



## ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ

### ΕΡΓΑΣΙΑ 3

Εκτιμώμενος χρόνος ενασχόλησης < 10 ώρες

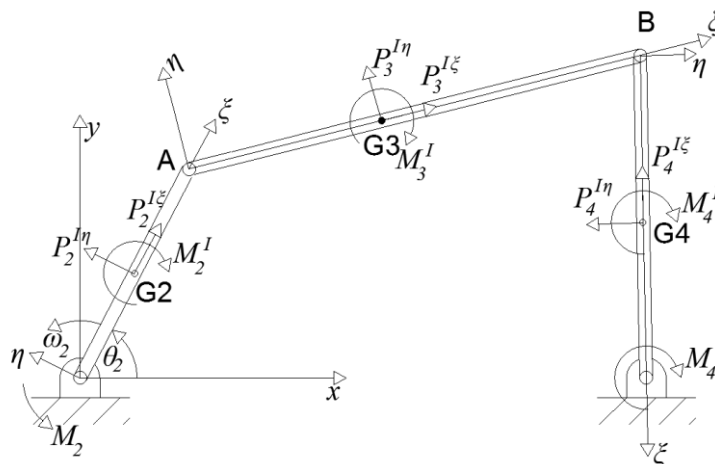
Στον μηχανισμό τεσσάρων ράβδων (4-bar mechanism) του σχήματος, υπολογίστε τα παρακάτω για κάθε τιμή της γωνίας  $\theta_2$  (input) από 0 έως  $360^\circ$  (101 διαστήματα):

- 3.1) Την ροπή εξόδου  $M_4$ , όταν η ροπή εισόδου  $M_2 = 50\text{Nm}$  προκαλεί σταθερή γωνιακή ταχύτητα στο link 2 ίση με  $\omega_2 = 1500\text{RPM}$ .
- 3.2) Τις εσωτερικές δυνάμεις στα joints A (3 δυνάμεις:  $F_{23,x}, F_{23,y}, |F_{23}|$ ) και B (3 δυνάμεις:  $F_{34,x}, F_{34,y}, |F_{34}|$ )
- 3.3) Τις δυνάμεις του εδράνου στο link 2 (3 δυνάμεις:  $F_{12,x}, F_{12,y}, |F_{12}|$ ), και στο link 4 (3 δυνάμεις:  $F_{14,x}, F_{14,y}, |F_{14}|$ )
- 3.4) Το μηχανικό πλεονέκτημα MA του Μηχανισμού για κάθε θέση του μηχανισμού, και την τιμή της  $\theta_2$  για το μέγιστο MA.

Δίνονται:  $r_1 = 0.4\text{m}, r_2 = 0.1\text{m}, r_3 = 0.6\text{m}, r_4 = 0.5\text{m}, m_2 = 0.1\text{kg}, m_3 = 0.6\text{kg}, m_4 = 0.5\text{kg}$ . Το κέντρο βάρους του κάθε link βρίσκεται στο μέσο του link.

#### Υποδείξεις:

1. Χρησιμοποιείτε το αρχείο bar\_4\_Input\_M2\_HW3.mto οποίο εκτελεί την κινηματική ανάλυση του μηχανισμού. Συνεχίστε το αρχείο με τον υπολογισμό των αδρανειακών δυνάμεων (χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα τα αρχεία των προηγούμενων εργασιών), και ορίστε το σύστημα των 13 εξισώσεων με 13 αγνώστους όπως έχει περιγραφεί στον πίνακα. Επιλύστε το σύστημα με το τρόπο που ήδη έχετε γνωρίσει από την Εργασία 2. Μπορείτε αν θέλετε να ορίσετε το  $8 \times 8$  σύστημα αντί του  $13 \times 13$ .
2. Υπολογίστε το MA με είσοδο την δύναμη που προκαλεί η ροπή  $M_2$ , και έξοδο την δύναμη που προκαλεί την ροπή  $M_4$ . Αυτές είναι οι δυνάμεις  $F_{32}^\eta$  και  $F_{34}^\eta$  αντίστοιχα. Χρησιμοποιείτε επίσης τις μεταφορικές ταχύτητες των σημείων εφαρμογής των αντίστοιχων δυνάμεων.
3. Η παραδοτέα εργασία πρέπει να έχει 6 γραφήματα (figures). Στο figure(1) αποτυπώστε τη ροπή  $M_4$ . Στα figures(2) έως (5) αποτυπώστε τις δυνάμεις (3 καμπύλες στο καθένα). Στο figure(6) αποτυπώστε το MA.





