

Project : "Ανάλυση Ελέγχου και Ευστάθειας της Συχνότητας και της Τάσης Μικροδικτύου Πλωτού Μέσου με χρήση Βιο-εμπνευσμένου Αλγορίθμου Βελτιστοποίησης"

Εισαγωγή και Σκοπός: Το σύστημα υπό μελέτη, αφορά ένα σύγχρονο υβριδικό σύστημα μικροδικτύου πλοίου (hybrid Ship Microgrid - hSMG) το οποίο περιλαμβάνει:

- α) συμβατική πηγή ηλεκτροπαραγωγής (ντιζελογεννήτρια),
- β) πηγή ηλεκτροπαραγωγής από κυψέλη καυσίμου,
- γ) ηλεκτροπαραγωγή από ανανεώσιμες πηγές (ηλιακή και κυματική),
- δ) συστήματα αποθήκευσης ενέργειας (energy storage systems – ESS όπως συσσωρευτές και σφόνδυλο),
- ε) ελεγκτή φορτίου-συχνότητας (Load Frequency Controller - LFC),
- στ) ελεγκτή για τη ρύθμιση της τάσης του κύριου ζυγού (Automatic Voltage Regulator - AVR).

Στο **Σχ.1** φαίνεται η συνολική δομή του συστήματος, ενώ στο **Σχ. 2** παρουσιάζεται αναλυτικά η δομή του AVR.

Συνεπώς, το μοντέλο υπολογιστή προσομοιώνει τη δυναμική συμπεριφορά ενός τέτοιου συστήματος, όταν αλλάζει το φορτίο, και μελετά την επίδραση του LFC στην συχνότητα και του AVR στην τάση του συστήματος καθώς και τη συμβολή των ESS στη σταθεροποίηση της ισχύος.

Οι φοιτητές θα βελτιστοποιήσουν τις παραμέτρους των 2 ελεγκτών του μοντέλου (τοπολογίας PIDF και 2DOFPID για το κάθε υποσύστημα, όπως στο **Σχ. 3**) ώστε να βελτιστοποιηθεί η συνολική συμπεριφορά του μικροδικτύου. Ως μέθοδος βελτιστοποίησης θα χρησιμοποιηθεί κάποιος συγκεκριμένος βιο-εμπνευσμένος αλγόριθμος (βλ. **Πίνακα 1**). Θα γίνουν διερευνήσεις με βάση (τέσσερις) διαφορετικές αντικειμενικές συναρτήσεις και θα εξαχθούν αντίστοιχα αποτελέσματα και συμπεράσματα.

Διαδικασία:

1. Δημιουργήστε έναν φάκελο εργασίας (project folder) με όνομα φακέλου το επώνυμό σας στα λατινικά ακολουθούμενο από τον αριθμό μητρώου σας (π.χ. **karnavas_56475**).
2. Κατεβάστε από το e-class (περιοχή **Έγγραφα**) το πρότυπο (template) του αρχείου παρουσίασης της εργασίας σας με όνομα **"ΕΕΣΗΕ_Template.ppt"** και τοποθετήστε το στον φάκελο εργασίας.
3. Στην ίδια περιοχή (περιοχή **Έγγραφα**), θα δείτε ότι υπάρχουν κάποια συμπιεσμένα (**.zip**) αρχεία με γενική μορφή **AAA.zip** (π.χ. αντί για AAA μπορεί να είναι «GWO», ή «EOA», ή «HHO» κλπ).
4. Βρείτε στον **Πίνακα 1** τον αριθμό μητρώου σας και κατεβάστε **μόνο** το συμπιεσμένο (**.zip**) αρχείο που έχει ίδιο όνομα με αυτό στη στήλη **«Algorithm»** που αντιστοιχεί στον αριθμό μητρώου (π.χ. το **AM 58375** θα «κατεβάσει» το αρχείο **PUM.zip**).
5. Σημείωση: Από το σημείο αυτό και έπειτα όποτε θα βλέπετε την τριάδα γραμμάτων **«AAA»** θα την αντικαθιστάτε με τη σωστή τριάδα/όνομα αλγορίθμου.
6. Αποσυμπίεστε το αρχείο στον φάκελο εργασίας. Θα πρέπει να δείτε κάποια matlab scripts (**.m**) καθώς και ένα μοντέλο Simulink (**.slx**).
7. Φορτώστε το **SMG_LFC_AVR.slx** στο Simulink και "περιεργαστείτε" το. Παρατηρείστε τις ομοιότητες με τα διαγράμματα βαθμίδων των **Σχ. 1** και **Σχ. 2**. Παρατηρείστε/ελέγξτε επίσης ότι υπάρχει ένας ελεγκτής "ενεργός" (με πράσινο περίγραμμα) τύπου PIDF (καθώς και ακόμη ένας όμοιος του μέσα στο block AVR), ενώ δίπλα σε αυτούς υπάρχει ένα "ανενεργό" block που αφορά την άλλη τοπολογία που θα χρησιμοποιηθεί (2DOFPIDF).
8. Φορτώστε το **AAA_Main.m** στον editor του Matlab. Οι γραμμές 7, 8, 9 θα πρέπει να μην έχουν μπροστά το σύμβολο του σχολίου "%" ενώ οι γραμμές 13, 14, 15 πρέπει να το έχουν.
9. Στις γραμμές 19, 20, 21 αφήστε προς το παρόν τις τιμές που υπάρχουν ήδη.
10. Φορτώστε το **System_Init.m** στον editor του Matlab. Θέστε στην γραμμή 1, την τιμή για το **Td1** (time delay) που υπάρχει στη στήλη **«Td1»** του **Πίνακα 1**. Κλείστε το αρχείο από τον editor.
11. Φορτώστε το **ObjF.m** στον editor του Matlab. Οι γραμμές 3, 4, 5, 6, 7 θα πρέπει να μην έχουν μπροστά το σύμβολο του σχολίου "%" ενώ οι γραμμές 9, 10, 11, 12, 13, 14 πρέπει να το έχουν.

12. Στο ίδιο script, η γραμμή 33 πρέπει να μην έχει μπροστά το σύμβολο του σχολίου "%" ενώ οι γραμμές 34, 35 πρέπει να το έχουν. Κλείστε το αρχείο από τον editor.
13. Γυρίστε στο **AAA_Main.m** στον editor του Matlab. Με την προϋπόθεση ότι ελέγξατε τα βήματα 9-13, πατήστε το [Run] (ή εναλλακτικά πατήστε το F5 στο πληκτρολόγιο). Θα παρατηρήσετε ότι ξεκινούν προσομοιώσεις και στο «Command Window» παρουσιάζονται πληροφορίες που αφορούν την εξέλιξή τους.
14. Όταν ολοκληρωθούν, παρατηρείστε και κατανοήστε τα ακόλουθα: Σύμφωνα με τις τιμές που αφήσατε στο βήμα 10, έγιναν 2 ανεξάρτητες δοκιμές (runs), όπου στην κάθε μία έλαβαν χώρα 10 επαναλήψεις (με πληθυσμό 5). Σε κάθε επανάληψη, εμφανιζόταν η καλύτερη (μέχρι τότε) τιμή αντικειμενικής συνάρτησης. Στο τέλος (του κάθε run) είχαμε μια σύνοψη αποτελεσμάτων.
15. Στον φάκελο εργασίας, θα πρέπει να έχουν δημιουργηθεί 2 αρχεία αποτελεσμάτων (**.mat**) αύξουσα αρίθμηση (π.χ. AAA-results01.mat, AAA-results02.mat). Προσοχή! Εάν εκτελέσουμε ξανά τη διαδικασία, τα αρχεία αυτά θα γίνουν «overwrite» από τα νέα που θα δημιουργηθούν.
16. Δημιουργήστε 6 υποφακέλους με ονόματα **«PIDF-J1»**, **«PIDF-J2»**, **«PIDF-J3»**, **«2DOFPIDF-J1»**, **«2DOFPIDF-J2»**, **«2DOFPIDF-J3»**. Σε αυτούς θα αντιγράφετε τα αρχεία αποτελεσμάτων σε κάθε μία από τις $2 \times 3 = 6$ περιπτώσεις που θα εξετάσετε.
17. Θα πρέπει να συμπληρώσετε τους Πίνακες στις επόμενες 2 σελίδες. Οπότε, για κάθε μία από τις επόμενες 6 ολοκληρωμένες διαδικασίες, συμπληρώστε τα αντίστοιχα κελιά των πινάκων.

