

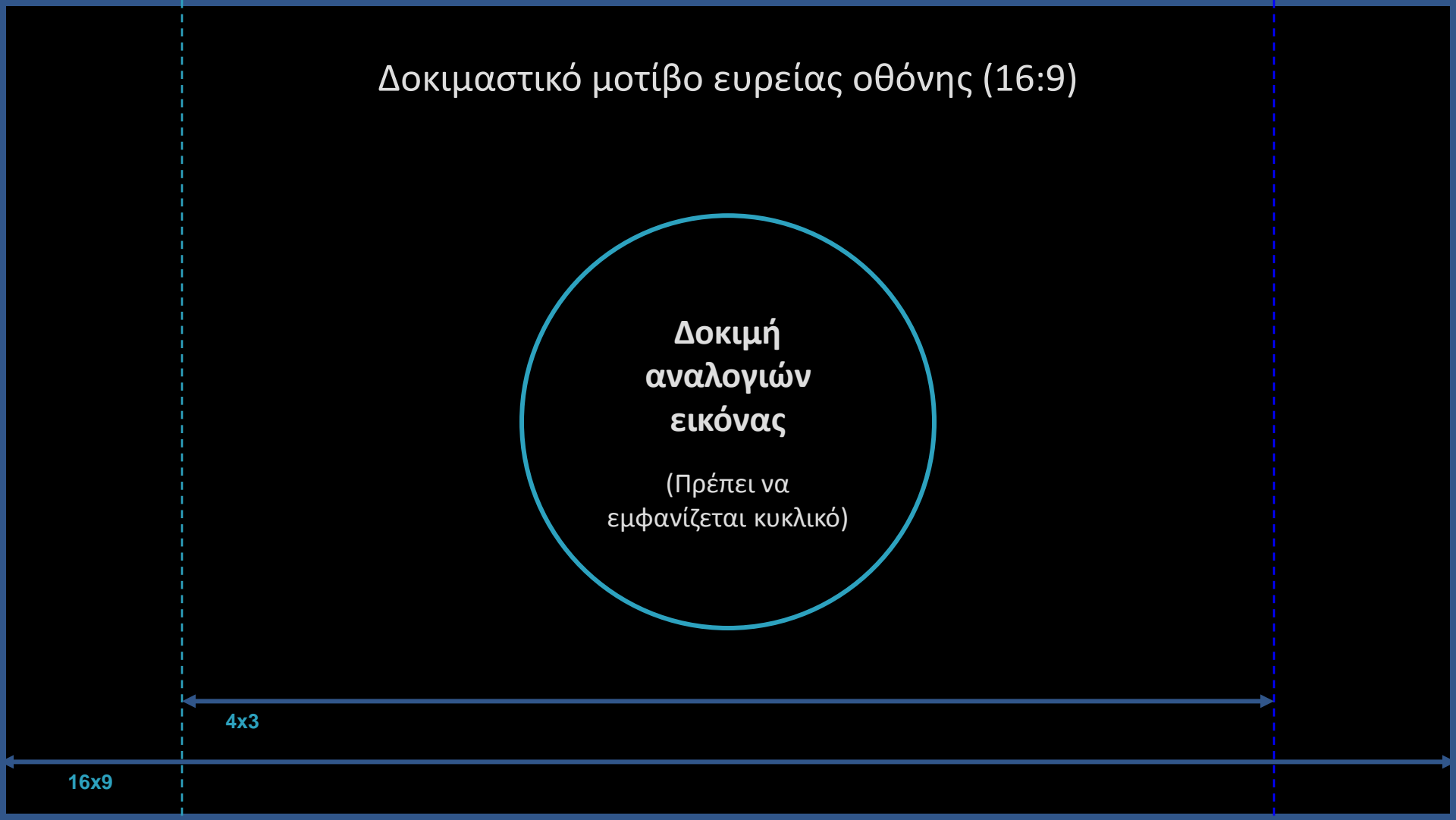
Δοκιμαστικό μοτίβο ευρείας οθόνης (16:9)

**Δοκιμή
αναλογιών
εικόνας**

(Πρέπει να
εμφανίζεται κυκλικό)

4x3

16x9





Α.Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

Πτυχιακή εργασία

**“ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΕΡΓΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ
ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ
(POWER FACTOR CORRECTION CIRCUIT , PFCC) ”**

Επιβλέπων Καθηγητής:
Σπουδαστής:

Ιωαννίδης Γεώργιος, Αν. Καθηγητής
Χαραλαμπίδης Θεόδωρος

Διάρθρωση Παρουσίασης

1. Διόρθωση Συντελέστη Ισχύος: Ορισμοί Και Τεχνικές
2. Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος Στα Διακοπτικά Τροφοδοτικά
3. Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος Με Τη Χρήση Ανορθωτή Τάσης
4. Ανάλυση Κυκλωμάτων Και Υπολογισμοί
5. Υλοποίηση Κυκλώματος, Συγκριτικές Μετρήσεις & Γραφήματα

Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος: Ορισμοί Και Τεχνικές

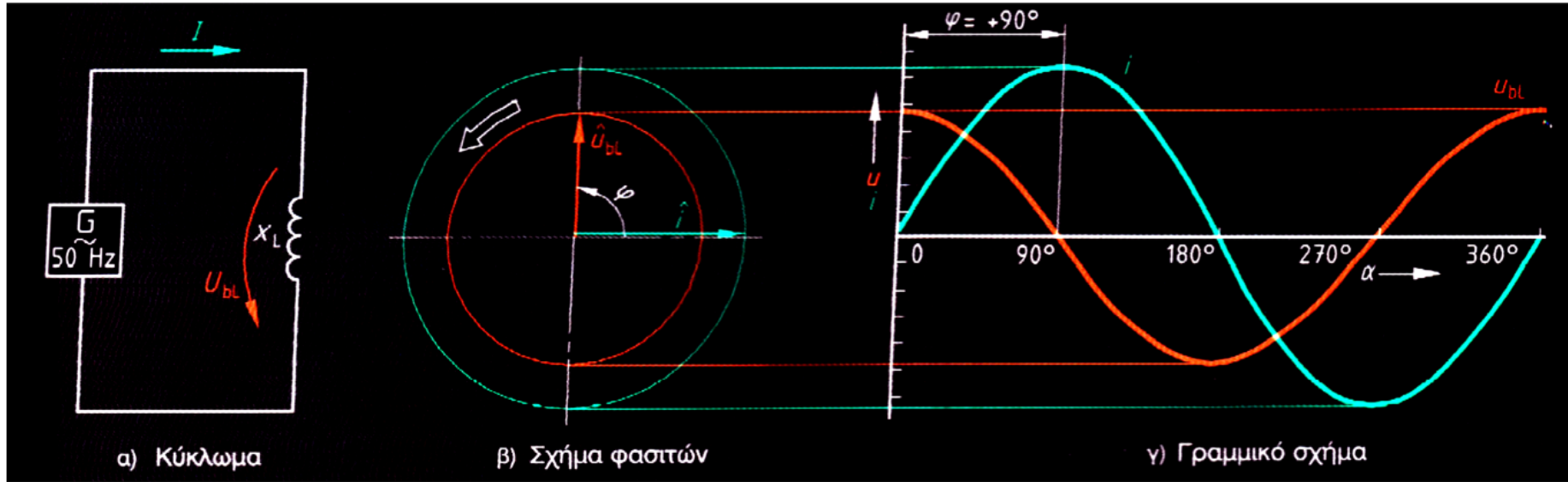
Βασικός Ορισμός

$$PF = \frac{P_{av}}{S} = \frac{P_{av}}{V_{rms} \cdot I_{rms}}$$

$$P_{av} = \frac{1}{\Delta t} \int_0^{\Delta t} p(t) \cdot dt = \int_0^{\Delta t} v(t) \cdot i(t) \cdot dt$$

$$P_{av} = P = \frac{V_m \cdot I_m}{2} \cos\phi = V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \cos\phi$$

Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος: Ορισμοί Και Τεχνικές



Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος: Ορισμοί Και Τεχνικές

Πλήρης Ορισμός

$$\text{PF} = \frac{V_{\text{rms}} \cdot I_{\text{rms}} \cdot \cos\phi}{V_{\text{rms}} \sqrt{I_{\text{rms},1}^2 + \sum_{n=2}^{\infty} I_{\text{rms},n}^2}}$$

Π.Β. Μαλατέστας, Σ.Ν. Μανιάς “Συστήματα Οδήγησης Ηλεκτρικών Κινητήρων”, Εκδόσεις Συμμεων, 1997.

Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος: Ορισμοί Και Τεχνικές

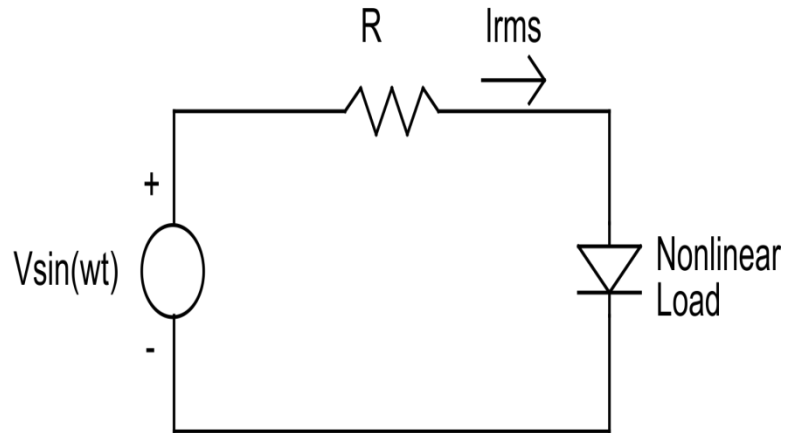
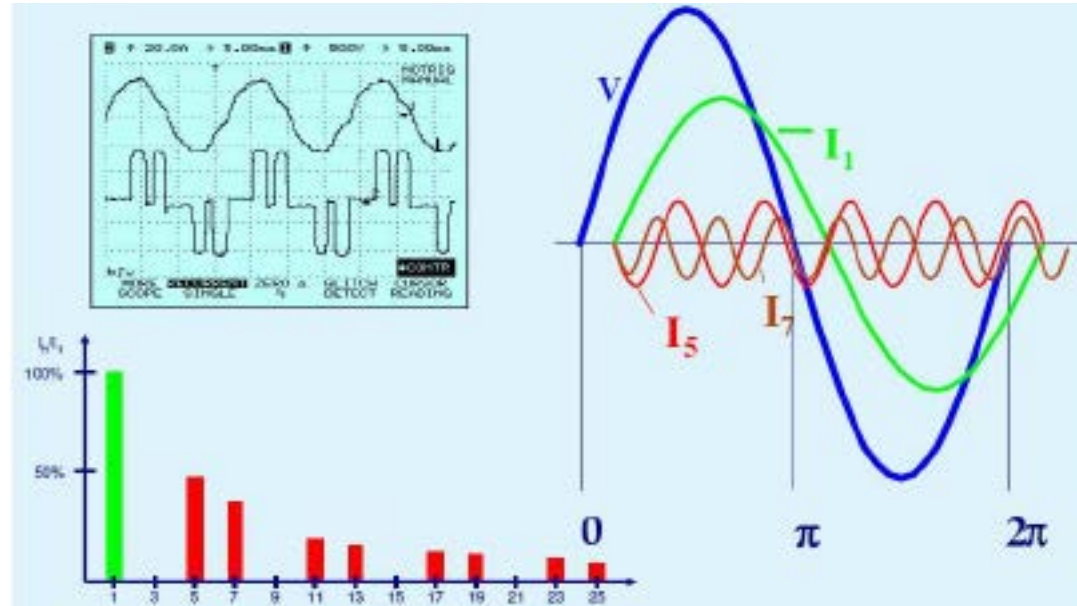


