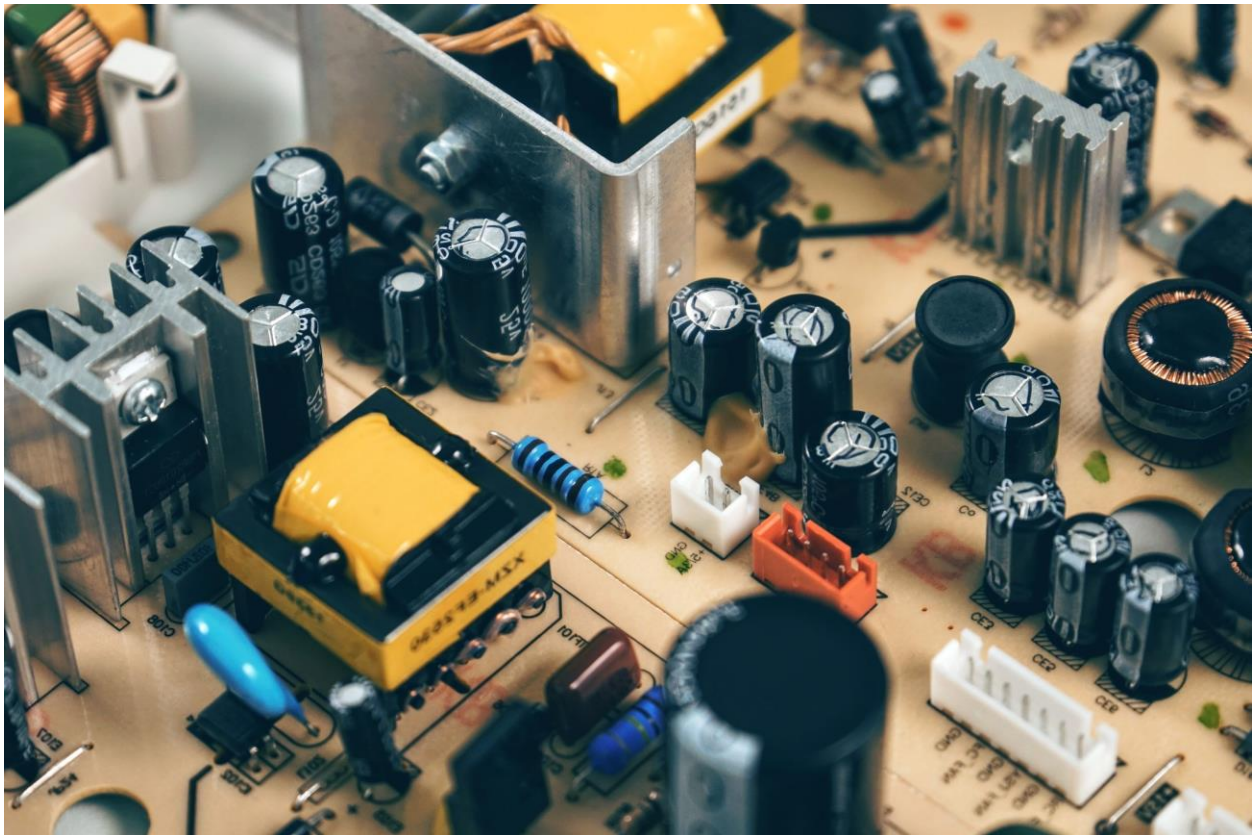


Ηλεκτρονικά Ισχύος – Εργαστήριο 3

Αντιστροφείς

Κάπρος Παναγιώτης: 03118926



Σκοπός της άσκησης αποτελεί η εξοικείωση με τους τριφασικούς μετατροπείς χρησιμοποιώντας την τεχνική παλμοδότησης SPWM.

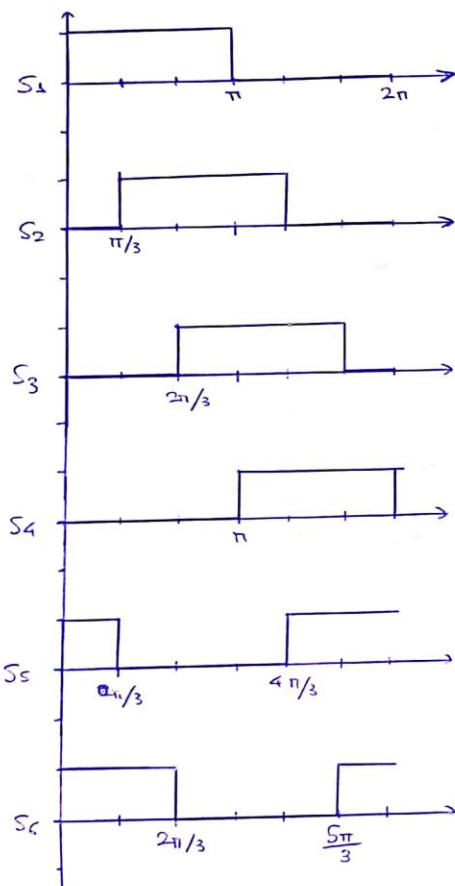
Μέρος Α

Παρακάτω παρατίθενται οι χειρόγραφες απαντήσεις των ερωτημάτων:

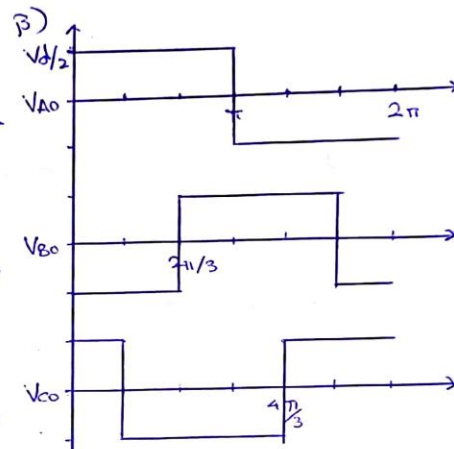
Κάπρος Παναγιώτης Ηλ. Ισχύς, Εργαστήριο 3 Μέρος Α

1)

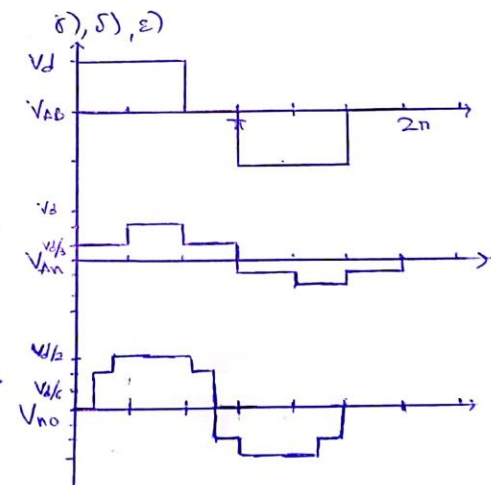
α)



β)



γ), δ), ε)



2) Από θεωρία έχουμε:

$$\begin{aligned}\hat{V}_{ab, n} &= \frac{2}{T} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} V_{ab} \sin(\omega t) dt = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} V_{ab} \sin(\omega t) d(\omega t) \\ &= \frac{4}{\pi} \int_{\pi/6}^{\pi/2} V_{ab} \sin(n\omega t) d\omega t = \frac{4}{\pi} \int_{\pi/6}^{\pi/2} V_{in} \sin(n\omega t) d\omega t = \boxed{\frac{4 V_{in}}{n \pi} \cos\left(\frac{n\pi}{6}\right)}\end{aligned}$$

3) $m_a < 1$

$$f_c = 1 \text{ kHz}$$

$$f_1 = 50 \text{ Hz}$$

Εφόσον είμαστε στη γραμμική περιοχή, σε κάθε περίοδο του φέροντος έχουμε ένα διάστημα όπου το φέρον έχει μεγαλύτερη τάση από το σήμα αναφοράς, και αντίστοιχα ένα διάστημα όπου η τάση του σήματος αναφοράς είναι μεγαλύτερη από τα φέροντος.

Άρα σε κάθε περίοδο έχουμε: $M_F = \frac{f_c}{f_r} = \frac{1000}{50} = \boxed{20 \text{ παλπούς}}$

4) Με την αλλαγή της συχνότητας το εύρος συχνοτήτων των αρμονικών μεγαλώνει πολύ περισσότερο από το εύρος που έχουμε για τη θεμελιώδη. Αυτό κάνει το φίλτρο ισχύει πιο εύκολο.

5) Από θεωρία έχουμε:

$$\vec{V}_{conv,1} = \vec{V}_{L,1} - \vec{V}_g \rightarrow \vec{V}_{conv,1} = jX_{L,1} \vec{I}_{conv,1} + \vec{V}_g \Rightarrow \vec{I}_{conv,1} = \frac{V_{conv,1} - \vec{V}_g}{jX_{L,1}}$$

Υποθέτουμε ότι η τάση εξόδου του αντιστροφέα είναι υφαιρούμενης φάσης και έχουμε υπόψη ότι: $(a + jb)^* = a - jb$ έχουμε:

Η ανά τάση φαινόμενη ισχύς που μεταφέρεται από τον αντιστροφή στο δίκτυο είναι: $\vec{S}_g = \vec{V}_g \cdot \vec{I}_{conv,1}^* \Rightarrow$

$$\Rightarrow \vec{V}_g \left[\frac{V_{conv,1} - \vec{V}_g}{jX_{L,1}} \right]^* = \vec{V}_g \angle 0^\circ \left[\frac{\tilde{V}_{conv,1} \angle \delta^\circ - \vec{V}_g \angle 0^\circ}{jX_{L,1}} \right]^* =$$

$$= \tilde{V}_g \left[\frac{\tilde{V}_{conv,1} (\cos \delta + j \sin \delta) - \tilde{V}_g}{jX_{L,1}} \right]^* = \tilde{V}_g \left[\frac{j(\tilde{V}_{conv,1} (\cos \delta + j \sin \delta) - \tilde{V}_g)}{jX_{L,1}} \right]^* =$$