3.1)

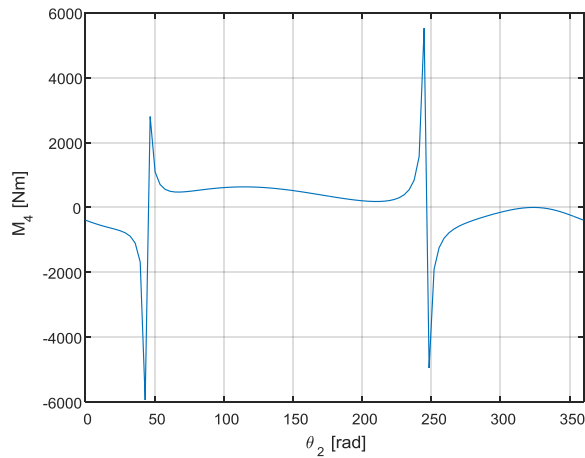
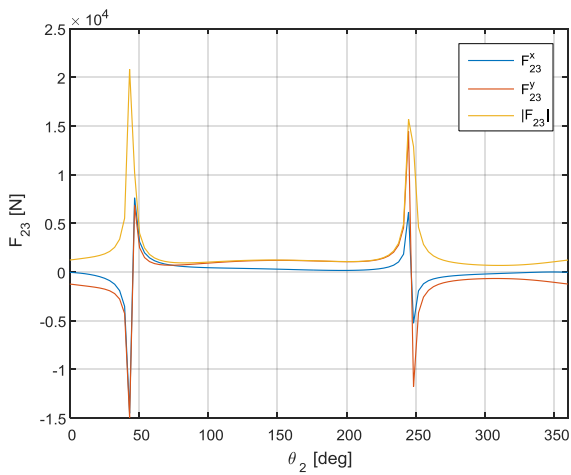
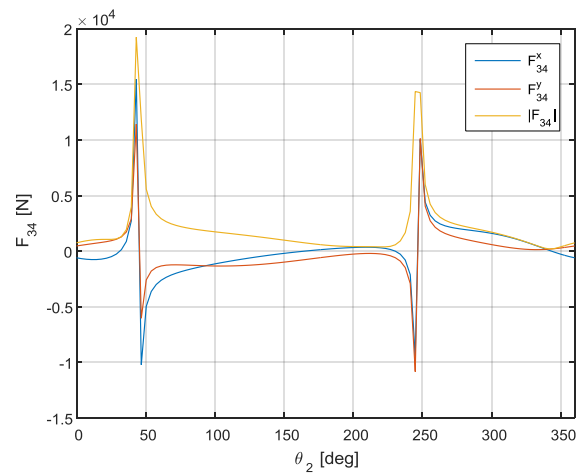


Figure (1): Ροπή εξόδου  $M_4$  ως συνάρτηση της γωνίας θέσης  $\theta_2$

3.2)



(a)



(b)

Figure (2): a) δύναμη στο joint A, και b) δύναμη στο joint B ως συνάρτηση της γωνίας θέσης  $\theta_2$

3.3)

