ΑΣΚΗΣΗ 6

Προσομοίωση τριφασικών ανορθωτικών διατάξεων τριών και έξι παλμών με διάφορα παθητικά φορτία

*ΟΜΑΔΑ 04:*

[*ΑΠΟΣΤΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ*](https://eclass.upatras.gr/main/profile/display_profile.php?id=64080&token=636a4f91-c1be7661e512baaef0e273a0ef7f079800aad723) *1072827*

*ΣΑΒΒΑΣ ΡΗΓΙΝΟΣ 1072762*

[*ΜΠΑΛΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ*](https://eclass.upatras.gr/main/profile/display_profile.php?id=65432&token=636a4f91-dddb7b7cd414db36bd07bea3c874f13d0f02da15) *1072867*

[*ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ*](https://eclass.upatras.gr/main/profile/display_profile.php?id=58042&token=636a4f91-8734f3c73be11c2206401182e888d6a4996d52ae) *1066461*



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Περιεχόμενα

[Ε.1.  Προσομοίωση τριφασικού ανορθωτή τριών παλμών 3](#_Toc122368448)

[Ε.1.2.Να προσομοιωθεί το κύκλωμα ισχύος μίας ανορθωτικής  διάταξης τριών παλμών: 5](#_Toc122368449)

[Ε.1.3.  Για  καθαρά ωμικό  φορτίο,να  καταγράψετε κυματομορφές  τάσης και ρεύματος, να μετρήσετε διάφορα μεγέθη και  να εξαχθούν  συμπεράσματα: 6](#_Toc122368450)

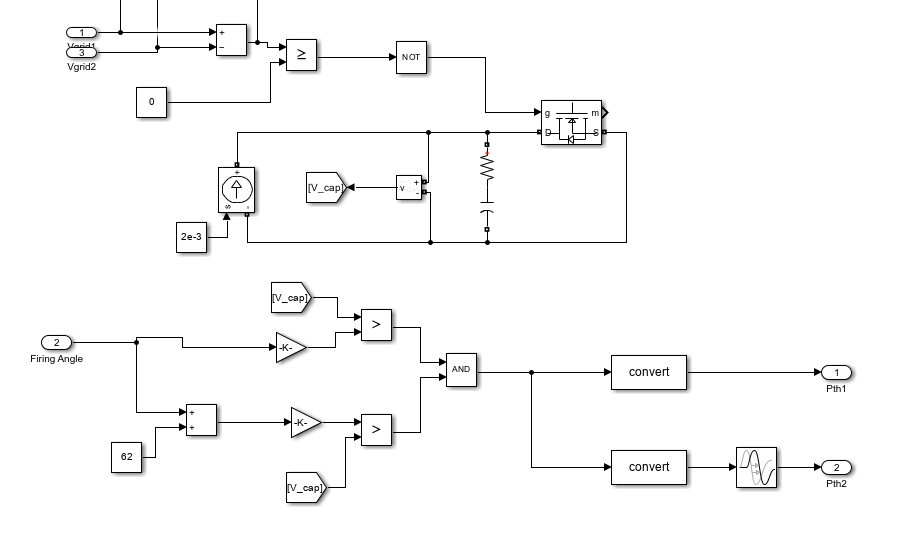
[Ε.1.4.  Σε σειρά με  το ωμικό φορτίο να εισαχθεί ένα πηνίο εξομάλυνσης Ld πολύ μεγάλης  τιμής  επαγωγής  (έτσι  ώστε  (ω∙Ld)>>Rφ)και  να  επαναληφθούν  τα  προαναφερθέντα  ερωτήματα 12](#_Toc122368451)

[Ε.1.5.  Αντικαθιστώντας το πηνίο εξομάλυνσης πολύ μεγάλης τιμής  επαγωγής με ένα πηνίο  εξομάλυνσης  τέτοιο  ώστε  η  γωνία  φορτίου  του  RL  να  είναι  30⁰ . 17](#_Toc122368452)

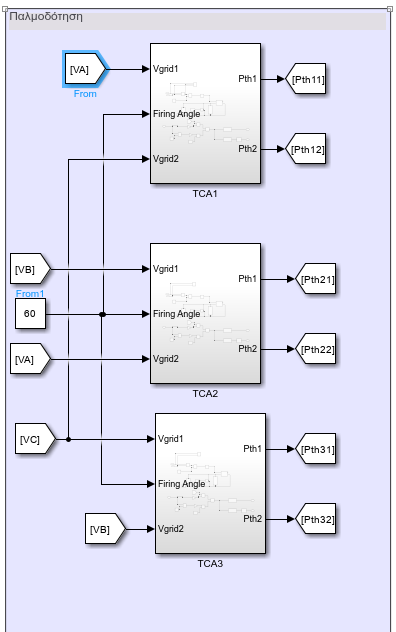
[Ε.1.6.Να εισάγετεεπαγωγή γραμμής Lk=1,0mH και να μελετηθεί  και  εξηγηθεί η επίδραση  του φαινομένου μετάβασης στις προαναφερθείσες κυματομορφές, τόσο για καθαρά  ωμικό φορτίο, όσο και για φορτίο ωμικό σε σειρά με πηνίο εξομάλυνσης 24](#_Toc122368453)