Τα επόμενα βήματα αφορούν τις προσομοιώσεις/διερευνήσεις με τοπολογία ελεγκτών **PIDF**.

18. Στο **AAA_Main.m** θέστε (γραμμές 19, 20, 21) τιμές runs=10, Pop=80, Iter=100.
19. Πατήστε [RUN] (ή F5). Περιμένετε να ολοκληρωθούν οι προσομοιώσεις. Συμβουλευτείτε την υποσημείωση στο κάτω μέρος της σελίδας για την απαιτούμενη διάρκεια.
20. Αποθηκεύστε τα **.mat** αρχεία στον φάκελο **«PIDF-J1»**.
21. Στο **ObjF.m** βάλτε σχόλιο στη γραμμή 33 και βγάλτε το σχόλιο από την γραμμή 34.
22. Γυρίστε στο **AAA_Main.m** και πατήστε [RUN] (ή F5). Περιμένετε να ολοκληρωθούν οι προσομοιώσεις και αποθηκεύστε τα **.mat** αρχεία στον φάκελο **«PIDF-J2»**.
23. Στο **ObjF.m** βάλτε σχόλιο στη γραμμή 34 και βγάλτε το σχόλιο από την γραμμή 35.
24. Γυρίστε στο **AAA_Main.m** και πατήστε [RUN] (ή F5). Περιμένετε να ολοκληρωθούν οι προσομοιώσεις και αποθηκεύστε τα **.mat** αρχεία στον φάκελο **«PIDF-J3»**.

Τα επόμενα βήματα αφορούν τις προσομοιώσεις/διερευνήσεις με τοπολογία ελεγκτών **2DOFPIDF**.

25. Στο **SMG_LFC_AVR.slx** στο Simulink, αλλάξτε τον PIDF με τον 2DOFPIDF, αφού τους ενεργοποιήσετε/απενεργοποιήσετε κατάλληλα ("Uncomment"/"Comment out"). Αποθηκεύστε.
26. Στο **AAA_Main.m** βάλτε σχόλιο στις γραμμές 7, 8, 9 και βγάλτε το σχόλιο από τις 13, 14, 15.
27. Στο **ObjF.m** βάλτε σχόλιο στις γραμμές 3, 4, 5, 6, 7 και βγάλτε το από τις 9, 10, 11, 12, 13, 14.
28. Στο **ObjF.m** βάλτε σχόλιο στη γραμμή 35 και βγάλτε το σχόλιο από την γραμμή 33.
29. Γυρίστε στο **AAA_Main.m** και πατήστε [RUN] (ή F5). Περιμένετε να ολοκληρωθούν οι προσομοιώσεις και αποθηκεύστε τα **.mat** αρχεία στον φάκελο **«2DOFPIDF-J1»**.
30. Στο **ObjF.m** βάλτε σχόλιο στη γραμμή 33 και βγάλτε το σχόλιο από την γραμμή 34.
31. Γυρίστε στο **AAA_Main.m** και πατήστε [RUN] (ή F5). Περιμένετε να ολοκληρωθούν οι προσομοιώσεις και αποθηκεύστε τα **.mat** αρχεία στον φάκελο **«2DOFPIDF-J2»**.
32. Στο **ObjF.m** βάλτε σχόλιο στη γραμμή 34 και βγάλτε το σχόλιο από την γραμμή 35.
33. Γυρίστε στο **AAA_Main.m** και πατήστε [RUN] (ή F5). Περιμένετε να ολοκληρωθούν οι προσομοιώσεις και αποθηκεύστε τα **.mat** αρχεία στον φάκελο **«2DOFPIDF-J3»**.

