

Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ

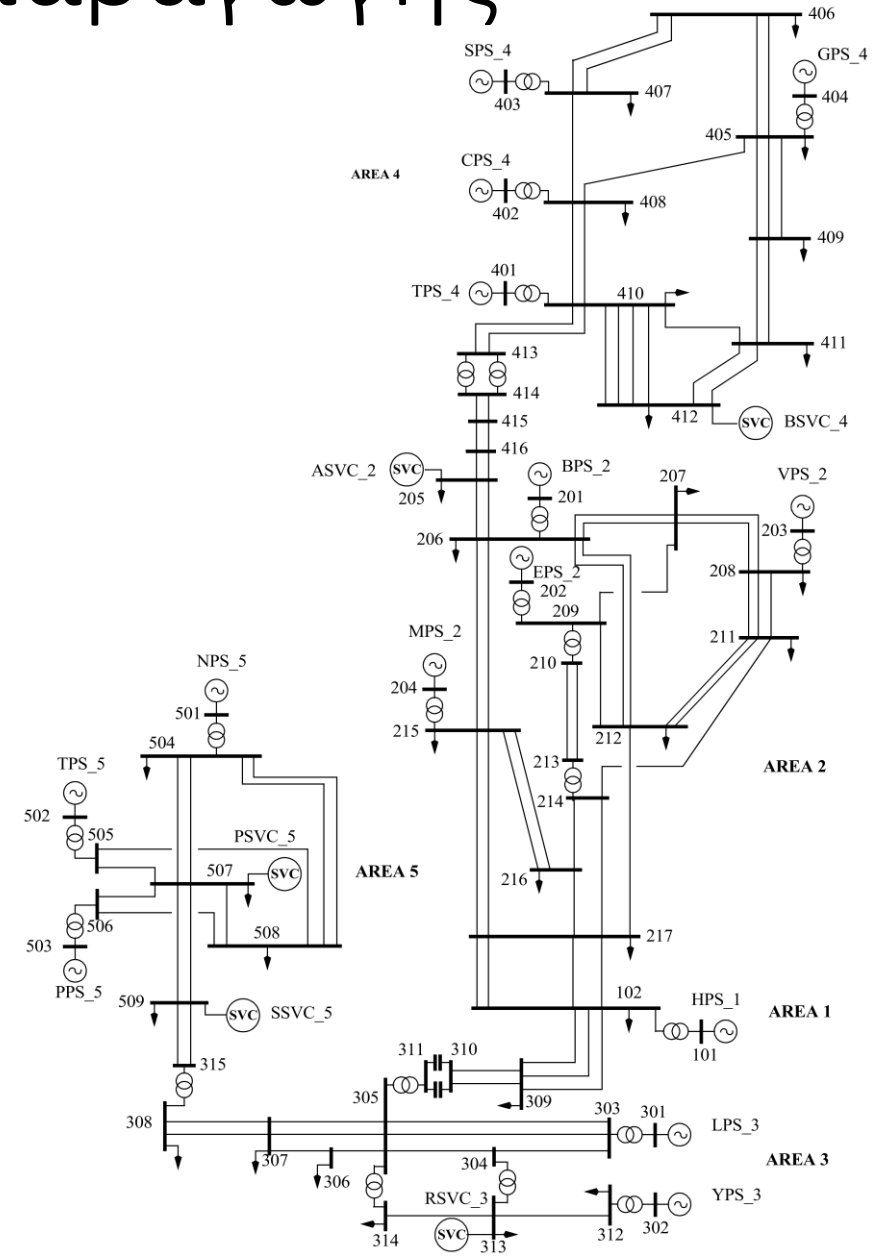
Σχεδίαση PSS σε ΣΗΕ με πολλές γεννήτριες

ΣΗΕ με πολλές γεννήτριες

- Τα βήματα που ακολουθούνται για το σχεδιασμό των PSS σε ΣΗΕ με πολλές γεννήτριες είναι:
 - Ανάλυση ιδιοτιμών του συστήματος χωρίς τη χρήση PSS
 - Ανάλυση Mode Shapes και Participation Factors
 - Σχεδιασμός PSS σύμφωνα με την P-Vr μέθοδο
- Σε ένα ΣΗΕ, όταν ένας νέος σταθμός παραγωγής προστίθεται, μόνο ο δικός του PSS πρέπει να σχεδιαστεί κατάλληλα σύμφωνα με κάποια κριτήρια απόσβεσης και απόδοσης για ένα εύρος καταστάσεων λειτουργίας (οι υπόλοιπες γεννήτριες έχουν ήδη PSS)
- Ωστόσο, εδώ θα δούμε ένα παράδειγμα όπου όλοι οι PSS σχεδιάζονται και ενσωματώνονται την ίδια στιγμή

Σύστημα με 14 σταθμούς παραγωγής

- Το σύστημα χωρίζεται σε 5 περιοχές (areas), από τις οποίες οι 1 και 2 είναι πιο κοντά συνδεδεμένες (ηλεκτρικά).
- Χωρίς τη χρήση PSS πολλές από τις καταστάσεις λειτουργίας είναι ασταθείς
- Για τον σχεδιασμό των PSS, λαμβάνεται υπόψη ένας μικρός αριθμός από περιπτώσεις λειτουργίας, αρκετά διαφορετικές