# Ε.1.  Προσομοίωση τριφασικού ανορθωτή τριών παλμών

Το κύκλωμα παλμοδότησης φαίνεται στις παρακάτω εικόνες



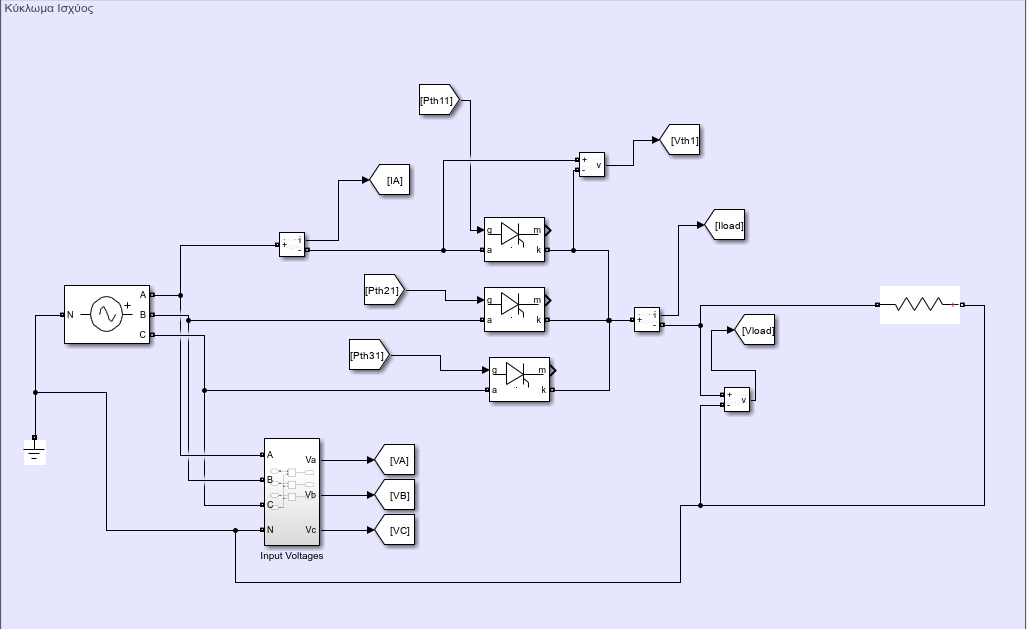
Εικόνα 1: Κυκλωμα Παλμοδότησης τριών παλμών



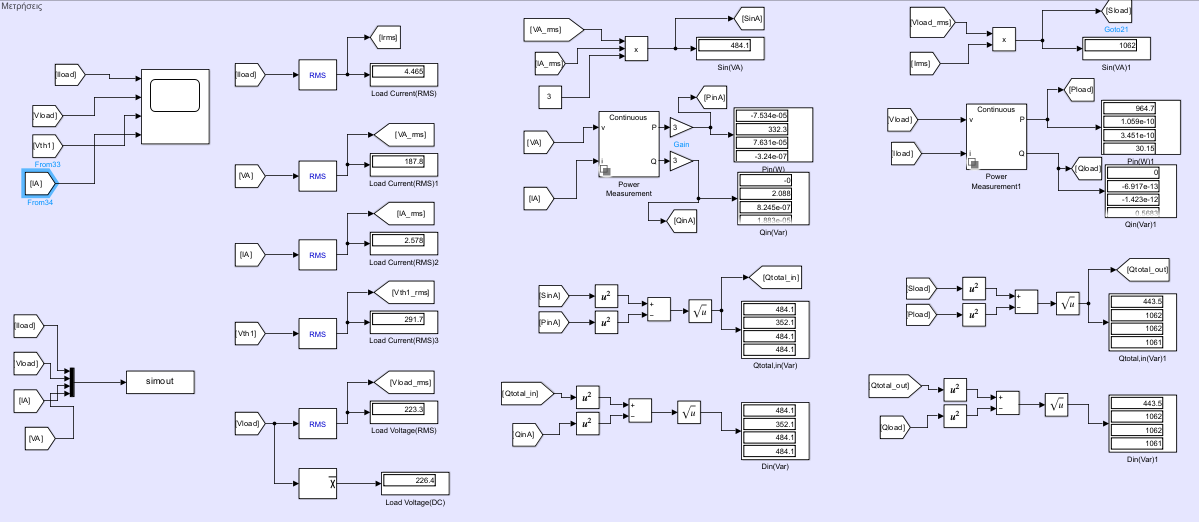
Το κυκλωμα παλμοδοτησης αποτελειται από τρια TCA, ένα για κάθε θυριστορ. Το κάθε TCA δεχεται δύο φασικές τάσεις για είσοδο και την ιδια γωνια εναυσης. Επιπλεον, παρατηρουμε ότι η διάρκεια των παλμών είναι αρκετά μεγάλη. Αυτό συμβαίνει διότι προσπαθούμε να προσομοιώσουμε τον διπλό παλμό ο οποίος είναι αναγκαίος για την διάταξη μας. Ως σημείο αναφοράς δεν έχουμε την φασική τάση για την μέτρηση της γωνίας έναυσης αλλά την πολική, γιατί θέλουμε η έναυση των θυρίστορ να αρχίζει από τον μηδενισμό της αντίστοιχης πολικής τάσης. Τελικά καταλήγουμε με το διπλανό block.