(*) **Οργανώστε το χρόνο σας:** Με βάση αριθμό των πειραμάτων (Runs), τις επαναλήψεις (Iter) και το μέγεθος του πληθυσμού (Pop), ο συνολικός χρόνος που απαιτείται για κάθε 1 από τις 6 αναλύσεις, θα είναι $(Runs \times Iter \times Pop \times time)$ $10 \times 100 \times 80 \times time$ (ως "time" είναι το simtime εάν θέσουμε Runs=1, Pop=1, Iter=1). Ενδεικτικά, σε ένα «αργό» PC (i5-3330/3GHz/8Gb όπου το time=1.6587 sec) μπορεί να φτάσει ~37 hrs, ενώ σε ένα «γρήγορο» PC (i9-11900F/2.5GHZ/128Gb όπου το time=0.3650 sec) πέφτει σε περίπου ~8.0 hrs. Λαμβάνοντας μια μέση τιμή κοντά στις 22.5 hrs, θα χρειαστεί να "δεσμεύσετε" το PC σας για περίπου 6 ημέρες (όχι όμως συνεχόμενα αλλά "σπαστά" για τα βήματα 18-33).

Αλγόριθμος: **AAA**

Τύπος Ελεγκτή LFC:	PIDF	No. Runs:	10
Τύπος Ελεγκτή AVR:	PIDF	No. Population:	80
Delay:	1.0	No. of Iterations:	100

Αντικειμενική συνάρτηση: **J1**

[illegible]

Αντικειμενική συνάρτηση: **J2**

[illegible]

Αντικειμενική συνάρτηση: **J3**

[illegible]

Τύπος Ελεγκτή LFC:	2DOFPIDF	No. Runs:	10
Τύπος Ελεγκτή AVR:	2DOFPIDF	No. Population:	60
Delay:	1.0	No. of Iterations:	100

Αντικειμενική συνάρτηση: **J1**

Run:	Best Obj. Value	Kp1	Ki1	Kd1	N1	b	c	Kp2	Ki2	Kd2	N2	b	c
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													

Αντικειμενική συνάρτηση: **J2**

Run:	Best Obj. Value	Kp1	Ki1	Kd1	N1	b	c	Kp2	Ki2	Kd2	N2	b	c
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													