Figure 4: Power System with Nonlinear Load



Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος: Ορισμοί Και Τεχνικές

Ως μονάδα μέτρησης των αρμονικών που υπάρχουν στο δίκτυο, χρησιμοποιούμε τον δείκτη αρμονικής παραμόρφωσης (THD), που ορίζεται ως ο λόγος του αθροίσματος της ισχύος των αρμονικών συχνοτήτων ως προς την ισχύ της θεμελιώδους συχνότητας:

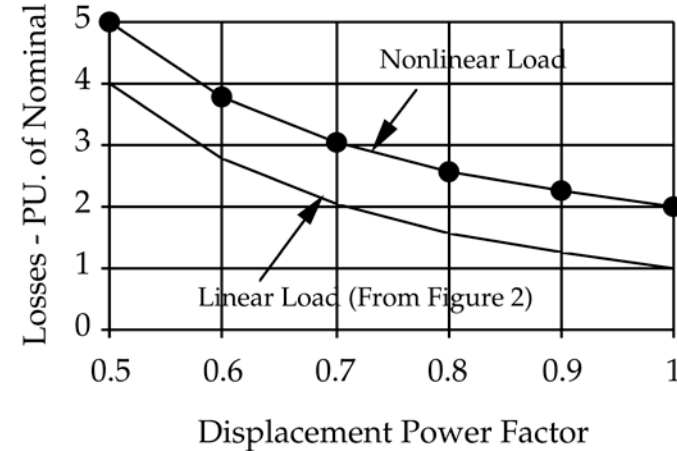
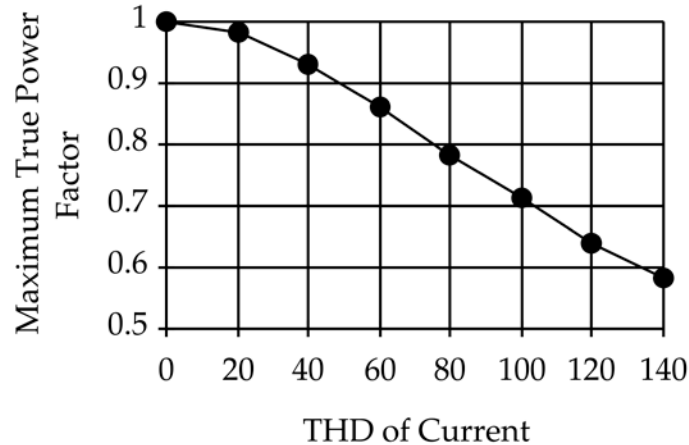
$$THD = \sqrt{\frac{\sum_{n \neq 1} P_n^2}{P_1^2}}$$

Χρησιμοποιείται για να εκφράσει την γραμμικότητα των σημάτων αλλά και την ποιότητα της ισχύος σε ηλεκτρικά συστήματα. Χαμηλός δείκτης αρμονικής παραμόρφωσης σημαίνει λιγότερες απώλειες σε θερμοκρασία, χαμηλότερα ρεύματα κορυφής και λιγότερες εκπομπές EMI.

Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος: Ορισμοί Και Τεχνικές

$$pf_{true} \approx \frac{P_{avg1}}{V_{1rms} I_{1rms}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + (THD_1 / 100)^2}} = pf_{disp} \cdot pf_{dist}$$

Proc. of the EPRI Power Quality Issues & Opportunities Conference (PQA,93),
San Diego, CA, November 1993.



Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος: Ορισμοί Και Τεχνικές

Table 1: Power Factor and Current Distortion Measurements for Common Single-Phase Residential Loads

Load Type	pf_{disp}	THD_I	pf_{dist}	pf_{true}
Ceiling Fan	0.999	1.8	1.000	0.999
Refrigerator	0.875	13.4	0.991	0.867
Microwave Oven	0.998	18.2	0.984	0.982
Vacuum Cleaner	0.951	26.0	0.968	0.921
Fluorescent Ceiling Lamp	0.956 *	39.5	0.930	0.889
Television	0.988 *	121.0	0.637	0.629
Desktop Computer and Printer	0.999 *	140.0	0.581	0.580

* Leading displacement power factor

Διόρθωση Συντελέστη Ισχύος: Ορισμοί Και Τεχνικές

- **Οι μετασχηματιστές και ο εξοπλισμός κίνησης υπερθερμαίνονται** λόγω της επιπρόσθετης φόρτισης που υφίστανται. Επίσης, καταπονούνται μηχανικά με αποτέλεσμα να υπάρχουν σε αυξημένο βαθμό δονήσεις και θόρυβος κατά τη λειτουργία τους.
- **Ο ουδέτερος αγωγός υπερφορτίζεται**, καθώς το διανυσματικό άθροισμα των ρευμάτων που τον διαρρέουν, δεν είναι πλέον ίσο με μηδέν (περίπτωση συμμετρικών φορτίων). Τα ρεύματα των διαφόρων συχνοτήτων προστίθενται και αποτελούν υπολογίσιμη ποσότητα, ενώ οι τιμές τάσης μεταξύ ουδέτερου-γης είναι μη αποδεκτές. Αποτέλεσμα αυτού είναι το ρεύμα του ουδέτερου να μην είναι εντός των αποδεκτών ορίων τις περισσότερες φορές.
- **Υπάρχουσες διατάξεις πυκνωτών κινδυνεύουν να καταστραφούν** σε περιπτώσεις όπου ο κλάδος στον οποίο συνδέονται, εμφανίζει ίδια συχνότητα με κάποιες από τις αρμονικές που υπάρχουν στο δίκτυο. Στην περίπτωση αυτή, η σύνθετη αντίσταση του συγκεκριμένου κλάδου ελαχιστοποιείται με αποτέλεσμα να αυξάνει κατά πολύ το ρεύμα που τον διαρρέει. Έτσι το πλάτος των αρμονικών αυξάνεται (ηλεκτρική ταλάντωση), αυξάνεται η ενεργός τάση και ένταση, οι πυκνωτές υπερθερμαίνονται και ενδέχεται είτε να καταστραφεί το διηλεκτρικό τους υλικό είτε να λιώσουν οι ασφάλειες τους με αποτέλεσμα να τεθούν εκτός λειτουργίας.
- **Τα μέσα ζεύξης και προστασίας φθείρονται** και είναι πιθανό να λειτουργήσουν ανεπιθύμητα, ιδιαίτερα αν η αρχή λειτουργίας τους στηρίζεται σε θερμικά μοντέλα ή για τον υπολογισμό της ενεργούς τιμής της έντασης χρησιμοποιείται το πλάτος της κυματομορφής της, το οποίο είναι στην περίπτωση αυτή παραμορφωμένο.
- **Η λειτουργία του ηλεκτρονικού εξοπλισμού και των γεννητριών καθίσταται αναξιόπιστη.**
- **Σημειώνονται λανθασμένες καταγραφές ηλεκτρικών μεγεθών από τις μετρητικές διατάξεις.**
- **Γίνεται σπατάλη ενέργειας με αποτέλεσμα οι λογαριασμοί κατανάλωσης ενέργειας να είναι υψηλότεροι.**
- **Μειώνεται η εφεδρεία της ηλεκτρικής εγκατάστασης**, καθώς τα ρεύματα που διαρρέουν τα καλώδια και τους ηλεκτρικούς πίνακες, είναι σημαντικά μεγαλύτερα λόγω των αρμονικών.

Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος: Ορισμοί Και Τεχνικές

Όλα τα παραπάνω οδηγούν σε επιβάρυνση της ηλεκτρικής εγκατάστασης η οποία ισοδυναμεί με οικονομικό κόστος που προκύπτει από την:

- **Μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας**, άρα την πληρωμή υψηλότερων λογαριασμών.
- **Αδικοιολόγητα σταματήματα στην παραγωγή** - χαμένοι χρόνοι - πρόσθετο κόστος.
- **Ταχύτερη φθορά του εξοπλισμού** η οποία έχει σαν αποτέλεσμα επιπρόσθετες επενδύσεις.
- **Υψηλότερο κόστος συντήρησης και επισκευών**
- **Μειωμένη ποιότητα** του παραγόμενου προϊόντος ή της παρεχόμενης υπηρεσίας.

Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος: Ορισμοί Και Τεχνικές

Κοινοτικό πρότυπο

TABLE 1. LIMITS FOR CLASS A EQUIPMENT

Harmonic Order, n	Maximum permissible harmonic current, A
Odd harmonics	
3	2.3
5	1.14
7	0.77
9	0.40
11	0.33
13	0.21
15 ≤ n ≤ 39	0.15, 15/n
Even harmonics	
2	1.08
4	0.43
6	0.30
8 ≤ n ≤ 40	0.23, 8/n

TABLE 2. LIMITS FOR CLASS C EQUIPMENT

Harmonic Order, n	Maximum permissible harmonic current expressed as a percentage of the input current at the fundamental frequency, %
2	2
3	30 X power factor
4	10
7	7
9	5
11 ≤ n ≤ 39 (odd harmonics only)	3 0.15, 15/n

TABLE 3. LIMITS FOR CLASS D EQUIPMENT

Harmonic order n	Maximum permissible harmonic current per watt, mA/W	Maximum permissible harmonic current, A
3	3.4	2.3
5	1.9	1.14
7	1.0	0.77
9	0.5	0.40
11	0.35	0.33
13 ≤ n ≤ 39 (odd harmonics only)	3.85/n	see table 1

IEC-6000-3-2

Class C: φωτισμός

Class D: PC + TV

Class A: οτιδήποτε άλλο

Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος: Ορισμοί Και Τεχνικές

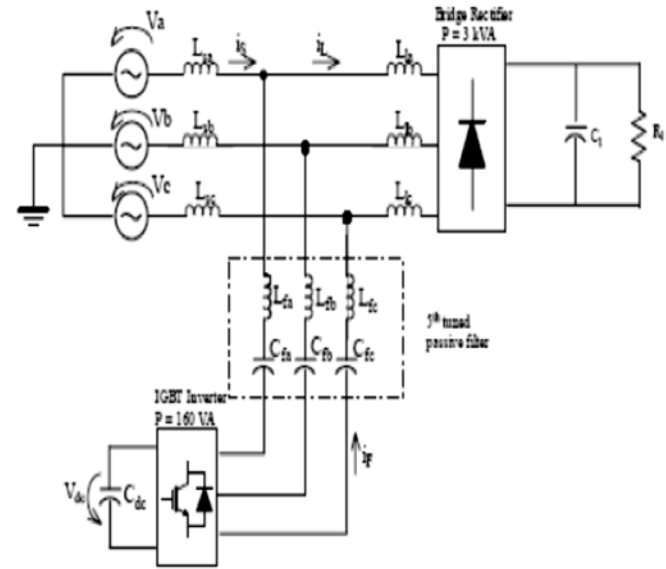
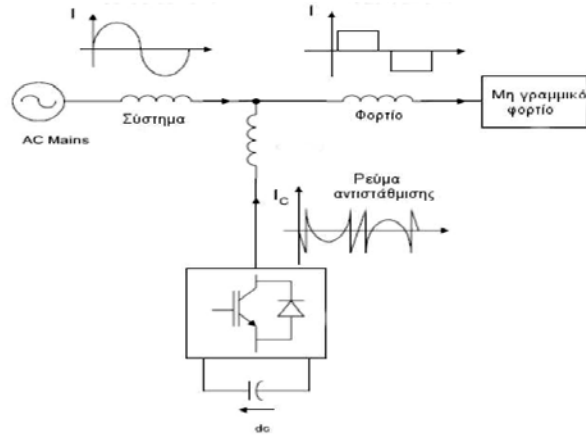
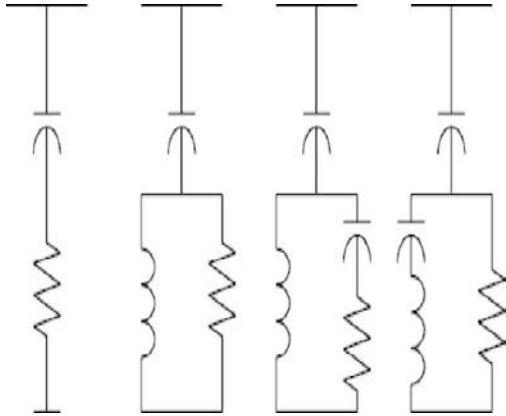
Φίλτρα αρμονικών

Τα φίλτρα αρμονικών χωρίζονται στις εξής τρεις κατηγορίες:

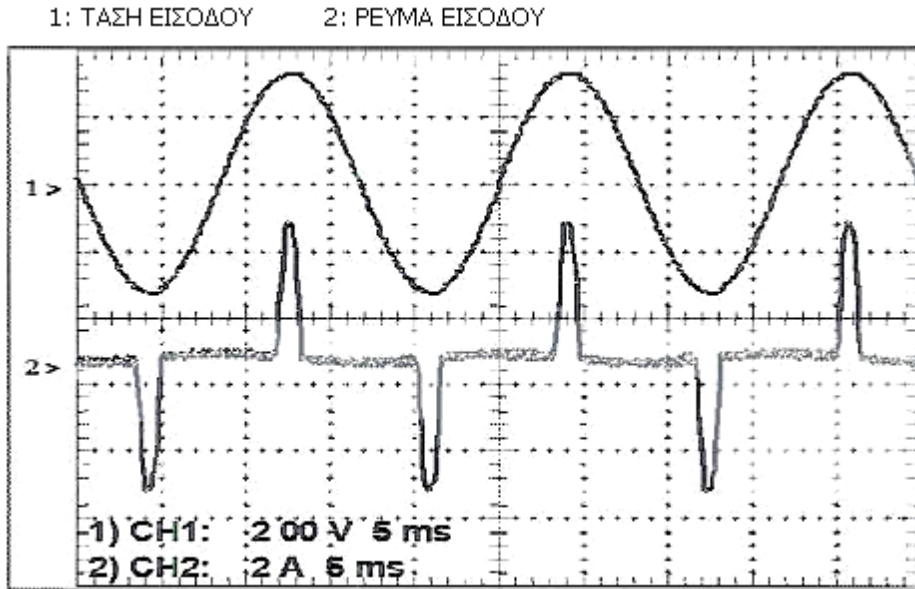
- Παθητικά φίλτρα αρμονικών (passive harmonic filters)
- Ενεργά φίλτρα αρμονικών (active harmonic filters)
- Υβριδικά φίλτρα αρμονικών (hybrid active filters)

Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος: Ορισμοί Και Τεχνικές

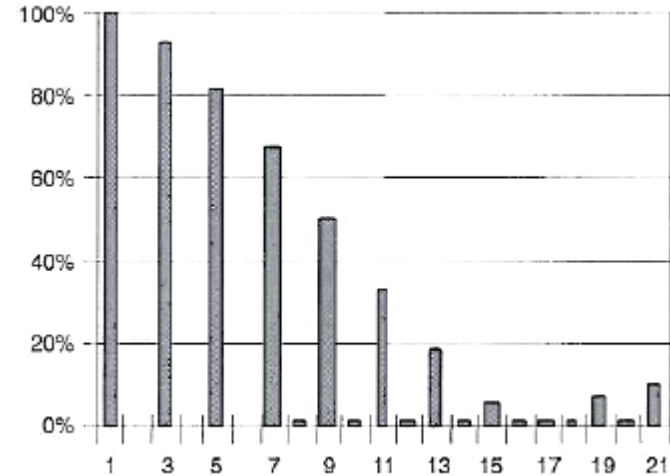
Φίλτρα αρμονικών



Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος Στα Διακοπτικά Τροφοδοτικά

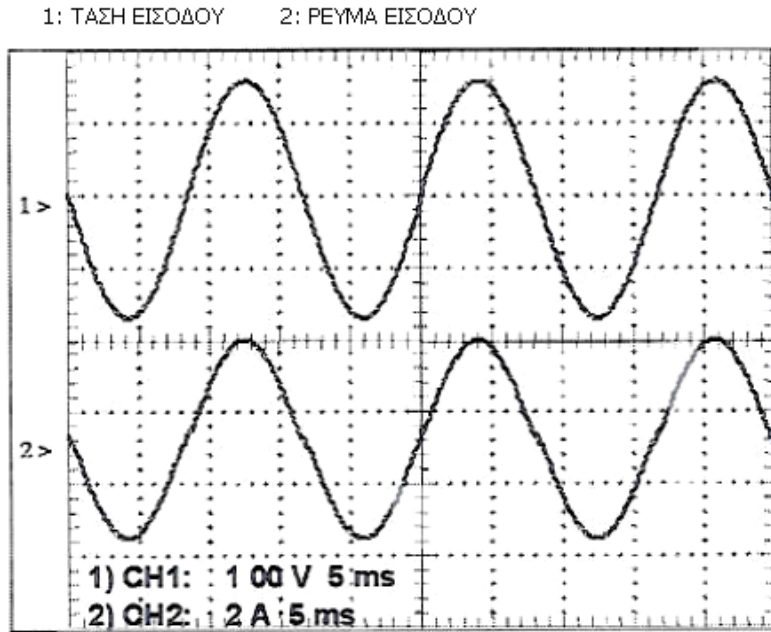


Σχήμα 2.1: Τάση και ρεύμα εισόδου διακοπτικής τροφοδοτικής διάταξης

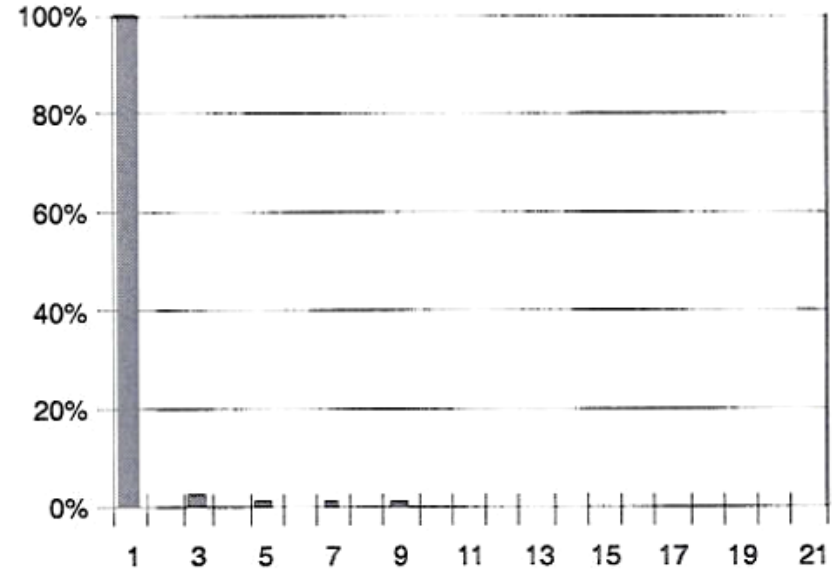


Σχήμα 2.2: Αρμονικό περιεχόμενο κομματομορφής ρεύματος διακοπτικού τροφοδοτικού

Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος Στα Διακοπτικά Τροφοδοτικά



Σχήμα 2.3: Τάση-ρεύμα εισόδου διακοπτικής τροφοδοτικής διάταξης με διορθωμένο συντελεστή ισχύος



Σχήμα 2.4: Αρμονικό περιεχόμενο κυματομορφής ρεύματος διακοπτικού με διορθωμένο συντελεστή ισχύος

Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος Στα Διακοπτικά Τροφοδοτικά

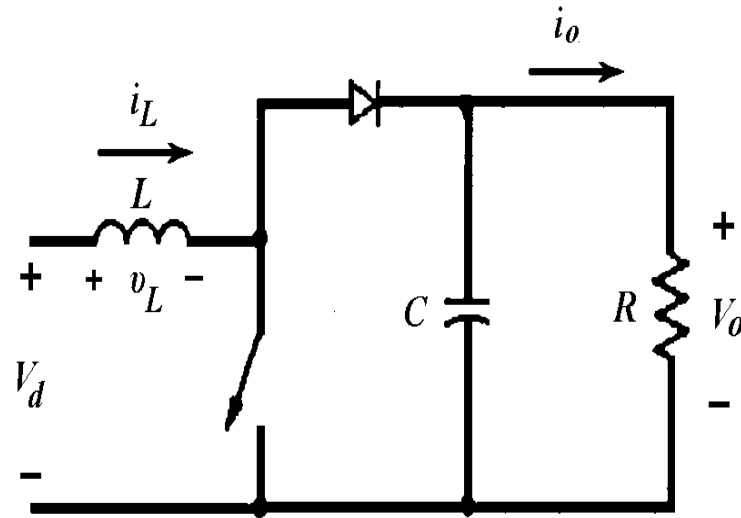


Κύριοι τύποι μετατροπών τάσης

- **Buck Converter**
- **Boost converter**
- **Buck-boost converter**

Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος Με Τη Χρήση Ανορθωτή Τάσης (Boost converter)

Boost converter



Σχήμα 4.3: Κύκλωμα μετατροπέα ανύψωσης τάσης.