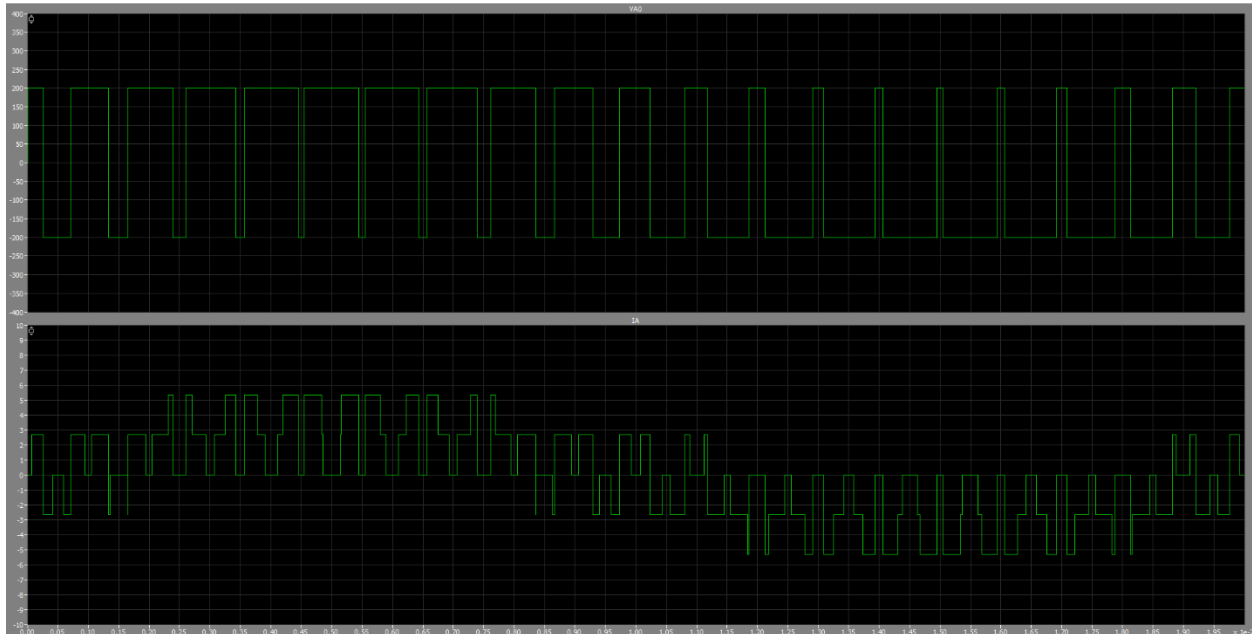
$$= \tilde{V}_g \left[\frac{j\tilde{V}_{conv,1} \cos \delta - \tilde{V}_{conv,1} \sin \delta - j\tilde{V}_g}{X_{L,1}} \right]^* = \tilde{V}_g \left[\frac{\tilde{V}_{conv,1} \sin \delta - j(\tilde{V}_{conv,1} \cos \delta - \tilde{V}_g)}{X_{L,1}} \right]^* =$$

$$= \tilde{V}_g \left[\frac{j\tilde{V}_{conv,1} \cos \delta + j(\tilde{V}_{conv,1} \sin \delta - \tilde{V}_g)}{X_{L,1}} \right] = \boxed{\frac{\tilde{V}_g \tilde{V}_{conv,1} \sin \delta}{X_{L,1}} + j \frac{\tilde{V}_g \tilde{V}_{conv,1} \cos \delta - \tilde{V}_g^2}{X_{L,1}}}$$

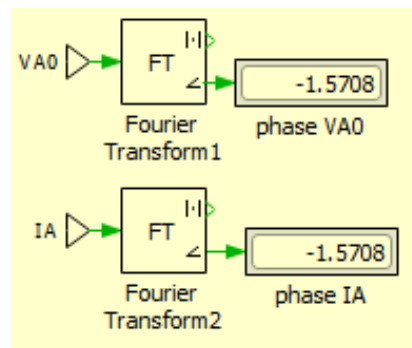
P
Q

Μέρος Β

1. Παρακάτω παρατίθεται το γράφημα που προέκυψε από την εκτέλεση της προσομοίωσης:

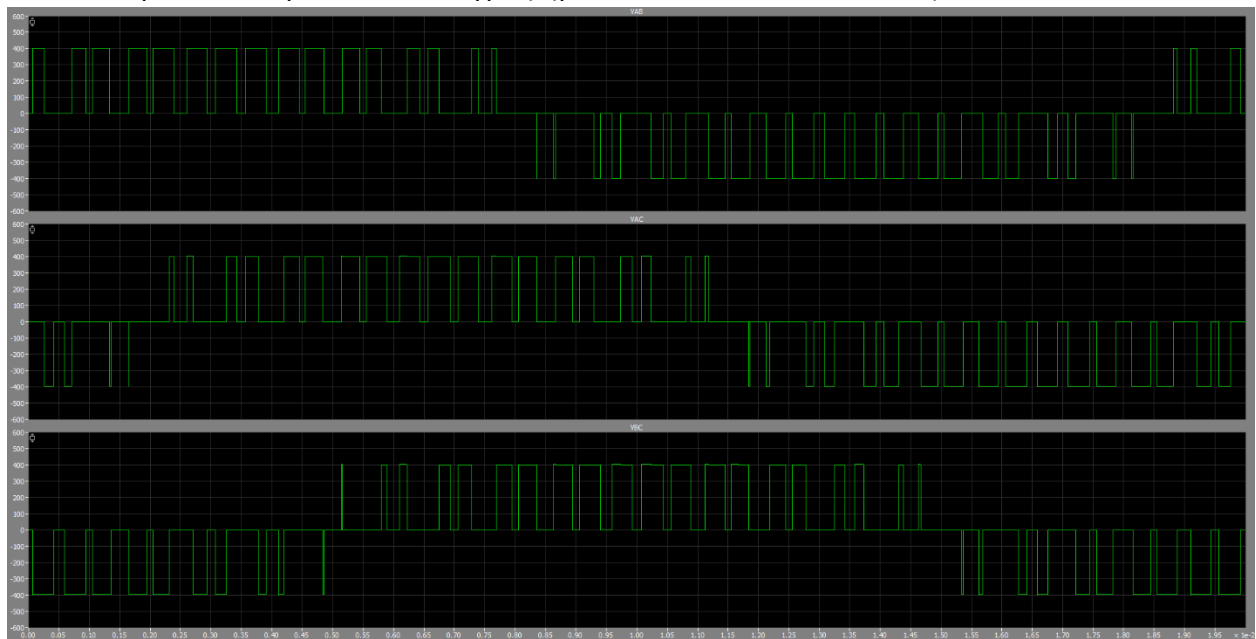


Όπως υπολογίζεται από το PLECS, το ρεύμα και η τάση είναι όντως συμφασικά:



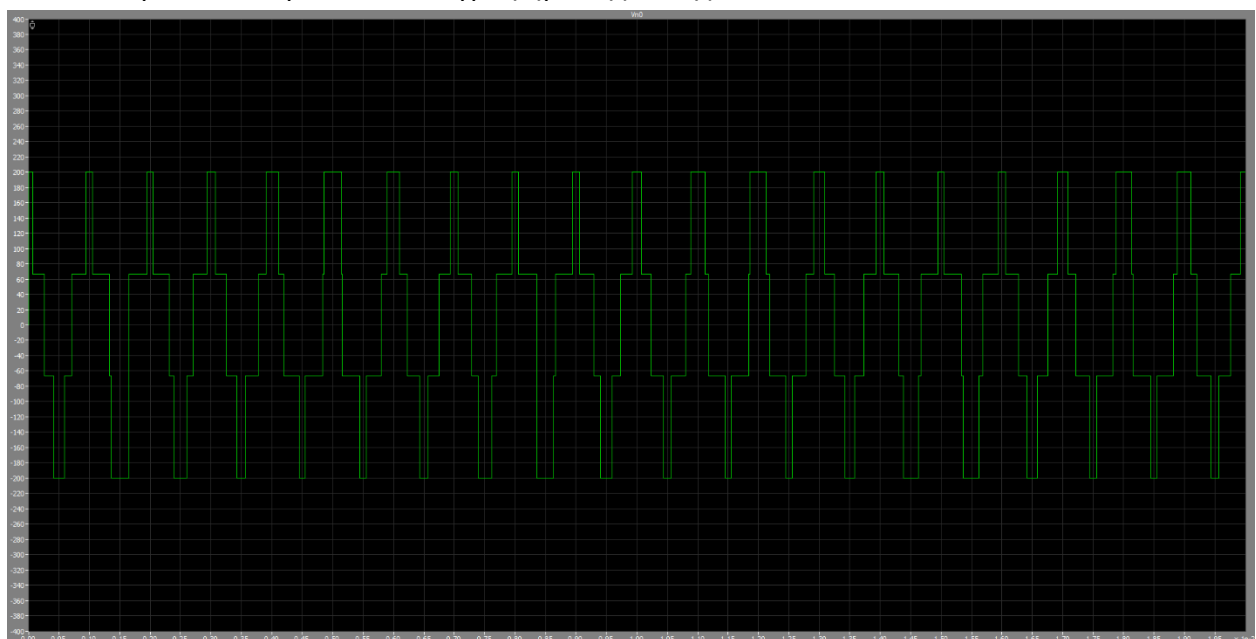
Τα περισσότερα επίπεδα που εμφανίζονται στο ρεύμα σε σχέση με την τάση οφείλονται στο γεγονός ότι λόγω του κυκλώματος των αντιστάσεων βάσει νόμου Ohm έχουμε την μείωση σε πλάτος του ρεύματος σε σχέση με την τάση κρατώντας ίδια την μορφή.