6 διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
<u>Load Condition</u>	Heavy	Medium-heavy	Peak	Light	Medium	Light
Total generation (MW)	23030	21590	25430	15050	19060	14840
Total load (MW)	22300	21000	24800	14810	18600	14630
<u>Inter-area flows</u>	(North to south)	(South to north)	(Area 1 to N & S)	(Area 2 to N & S)	(N & S to Area 1)	(~Zero transfers)
Area 4 to Area 2 (MW)	500	500	-500	-200	300	0
Area 2 to Area 1 (MW)	1134	1120	-1525	470	740	270
Area 1 to Area 3 (MW)	1000	1000	1000	200	-200	0
Area 3 to Area 5 (MW)	500	500	250	200	250	0

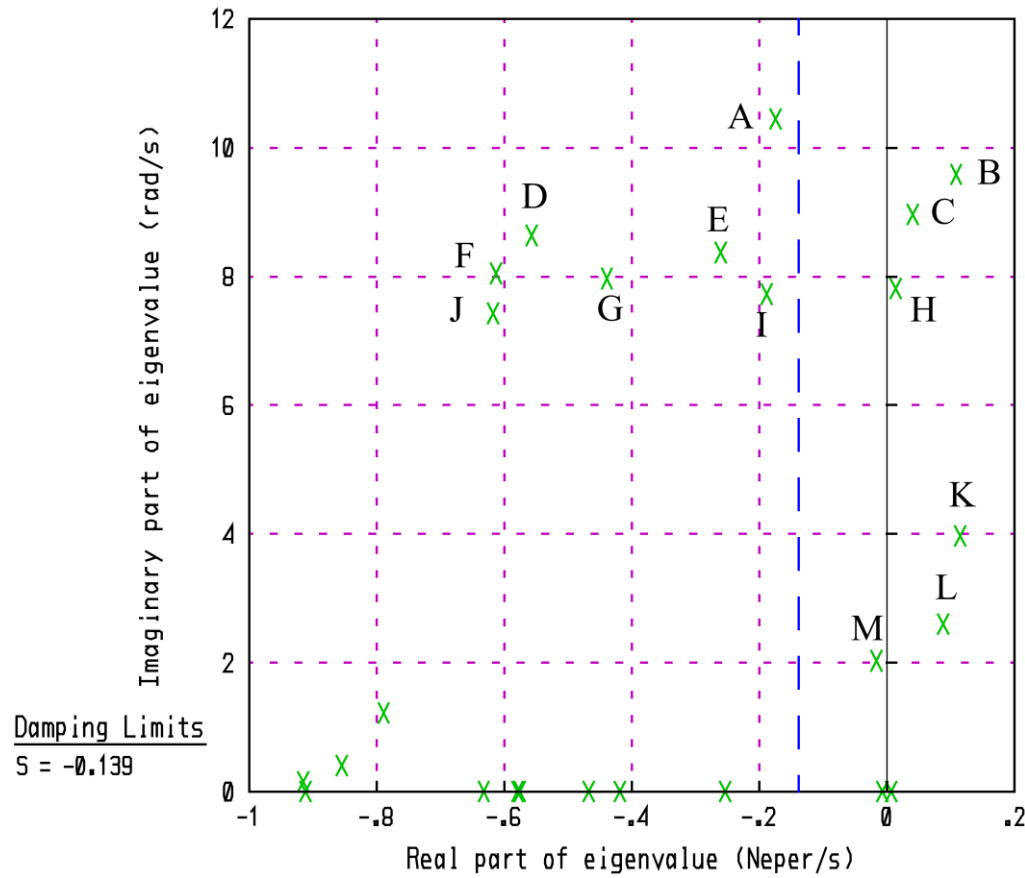
Κριτήριο δυναμικής απόδοσης

Το κριτήριο δυναμικής απόδοσης προϋποθέτει ότι:

- όλες οι καταστάσεις λειτουργίας πρέπει να είναι ευσταθείς
- για όλες τις περιπτώσεις λειτουργίας, η απόσβεση των ηλεκτρομηχανικών καταστάσεων λειτουργίας θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε ο χρόνος που χρειάζεται η κατάσταση λειτουργίας για να φτάσει το μισό της αρχικής της τιμής να είναι κάτω από 5sec. Αυτό σημαίνει ότι το πραγματικό μέρος των ηλεκτρομηχανικών καταστάσεων λειτουργίας πρέπει να είναι μικρότερο από $\sigma = -0.136$ γιατί $e^{\sigma 5} = 0.5$.

Ανάλυση ιδιοτιμών του συστήματος χωρίς PSS

- Ανάλυση ιδιοτιμών για Case 1. Επειδή υπάρχουν $N_g = 14$ γεννήτριες σε λειτουργία, τότε υπάρχουν $N_g - 1 = 13$ καταστάσεις λειτουργίας ρότορα που περιγράφουν τις επιδράσεις μεταξύ των γεννητριών.

