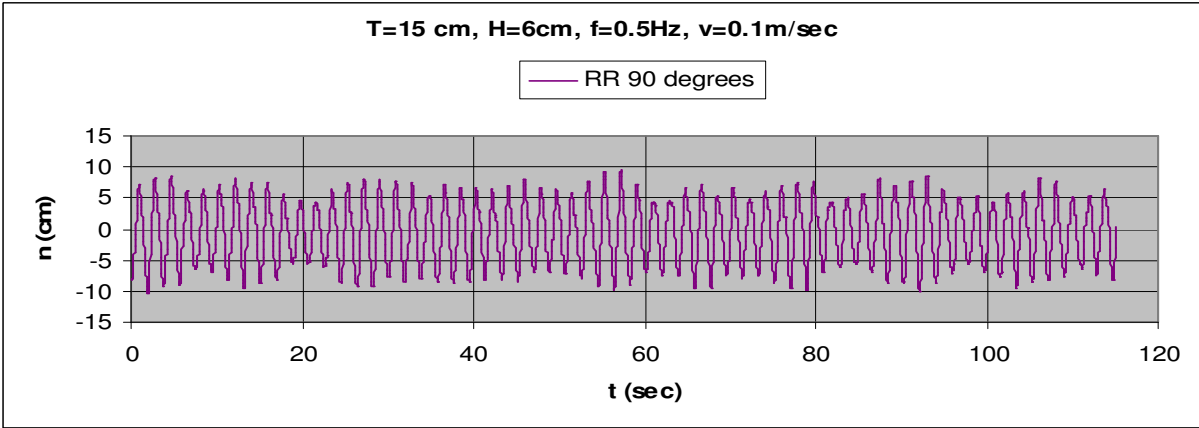
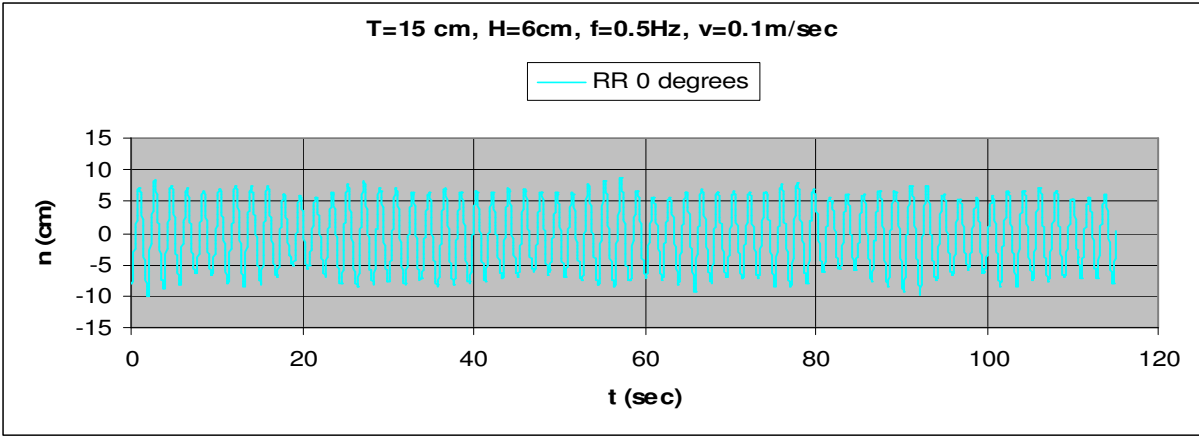
3.1.2.24 T=15cm, h=4cm, v=-0.5m/s, f=0.8Hz, Fn=0.278, $\omega=5.026$ rad/sec



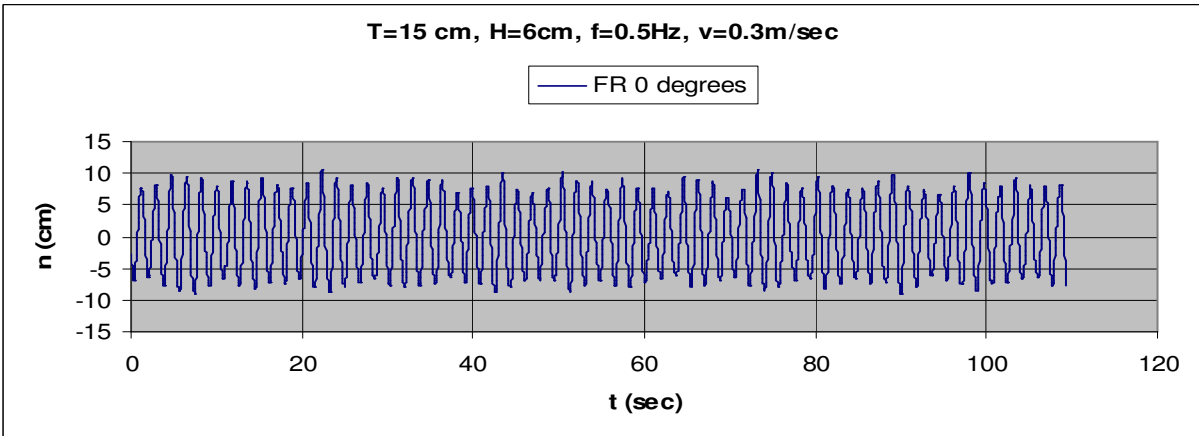
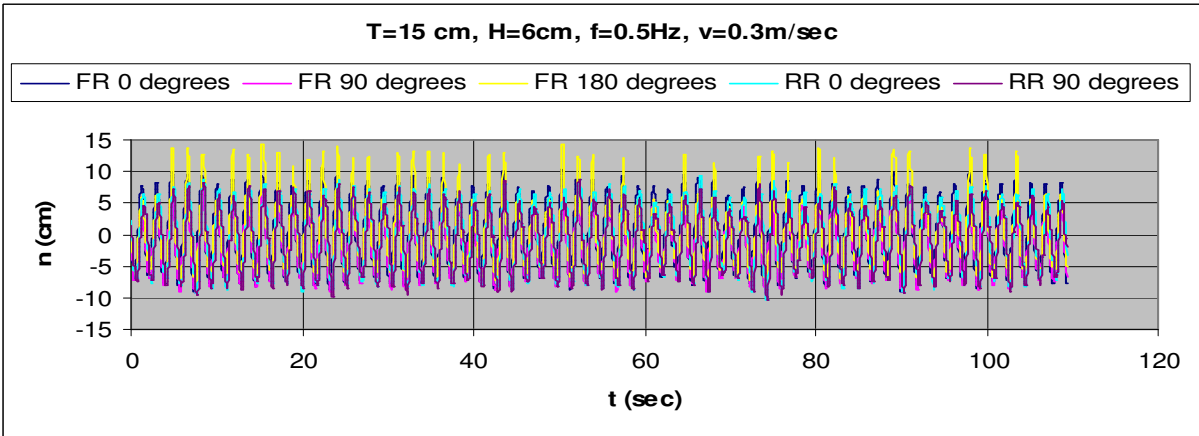


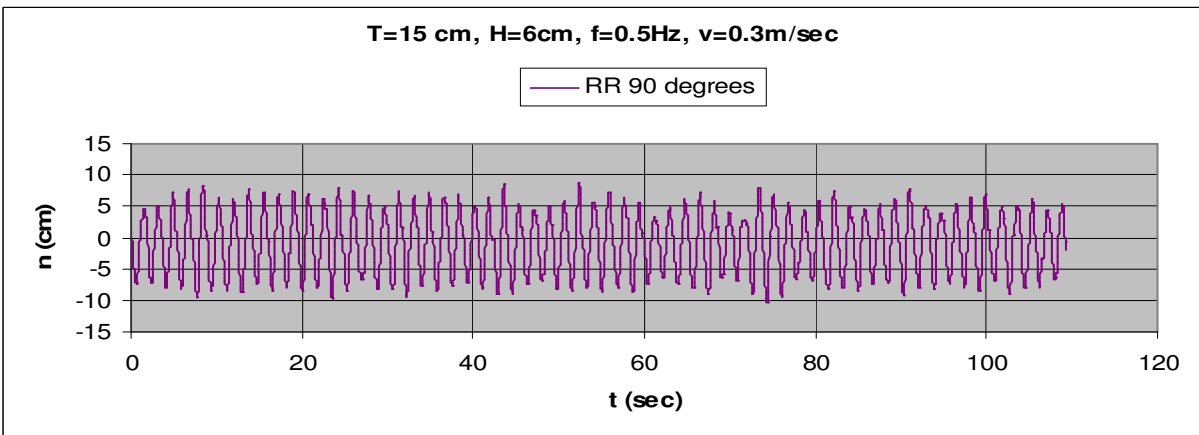
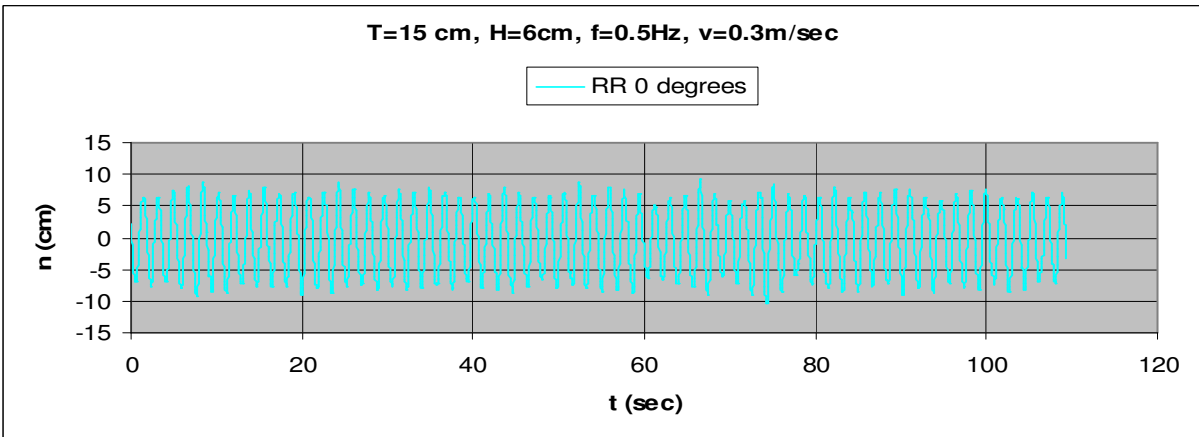
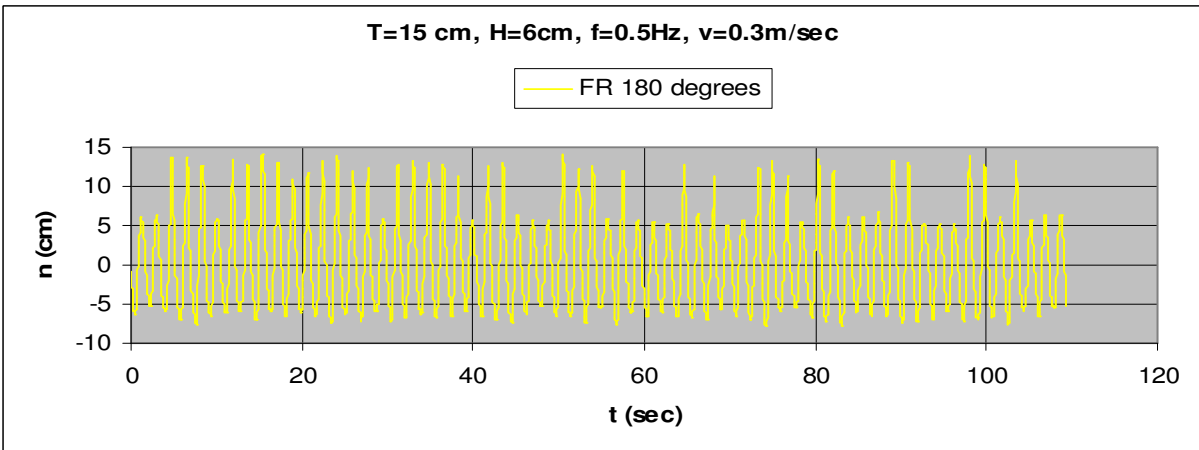
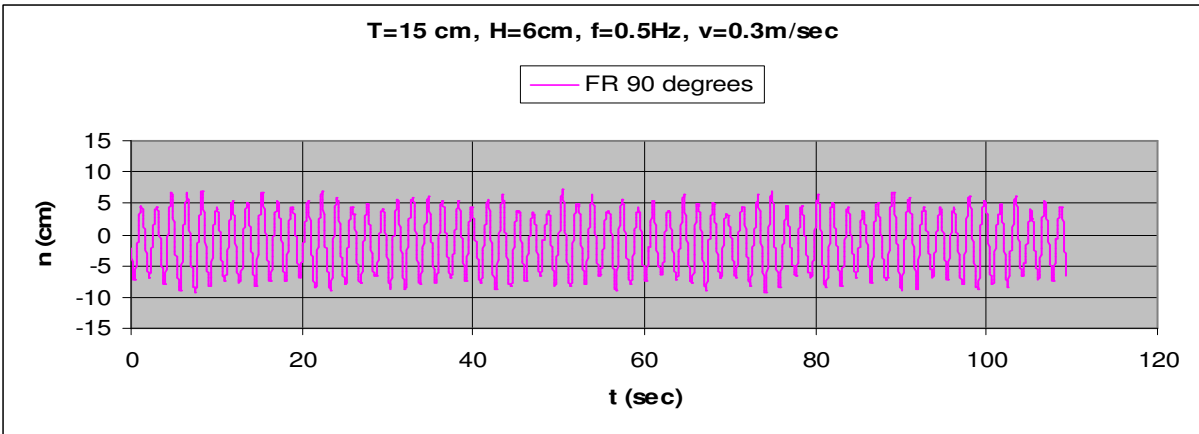
3.1.2.25 $T=15\text{cm}$, $h=6\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.5\text{Hz}$, $F_n=0.056$, $\omega=3.142\text{rad/sec}$



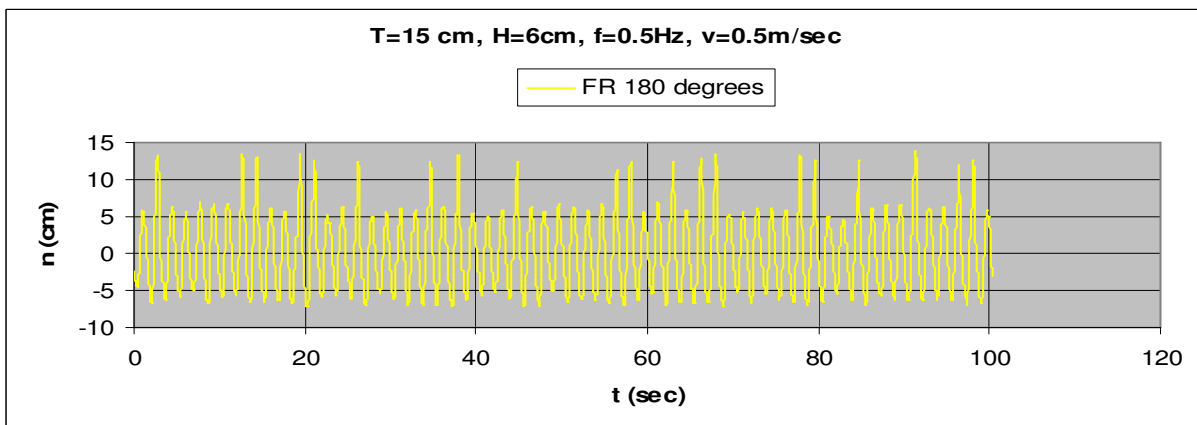
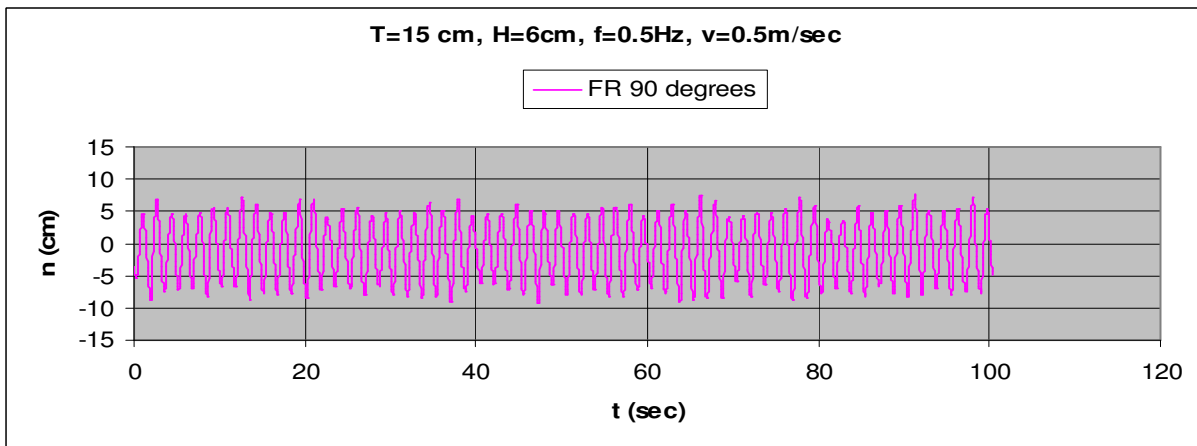
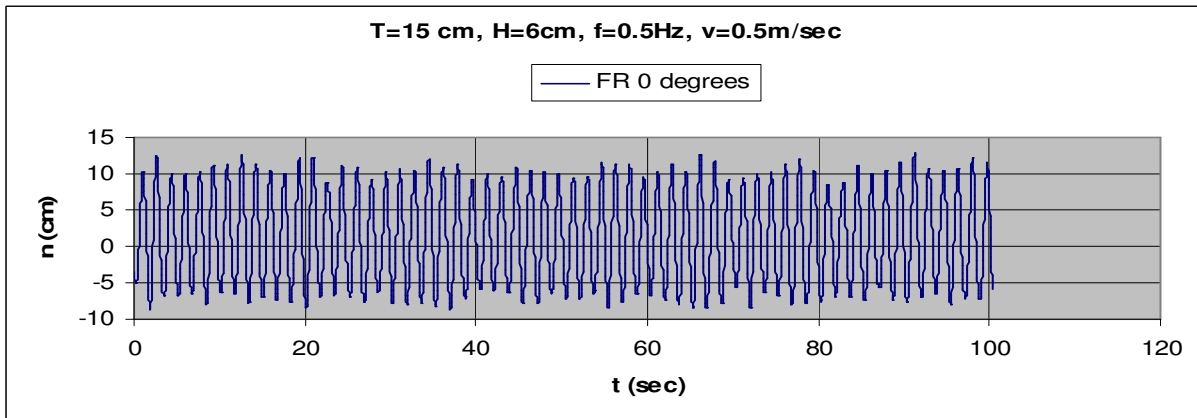
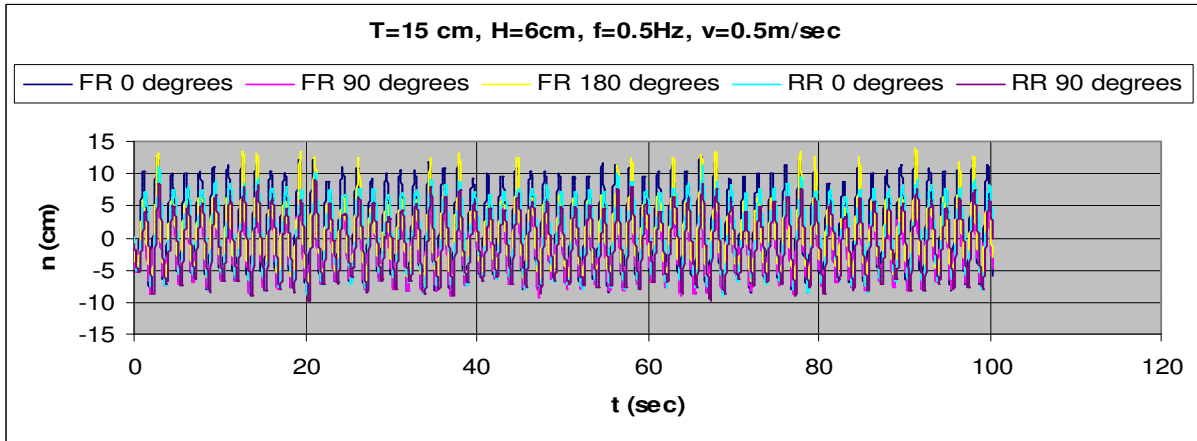


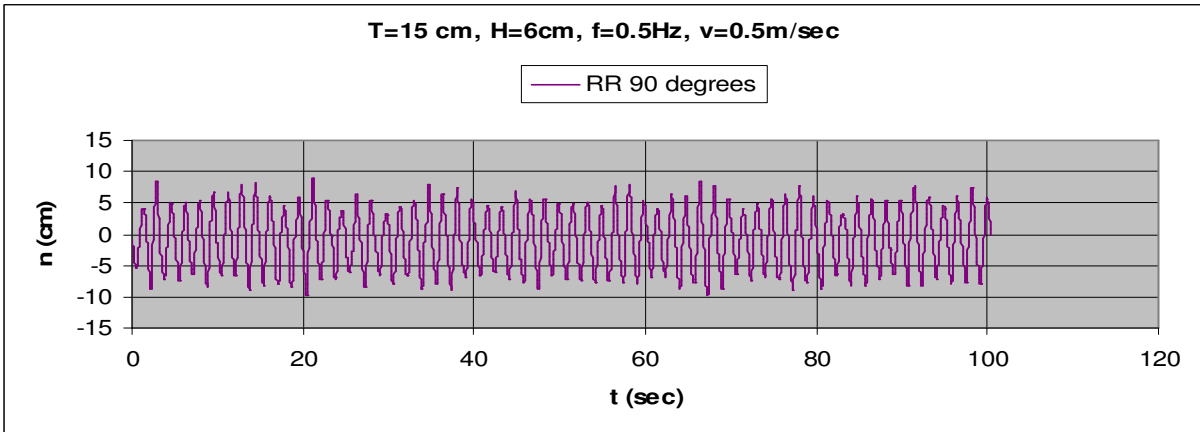
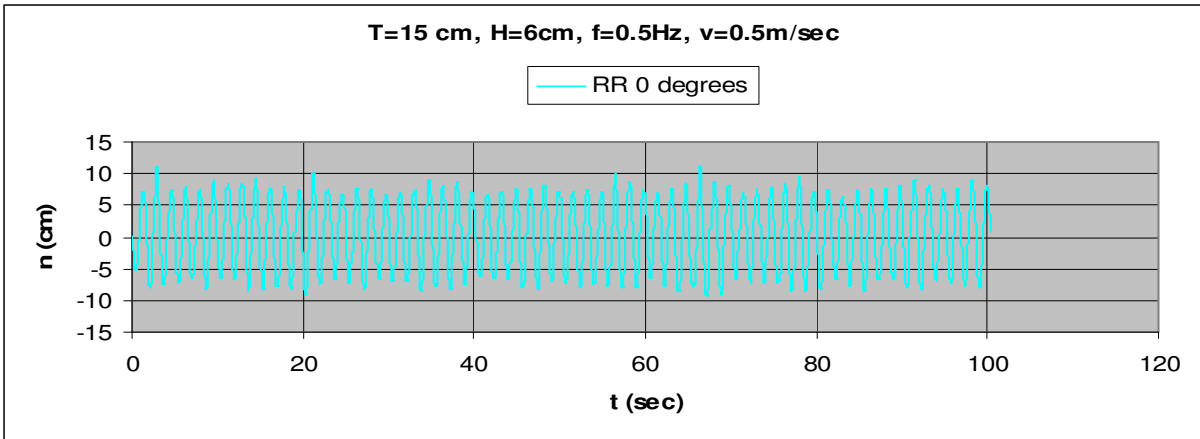
3.1.2.26 T=15cm, h=6cm, v=0.3m/s, f=0.5Hz, Fn=0.167, $\omega=3.142$ rad/sec



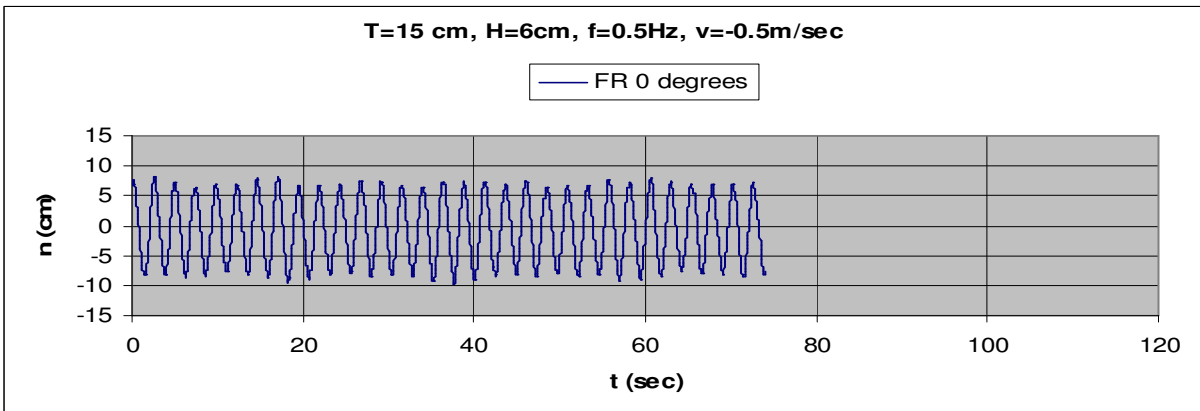
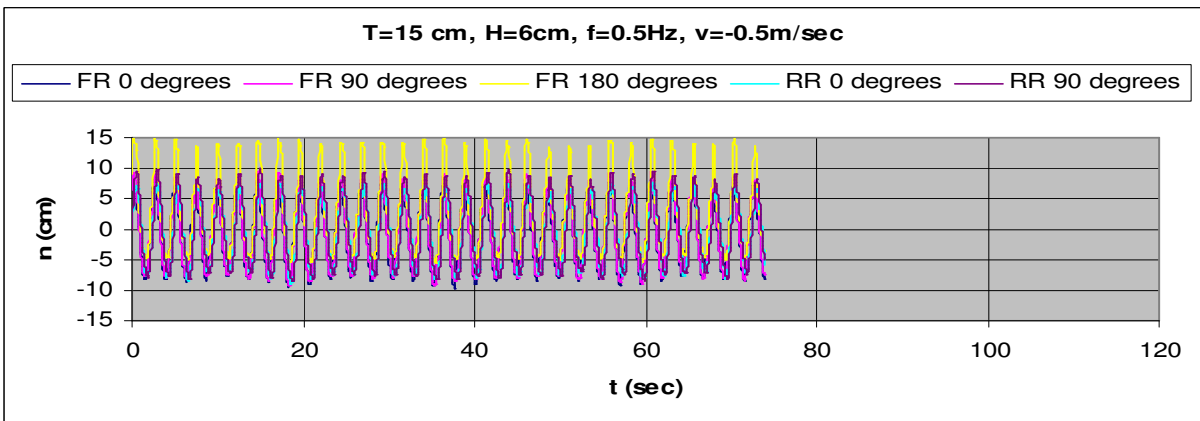


3.1.2.27 T=15cm, h=6cm, v=0.5m/s, f=0.5Hz, Fn=0.278, $\omega=3.142$ rad/sec

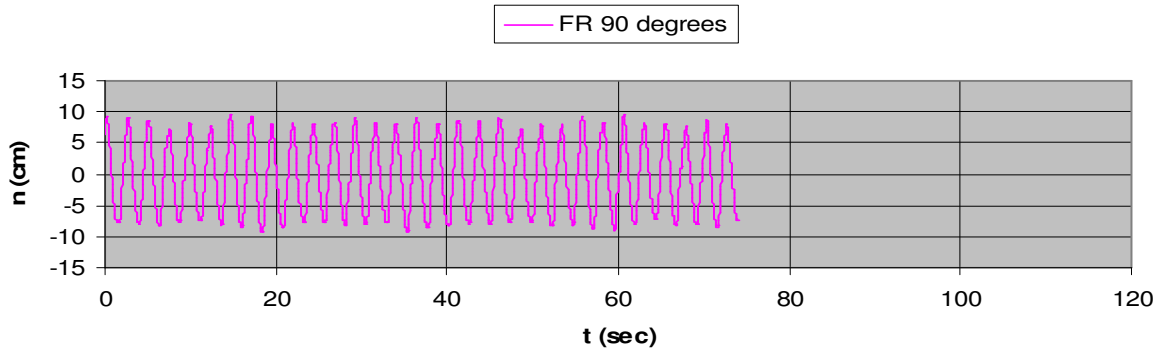




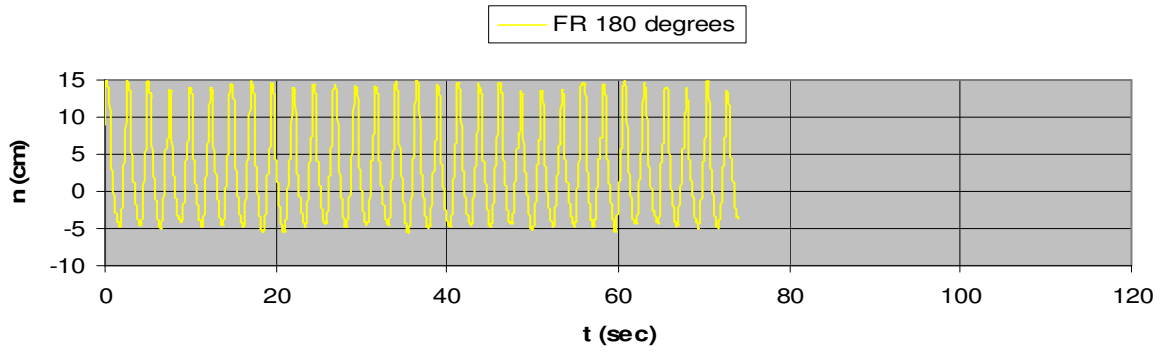
3.1.2.28 T=15cm, h=6cm, v=-0.5m/s, f=0.5Hz, Fn=0.278, $\omega=3.142$ rad/sec



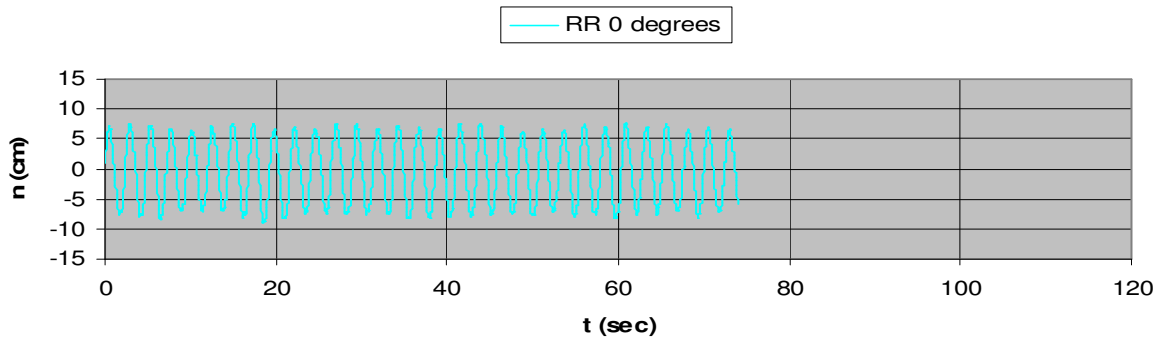
T=15 cm, H=6cm, f=0.5Hz, v=-0.5m/sec



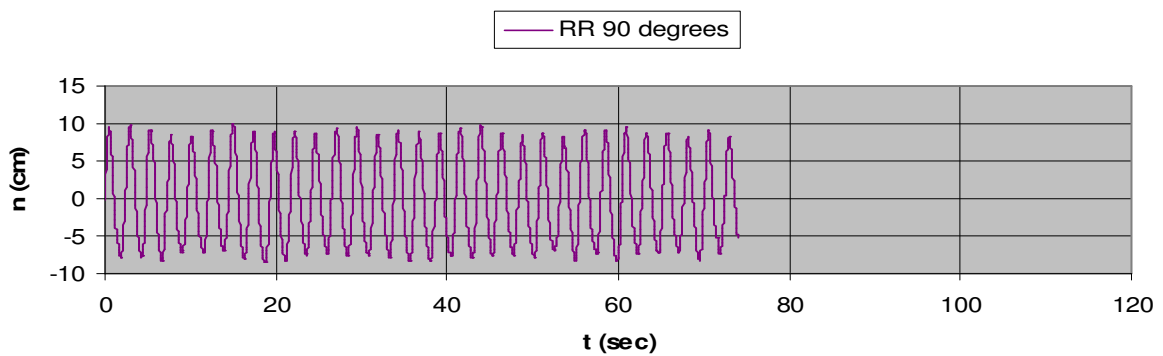
T=15 cm, H=6cm, f=0.5Hz, v=-0.5m/sec



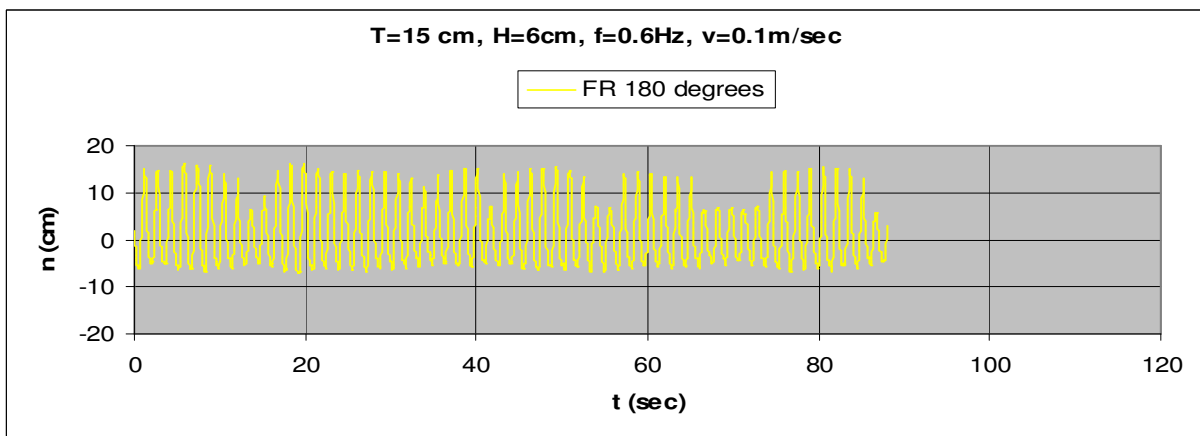
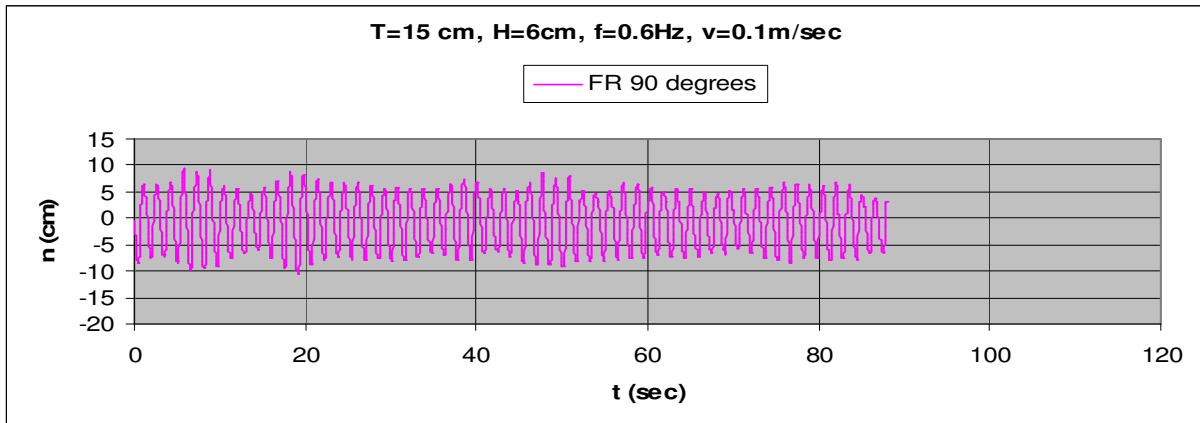
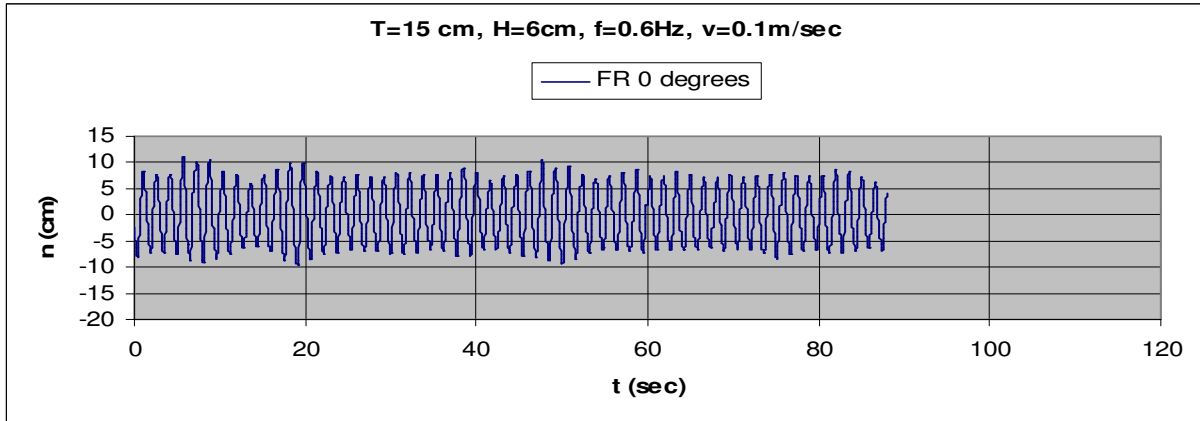
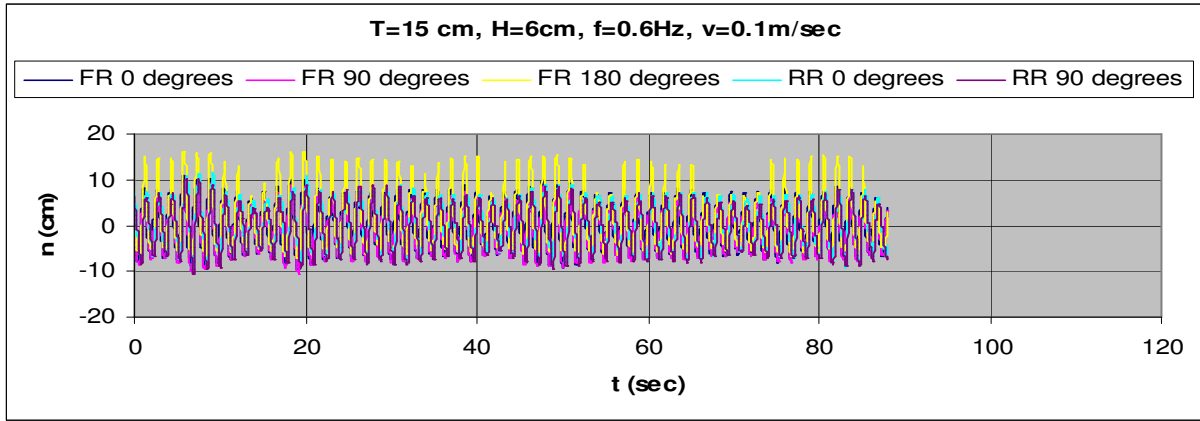
T=15 cm, H=6cm, f=0.5Hz, v=-0.5m/sec

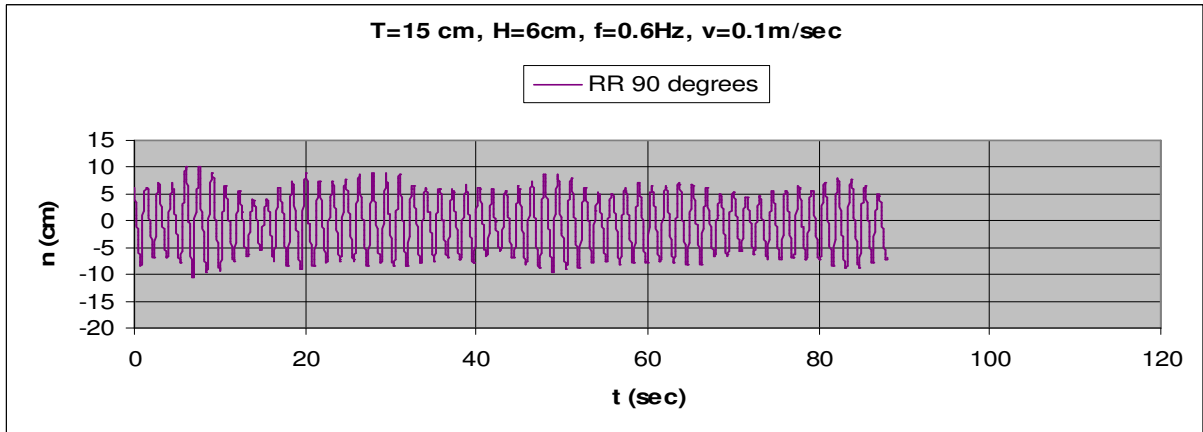
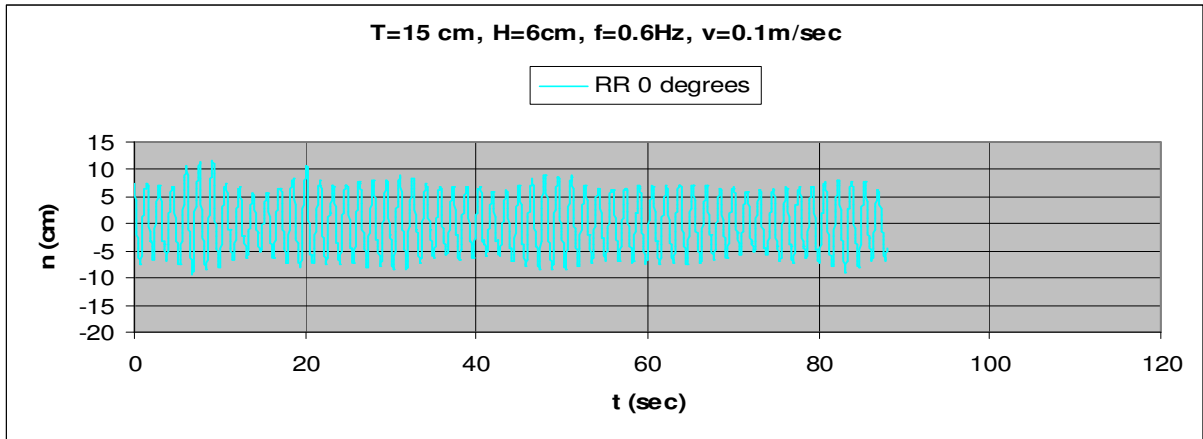


T=15 cm, H=6cm, f=0.5Hz, v=-0.5m/sec

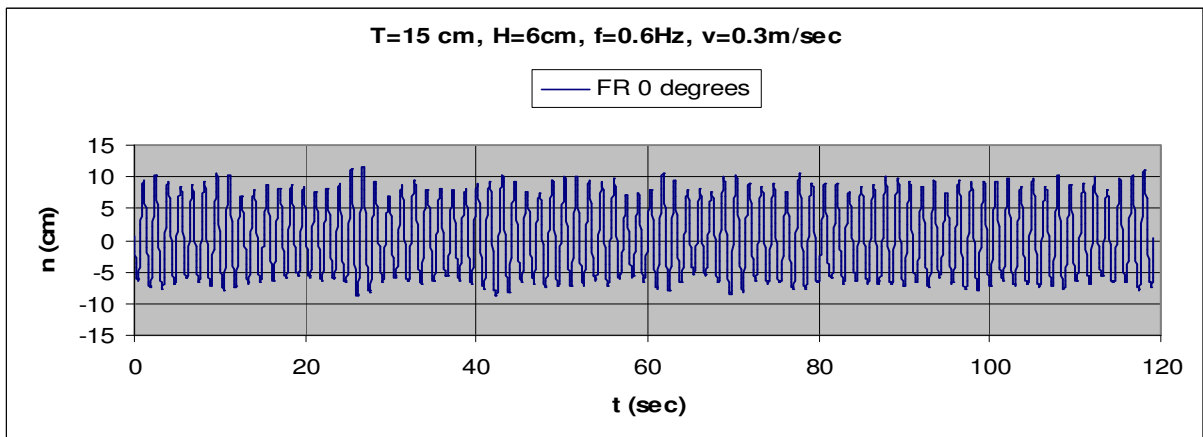
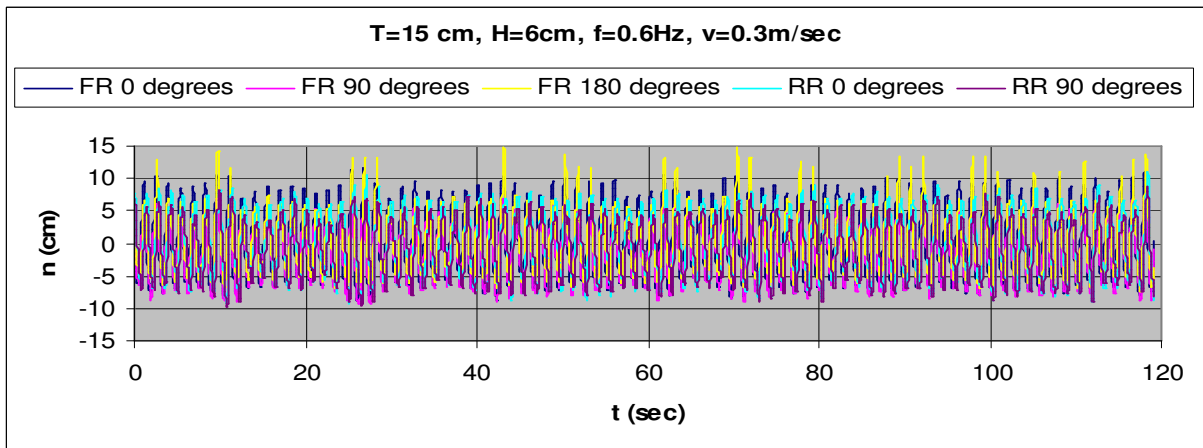


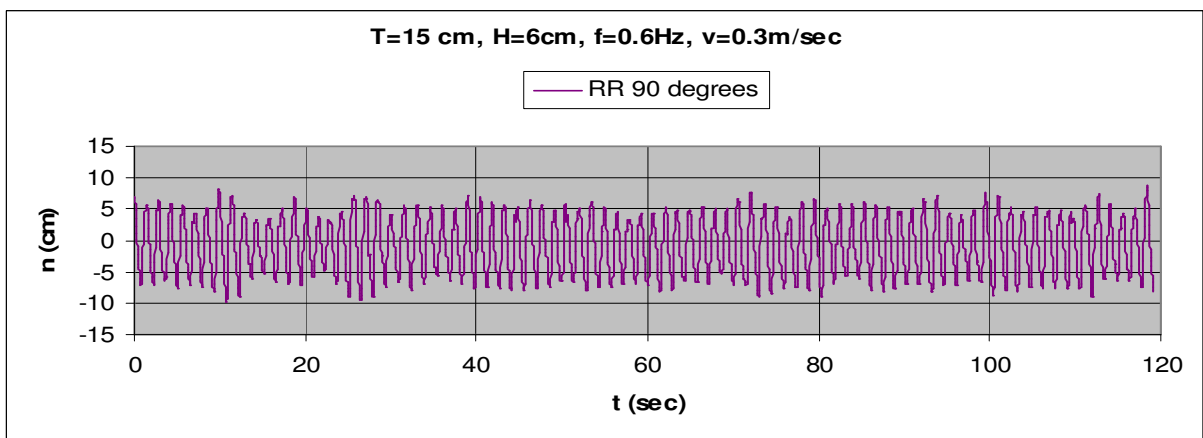
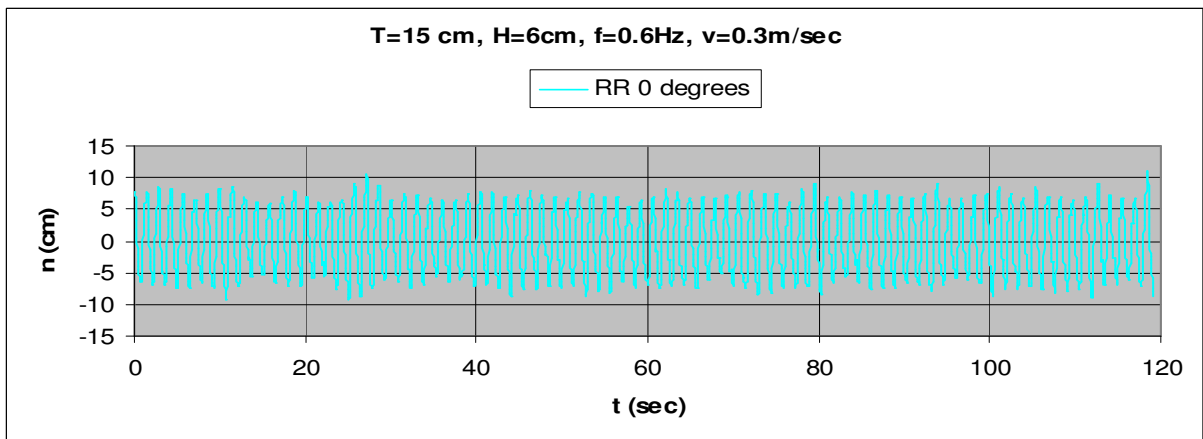
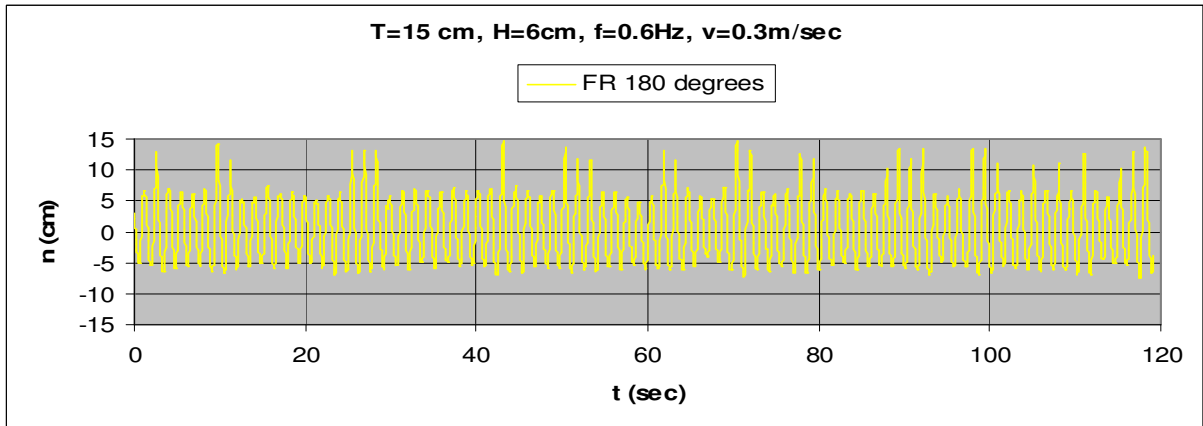
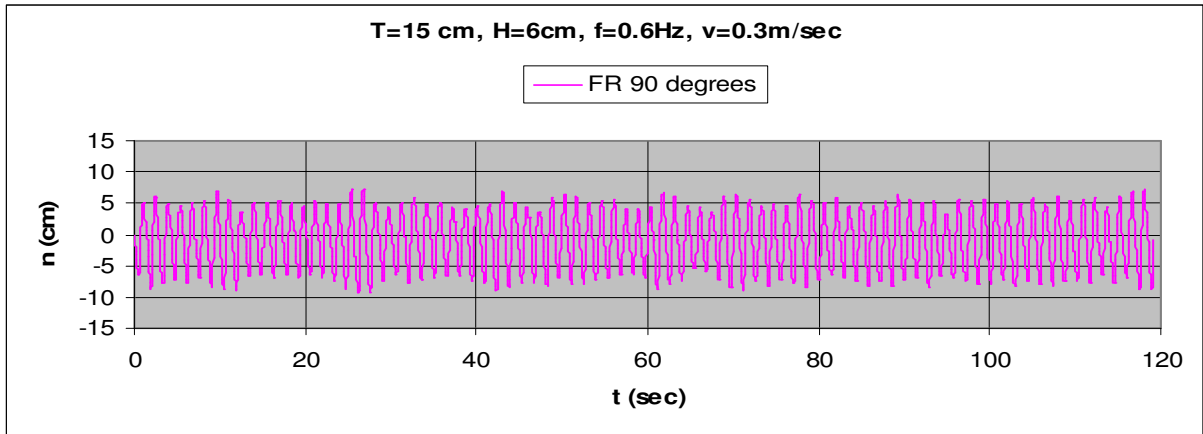
3.1.2.29 $T=15\text{cm}$, $h=6\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.6\text{Hz}$, $F_n=0.056$, $\omega=3.770\text{rad/sec}$



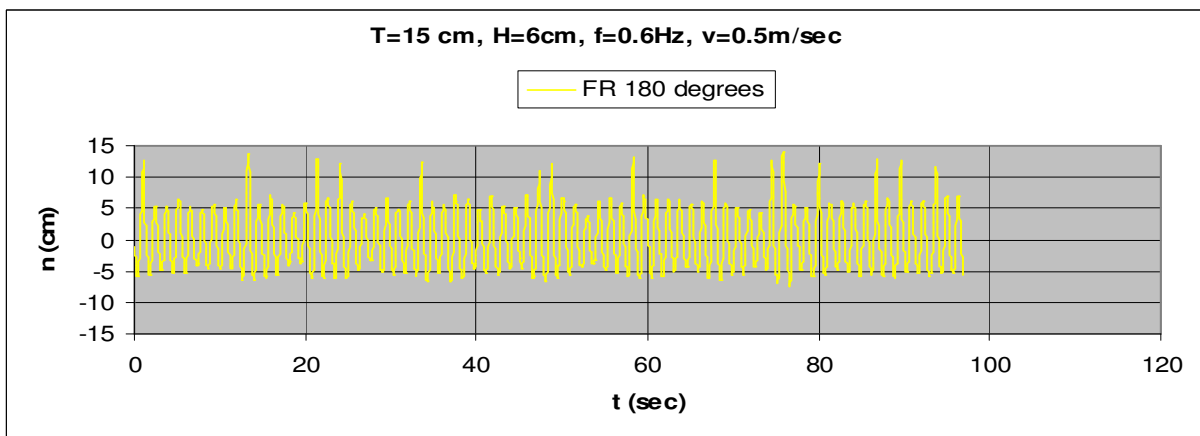
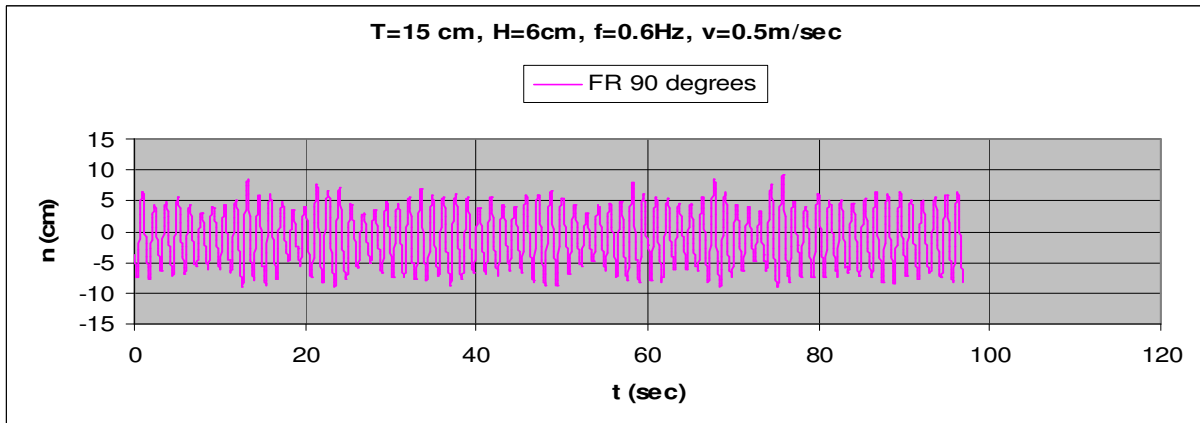
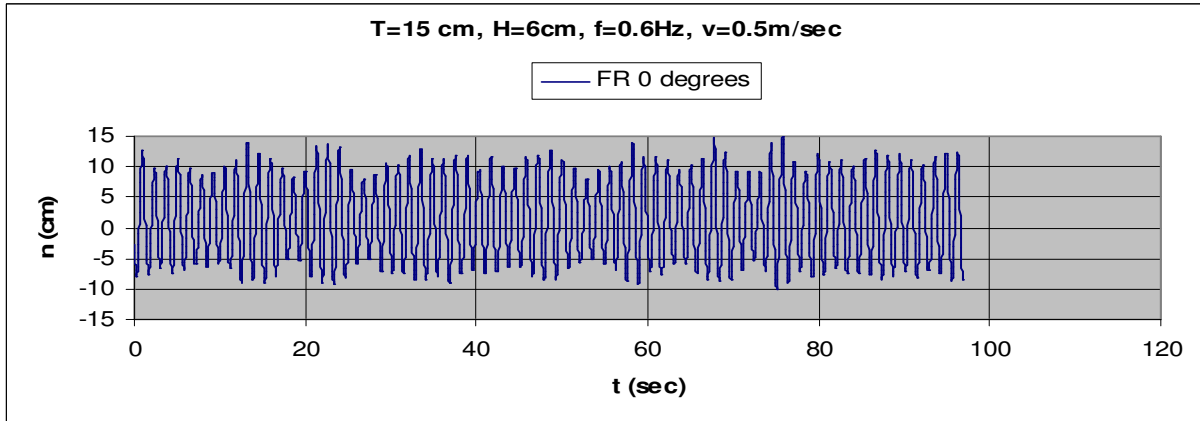
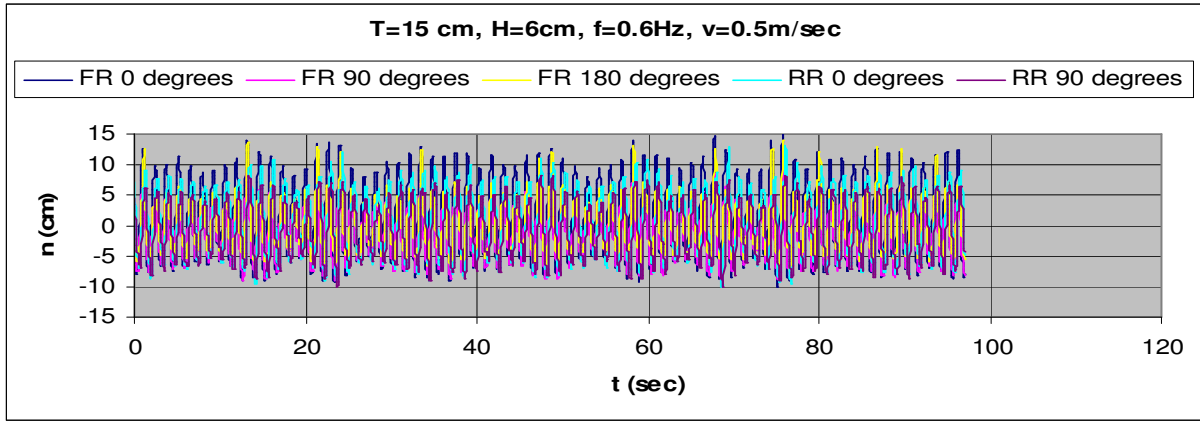


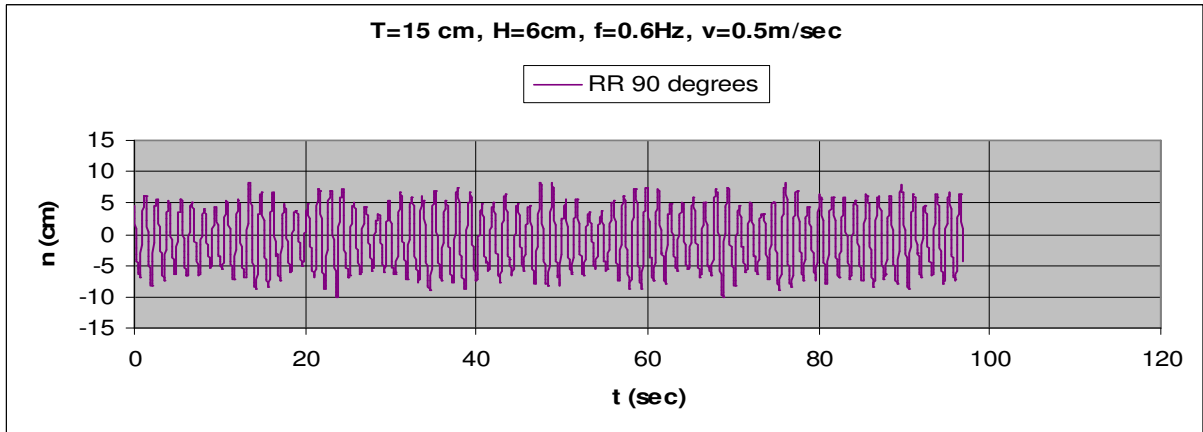
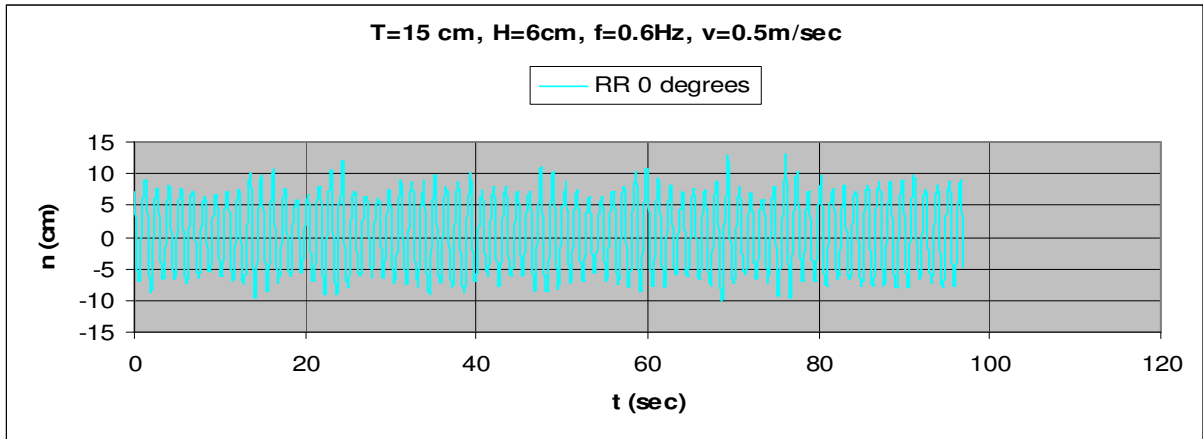
3.1.2.30 T=15cm, h=6cm, v=0.3m/s, f=0.6Hz, Fn=0.167, $\omega=3.770$ rad/sec



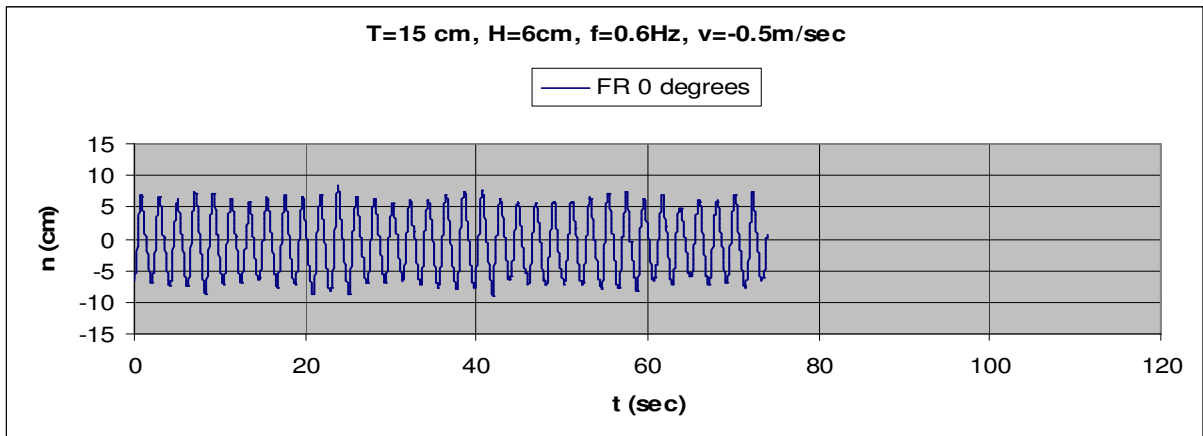
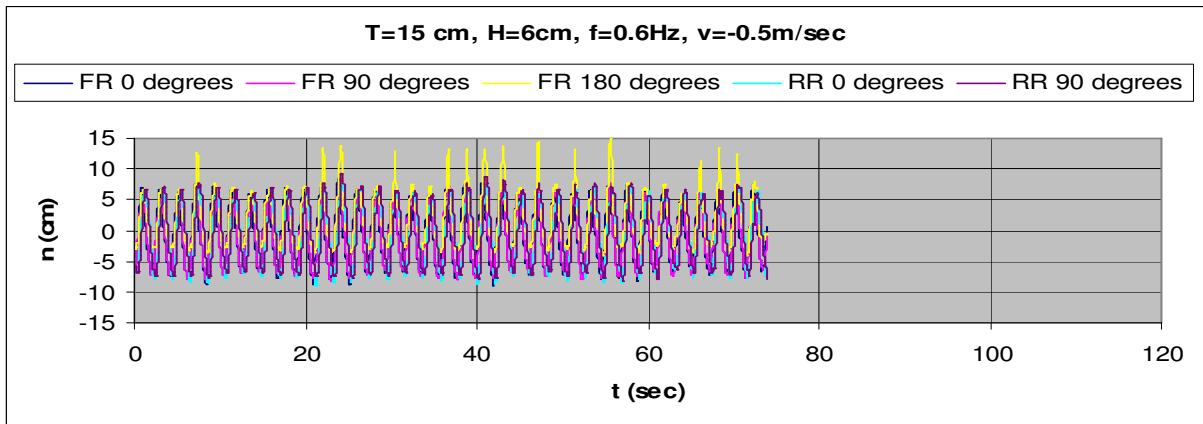


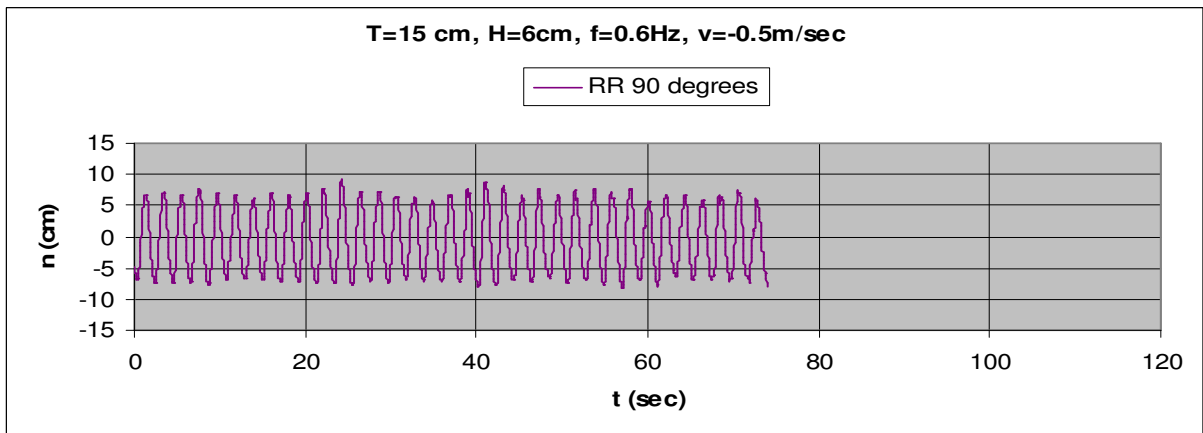
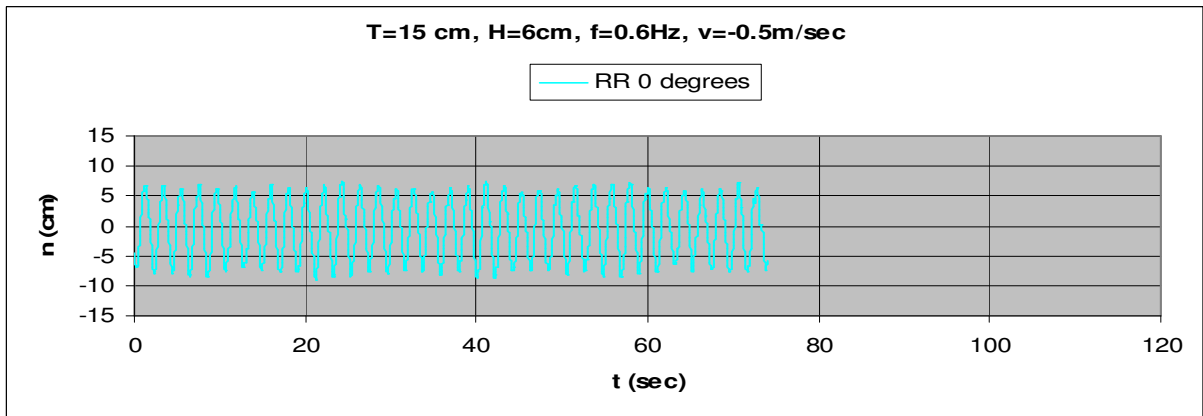
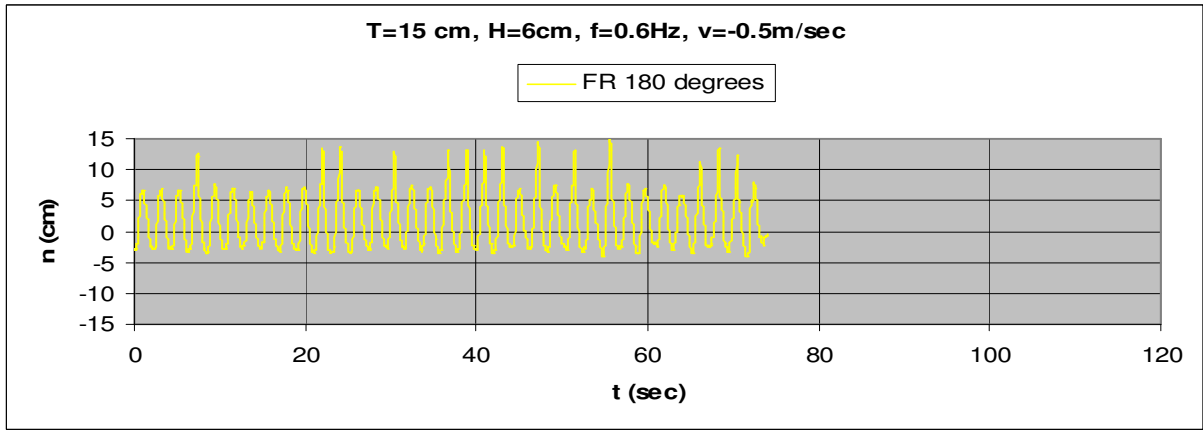
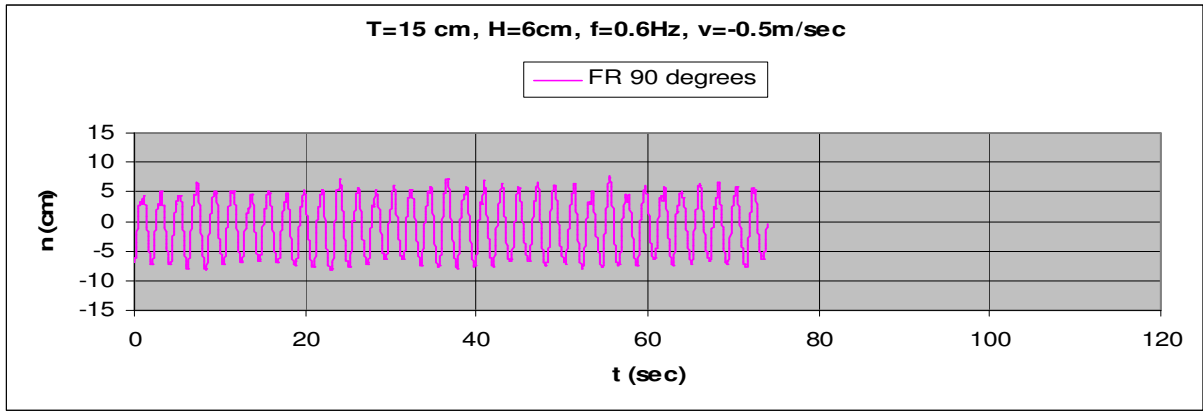
3.1.2.31 $T=15\text{cm}$, $h=6\text{cm}$, $v=0.5\text{m/s}$, $f=0.6\text{Hz}$, $F_n=0.278$, $\omega=3.770\text{rad/sec}$



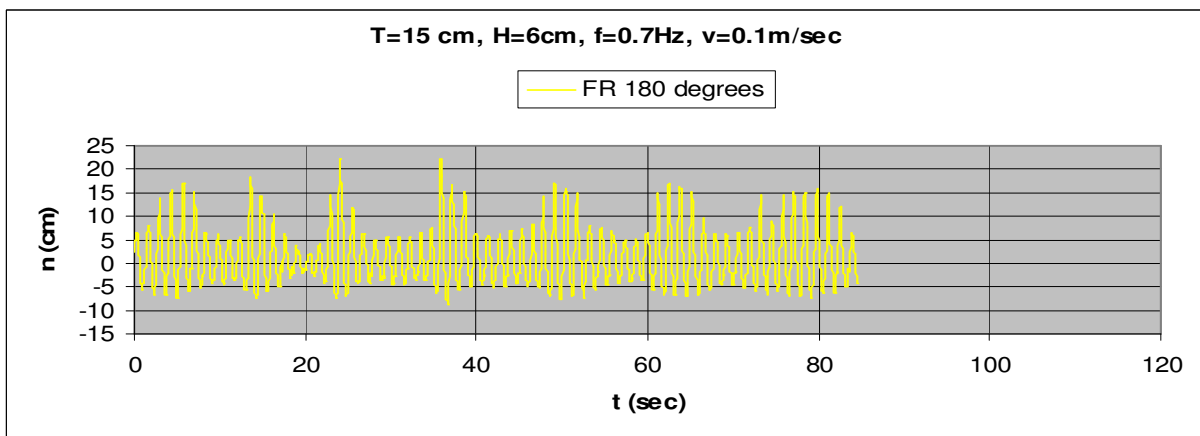
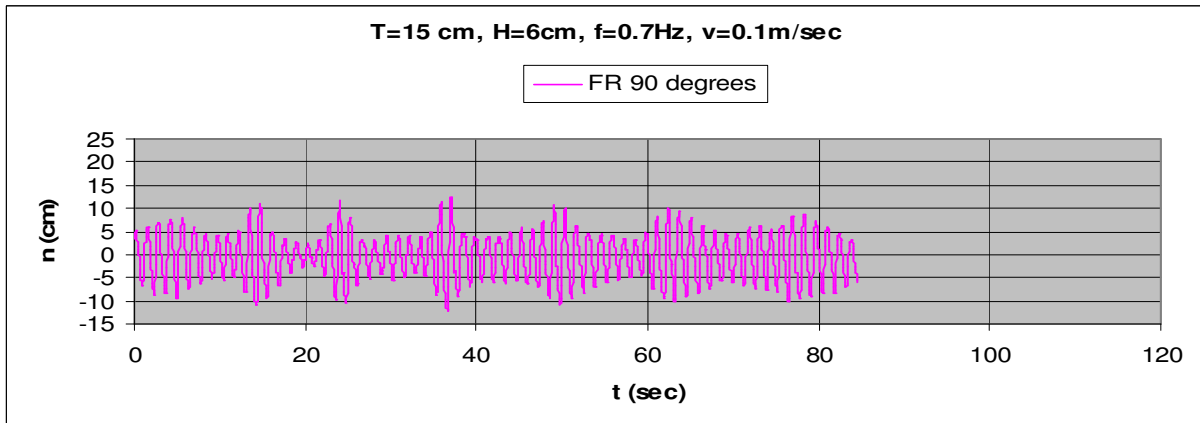
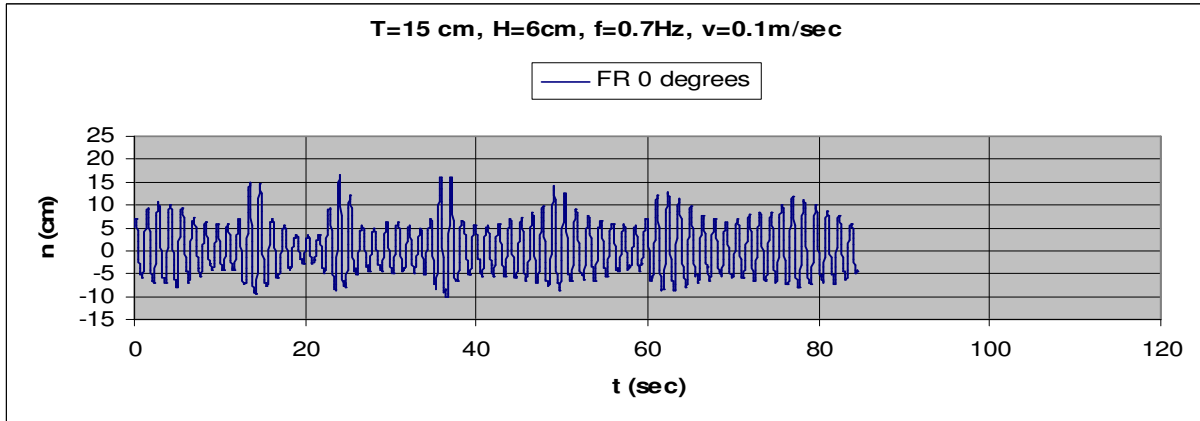
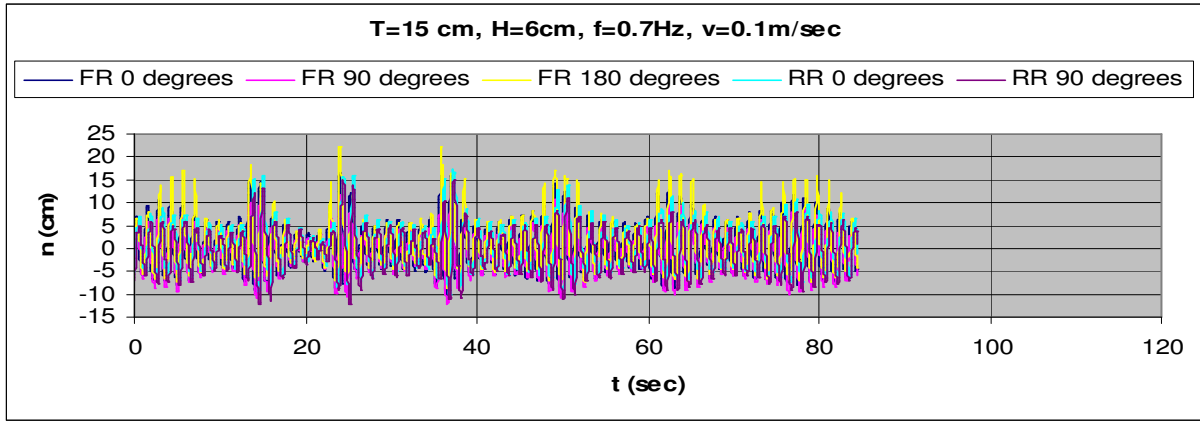


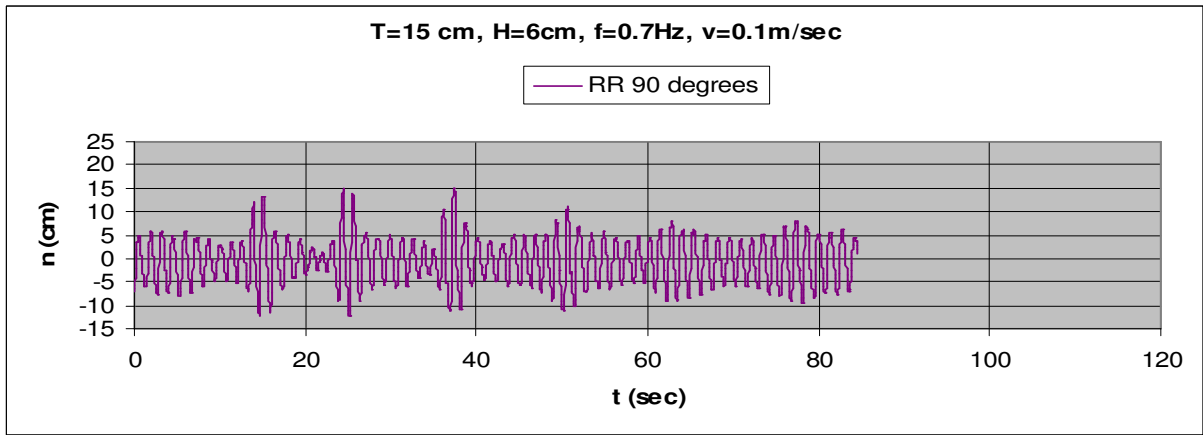
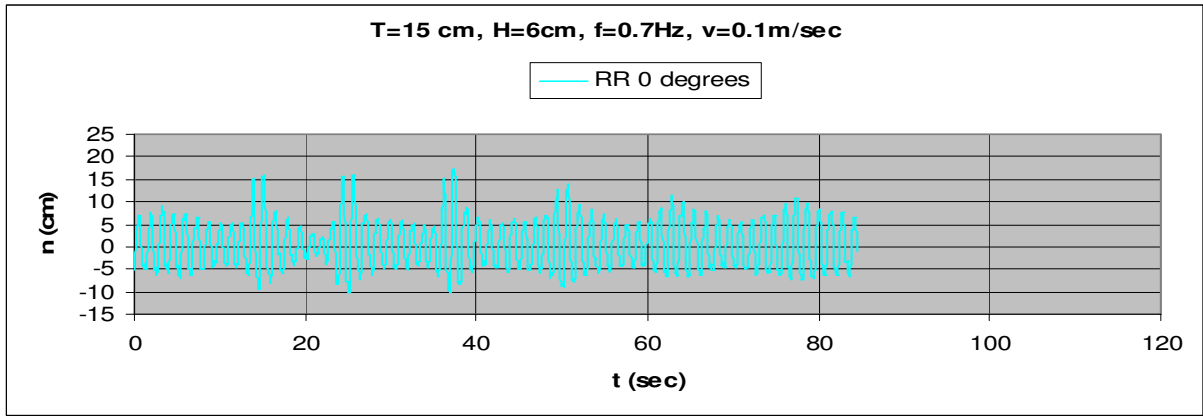
3.1.2.32 T=15cm, h=6cm, v=-0.5m/s, f=0.6Hz, Fn=0.278, $\omega=3.770$ rad/sec



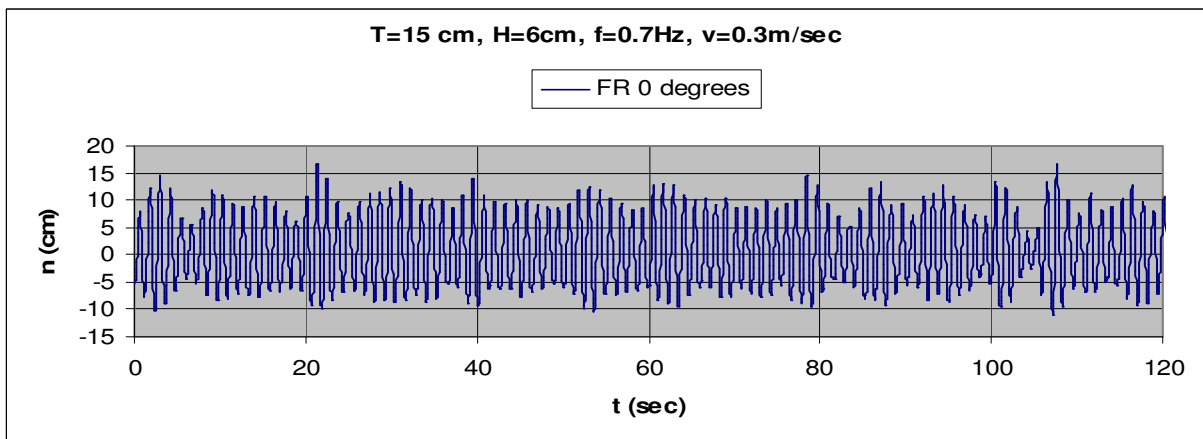
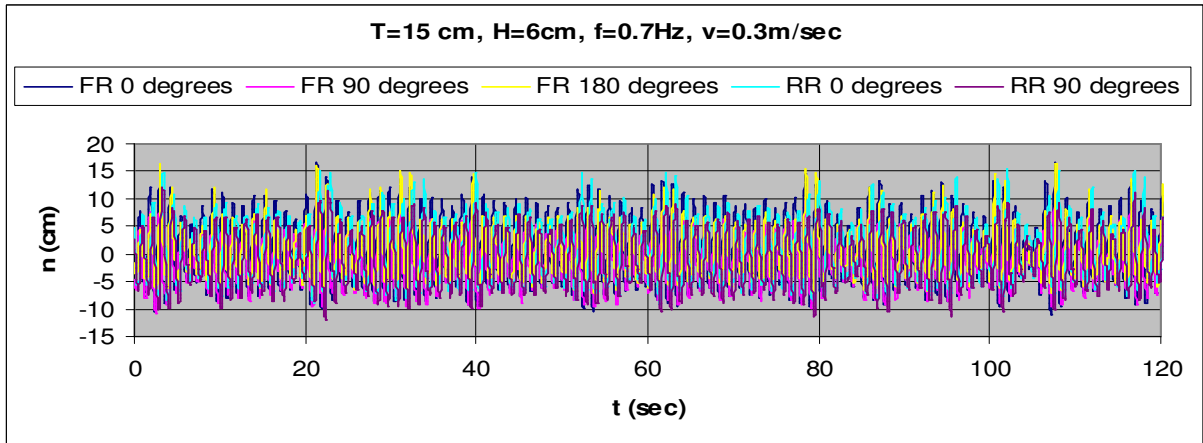


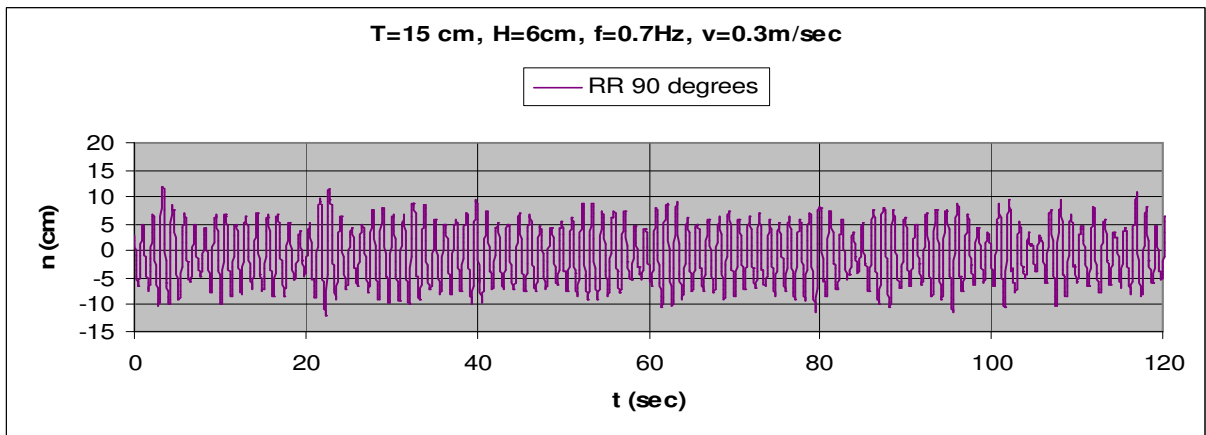
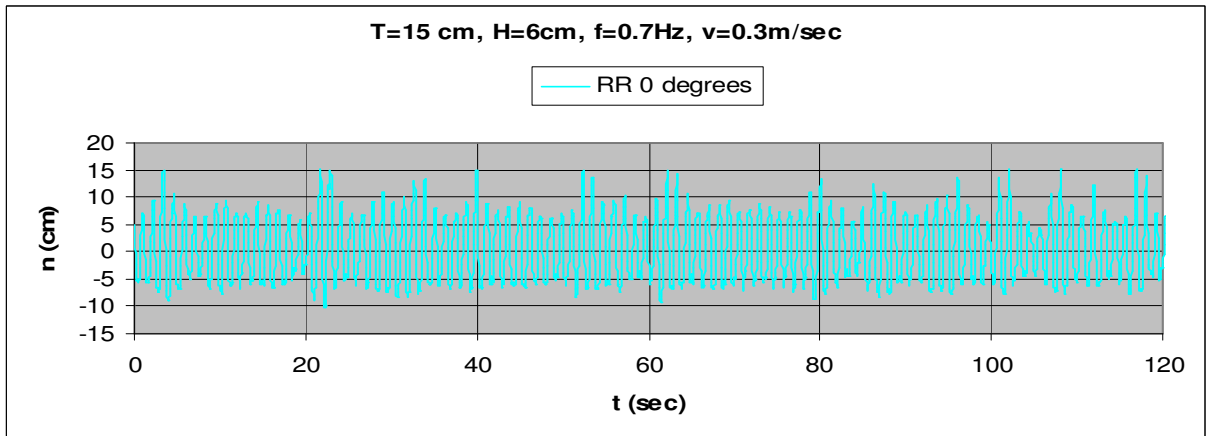
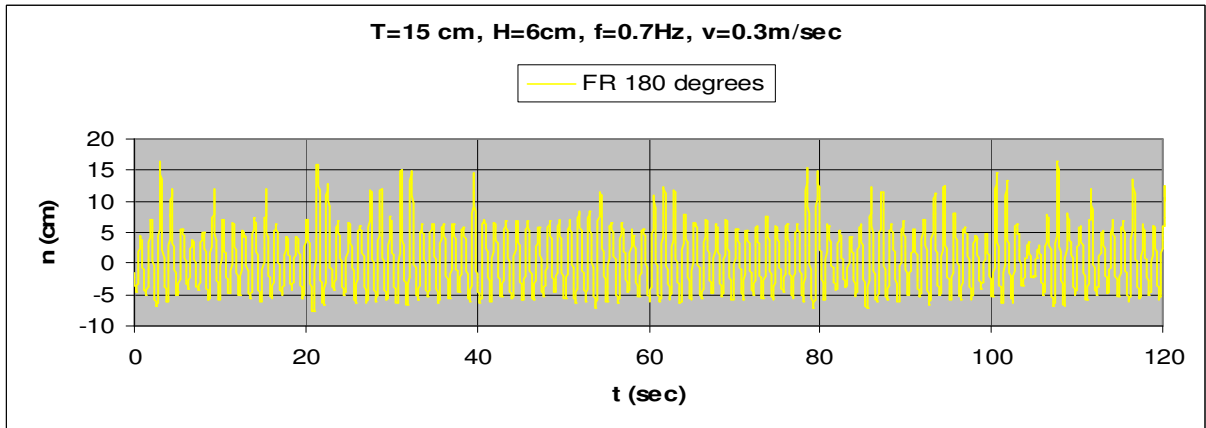
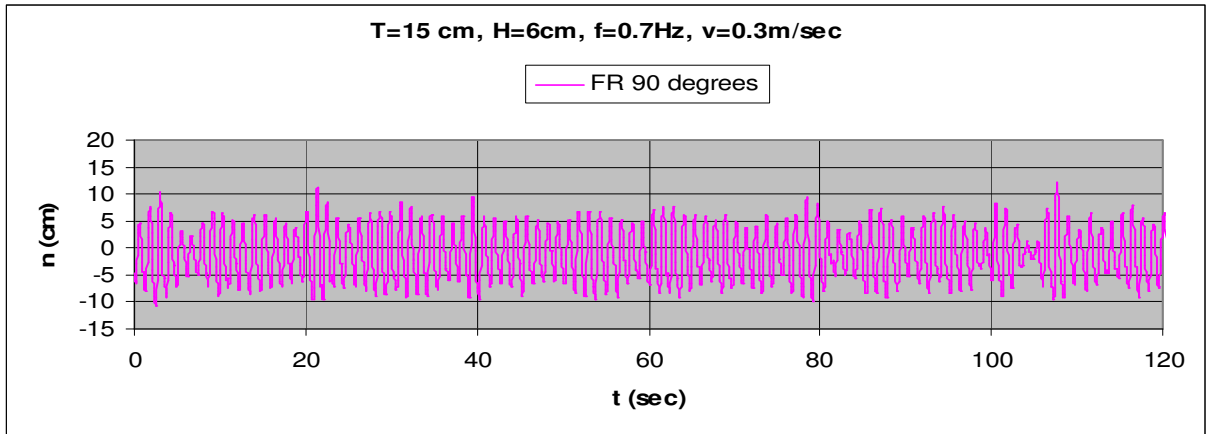
3.1.2.33 $T=15\text{cm}$, $h=6\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.7\text{Hz}$, $F_n=0.056$, $\omega=4.398\text{rad/sec}$



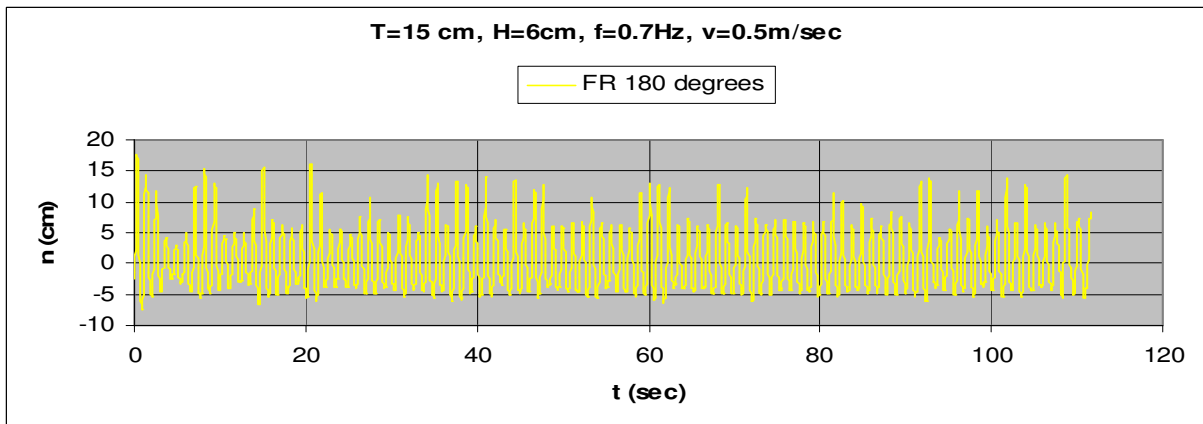
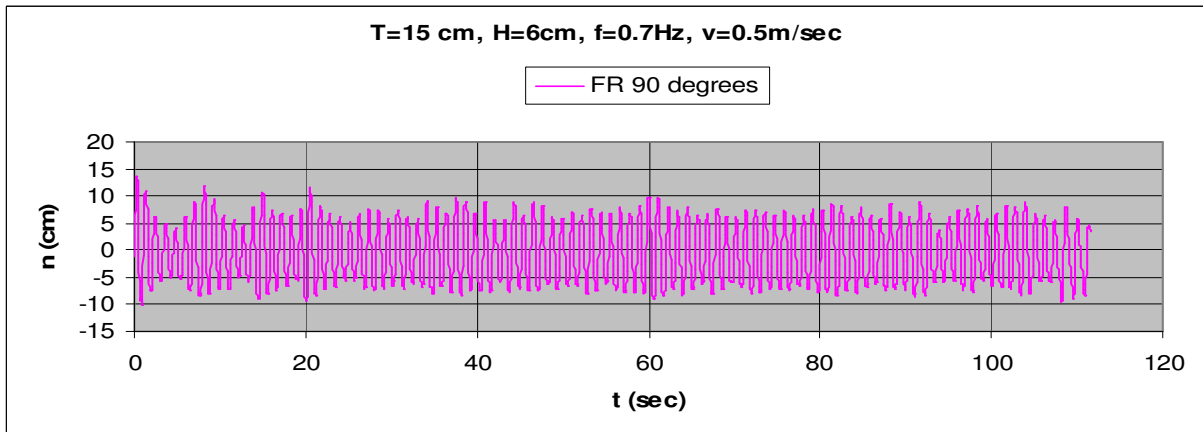
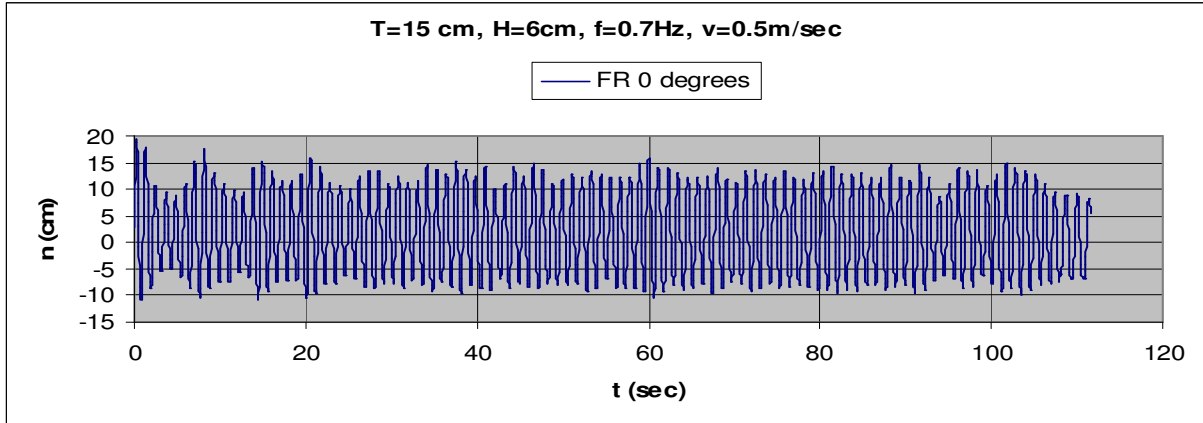
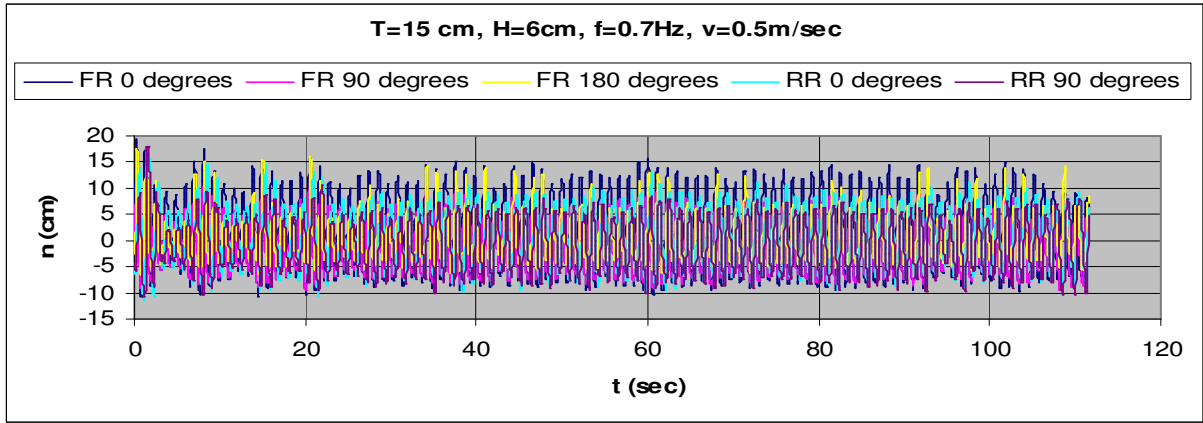


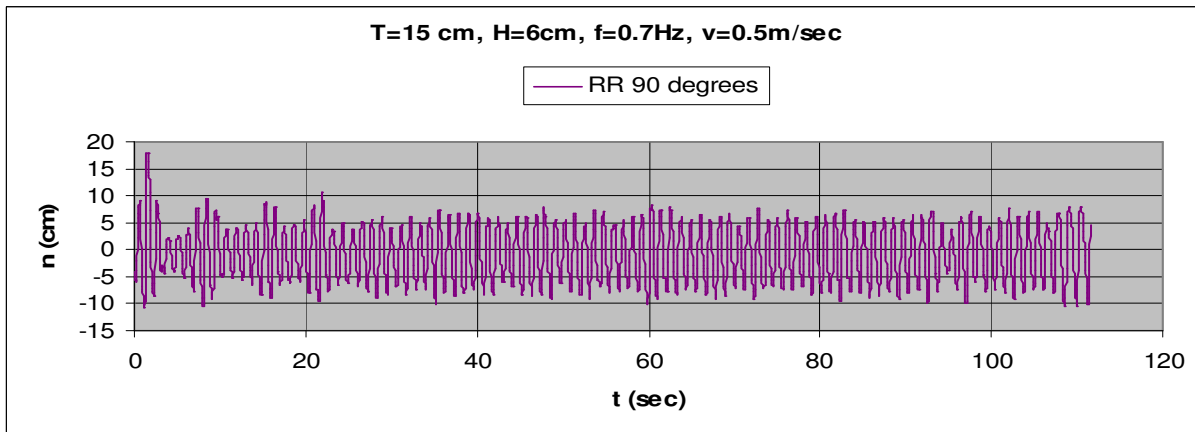
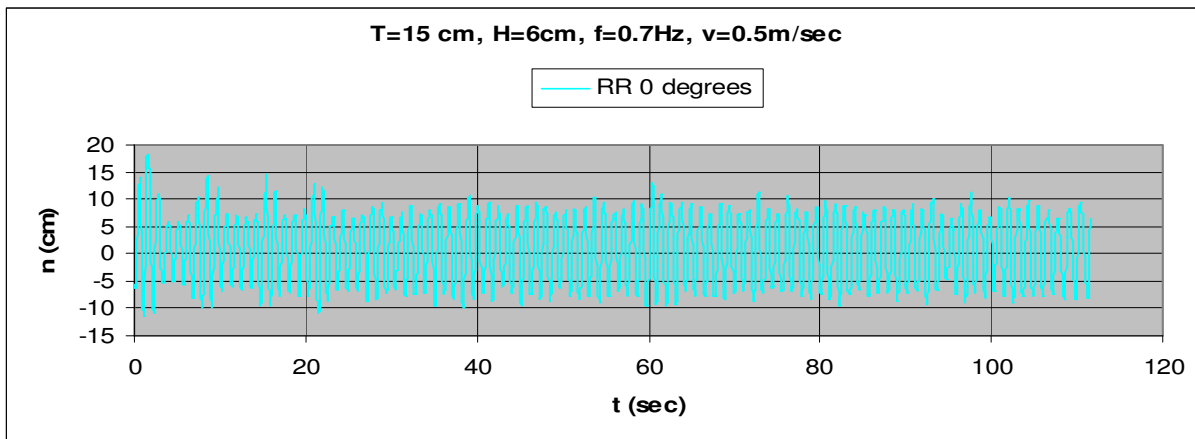
3.1.2.34 T=15cm, h=6cm, v=0.3m/s, f=0.7Hz, Fn=0.167, $\omega=4.398$ rad/sec



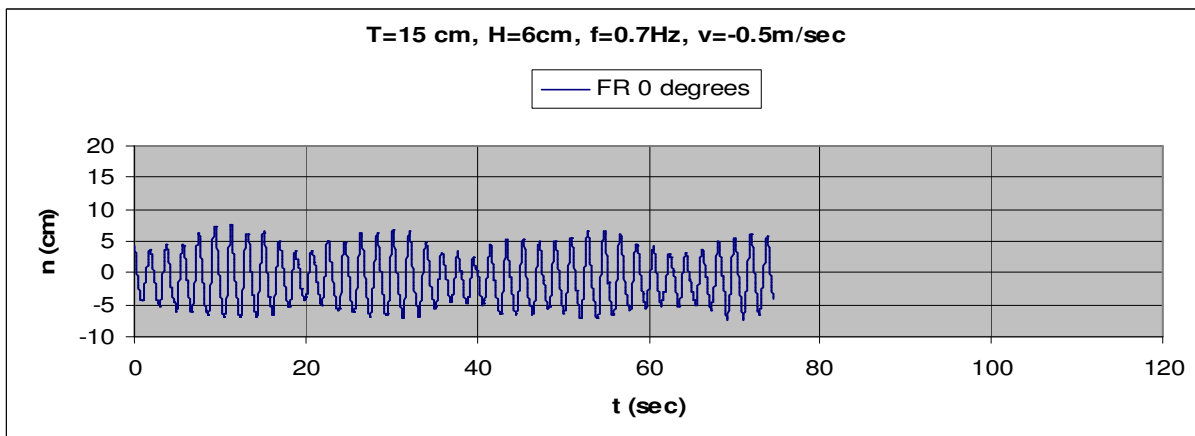
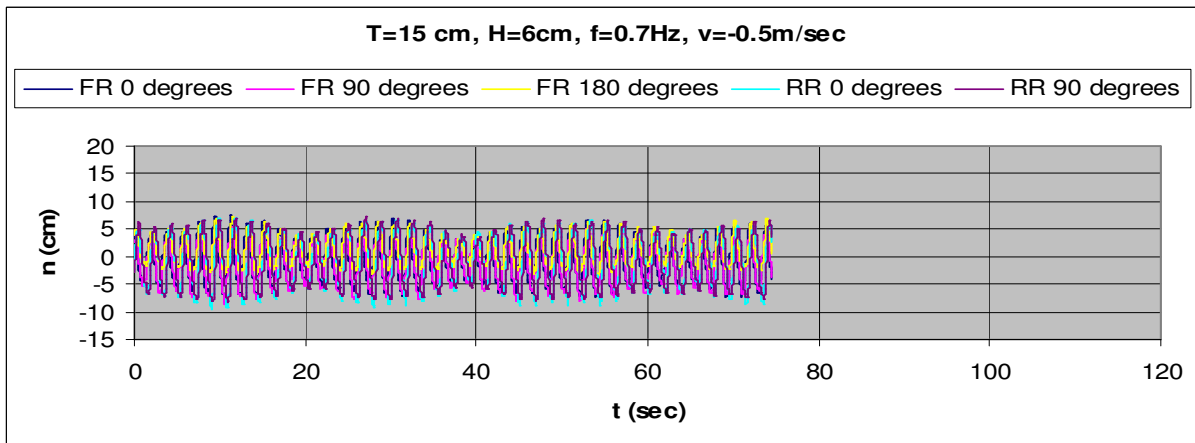


3.1.2.35 $T=15\text{cm}$, $h=6\text{cm}$, $v=0.5\text{m/s}$, $f=0.7\text{Hz}$, $F_n=0.278$, $\omega=4.398\text{rad/sec}$

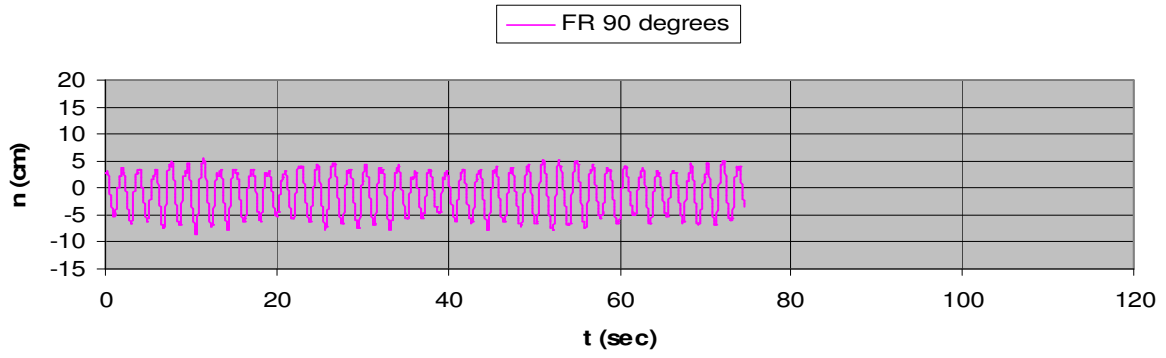




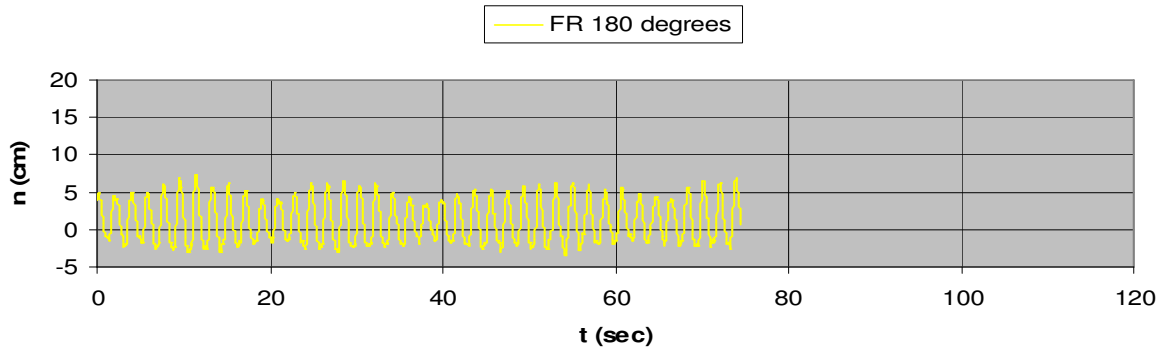
3.1.2.36 T=15cm, h=6cm, v=-0.5m/s, f=0.7Hz, Fn=0.278, $\omega=4.398$ rad/sec



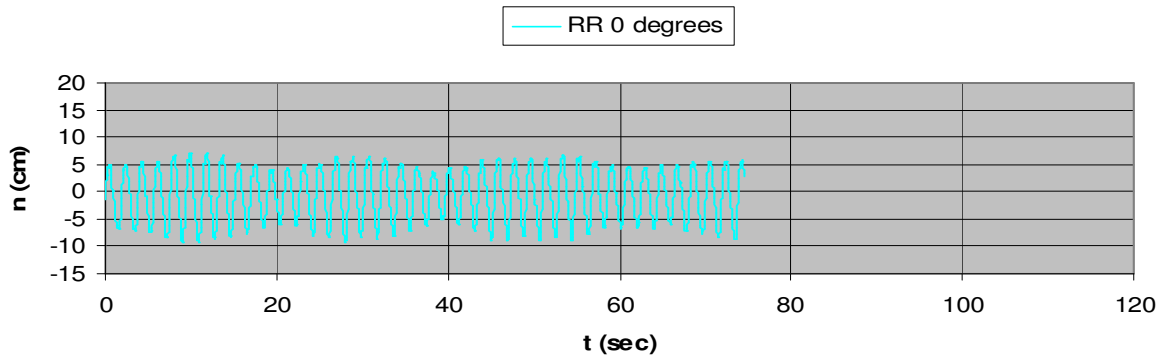
T=15 cm, H=6cm, f=0.7Hz, v=-0.5m/sec



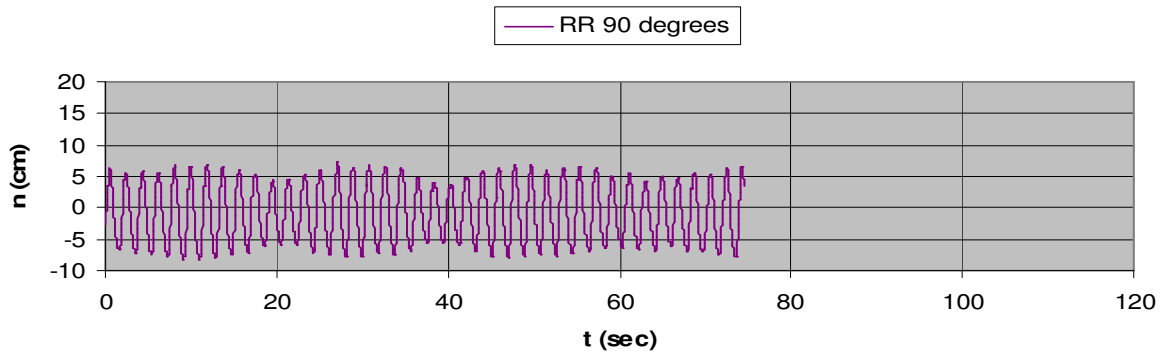
T=15 cm, H=6cm, f=0.7Hz, v=-0.5m/sec



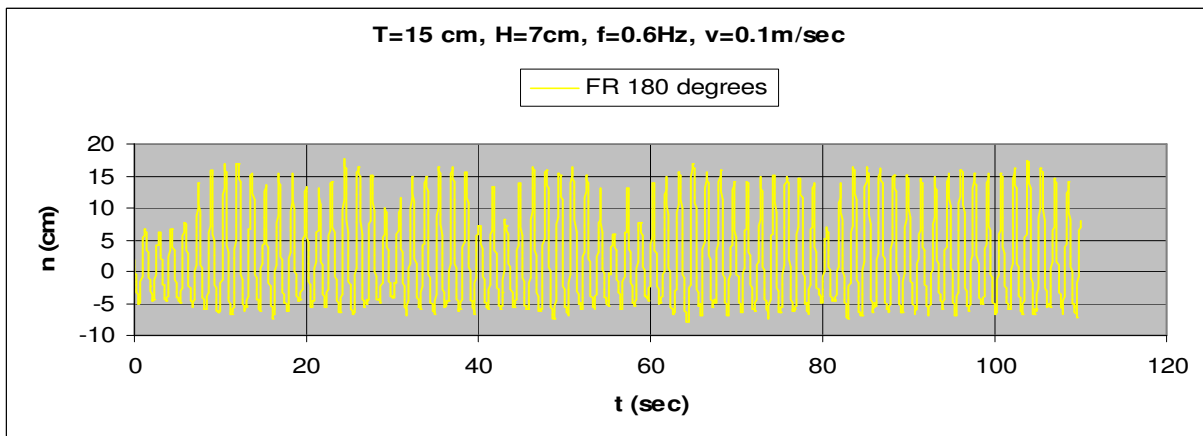
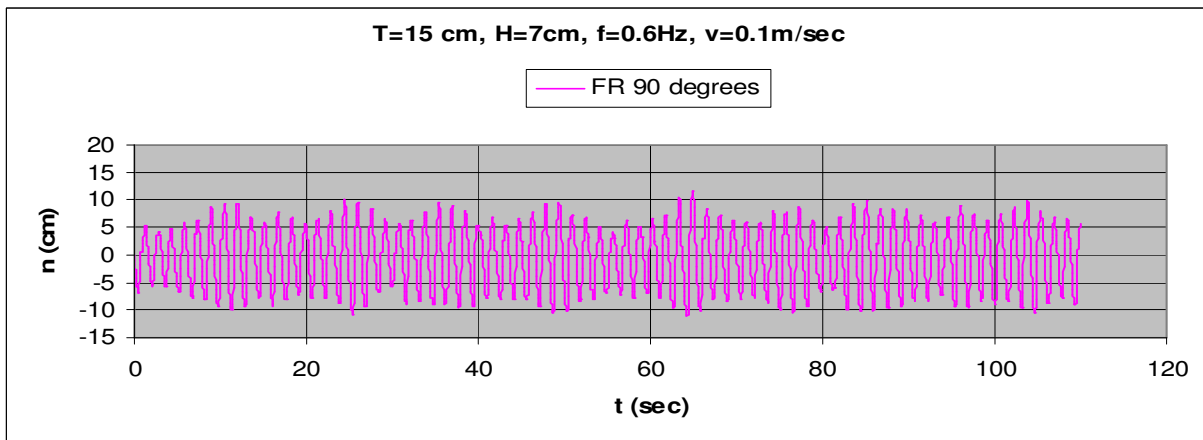
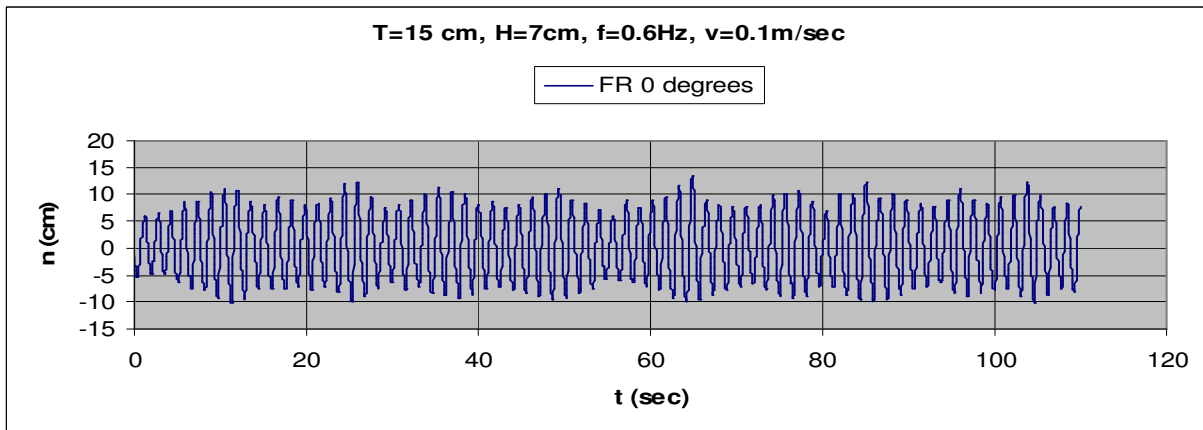
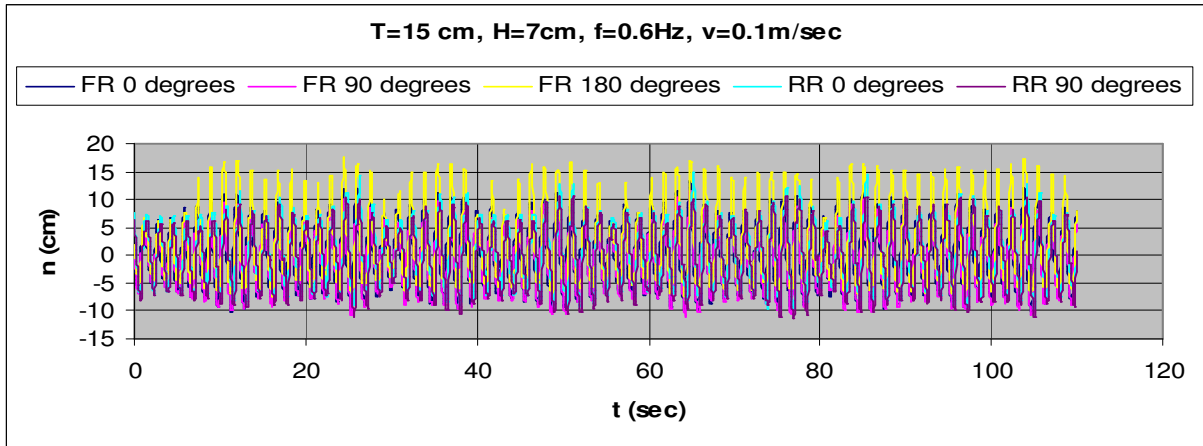
T=15 cm, H=6cm, f=0.7Hz, v=-0.5m/sec

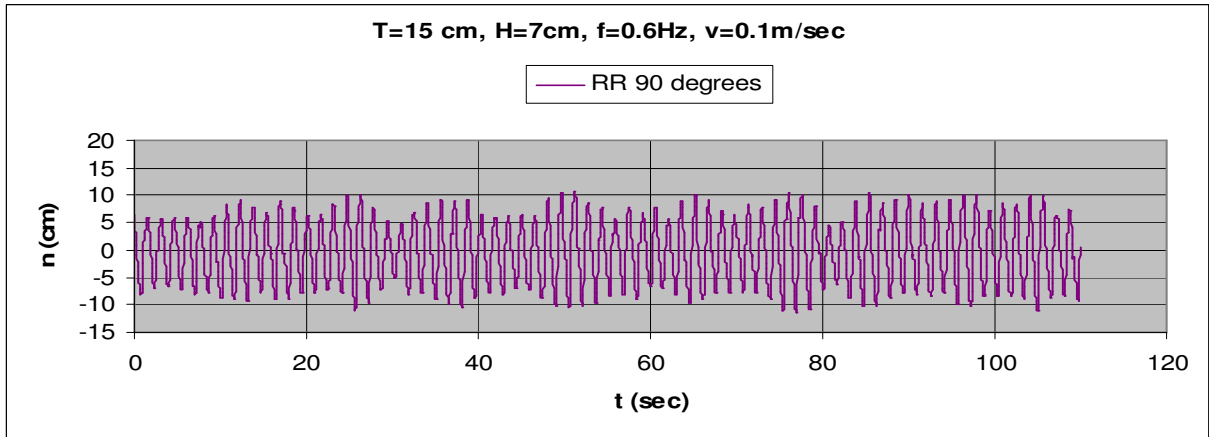
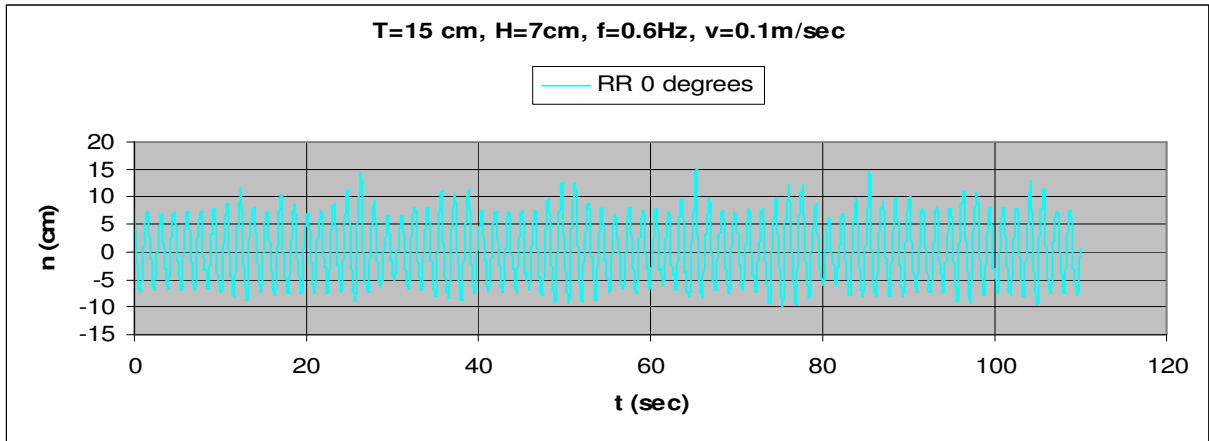


T=15 cm, H=6cm, f=0.7Hz, v=-0.5m/sec

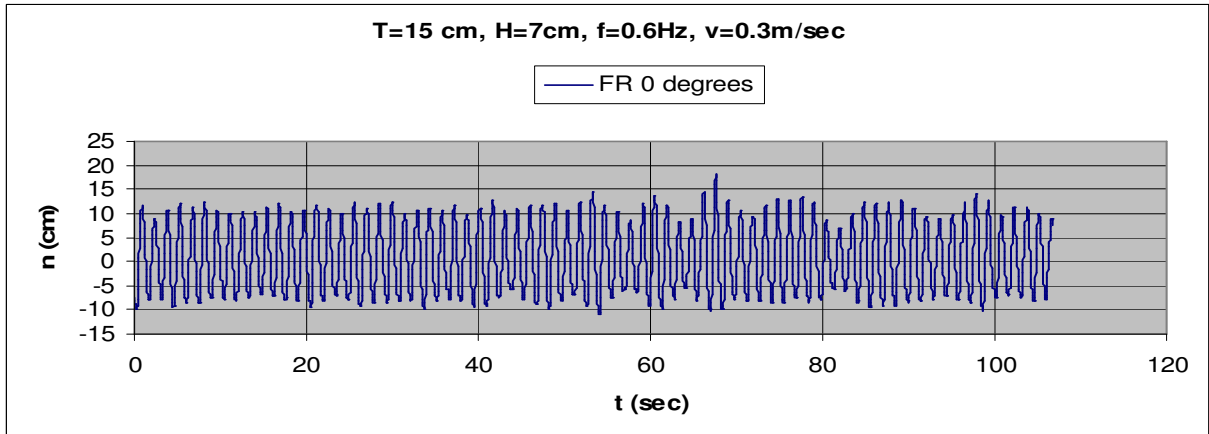
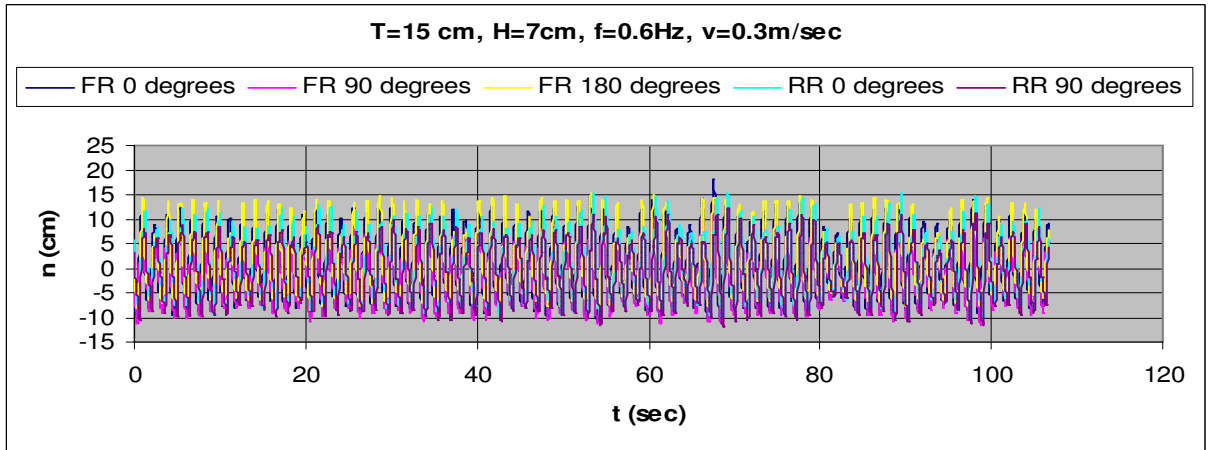


3.1.2.37 $T=15\text{cm}$, $h=7\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.6\text{Hz}$, $F_n=0.056$, $\omega=3.770\text{rad/sec}$



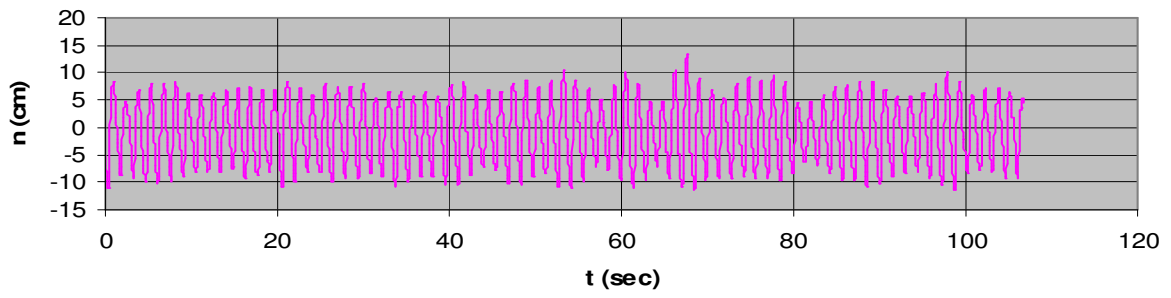


3.1.2.38 T=15cm, h=7cm, v=0.3m/s, f=0.6Hz, Fn=0.167, $\omega=3.770$ rad/sec



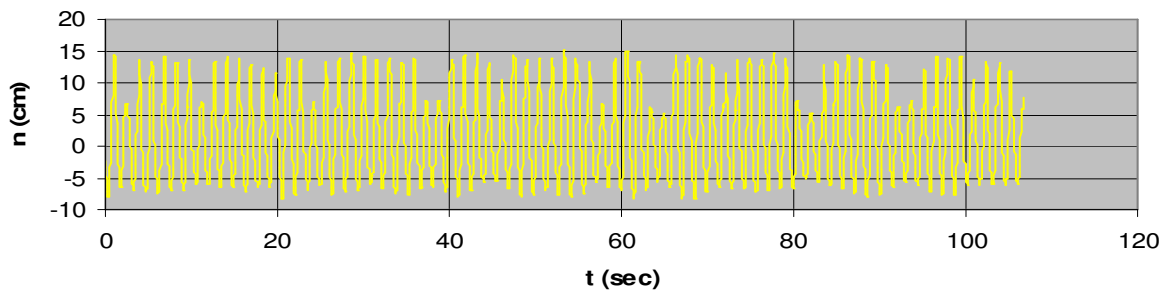
T=15 cm, H=7cm, f=0.6Hz, v=0.3m/sec

FR 90 degrees



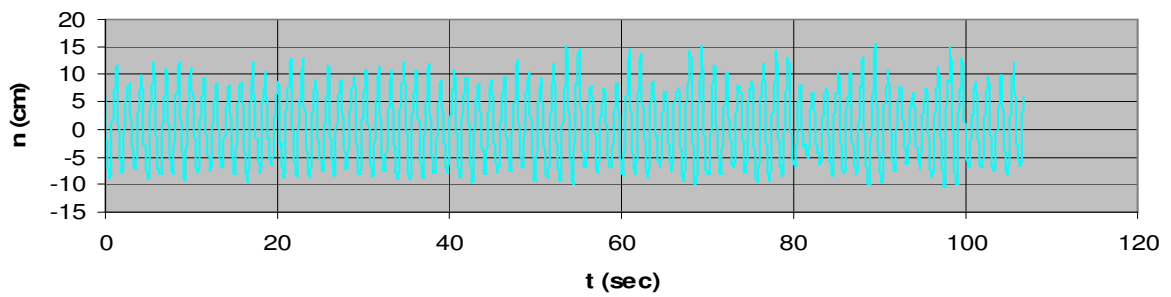
T=15 cm, H=7cm, f=0.6Hz, v=0.3m/sec

FR 180 degrees



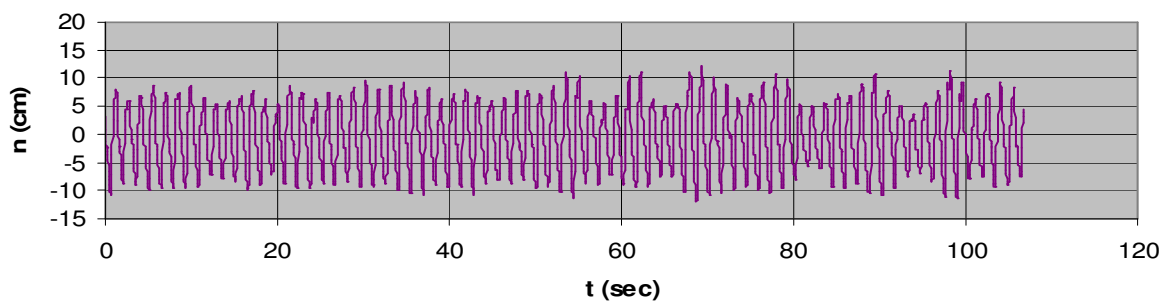
T=15 cm, H=7cm, f=0.6Hz, v=0.3m/sec

RR 0 degrees

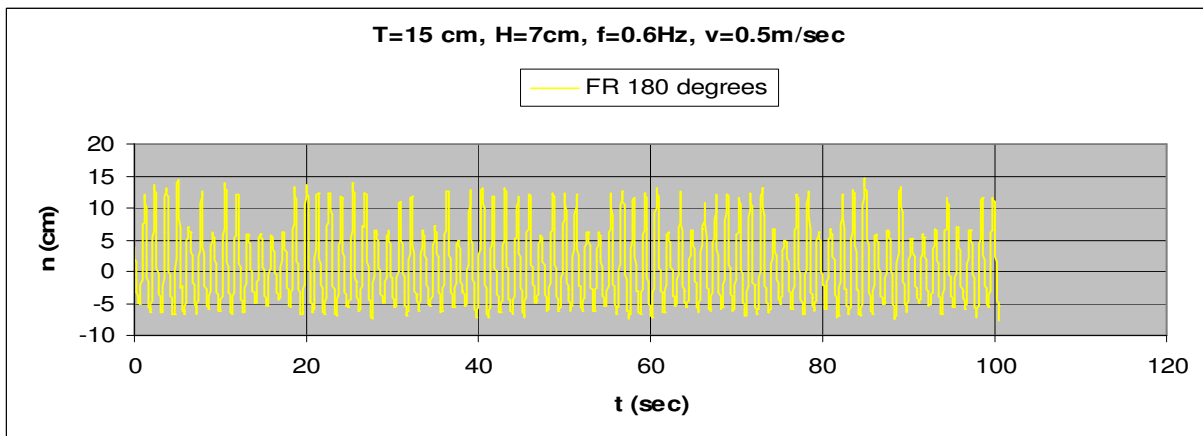
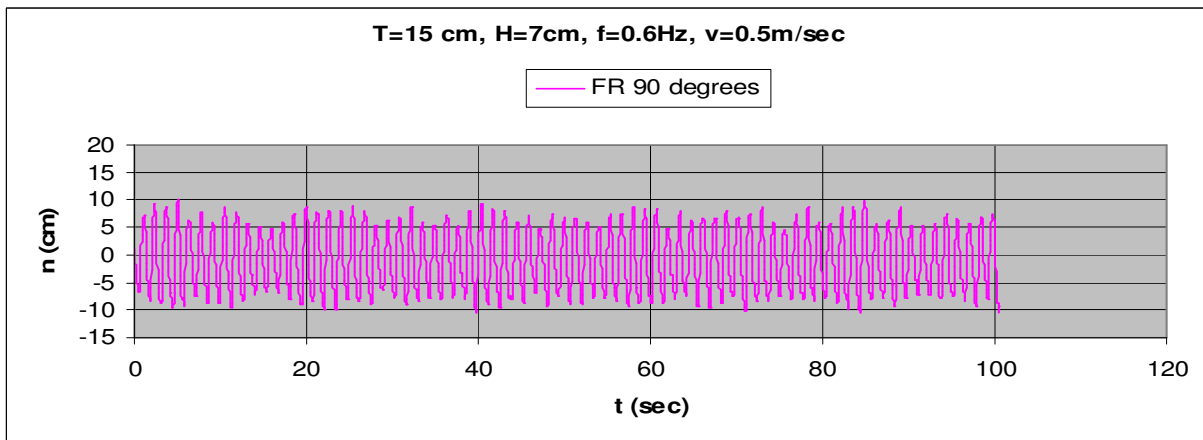
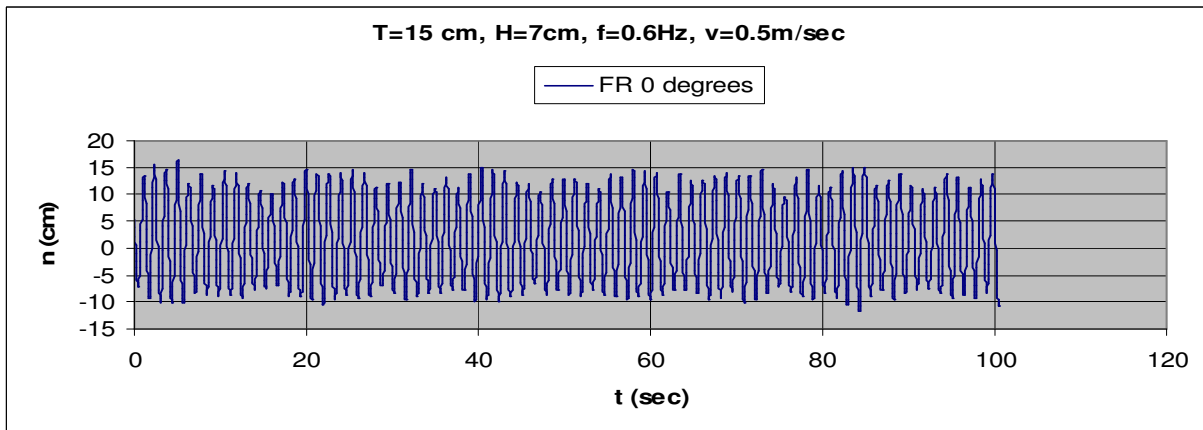
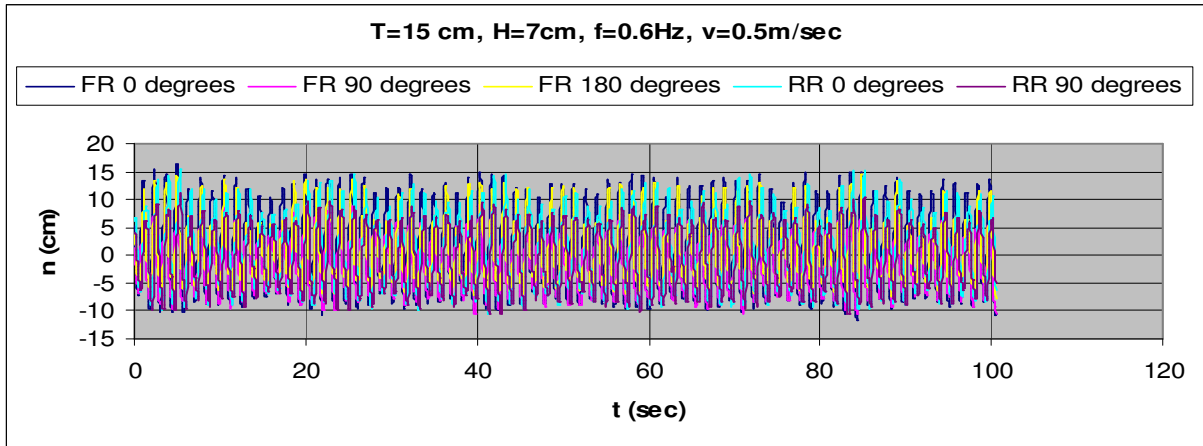


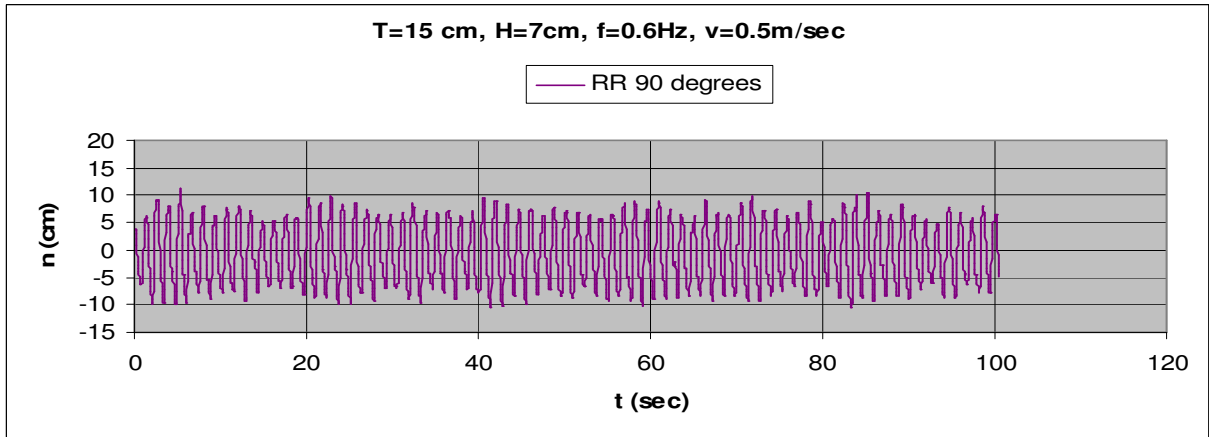
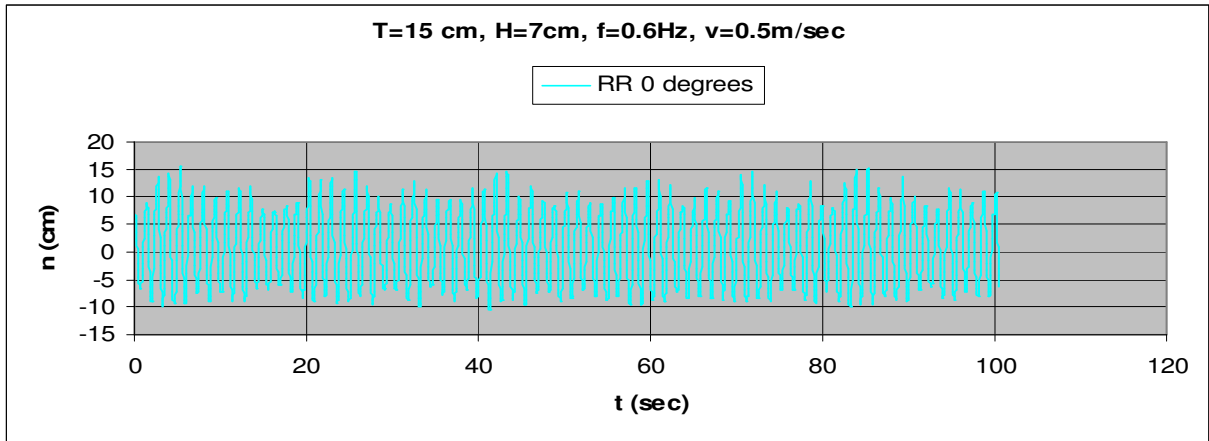
T=15 cm, H=7cm, f=0.6Hz, v=0.3m/sec

RR 90 degrees

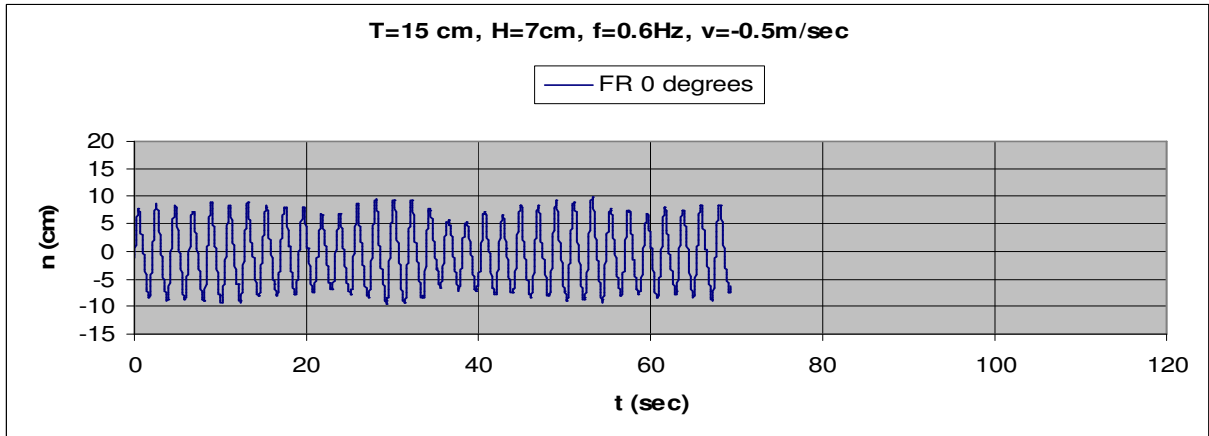
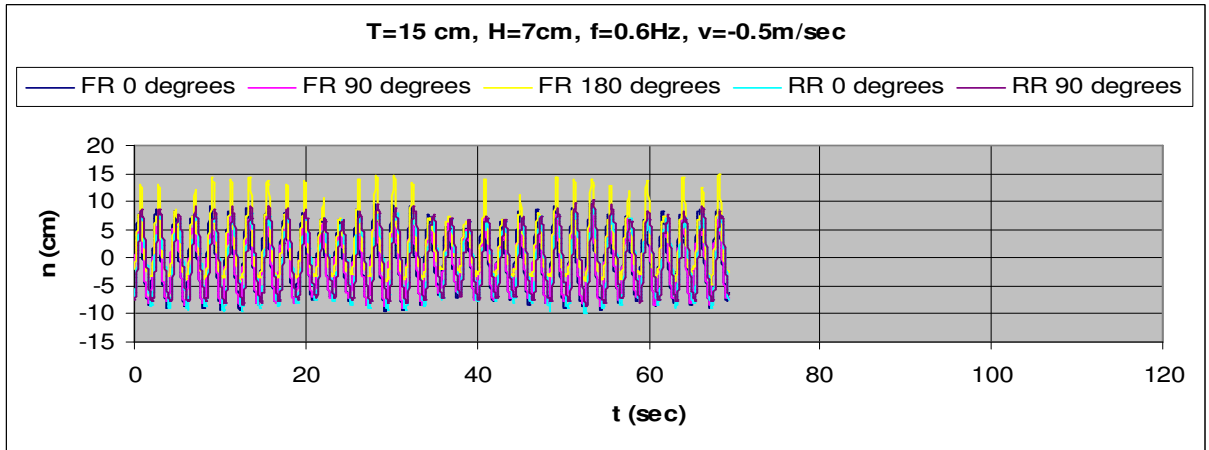


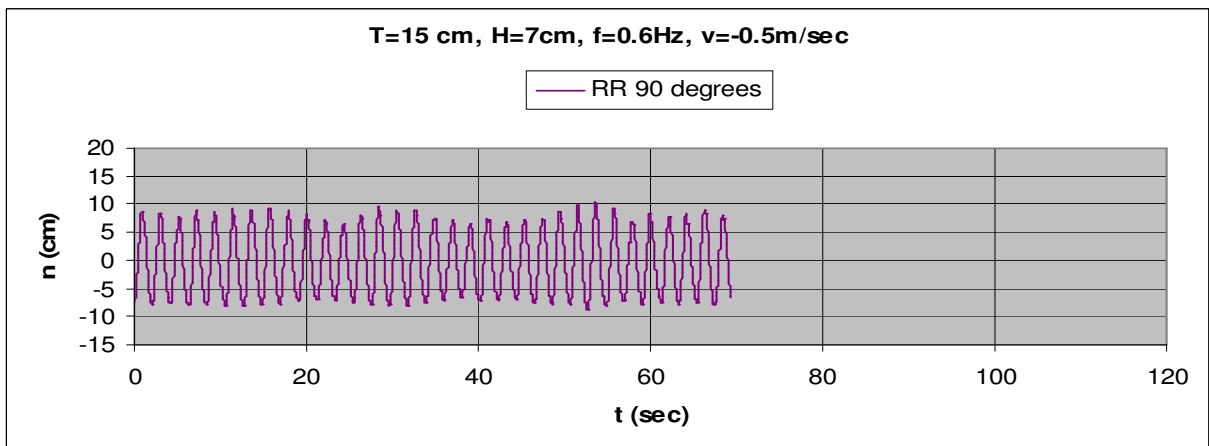
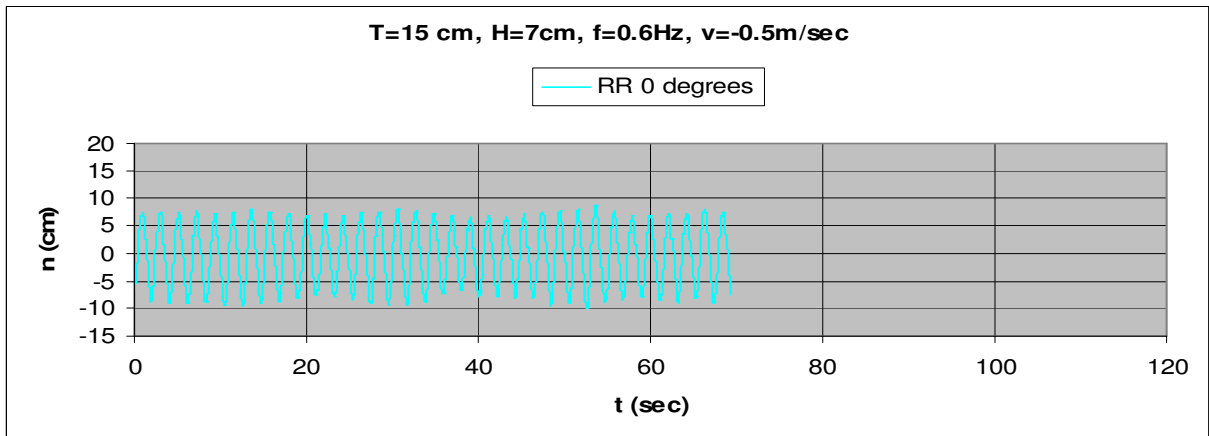
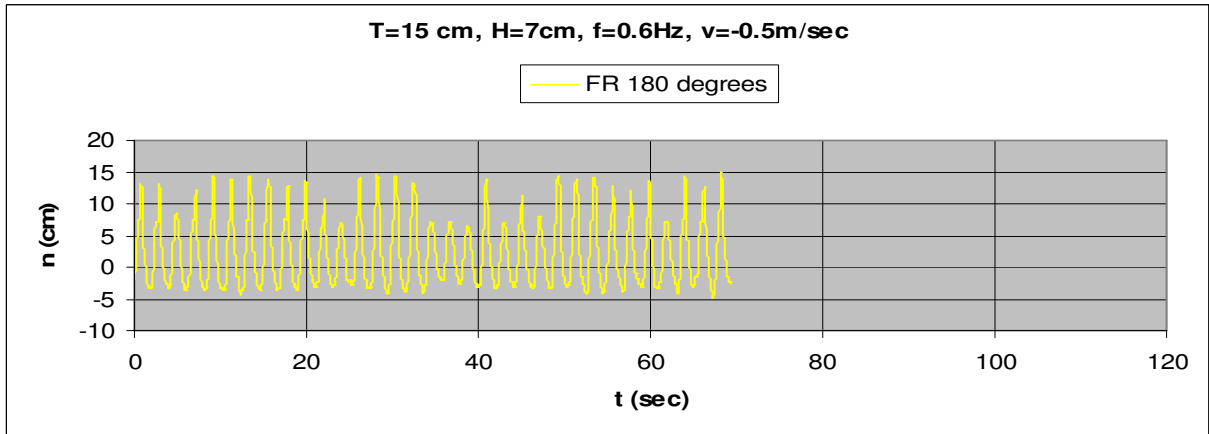
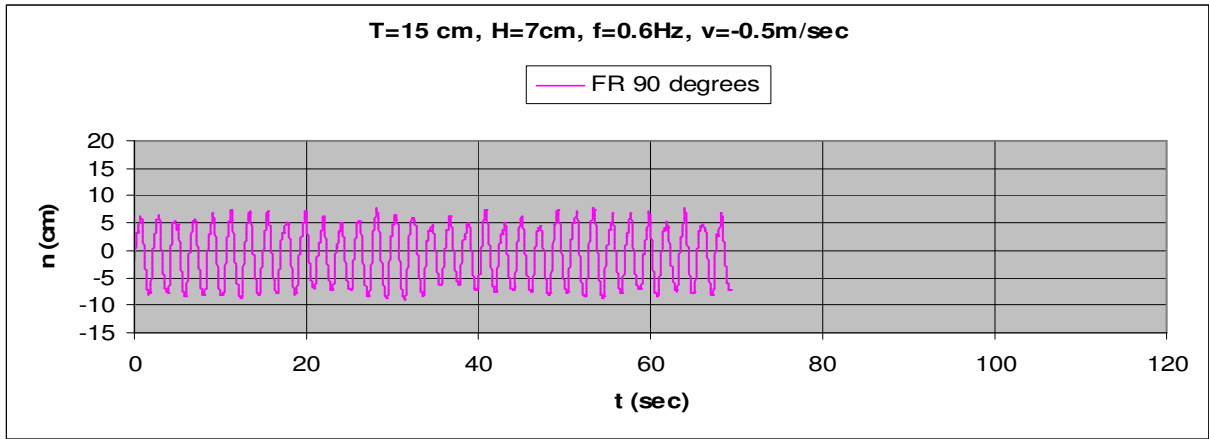
3.1.2.39 $T=15\text{cm}$, $h=7\text{cm}$, $v=0.5\text{m/s}$, $f=0.6\text{Hz}$, $F_n=0.278$, $\omega=3.770\text{rad/sec}$



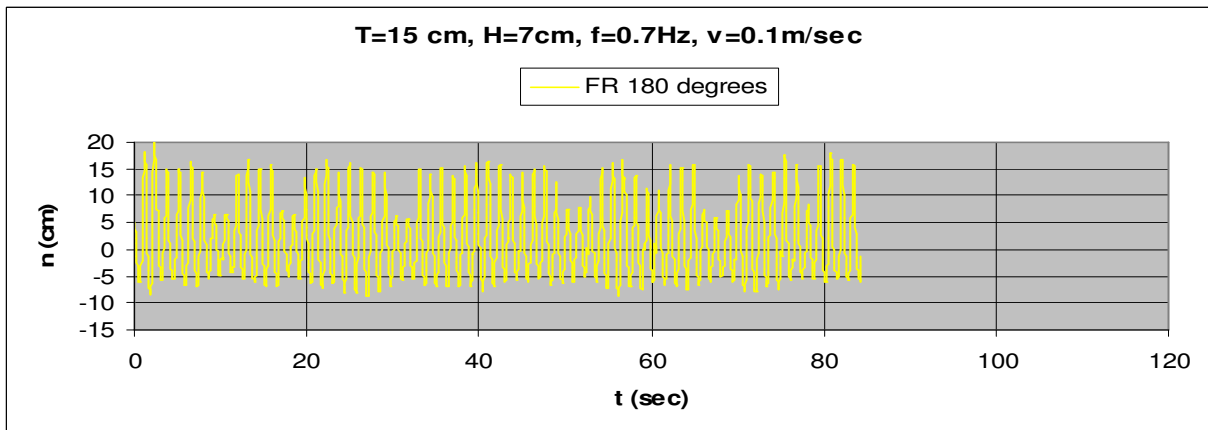
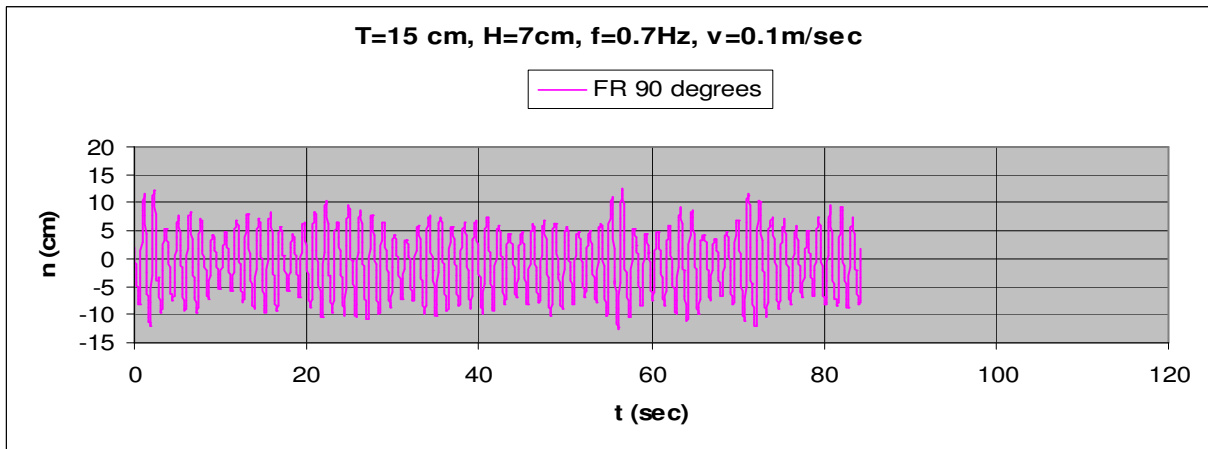
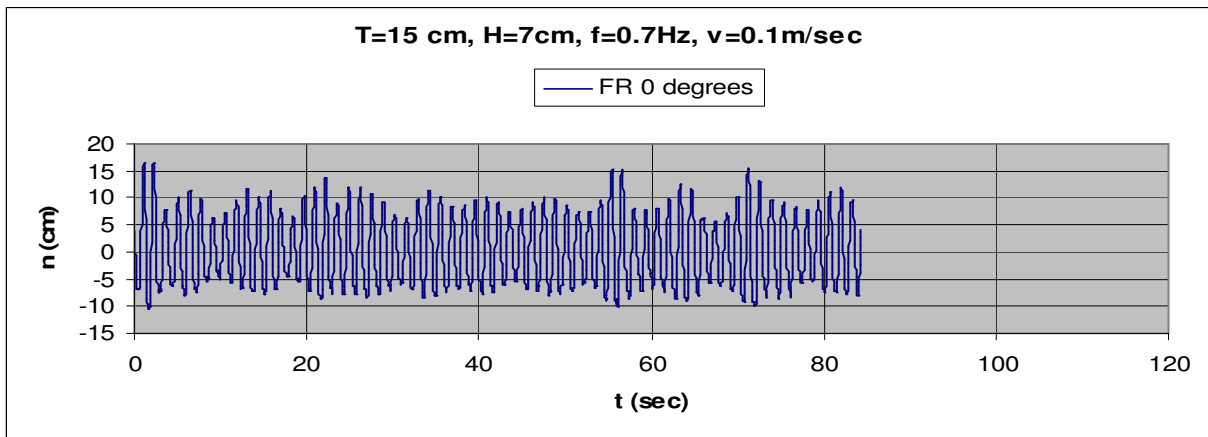
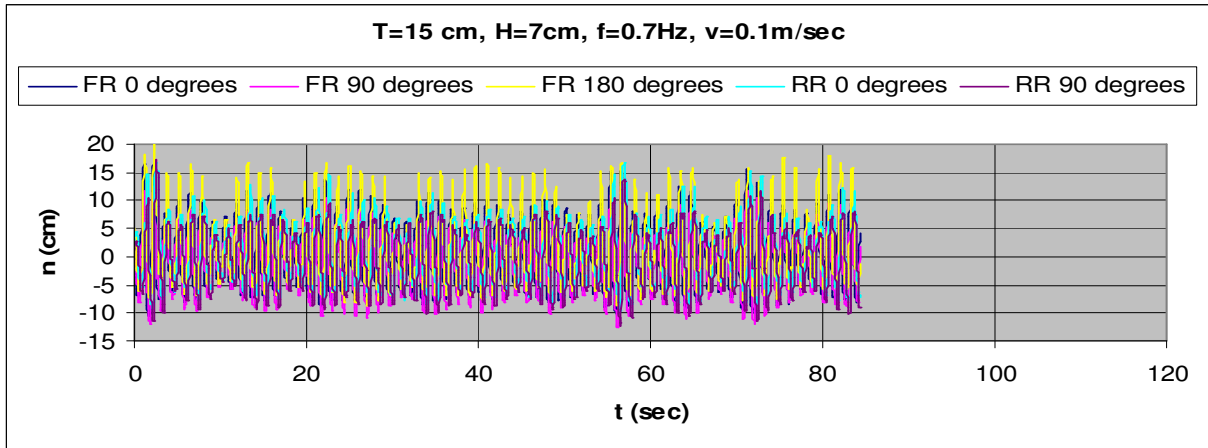