Εικόνα 2: Τελικο Block Κυκλώματος Παλμοδότησης

## Ε.1.2.Να προσομοιωθεί το κύκλωμα ισχύος μίας ανορθωτικής  διάταξης τριών παλμών:



Εικόνα 3: Το κύκλωμα ισχύως για ωμικό φορτίο



Εικόνα 4: Μετρητικά

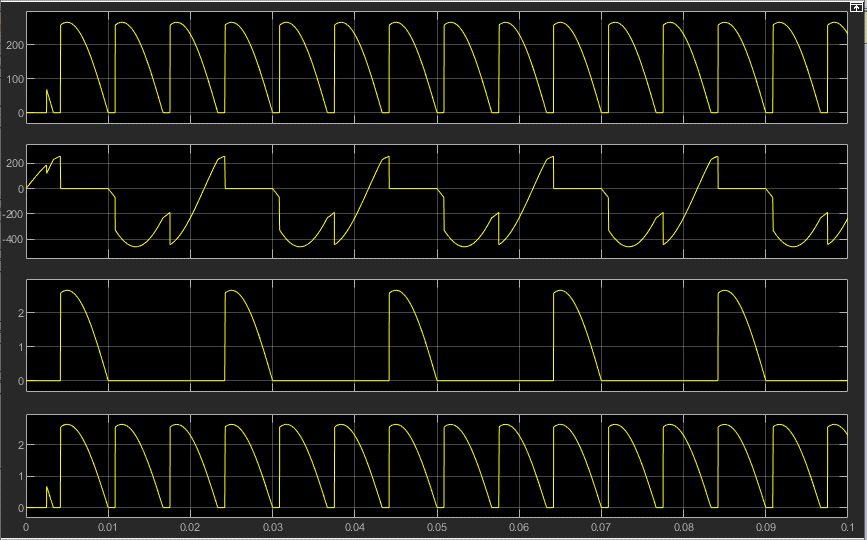
Στις παραπάνω εικόνες φαίνεται το κύκλωμα ισχυως (Εικόνα 3) που παλμοδοτείται με διάφορα from blocks τα οποία προέρχονται απο το κύκλωμα παλμοδότησης και τα απαραίτητα μετρητικά (Εικονα 4) ετσί ώστε να πάρουμε τις ζητούμενες μετήσεις

# Ε.1.3.  Για  καθαρά ωμικό  φορτίο,να  καταγράψετε κυματομορφές  τάσης και ρεύματος, να μετρήσετε διάφορα μεγέθη και  να εξαχθούν  συμπεράσματα:

Οι ζητούμενες μετρήσεις είναι η ενεργό, η φαινόμενη και η άεργος ισχύς στην είσοδο του μετατροπέα . Τα ζητούμενα παλμογραφήματα είναι η τάση στην έξοδο του φορτίου , η ταση του θυρίστορ 1 και ρευμα μιας φάσης και το ρεύμα εξόδου , για γωνίες έναυσης 45,75,105. Η ζητούμενη FFT ανάλυση είναι για το ρεύμα μιας φάσης .

Στην είσοδο του μετατροπεα:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | (W) | (VA) | (Var) | (Var) | (Var) |
| α = 45ο | 348.7 | 607.4 | 497.3 | 157.6 | 471.7 |
| α = 75ο | 176.4 | 431.9 | 394.3 | 156.6 | 361.9 |
| α = 105ο | 47.01 | 223 | 218 | 83.14 | 201.5 |

Για α=45ο :

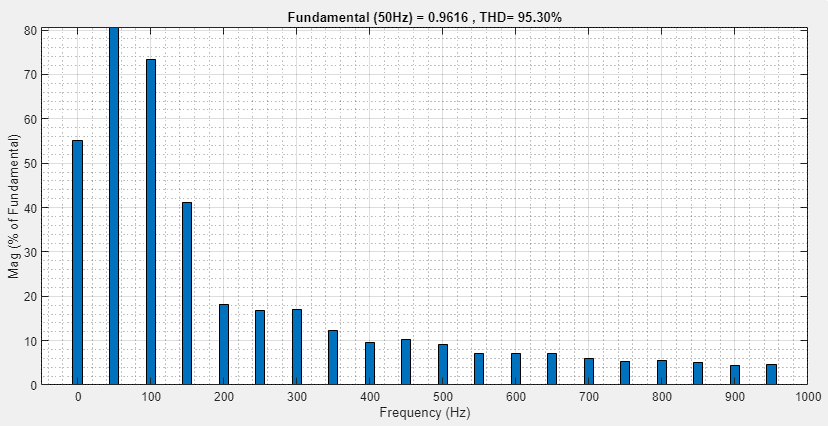
Τάση στο Φορτίο

Τάση επί του θυρίστορ 1

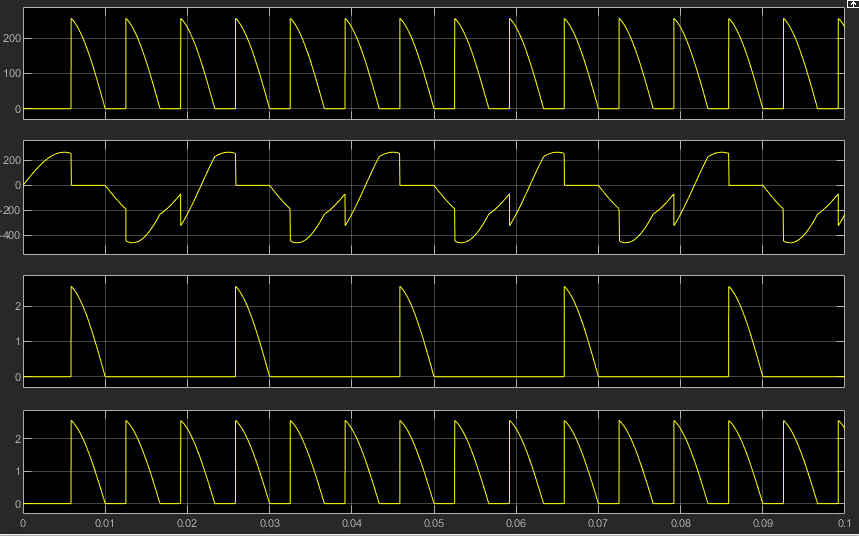
Ρεύμα φάσης Α

Ρευμα στο φορτίο

Εικόνα 5: Παλμογραφηματα ωμικου φορτιου για α=45



Εικόνα 6: FFT Ρεύματος μιας Φάσης ωμικο φορτιο για α=45

Για α=75ο :