2. Παρακάτω παρατίθενται τα γραφήματα των πολικών τάσεων εξόδου:

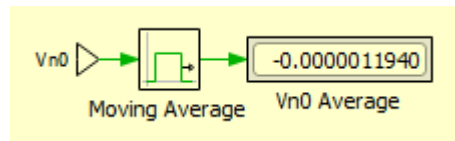


Εκτελώντας προσομοίωση έχουμε πως η ενεργός τιμή της πλήρους κυματομορφής είναι: $V_{AB,RMS} = 265.5903V$ και η ενεργός τιμή της θεμελιώδους αρμονικής είναι: $V_{AB1,RMS} = 195.96V$

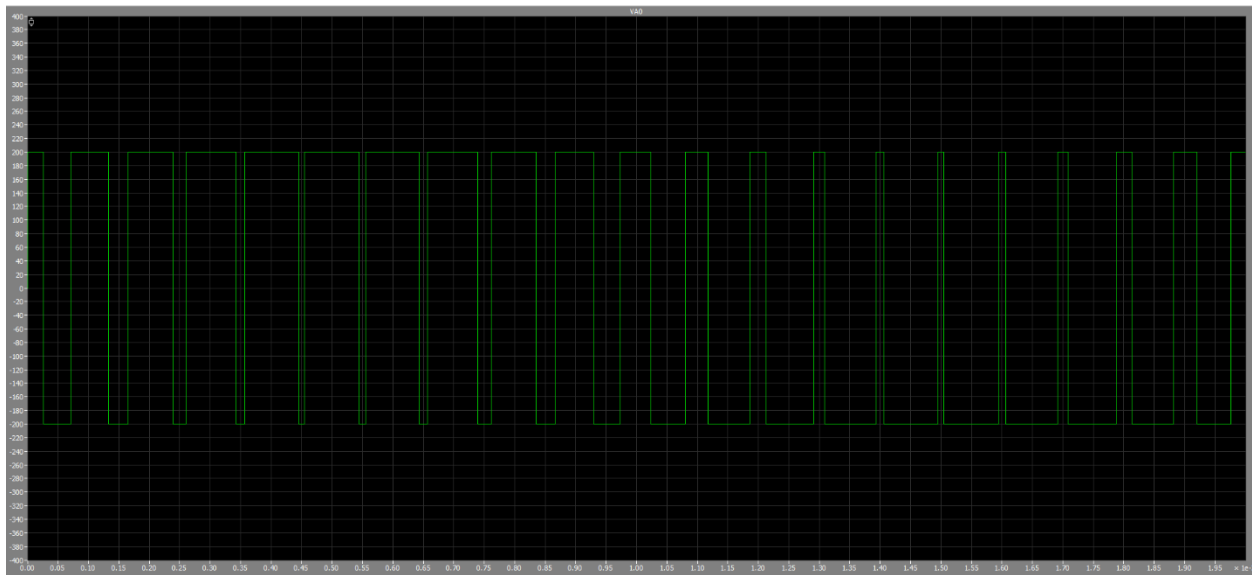
3. Παρακάτω παρατίθεται το γράφημα της τάσης V_{n0} :



Η μέση τιμή αυτής της τάσης είναι πολύ μικρή και σχεδόν μηδενική όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα:



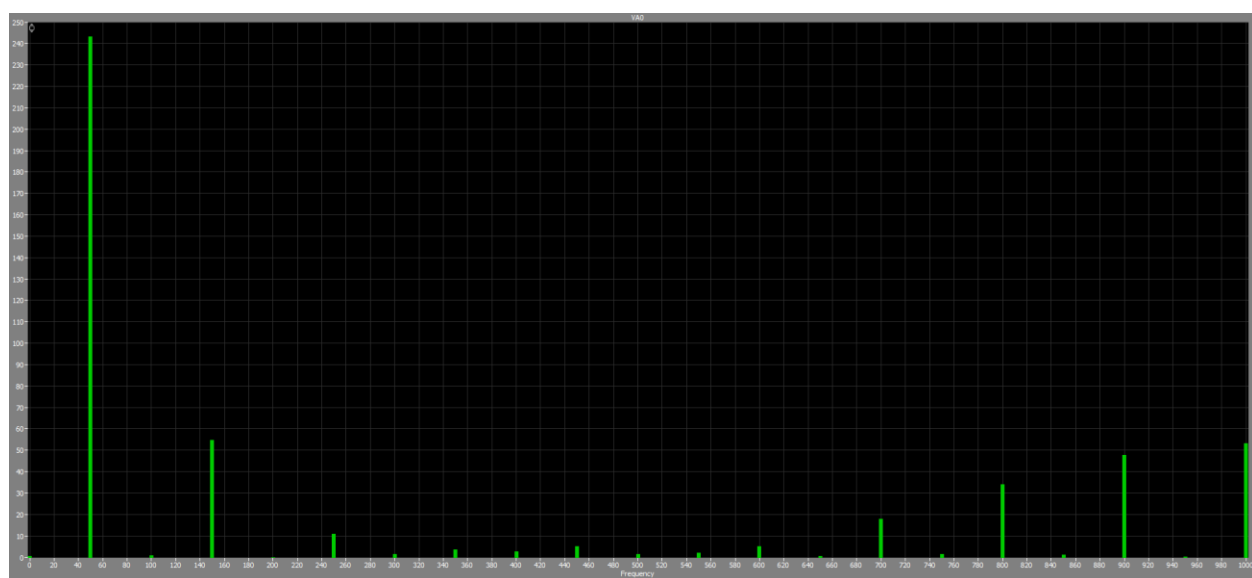
4. Όπως απεικονίζεται και στην παρακάτω εικόνα ο αριθμός των παλμών σε μία περίοδο για $m_a = 0.8$ είναι ίσος με **20**:



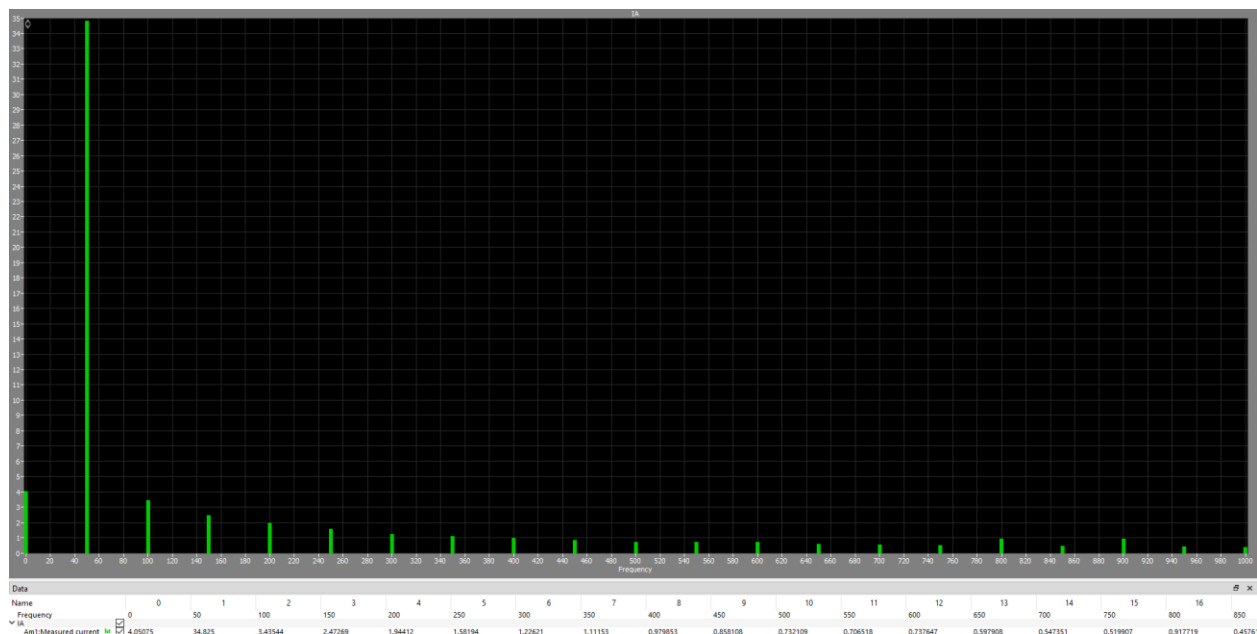
Αντίστοιχα για $m_a = 2$ έχουμε **9 θετικούς παλμούς**. Παρακάτω παρατίθεται το γράφημα που προέκυψε:



Τα φάσματα που παρατηρούμε για τις δύο περιπτώσεις παρατίθενται παρακάτω:



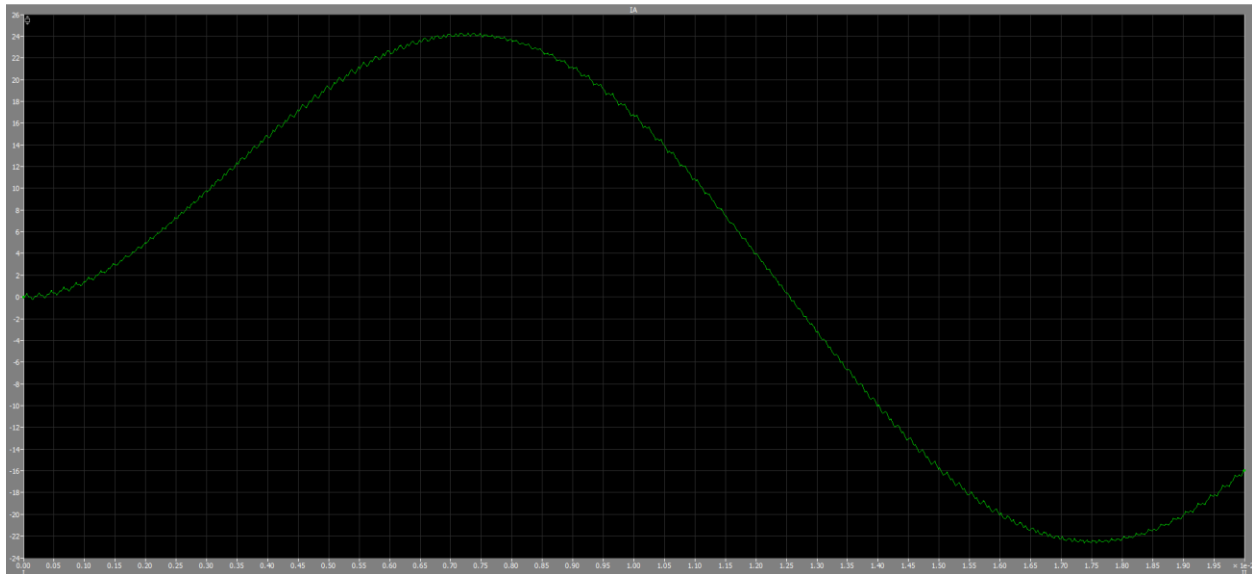
5. Το γράφημα του fourier spectrum για συχνότητα ίση με 50Hz παρατίθεται παρακάτω:



Όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα, έχουμε αρμονικές για συχνότητες τιμής **50 - 1000Hz** με βήμα 50Hz αντίστοιχα.

Παρακάτω παρατίθεται το γράφημα του ρεύματος και της θεμελιώδους για συχνότητα φέροντος ίσης με 5kHz:





Η ομαλοποίηση του ρεύματος οφείλεται στο γεγονός ότι έχουμε υψηλότερες συχνότητες αρμονικών. Έτσι έχουμε μικρότερα πλάτη αρμονικών ρεύματος κάτι που εμφανίζεται ως μια πιο ομαλοποιημένη κυματομορφή.

6. Από θεωρία έχουμε το εξής:

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0.00273 = 0.8576 \Omega.$$

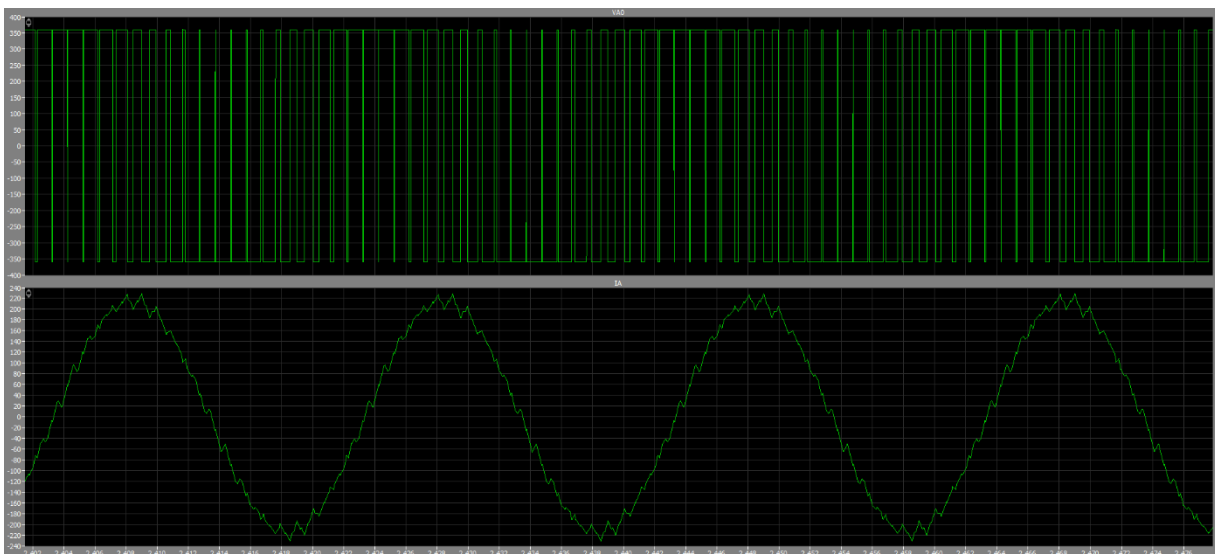
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{50000}{3 \cdot 230} = 72.46 \text{ A}.$$

$$E = V/\sqrt{3} - (R + jX) \cdot I = 230 - (0.01 + j \cdot 0.00273) \cdot 72.46 = 230 - 62.15j \Rightarrow$$