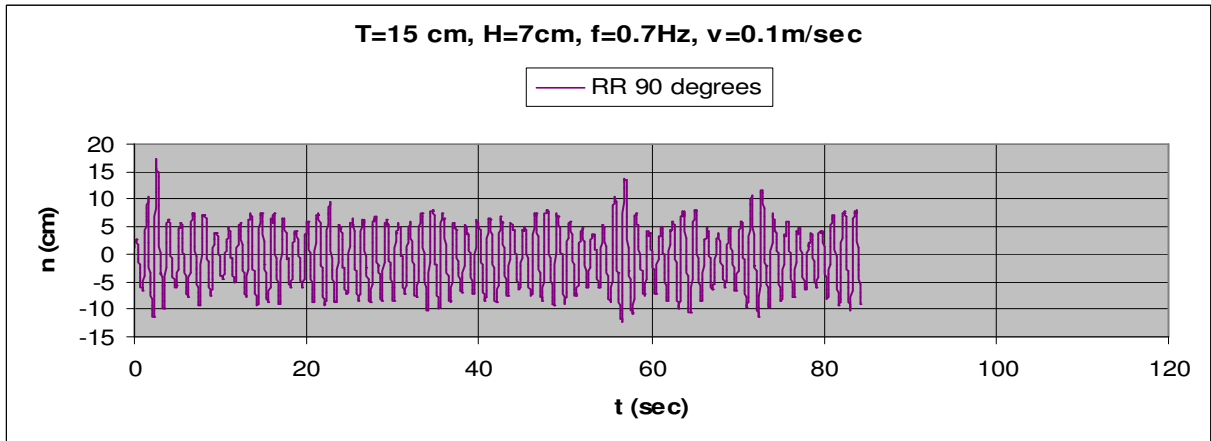
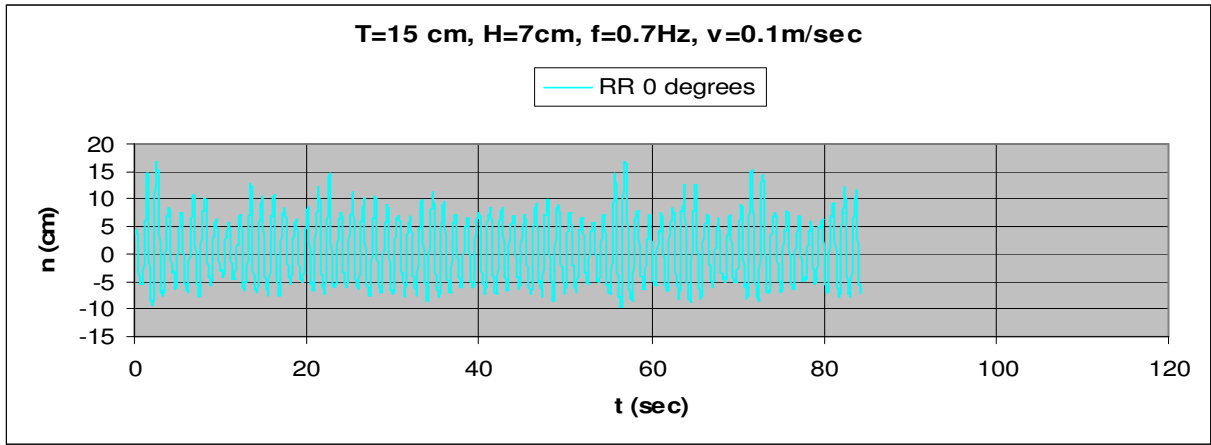
3.1.2.40 T=15cm, h=6cm, v=-0.5m/s, f=0.7Hz, Fn=0.278, $\omega=3.770$ rad/sec



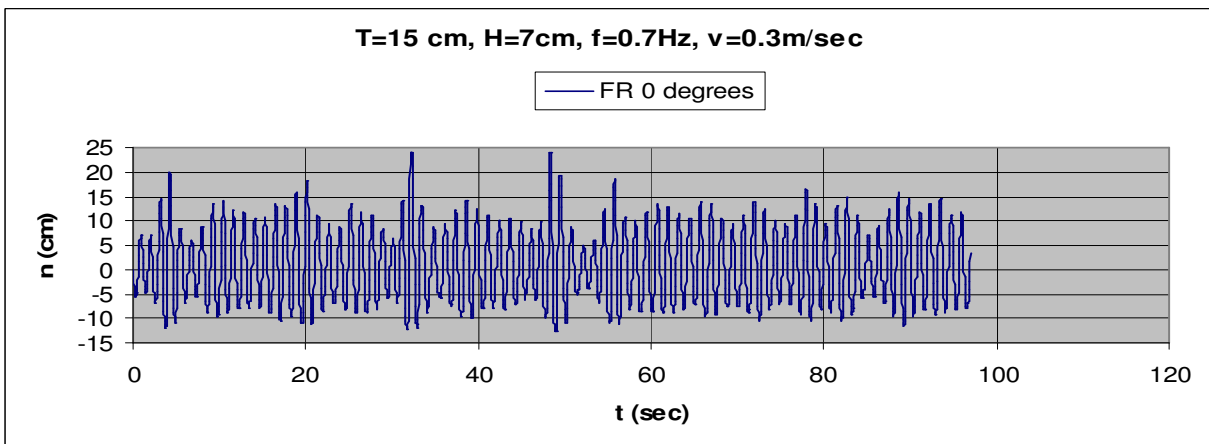
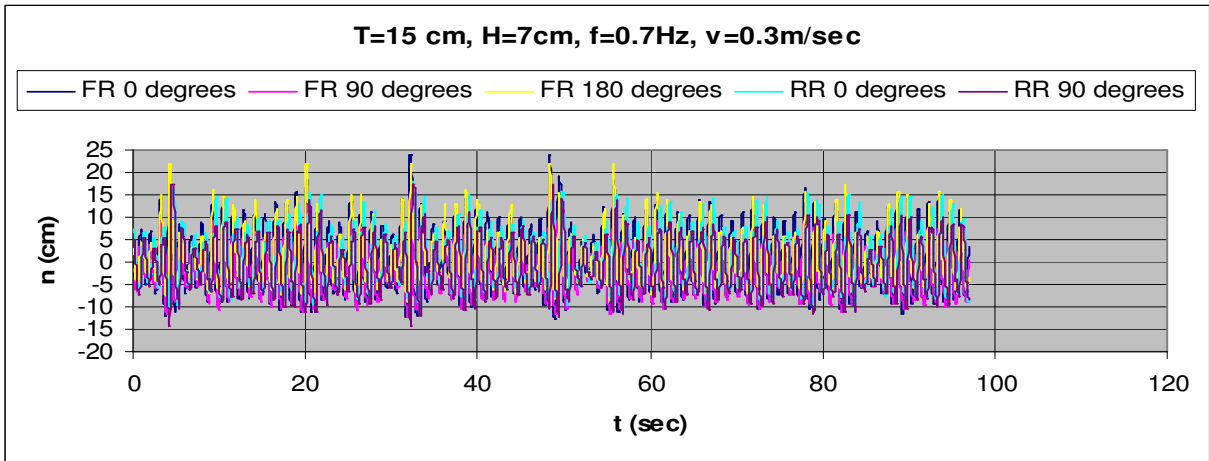


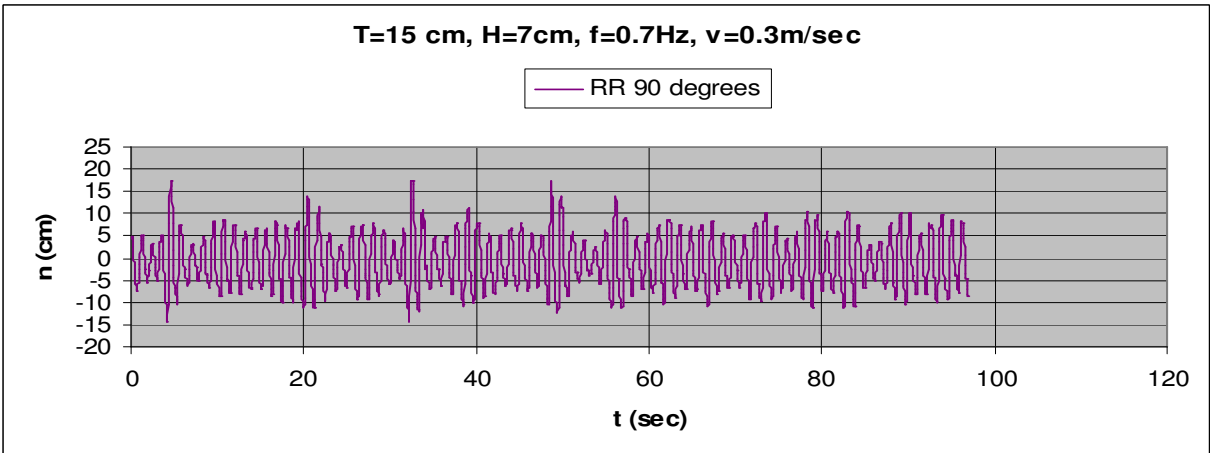
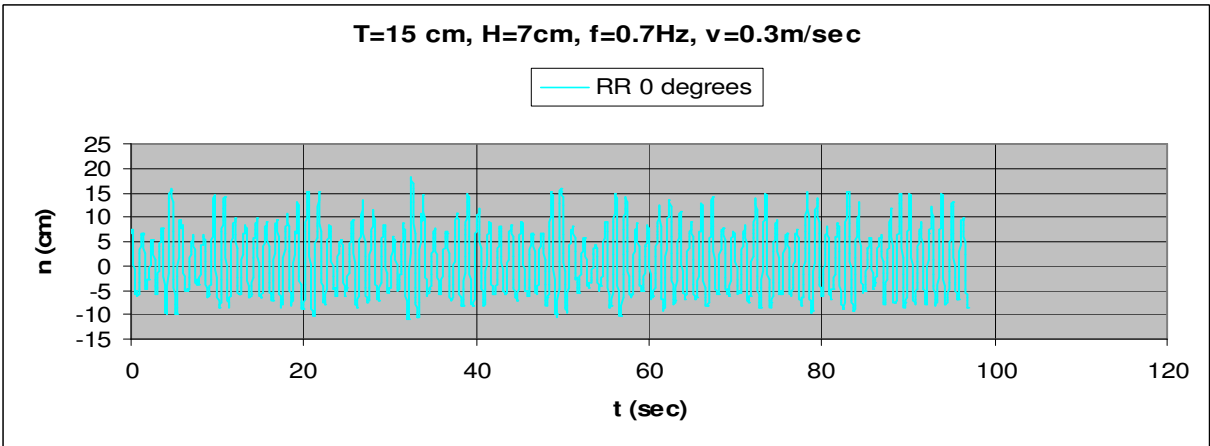
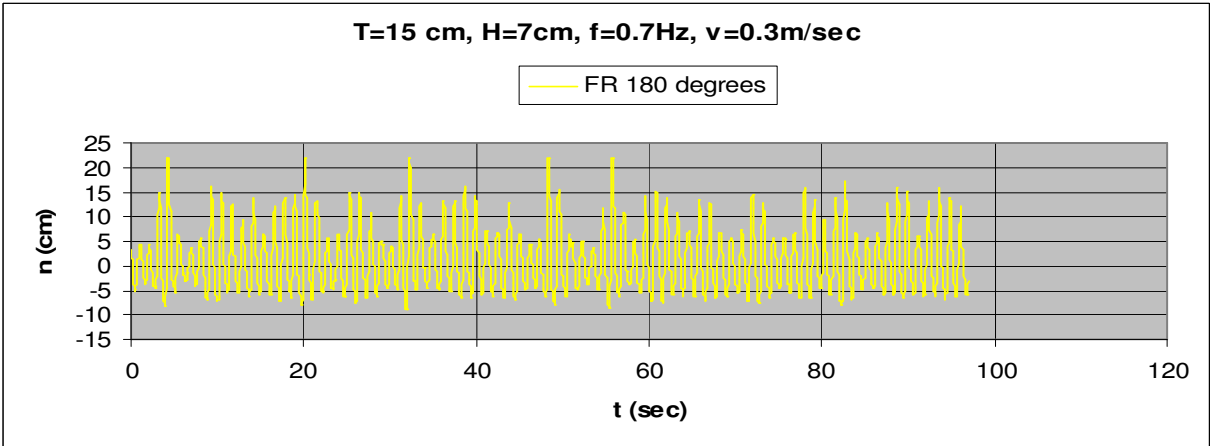
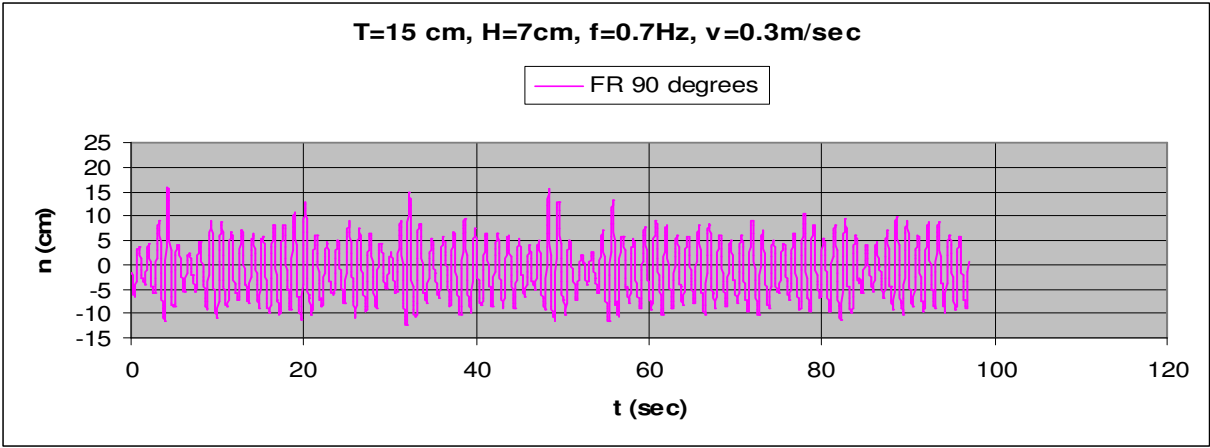
3.1.2.41 $T=15\text{cm}$, $h=7\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.7\text{Hz}$, $F_n=0.056$, $\omega=4.398\text{rad/sec}$





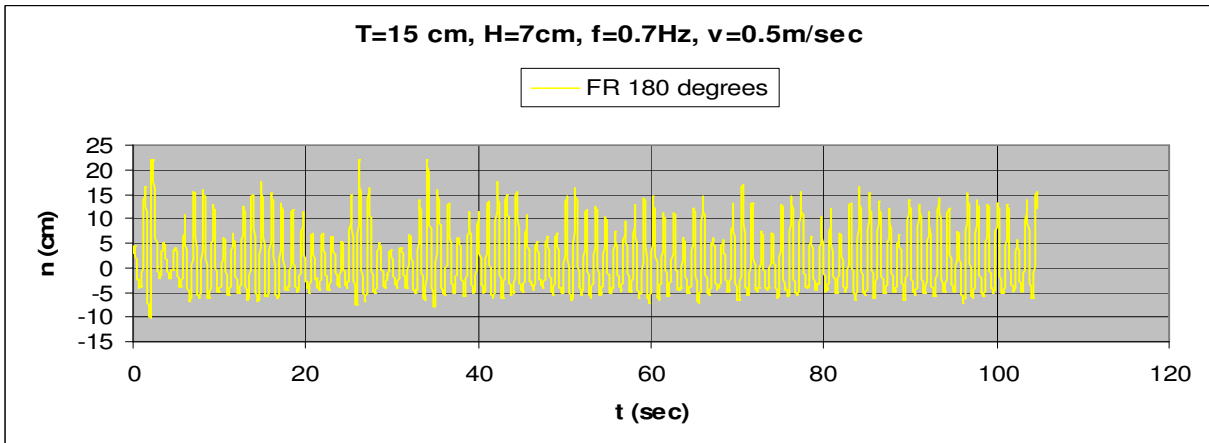
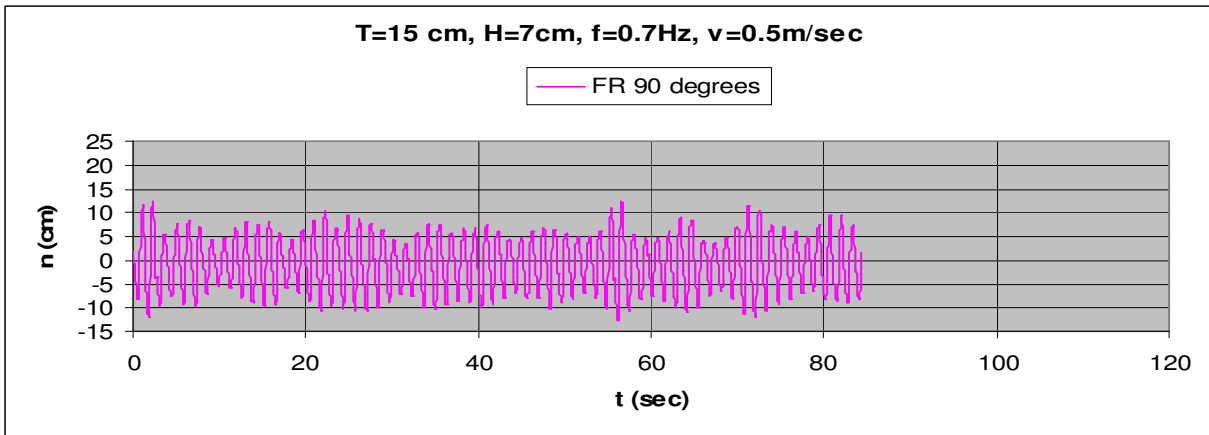
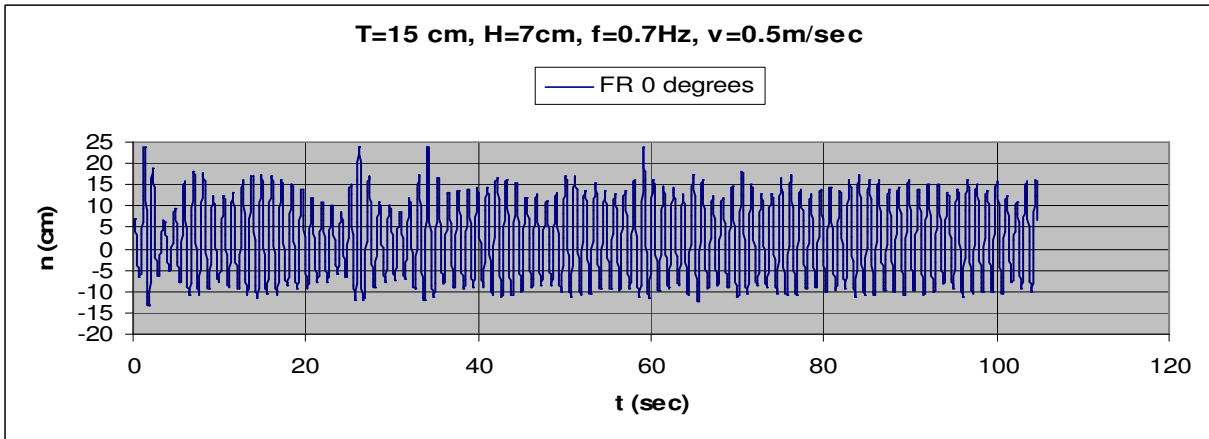
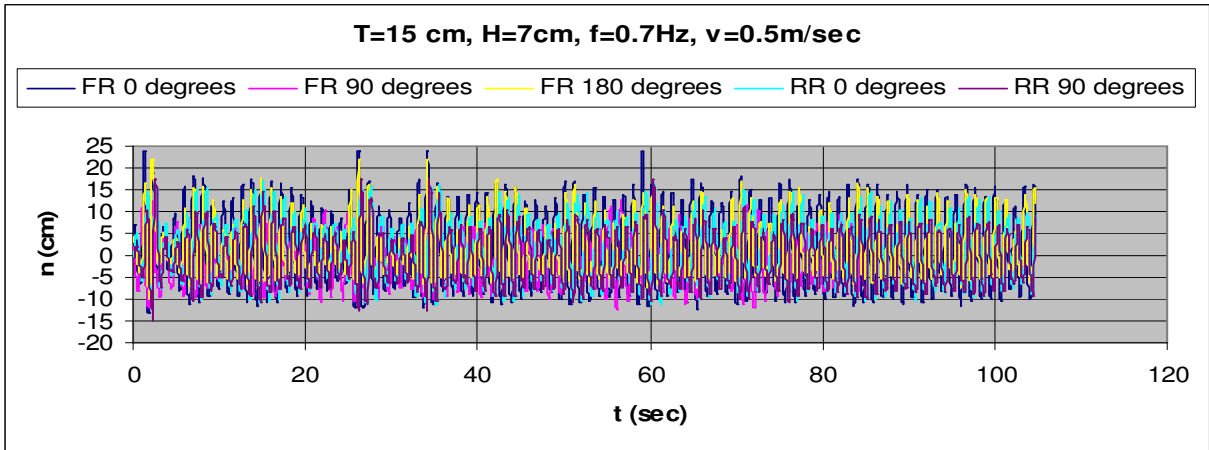
3.1.2.42 T=15cm, h=7cm, v=0.3m/s, f=0.7Hz, Fn=0.167, $\omega=4.398\text{rad/sec}$

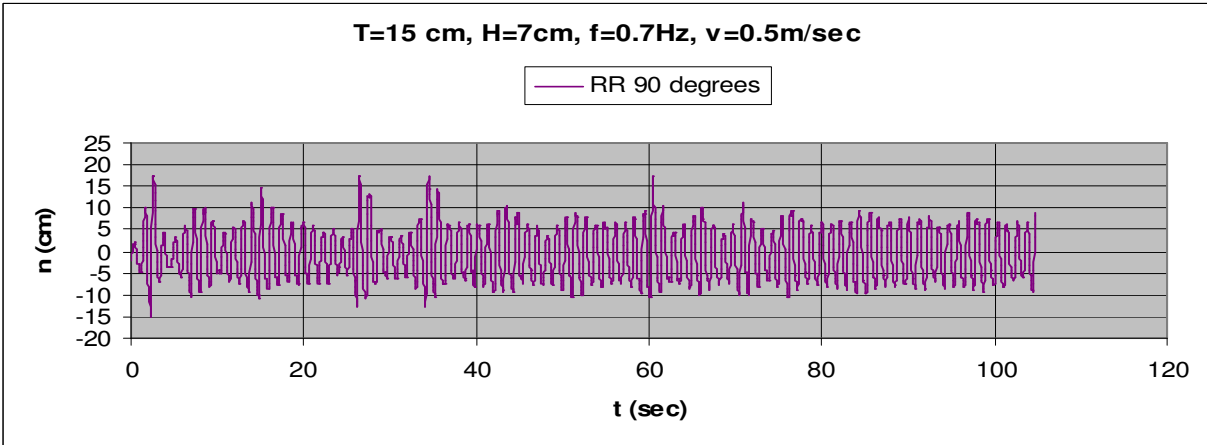
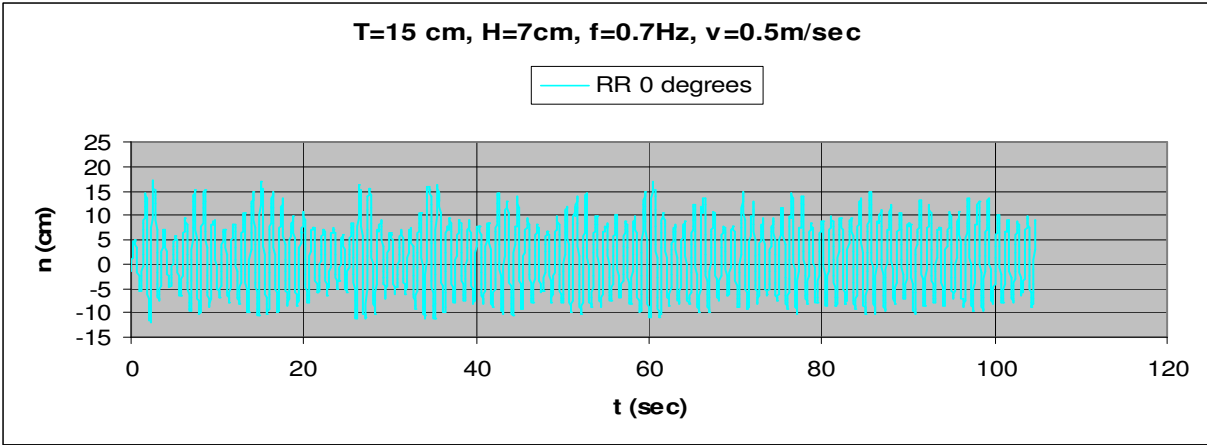




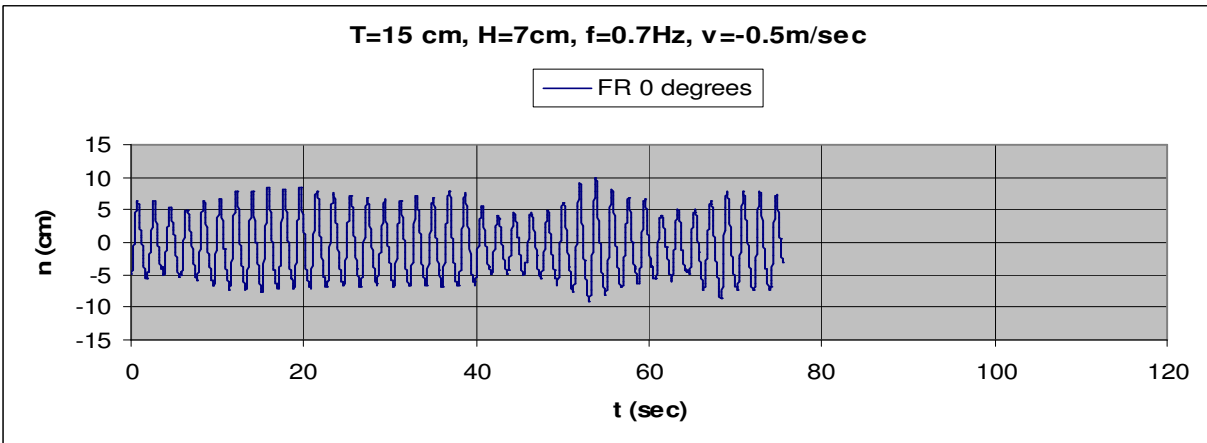
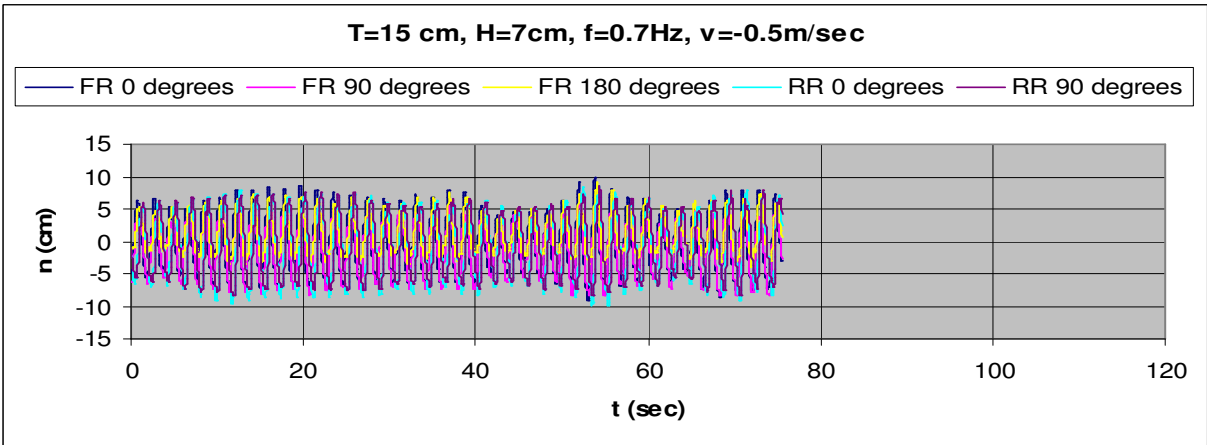
3.1.2.43

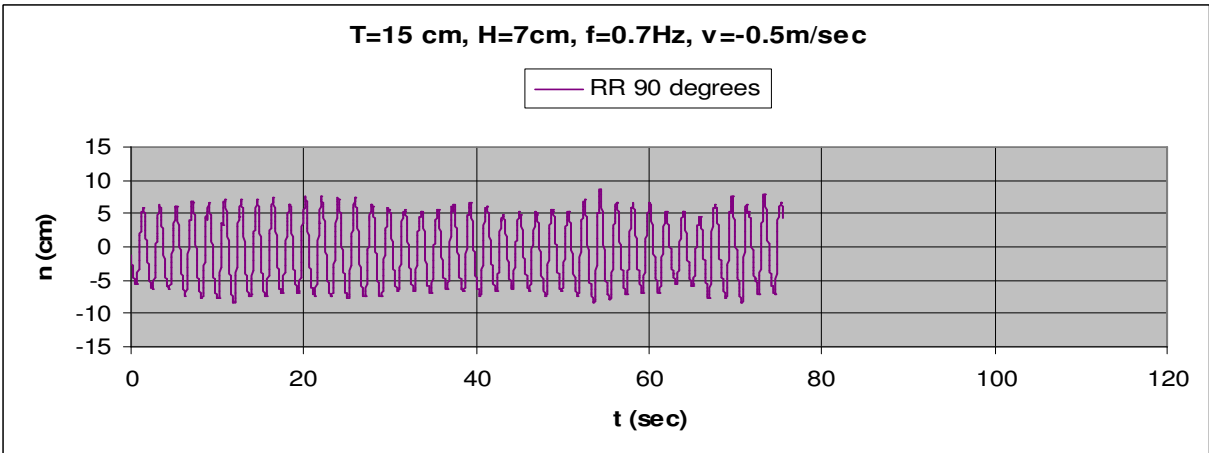
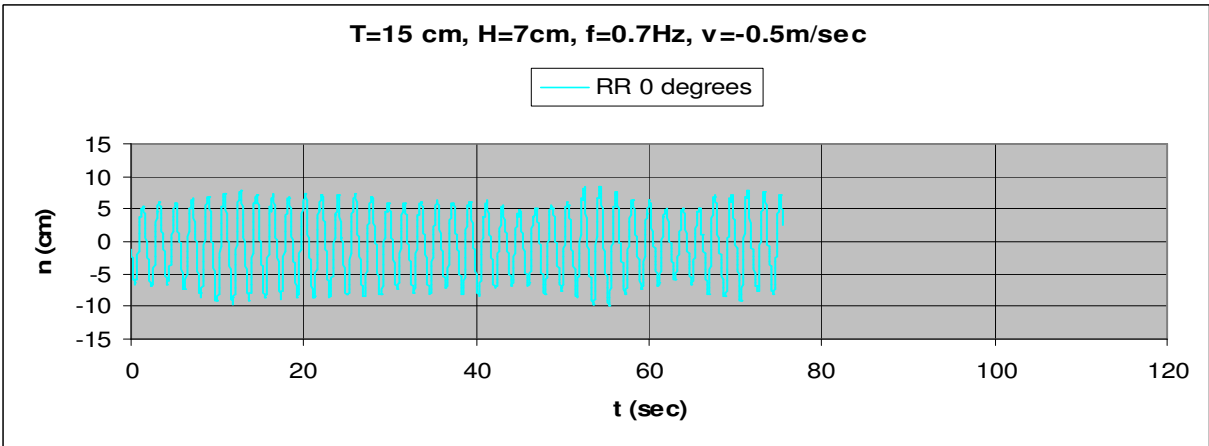
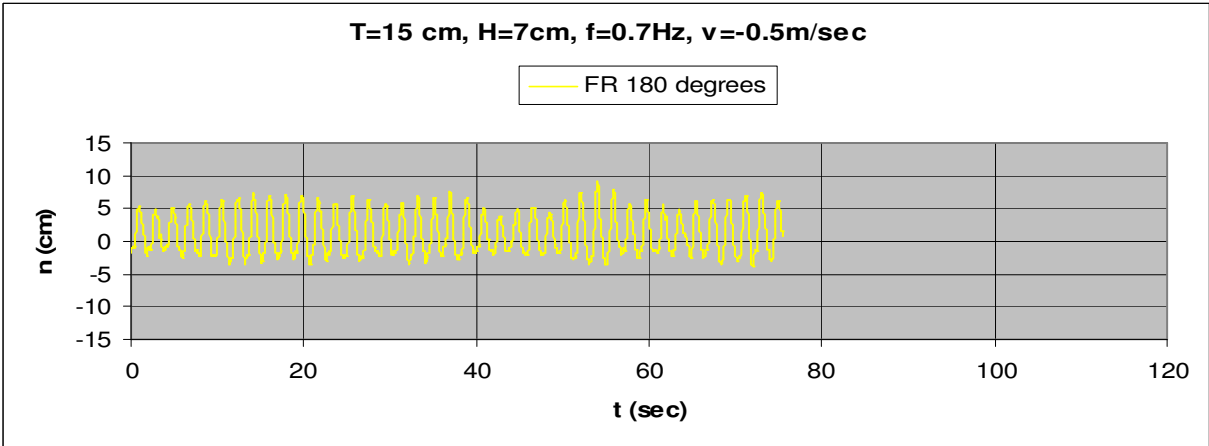
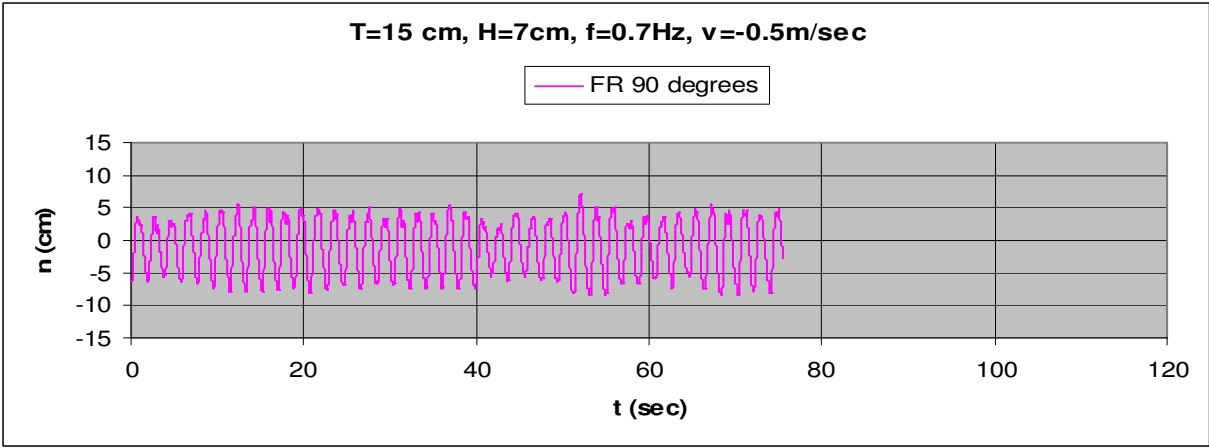
$T=15\text{cm}$, $h=7\text{cm}$, $v=0.5\text{m/s}$, $f=0.7\text{Hz}$, $F_n=0.278$, $\omega=4.398\text{rad/sec}$



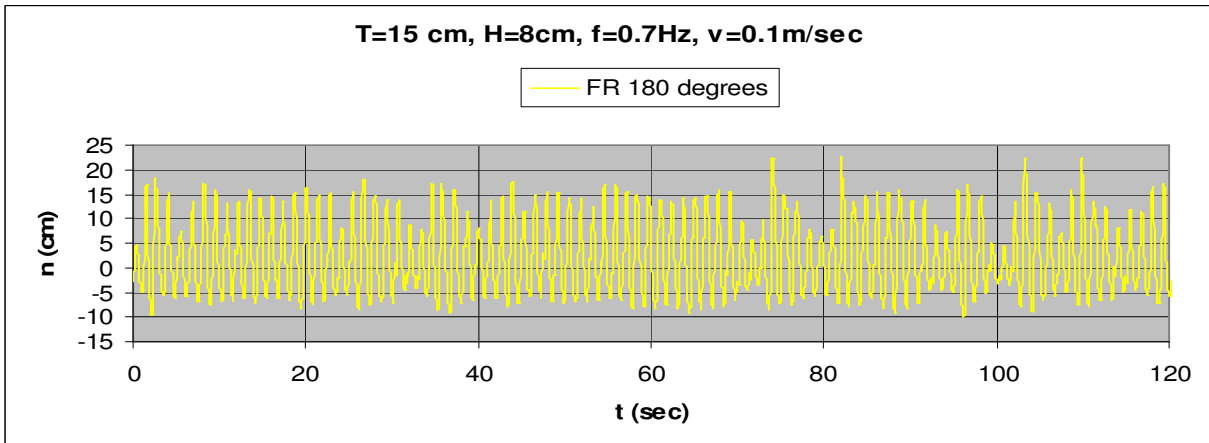
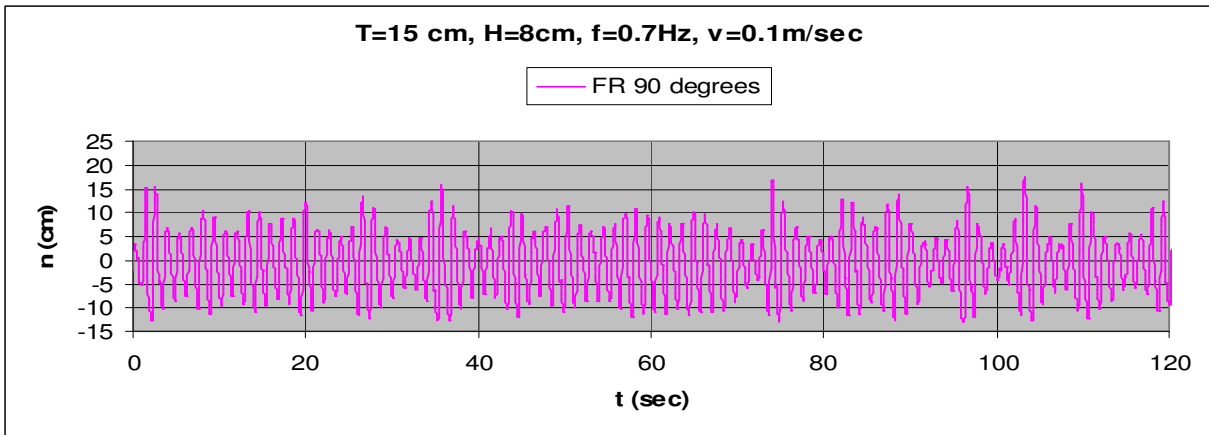
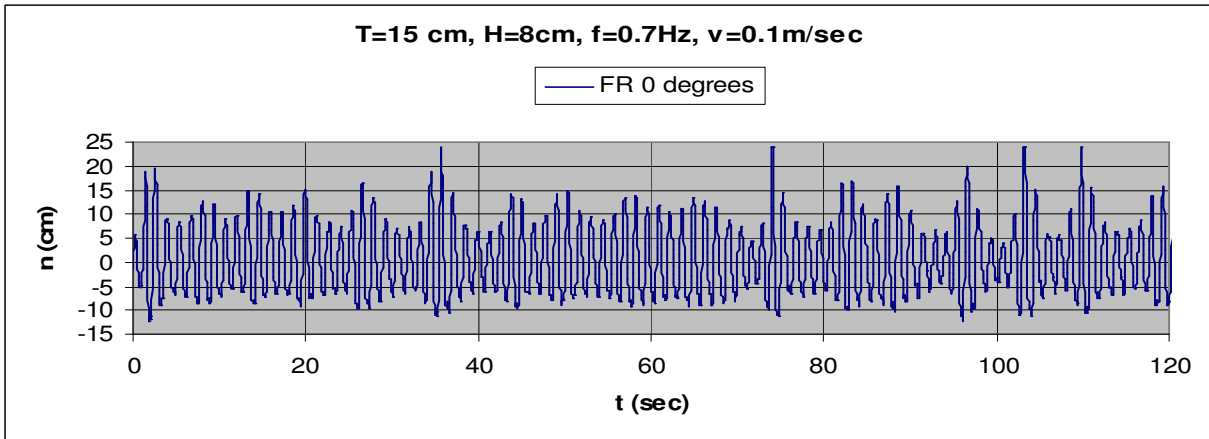
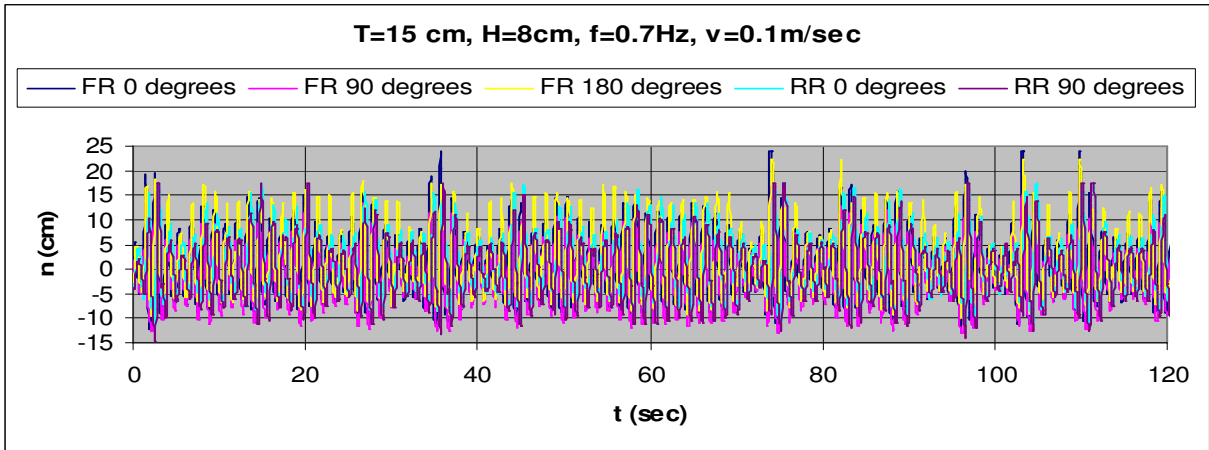


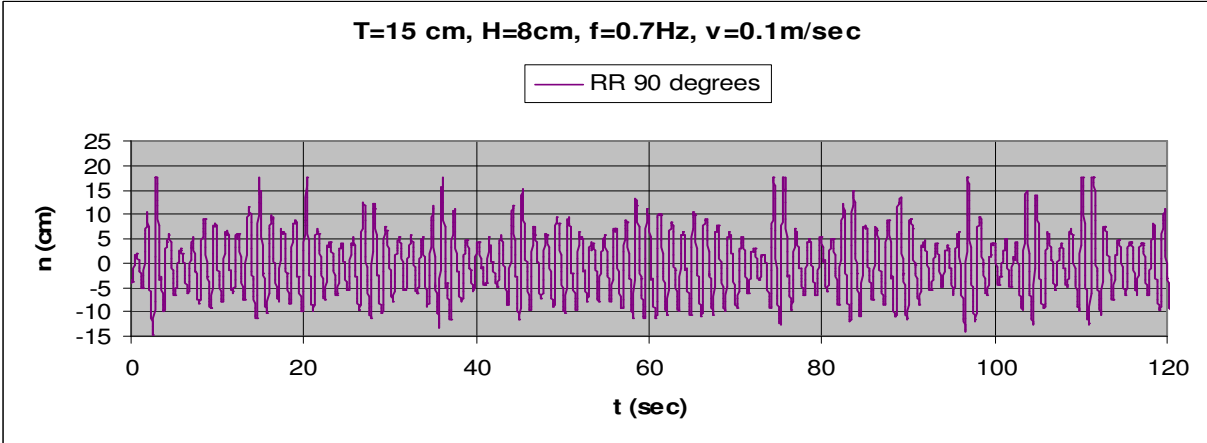
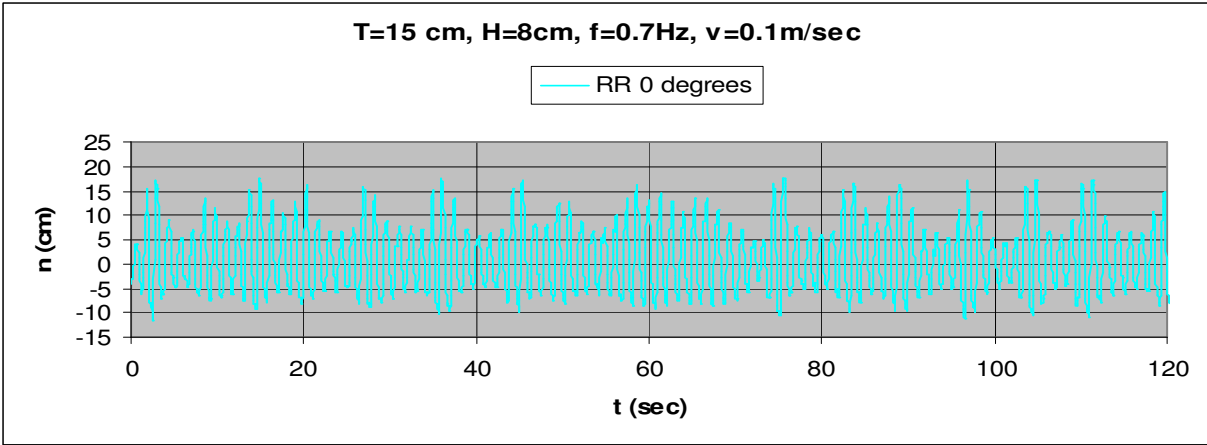
3.1.2.44 T=15cm, h=7cm, v=-0.5m/s, f=0.7Hz, Fn=0.278, $\omega=4.398$ rad/sec



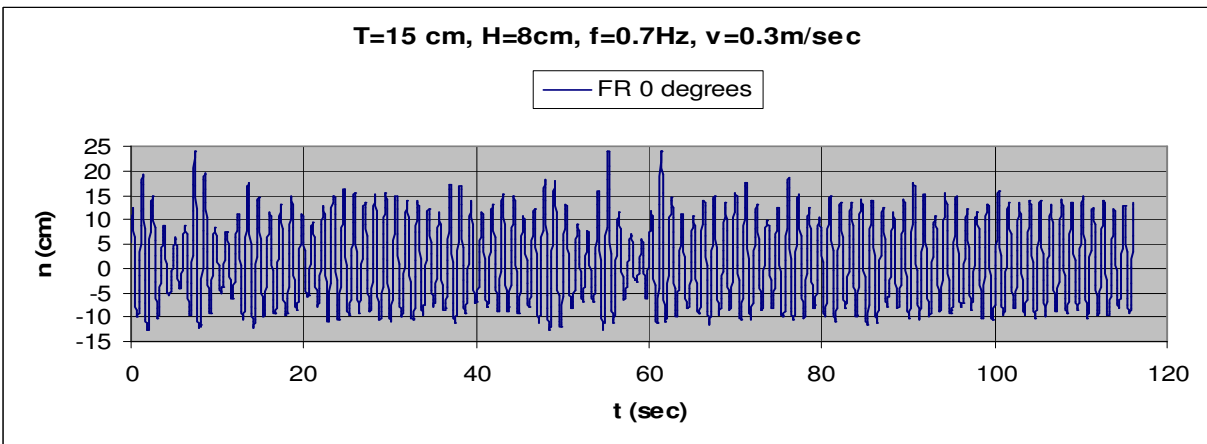
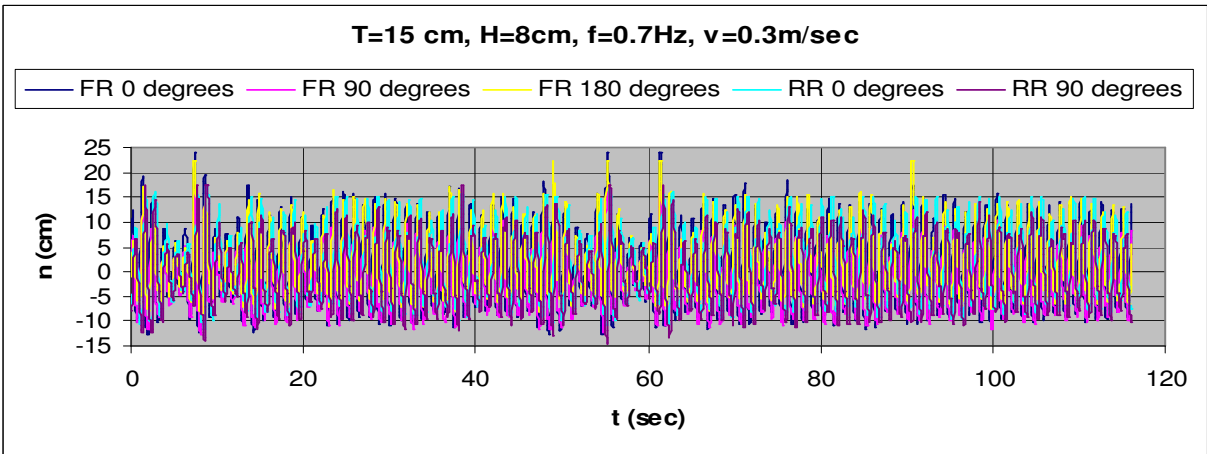


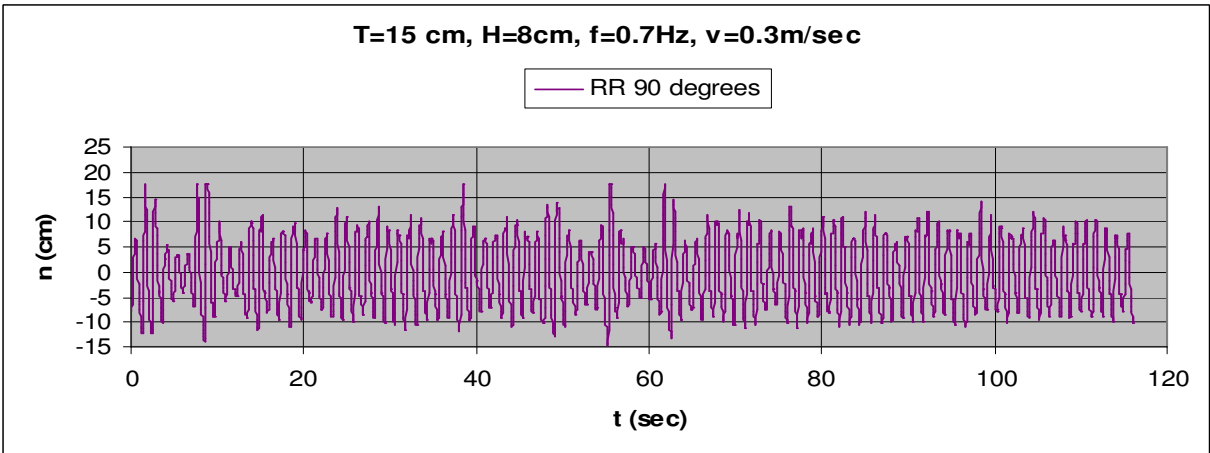
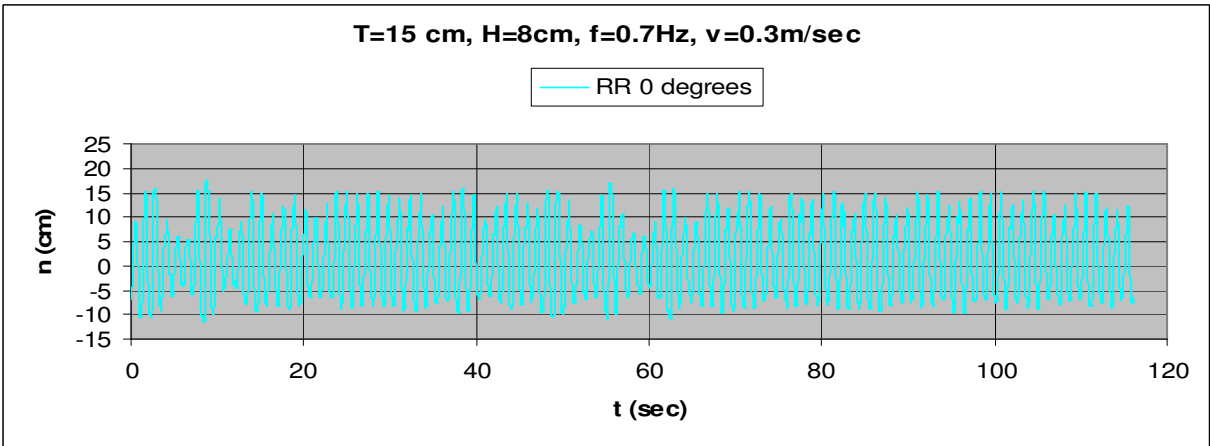
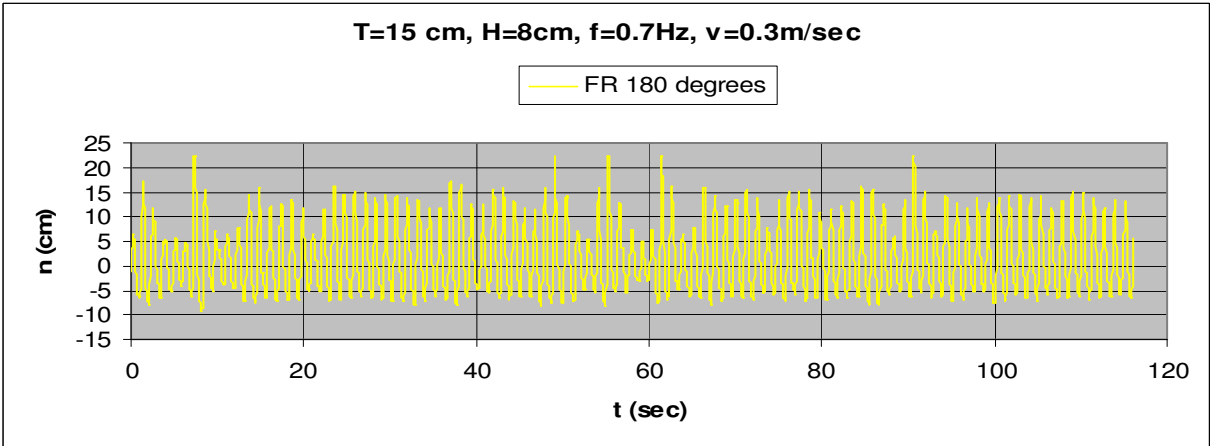
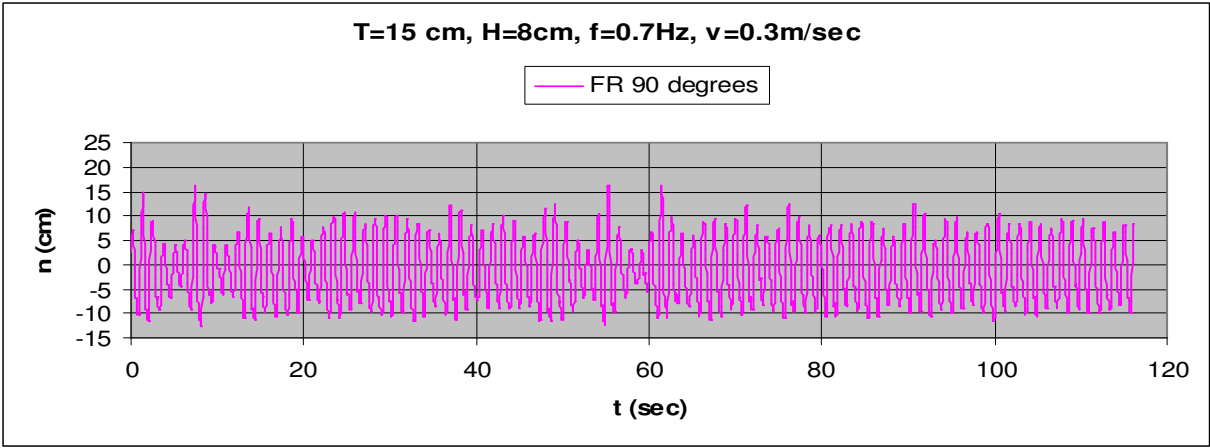
3.1.2.45 $T=15\text{cm}$, $h=8\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.7\text{Hz}$, $F_n=0.056$, $\omega=4.398\text{rad/sec}$





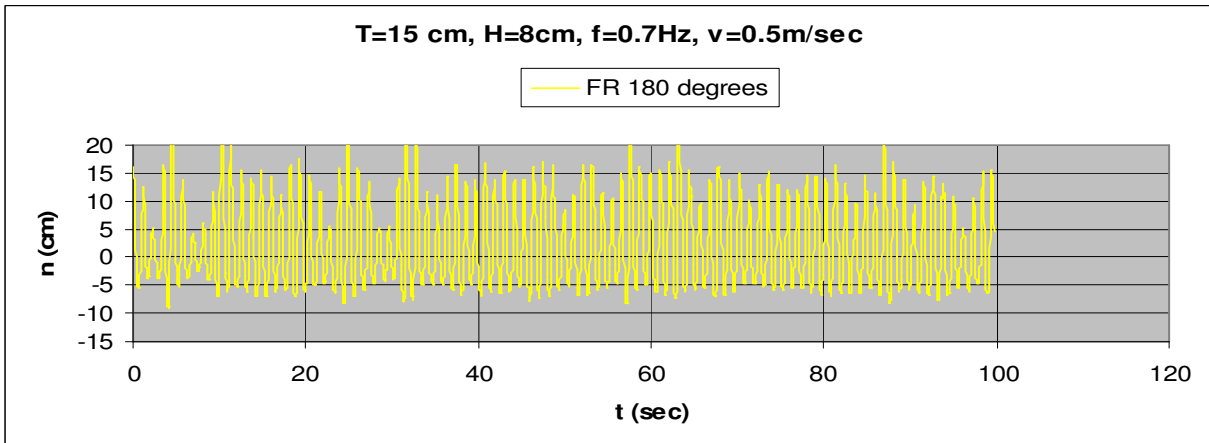
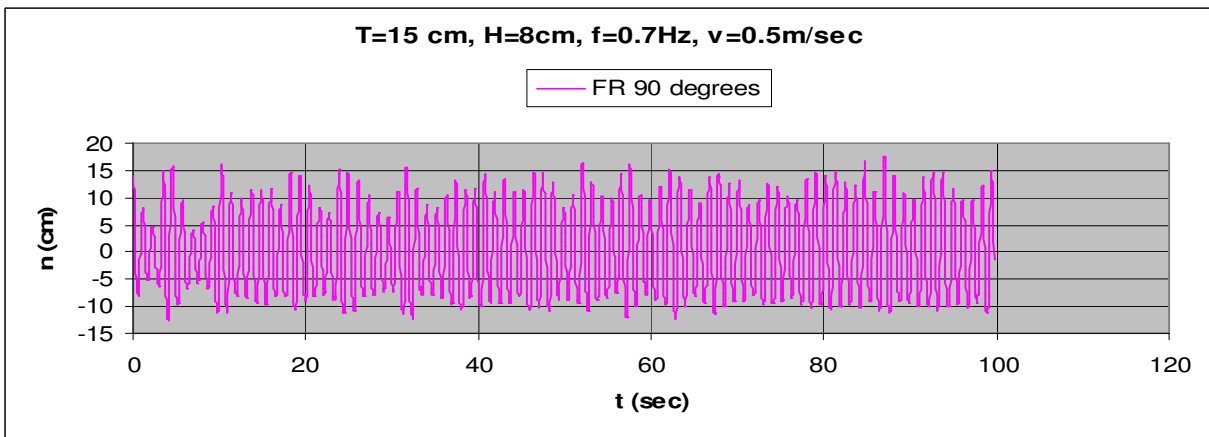
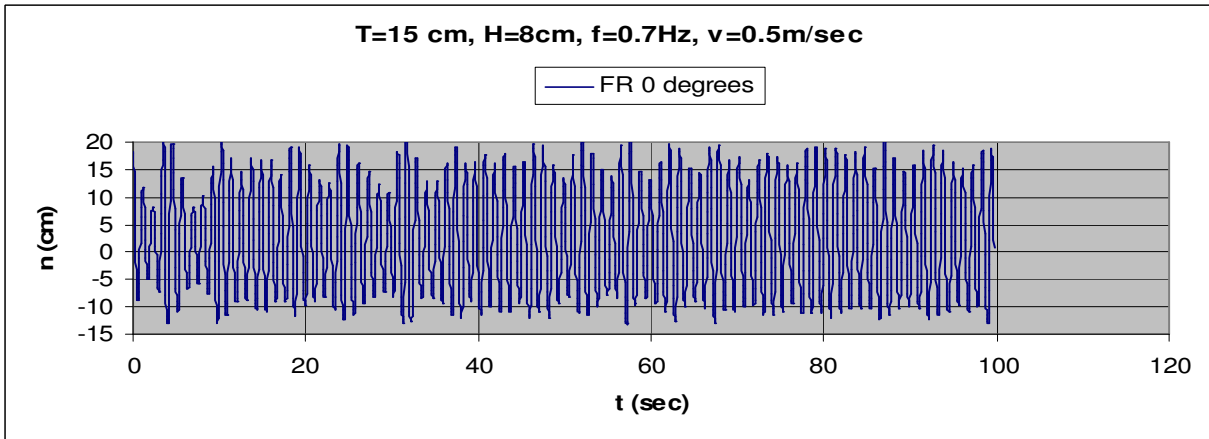
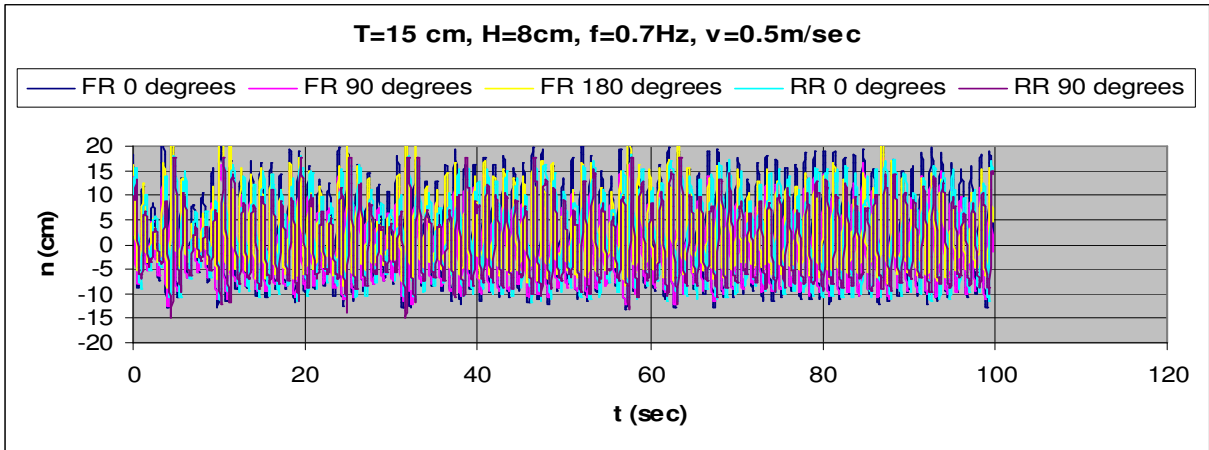
3.1.2.46 T=15cm, h=8cm, v=0.3m/s, f=0.7Hz, Fn=0.167, $\omega=4.398$ rad/sec

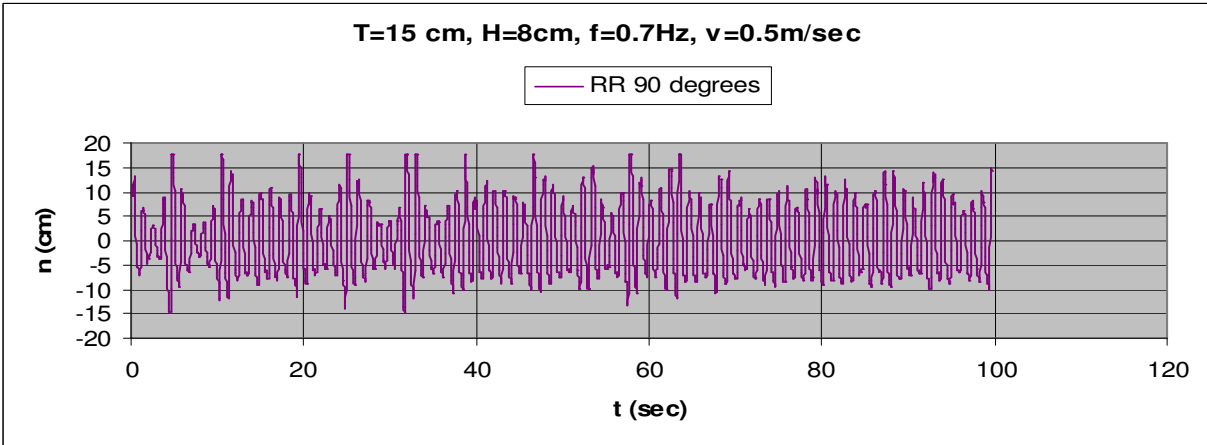
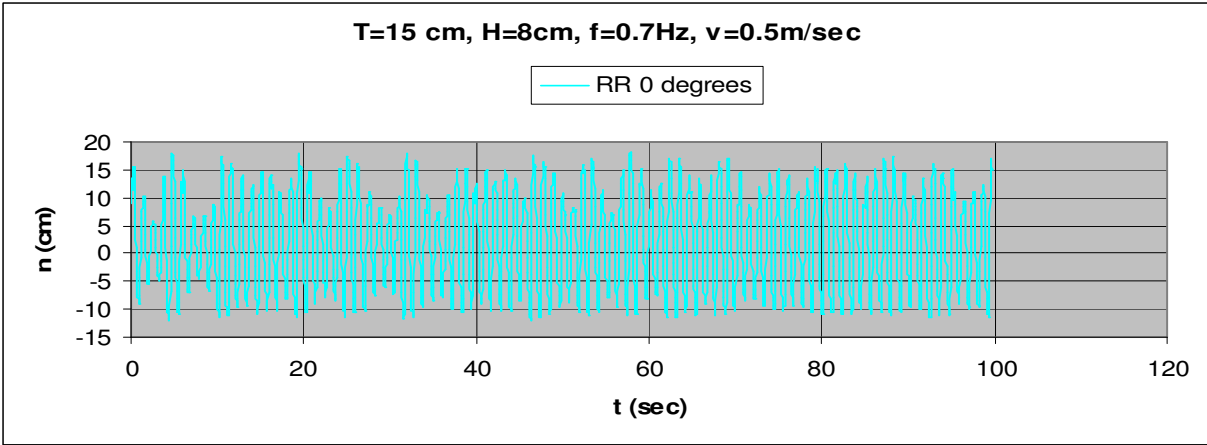




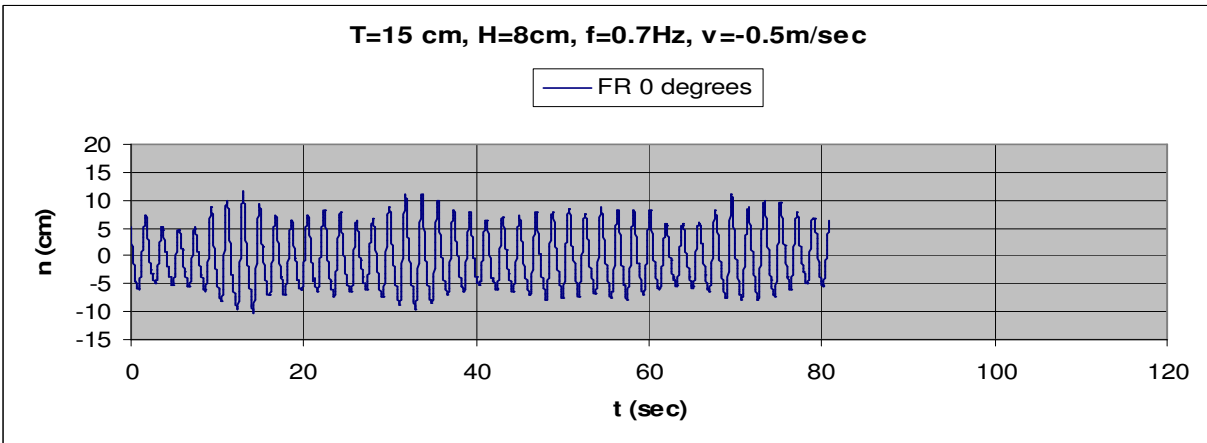
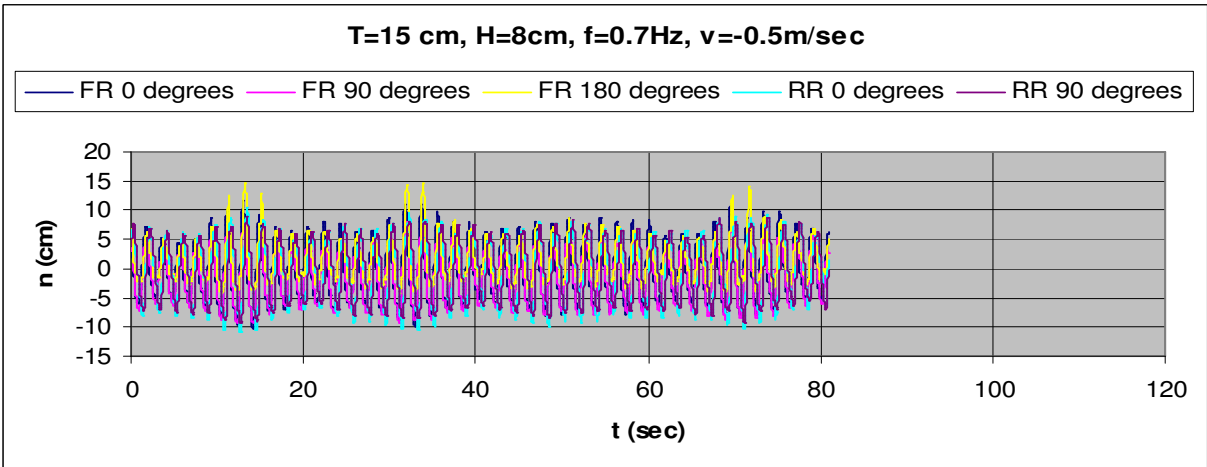
3.1.2.47

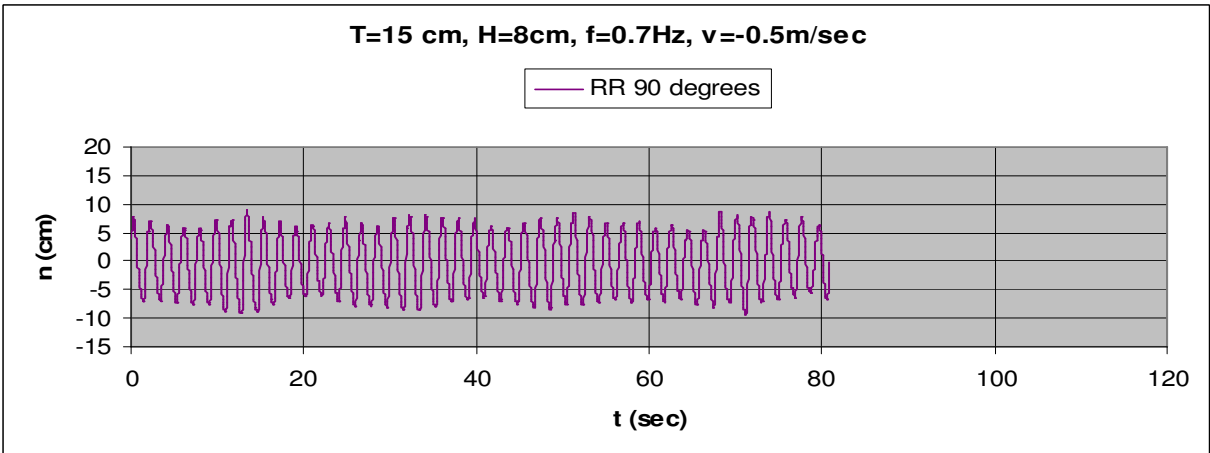
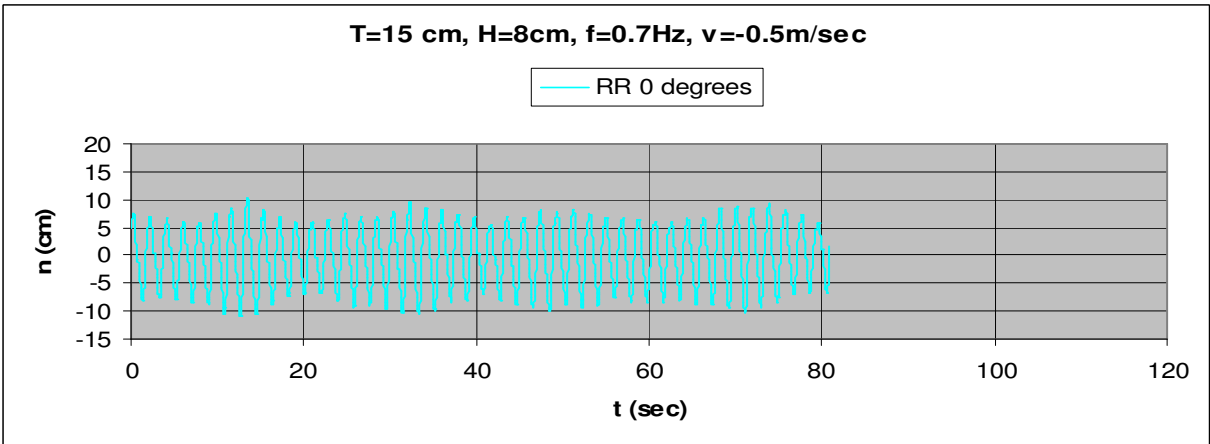
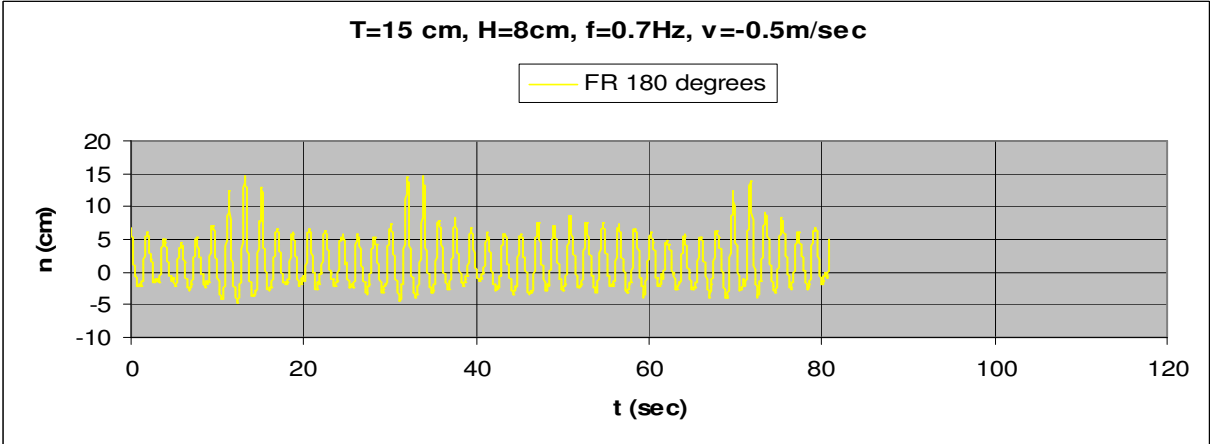
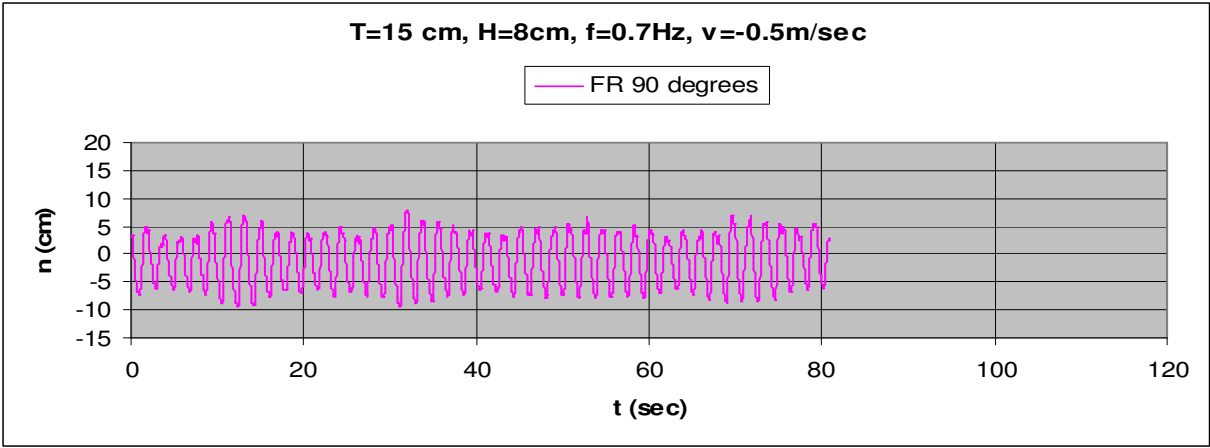
$T=15\text{cm}$, $h=8\text{cm}$, $v=0.5\text{m/s}$, $f=0.7\text{Hz}$, $F_n=0.278$, $\omega=4.398\text{rad/sec}$





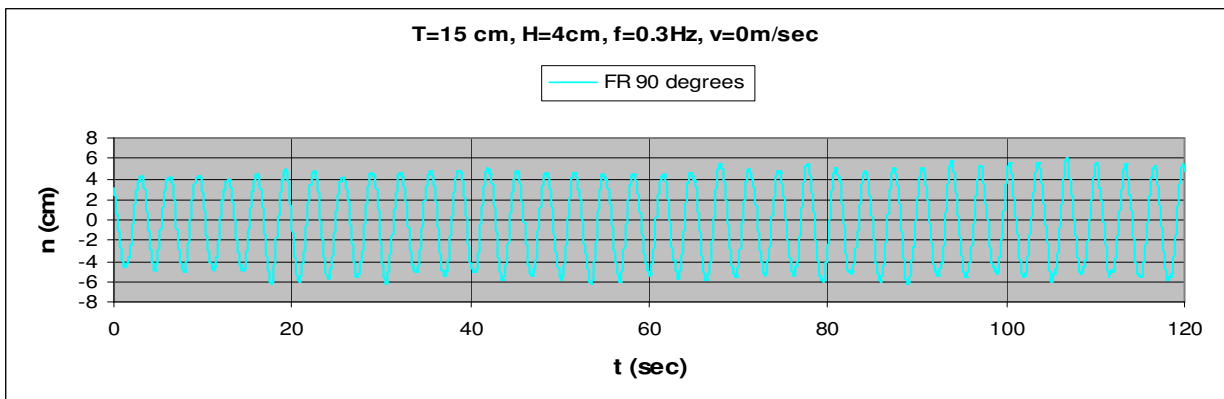
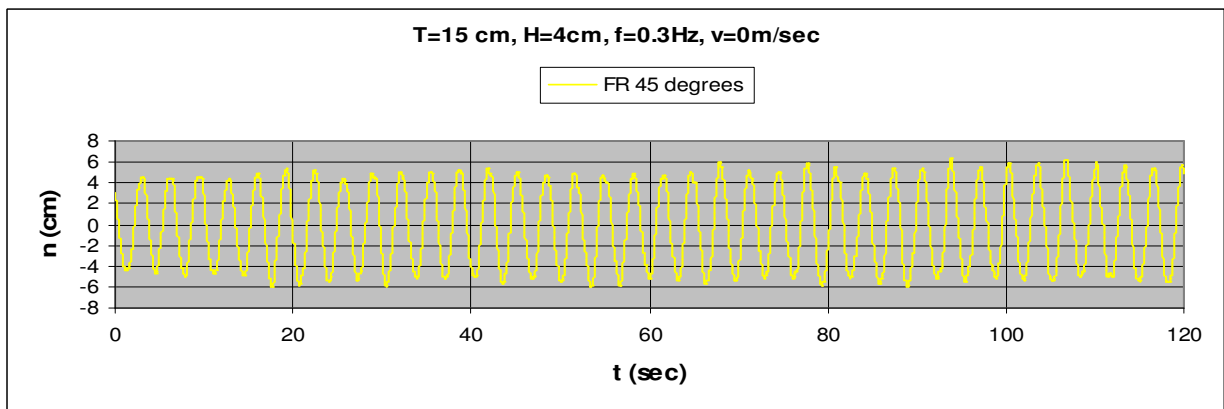
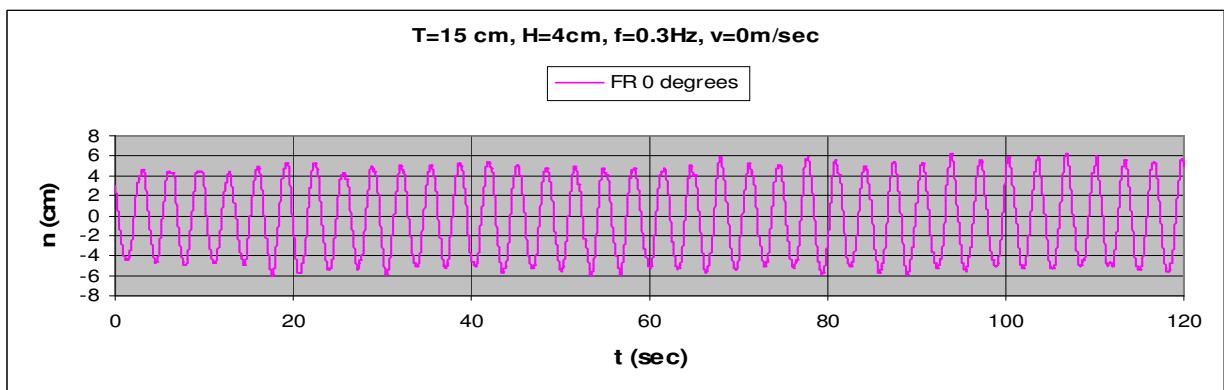
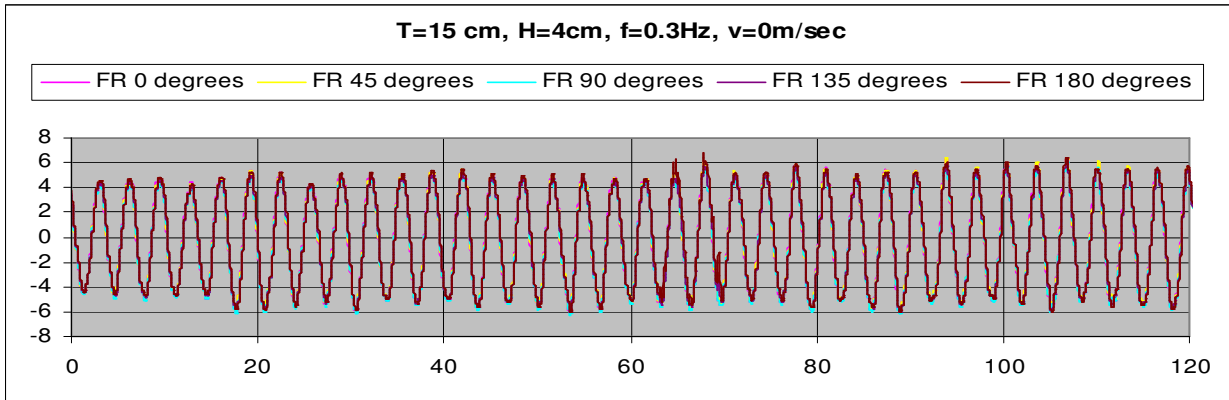
3.1.2.48 T=15cm, h=8cm, v=-0.5m/s, f=0.7Hz, Fn=0.278, $\omega=4.398$ rad/sec

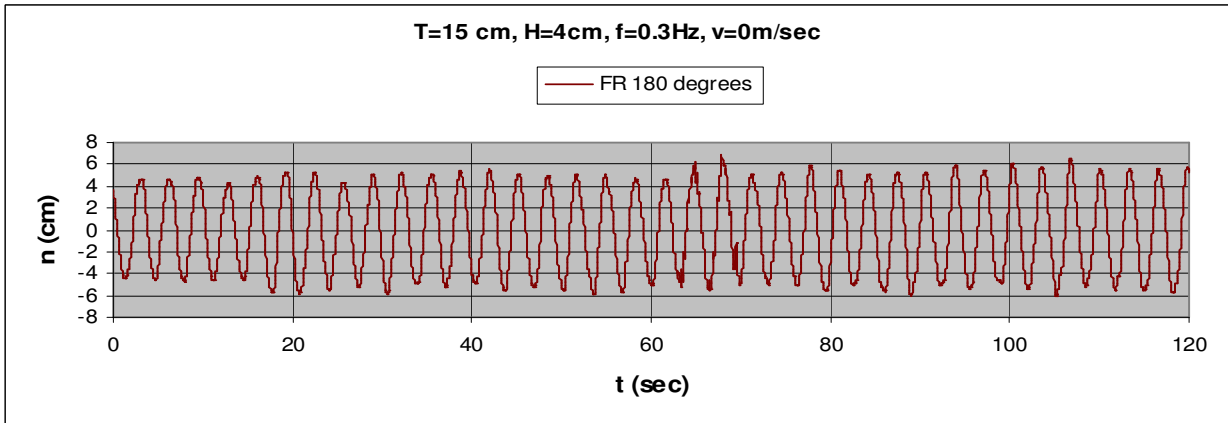
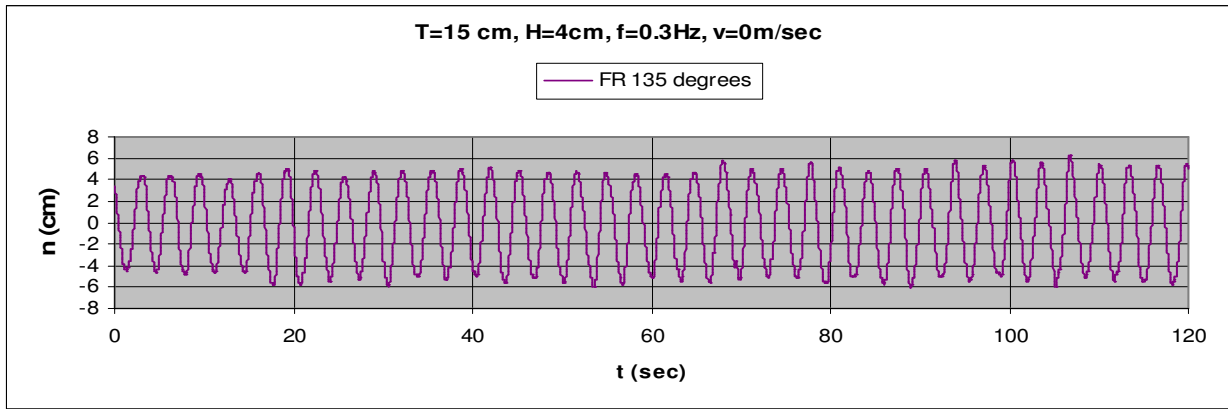




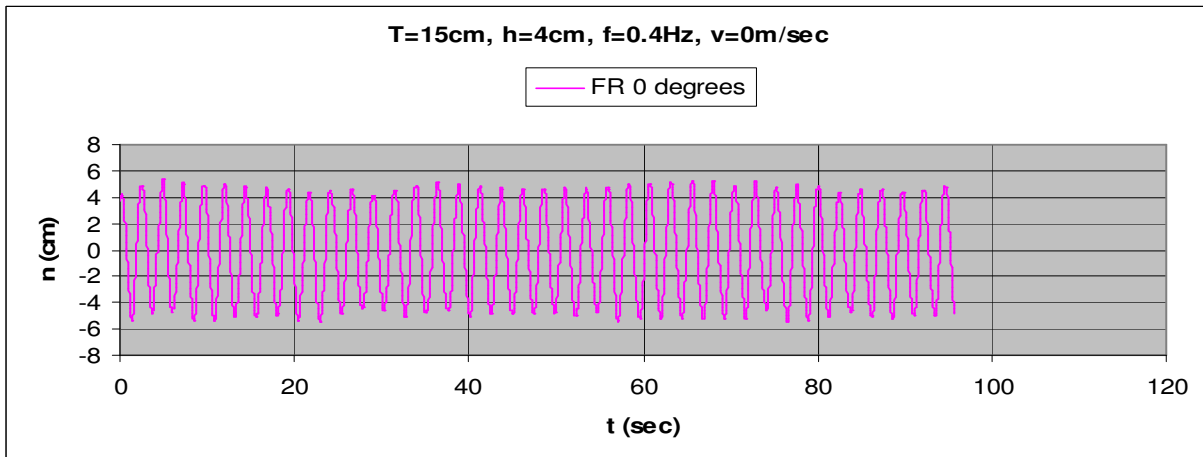
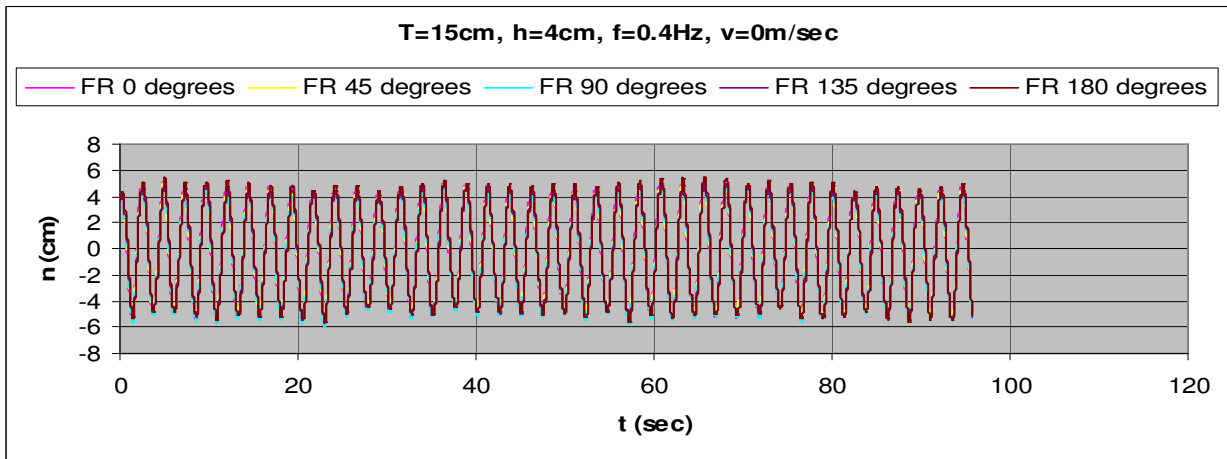
3.1.3 Χρονικές ιστορίες σταθερού μοντέλου σύνθετου κυλίνδρου

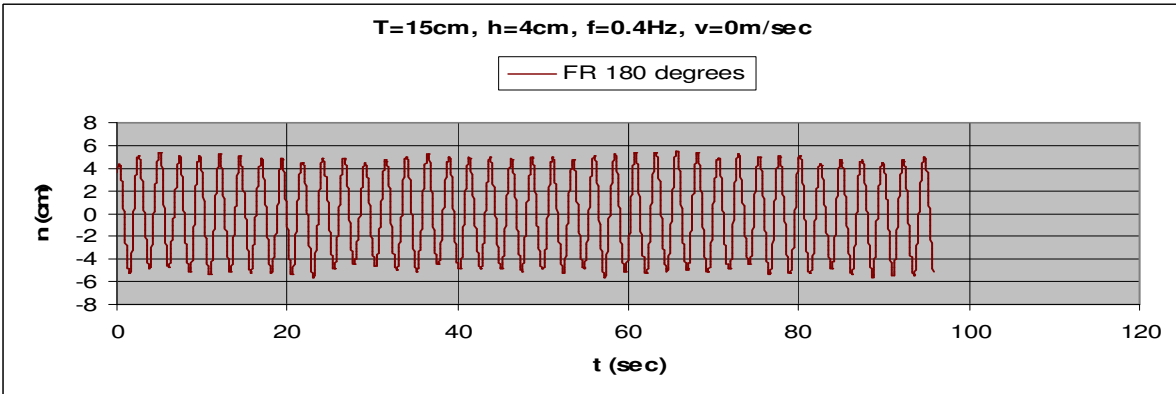
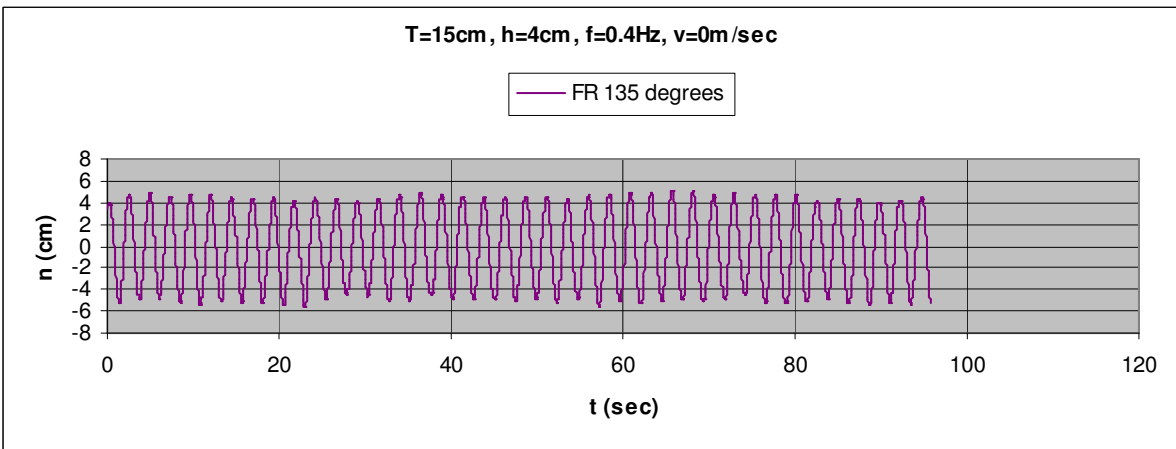
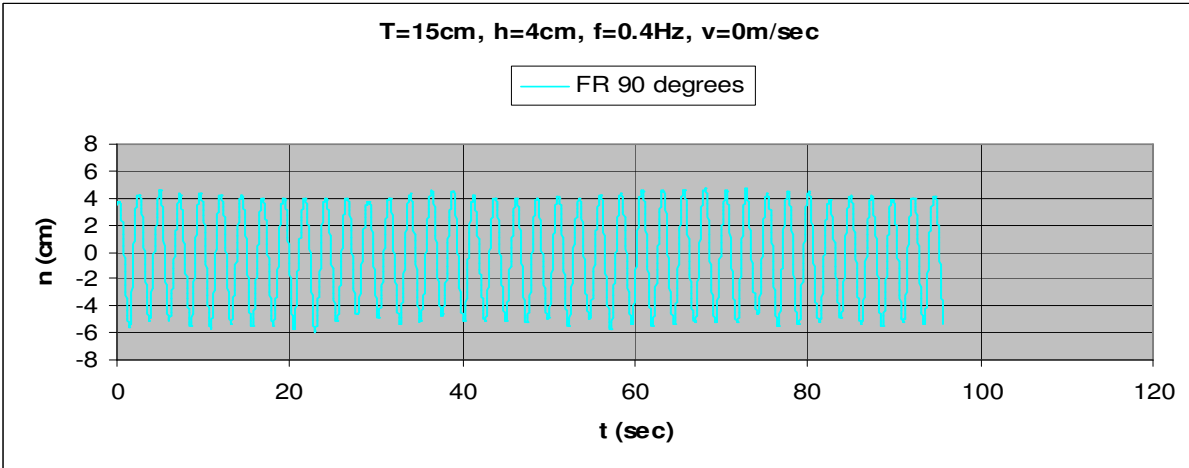
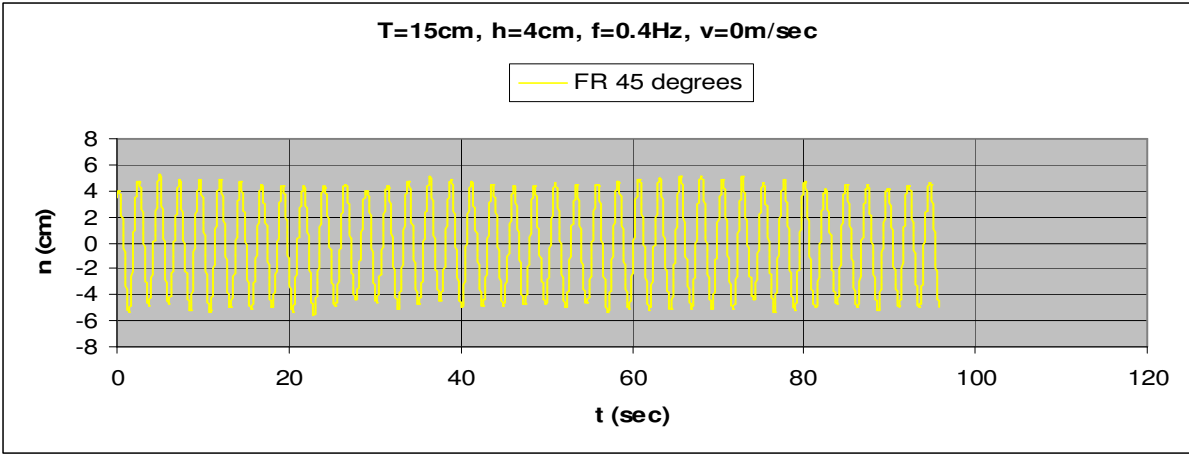
3.1.3.1 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0\text{m/s}$, $f=0.3\text{Hz}$, $F_n=0$, $\omega=1.885\text{rad/sec}$



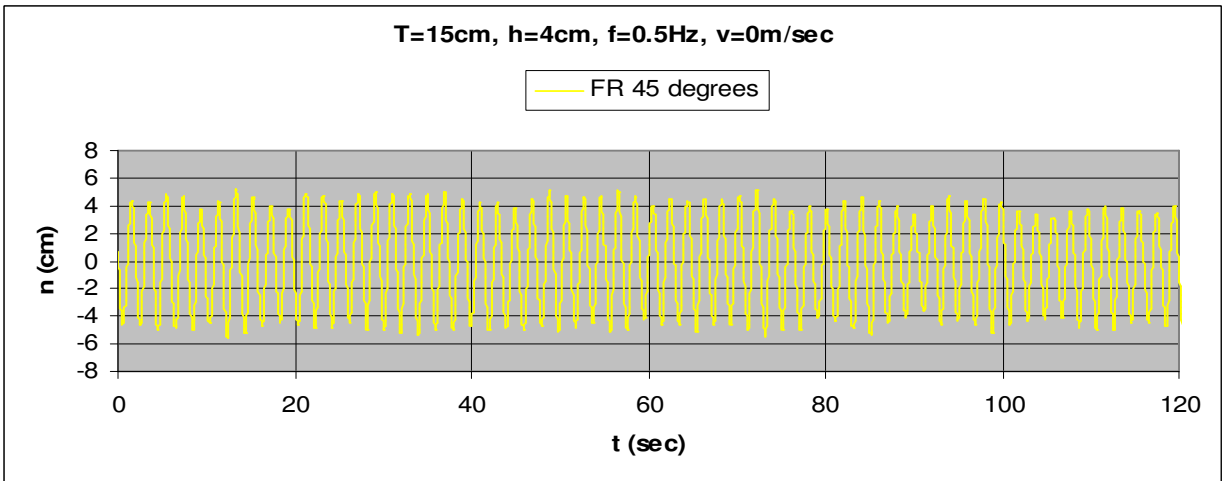
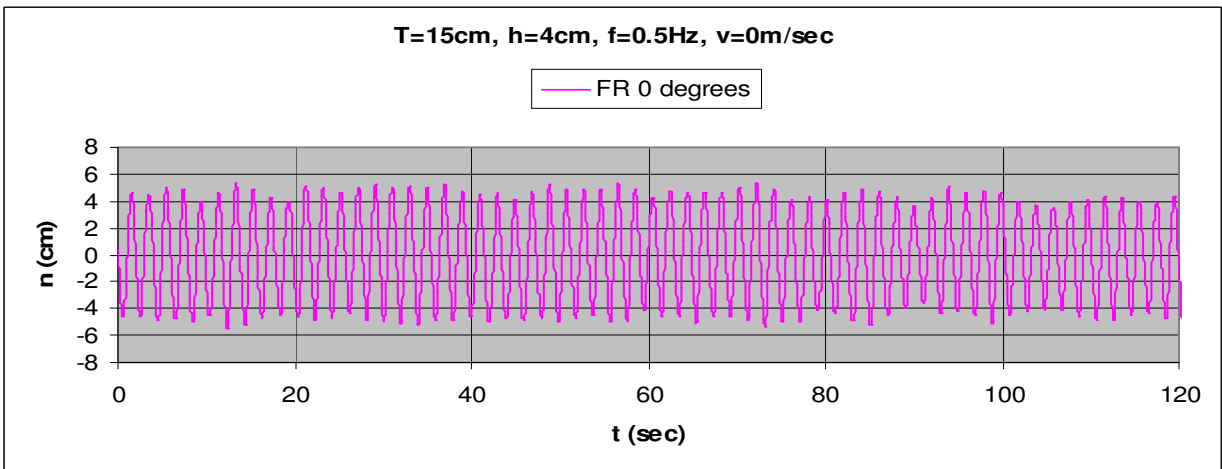
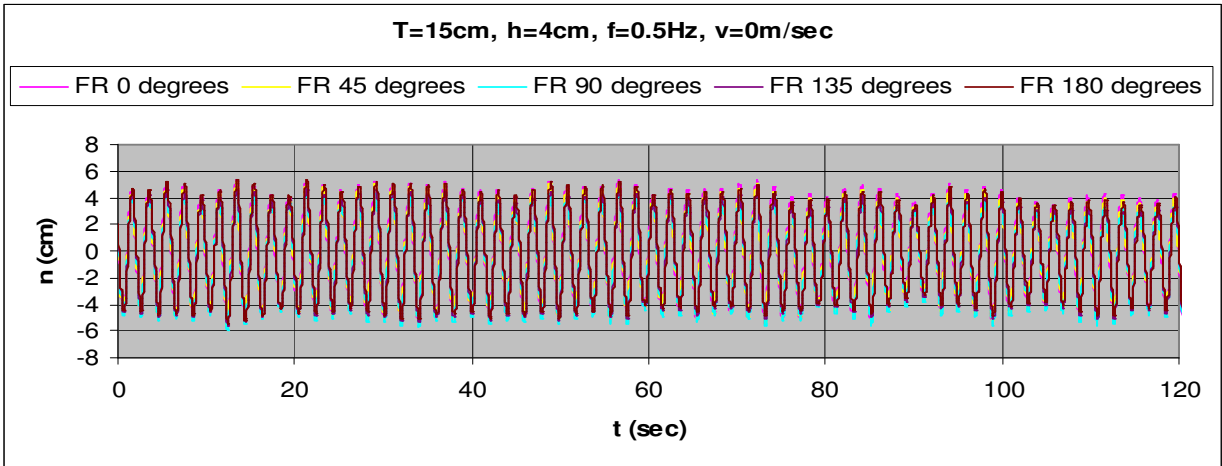


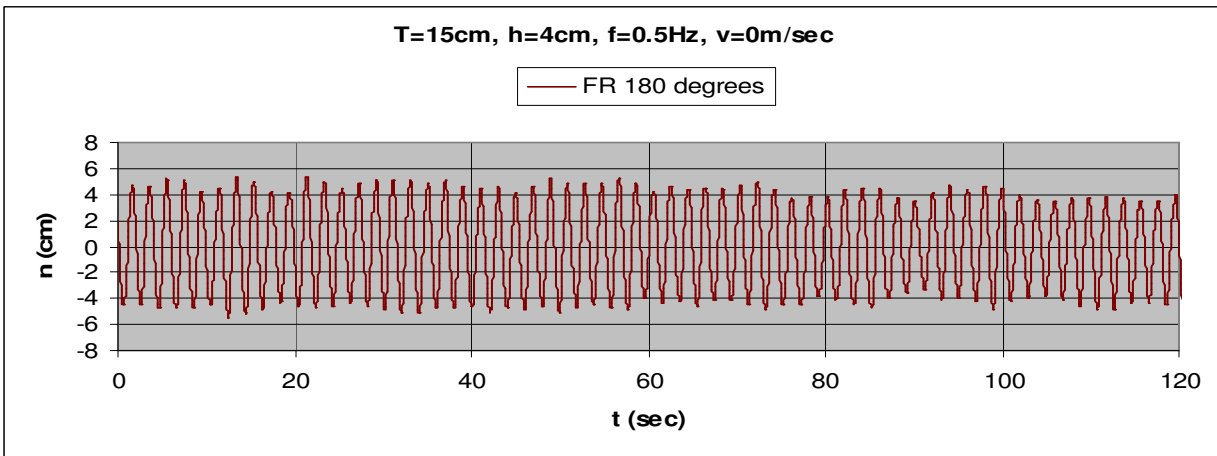
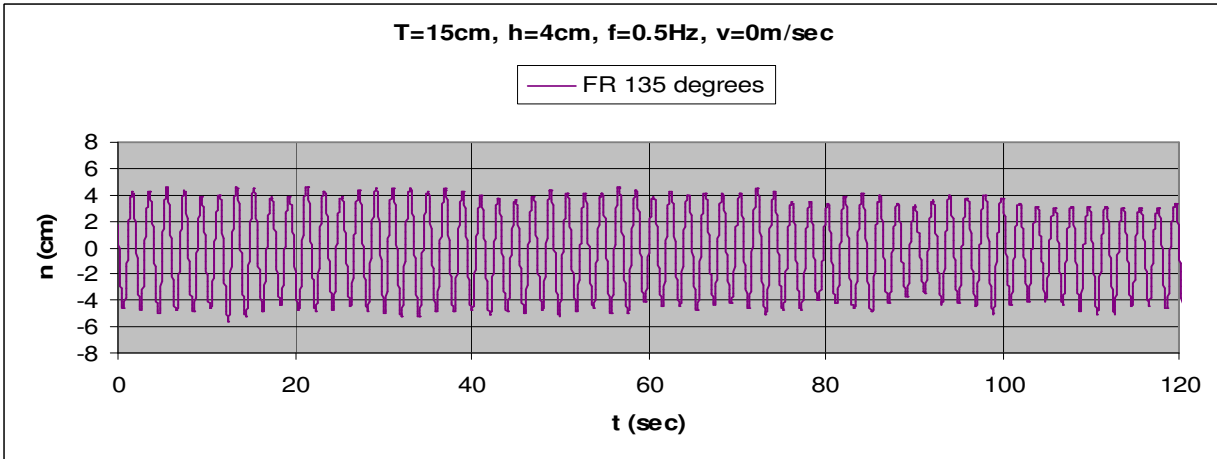
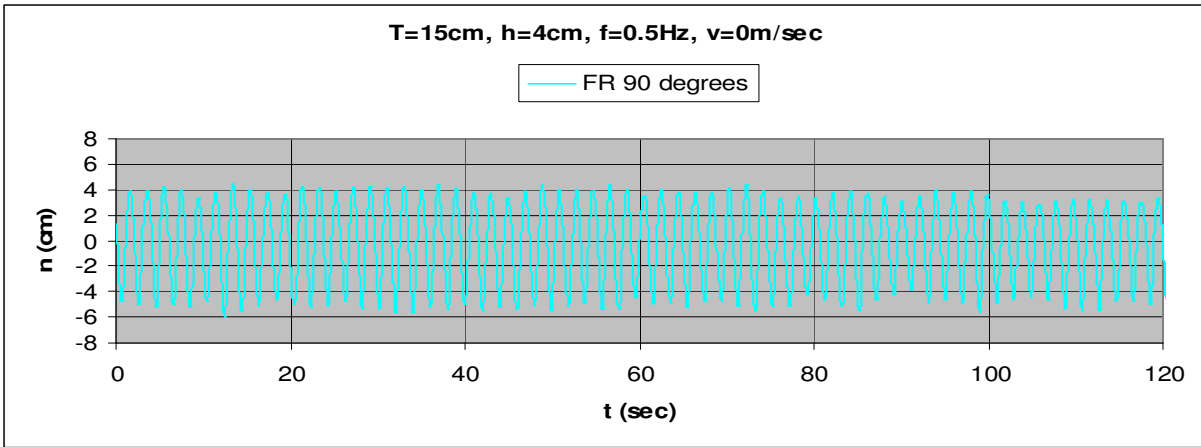
3.1.3.2 T=15cm, h=4cm, v=0m/s, f=0.4Hz, Fn=0, $\omega=2.513$ rad/sec



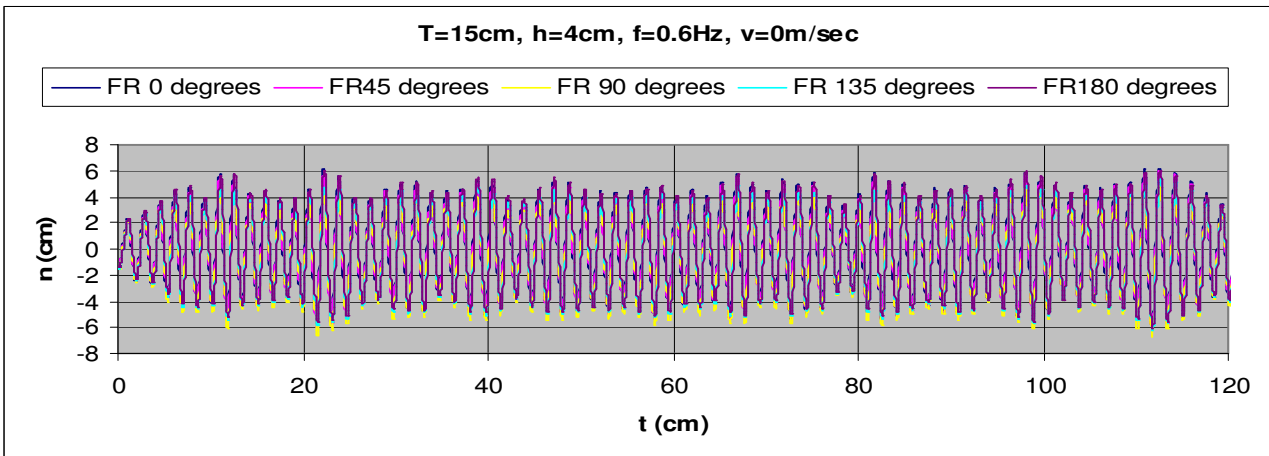


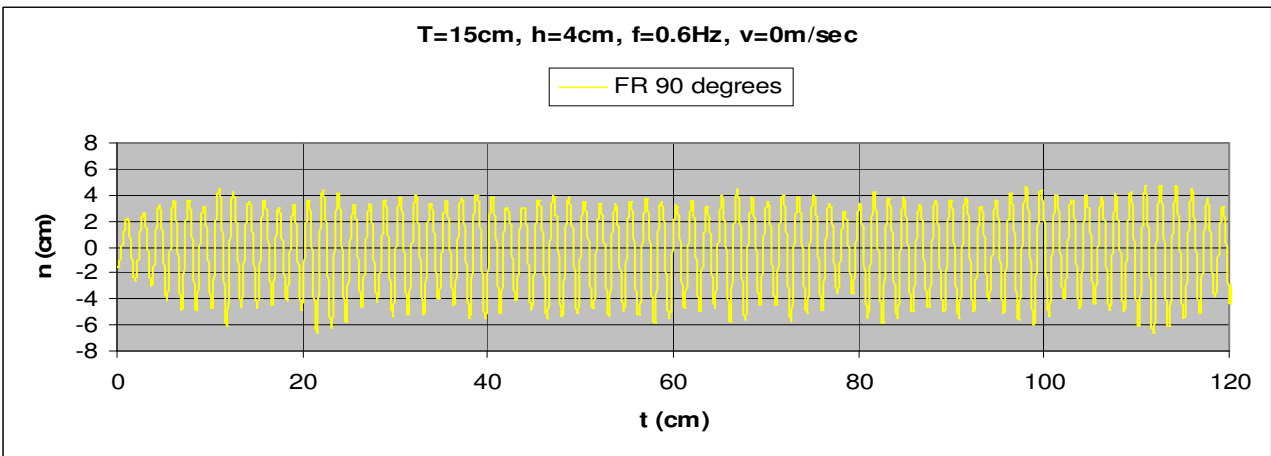
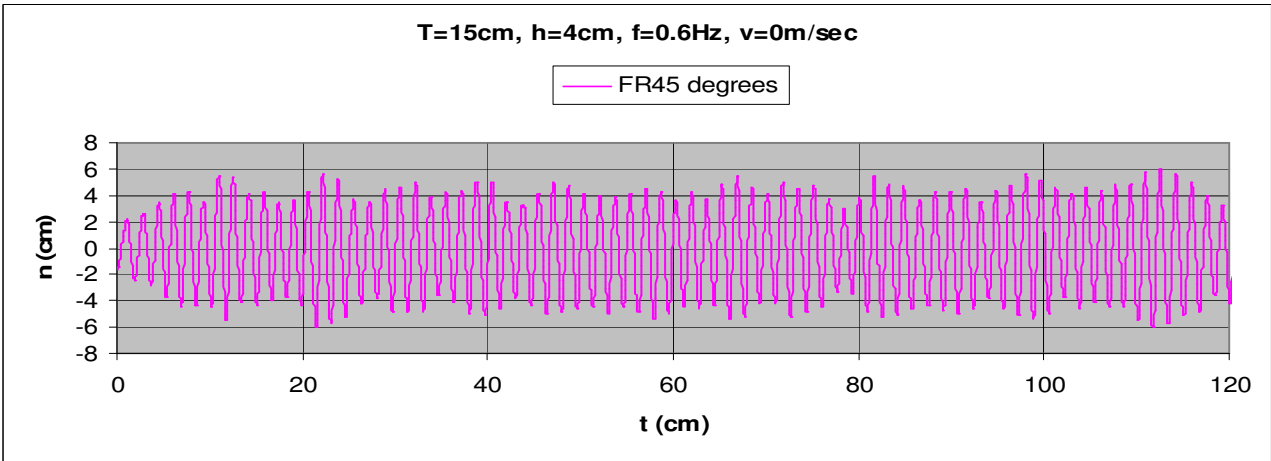
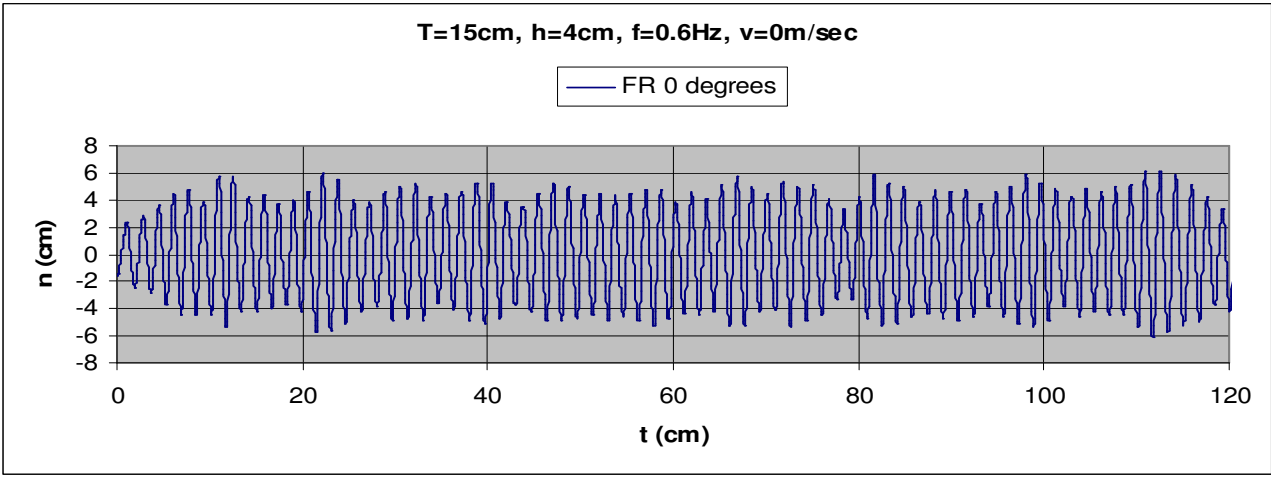
3.1.3.3 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0\text{m/s}$, $f=0.5\text{Hz}$, $F_n=0$, $\omega=3.142\text{rad/sec}$

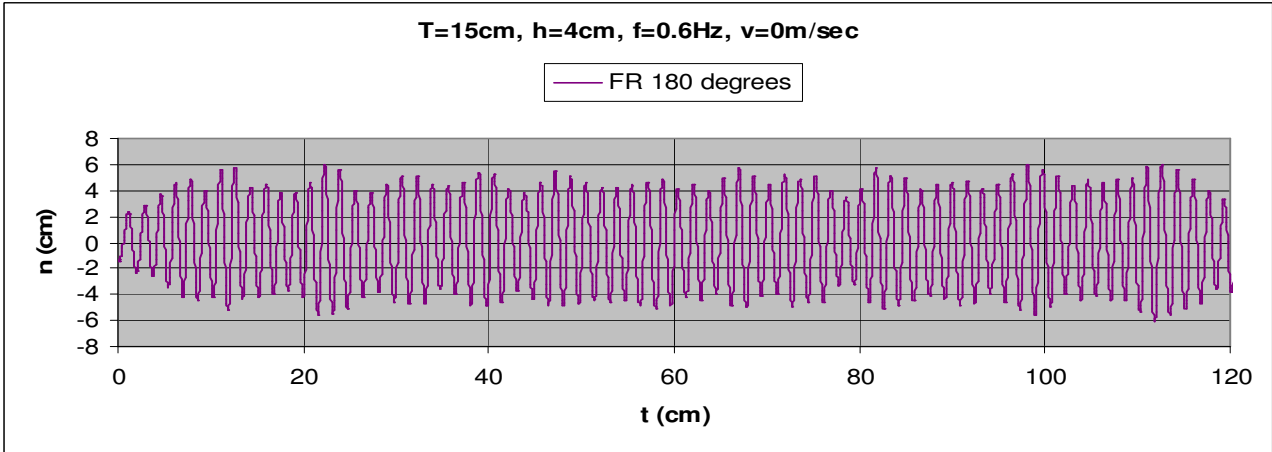
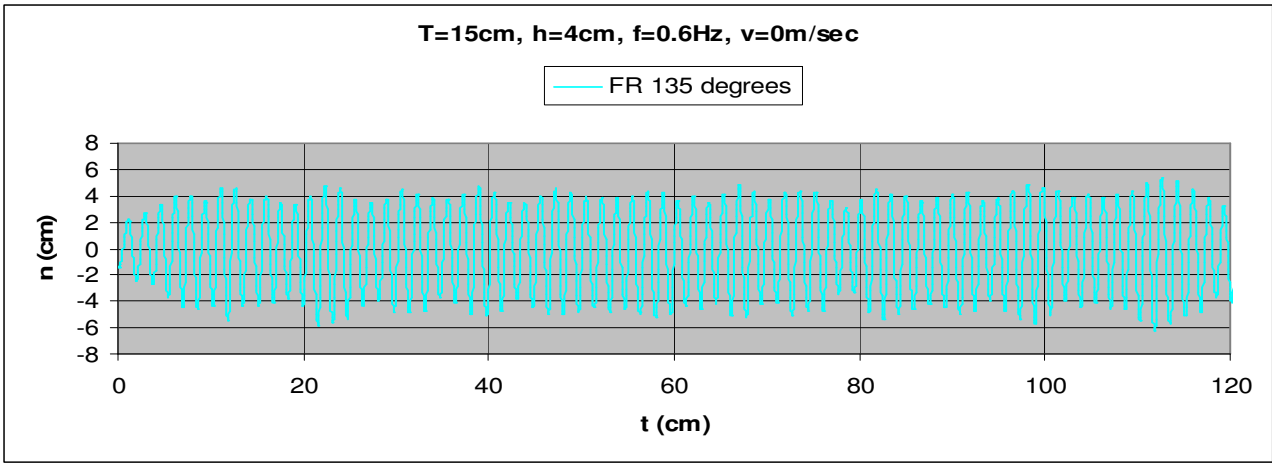




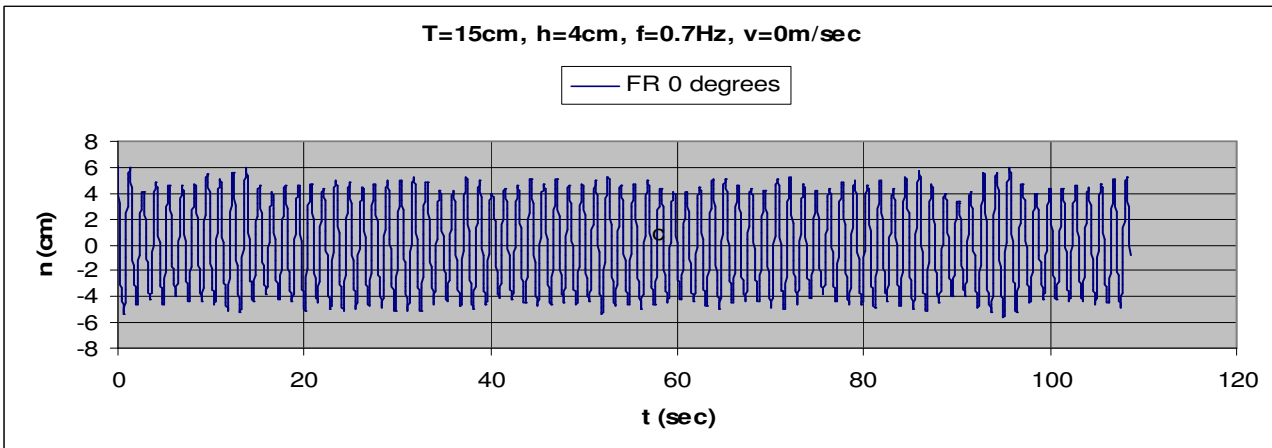
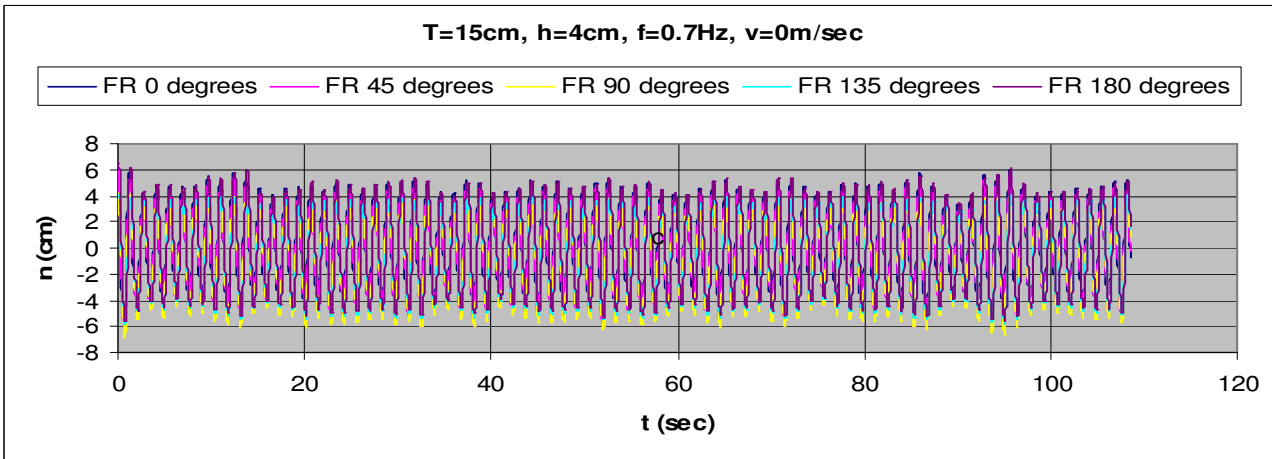
3.1.3.4 T=15cm, h=4cm, v=0m/s, f=0.6Hz, Fn=0, $\omega=3.770$ rad/sec

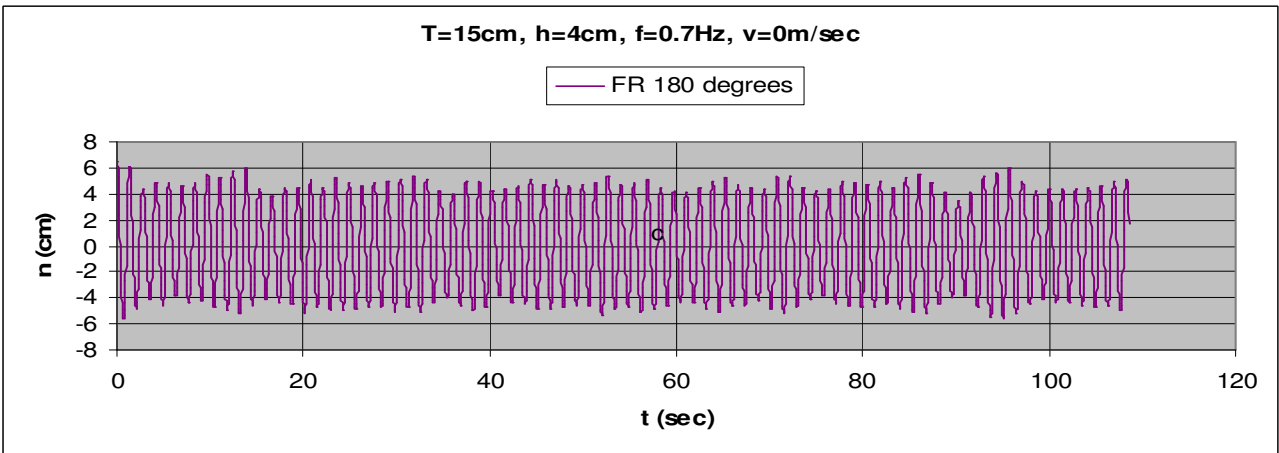
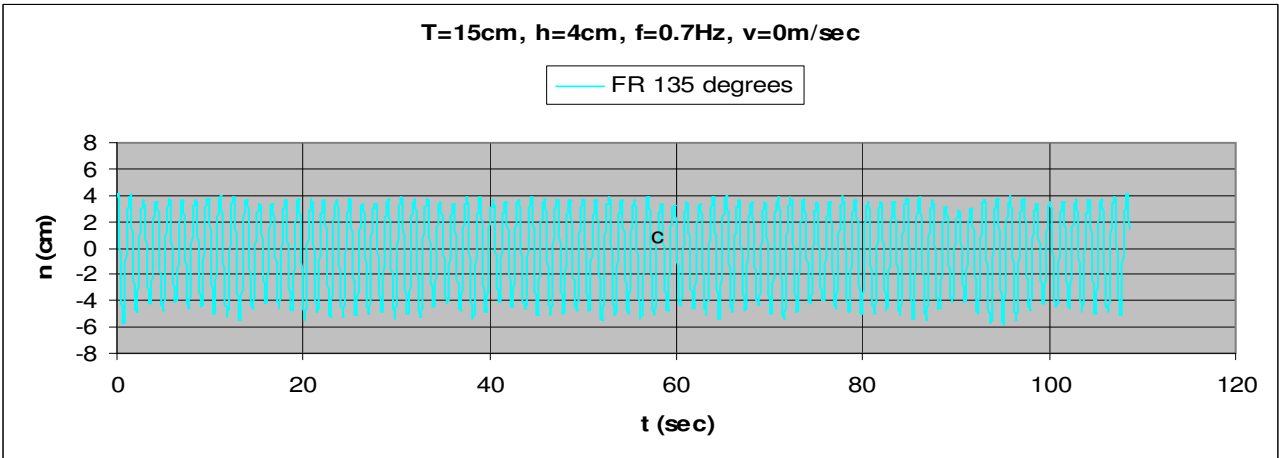
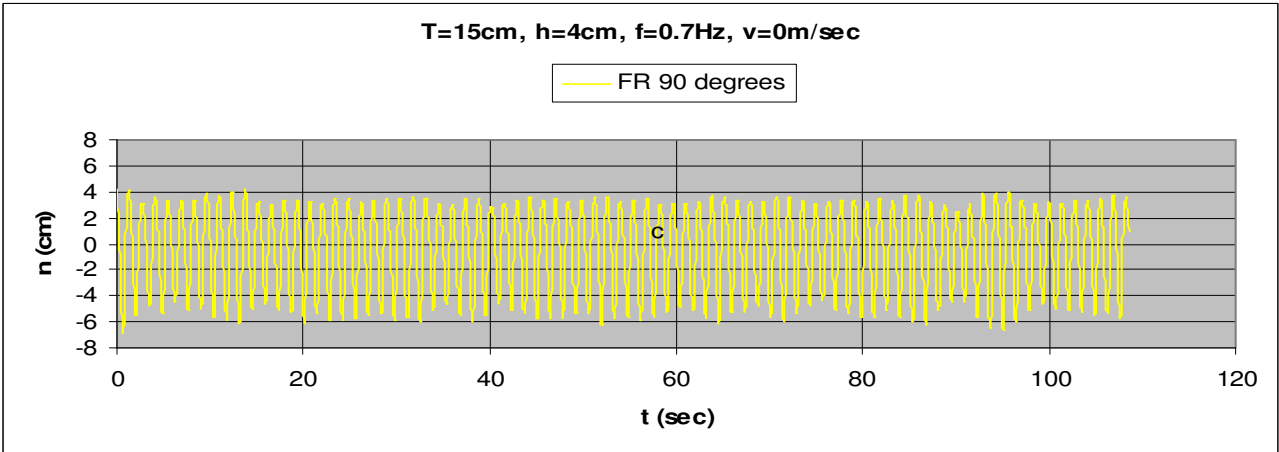
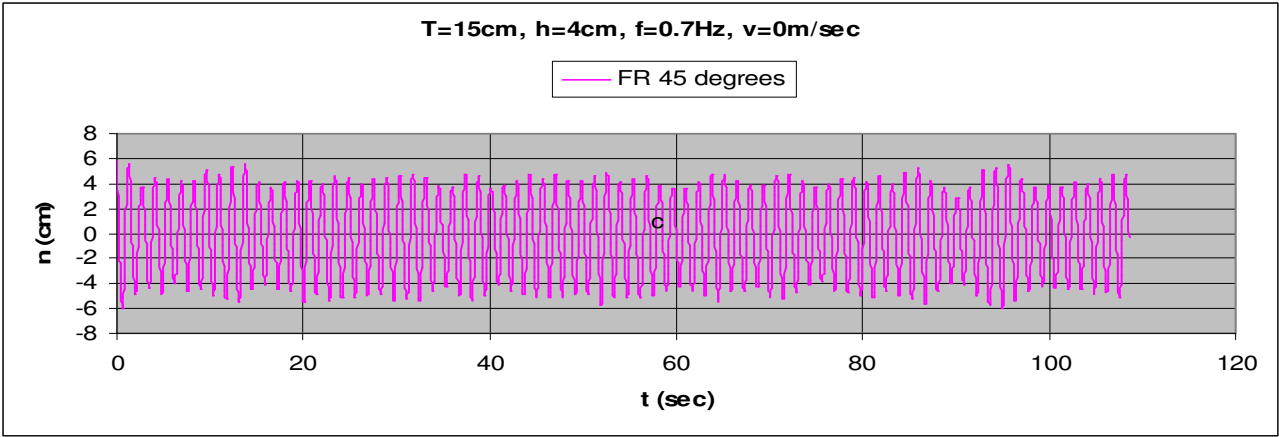




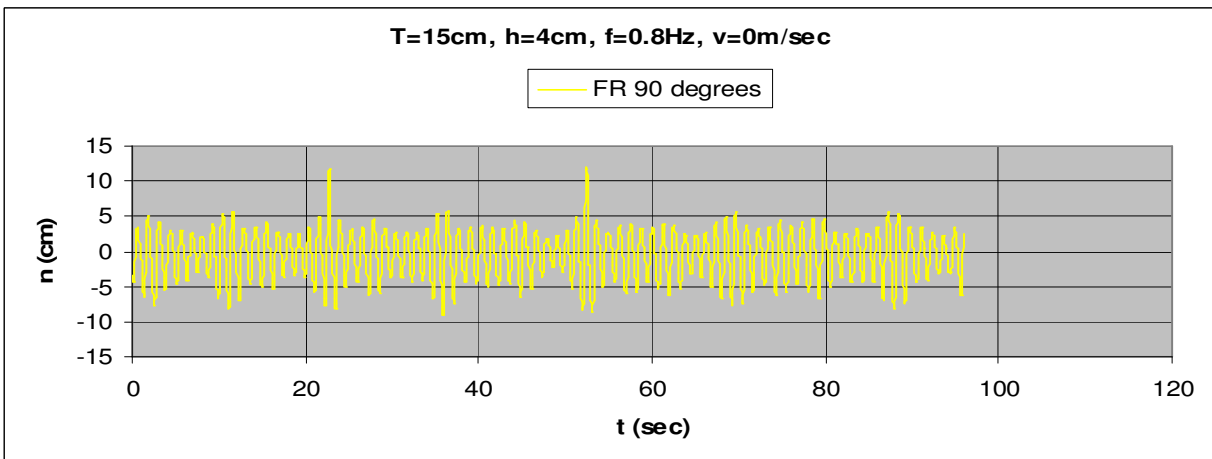
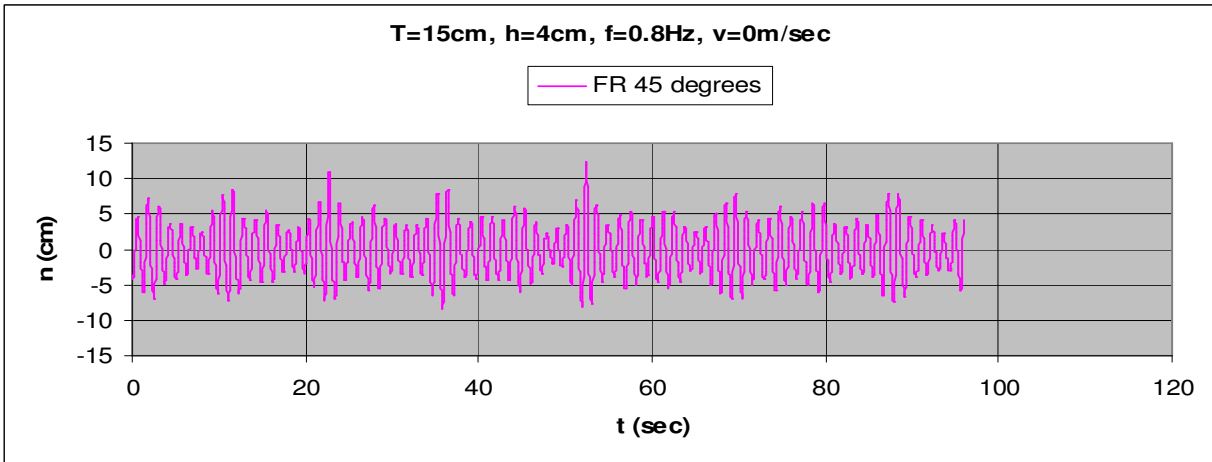
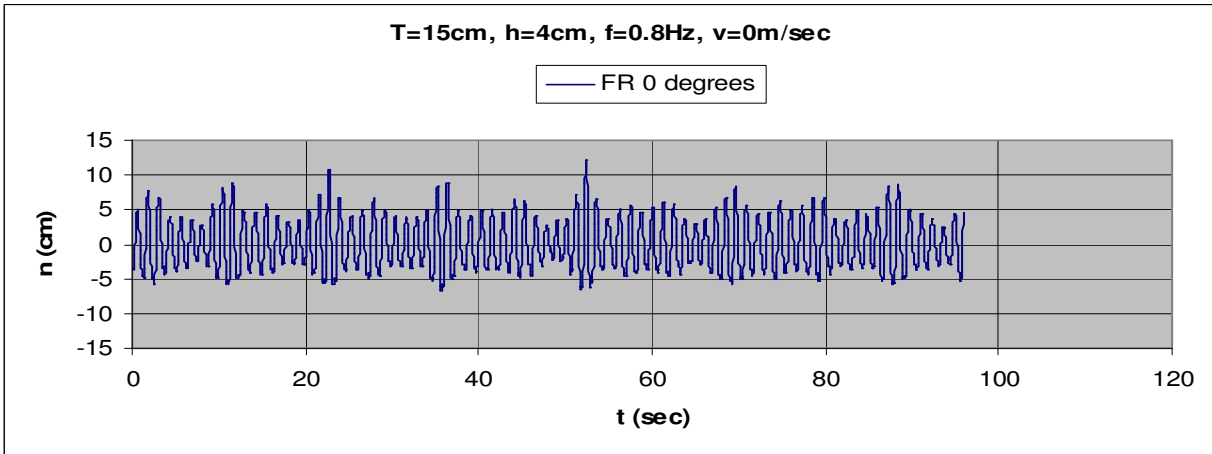
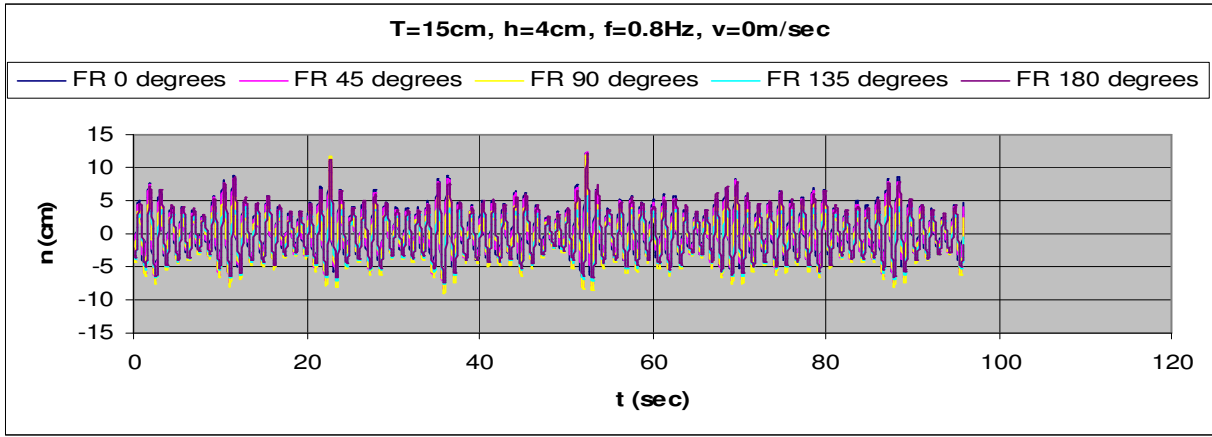


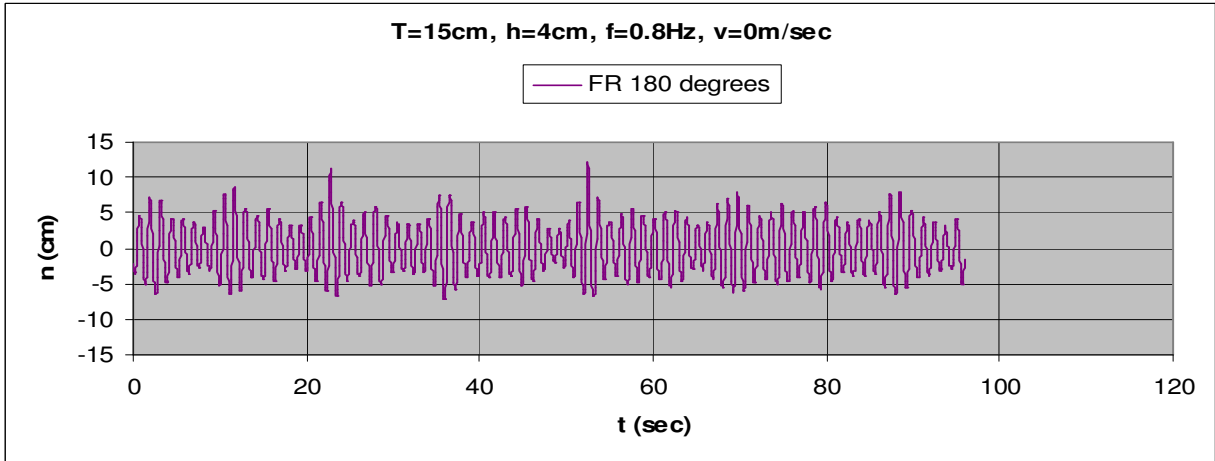
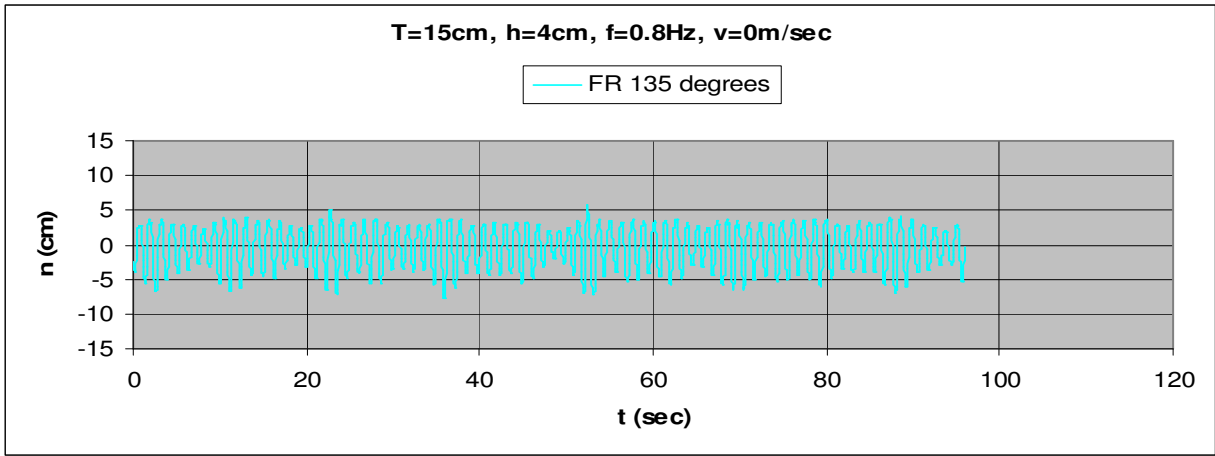
3.1.3.5 T=15cm, h=4cm, v=0m/s, f=0.7Hz, Fn=0, $\omega=4.398\text{rad/sec}$



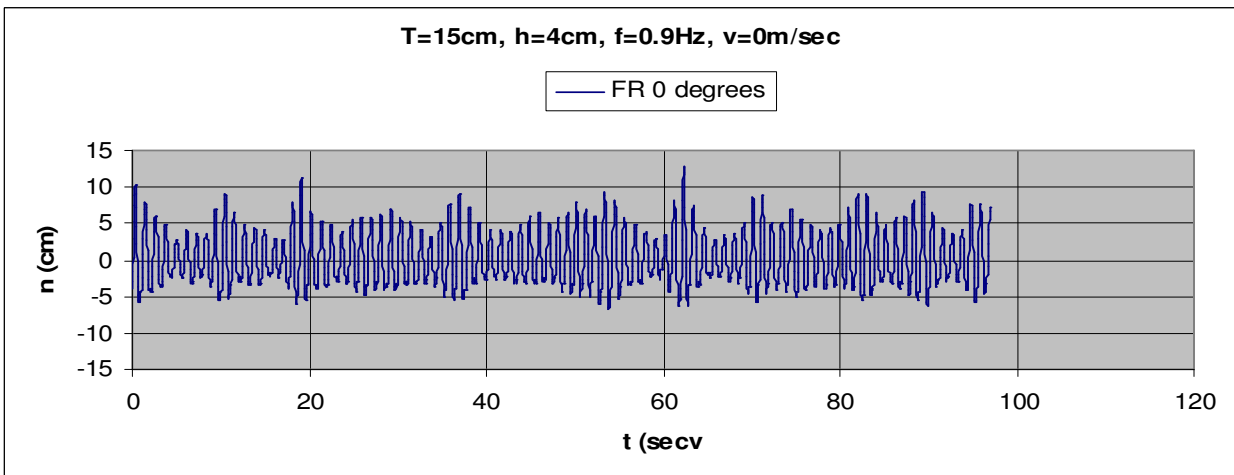
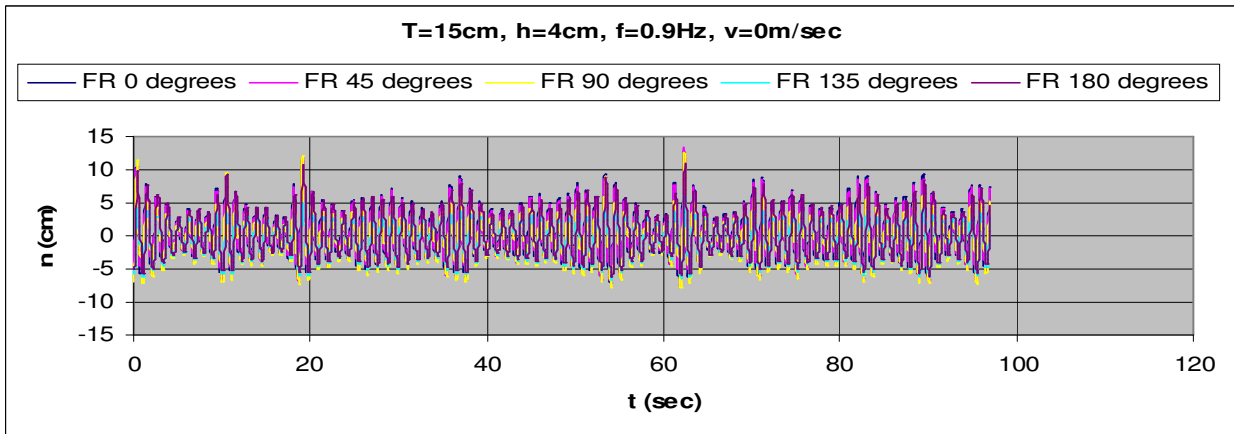


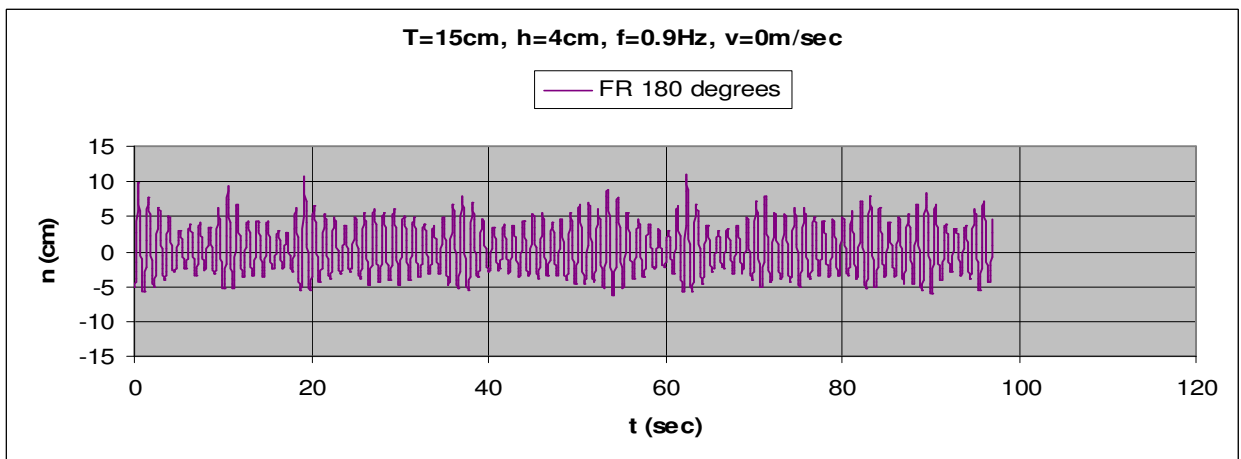
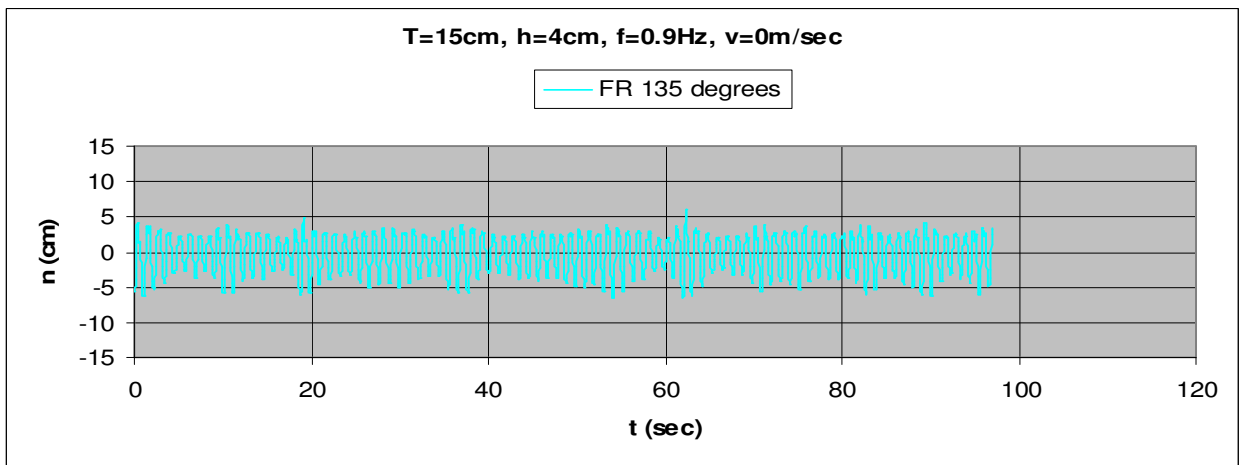
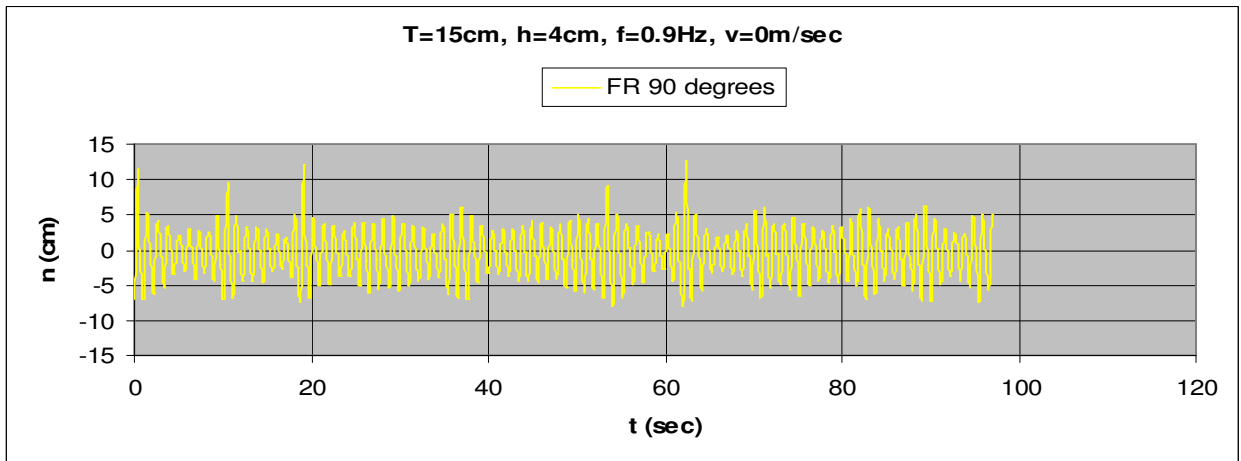
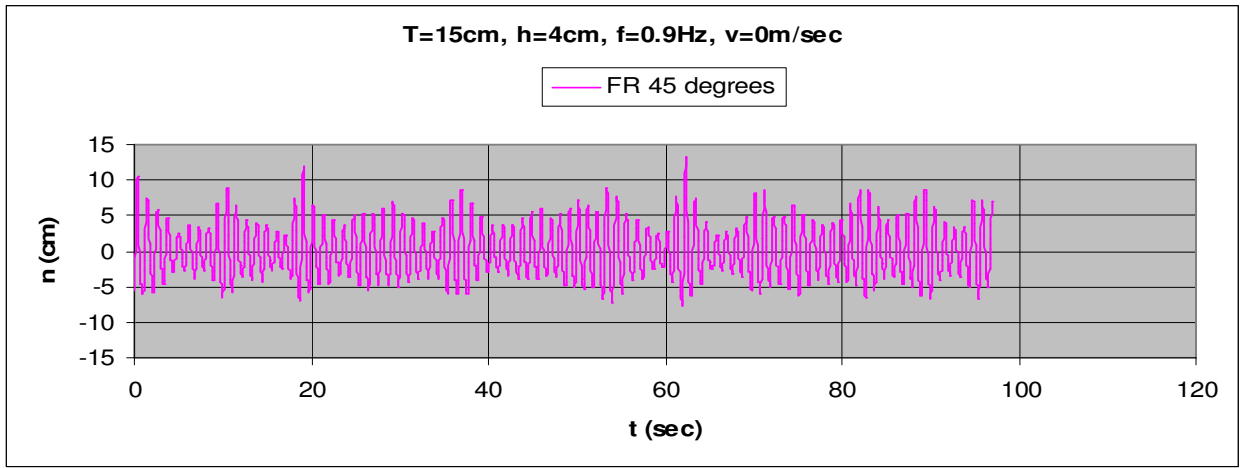
3.1.3.6 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0\text{m/s}$, $f=0.8\text{Hz}$, $F_n=0$, $\omega=5.026\text{rad/sec}$



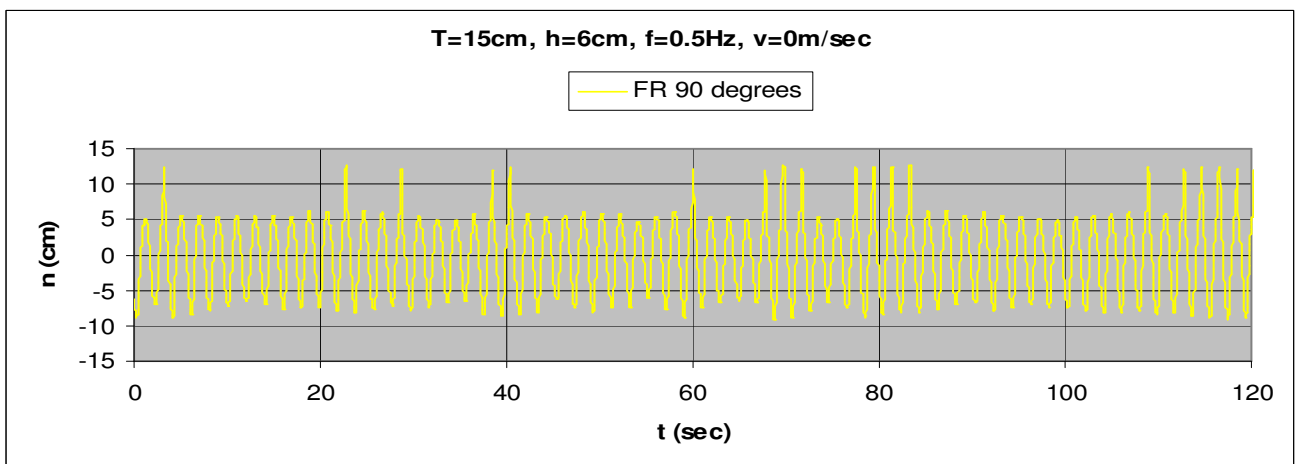
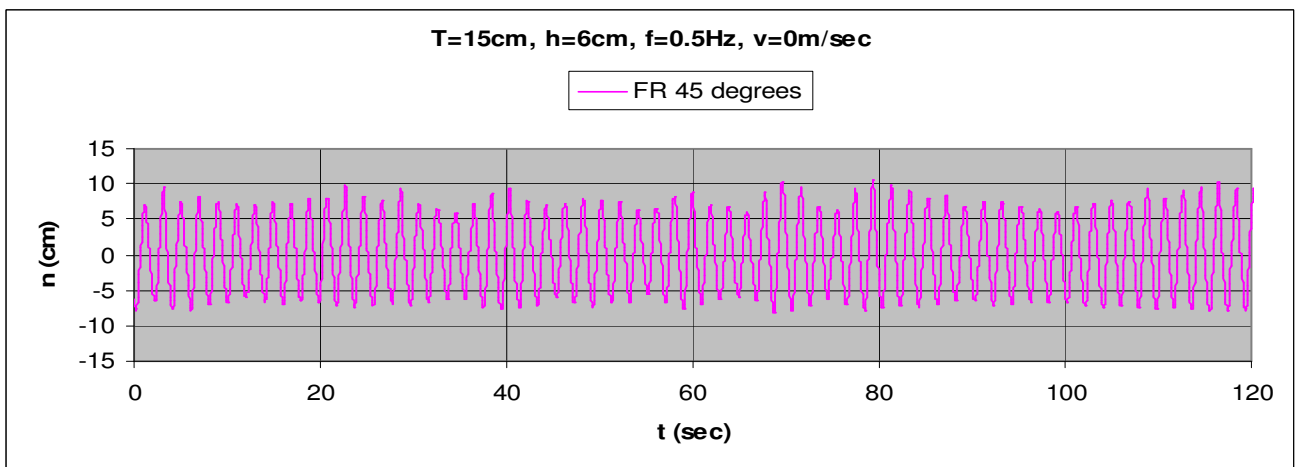
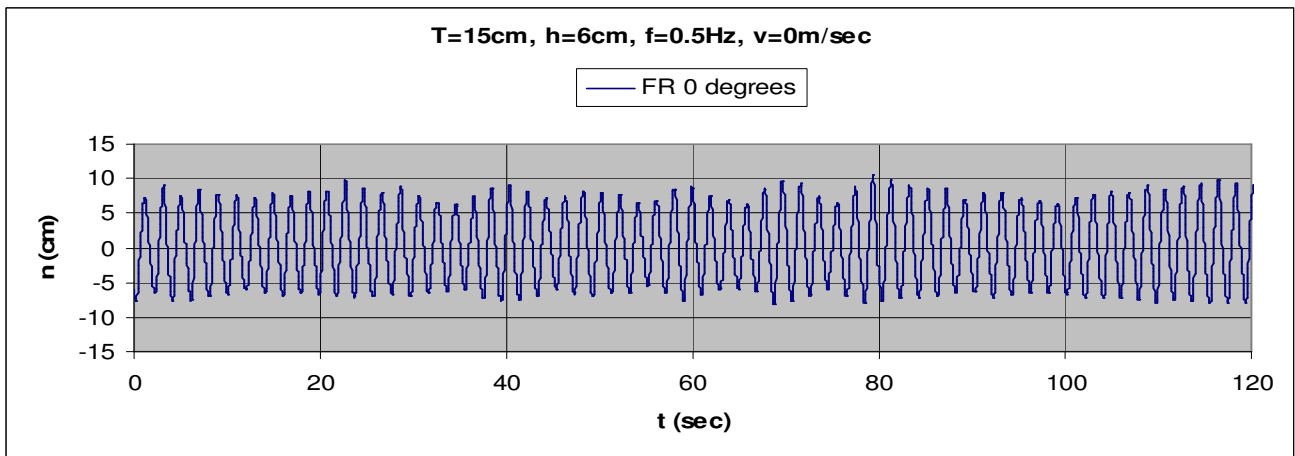
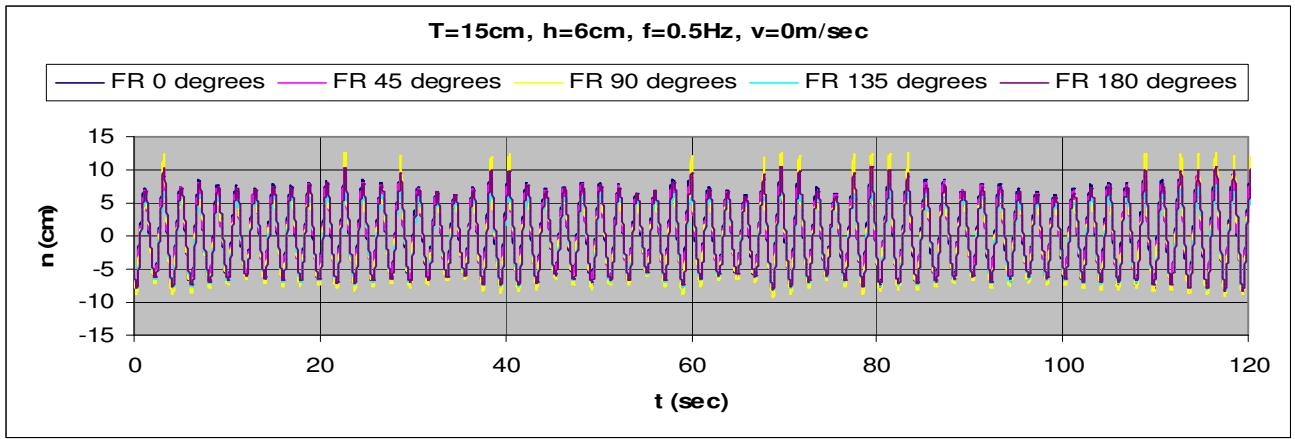