Εικόνα 6: Παλμογραφηματα ωμικου φορτιου για α=75

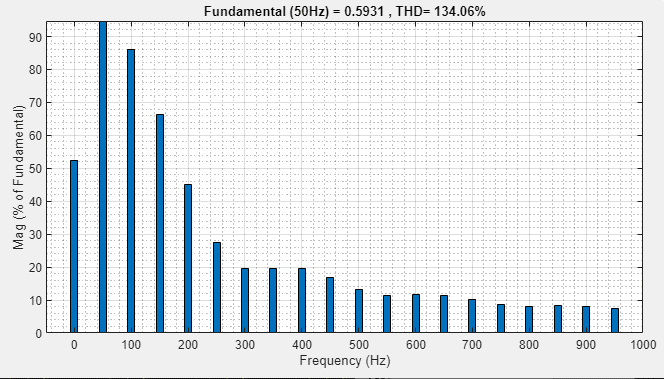
Τάση στο Φορτίο

Τάση επί του θυρίστορ 1

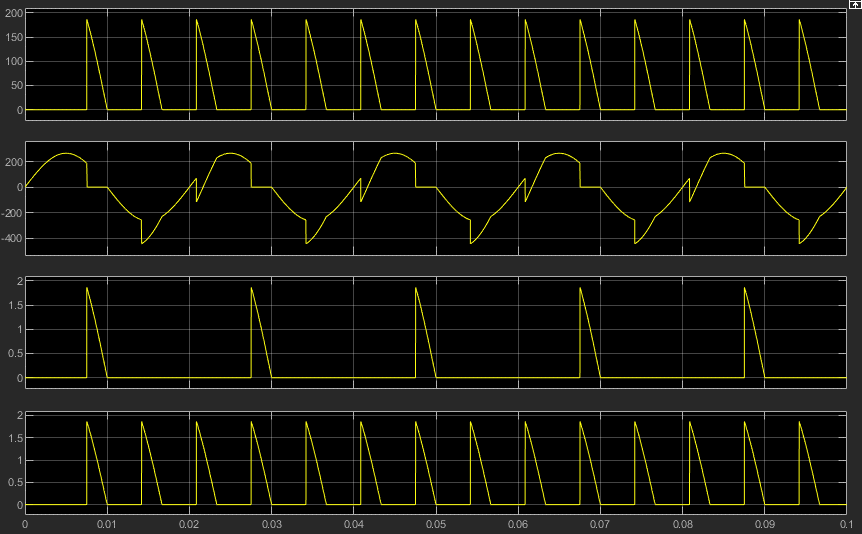
Ρεύμα φάσης Α

Ρευμα στο φορτίο

Εικόνα 7: Παλμογραφηματα ωμικου φορτιου για α=75



Εικόνα 8: FFT Ρεύματος μιας Φάσης ωμικο φορτιο για α=75

Για α=105ο :

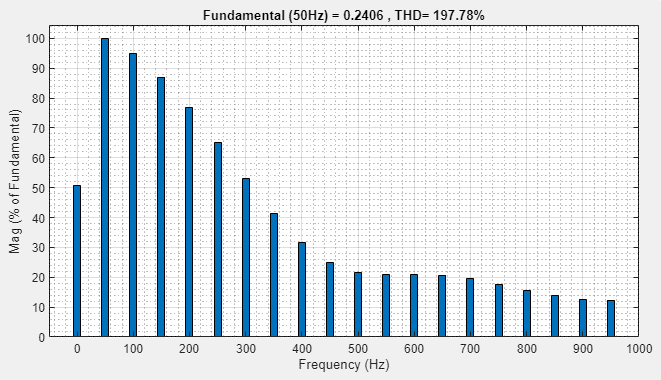
Τάση στο Φορτίο

Τάση επί του θυρίστορ 1

Ρεύμα φάσης Α

Ρευμα στο φορτίο

Εικόνα 9: Παλμογραφηματα ωμικου φορτιου για α=105



Εικόνα 10: FFT Ρεύματος μιας Φάσης ωμικο φορτιο για α=105

Σχόλια:

* Σύμφωνα με τις μετρήσεις μας στην είσοδο του μετατροπέα υπάρχει άεργος ισχύς. Αυτό συμβαίνει διότι ο μετατροπέας αλλάζει την κυματομορφή του ρεύματος και έτσι δημιουργείται μια διαφορά φάσης ανάμεσα στην βασική αρμονική της τάσης και του ρεύματος, η οποία δημιουργεί την άεργο ισχύ.
* Παρατηρούμε αρκετά μεγαλό αριθμό στο THD. Αυτο σημαίνει πως η ύπαρξη ανώτερων αρμονικών στο ρεύμα της φάσης Α είναι αρκετά αισθητή.

# Ε.1.4.  Σε σειρά με  το ωμικό φορτίο να εισαχθεί ένα πηνίο εξομάλυνσης Ld πολύ μεγάλης  τιμής  επαγωγής  (έτσι  ώστε  (ω∙Ld)>>Rφ)και  να  επαναληφθούν  τα  προαναφερθέντα  ερωτήματα

Συνδέουμε σε σειρά με το ωμικό μας φορτίο ενα πηνίο εξομάλυνσης πολύ μεγάλης τιμής (Ld = 0.5 H). Παίρνουμε τις ίδιες μετρήσεις με την προηγούμενη περίπτωση και προσθέτουμε στη καταγραφή την τάση πάνω στο πηνίο εξομάλυνσης καθώς και στο ωμικό φορτίο .