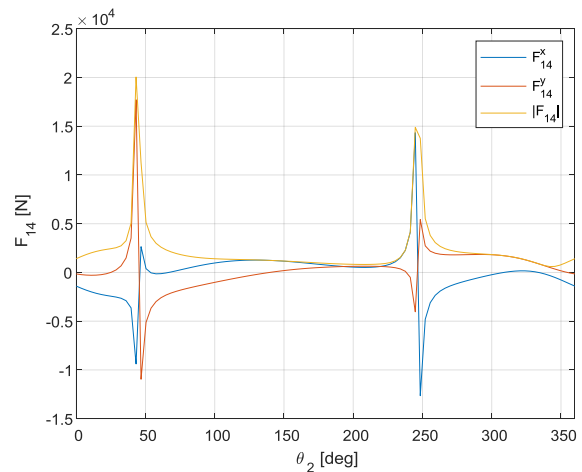
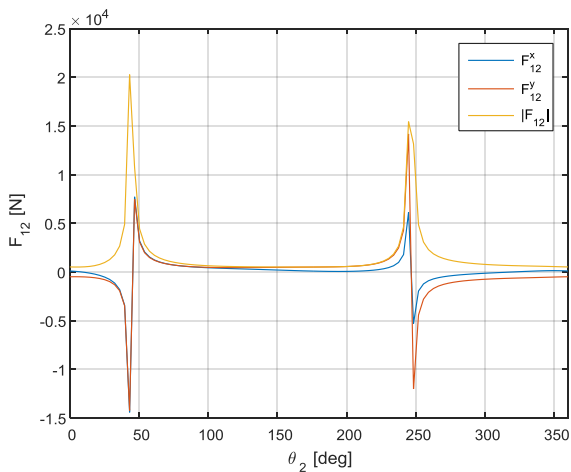
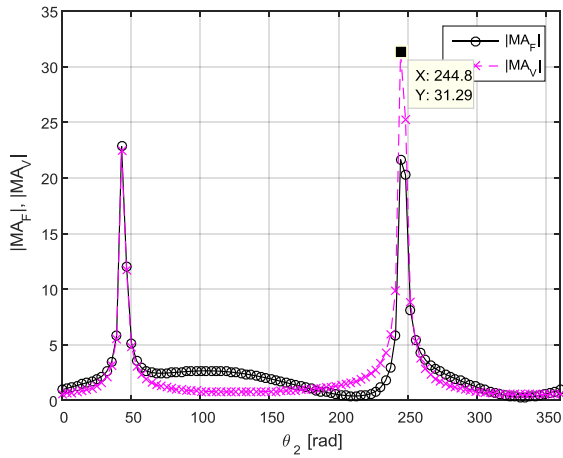
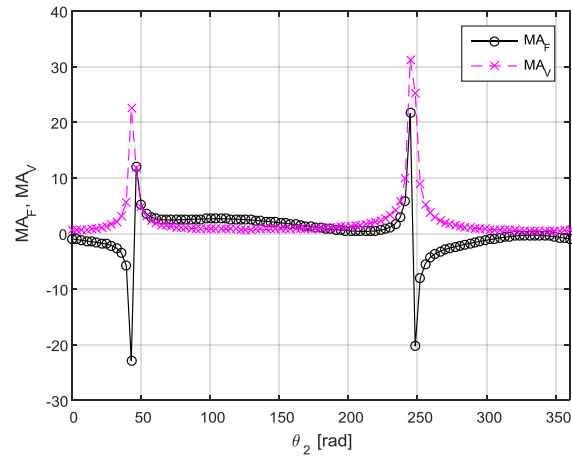


Figure (3): αριστερά) δύναμη στο έδρανο 1, και δεξιά) δύναμη στο έδρανο 2 ως συνάρτηση της γωνίας  $\theta_2$

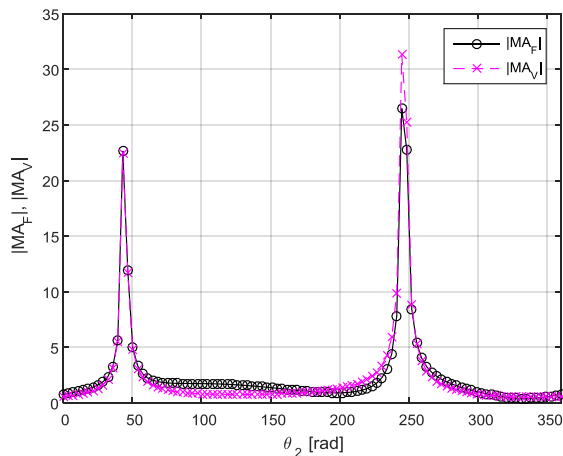


(a)

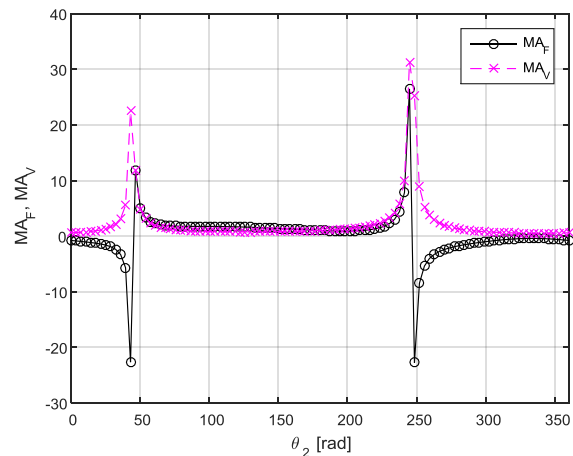


(b)

Figure (4): Μηχανικό Πλεονέκτημα σε a) απόλυτη τιμή, και b) πραγματική τιμή ως ως συνάρτηση της γωνίας θέσης  $\theta_2$ , για μάζες όπως στην εκφώνηση.



(a)



(b)

Figure (5): Μηχανικό Πλεονέκτημα σε a) απόλυτη τιμή, και b) πραγματική τιμή ως ως συνάρτηση της γωνίας θέσης  $\theta_2$ , για μάζες στο 50%

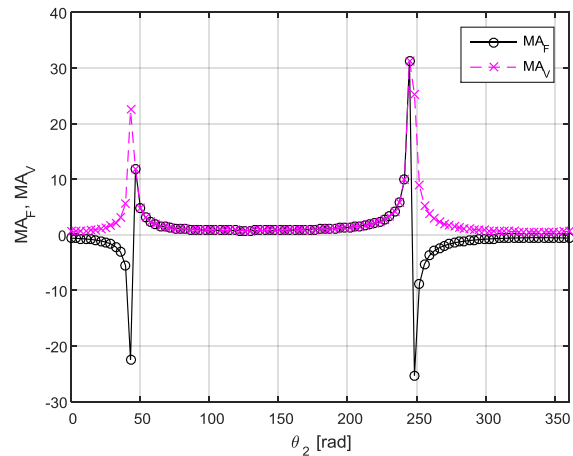
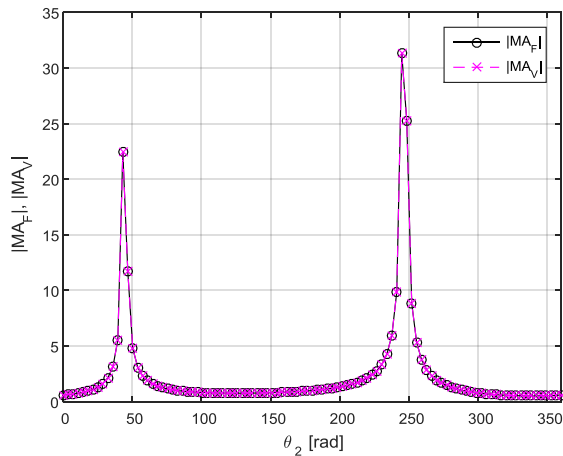


Figure (6): Μηχανικό Πλεονέκτημα σε a) απόλυτη τιμή, και b) πραγματική τιμή ως ως συνάρτηση της γωνίας θέσης  $\theta_2$ , με μηδενικές μάζες (0%), (μηδενικές αδρανειακές δυνάμεις)



### Παρατηρήσεις:

- Μπορείτε να συγκρίνετε το αποτέλεσμά σας με **όποια** από τις τέσσερις καμπύλες βρίσκεται σε αντιστοιχία στο Figure (4) – Τα υπόλοιπα Figures (5), (6), και (7) παρατίθενται υποστηρικτικά.
- Το MA διαφέρει ανάλογα με τον τρόπο υπολογισμού (δυνάμεις ή ταχύτητες) όταν υπάρχουν αδρανειακές δυνάμεις στα links. Ωστόσο, το MA έχει το μέγιστο στην ίδια θέση (διαμόρφωση του μηχανισμού – εδώ  $\theta_2 = 245^\circ$ ) και για τους δύο τρόπους υπολογισμού, και το μέγιστο παρουσιάζεται (σε αυτό το παράδειγμα) όταν ο μηχανισμός βρίσκεται σε ‘toggle’, δηλαδή τα links 2 και 3 (ή ενδεχομένως και το 4 με το 3 σε άλλη περίπτωση) γίνονται συνευθειακά.
- Το MA είναι το ίδιο και για τους δύο τρόπους υπολογισμού, όταν δεν υπάρχουν αδρανειακές δυνάμεις, βλ. Figure (6), ενώ διαφέρει λιγότερο καθώς οι μάζες μειώνονται, βλ. Figure 5.
- Ο λόγος ισχύος ‘Power Ratio’ μεταξύ εισόδου και εξόδου είναι διαφορετικός όταν αυτός υπολογίζεται με ροπές σε links απ’ όταν υπολογίζεται με δυνάμεις που προκαλούν τις ροπές (στα ίδια links). Αιτία είναι οι αδρανειακές δυνάμεις και ροπές που εισάγονται στο κάθε link. Το Power Ratio έχει δυακύμανση για τις διάφορες θέσεις του μηχανισμού (γωνία  $\theta_2$ ) όταν υπάρχουν αδρανειακές δυνάμεις, εξομαλύνεται γύρω από τη μονάδα όταν οι αδρανειακές δυνάμεις είναι μικρές, και γίνεται ίσο με τη μονάδα (κατα απόλυτη τιμή) όταν δεν υπάρχουν αδρανειακές δυνάμεις, βλ. Figure (7).