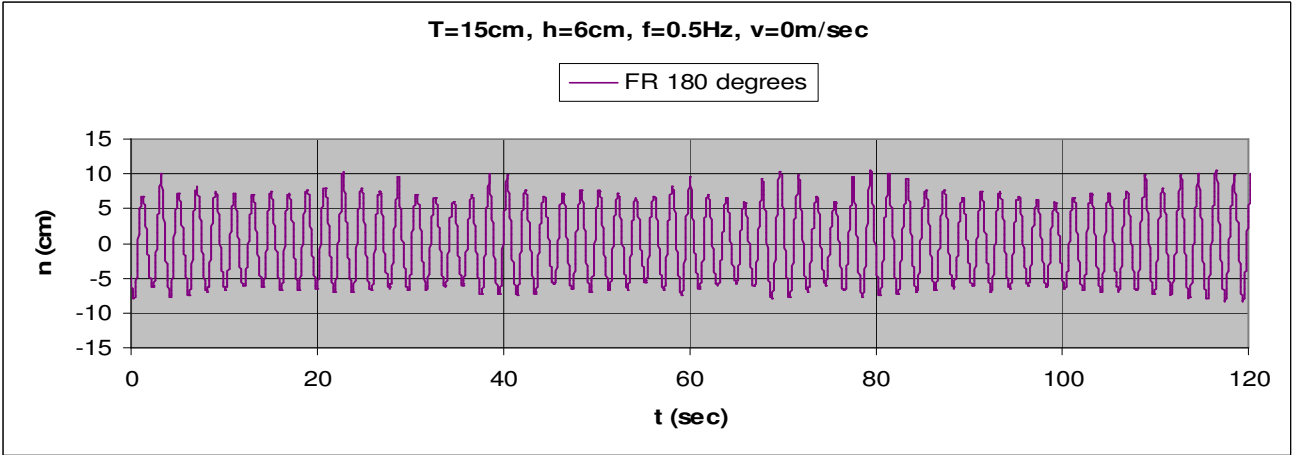
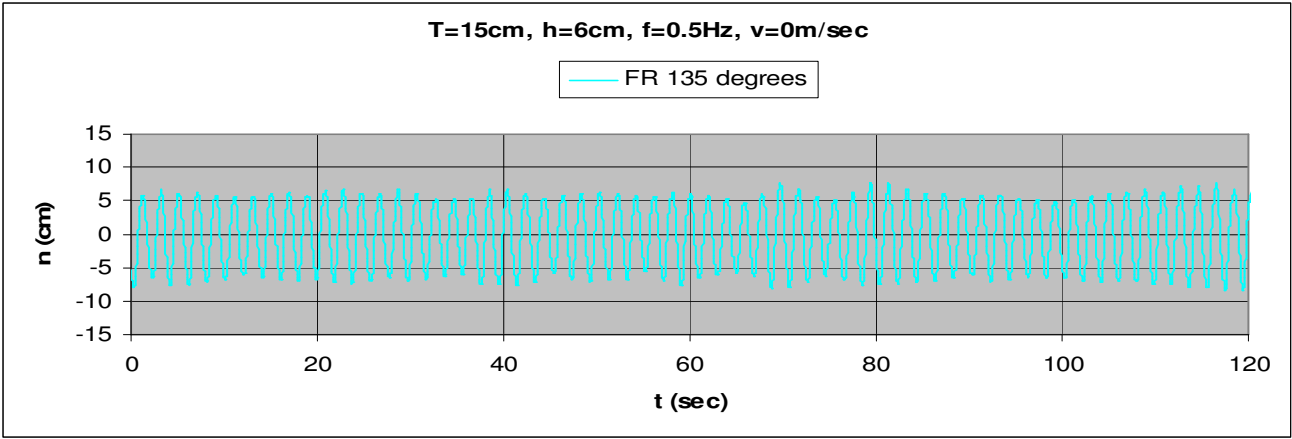
3.1.3.7 T=15cm, h=4cm, v=0m/s, f=0.9Hz, Fn=0, $\omega=5.655\text{rad/sec}$



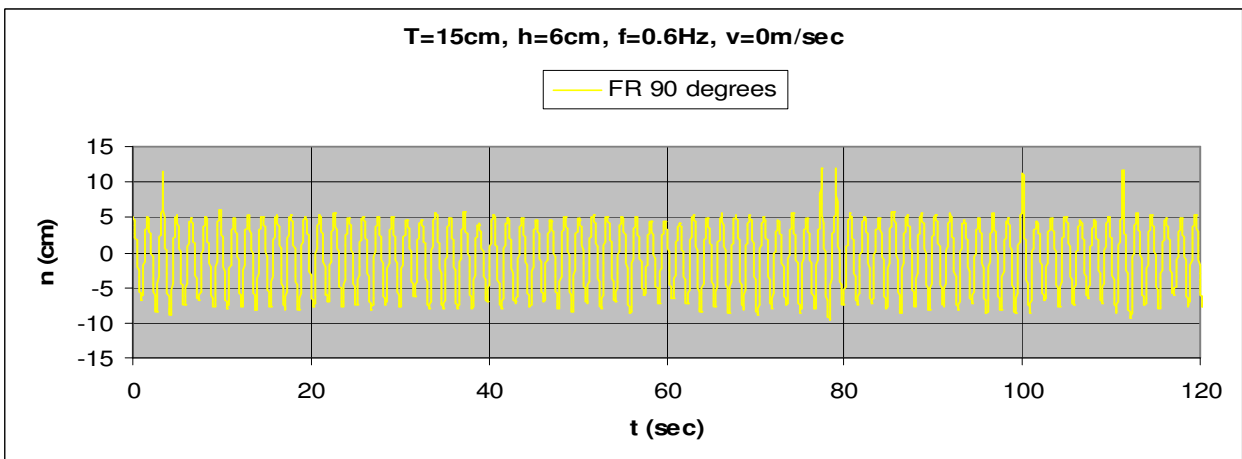
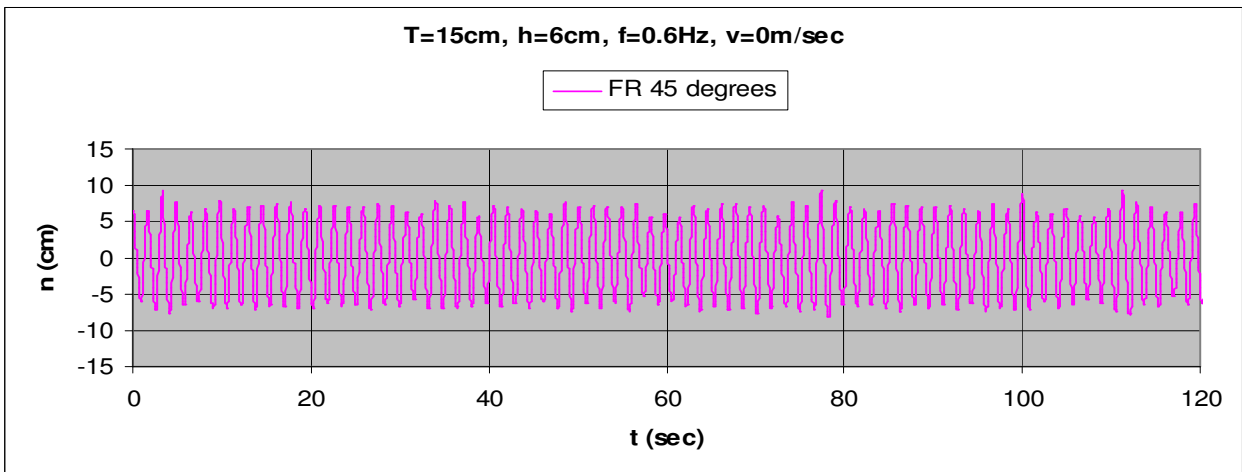
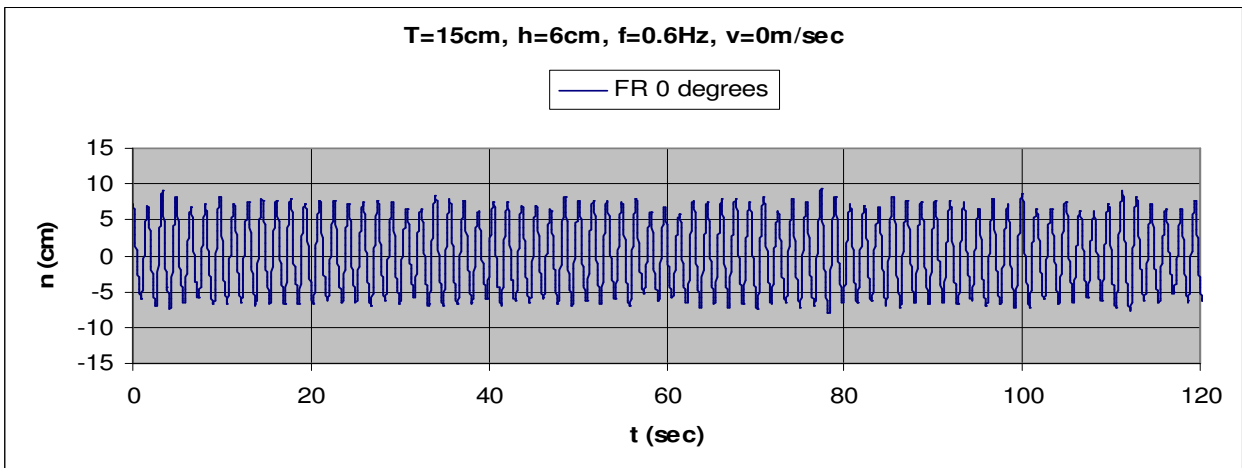
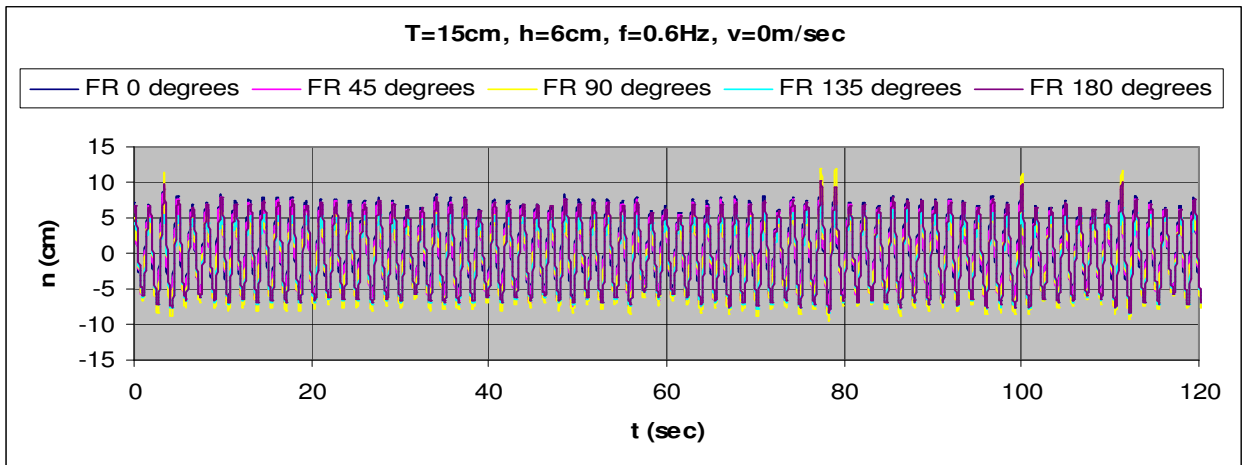


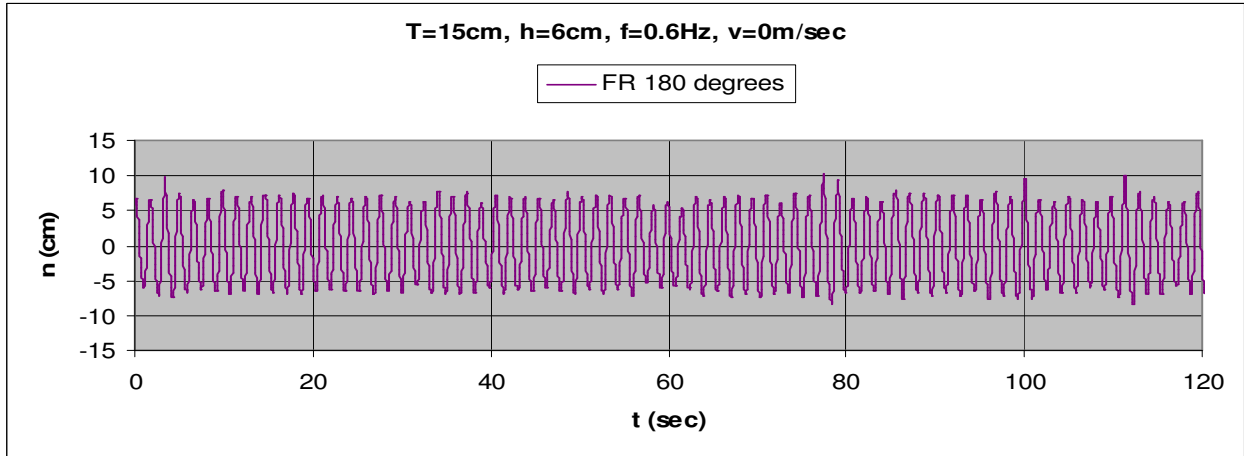
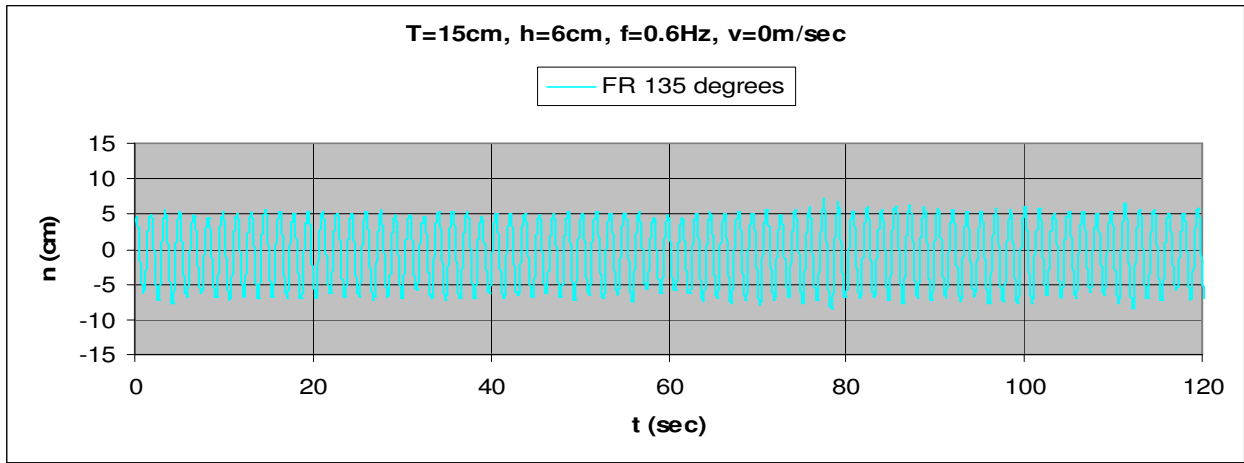
3.1.3.8 $T=15\text{cm}$, $h=6\text{cm}$, $v=0\text{m/s}$, $f=0.5\text{Hz}$, $F_n=0$, $\omega=3.142\text{rad/sec}$



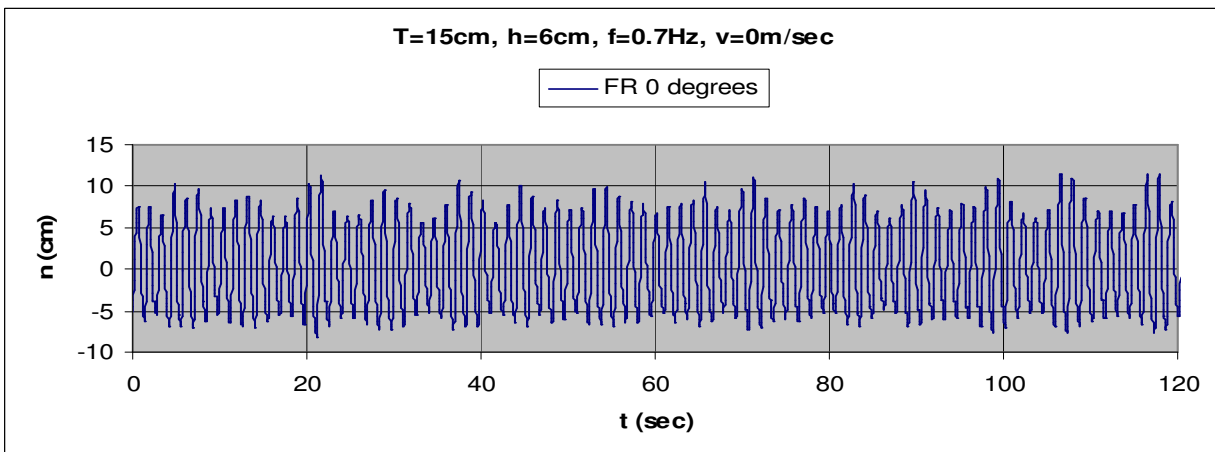
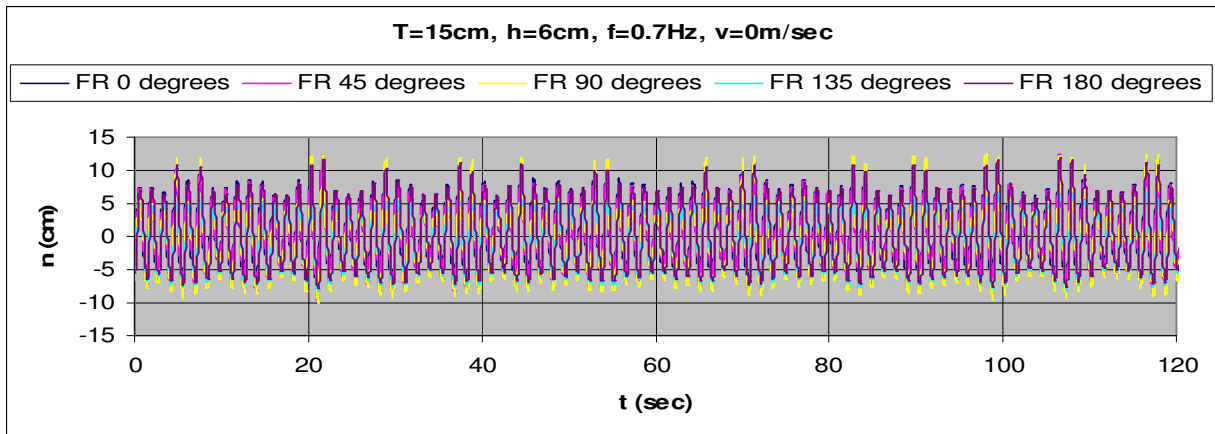


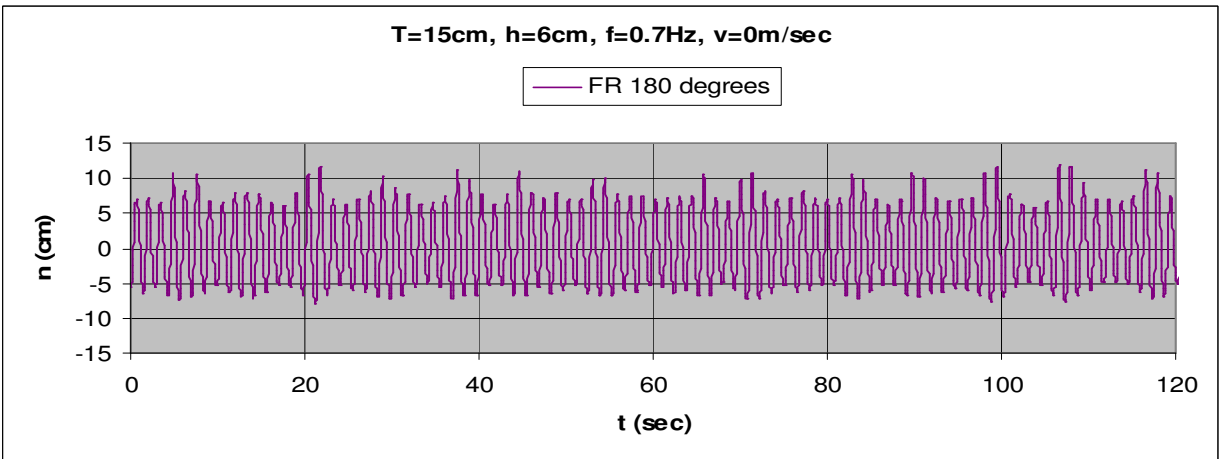
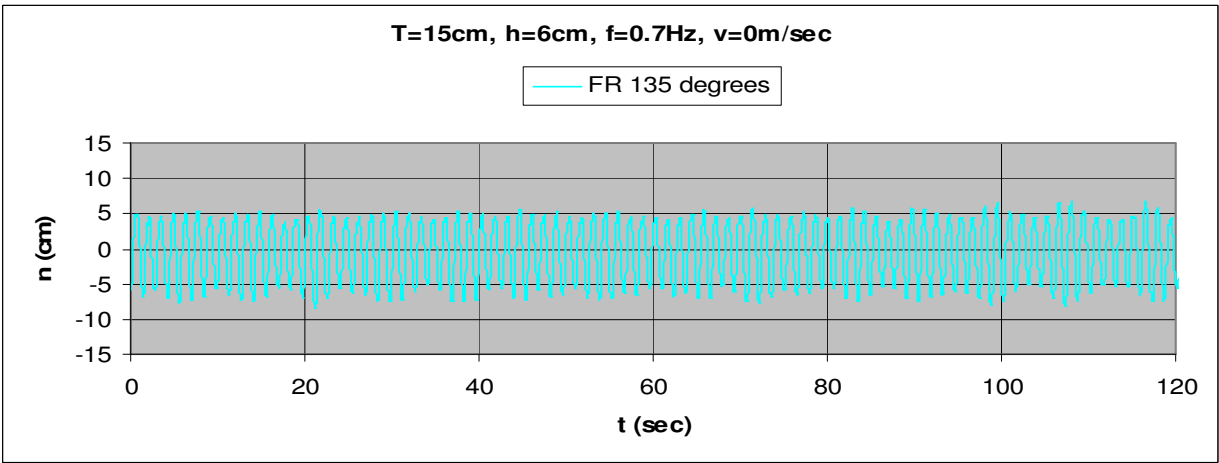
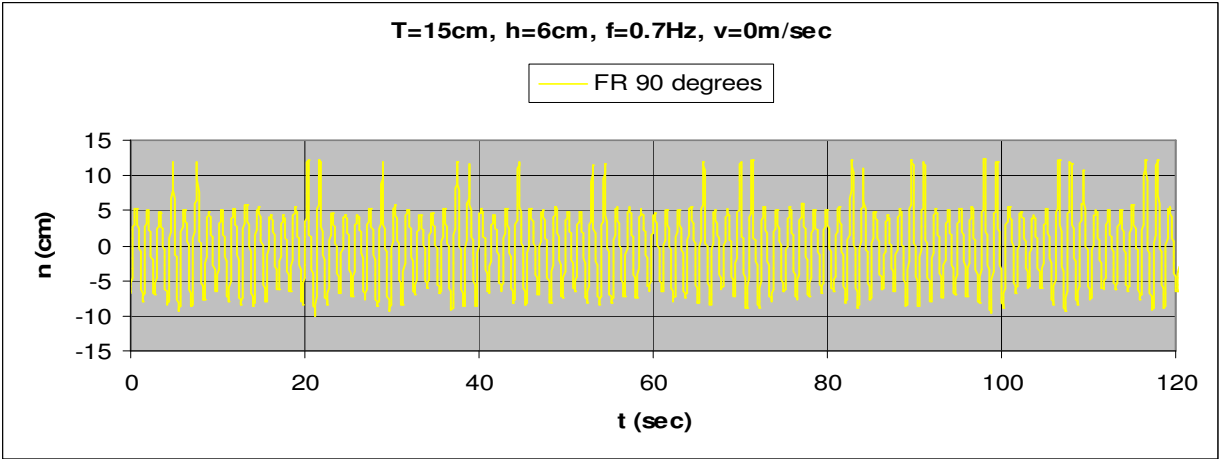
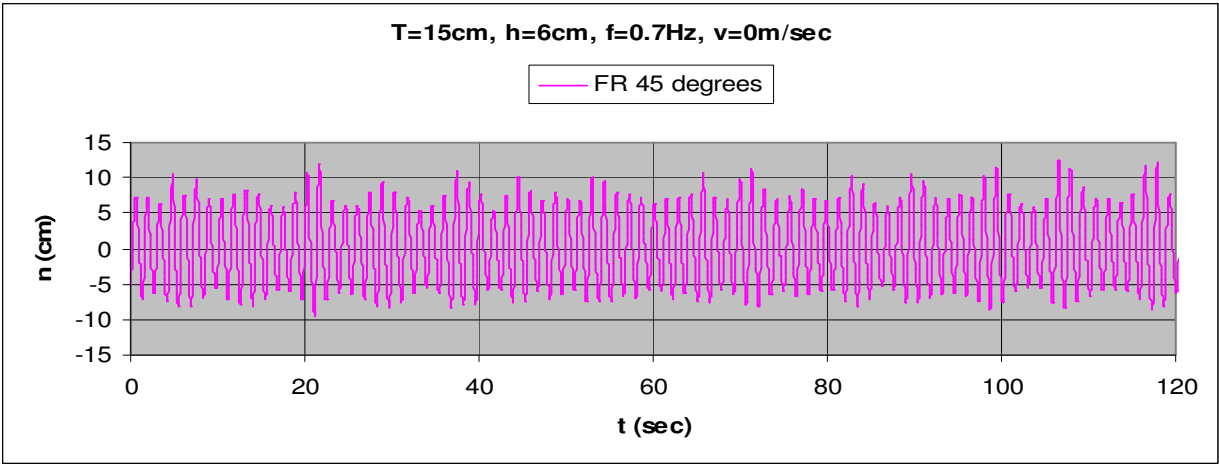
3.1.3.9 $T=15\text{cm}$, $h=6\text{cm}$, $v=0\text{m/s}$, $f=0.6\text{Hz}$, $F_n=0$, $\omega=3.770\text{rad/sec}$



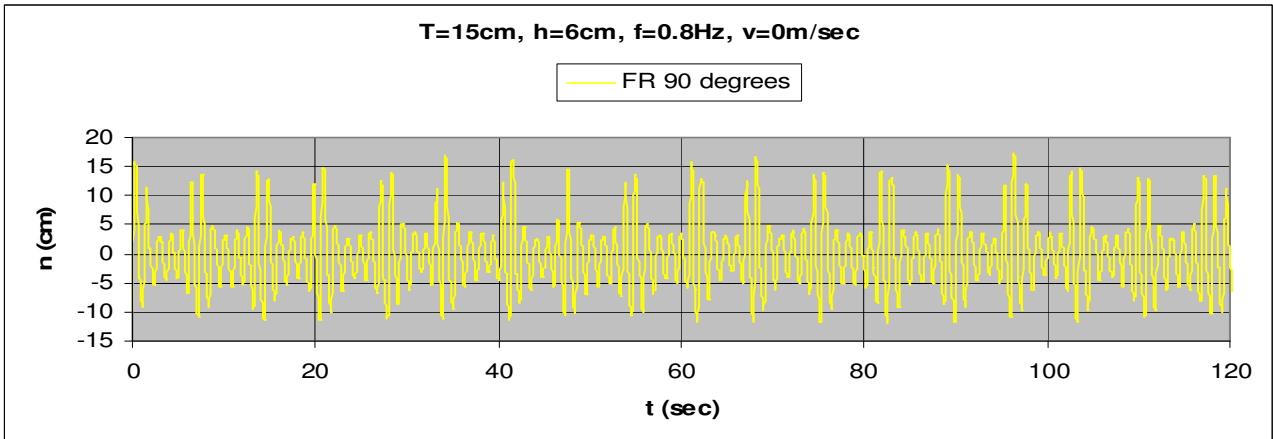
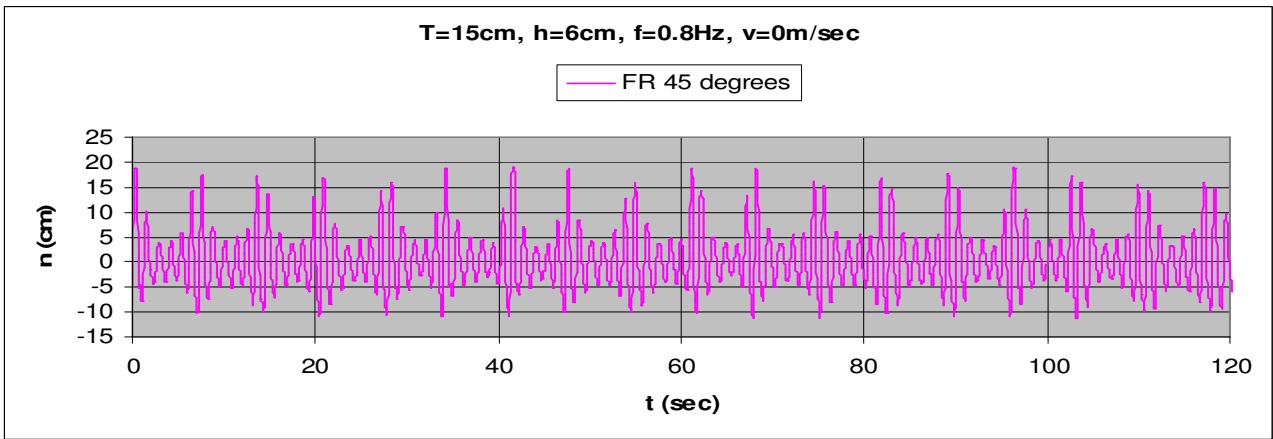
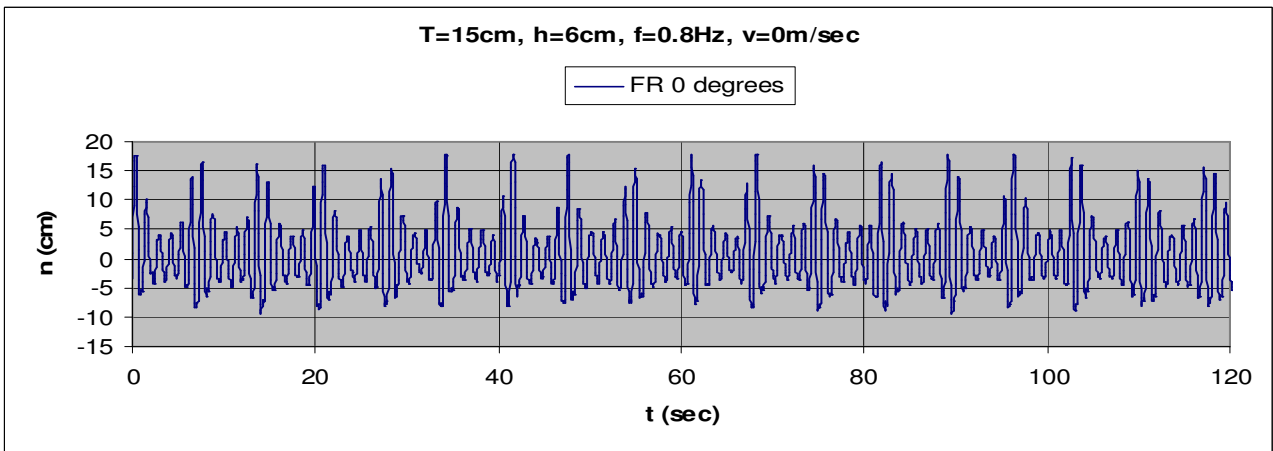
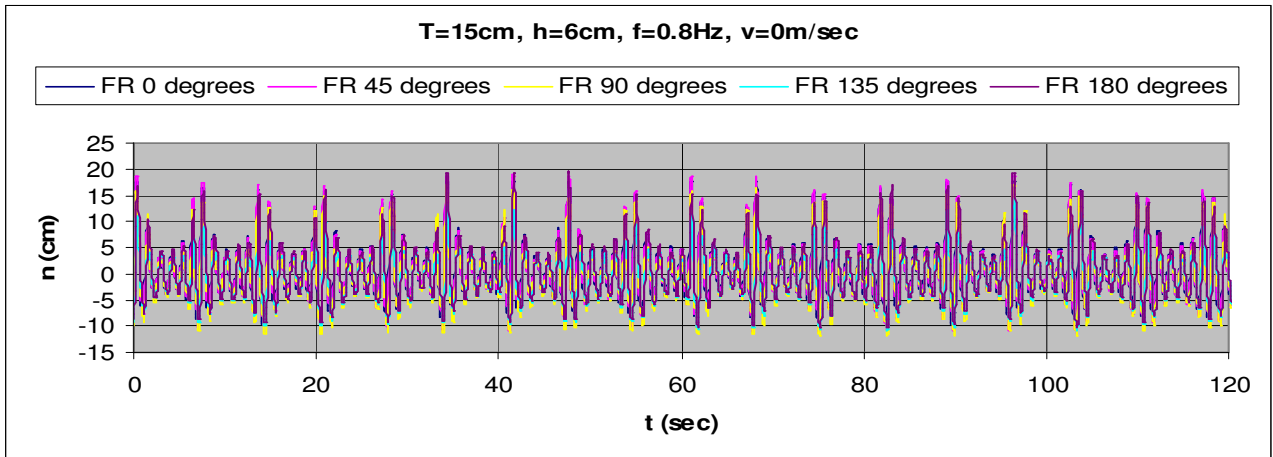


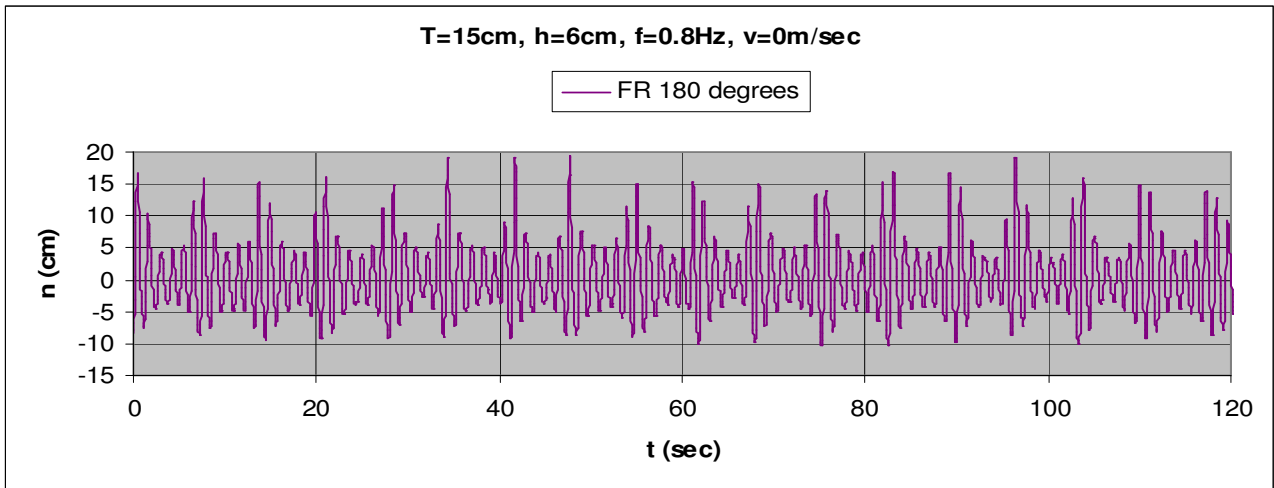
3.1.3.10 T=15cm, h=6cm, v=0m/s, f=0.7Hz, Fn=0, $\omega=4.398\text{rad/sec}$



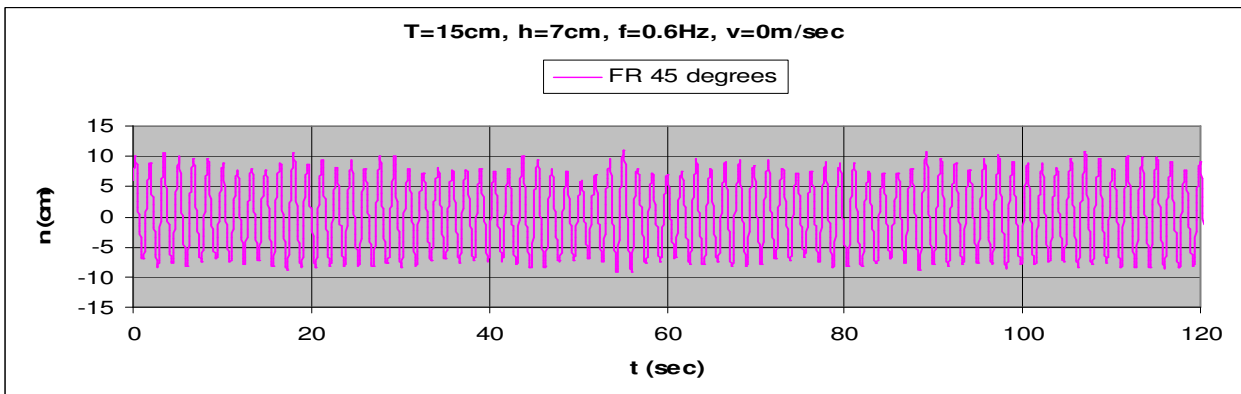
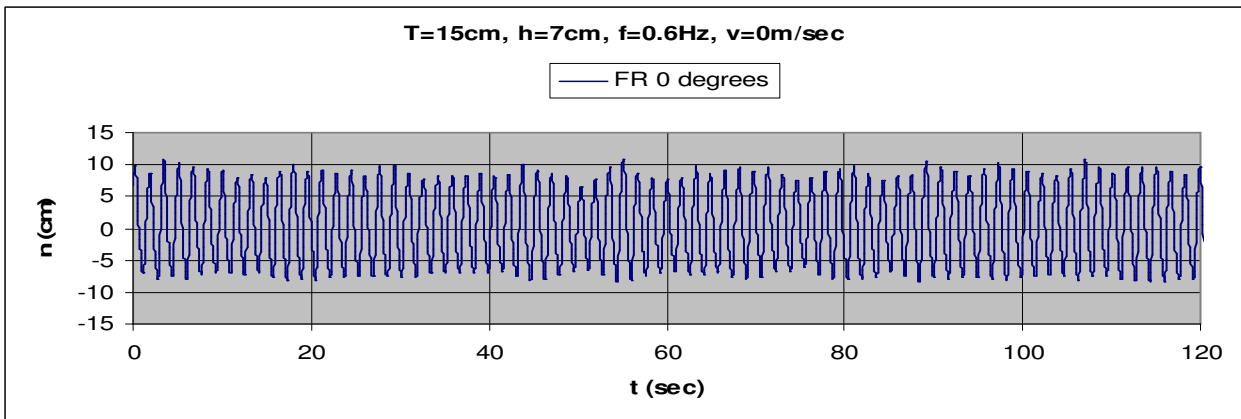
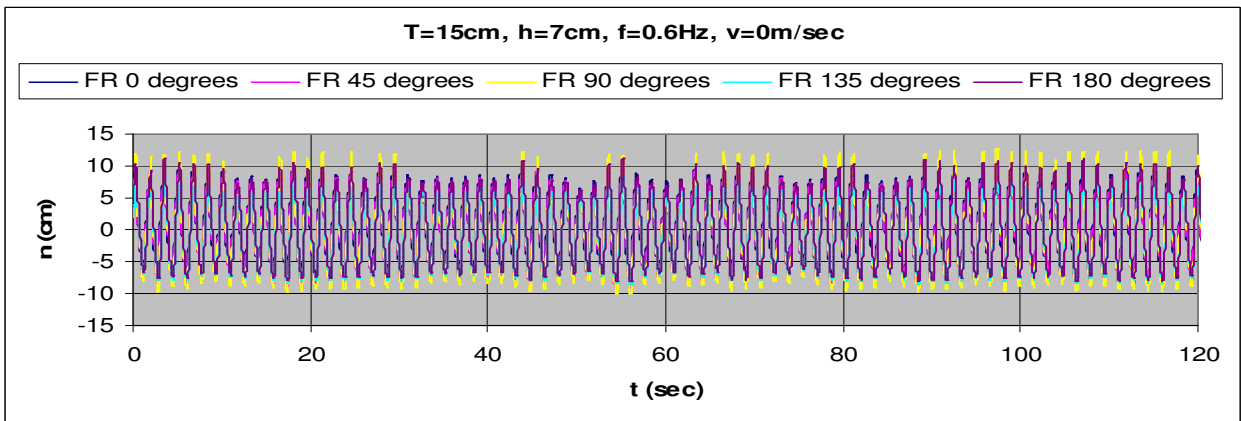


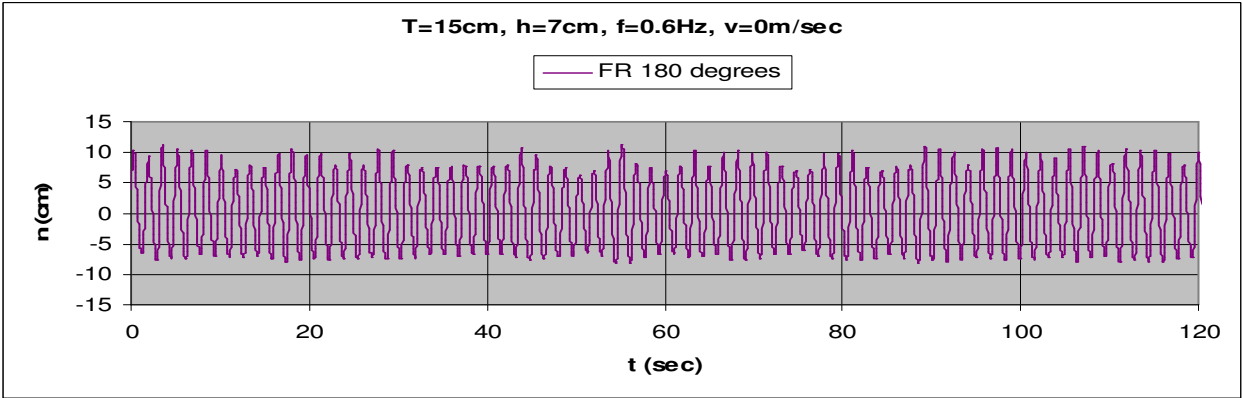
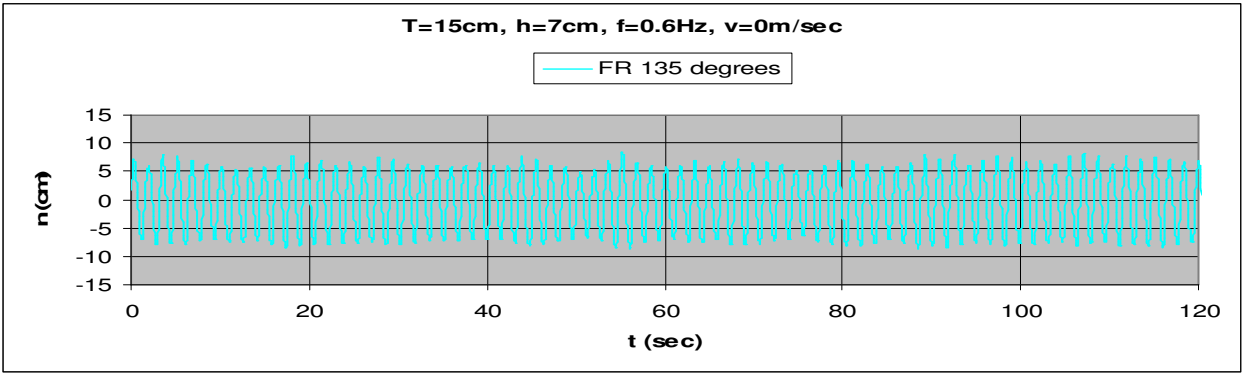
3.1.3.11 $T=15\text{cm}$, $h=6\text{cm}$, $v=0\text{m/s}$, $f=0.8\text{Hz}$, $F_n=0$, $\omega=5.026\text{rad/sec}$



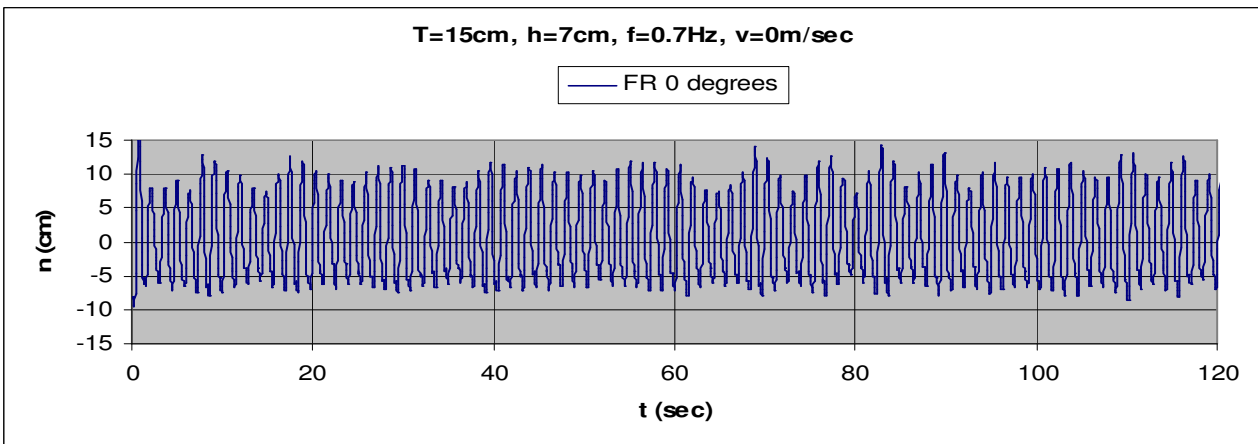
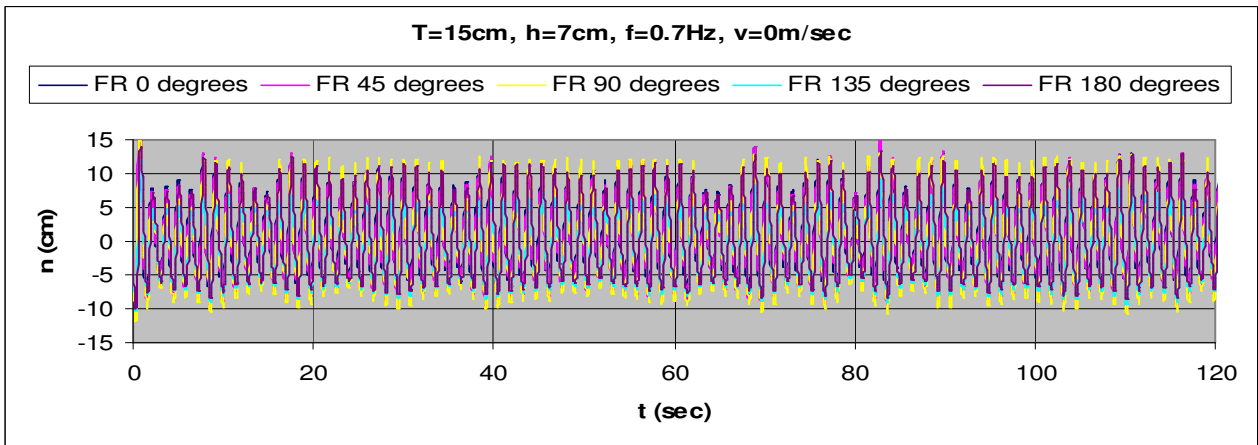


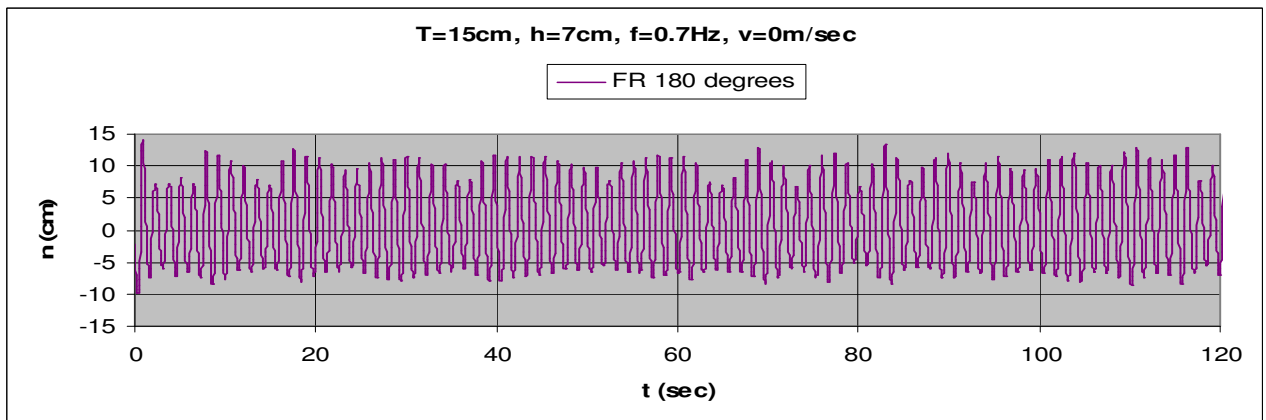
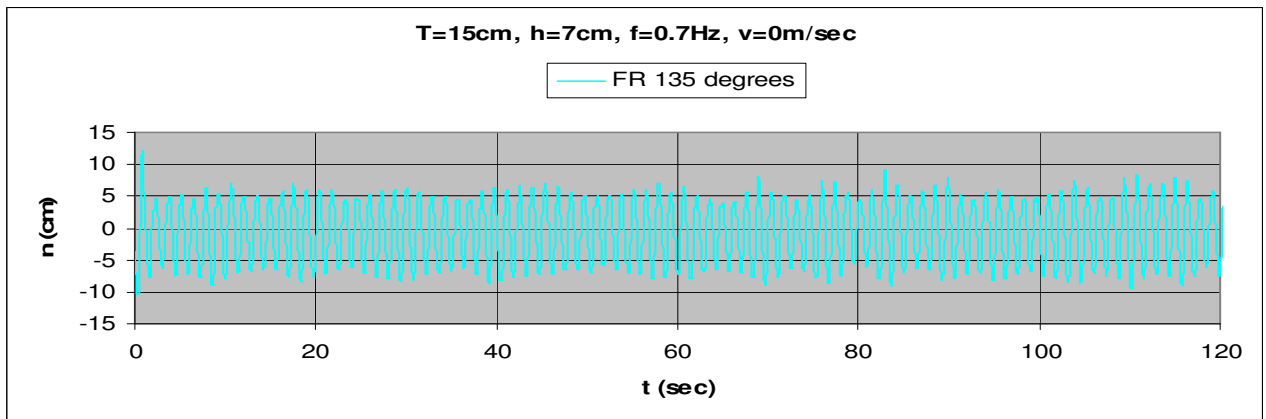
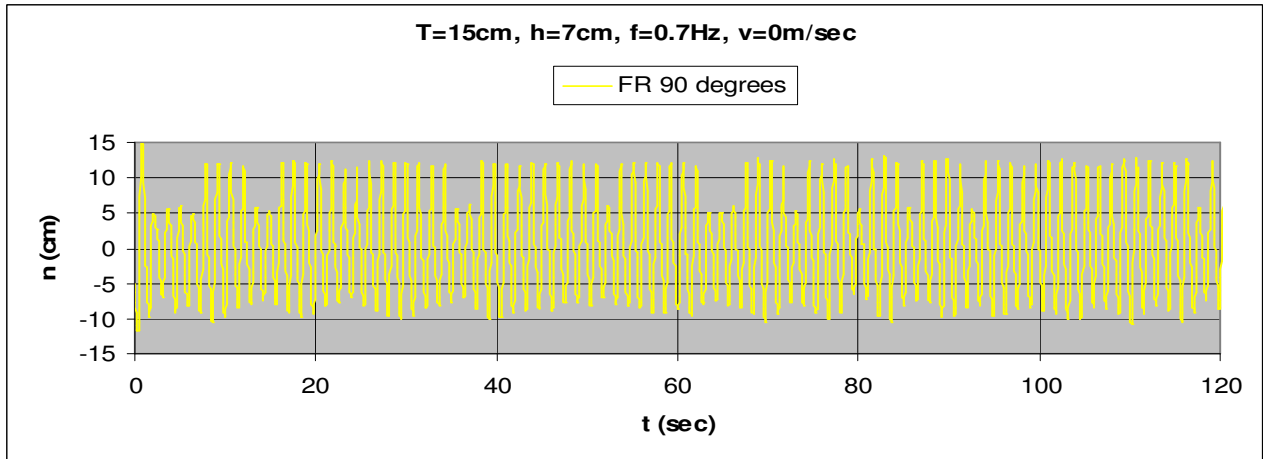
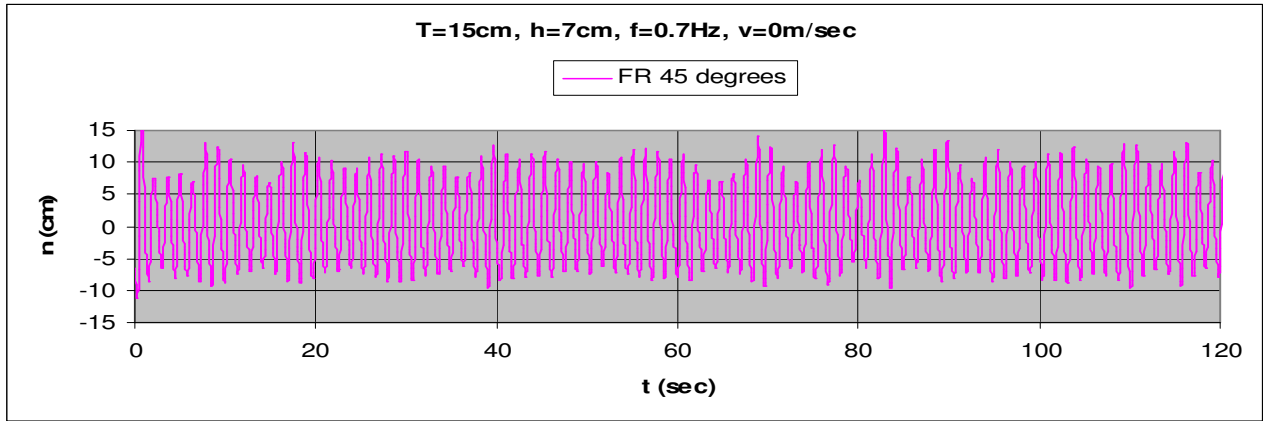
3.1.3.12 T=15cm, h=7cm, v=0m/s, f=0.6Hz, Fn=0, $\omega=3.770$ rad/sec



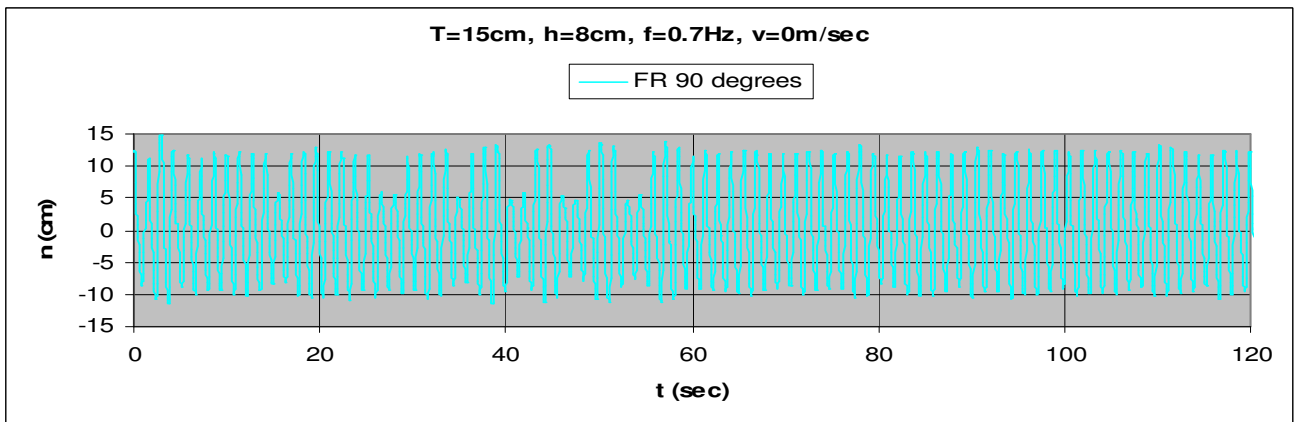
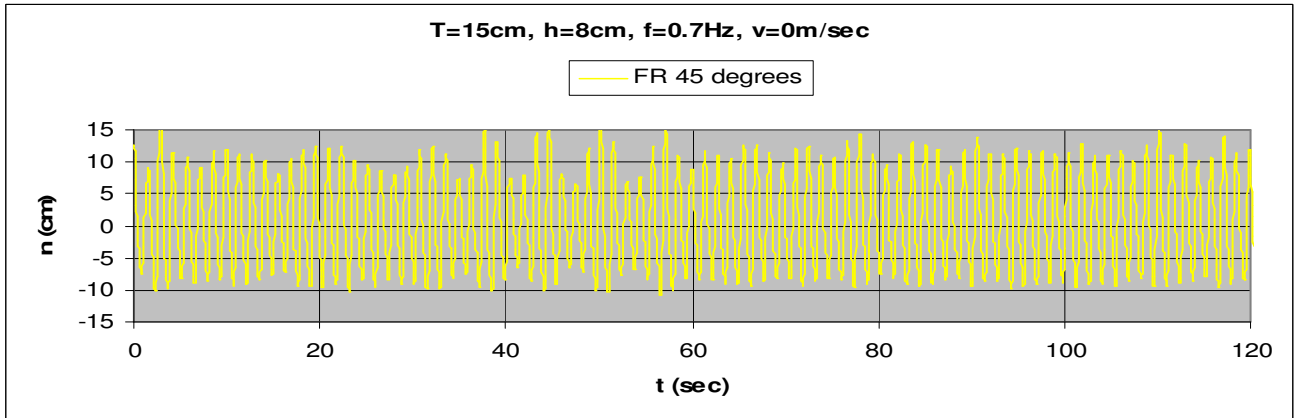
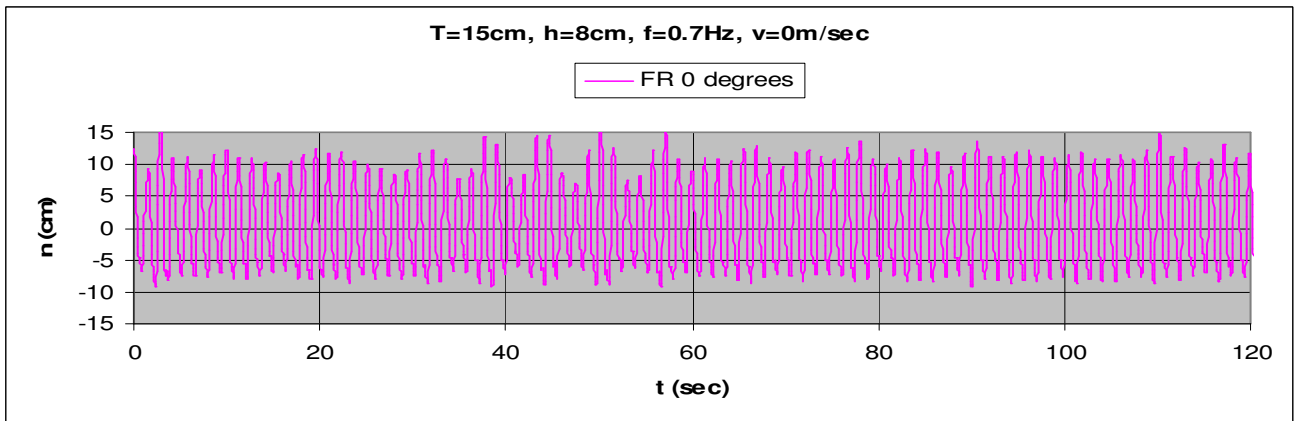
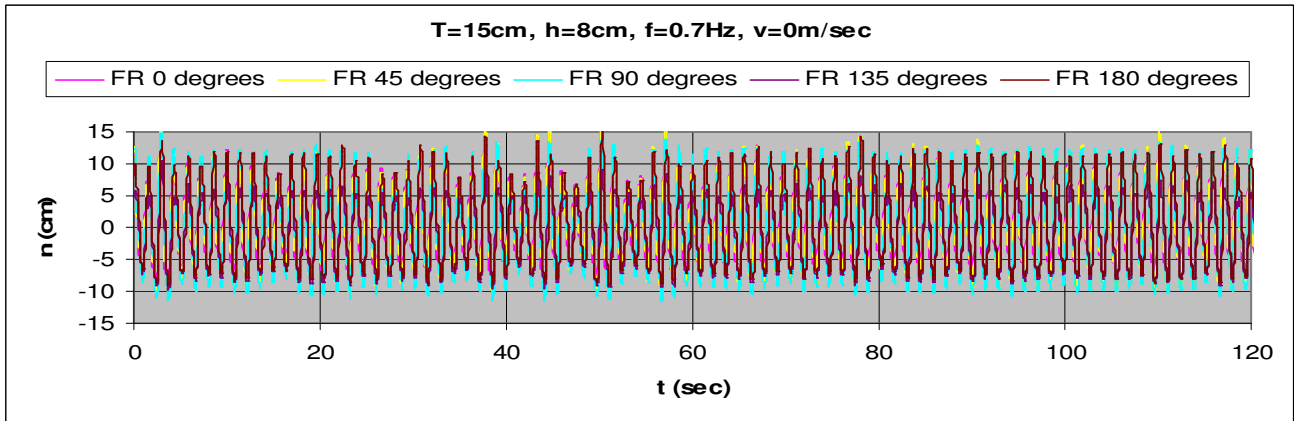


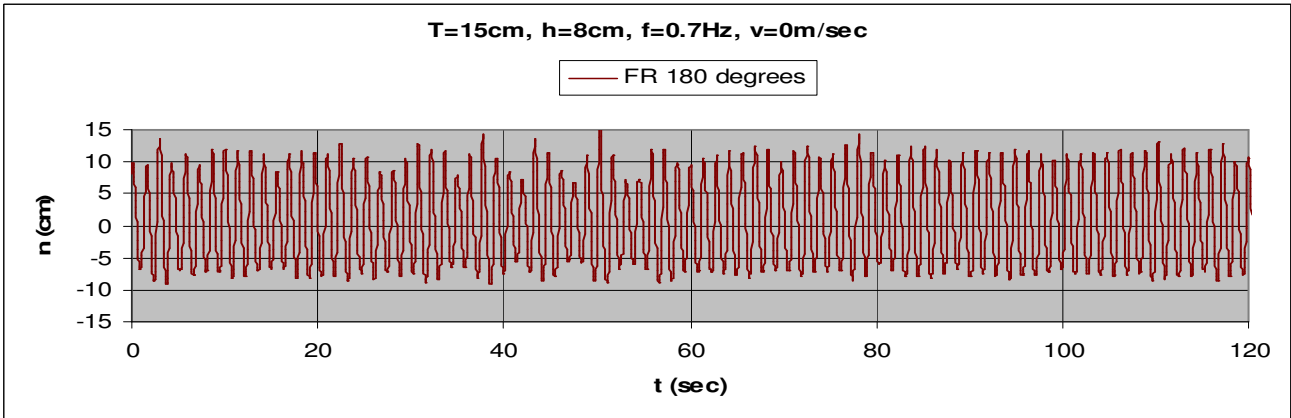
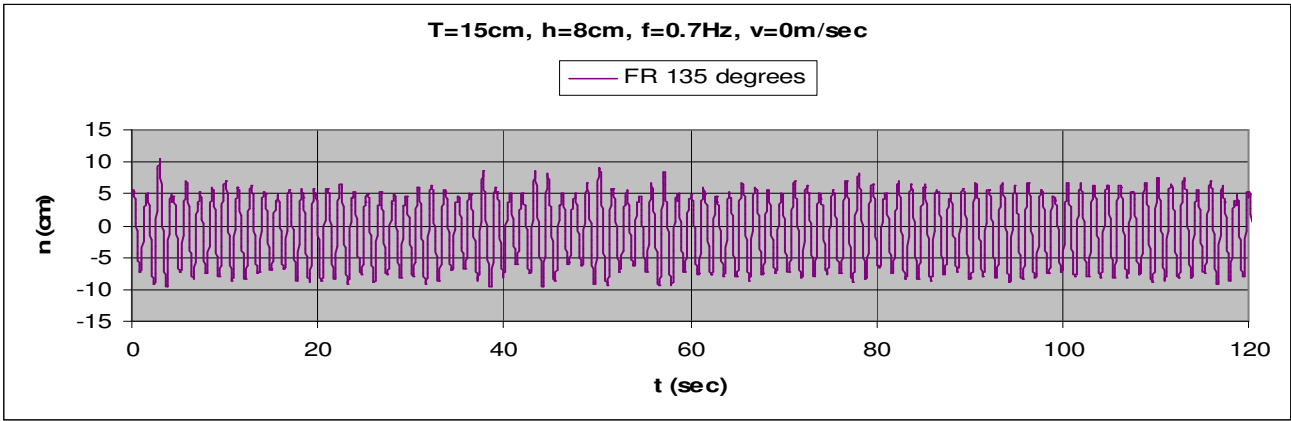
3.1.3.13 T=15cm, h=7cm, v=0m/s, f=0.7Hz, Fn=0, $\omega=4.398\text{rad/sec}$





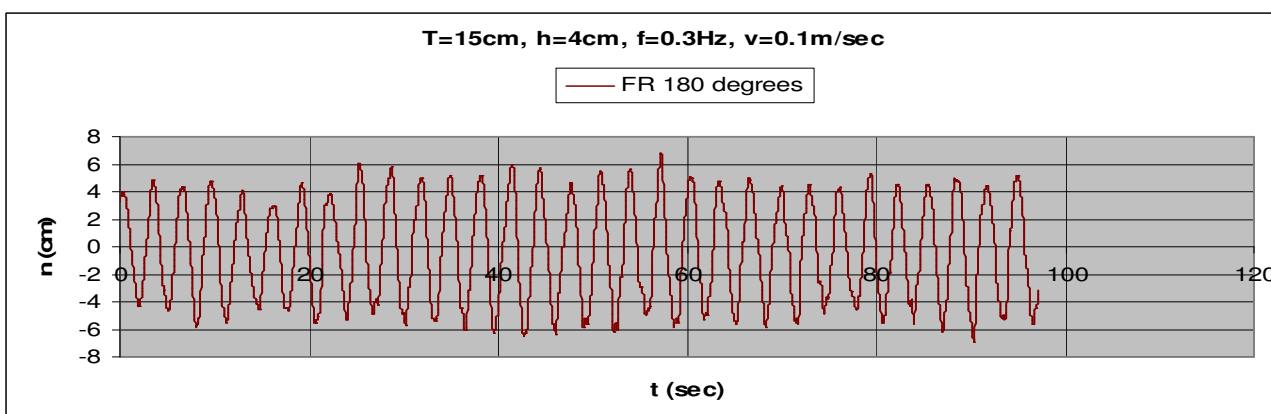
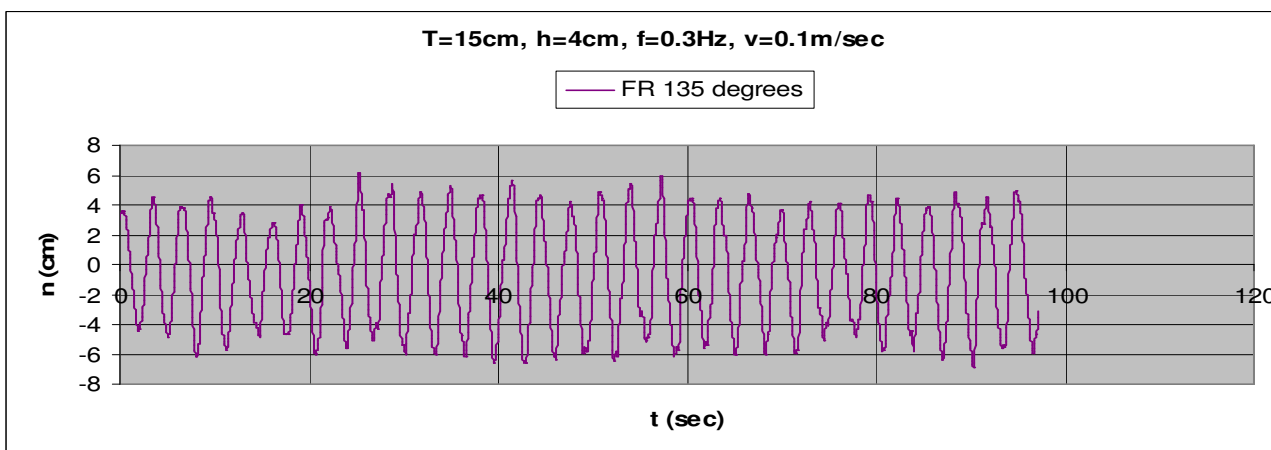
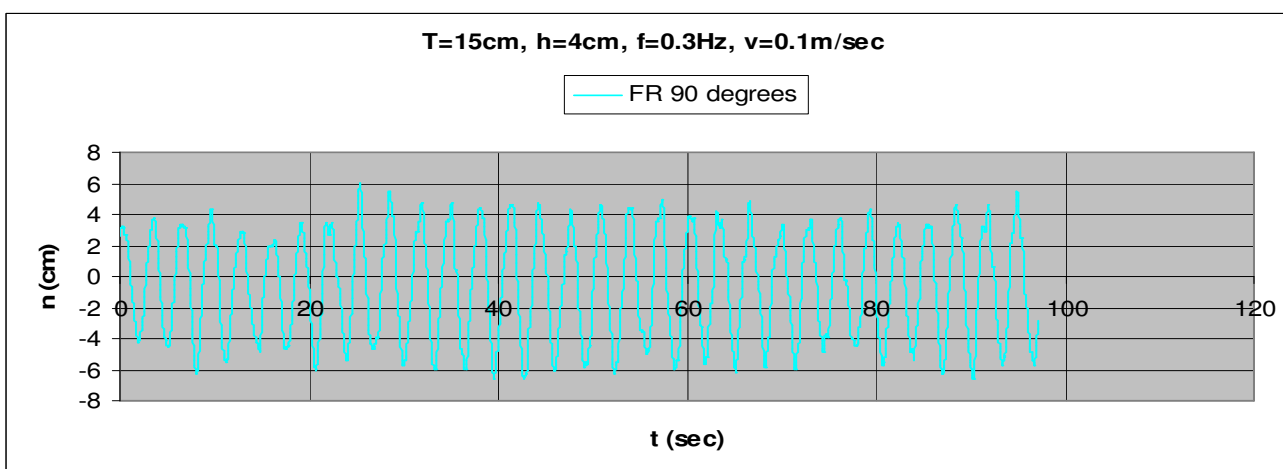
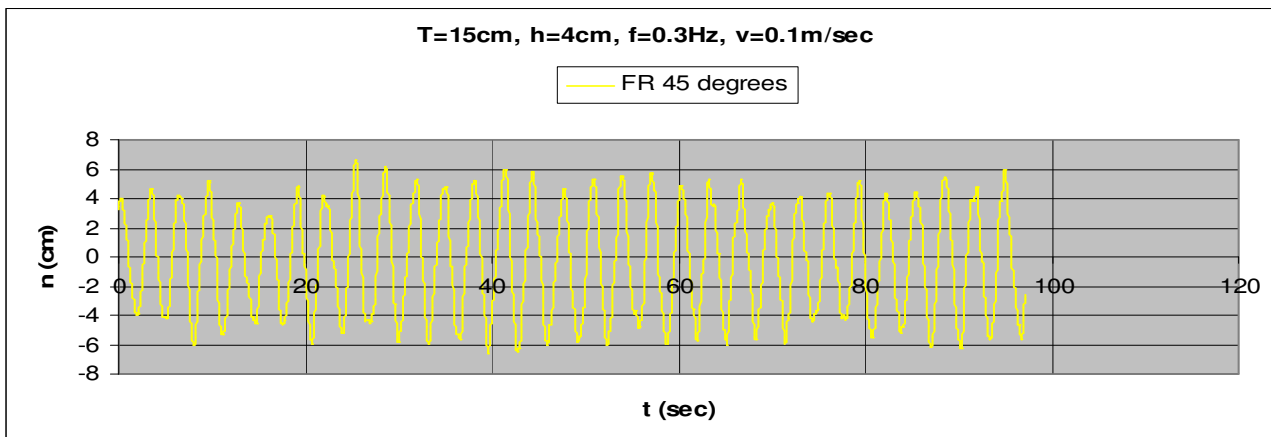
3.1.3.14 $T=15\text{cm}$, $h=8\text{cm}$, $v=0\text{m/s}$, $f=0.7\text{Hz}$, $F_n=0$, $\omega=4.398\text{rad/sec}$



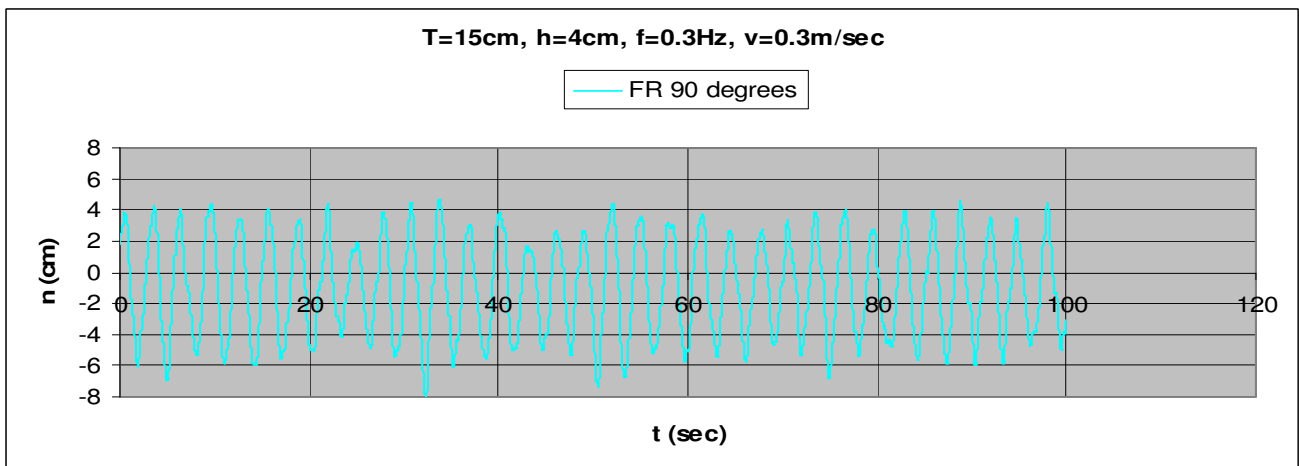
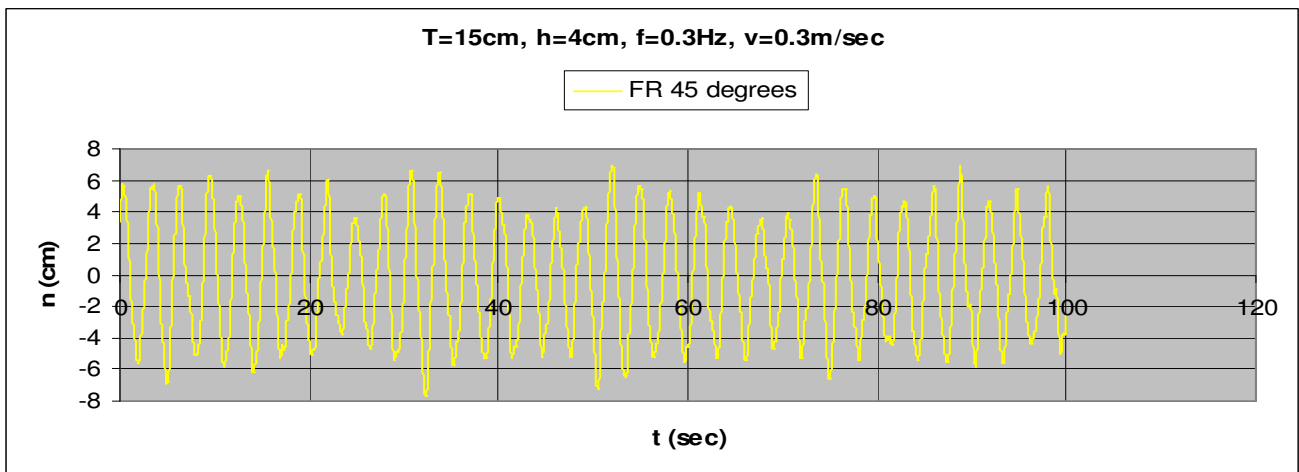
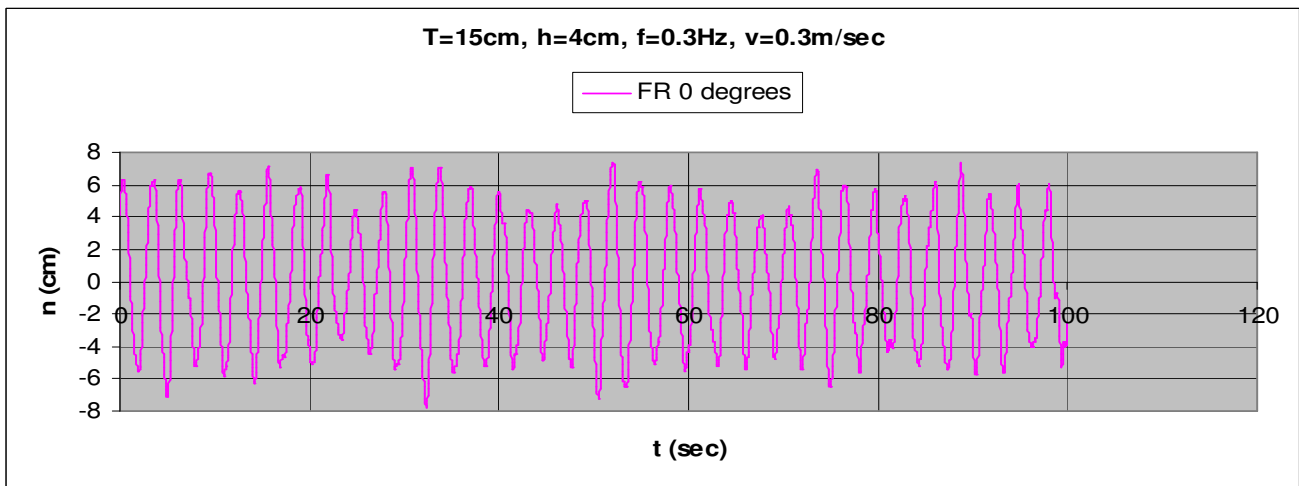
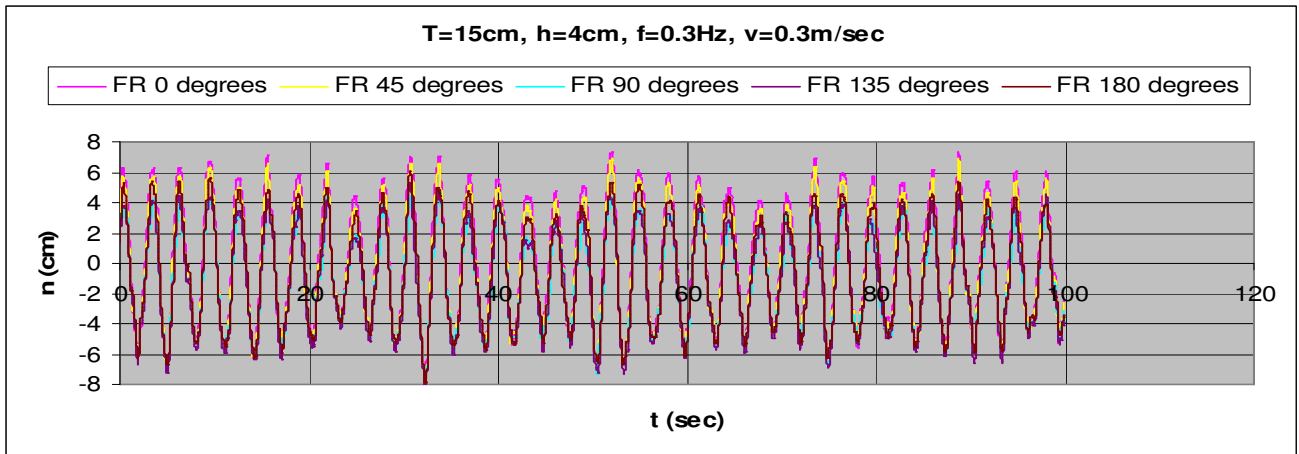


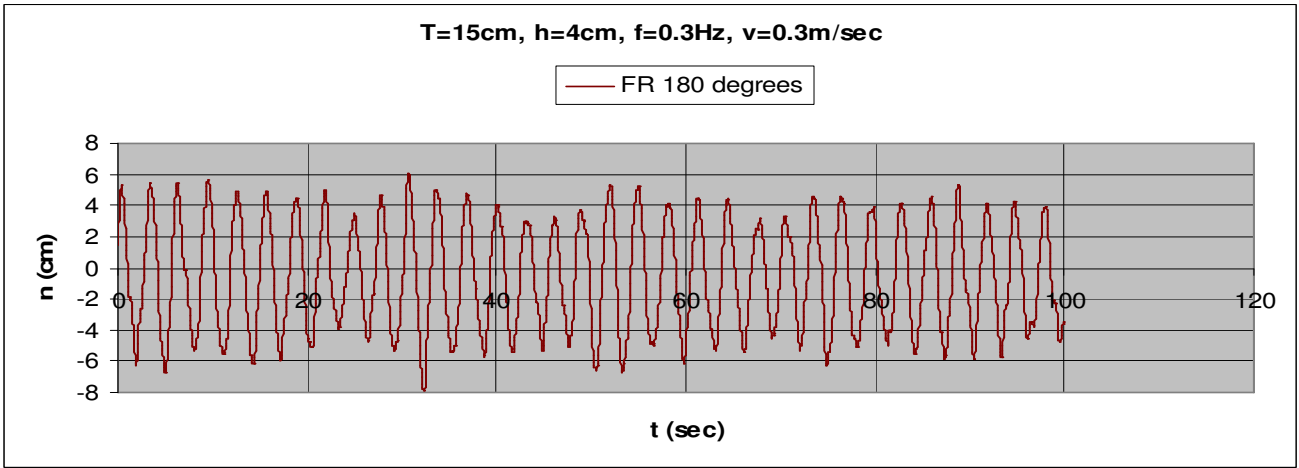
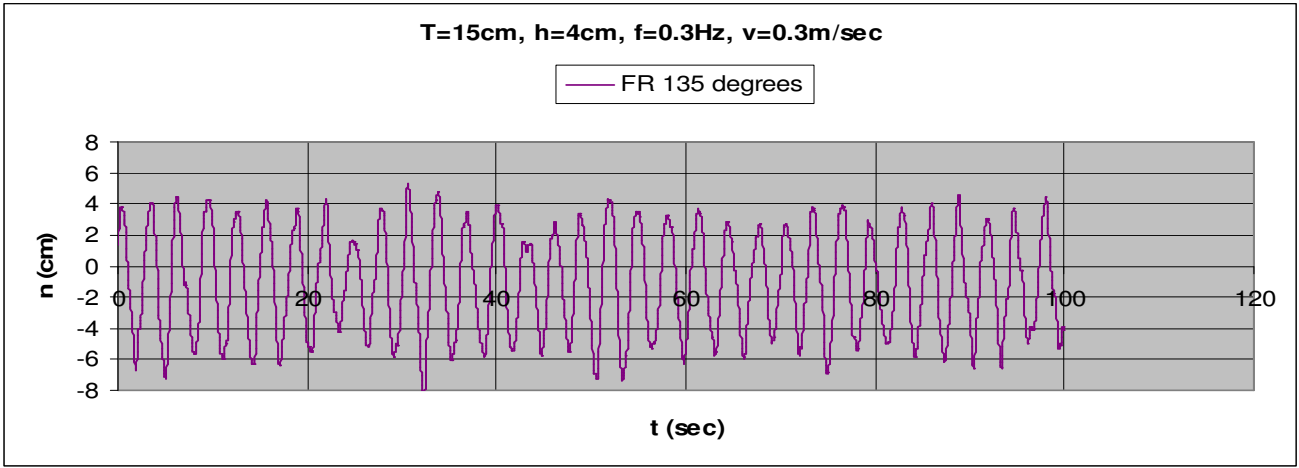
3.1.4 Χρονικές ιστορίες μοντέλου σύνθετου κυλίνδρου σε κίνηση

3.1.4.1 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.3\text{Hz}$, $F_n=0.056$, $\omega=1.885\text{rad/sec}$

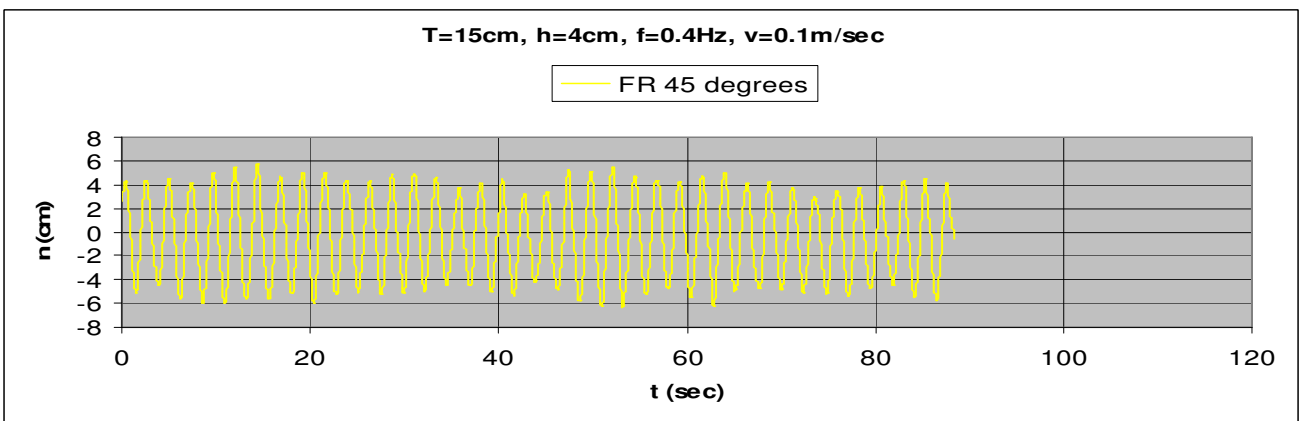
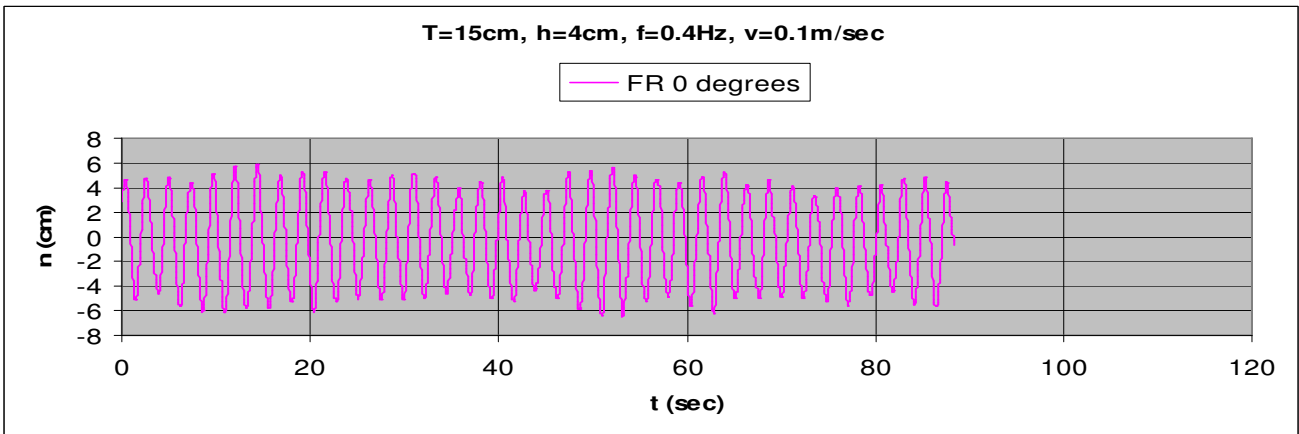


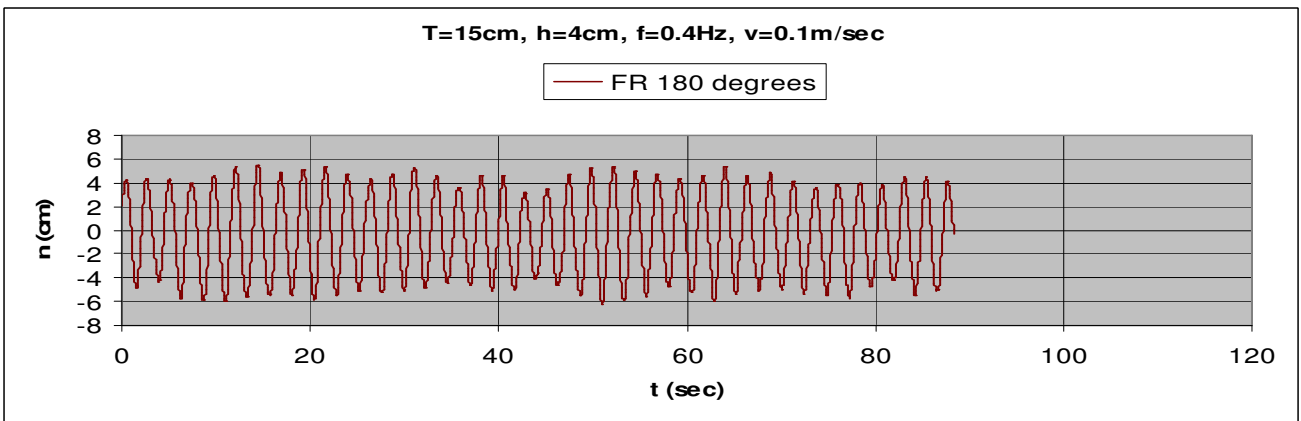
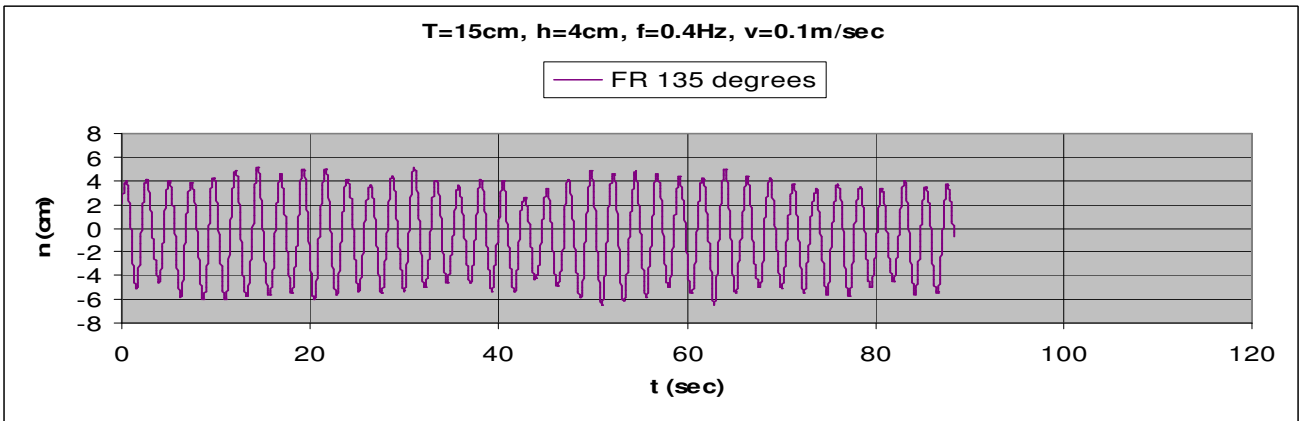
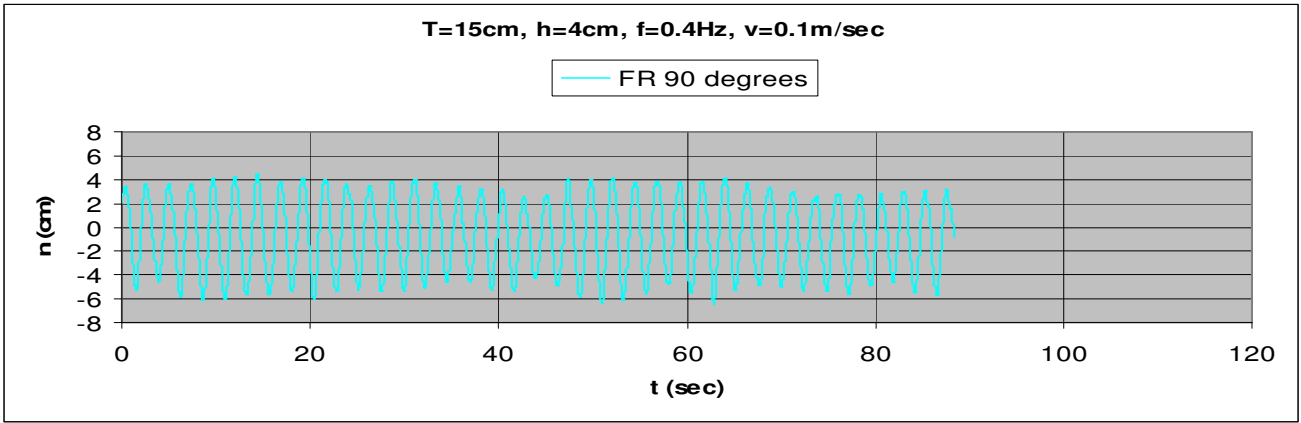
3.1.4.2 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0.3\text{m/s}$, $f=0.3\text{Hz}$, $F_n=0.167$, $\omega=1.885\text{rad/sec}$



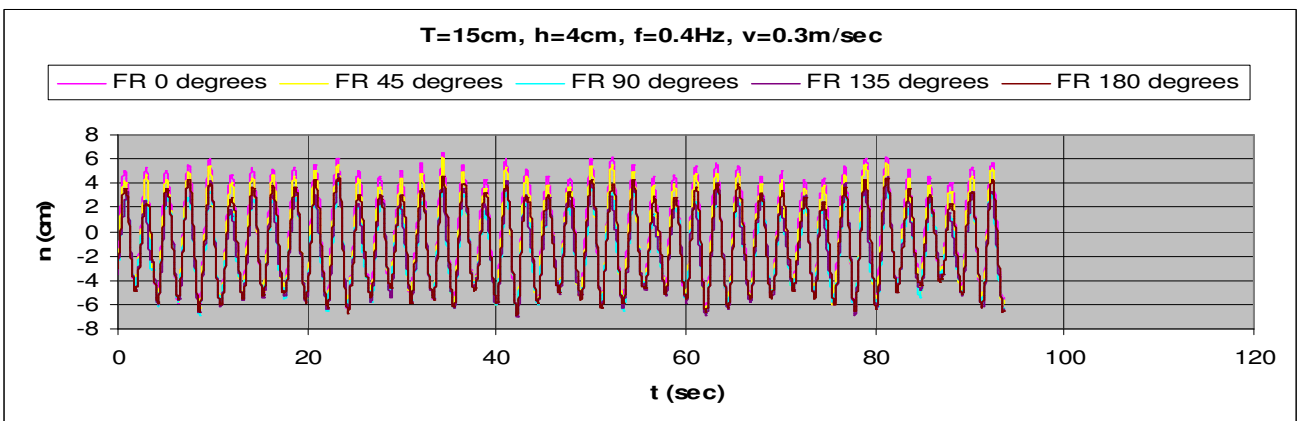


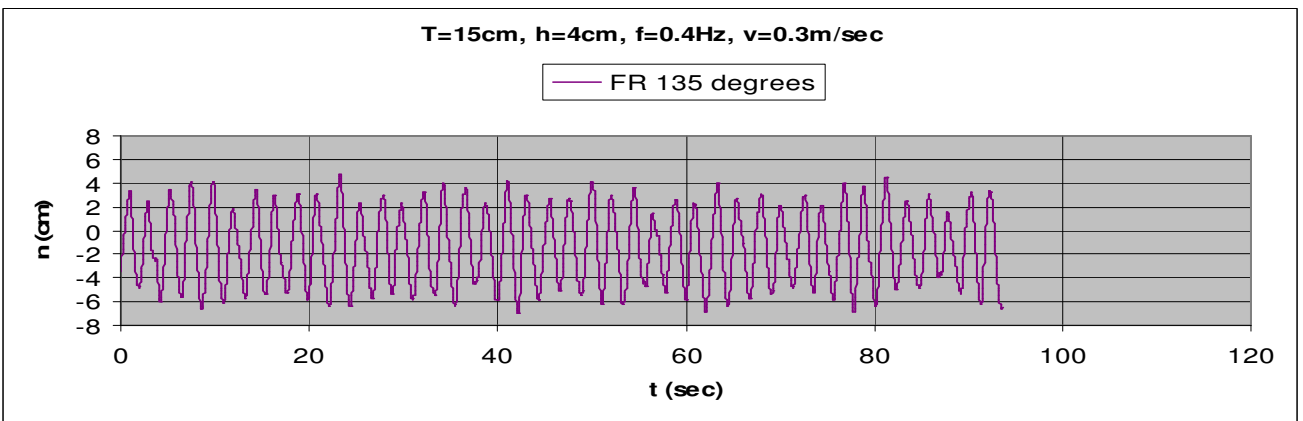
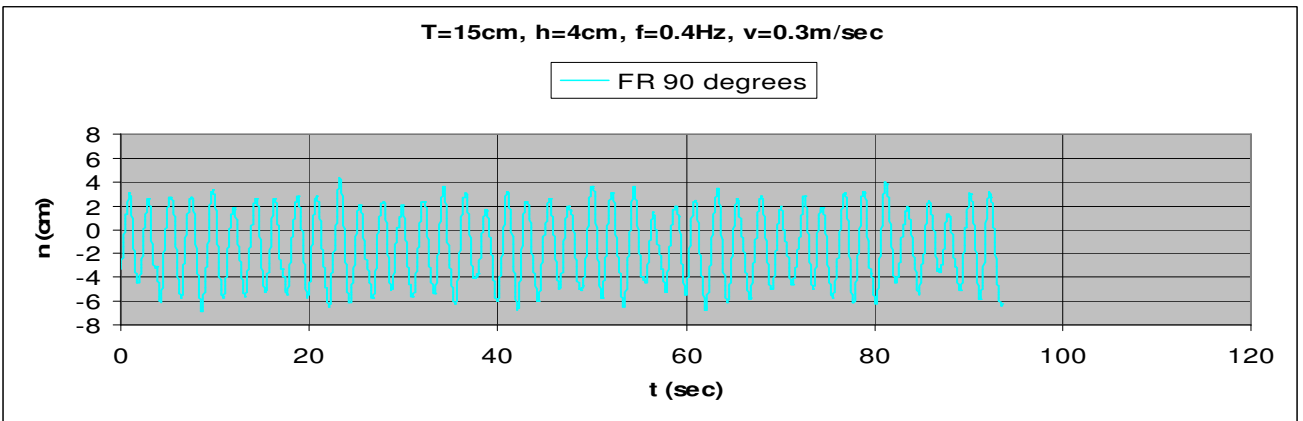
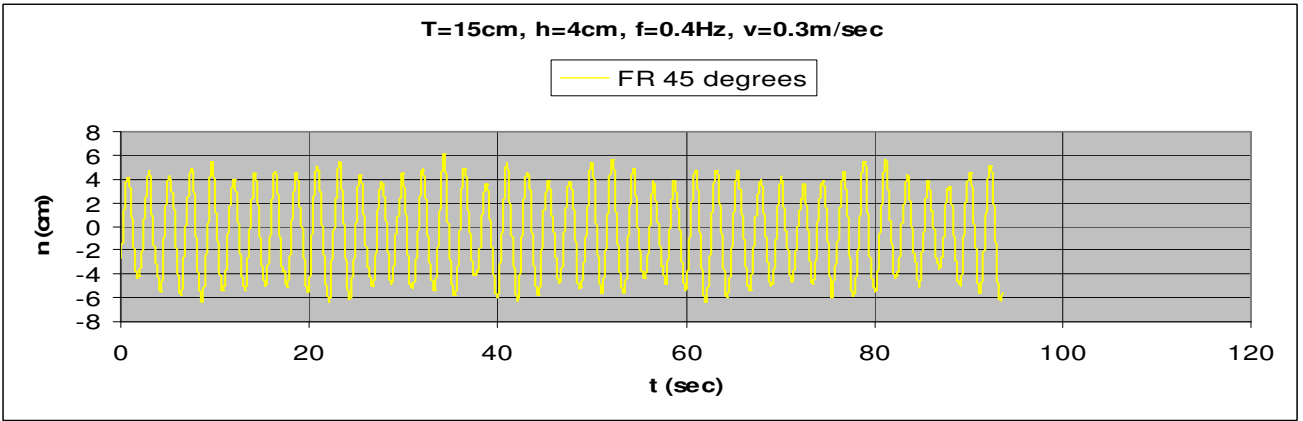
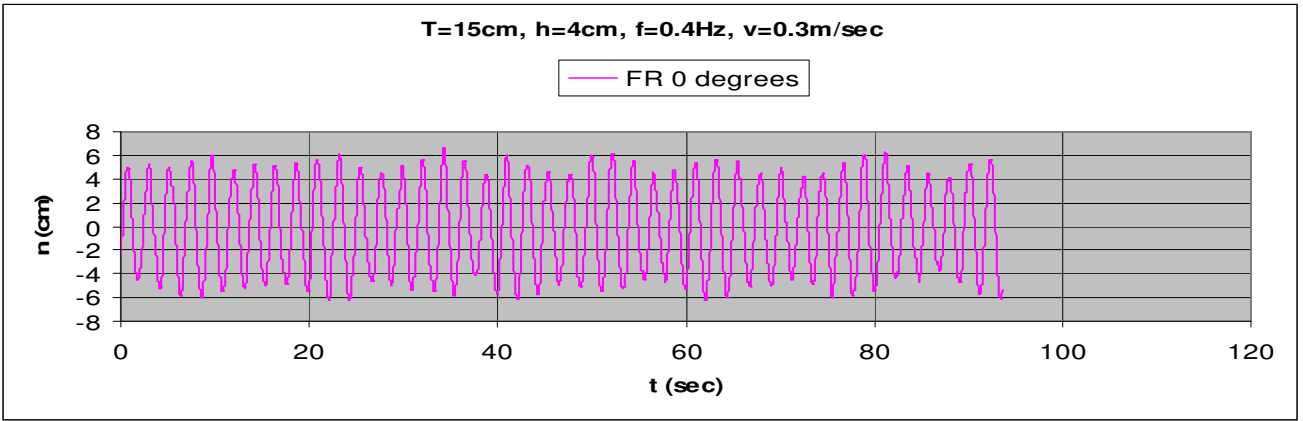
3.1.4.3 T=15cm, h=4cm, v=0.1m/s, f=0.4Hz, Fn=0.056, $\omega=2.513$ rad/sec

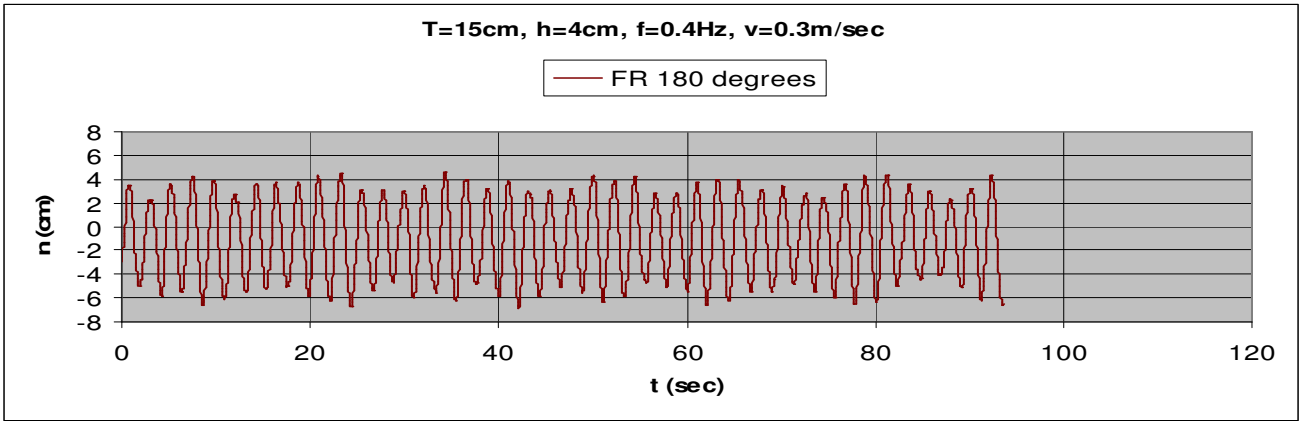




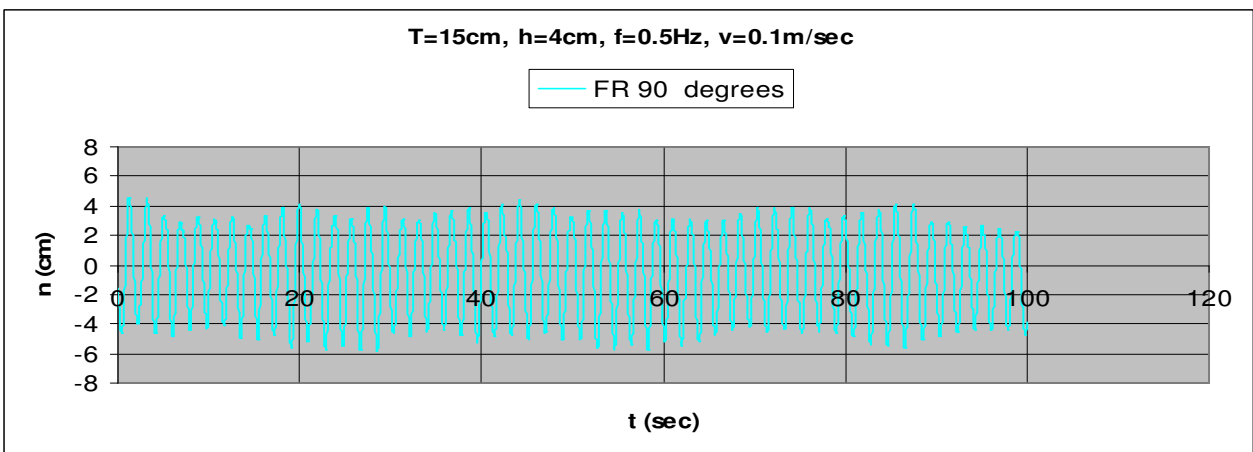
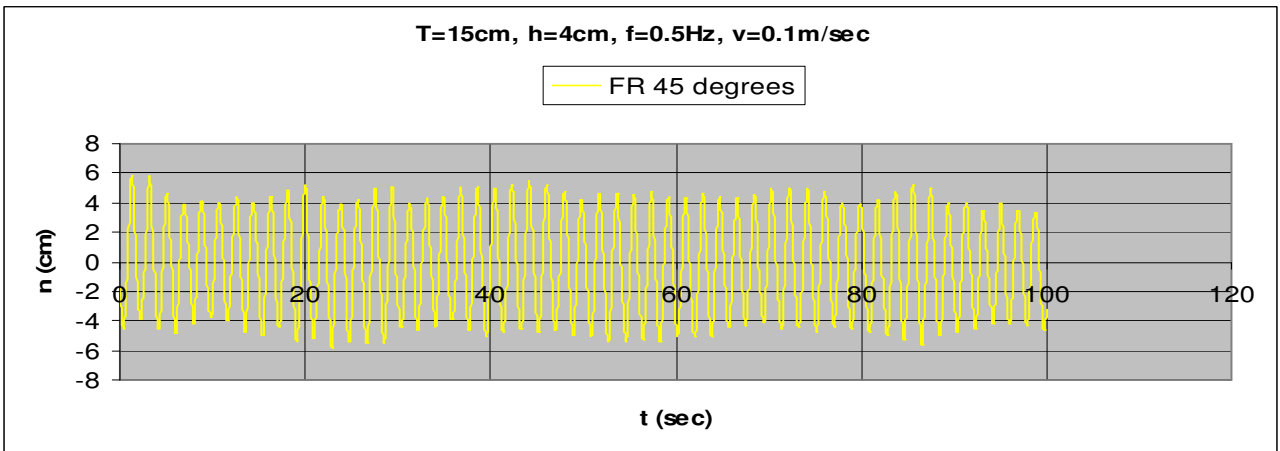
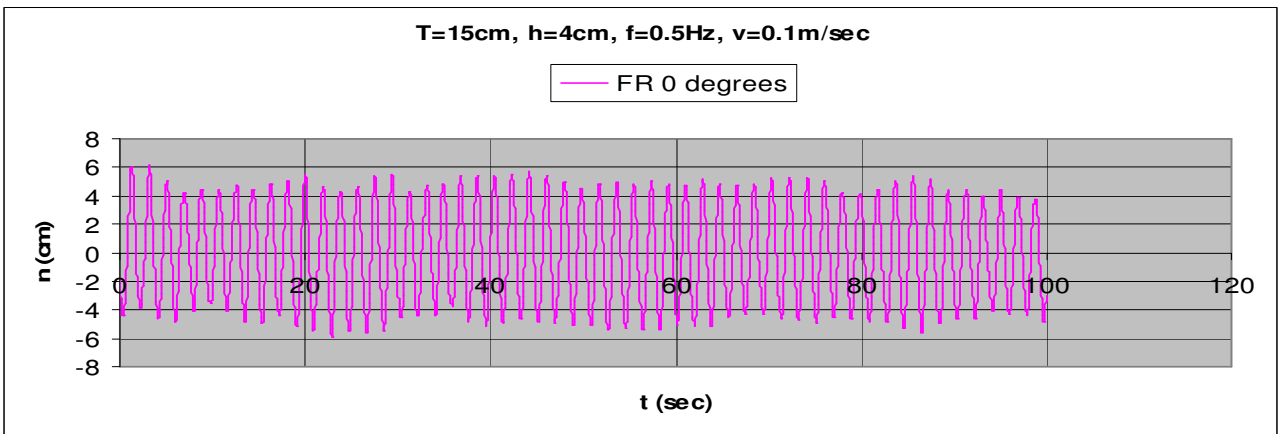
3.1.4.4 T=15cm, h=4cm, v=0.3m/s, f=0.4Hz, Fn=0.167, $\omega=2.513$ rad/sec

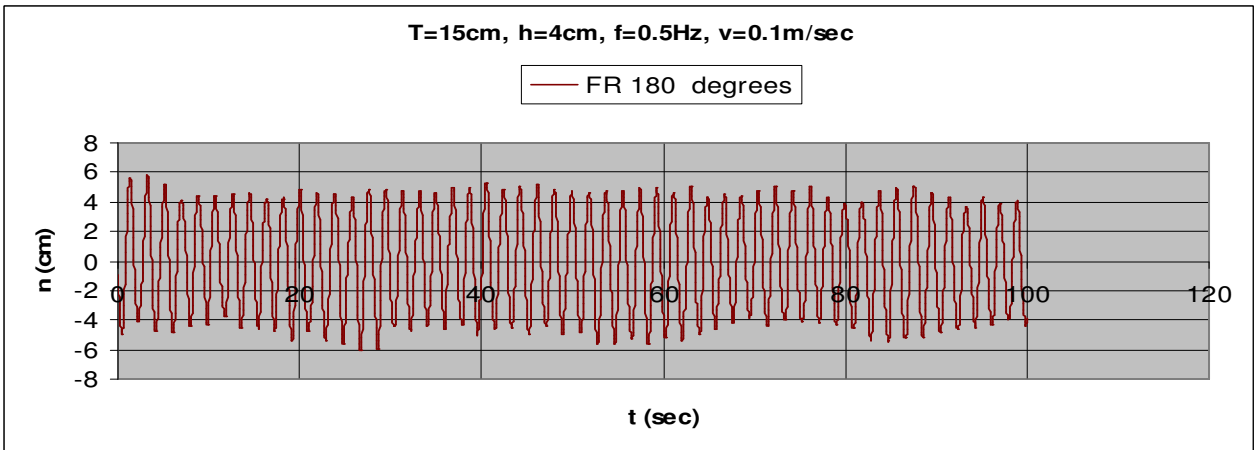
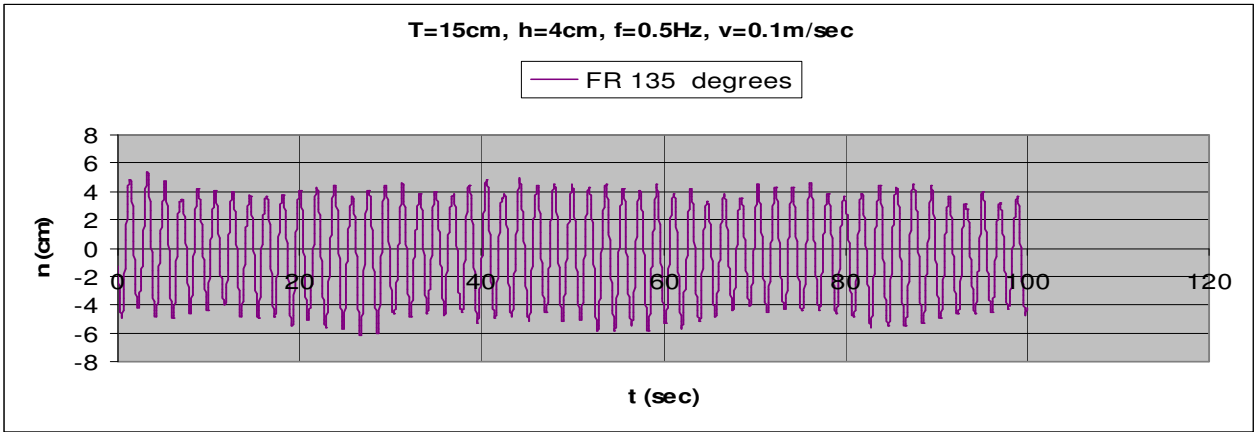




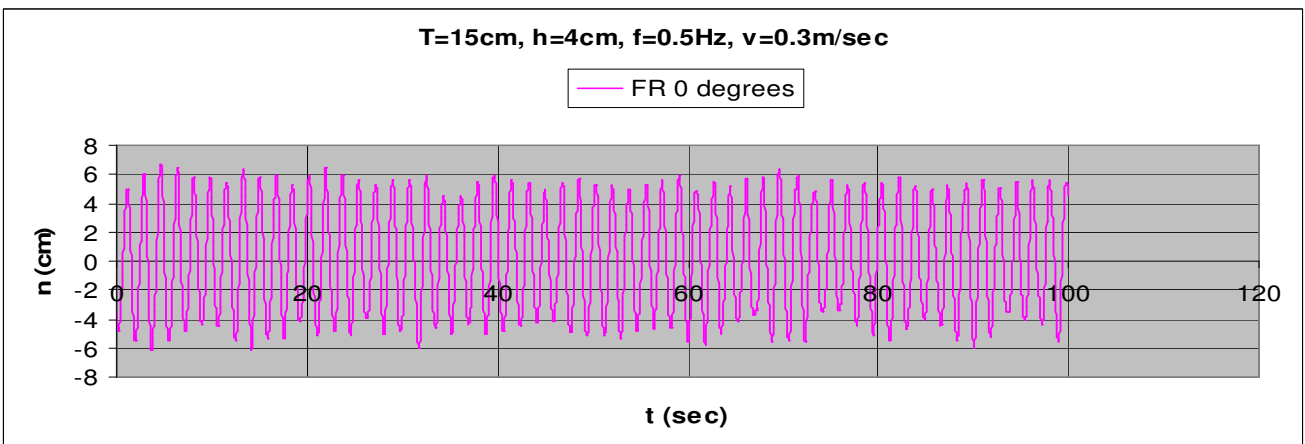
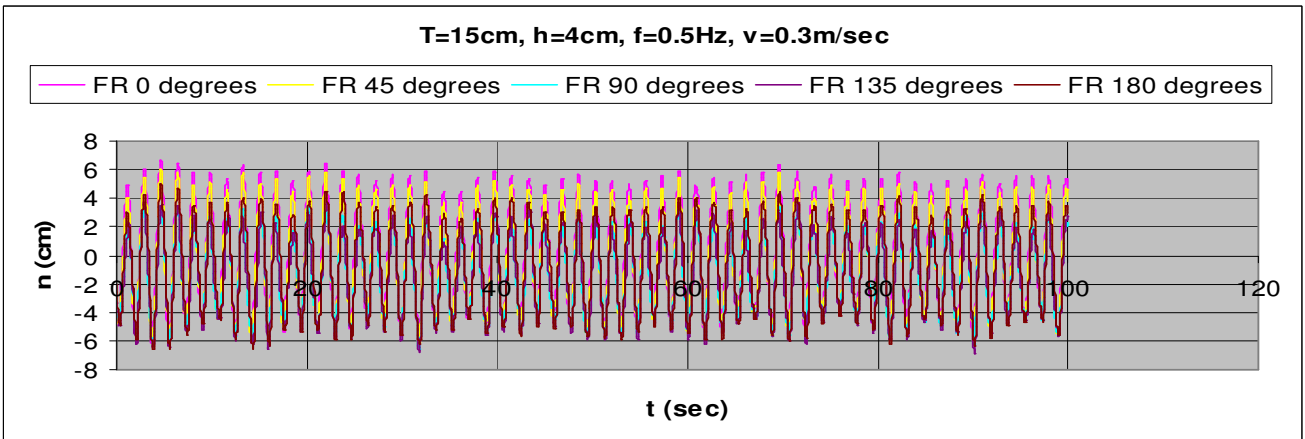


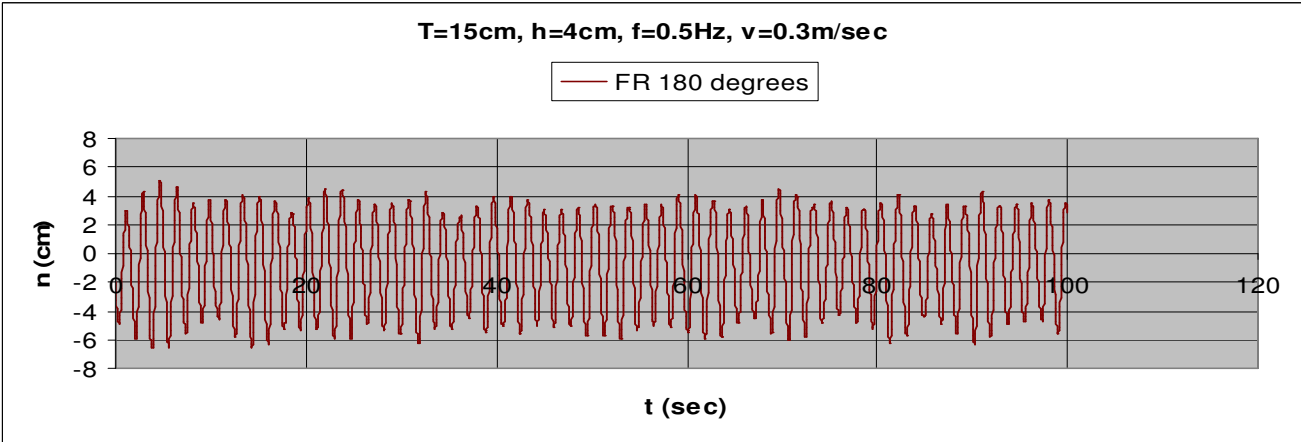
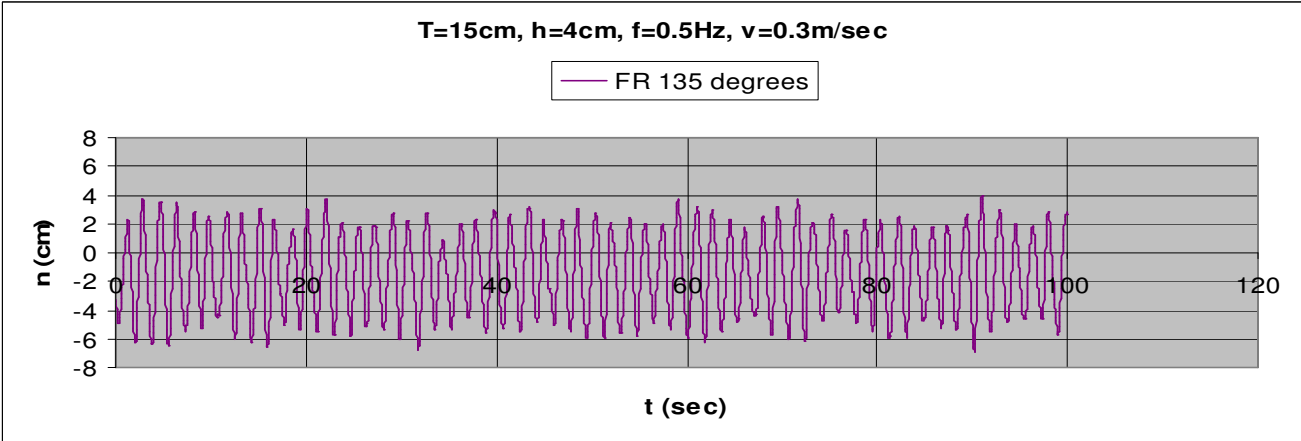
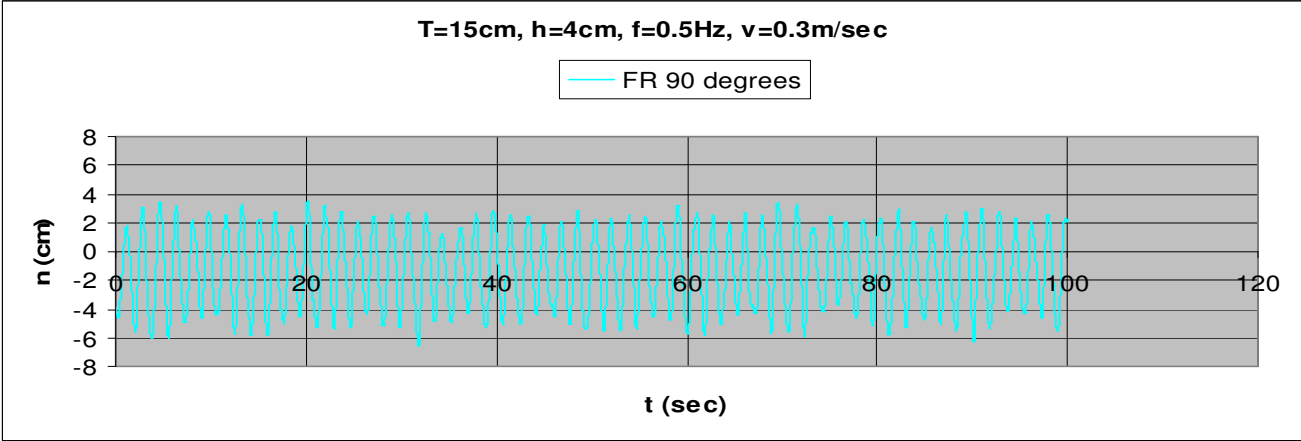
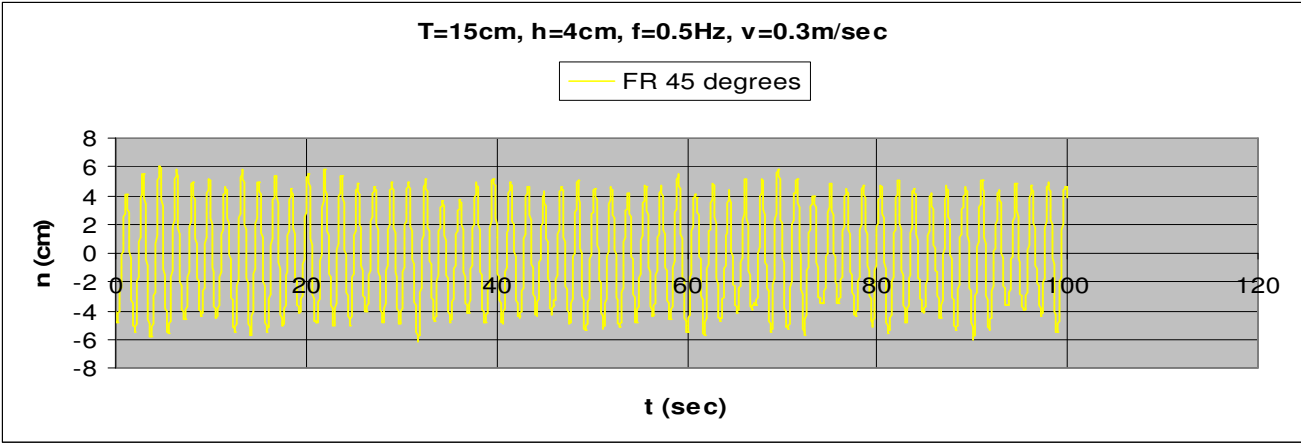
3.1.4.5 T=15cm, h=4cm, v=0.1m/s, f=0.5Hz, Fn=0.056, $\omega=3.142$ rad/sec



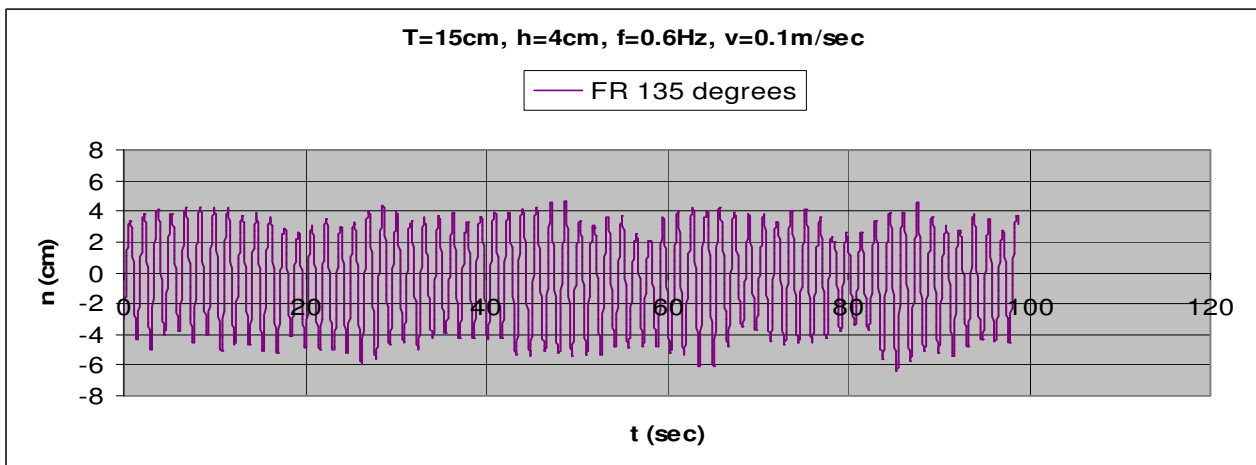
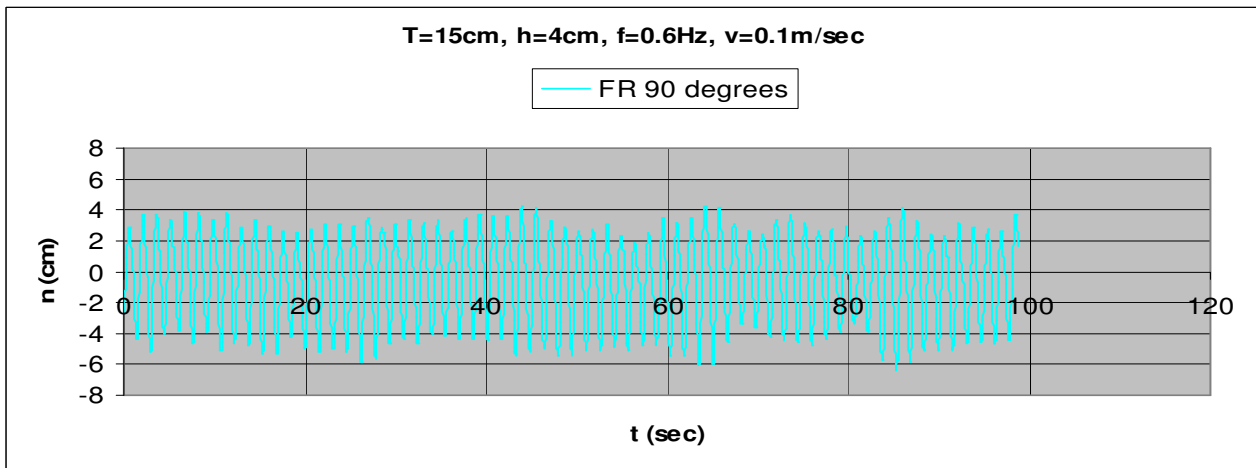
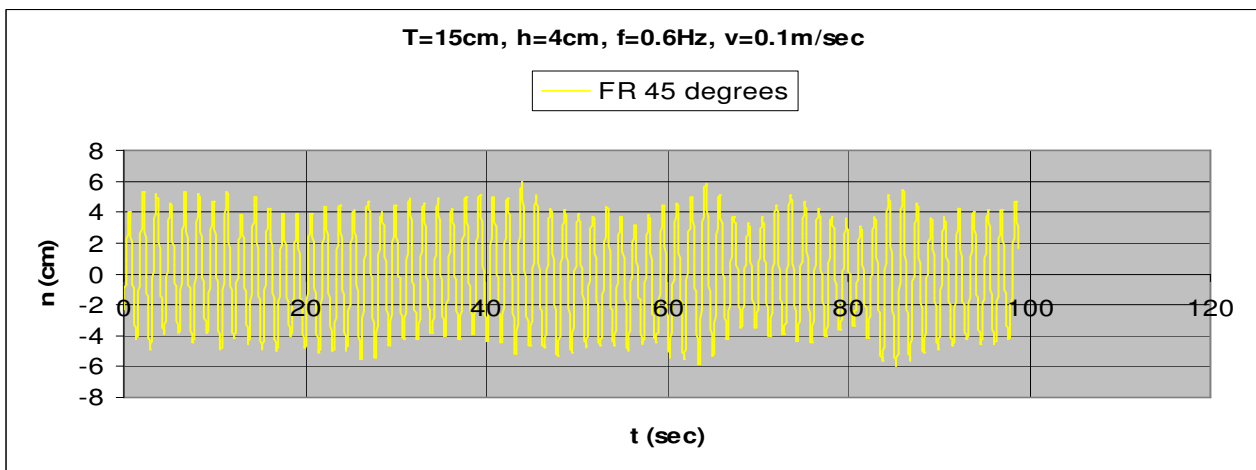
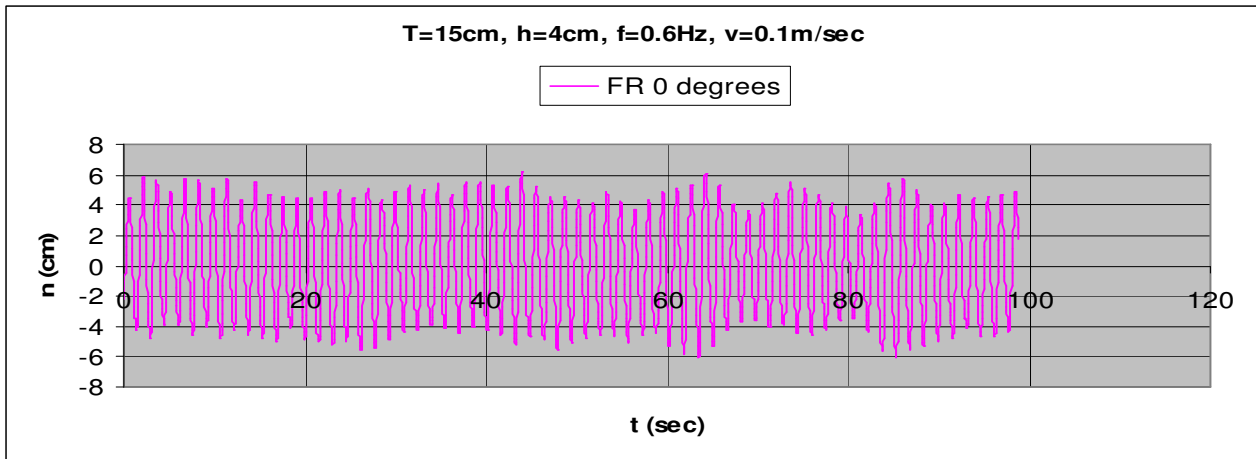


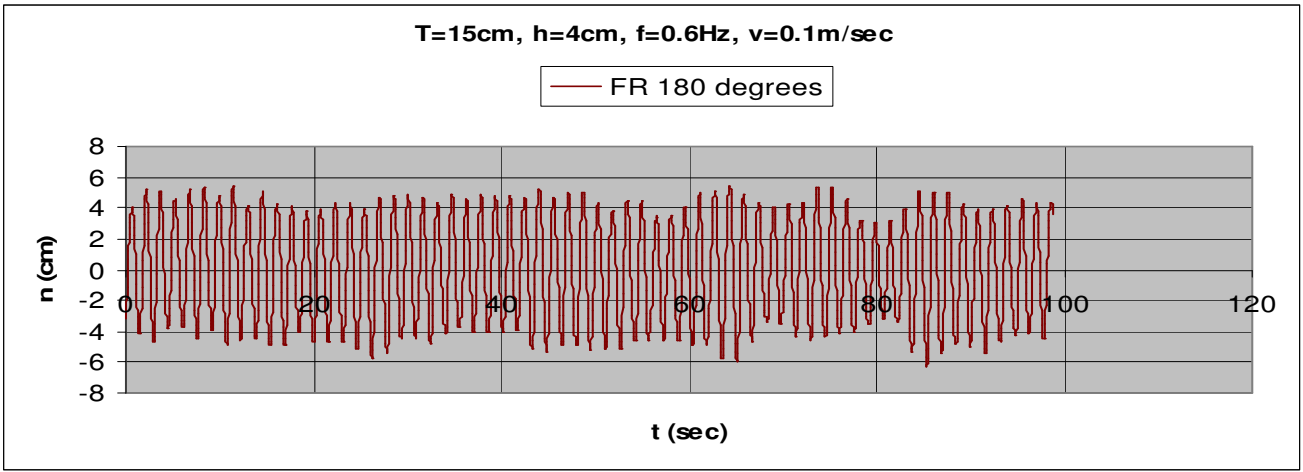
3.1.4.6 T=15cm, h=4cm, v=0.3m/s, f=0.5Hz, Fn=0.167, $\omega=3.142$ rad/sec



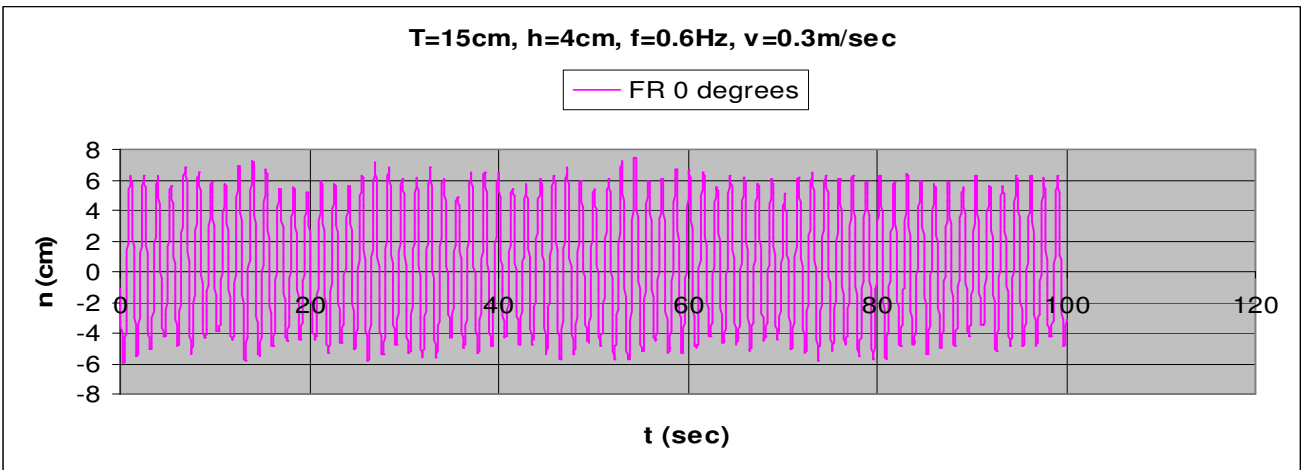
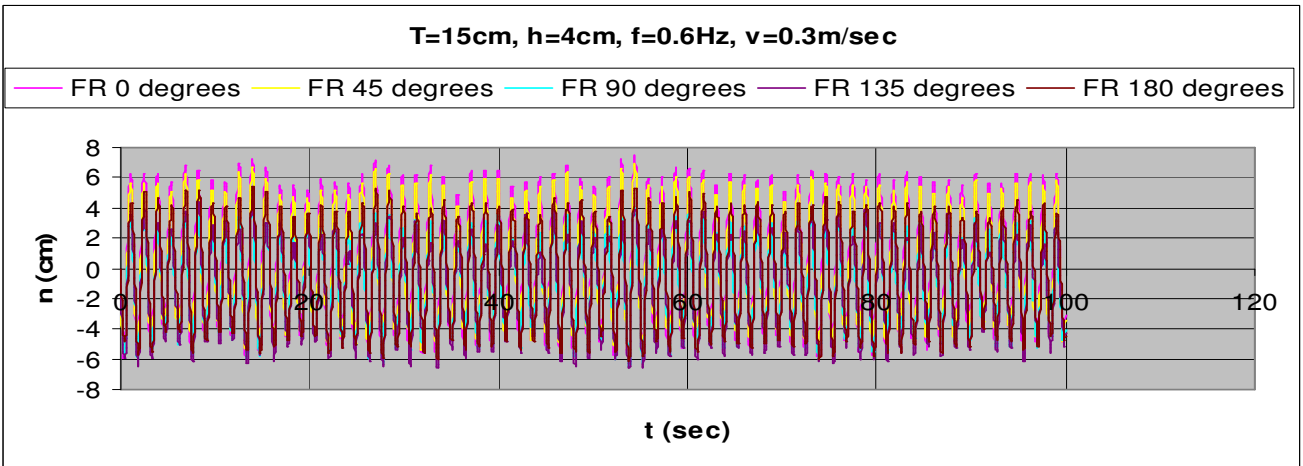


3.1.4.7 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.6\text{Hz}$, $Fn=0.056$, $\omega=3.770\text{rad/sec}$



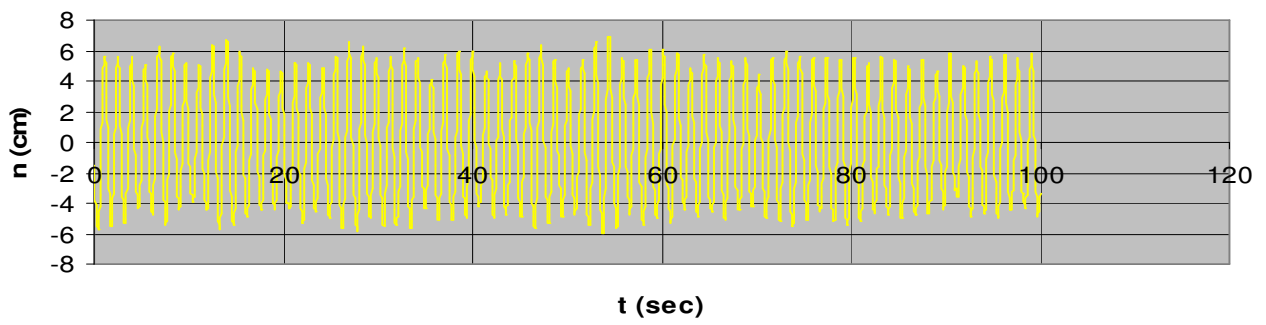


3.1.4.8 T=15cm, h=4cm, v=0.3m/s, f=0.6Hz, Fn=0.167, $\omega=3.770$ rad/sec



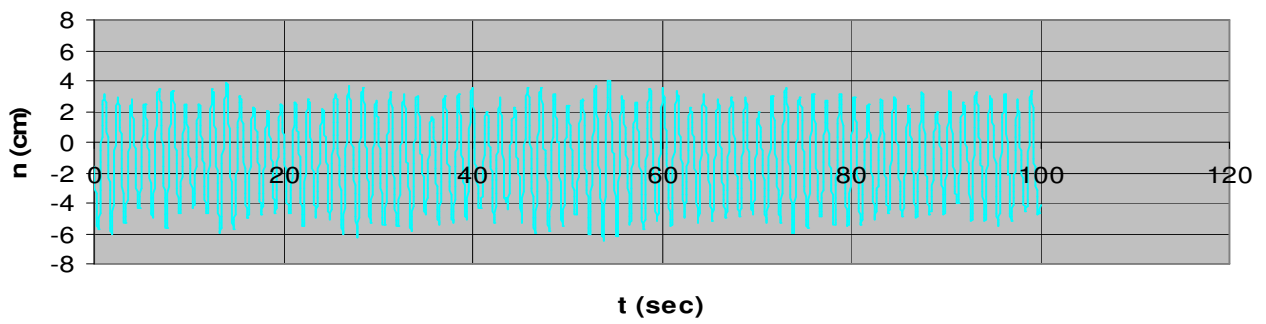
T=15cm, h=4cm, f=0.6Hz, v=0.3m/sec

FR 45 degrees



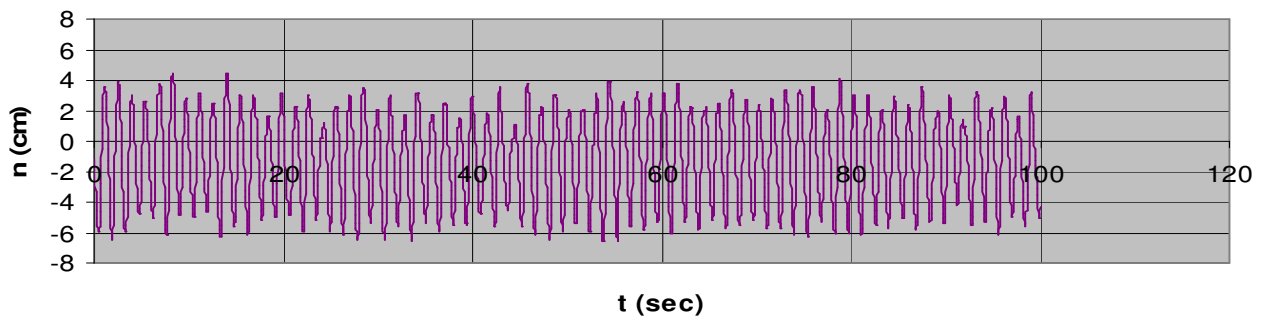
T=15cm, h=4cm, f=0.6Hz, v=0.3m/sec

FR 90 degrees



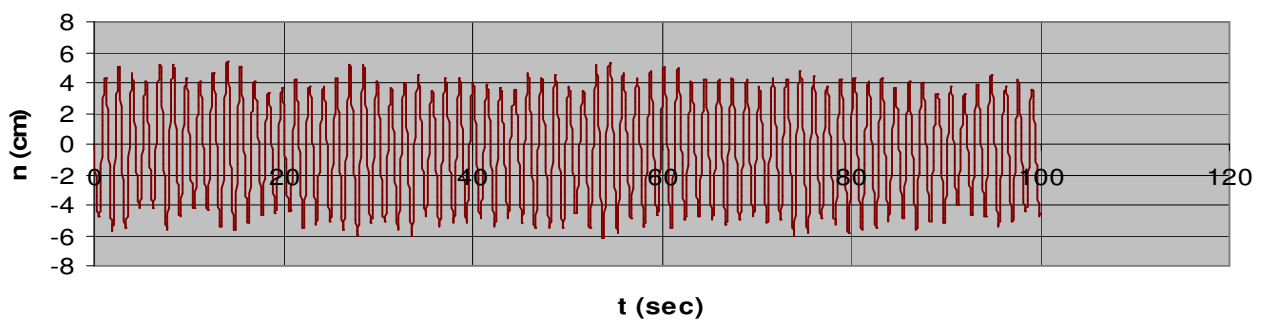
T=15cm, h=4cm, f=0.6Hz, v=0.3m/sec

FR 135 degrees

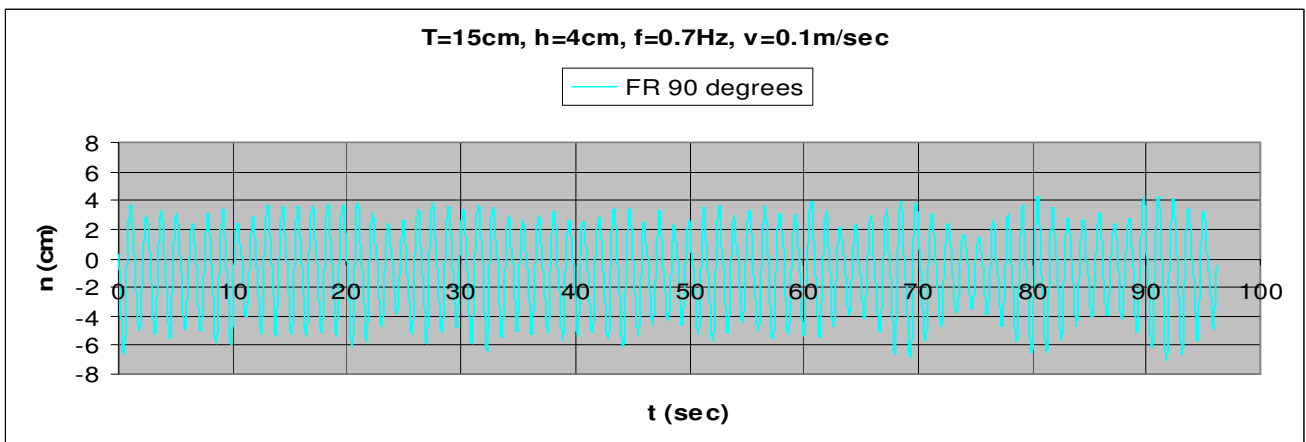
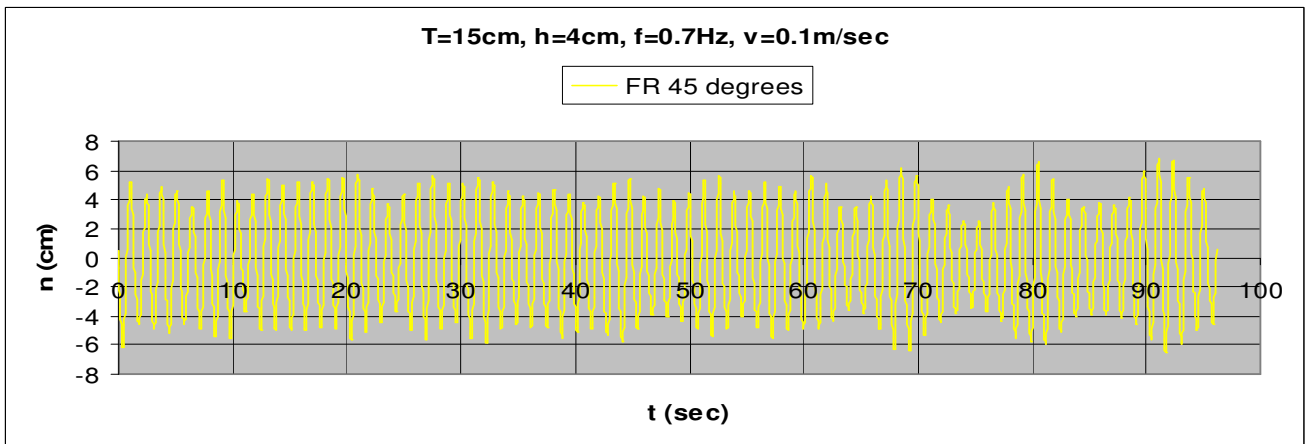
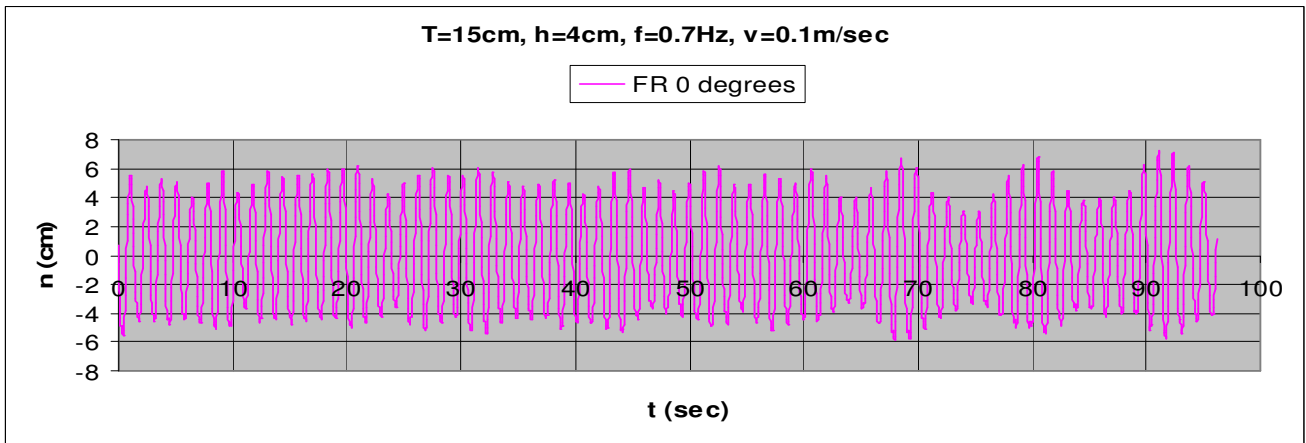
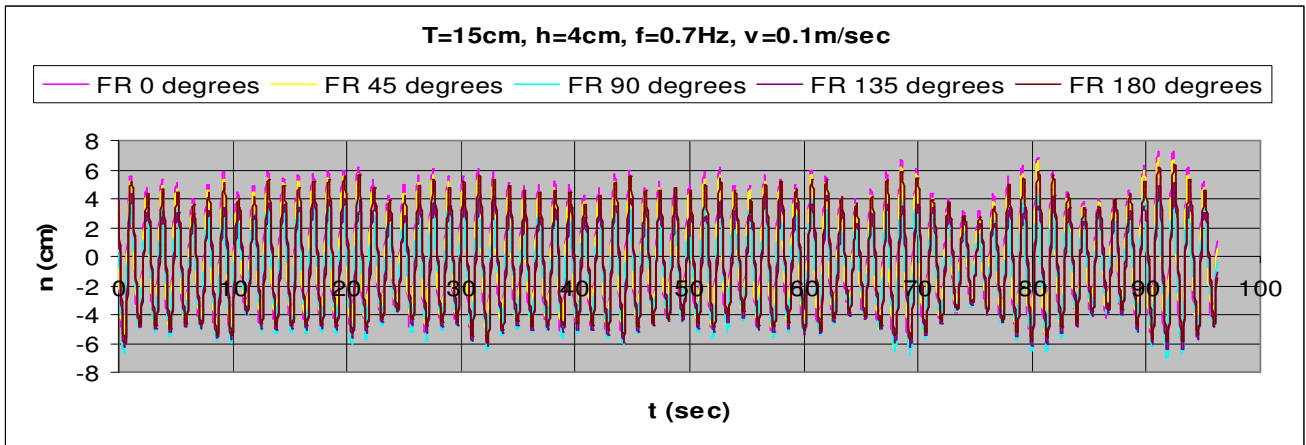


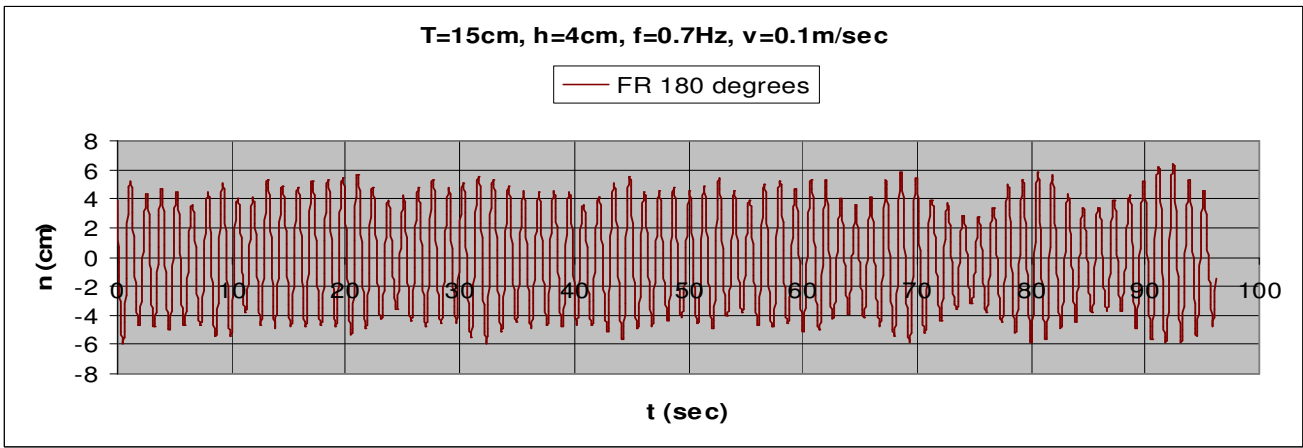
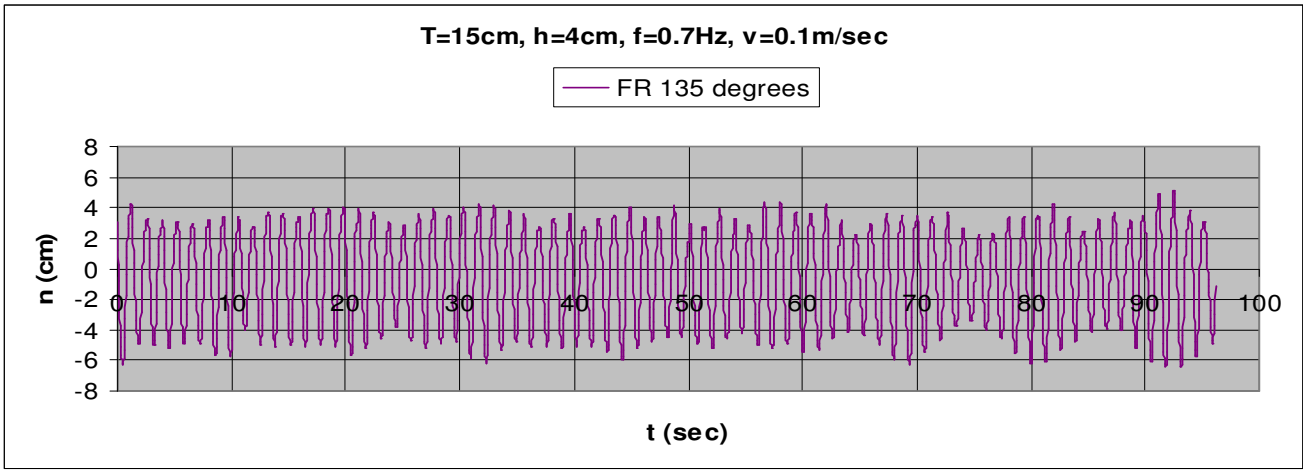
T=15cm, h=4cm, f=0.6Hz, v=0.3m/sec

FR 180 degrees

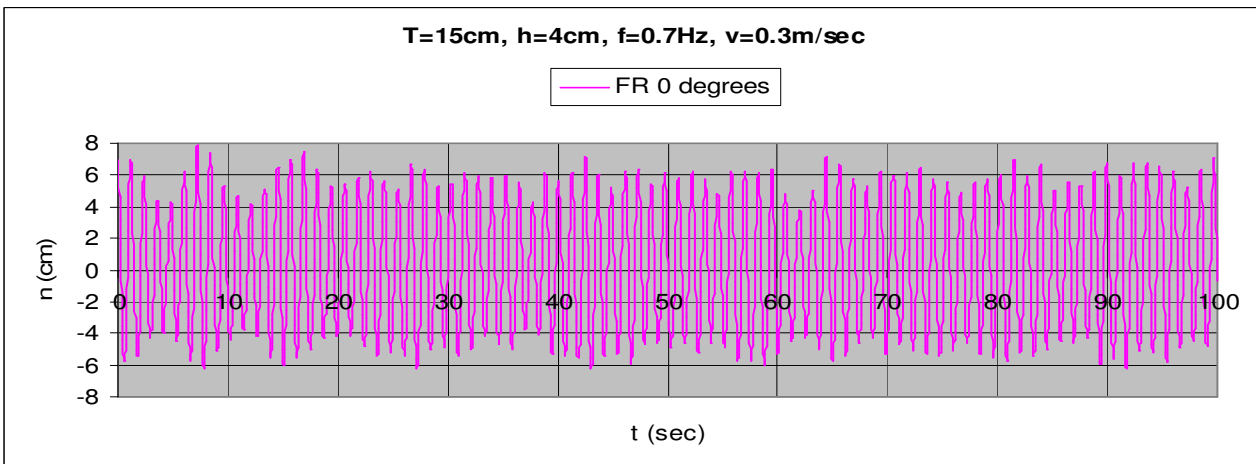
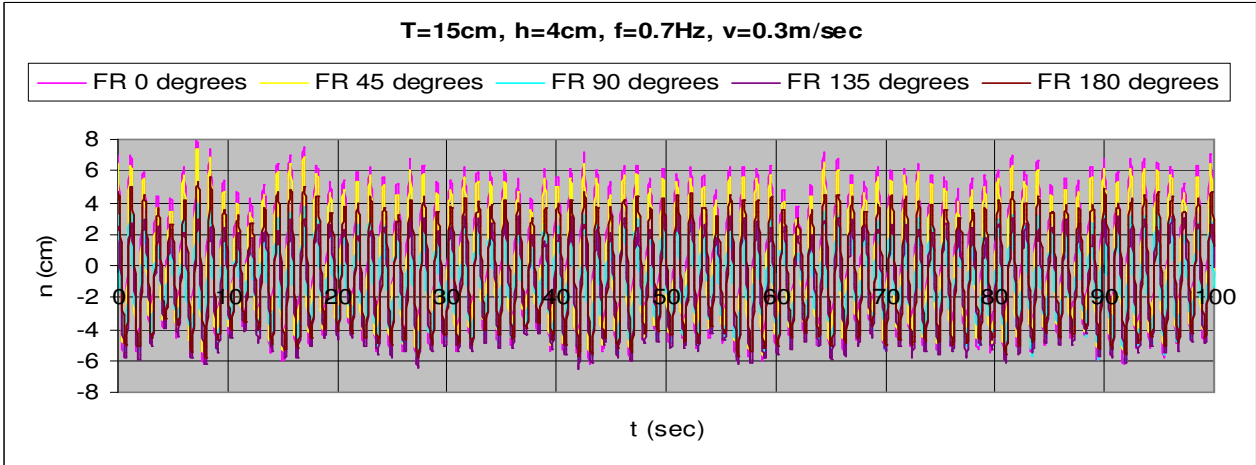