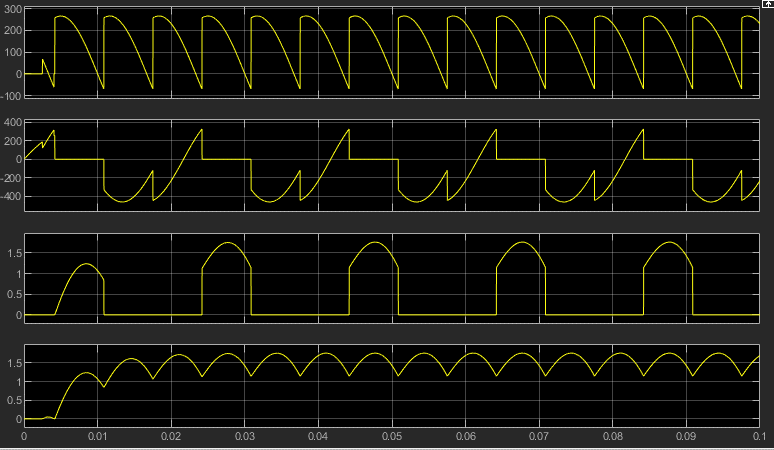
Diagram

Description automatically generated

Εικόνα 11:Κύκλωμα Ισχύως για ωμικό φορτίο με πηνίο εξομάλυνσης

Στην είσοδο του μετατροπεα:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | (W) | (VA) | (Var) | (Var) | (Var) |
| α = 45ο | 241.6 | 505.4 | 443.9 | 248 | 368.1 |
| α = 75ο | 36.72 | 197.1 | 193.6 | 126.4 | 146.7 |
| α = 105ο | 4.679 | 70.36 | 70.2 | 39.96 | 57.72 |

Για α=45ο :

Τάση στο Φορτίο

Τάση επί του θυρίστορ 1

Ρεύμα φάσης Α

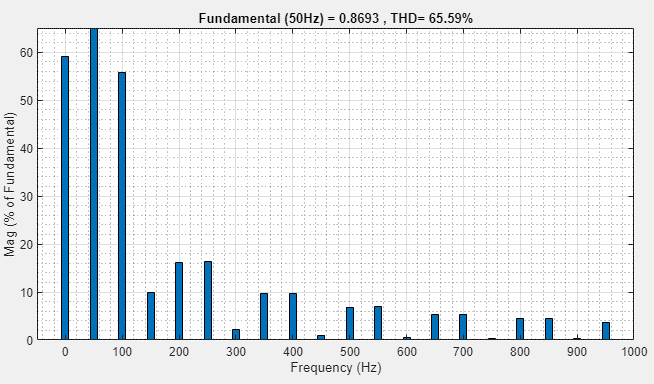
Ρευμα στο φορτίο

Chart, line chart

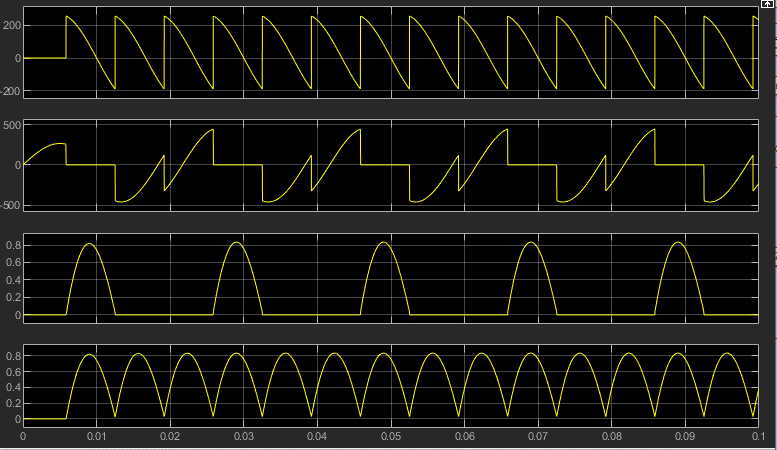
Description automatically generated Τάση πάνω στο πηνίο εξομάλυνσης

Τάση πάνω στο ωμικό φορτίο .

Εικόνα 12: Παλμογραφηματα για ωμικό φορτίο με πηνίο εξομάλυνσης για α=45



Εικόνα 13: FFT Ρεύματος μιας Φάσης για ωμικό φορτίο με πηνίο εξομάλυνσης για α=45

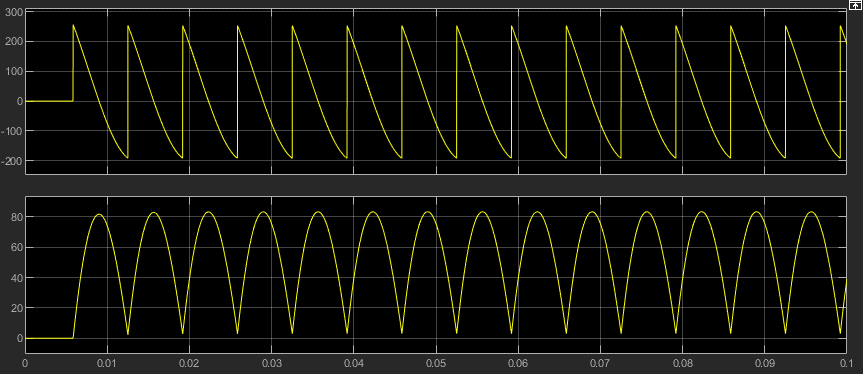
Για α=75ο :