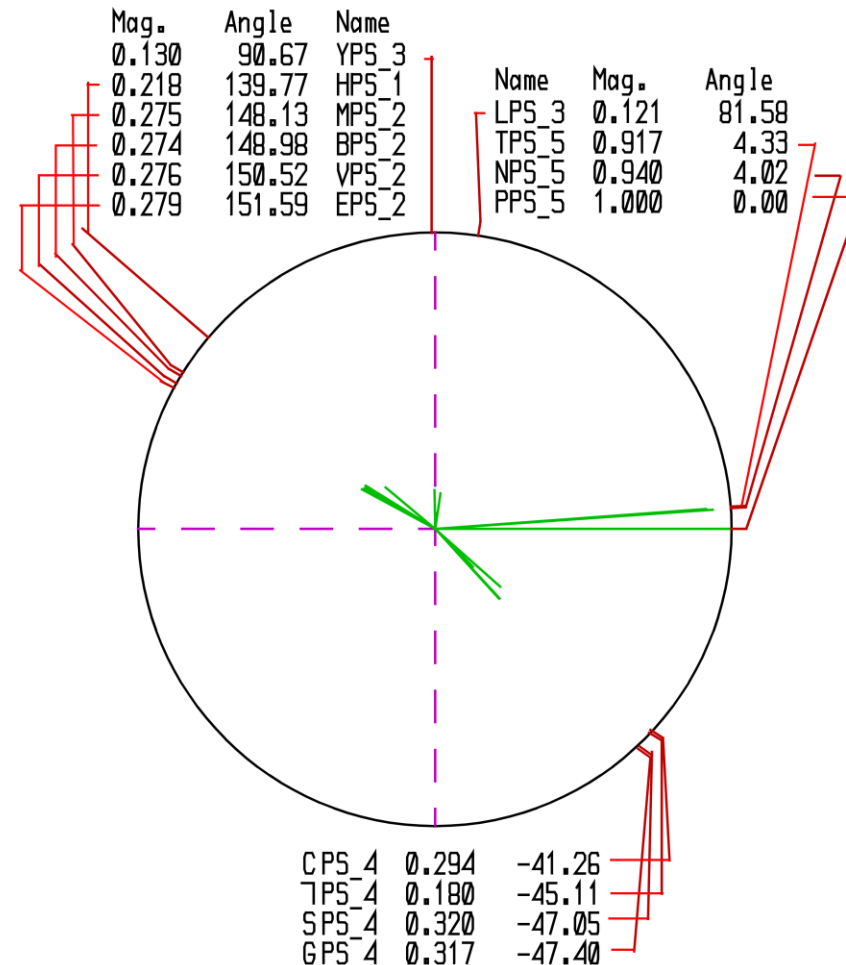
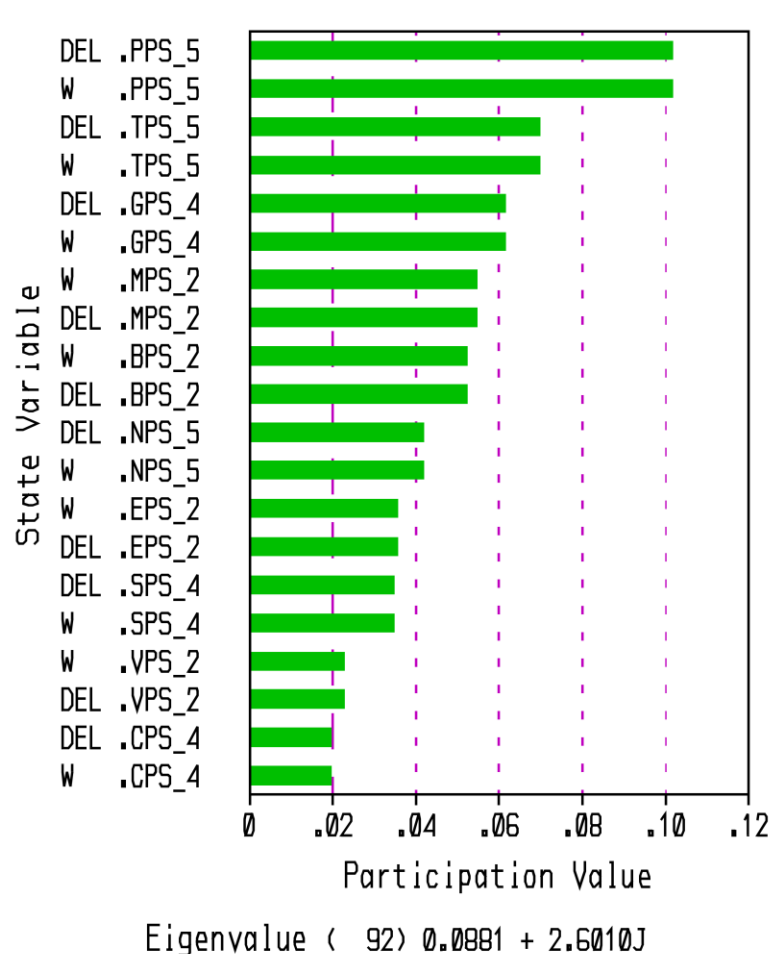