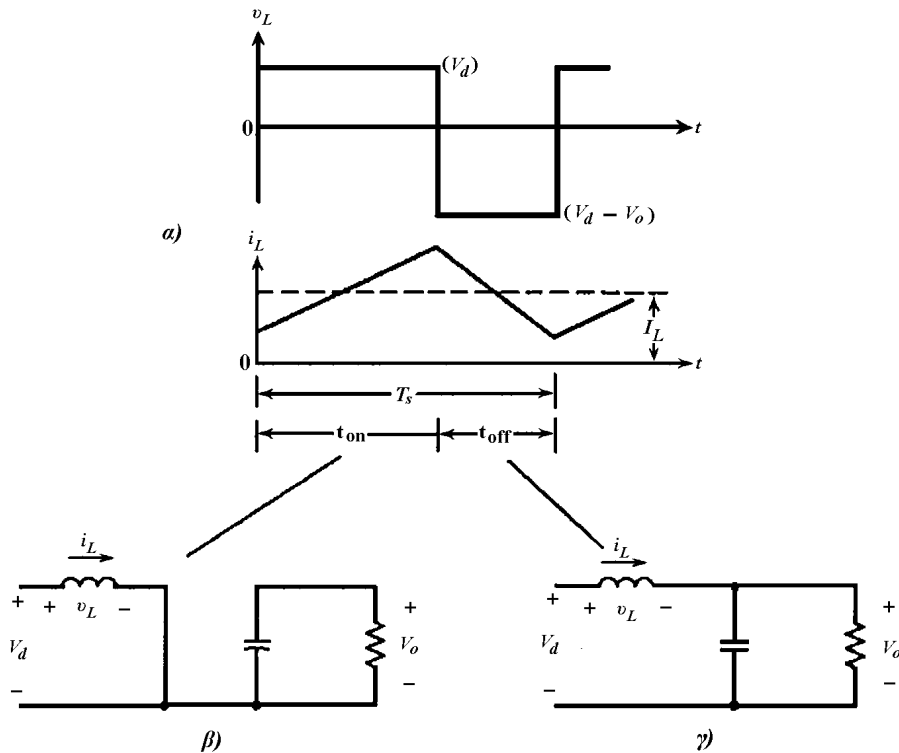
Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος Με Τη Χρήση Ανορθωτή Τάσης (Boost converter)

Boost converter

Σχήμα 4.4: α) Βασικές κυματομορφές για την κατάσταση λειτουργίας με **συνεχή αγωγή ρεύματος εξόδου**.
β) Ισοδύναμο κύκλωμα όταν ο ημιαγωγικός διακόπτης είναι σε κατάσταση αγωγής.
γ) Ισοδύναμο κύκλωμα όταν ο ημιαγωγικός διακόπτης είναι σε κατάσταση αποκοπής.

$$\frac{I_o}{I_d} = \frac{V_d}{V_o} = 1 - D$$

$$D = t_{ON}/T$$

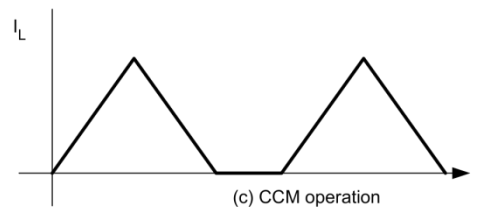
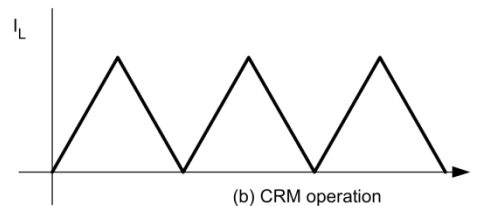
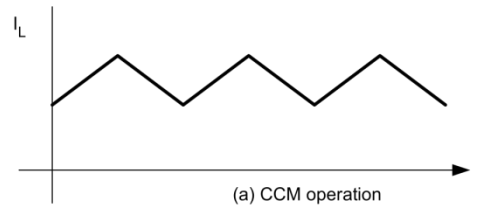


Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος Με Τη Χρήση Ανορθωτή Τάσης (Boost converter)

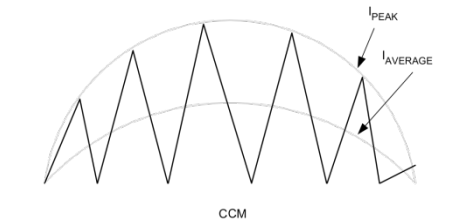
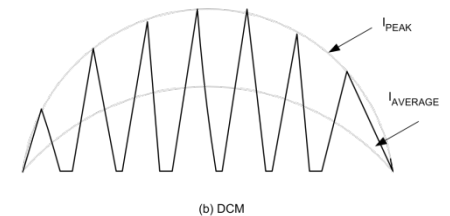
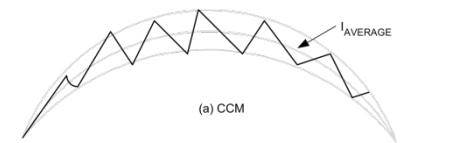
Boost converter

Βασικές τοπολογίες

- Λειτουργία με συνεχή αγωγή ρεύματος πηνίου
- Όριο μεταξύ συνεχούς και ασυνεχούς ρεύματος πηνίου
- Λειτουργία με ασυνεχή αγωγή ρεύματος πηνίου

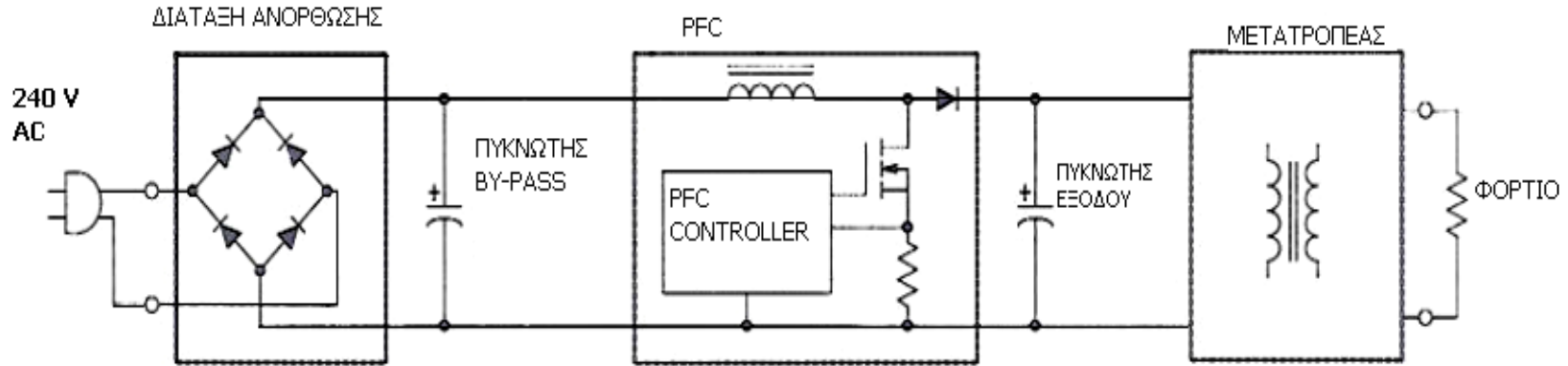


Three inductor current operating modes.



PFC inductor current profiles.

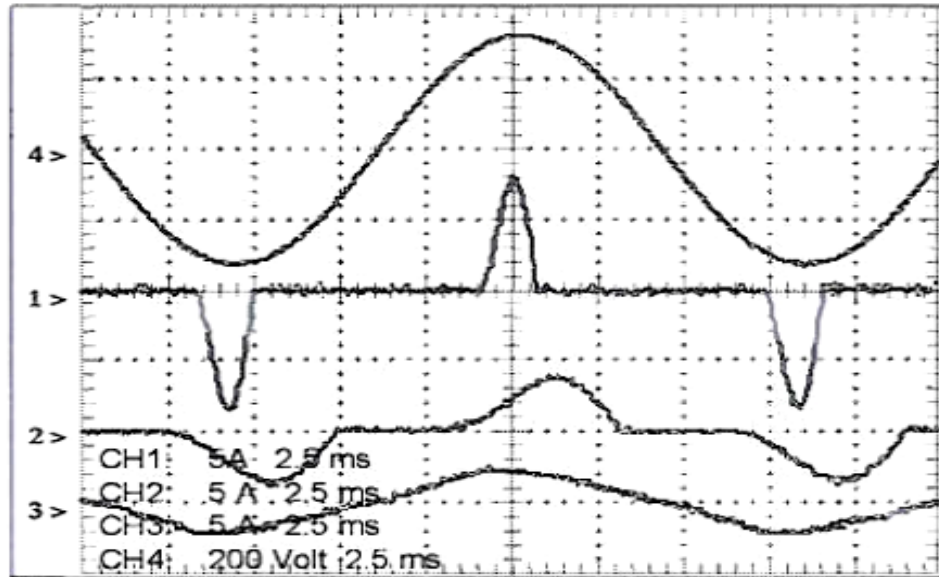
Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος Με Τη Χρήση Ανορθωτή Τάσης (Boost converter)



Σχήμα 4.1: block διάγραμμα κυκλώματος PFC με τη χρήση μετατροπέα boost

Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος Με Τη Χρήση Ανορθωτή Τάσης (Boost converter)