3.1.4.9 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.7\text{Hz}$, $F_n=0.056$, $\omega=4.398\text{rad/sec}$



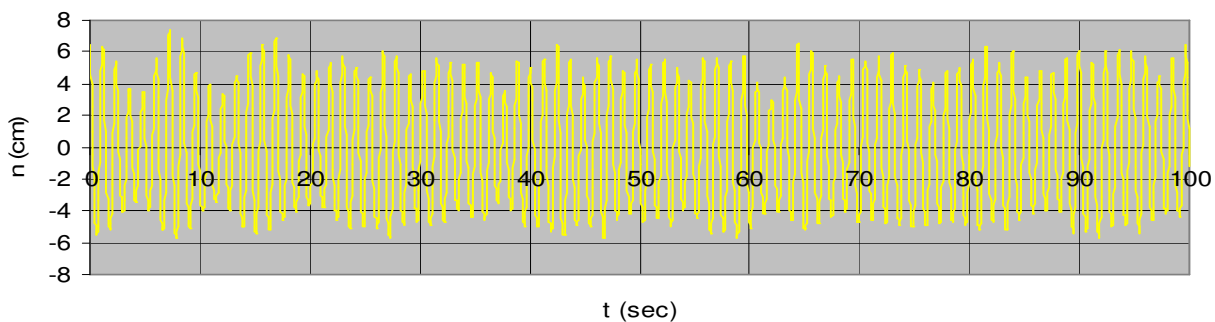


3.1.4.10 T=15cm, h=4cm, v=0.3m/s, f=0.7Hz, Fn=0.056, $\omega=5.026$ rad/sec



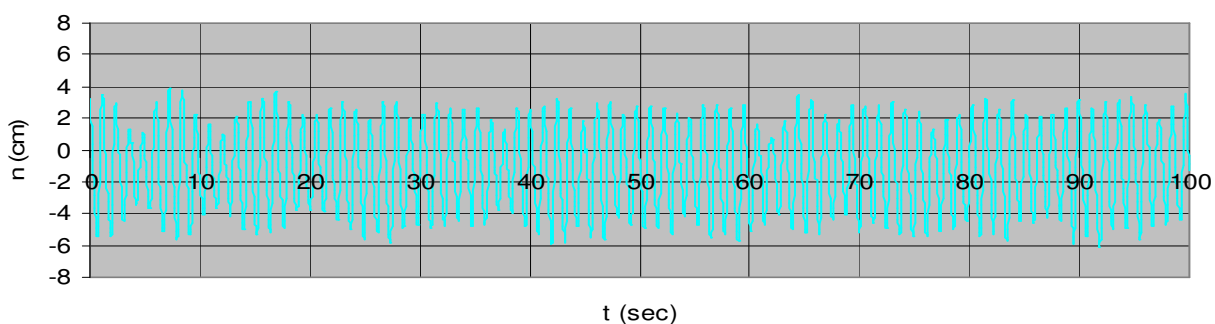
T=15cm, h=4cm, f=0.7Hz, v=0.3m/sec

FR 45 degrees



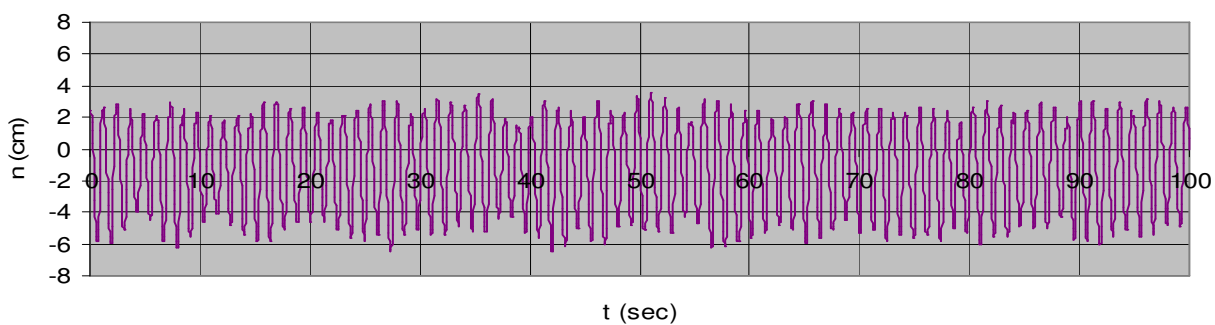
T=15cm, h=4cm, f=0.7Hz, v=0.3m/sec

FR 90 degrees



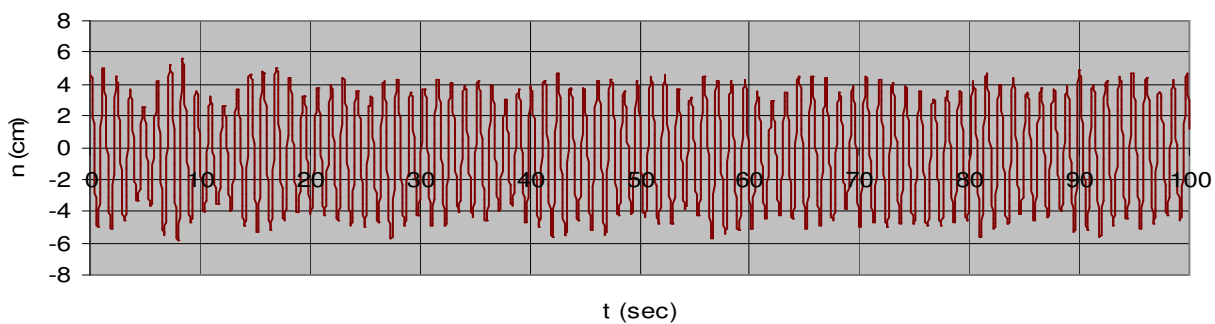
T=15cm, h=4cm, f=0.7Hz, v=0.3m/sec

FR 135 degrees

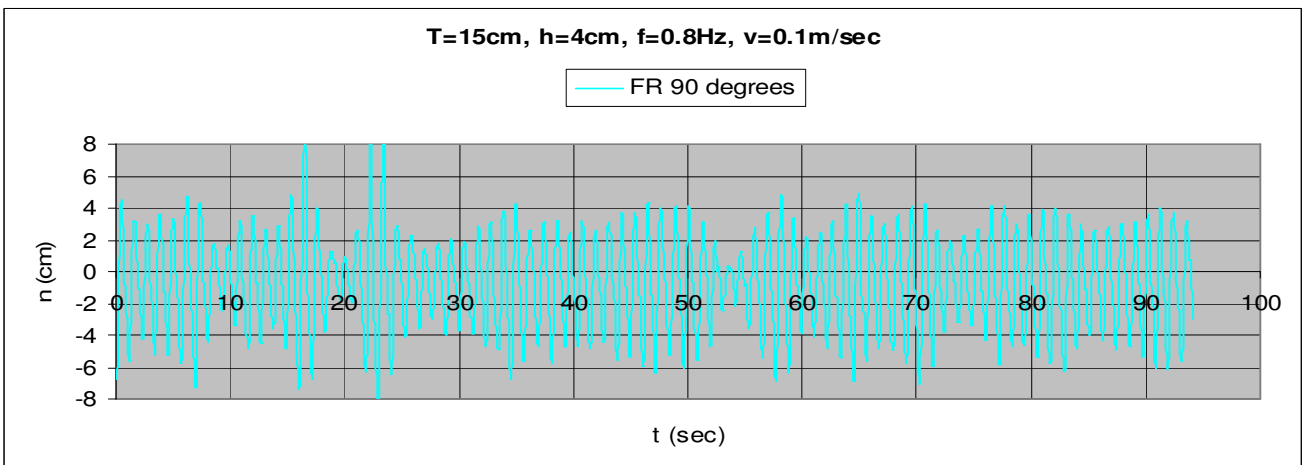
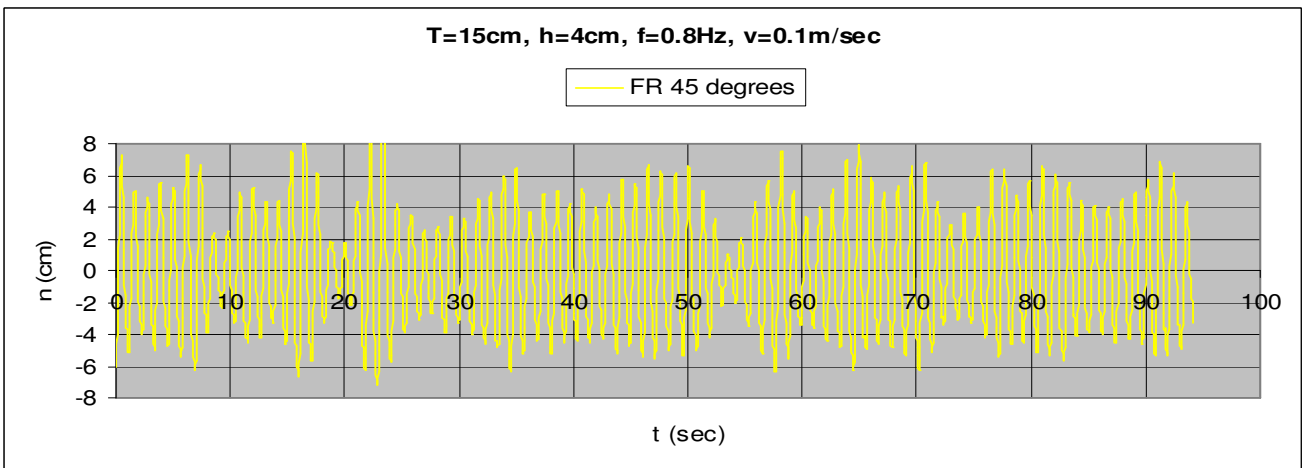
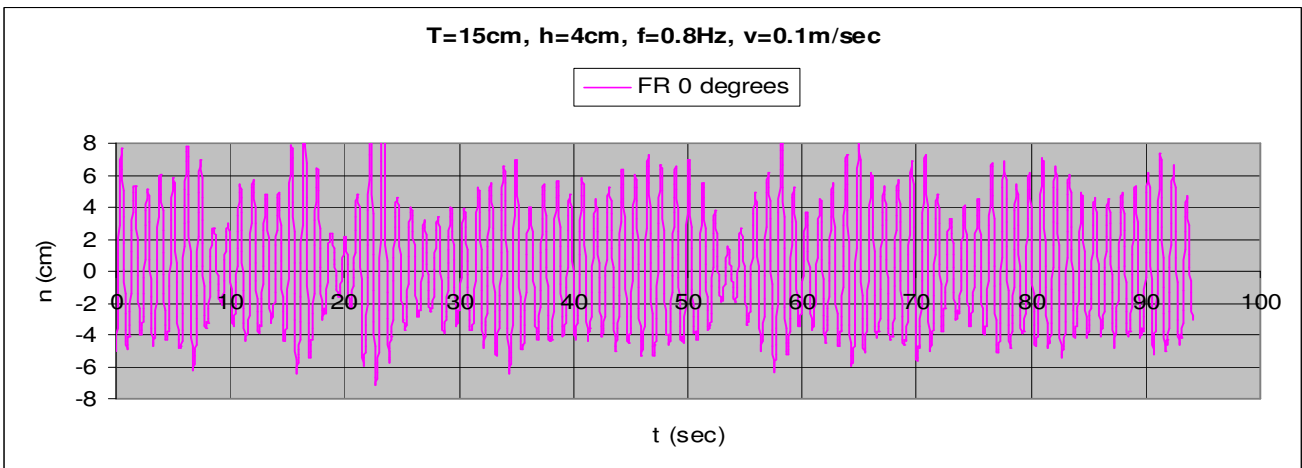
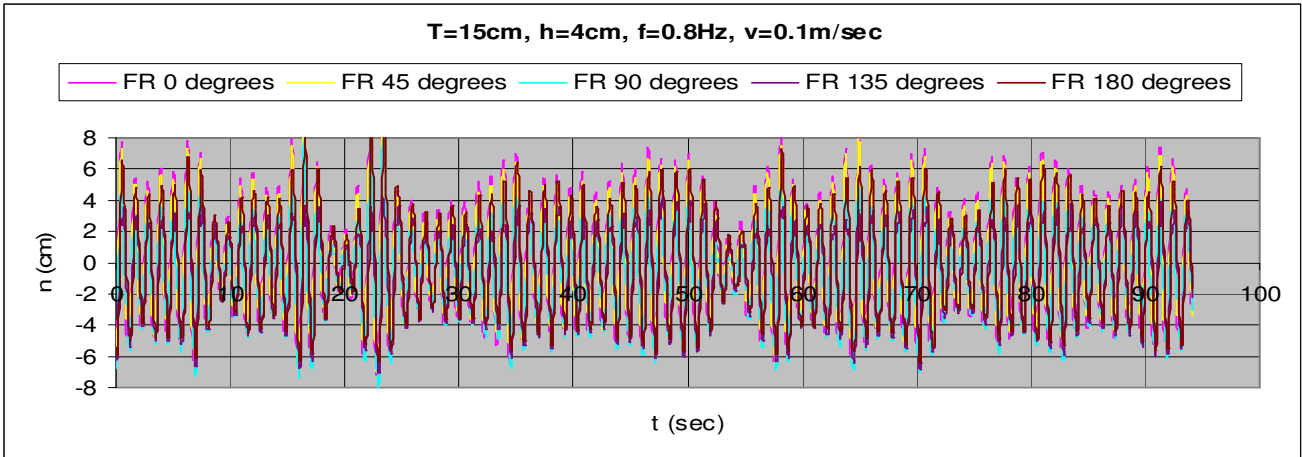


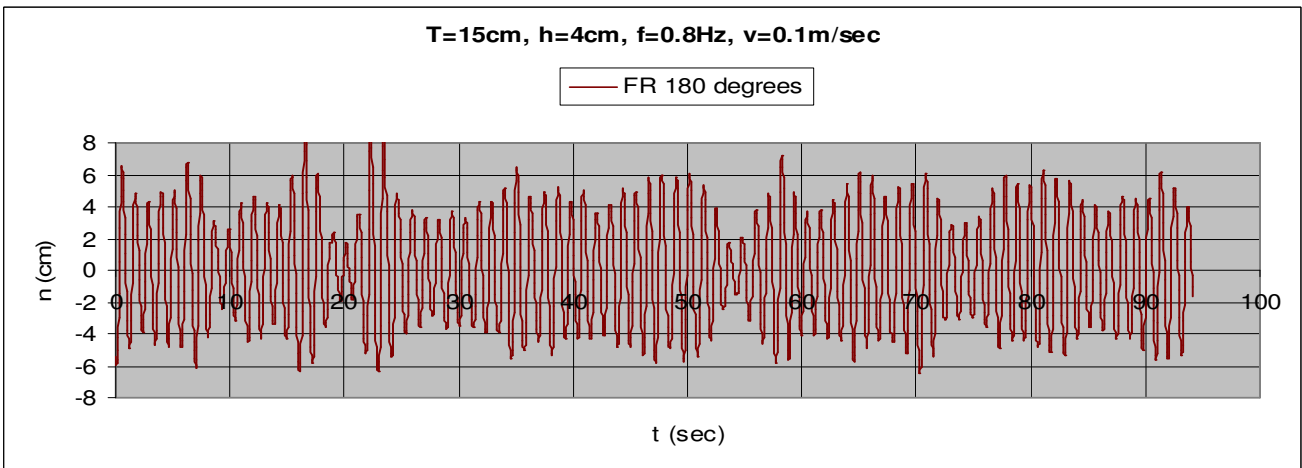
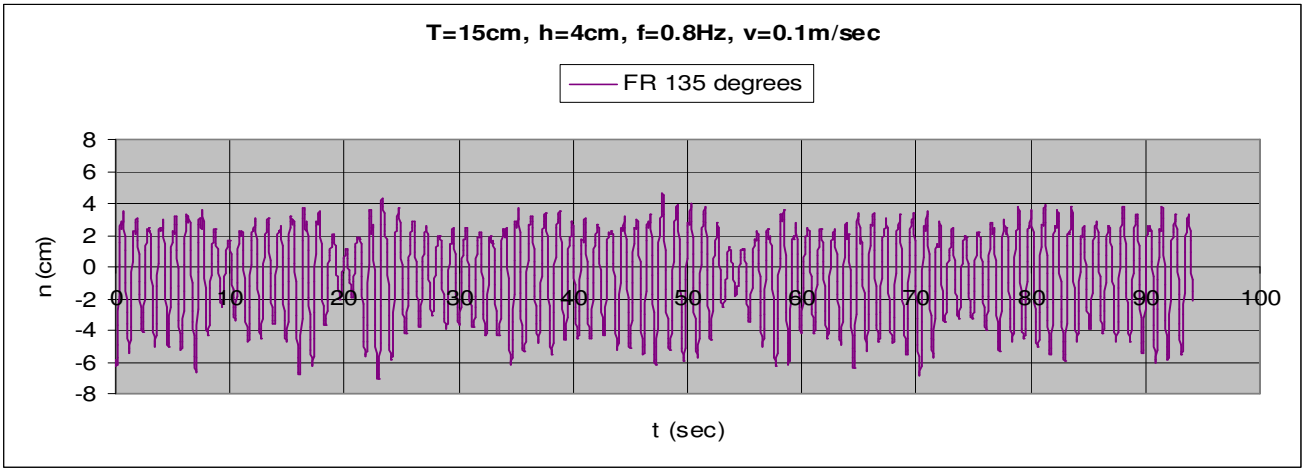
T=15cm, h=4cm, f=0.7Hz, v=0.3m/sec

FR 180 degrees

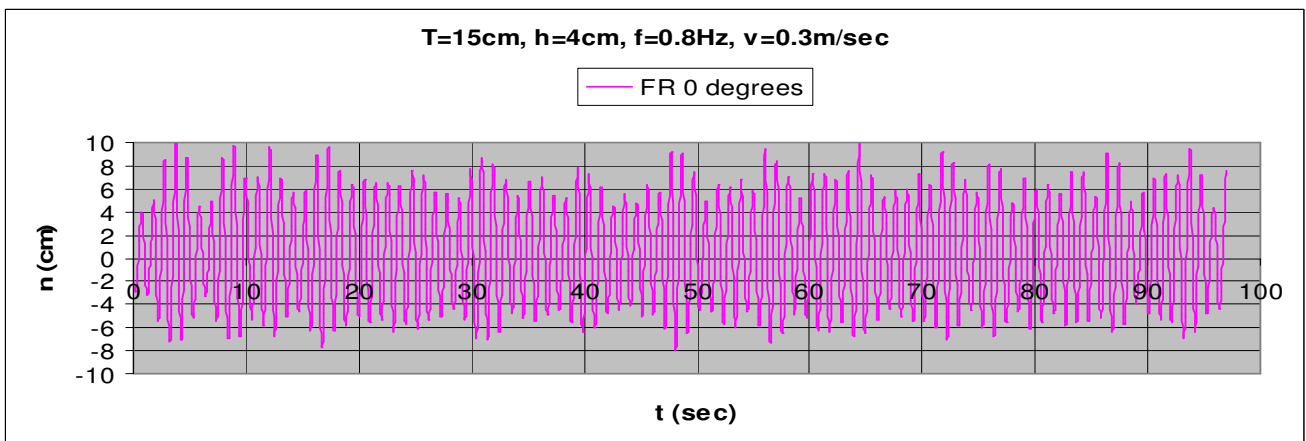
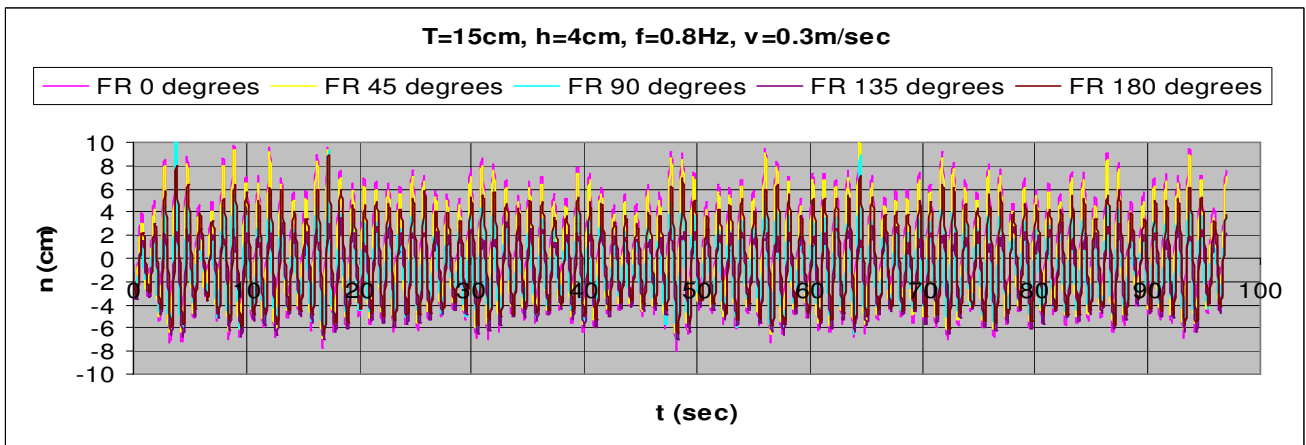


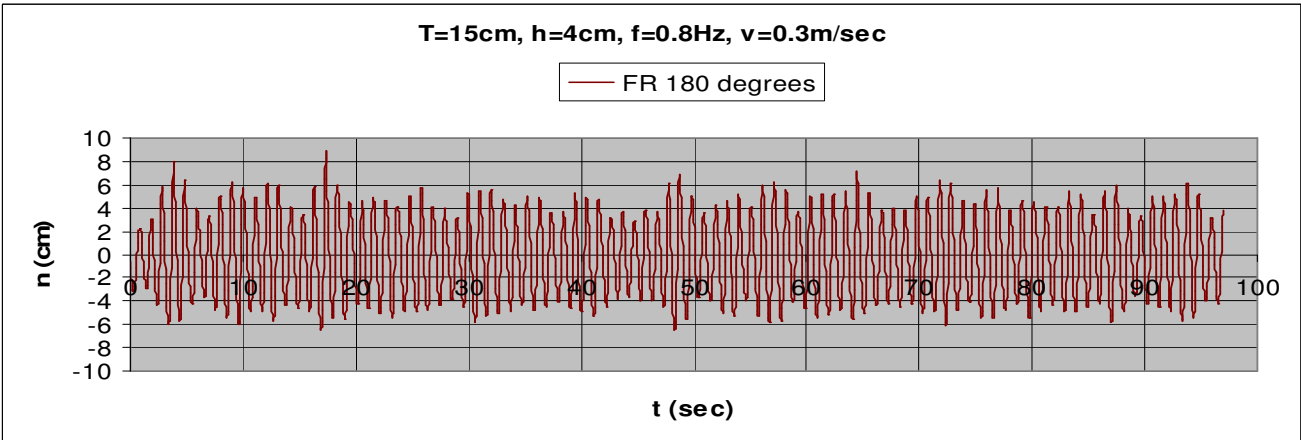
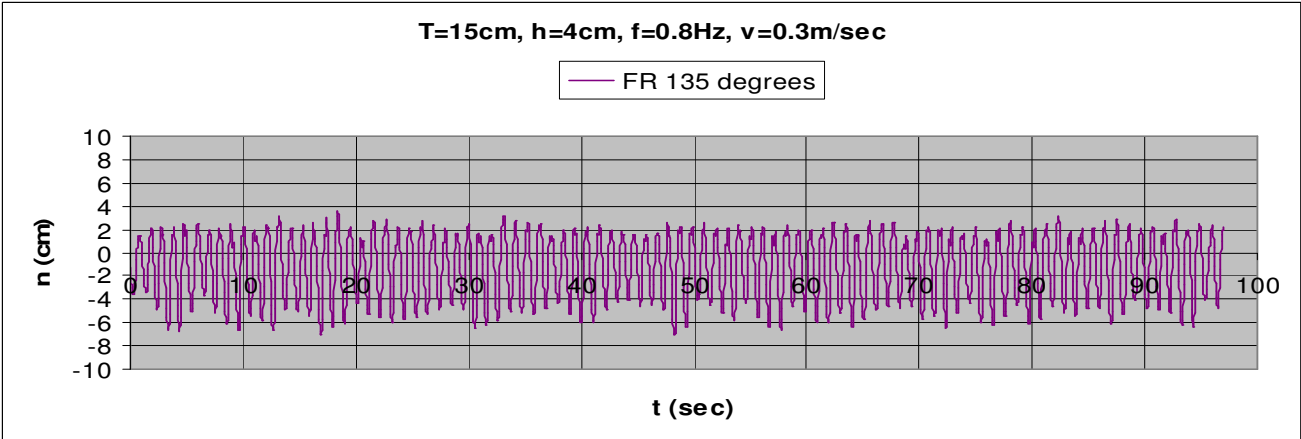
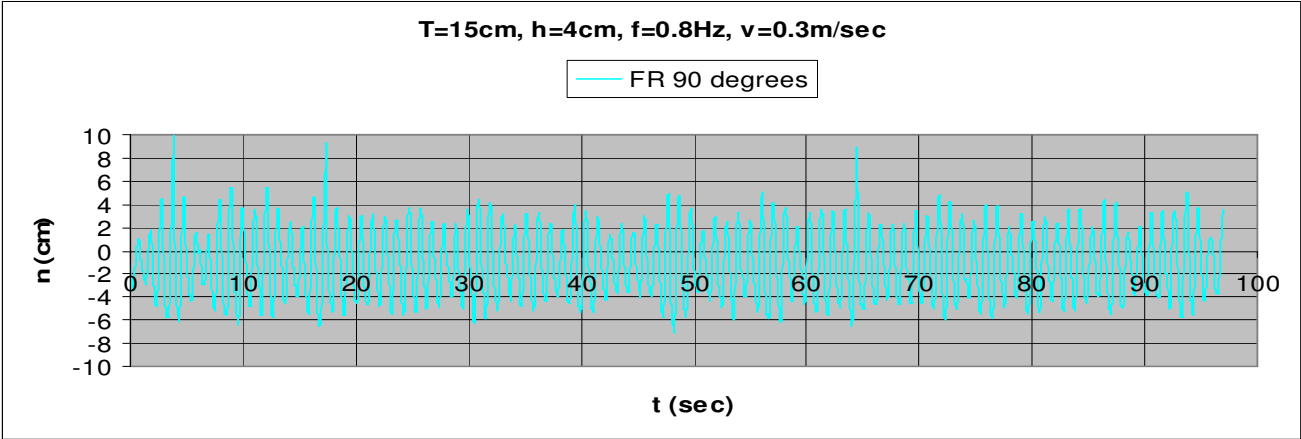
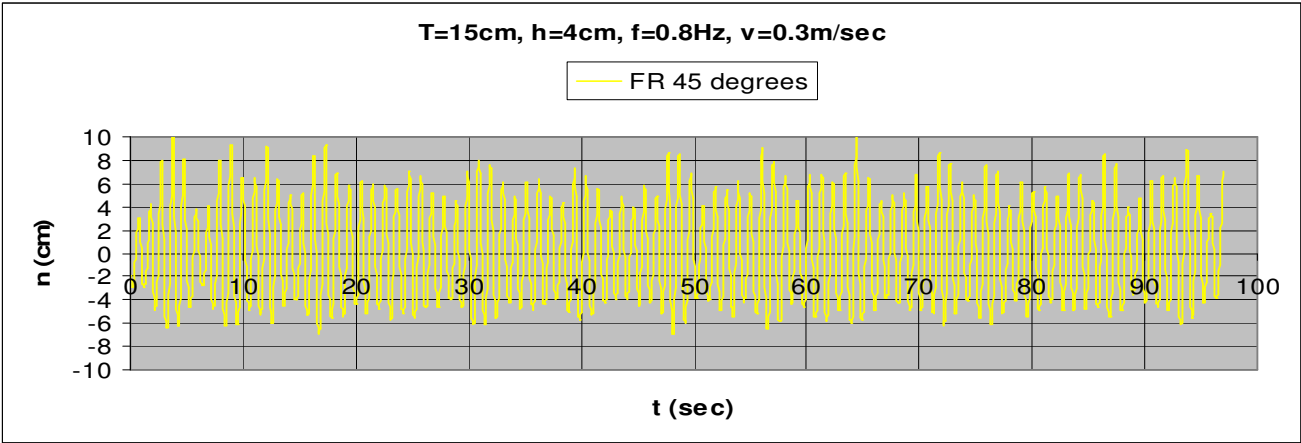
3.1.4.11 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.8\text{Hz}$, $F_n=0.056$, $\omega=5.026\text{rad/sec}$



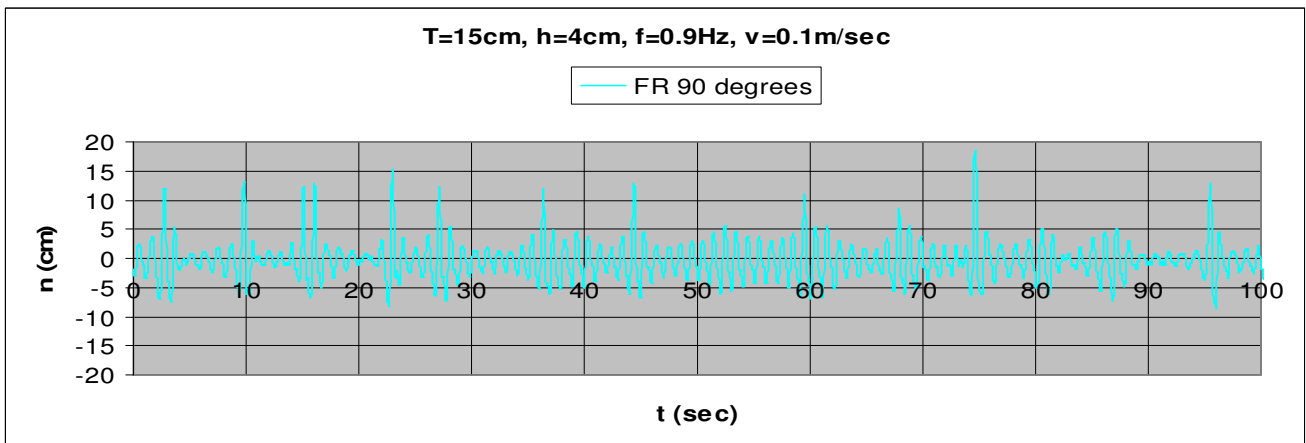
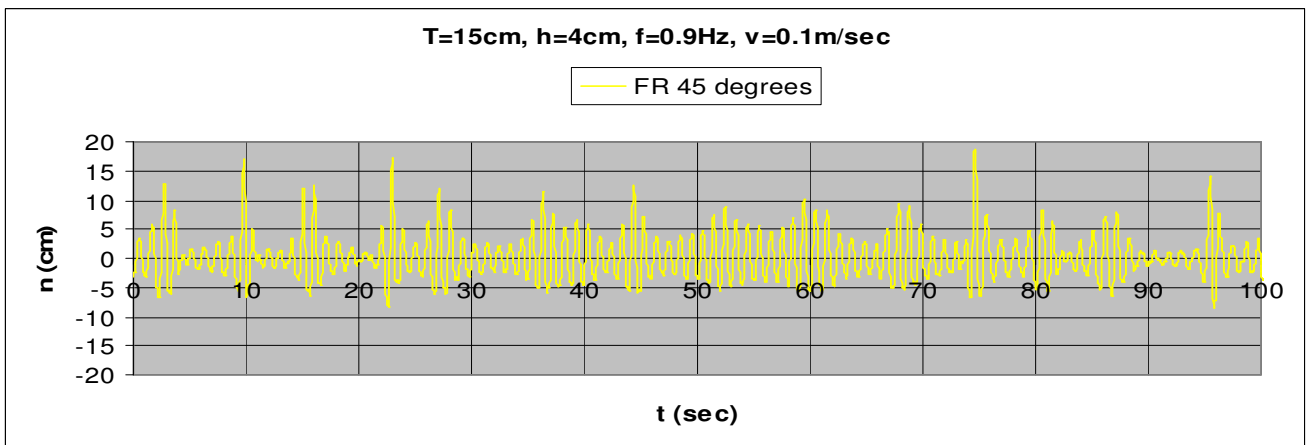
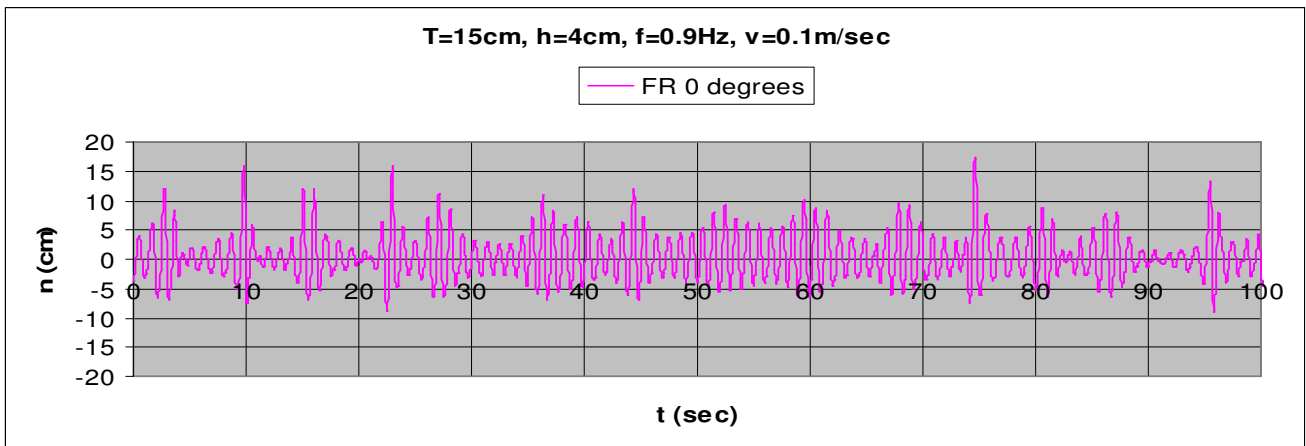
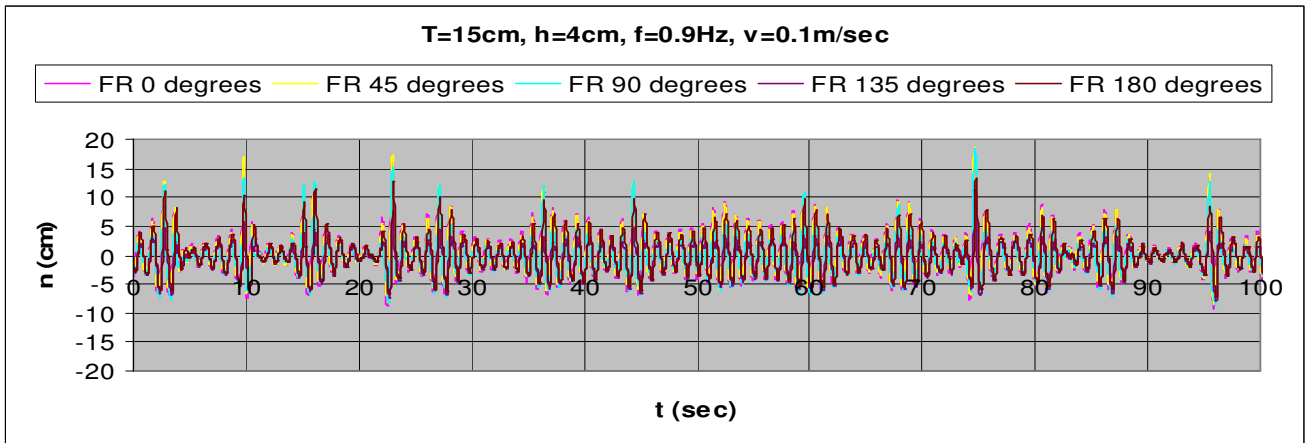


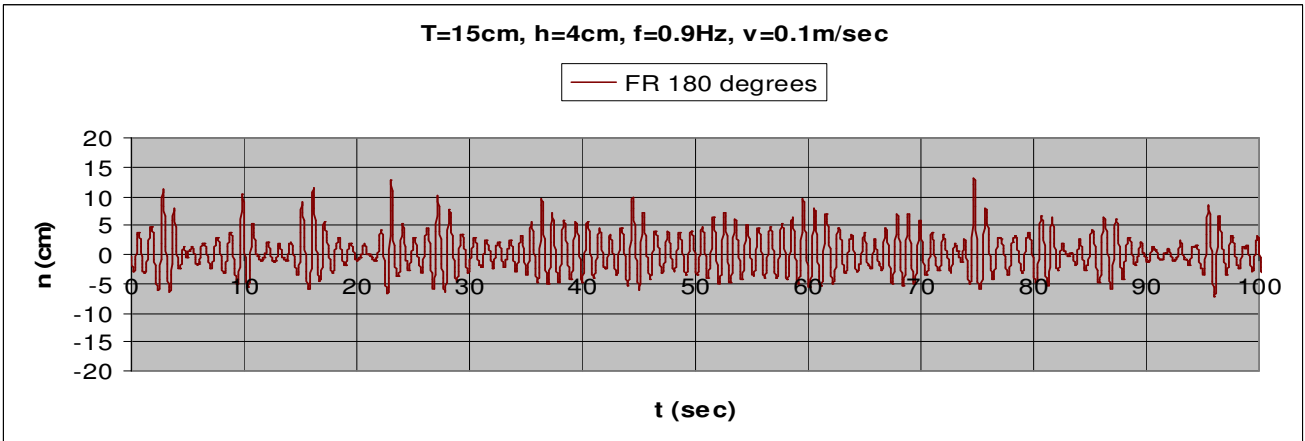
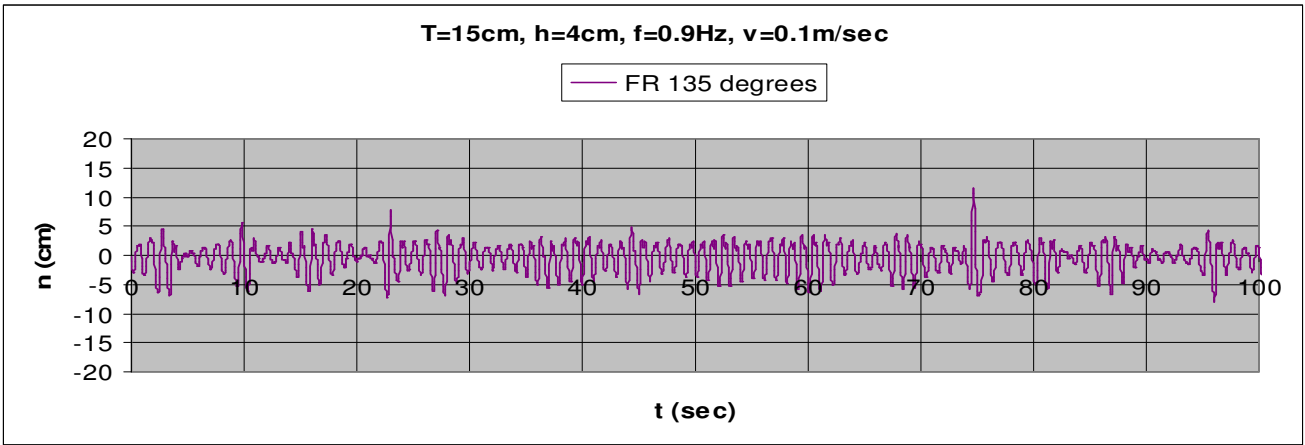
3.1.4.12 T=15cm, h=4cm, v=0.3m/s, f=0.8Hz, Fn=0.167, $\omega=5.026$ rad/sec



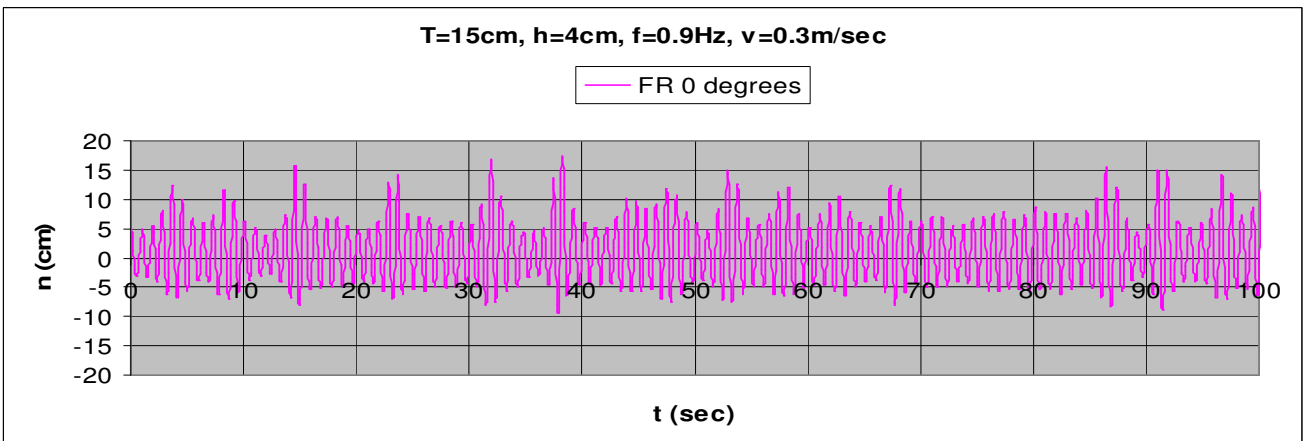
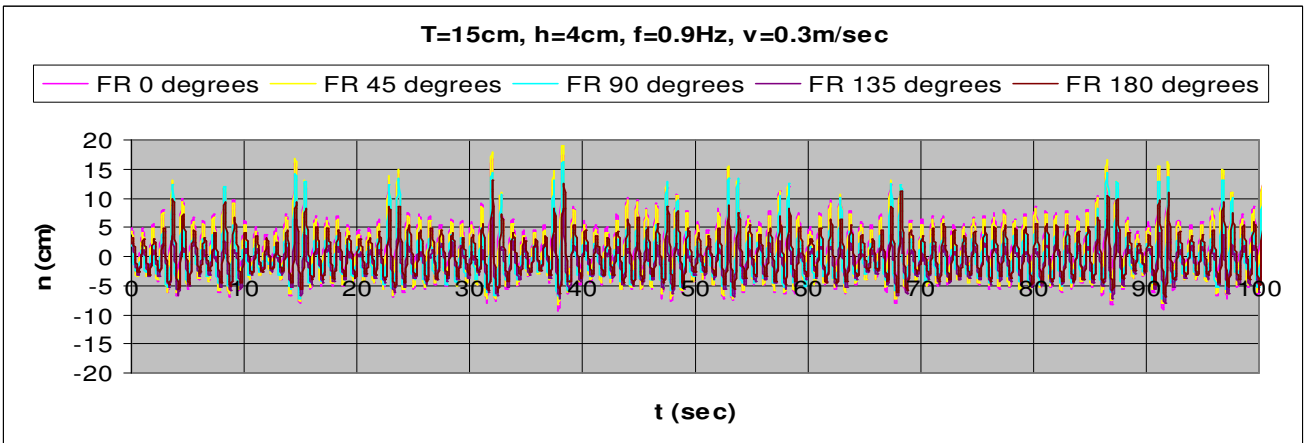


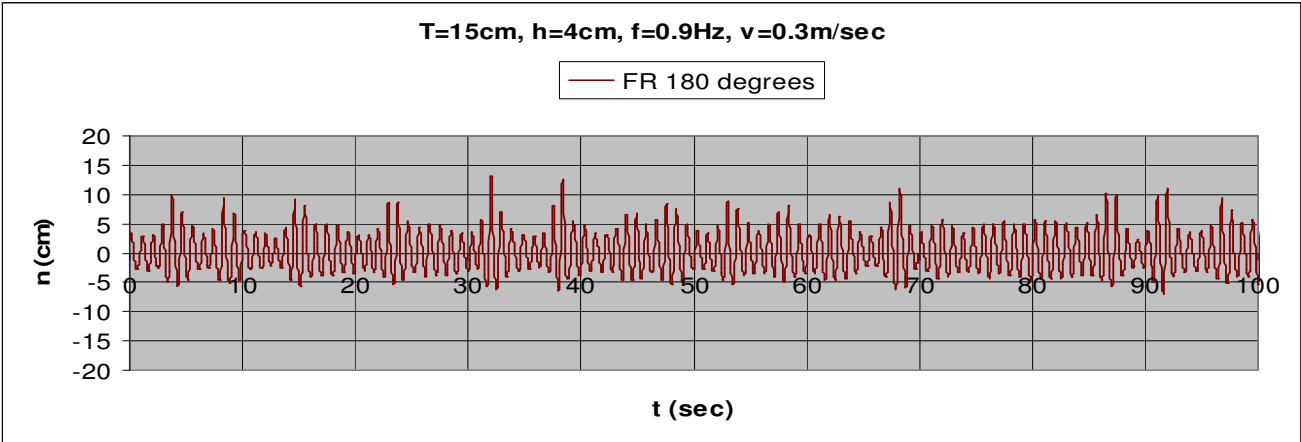
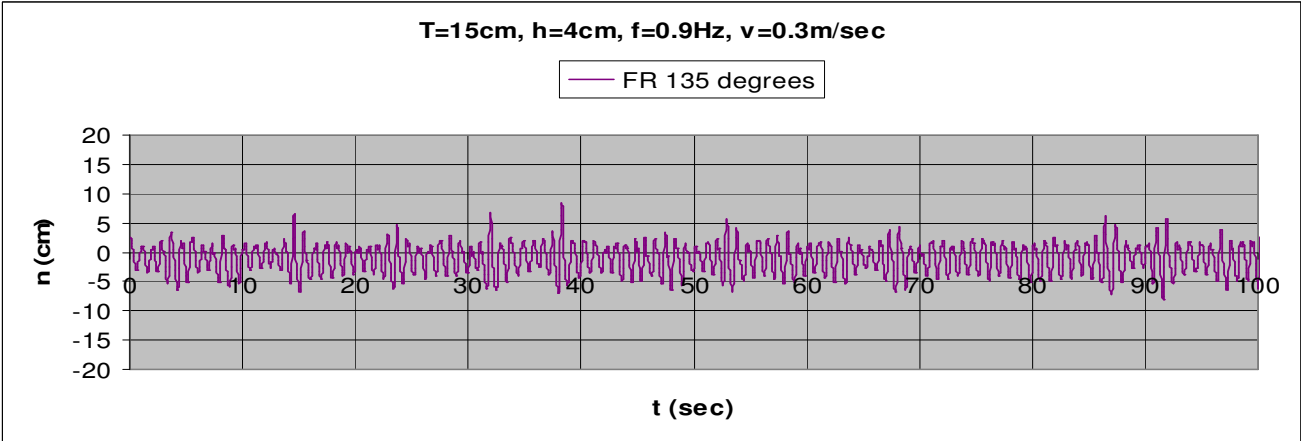
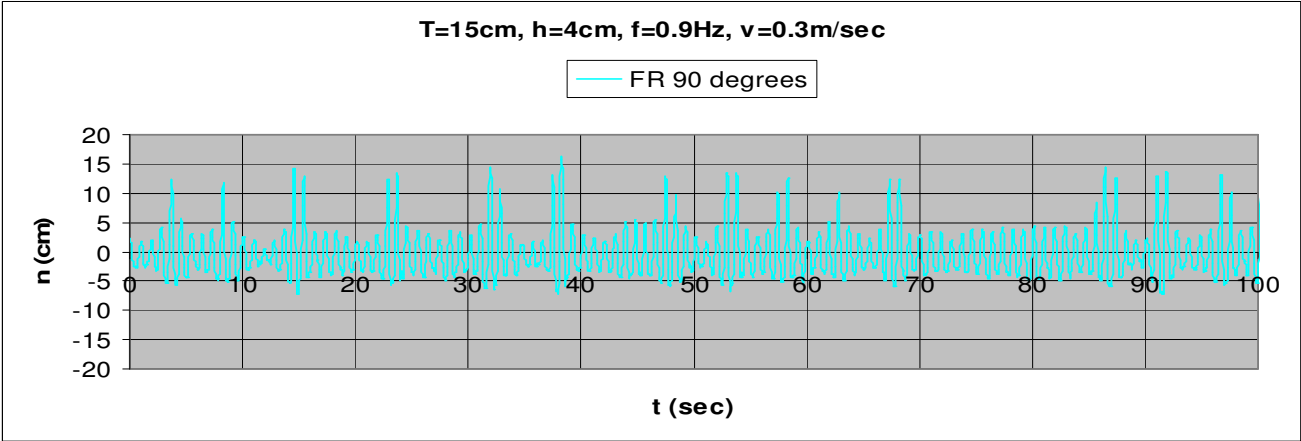
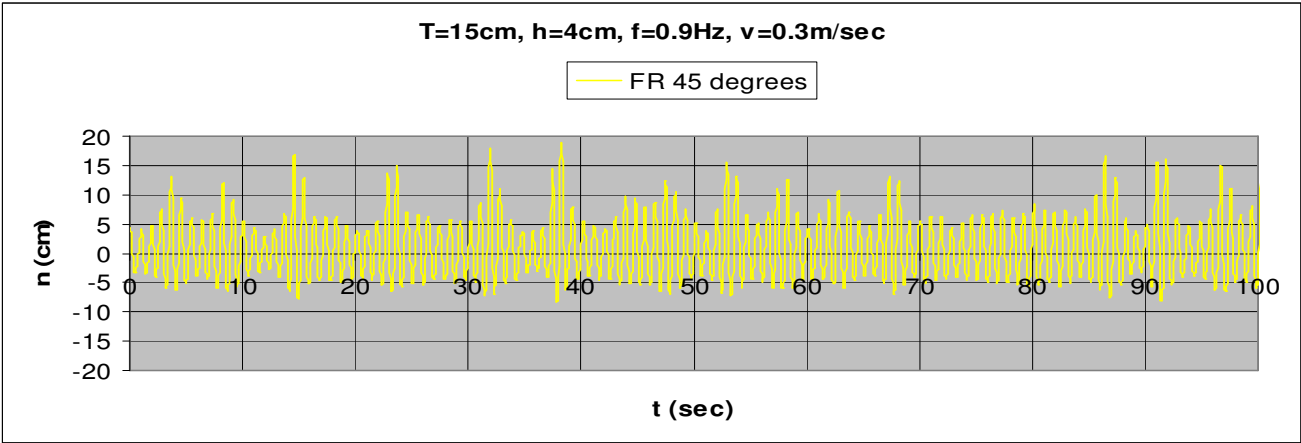
3.1.4.13 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.9\text{Hz}$, $F_n=0.056$, $\omega=5.655\text{rad/sec}$



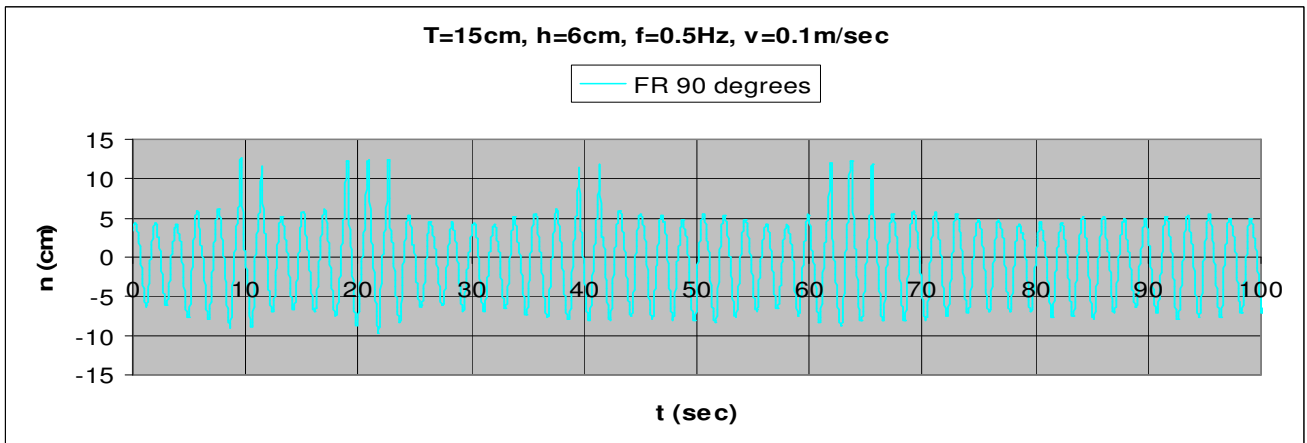
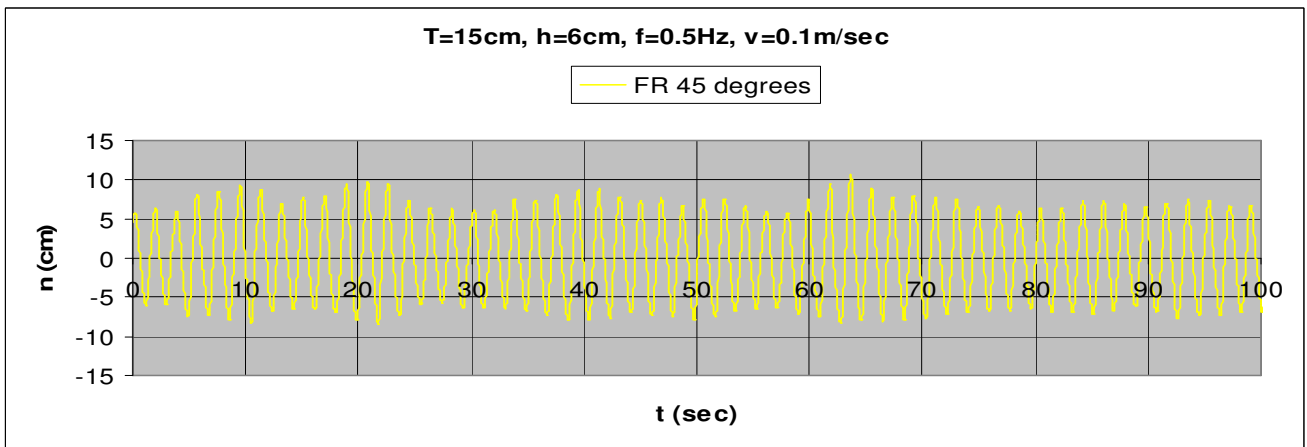
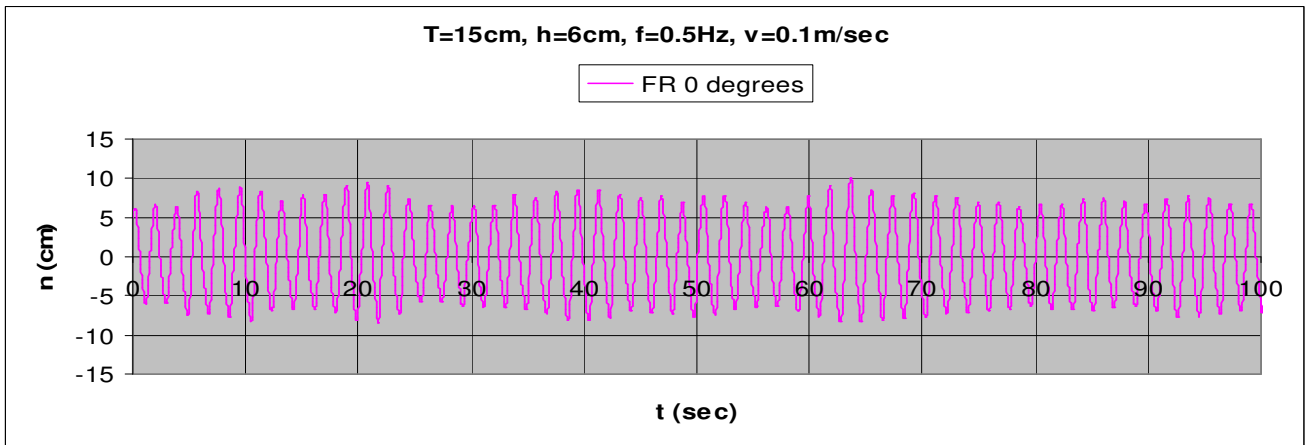
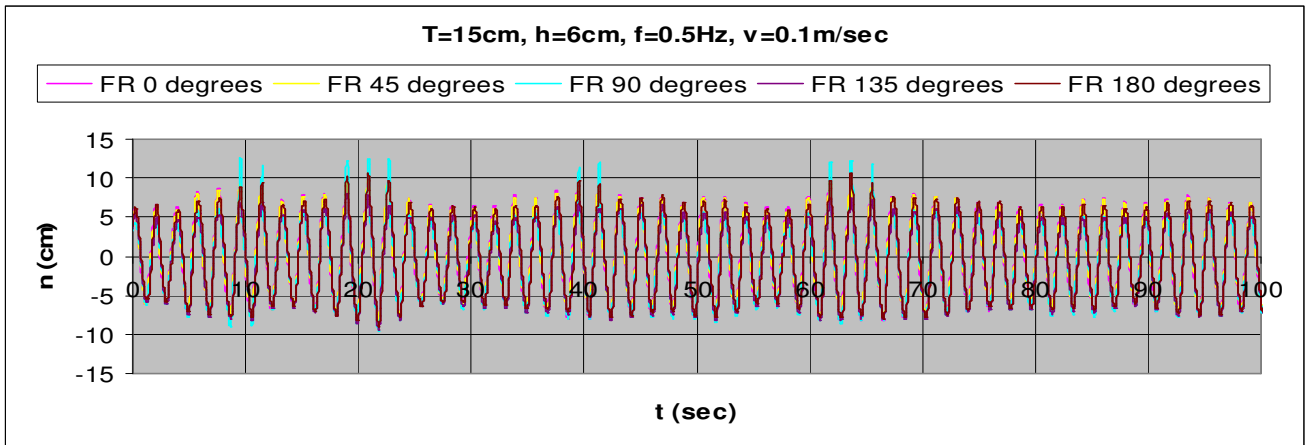


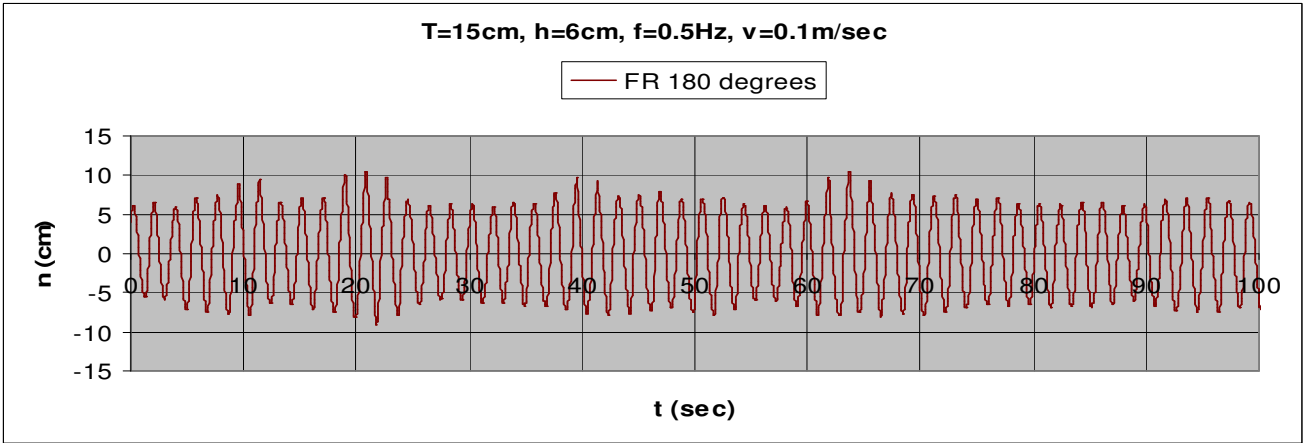
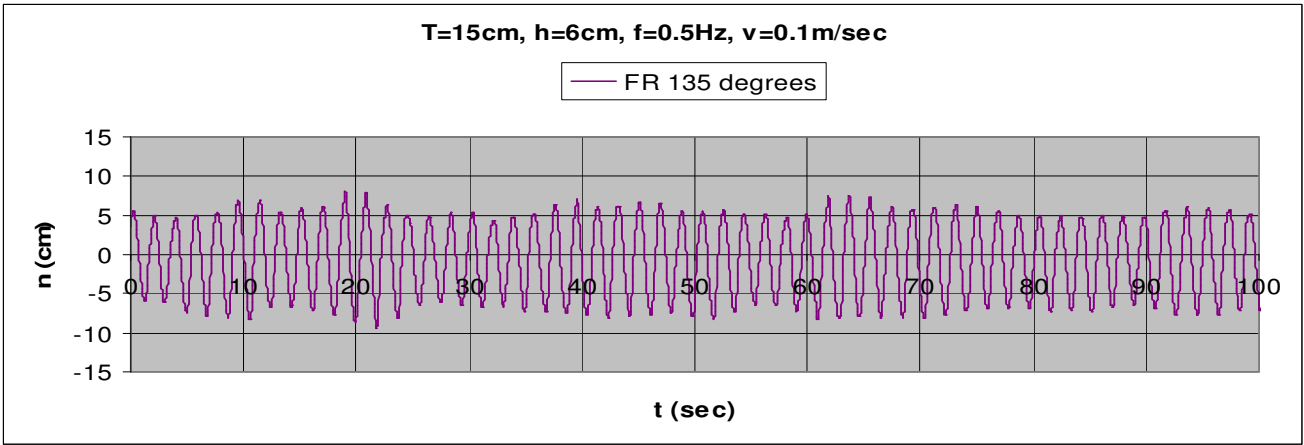
3.1.4.14 T=15cm, h=4cm, v=0.3m/s, f=0.9Hz, Fn=0.167, $\omega=5.655$ rad/sec



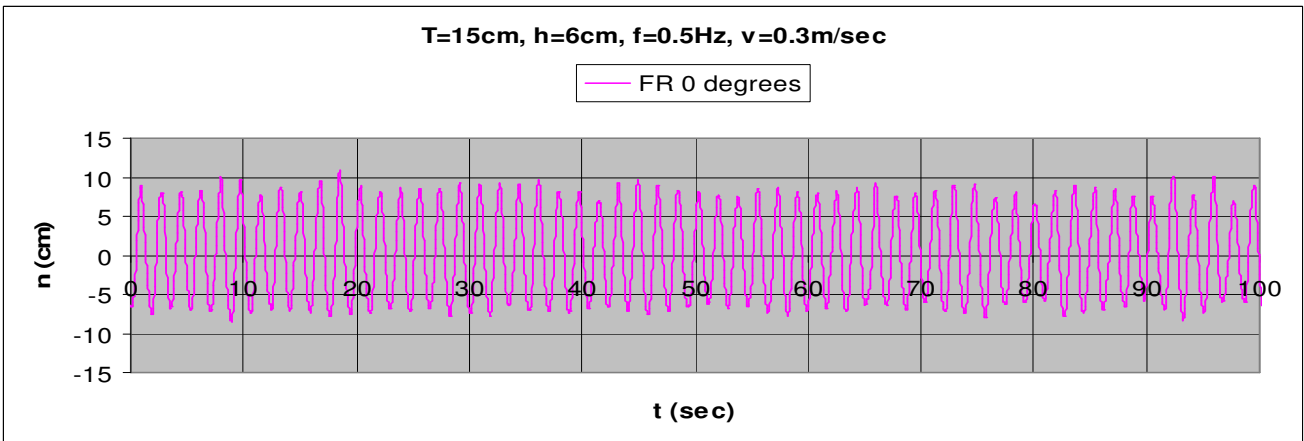
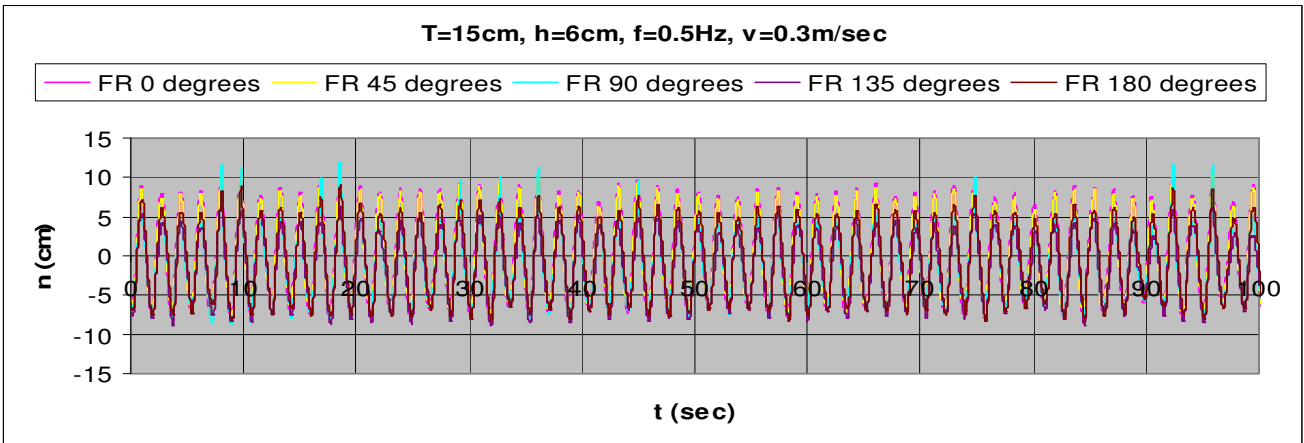


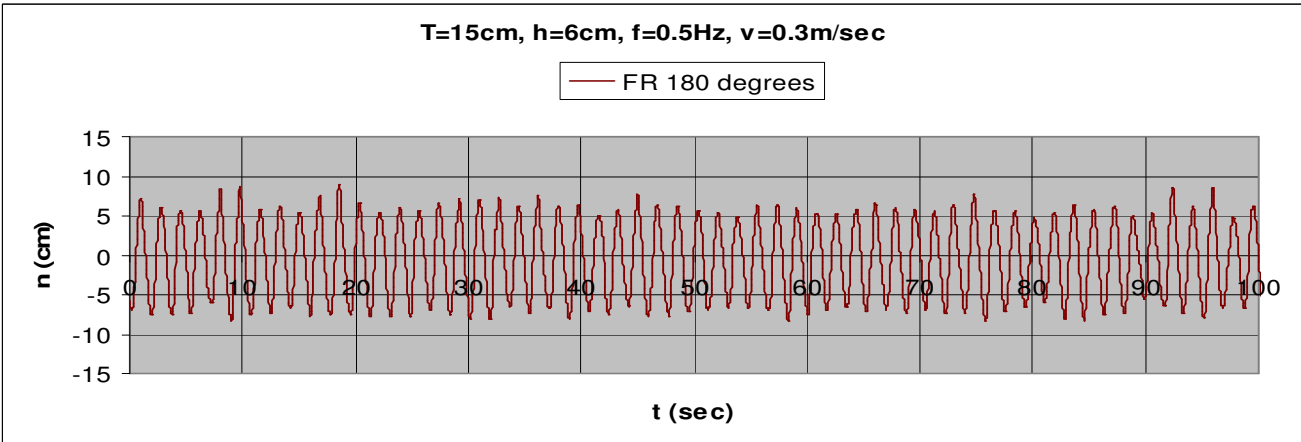
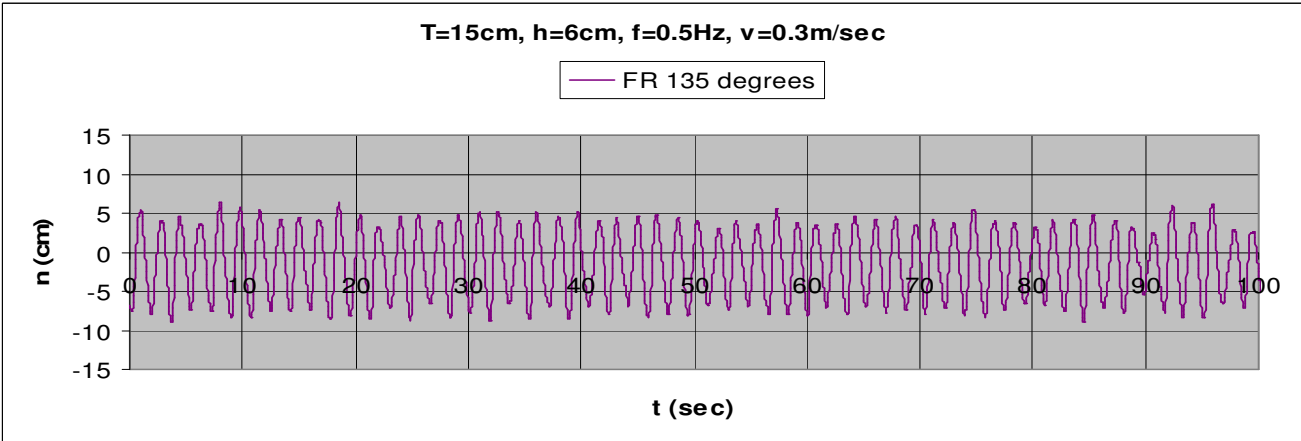
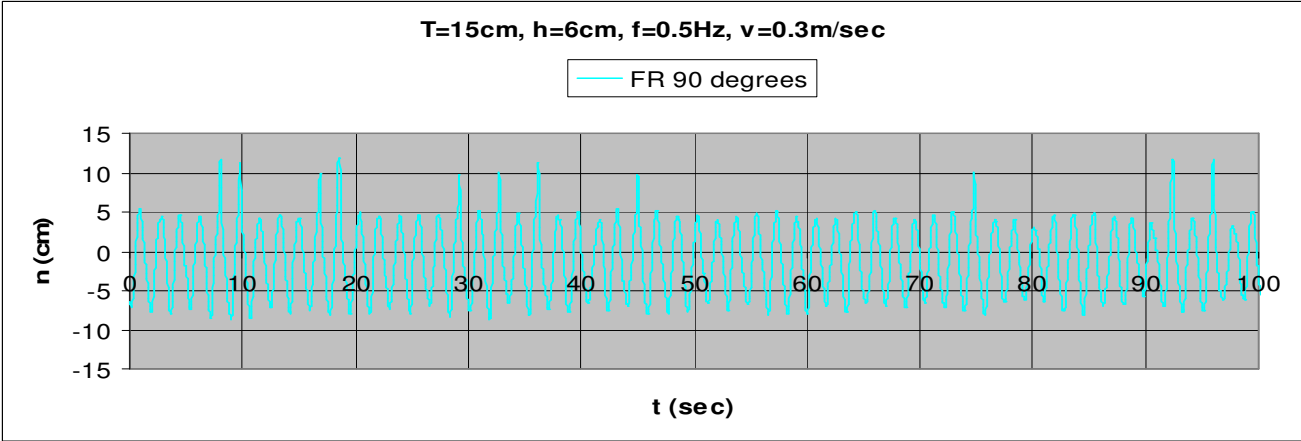
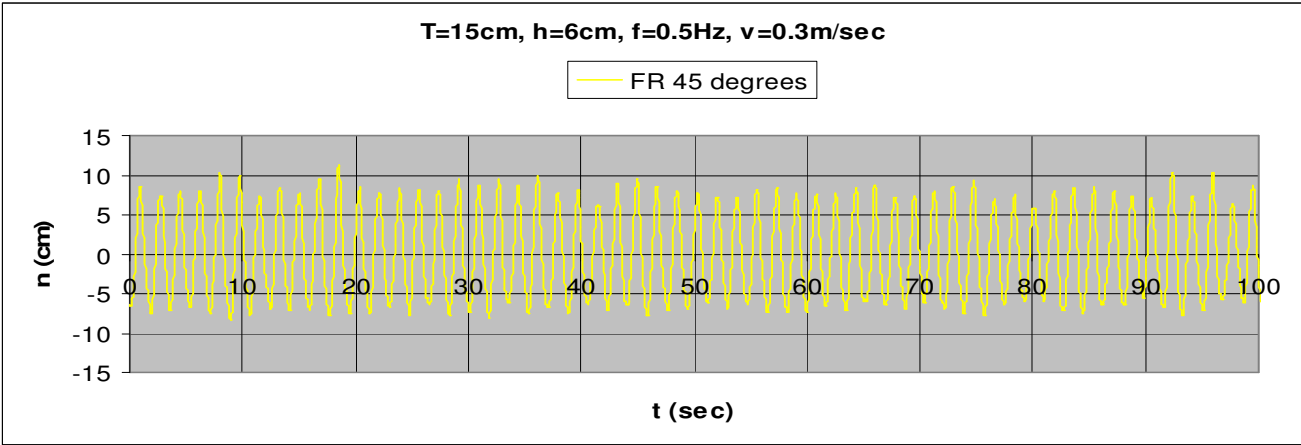
3.1.4.15 $T=15\text{cm}$, $h=6\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.5\text{Hz}$, $F_n=0.056$, $\omega=3.142\text{rad/sec}$



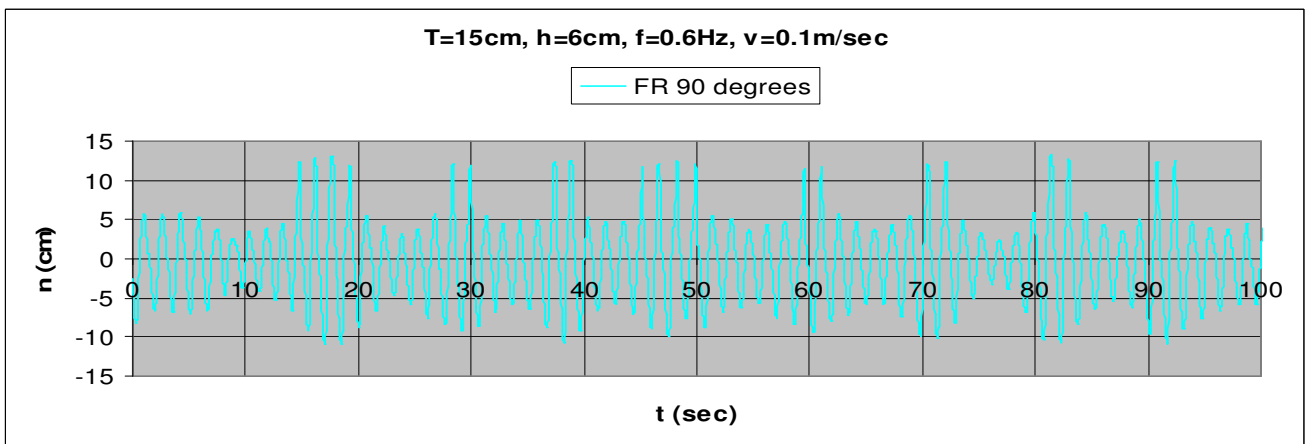
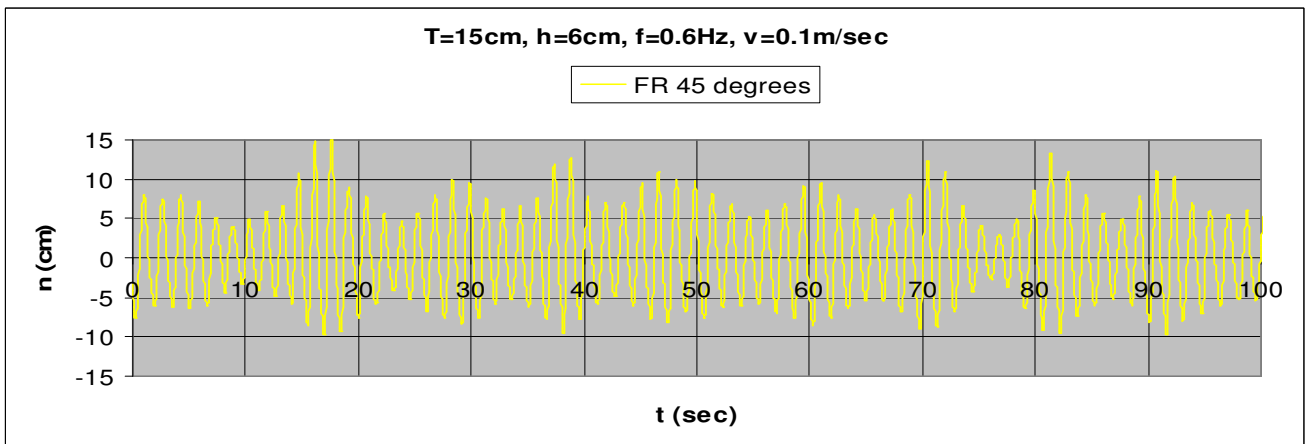
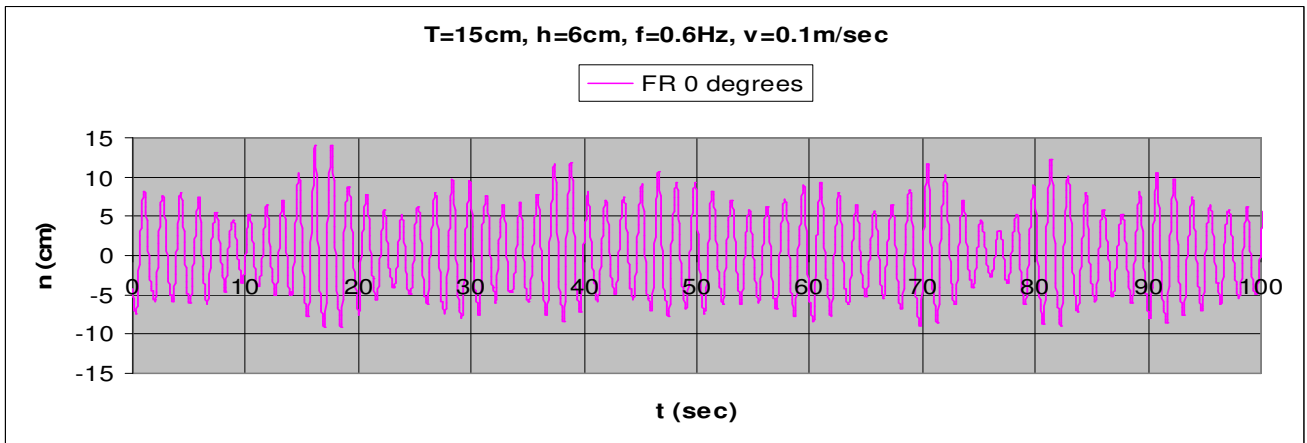
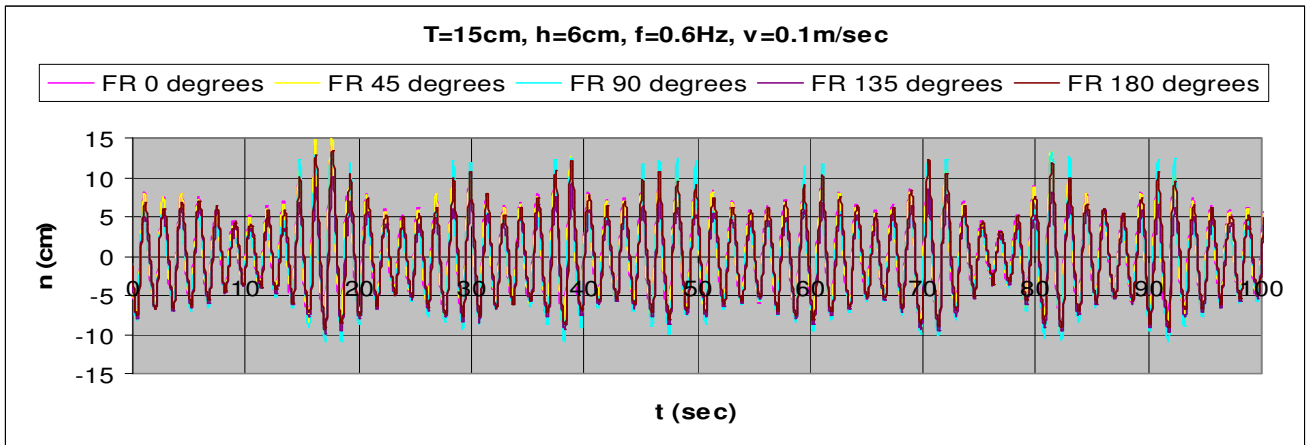


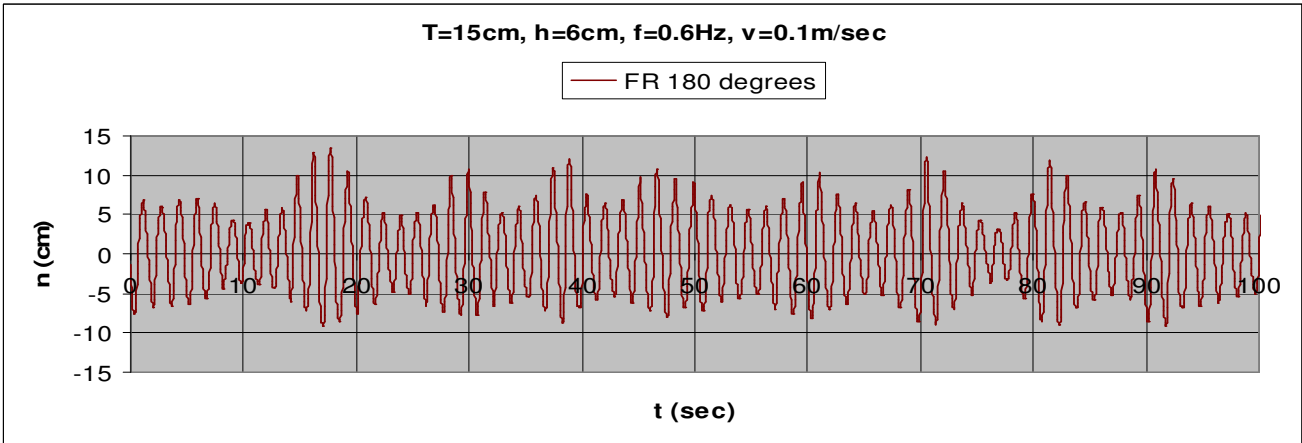
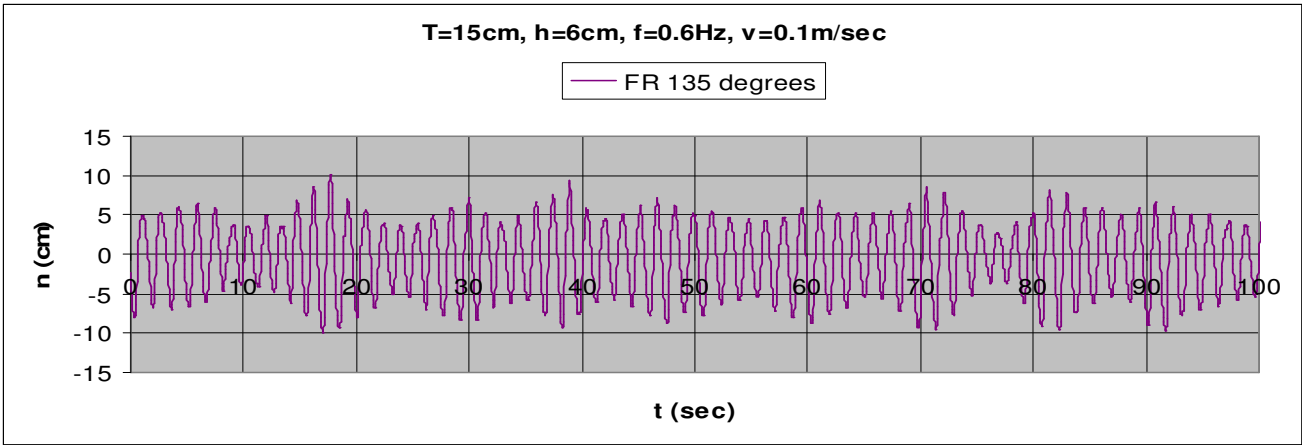
3.1.4.16 T=15cm, h=6cm, v=0.3m/s, f=0.5Hz, Fn=0.167, $\omega=3.142$ rad/sec



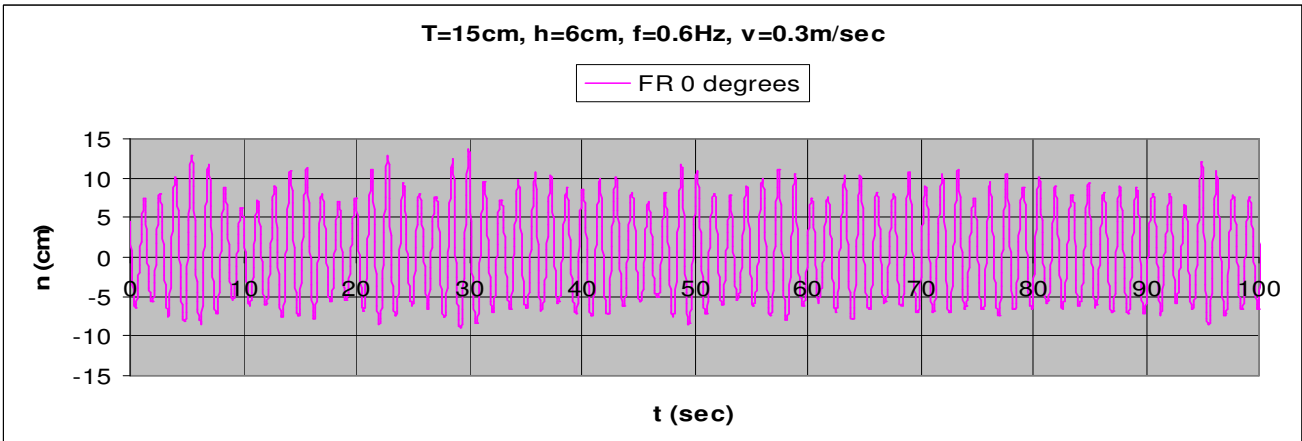
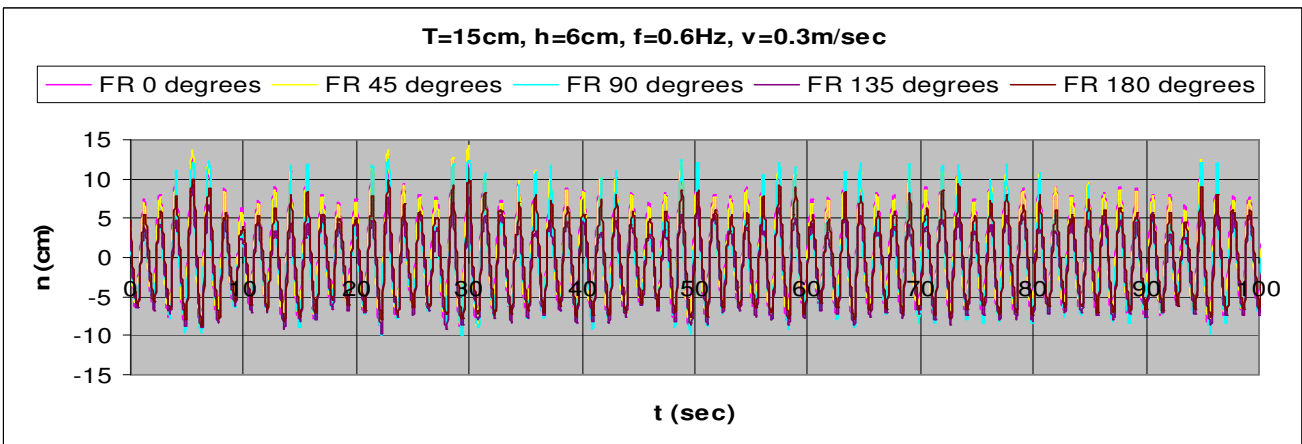


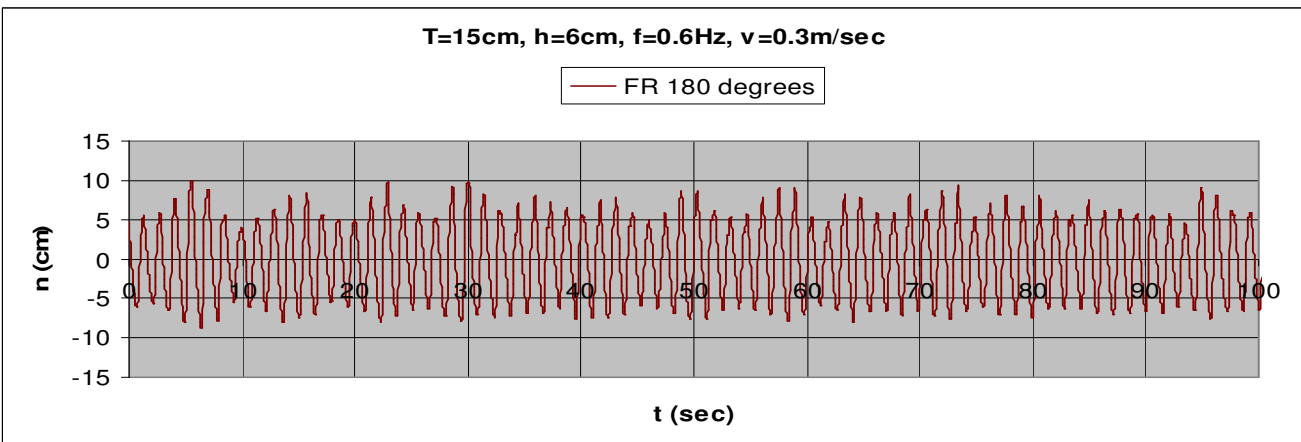
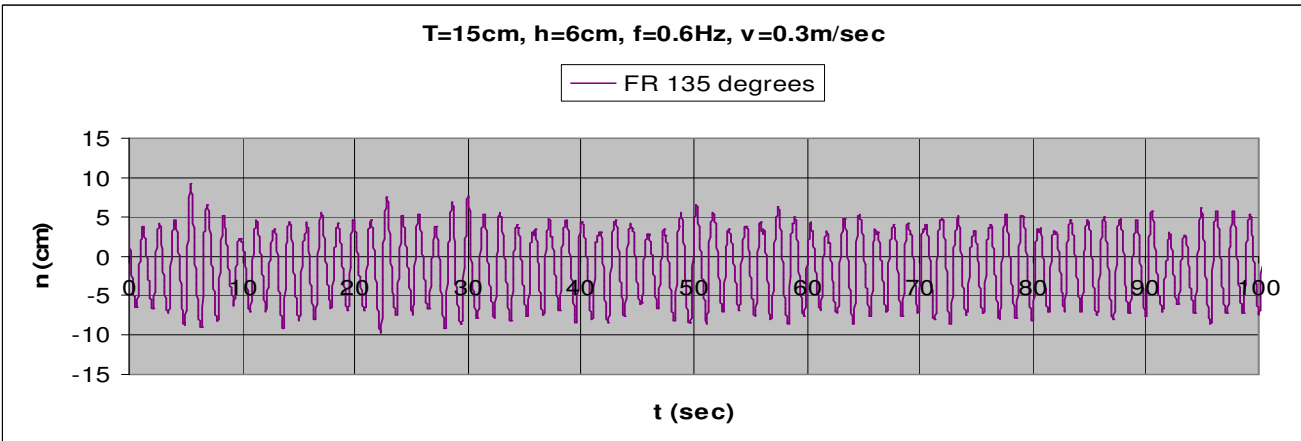
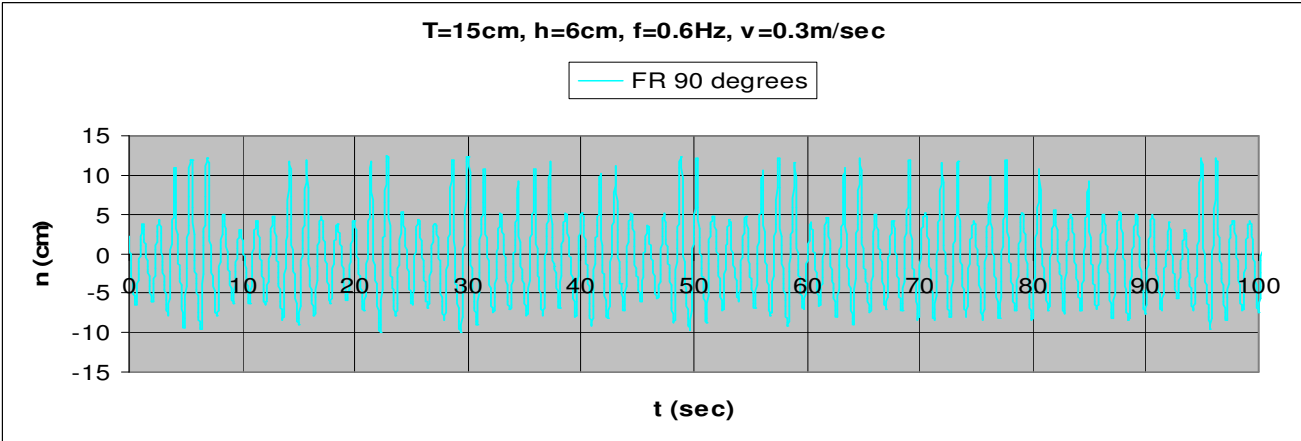
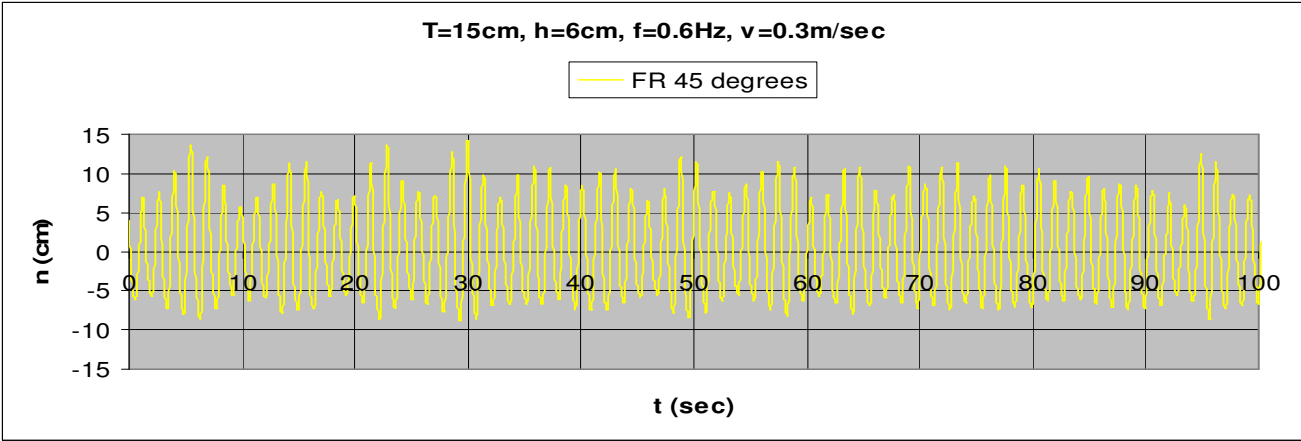
3.1.4.17 $T=15\text{cm}$, $h=6\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.6\text{Hz}$, $F_n=0.056$, $\omega=3.770\text{rad/sec}$



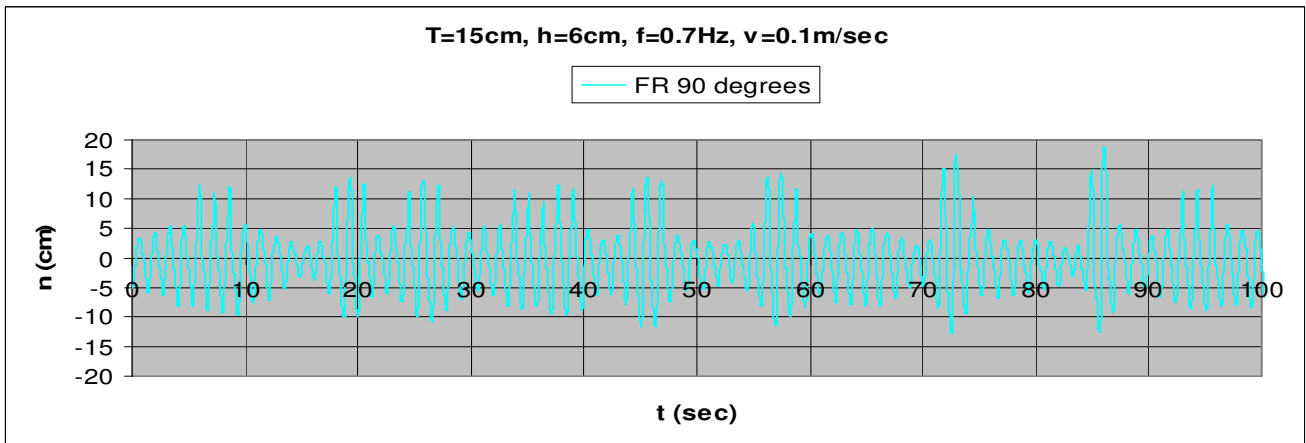
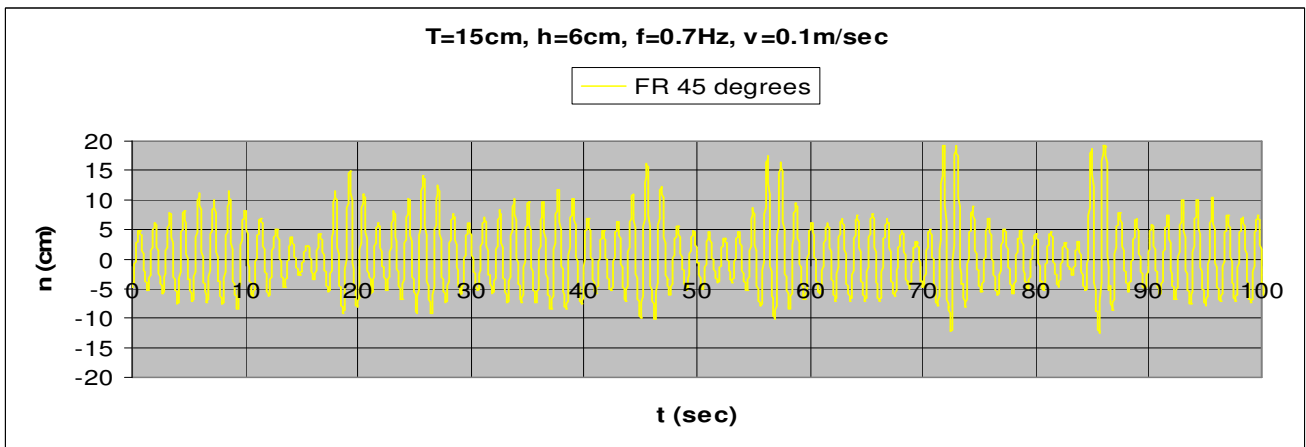
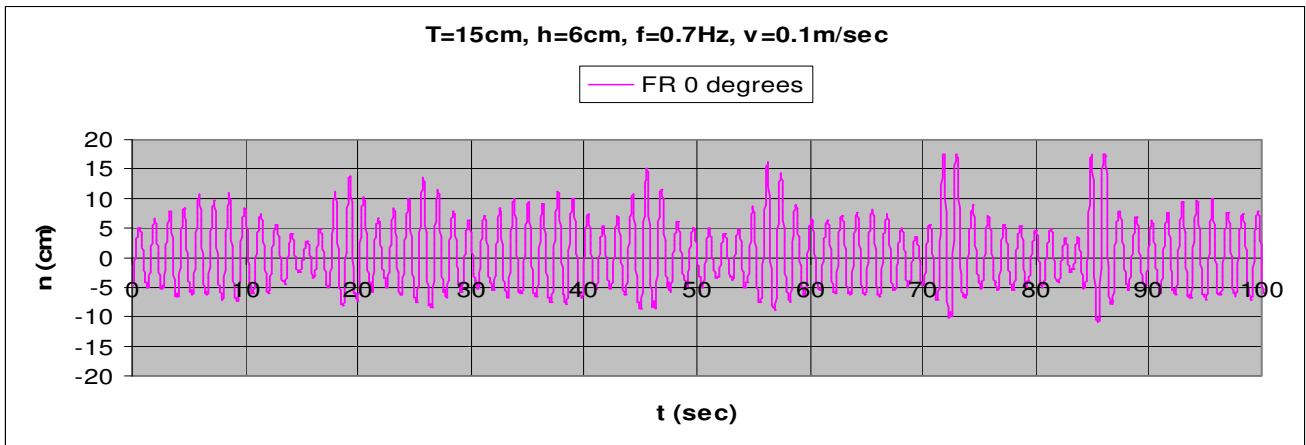
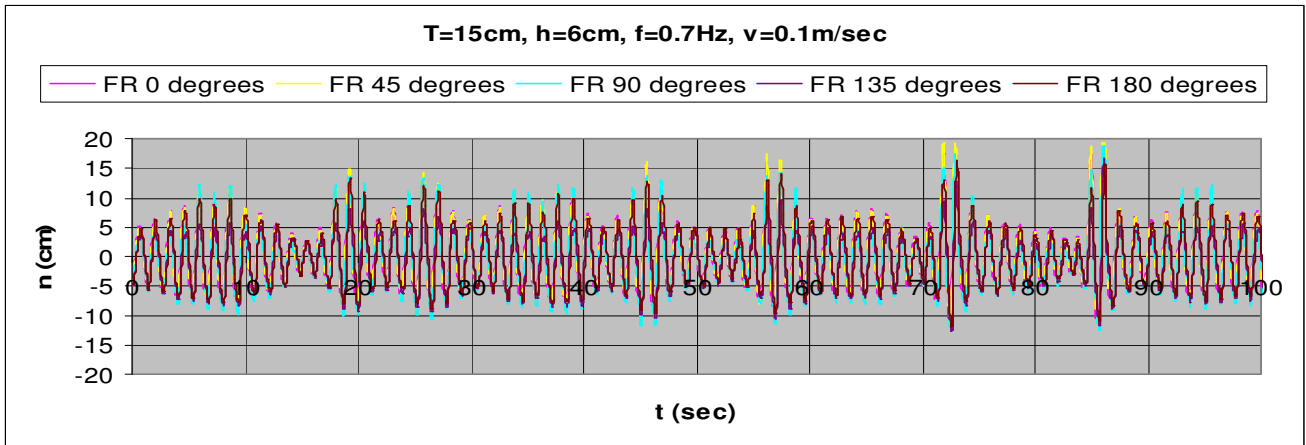


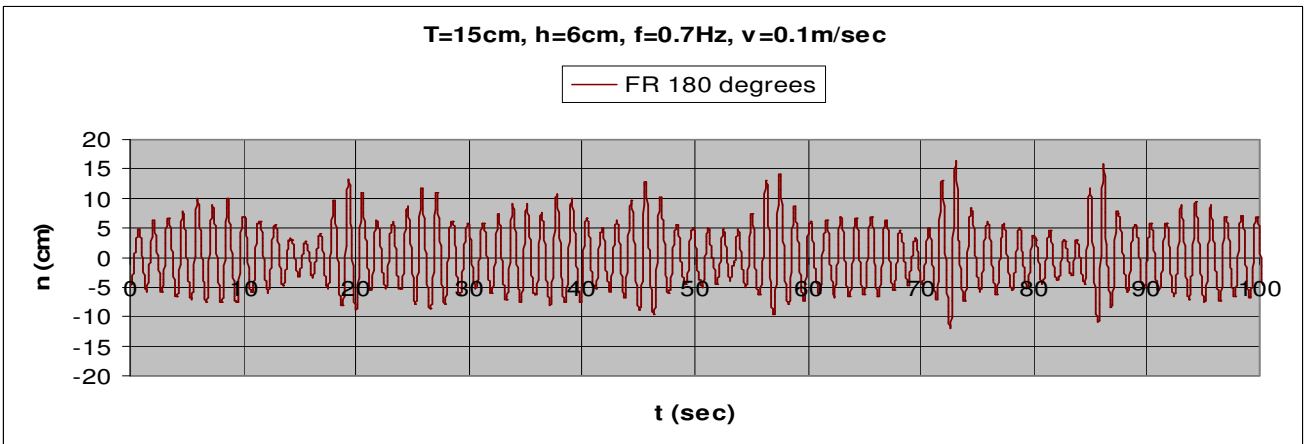
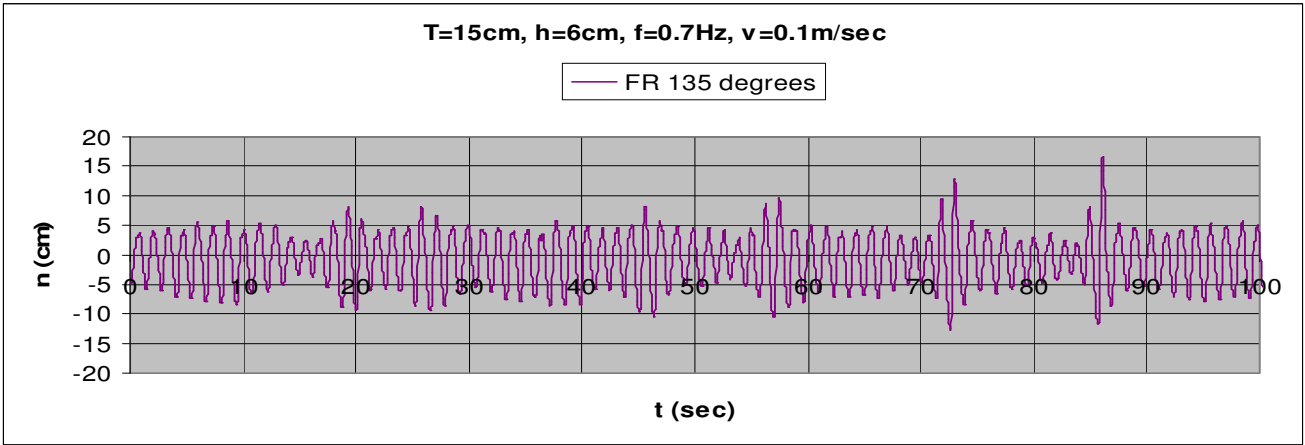
3.1.4.18 T=15cm, h=6cm, v=0.3m/s, f=0.6Hz, Fn=0.167, $\omega=3.770$ rad/sec



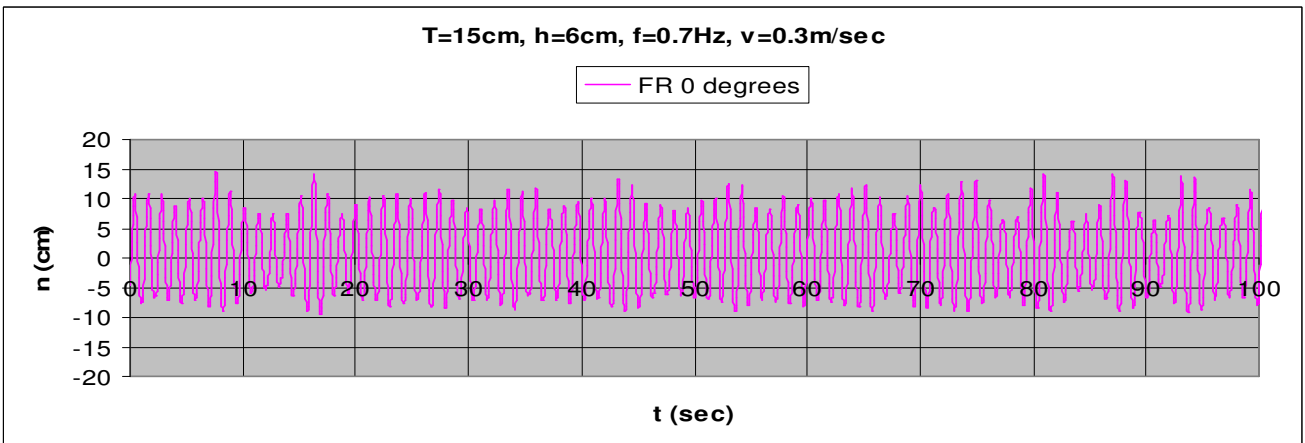
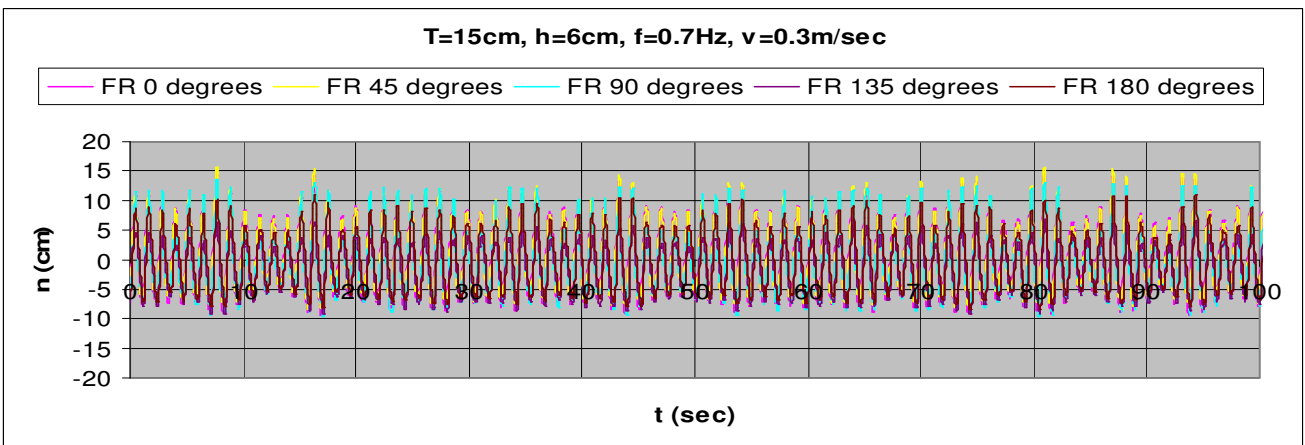


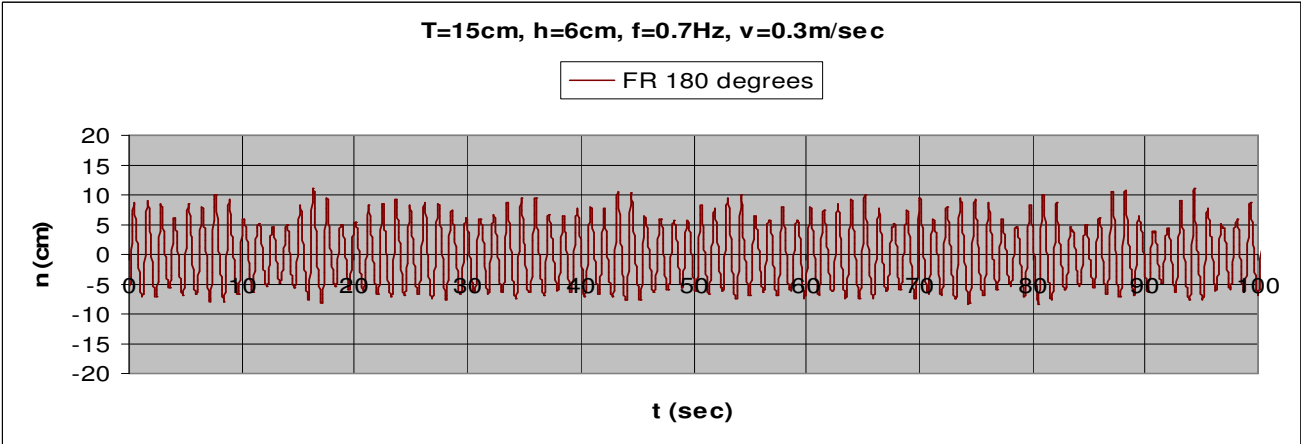
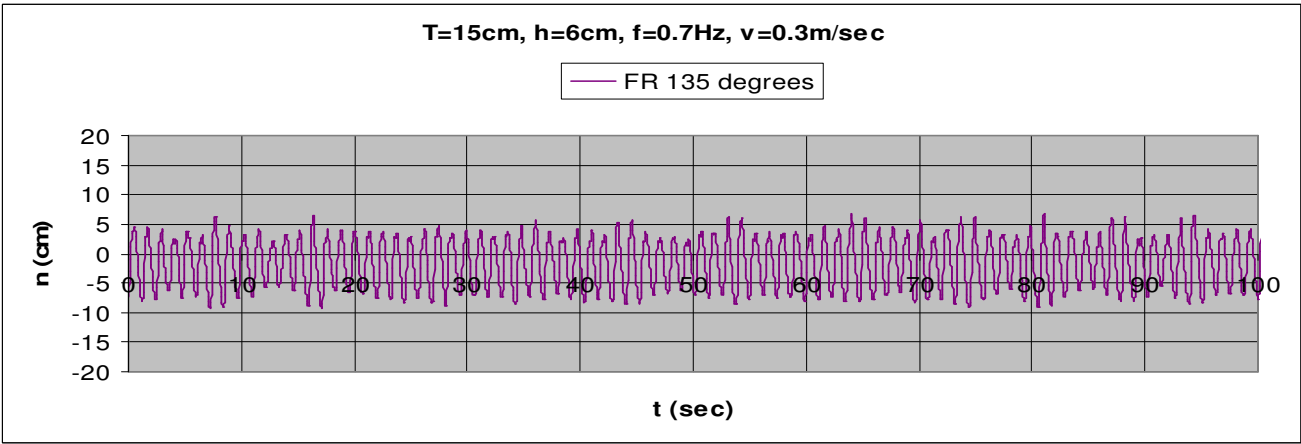
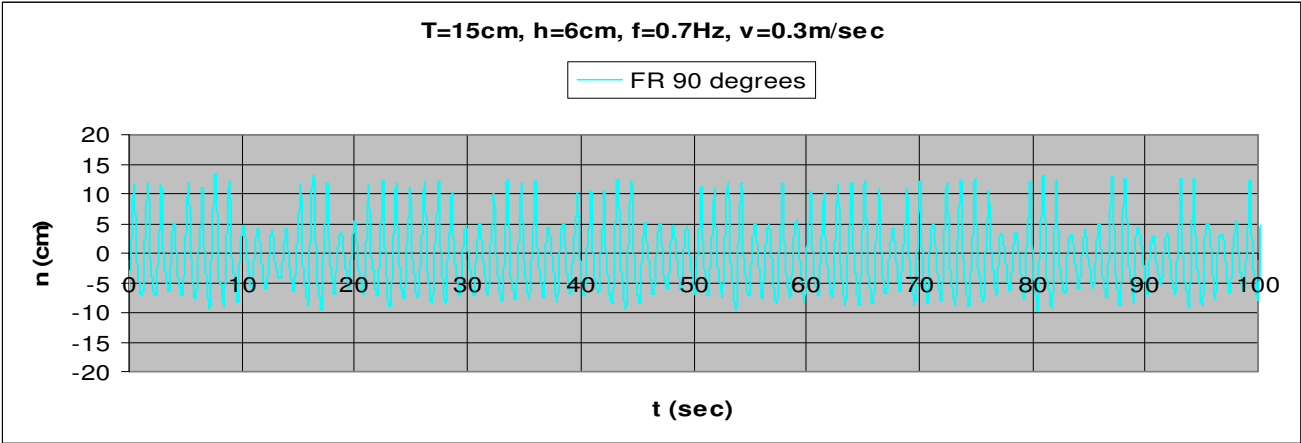
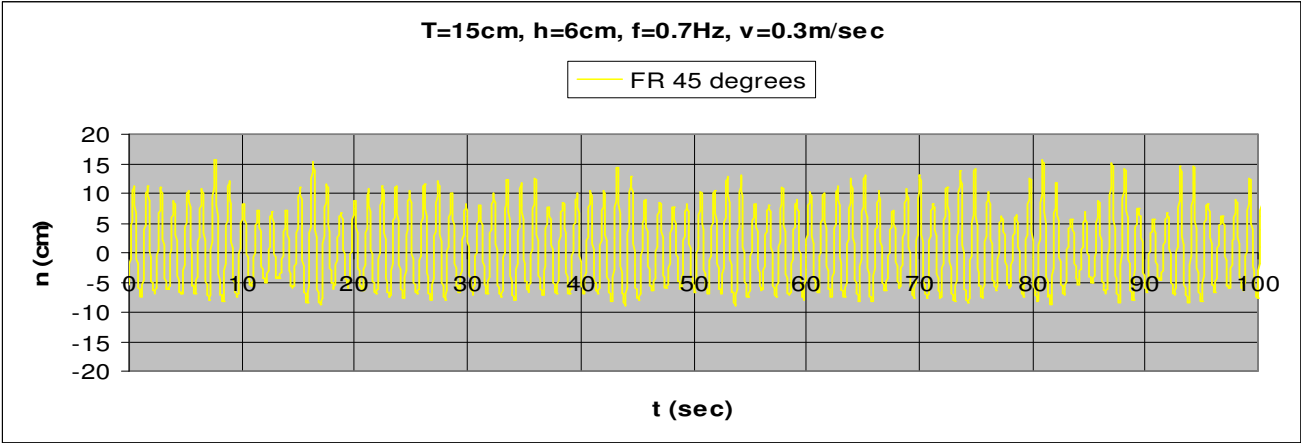
3.1.4.19 $T=15\text{cm}$, $h=6\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.7\text{Hz}$, $F_n=0.056$, $\omega=4.398\text{rad/sec}$



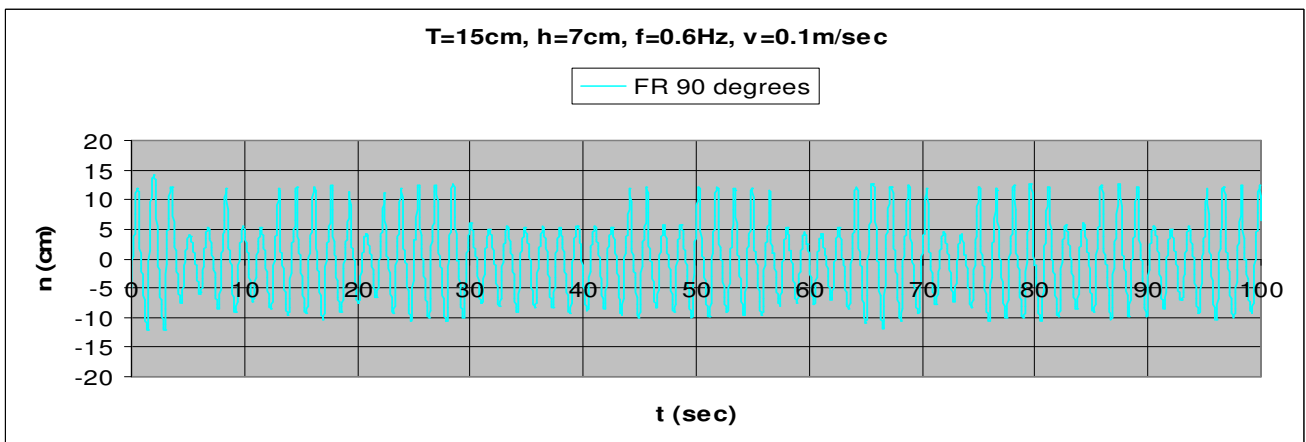
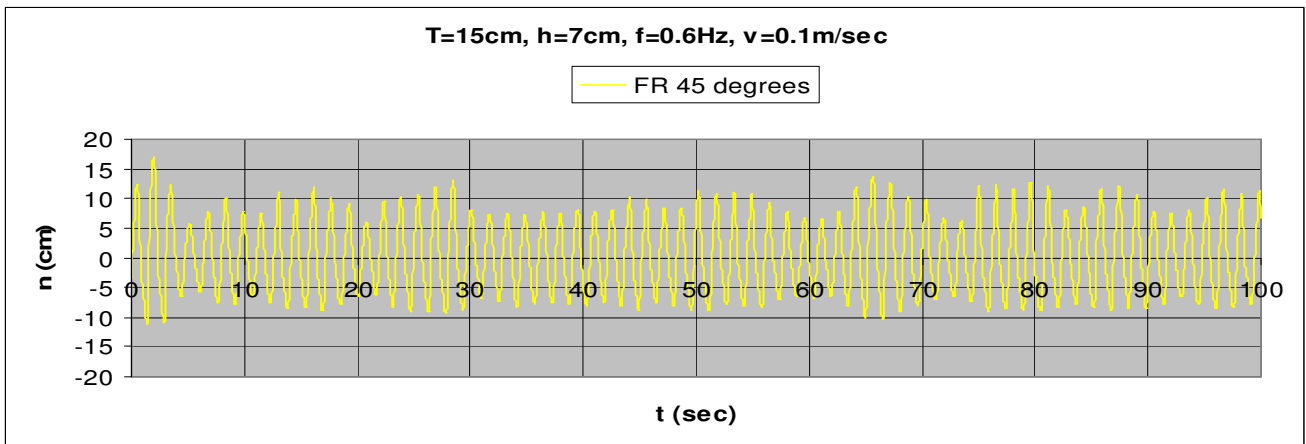
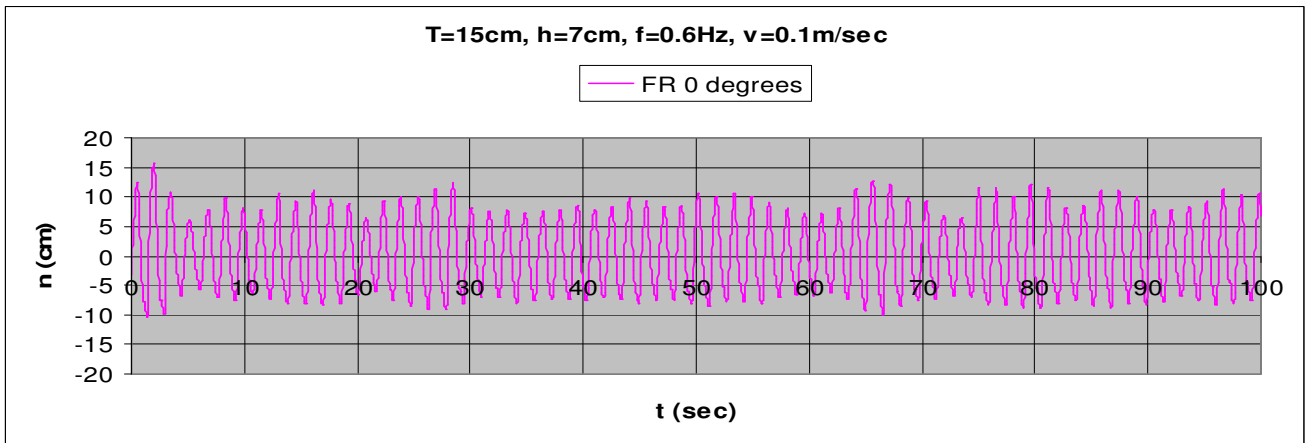
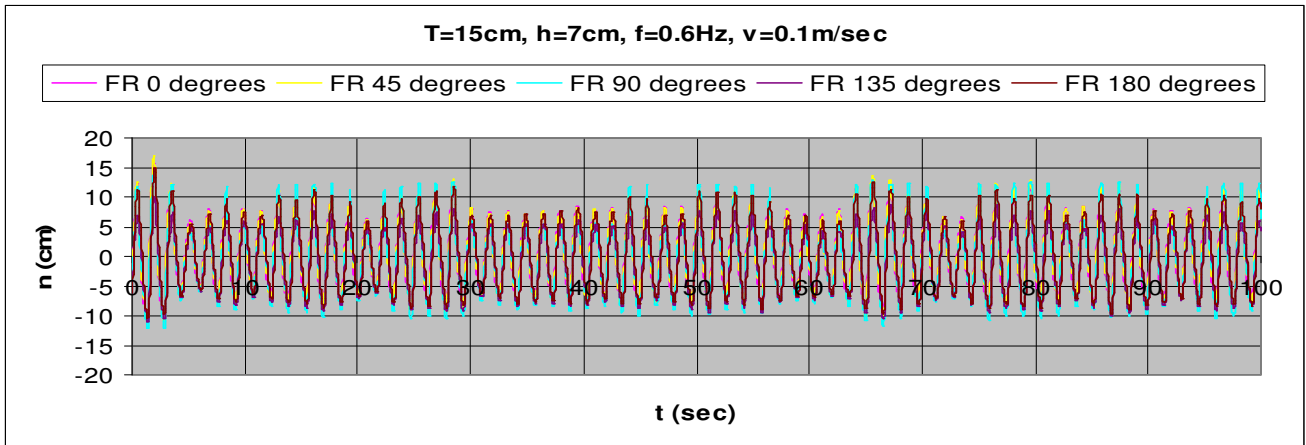


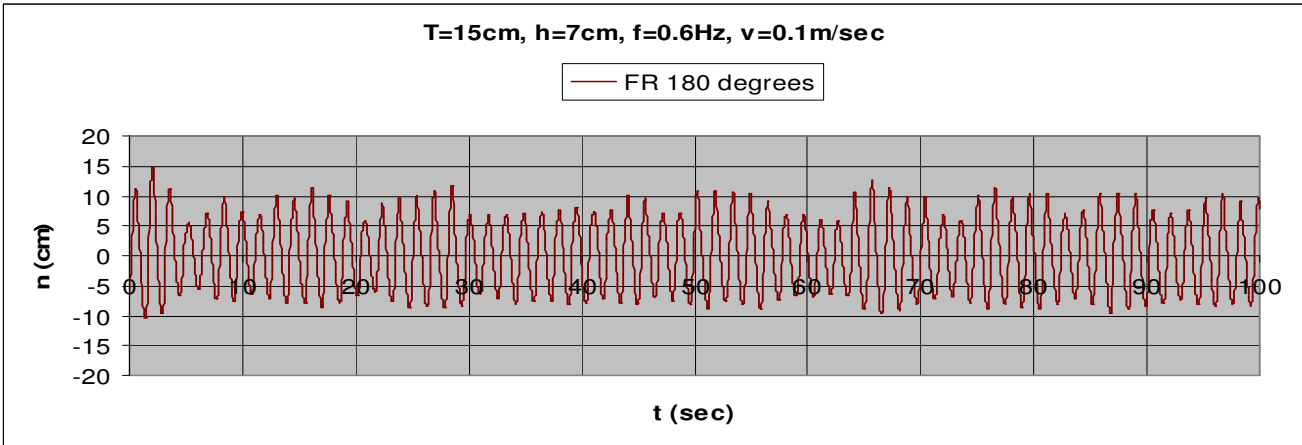
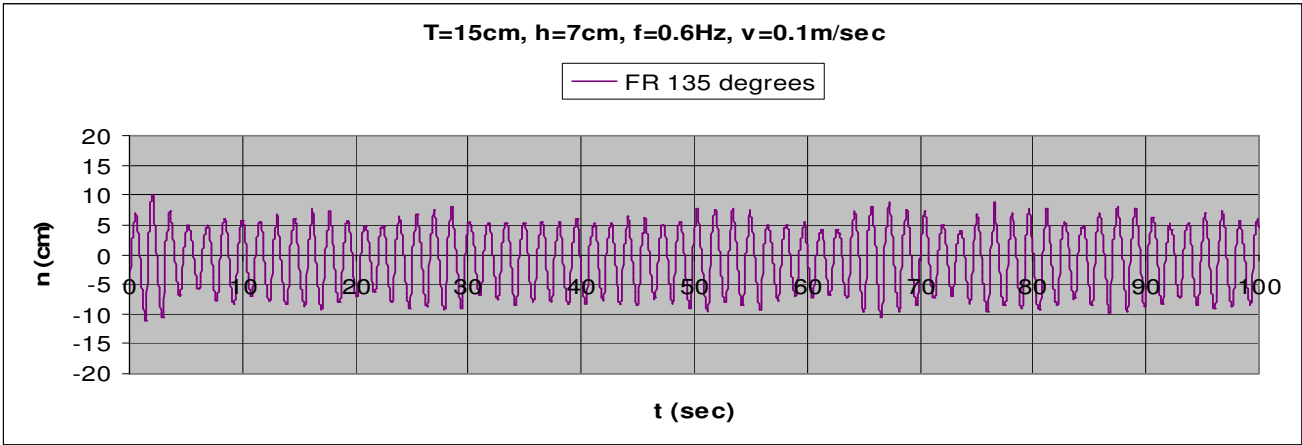
3.1.4.20 T=15cm, h=6cm, v=0.3m/s, f=0.7Hz, Fn=0.167, $\omega=4.398$ rad/sec



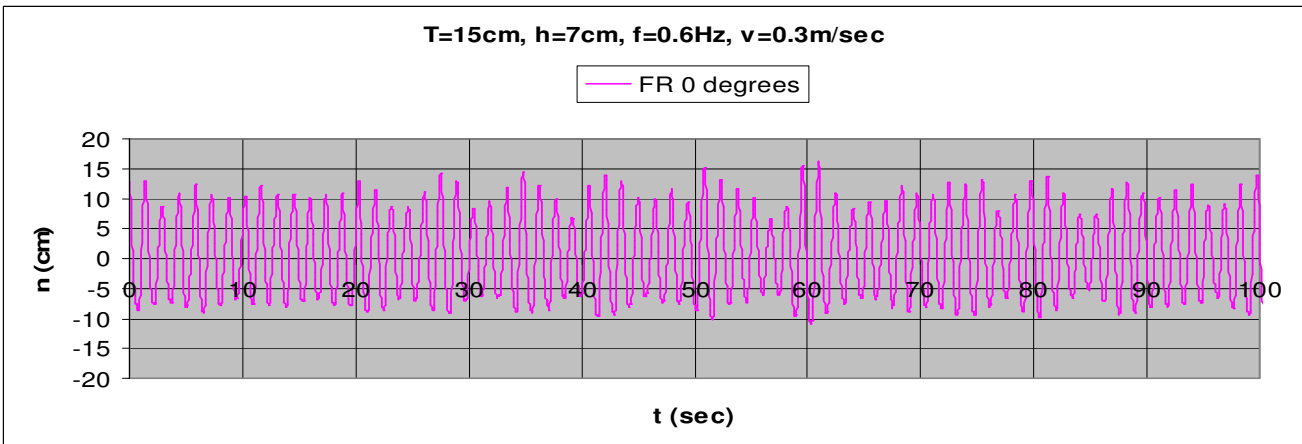
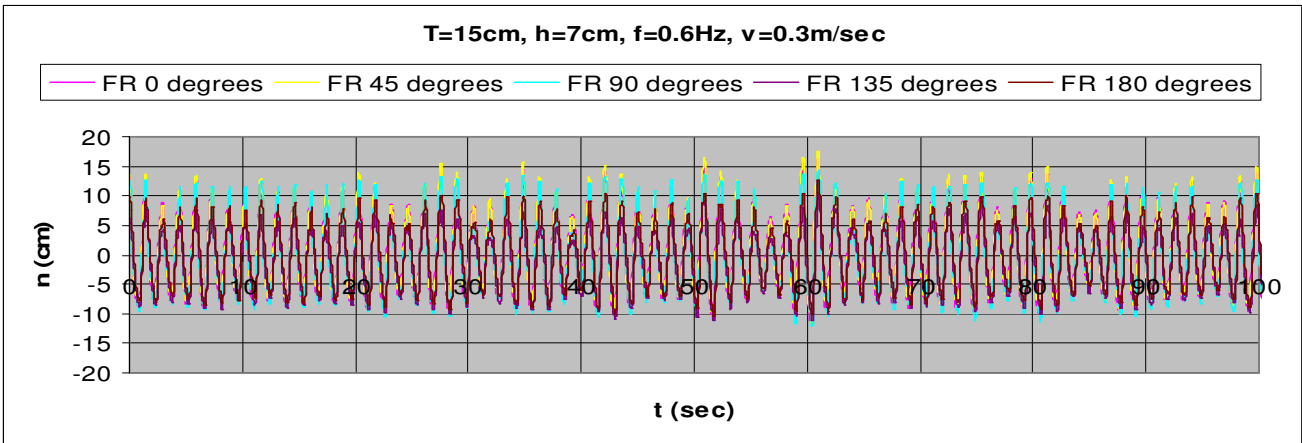


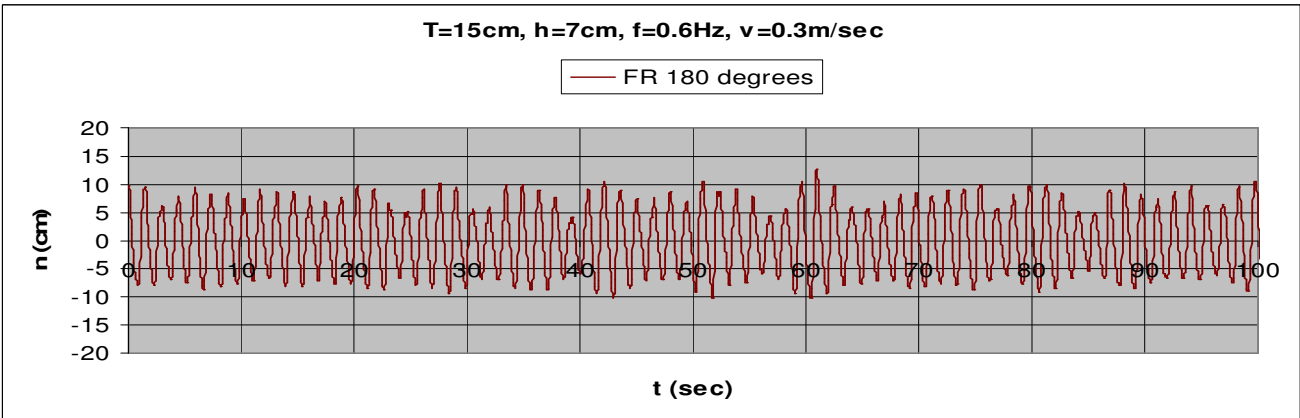
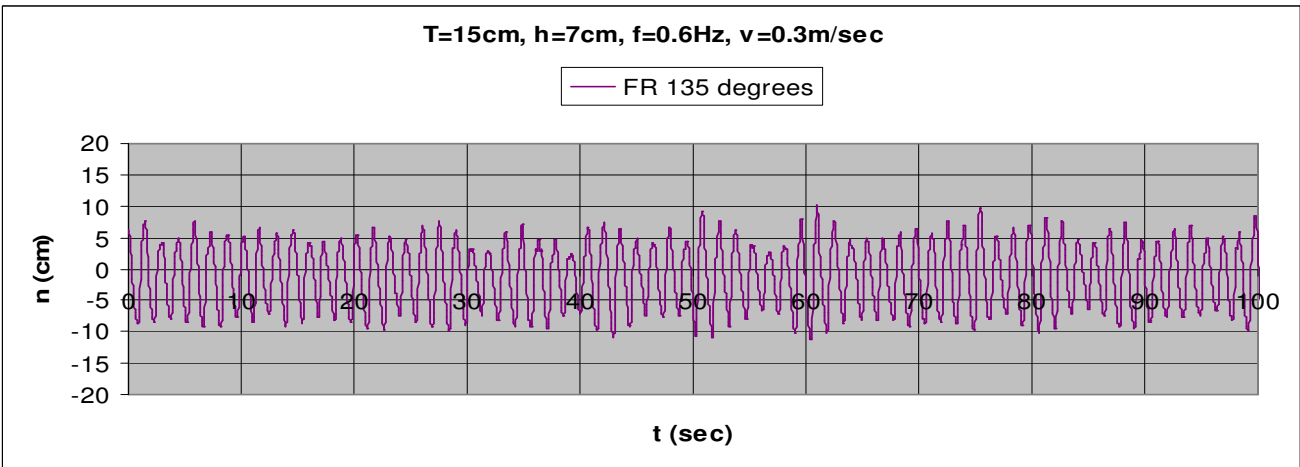
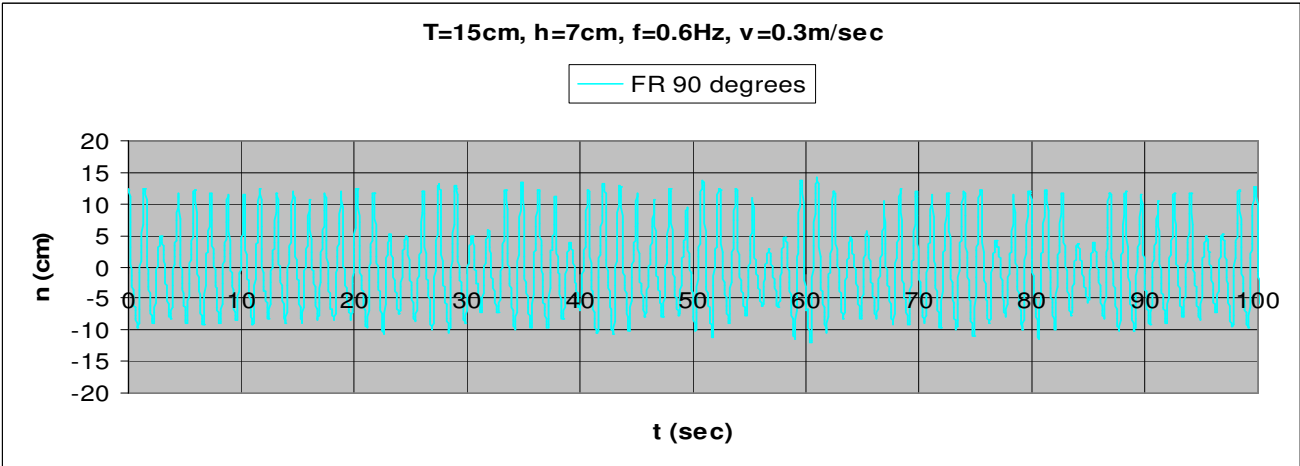
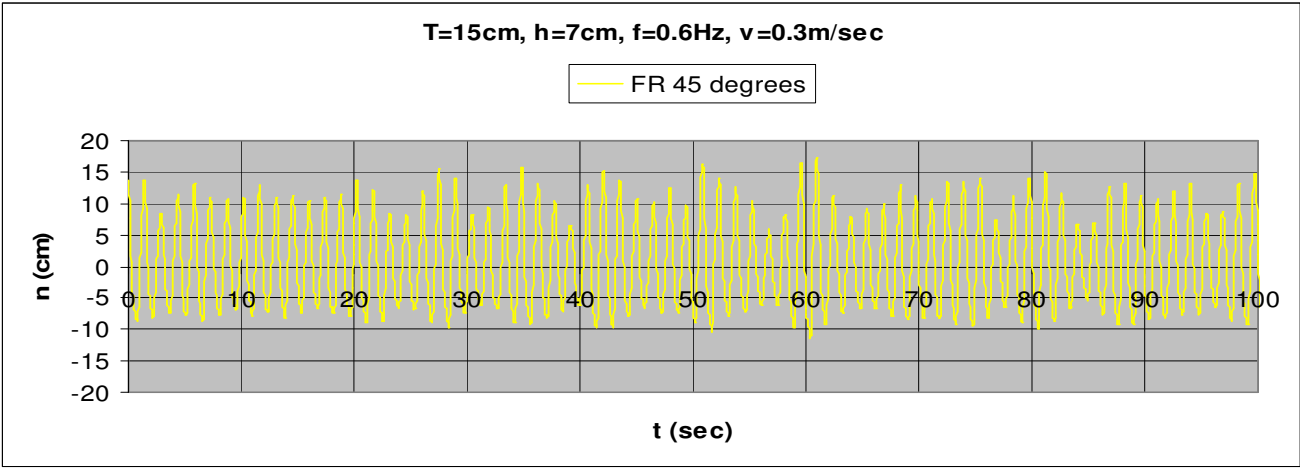
3.1.4.21 $T=15\text{cm}$, $h=6\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.8\text{Hz}$, $F_n=0.056$, $\omega=5.026\text{rad/sec}$



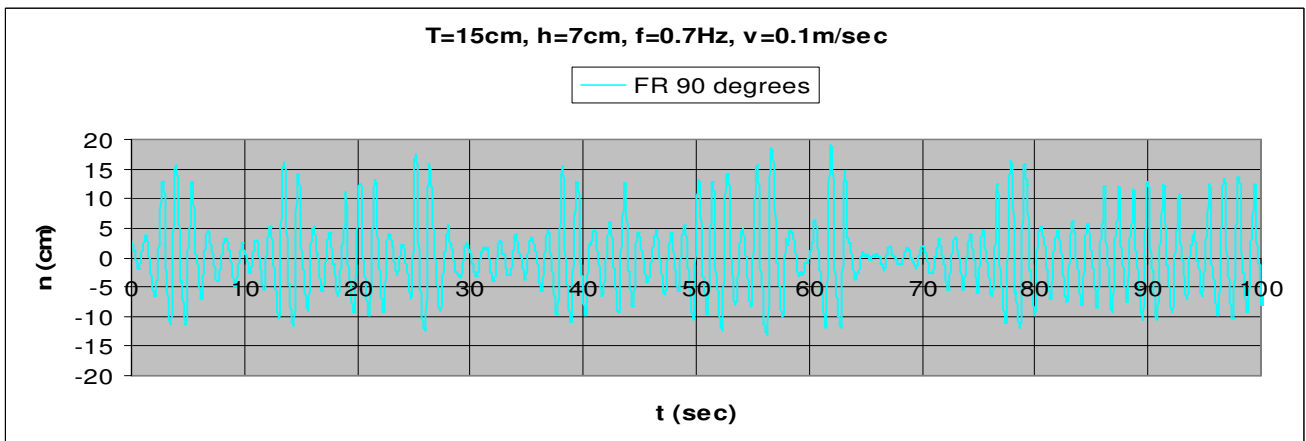
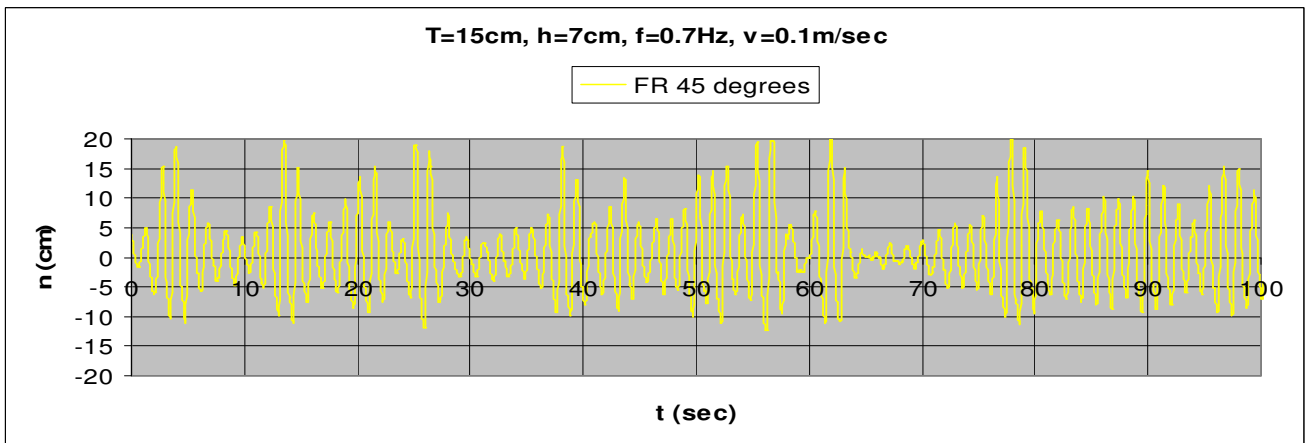
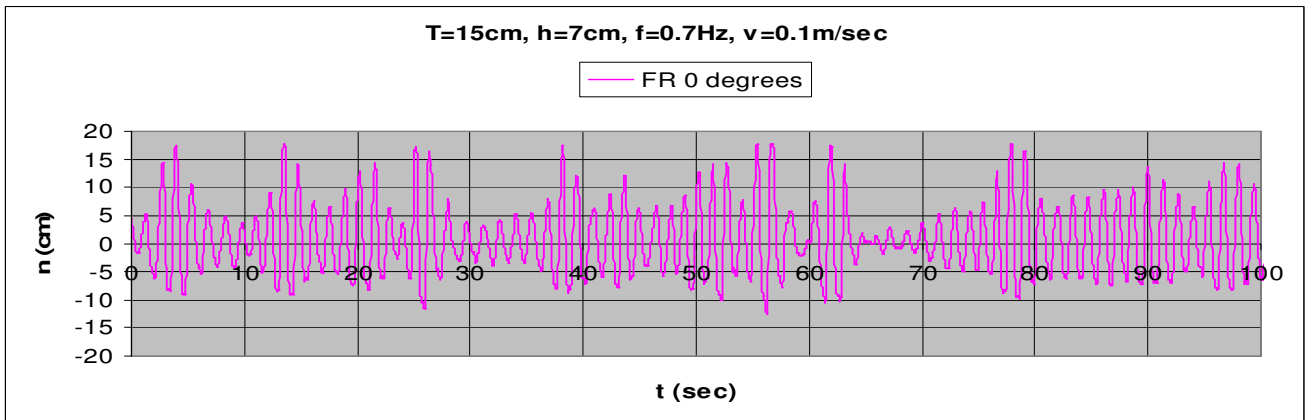
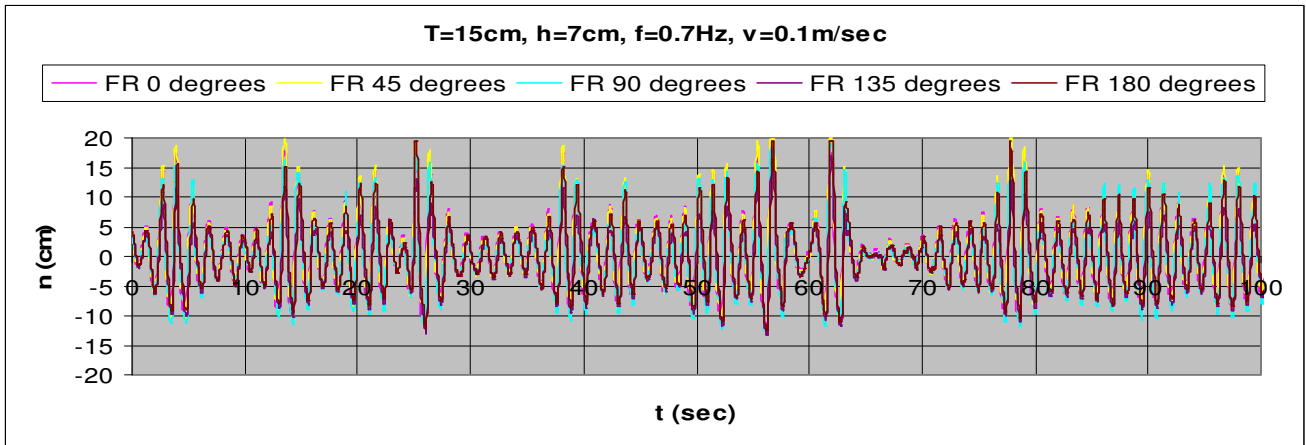


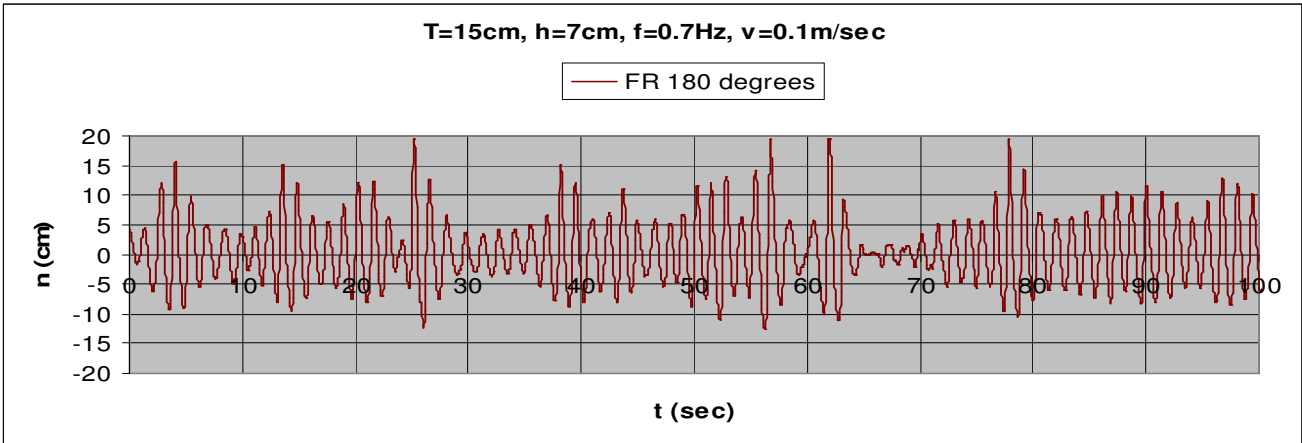
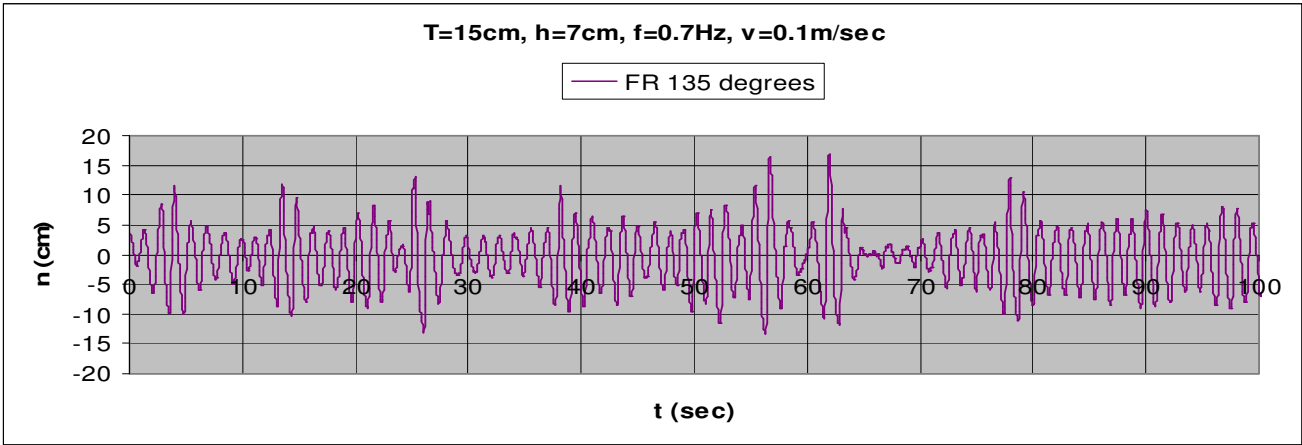
3.1.4.22 T=15cm, h=6cm, v=0.3m/s, f=0.8Hz, Fn=0.167, $\omega=5.026$ rad/sec



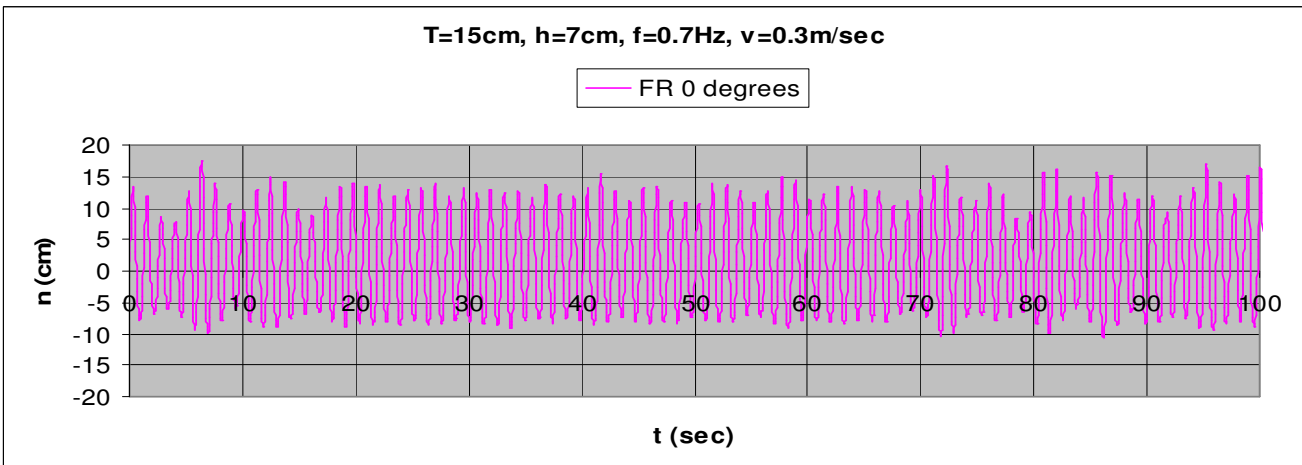
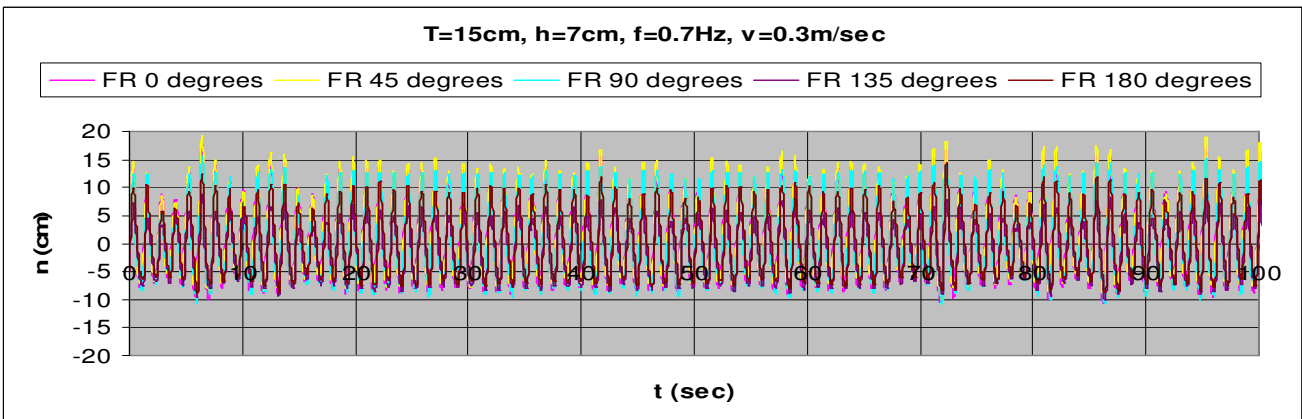


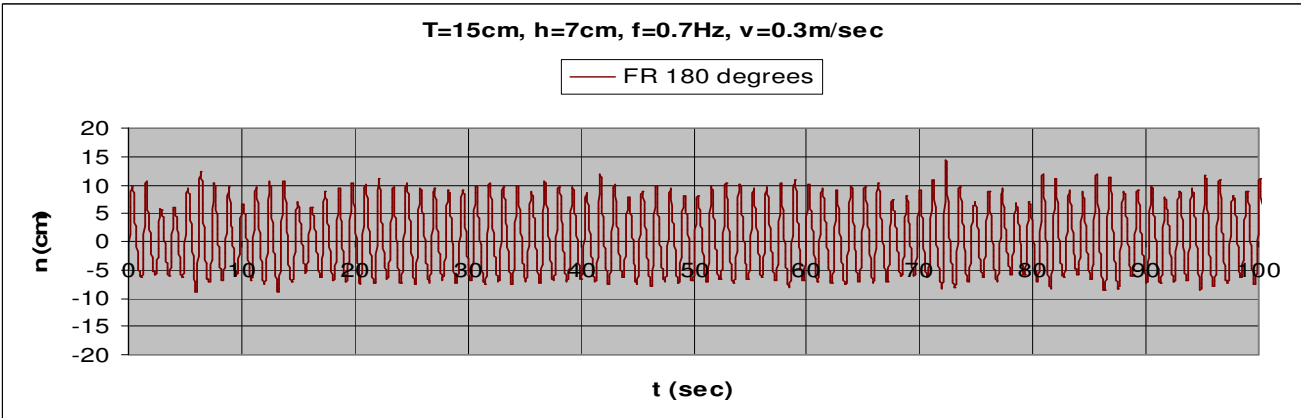
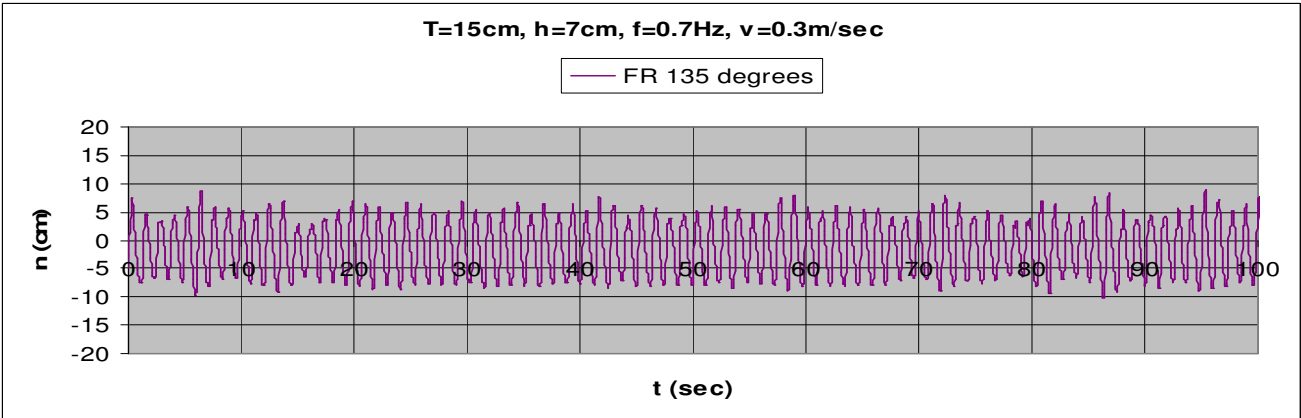
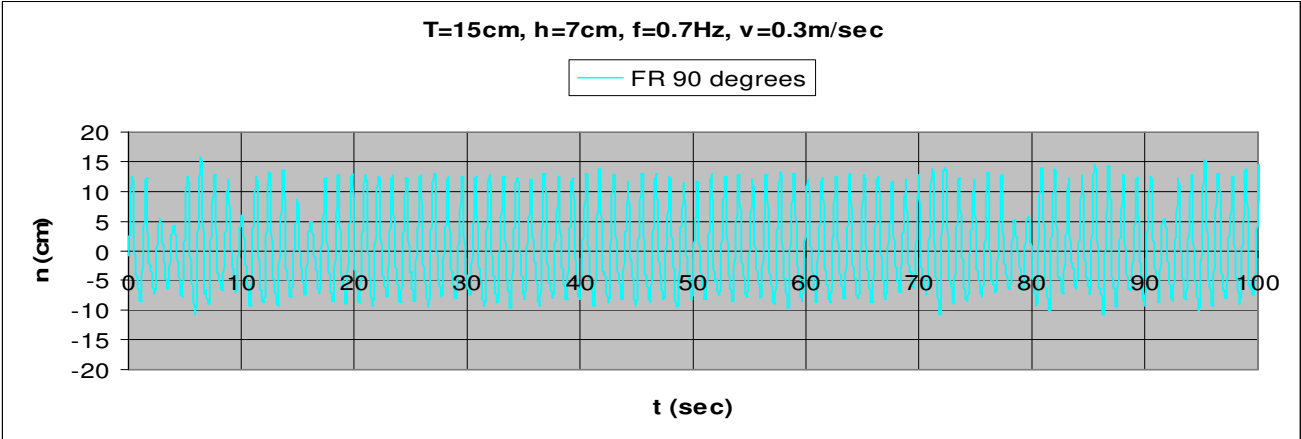
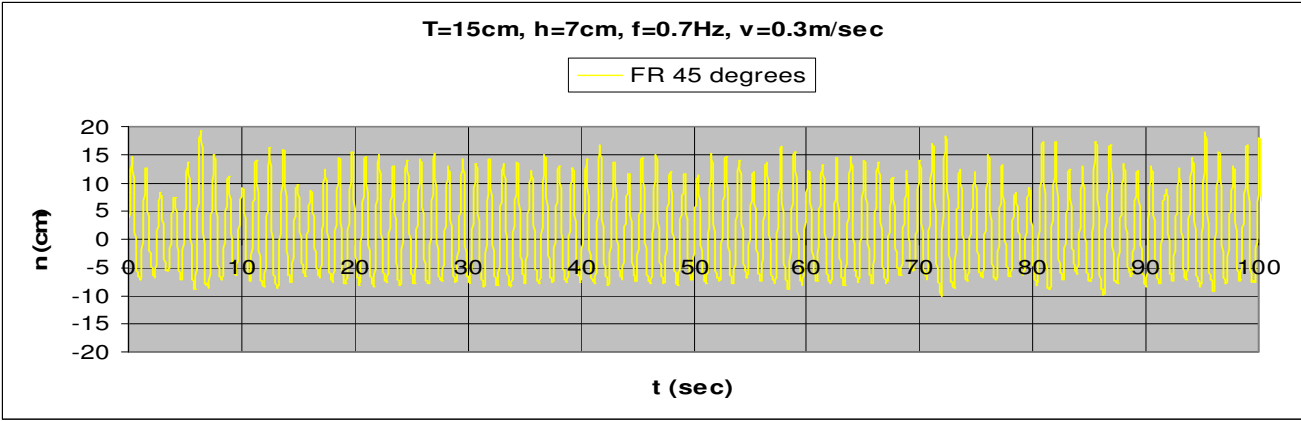
3.1.4.23 $T=15\text{cm}$, $h=7\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.7\text{Hz}$, $Fn=0.056$, $\omega=4.398\text{rad/sec}$