- Υπάρχουν 5 ασταθείς καταστάσεις λειτουργίας, μια ευσταθής που δεν ικανοποιεί το κριτήριο δυναμικής απόδοσης και 7 ασθενώς αποσβεννύμενες με λόγο απόσβεσης μικρότερο από 0.1

Εφαρμογή ανάλυσης Participation Factor και Mode Shape για Case 1

- Έστω η ασταθής ταλαντωτική κατάσταση λειτουργίας $0.088+j2.6$ (Mode L)

- W → ταχύτητα ρότορα
- DEL → γωνία ρότορα



Εφαρμογή ανάλυσης Participation Factor και Mode Shape για Case 1

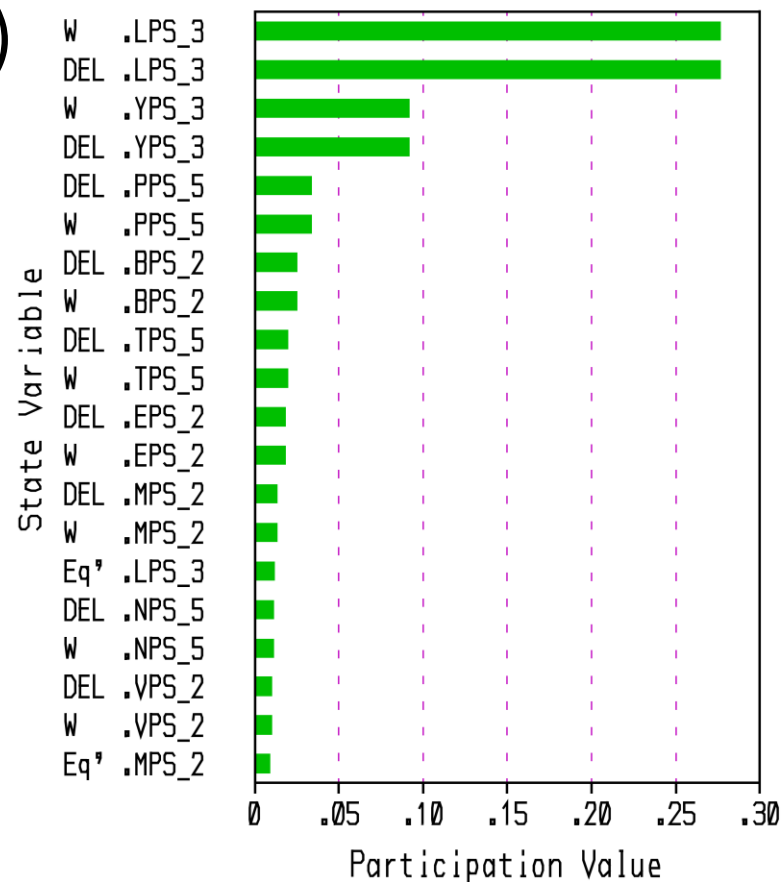
- Η Participating Factor (PF) Analysis δείχνει ότι ένας αριθμός από γεννήτριες έχει καταστάσεις με ισχυρότερη επίδραση στο Mode L
- Η Mode Shape (MS) Analysis δείχνει ότι οι γεννήτριες στις περιοχές 5 και 4 ταλαντώνονται αντίθετα από αυτές στις περιοχές 1 και 2. Οι παράγοντες συμμετοχής των γεννητριών στην περιοχή 3 είναι μικροί.

Ωστόσο, παρατηρείται ότι:

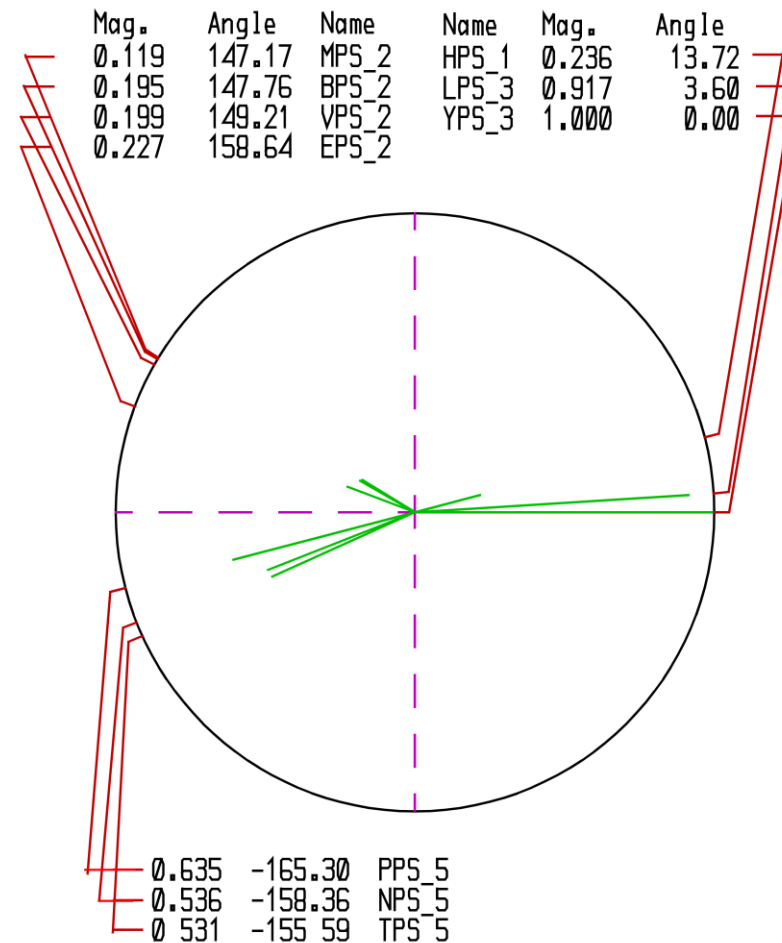
- Παρότι το πλάτος του MS φάσρα της γεννήτριας NPS_5 είναι το δεύτερο μεγαλύτερο, το PF της κατάστασης ταχύτητας του είναι το δωδέκατο μεγαλύτερο.
- Το μήκος των MS φασόρων κάποιων γεννητριών είναι μικρότερο γιατί οι αδράνειες τους είναι σημαντικά μεγαλύτερες
- Οι PF για το Mode L είναι σχεδόν πραγματικοί (πχ. PF είναι $0.101+j0.013$ για την ταχύτητα και τη γωνία ρότορα των καταστάσεων του PPS_5).

Εφαρμογή ανάλυσης Participation Factor και Mode Shape για Case 1

- Έστω η ασταθής ταλαντωτική κατάσταση λειτουργίας $0.115 + j3.97$ (Mode K)

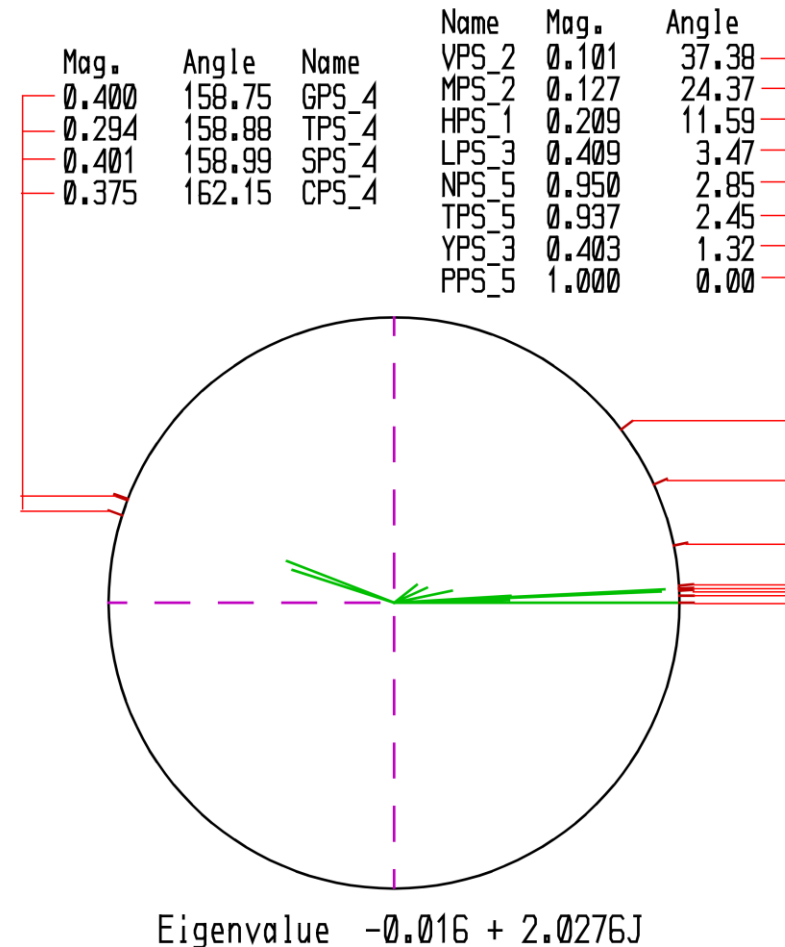
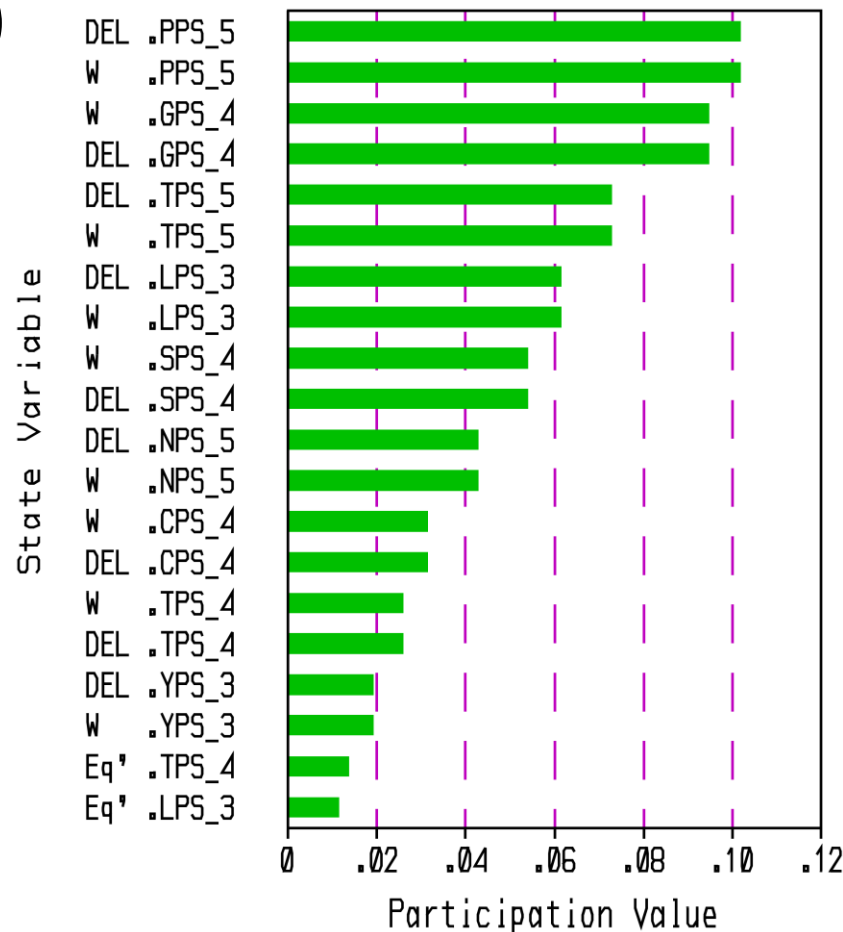