- 1: ΡΕΥΜΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΧΩΡΙΣ PFC
- 2: ΡΕΥΜΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΜΕ ΠΑΘΗΤΙΚΟ PFC
- 3: ΡΕΥΜΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΜΕ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟ PFC
- 4: ΤΑΣΗ ΕΙΣΟΔΟΥ



Σχήμα 4.2: Ρεύμα εισόδου με παθητικό/ενεργητικό/χωρίς PFC

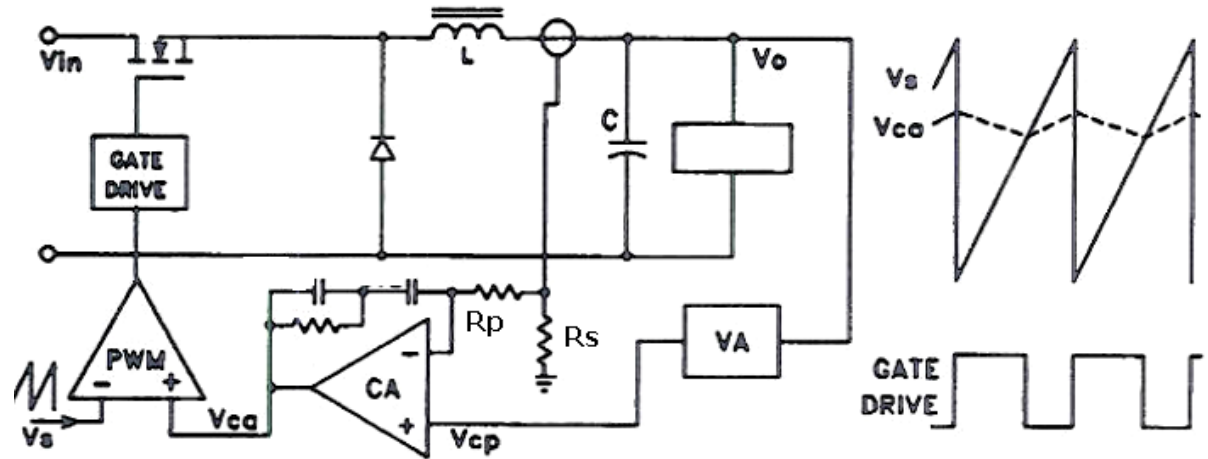
Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος Με Τη Χρήση Ανορθωτή Τάσης (Boost converter)

Μέθοδοι ελέγχου

- Έλεγχος μέγιστων ρευμάτων
- Έλεγχος μέσου ρεύματος

Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος Με Τη Χρήση Ανορθωτή Τάσης (Boost converter)

Έλεγχος μέσου ρεύματος



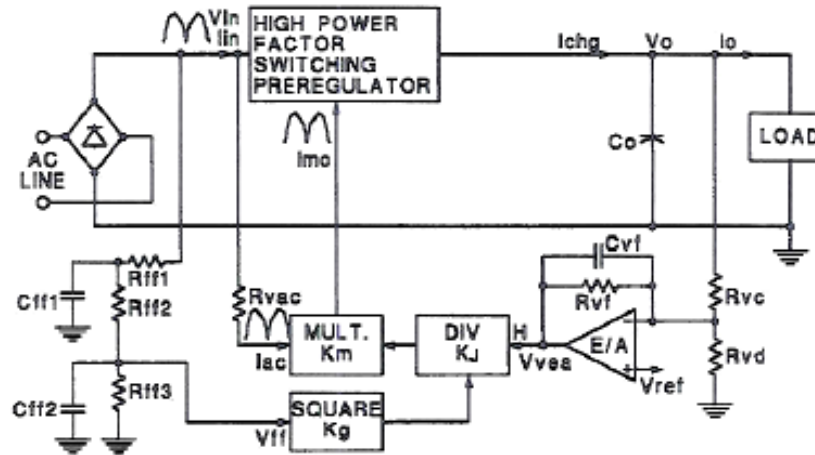
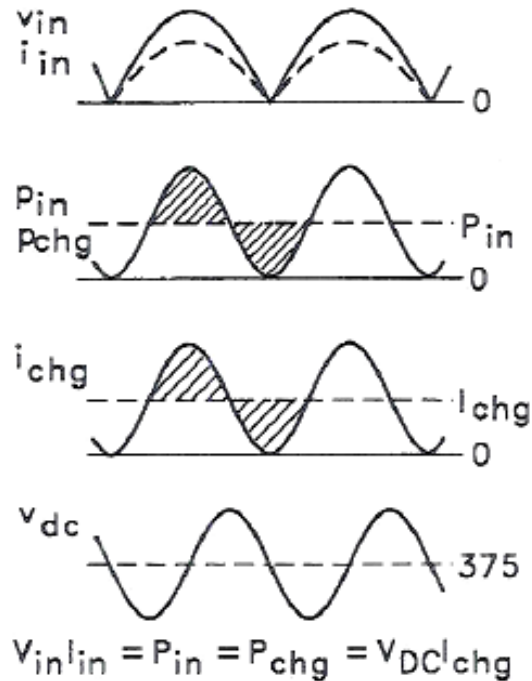
Σχήμα 4.8: Τεχνική ελέγχου μέσου ρεύματος και κυματομορφές

Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος Με Τη Χρήση Ανορθωτή Τάσης (Boost converter)

Έλεγχος μέσου ρεύματος

- Το μέσο ρεύμα ακολουθεί το προγραμματισμένο σήμα με αρκετή ακρίβεια, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνει χαμηλά επίπεδα παραμορφώσεως.
- **Δεν απαιτείται** αντιστάθμιση όπως στην τεχνική του ελέγχου μεγίστων ρευμάτων, αλλά υπάρχει όριο στο κέρδος για να αποφεύγεται η αστάθεια
- Εξαιρετικά μικρή ευαισθησία στον θόρυβο
- Ο έλεγχος μέσου ρεύματος είναι μία πρακτική που **μπορεί να ελέγξει το ρεύμα σε οποιοδήποτε σημείο του κυκλώματος**, οπότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες τοπολογίες, εκτός του ανορθωτή τάσης.

Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος Με Τη Χρήση Ανορθωτή Τάσης (Boost converter)



Σχήμα 4.9: Κυματομορφές και διάγραμμα κυκλώματος ενεργού PFC

Ανάλυση Κυκλωμάτων Και Υπολογισμοί

Προδιαγραφές κυκλώματος

- $P_o = 60W$
- $V_{in} = 24Vac \pm 10\%$
- $f_{in} = 46 - 55Hz$
- $f_{sw} = 100kHz$
- $V_o = 40Vdc \pm 10\%$
- $V_{o_{ripple}} = 10\%$
- $\theta = 0^\circ C - 50^\circ C$

Ανάλυση Κυκλωμάτων Και Υπολογισμοί

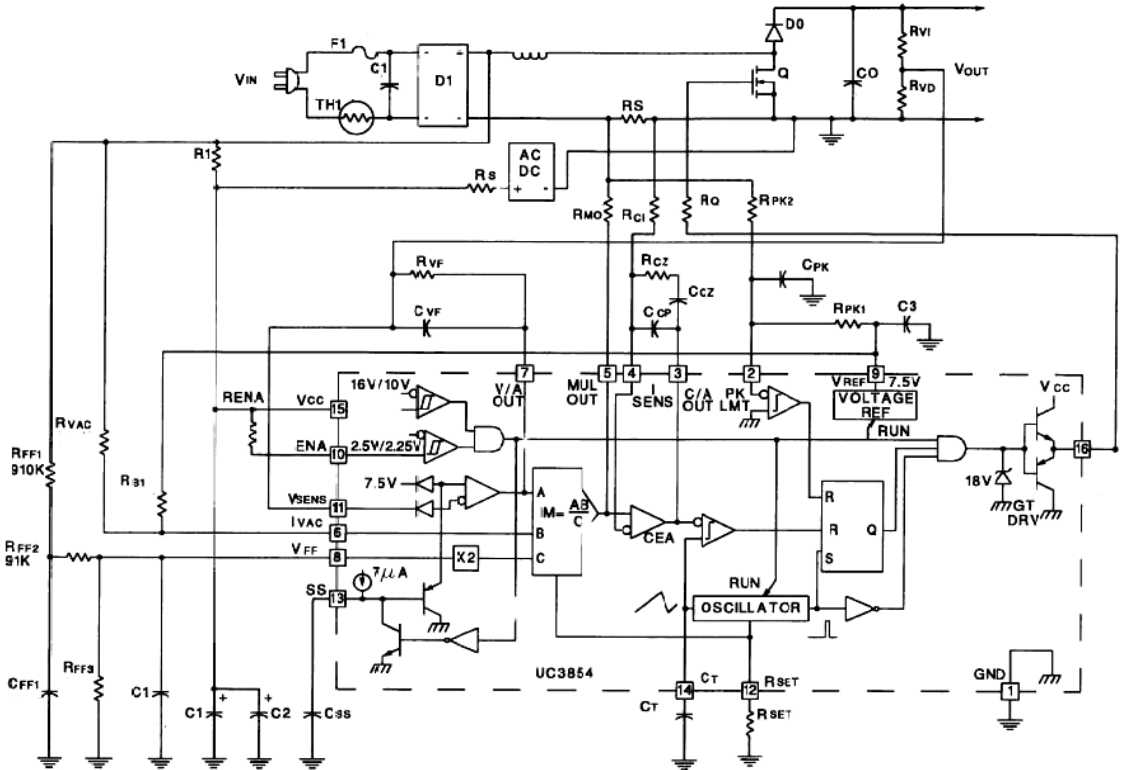
Κύκλωμα Ισχύος

- Ίσχύς εισόδου
- Υπολογισμός ηνίου εισόδου
- Μελέτη κατασκευής ηνίου
- Υπολογισμός πυκνωτή εξόδου
- Διακόπτης και δίοδος ισχύος
- Απώλειες MOSFET-διόδου
- Αντίσταση παρακολούθησης ρεύματος