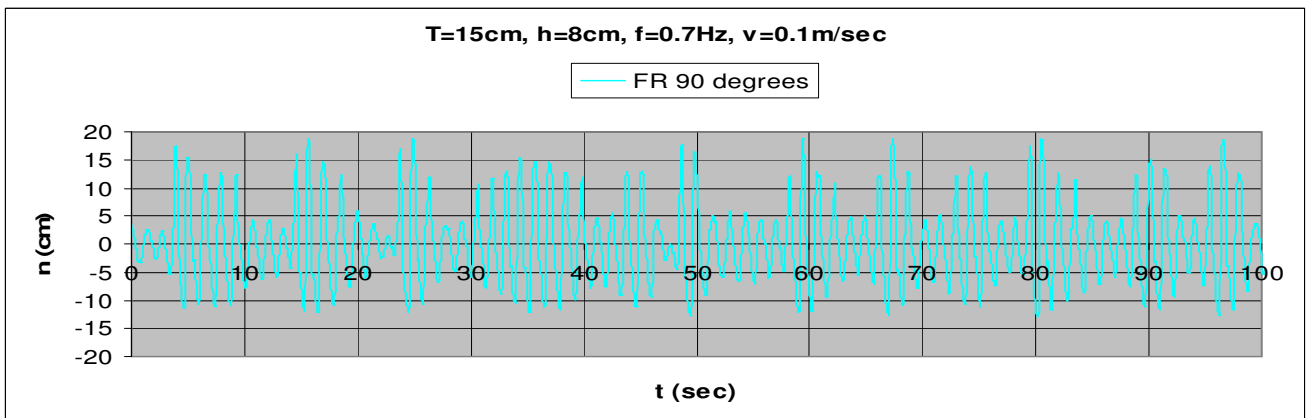
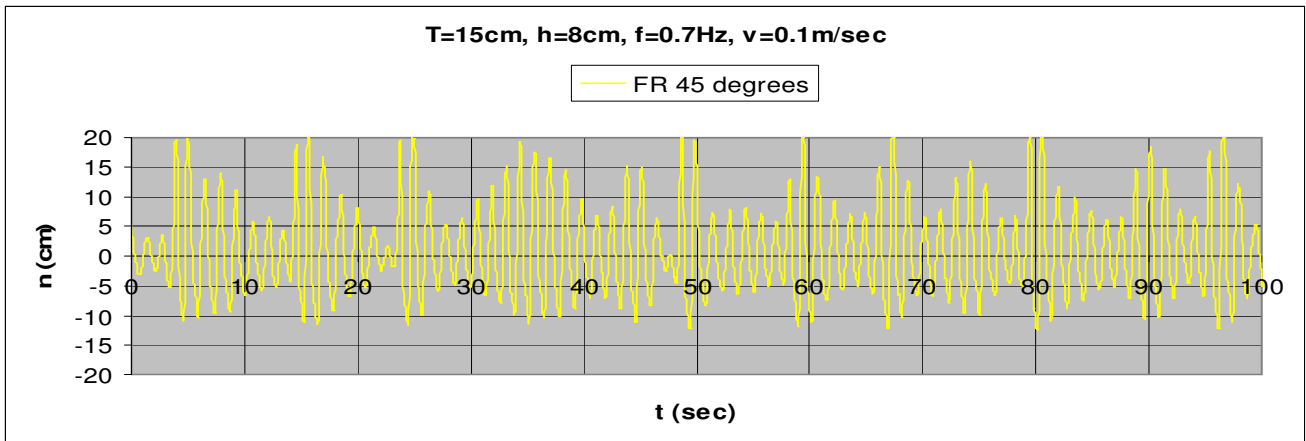
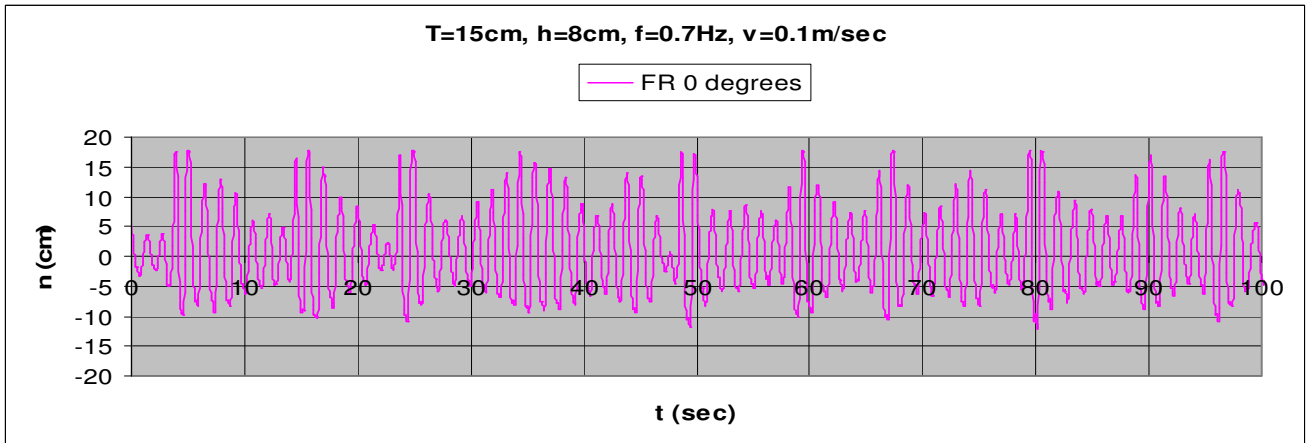
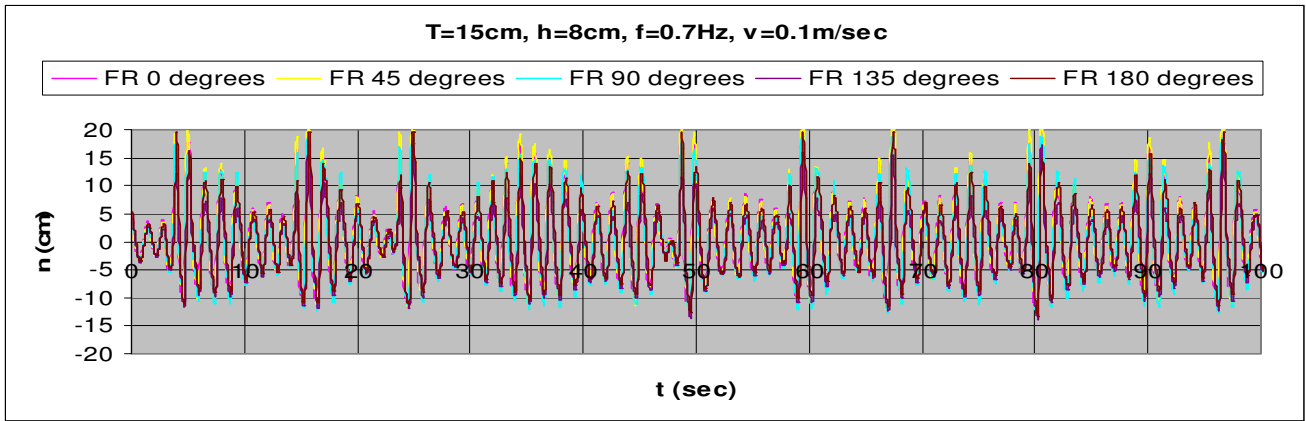


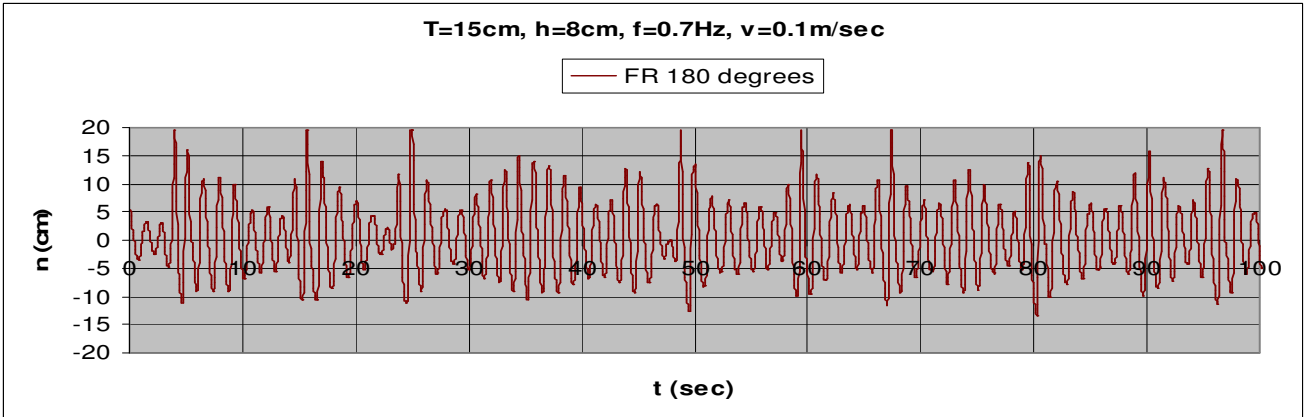
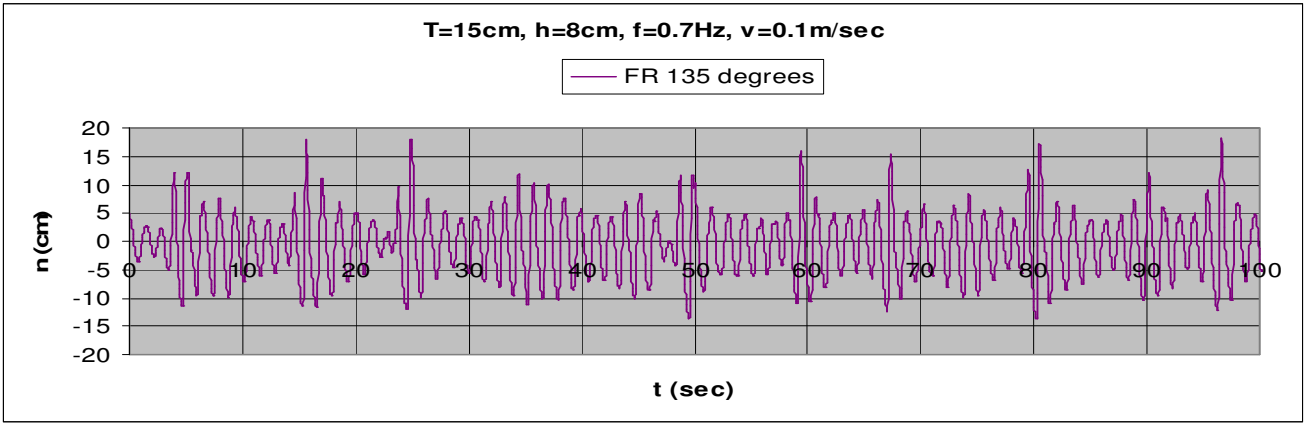
3.1.4.24 T=15cm, h=7cm, v=0.3m/s, f=0.7Hz, Fn=0167, $\omega=4.398$ rad/sec



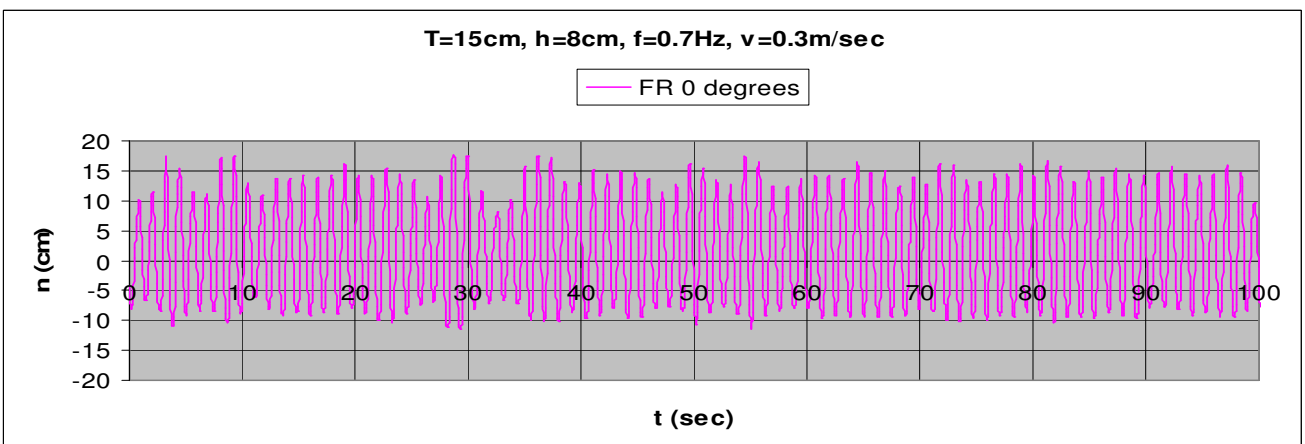
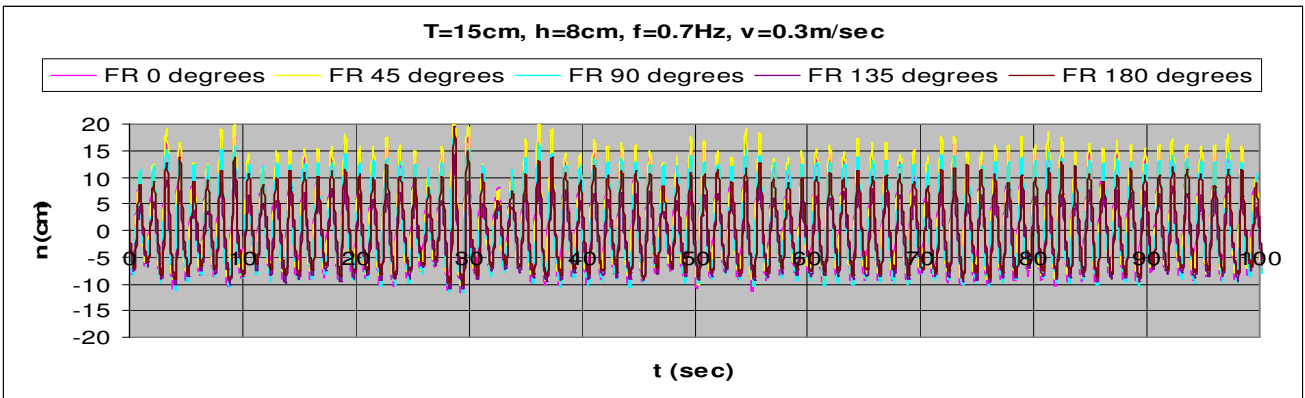


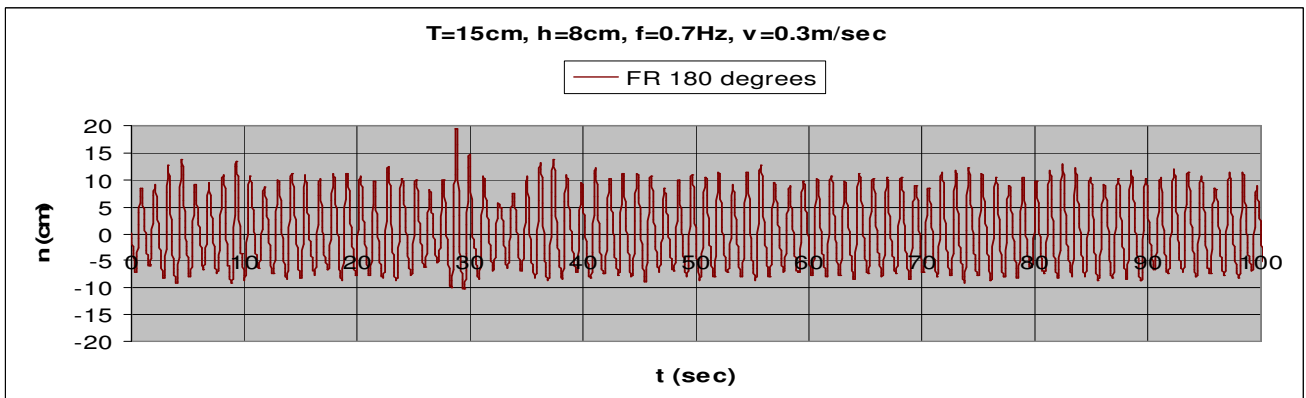
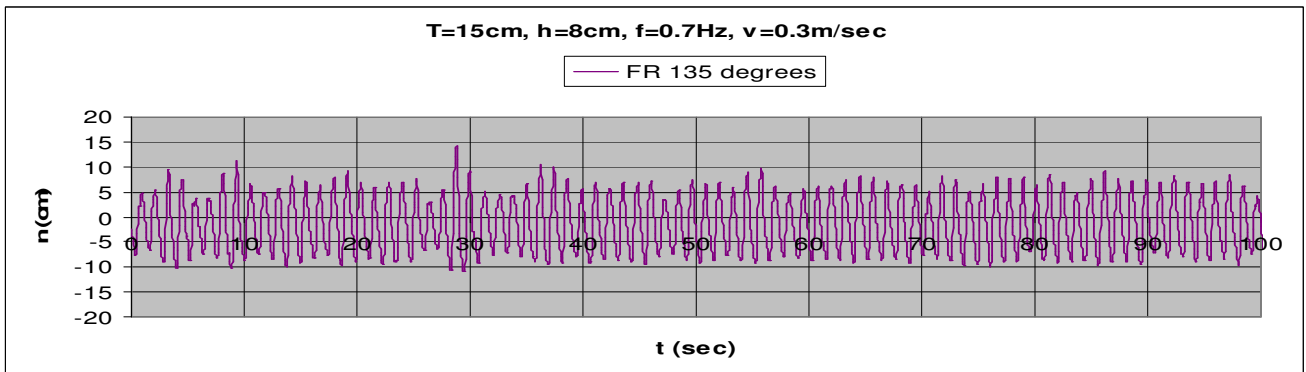
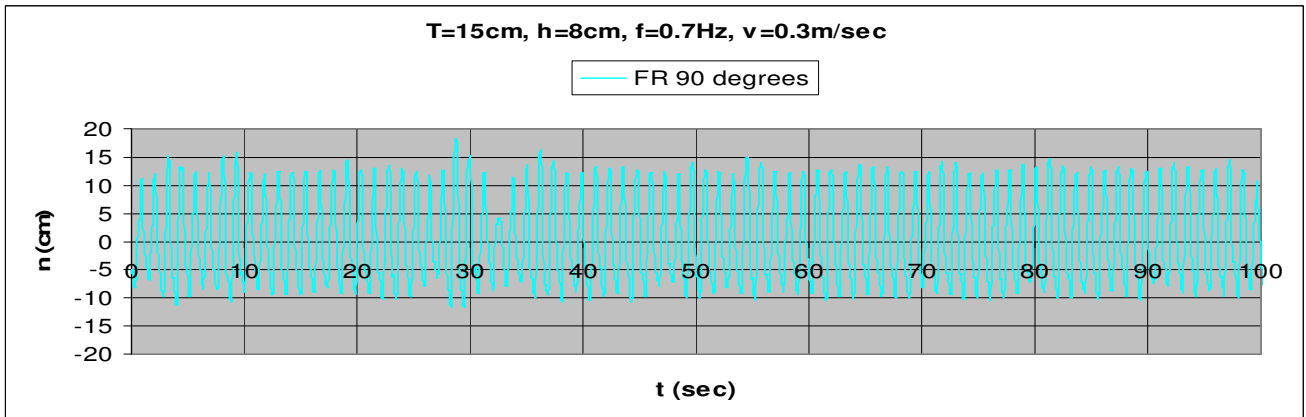
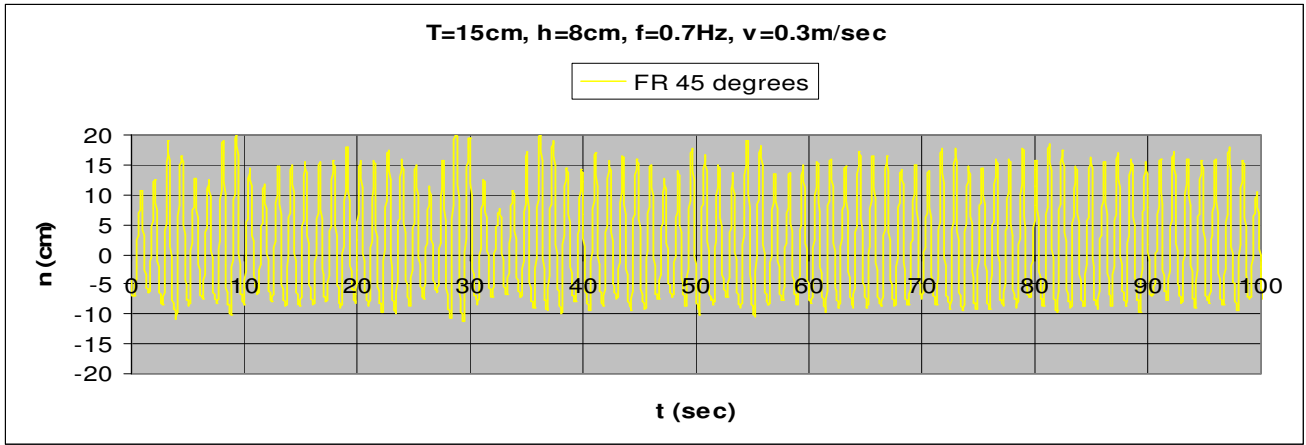
3.1.4.25 $T=15\text{cm}$, $h=8\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.7\text{Hz}$, $F_n=0.056$, $\omega=4.398\text{rad/sec}$





3.1.4.26 T=15cm, h=8cm, v=0.3m/s, f=0.7Hz, Fn=0.167, $\omega=4.398\text{rad/sec}$





3.2 Φασματική ανάλυση σημάτων

Στην ενότητα που ακολουθεί παρουσιάζονται ορισμένες αναλύσεις του σήματος που λάβαμε από τις χρονικές ιστορίες σε ορισμένους ακραίους συνδυασμούς ύψους κύματος και συχνότητας κυματισμού. Μέσω του ταχύ μετασχηματισμού Fourier (FFT: Fast Fourier Transformation) οδηγηθήκαμε σε ένα διάγραμμα φασματικής πυκνότητας ισχύος (PSD: Power Spectral Density) το οποίο είναι ενδεικτικό της δύναμης του σήματος ως συνάρτηση της συχνότητας.

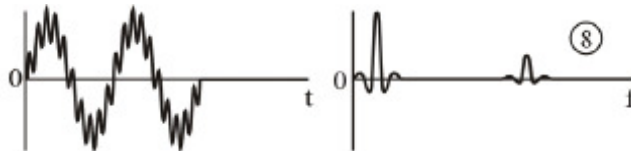
Ενδεικτικά αναφέρονται παρακάτω οι βασικές αρχές του μετασχηματισμού Fourier, σύμφωνα με τις οποίες κάθε συνάρτηση χρόνου $h(t)$ μπορεί να μετασχηματισθεί σε συνάρτηση συχνότητας $H(f)$ και αντιστρόφως. Οι μετασχηματισμοί πραγματοποιούνται με βάση τις ακόλουθες εξισώσεις.

$$H(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(t) \cdot [\cos(2\pi ft)] dt$$

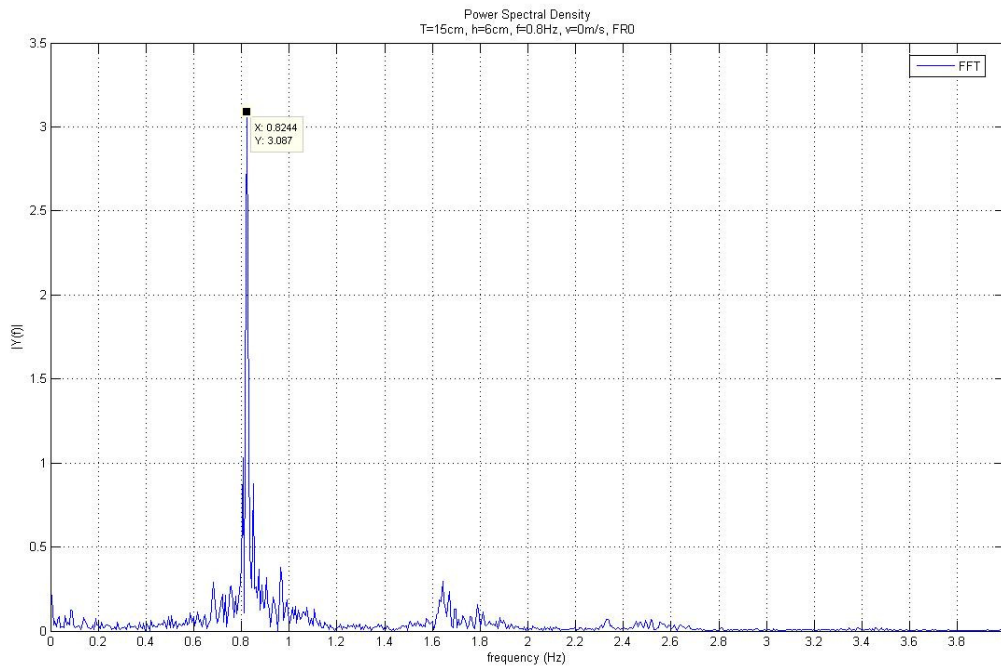
$$h(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} H(f) \cdot [\cos(2\pi ft) + j \sin(2\pi ft)] df$$

Το φάσμα πυκνότητας, ή απλά φάσμα ισχύος, είναι η γραφική παράσταση της πυκνότητας ισχύος ως προς τη συχνότητα και αποδίδει τη διασπορά της ενέργειας ενός σήματος σε διάφορες συχνότητες. Εξαιτίας του γεγονότος ότι η ισχύς είναι ανάλογη του τετραγώνου του πλάτους του σήματος, τα φάσματα ισχύος δεν περιέχουν αρνητικές κορυφές και στην ουσία αποτελούν τη γραφική παράσταση $[H(f)]^2 - f$. Από το φάσμα συχνοτήτων κάθε σήματος εντοπίζονται η περιοχή ή οι περιοχές συχνοτήτων που φέρουν το μεγαλύτερο ποσοστό πληροφοριών.

- Η διεύρυνση των φασματικών γραμμών και η εμφάνιση δορυφορικών λοβών εναλλασσόμενου προσήμου, είναι χαρακτηριστική στα φάσματα ημιτονικών σημάτων πεπερασμένης διάρκειας



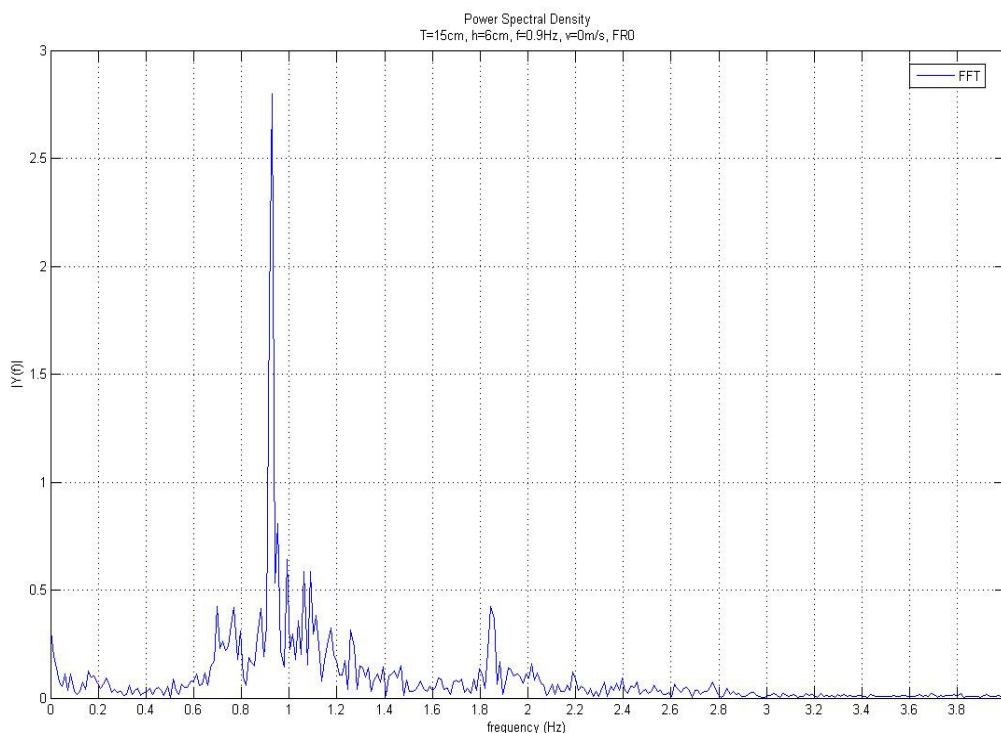
3.2.1 $T=15\text{cm}$, $h=6\text{cm}$, $v=0\text{m/s}$, $f=0.8\text{Hz}$, $F_n=0$, $\omega=5.026\text{rad/sec}$



Στη συγκεκριμένη μέτρηση, μετά τον μετασχηματισμό Fourier (FFT), παρατηρούμε πως έχει εντοπιστεί η συχνότητα κυματισμού, αφού το μεγαλύτερο ποσοστό πληροφοριών είναι συγκεντρωμένο στην περιοχή των 0.8Hz.

Επίσης παρατηρούμε μια συγκέντρωση περίπου στην περιοχή των $2f=1.6\text{Hz}$ καθώς και μία μικρή διέγερση στην περιοχή των $3f=2.4\text{Hz}$ περίπου, γεγονός που οφείλεται στα δευτεροτάξια $\cos(2\omega t)$ και ανώτερης τάξης $\cos(n\omega t)$ φαινόμενα. Ακόμη, παρατηρούμε διάφορες διεγέρσεις σε συχνότητες μικρότερες των 0.8Hz και των 0.8Hz και 1.8Hz. Αυτές ενδέχεται να οφείλονται είτε στην αριθμητική προσέγγιση της μεθόδου καθώς και σε θόρυβο που εμφανίστηκε κατά τη διάρκεια του πειράματος, όπως πιθανή ταλάντωση του προτύπου.

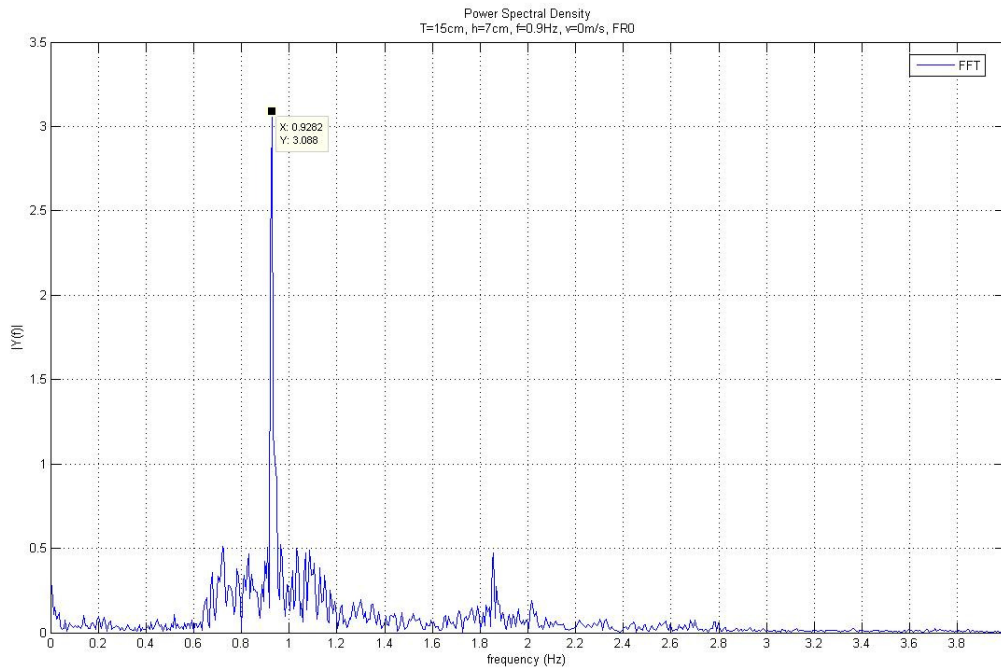
3.2.2 $T=15\text{cm}$, $h=6\text{cm}$, $v=0\text{m/s}$, $f=0.9\text{Hz}$, $F_n=0$, $\omega=5.655\text{rad/sec}$



Στη συγκεκριμένη μέτρηση, μετά τον μετασχηματισμό Fourier (FFT), παρατηρούμε πως έχει εντοπιστεί η συχνότητα του κυματισμού, αφού το μεγαλύτερο ποσοστό πληροφοριών είναι συγκεντρωμένο στην περιοχή των 0.9Hz.

Επίσης παρατηρούμε μια συγκέντρωση περίπου στην περιοχή των $2f=1.8\text{Hz}$, γεγονός που οφείλεται στα δευτεροτάξια φαινόμενα. Ακόμη, παρατηρούμε ορισμένα έντονα peaks σε συχνότητες μικρότερες των 0.9Hz και ορισμένα μεταξύ των 0.9Hz και 1.8Hz τα οποία ενδέχεται να οφείλονται σε διάφορους παράγοντες, όπως τα αριθμητικά σφάλματα, σε πειραματικό θόρυβο κτλ.

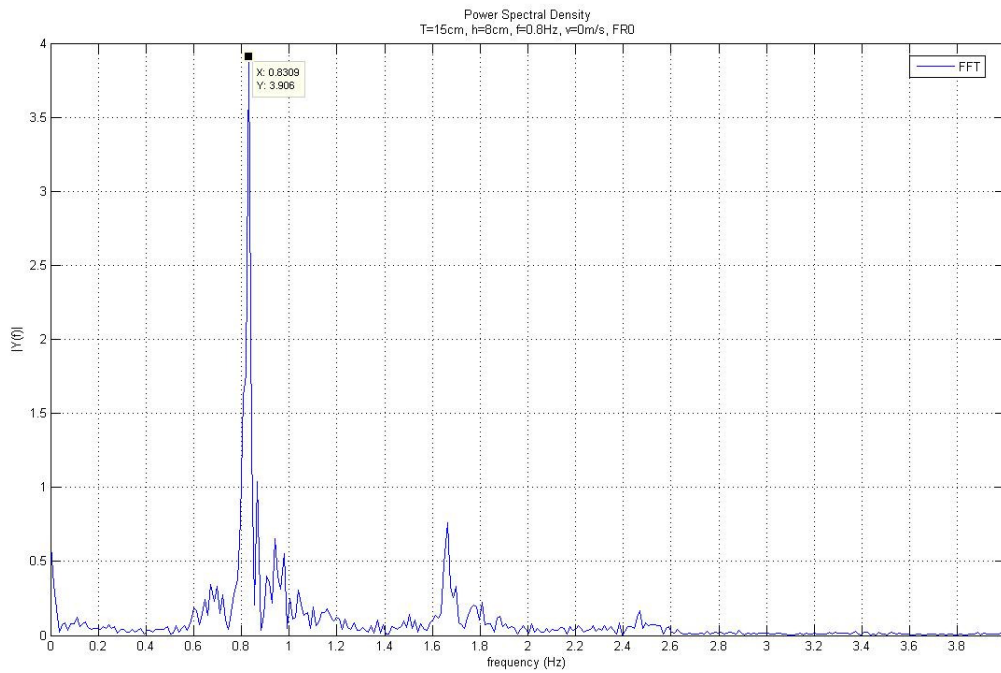
3.2.3 $T=15\text{cm}$, $h=7\text{cm}$, $v=0\text{m/s}$, $f=0.9\text{Hz}$, $F_n=0$, $\omega=5.655\text{rad/sec}$



Στη συγκεκριμένη μέτρηση, μετά τον μετασχηματισμό Fourier (FFT), παρατηρούμε πως έχει εντοπιστεί η συχνότητα του κυματισμού.

Παρόλα αυτά παρατηρούμε και άλλο ένα εύρος συχνοτήτων από 0.7Hz έως 1.2Hz περίπου καθώς και άλλο ένα peak στα $2f=1.8\text{Hz}$. Αυτό φανερώνει πως ο επιβαλλόμενος κυματισμός των 0.9Hz προκαλεί φαινόμενα τα οποία διεγείρονται σε συχνότητα διπλάσια της επιβαλλόμενης.

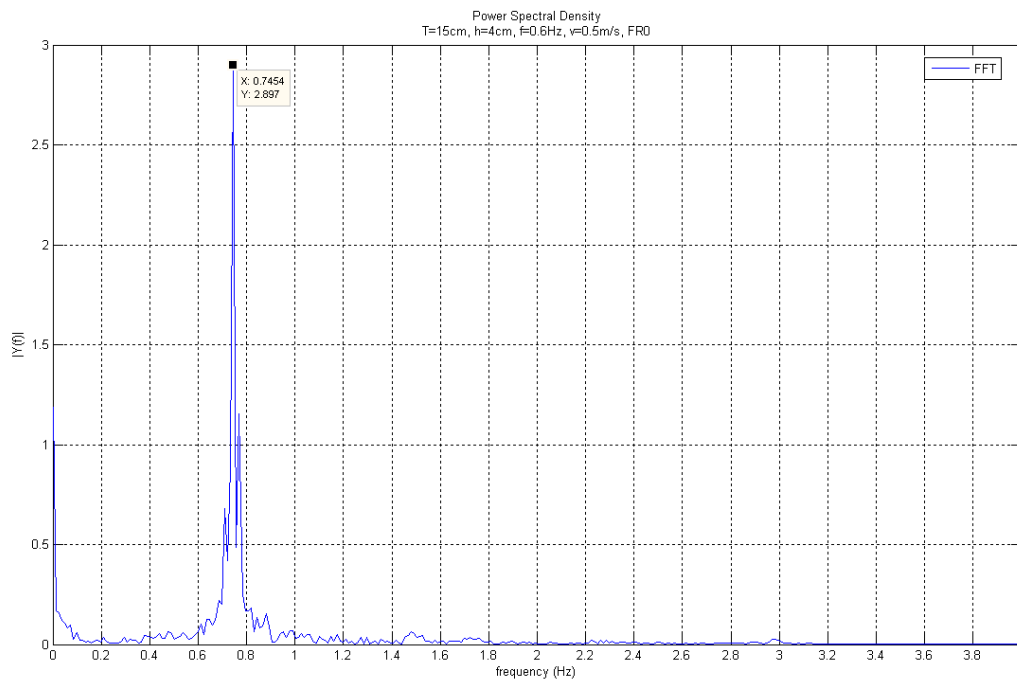
3.2.4 $T=15\text{cm}$, $h=8\text{cm}$, $v=0\text{m/s}$, $f=0.8\text{Hz}$, $F_n=0$, $\omega=5.026\text{rad/sec}$



Στη συγκεκριμένη μέτρηση, μετά τον μετασχηματισμό Fourier (FFT) των μετρήσεων ανύψωσης ελεύθερης επιφάνειας παρατηρούμε πως έχει εντοπιστεί η επιβαλλόμενη συχνότητα κυματισμού.

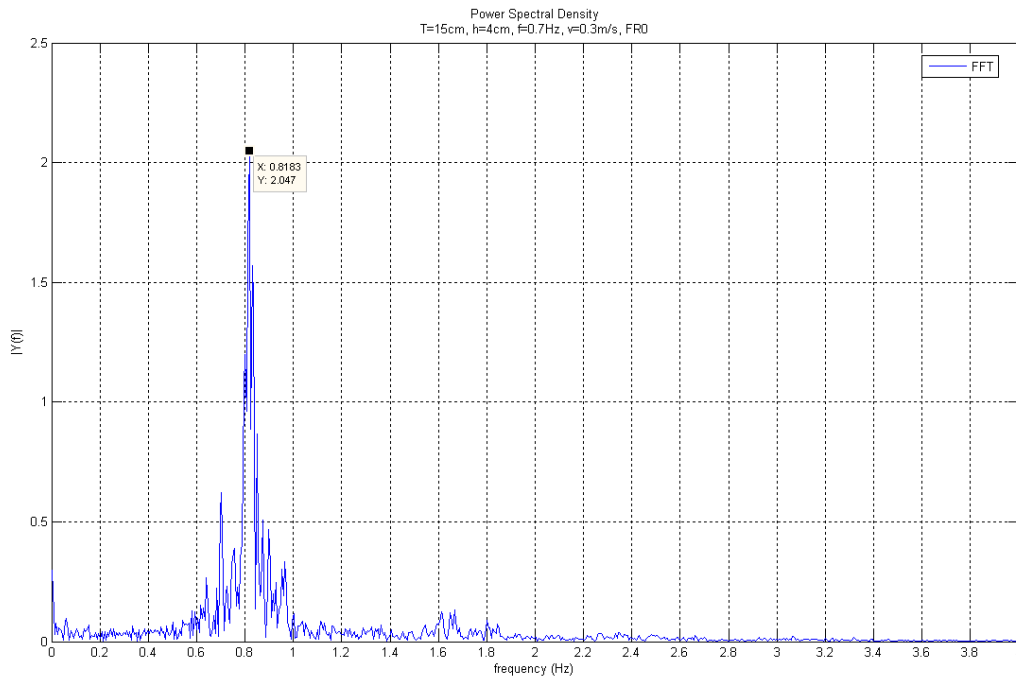
Και σε αυτή την περίπτωση παρατηρούμε ένα ακόμη εύρος συχνοτήτων από 0.7Hz έως 1.1Hz περίπου καθώς και την δευτεροτάξια διέγερση στα 1.6Hz και την τριτοτάξια στα 2.4Hz.

3.2.5 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0.5\text{m/s}$, $f=0.6\text{Hz}$, $F_n=0.278$, $\omega=3.770\text{rad/sec}$



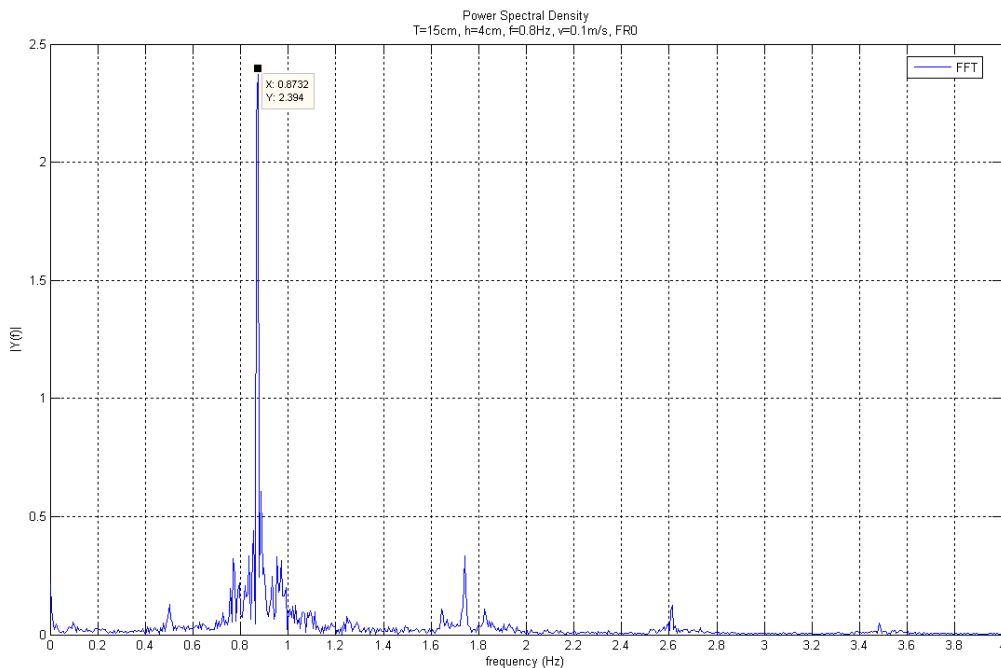
Στη συγκεκριμένη μέτρηση, μετά τον μετασχηματισμό Fourier (FFT) παρατηρούμε πως δεν έχει εντοπιστεί η επιβαλλόμενη συχνότητα κυματισμού 0.6Hz αλλά 0.75Hz γεγονός που λογικά οφείλεται σε αριθμητικά σφάλματα.

3.2.6 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0.3\text{m/s}$, $f=0.7\text{Hz}$, $F_n=0.167$, $\omega=4.398\text{rad/sec}$



Στη συγκεκριμένη μέτρηση, μετά τον μετασχηματισμό Fourier (FFT), παρατηρούμε πως δεν έχει εντοπιστεί η επιβαλλόμενη συχνότητα κυματισμού 0.7Hz αλλά 0.81Hz.

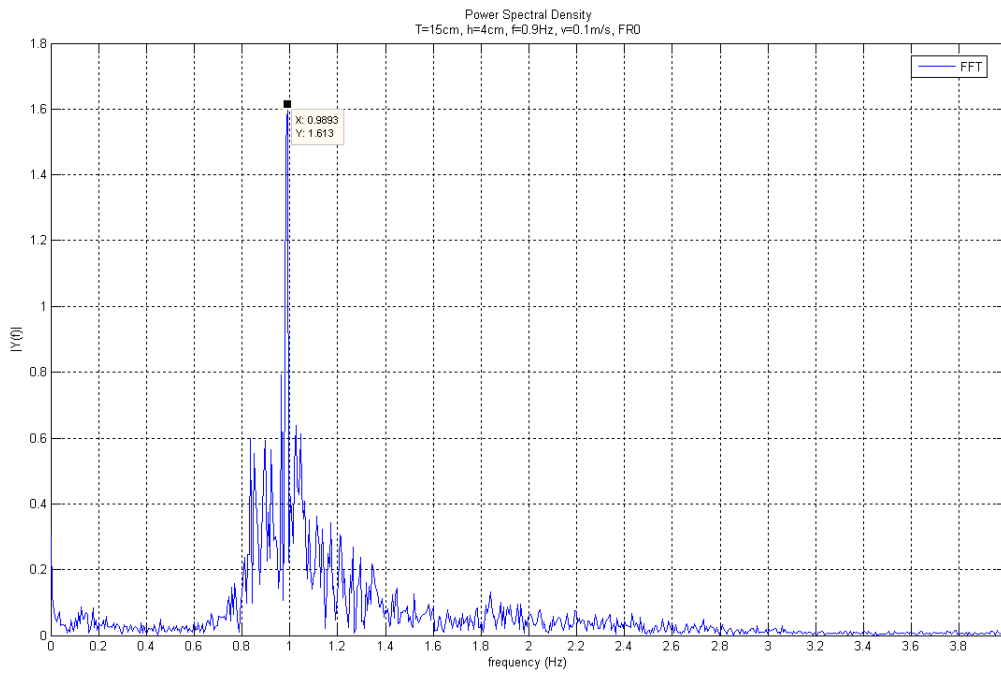
3.2.7 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.8\text{Hz}$, $F_n=0.056$, $\omega=5.026\text{rad/sec}$



Στη συγκεκριμένη μέτρηση, μετά τον μετασχηματισμό Fourier (FFT) των μετρήσεων ανύψωσης ελεύθερης επιφάνειας παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο ποσοστό πληροφοριών είναι συγκεντρωμένο στην περιοχή κυματισμού με συχνότητα 0.85Hz .

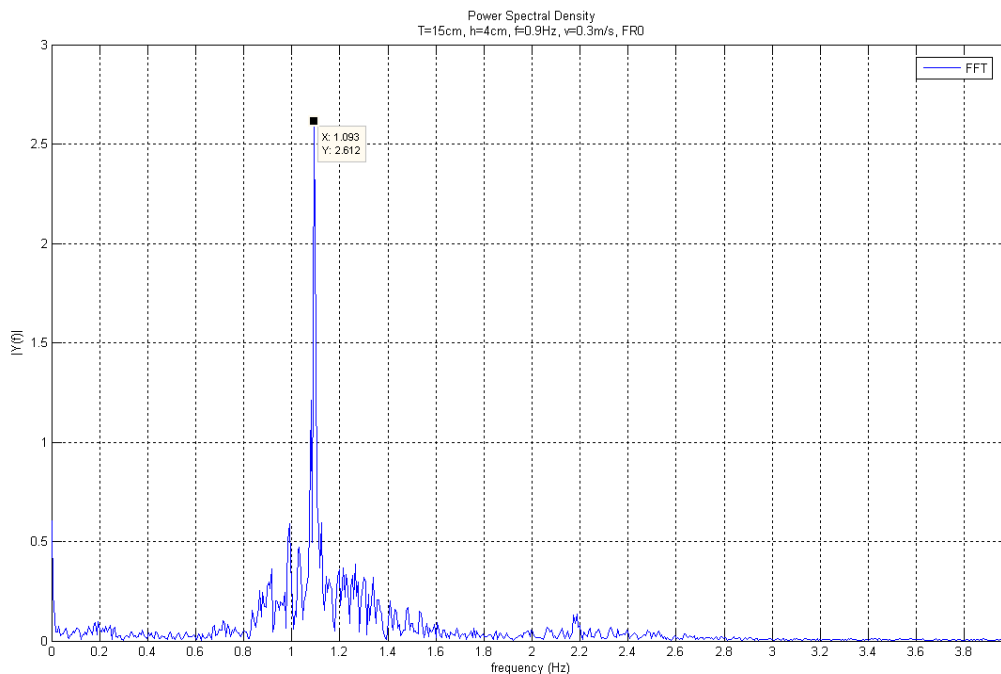
Ακόμη, είναι ευδιάκριτα τα διακριτόματα σε συχνότητες 1.7Hz έως 2.6Hz που αντιστοιχούν σε φαινόμενα δεύτερης και τρίτης τάξης αντίστοιχα.

3.2.8 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.9\text{Hz}$, $F_n=0.056$, $\omega=5.655\text{rad/sec}$



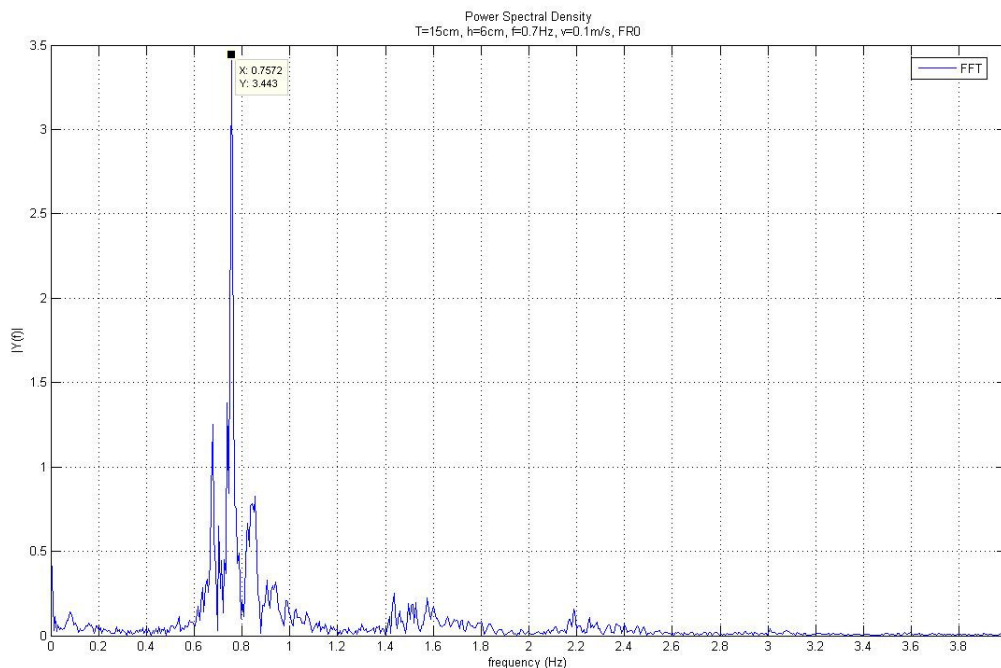
Στη συγκεκριμένη μέτρηση, μετά τον μετασχηματισμό Fourier (FFT) των μετρήσεων ανύψωσης ελεύθερης επιφάνειας παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο ποσοστό πληροφοριών είναι συγκεντρωμένο στην περιοχή κυματισμού με συχνότητα 1.0Hz .

3.2.9 $T=15\text{cm}$, $h=4\text{cm}$, $v=0.3\text{m/s}$, $f=0.9\text{Hz}$, $F_n=0.167$, $\omega=5.655\text{rad/sec}$



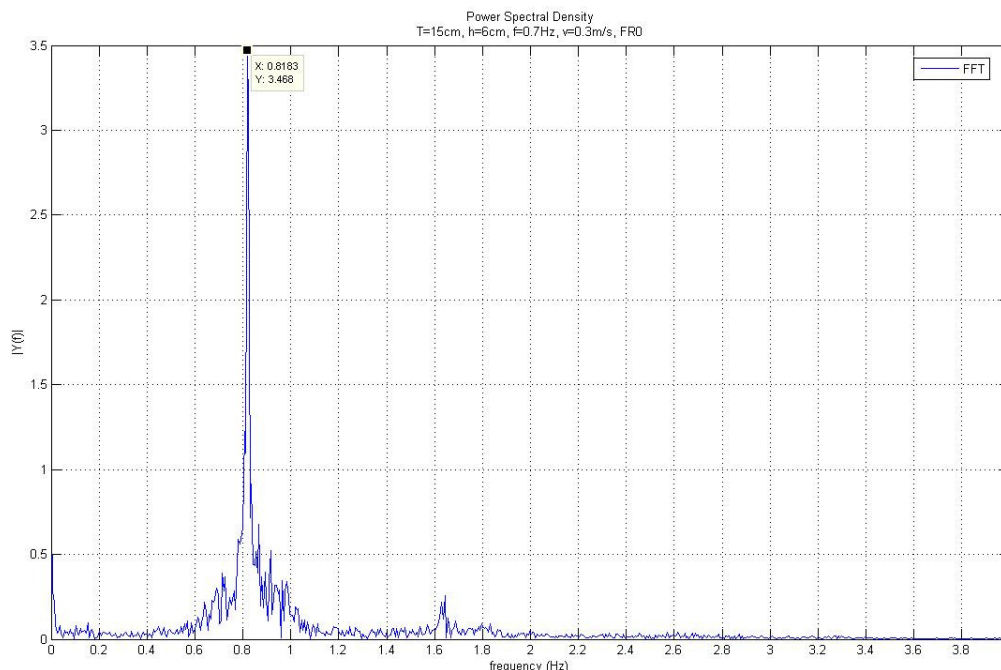
Στη συγκεκριμένη μέτρηση, μετά τον μετασχηματισμό Fourier (FFT) των μετρήσεων ανύψωσης ελεύθερης επιφάνειας παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο ποσοστό πληροφοριών είναι συγκεντρωμένο στην περιοχή κυματισμού με συχνότητα 1.1Hz.

3.2.10 $T=15\text{cm}$, $h=6\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.7\text{Hz}$, $F_n=0.056$, $\omega=4.398\text{rad/sec}$



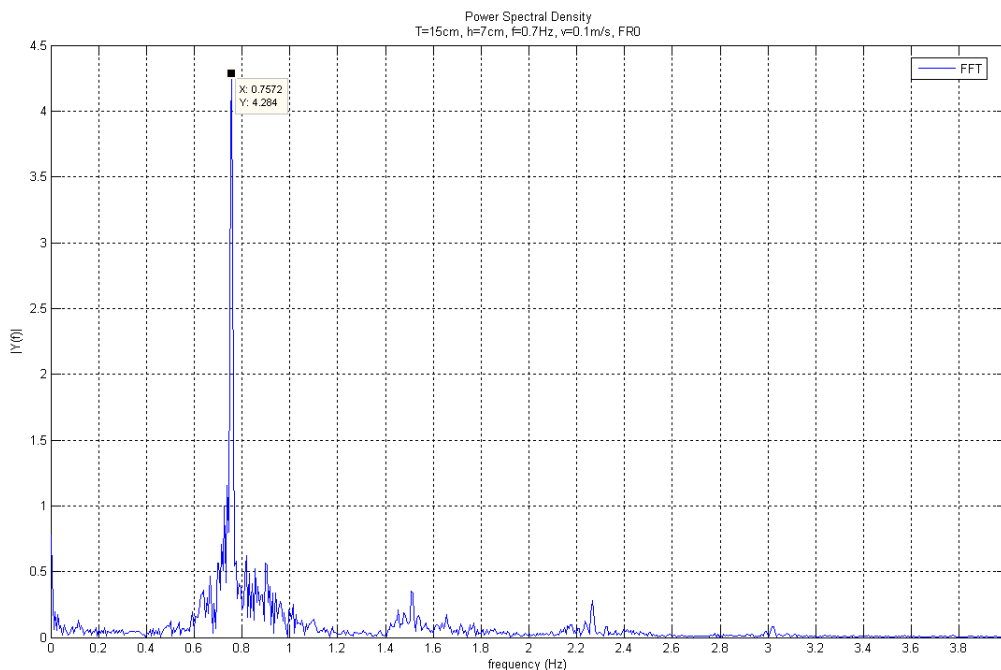
Στη συγκεκριμένη μέτρηση, μετά τον μετασχηματισμό Fourier (FFT), παρατηρούμε πως έχει εντοπιστεί η επιβαλλόμενη συχνότητα κυματισμού 0.7Hz.

3.2.11 $T=15\text{cm}$, $h=6\text{cm}$, $v=0.3\text{m/s}$, $f=0.7\text{Hz}$, $F_n=0.167$, $\omega=4.398\text{rad/sec}$



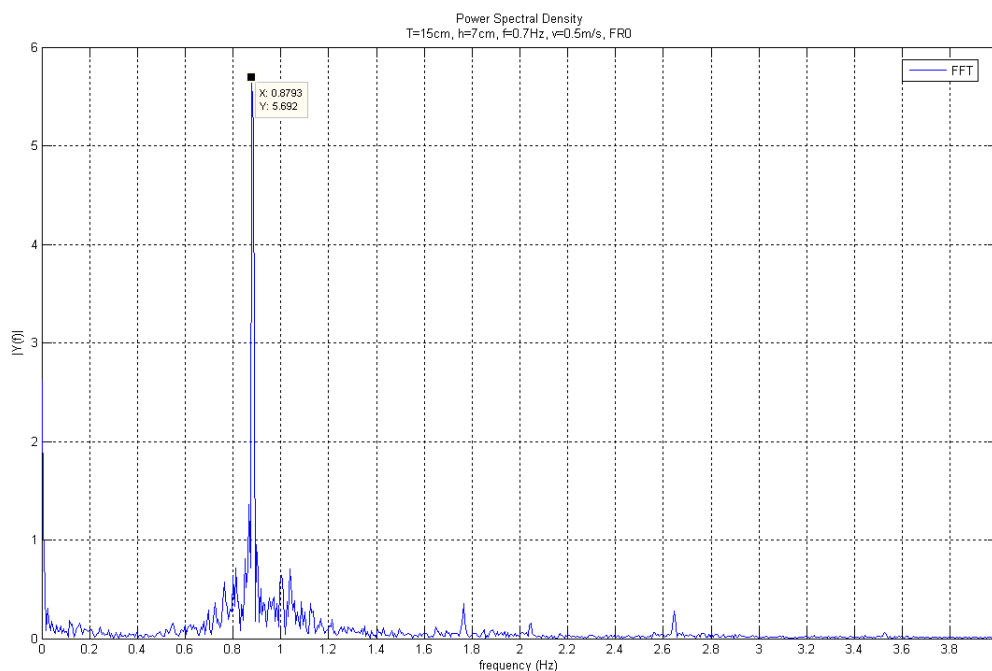
Στη συγκεκριμένη μέτρηση, μετά τον μετασχηματισμό Fourier (FFT), παρατηρούμε πως δεν έχει εντοπιστεί η επιβαλλόμενη συχνότητα κυματισμού 0.7Hz αλλά 0.8Hz. Ακόμη διακρίνεται ένα διακρότημα δεύτερης τάξης στα 1.6Hz.

3.2.12 $T=15\text{cm}$, $h=7\text{cm}$, $v=0.1\text{m/s}$, $f=0.7\text{Hz}$, $F_n=0.056$, $\omega=4.398\text{rad/sec}$



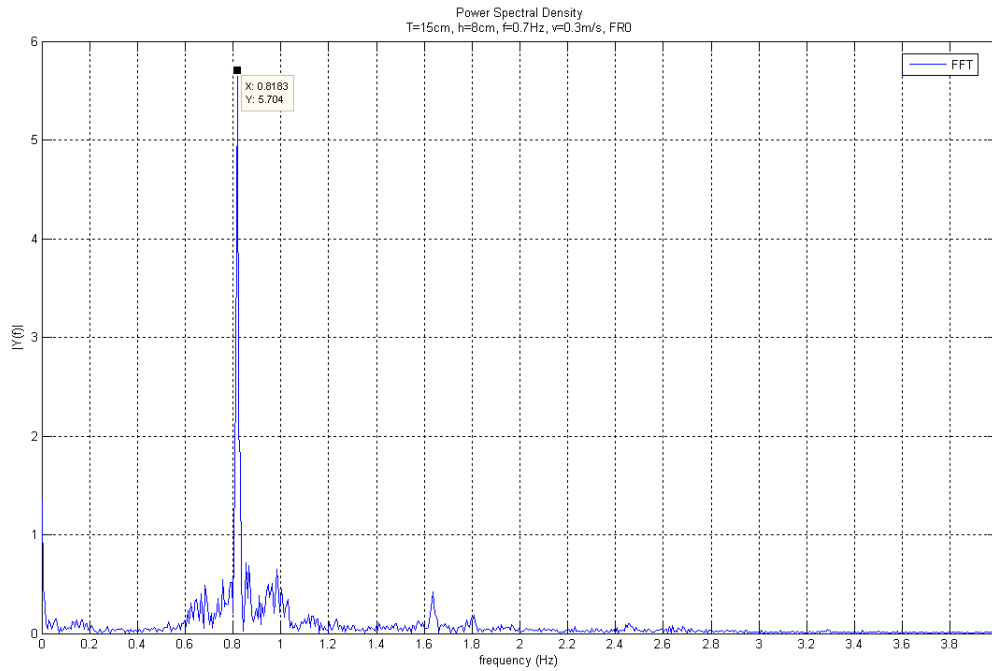
Στη συγκεκριμένη μέτρηση, μετά τον μετασχηματισμό Fourier (FFT), παρατηρούμε πως έχει εντοπιστεί η επιβαλλόμενη συχνότητα κυματισμού 0.7Hz.

3.2.13 $T=15\text{cm}$, $h=7\text{cm}$, $v=0.5\text{m/s}$, $f=0.7\text{Hz}$, $F_n=0.278$, $\omega=4.398\text{rad/sec}$



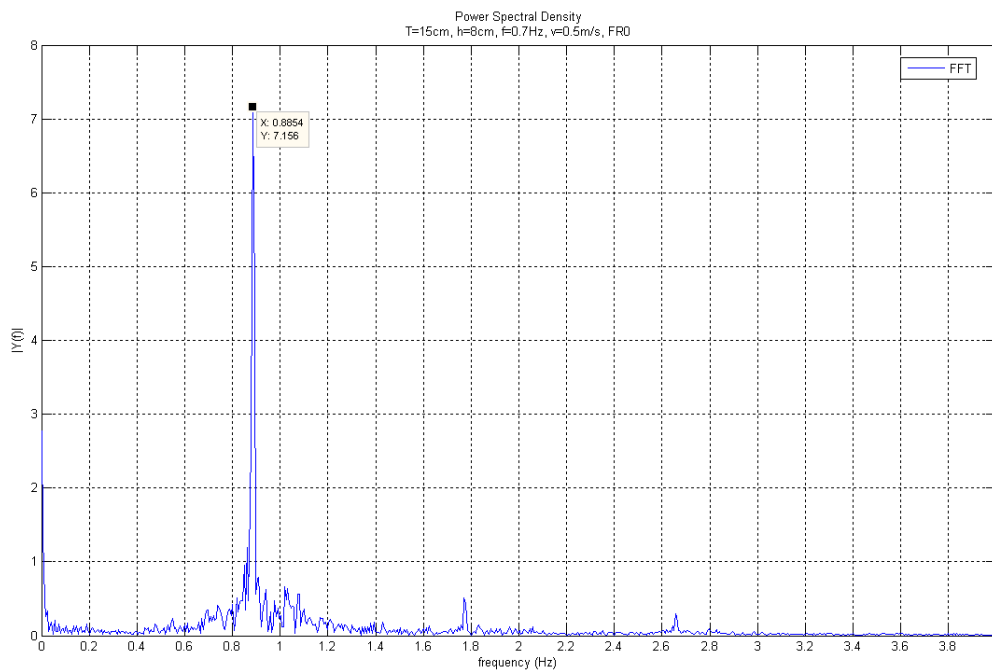
Στη συγκεκριμένη μέτρηση, μετά τον μετασχηματισμό Fourier (FFT), παρατηρούμε πως δεν έχει εντοπιστεί η επιβαλλόμενη συχνότητα κυματισμού 0.7Hz αλλά 0.9Hz. Ίσως εξαιτίας αριθμητικών σφαλμάτων ή της κακής ποιότητας του κυματισμού.

3.2.14 $T=15\text{cm}$, $h=8\text{cm}$, $v=0.3\text{m/s}$, $f=0.7\text{Hz}$, $F_n=0.167$, $\omega=4.398\text{rad/sec}$



Στη συγκεκριμένη μέτρηση, μετά τον μετασχηματισμό Fourier (FFT), παρατηρούμε πως δεν έχει εντοπιστεί η επιβαλλόμενη συχνότητα κυματισμού 0.7Hz αλλά 0.8Hz.

3.2.15 $T=15\text{cm}$, $h=8\text{cm}$, $v=0.5\text{m/s}$, $f=0.7\text{Hz}$, $F_n=0.278$, $\omega=4.398\text{rad/sec}$



Στη συγκεκριμένη μέτρηση, μετά τον μετασχηματισμό Fourier (FFT), παρατηρούμε πως δεν έχει εντοπιστεί η επιβαλλόμενη συχνότητα κυματισμού 0.7Hz αλλά 0.9Hz. Ίσως εξαιτίας αριθμητικών σφαλμάτων ή της κακής ποιότητας του κυματισμού.

Ακόμη, είναι ευδιάκριτα τα διακριτόματα σε συχνότητες 1.8Hz έως 2.7Hz που αντιστοιχούν σε φαινόμενα δεύτερης και τρίτης τάξης αντίστοιχα.

3.3 Διαγράμματα τυπικής απόκλισης (standard deviation, STD) και μεγίστων τιμών (maximum, MAX) για την πλατφόρμα

Στο προηγούμενο κεφάλαιο παρουσιάσαμε τις χρονικές ιστορίες της ανύψωσης της επιφάνειας του νερού σε συνάρτηση με το χρόνο $\eta(t)$ θεωρητικά εφαρμοζόμενους αρμονικούς κυματισμούς. Ένας αρμονικός κυματισμός μπορεί να περιγραφεί από την περίοδο T , τη συχνότητα f , το μήκος κύματος λ και το ύψος κύματος H . Για τη συχνότητα και την περίοδο ισχύουν οι παρακάτω σχέσεις:

$$f = \sqrt{\frac{g}{2\pi\lambda}} [\text{Hz}] \quad \text{και} \quad T = 1/f [\text{sec}]$$

Θεωρούμε ότι το σύστημα είναι γραμμικό και η απόκριση εκφράζεται με τη σχέση:

$$X = X_o \cos(\omega t + \varepsilon)$$

Τότε, το πηλίκο του πλάτους της απόκρισης X_a σε αρμονικούς κυματισμούς προς το πλάτος της ανύψωσης ζ_a των κυματισμών, αποτελεί τη συνάρτηση μεταφοράς του συστήματος R_X , δηλαδή:

$$R_x = \frac{X_o(\omega)}{H/2(\omega)}$$

Η αδιαστατοποίηση των πειραματικών αποτελεσμάτων γίνεται με τη χρήση των συντελεστών απόκρισης RAO (Response Amplitude Operators) σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$RAO_{heave} = \frac{n}{H/2}$$

όπου,

n : πλάτος κατακόρυφης απόκρισης

$H/2$: πλάτος ανύψωσης κυματισμού

Προκειμένου να μπορέσουμε να κατανοήσουμε καλύτερα τις χρονικές αυτές ιστορίες και να οδηγηθούμε σε ορισμένα συμπεράσματα, έπρεπε να επιλεγθεί κάποιο στατιστικό μέγεθος. Το στατιστικό μέγεθος που επιλέχθηκε ήταν αυτό της τυπικής απόκλισης του αδιάστατου μεγέθους $\frac{n}{H/2}$ σε συνάρτηση με τη συχνότητα

$(\frac{n}{H/2} - f)$ είτε για δεδομένη ταχύτητα είτε για δεδομένη γωνία, και με την αζιμουθιακή γωνία $(\frac{n}{H/2} - \theta)$,

είτε για δεδομένη ταχύτητα είτε για δεδομένη συχνότητα.

Η τυπική απόκλιση σ του πληθυσμού των στιγμιαίων τιμών n_i , μας δίνει την ισχύ που αντιπροσωπεύει η απόκλιση κάθε σημείου από το μέσο όρο και ορίζεται ως εξής:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=0}^{N-1} (n_i - \mu)^2 ,$$

όπου σ^2 : η διακύμανση ή διασπορά του πληθυσμού των στιγμιαίων τιμών

μ : η μέση τιμή

3.3.1 Αποτελέσματα Standard Deviation και Maximum μετρήσεων για την Πλατφόρμα για h=4cm

Standard Deviation για v=0 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,3		3,965248	4,058765	3,944443	3,679564	3,20689
0,4		4,167364	4,327468	4,395911	3,810167	3,541129
0,5		4,076515	3,868634	4,069845	4,212234	3,592318
0,6		4,223396	4,330936	3,976929	3,987924	3,59607
0,7		4,066129	4,182531	3,945677	3,882585	4,224585
0,8		4,025440	4,728744	3,876475	3,678980	4,343369
0,9		3,373111	4,463274	4,09574	4,052256	3,923758

Maximum για v=0 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,3		29,36271	29,64774	28,84636	26,86131	28,64206
0,4		28,73281	29,0974	27,82761	28,60407	28,322
0,5		29,59452	27,76138	29,66582	25,3035	27,07917
0,6		29,74972	28,45943	27,55109	29,25468	29,77732
0,7		28,09756	29,35337	29,71867	27,79694	29,54902
0,8		29,16797	29,35337	29,35596	24,78302	29,95846
0,9		27,04898	29,01525	27,30119	29,68123	27,75068

Standard Deviation για v=0,1 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,3		3,970026	4,382747	4,160471	4,116208	4,269081
0,4		3,982061	4,346383	3,939537	4,149374	4,191615
0,5		3,866244	4,496588	4,247873	4,250049	4,328033
0,6		3,812319	4,532518	3,820015	4,068785	4,715729
0,7		3,933782	4,712176	4,23622	3,563952	4,912786
0,8		3,732286	4,86033	4,138345	3,734704	5,057384
0,9		4,906637	5,534976	5,807976	4,791015	5,455932

Maximum για v=0,1 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,3		28,35106	29,8088	29,80265	29,25684	29,51833
0,4		29,48297	29,26871	29,95392	29,4915	29,68271
0,5		29,99675	29,23592	26,58039	28,48734	28,27215
0,6		26,72099	29,91441	29,52458	29,35475	27,20431
0,7		29,98624	29,97574	28,65405	27,5767	29,96954
0,8		24,98905	29,66089	29,95487	27,86885	29,08268
0,9		28,11108	29,97986	28,89615	29,98339	29,50973

Standard Deviation για v=0,3 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,3		3,790429	4,272507	3,935283	3,804651	4,34644
0,4		3,886915	4,493353	3,949809	3,854744	4,320145
0,5		3,908719	4,624457	4,371079	3,923028	4,822299
0,6		4,178203	4,951236	4,175546	3,830099	4,81497
0,7		3,726407	5,023578	4,402867	3,399795	4,650904
0,8		3,747018	4,015479	4,434451	3,912508	4,172383
0,9		3,847029	4,41151	4,35688	3,744833	4,28454

Maximum για v=0,3 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,3		28,71964	29,8088	29,42766	29,25684	29,21926
0,4		29,48297	29,66918	26,95849	29,12115	29,68271
0,5		29,99675	28,84698	29,48786	29,20489	29,96415
0,6		28,77119	29,91441	28,48469	26,35242	29,61825
0,7		29,98624	28,78207	28,9965	29,32009	29,67351
0,8		29,98449	28,12216	29,95487	27,86885	27,48612
0,9		27,42575	29,17317	29,96686	28,16267	29,22267

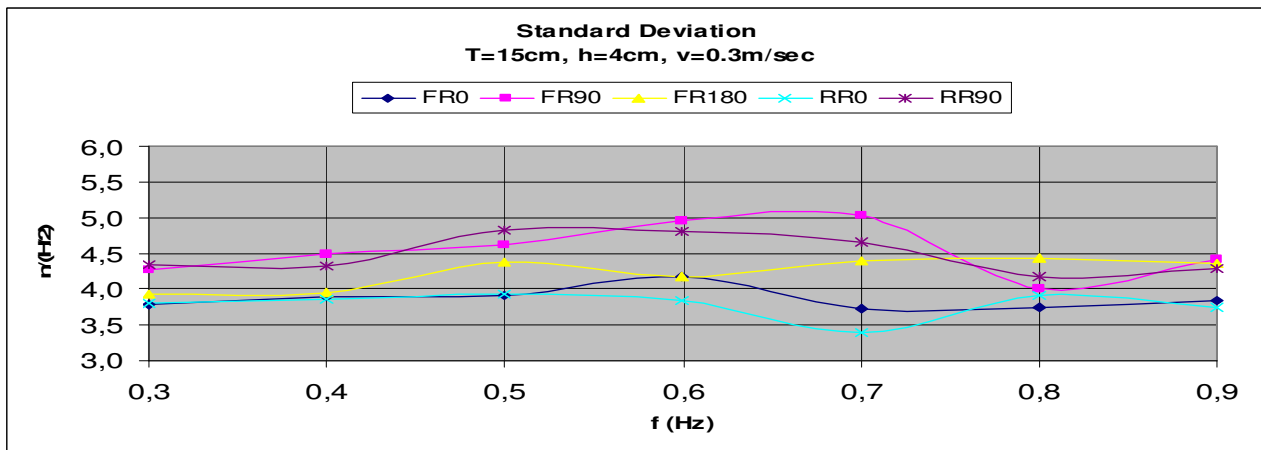
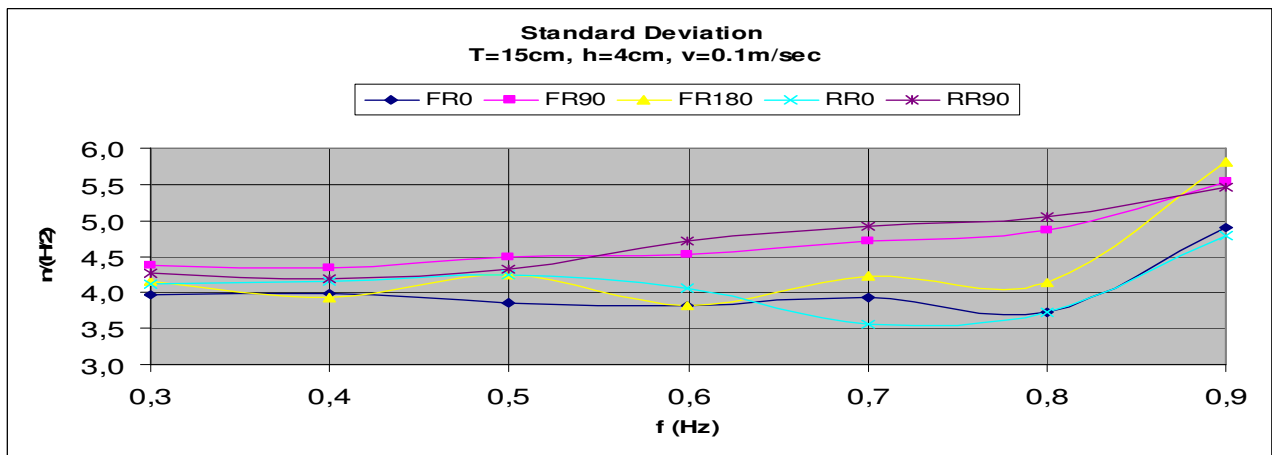
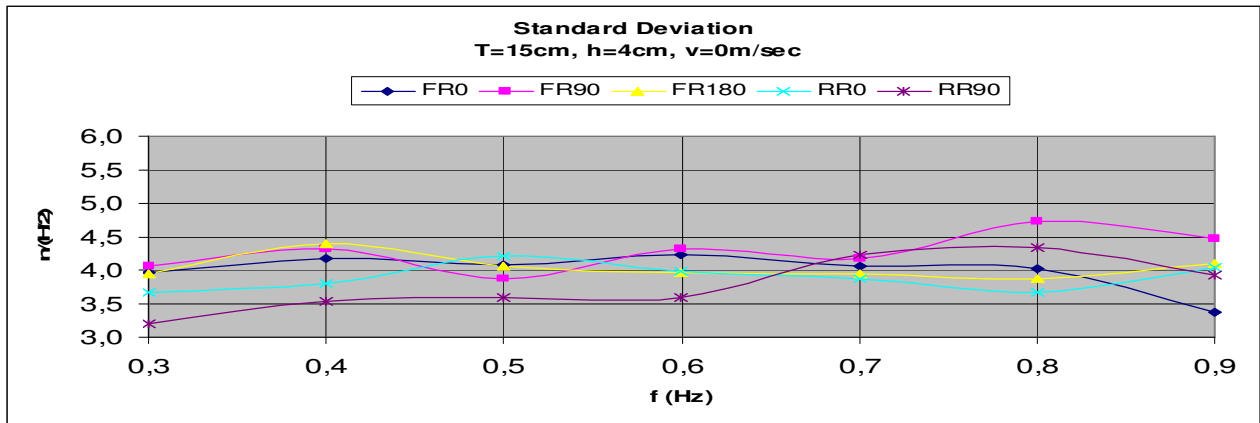
Standard Deviation γ_{α} $v=0,5$ m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,3		3,726053	4,463783	4,36002	3,73848	4,947545
0,4		4,275633	5,165993	4,419476	4,262678	4,893178
0,5		3,715805	4,556184	4,597974	4,087201	4,669147
0,6		3,911258	4,700957	4,298067	3,74768	4,945405
0,7		3,45254	4,104681	4,131157	4,092322	4,451751
0,8		3,643046	4,098658	3,819676	3,194019	3,780922
0,9		3,310341	4,050978	4,47718	3,099901	3,682691

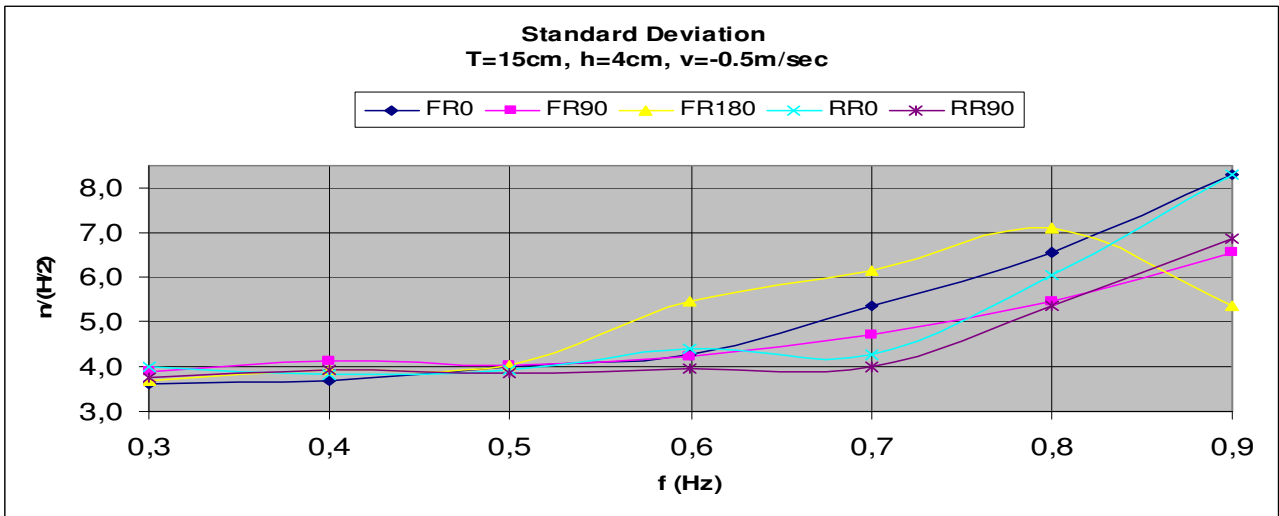
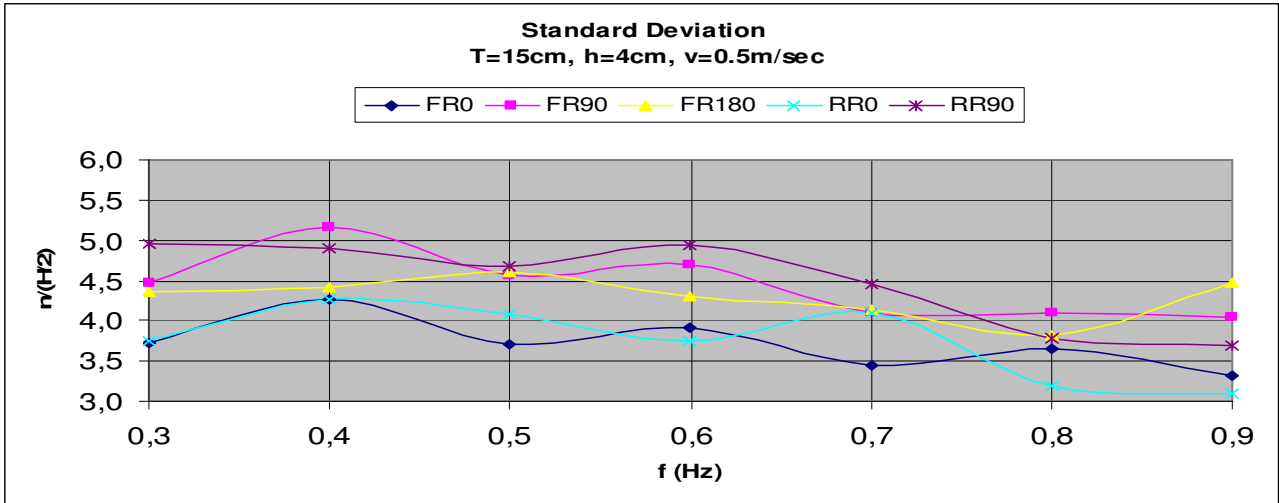
Maximum γ_{α} $v=0,5$ m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,3		26,10103	29,64853	28,94965	28,38726	29,77374
0,4		27,50281	29,79271	28,48332	29,64903	29,82762
0,5		26,47344	29,307	27,66527	29,93671	29,83118
0,6		28,31022	28,89637	27,74601	26,91778	27,71315
0,7		28,52792	29,93785	28,30505	28,83903	25,03632
0,8		29,85423	28,82645	26,57357	29,83899	27,8778
0,9		27,54916	29,17188	28,72792	27,37665	27,13366

Standard Deviation γ_{α} $v=-0,5$ m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,3		3,609182	3,871333	3,699828	3,995035	3,745505
0,4		3,696231	4,127894	3,936975	3,821	3,910705
0,5		3,995619	4,008197	4,018997	3,906738	3,855559
0,6		4,266478	4,22925	5,474101	4,416808	3,945105
0,7		5,362317	4,701563	6,145235	4,258217	4,001398
0,8		6,544053	5,465487	7,097449	6,036116	5,350817
0,9		8,299697	6,546528	5,369806	8,284816	6,861255

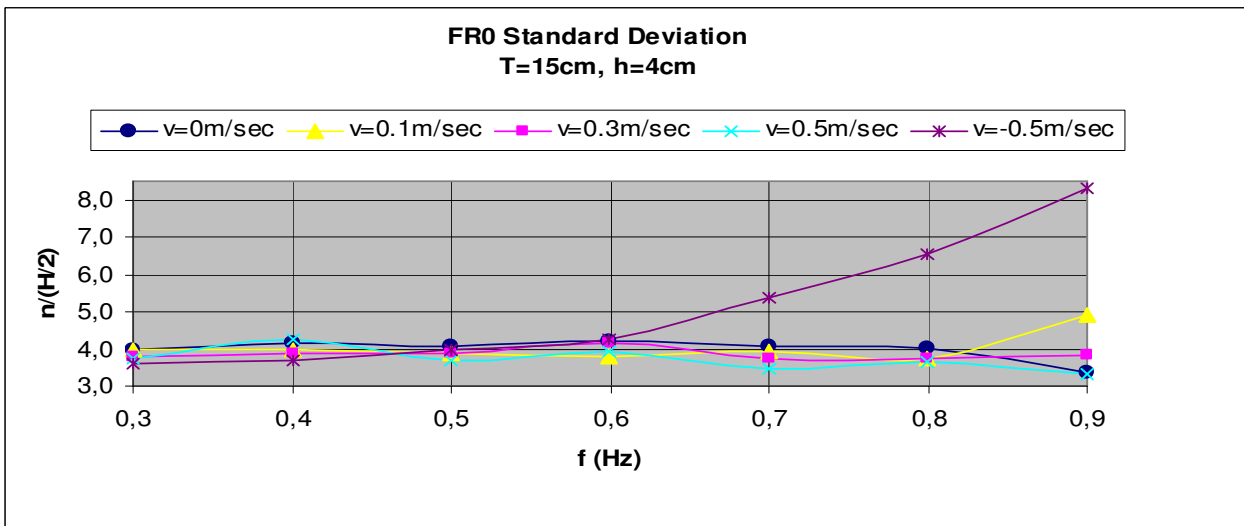
Maximum γ_{α} $v=-0,5$ m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,3		29,45343	27,18339	27,26495	29,17141	23,53981
0,4		27,46212	29,76708	28,95619	29,77473	29,52419
0,5		28,62401	28,83705	28,74338	29,54177	29,5942
0,6		27,90867	28,52501	28,23116	29,67841	29,89943
0,7		29,47079	29,0328	29,66382	28,47451	29,40015
0,8		29,98892	29,64314	29,77921	29,59828	28,92607
0,9		29,55291	29,67133	29,91942	29,34488	29,71815

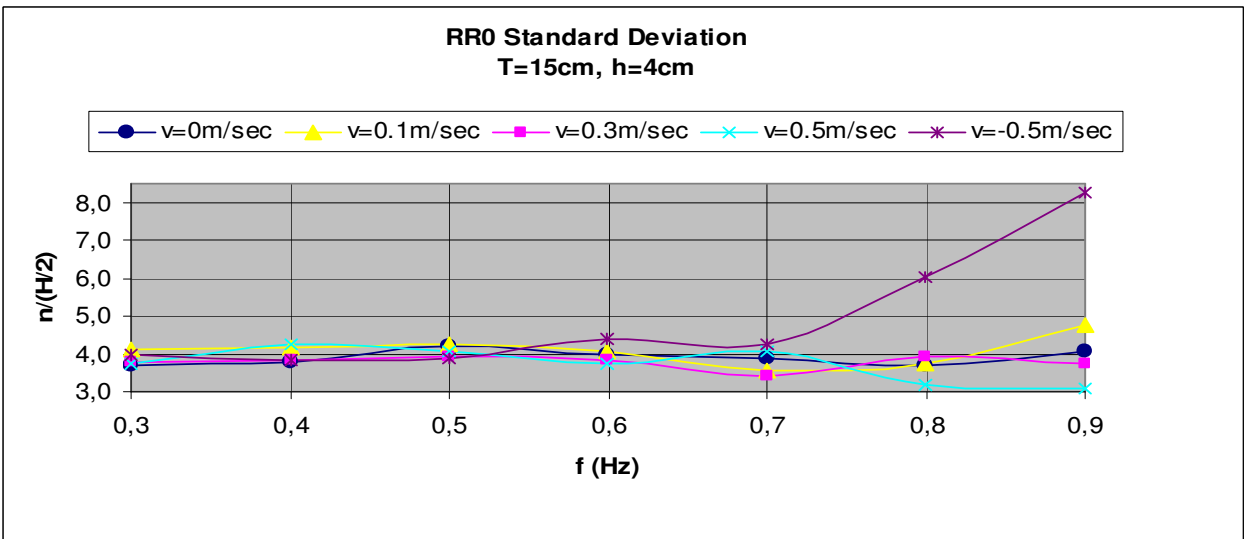
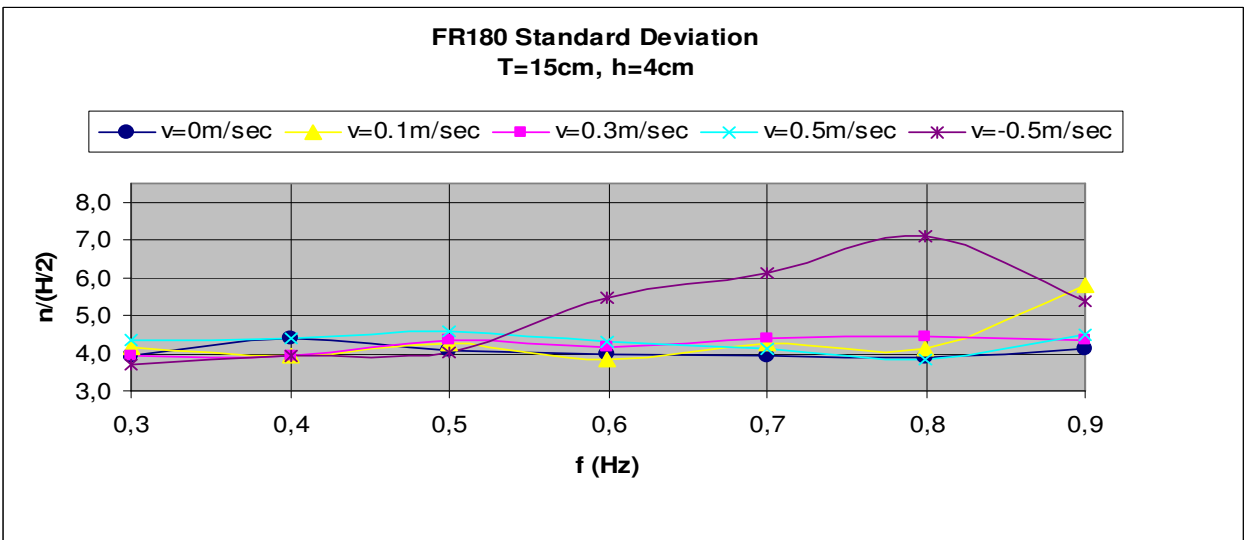
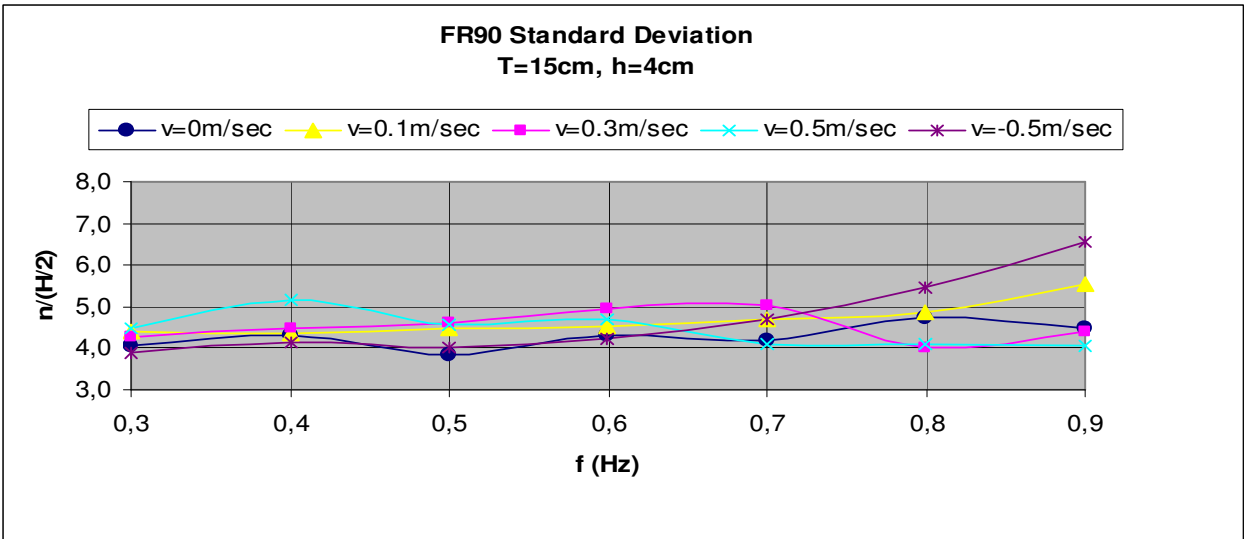
3.3.1.1 Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία

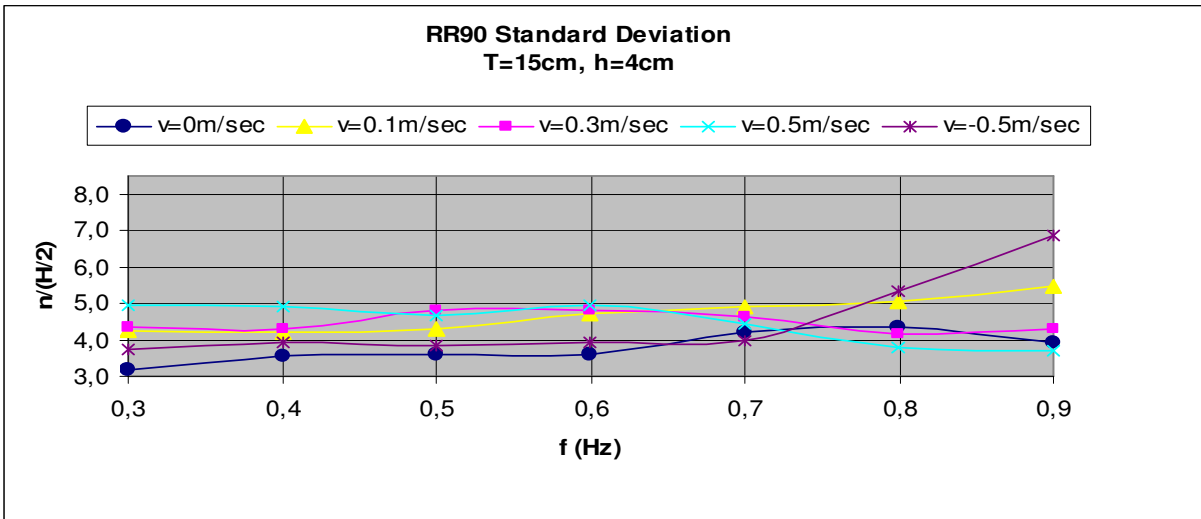




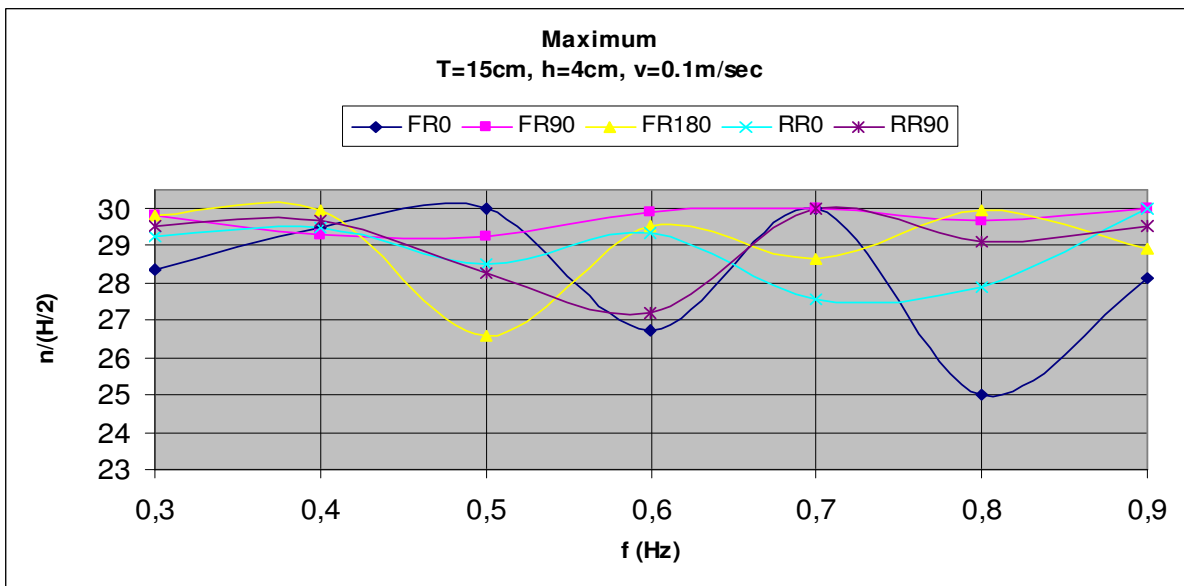
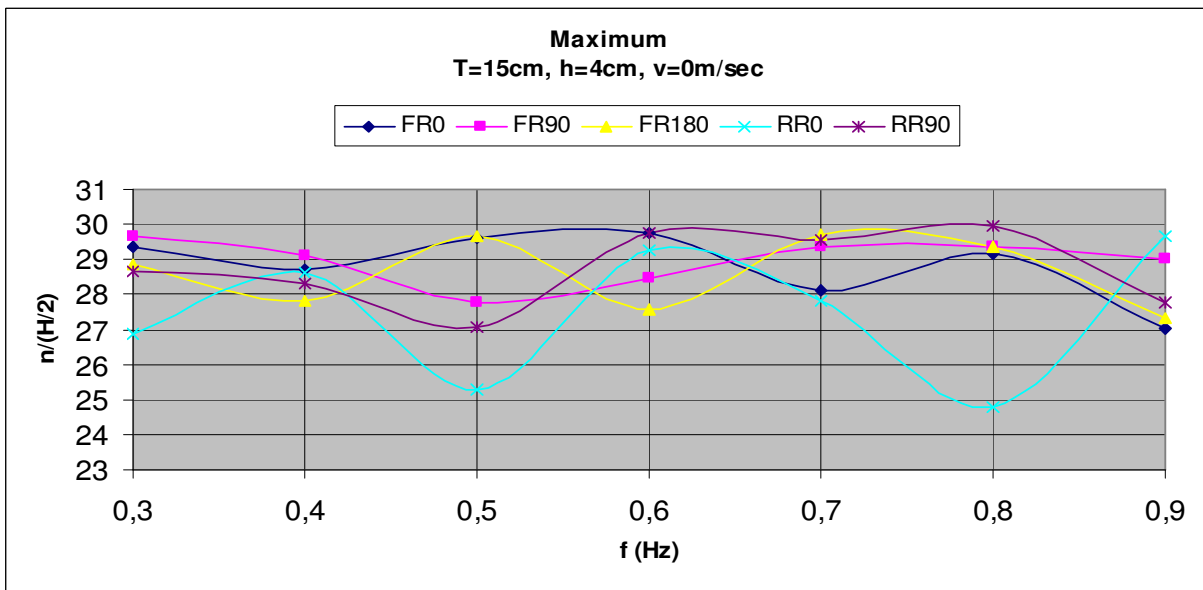
3.3.1.2 Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη γωνία για διαφορετική ταχύτητα

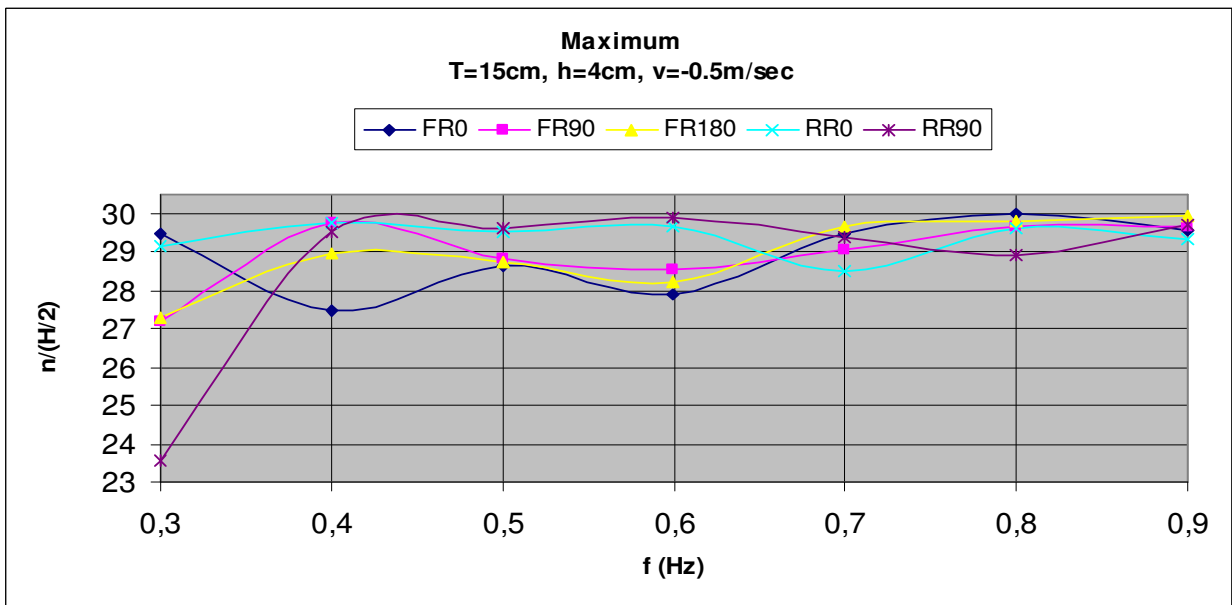
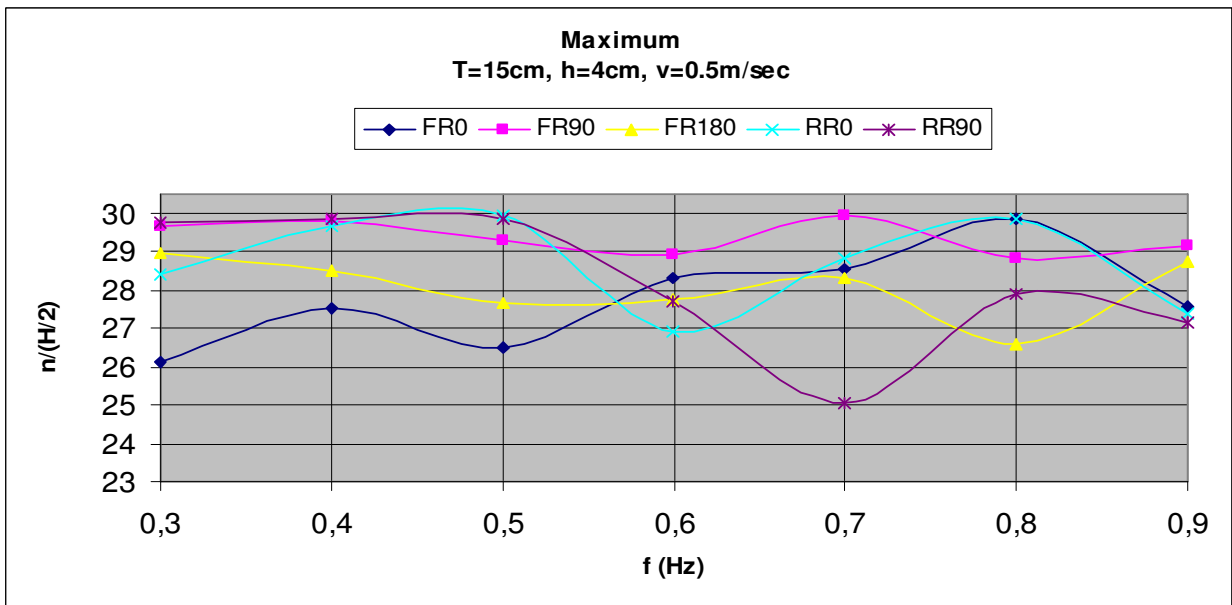
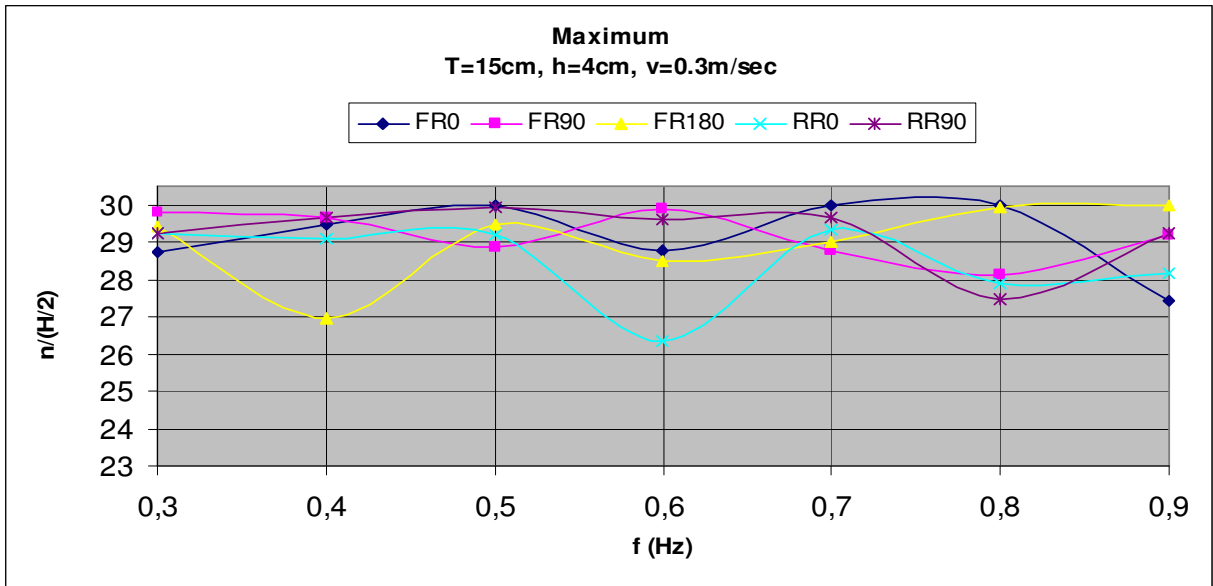




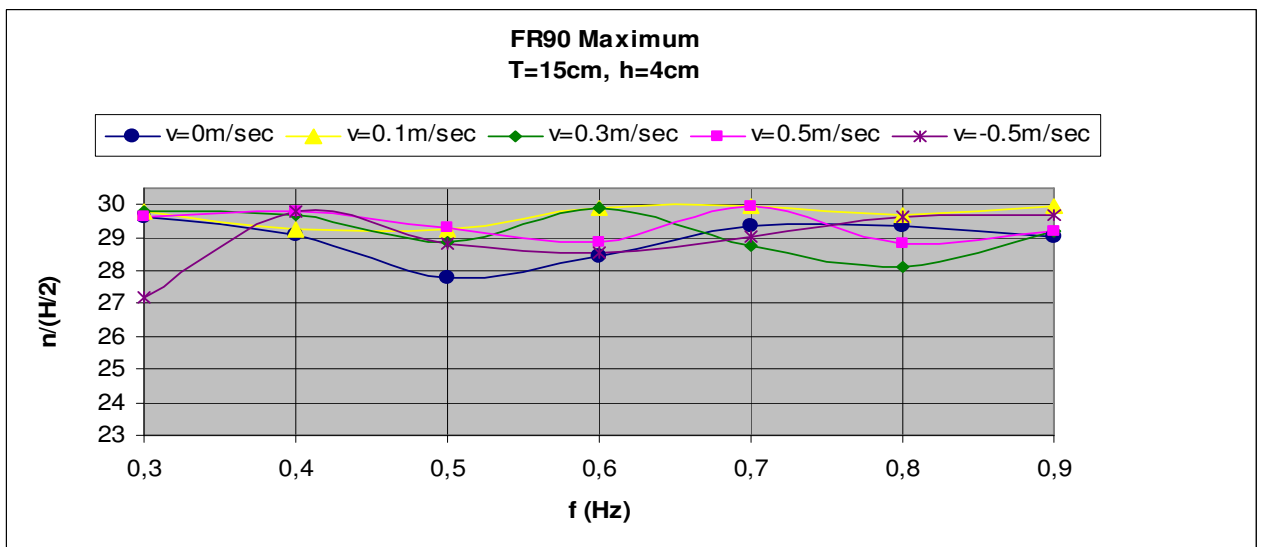
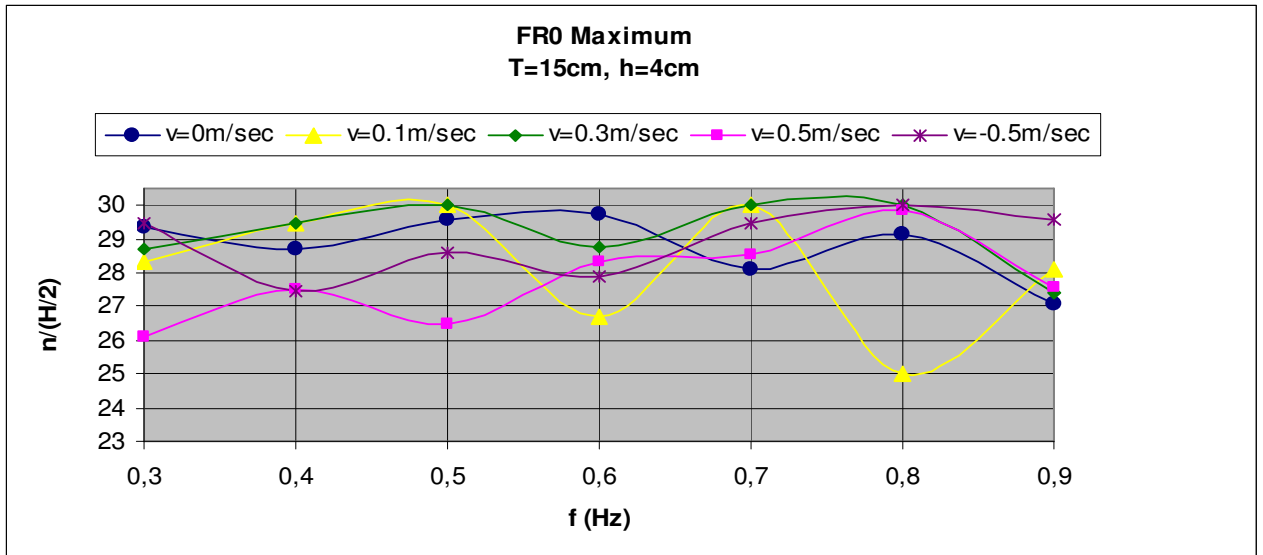


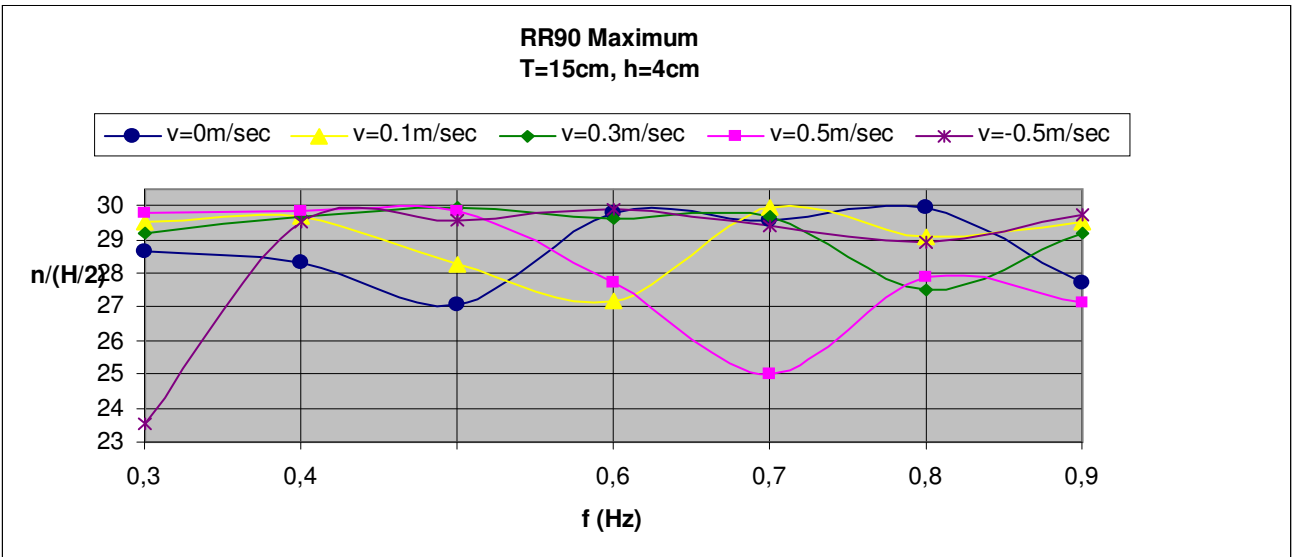
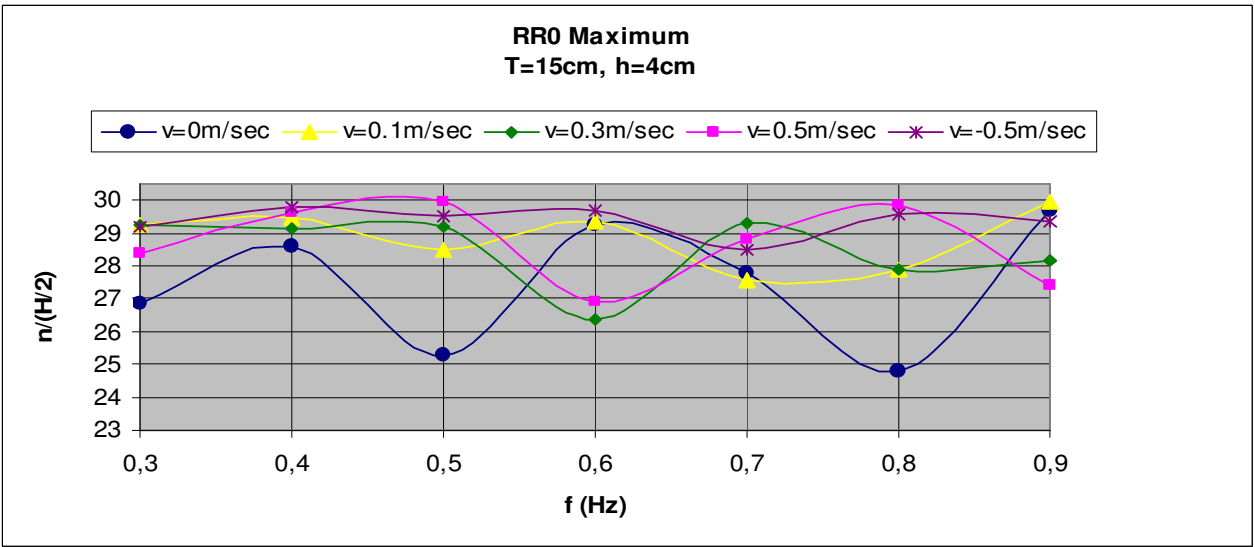
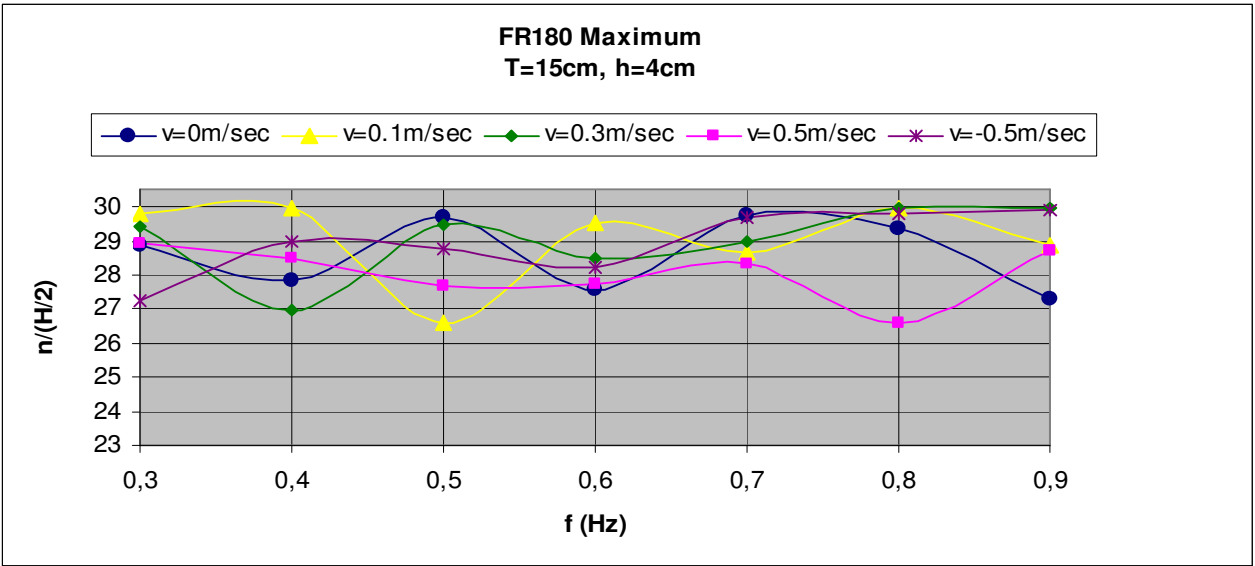
3.3.1.3 Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία



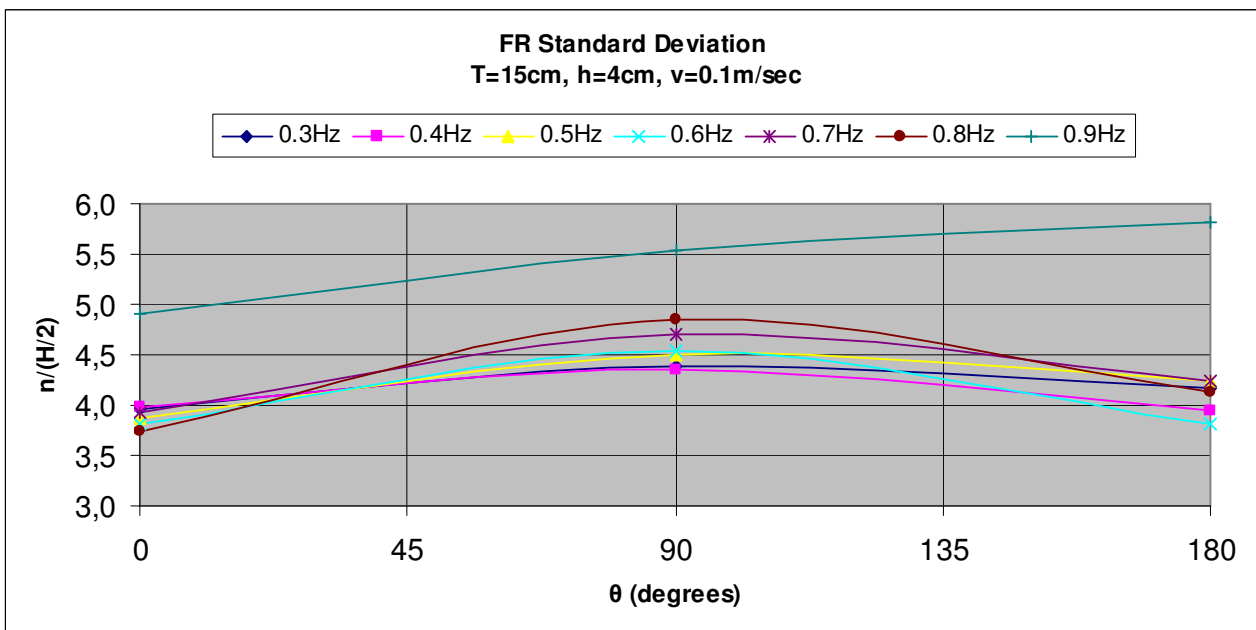
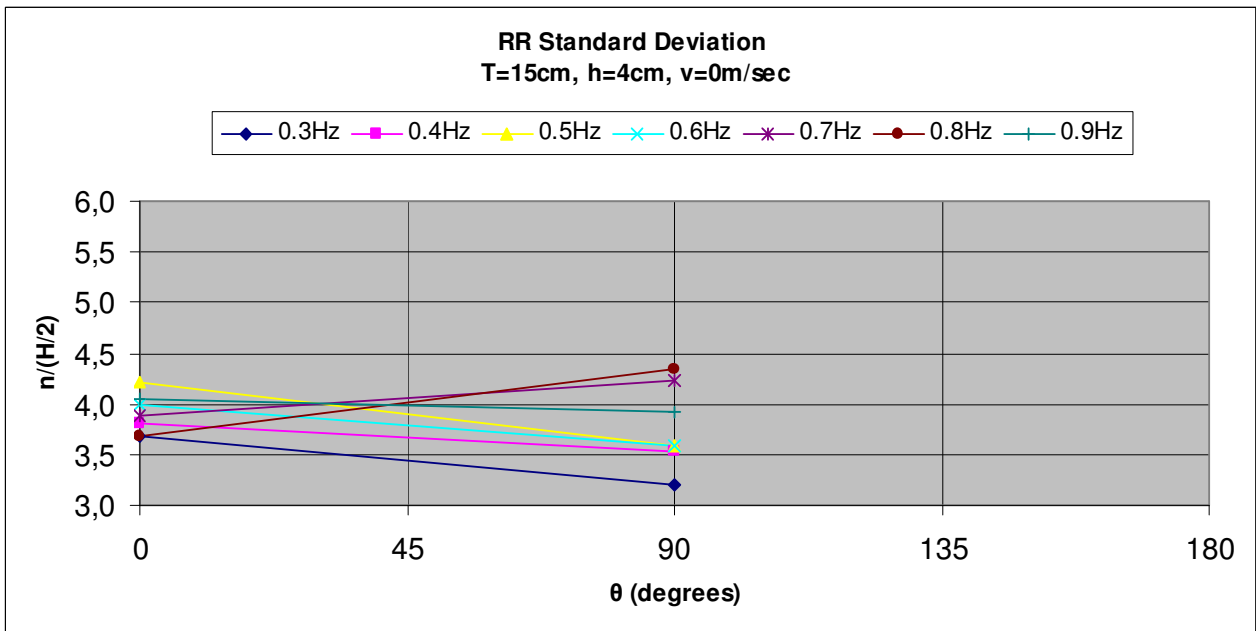
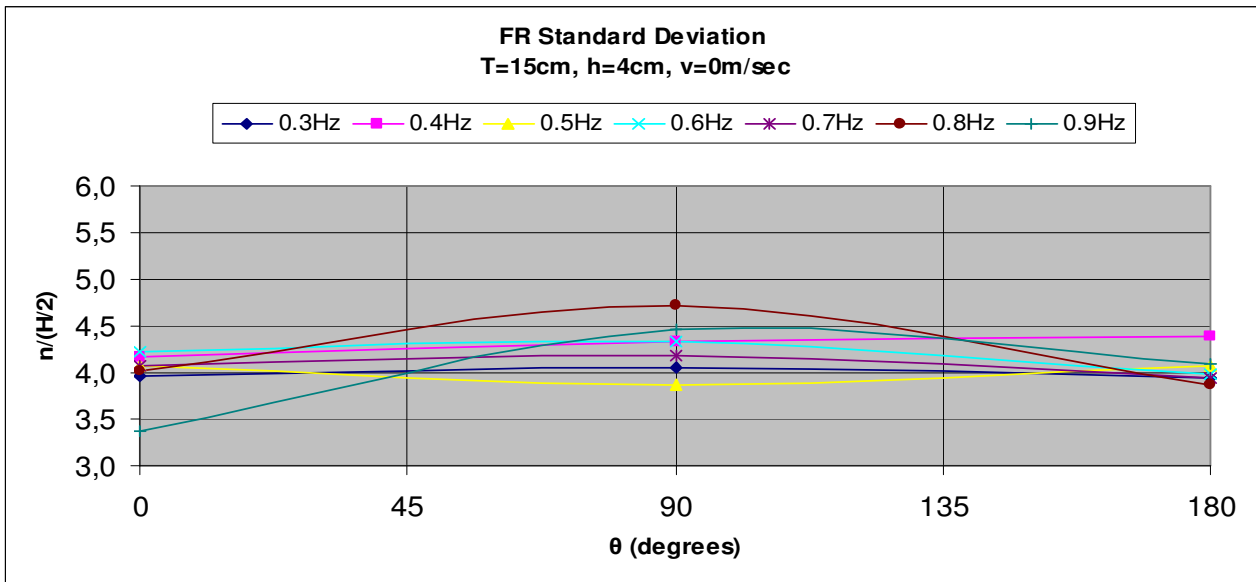


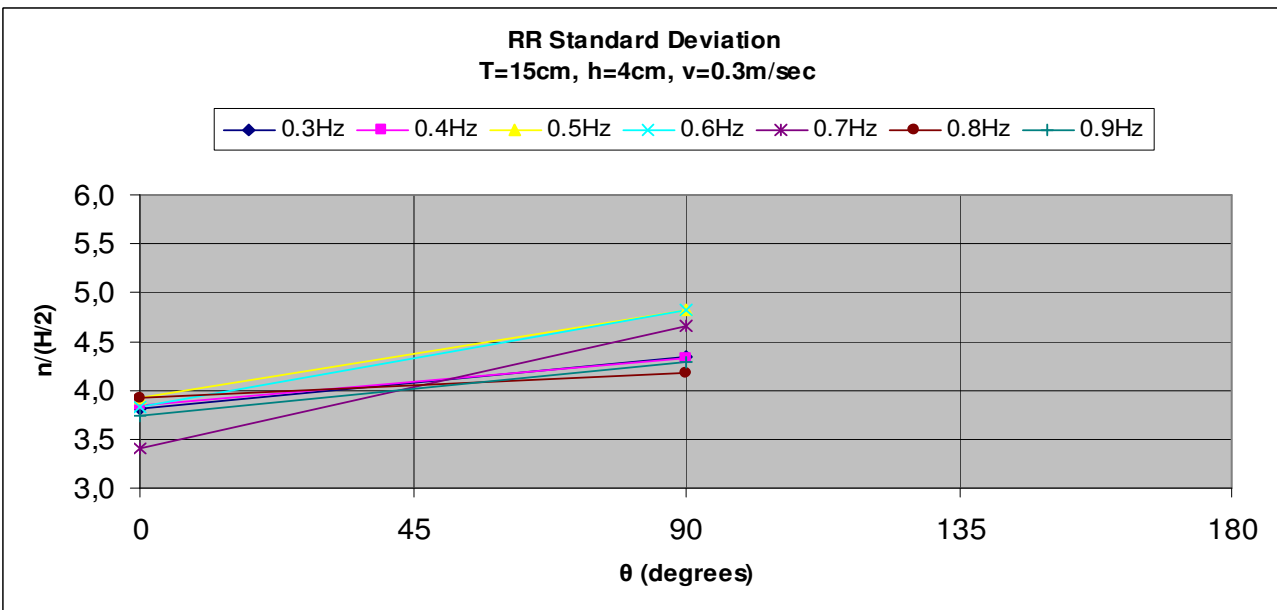
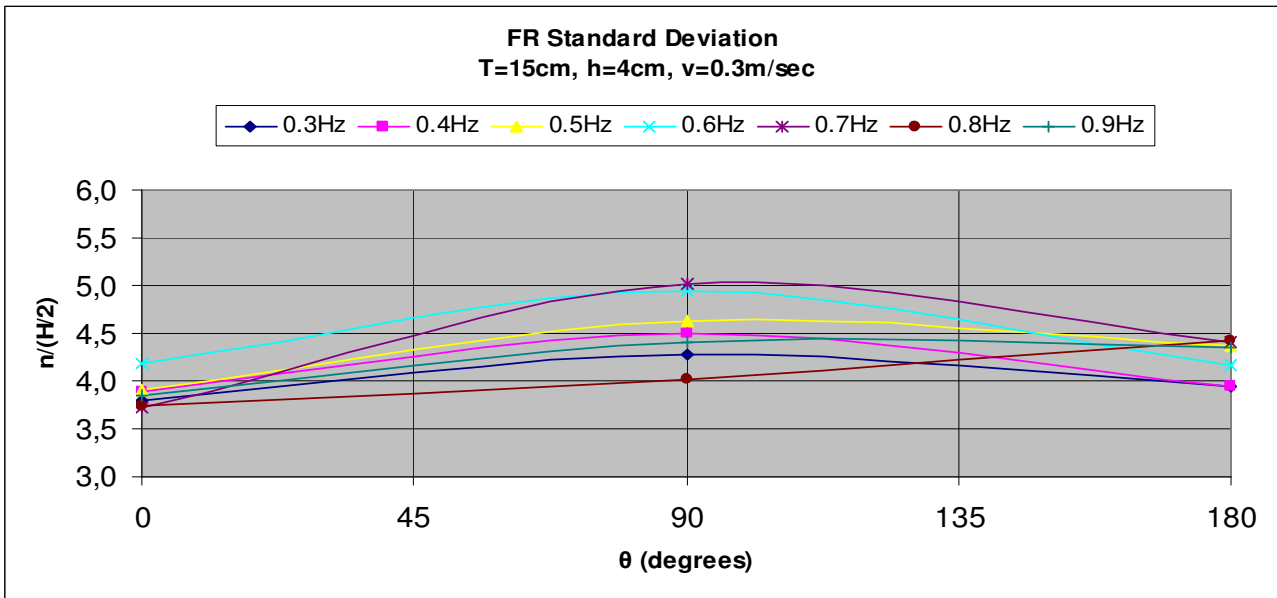
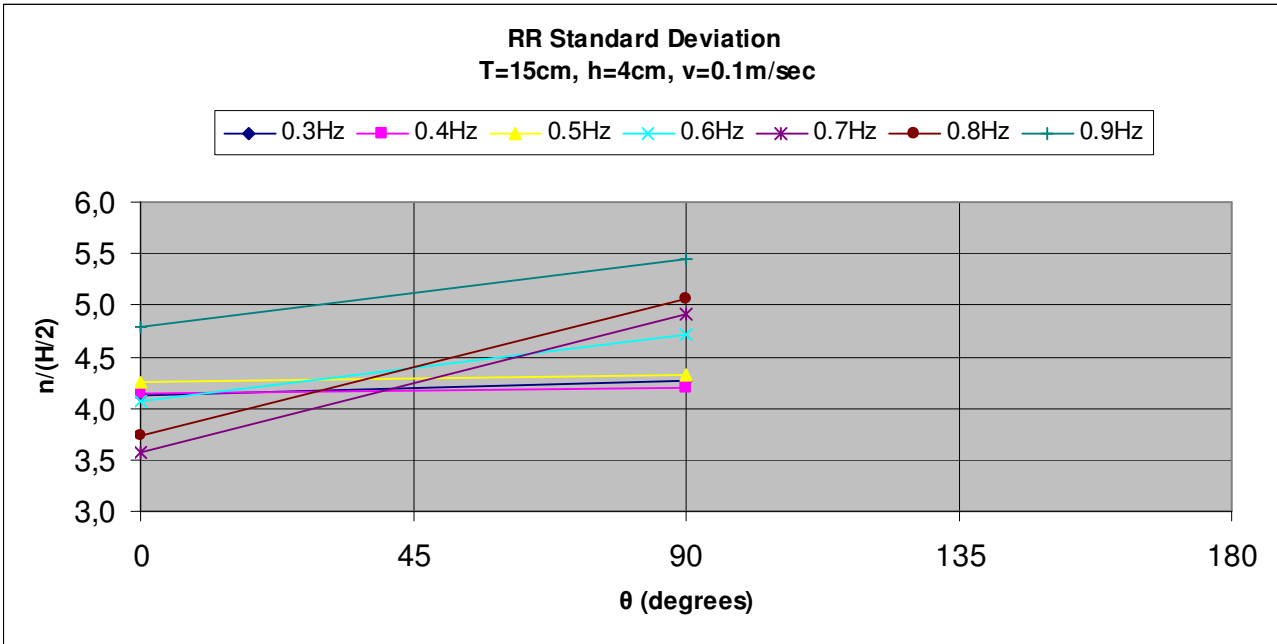
3.3.1.4 Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη γωνία για διαφορετική ταχύτητα

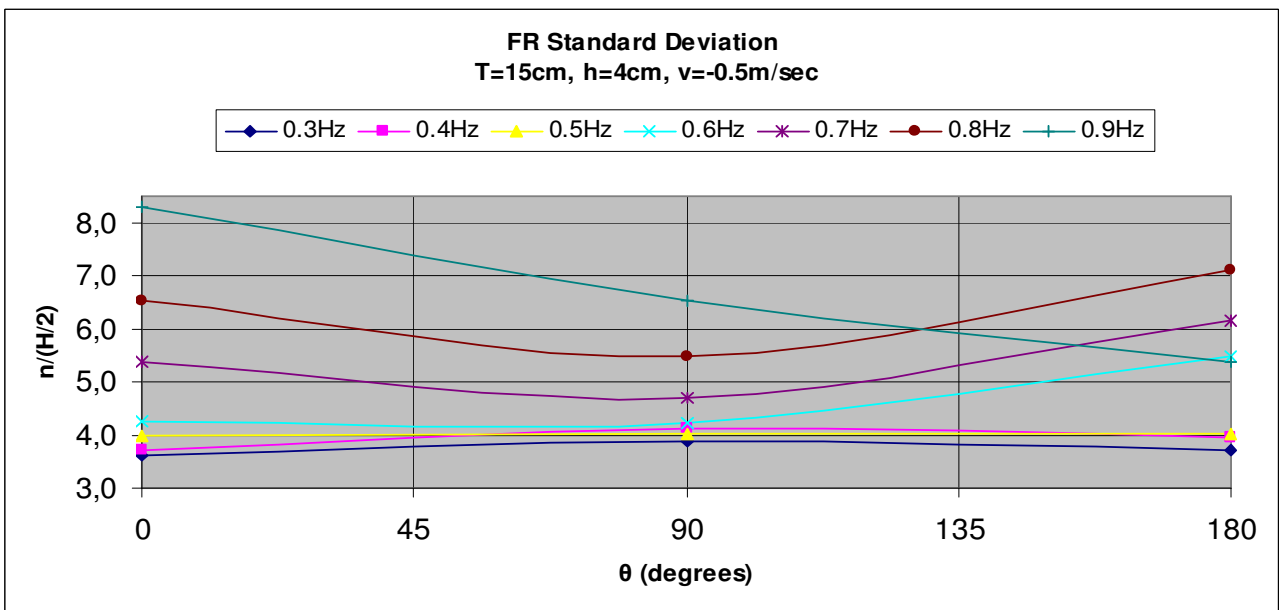
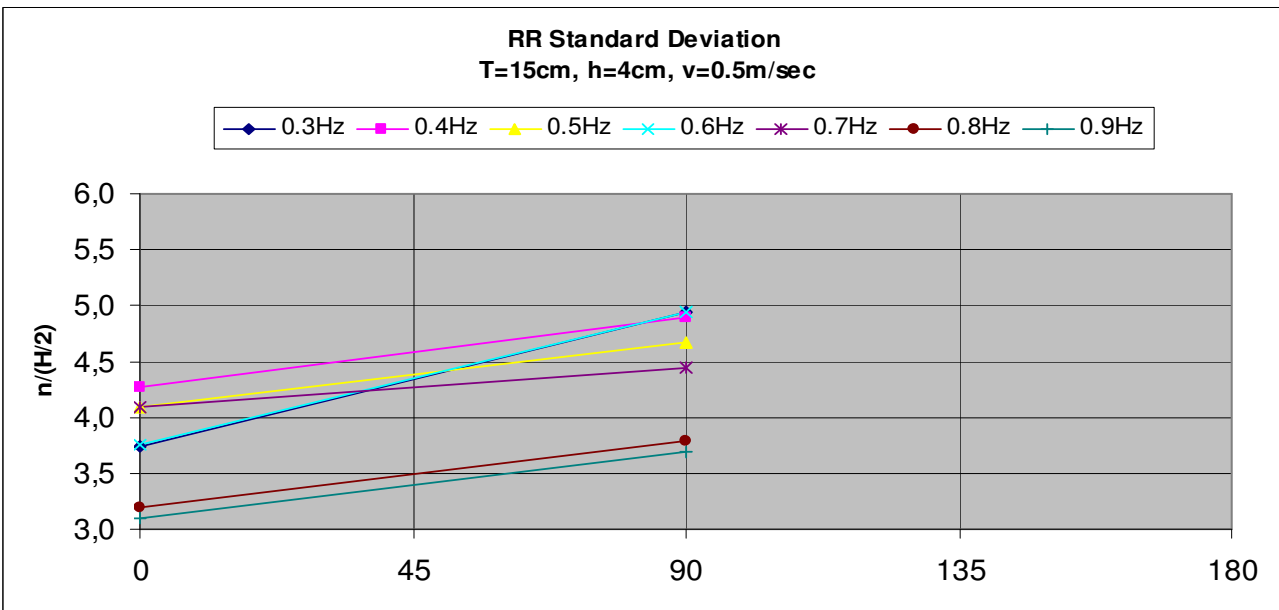
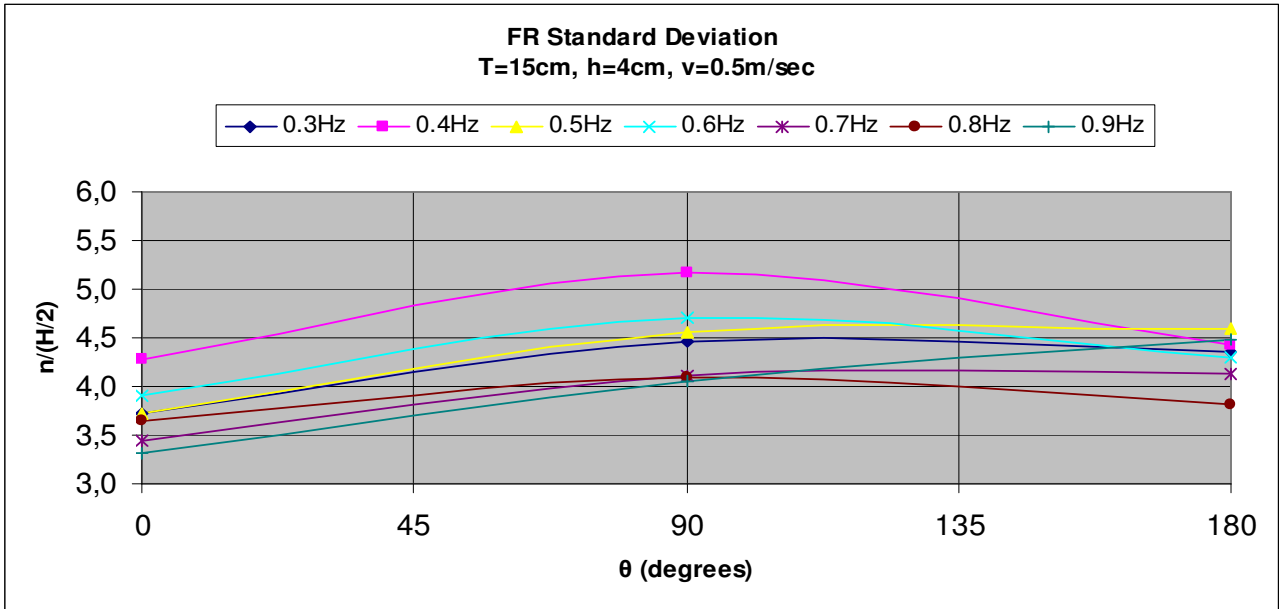


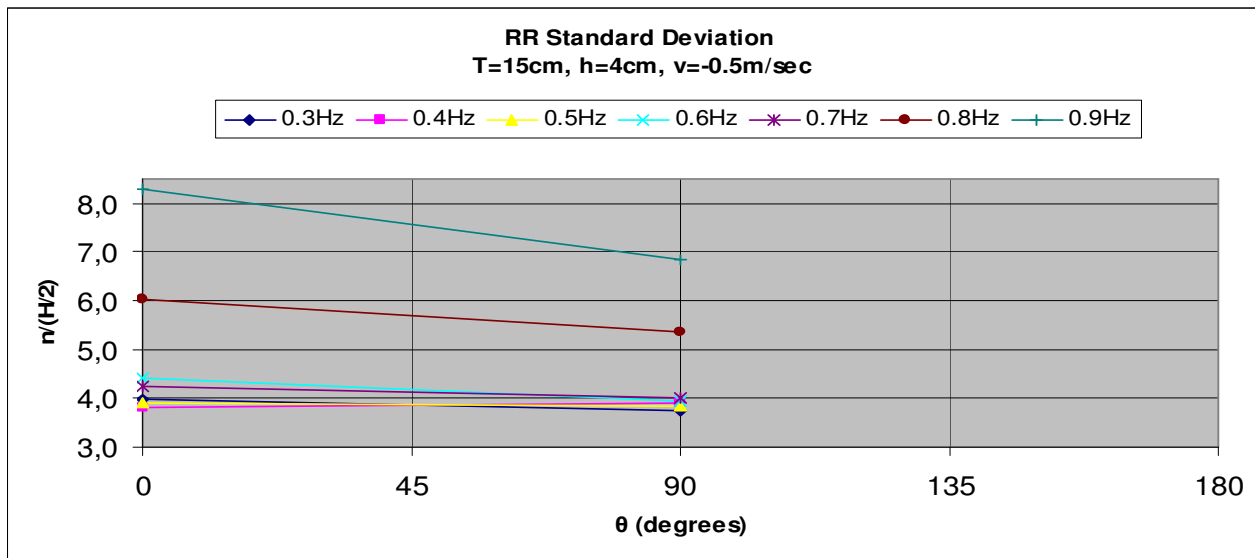


3.3.1.5 Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα

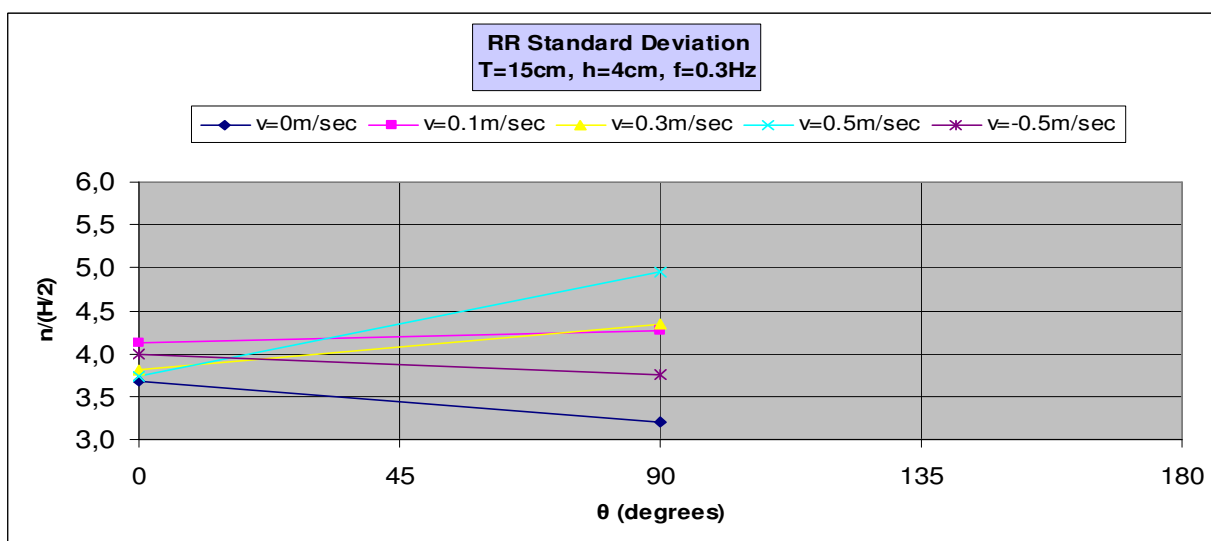
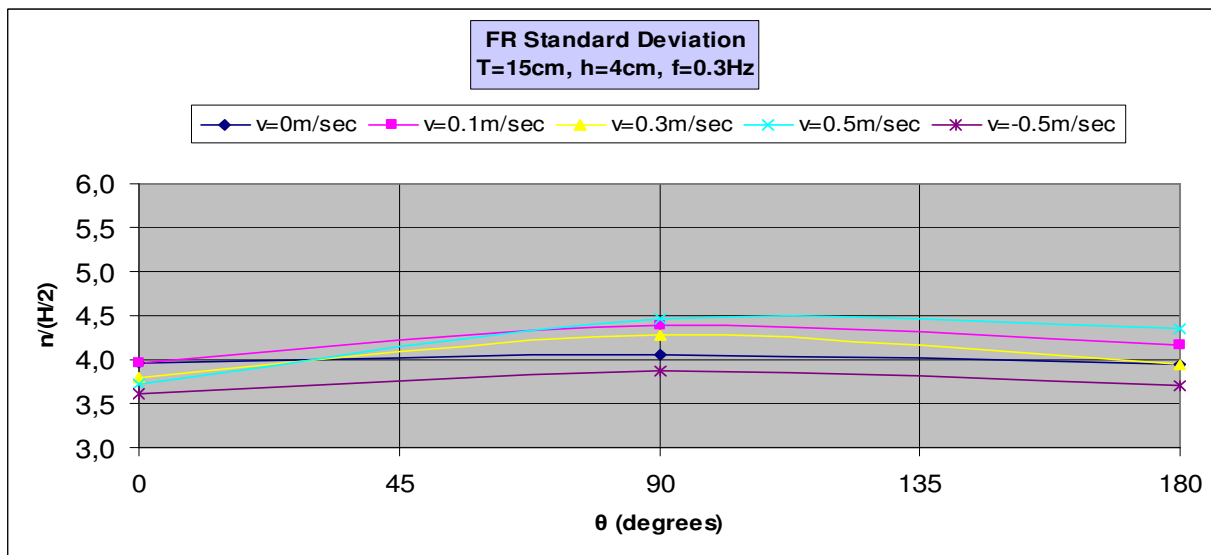


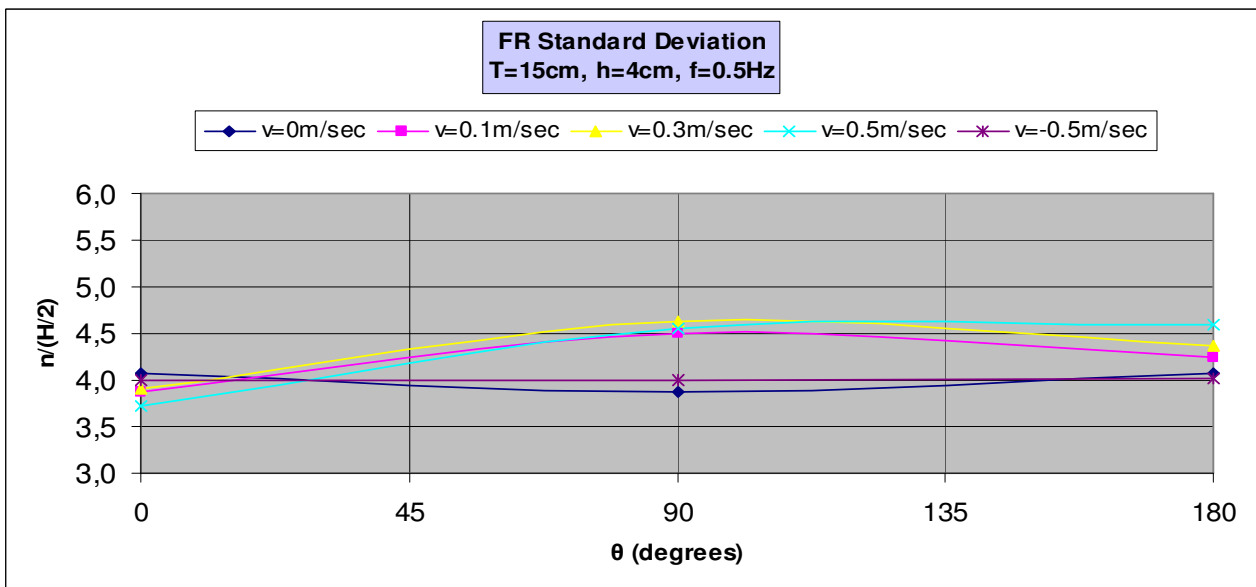
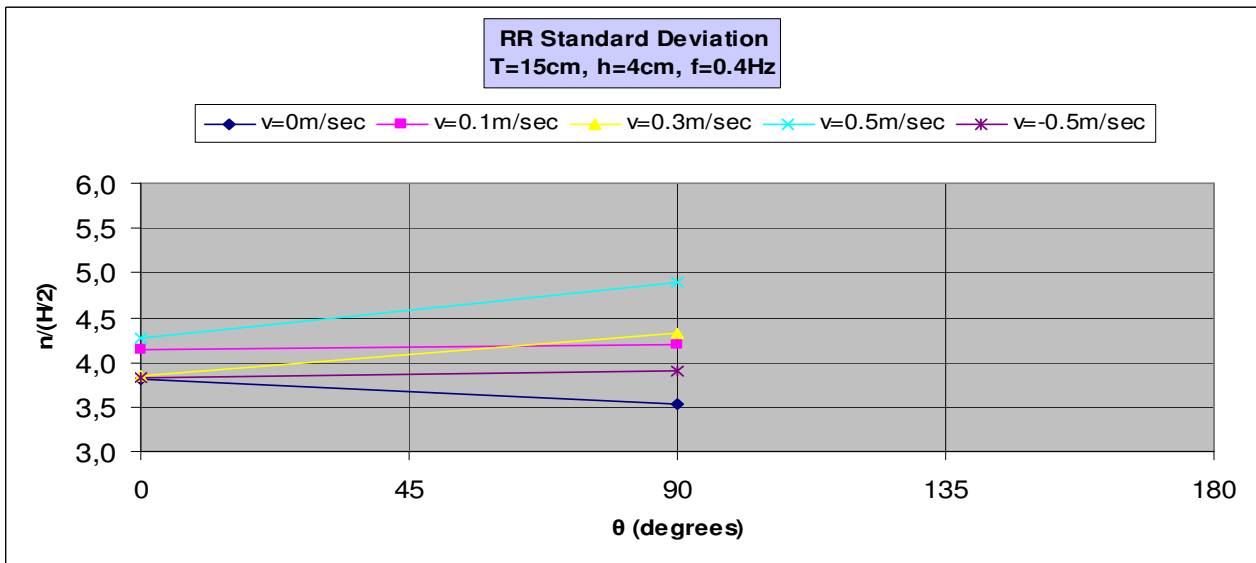
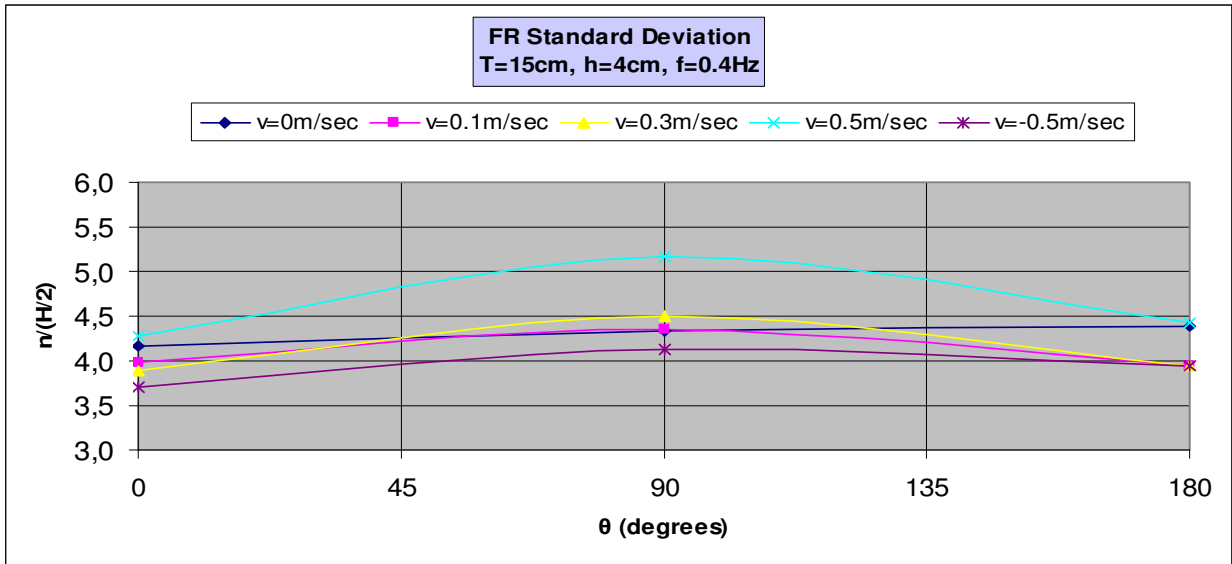


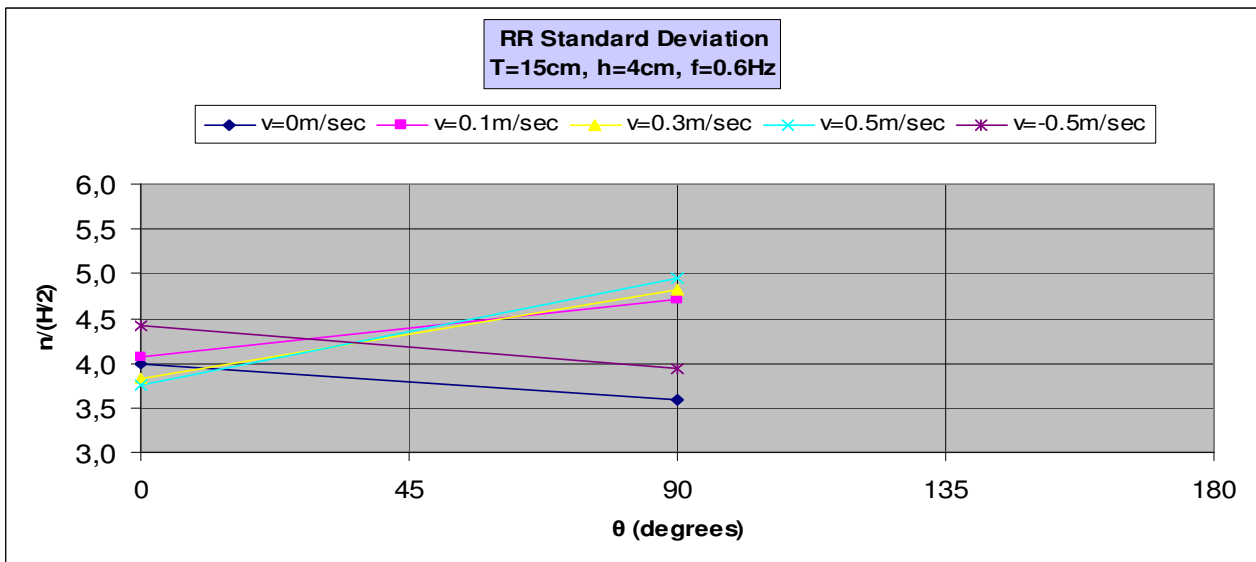
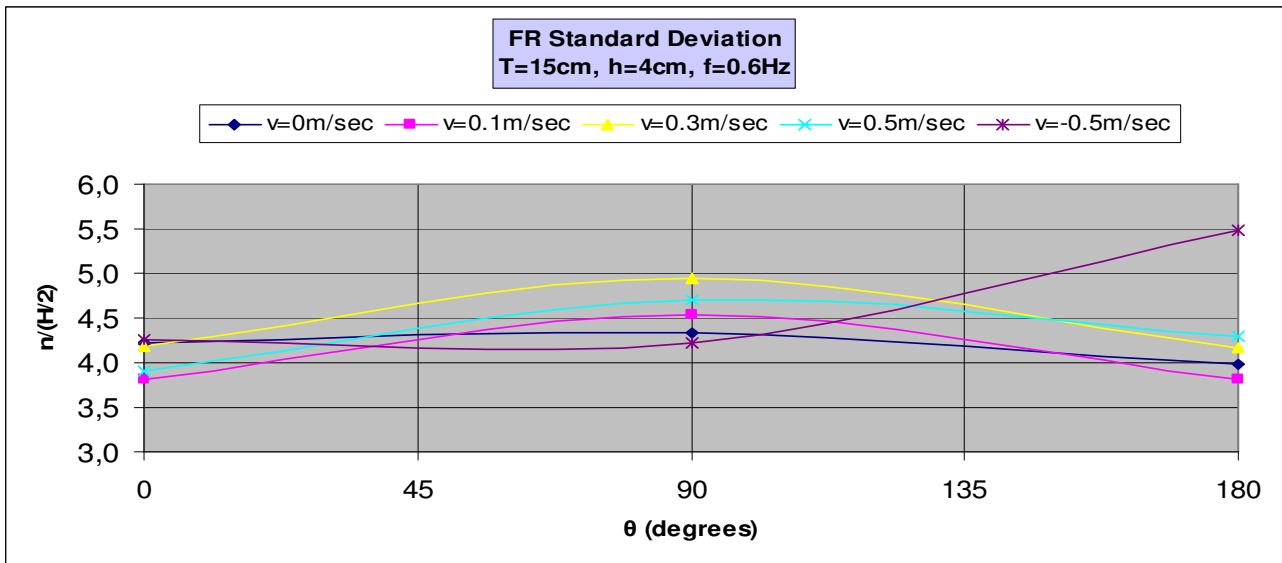
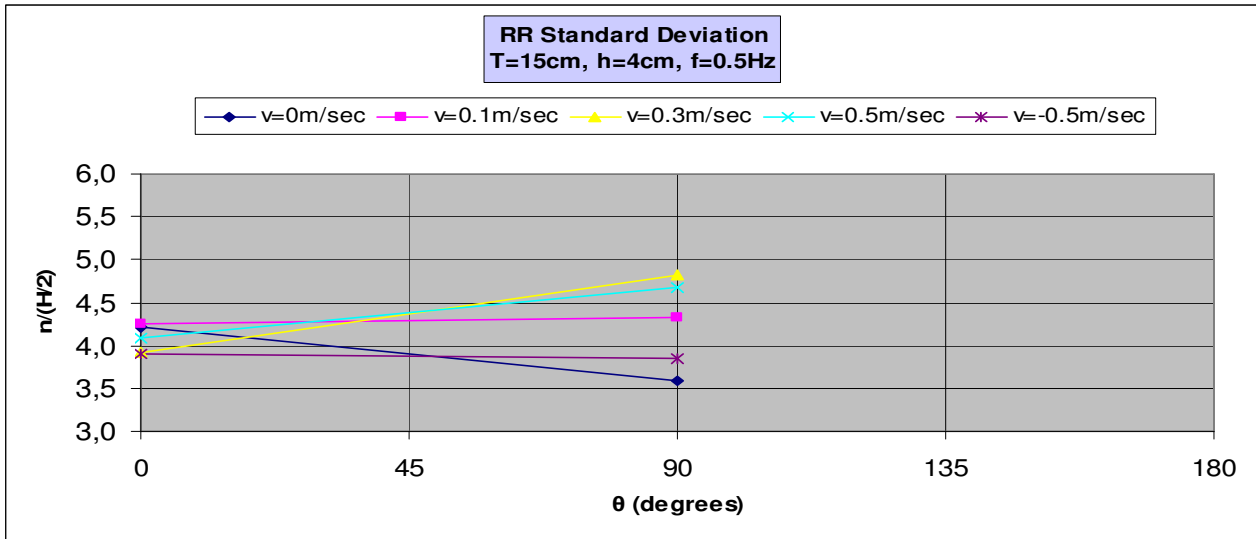