Eigenvalue (85) $0.1148 + 3.9699j$



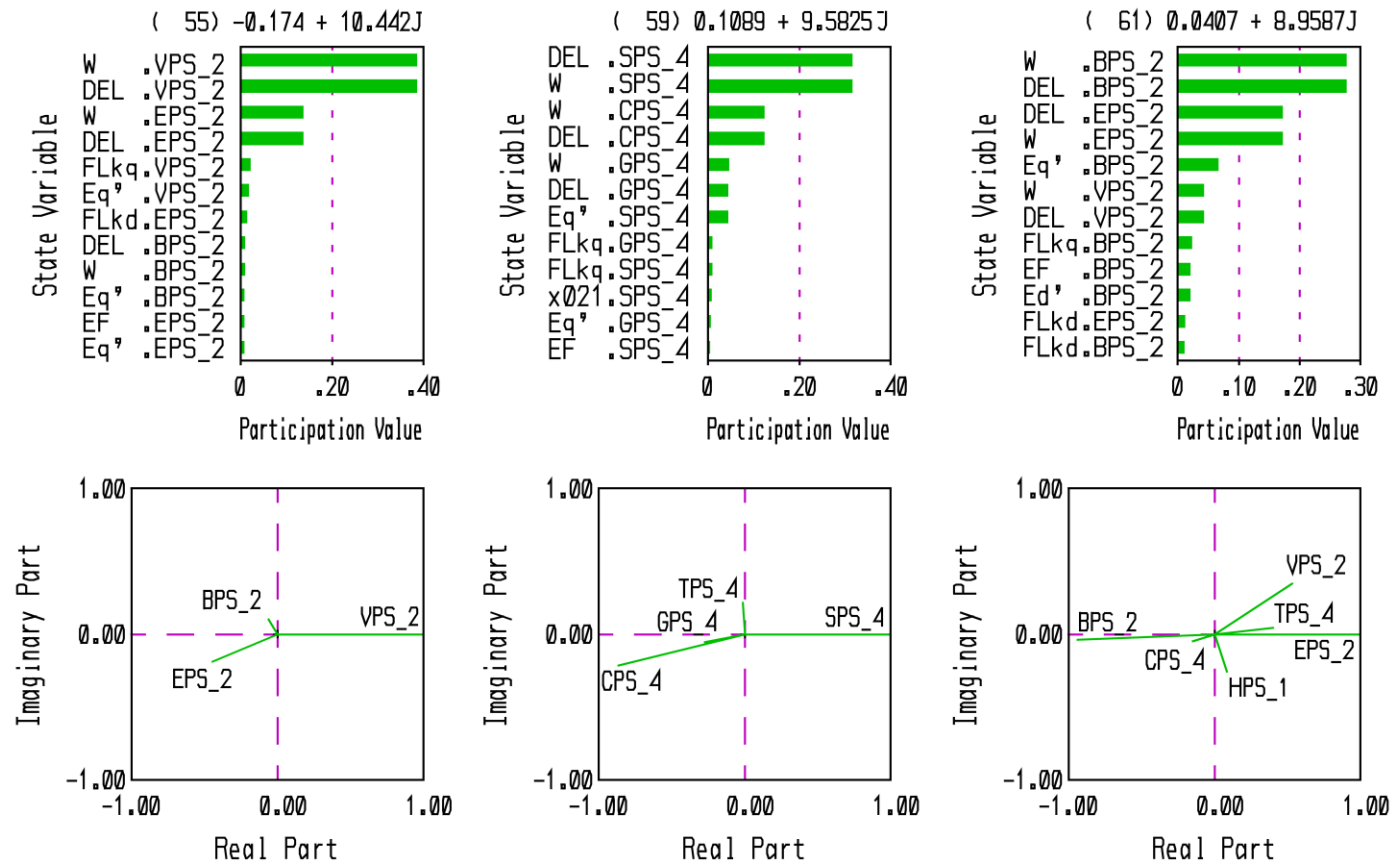
Εφαρμογή ανάλυσης Participation Factor και Mode Shape για Case 1