Ανάλυση Κυκλωμάτων Και Υπολογισμοί

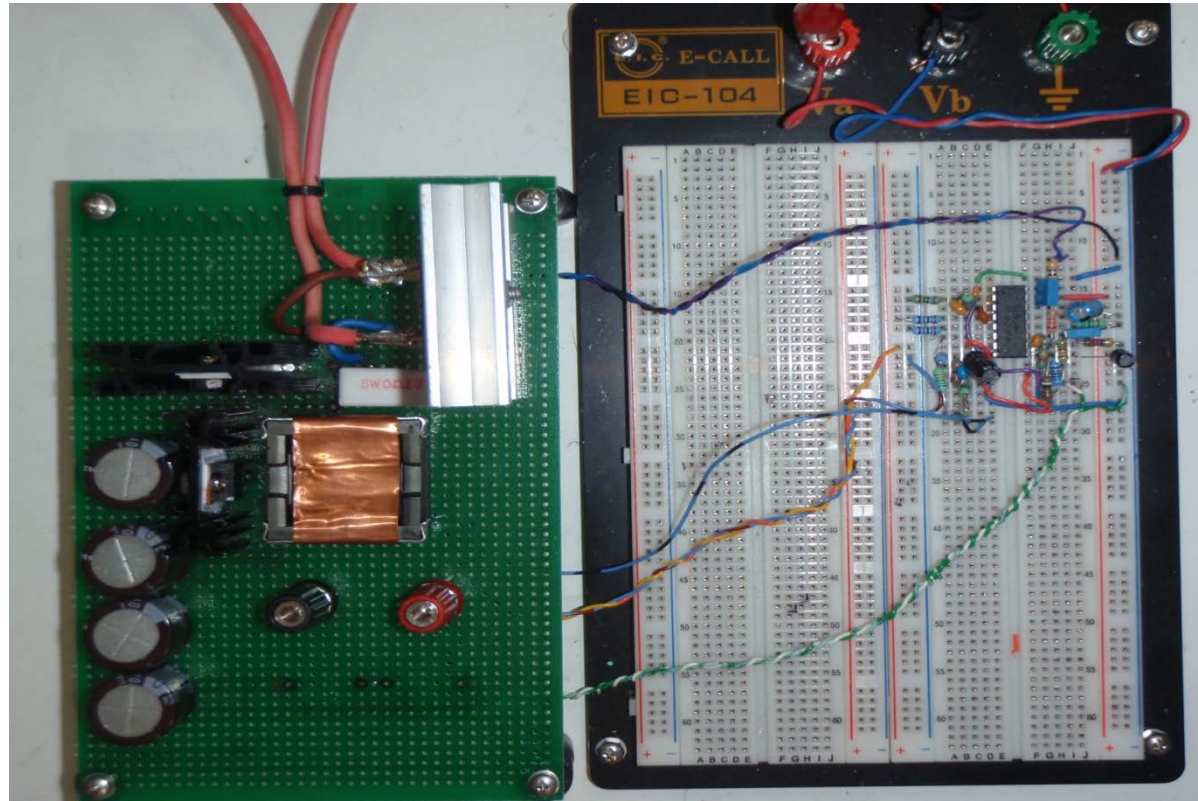
Κύκλωμα ελέγχου

Σχήμα 5.3: Κύκλωμα PFC βασισμένο στο UC3854



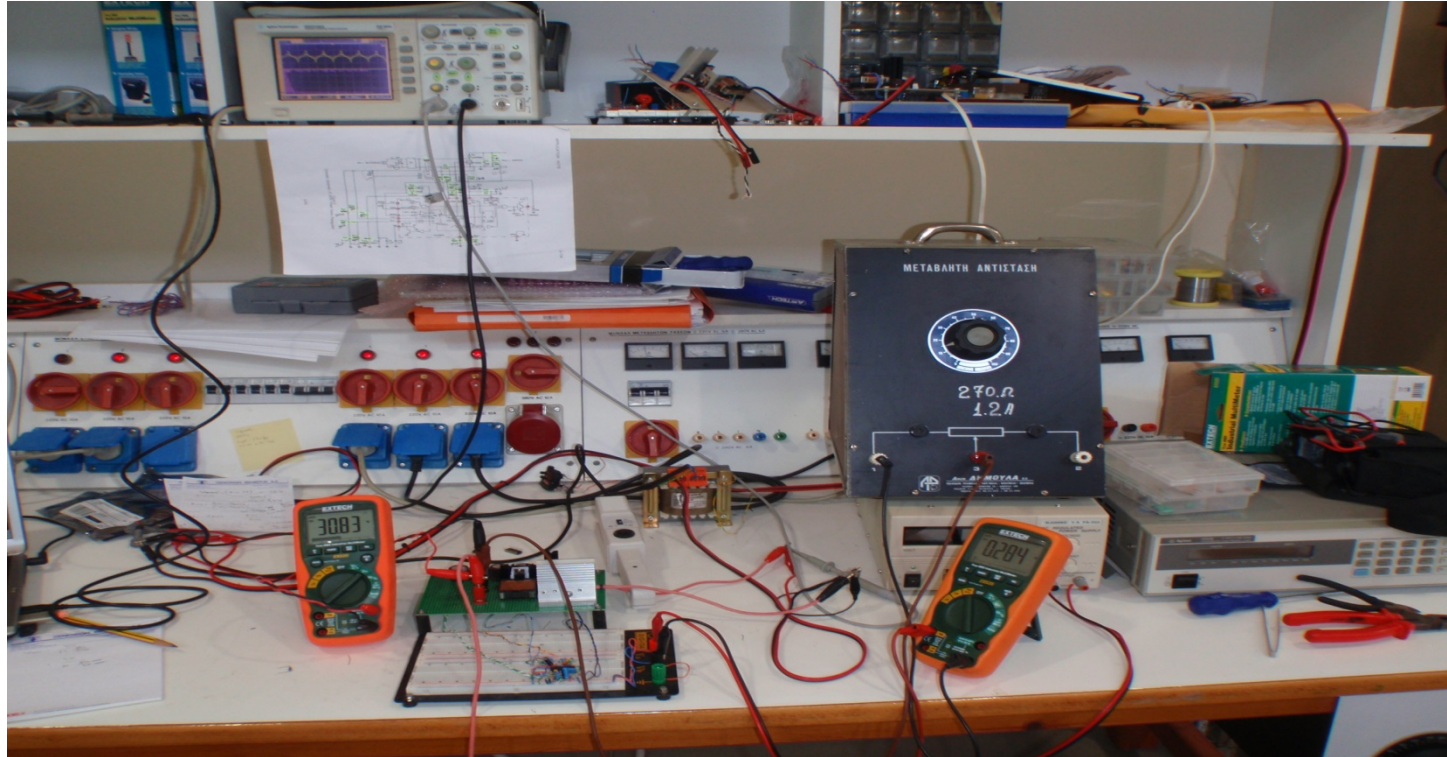
Υλοποίηση Κυκλώματος, Συγκριτικές Μετρήσεις & Γραφήματα

Υλοποίηση



Υλοποίηση Κυκλώματος, Συγκριτικές Μετρήσεις & Γραφήματα

Υλοποίηση



Υλοποίηση Κυκλώματος, Συγκριτικές Μετρήσεις & Γραφήματα

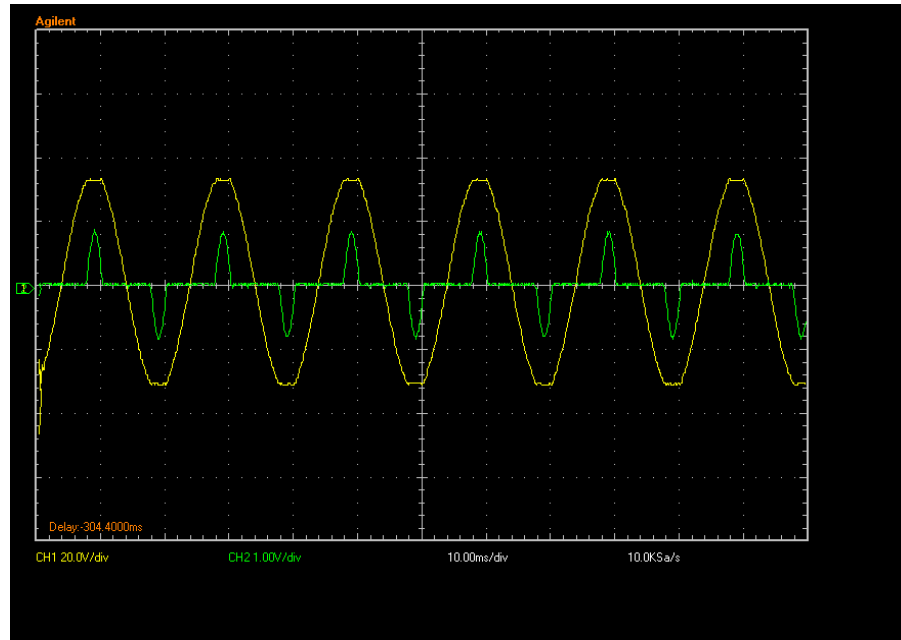
Μετρήσεις

Πίνακας 6.1: Τιμές μετρήσεων δοκιμής

α/α	Τάση εισόδου	Ρεύμα εισόδου	PFC ενεργό
1	22V	0,1A	OXI
2	22V	0,1A	NAI
3	22V	4A	OXI
4	22V	4A	NAI
5	24V	0,1A	OXI
6	24V	0,1A	NAI
7	24V	4A	OXI
8	24V	4A	NAI
9	26V	0,1A	OXI
10	26V	0,1A	NAI
11	26V	4A	OXI
12	26V	4A	NAI

Υλοποίηση Κυκλώματος, Συγκριτικές Μετρήσεις & Γραφήματα

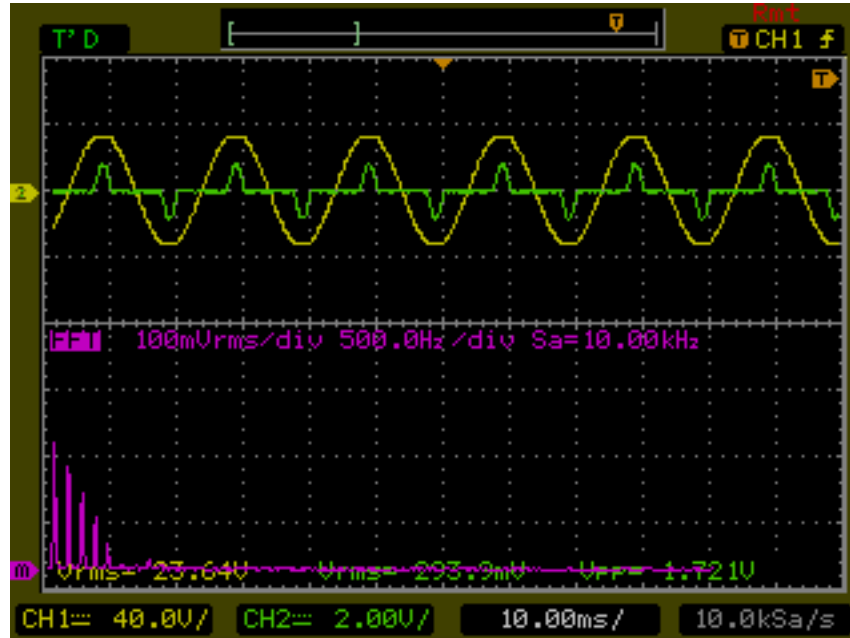
Κυματομορφές του
ρεύματος εισόδου ,
της τάσης εισόδου,
χωρίς διόρθωση
συντελεστή ισχύος
για: τάση εισόδου
 $U_{IN} = 22V$,
ρεύμα εισόδου
 $I_{IN} = 0,1A$