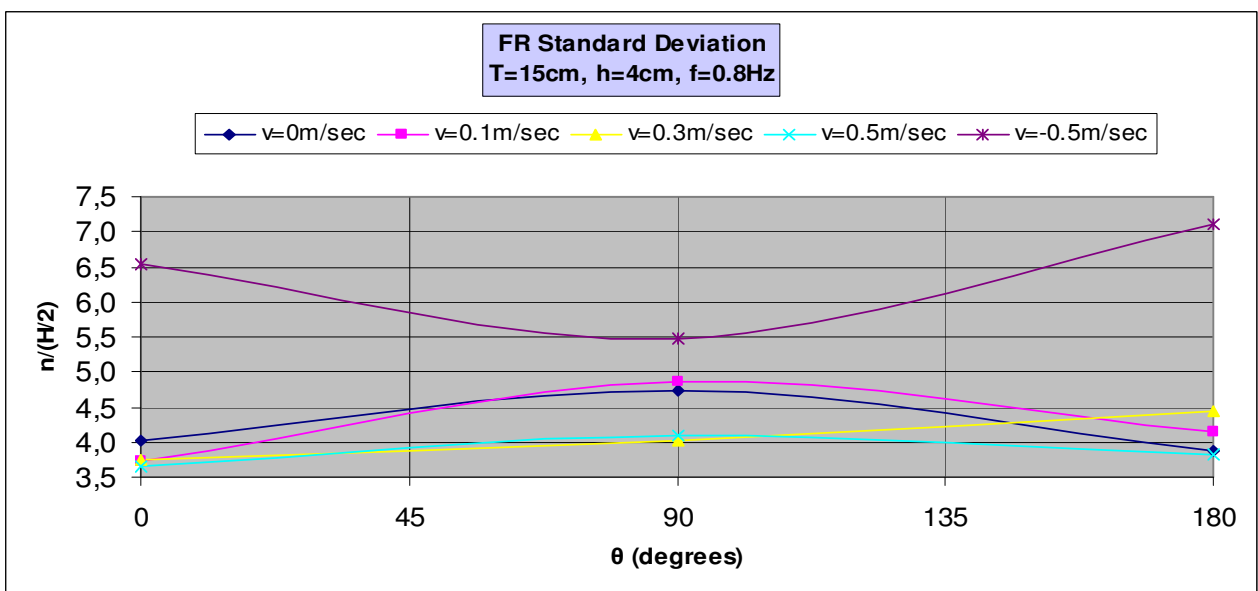
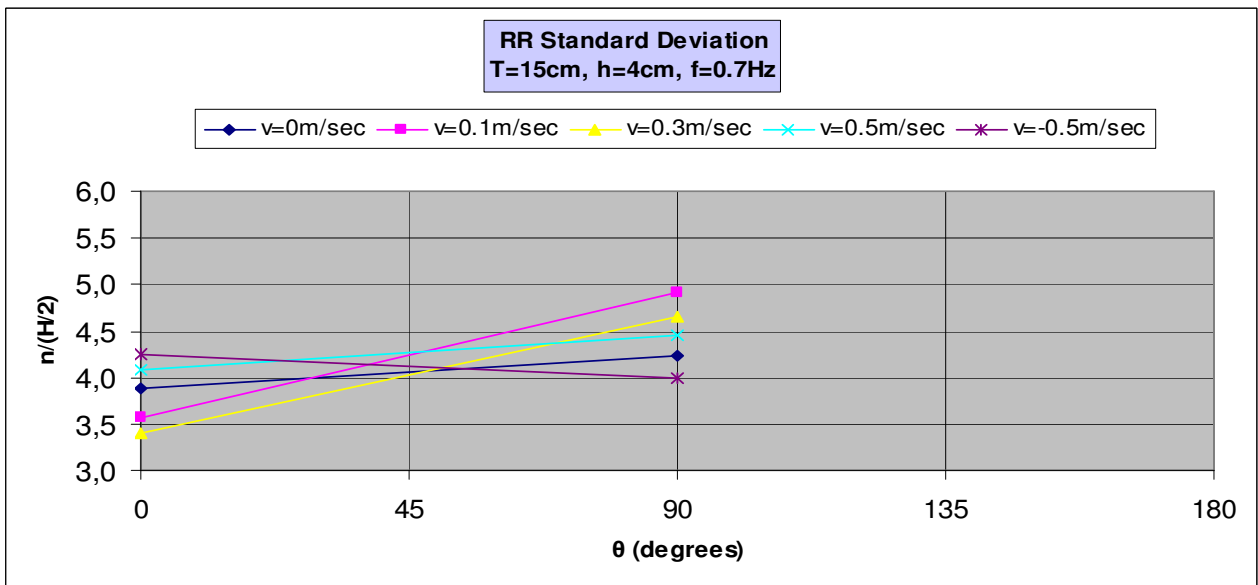
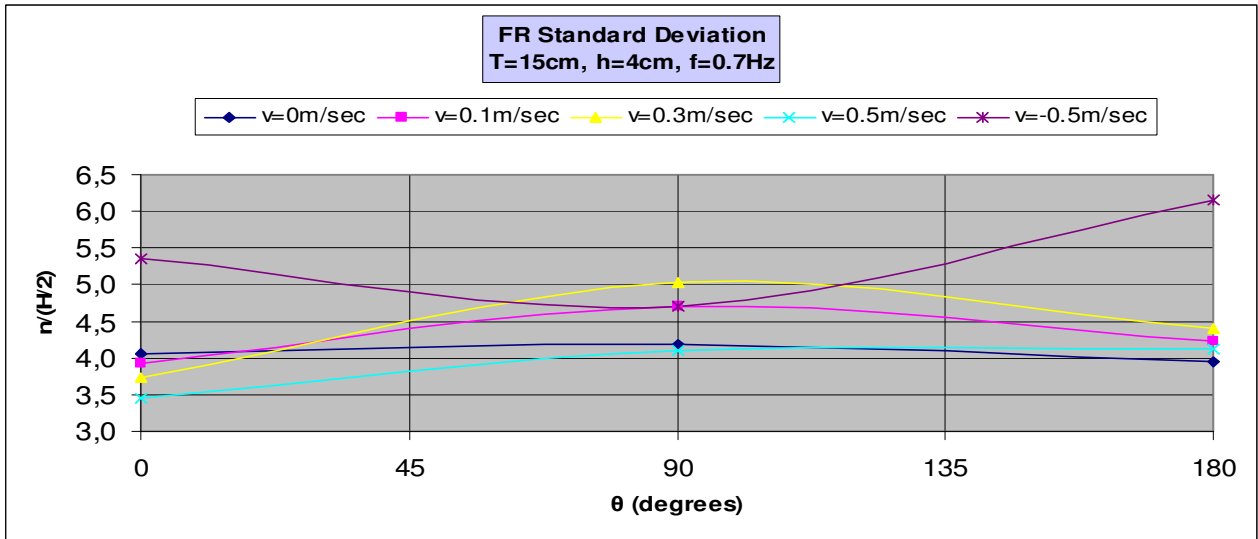


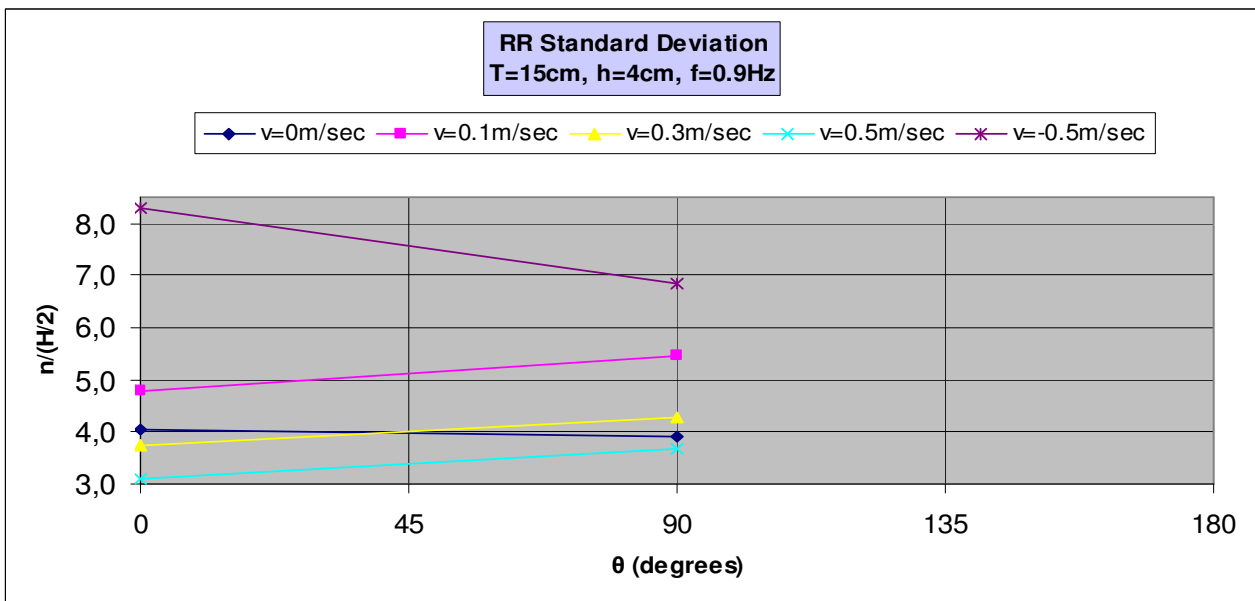
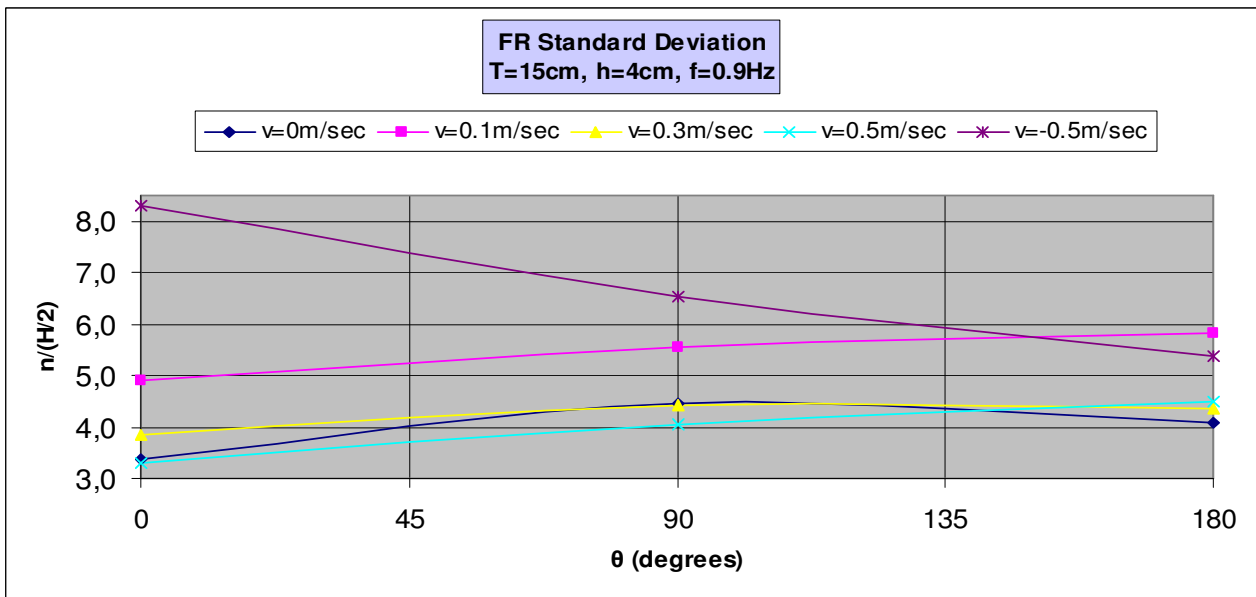
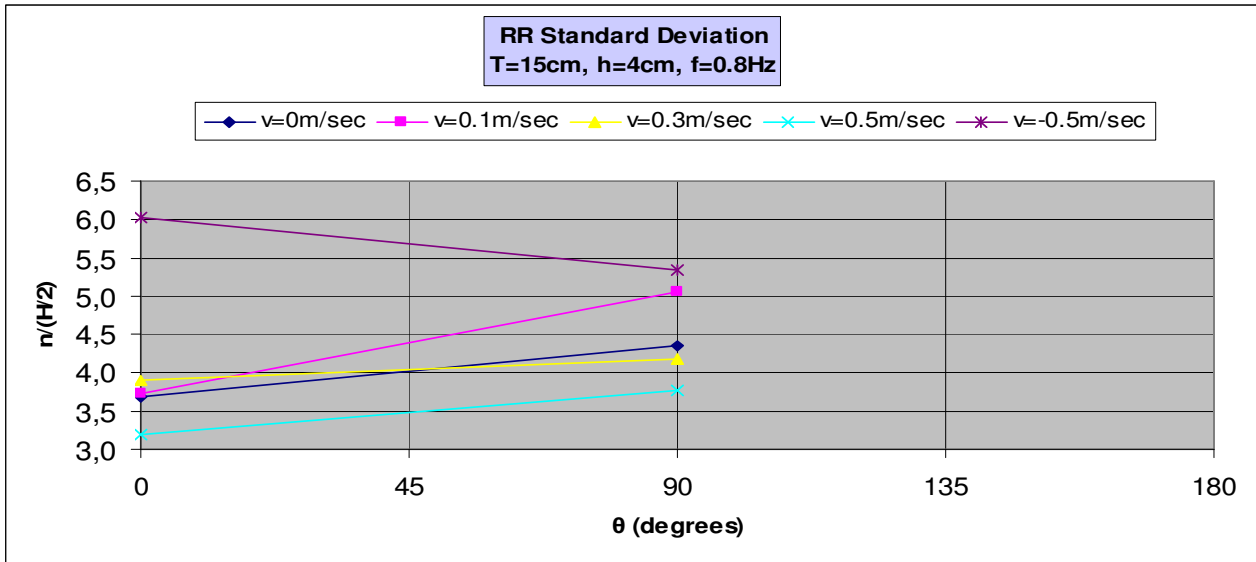
3.3.1.6 Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη συχνότητα για διαφορετική ταχύτητα



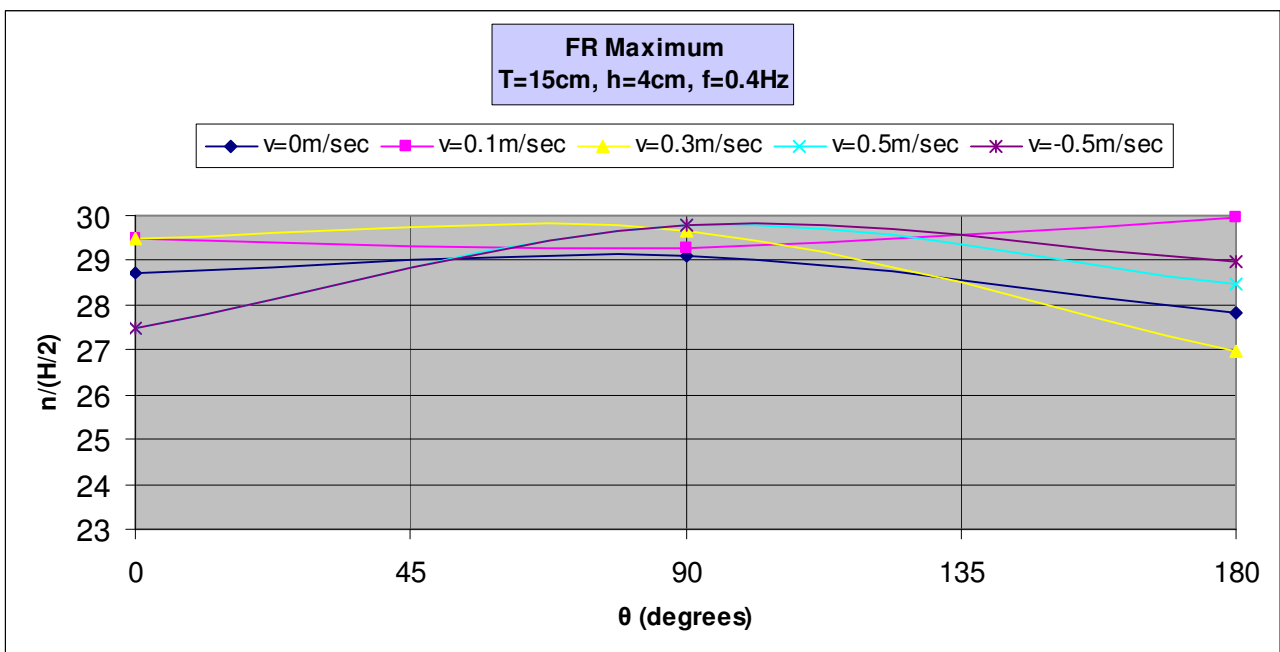
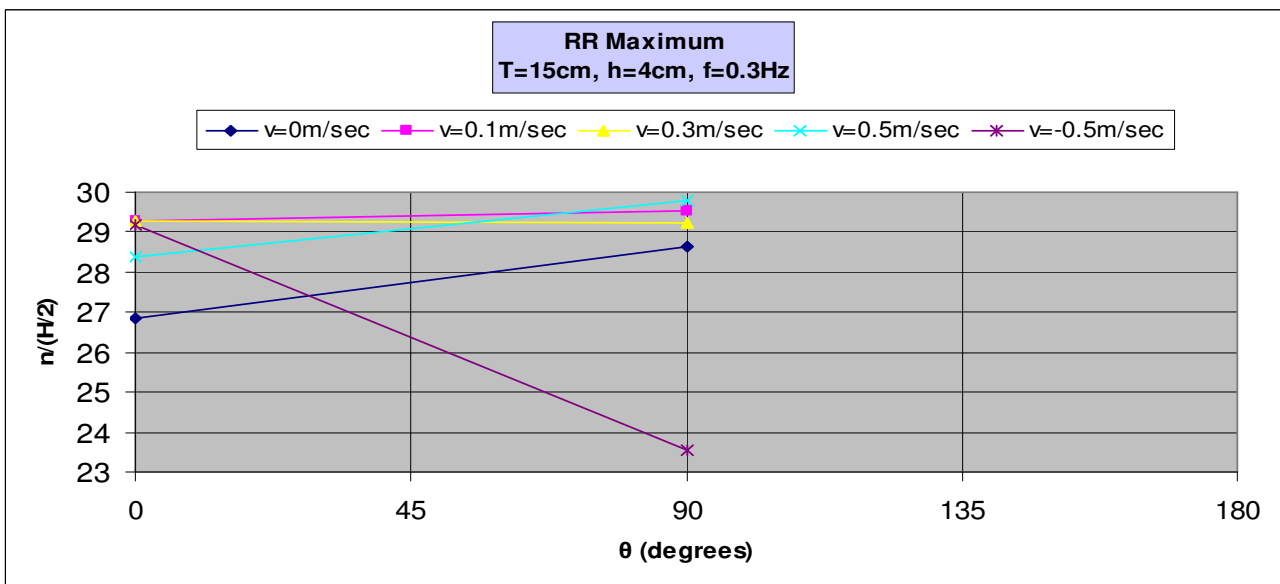
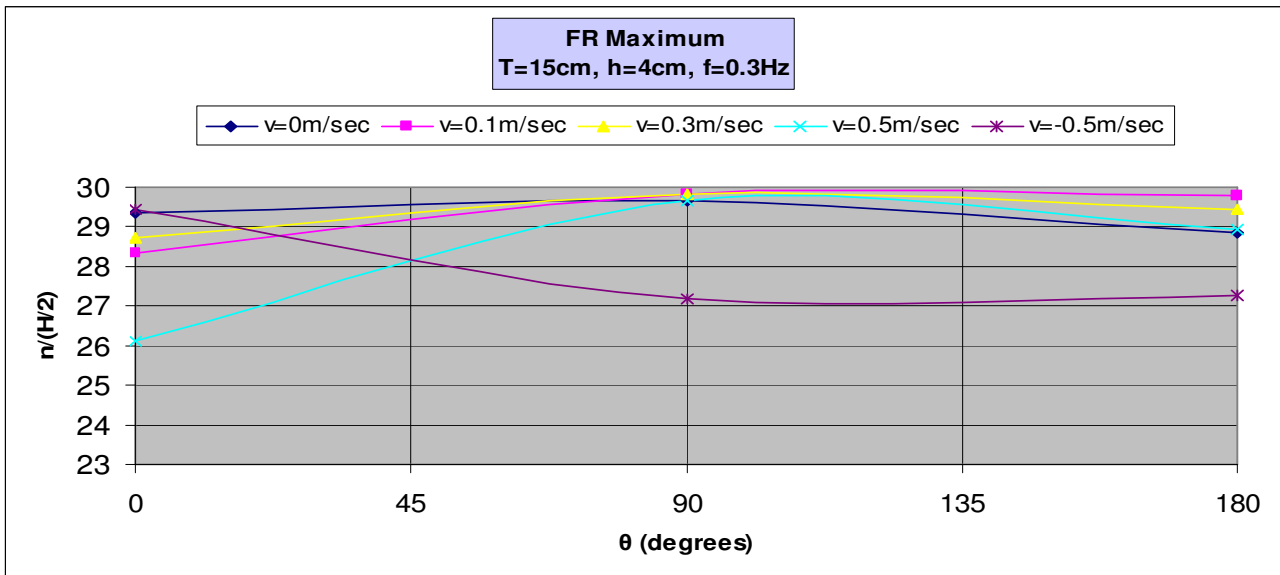


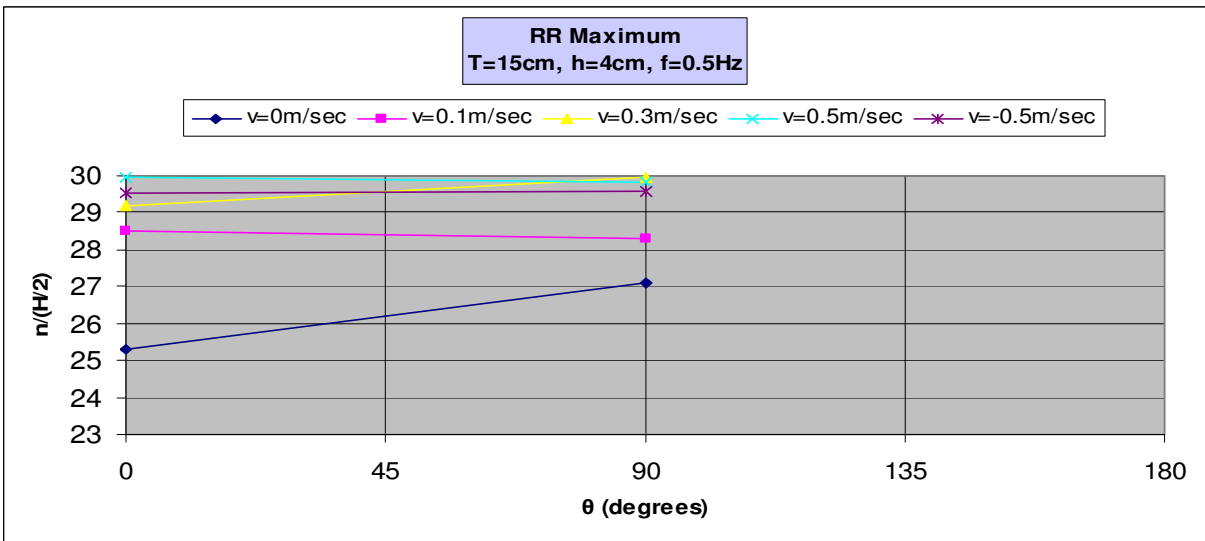
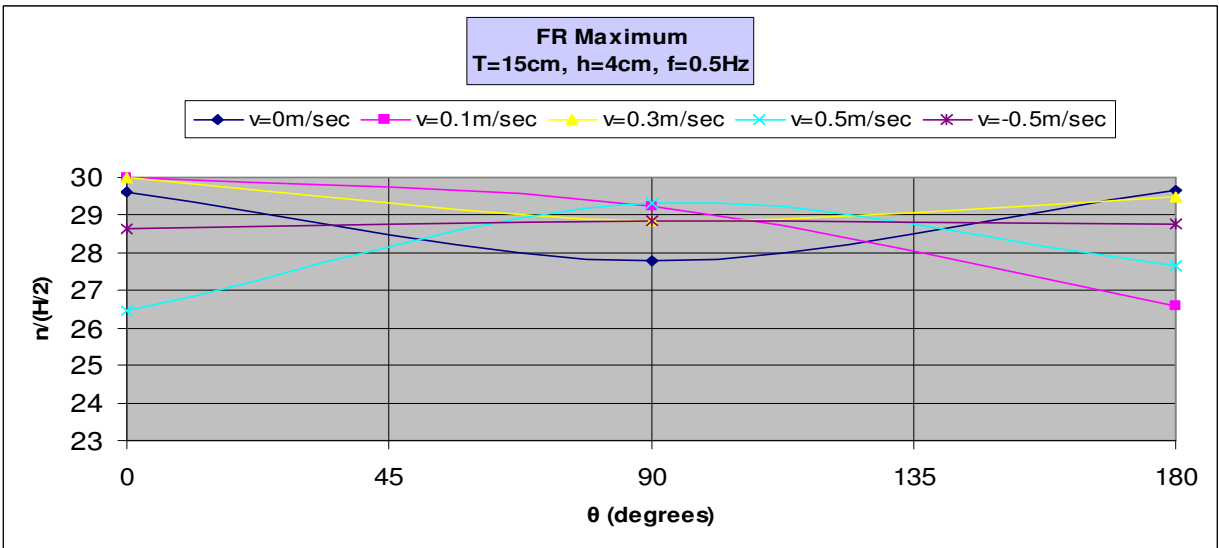
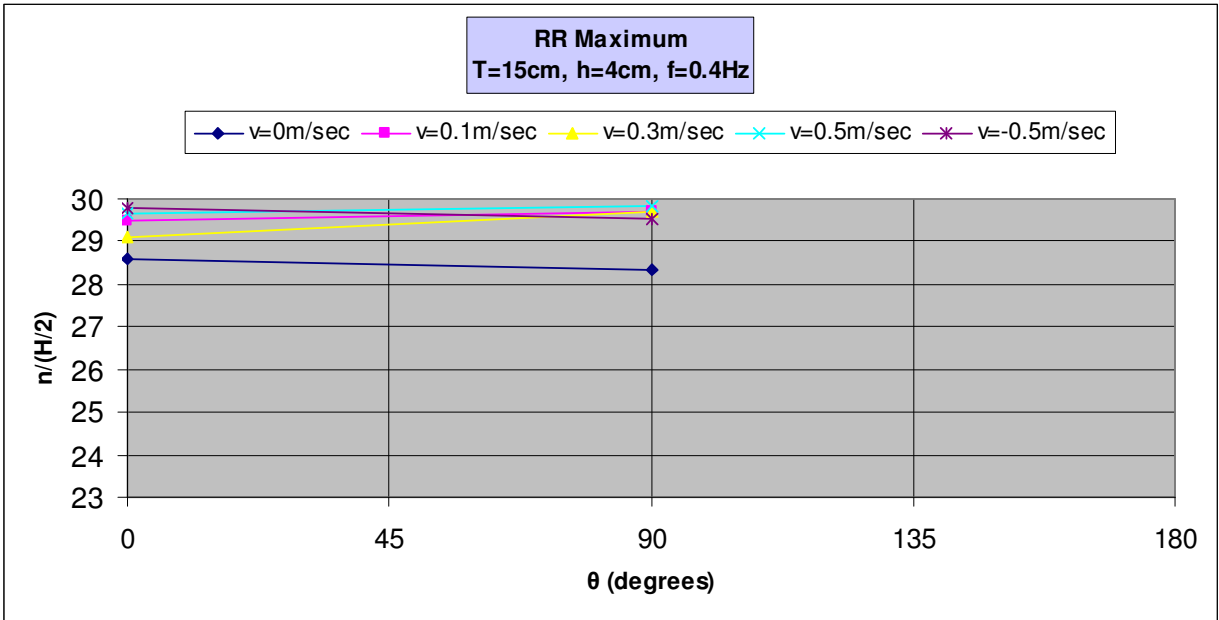


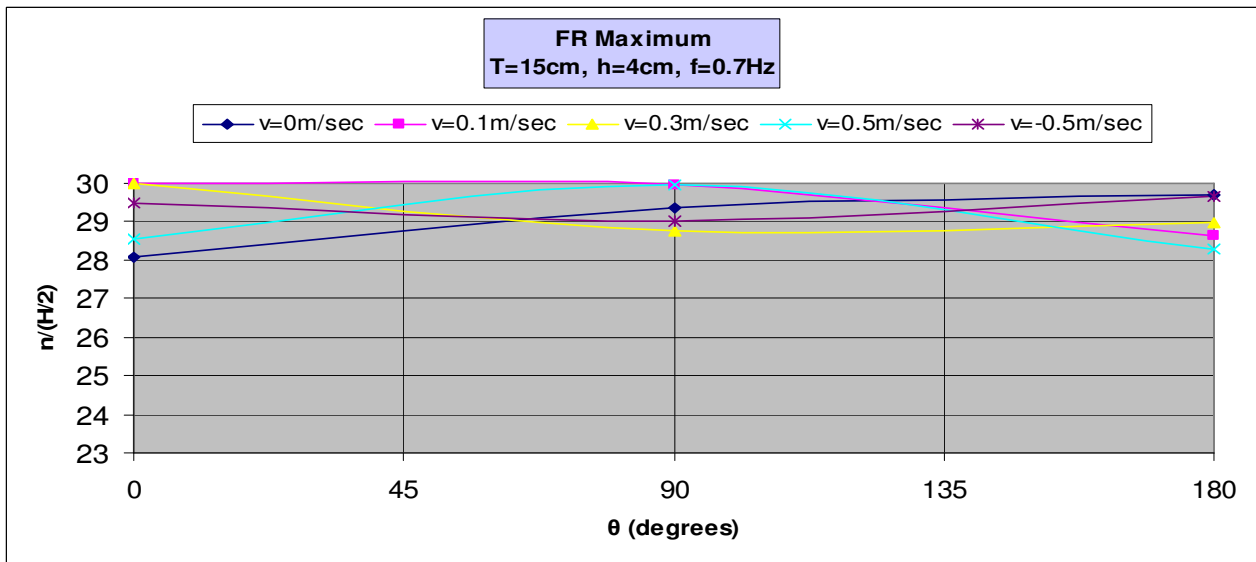
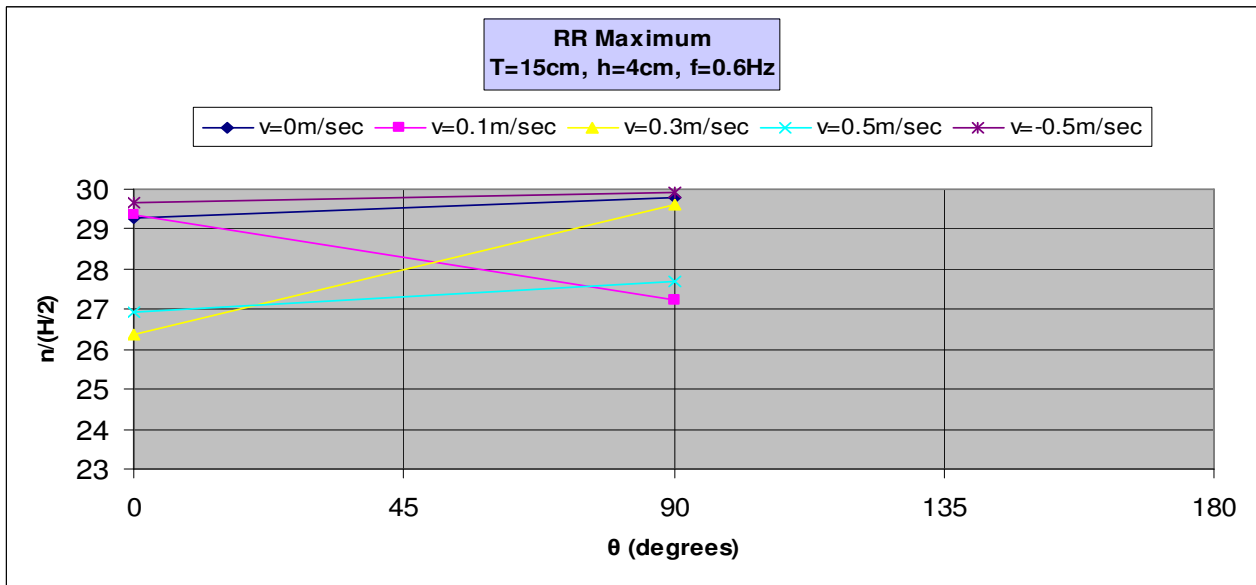
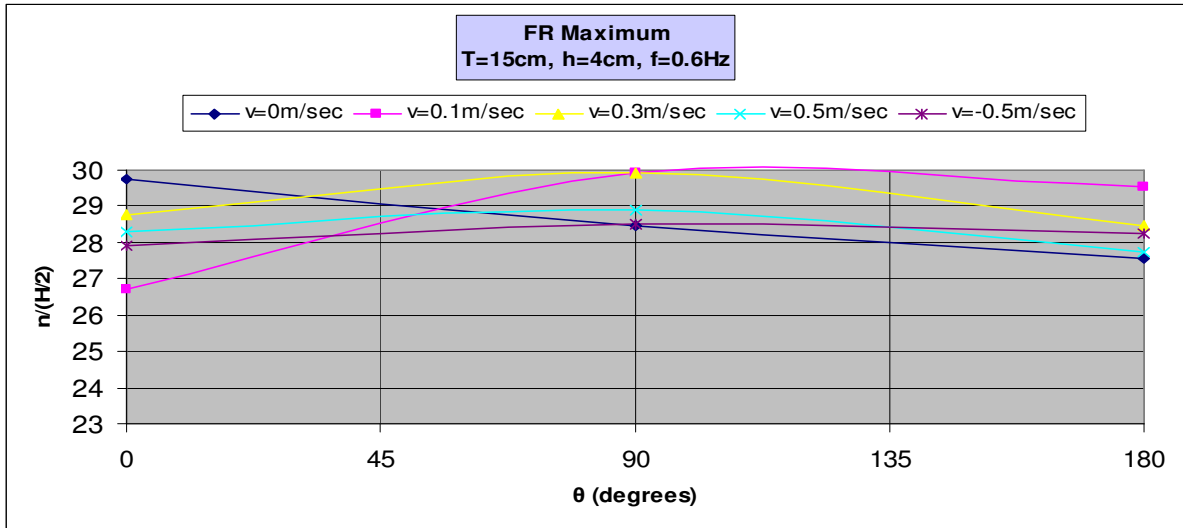


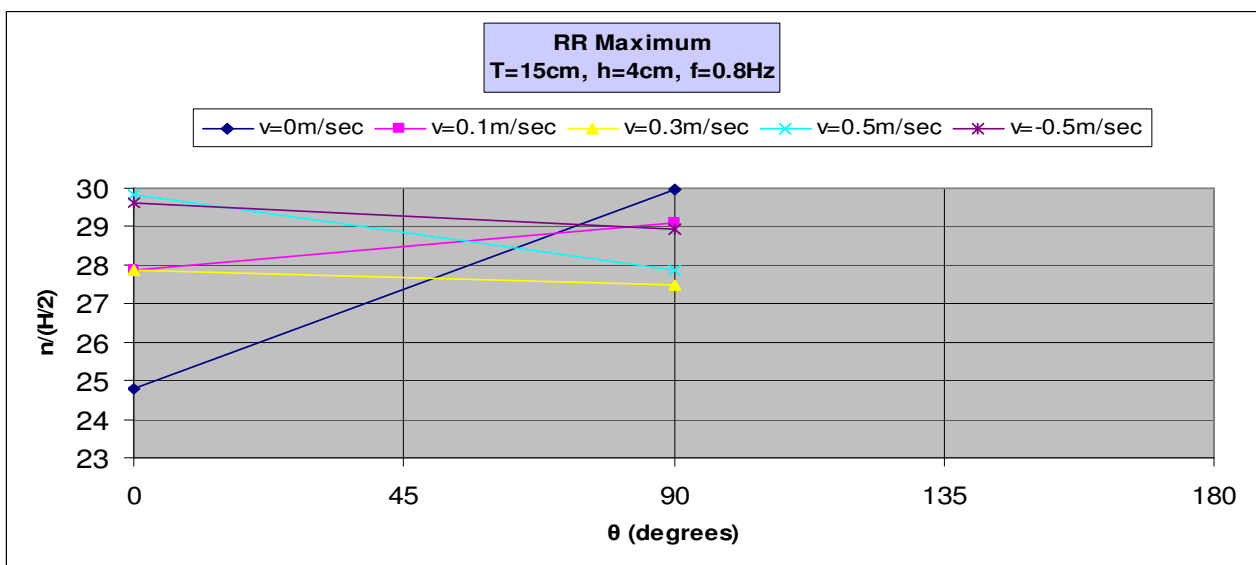
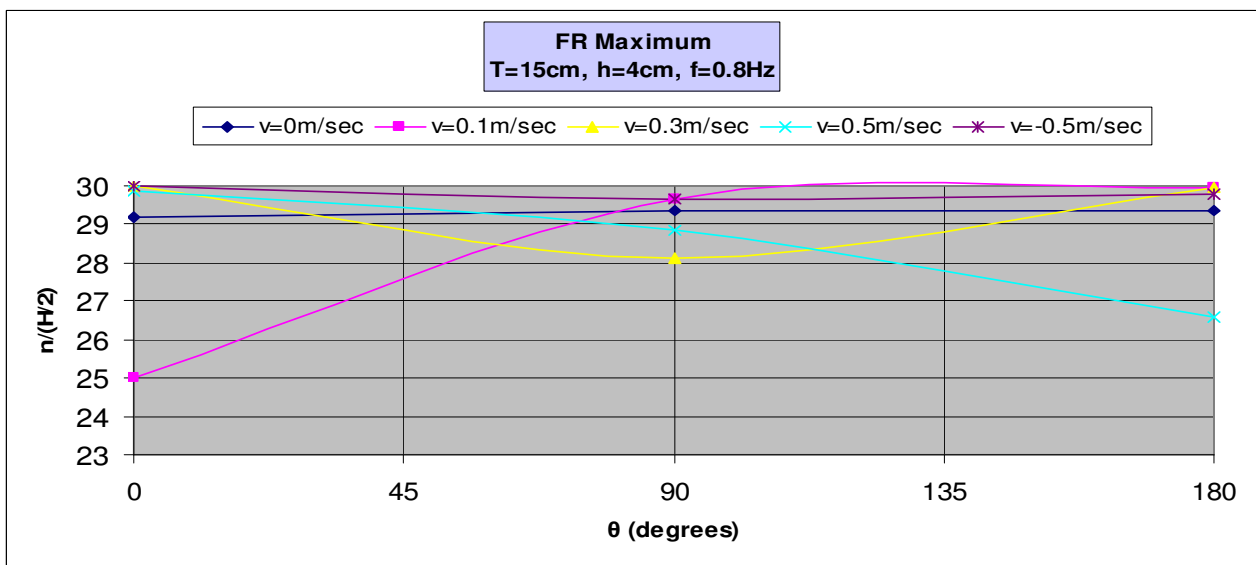
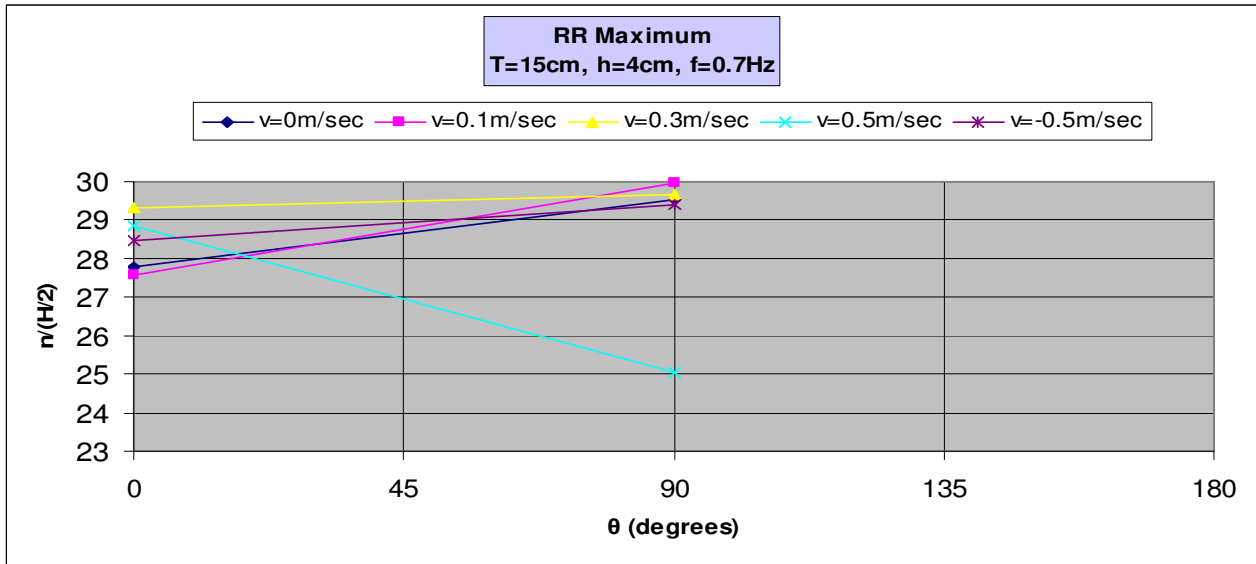


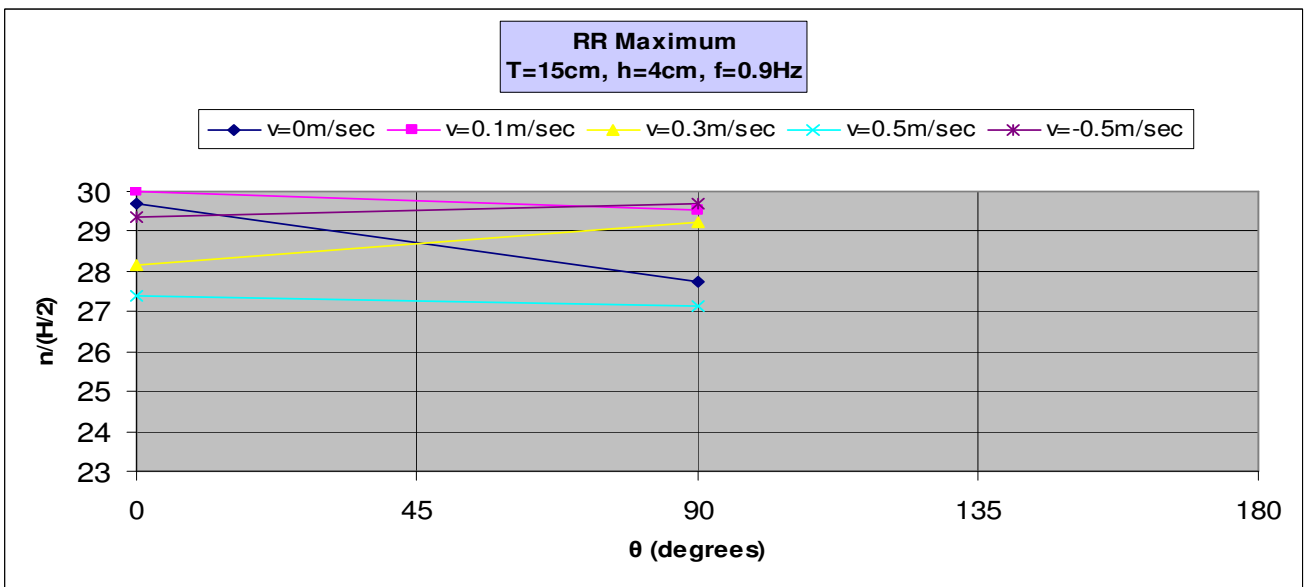
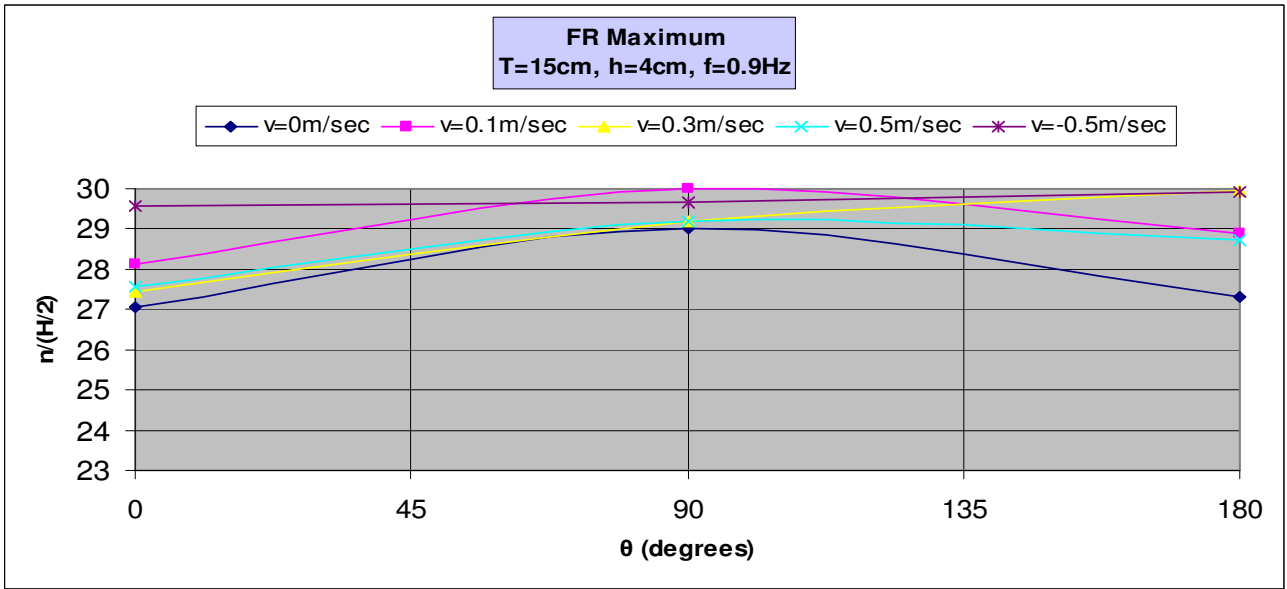
3.3.1.7 Διάγραμμα Maximum $n/(H/2)$ - θ σε δεδομένη συχνότητα για διαφορετική ταχύτητα











3.3.2 Αποτελέσματα Standard Deviation και Maximum μετρήσεων για την Πλατφόρμα για h=6cm

Standard Deviation για v=0 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,5		4,391757	4,150247	4,109377	4,368906	4,318415
0,6		4,097939	4,077577	4,071609	4,328894	4,30481
0,7		3,694553	4,271050	3,949798	3,44827	4,730323
0,8		3,714635	4,435728	3,891999	3,368002	4,134749
0,9		4,136189	4,839487	4,617881	4,17172	4,844448

Maximum για v=0 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,5		28,98321	29,585635	28,93676	25,63347	29,54133
0,6		29,53788	27,1836	29,1035	29,95961	27,28569
0,7		29,11158	29,470214	28,59977	27,67494	29,28045
0,8		29,57949	29,716249	29,41005	29,9835	29,9088
0,9		28,98854	29,248805	28,23163	29,61602	29,50028

Standard Deviation για v=0,1 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,5		4,20941	4,79722	4,072839	4,384251	4,481717
0,6		3,855918	4,221824	3,806284	3,894785	4,159059
0,7		3,264304	4,27716	3,905361	3,538174	4,753307

Maximum για v=0,1 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,5		29,71335	28,752956	29,44556	29,91322	29,92081
0,6		26,04392	22,431961	27,31977	20,39779	27,29113
0,7		22,47442	20,453272	21,04868	19,92264	28,99544

Standard Deviation για v=0,3 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,5		3,957478	4,776672	4,255246	4,257436	5,038053
0,6		3,655397	4,718452	4,361094	3,954583	3,617975
0,7		3,503253	3,925649	4,415411	2,867426	3,71055

Maximum για v=0,3 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,5		29,71335	29,55927	29,20208	29,64975	26,45612
0,6		28,28868	27,267696	27,31977	29,52044	22,02851
0,7		24,30517	23,148285	21,3026	19,35005	27,35122

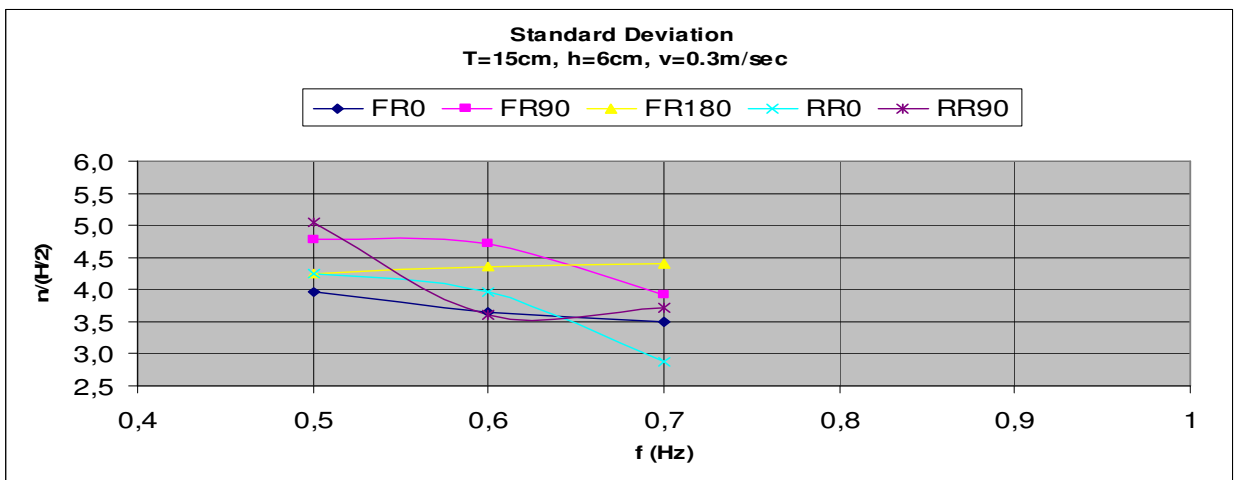
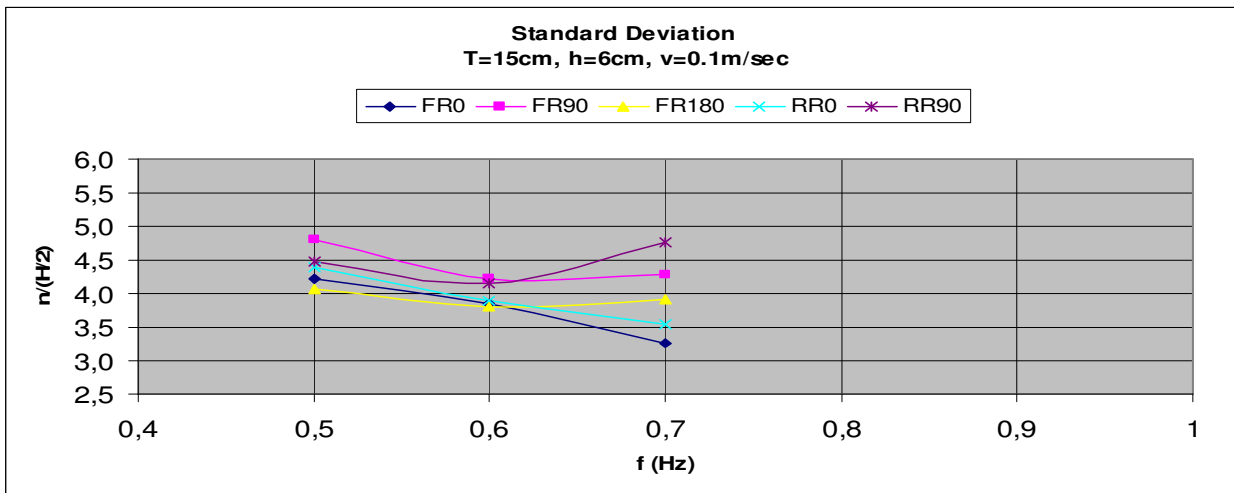
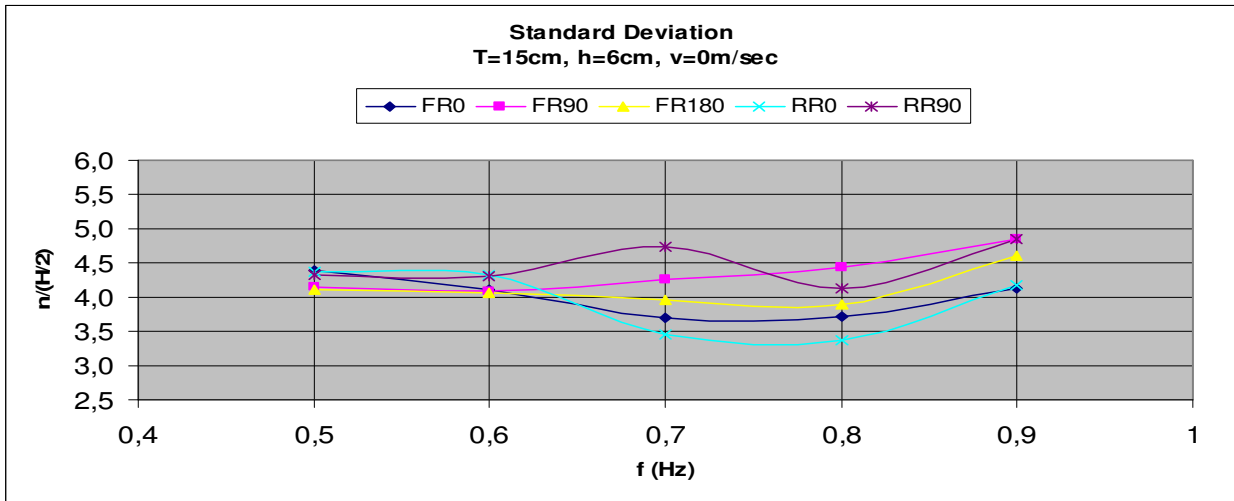
Standard Deviation για v=0,5 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,5		3,796391	4,655531	4,313917	4,08078	4,972017
0,6		3,346994	3,813579	4,127939	2,957799	4,266515
0,7		2,919036	3,083197	4,350148	3,493556	3,506206

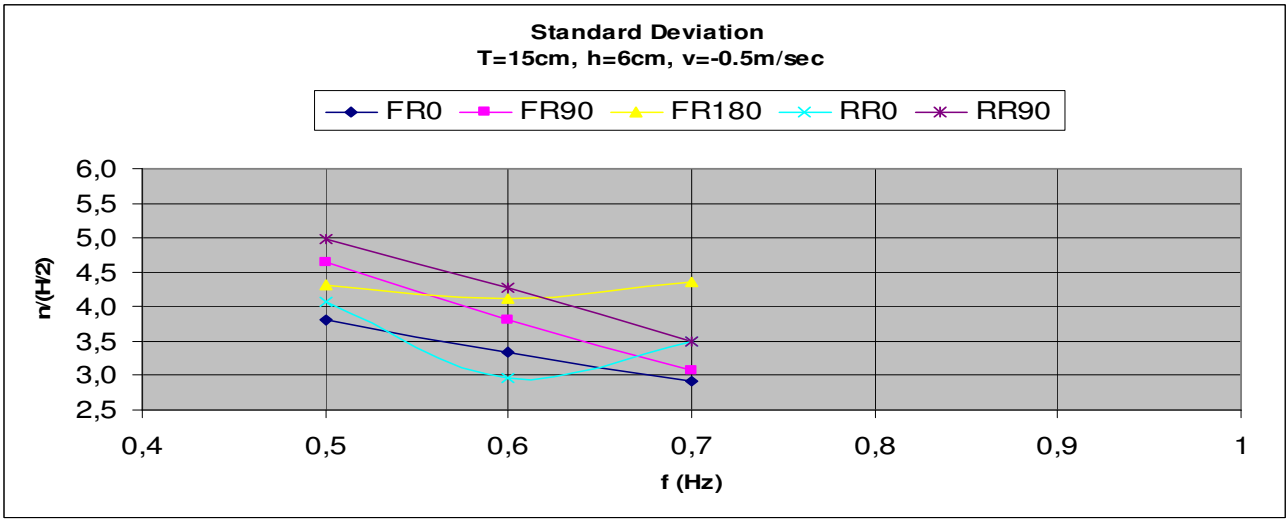
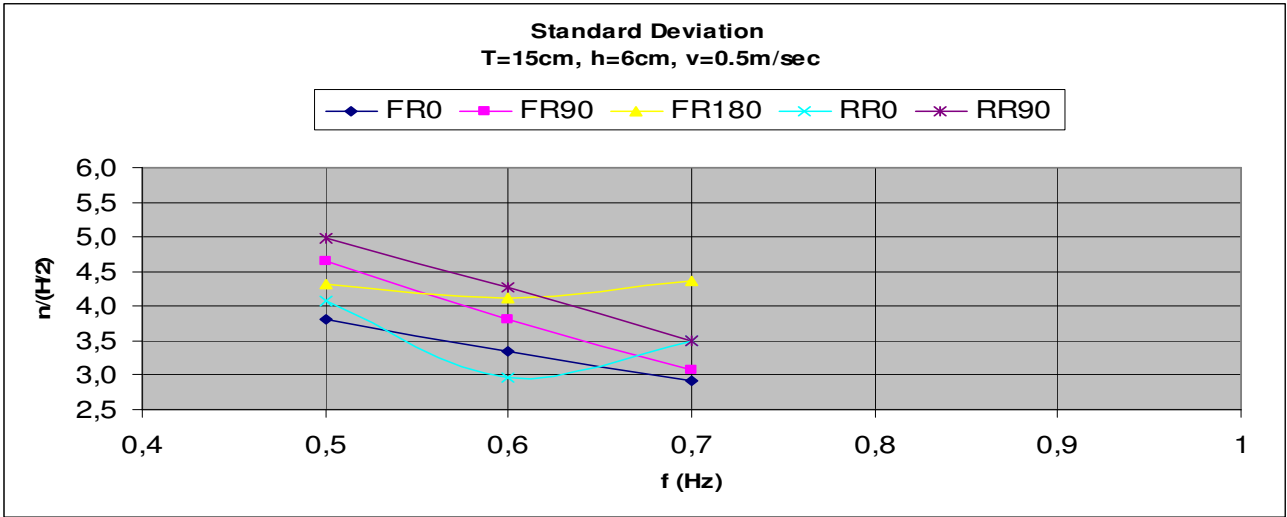
Maximum για v=0,5 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,5		28,38593	29,698805	29,21435	28,44207	29,82714
0,6		28,18683	21,709712	22,50513	14,71127	25,68919
0,7		17,76492	22,172967	27,27012	19,58528	17,01694

Standard Deviation για v=-0,5 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,5		3,980678	3,963336	4,230932	4,142343	3,992618
0,6		4,650558	4,165858	4,432994	4,553625	4,014978
0,7		4,863683	4,584281	5,793284	4,627002	4,151096

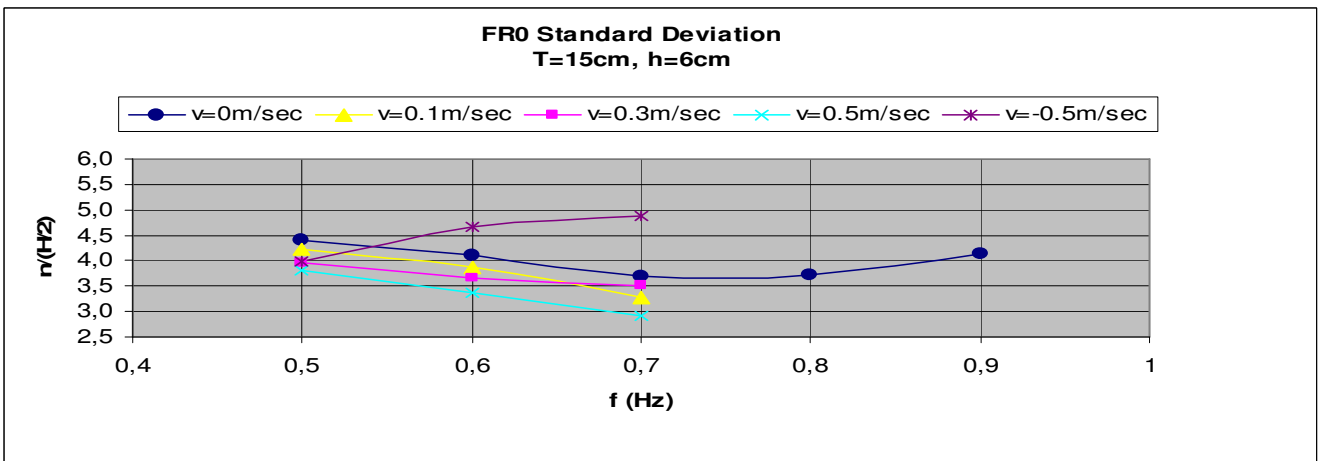
Maximum για v=-0,5 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,5		27,27861	29,770676	29,82506	29,91398	28,95695
0,6		24,7731	24,68276	22,25142	27,26625	28,9494
0,7		28,46132	29,747291	29,54891	29,40413	29,94268

3.3.2.1 Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία

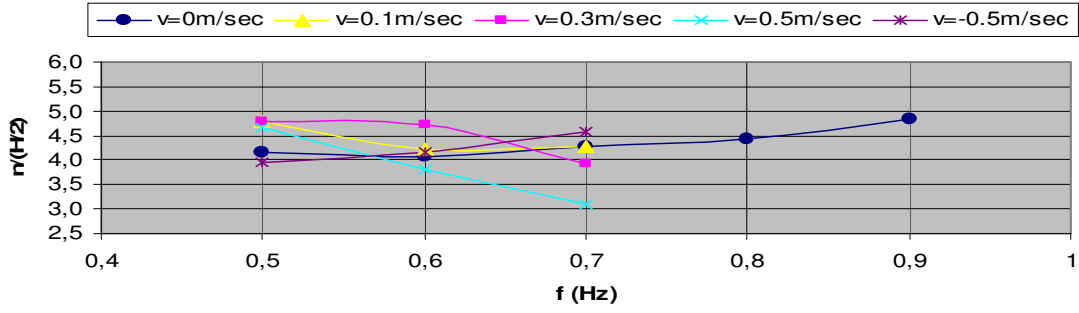




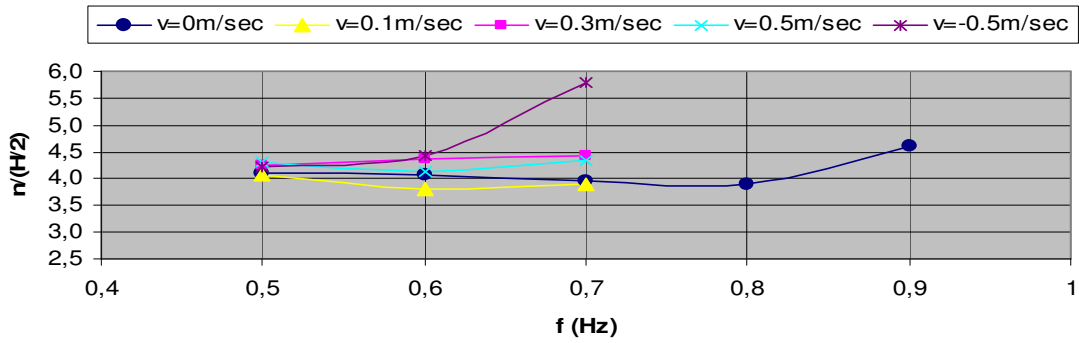
3.3.2.2 Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη γωνία για διαφορετική ταχύτητα



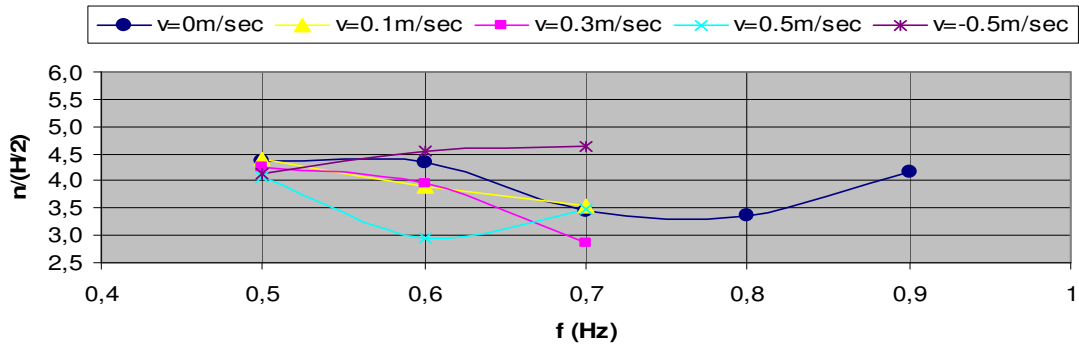
FR90 Standard Deviation
T=15cm, h=6cm



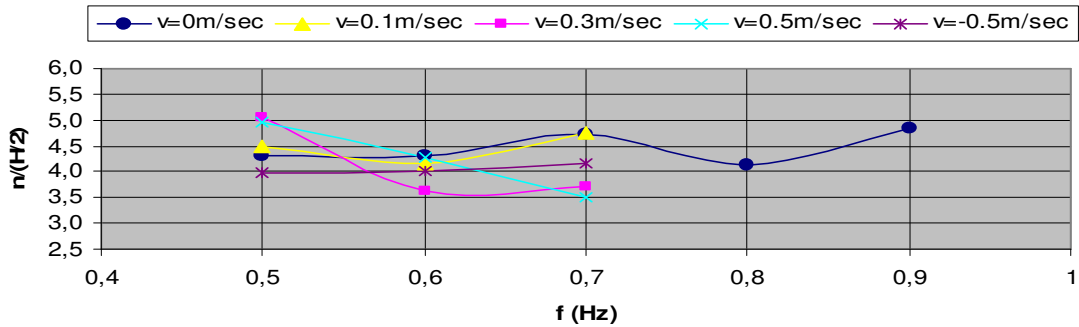
FR180 Standard Deviation
T=15cm, h=6cm



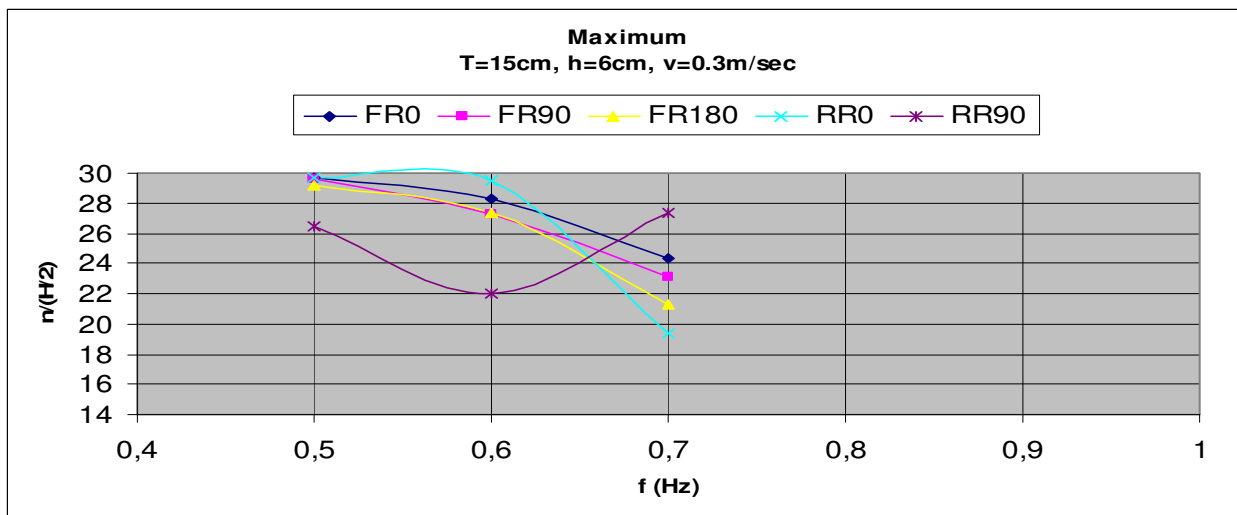
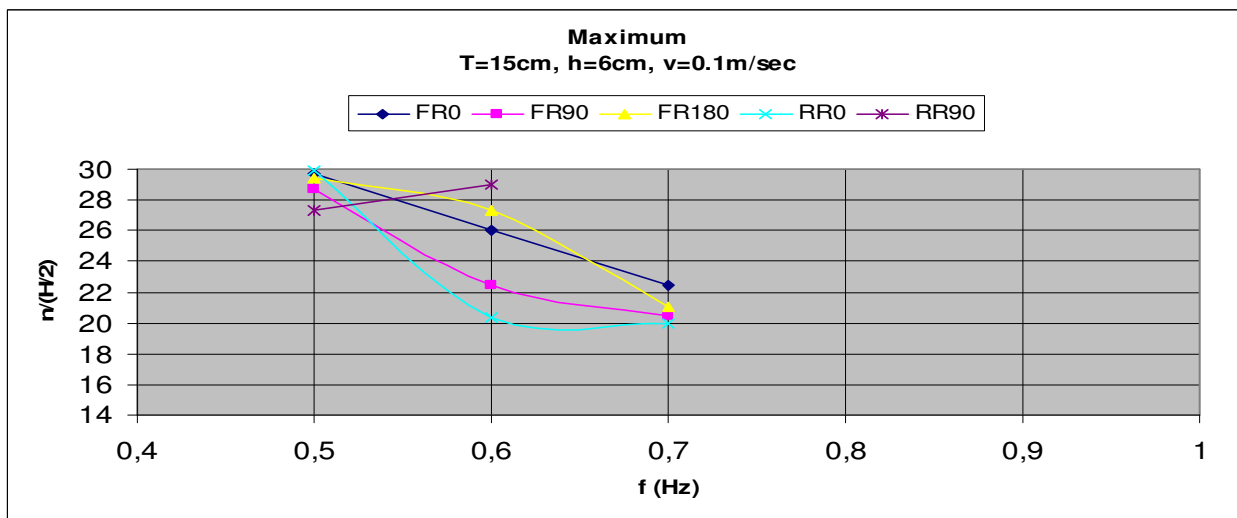
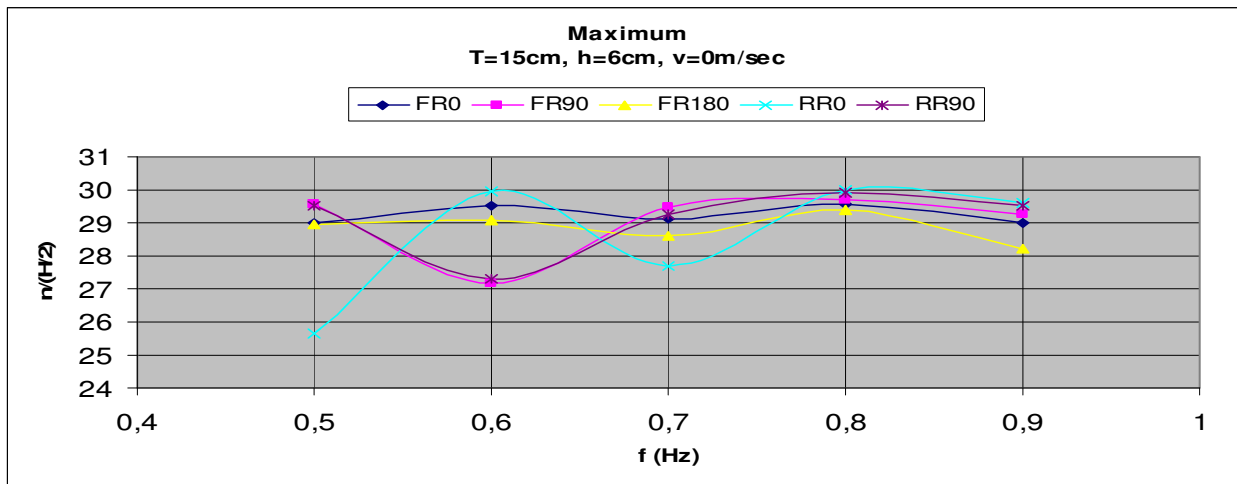
RR0 Standard Deviation
T=15cm, h=6cm

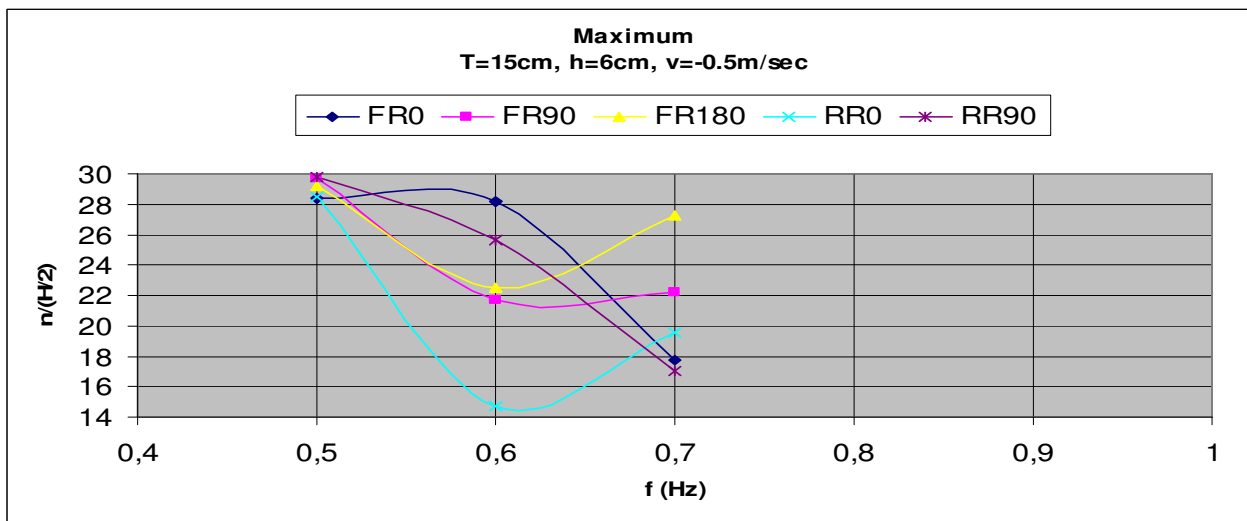
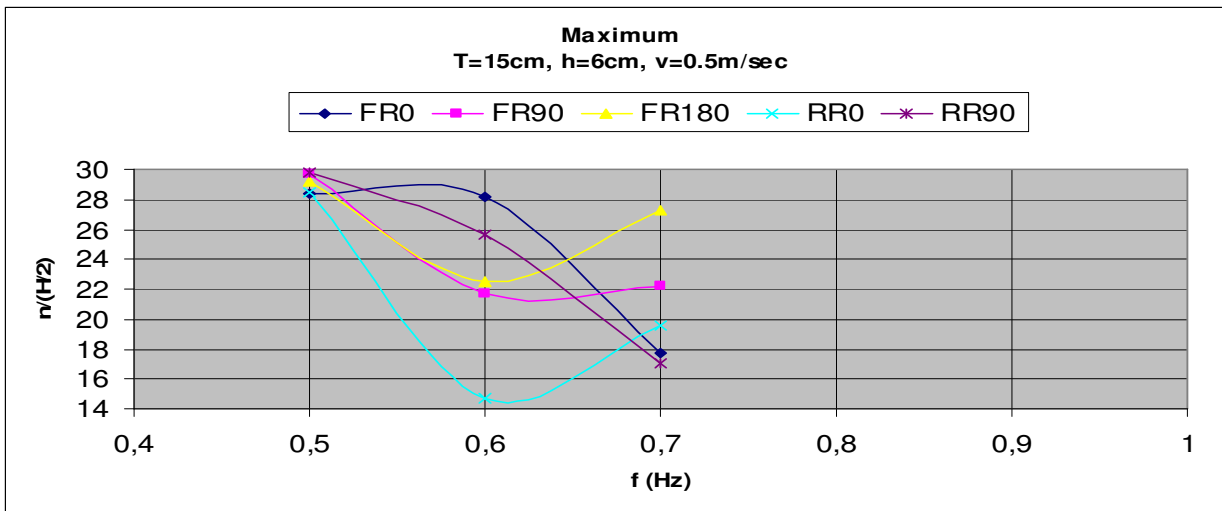


RR90 Standard Deviation
T=15cm, h=6cm

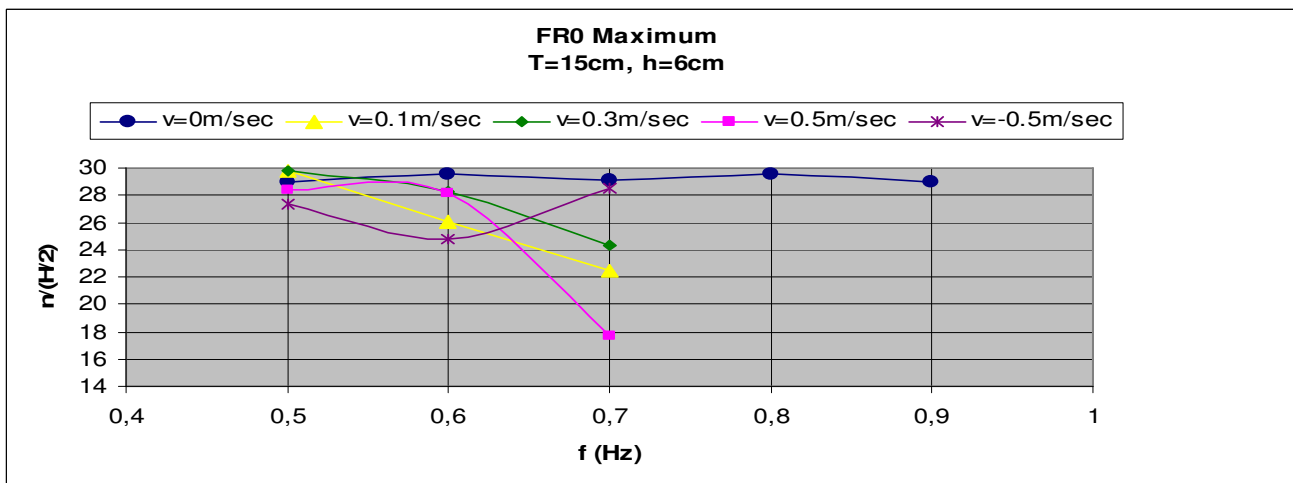


3.3.2.3 Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία

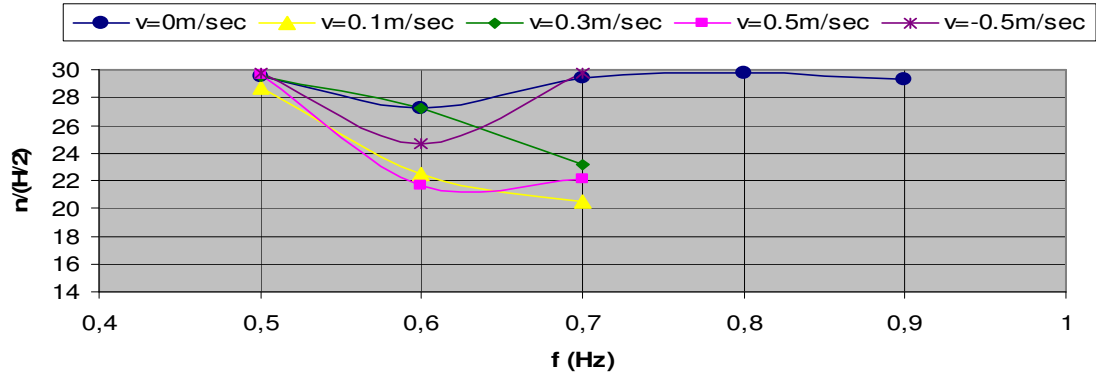




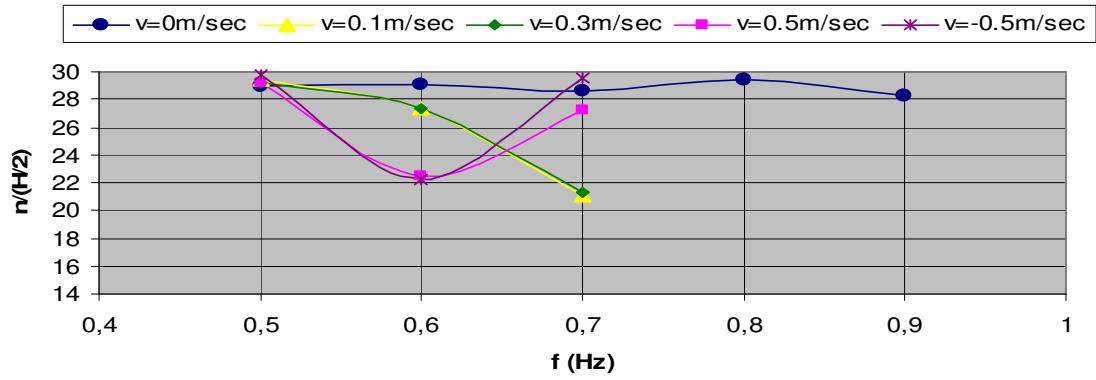
3.3.2.4 Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη γωνία για διαφορετική ταχύτητα



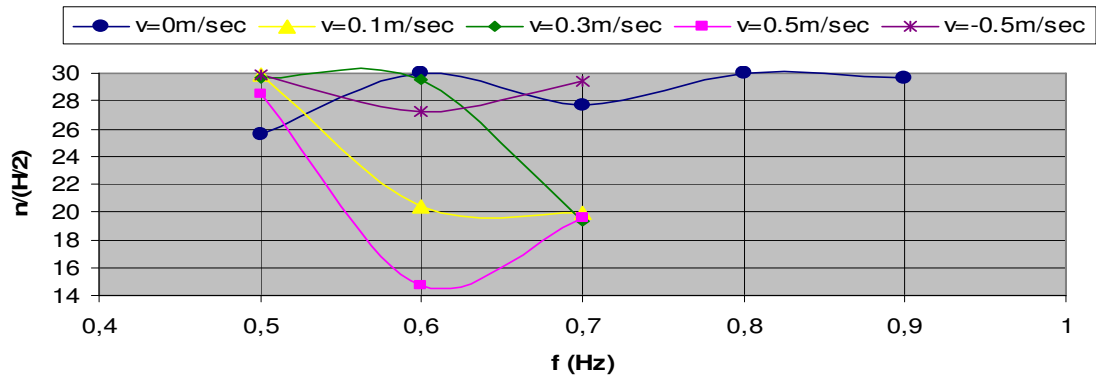
FR90 Maximum
T=15cm, h=6cm

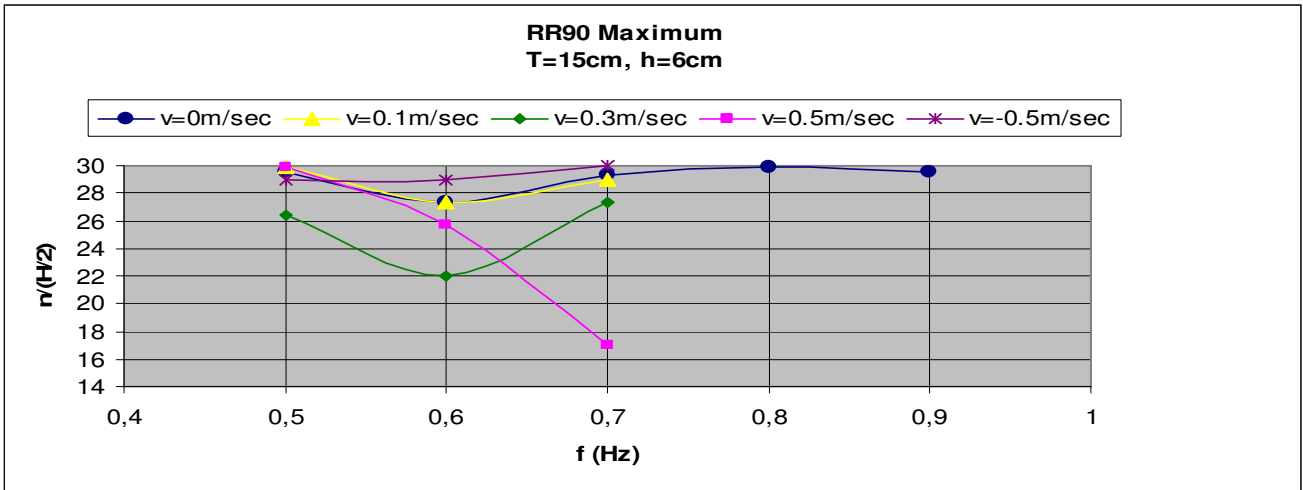


FR180 Maximum
T=15cm, h=6cm

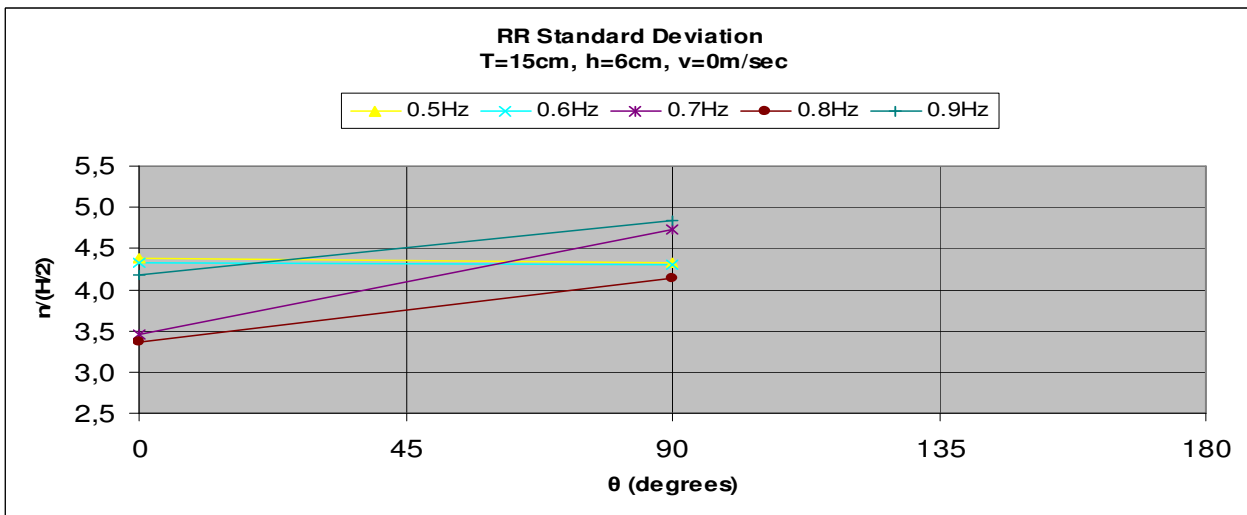
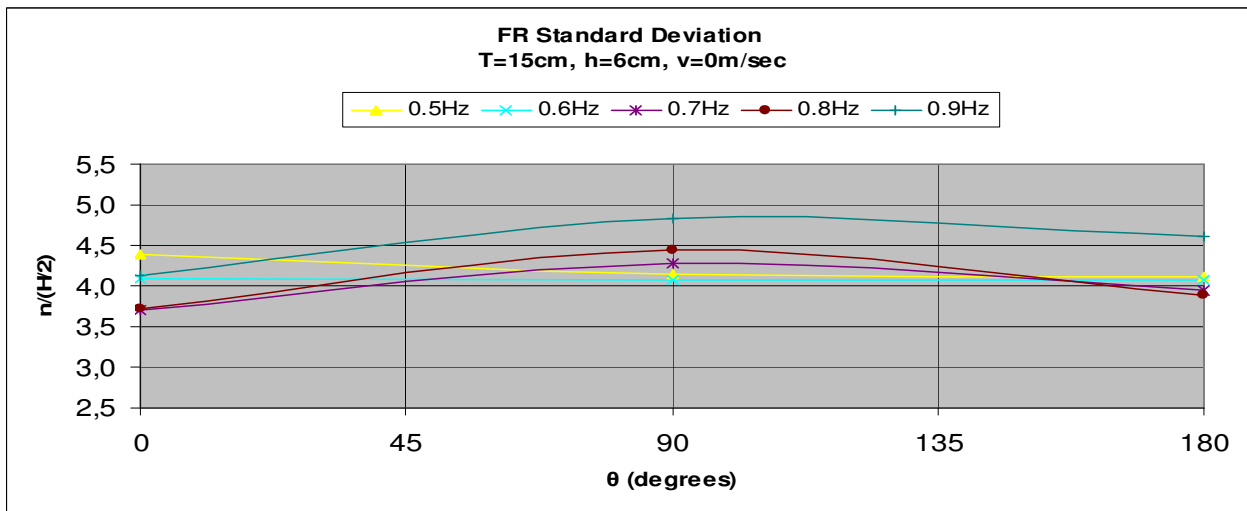


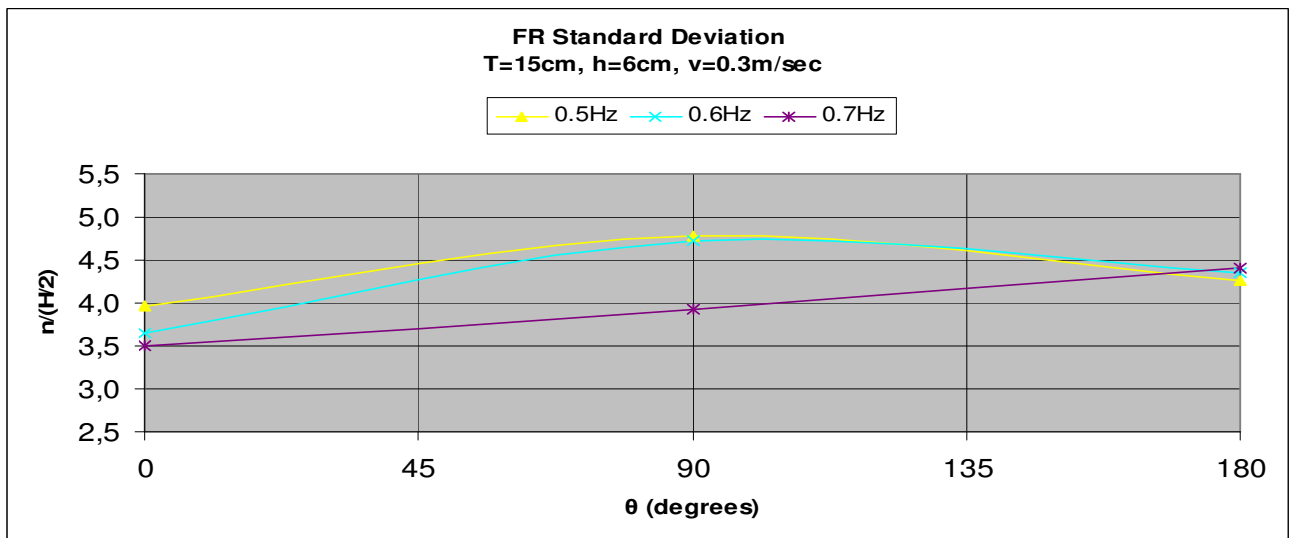
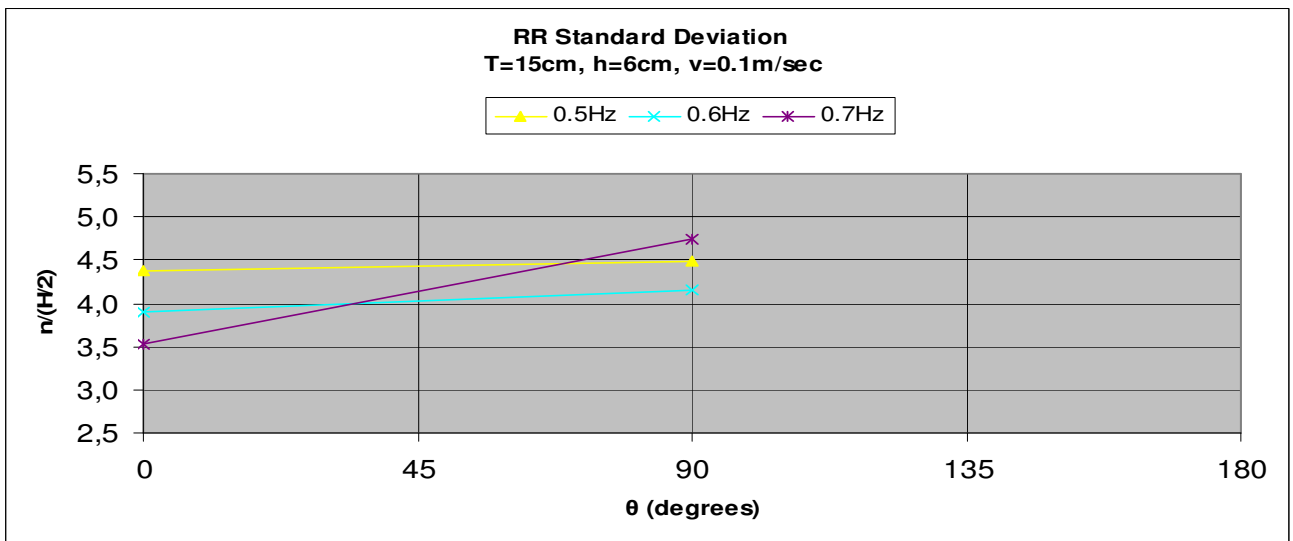
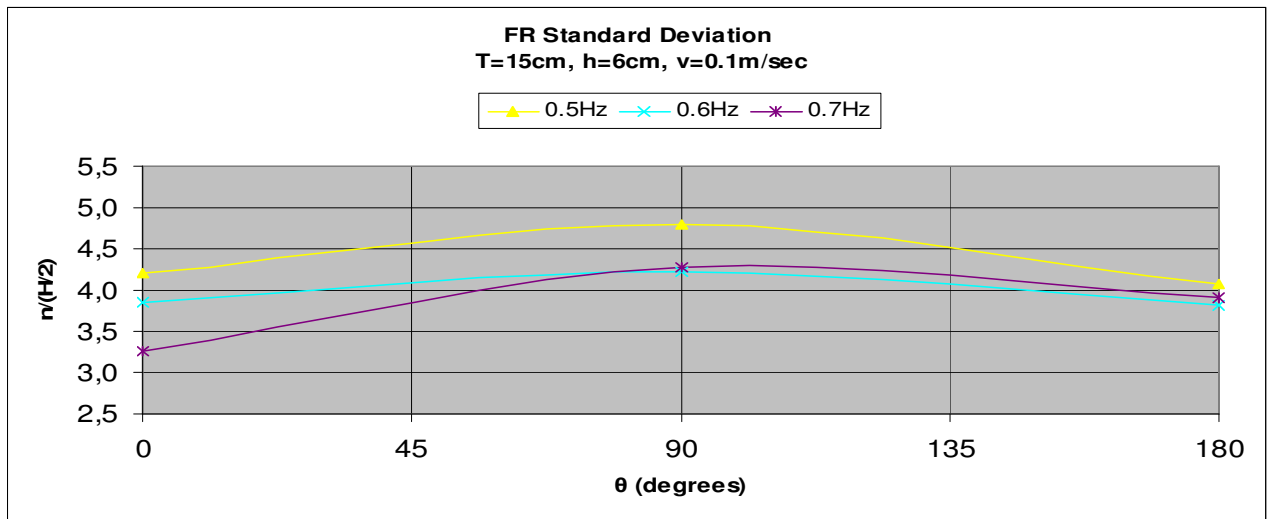
RR0 Maximum
T=15cm, h=6cm

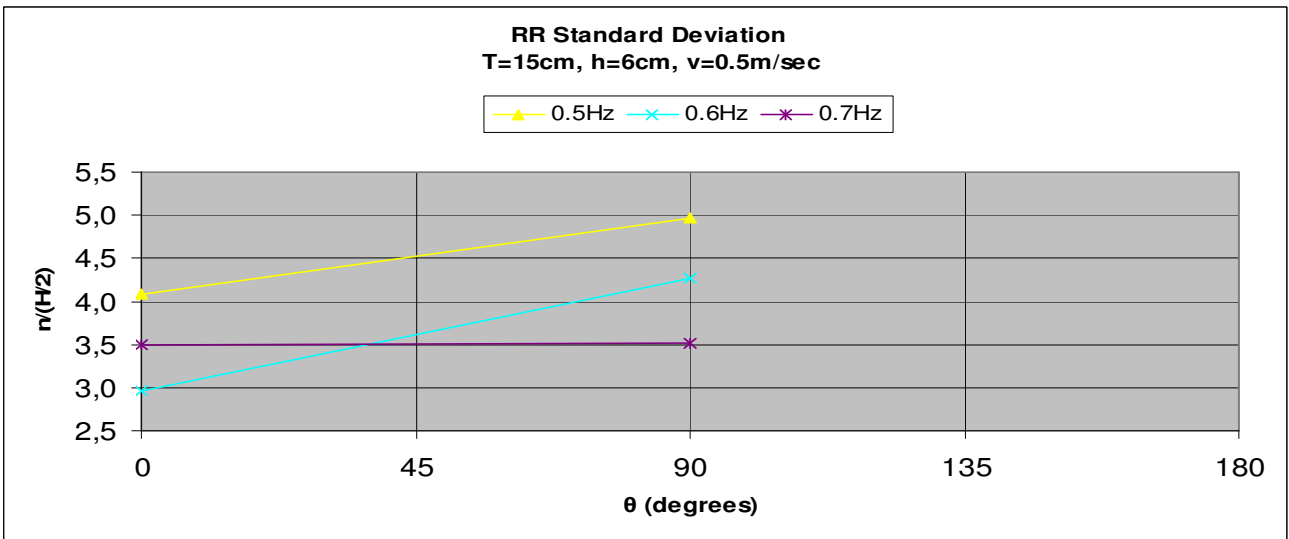
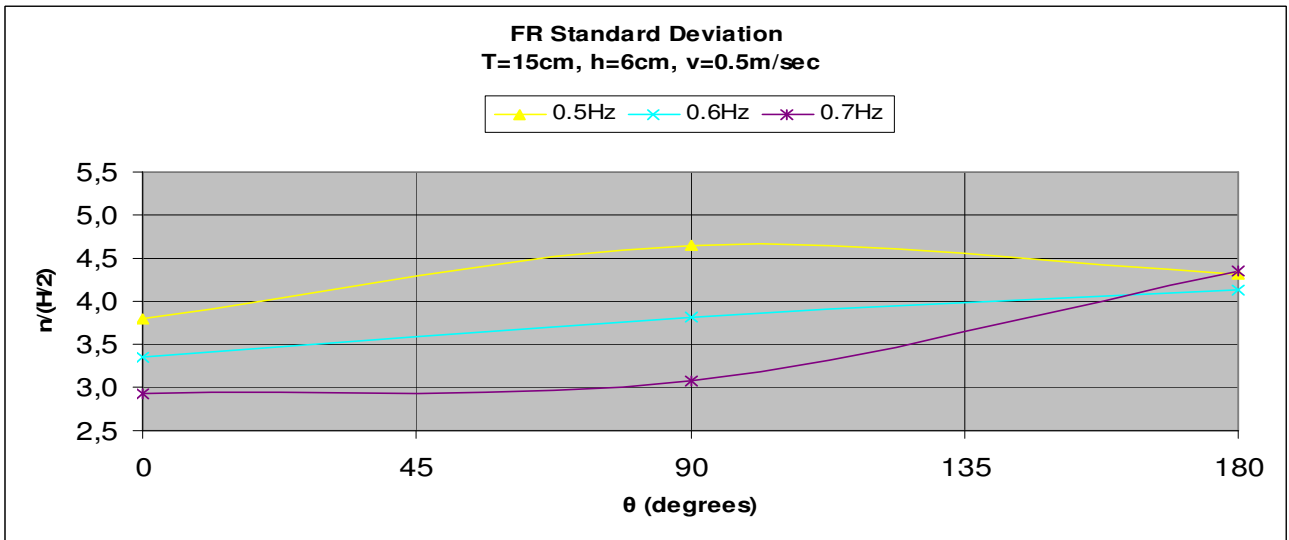
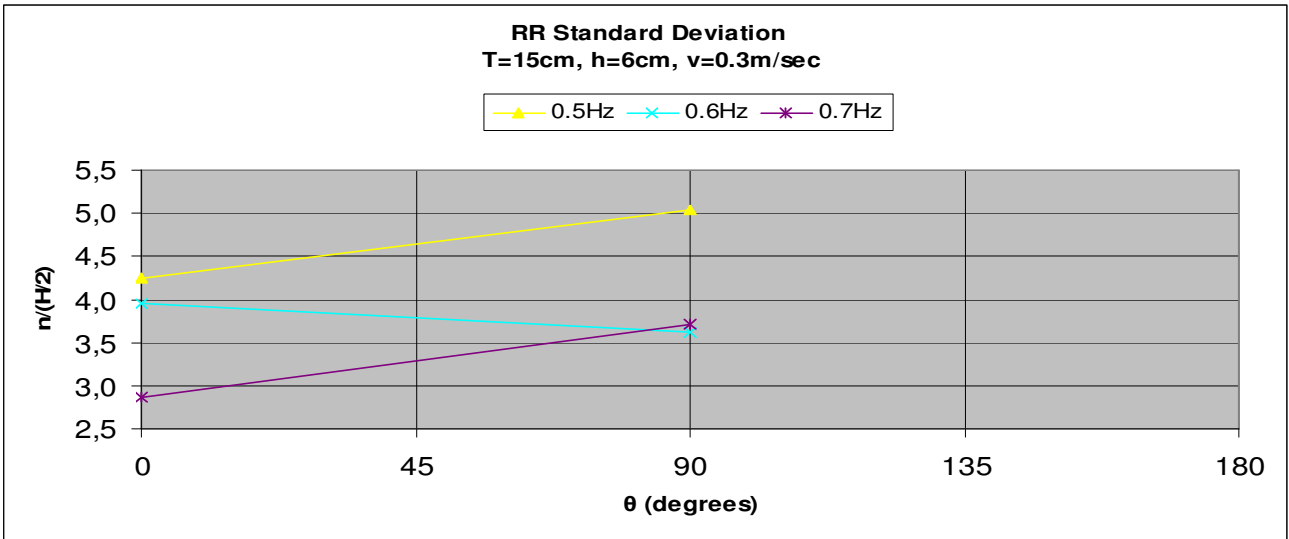




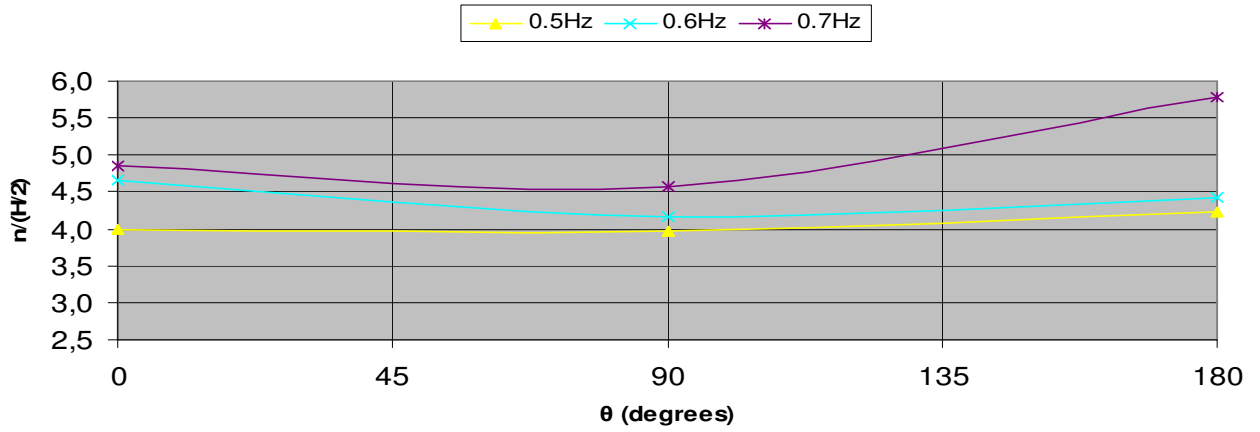
3.3.2.5 Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα



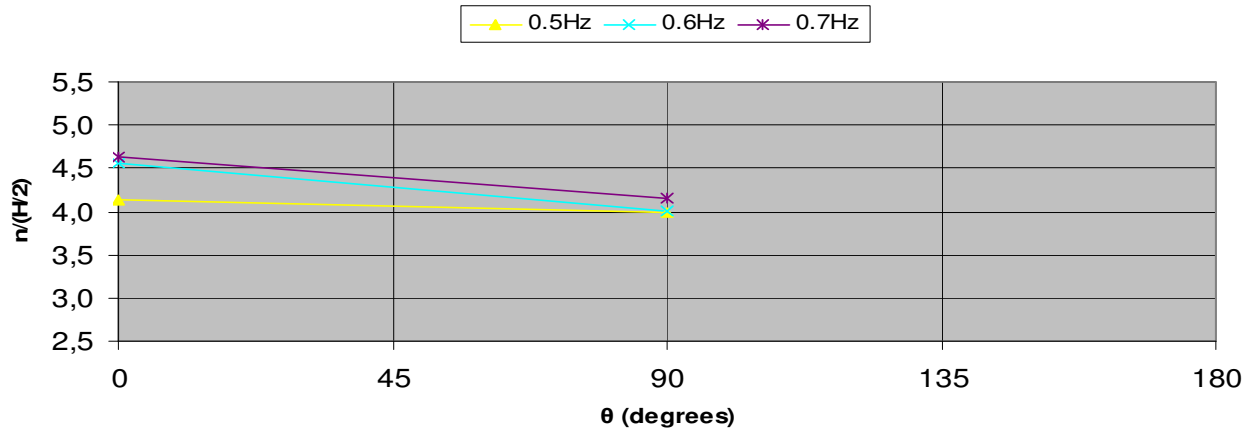




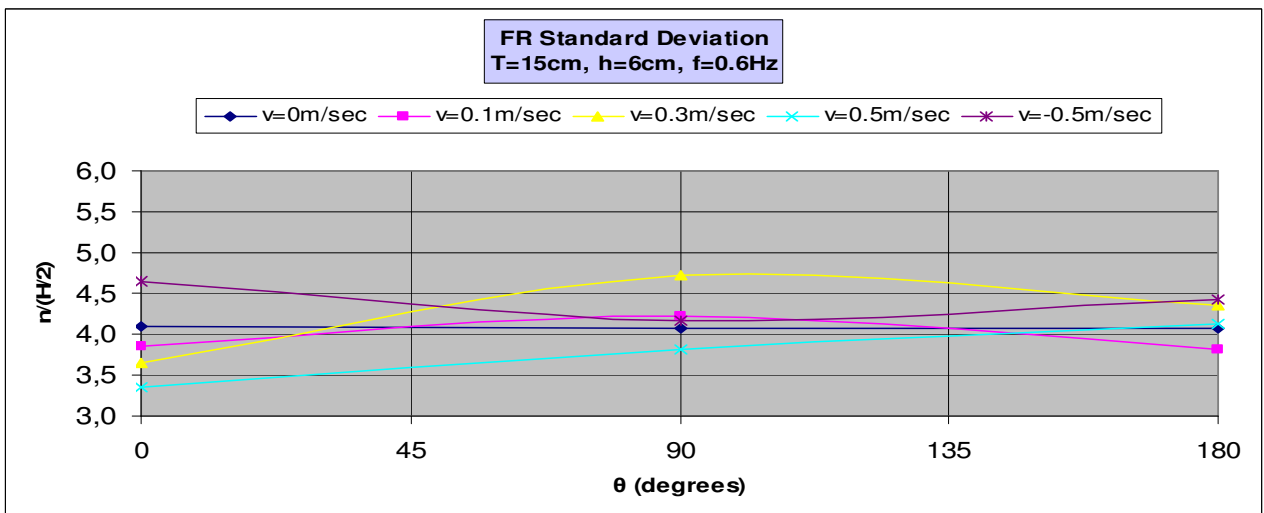
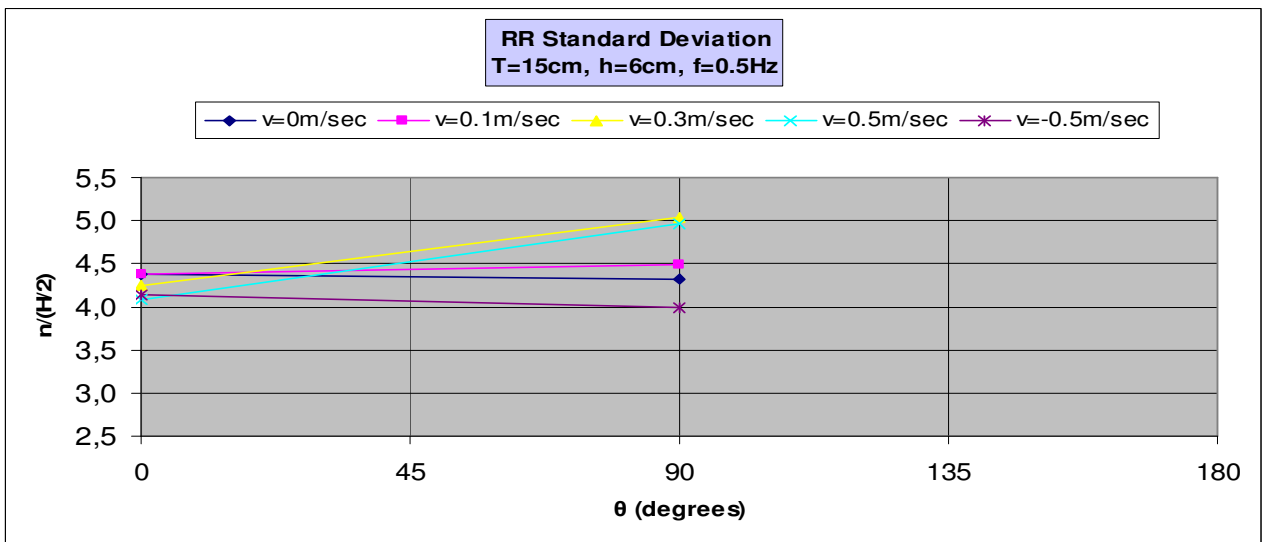
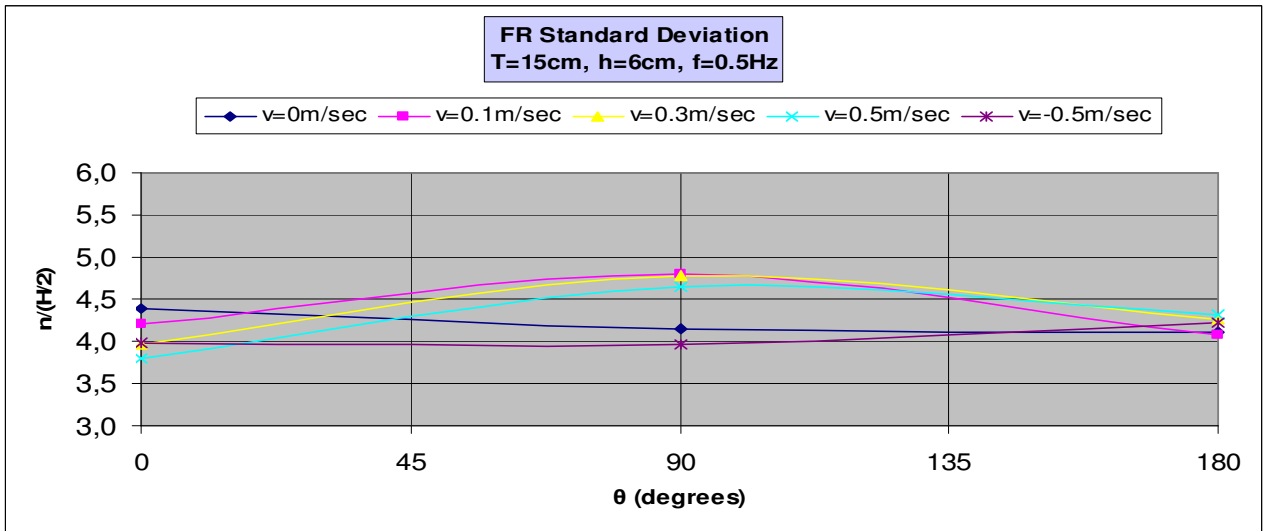
FR Standard Deviation
T=15cm, h=6cm, v=-0.5m/sec

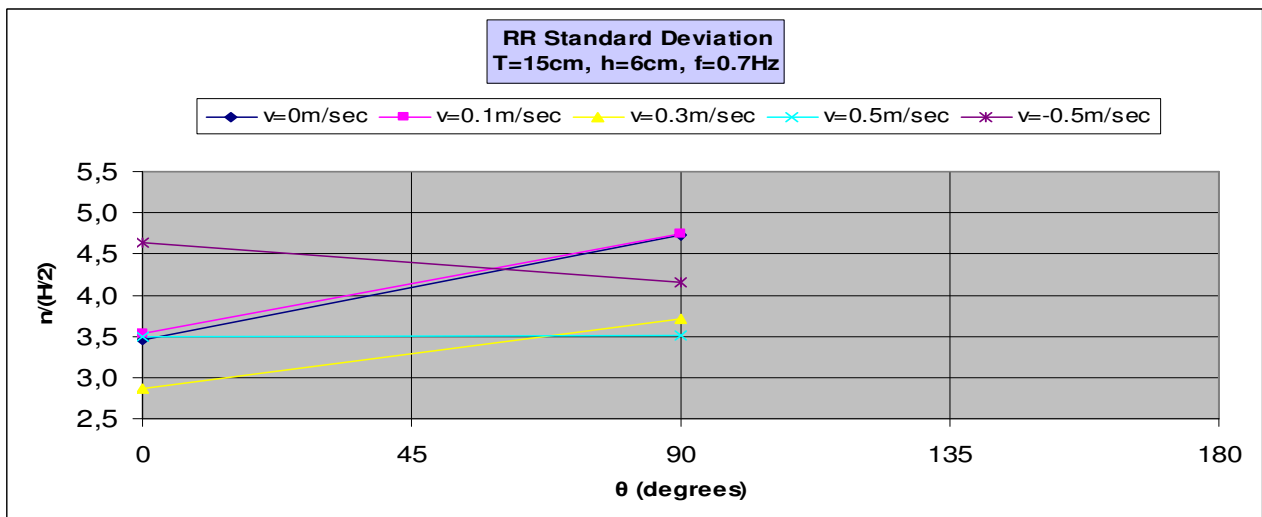
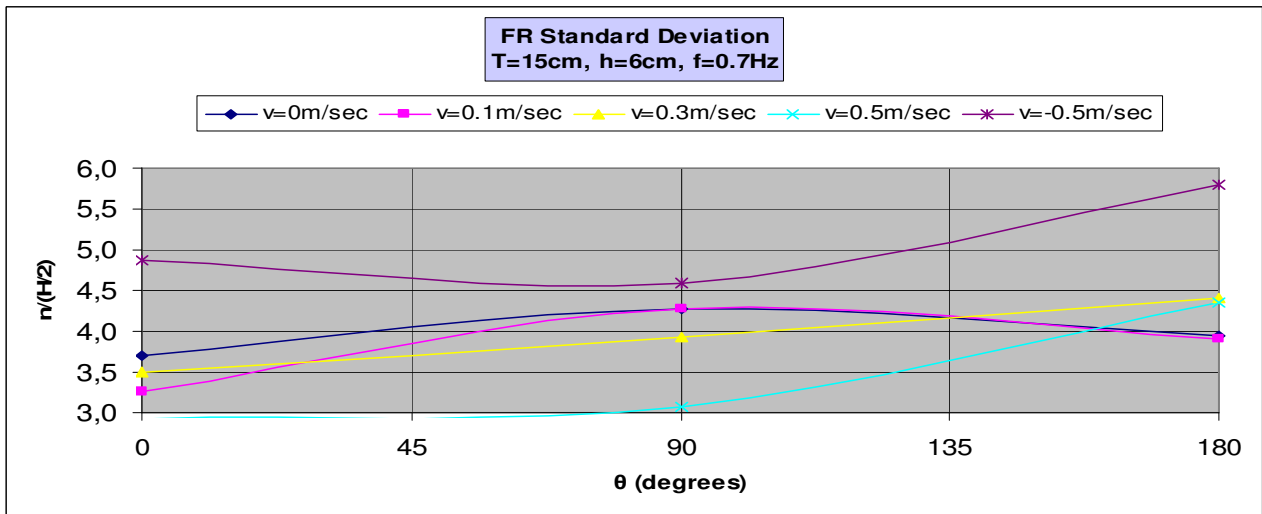
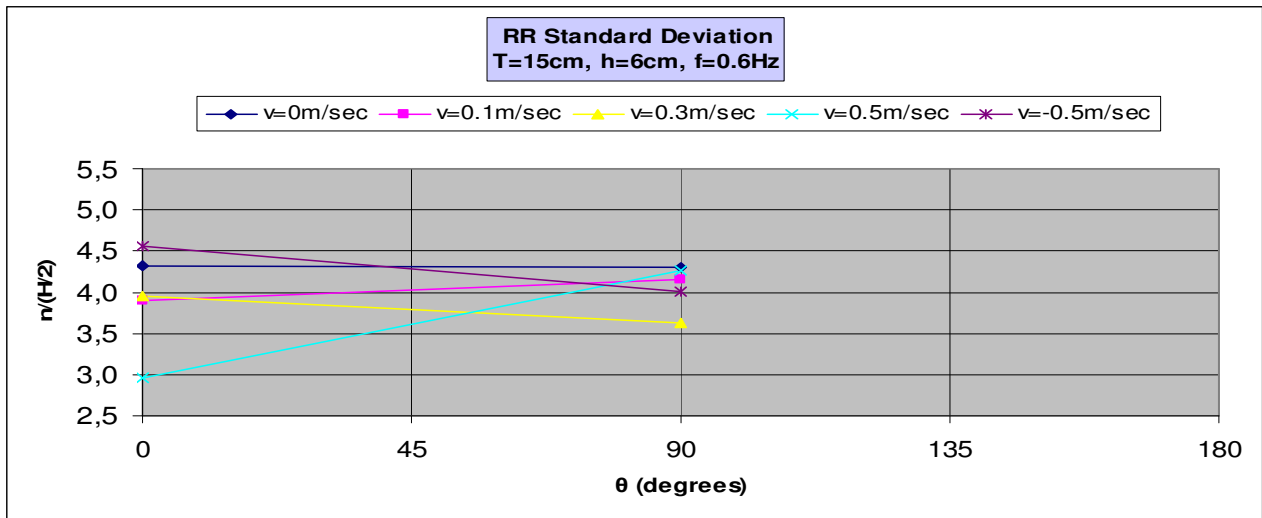


RR Standard Deviation
T=15cm, h=6cm, v=-0.5m/sec

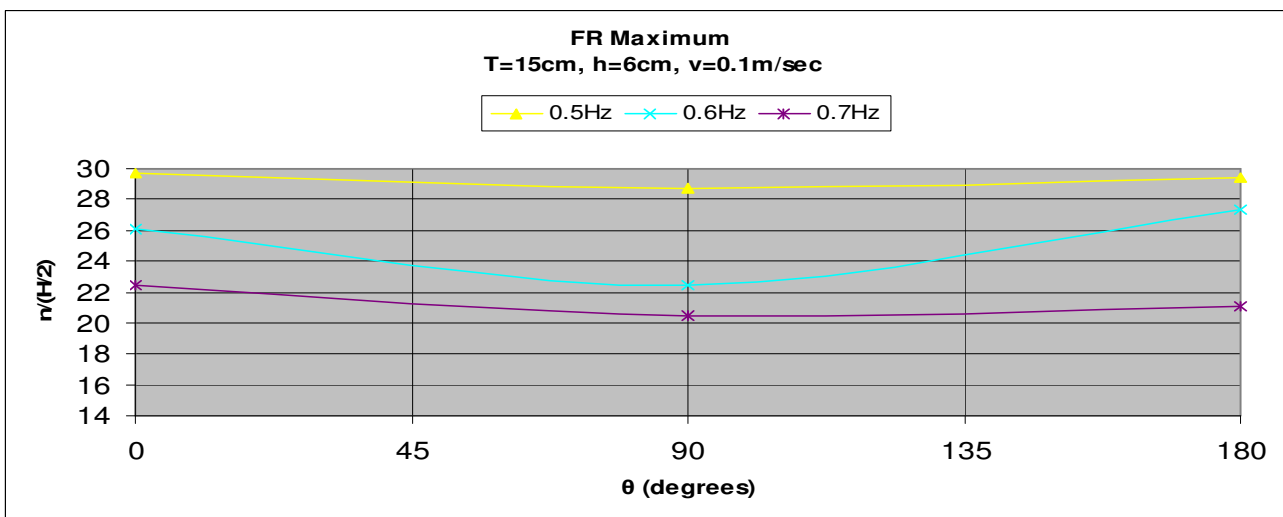
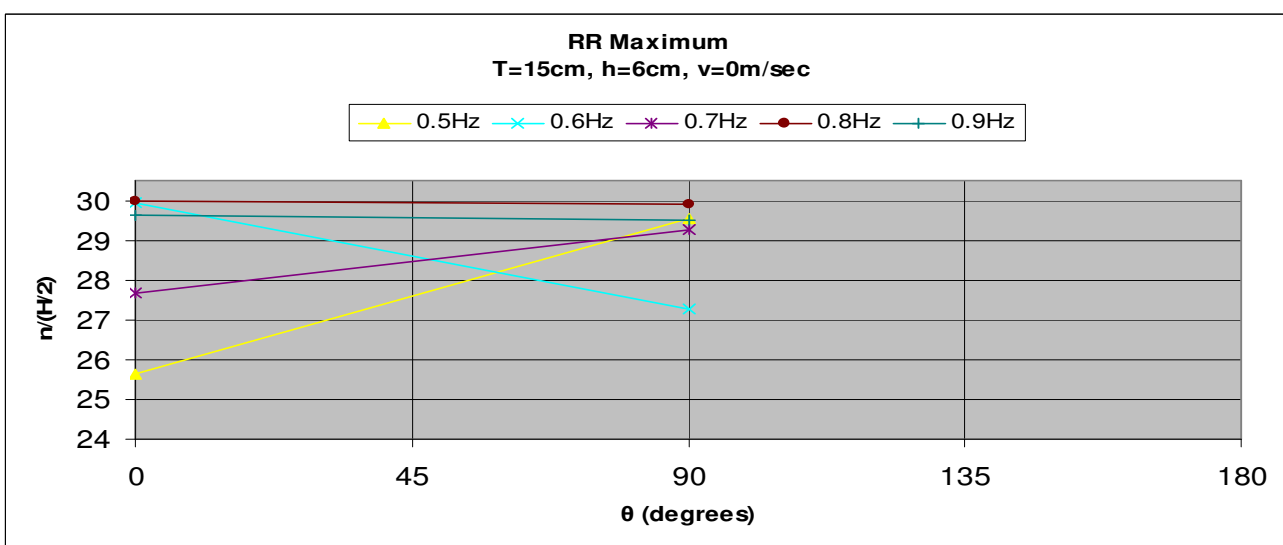
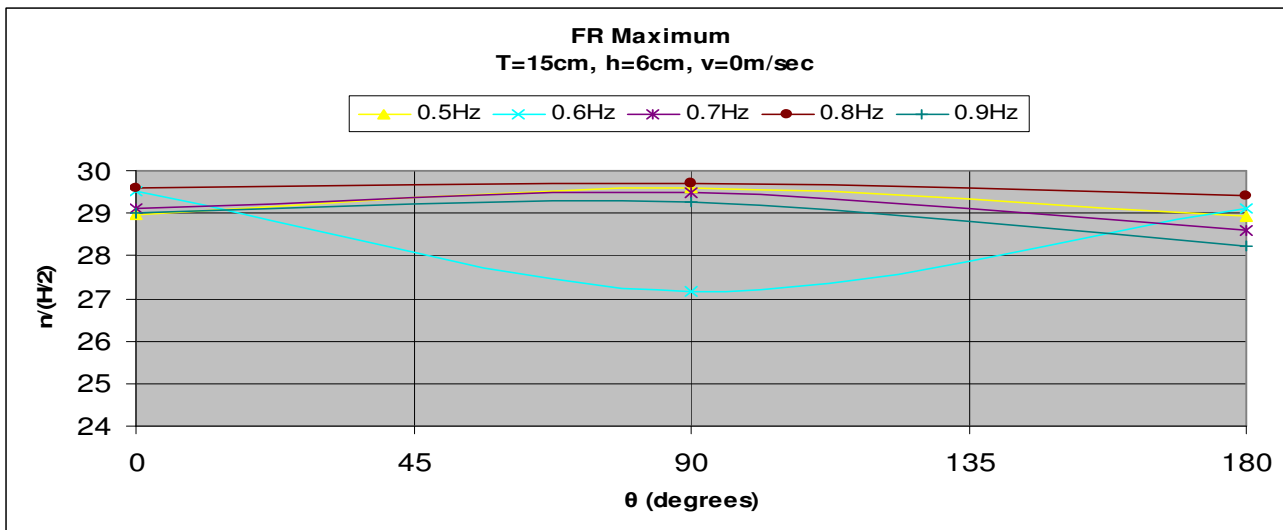


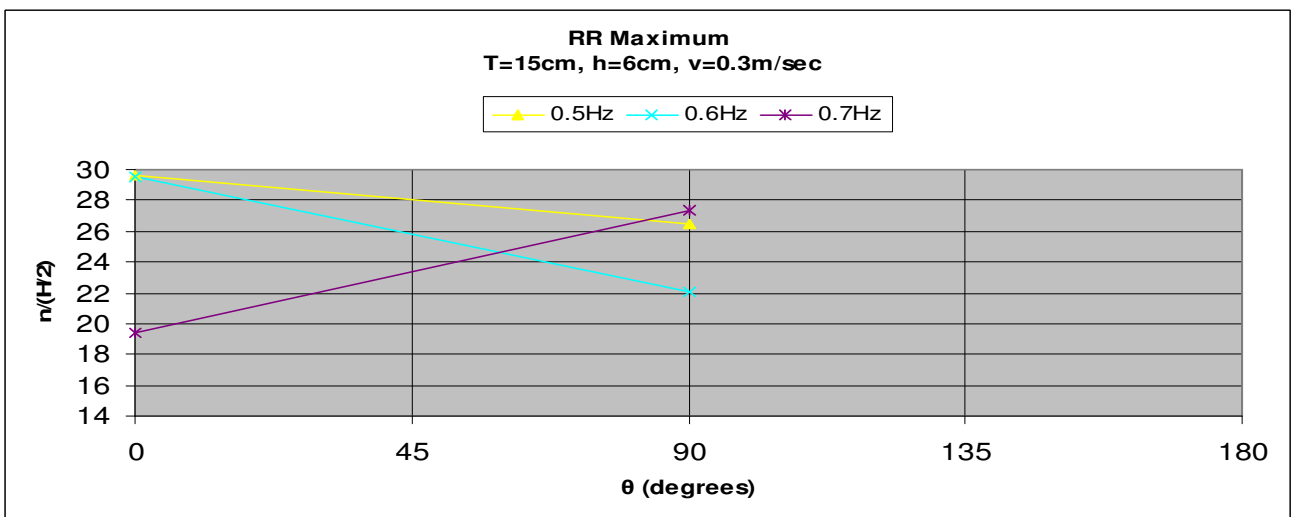
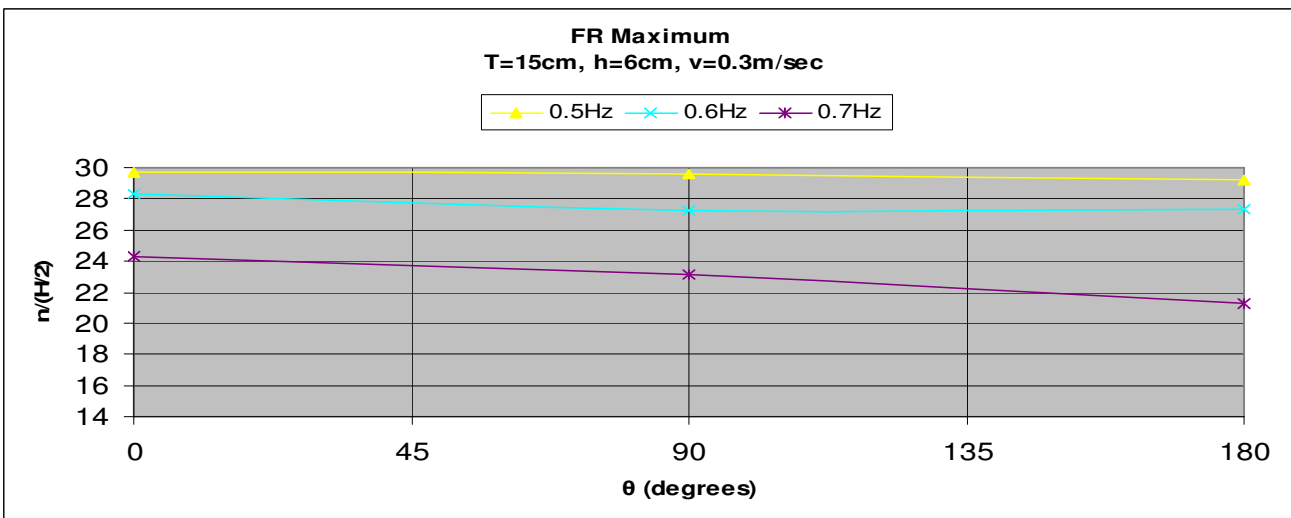
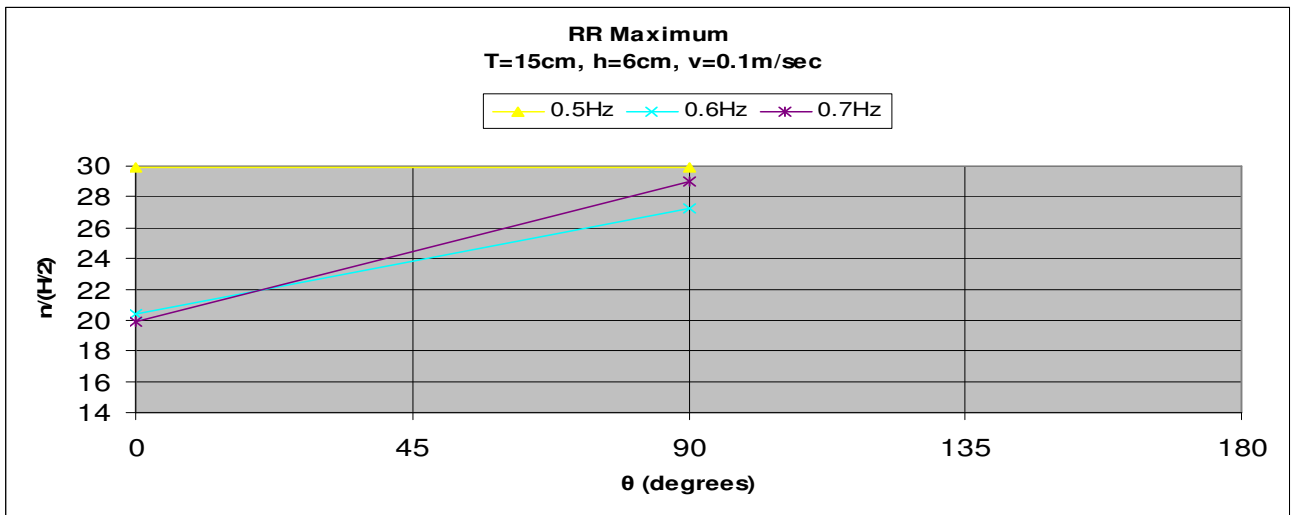
3.3.2.6 Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη συχνότητα για διαφορετική ταχύτητα

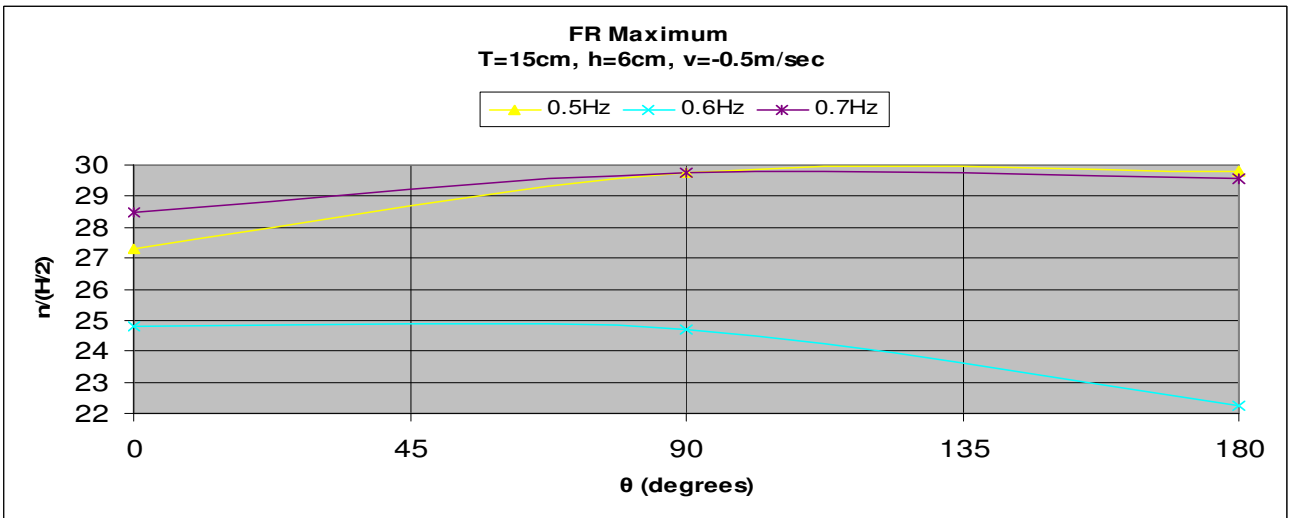
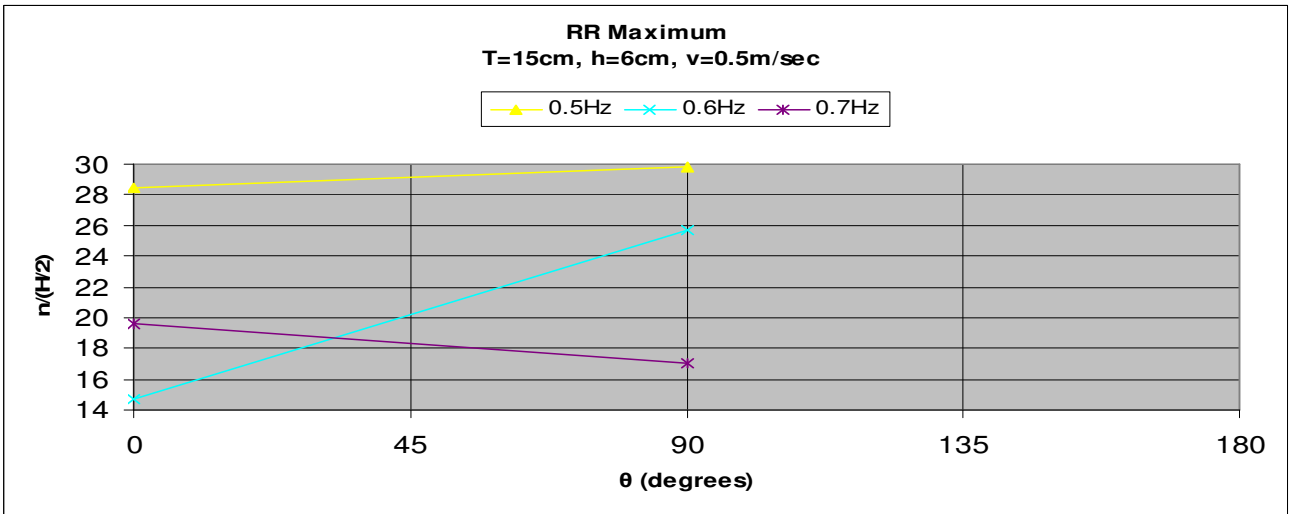
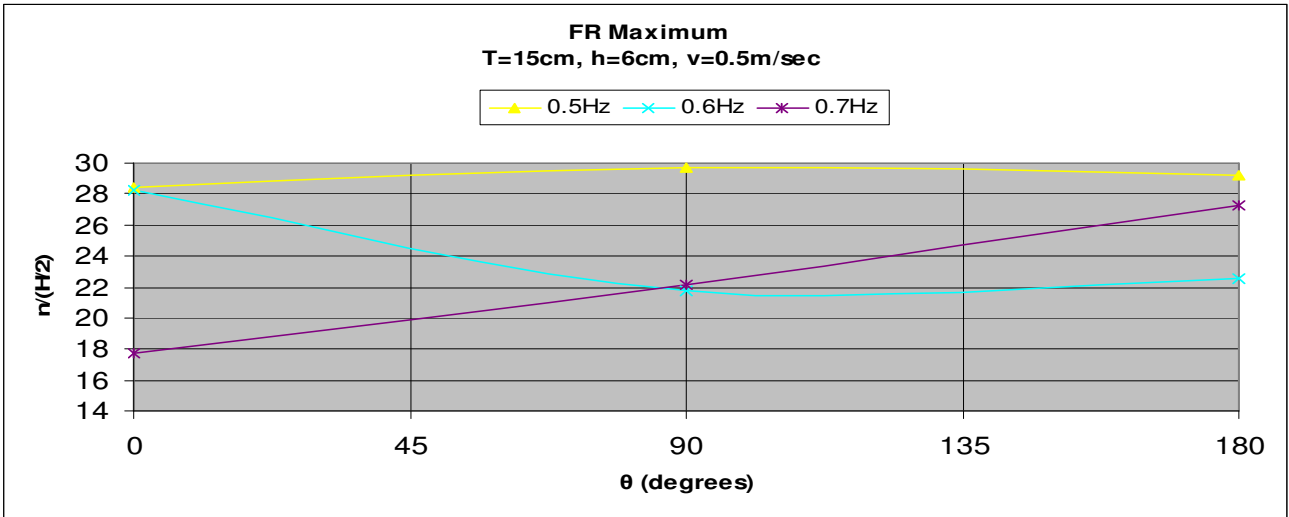


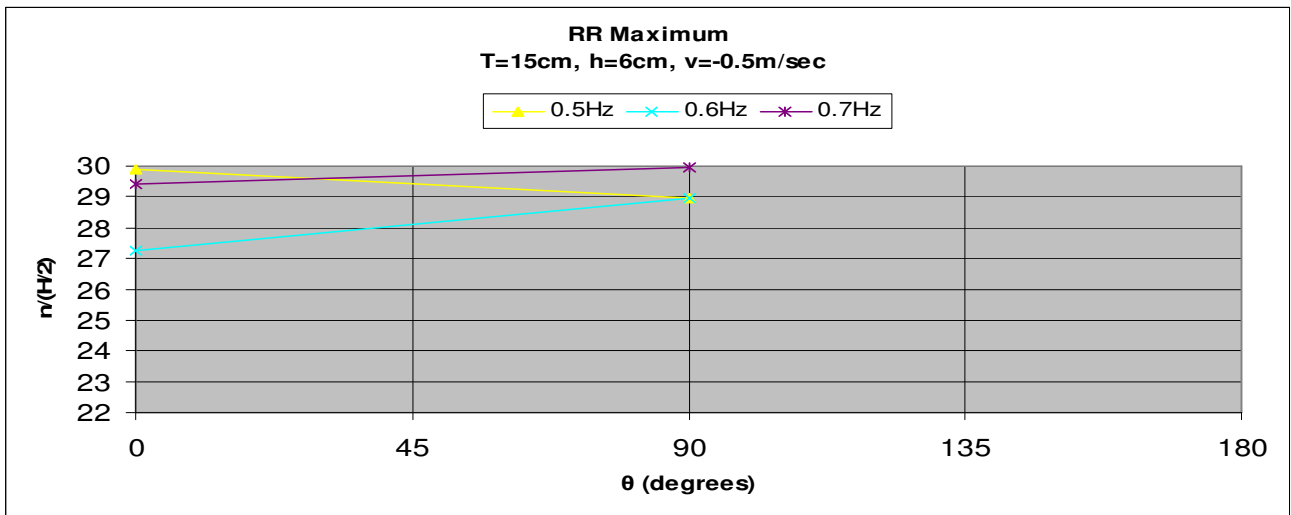


3.3.2.7 Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα

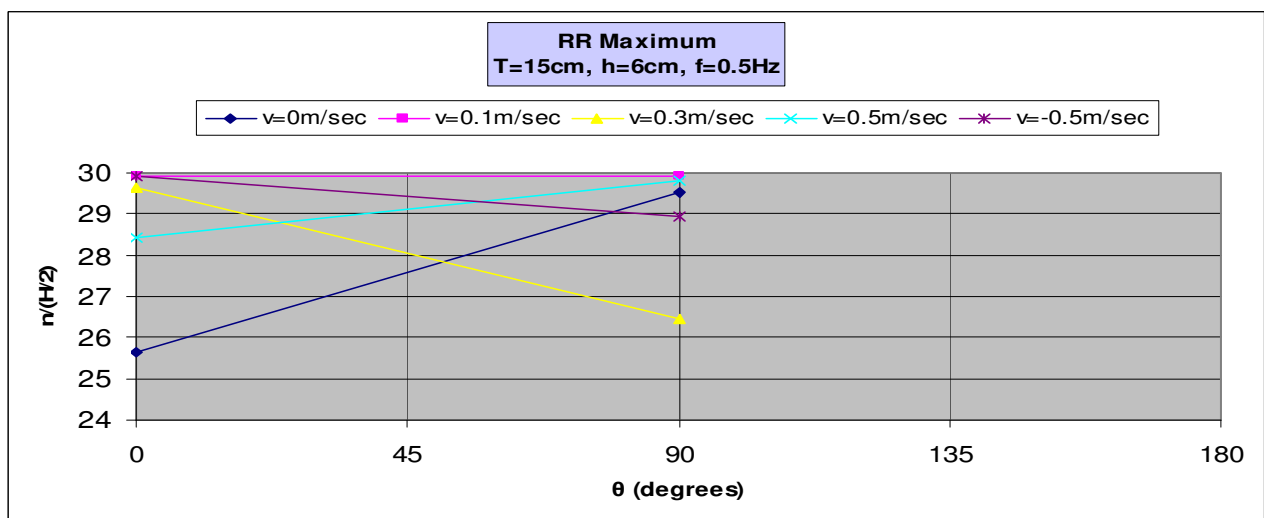
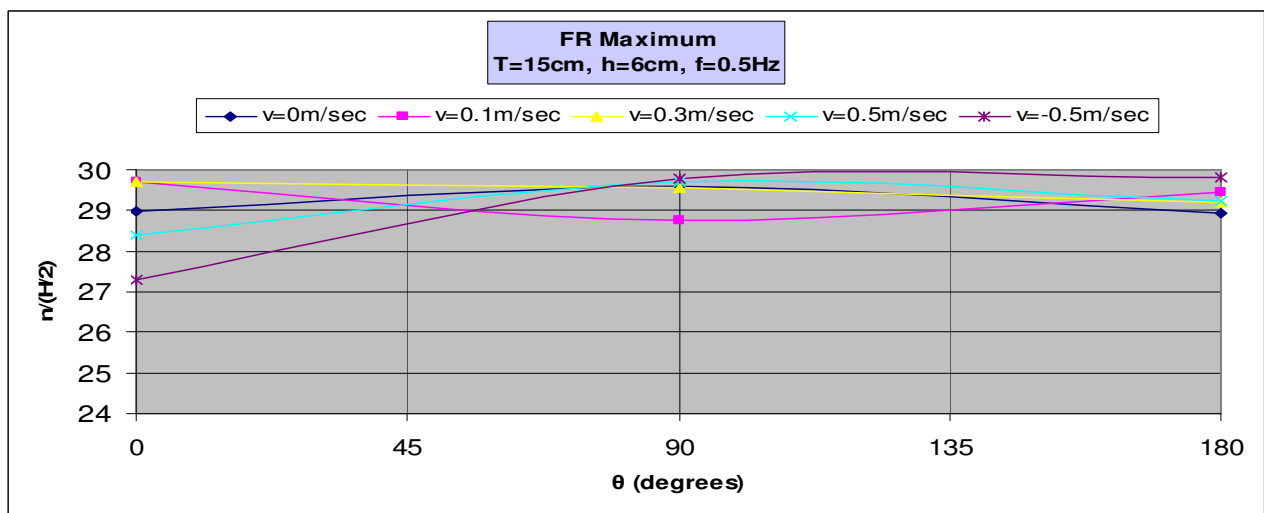


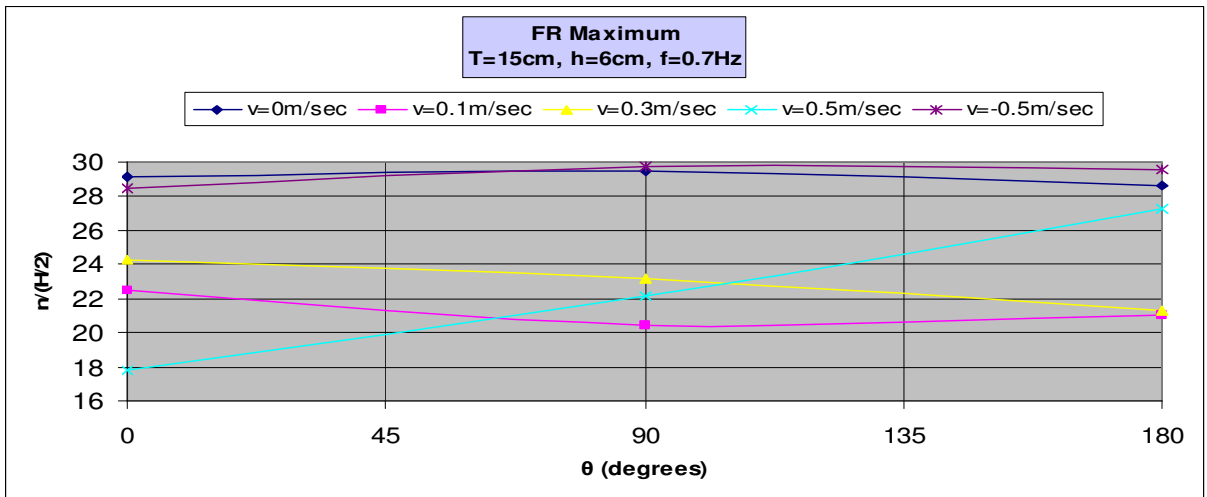
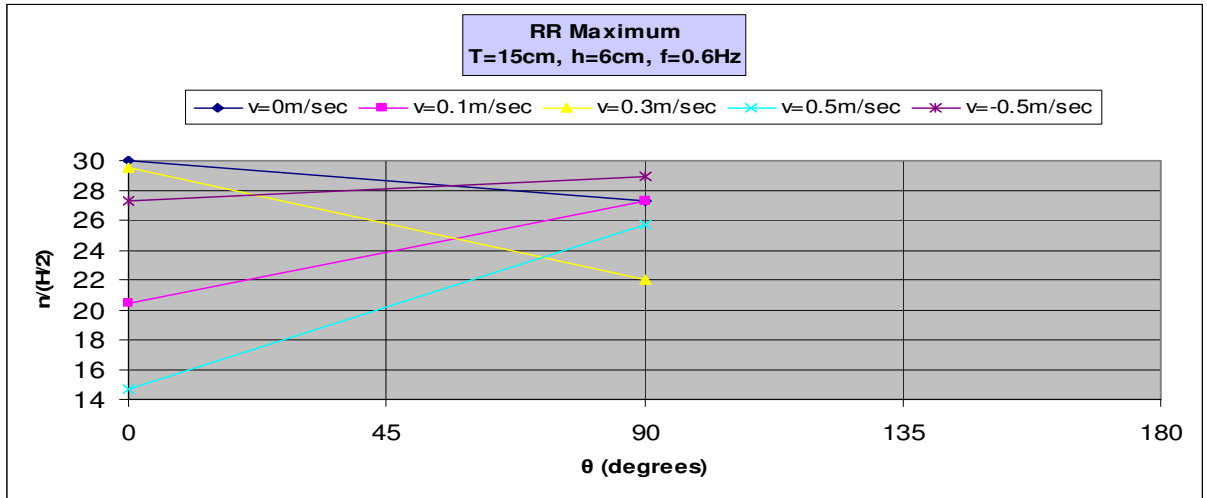
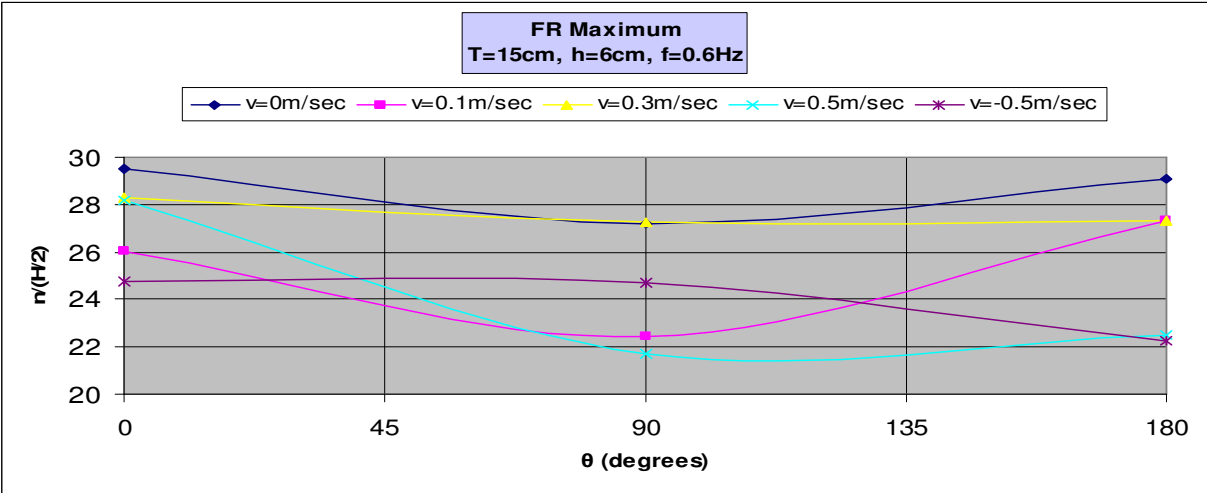






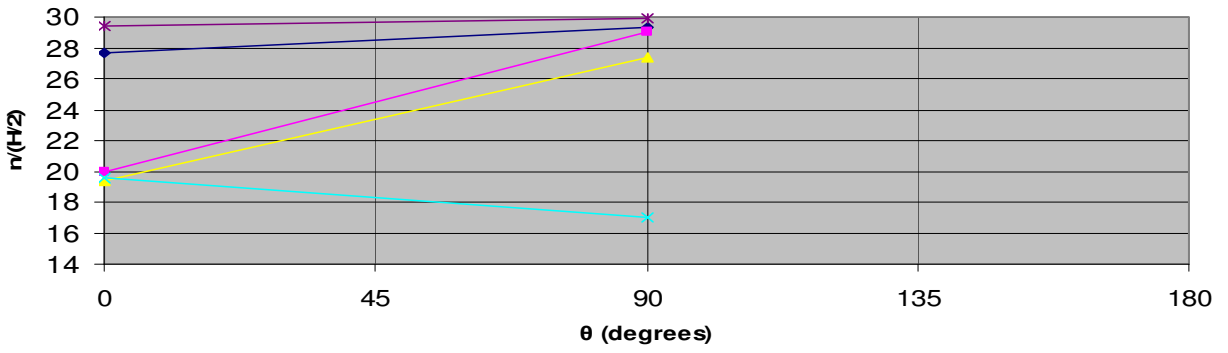
3.3.2.8 Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη συχνότητα για διαφορετική ταχύτητα





RR Maximum
T=15cm, h=6cm, f=0.7Hz

—●— $v=0\text{m/sec}$ —■— $v=0.1\text{m/sec}$ —▲— $v=0.3\text{m/sec}$ —×— $v=0.5\text{m/sec}$ —*— $v=-0.5\text{m/sec}$



3.3.3 Αποτελέσματα Standard Deviation και Maximum μετρήσεων για την Πλατφόρμα για h=7cm

Standard Deviation για v=0 m/sec						
f(Hz)	θ(°)	0	90	180	0	90
	0,6	3,927499	4,374442	3,989948	4,38804	4,64785
	0,7	3,851654	4,330035	4,211208	3,990617	4,62237
	0,8	3,788046	4,302641	3,849652	3,426271	4,224189
	0,9	4,4639665	4,7039104	5,0689107	4,221613	4,834841

Maximum για v=0 m/sec						
f(Hz)	θ(°)	0	90	180	0	90
	0,6	24,2909	27,47962	28,10819	27,74904	29,25215
	0,7	29,30832	27,05737	27,63583	29,89054	28,89583
	0,8	27,28906	26,31298	29,60112	27,69638	27,6512
	0,9	29,25165	27,93461	29,26091	29,33237	29,84332

Standard Deviation για v=0,1 m/sec						
f(Hz)	θ(°)	0	90	180	0	90
	0,6	3,9064246	4,3467803	3,8926448	4,254115	4,862631
	0,7	3,6645488	4,4663992	4,5800974	3,564899	4,21562

Maximum για v=0,1 m/sec						
f(Hz)	θ(°)	0	90	180	0	90
	0,6	28,40713	28,90194	27,63592	29,94513	29,36044
	0,7	28,34529	29,92617	29,96891	28,51517	28,30477

Standard Deviation για v=0,3 m/sec						
f(Hz)	θ(°)	0	90	180	0	90
	0,6	3,71209	4,3493882	4,1943313	3,853974	4,451205
	0,7	3,573596	3,9814687	4,5195029	3,600824	3,854684

Maximum για v=0,3 m/sec						
f(Hz)	θ(°)	0	90	180	0	90
	0,6	28,40713	29,83692	29,83732	29,71854	29,88011
	0,7	29,9145	29,4458	28,51127	28,31662	29,91593