Τάση στο Φορτίο

Τάση επί του θυρίστορ 1

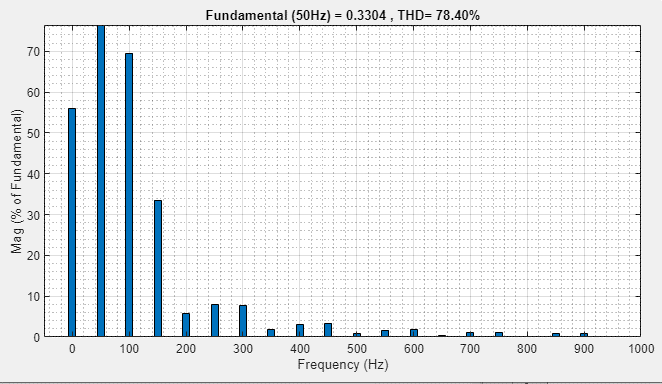
Ρεύμα φάσης Α

Ρευμα στο φορτίο

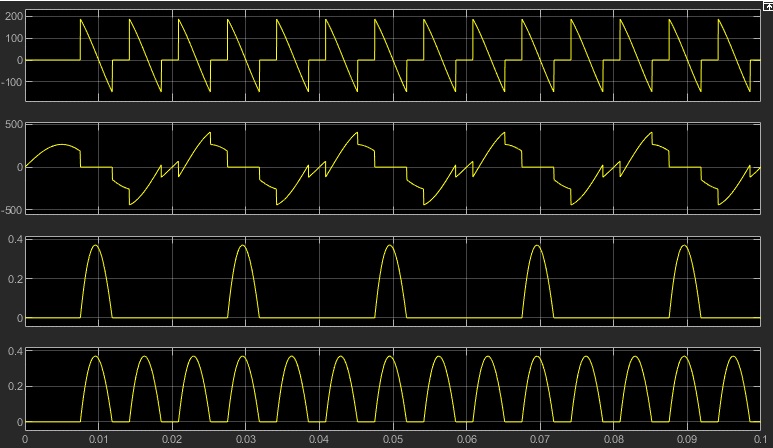
 Τάση πάνω στο πηνίο εξομάλυνσης

Τάση πάνω στο ωμικό φορτίο .

Εικόνα 14: Παλμογραφηματα για ωμικό φορτίο με πηνίο εξομάλυνσης για α=75



Εικόνα 15: FFT Ρεύματος μιας Φάσης για ωμικό φορτίο με πηνίο εξομάλυνσης για α=75

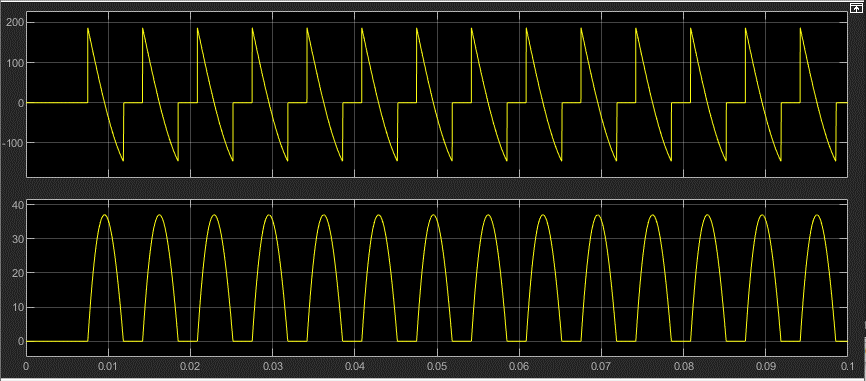
Για α=105ο :

Τάση στο Φορτίο

Τάση επί του θυρίστορ 1

Ρεύμα φάσης Α

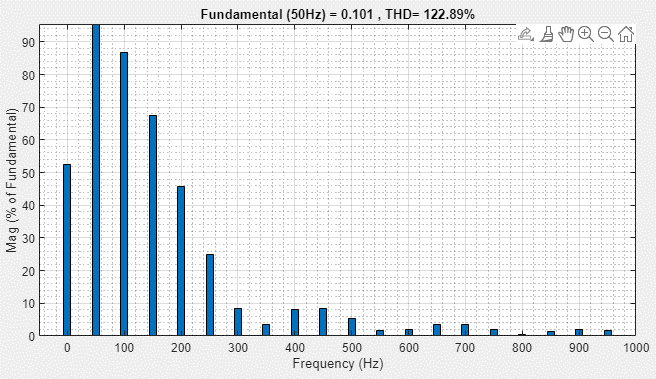
Ρευμα στο φορτίο



Τάση πάνω στο πηνίο εξομάλυνσης

Τάση πάνω στο ωμικό φορτίο .

Εικόνα 16: Παλμογραφηματα για ωμικό φορτίο με πηνίο εξομάλυνσης για α=105



Εικόνα 15: FFT Ρεύματος μιας Φάσης για ωμικό φορτίο με πηνίο εξομάλυνσης για α=105

## Ε.1.5.  Αντικαθιστώντας το πηνίο εξομάλυνσης πολύ μεγάλης τιμής  επαγωγής με ένα πηνίο  εξομάλυνσης  τέτοιο  ώστε  η  γωνία  φορτίου  του  RL  να  είναι  30⁰ .