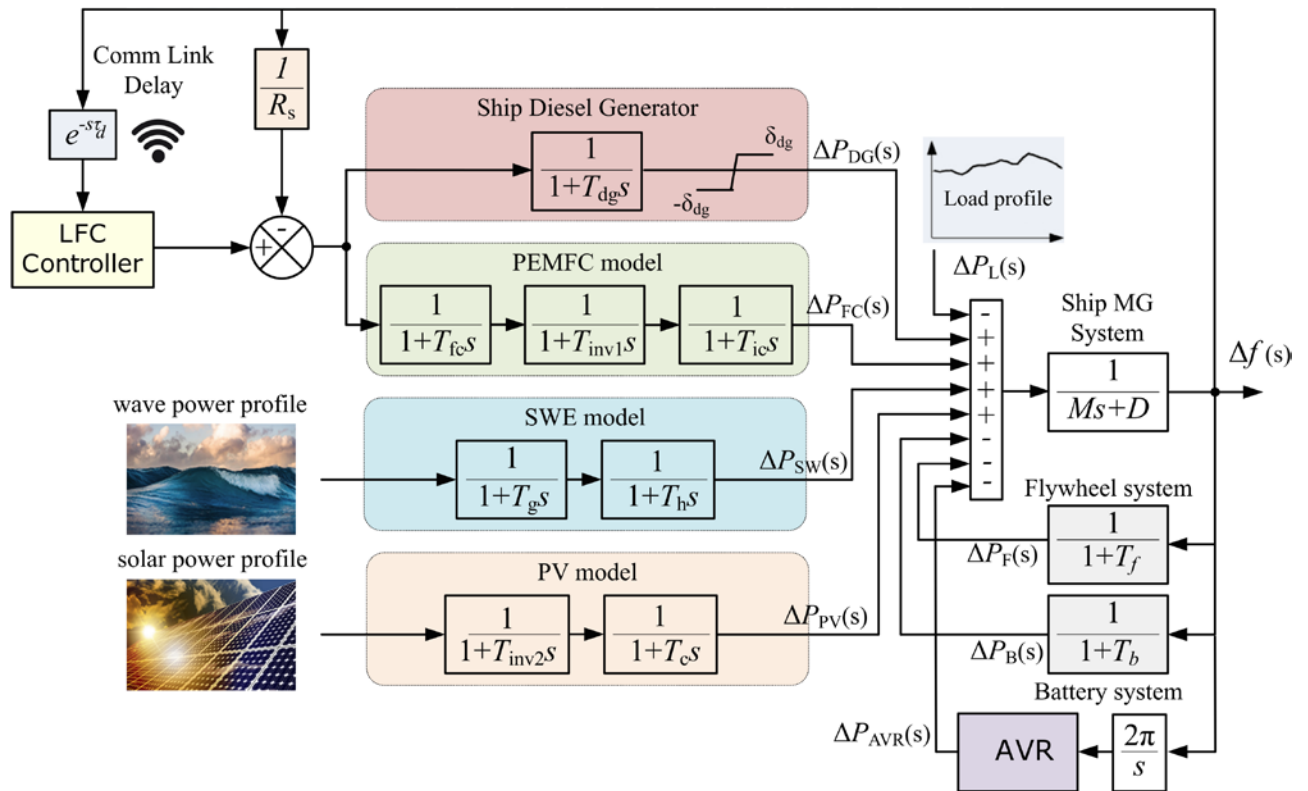
Αντικειμενική συνάρτηση: **J3**

Run:	Best Obj. Value	Kp1	Ki1	Kd1	N1	b	c	Kp2	Ki2	Kd2	N2	b	c
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													

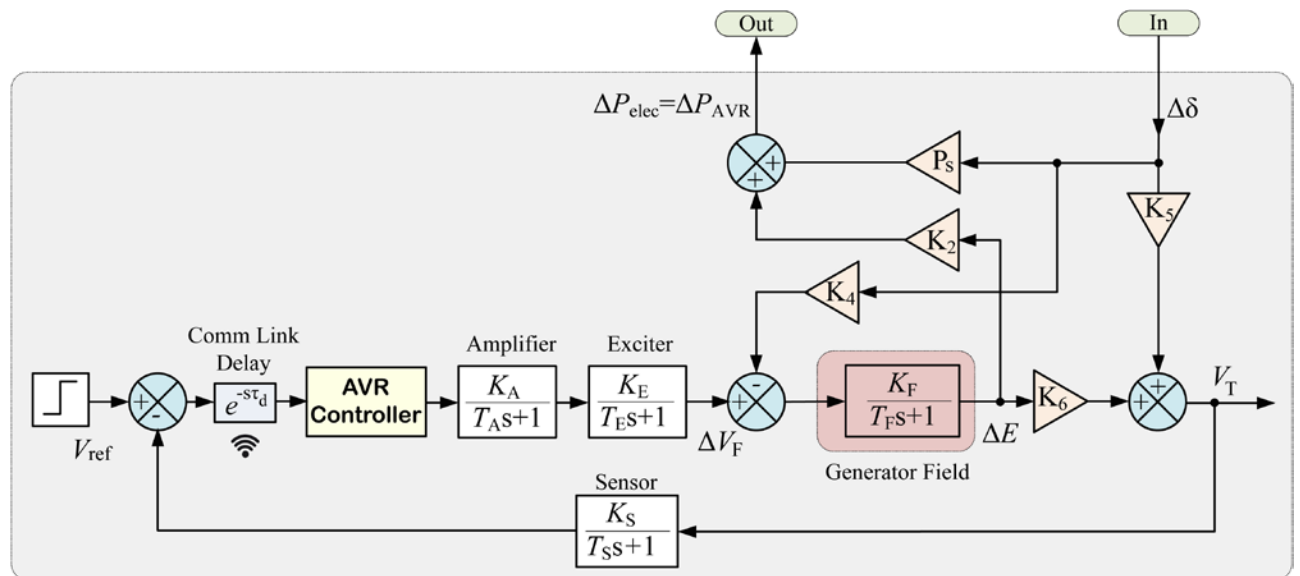
----- ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ για υποβολή της εργασίας: -----