Γράφημα 6.1.α: Κυματομορφές τάσης εισόδου χωρίς PFC, $U_{IN} = 22V$ (κίτρινο), $I_{IN} = 0,1A$ (πράσινο)

Υλοποίηση Κυκλώματος, Συγκριτικές Μετρήσεις & Γραφήματα

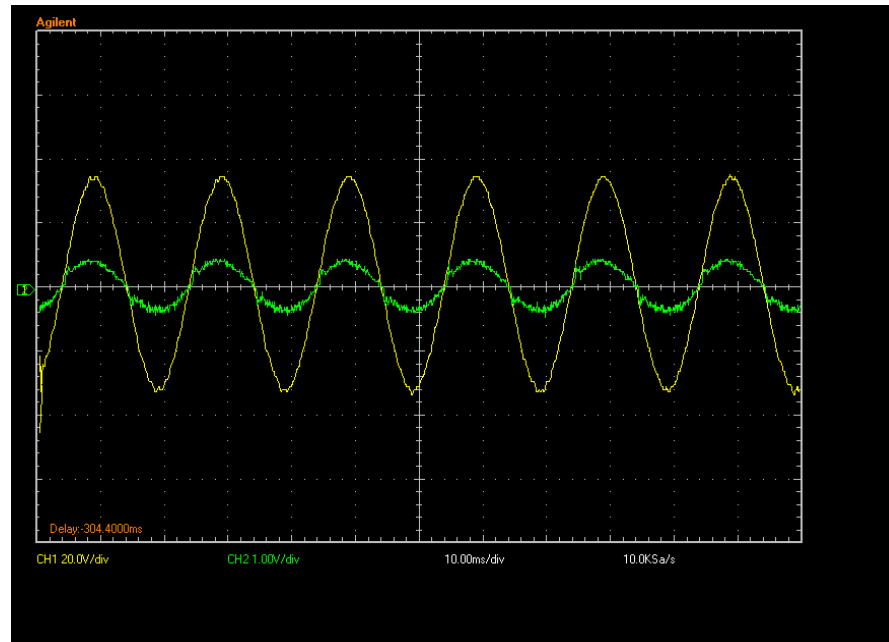
Κυματομορφές του
ρεύματος εισόδου ,
της τάσης εισόδου, και
ανάλυση Fourier
χωρίς διόρθωση
συντελεστή ισχύος
για: τάση εισόδου
 $U_{IN} = 22V$,
ρεύμα εισόδου
 $I_{IN} = 0,1A$



Γράφημα 6.1.β: Κυματομορφές χωρίς PFC, $U_{IN} = 22V$ (κίτρινο) , $I_{IN} = 0,1A$ (πράσινο) και ανάλυση Fourier I_{IN} (μωβ)

Υλοποίηση Κυκλώματος, Συγκριτικές Μετρήσεις & Γραφήματα

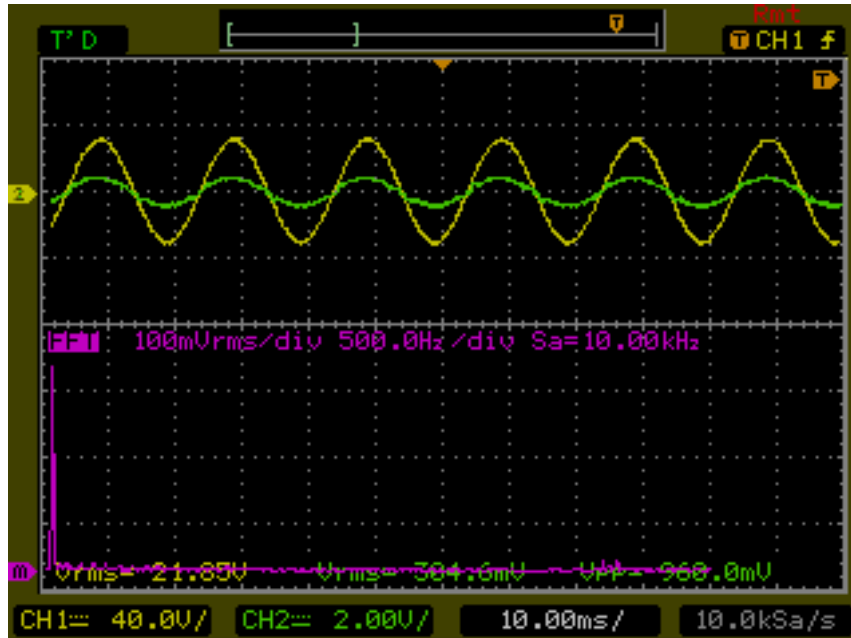
Κυματομορφές του
ρεύματος εισόδου ,
της τάσης εισόδου,
με διόρθωση
συντελεστή ισχύος
για: τάση εισόδου
 $U_{IN} = 22V$,
ρεύμα εισόδου
 $I_{IN} = 0,1A$



Γράφημα 6.2.β: Κυματομορφές με PFC, $U_{IN} = 22V$ (κίτρινο), $I_{IN} = 0,1A$ (πράσινο)

Υλοποίηση Κυκλώματος, Συγκριτικές Μετρήσεις & Γραφήματα

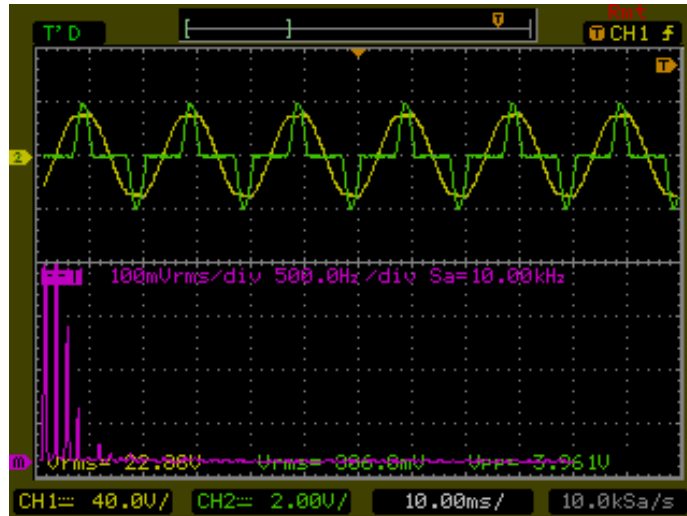
Κυματομορφές του
ρεύματος εισόδου ,
της τάσης εισόδου, και
ανάλυση Fourier,
με διόρθωση
συντελεστή ισχύος
για: τάση εισόδου
 $U_{IN} = 22V$,
ρεύμα εισόδου
 $I_{IN} = 0,1A$



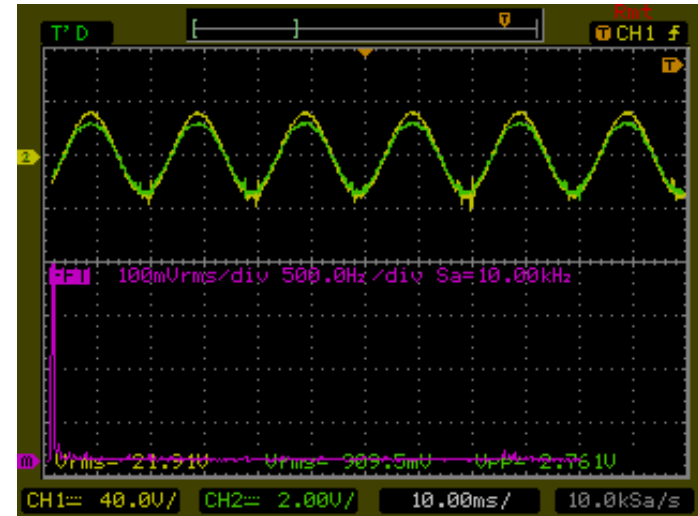
Γράφημα 6.2.β: Κυματομορφές με PFC, $U_{IN} = 22V$ (κίτρινο), $I_{IN} = 0,1A$ (πράσινο) και ανάλυση Fourier I_{IN} (μωβ)

Υλοποίηση Κυκλώματος, Συγκριτικές Μετρήσεις & Γραφήματα

Συγκριτικές μετρήσεις



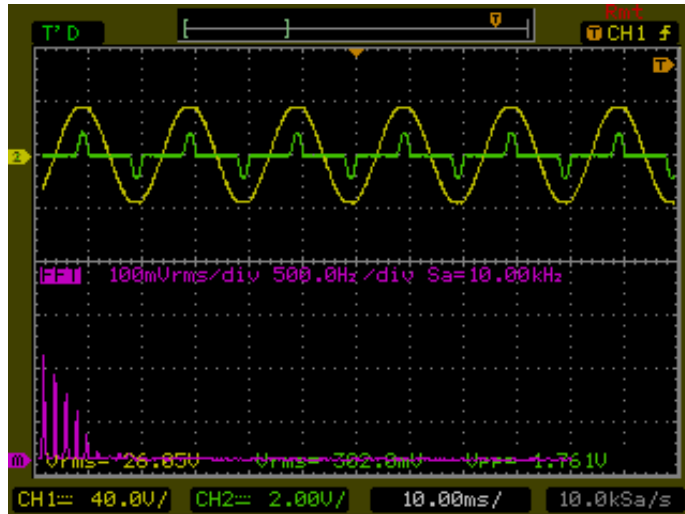
Γράφημα 6.3.β: Κυματομορφές χωρίς PFC, $U_{IN} = 22V$ (κίτρινο), $I_{IN} = 4A$ (πράσινο) και ανάλυση Fourier I_{IN} (μωβ)