Για να υπολογίσουμε την επαγωγή του πηνίου στην περίπτωση της γωνίας φορτίου φ=30ο χρησιμοποιούμε τον τύπο με R=100Ω, φ=30ο και f=50Hz. Κάνοντας τους υπολογισμούς βρίσκουμε επαγωγή ίση με L=18376e-5 H.

Για να κατανοήσουμε καλύτερα αυτη τη περίπτωση θα παλμογραφήσουμε την τάση στο φορτίο και το ρεύμα στο φορτίο για γωνία έναυσης α=45ο και τις συγκρίνουμε με τις αντίστοιχες μετρήσεις για πήνιο εξομάλυνσης (Ld = 0.5H) της προηγούμενης περίπτωσης για την ίδια γωνία έναυσης.

Chart

Description automatically generatedΓια πηνίο εξομάλυνσης Ld = 0.5H :

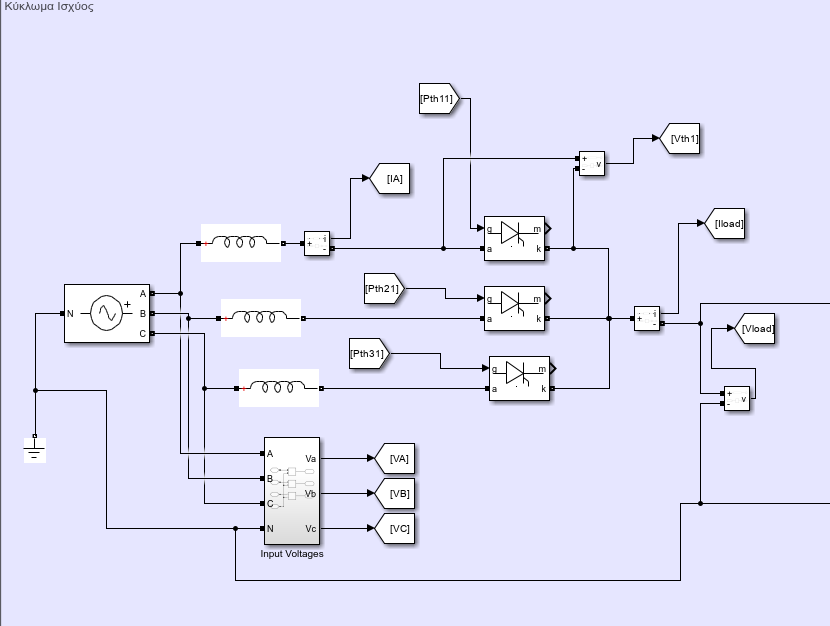
Για πηνίο με γωνία φορτίου φ=30ο

Chart

Description automatically generatedΟι πρώτες κυματομορφές αντίστοιχα είναι οι κυματομορφές της τάσης του φορτίου. Σε αυτες δεν παρατηρούμε διαφορές. Οι επόμενες κυματομορφές αντίστοιχα είναι του ρεύματος του φορτίου. Σε αυτές παρατηρούμε πως σε αυτη με πηνιο εξομάλυνσης Ld = 0.5H, αφου το πηνίο έχει μεγαλύτερη τιμή, το ρεύμα έχει καλύτερη εξομάλυνση. Αυτο σημαίνει πως βλέπουμε μικρότερες peak-peak τιμές καθώς και υψυλότερη μέση τιμη του ρεύματος

Εικόνα 16: Παλμογραφήματα για συγκριση άπειρου πηνίο εξομάλυνσης και πηνίο γωνίας φορτίου φ=30

Ε.1.6.Να εισάγετεεπαγωγή γραμμής Lk=1,0mH και να μελετηθεί και  εξηγηθεί η επίδραση  του φαινομένου μετάβασης στις προαναφερθείσςκυματομορφές, τόσο για καθαρά  ωμικό φορτίο, όσο και για φορτίο  ωμικό σε σειρά με πηνίο εξομάλυνσης.



Εικόνα 17:Ισοδύναμο Κύκλωμα με Φαινόμενο Μετάβασης

Η μετάβαση οφείλεται στις επαγωγές που έχουν οι γραμμές του δικτύου. Κατά τη διάρκεια του φαινομένου σχηματίζεται ένα εικονικό βραχυκύκλωμα . Το ρεύμα δεν μεταβαίνει από τον ένα κλάδο στον επόμενο ακαριαία . Τη στιγμή που θα δοθεί ο παλμός έναυσης στο επόμενο θυρίστορ αρχίζει να ανεβαίνει σε αυτό το θυρίστορ το ρεύμα και να πέφτει στο προηγούμενο. Κατά τη διάρκεια αυτής της μετάβασης η κυματομορφή της τάσης του φορτίου είναι ίση με το –1/2 επί την φασική τάση που δεν συμμετέχει στην μετάβαση.

Αρχικά για το καθαρά ωμικό φορτίο, παρατηρώντας προσεκτικά την τάση του φορτίου βλέπουμε πως δεν ειναι διακριτό το φαινόμενο της μετάβασης. Αυτο είναι λογικό βέβαια αφου η διάρκεια της μετάβασης εξαρτάται απο την τιμή της επαγωγλης Lk και την τιμή της επαγωγής Ld,οι οποιες σε αυτη τη περίπτωση είναι Lk=1e-3Η και Ld=0Η. Τέτοιες τιμές είναι πολύ μικρές για να παρατηρηθέι το φαινόμενο μετάβασης

Diagram

Description automatically generated

Εικόνα 18:Κυματομορφές στο φαινόμενο μετάβασης για ωμικο φορτιο με πηνιο εξομάλυνσης