- A.** Φτιάξτε την παρουσίαση με βάση το πρότυπο και αποθηκεύστε τη με το όνομα **Project_EESHE.ppt**. Το πρότυπο είναι ενδεικτικό. Αυτό σημαίνει ότι έχετε την ευχέρεια να τροποποιήσετε ότι θεωρείτε ότι σας εξυπηρετεί καλύτερα όπως και να προσθέσετε όσες διαφάνειες θέλετε προκειμένου να συμπεριλάβετε όλη την πληροφορία που θεωρείτε ότι πρέπει να φαίνεται.
- B.** Αποθηκεύστε τα αρχεία matlab script (.m) που χρησιμοποιήσατε, και όλα τα αρχεία αποτελεσμάτων που παρήχθησαν από τις εκτελέσεις των πειραμάτων (.mat).
- Γ.** Συμπίεστε τον φάκελο εργασίας (με όλους τους υποφακέλους του) σε ΕΝΑ αρχείο (.zip) με όνομα αρχείου το επώνυμό σας στα λατινικά ακολουθούμενο από τον αριθμό μητρώου σας (π.χ. **karnavas_56475.zip**).
- Δ.** Υποβάλλετε την εργασία σας, στην περιοχή **Εργασίες** του e-class αποκλειστικά μέχρι την προθεσμία που έχει οριστεί εκεί.

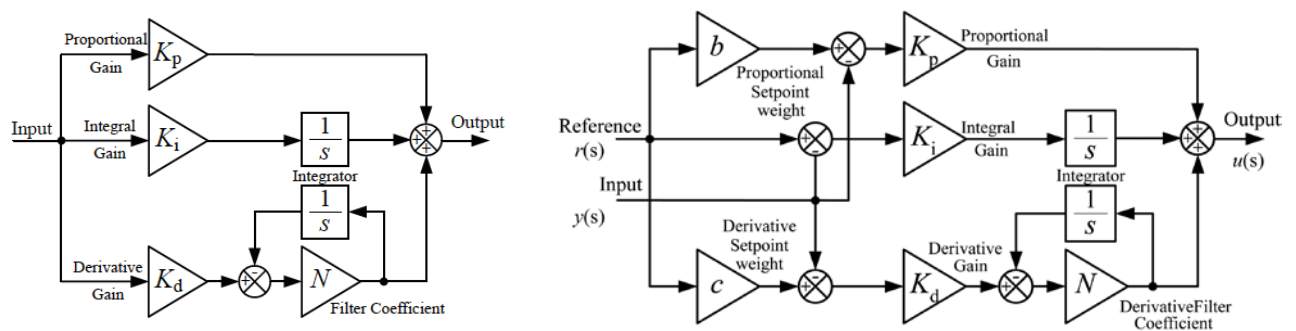
Καλή επιτυχία!



Σχ. 1. Υβριδικό μικροδίκτυο πλωτού μέσου υπό μελέτη.



Σχ. 2. Υποσύστημα αυτόματου ρυθμιστή τάσης (AVR) του ζυγού του μικροδικτύου.



Σχ. 3. Δομή (τοπολογία) των εφαρμοζόμενων ελεγκτών στο σύστημα υπό μελέτη.

Πίνακας 1. Επιλογή Περίπτωσης Μελέτης (με βάση τον Αριθμό Μητρώου)

AM	Algorithm	Tdl
57765	MSO	1.0
58719	MSO	2.0
58566	MSO	3.0
58741	MSO	4.0
58613	MSO	5.0
58670	MSO	6.0
58770	EAO	1.0
58675	EAO	2.0
58666	EAO	3.0
58589	EAO	4.0
58756	EAO	5.0
58583	EAO	6.0
58375	PUM	1.0
58725	PUM	2.0
58796	PUM	3.0
58590	PUM	4.0
58727	PUM	5.0
58570	GOA	1.0
58629	GOA	2.0
58678	GOA	3.0
58703	GOA	4.0
58553	GOA	5.0

AM	Algorithm	Tdl
58759	GWO	1.0
58567	GWO	2.0
58560	GWO	3.0
58585	GWO	4.0
58749	GWO	5.0
58654	HHO	1.0
58778	HHO	2.0
56707	HHO	3.0
58694	HHO	4.0
58581	HHO	5.0
58638	JSO	1.0
58316	JSO	2.0
58688	JSO	3.0
58604	JSO	4.0
58573	JSO	5.0