- Έστω η ευσταθής ταλαντωτική κατάσταση λειτουργίας $-0.016+j2.03$ (Mode M)



Εφαρμογή ανάλυσης Participation Factor και Mode Shape για Case 1

- Οι υπόλοιπες ασθενώς αποσβεννύμενες ή ασταθείς καταστάσεις λειτουργίας με συχνότητες μεταξύ $7 - 11 \text{ rad/s}$ (Mode A, B, C)



- Στο mode $-0.17+j10.4$, το VPS_2 ταλαντώνεται αντίθετα από το EPS_2
- Στο ασταθές mode $0.11+j9.58$, το SPS_4 ταλαντώνεται αντίθετα από το CPS_4 και το GPS_4
- Στο ασταθές mode $0.04+j8.96$, το BPS_4 ταλαντώνεται αντίθετα από τα EPS_2, VPS_2 και TPS_4

Εφαρμογή ανάλυσης Participation Factor και Mode Shape για Case 1

- Η συμπεριφορά των 13 ηλεκτρομηχανικών καταστάσεων λειτουργίας στο ΣΗΕ με 14 γεννήτριες συνοψίζεται ως:

Mode				Mode Behaviour	Mode Type
No.	Real	Imag	ξ		
A	-0.17	10.44	0.02	VPS_2<-->EPS_2, BPS_2	Local Area
B	0.11	9.58	-0.01	SPS_4<-->CPS_4, GPS_4	“
C	0.04	8.96	-0.01	EPS_2, VPS_2<-->BPS_2	“
D	-0.56	8.63	0.06	NPS_5<-->TPS_5	“
E	-0.26	8.37	0.03	CPS_4, SPS_4<-->GPS_4, TPS_4,	“
F	-0.61	8.05	0.08	HPS_1, MPS_2<-->EPS_2, VPS_2, LPS_3	“
G	-0.44	7.96	0.06	MPS_2, HPS_1<-->EPS_2, BPS_2, VPS_2	“
H	0.01	7.81	-0.00	TPS_4<-->GPS_4, SPS_4, MPS_2	“
I	-0.19	7.72	0.02	YPS_3, MPS_2<-->LPS_3, EPS_2	“
J	-0.62	7.43	0.08	PPS_5<-->TPS_5, NPS_5	Local Area
K	0.12	3.97	-0.03	Area 3 <--> Area 5, Area 2	Inter-area
L	0.09	2.60	-0.03	Area 5, Area 4 <--> Area 2	“
M	-0.02	2.03	0.01	Area 5, Area 3 <--> Area 4	Inter-area

<--> means ‘... swings against ...’. ξ - damping ratio.
 In ‘Mode Behaviour’, generators or areas are listed in descending order of their participation factors.

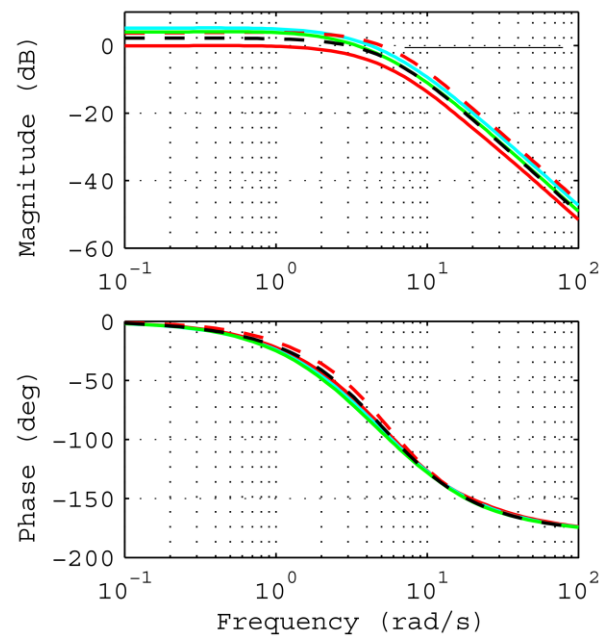
Εφαρμογή ανάλυσης Participation Factor και Mode Shape για Cases 3 και 4