Στο ωμικο φορτιό με πηνίο εξομάλυνσης όμως έχουμε σε σειρά το πηνιο με επαγωγή Ld=0.5H. Τώρα οι τιμές των επαγωγών είναι αρκετές

# Ε.2.1.  Προσομοίωση τριφασικού ανορθωτή έξι παλμών

Το κύκλωμα παλμοδότησης φαίνεται στις παρακάτω εικόνες

Diagram, schematic

Description automatically generated

Εικόνα 19: Κυκλωμα Παλμοδότησης έξι παλμών

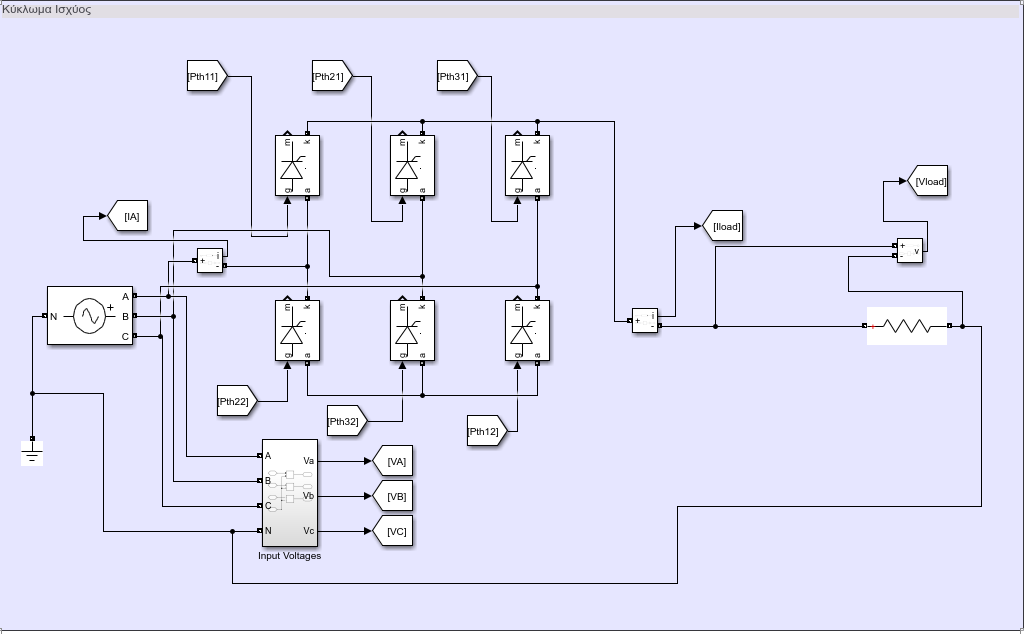
Diagram, schematic

Description automatically generated

Οπώς φαίνεται στις διπλανές εικόνες το κύκλωμα παλμοδότης του τραφασικού ανορθωτή έξι παλμών είναι παρόμοιο με αυτο των τριών παλμών. Η μόνη διαφορά είναι πως στον ανορθωτή τριών παλμών οι συμπληρωματικοί παλμοί δεν χρησιμοποιήθηκαν αφού είχαμε να παλμοδοτήσουμε 3 θυρίστορ διαδοχικά ανα 120ο .Εδώ θα χρησιμοποιήσουμε τους συμπληρωματικούς παλμούς αφου έχουμε να παλμοδοτήσουμε 6 θυρίστορ ανα 60ο .

Εικόνα 20: Τελικο Block Κυκλώματος Παλμοδότησης

## Ε.2.2.Να προσομοιωθεί το κύκλωμα ισχύος μίας ανορθωτικής  διάταξης τριών παλμών:



Εικόνα 21: Το κύκλωμα ισχύως για ωμικό φορτίο

Diagram, schematic

Description automatically generated

Εικόνα 22: Μετρητικά

Στις παραπάνω εικόνες φαίνεται το κύκλωμα ισχυως (Εικόνα 21) που παλμοδοτείται με διάφορα from blocks τα οποία προέρχονται απο το κύκλωμα παλμοδότησης και τα απαραίτητα μετρητικά (Εικονα 22) ετσί ώστε να πάρουμε τις ζητούμενες μετήσεις

# Ε.2.6. Να εισάγετε επαγωγή γραμμής Lk=1,0mH και να μελετηθεί και εξηγηθεί η επίδραση  του φαινομένου μετάβασης στις προαναφερθείσες κυματομορφές, τόσο για καθαρά  ωμικό φορτίο,  όσο  και  για φορτίο ωμικό  σε  σειρά  με  πηνίο  εξομάλυνσης  μεγάλης  τιμής.

Diagram

Description automatically generated

Εικόνα 17:Ισοδύναμο Κύκλωμα με Φαινόμενο Μετάβασης

Η μετάβαση οφείλεται στις επαγωγές που έχουν οι γραμμές του δικτύου. Κατά τη διάρκεια του φαινομένου σχηματίζεται ένα εικονικό βραχυκύκλωμα . Το ρεύμα δεν μεταβαίνει από τον ένα κλάδο στον επόμενο ακαριαία . Τη στιγμή που θα δοθεί ο παλμός έναυσης στο επόμενο θυρίστορ αρχίζει να ανεβαίνει σε αυτό το θυρίστορ το ρεύμα και να πέφτει στο προηγούμενο. Κατά τη διάρκεια αυτής της μετάβασης η κυματομορφή της τάσης του φορτίου είναι ίση με το –3/2 ή 3/2 επί την φασική τάση που δεν συμμετέχει στην μετάβαση, αν η μετάβαση γίνεται στην κάτω ή στην άνω ομάδα αντίστοιχα.