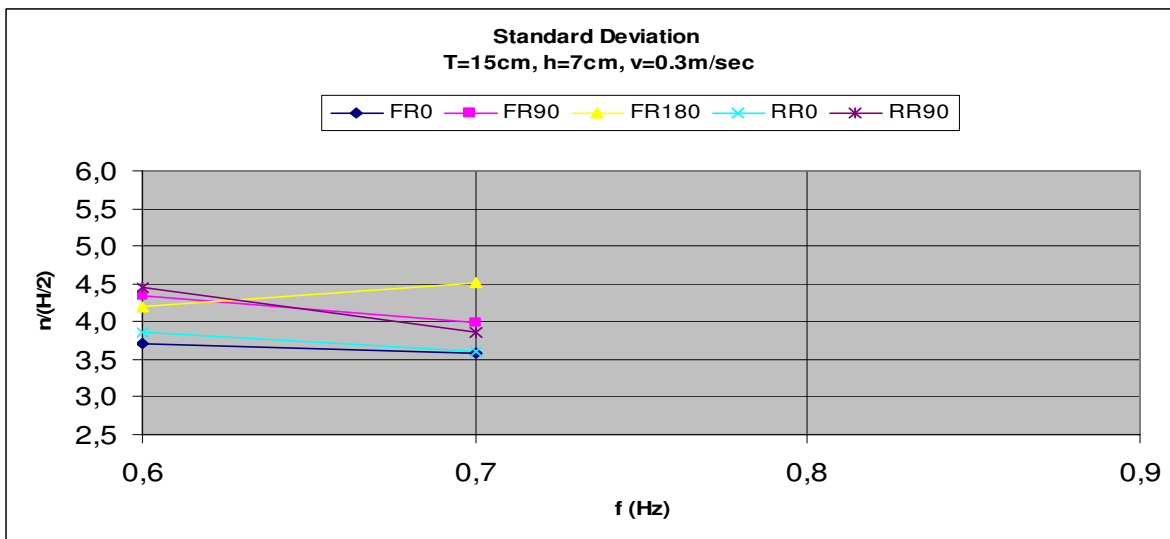
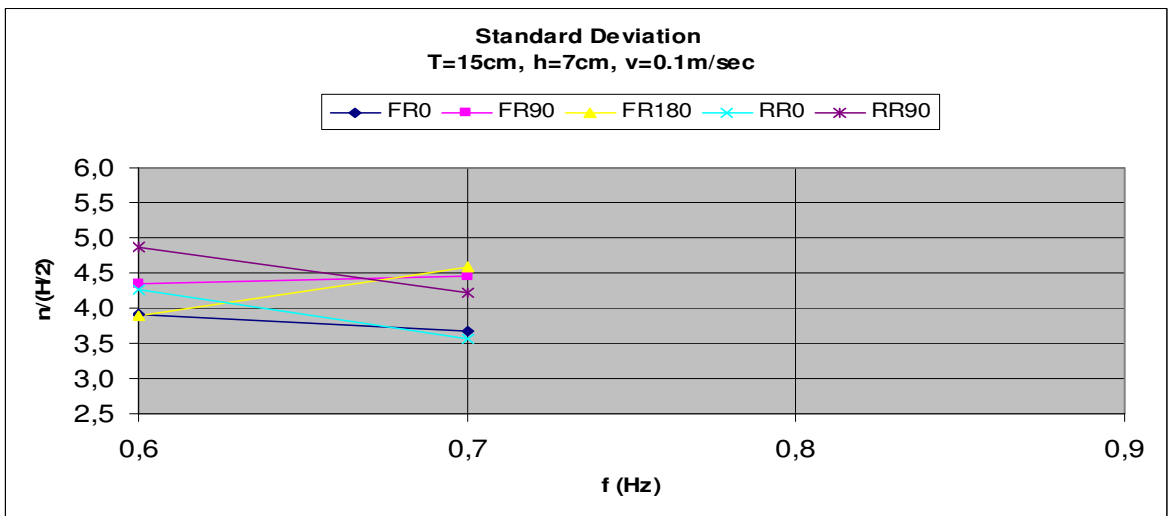
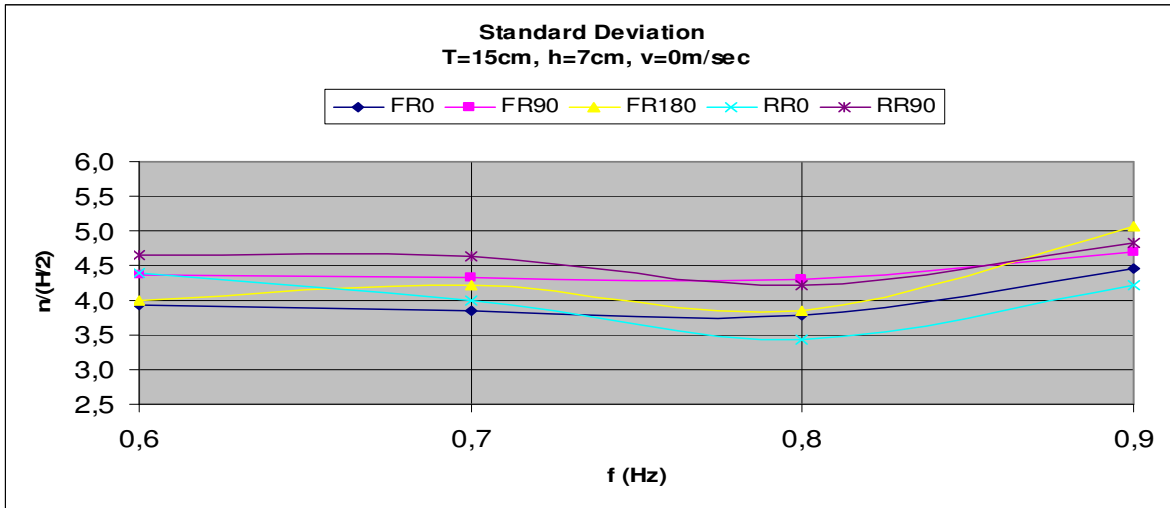
Standard Deviation για v=0,5 m/sec						
f(Hz)	θ(°)	0	90	180	0	90
	0,6	3,4630291	3,9102663	4,252185	3,575549	3,733396
	0,7	3,2796494	3,5107986	4,3443092	3,355857	3,752832

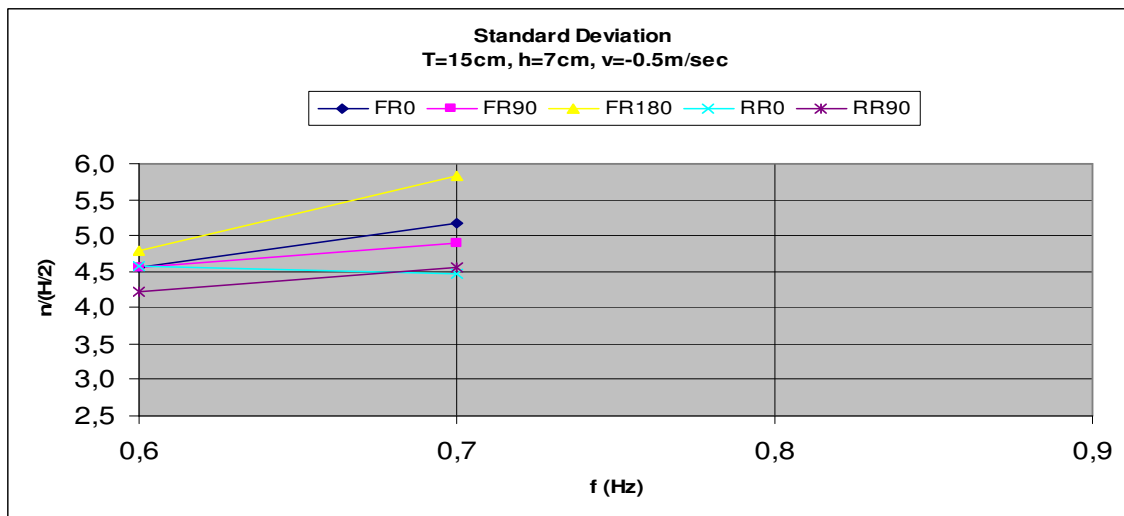
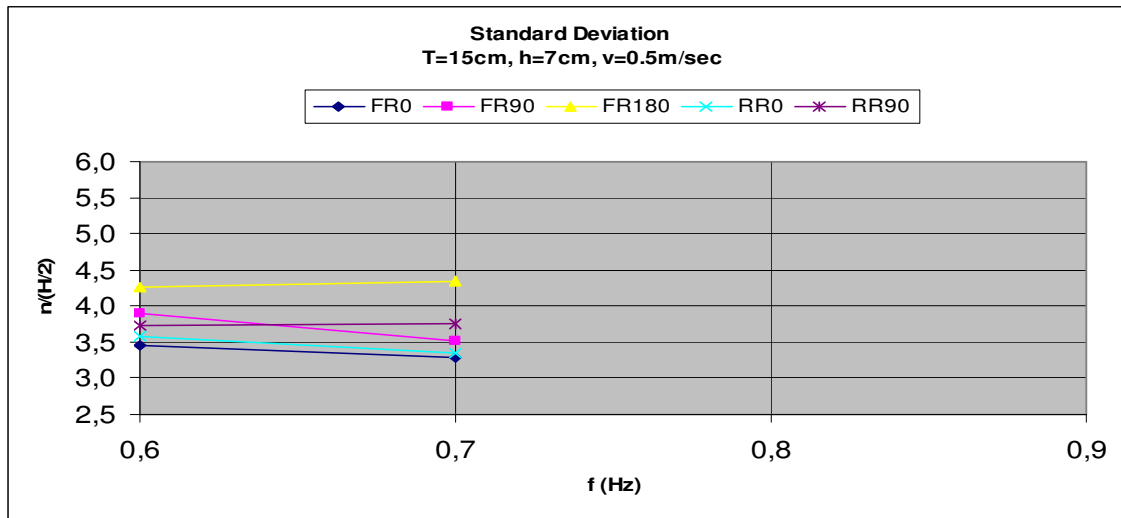
Maximum για v=0,5 m/sec						
f(Hz)	θ(°)	0	90	180	0	90
	0,6	28,97362	29,30004	29,89332	27,0698	29,00504
	0,7	28,77658	29,21135	29,75161	27,18109	29,24995

Standard Deviation για v=-0,5 m/sec						
f(Hz)	θ(°)	0	90	180	0	90
	0,6	4,5553465	4,5599286	4,7952251	4,577104	4,219778
	0,7	5,1778427	4,8963983	5,8339483	4,470639	4,558565

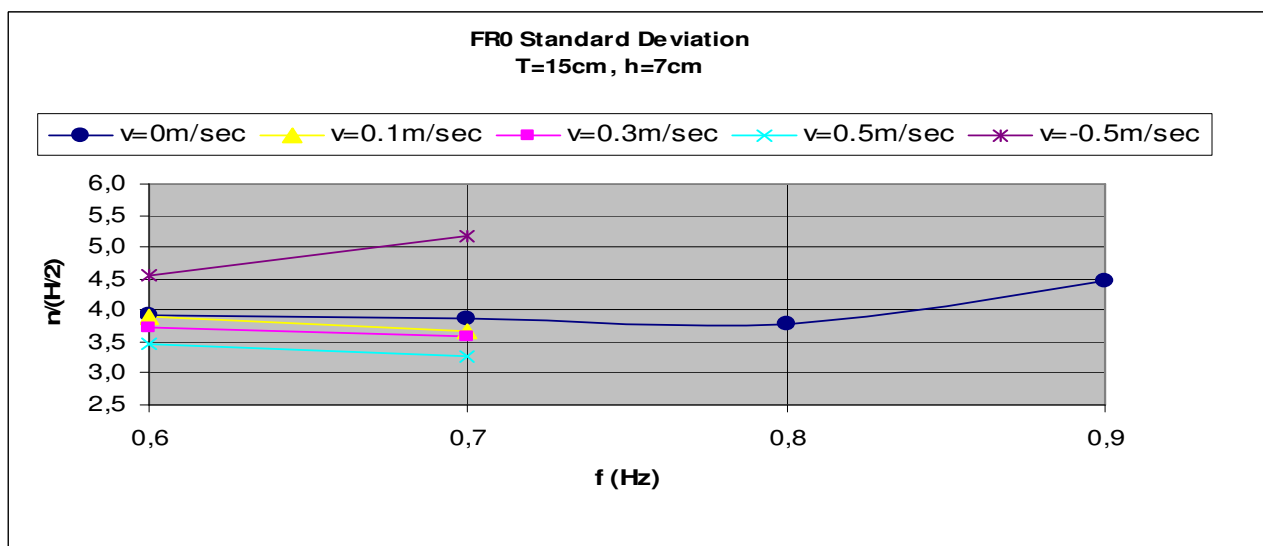
Maximum για v=-0,5 m/sec						
f(Hz)	θ(°)	0	90	180	0	90
	0,6	27,51012	29,82042	27,5704	28,10177	29,73993
	0,7	29,196	29,77186	28,80124	29,92397	28,36172

3.3.3.1 Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία

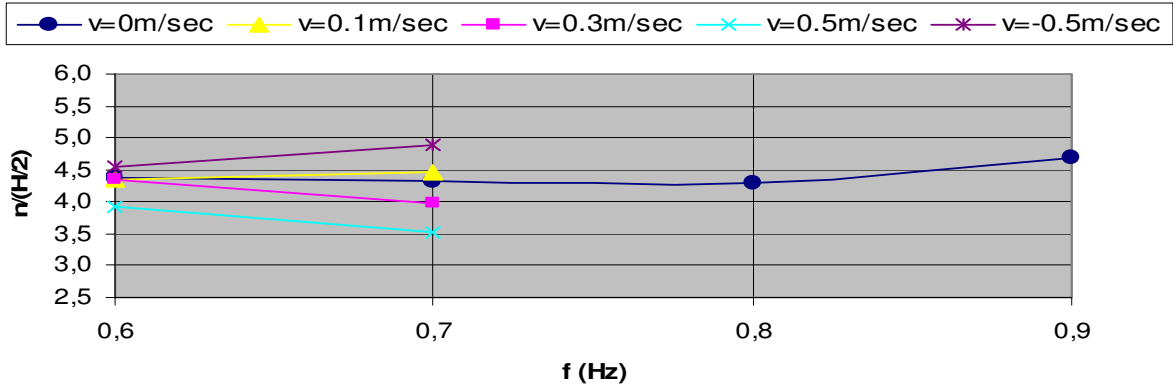




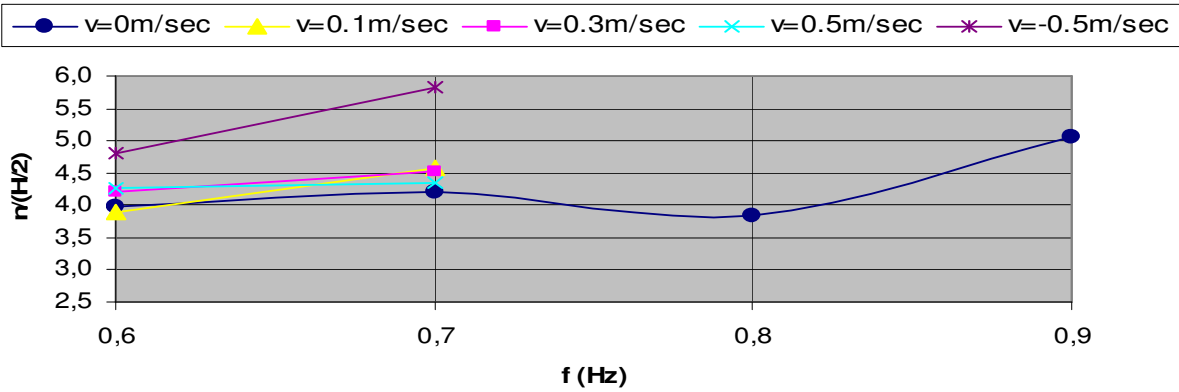
3.3.3.2 Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη γωνία για διαφορετική ταχύτητα



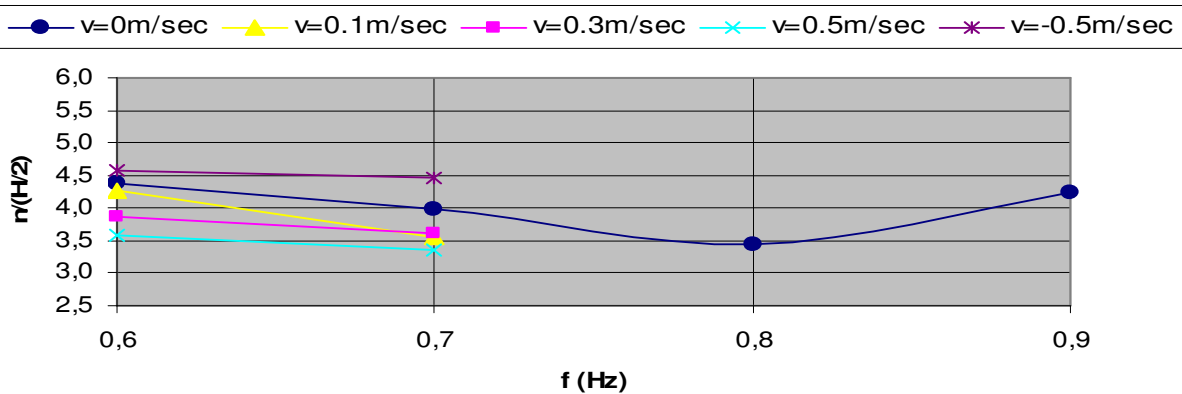
FR90 Standard Deviation
T=15cm, h=7cm

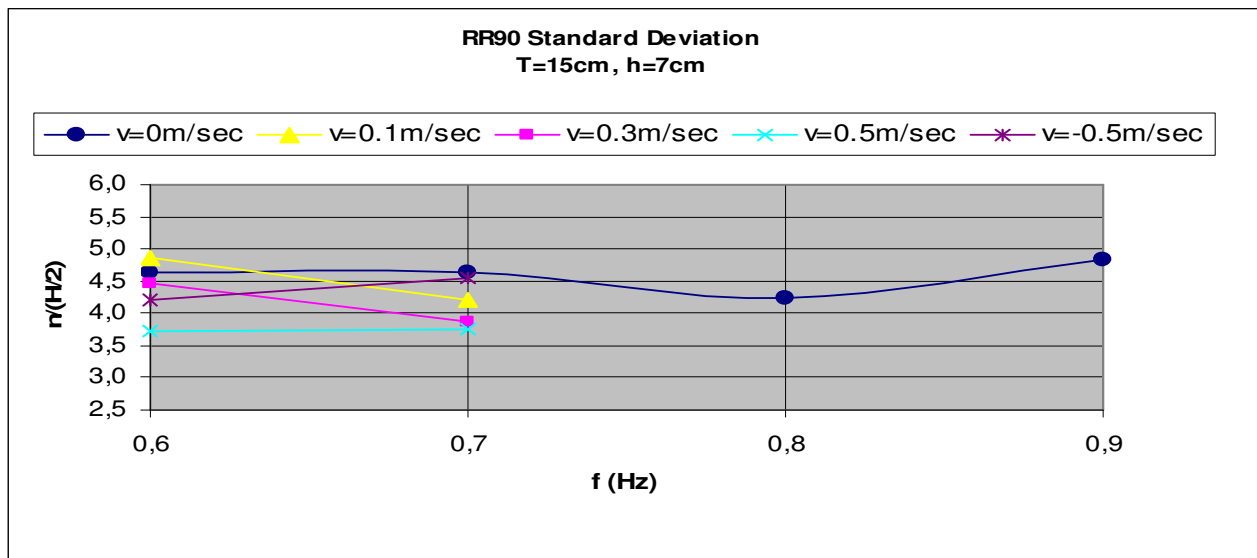


FR180 Standard Deviation
T=15cm, h=7cm

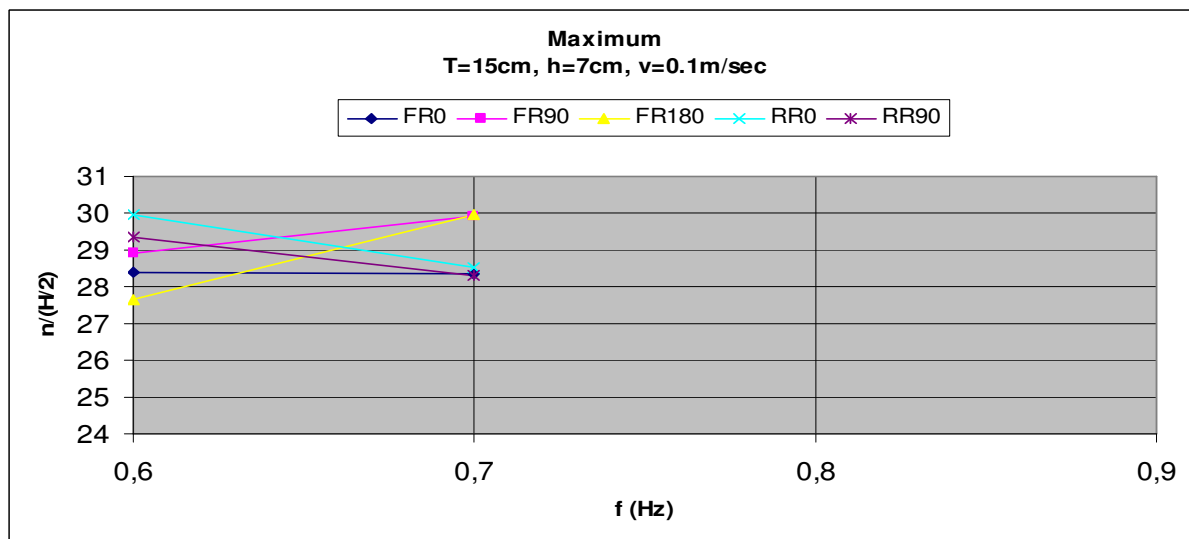
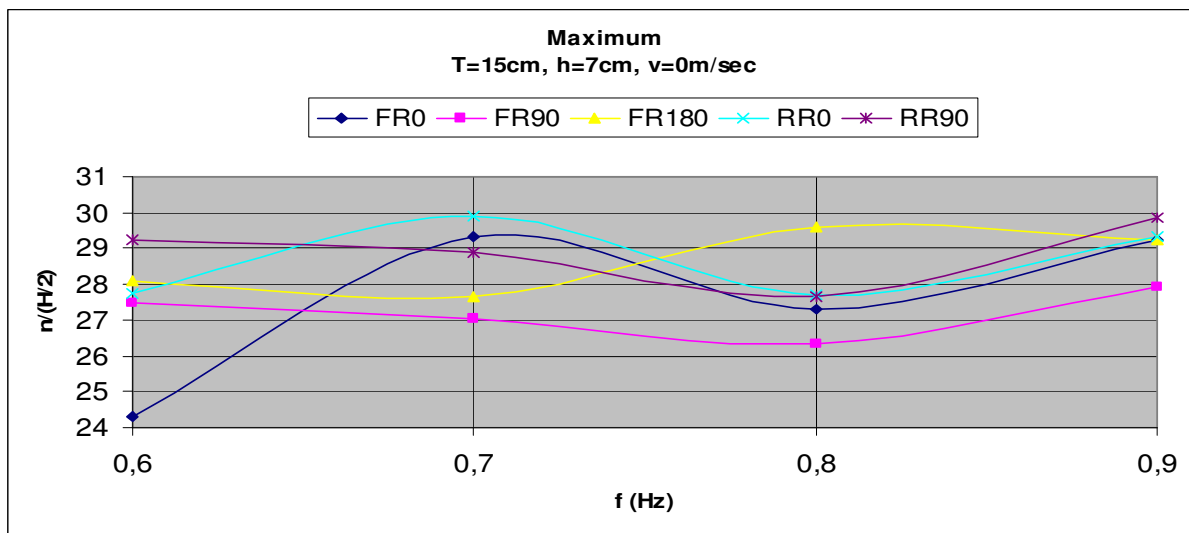


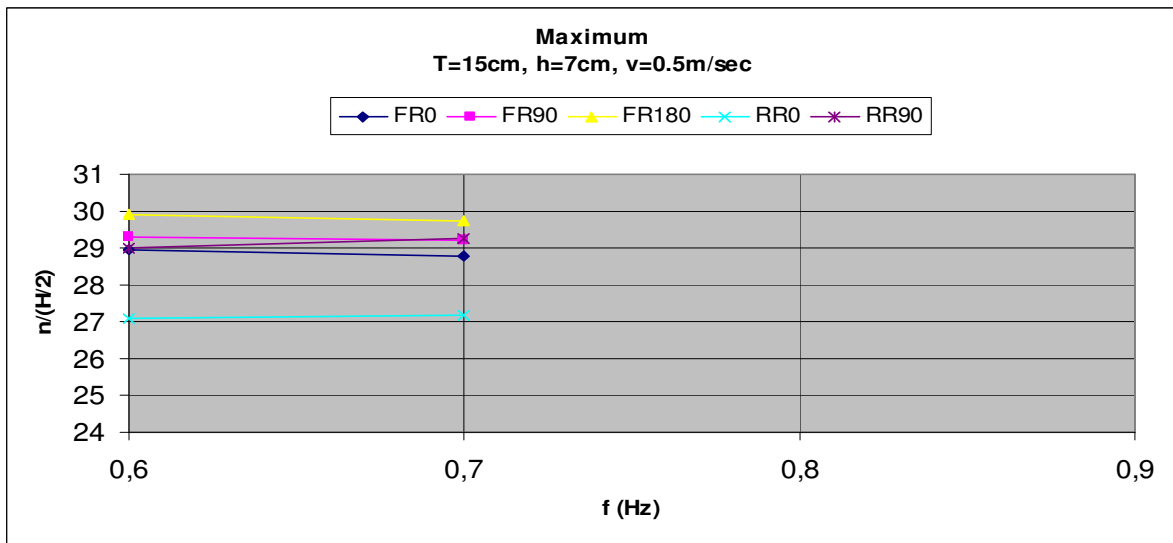
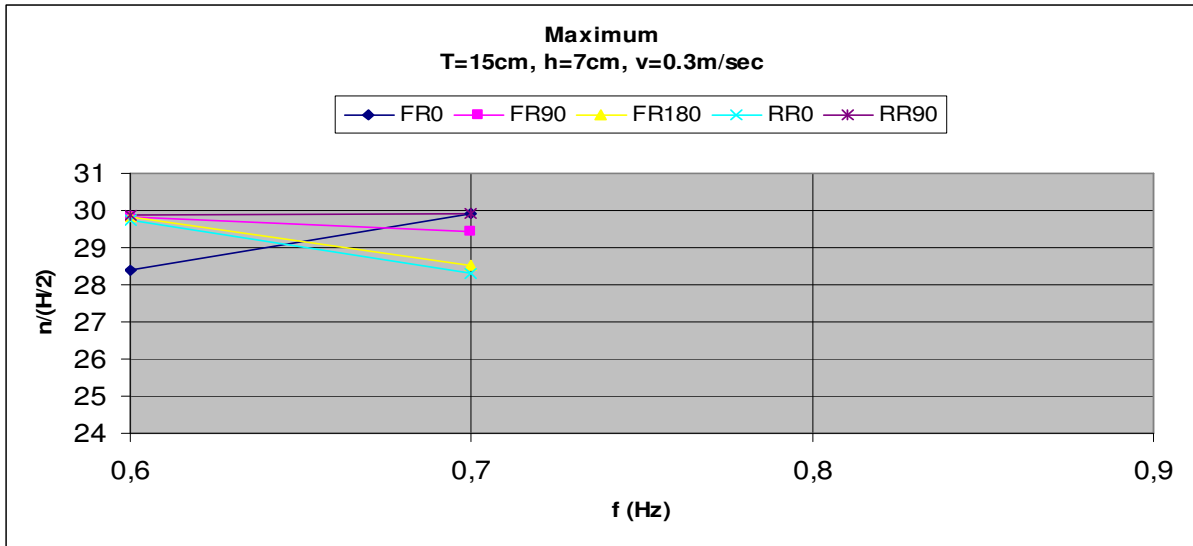
RR0 Standard Deviation
T=15cm, h=7cm



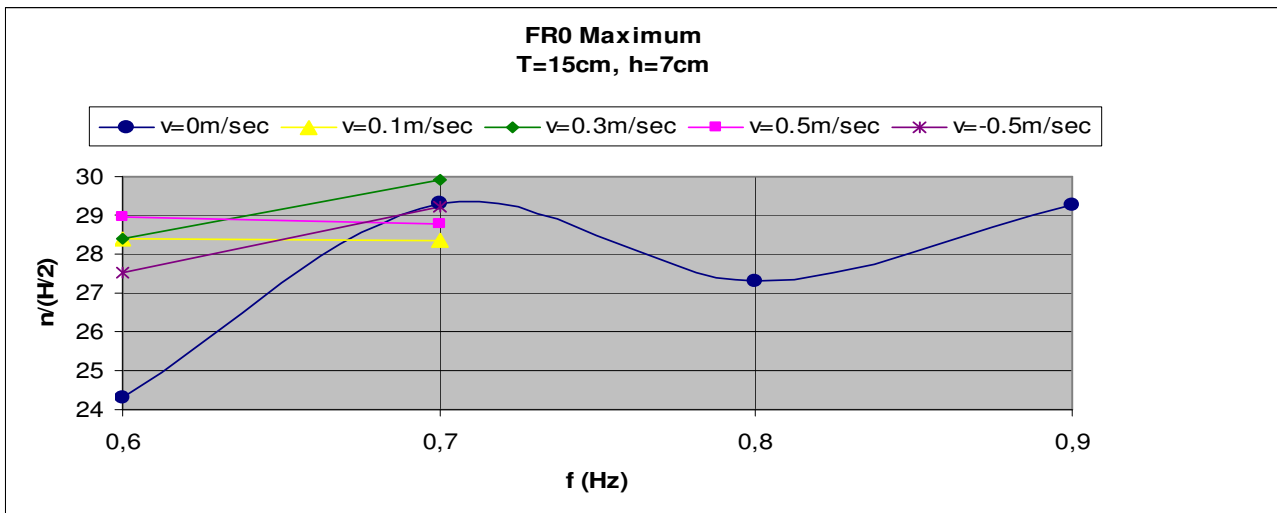


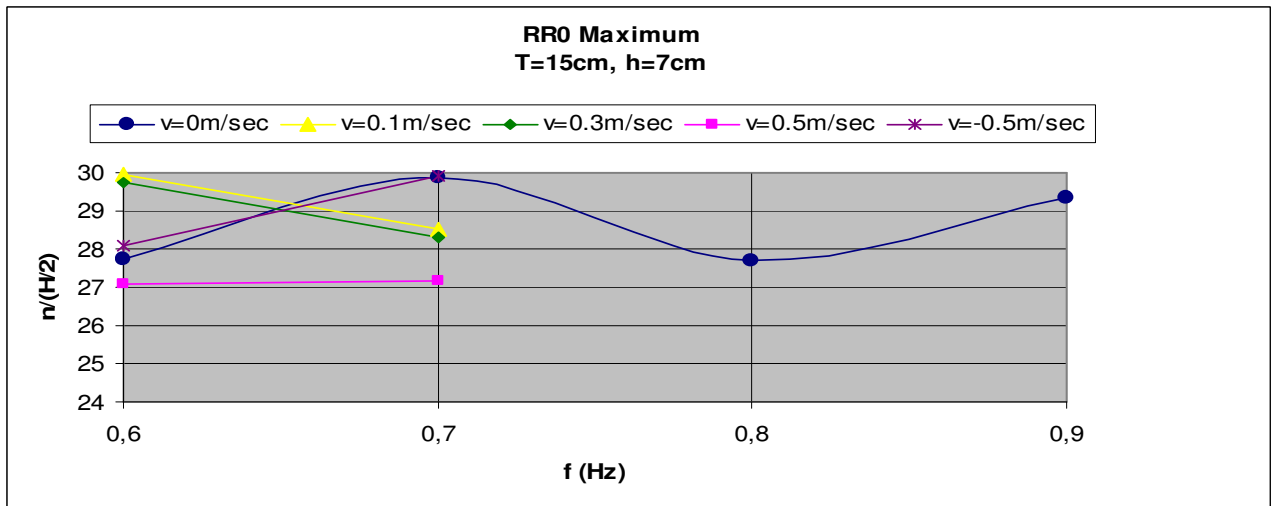
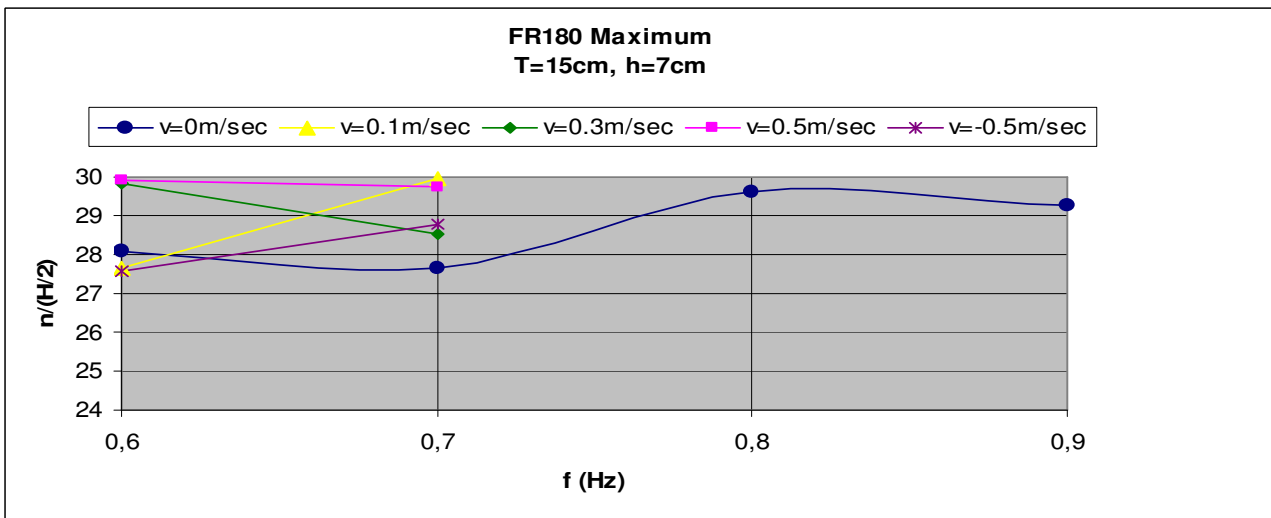
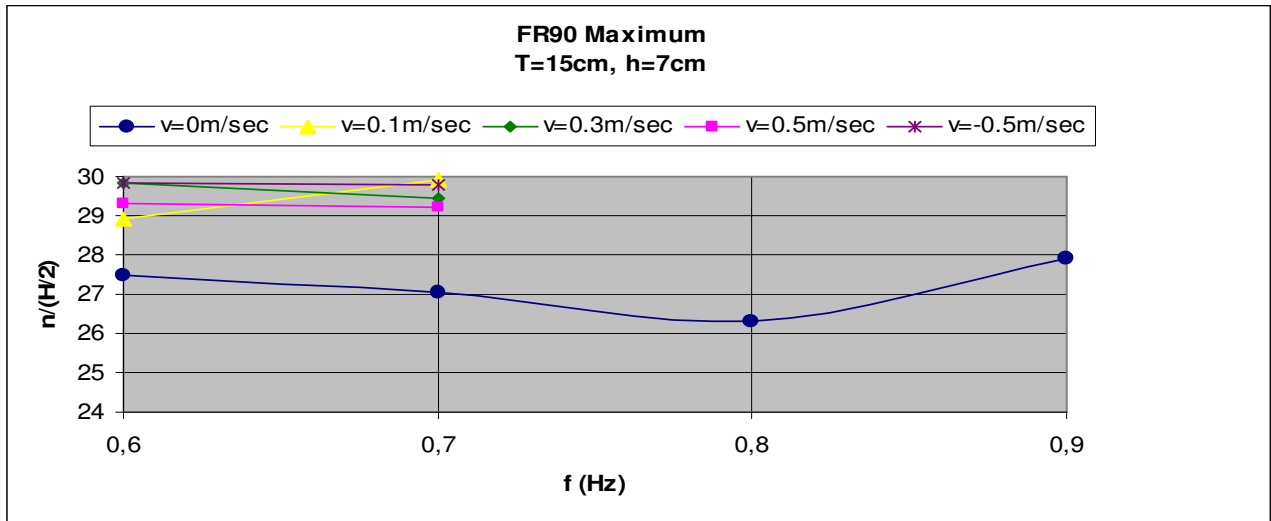
3.3.3.3 **Διάγραμμα Maximum $n/(H/2)$ – f σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία**

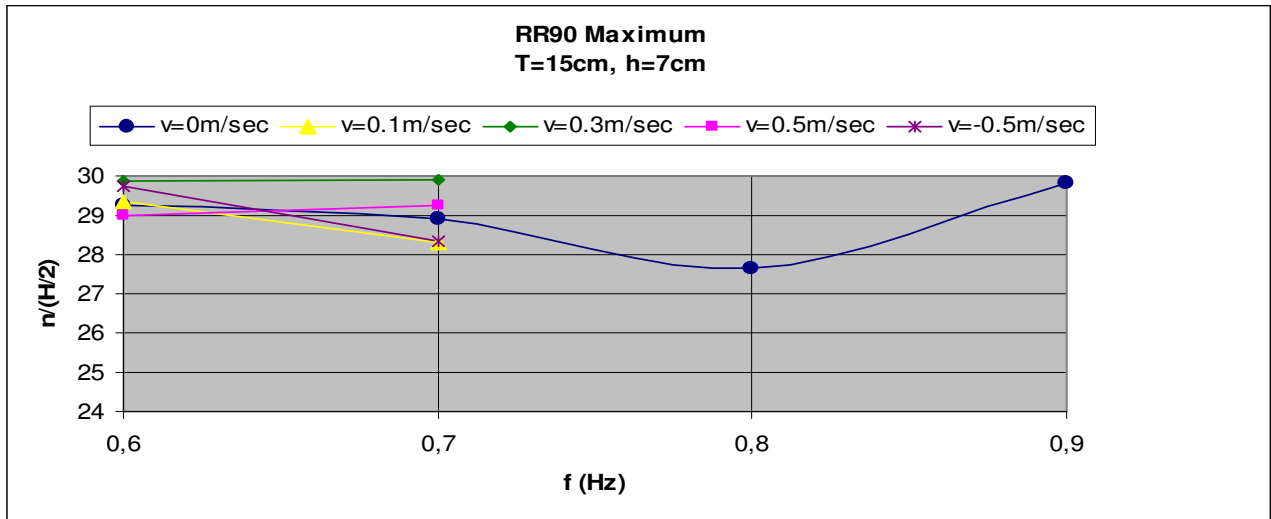




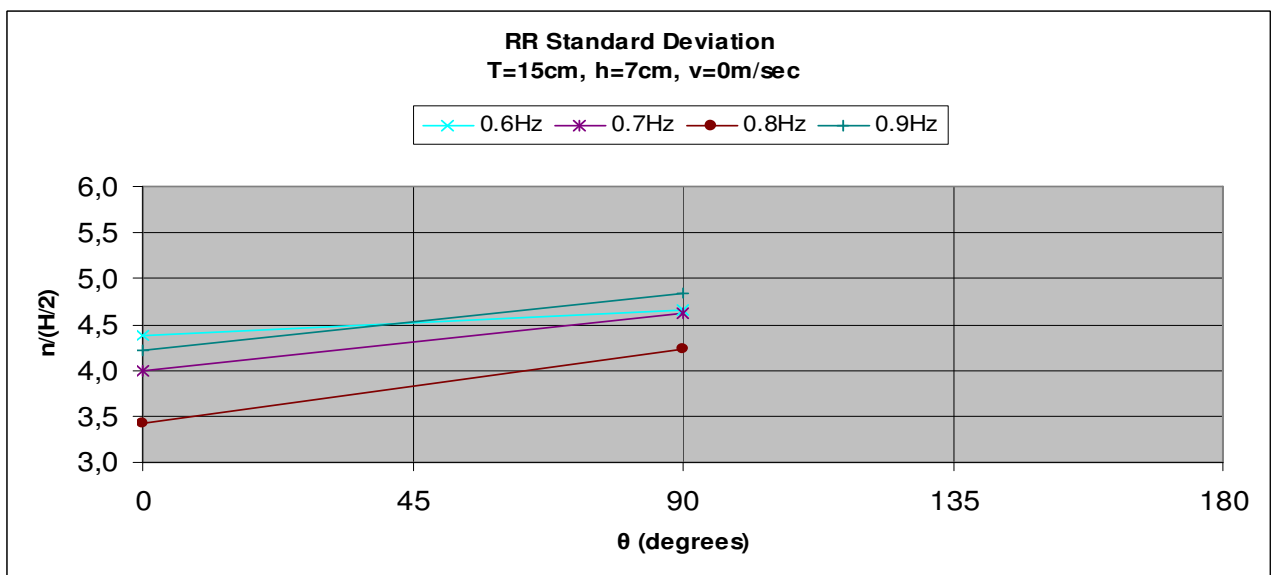
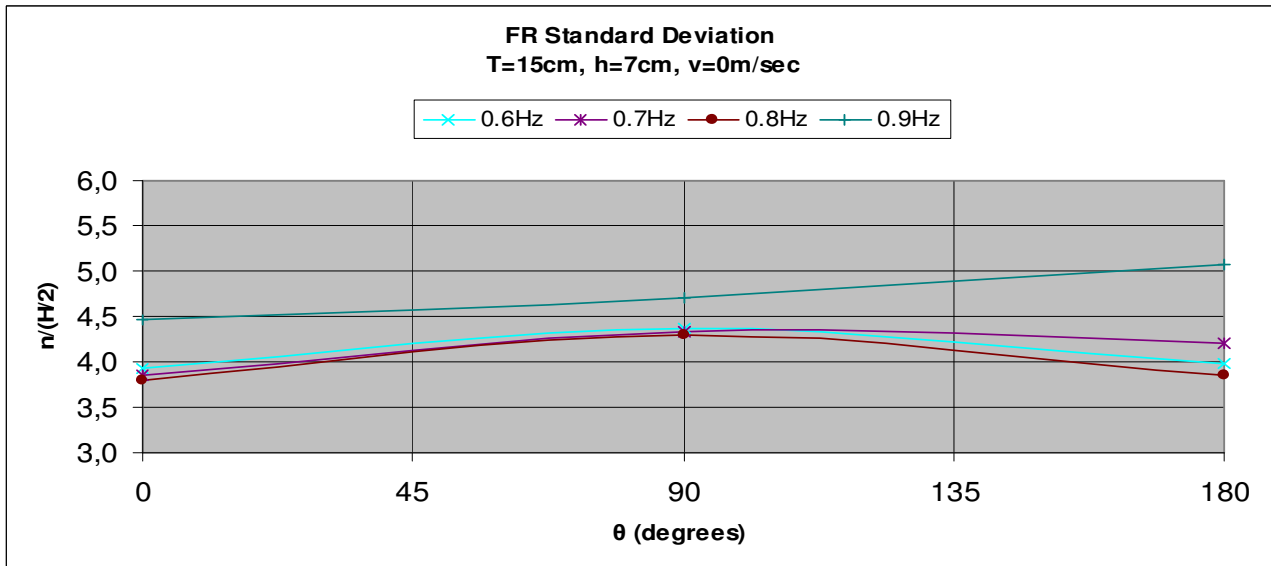
3.3.3.4 Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη γωνία για διαφορετική ταχύτητα

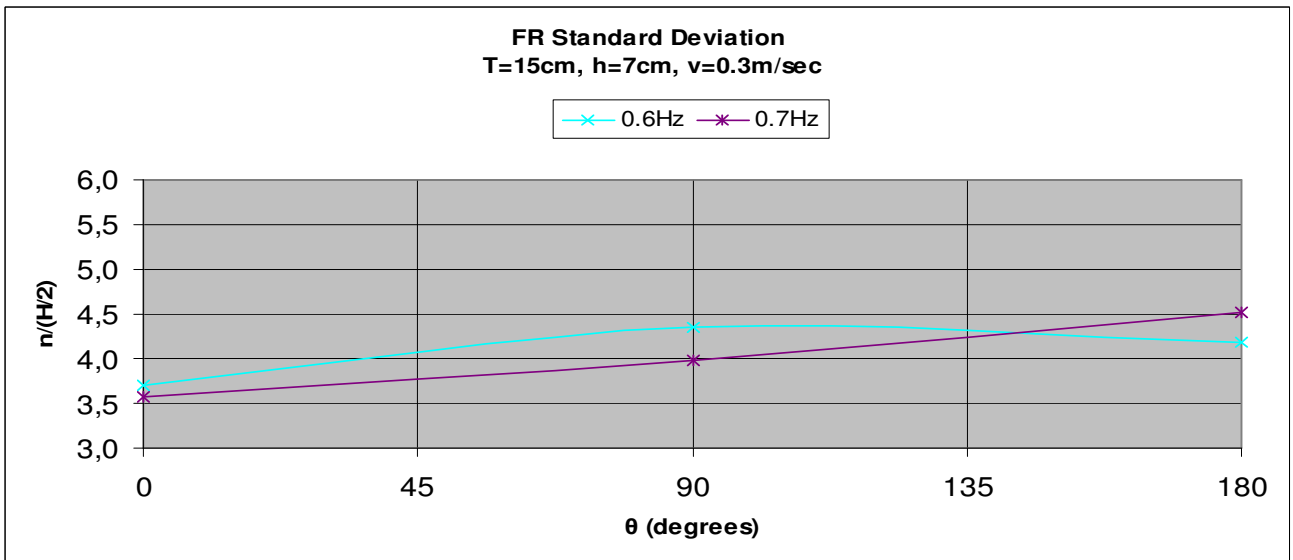
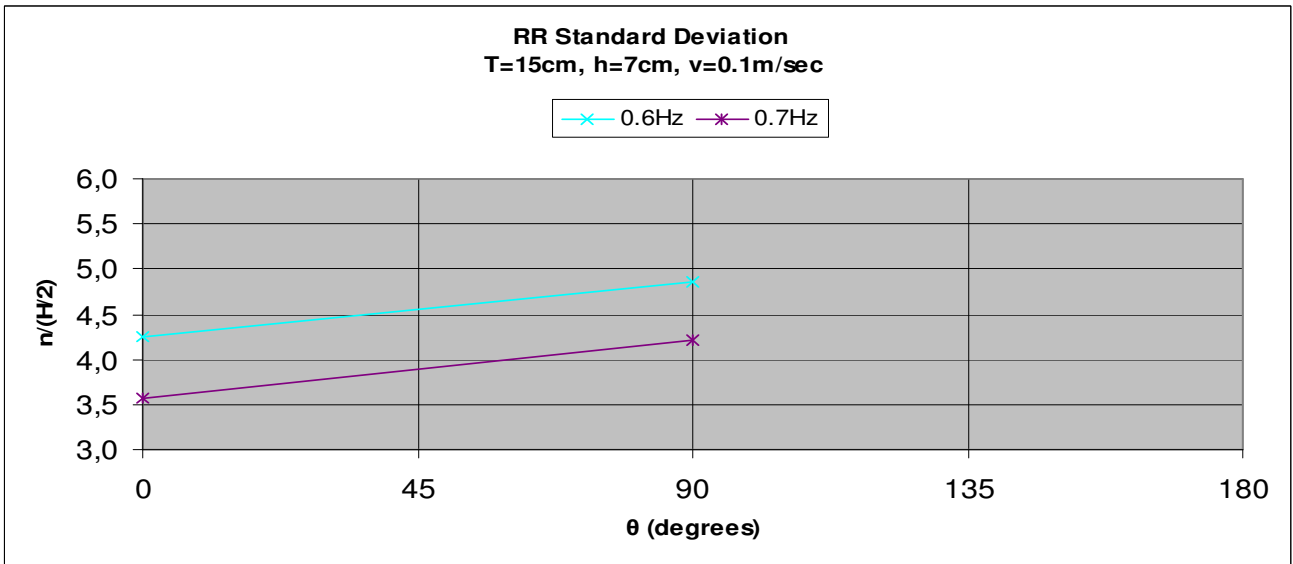
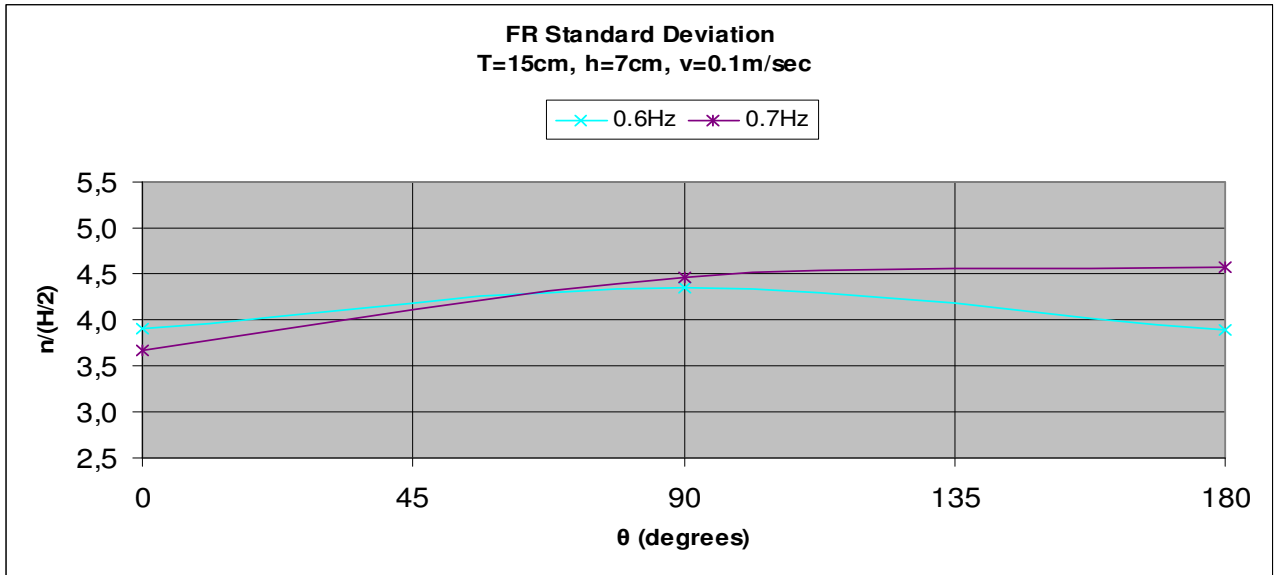


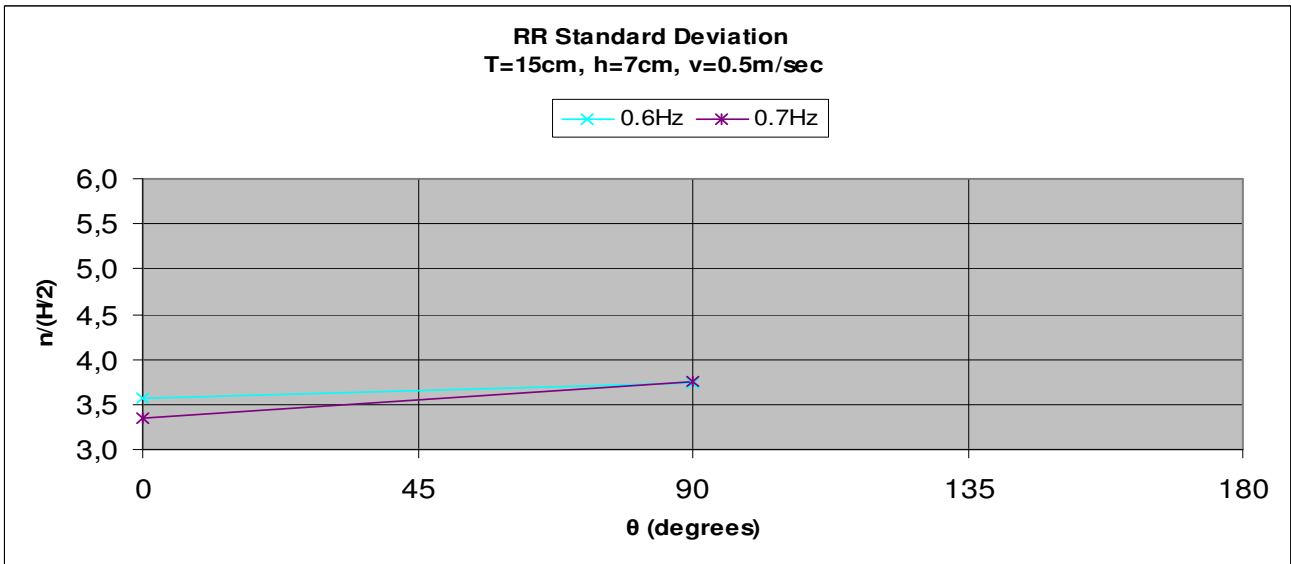
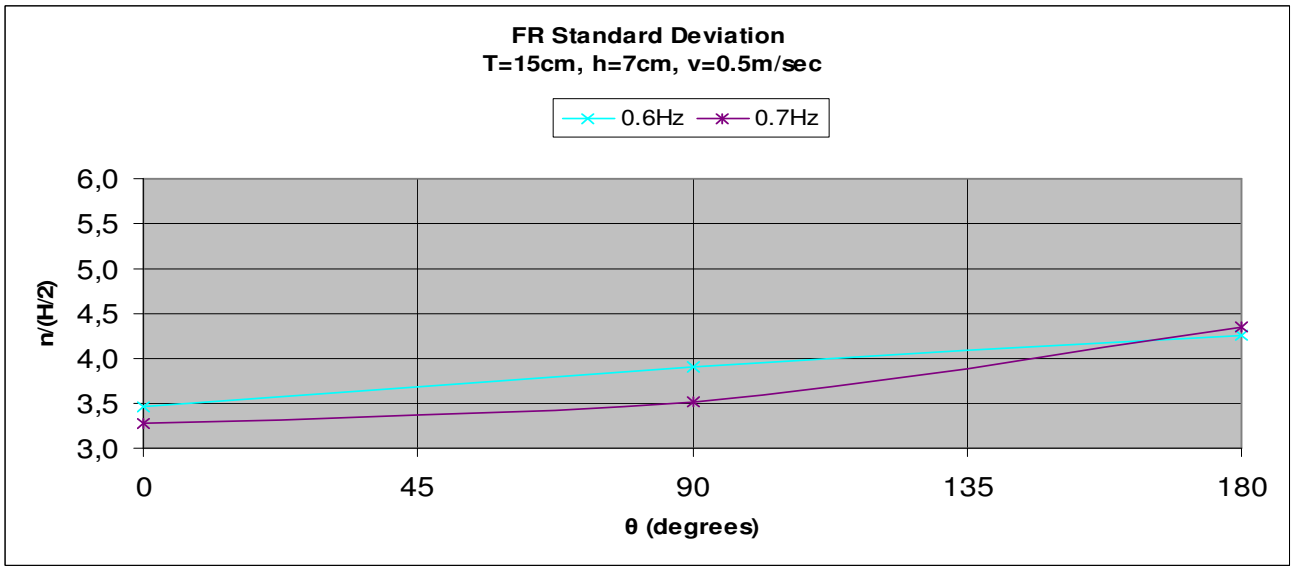
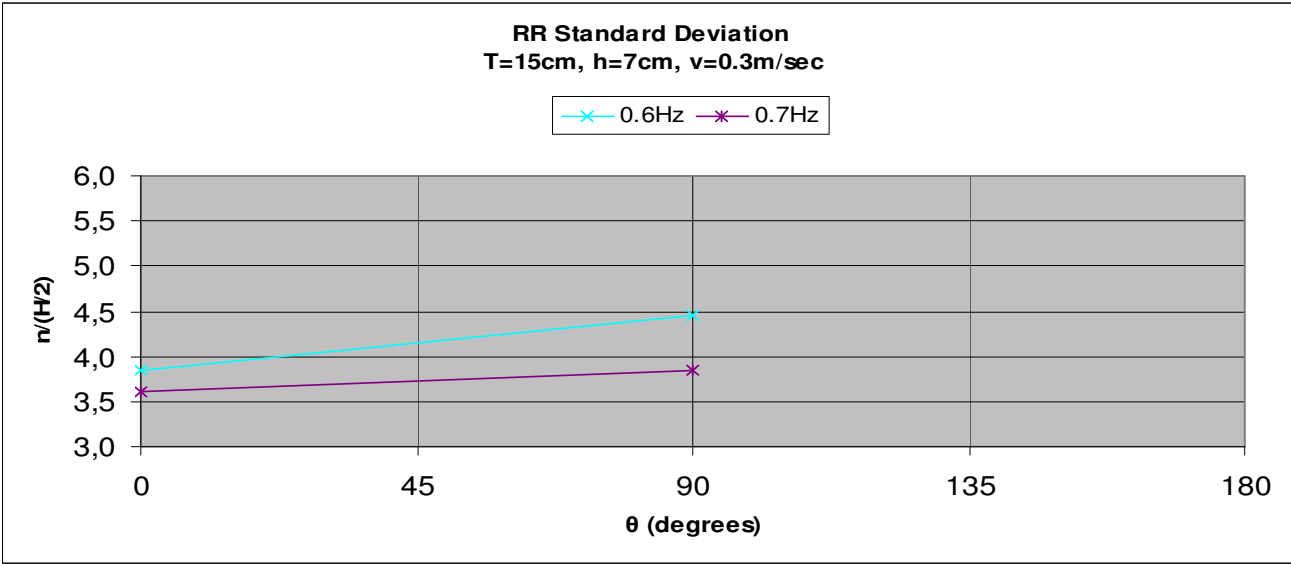


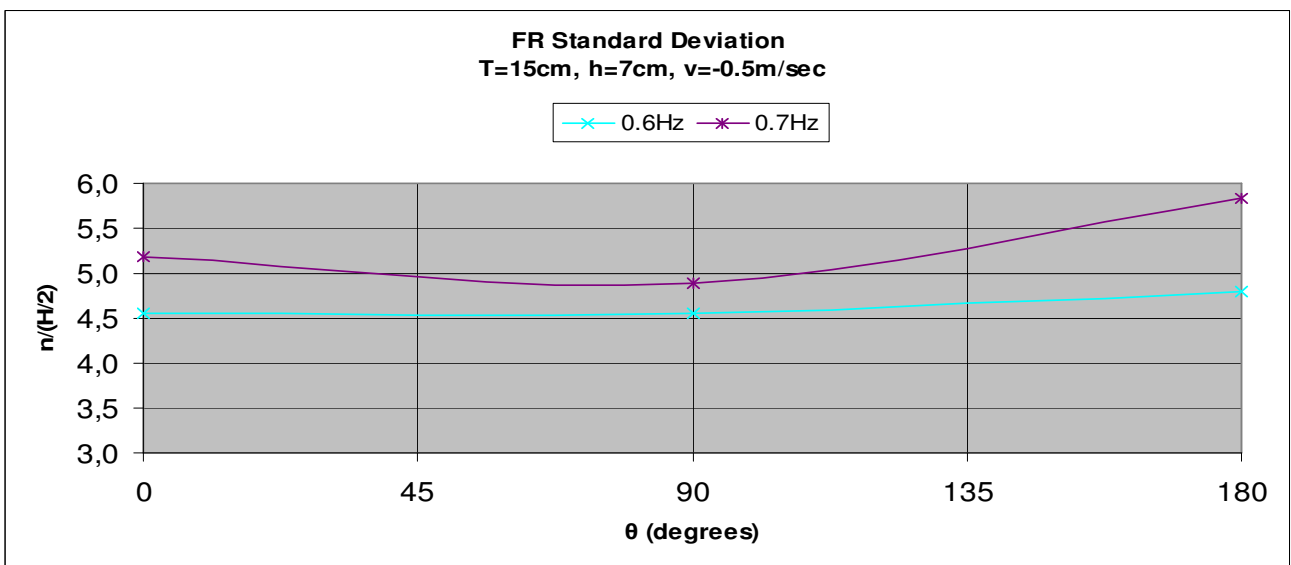
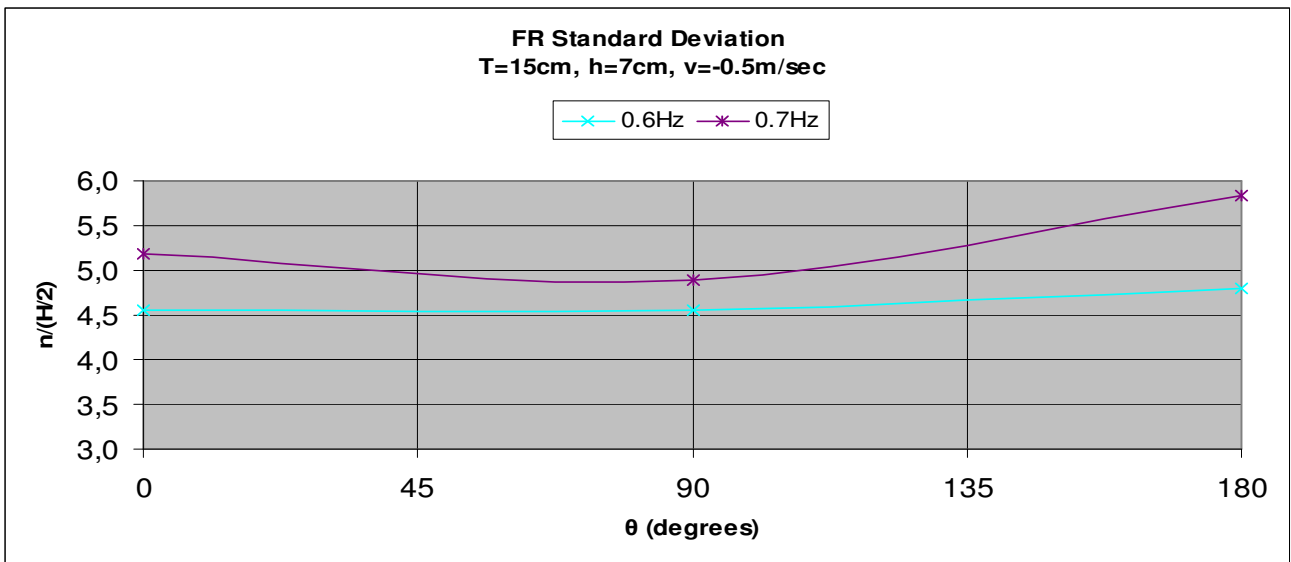


3.3.3.4 **Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα**

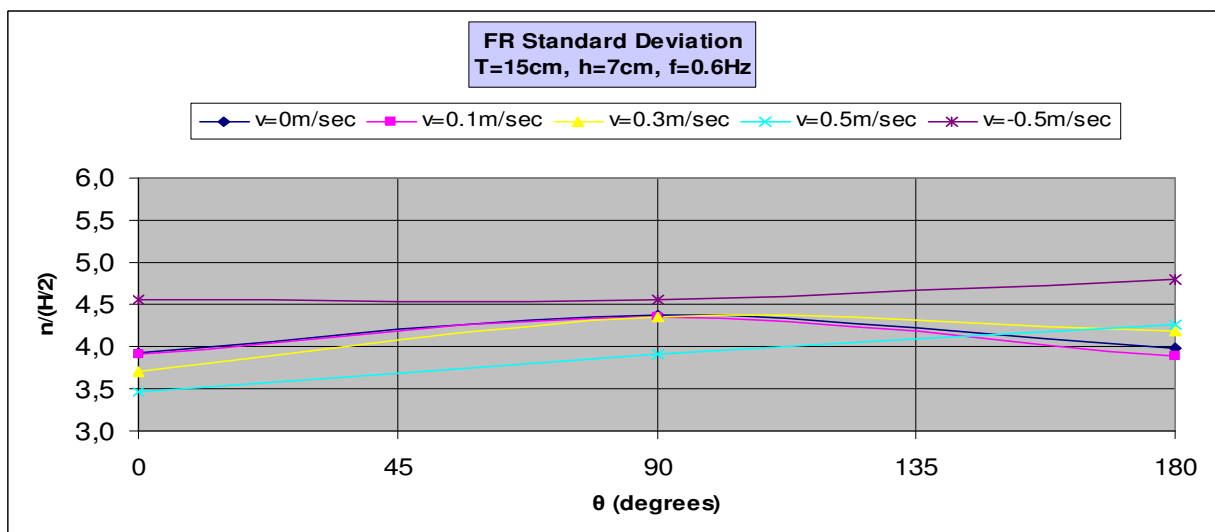


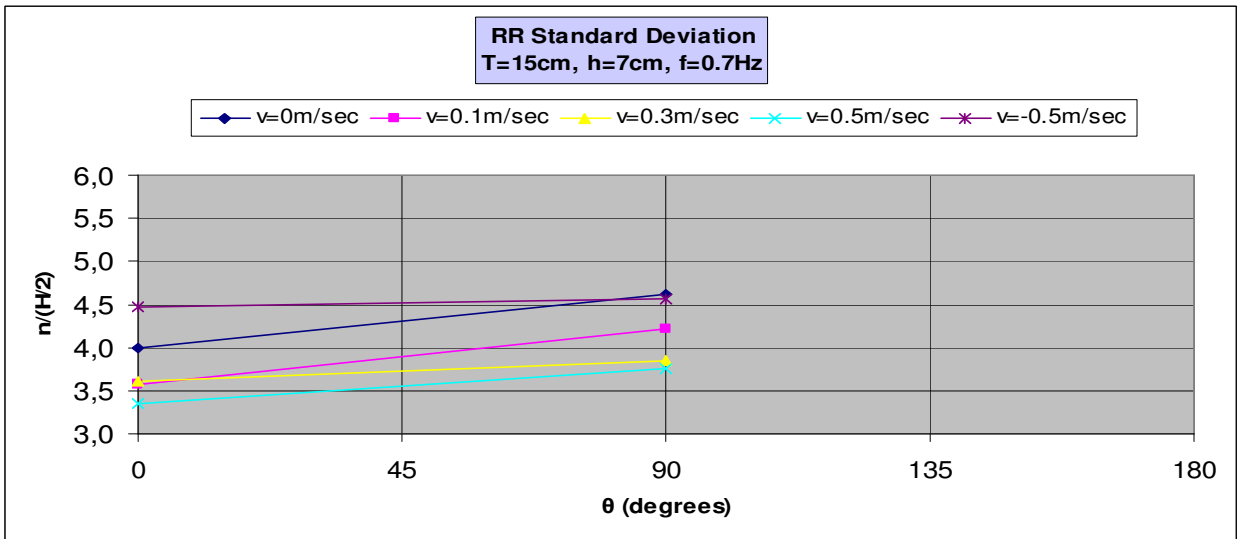
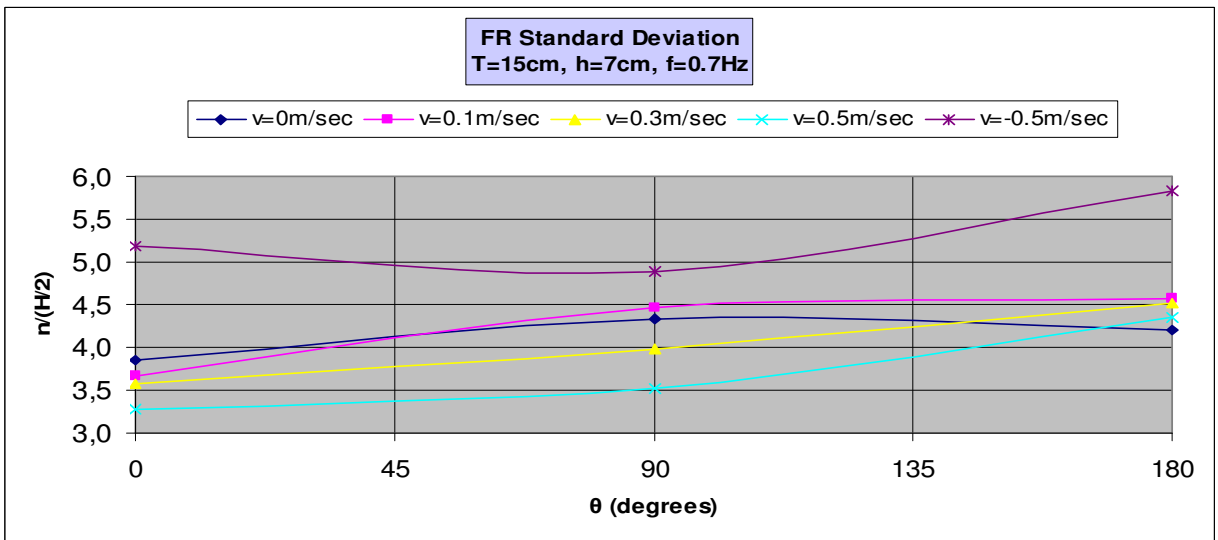
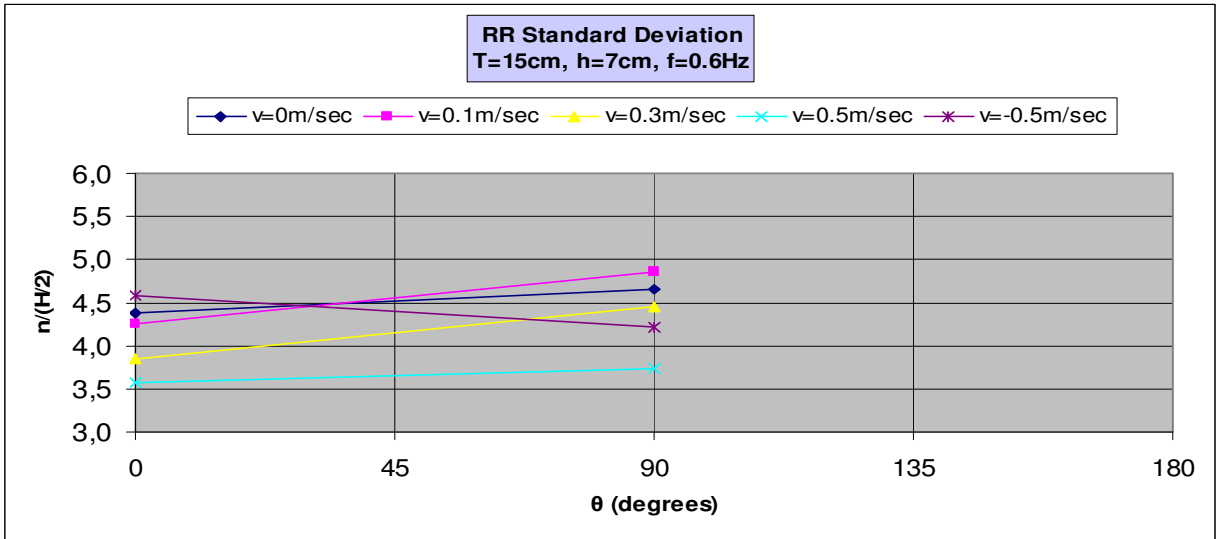




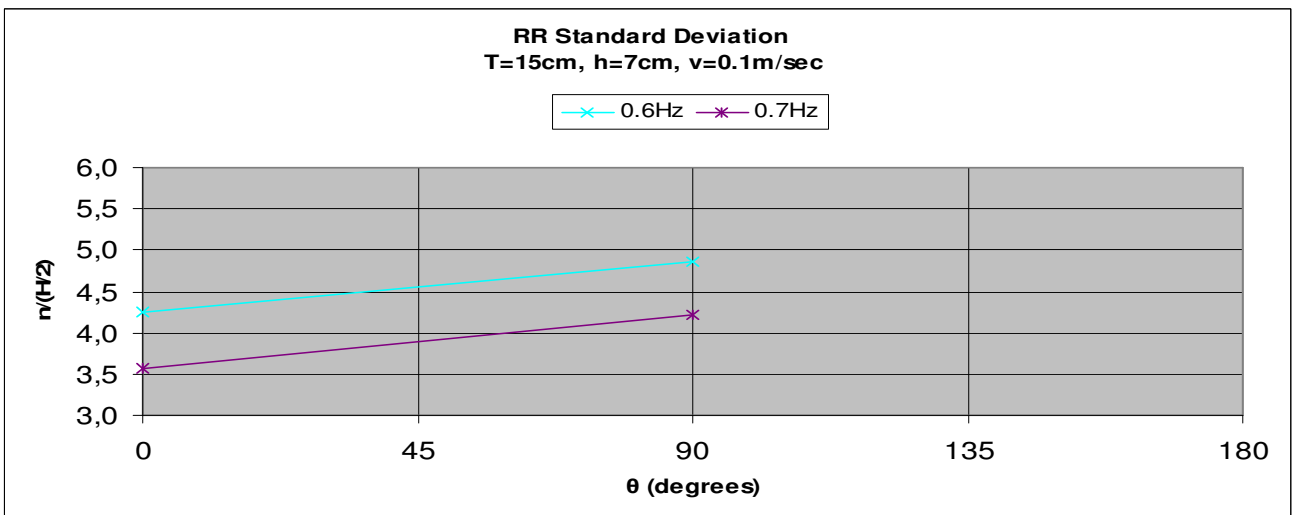
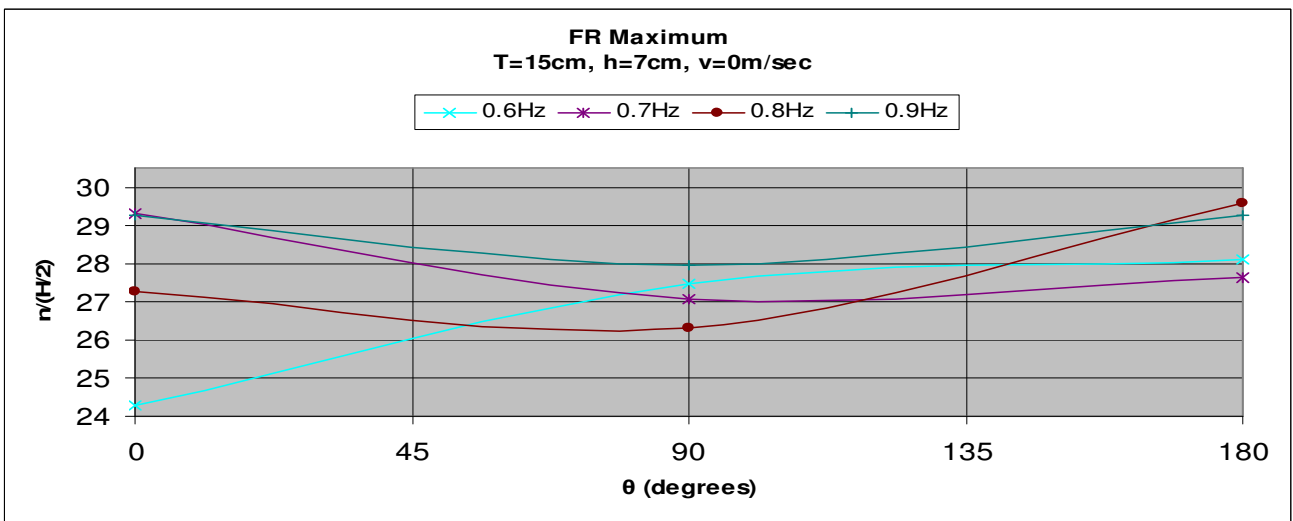
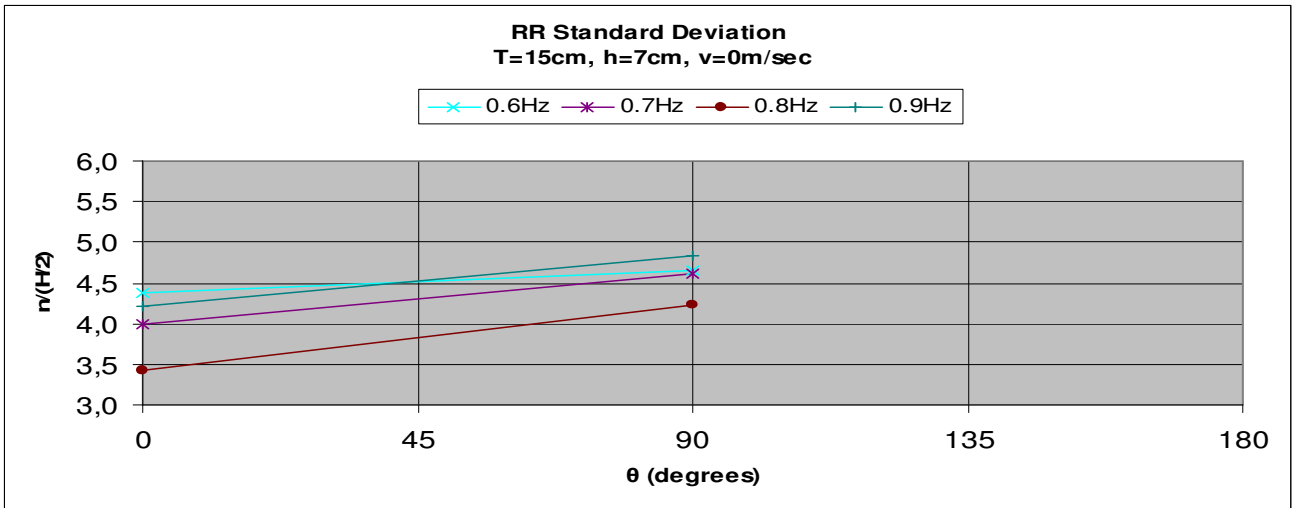


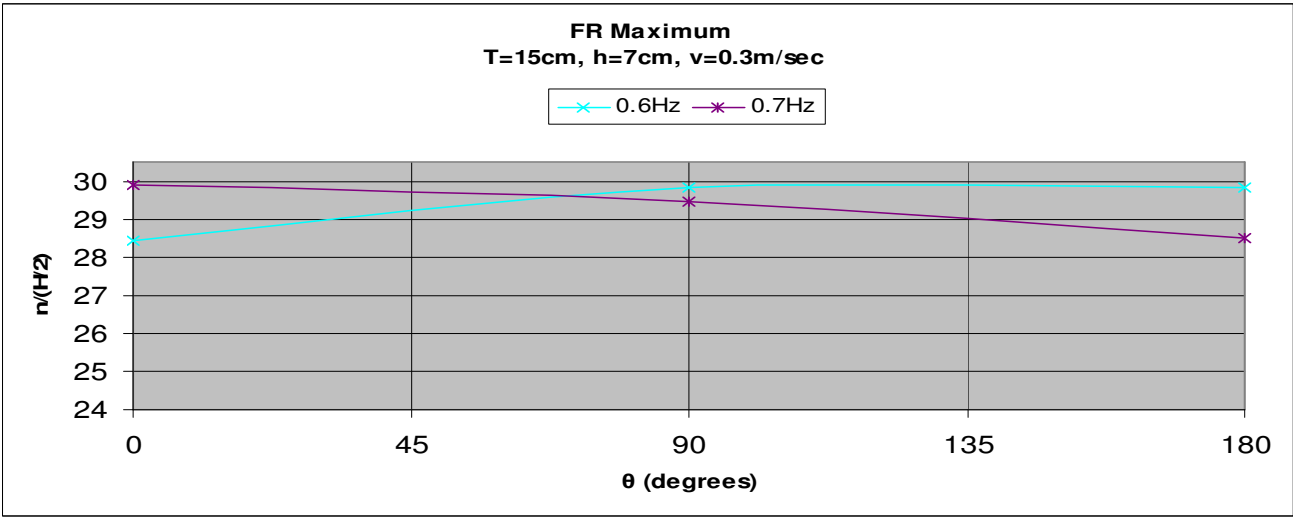
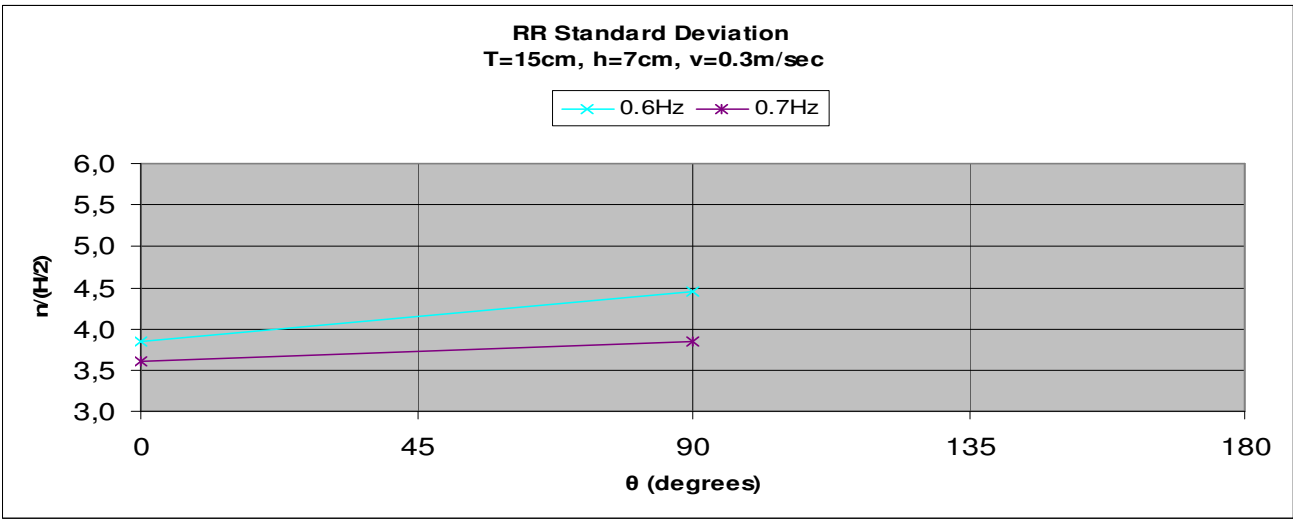
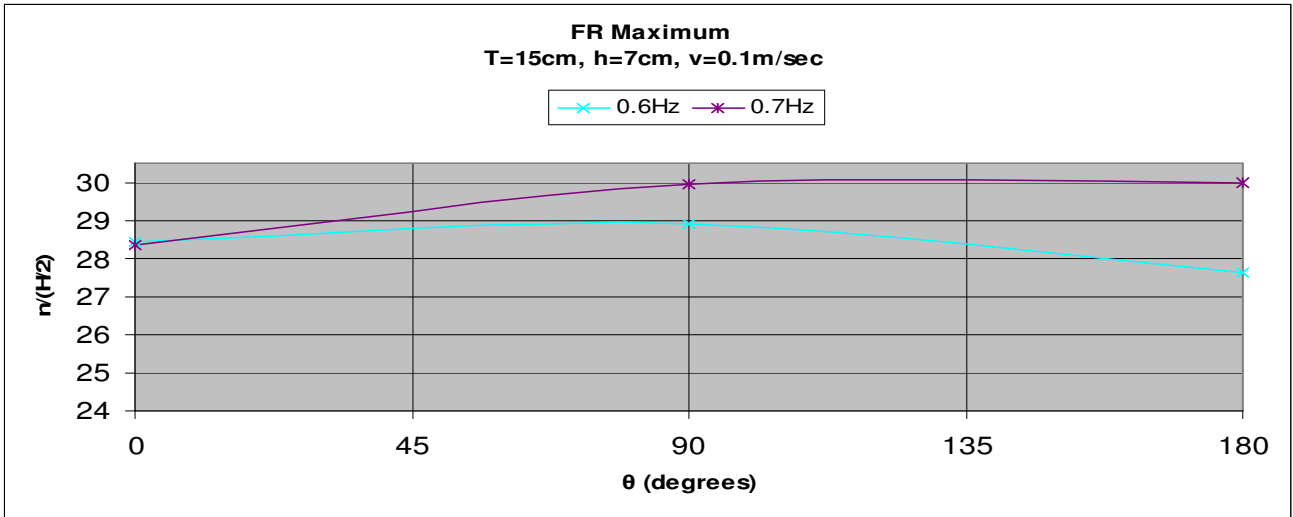
3.3.3.6 **Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2)$ – θ σε δεδομένη συχνότητα για διαφορετική ταχύτητα**

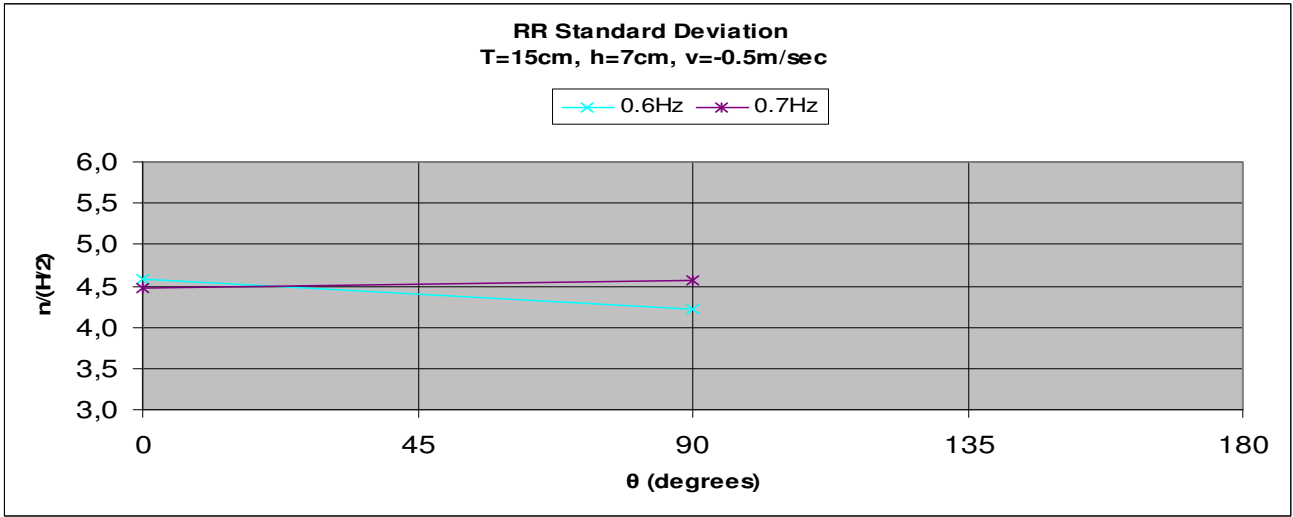
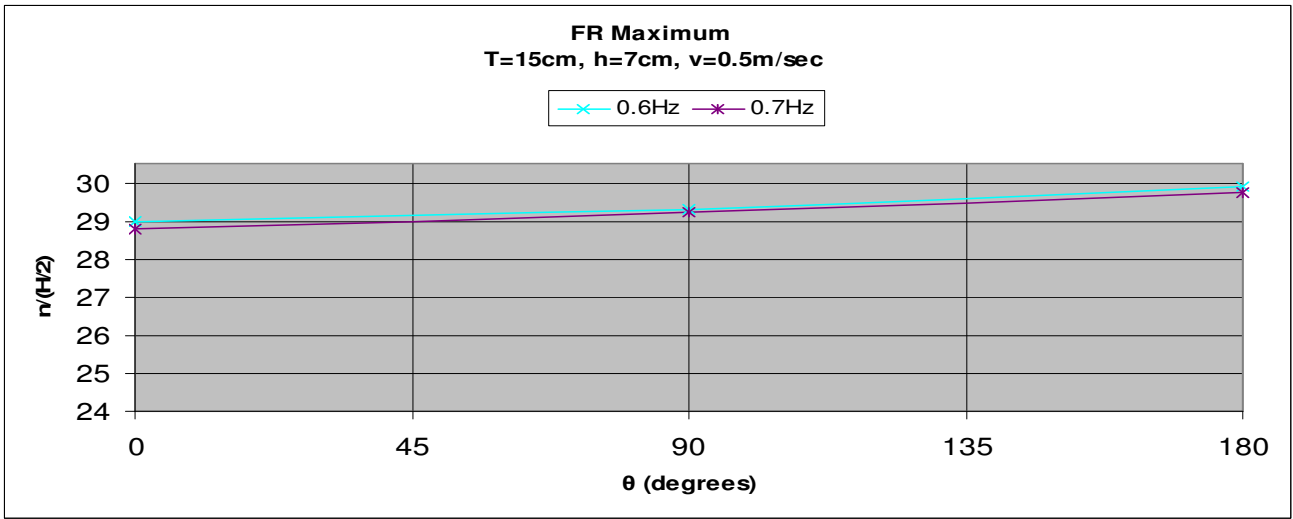
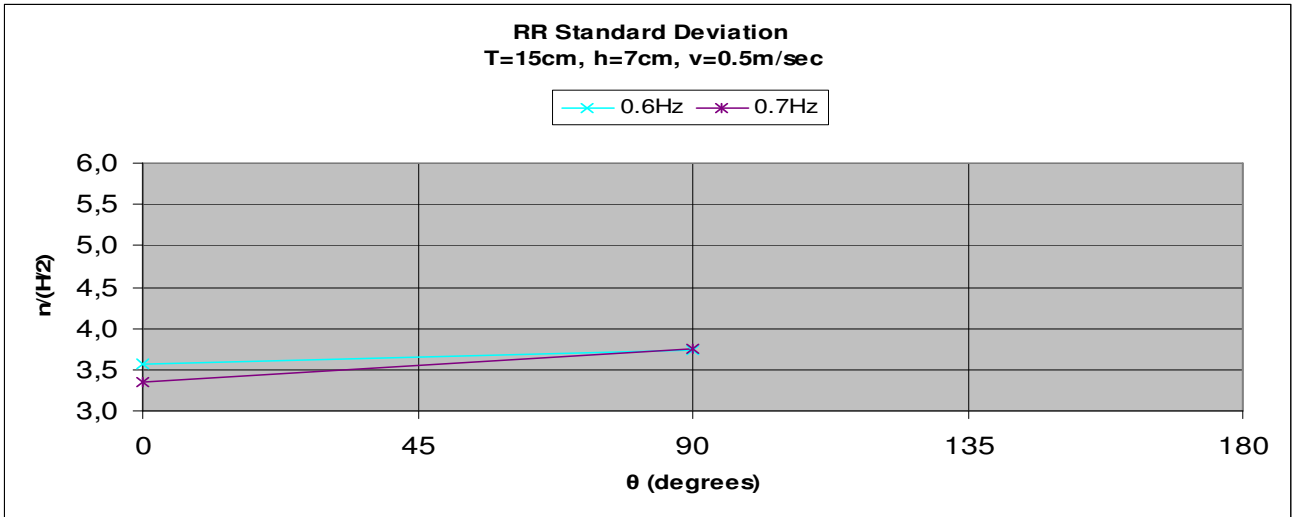


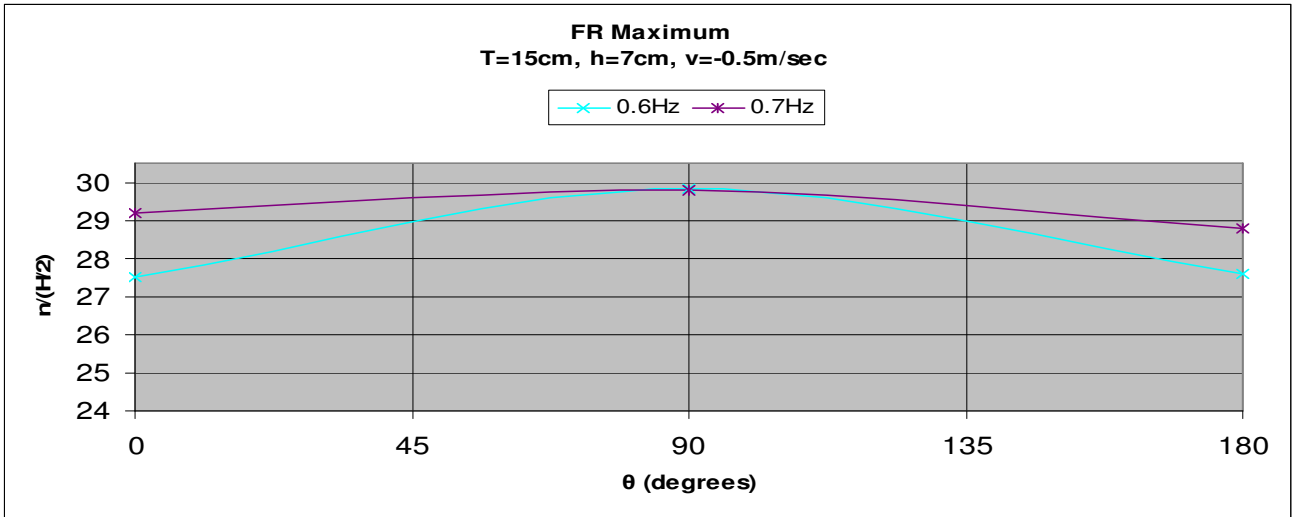


3.3.3.7 Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα

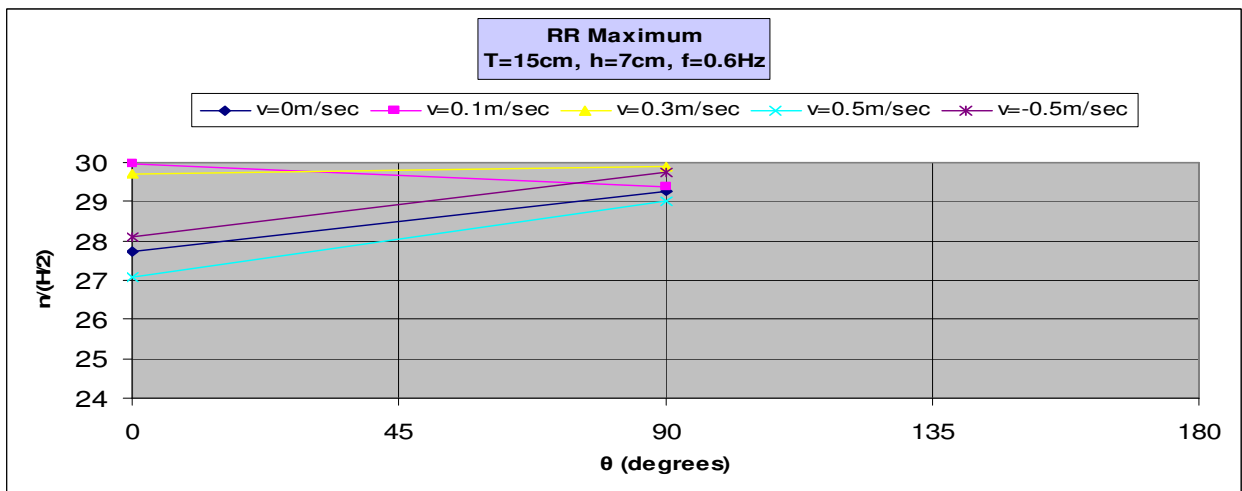
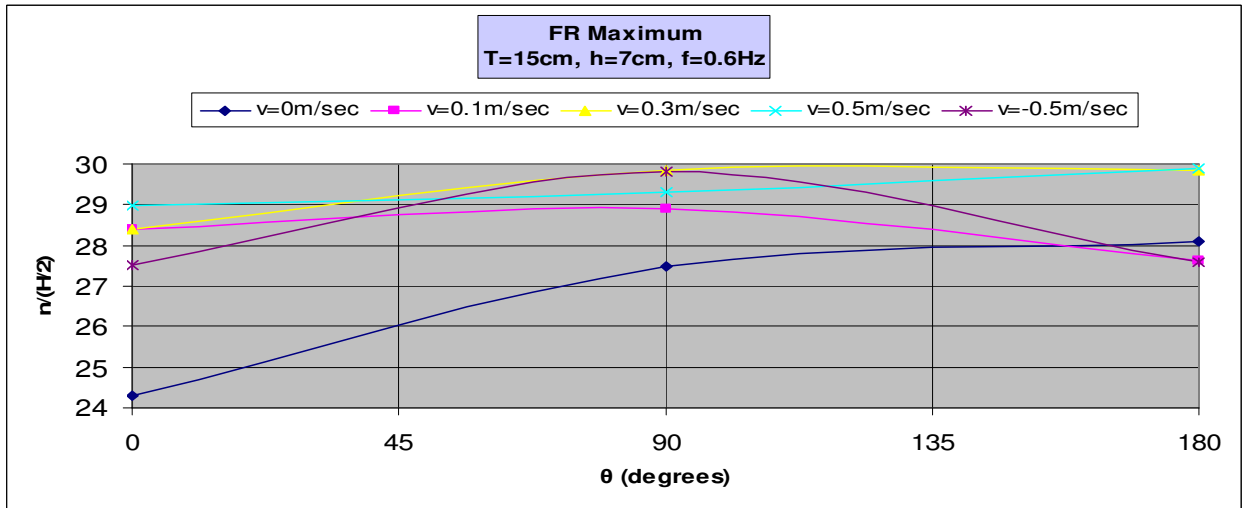


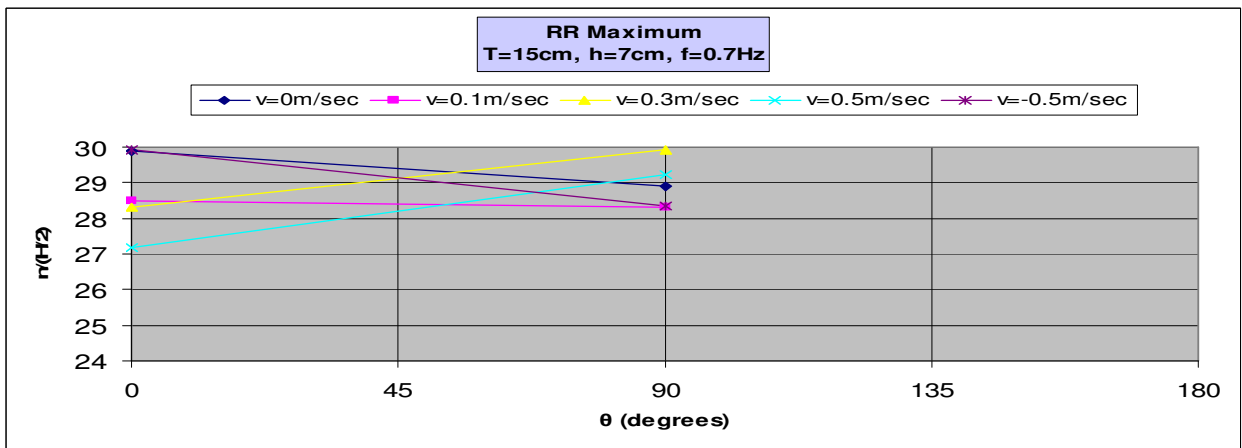
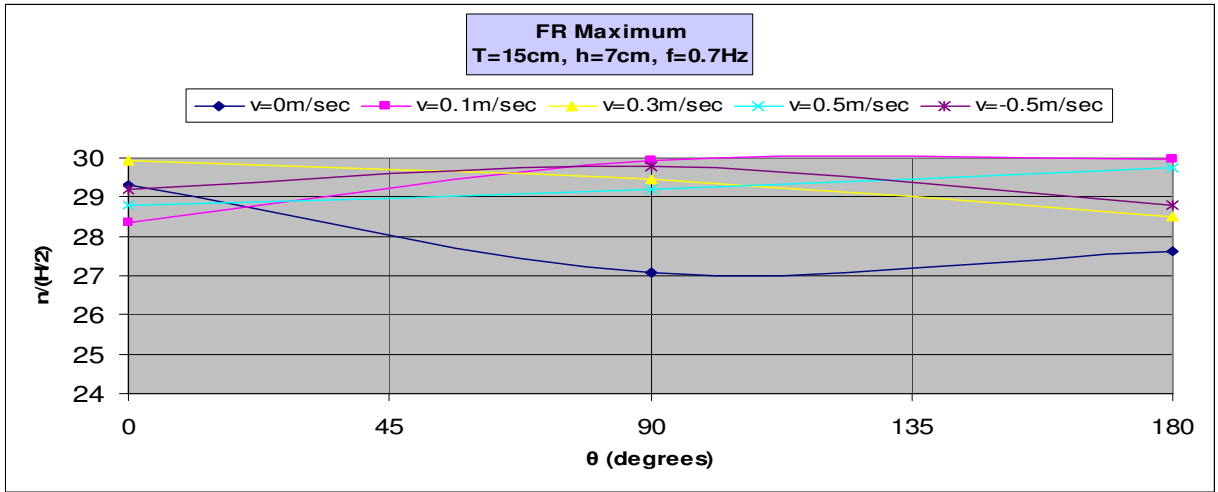






3.3.3.8 Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη συχνότητα για διαφορετική ταχύτητα





3.3.4 Αποτελέσματα Standard Deviation και Maximum μετρήσεων για την Πλατφόρμα για h=8cm

Standard Deviation για v=0 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,7		3,726522	4,813887	4,037275	3,55296	4,502554
0,8		3,709885	4,384717	4,470414	3,422625	3,804009

Maximum για v=0 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,7		29,86711	29,15147	25,91185	27,52867	27,33709
0,8		29,58824	28,73365	29,54058	28,99916	29,03263

Standard Deviation για v=0 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,7		3,672485	4,464116	4,790381	4,024604	4,878547

Maximum για v=0 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,7		29,92619	29,74151	29,41948	26,97136	29,60607

Standard Deviation για v=0 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,7		3,768211	4,062104	4,597672	3,437954	3,616667

Maximum για v=0 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,7		28,54301	29,74151	28,52474	29,73189	28,48291

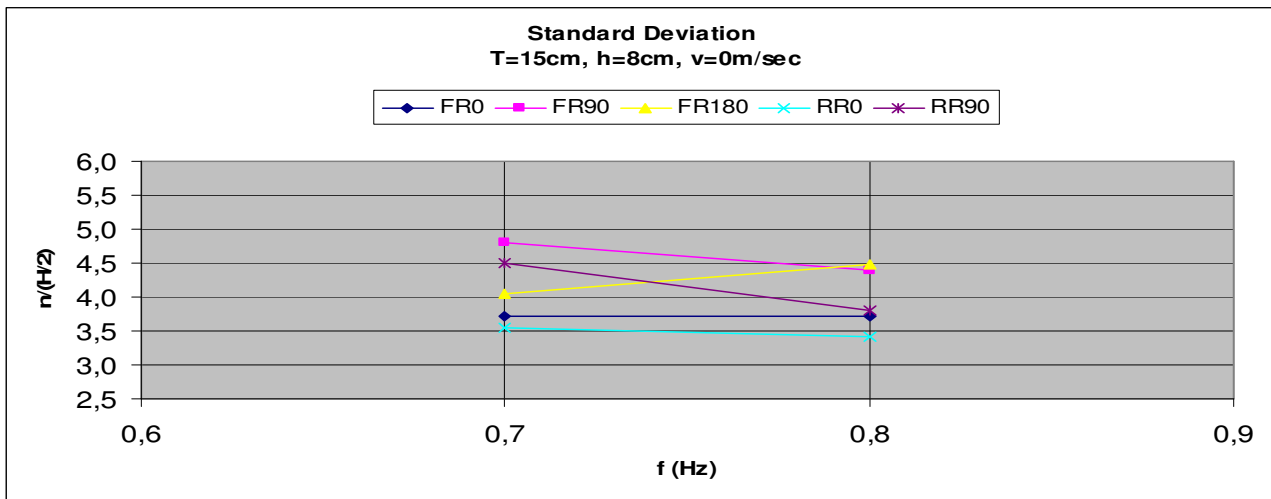
Standard Deviation για v=0 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,7		3,244235	3,598074	4,438625	3,386928	3,745846

Maximum για v=0 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,7		24,69956	29,31879	29,81707	26,76912	29,07409

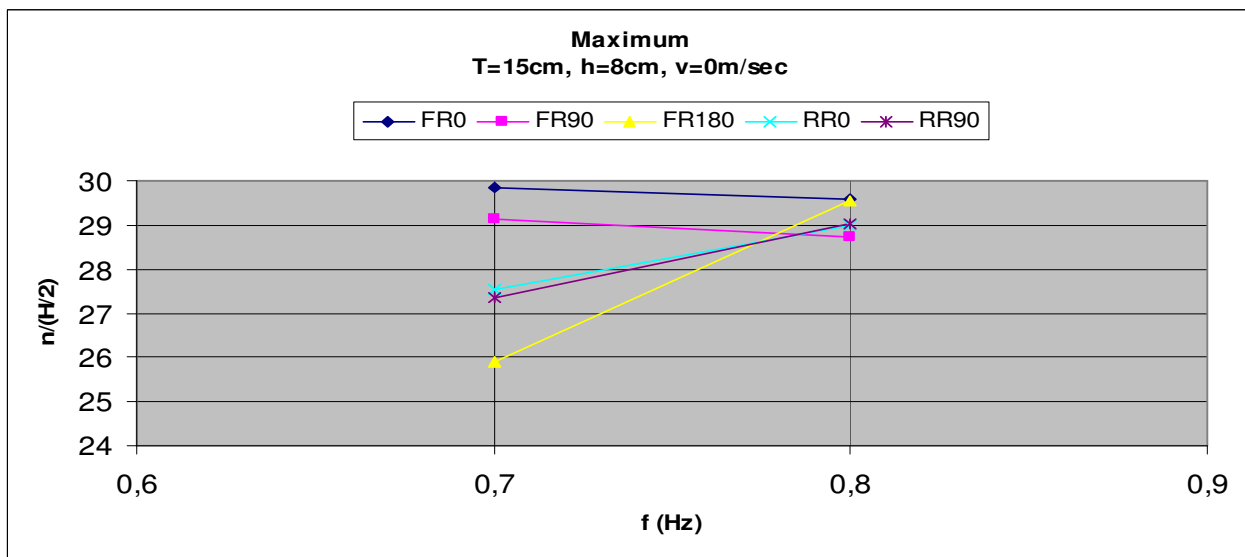
Standard Deviation για v=0 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,7		5,104691	4,969701	6,573133	5,115203	4,341639

Maximum για v=0 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	90	180	0	90
0,7		28,50776	29,8007	29,87108	29,25075	25,25365

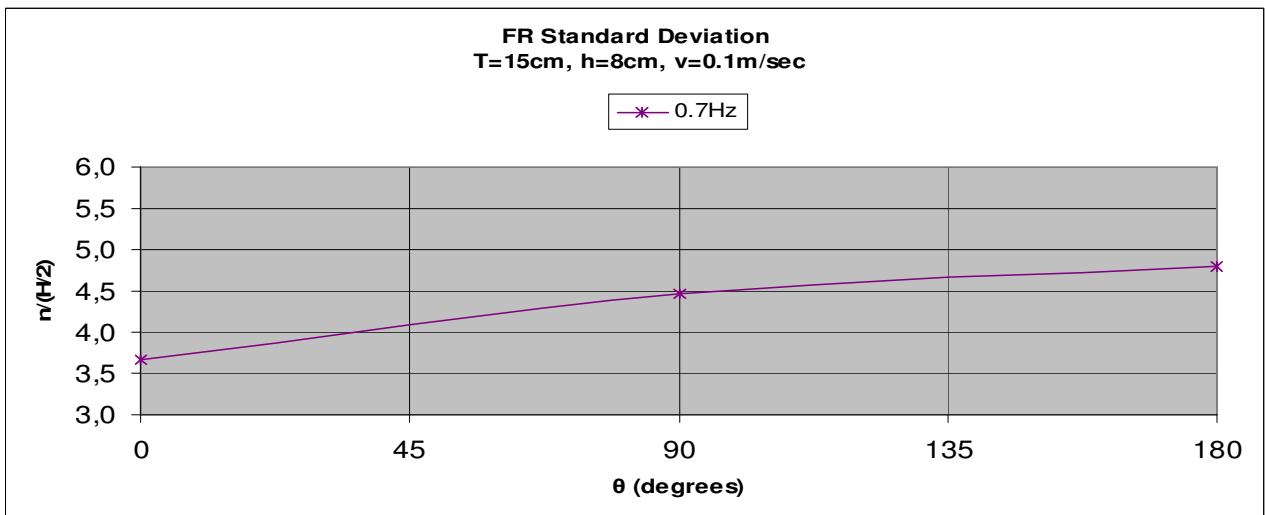
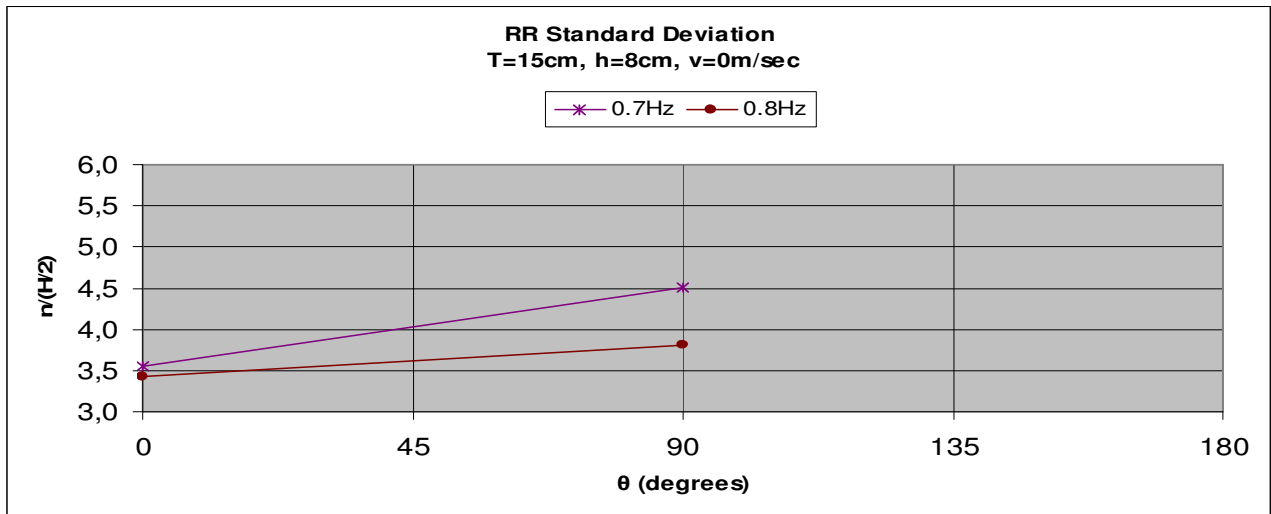
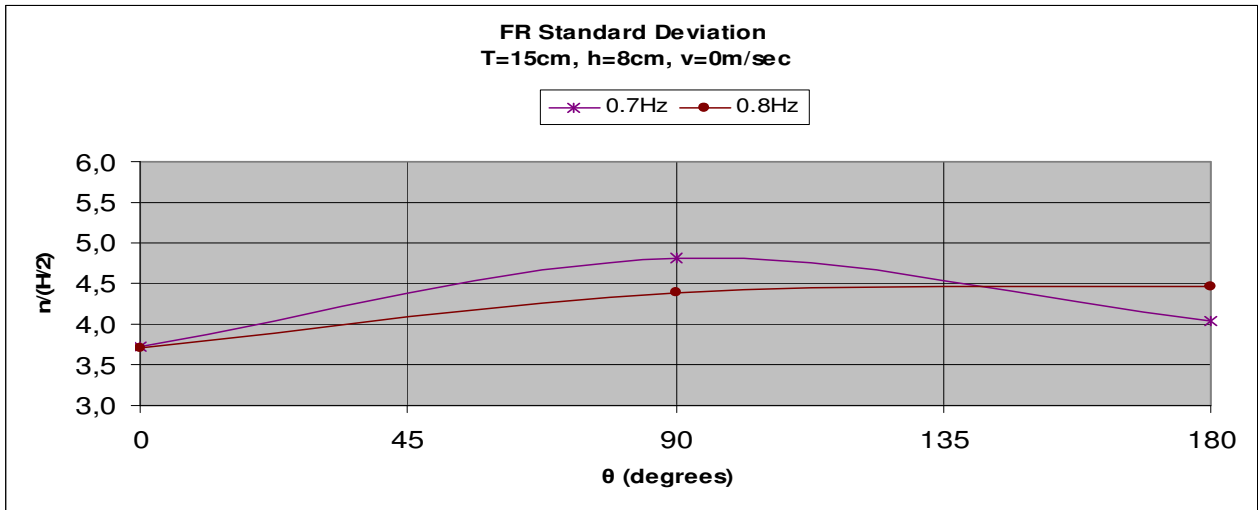
3.3.4.1 Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία

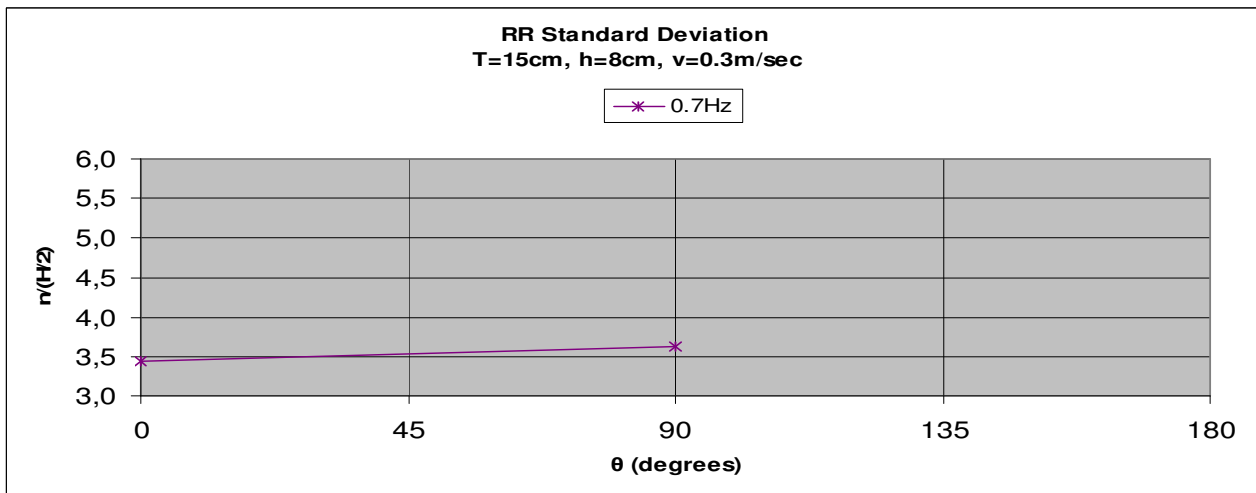
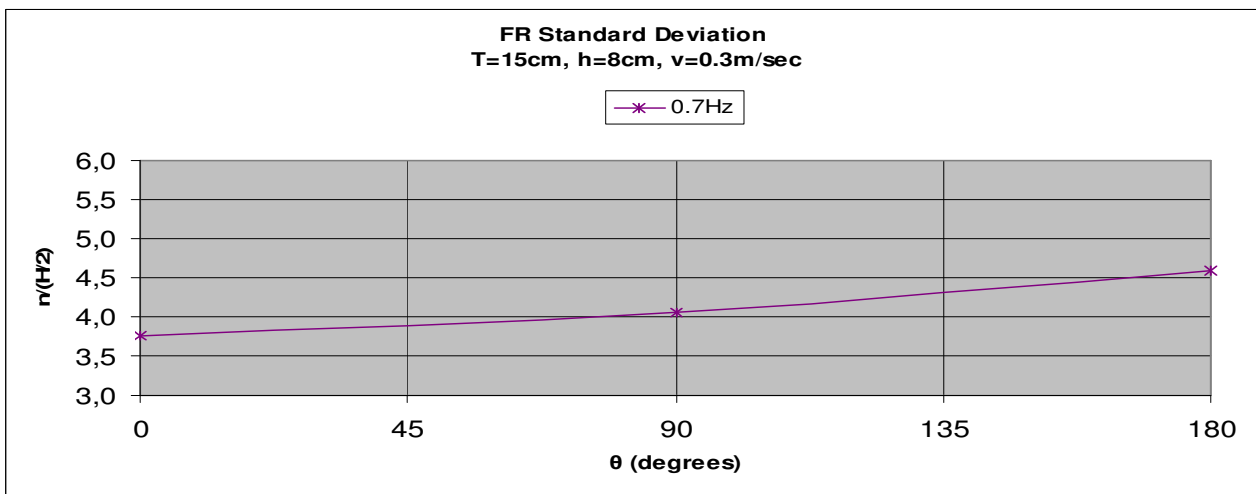
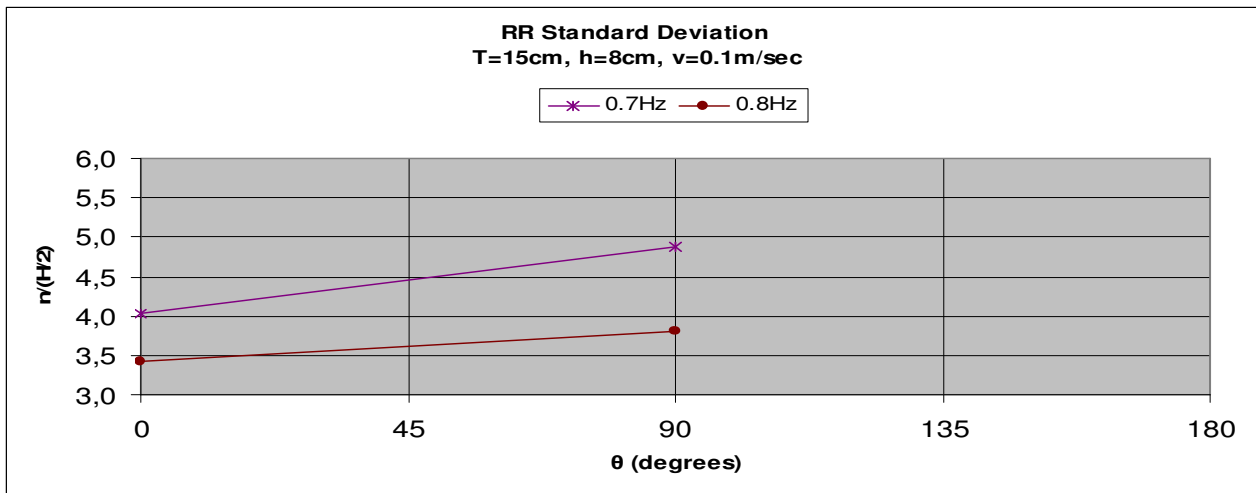


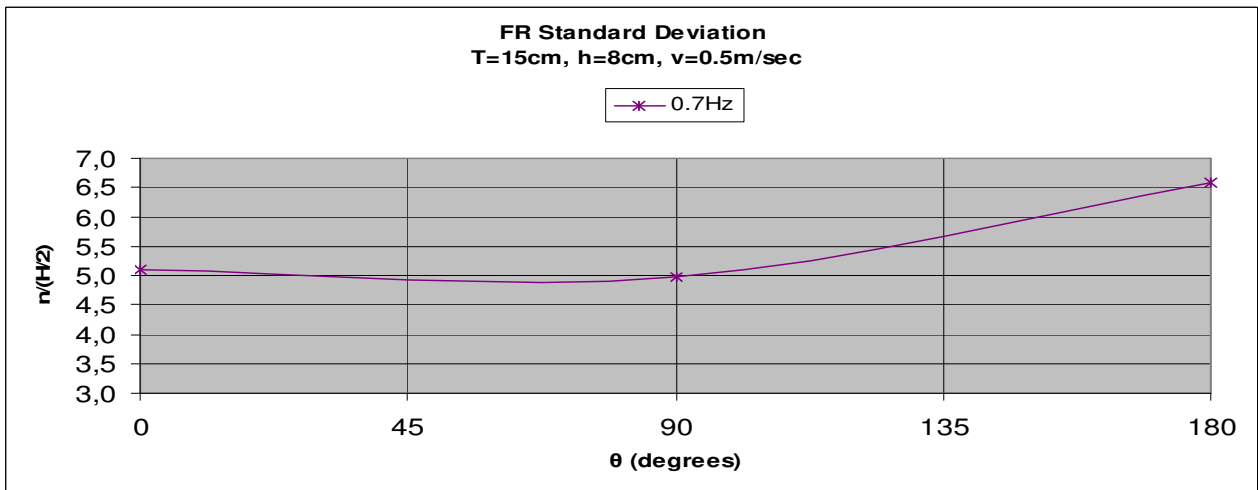
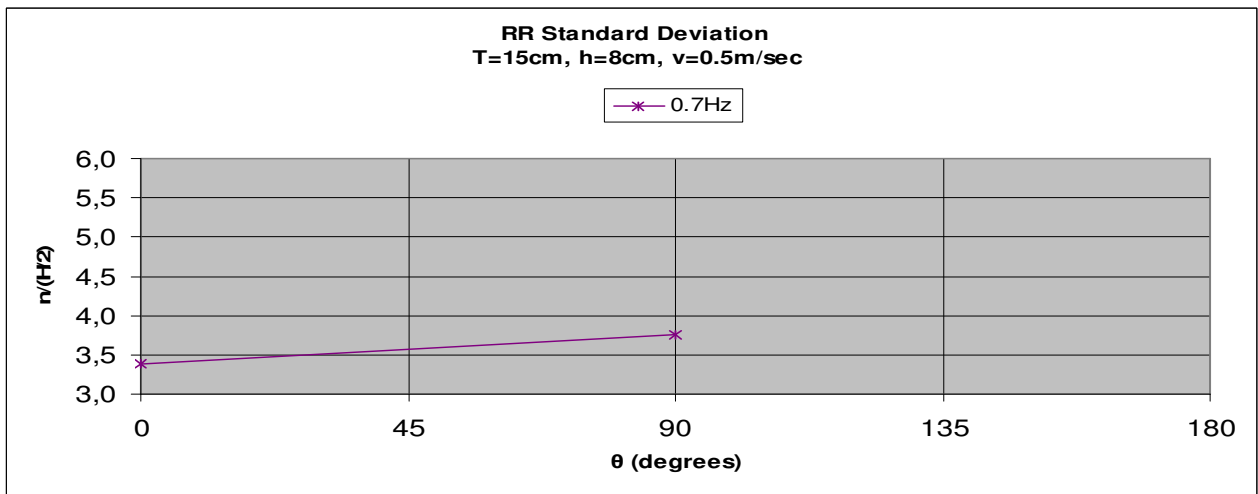
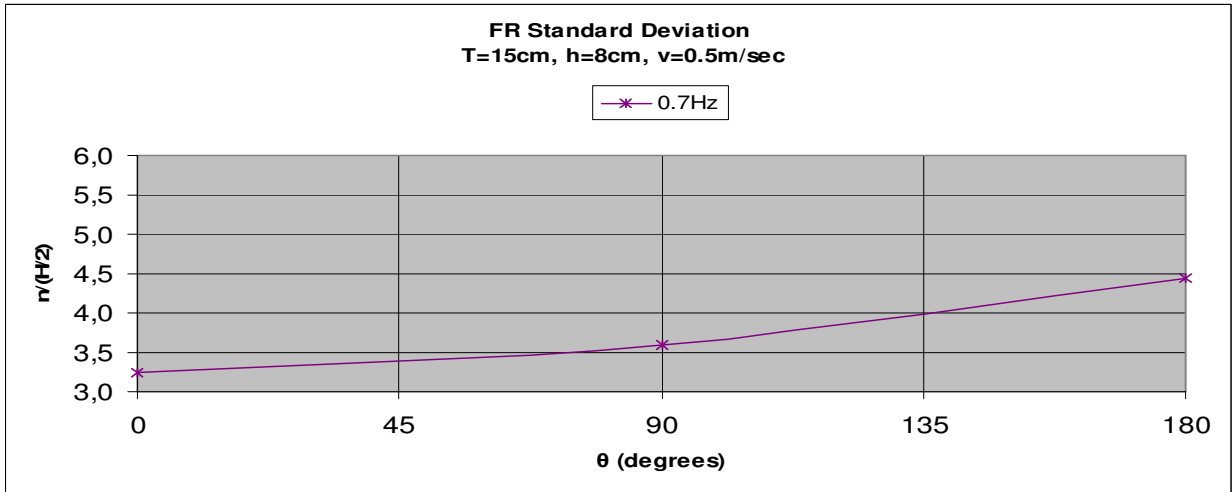
3.3.4.2 Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία

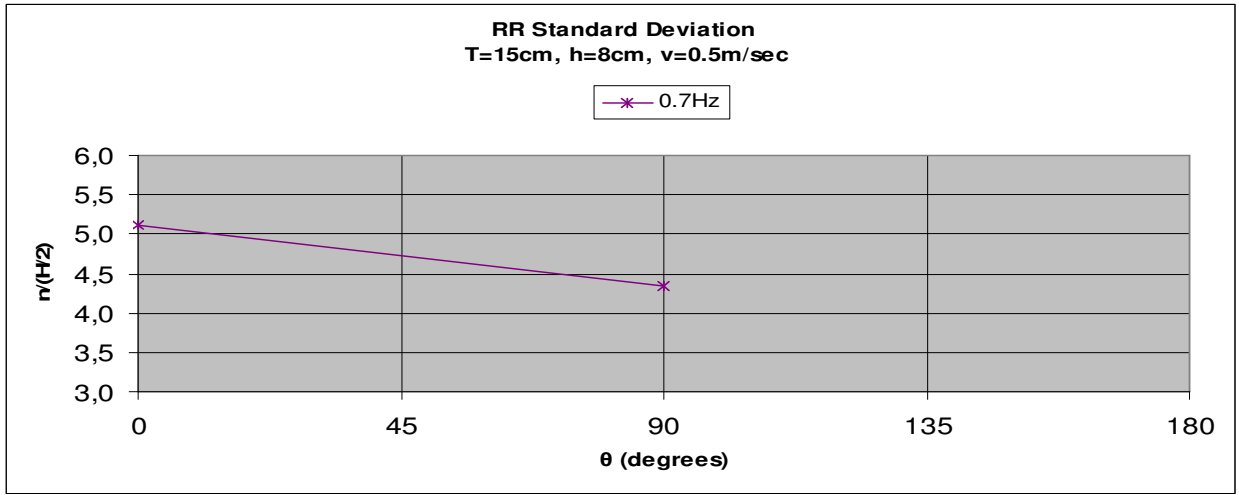


3.3.4.3 Διάγραμμα Standard Deviation $\eta/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα

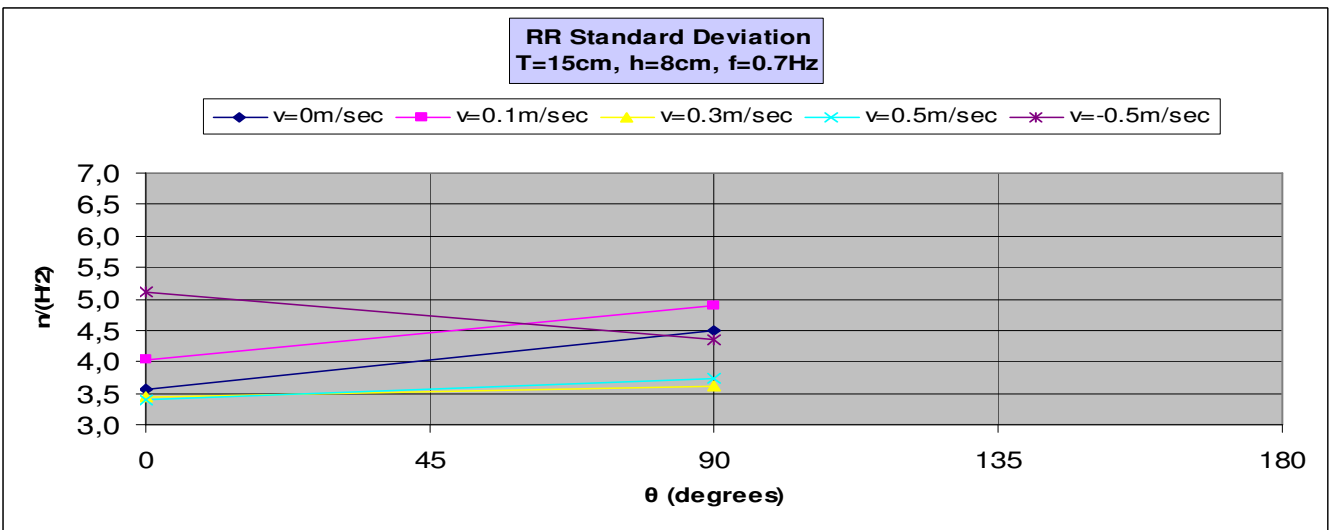
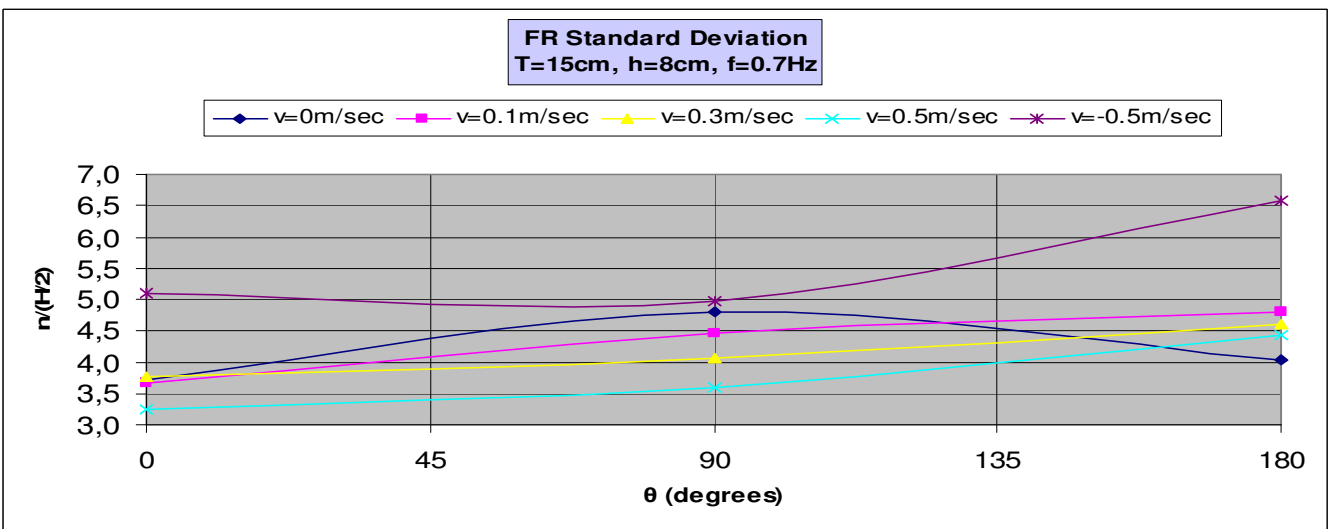




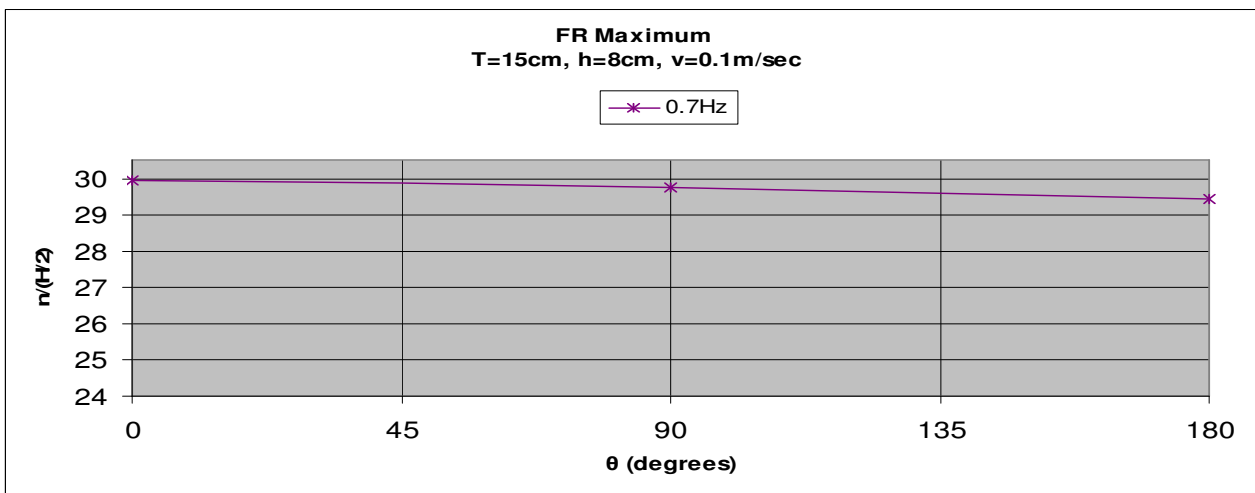
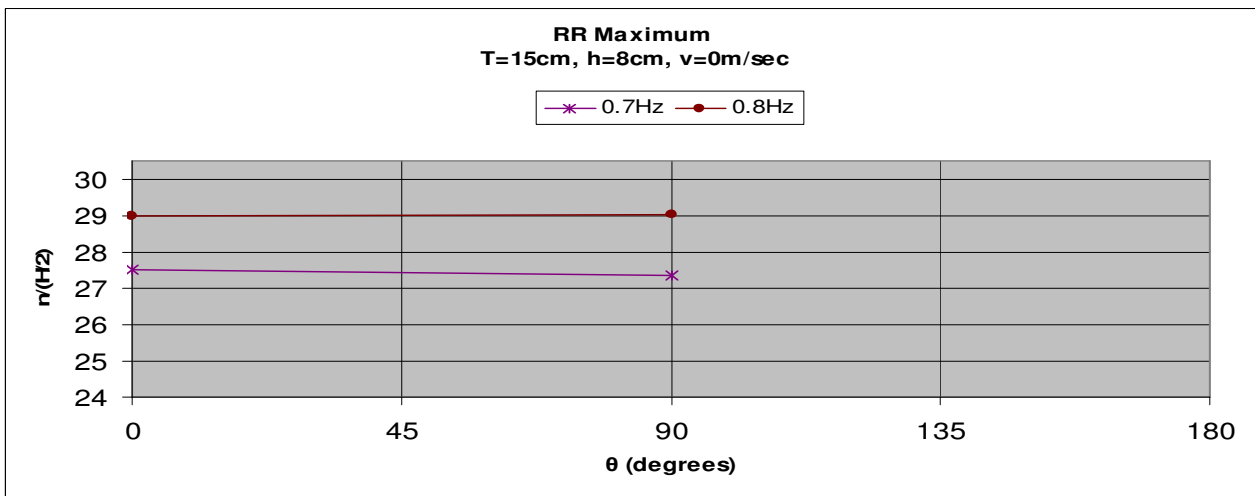
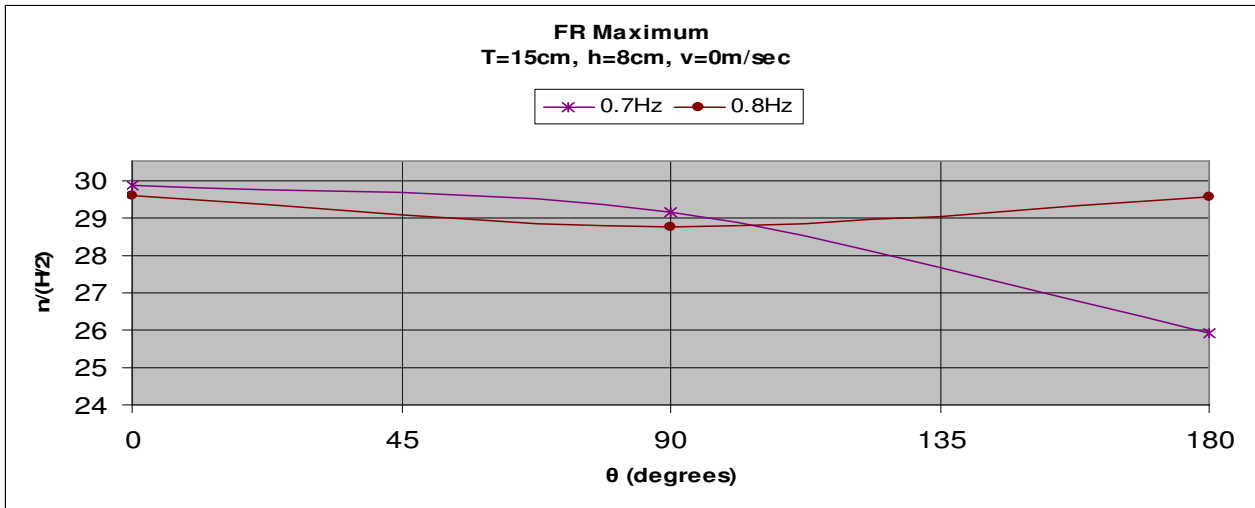


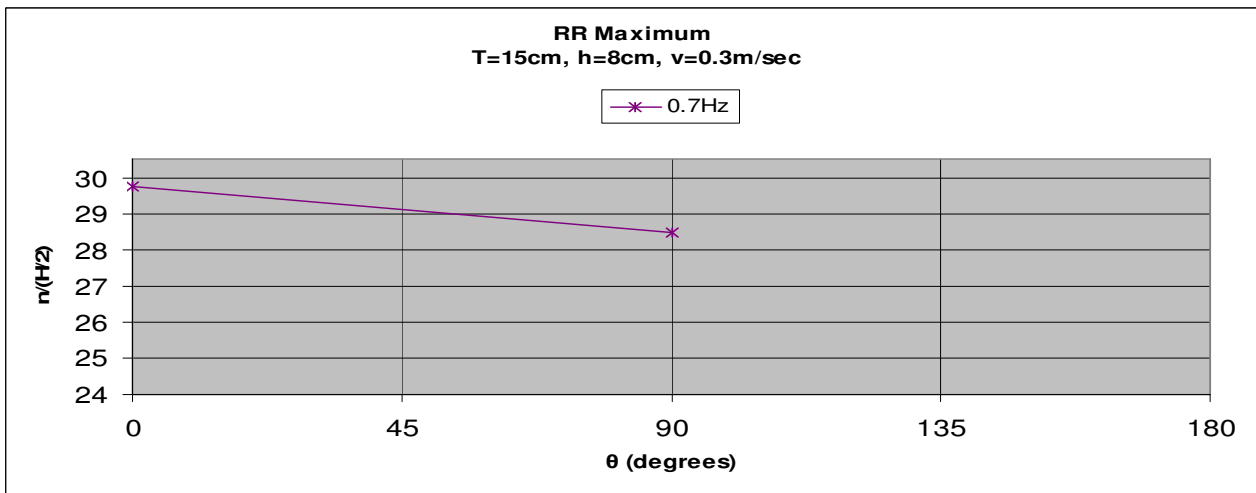
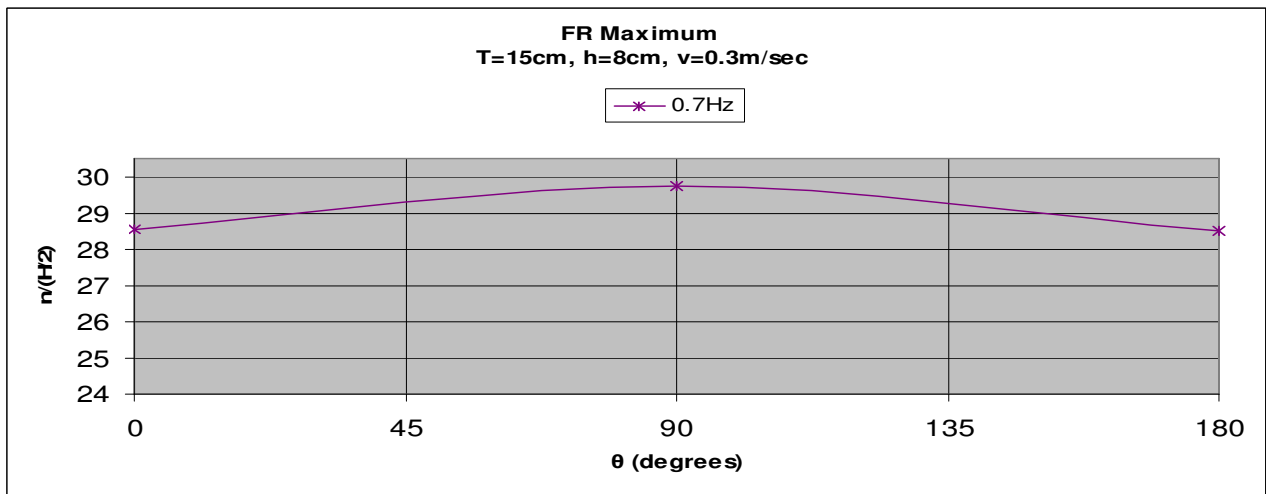
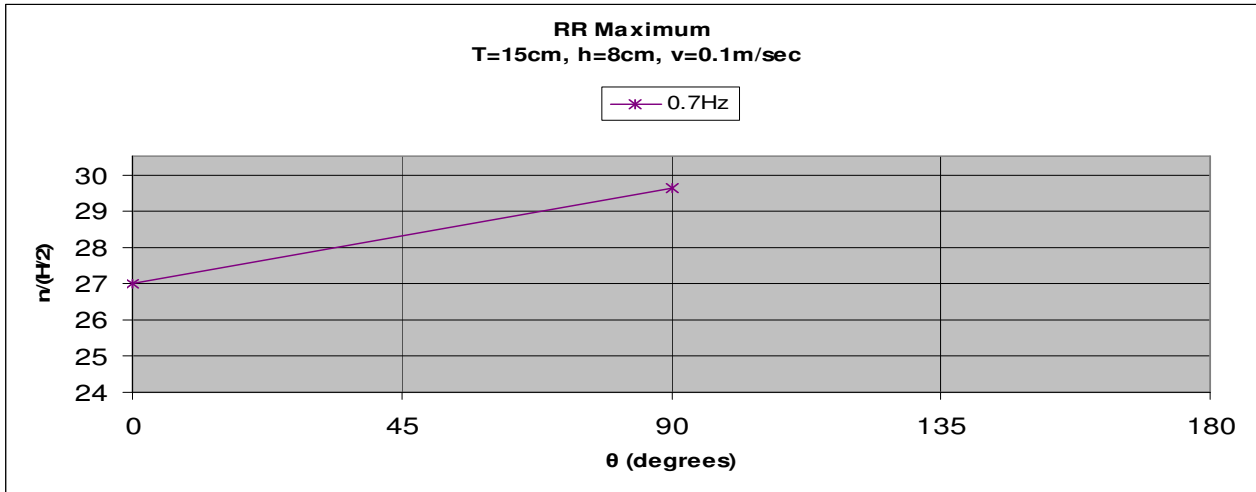


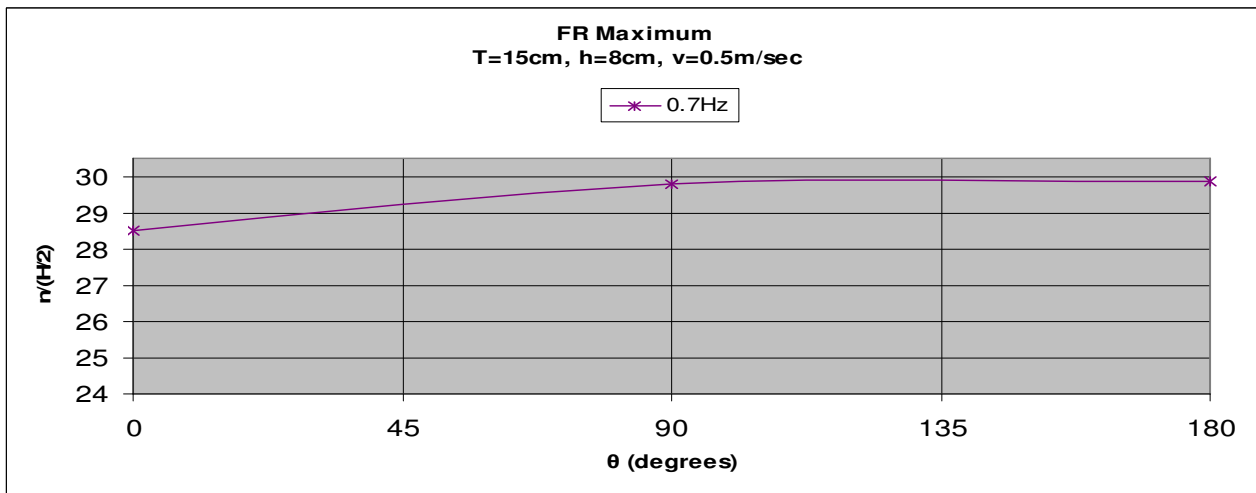
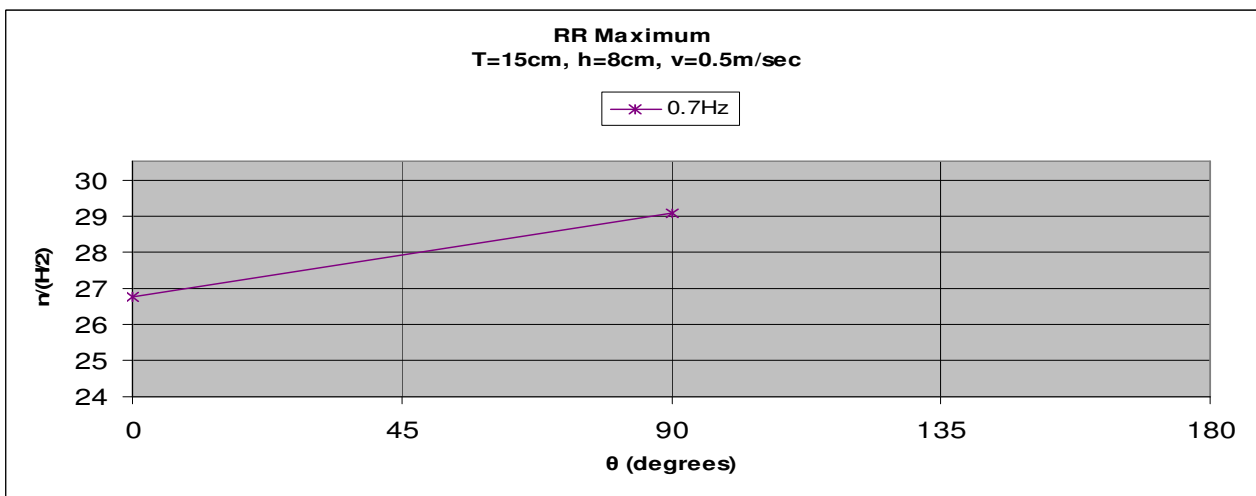
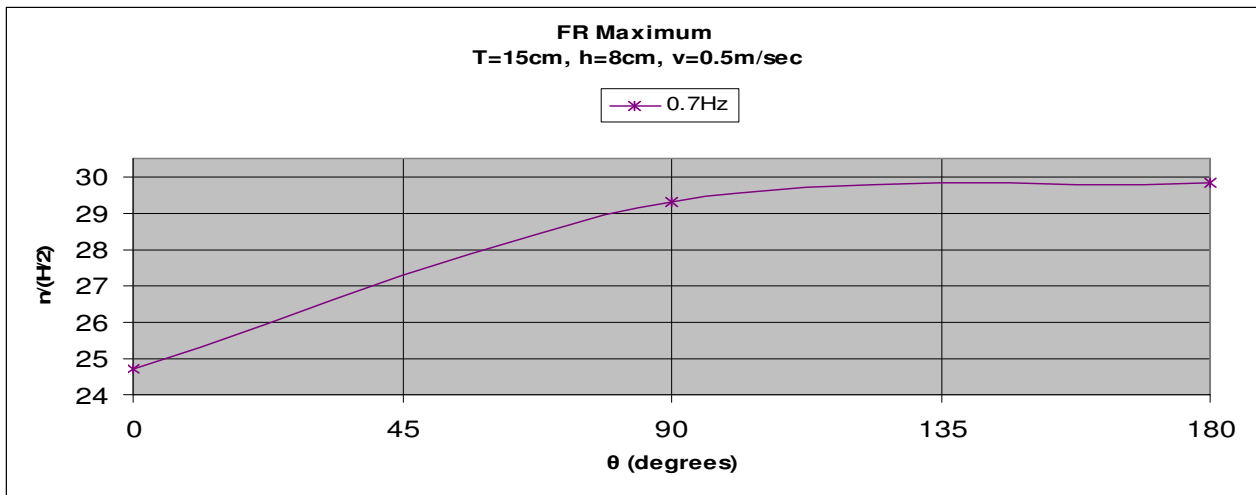
3.3.4.4 Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2)$ – θ σε δεδομένη συχνότητα για διαφορετική ταχύτητα

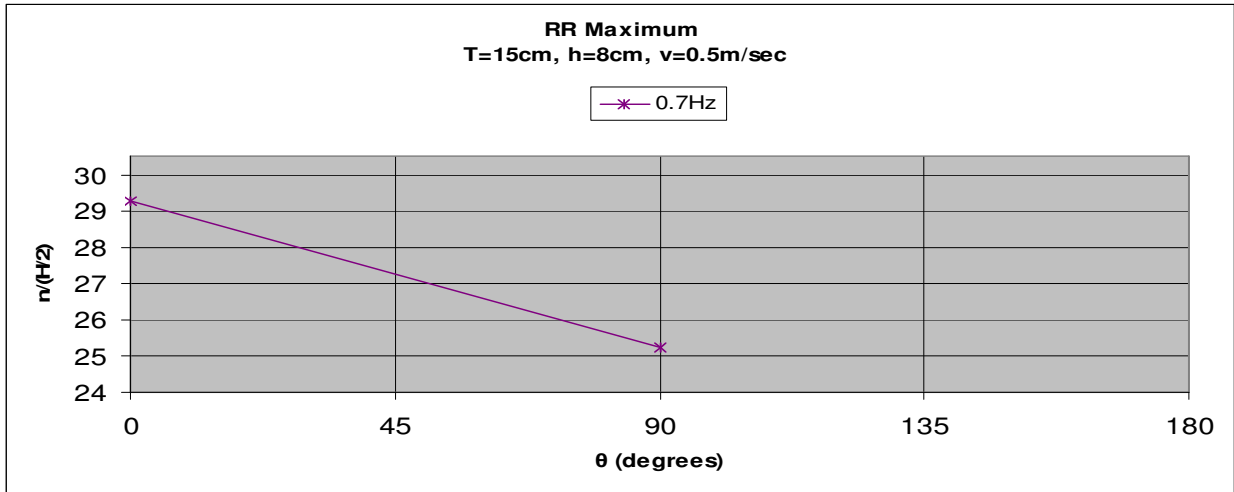


3.3.4.5 Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα

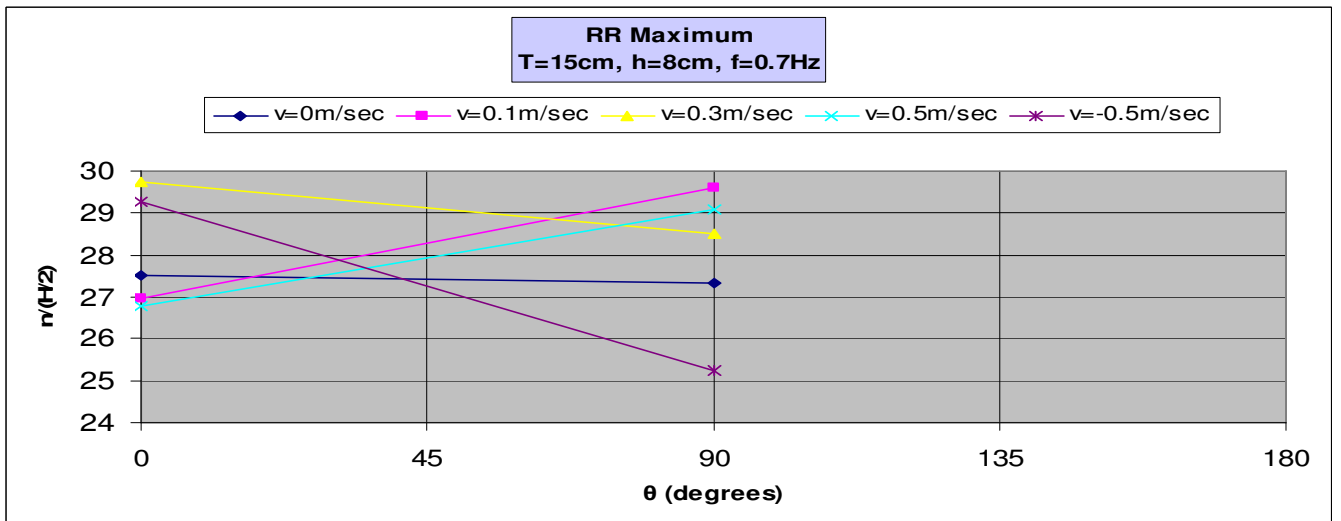
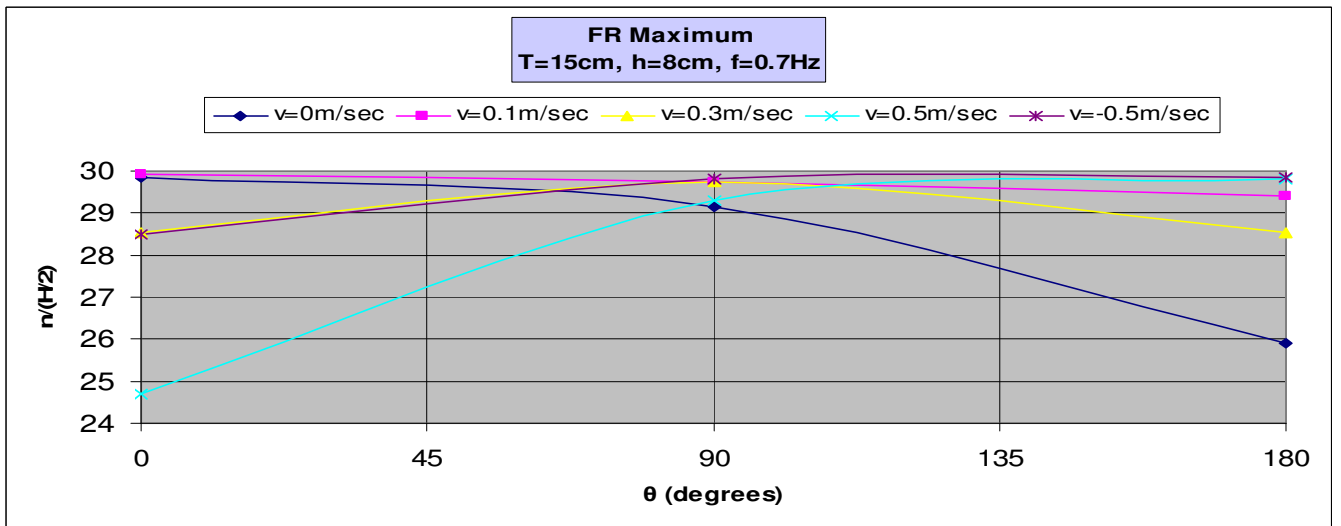








3.3.4.6 Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη συχνότητα για διαφορετική ταχύτητα



3.4 Διαγράμματα τυπικής απόκλισης (standard deviation, STD) και μεγίστων τιμών (maximum, MAX) για το σύνθετο κύλινδρο

3.4.1 Αποτελέσματα Standard Deviation και Maximum μετρήσεων για το Πόδι για h=4cm

Standard Deviation για v=0m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	45	90	135	180
0,3		3,547346	3,756637	3,902154	4,034655	3,705012
0,4		3,956018	4,083756	4,020439	3,832502	3,80795
0,5		4,333932	4,47141	4,444404	4,238593	4,236735
0,6		4,371795	4,506481	4,187393	4,060325	3,843618
0,7		3,830225	4,223364	4,275224	3,957132	3,618847
0,8		3,798657	4,390393	4,574776	4,229539	4,125945
0,9		3,955153	4,264638	4,953239	4,1651	4,255809

Maximum για v=0m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	45	90	135	180
0,3		28,34605	29,38279	29,88183	26,87953	29,70964
0,4		29,13048	26,68591	29,02945	26,73514	29,04726
0,5		29,04701	29,74945	29,83421	29,48939	29,32471
0,6		29,67454	29,75057	29,83855	29,56319	29,32485
0,7		28,78223	25,94287	29,68815	28,38049	28,31344
0,8		29,96684	29,70708	28,05042	27,67854	29,62135
0,9		25,46538	29,90533	28,32231	29,50966	28,7958

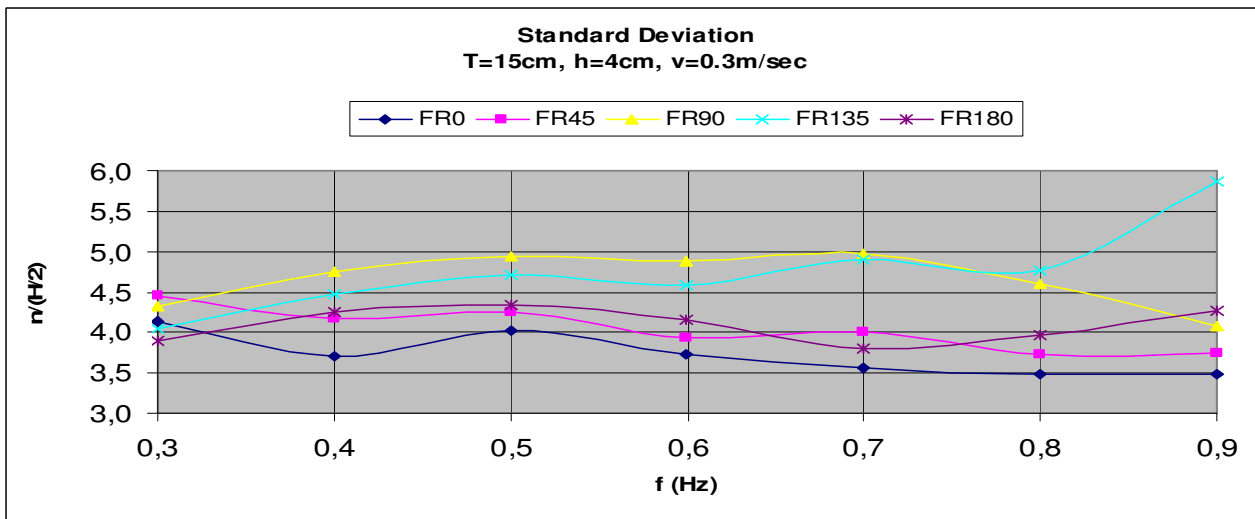
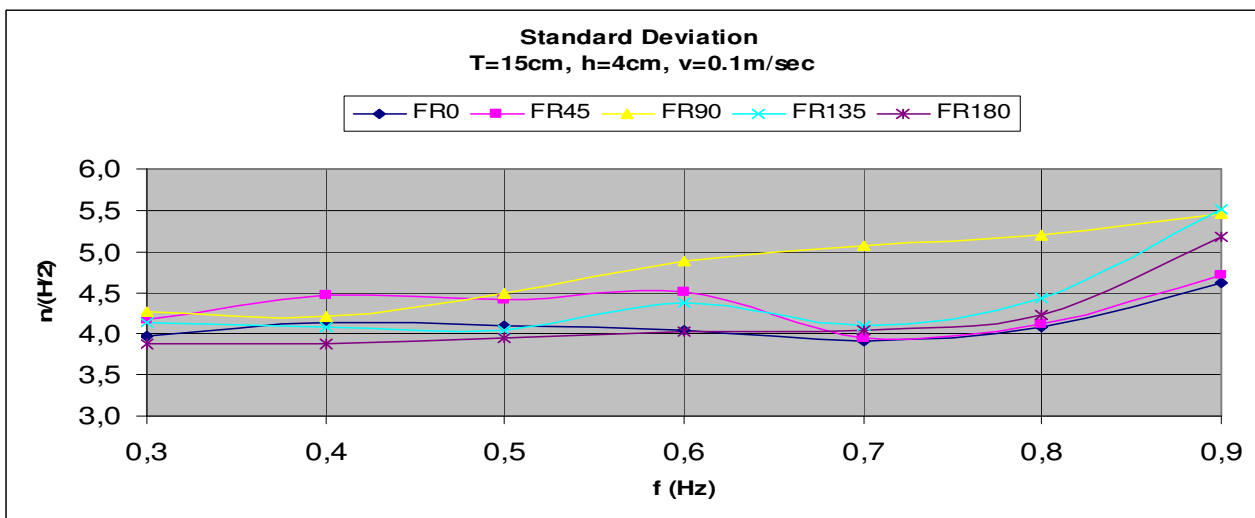
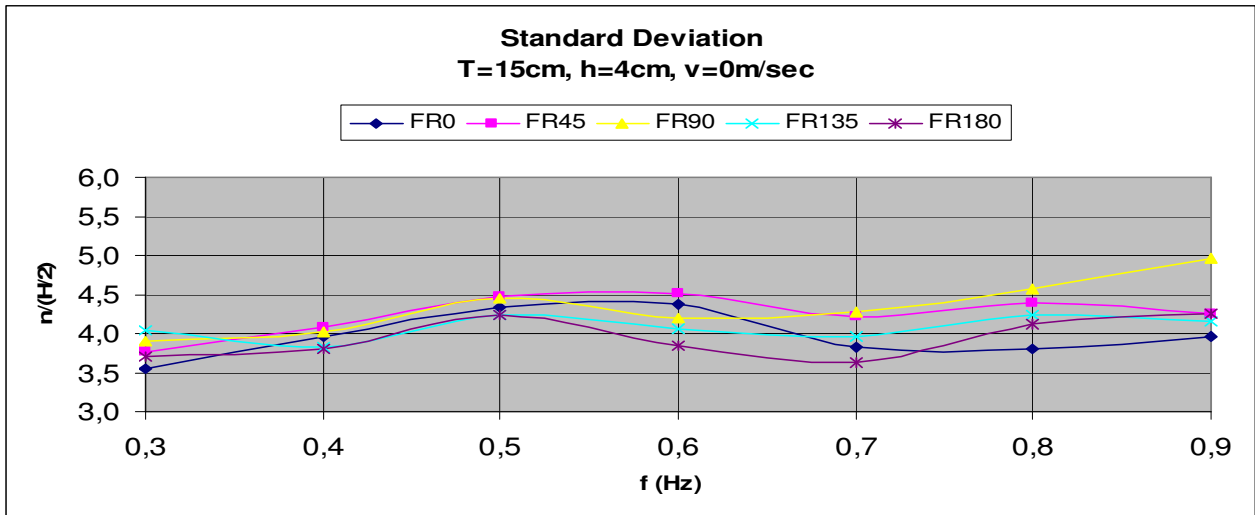
Standard Deviation για v=0.1m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	45	90	135	180
0,3		3,97217	4,172102	4,267009	4,129113	3,882684
0,4		4,130257	4,469383	4,206714	4,074974	3,871905
0,5		4,093711	4,422067	4,498871	4,050952	3,957219
0,6		4,038392	4,502564	4,875536	4,3766	4,018044
0,7		3,909633	3,958031	5,064723	4,100067	4,03491
0,8		4,082449	4,117251	5,194283	4,42938	4,233551
0,9		4,612136	4,71543	5,452775	5,508771	5,185061

Maximum για v=0.1m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	45	90	135	180
0,3		28,47095	24,38136	28,97339	28,99654	29,02677
0,4		25,50947	29,79897	27,66106	28,76784	28,78715
0,5		29,5876	29,552	27,9397	29,31444	29,7591
0,6		28,12893	29,87167	29,05706	27,9155	29,76289
0,7		27,86373	29,45466	29,28563	27,66053	29,79401
0,8		29,71229	29,00734	29,24458	29,55524	29,2779
0,9		26,48909	29,59218	29,73982	29,65345	29,37598

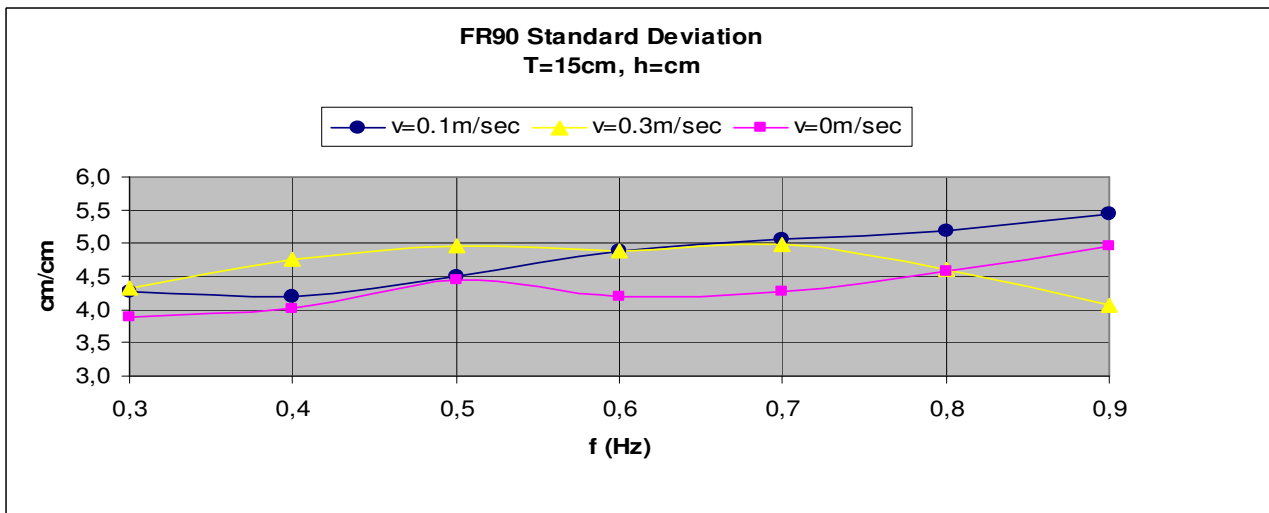
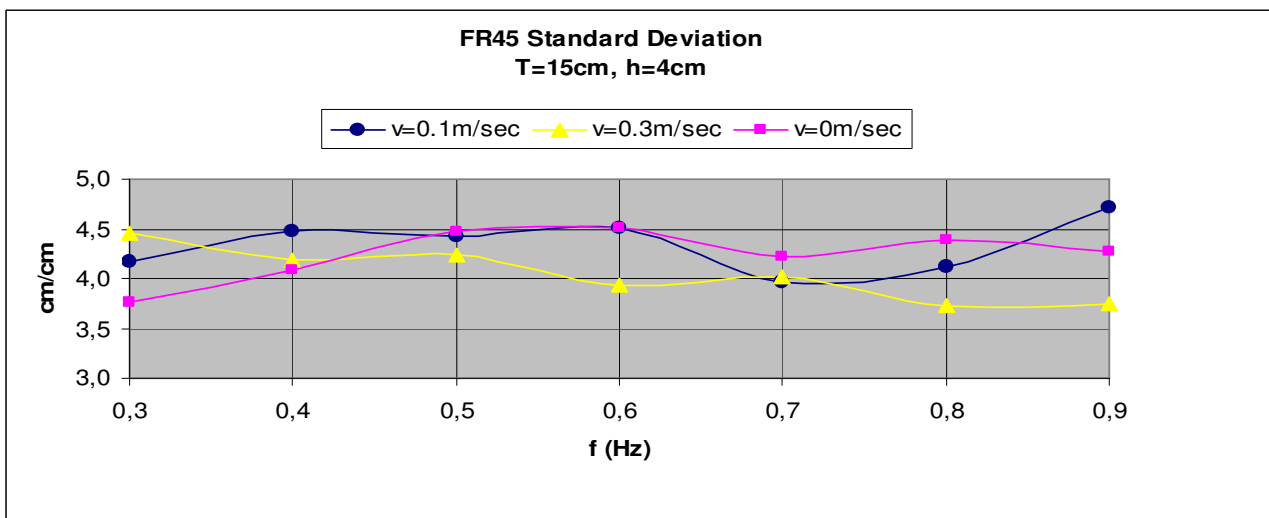
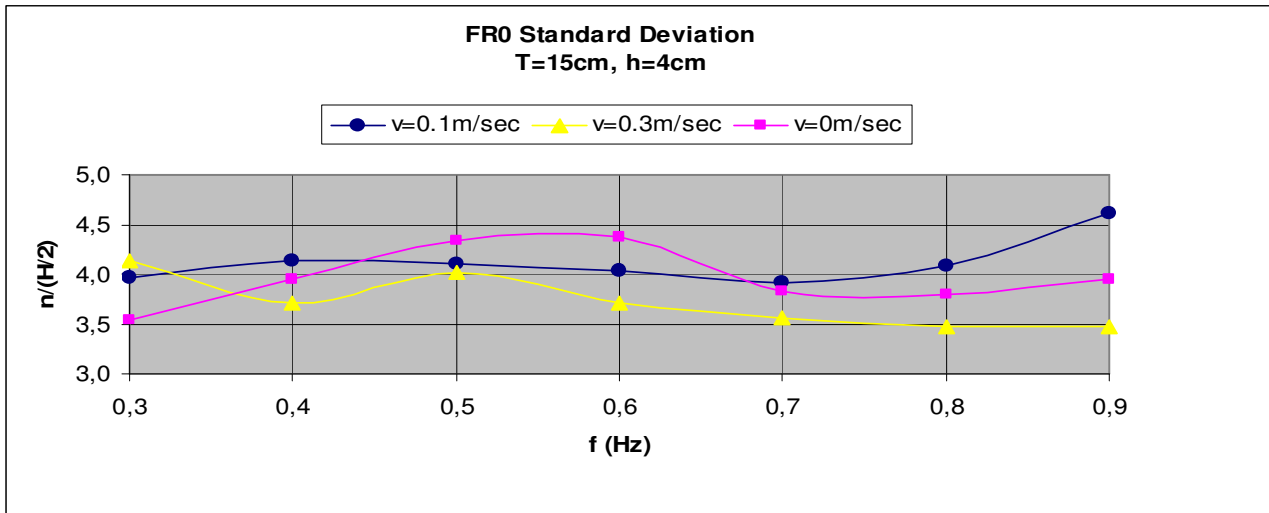
Standard Deviation για v=0.3m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	45	90	135	180
0,3		4,128906	4,455526	4,330256	4,05015	3,895214
0,4		3,714141	4,181967	4,746312	4,472619	4,240248
0,5		4,020138	4,243664	4,946304	4,707454	4,335112
0,6		3,7186	3,937718	4,878302	4,582785	4,16182
0,7		3,5653	4,010612	4,981652	4,89136	3,803513
0,8		3,479736	3,727033	4,602083	4,763568	3,964951
0,9		3,475469	3,752064	4,079174	5,870253	4,271097

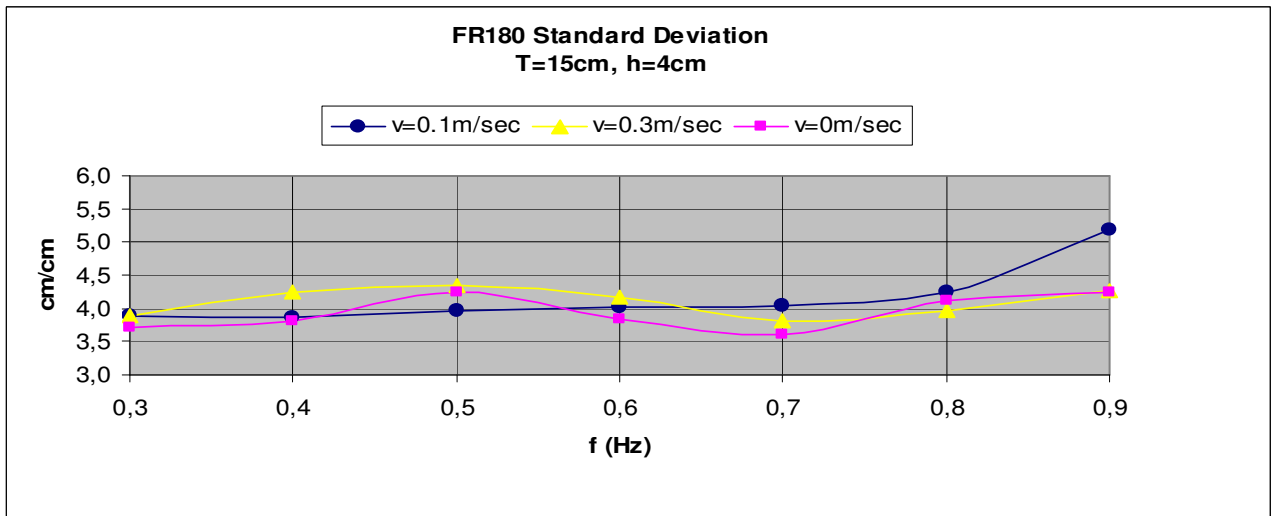
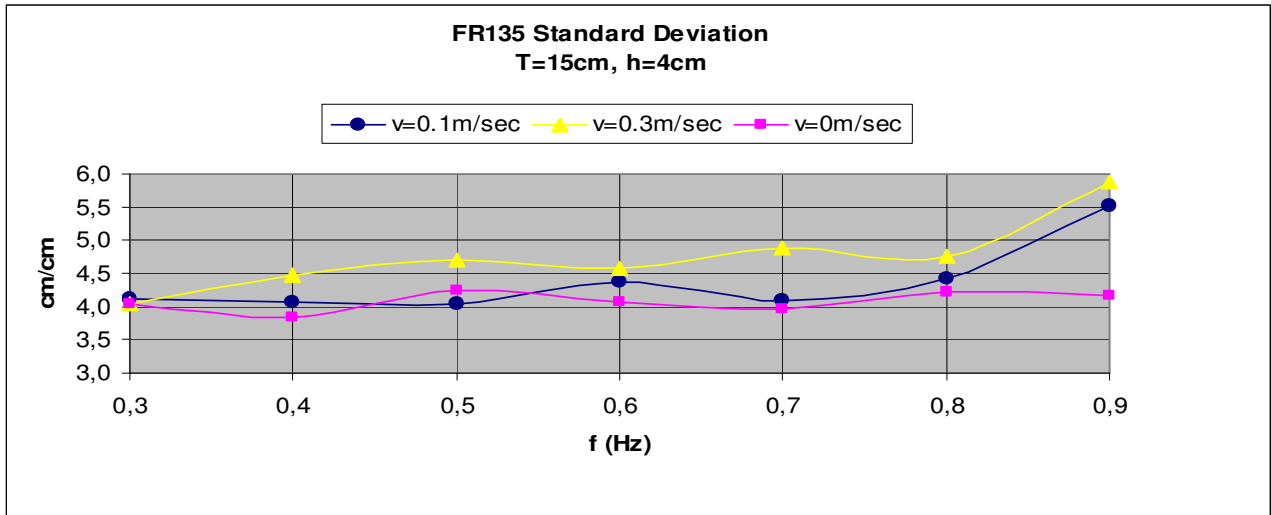
Maximum για v=0.3m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	45	90	135	180
0,3		29,66908	29,83578	29,92334	29,33926	29,37497
0,4		27,70323	26,69744	28,44604	29,67984	29,40844
0,5		28,70866	28,32812	29,15883	28,86257	28,21842
0,6		29,86761	28,228	29,92451	27,50543	27,64918
0,7		26,70863	29,45466	28,45431	28,94323	29,15651
0,8		26,10115	28,60301	27,63224	27,8	29,2779
0,9		29,75093	29,1715	29,73982	29,65345	29,37598

3.4.1.1 Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία

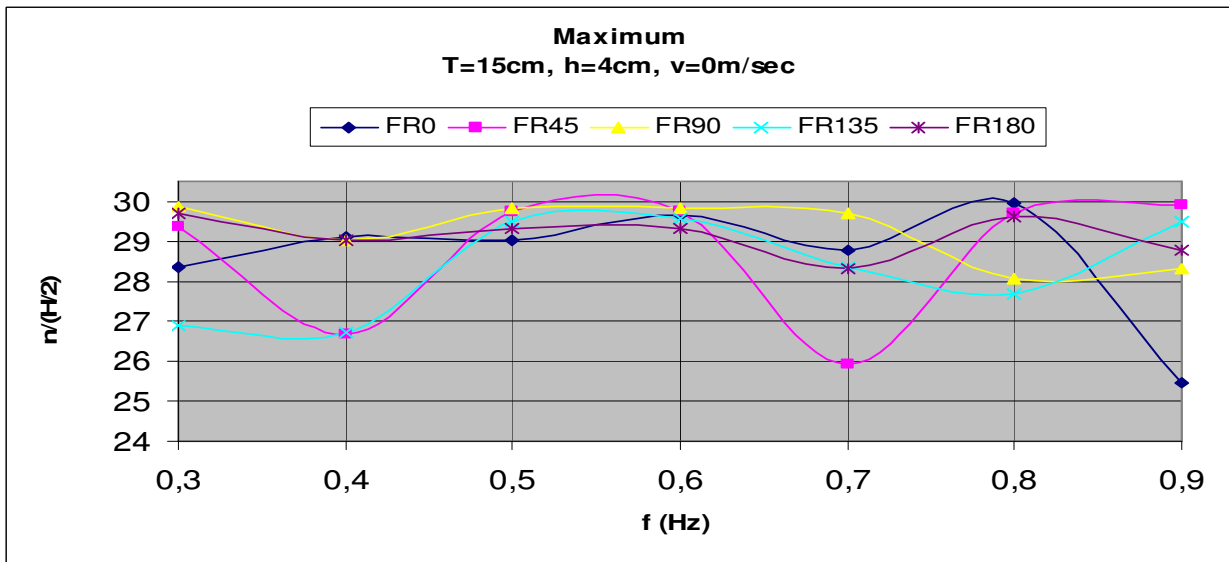


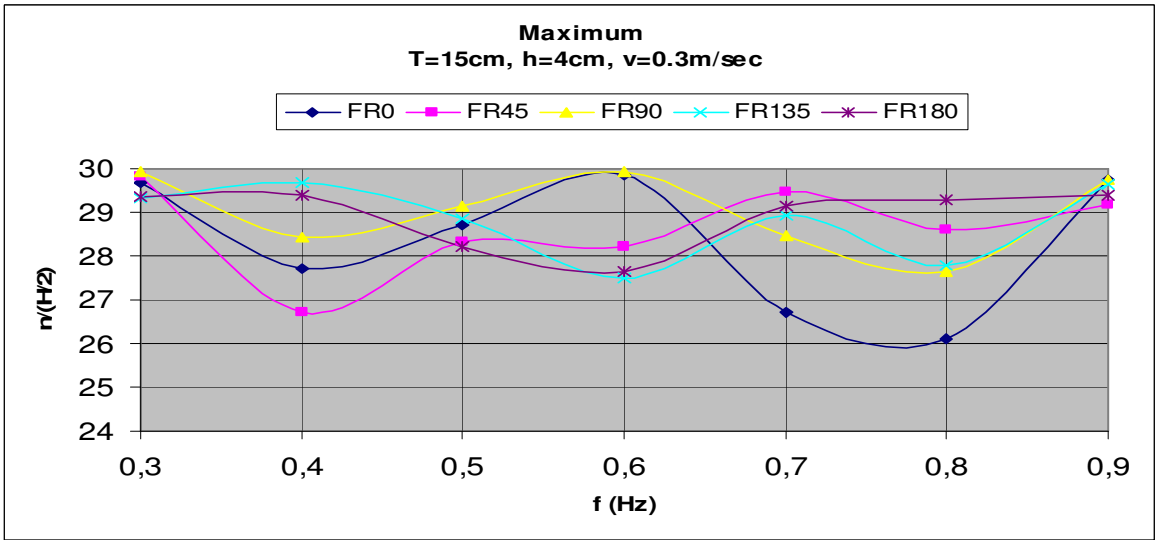
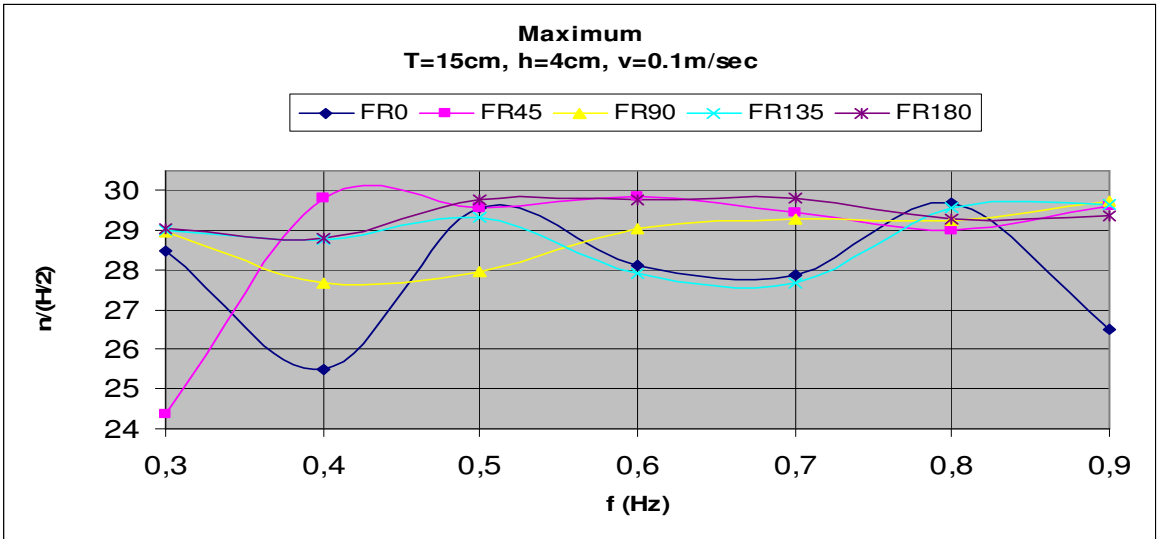
3.4.1.2 Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη γωνία για διαφορετική ταχύτητα



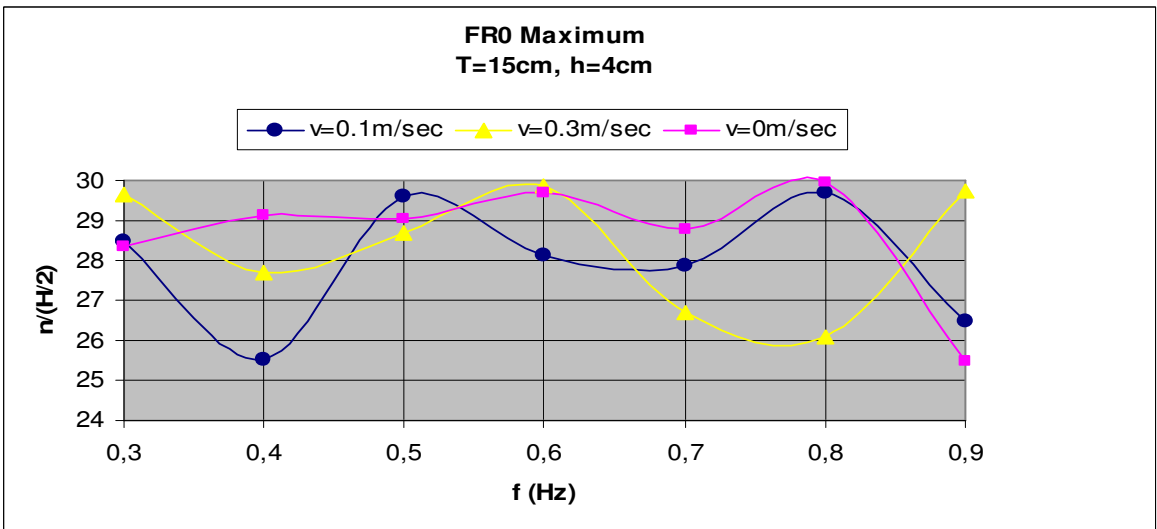


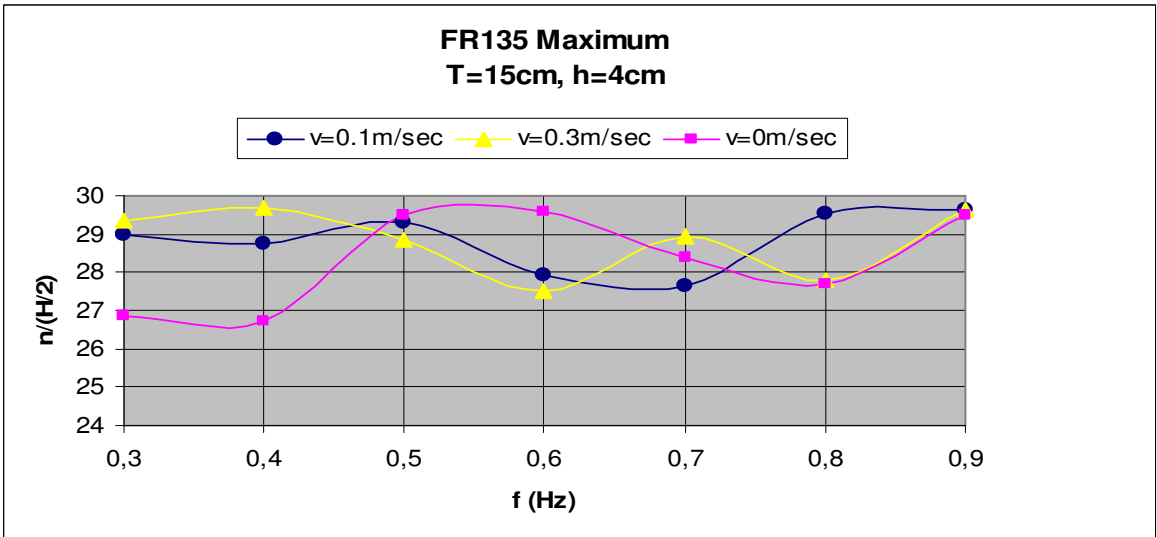
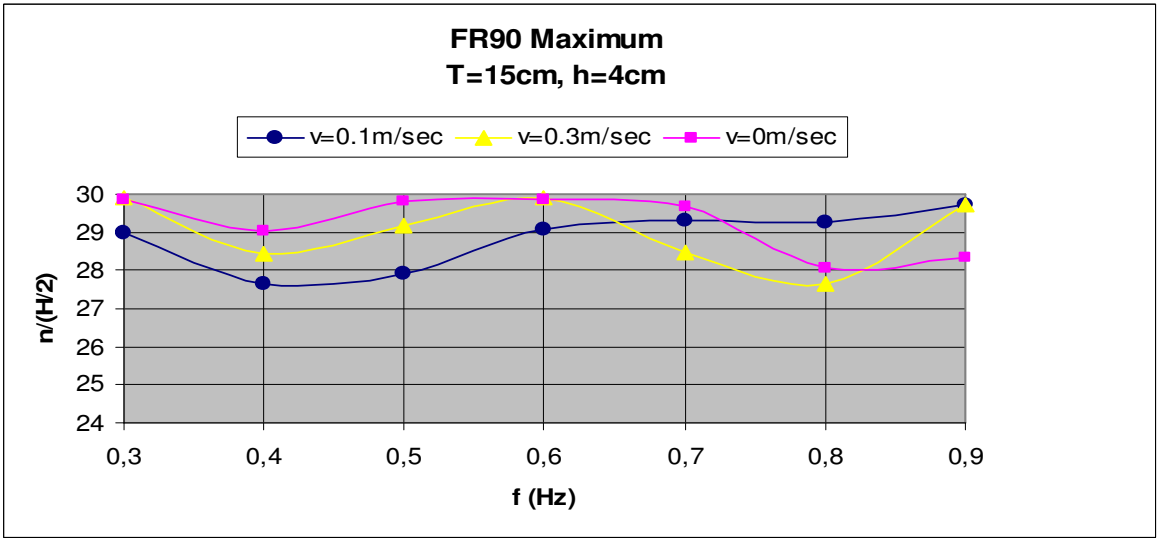
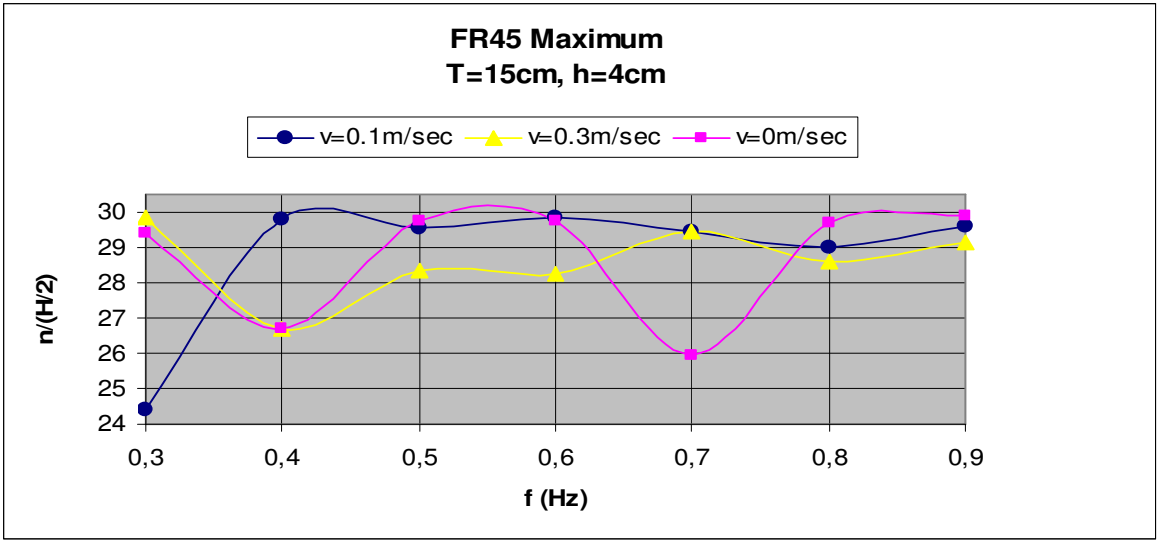
3.4.1.3 Διάγραμμα Maximum $n/(H/2)$ – f σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία

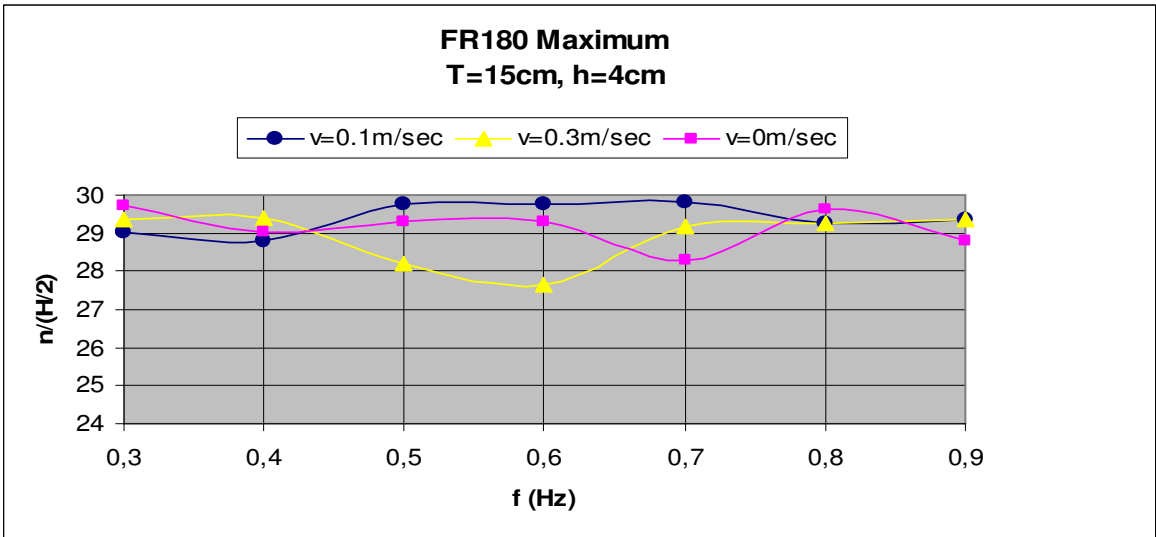




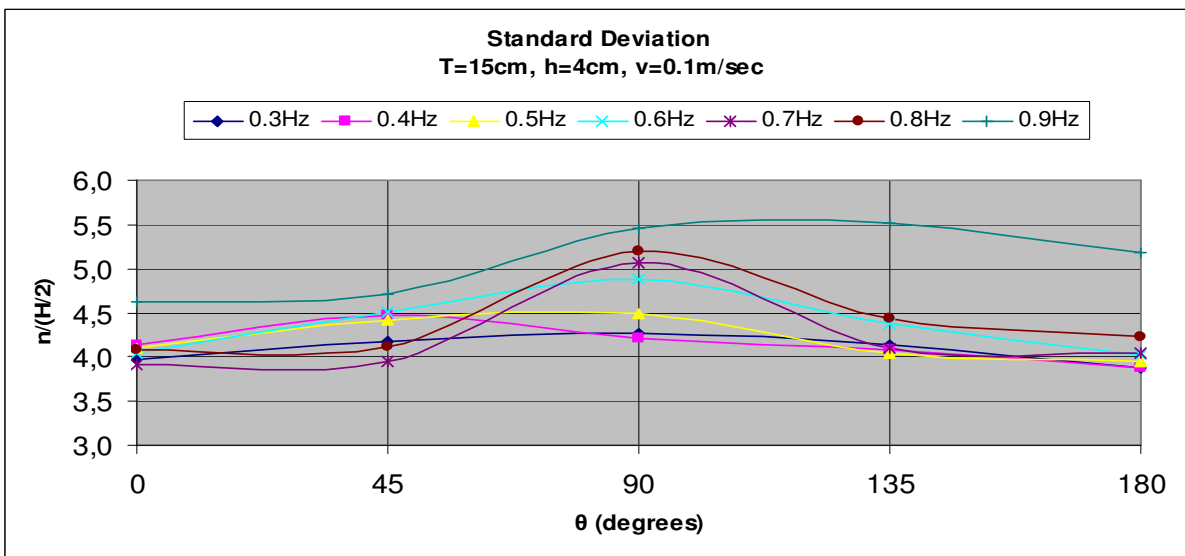
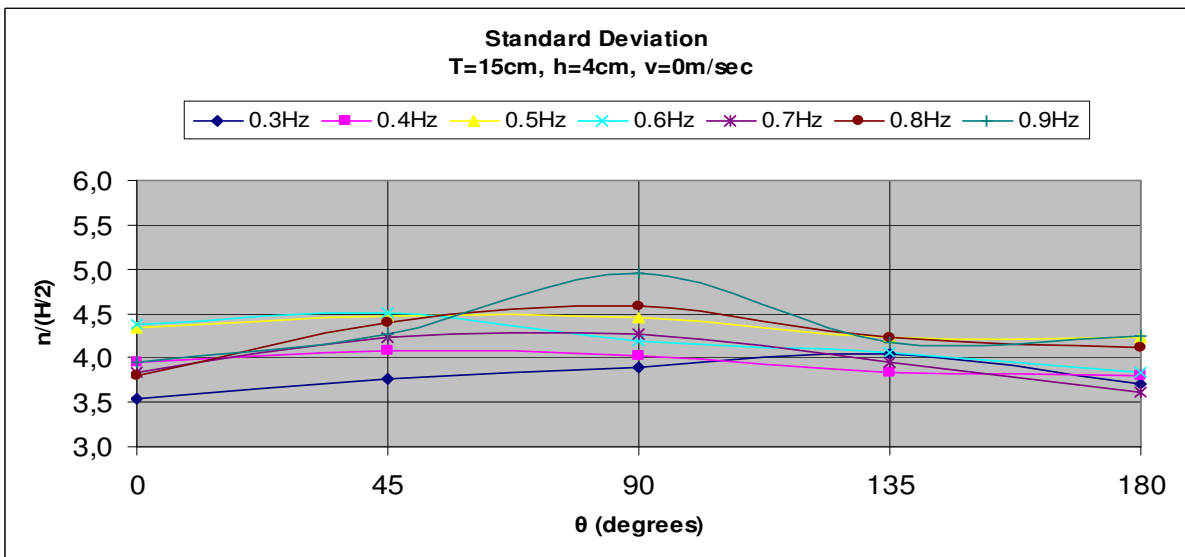
3.4.1.4 Διάγραμμα Maximum $n/(H/2)$ – f σε δεδομένη γωνία για διαφορετική ταχύτητα

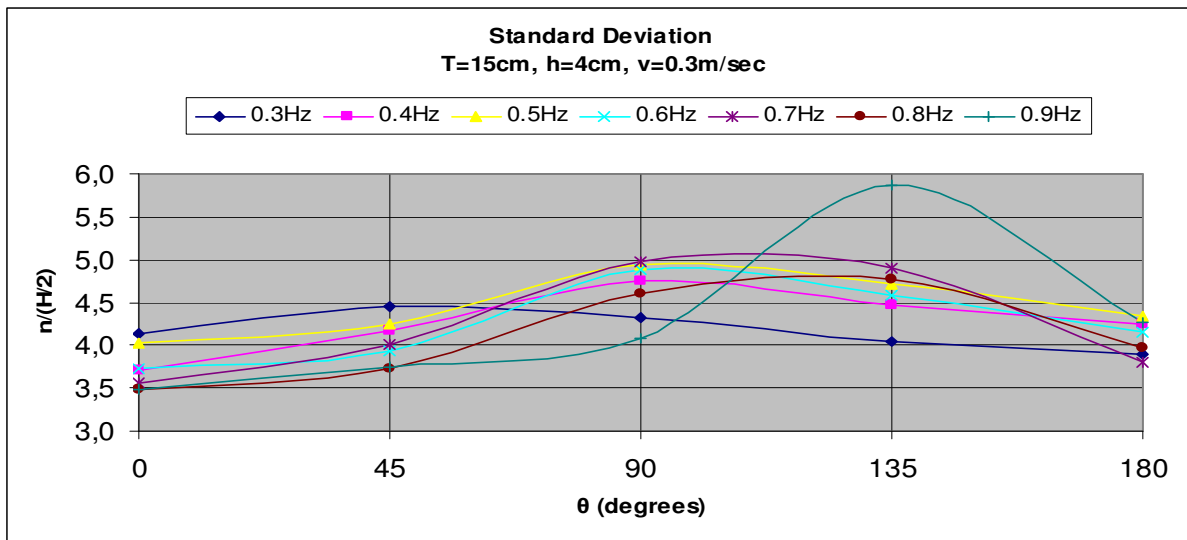




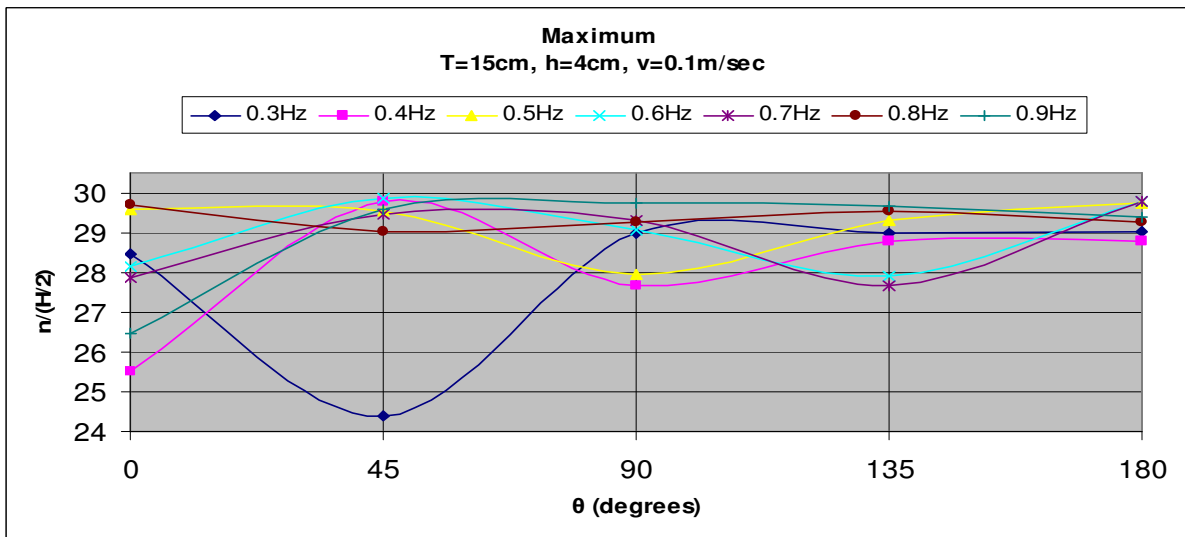
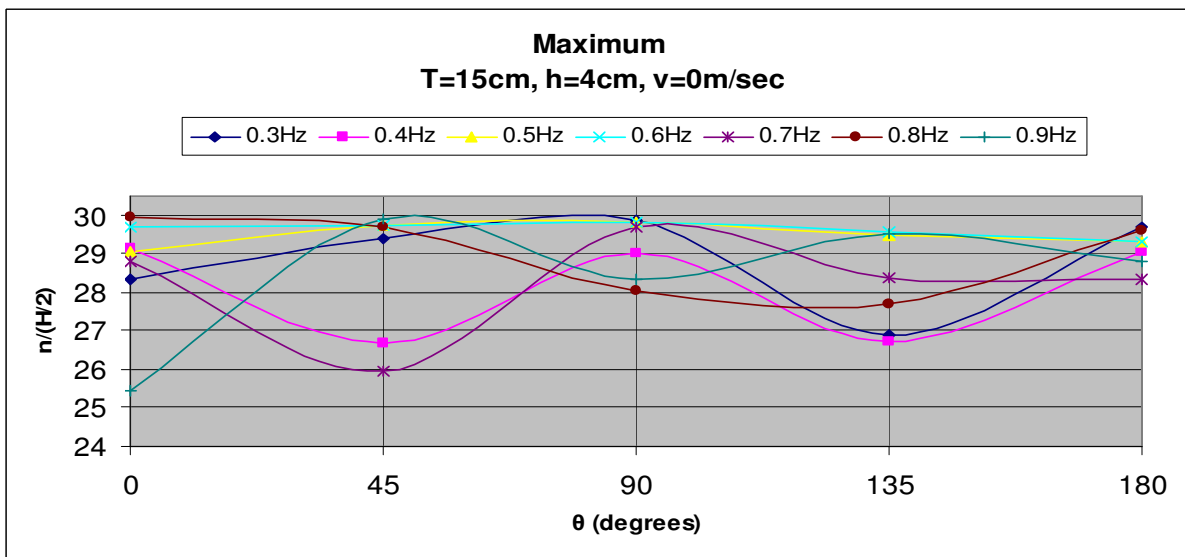


3.4.1.5 Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα



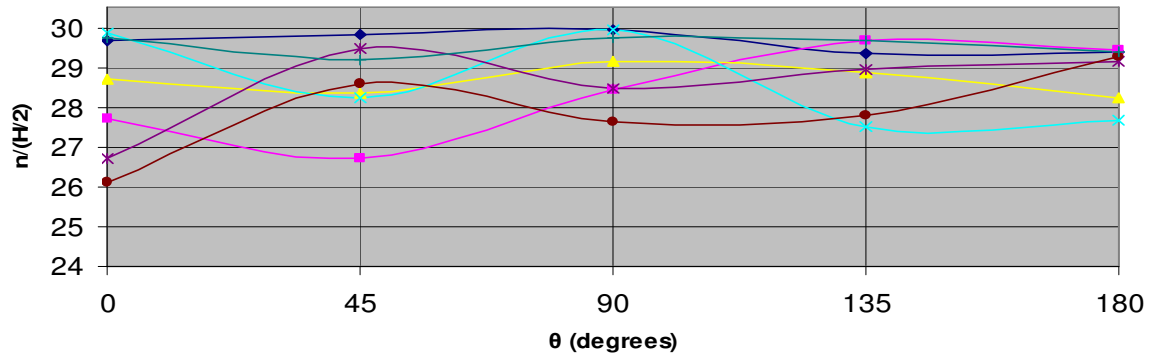


3.4.1.6 Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα



Maximum
T=15cm, h=4cm, v=0.3m/sec

0.3Hz 0.4Hz 0.5Hz 0.6Hz 0.7Hz 0.8Hz 0.9Hz



3.4.2 Αποτελέσματα Standard Deviation και Maximum μετρήσεων για το Πόδι για h=6cm

Standard Deviation για v=0 m/sec						
f(Hz)	θ(°)	0	45	90	135	180
0,5		4,158652	4,546044	4,338264	4,027478	3,805202
0,6		4,279302	4,372917	4,465131	4,424185	3,895566
0,7		3,824636	4,077052	4,269681	4,045183	3,901587
0,8		4,102747	4,429279	4,626206	4,634207	4,509831

Maximum για v=0 m/sec						
f(Hz)	θ(°)	0	45	90	135	180
0,5		27,25767698	29,86723	26,65852	29,719543	29,1699507
0,6		29,48920452	27,51305	29,15921	29,328825	28,4853962
0,7		28,81671244	28,88755	29,36644	27,493118	29,3041942
0,8		27,73600084	29,92245	26,59632	28,582622	29,5520148

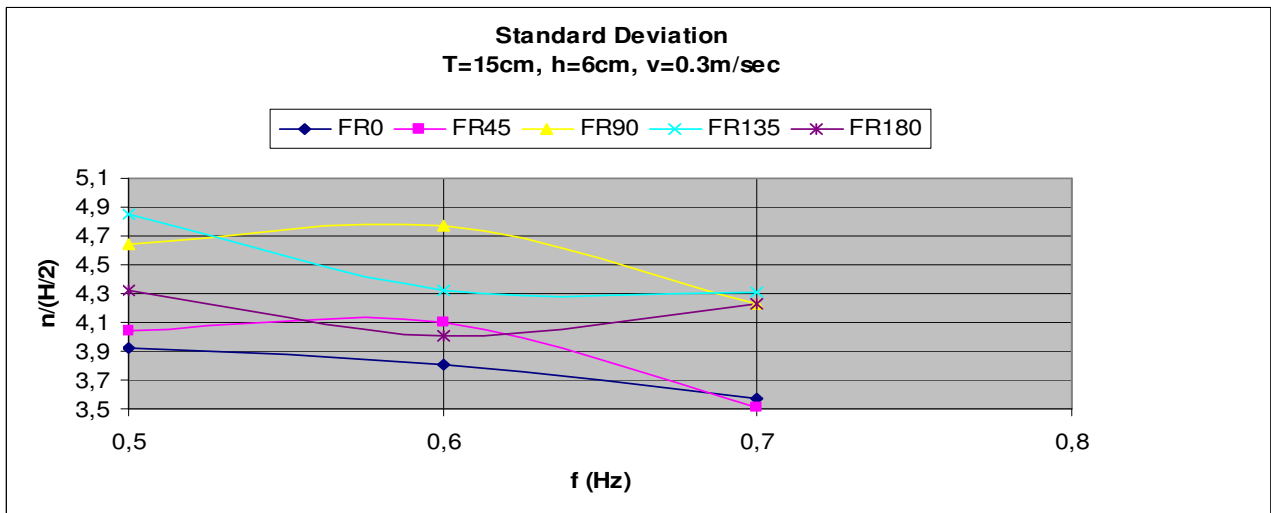
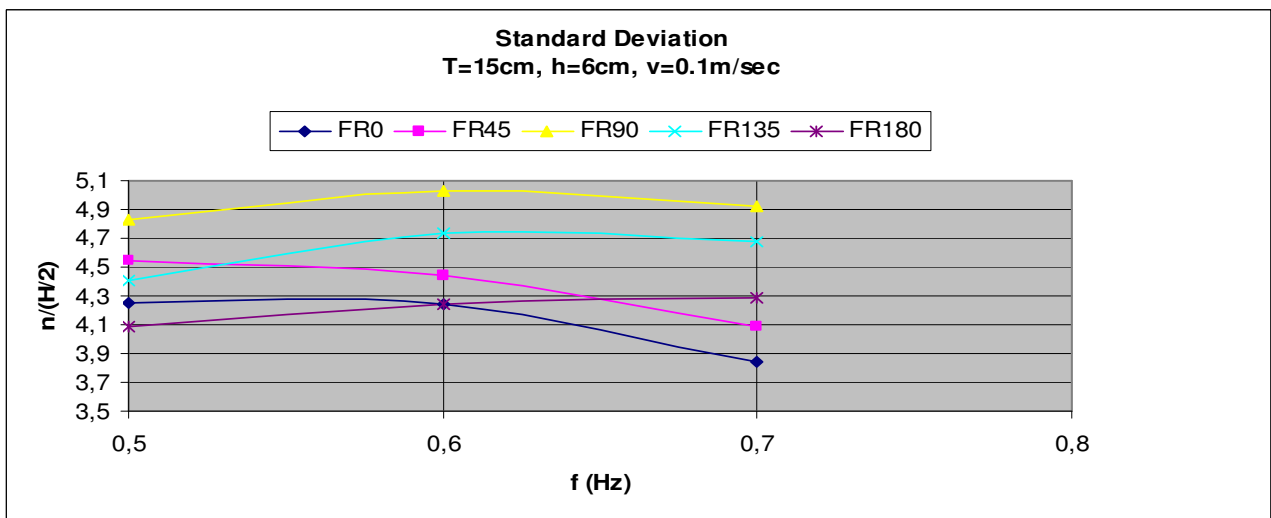
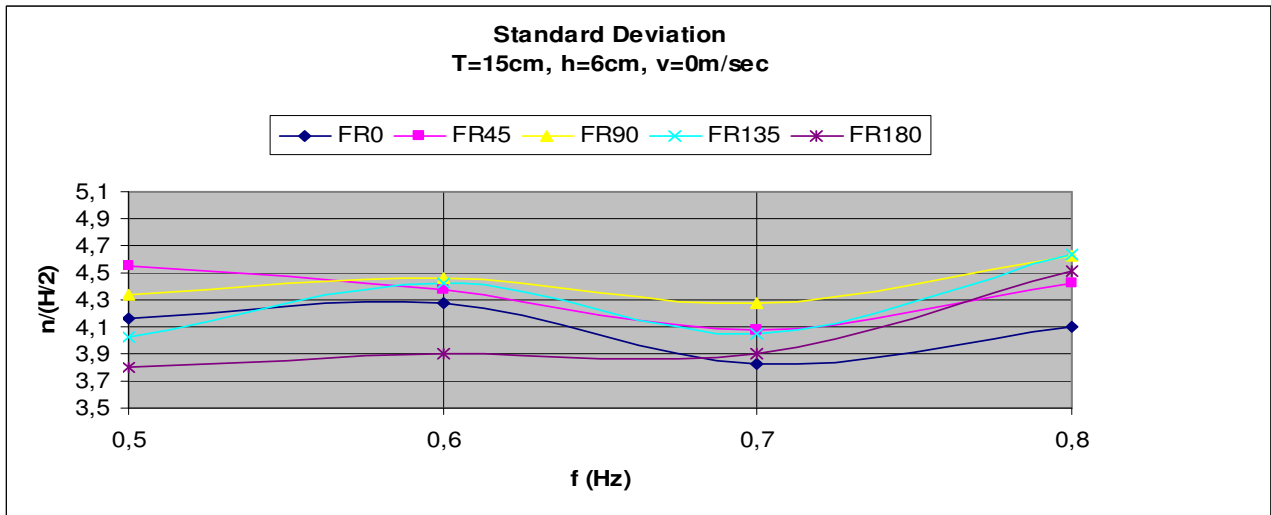
Standard Deviation για v=0,1 m/sec						
f(Hz)	θ(°)	0	45	90	135	180
0,5		4,249238	4,549086	4,834308	4,400656	4,087736
0,6		4,23806	4,437009	5,033264	4,735403	4,237498
0,7		3,836028	4,087781	4,925667	4,674447	4,285081

Maximum για v=0,1m /sec						
f(Hz)	θ(°)	0	45	90	135	180
0,5		28,30445451	28,89942	29,70847	29,933145	29,044911
0,6		27,12053465	29,86061	29,86301	29,369638	29,5972859
0,7		28,54558606	29,13419	28,33215	29,447443	29,5935127

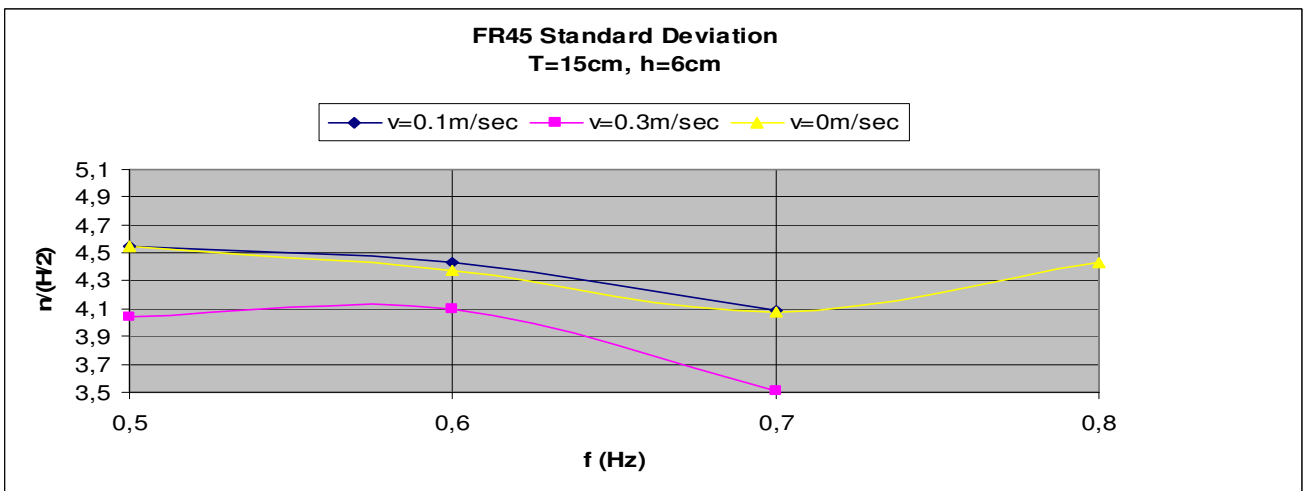
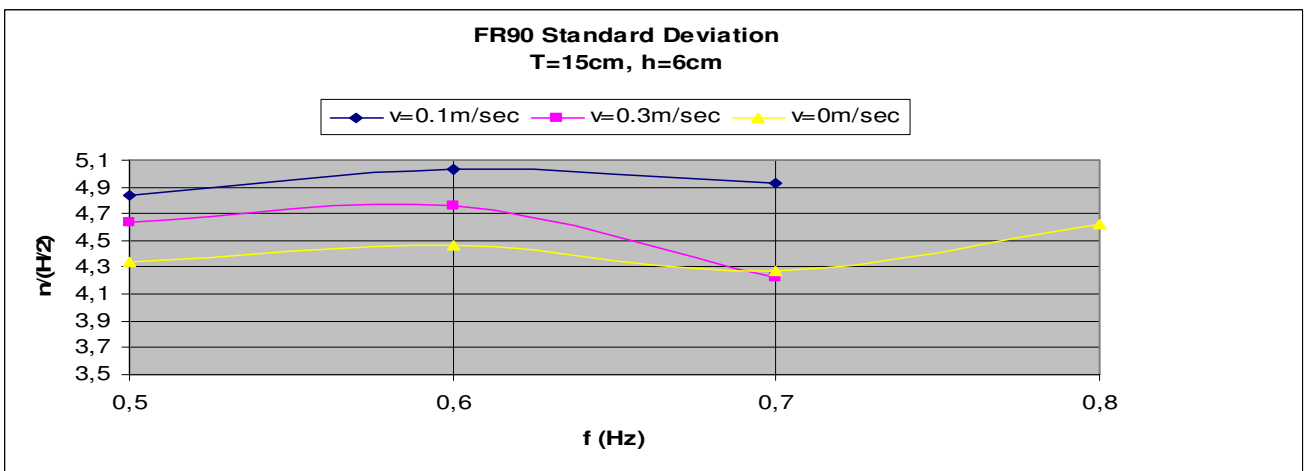
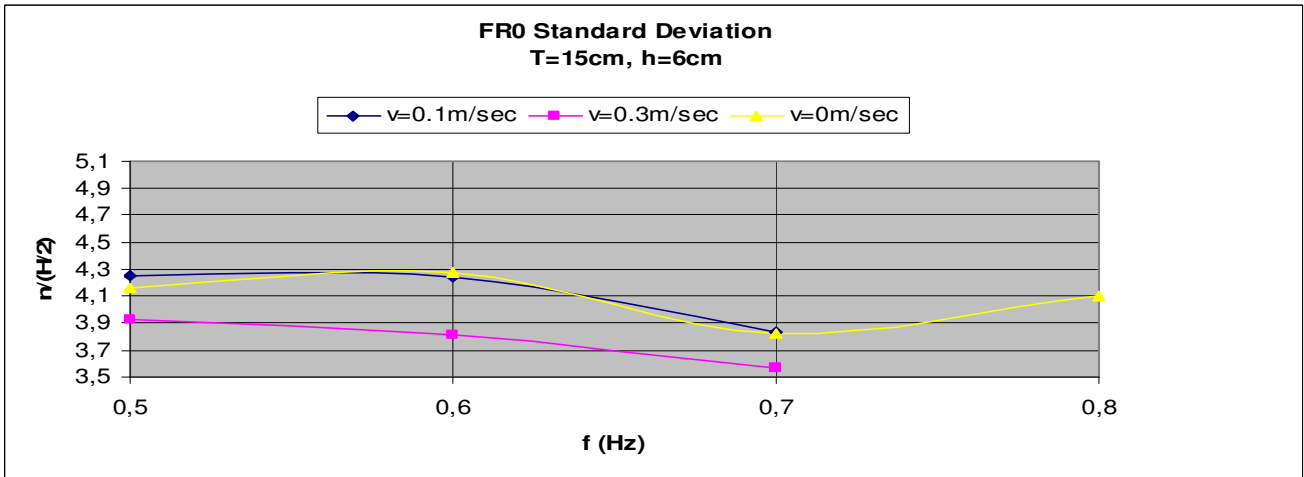
Standard Deviation για v=0,3 m/sec						
f(Hz)	θ(°)	0	45	90	135	180
0,5		3,926856	4,040956	4,638677	4,854436	4,327169
0,6		3,810449	4,094604	4,764947	4,326746	4,003175
0,7		3,574895	3,510549	4,229541	4,308307	4,22607

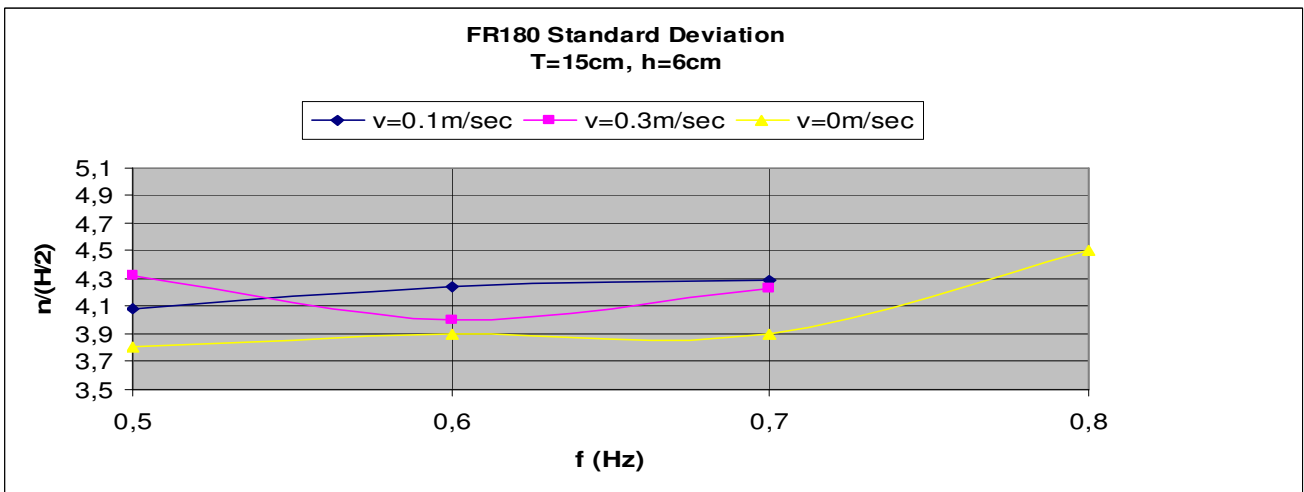
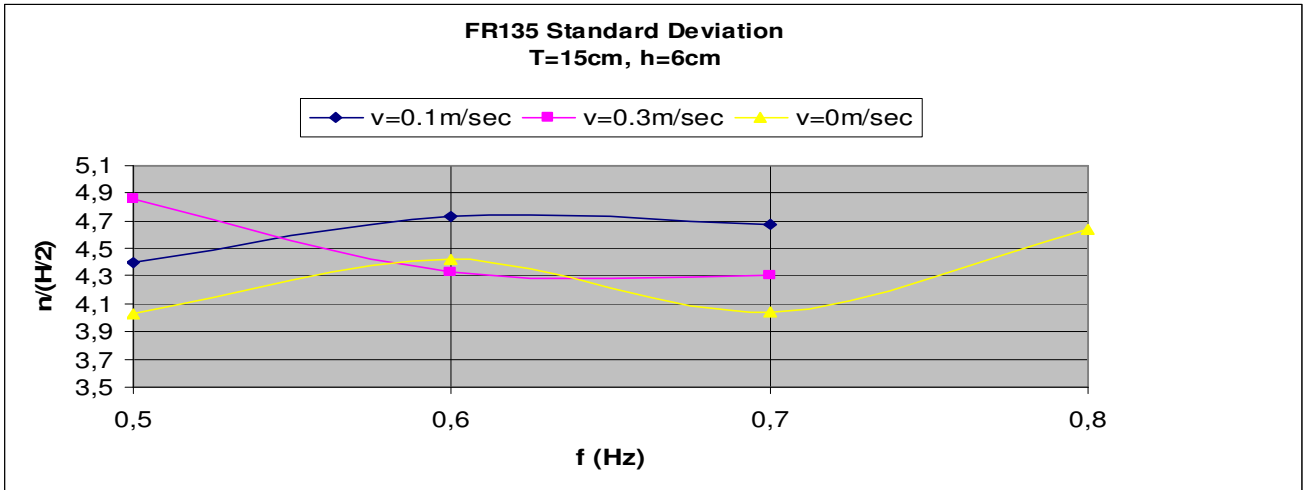
Maximum για v=0,3 m/sec						
f(Hz)	θ(°)	0	45	90	135	180
0,5		29,75699577	28,63061	29,70847	29,005755	29,463593
0,6		28,4512469	29,29227	26,92212	27,910358	27,9768222
0,7		24,87225563	27,56855	27,80816	29,141902	28,9644667

3.4.2.1 Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία

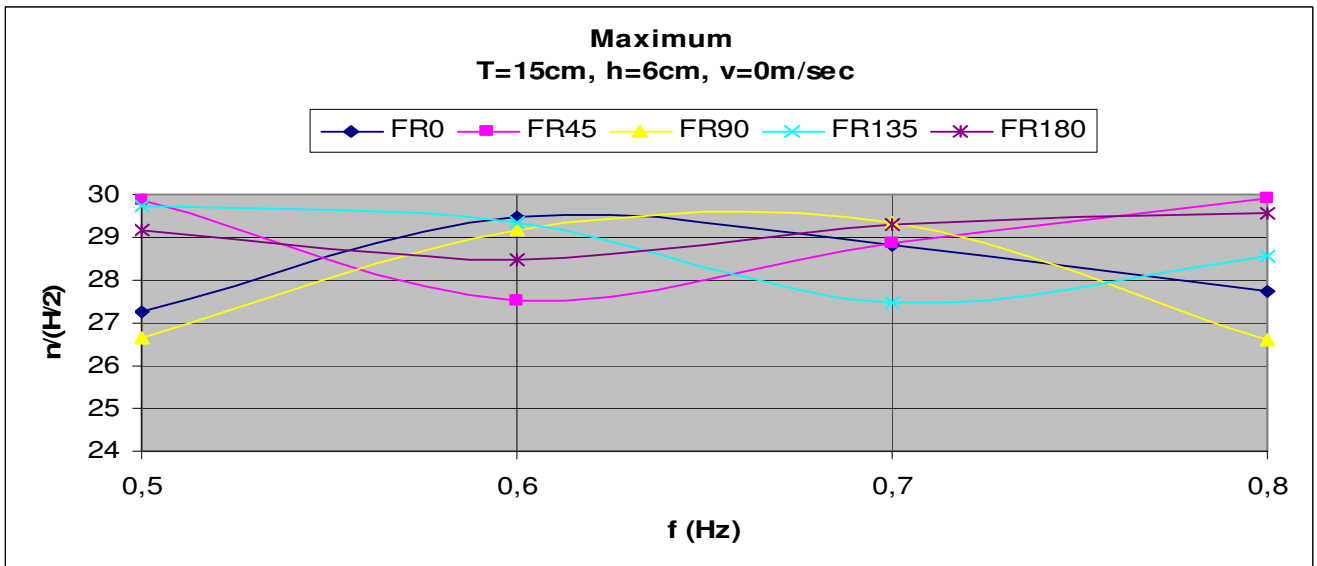


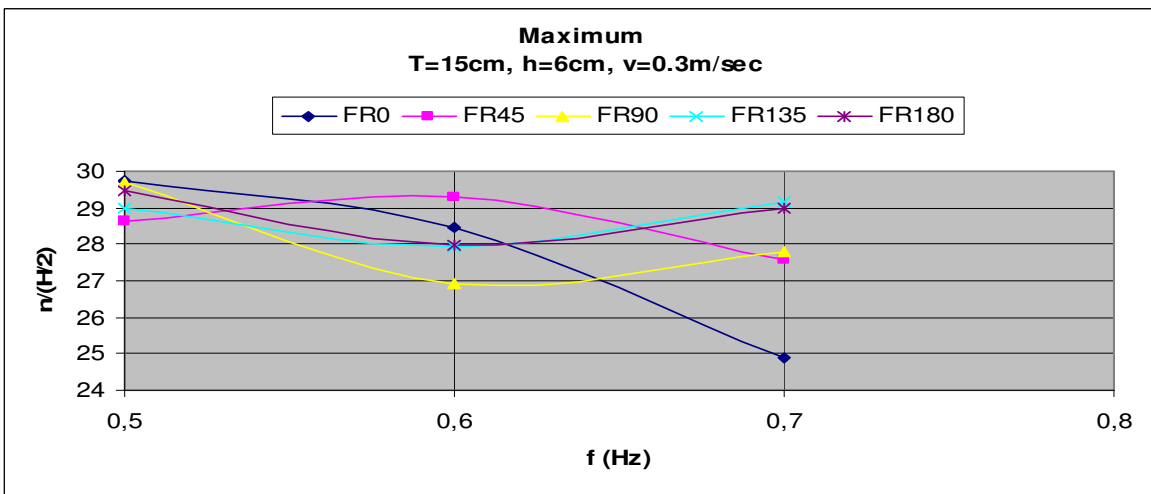
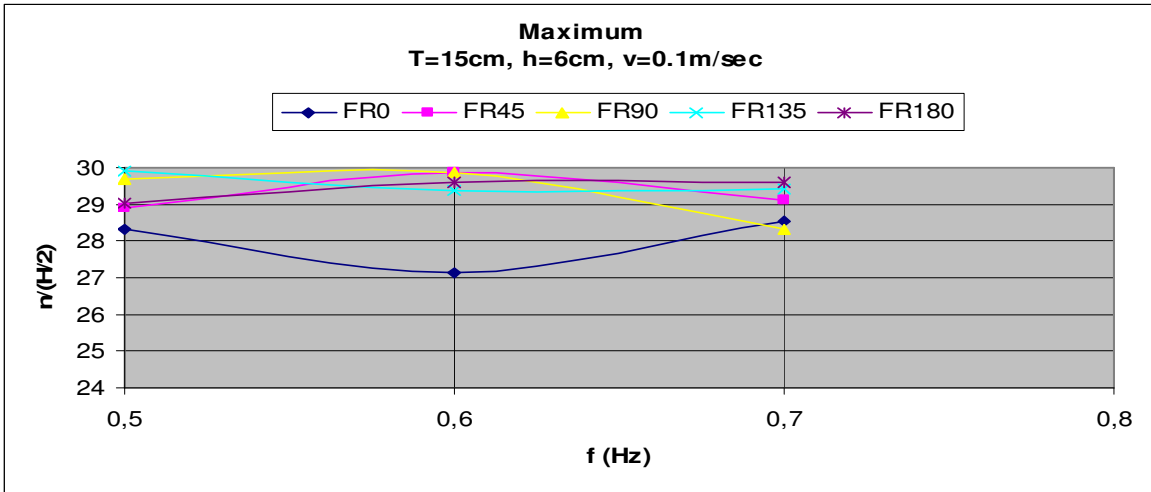
3.4.2.2 Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη γωνία για διαφορετική ταχύτητα



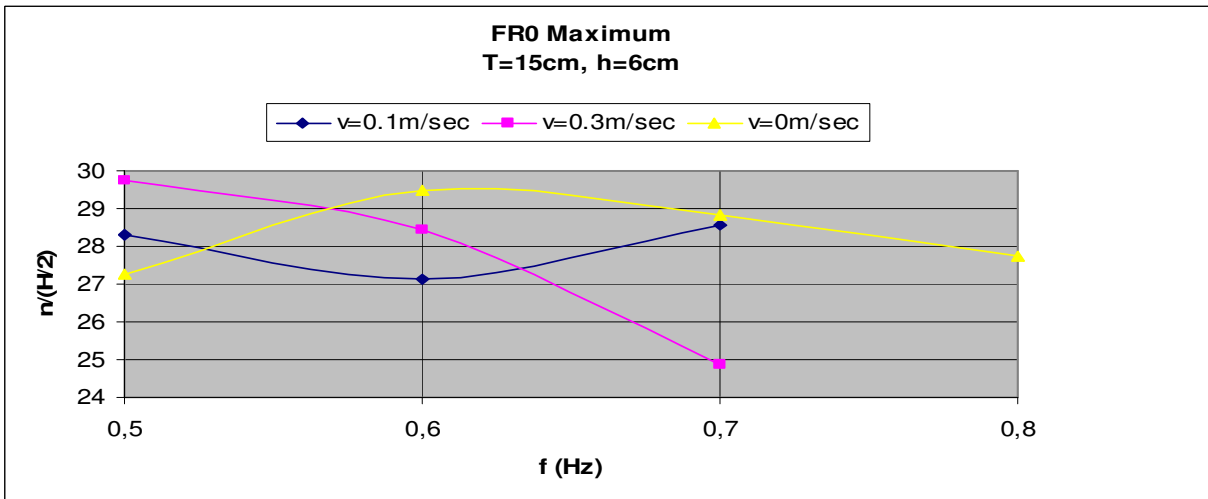


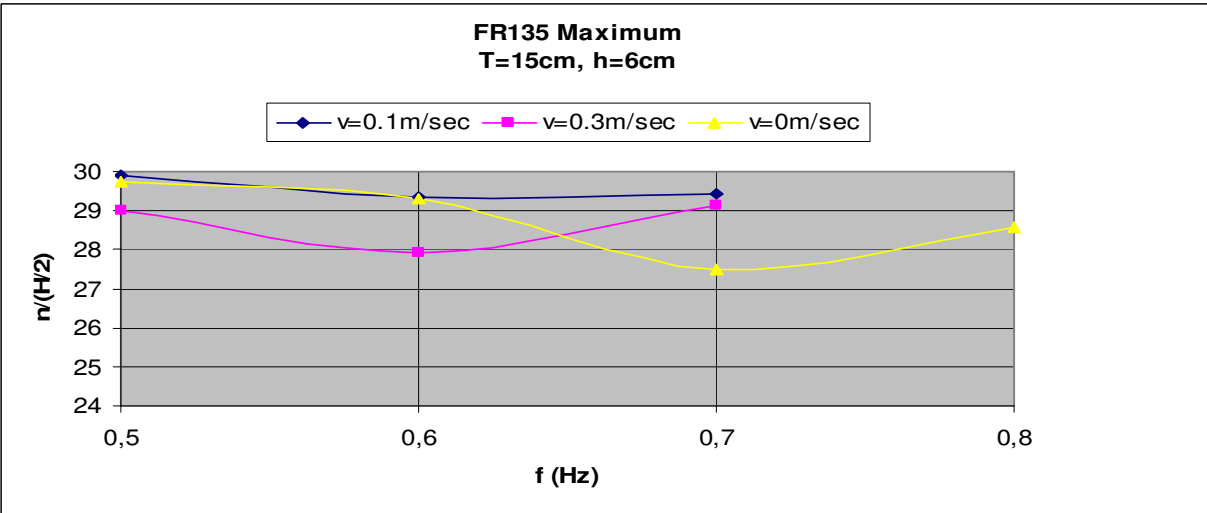
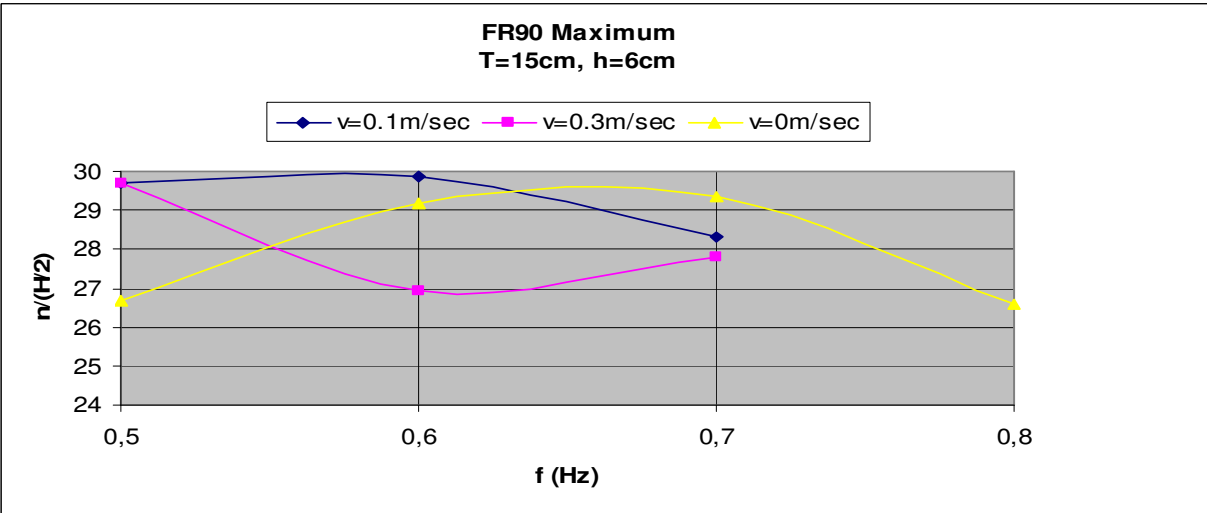
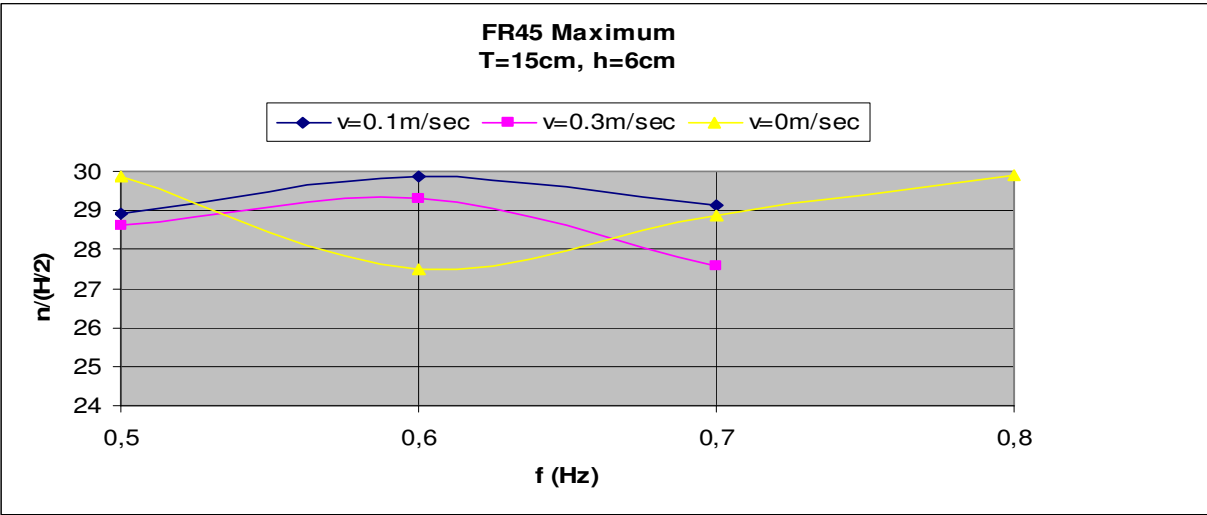
3.4.2.3 Διάγραμμα Maximum $n/(H/2)$ - f σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία

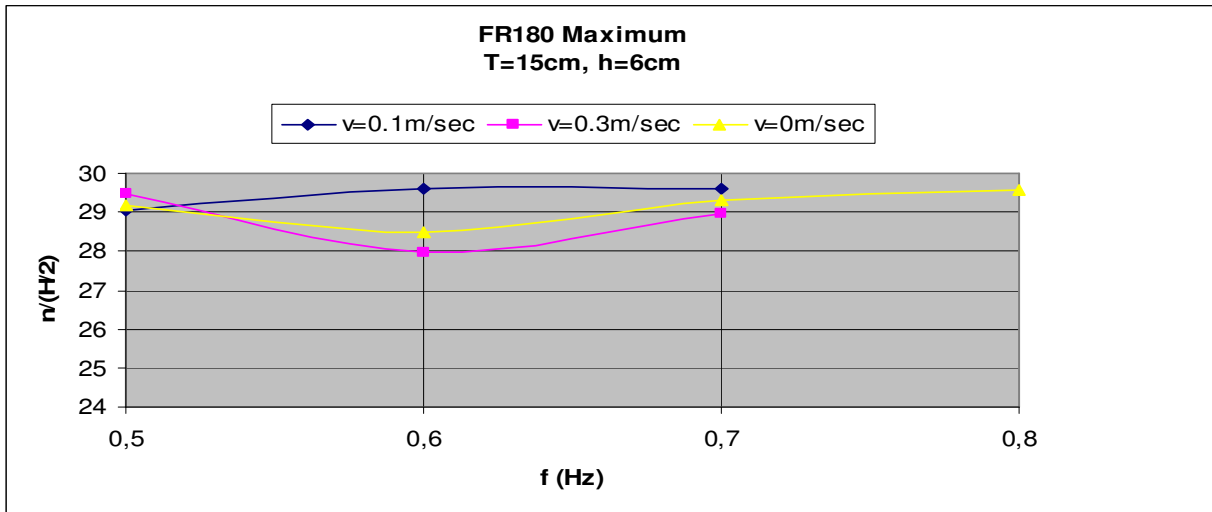




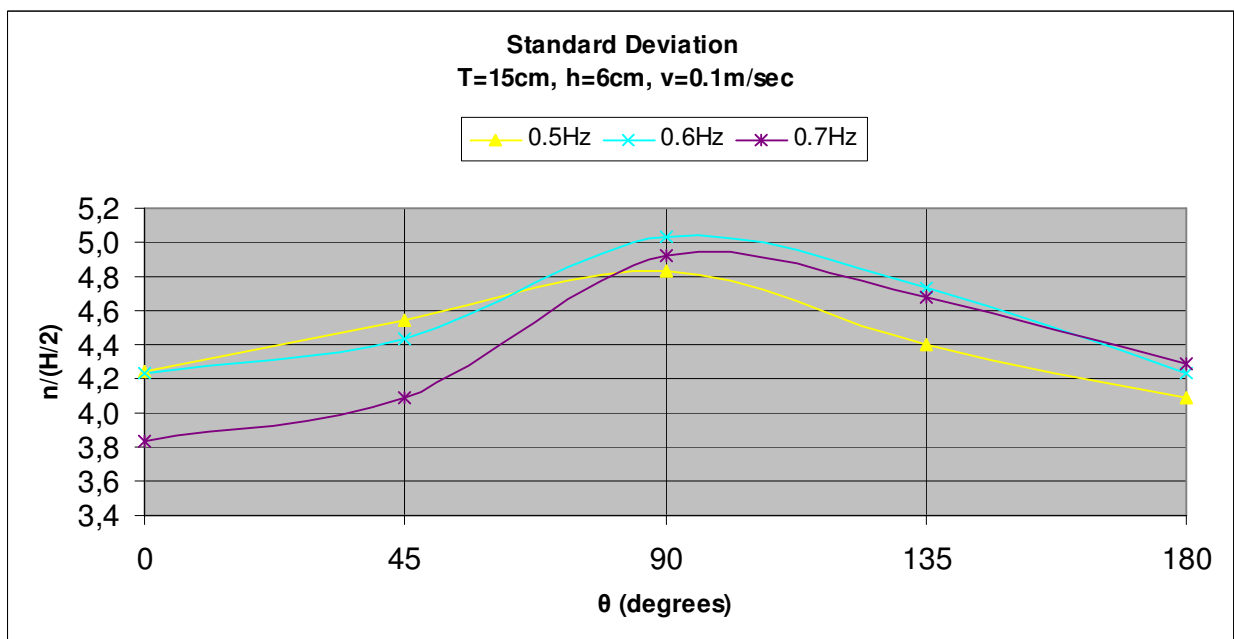
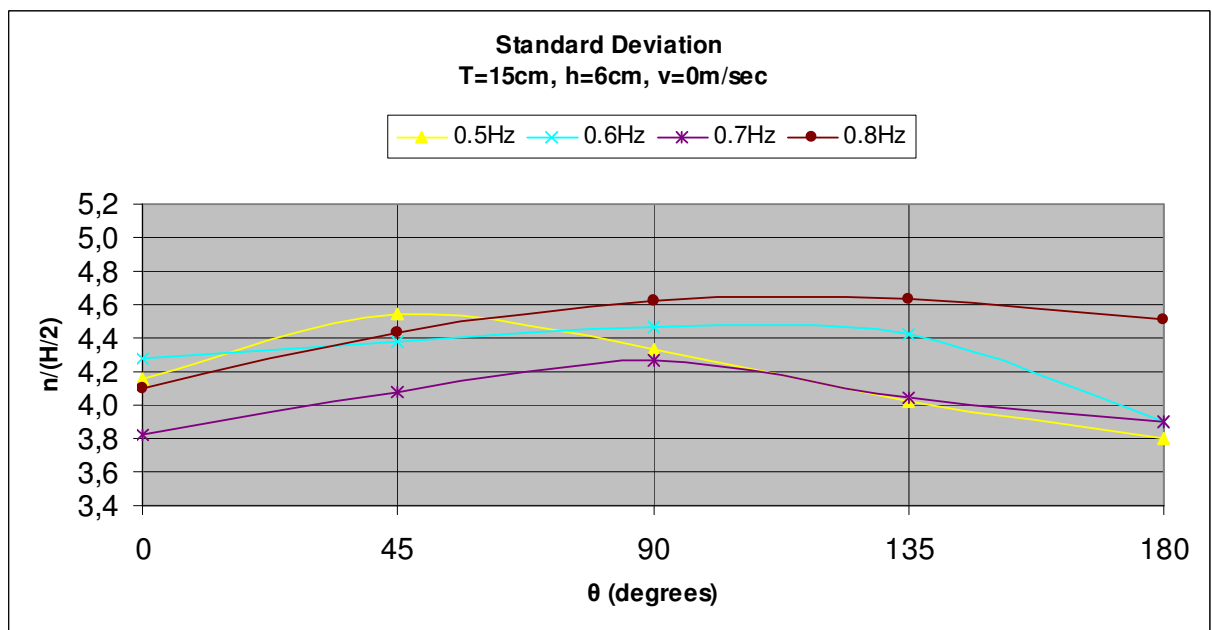
3.4.2.4 Διάγραμμα Maximum $n/(H/2)$ - f σε δεδομένη γωνία για διαφορετική ταχύτητα

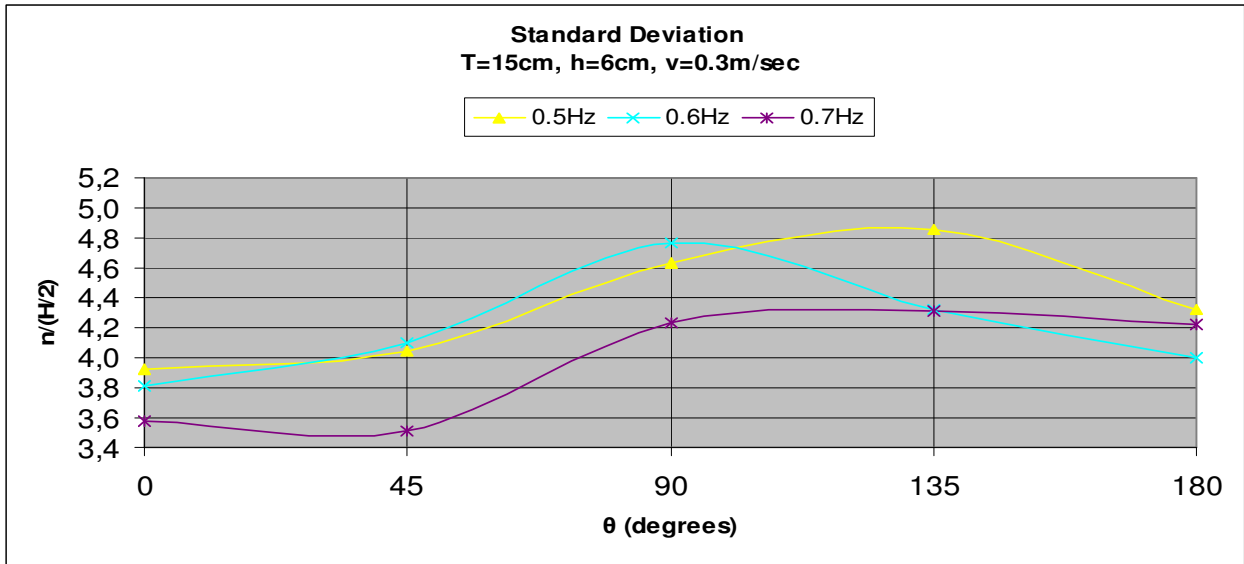




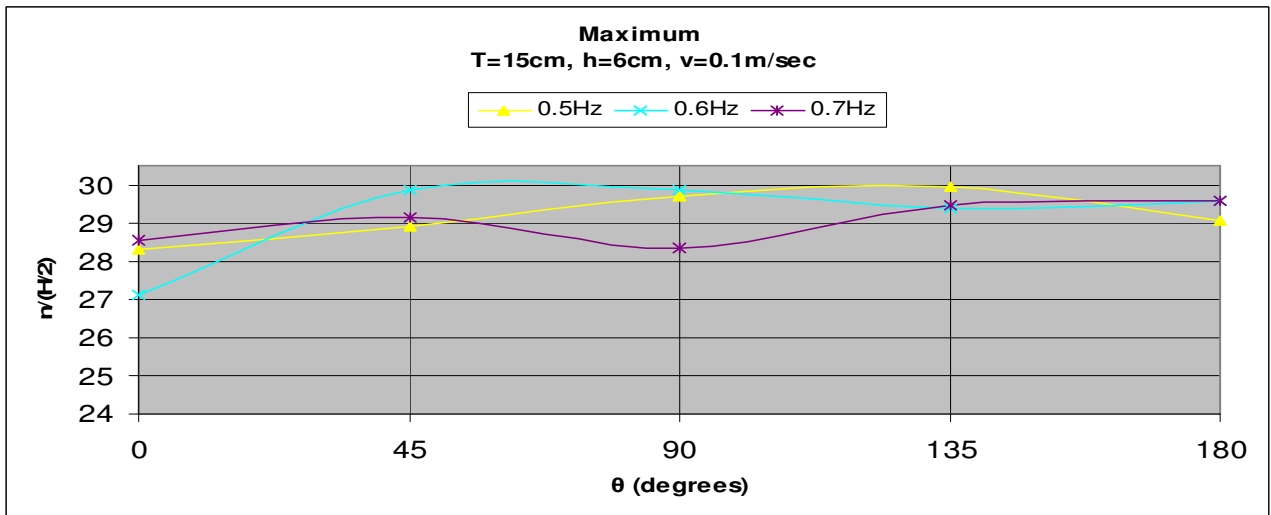
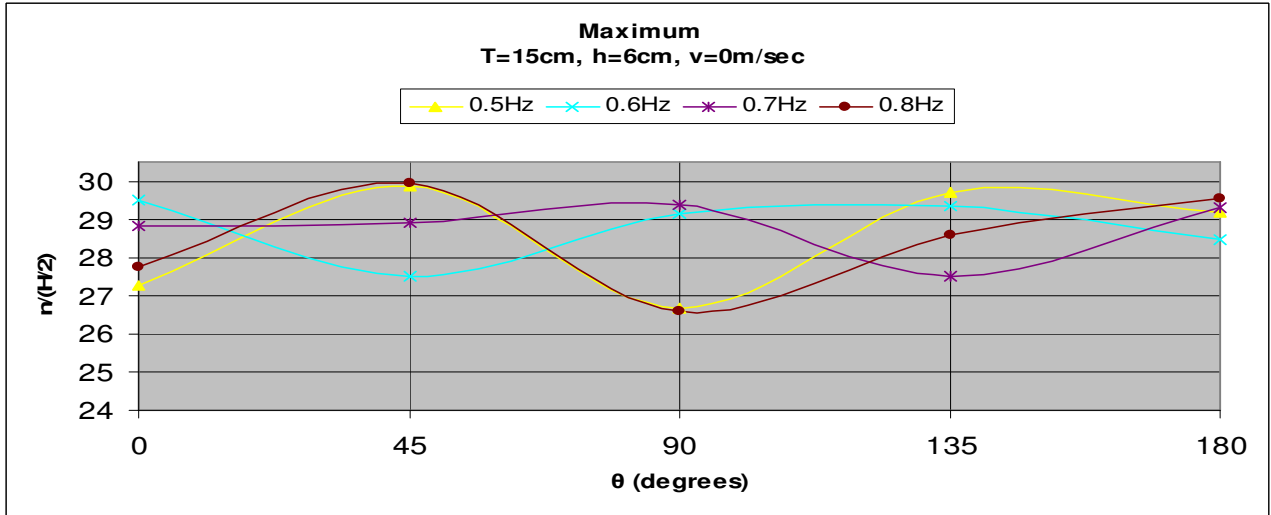


3.4.2.5 Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα



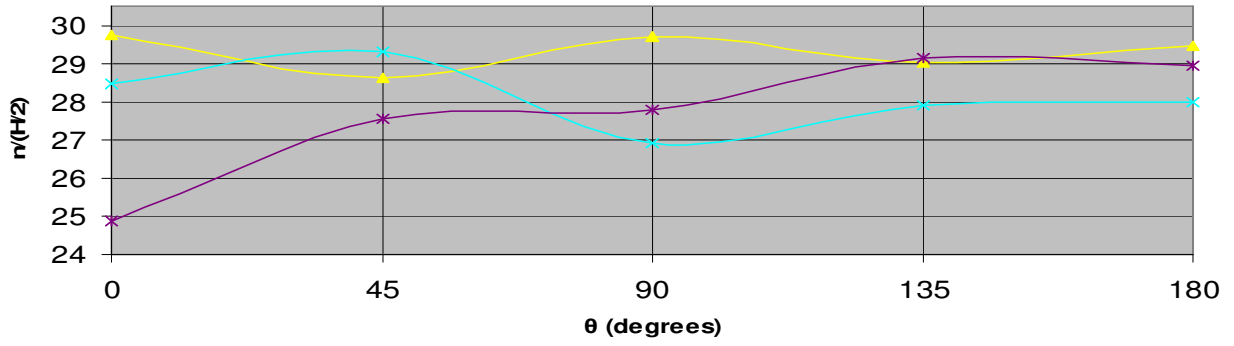


3.4.2.6 Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα



Maximum
T=15cm, h=6cm, v=0.3m/sec

—▲— 0.5Hz —×— 0.6Hz —*— 0.7Hz



3.4.3 Αποτελέσματα Standard Deviation και Maximum μετρήσεων για το Πόδι για h=7cm

Standard Deviation για v=0 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	45	90	135	180
0,6		4,013447	4,309037	4,215831	4,448193	3,856432
0,7		3,770455	3,689013	4,753075	4,419037	4,066727

Maximum για v=0 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	45	90	135	180
0,6		29,54044	28,5589	29,26261	29,9135	29,68188
0,7		28,29516	25,64382	29,15522	29,69247	29,06854

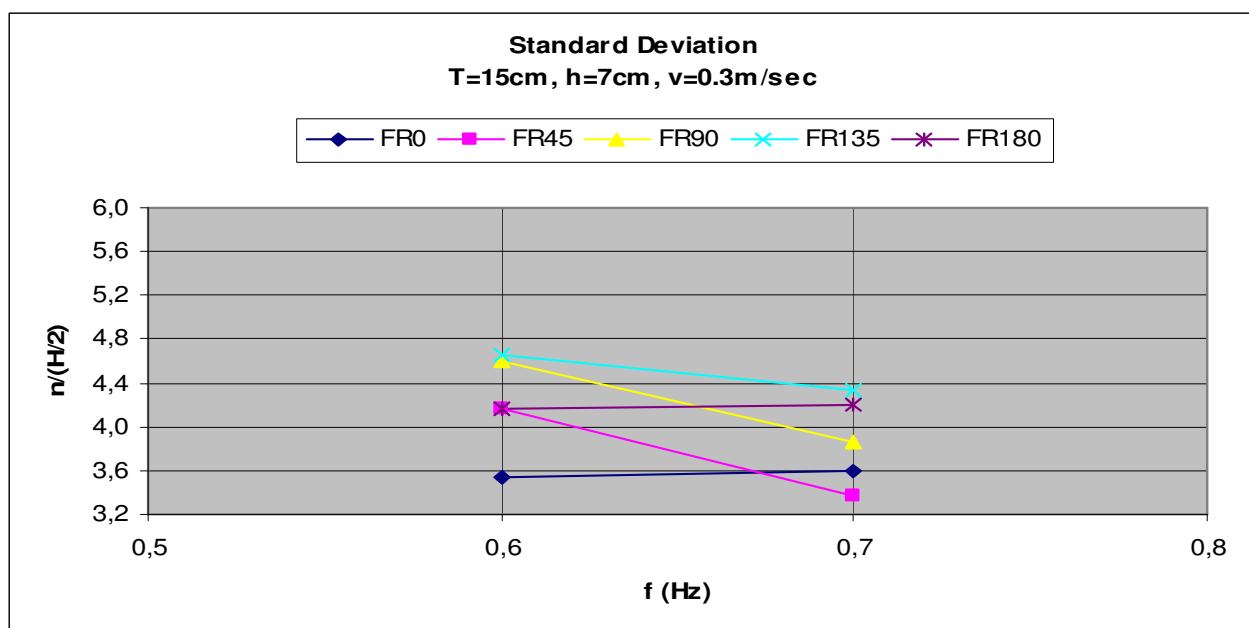
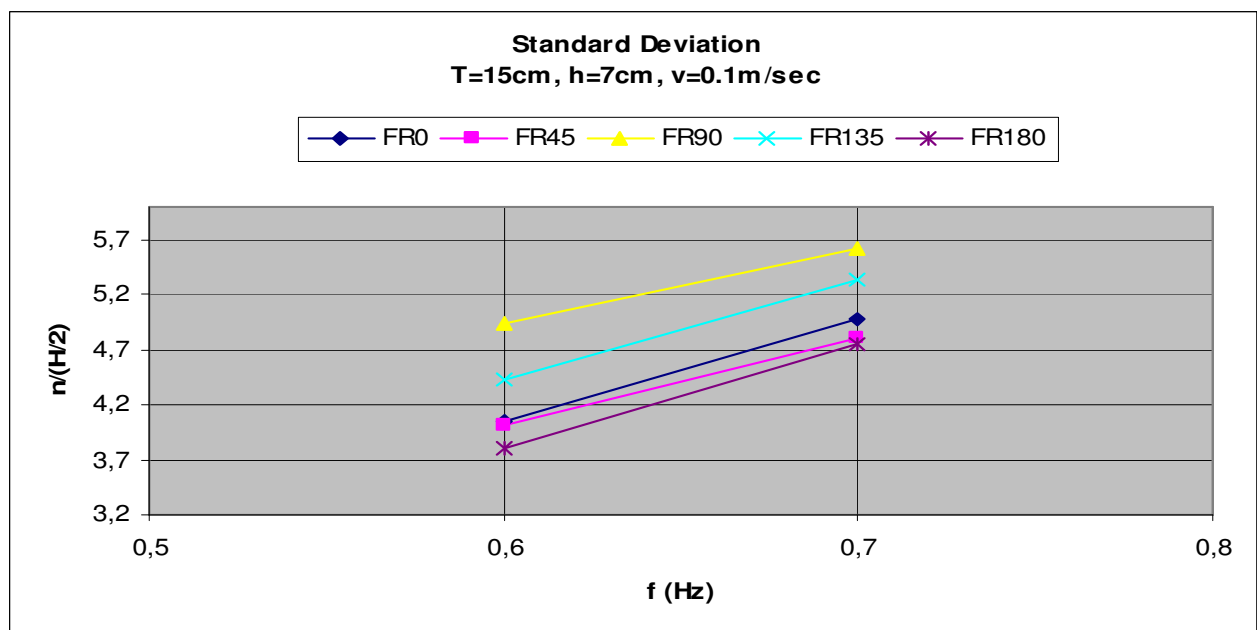
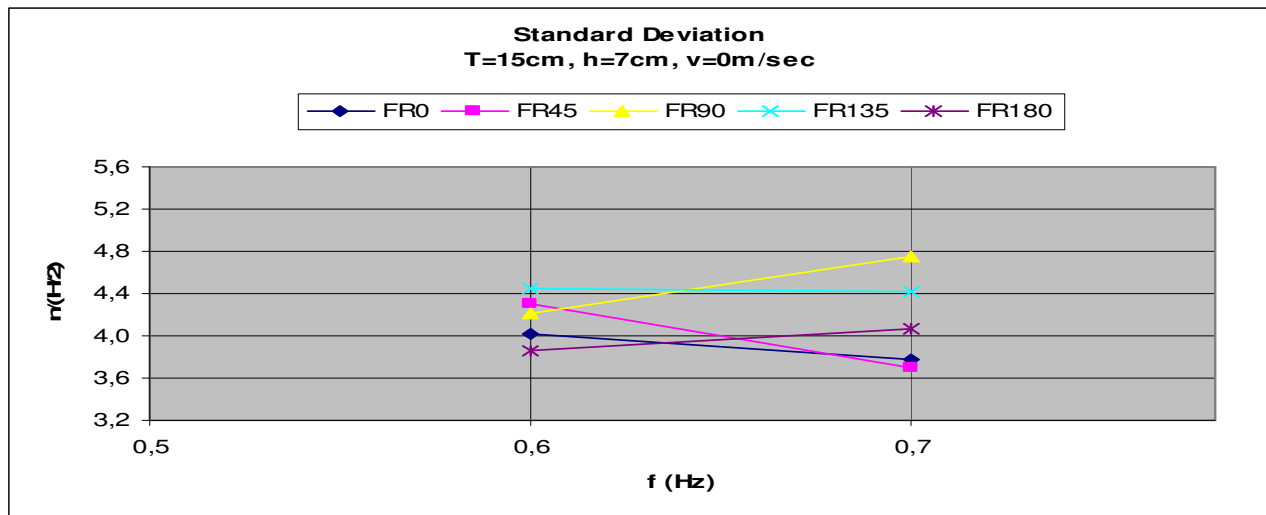
Standard Deviation για v=0,1 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	45	90	135	180
0,6		4,053978	4,01351	4,939694	4,433919	3,810532
0,7		4,970671	4,813223	5,624508	5,340368	4,749247

Maximum για v=0,1 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	45	90	135	180
0,6		29,68409	29,32911	28,77691	29,79368	28,2792
0,7		29,92592	28,00891	29,80656	29,26321	29,90948

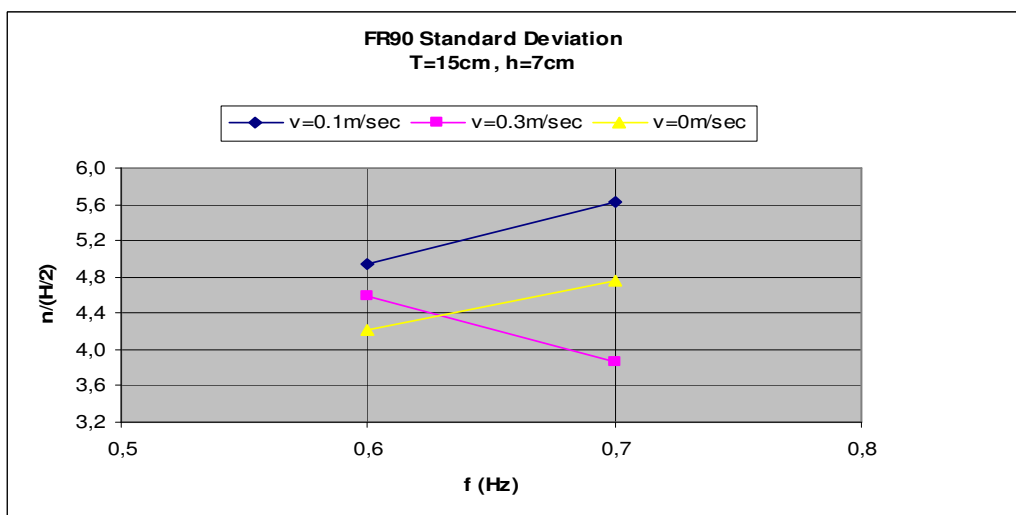
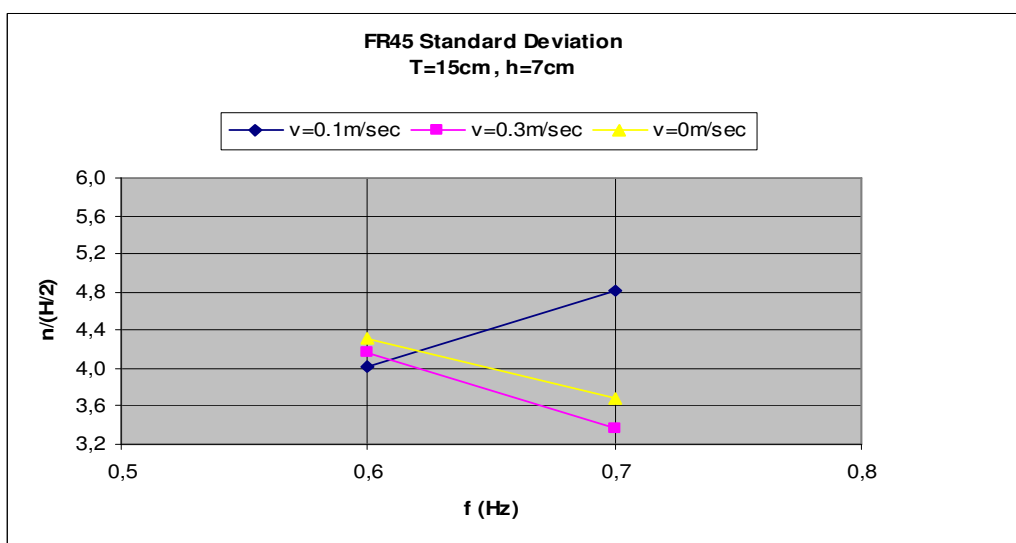
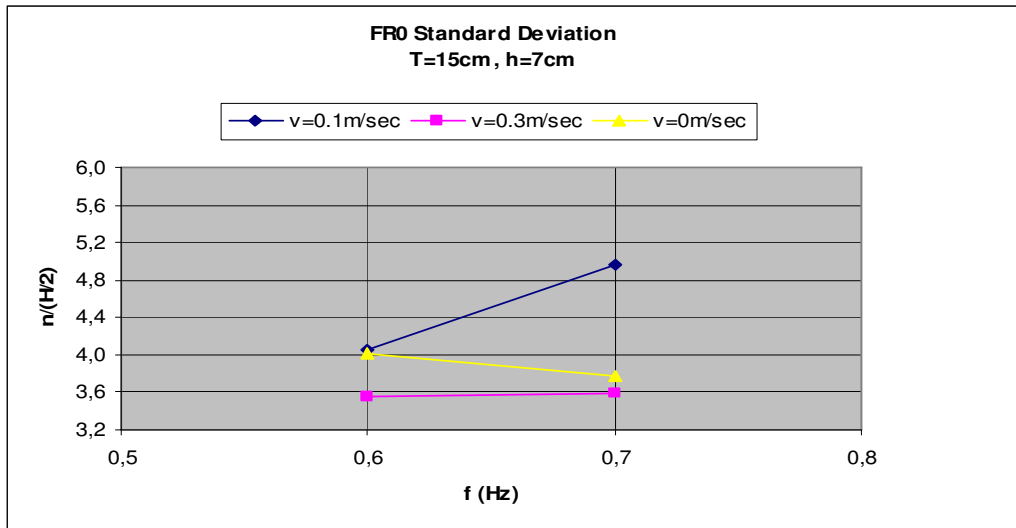
Standard Deviation για v=0,3 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	45	90	135	180
0,6		3,54939	4,162647	4,591765	4,658691	4,164223
0,7		3,59274	3,365112	3,858377	4,337347	4,210975

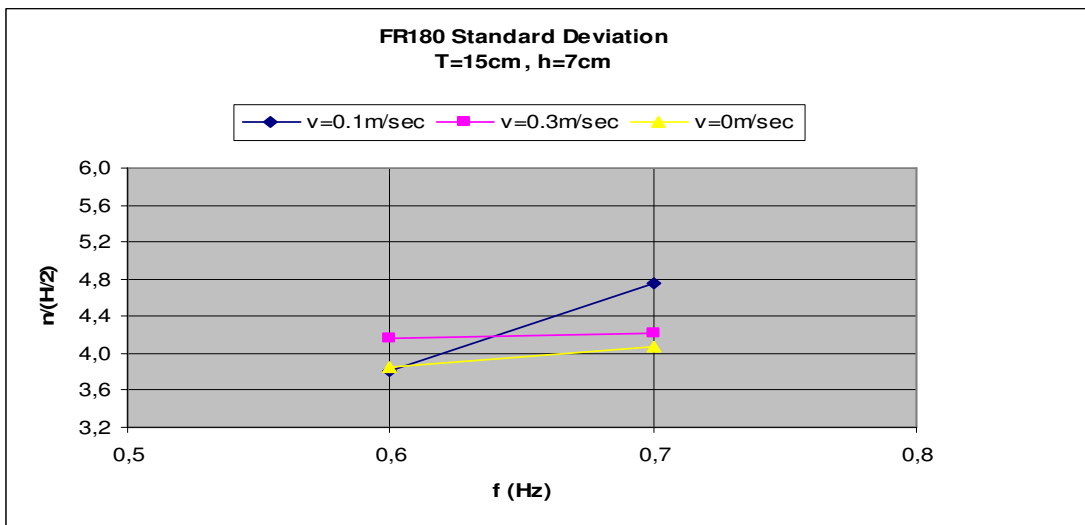
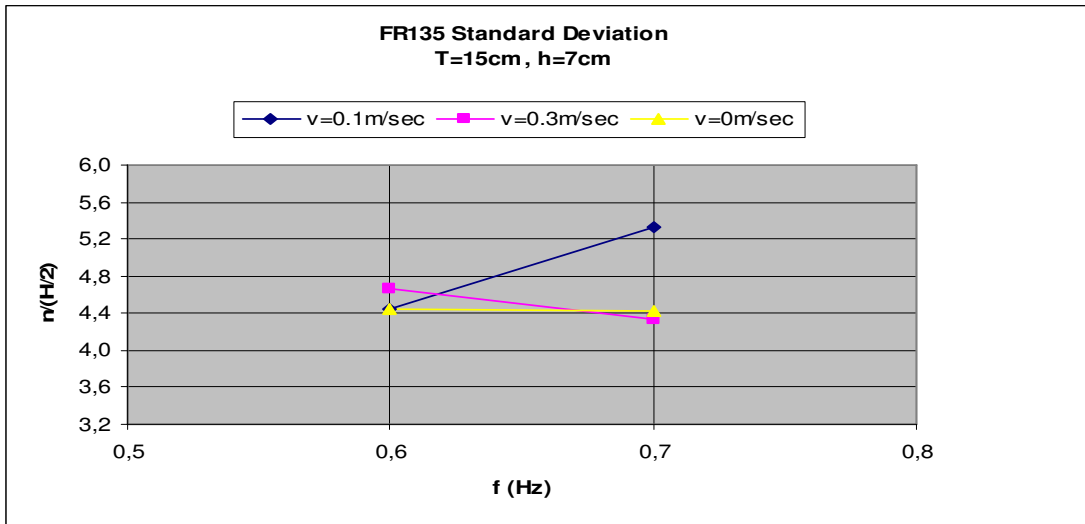
Maximum για v=0,3 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	45	90	135	180
0,6		25,83044	27,74302	29,7531	29,26156	28,96623
0,7		29,4056	28,91089	29,80656	26,86409	28,48059

3.4.3.1 Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία

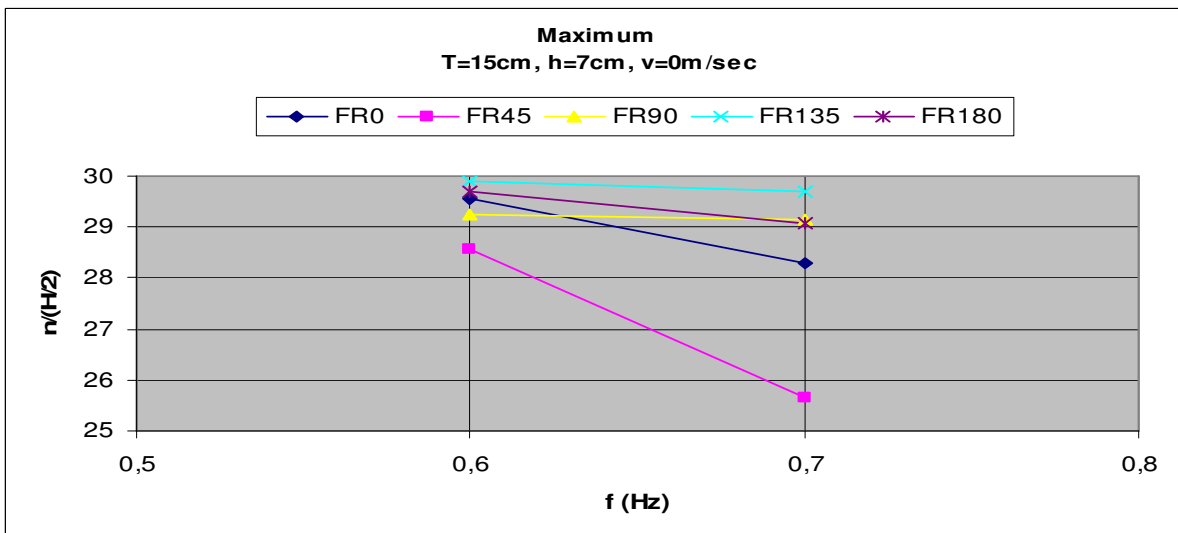


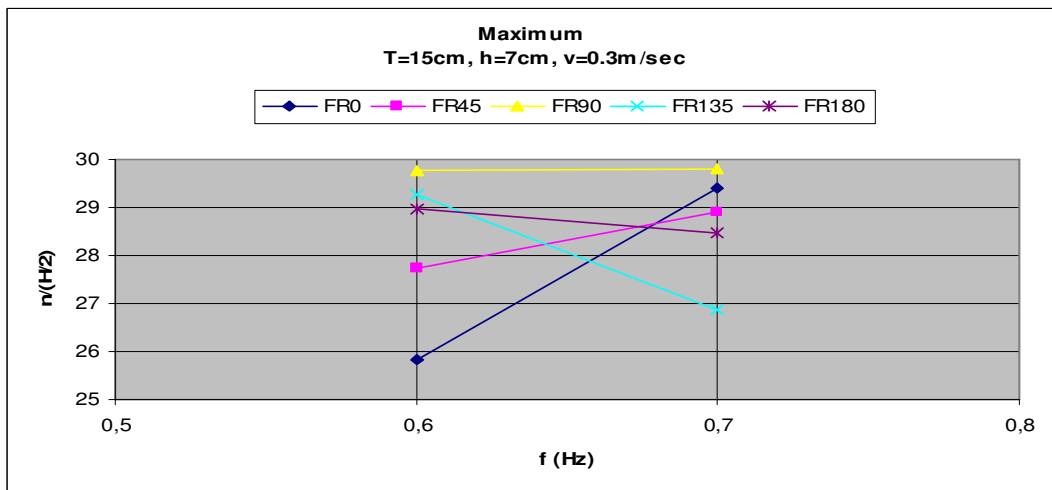
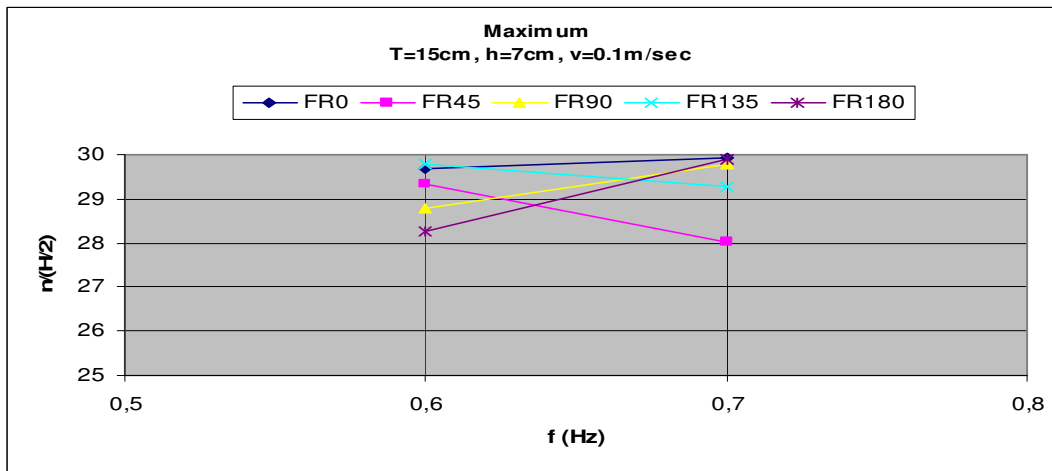
3.4.3.2 Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη γωνία για διαφορετική ταχύτητα



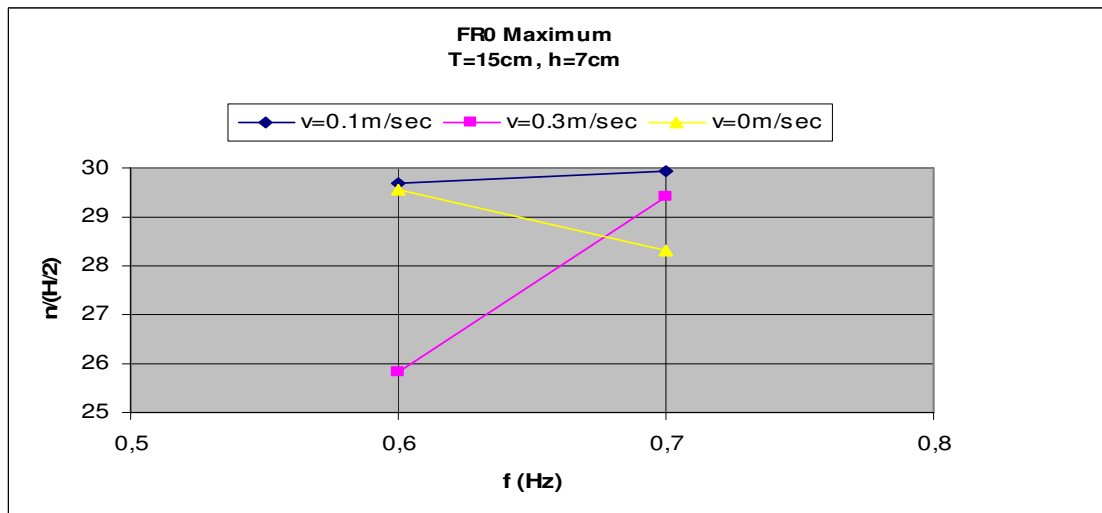


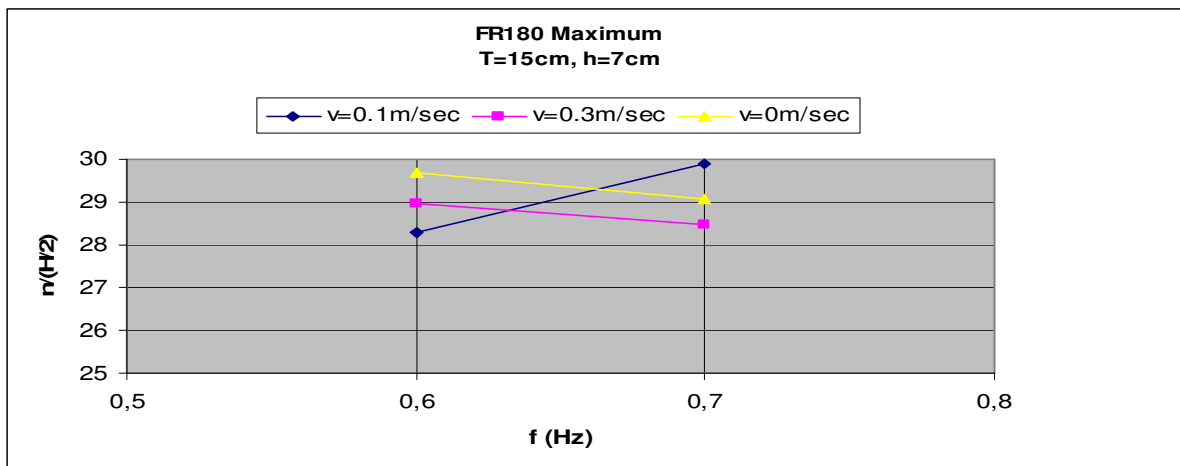
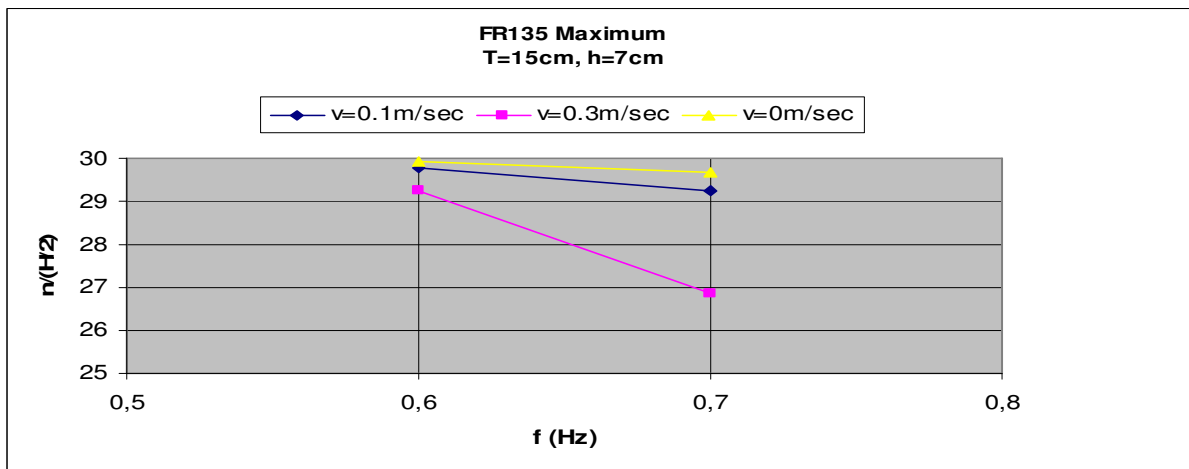
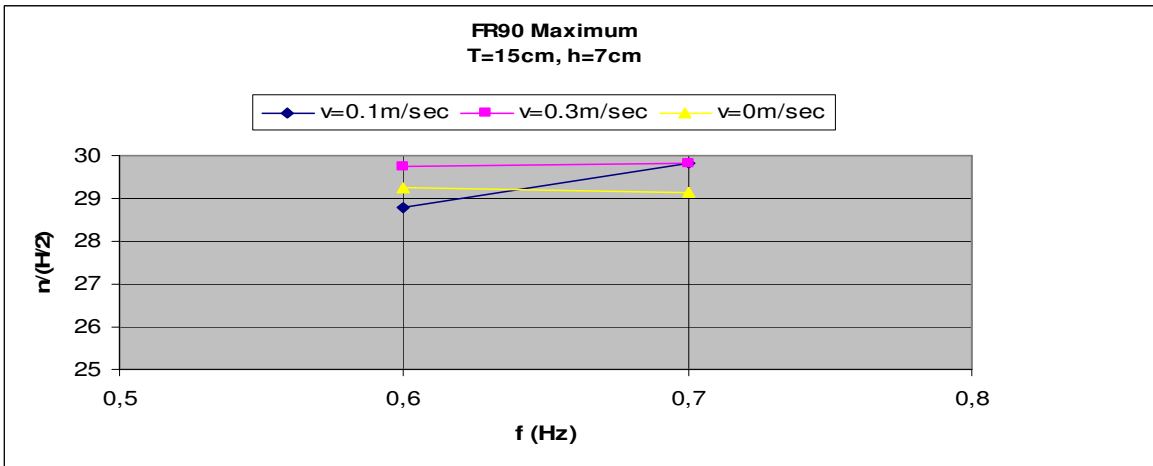
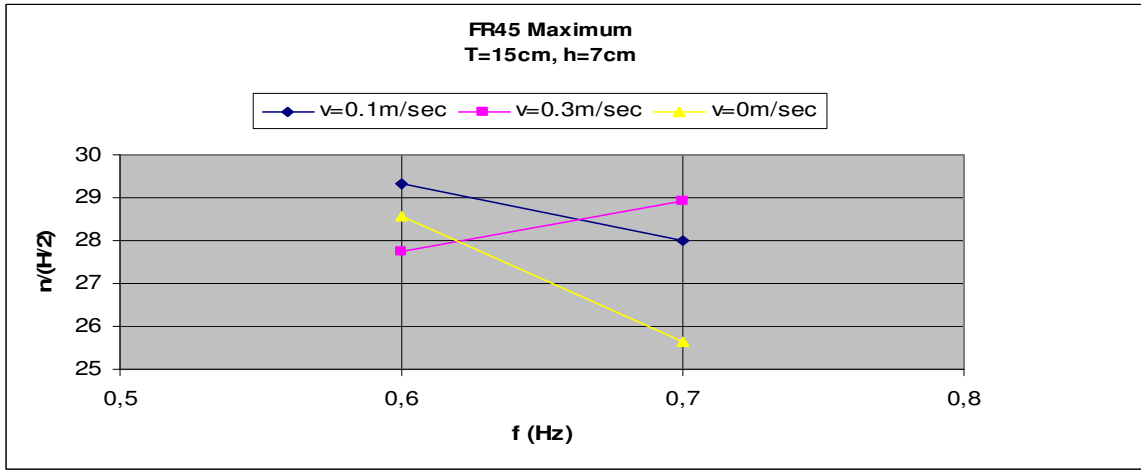
3.4.3.3 Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική γωνία



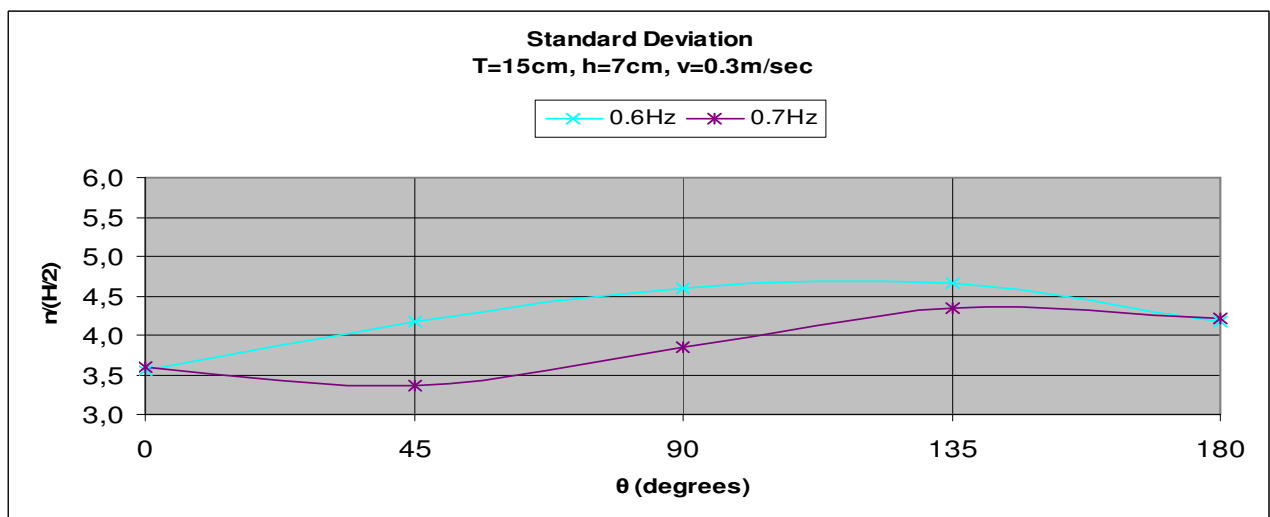
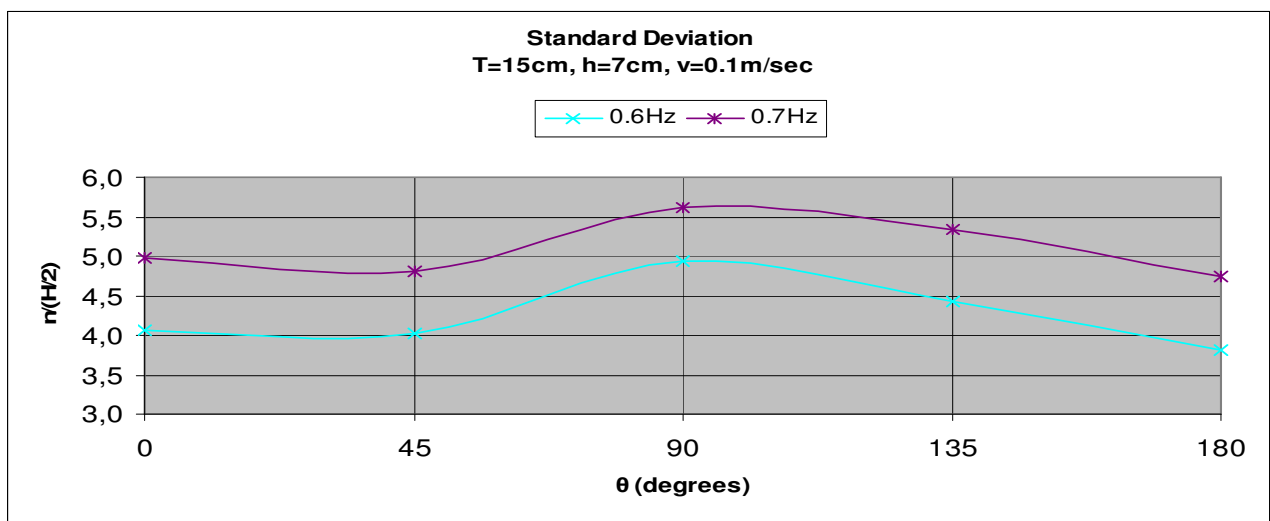
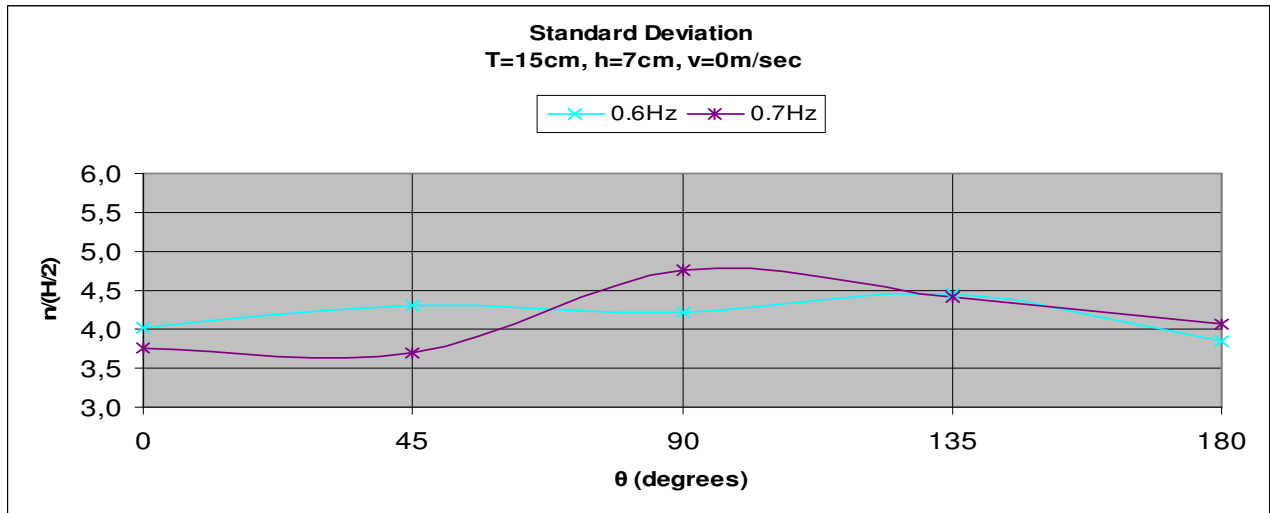


3.4.3.4 Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - f$ σε δεδομένη γωνία για διαφορετική ταχύτητα

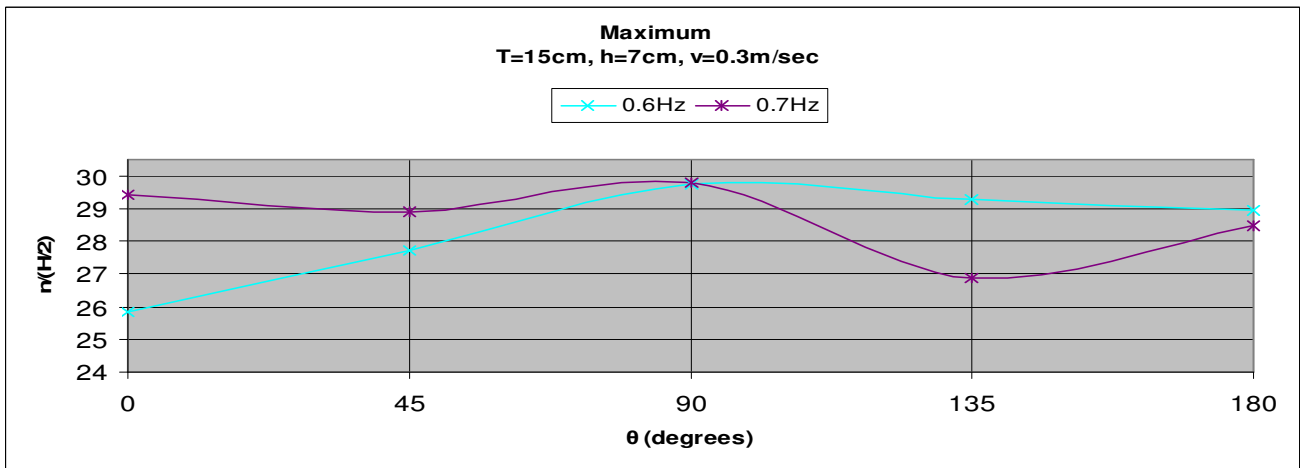
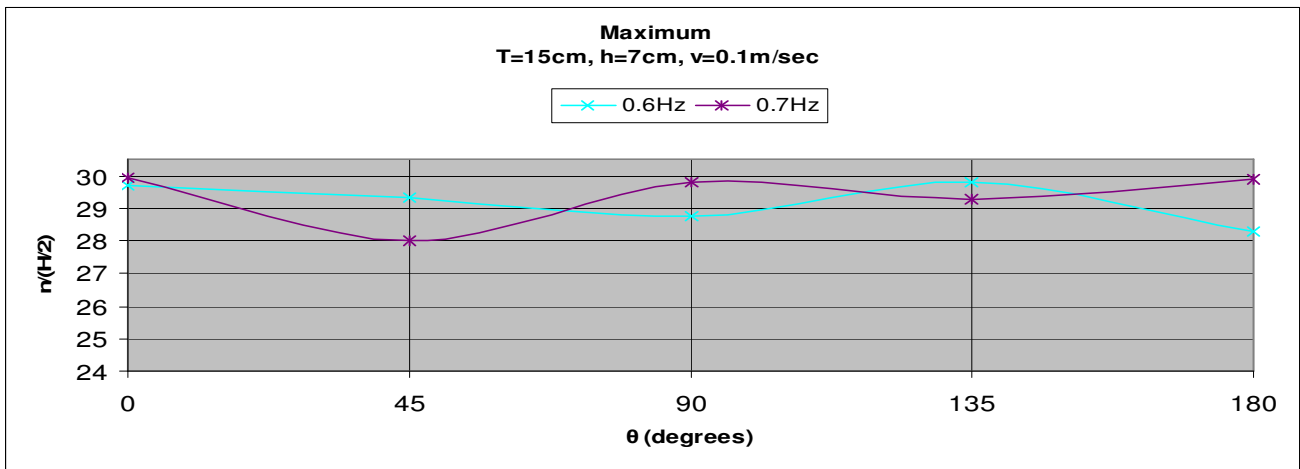
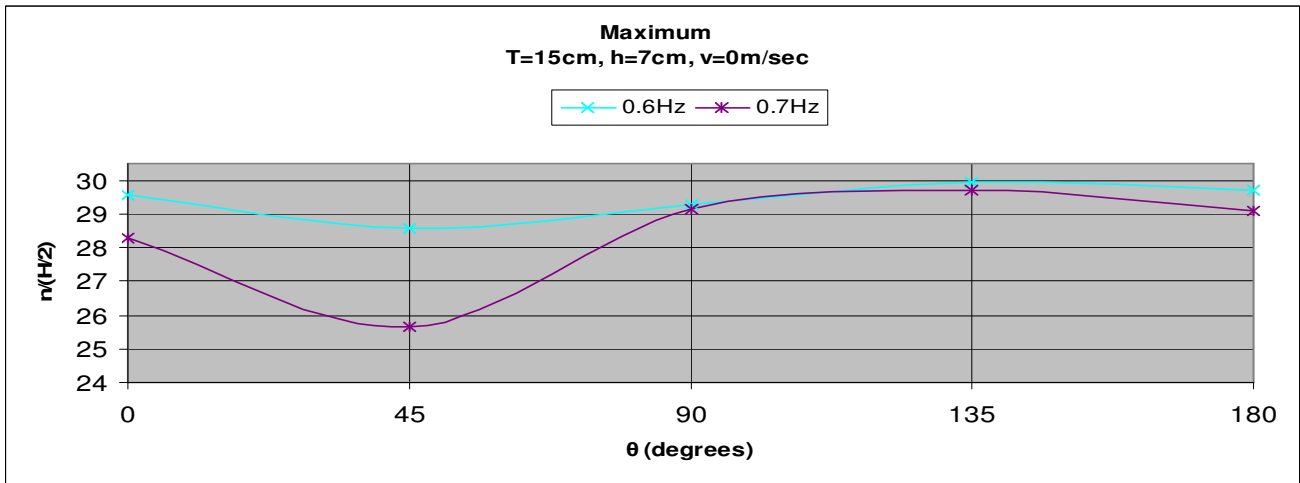




3.4.3.5 Διάγραμμα Standard Deviation $\eta/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα



3.4.3.6 Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα



3.4.4 Αποτελέσματα Standard Deviation και Maximum μετρήσεων για το Πόδι για h=8cm

Standard Deviation για v=0 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	45	90	135	180
0,7		3,770455	3,689013	4,753075	4,419037	4,066727

Maximum για v=0 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	45	90	135	180
0,7		28,29516	25,64382	29,15522	29,69247	29,06854

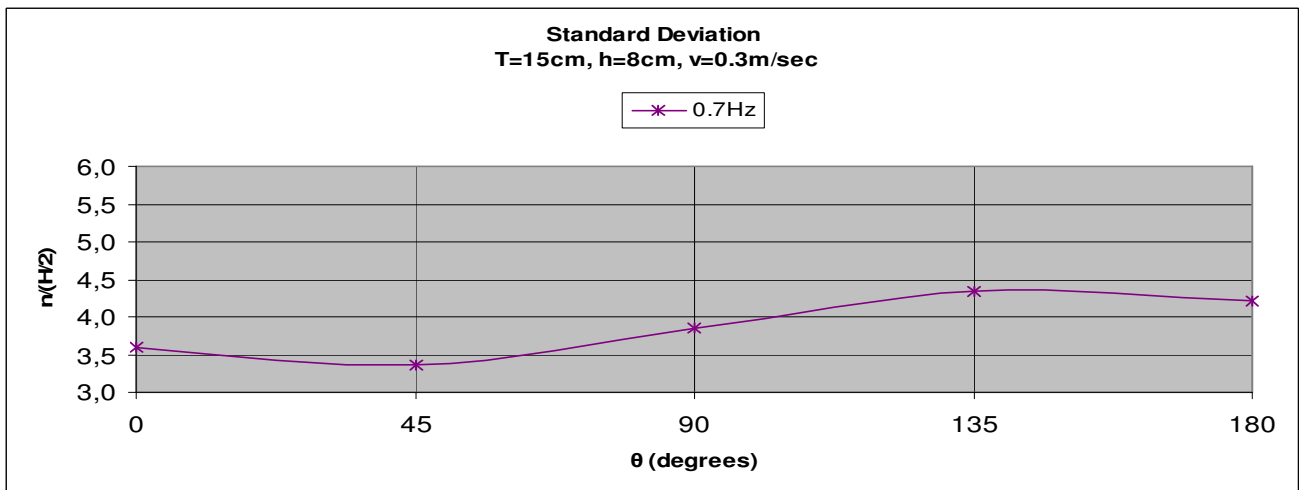
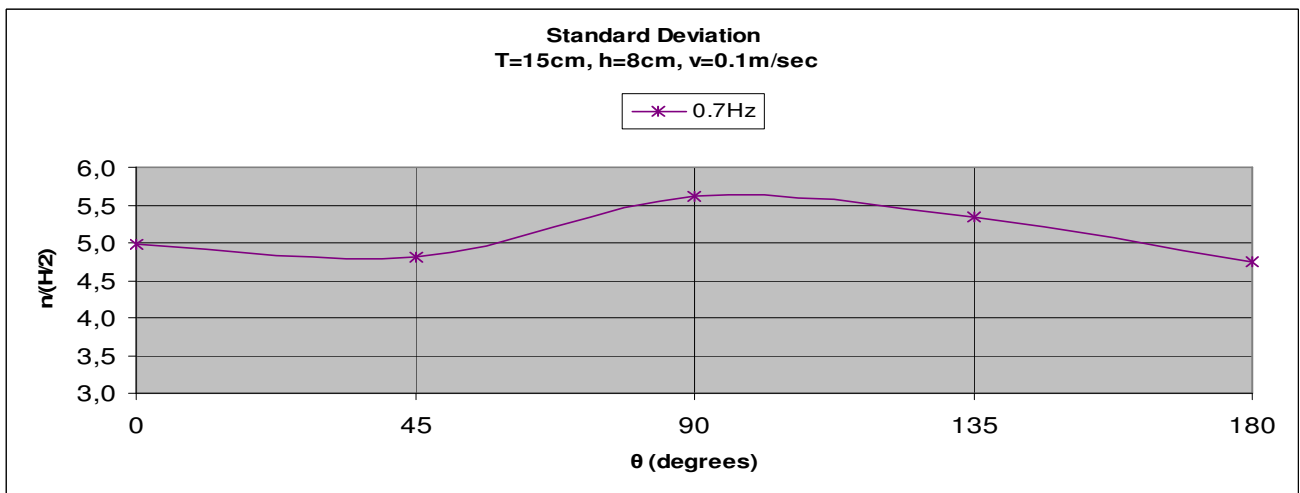
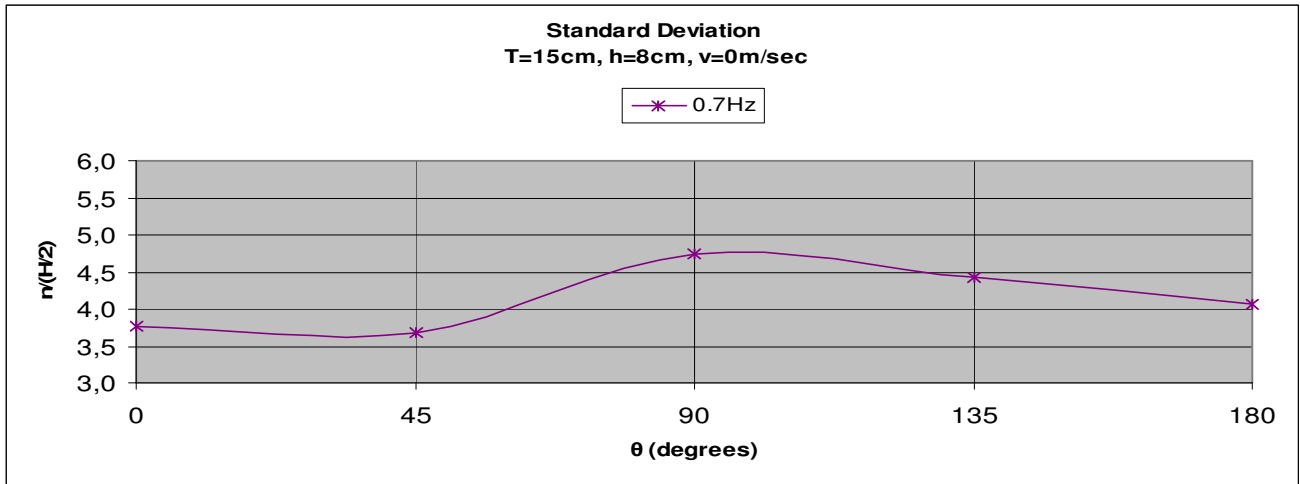
Standard Deviation για v=0,1 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	45	90	135	180
0,7		4,970671	4,813223	5,624508	5,340368	4,749247

Maximum για v=0,1 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	45	90	135	180
0,7		29,92592	28,00891	29,80656	29,26321	29,90948

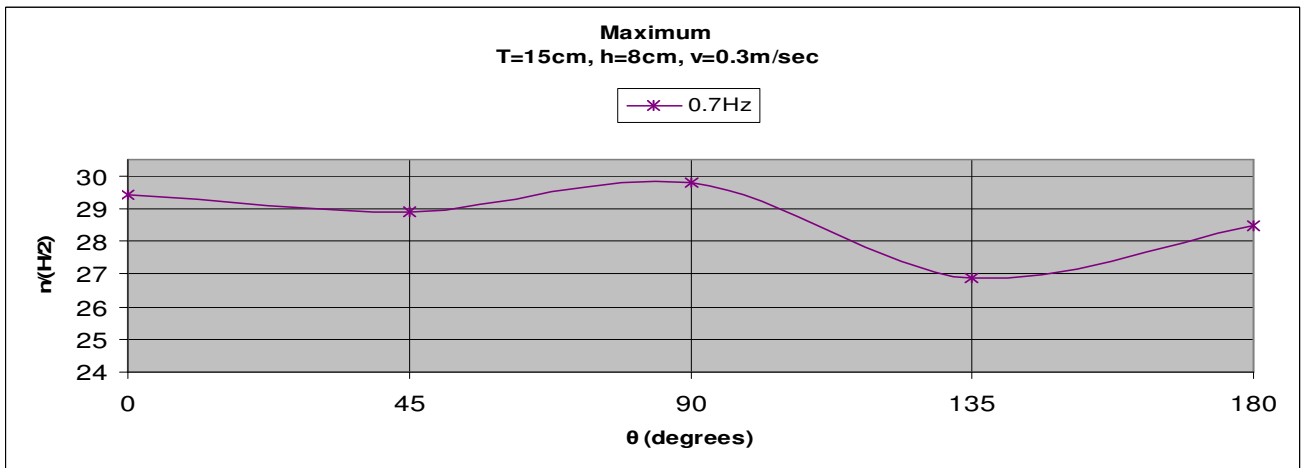
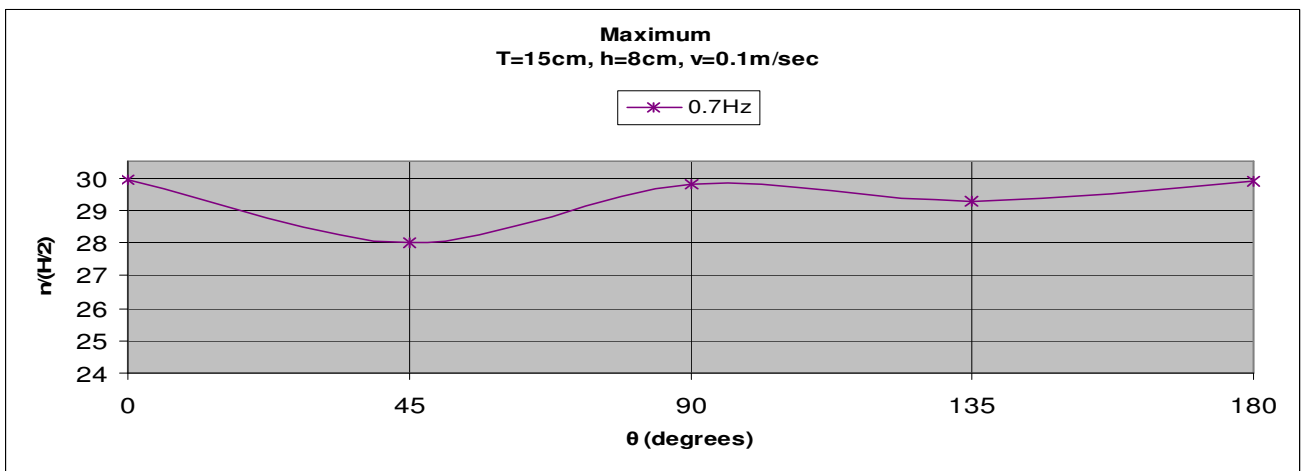
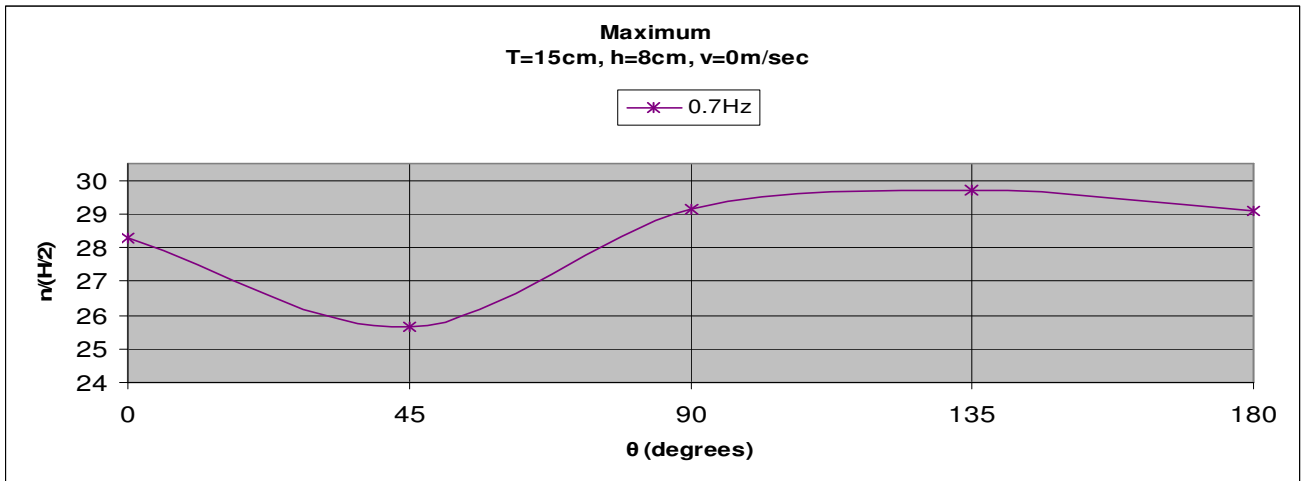
Standard Deviation για v=0,3 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	45	90	135	180
0,7		3,59274	3,365112	3,858377	4,337347	4,210975

Maximum για v=0,3 m/sec						
f(Hz)	$\theta(^{\circ})$	0	45	90	135	180
0,7		29,4056	28,91089	29,80656	26,86409	28,48059

3.4.4.1 Διάγραμμα Standard Deviation $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα



3.4.4.2 Διάγραμμα Maximum $n/(H/2) - \theta$ σε δεδομένη ταχύτητα για διαφορετική συχνότητα



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΡΗΜΑΤΩΝ

Εξετάζοντας μακροσκοπικά τα παραπάνω πειραματικά αποτελέσματα και λαμβάνοντας υπόψη τυχόν αριθμητικά λάθη της μεθόδου καθώς και λοιπά σφάλματα που έχουν προαναφερθεί στην οικεία ενότητα, οδηγούμαστε σε ορισμένα γενικά συμπεράσματα:

Για κυματισμούς με συχνότητα ανώτερη των 0.8Hz η ποιότητα των κυματισμών δεν μπορεί να θεωρηθεί αξιόπιστη ώστε να είμαστε σε θέση να εξαγάγουμε ασφαλή συμπεράσματα. Το γεγονός αυτό απεικονίζεται έντονα στα διαγράμματα των χρονικών ιστοριών $\eta(t)$ και επιβεβαιώνεται στα περισσότερα διαγράμματα ύστερα από την εφαρμογή του μετασχηματισμού Fourier, στα οποία φανερώνεται πως δεν υπήρχε απόλυτη ταύτιση της εφαρμοζόμενης συχνότητας κυματισμού με αυτήν που τελικά προσέπιπτε και μετρούσαμε πάνω στο πειραματικό πρότυπο και στο απομονωμένο στέλεχος.

Παρατηρούμε πως στις καταστάσεις που εξετάστηκαν κατά τις οποίες η πλατφόρμα βρισκόταν σε κίνηση, η ανύψωση της επιφάνειας του νερού δεν εμφάνιζε αρμονική συμπεριφορά. Για την ακρίβεια, όσο πιο μεγάλη ήταν η ταχύτητα της κίνησης και η συχνότητα του κυματισμού, τόσο πιο απρόβλεπτα προέκυπταν τα αποτελέσματα. Ως γνωστόν, το μήκος κύματος $\lambda(m)$ είναι άμεσα εξαρτημένο από τη συχνότητα του κυματισμού $f(Hz)$ και την ταχύτητά του $c(m/s)$ μέσω της σχέσης : $\lambda=c/f$. Αυτό σημαίνει πως όσο μεγαλύτερη η συχνότητα του κυματισμού τόσο πιο μικρό το μήκος κύματος και επομένως η περίοδος του. Όσο λοιπόν αυξάνεται η πρόσω ταχύτητα της πλατφόρμας έναντι στον προσπίπτοντα κυματισμό, τόσο πιο απρόβλεπτη γίνεται η ανύψωση της επιφάνειας ανάμεσα σε δύο περιόδους ενός κυματισμού.

Σε ορισμένους συνδυασμούς συχνότητας, ύψους κύματος και ταχύτητας είτε η επιφάνεια του νερού προσέκρουε στο κάτω μέρος της πλατφόρμας είτε είχαμε πλήρη βύθιση του απομονωμένου στελέχους με αποτέλεσμα οι μετρήσεις να χαρακτηρίζονται ως επισφαλείς.

Από τα διαγράμματα της τυπικής απόκλισης, οδηγούμαστε στο γενικό συμπέρασμα πως η αύξηση της συχνότητας του κυματισμού οδηγεί και στην αύξηση της τυπικής απόκλισης των μετρήσεων. Ακόμη, όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα κίνησης της πλατφόρμας ή του στελέχους τόσο μεγαλύτερη εμφανίζεται να είναι και η τυπική απόκλιση των μετρήσεων.

Στην αζιμουθιακή γωνία $\theta=90^\circ$ μπορούμε να διακρίνουμε πως στην πρόσω ταχύτητα οι τιμές της τυπικής απόκλισης είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τις υπόλοιπες γωνίες, ενώ το αντίθετο συμβαίνει στην όπισθεν ταχύτητα κίνησης.

Κατά τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, παρατηρήθηκε έντονη περιστροφή και ανύψωση της ελεύθερης επιφάνειας του νερού σε γωνία $\theta=180^\circ$ από τη γωνία πρόσπτωσης του κυματισμού σε πρόσω ταχύτητα του φορείου. Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και στα διαγράμματα των χρονικών ιστοριών, όπου φαίνεται ότι οι τιμές της ανύψωσης της ελεύθερης επιφάνειας είναι αυξημένες σε σχέση με τις υπόλοιπες γωνίες για τα FR180. Αντίθετα, σε γωνία $\theta=90^\circ$ παρατηρείται η μεγαλύτερη υποχώρηση της επιφάνειας του νερού.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ

Στον πίνακα που ακολουθεί αναφέρονται οι καταστάσεις που εξετάστηκαν και οι παρατηρήσεις που καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων. Όπως παρατηρείται, ορισμένες μετρήσεις δεν λήφθηκαν καν υπόψη εξαιτίας της κακής ποιότητας του κυματισμού, ενώ άλλες προτιμήθηκε να μην αναλυθούν καθώς οι μετρήσεις δεν οδηγούσαν σε ασφαλή συμπεράσματα.

Πλατφόρμα				
T (cm)	Wave (cm)	f (Hz)	V (m/s)	Παρατηρήσεις
15	4	0,3	0	
15	4	0,4	0	
15	4	0,5	0	
15	4	0,6	0	
15	4	0,7	0	
15	4	0,8	0	
15	4	0,9	0	
15	4	1,0	0	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός)
15	6	0,5	0	
15	6	0,6	0	
15	6	0,7	0	
15	6	0,8	0	
15	6	0,9	0	
15	6	1,0	0	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός)
15	7	0,6	0	
15	7	0,7	0	
15	7	0,8	0	
15	7	0,9	0	
15	7	1,0	0	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός)
15	8	0,7	0	
15	8	0,8	0	
15	8	0,9	0	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός)
15	8	1,0	0	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός)
15	4	0,3	0,1	Ξεκινούσε η κίνηση του φορείου και η μέτρηση αναμένοντας τον πρώτο κυματισμό (1)
15	4	0,3	0,3	Η μέτρηση ξεκινούσε εν μέσω κυματισμών (2)
15	4	0,3	0,5	(1)
15	4	0,3	-0,5	(2)
15	4	0,4	0,1	(1)

T (cm)	Wave (cm)	f (Hz)	v (m/s)	Παρατηρήσεις
15	4	0,4	0,3	(2)
15	4	0,4	0,5	(1)
15	4	0,4	-0,5	(2)
15	4	0,5	0,1	(2)
15	4	0,5	0,3	(2)
15	4	0,5	0,5	(2)
15	4	0,5	-0,5	(2)
15	4	0,6	0,1	(1)
15	4	0,6	0,3	(2)
15	4	0,6	0,5	(1)
15	4	0,6	-0,5	(2)
15	4	0,7	0,1	(1)
15	4	0,7	0,3	(2)
15	4	0,7	0,5	(2)
15	4	0,7	-0,5	(2)
15	4	0,8	0,1	(2)
15	4	0,8	0,3	(2)
15	4	0,8	0,5	(2)
15	4	0,8	-0,5	(2)
15	4	0,9	0,1	(2)
15	4	0,9	0,3	(2)
15	4	0,9	0,5	(2) / Τα picks εμφανίζονται διότι στην αρχή τα κύματα προσέκρουαν στο στην κάτω πλευρά της πλατφόρμας
15	4	0,9	-0,5	(2)
15	4	1,0	0,1	(2) / Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός)
15	4	1,0	0,3	(2) / Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός)
15	4	1,0	0,5	(2)
15	4	1,0	-0,5	(2)
15	6	0,5	0,1	(2)
15	6	0,5	0,3	(2)
15	6	0,5	0,5	(2)
15	6	0,5	-0,5	(2)
15	6	0,6	0,1	(2)
15	6	0,6	0,3	(2)
15	6	0,6	0,5	(2)
15	6	0,6	-0,5	(2)
15	6	0,7	0,1	(2)
15	6	0,7	0,3	(2)
15	6	0,7	0,5	(2)
15	6	0,7	-0,5	(2)
15	6	0,8	0,1	(2) / Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός)

T (cm)	Wave (cm)	f (Hz)	V (m/s)	Παρατηρήσεις
15	6	0,8	0,3	(2) / Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός)
15	6	0,8	0,5	(2) / Βιντεοσκόπηση
15	6	0,8	-0,5	(2) / Βιντεοσκόπηση
15	6	0,9	0,1	Κακής ποιότητας κυματισμός (μη αρμονικός)
15	6	0,9	0,3	Κακής ποιότητας κυματισμός (μη αρμονικός)
15	6	0,9	0,5	Κακής ποιότητας κυματισμός (μη αρμονικός)
15	6	0,9	-0,5	Κακής ποιότητας κυματισμός (μη αρμονικός)
15	7	0,6	0,1	(2) / Βιντεοσκόπηση
15	7	0,6	0,3	(2) / Βιντεοσκόπηση
15	7	0,6	0,5	(2)
15	7	0,6	-0,5	(2)
15	7	0,7	0,1	(2)
15	7	0,7	0,3	(2)
15	7	0,7	0,5	(2)
15	7	0,7	-0,5	(2)
15	7	0,8	0,1	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός)
15	7	0,8	0,3	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός)
15	7	0,8	0,5	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός)
15	7	0,8	-0,5	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού)
15	8	0,7	0,1	(2) / Βιντεοσκόπηση
15	8	0,7	0,3	(2) / Βιντεοσκόπηση
15	8	0,7	0,5	(2) / Βιντεοσκόπηση
15	8	0,7	-0,5	(2) / Βιντεοσκόπηση
15	8	0,8	0,1	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός) / (βιντεοσκόπηση)
15	8	0,8	0,3	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός)
15	8	0,8	0,5	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός)
15	8	0,8	-0,5	Δεν Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός)

Σύνθετος κύλινδρος

T (cm)	Wave (cm)	f (Hz)	V (m/s)	Παρατηρήσεις
15	4	0,3	0	
15	4	0,4	0	
15	4	0,5	0	
15	4	0,6	0	
15	4	0,7	0	
15	4	0,8	0	
15	4	0,9	0	
15	6	0,5	0	
15	6	0,6	0	
15	6	0,7	0	
15	6	0,8	0	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός) και ο κυματισμός ξεπερνούσε ενίοτε το ολικό μήκος του στελέχους
15	6	0,9	0	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός)
15	7	0,6	0	
15	7	0,7	0	
15	7	0,8	0	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός) και ο κυματισμός ξεπερνούσε ενίοτε το ολικό μήκος του στελέχους
15	7	0,9	0	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός)
15	8	0,7	0	
15	8	0,8	0	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός)
15	4	0,3	0,1	
15	4	0,3	0,3	
15	4	0,4	0,3	
15	4	0,5	0,1	Βιντεοσκόπηση
15	4	0,5	0,3	Βιντεοσκόπηση
15	4	0,6	0,1	
15	4	0,6	0,3	
15	4	0,7	0,1	
15	4	0,7	0,3	
15	4	0,8	0,1	
15	4	0,8	0,3	
15	4	0,9	0,1	
15	4	0,9	0,3	
15	4	1,0	0,1	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός) και ο κυματισμός ξεπερνούσε ενίοτε το ολικό μήκος του στελέχους

T (cm)	Wave (cm)	f (Hz)	V (m/s)	Παρατηρήσεις
15	4	1,0	0,3	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός) και ο κυματισμός ξεπερνούσε ενίοτε το ολικό μήκος του στελέχους
15	6	0,5	0,1	
15	6	0,5	0,3	
15	6	0,6	0,1	
15	6	0,6	0,3	
15	6	0,7	0,1	
15	6	0,7	0,3	
15	6	0,8	0,1	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός) και ο κυματισμός ξεπερνούσε ενίοτε το ολικό μήκος του στελέχους
15	6	0,8	0,3	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός) και ο κυματισμός ξεπερνούσε ενίοτε το ολικό μήκος του στελέχους
15	6	0,9	0,1	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός) και ο κυματισμός ξεπερνούσε ενίοτε το ολικό μήκος του στελέχους
15	6	0,9	0,3	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός) και ο κυματισμός ξεπερνούσε ενίοτε το ολικό μήκος του στελέχους
15	7	0,6	0,1	
15	7	0,6	0,3	
15	7	0,7	0,1	
15	7	0,7	0,3	
15	7	0,8	0,1	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός) και ο κυματισμός ξεπερνούσε ενίοτε το ολικό μήκος του στελέχους
15	7	0,8	0,3	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός) και ο κυματισμός ξεπερνούσε ενίοτε το ολικό μήκος του στελέχους
15	8	0,7	0,1	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός) και ο κυματισμός ξεπερνούσε ενίοτε το ολικό μήκος του στελέχους
15	8	0,7	0,3	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός) και ο κυματισμός ξεπερνούσε ενίοτε το ολικό μήκος του στελέχους
15	8	0,8	0,1	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός) και ο κυματισμός ξεπερνούσε ενίοτε το ολικό μήκος του στελέχους
15	8	0,8	0,3	Δεν πραγματοποιήθηκε η μέτρηση λόγω κακής ποιότητας κυματισμού (μη αρμονικός) και ο κυματισμός ξεπερνούσε ενίοτε το ολικό μήκος του στελέχους

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- *“Υδροδυναμική και Δυναμική Θαλασσίων Συστημάτων”*
Θ.Α. Λουκάκης, Γ. Αθανασούλης, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα 1997
- *“Υδροδυναμική Πλοίου, Αντίσταση-Πρόωση (Σημειώσεις)”*
Θ.Α. Λουκάκης, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα 2001
- *“Αγκυρώσεις πλωτών κατασκευών”*
Σ.Α. Μαυράκου, Ι.Κ. Χατζηγεωργίου, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα 2005
- Ιστοσελίδα : <http://www.globalsecurity.org/military/systems/ship/platform-tension-leg.htm>