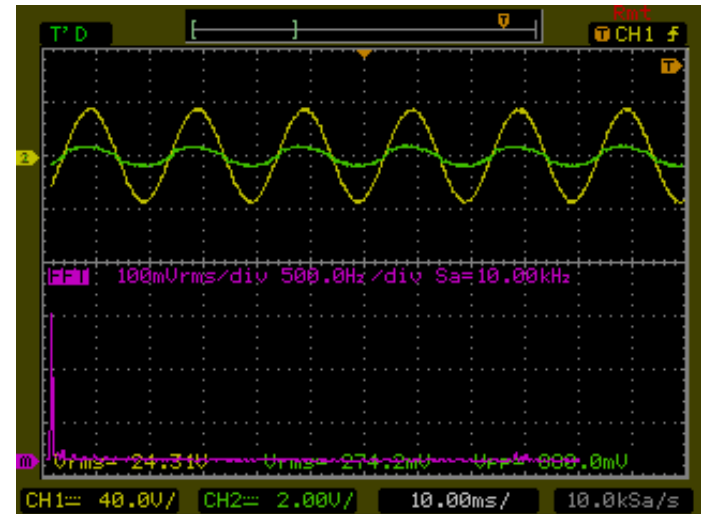
Γράφημα 6.4.β: Κυματομορφές με PFC, $U_{IN} = 22V$ (κίτρινο), $I_{IN} = 4A$ (πράσινο) και ανάλυση Fourier I_{IN} (μωβ)

Υλοποίηση Κυκλώματος, Συγκριτικές Μετρήσεις & Γραφήματα

Συγκριτικές μετρήσεις



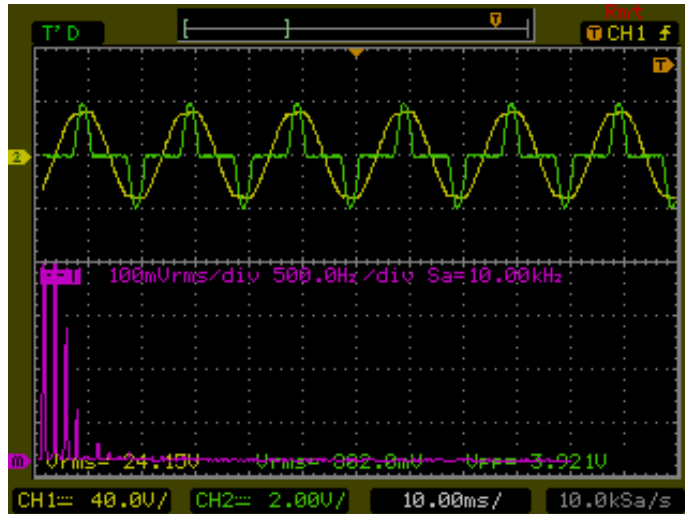
Γράφημα 6.5.β: Κυματομορφές χωρίς PFC, $U_{IN} = 24V$ (κίτρινο), $I_{IN} = 0,1A$ (πράσινο) και ανάλυση Fourier I_{IN} (μωβ)



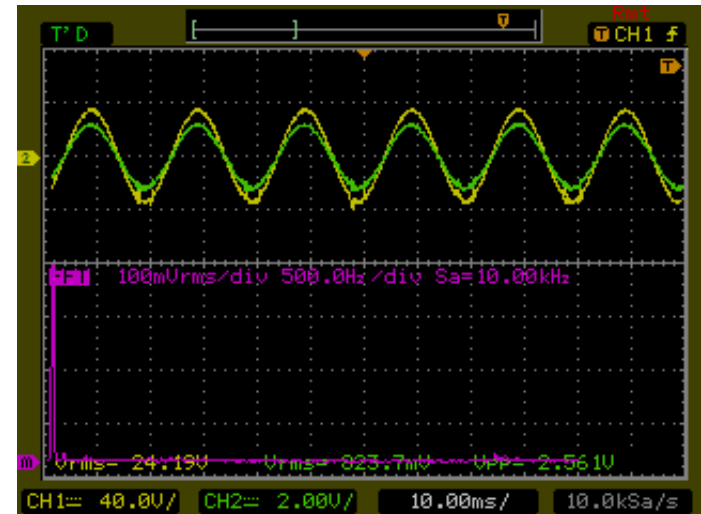
Γράφημα 6.6.β: Κυματομορφές με PFC, $U_{IN} = 24V$ (κίτρινο), $I_{IN} = 0,1A$ (πράσινο) και ανάλυση Fourier I_{IN} (μωβ)

Υλοποίηση Κυκλώματος, Συγκριτικές Μετρήσεις & Γραφήματα

Συγκριτικές μετρήσεις



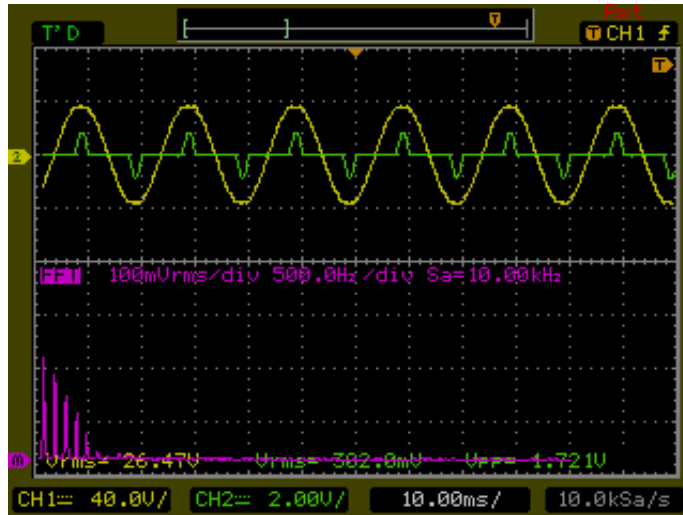
Γράφημα 6.7.β: Κυματομορφές χωρίς PFC, $U_{IN}=24V$ (κίτρινο), $I_{IN}=4A$ (πράσινο) και ανάλυση Fourier I_{IN} (μωβ)



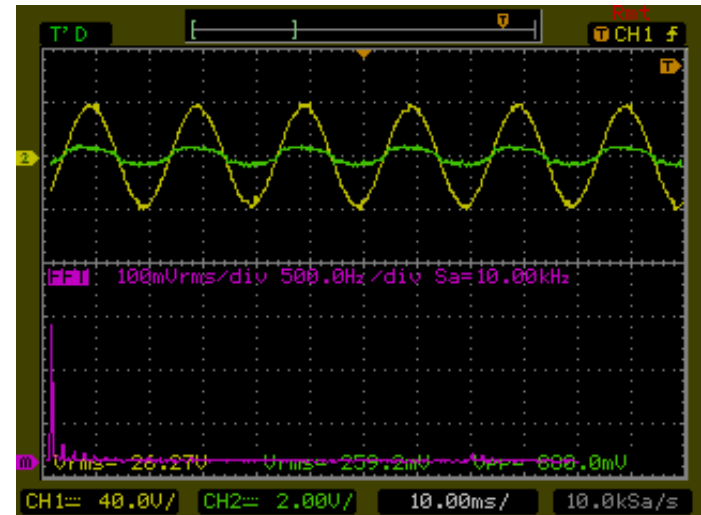
Γράφημα 6.8.β: Κυματομορφές με PFC, $U_{IN}=24V$ (κίτρινο), $I_{IN}=4A$ (πράσινο) και ανάλυση Fourier I_{IN} (μωβ)

Υλοποίηση Κυκλώματος, Συγκριτικές Μετρήσεις & Γραφήματα

Συγκριτικές μετρήσεις



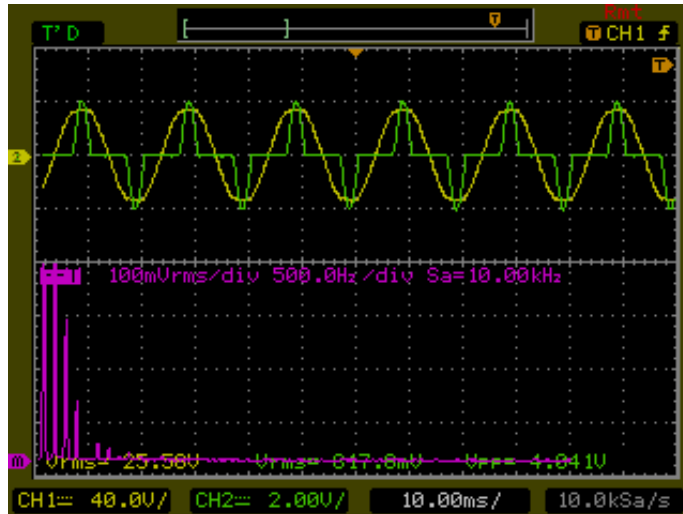
Γράφημα 6.9.β: Κυματομορφές χωρίς PFC, $U_{IN} = 26V$ (κίτρινο), $I_{IN} = 0,1A$ (πράσινο) και ανάλυση Fourier I_{IN} (μωβ)



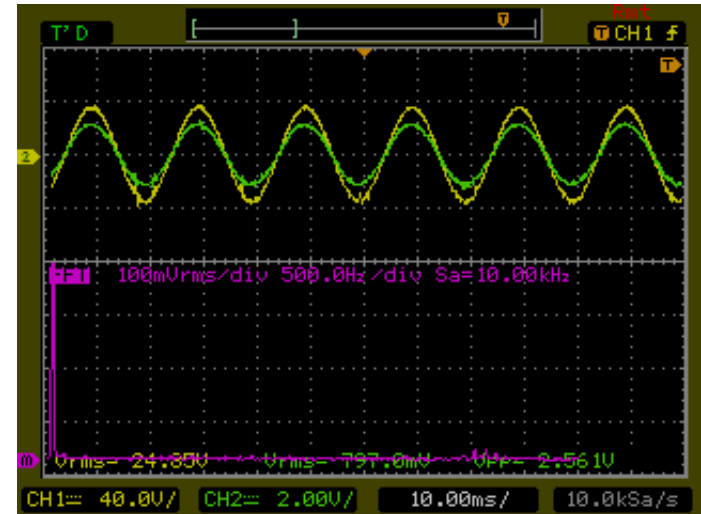
Γράφημα 6.10.β: Κυματομορφές με PFC, $U_{IN} = 26V$ (κίτρινο), $I_{IN} = 0,1A$ (πράσινο) και ανάλυση Fourier I_{IN} (μωβ)

Υλοποίηση Κυκλώματος, Συγκριτικές Μετρήσεις & Γραφήματα

Συγκριτικές μετρήσεις



Γράφημα 6.11.β: Κυματομορφές χωρίς PFC, $U_{IN} = 26V$ (κίτρινο), $I_{IN} = 4A$ (πράσινο) και ανάλυση Fourier I_{IN} (μωβ)



Γράφημα 6.12.β: Κυματομορφές με PFC, $U_{IN} = 26V$ (κίτρινο), $I_{IN} = 4A$ (πράσινο) και ανάλυση Fourier I_{IN} (μωβ)

ΤΕΛΟΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ