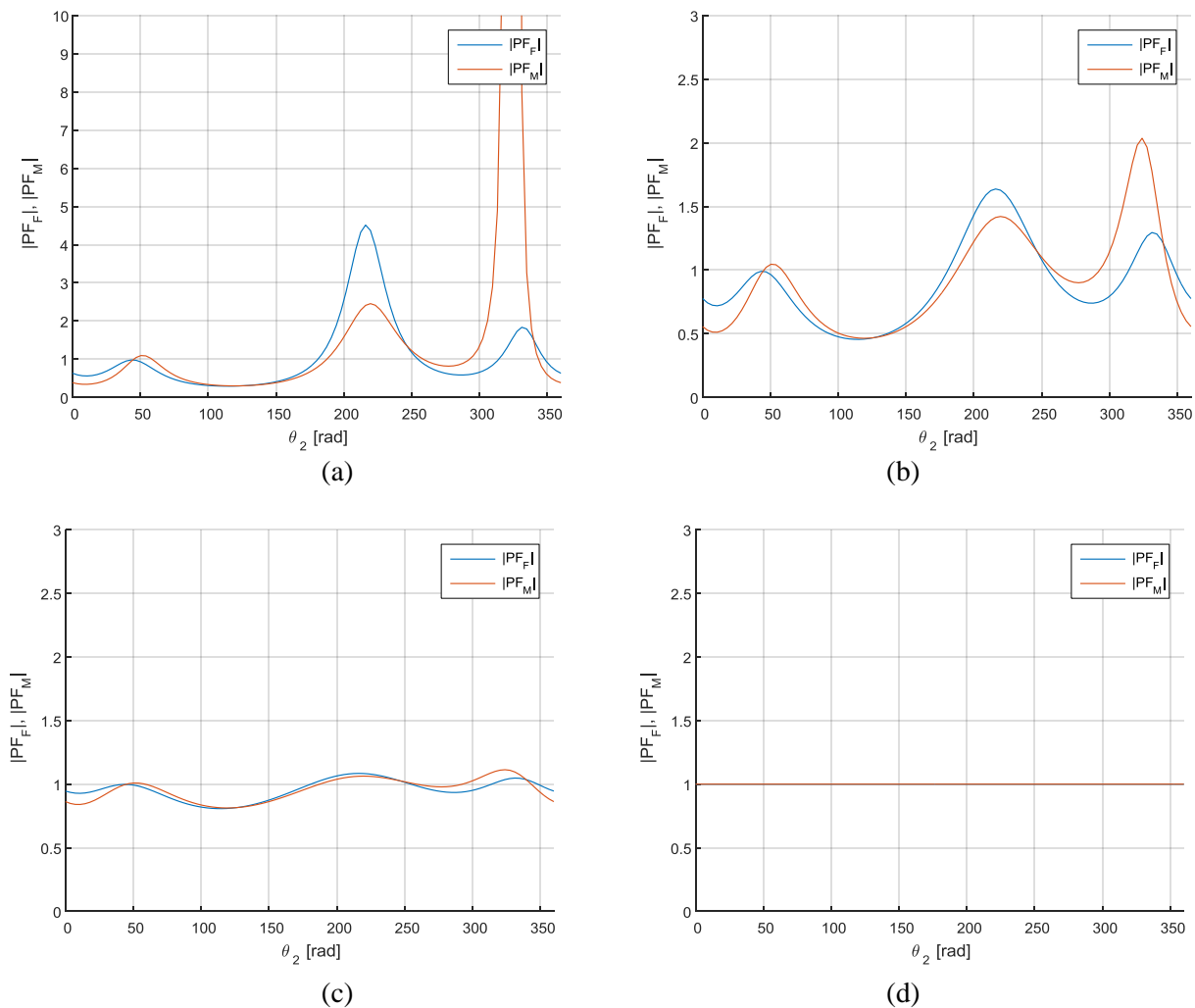


Figure (7): Λόγος Ισχύος ‘Power Ratio’ κατά απόλυτη τιμή για α) μάζες όπως στην εκφώνηση, β) μάζες μειωμένες στο 50%, γ) μάζες μειωμένες στο 10%, και δ) μηδενικές μάζες (0%)