Mode No.	Case 3. Peak load			Case 4. Light load		
	Real	Imag	ξ	Real	Imag	ξ
A	-0.38	11.11	0.03	0.20	10.48	-0.02
B	0.10	9.56	-0.01	0.03	9.67	-0.00
C	-0.30	9.02	0.03	-0.17	9.37	0.02
D	-0.58	8.66	0.07	-0.51	8.52	0.06
E	-0.18	8.48	0.02	-0.18	8.78	0.02
F	-0.13	6.31	0.02	-1.54	8.28	0.18
G	-0.14	8.26	0.02	-0.56	8.58	0.07
H	-0.19	7.91	0.02	-0.43	8.21	0.05
I	-0.08	7.38	0.01	-0.21	8.28	0.03
J	-0.58	7.62	0.07	-0.19	7.20	0.03
K	0.01	4.08	-0.00	0.17	4.74	-0.03
L	0.02	2.67	-0.01	0.02	3.57	-0.01
M	-0.03	2.05	0.01	-0.01	2.68	0.00

ξ is the damping ratio

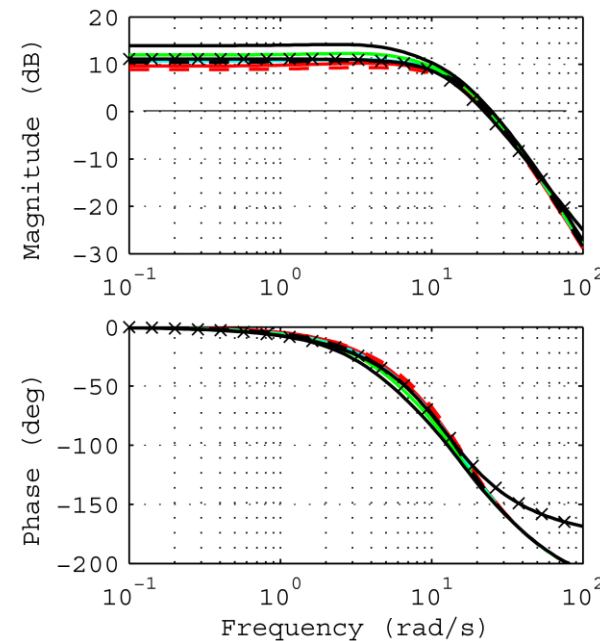
P-Vr χαρακτηριστικές

- Χρησιμοποιώντας κατάλληλο λογισμικό πακέτο για ανάλυση δυναμικής συμπεριφοράς μοντέλων μικρού σήματος για ΣΗΕ, στην περιοχή συχνοτήτων **1 – 15 rad/s**, υπολογίζονται οι P-Vr χαρακτηριστικές των γεννητριών.



— Case 1 — Case 2 - - Case 3
— Case 5 - - Synthesized PVr

Figure 10.8 P-Vr Xstics, HPS_1



— Case 1 — Case 2 - - Case 3
— Case 4 - - Case 5 — Case 6
—x—x Synthesized PVr

Figure 10.9 P-Vr Xstics, BPS_2

ομοίως για τις
υπόλοιπες
γεννήτριες...

P-Vr χαρακτηριστικές

Generation	$PVR(s)$
HPS_1	$PVR(s) = 1.3 / (1 + s0.373 + s^2 0.0385)$
BPS_2	$PVR(s) = 3.6 / (1 + s0.128 + s^2 0.0064)$
EPS_2	$PVR(s) = 4.3 / [(1 + s0.286)(1 + s0.111)(1 + s0.040)]$
MPS_2	$PVR(s) = 3.0 / [(1 + s0.01)(1 + s0.1 + s^2 0.0051)]$
VPS_2	$PVR(s) = 3.5 / [(1 + s0.0292)(1 + s0.0708)]$
LPS_3	$PVR(s) = 1.6 / (1 + s0.168 + s^2 0.0118)$
YPS_3	$PVR(s) = 3.35 / [(1 + s0.05)(1 + s0.509 + s^2 0.132)]$
CPS_4	$PVR(s) = 4.25 / [(1 + s0.278)(1 + s0.100)]$
GPS_4	$PVR(s) = 3.3 / (1 + s0.115 + s^2 0.00592)$
SPS_4	$PVR(s) = 3.16 / (1 + s0.0909 + s^2 0.00207)$
TPS_4	$PVR(s) = 2.8 / [(1 + s0.208)(1 + s0.208)]$
NPS_5	$PVR(s) = 5.13(1 + s0.3) / [(1 + s0.033)^2(1 + s0.3 + s^2 0.111)]$
TPS_5	$PVR(s) = 3.4 / [(1 + s0.500)(1 + s0.0588)(1 + s0.0167)]$
PPS_5	$PVR(s) = \frac{5.62(1 + s0.350)(1 + s0.0667)}{(1 + s0.02)(1 + s0.167)(1 + s0.187)(1 + s0.2)}$

ακολουθεί
 σχεδιασμός PSS
 με βάση τις
 προδιαγραφές...