$$238.25 \angle -15.12^\circ \Rightarrow \delta = 15.12^\circ.$$

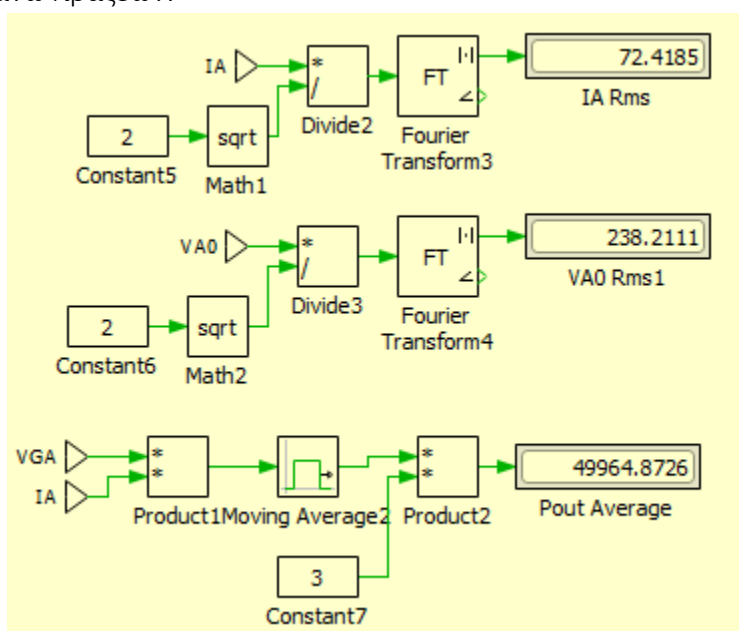
$$E = \frac{m_a \cdot V_d}{\sqrt{2} \cdot 2} \Rightarrow m_a = \frac{\sqrt{2} \cdot 2 \cdot 238.25}{720} = 0.9359.$$

7. α) Εκτελώντας την προσομοίωση με βάσει τα παραπάνω δεδομένα έχουμε:

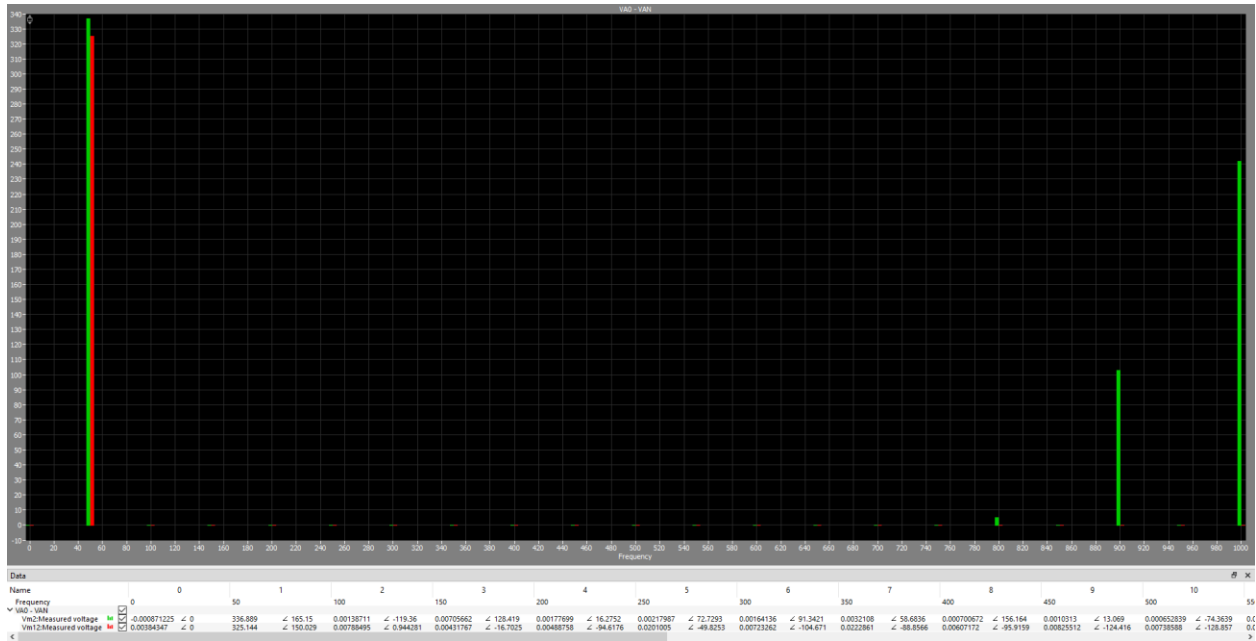




Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την προσομοίωση βάσει των παραπάνω πράξεων:



β) Παρακάτω παρατίθεται το γράφημα που επιβεβαιώνει την διαφορά φάσης για γωνία δ:



Όπως φαίνεται και παραπάνω, στα 50Hz φαίνεται η διαφορά μεταξύ των γωνιών όπου η τάση VAO έχει φάση 165.15° και η VGA έχει φάση 150.029° και άρα η διαφορά είναι ίση με 15.12° όσο και η γωνία δ.

8. Ο συντελεστής αρμονικής παραμόρφωσης για το I_A (με max_step_size = 0.001) προκύπτει ίσος με:

