



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΙΣΧΥΟΣ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΚΑΜΠΟΥΡΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ ΑΜ:7309

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΑΡΑΒΑΝΗΣ ΘΕΟΦΑΝΗΣ (ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑΣ)

ΠΑΤΡΑ 2022

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Διπλωματική Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου και αναφέρεται στην ποιότητα ισχύος στα συστήματα ηλεκτρικής ισχύος , καθώς και στα διάφορα προβλήματα - αστοχίες που ανακύπτουν στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας.

Ευχαριστώ θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Αραβανή Θεοφάνη, του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, για την πολύτιμη βοήθεια και τις οδηγίες που μου προσέφερε για την πραγματοποίηση της Εργασίας.

ΚΑΜΠΟΥΡΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Ιούλιος 2022

Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Φοιτητής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Διπλωματικής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο Φοιτητής
ΚΑΜΠΟΥΡΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

.....
(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ολοένα και περισσότερο οι επιχειρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας δίνουν έμφαση στην αντιμετώπιση των αστοχιών - σφαλμάτων που λαμβάνουν χώρα στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας. Οι αστοχίες αυτές δύνανται να προκαλέσουν διακοπές στην τροφοδότηση της ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες έχουν, σαφώς, δυσμενέστερες επιπτώσεις στην ποιότητα ζωής. Μέσω αυτής της πτυχιακής εργασίας θα μελετηθούν τα προβλήματα που δημιουργούνται στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και οι τρόποι αντιμετώπισής τους.

Αρχικά γίνεται μία αναφορά στον ορισμό της ισχύς, έτσι ώστε να γίνει μία μικρή εισαγωγή στο θέμα της πτυχιακής εργασίας. Στο κεφάλαιο 1 γίνεται αναφορά στο τι είναι η ποιότητα ισχύος και για ποιο λόγο είναι σημαντική η μελέτη της. Στο κεφάλαιο 2 αναφέρονται τα προβλήματα-αστοχίες, τα οποία είναι η ασυμμετρία φάσεων, η βύθιση τάσης, η υπέρταση, το φλίκερ, η διακοπή τάσης, η άεργος ισχύς και οι αρμονικές, πως προκύπτουν και τρόποι αντιμετώπισης του κάθε προβλήματος ξεχωριστά. Στο κεφάλαιο 3 γίνεται ειδική αναφορά στο πρόβλημα των αρμονικών, καθώς είναι περισσότερο πολύπλοκο από τα υπόλοιπα, αλλά διαθέτει σημεία τα οποία αξίζει να μελετηθούν σε ξεχωριστό βαθμό. Τέλος στο κεφάλαιο 4 έχει διεξαχθεί πειραματική διαδικασία, μέσω της οποίας απεικονίζονται γραφικά τα προβλήματα-αστοχίες στο δίκτυο. Τα διαγράμματα έχουν δημιουργηθεί μέσω κώδικα με την γλώσσα προγραμματισμού Python, με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε κάθε φορά που τρέχει ο κώδικας για το κάθε πρόβλημα κάθε φορά να παρουσιάζεται το πρόβλημα-αστοχία σε τυχαία θέση καθώς τα φαινόμενα αυτά δεν παρουσιάζονται σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Σκοπός της δημιουργίας του κώδικα είναι για την γρηγορότερη αναγνώριση των προβλημάτων-αστοχιών, για την αμεσότερη αντιμετώπιση τους. Τέλος έχει γίνει και ένας συνοπτικός σχολιασμός των εντολών που έχουν γραφεί για να γίνουν τα διαγράμματα.

Στο τέλος έχει καταγραφεί η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση της πτυχιακής εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Ισχύς.....	8
---------------	---

1. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΙΣΧΥΟΣ

1.1 Η έννοια της ποιότητας ισχύος.....	10
--	----

1.2 Το αυξημένο ενδιαφέρον για την ποιότητα.....	10
--	----

1.3 Εξελίξεις στην ποιότητα ισχύος.....	12
---	----

1.4 Διεθνή πρότυπα ισχύος.....	12
--------------------------------	----

1.5 Καταναλωτές με απαιτήσεις ποιότητας ισχύος.....	13
---	----

2. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ-ΑΣΤΟΧΙΕΣ

2.1 Προβλήματα που υπάρχουν.....	15
----------------------------------	----

2.2 Ασυμμετρία φάσεων.....	15
----------------------------	----

2.2.1 Τρόποι αντιμετώπισης.....	16
---------------------------------	----

2.3 Βύθιση τάσης.....	17
-----------------------	----

2.3.1 Τρόποι αντιμετώπισης.....	18
---------------------------------	----

2.4 Υπέρταση.....	19
-------------------	----

2.4.1 Τρόποι αντιμετώπισης.....	20
---------------------------------	----

2.5 Φλίκερ.....	20
-----------------	----

2.5.1 Τρόποι αντιμετώπισης.....	21
---------------------------------	----

2.6 Διακοπή τάσης.....	22
------------------------	----

2.6.1 Τρόποι αντιμετώπισης.....	22
---------------------------------	----

2.7 Άεργος ισχύς.....	23
2.7.1 Τρόποι αντιμετώπισης.....	24
3. ΑΡΜΟΝΙΚΕΣ	
3.1 Το φαινόμενο των αρμονικών.....	26
3.2 Το φαινόμενο της παρουσίας των αρμονικών ρευμάτων και τάσεων στο δίκτυο.....	26
3.3 Ανάλυση σημάτων και συστημάτων στο πεδίο της συχνότητας.....	27
3.3.1 Σειρά Fourier.....	27
3.3.2 Μετασχηματισμός Fourier.....	28
3.3.3 Βασικές ιδιότητες μετασχηματισμού Fourier.....	28
3.4 Αρμονική παραμόρφωση και δείκτες που την περιγράφουν.....	29
3.4.1 Δείκτης ολικής αρμονικής παραμόρφωσης.....	29
3.4.2 Συντελεστής κορυφής και συντελεστής K.....	30
3.5 Προβλήματα που δημιουργούν οι αρμονικές.....	30
3.6 Πηγές αρμονικών.....	31
3.7 Τρόποι αντιμετώπισης.....	32
3.8 Όργανα μέτρησης.....	33
4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ-ΚΩΔΙΚΕΣ	
4.1 Πειραματική διαδικασία.....	36
4.2 Κώδικες-Διαγράμματα	36
4.2.1 Κώδικας και απεικόνιση βύθισης τάσης (Sags)	36
4.2.2 Κώδικας και απεικόνιση υπέρτασης (Swells).....	39
4.2.3 Κώδικας και απεικόνιση φλίκερ (Flicker).....	41
4.2.4 Κώδικας και απεικόνιση διακοπής τάσης (Interruption).....	44
4.2.5 Κώδικας και απεικόνιση αρμονικών (Harmonics).....	46
4.3 Σχολιασμός εντολών.....	47
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	
5.1 Συμπεράσματα.....	52

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.ΙΣΧΥΣ

Για να μπορέσουμε να αναλύσουμε τι είναι η ποιότητα ισχύος, πρέπει πρώτα να πούμε τι είναι η ισχύς. Σε αυτήν την πτυχιακή θα μελετηθεί η ποιότητα ισχύος στα ηλεκτρικά συστήματα, επομένως πρέπει να πούμε τι είναι ηλεκτρική ισχύς και όχι γενικά ισχύς, διότι μπορεί να περιλαμβάνει και την μηχανική ή την υδραυλική ισχύς τα οποία δεν αποτελούν μελέτη της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας. Η ηλεκτρική ισχύς ορίζεται ως ο ρυθμός με τον οποίο η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται από ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Η ισχύς συμβολίζεται με το γράμμα P και δίνεται από τον τύπο :

$P = V \cdot I$, όπου V η διαφορά δυναμικού και I το ηλεκτρικό ρεύμα, μονάδα μέτρησης στο SI το 1 Watt.

Ο παραπάνω τύπος μπορεί να τροποποιηθεί με την βοήθεια του νόμου του Ohm αν αντικαταστήσουμε το V με το ισοδύναμο του που είναι :

$$V = I \cdot R, \text{ άρα η εξίσωση θα γίνει:}$$

$$P = I^2 \cdot R$$

Γενικά ισχύει ότι όσο μεγαλύτερη η μέγιστη ισχύς της αντίστασης, τόσο μεγαλύτερη η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που μπορεί να την διαπεράσει.

1. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΙΣΧΥΟΣ

1.1. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΙΣΧΥΟΣ

Μελετώντας τις διάφορες επιστημονικές πηγές πολλές φορές συναντώνται διαφορετικοί ορισμοί για την ποιότητα ισχύος(power quality), ενίοτε αντικρουόμενοι. Κάποιες άλλες πηγές χρησιμοποιούν παρόμοια αλλά ελαφρώς διαφορετική ορολογία για να περιγράψουν το ίδιο φαινόμενο όπως ποιότητα παροχής ενέργειας. Ωστόσο σε αυτή την εργασία θα μελετηθεί ο επικρατέστερος ορισμός και ο πιο διαδεδομένος. Ως ποιότητα ισχύος ορίζεται το σύνολο των φυσικών χαρακτηριστικών της ηλεκτρικής παροχής κάτω από κανονικές συνθήκες τροφοδότησης που δεν διαταράσσουν ή διακόπτουν για οποιοδήποτε χρονικό διάστημα τις διαδικασίες παραγωγής ή λειτουργίας του καταναλωτή ενέργειας.

Η ποιότητα ισχύος είναι ο συνδυασμός της ποιότητας τάσεως(voltage quality) και της ποιότητας ρεύματος(current quality). Η ποιότητα τάσης σχετίζεται με την απόκλιση της τάσης από την ιδανική. Ιδανική τάση είναι ένα καθαρό ημίτονο μίας συχνότητας, που χαρακτηρίζεται από σταθερή τιμή πλάτους συχνότητας. Η ποιότητα ρεύματος είναι ο συμπληρωματικός όρος της ποιότητας τάσεως. Σχετίζεται με την απόκλιση του ρεύματος από την ιδανική τιμή του ρεύματος. Το ιδανικό ρεύμα είναι ένα απλό ημίτονο της ίδιας σταθερής συχνότητας σε φάση με αυτό της τάσης.

Η ποιότητα ισχύος καλύπτει φαινόμενα ήδη γνωστά τα οποία όμως αποκτούν διαφορετική και μεγαλύτερη σημασία στα σύγχρονα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας. Τα προβλήματα που διαπραγματεύεται είναι σημαντικά είτε γιατί συνδέονται με αυξημένο λειτουργικό κόστος είτε ακόμα και με την διατάραξη της ποιότητας ζωής των καταναλωτών. Πρόβλημα στην ποιότητα ηλεκτρικής ισχύος δημιουργείται όταν διαταραχθεί η κυματομορφή της τάσης, η κυματομορφή του ρεύματος ή συχνότητα τάσης. Αν η ηλεκτρική ενέργεια είναι ανεπαρκής, τότε η ποιότητα θεωρείται ελλιπής. Σύμφωνα με τα παραπάνω οι Dugan, Roger, Santoso, McGranaghan, έχουν δώσει ως ορισμό της ποιότητας ισχύος ότι : ' Η ποιότητα ισχύος είναι κάθε πρόβλημα που εκδηλώνεται σε αποκλίσεις τάσης, ρεύματος, ή συχνότητας και καταλήγει σε υπολειτουργία ή στην μη λειτουργία του εξοπλισμού ενός καταναλωτή.'

1.2. ΤΟ ΑΥΞΗΜΕΝΟ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ

Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί ραγδαία αύξηση ενδιαφέροντος ως προς την ποιότητα ισχύος. Το ενδιαφέρον αυτό δεν αφορά μόνο τους καταναλωτές, οι οποίοι θέλουν, να έχουν καλύτερη ποιότητα ώστε να διευκολύνονται στην καθημερινότητά τους, αλλά και από τις επιχειρήσεις και τα εργοστάσια. Ωστόσο ο όρος ποιότητα ισχύος δεν απασχολεί την βιομηχανία έντονα τα τελευταία χρόνια, αλλά υπάρχει έντονο ενδιαφέρον τα τελευταία τριάντα με σαράντα χρόνια. Τα θέματα

που αφορούν την συγκεκριμένη έννοια δεν είναι καινούργια , αυτό που είναι καινούργιο είναι ο τρόπος αντιμετώπισης από τους μηχανικούς, οι οποίοι πλέον προσπαθούν να λύσουν τα οποιαδήποτε προβλήματα αντιμετωπίζουν με ολική προσέγγιση και όχι μερική.

Οι κυριότεροι λόγοι για το αυξανόμενο ενδιαφέρον είναι :

1. Ίσως ο σημαντικότερος λόγος είναι ότι με την ραγδαία αύξηση της τεχνολογίας η νεότερη γενιά τεχνολογικού εξοπλισμού φορτίου είναι βασισμένη σε γρηγορότερους και δυναμικότερους μικροεπεξεργαστές και ηλεκτρονικά ισχύος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο εξοπλισμός να είναι περισσότερο ευαίσθητος από το παρελθόν στις διακυμάνσεις της ποιότητας ισχύος που ενδέχεται να αντιμετωπίζει.
2. Η επιθυμία για υψηλότερη απόδοση του συνολικού συστήματος ενέργειας οδήγησε στην εφαρμογή συσκευών, οι οποίες θα διορθώνουν το συντελεστή ισχύος ώστε να επιταχθεί μείωση των απωλειών στο σύστημα. Τέτοιες συσκευές είναι κυρίως οι πυκνωτές . Αυτός ο τρόπος αντιμετώπισης οδήγησε στην αύξηση των επιπέδων αρμονικών στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, ένα πρόβλημα που θα αναλυθεί στην συνέχεια της εργασίας.
3. Οι καταναλωτές πλέον είναι ενημερωμένοι σε μεγαλύτερο βαθμό σε θέματα όπως η βύθιση τάσης , επιπλέον διαθέτουν πολλές ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμοποιούν στην καθημερινότητά τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να έχουν περισσότερες απαιτήσεις και να πιέζουν τις εταιρείες να βελτιώσουν την ποιότητα παροχής ενέργειας για καλύτερο και γρηγορότερο δίκτυο, δίχως προβλήματα.
4. Στο δίκτυο συνδέονται πολλά υποσύστημα, επομένως ένα υποσύστημα να παρουσιάσει το οποιοδήποτε πρόβλημα προκαλεί αλυσιδωτή αντίδραση στο ευρύτερο δίκτυο με αποτέλεσμα να υπολειπургεί ίσως και σε μεγαλύτερο βαθμό το συνολικό δίκτυο.

Ο κοινός παράγοντας που συνδέει τους παραπάνω λόγους του αυξημένου ενδιαφέροντος για την ποιότητα της ηλεκτρικής ενέργειας είναι η συνεχιζόμενη τάση για αύξηση της παραγωγικότητας, την οποία επιθυμούν οι καταναλωτές. Οι βιομηχανίες θέλουν πιο γρήγορες, πιο παραγωγικές, πιο αποδοτικές μηχανές, ενώ οι εταιρείες κοινής ωφέλειας ενθαρρύνουν την προσπάθεια αυτή, καθώς βοηθά τους πελάτες τους. Το ενδιαφέρον εδώ είναι ότι ο εξοπλισμός που εγκαθίσταται για την αύξηση της παραγωγικότητας είναι συχνά ο ίδιος που υποφέρει περισσότερο από τις κοινές διαταραχές. Τέλος ο εξοπλισμός είναι αρκετές φορές η πηγή των σύγχρονων προβλημάτων ποιότητας ισχύος.

1.3. ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΙΣΧΥΟΣ

Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί σημαντική αύξηση ενδιαφέροντος ως προς την κατανομημένη παραγωγή ενέργειας που παράγεται στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας. Στις μέρες μας πολλές χώρες έχουν διαμορφώσει και εκσυγχρονίσει τους νόμους τους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, που στοχεύουν κυρίως το κόστος των διάφορων πηγών ηλεκτρικής ενέργειας που διαθέτει η κάθε χώρα. Αυτή η ενέργεια είχε ως αποτέλεσμα να περιπλέξει το πρόβλημα της ποιότητας ισχύος. Για παράδειγμα σε περιοχές που έχουν περίπλοκη γεωγραφική θέση δεν υπάρχει σωστός και αποτελεσματικός έλεγχος από τον παραγωγό ηλεκτρικής ενέργειας ως προς τον καταναλωτή, με αποτέλεσμα να υπάρχουν προβλήματα και διαμαρτυρίες για την ποιότητα. Για να μην υπάρχει υποβάθμιση της ποιότητας πρέπει να αντιμετωπιστεί η ανάγκη για ποιότητα στην παραγωγή αλλά και καλύτερες βάσεις για καλύτερη μεταφορά – διανομή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η παγκοσμιοποίηση της βιομηχανίας αύξησε σε τεράστιο βαθμό την εστίαση ως προς τα προβλήματα που δημιουργούνται στην ποιότητα ηλεκτρικής ενέργειας σε όλο τον κόσμο. Οι εταιρείες που διαθέτουν εργοστάσια αντιμετωπίζουν σημαντικά προβλήματα με την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας κυρίως λόγω του χαμηλότερου επιπέδου συστημάτων και της τοποθεσίας τους. Έχουν γίνει προσπάθειες για την συγκεντρωτική αξιολόγηση της ποιότητας ισχύος, αλλά χωρίς κάποιο ευκρινές αποτέλεσμα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η κατανομημένη παραγωγή ενέργειας και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν δημιουργήσει τα περισσότερα και κυριότερα προβλήματα στον όρο ποιότητα ισχύος, όπως για παράδειγμα παραμορφώσεις κυματομορφής, μεταβολές τάσης και flicker.

1.4. ΔΙΕΘΝΗ ΠΡΟΤΥΠΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΙΣΧΥΟΣ

Η Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC) έχει εκδώσει μεγάλο αριθμό δημοσιευμάτων τα πρότυπα της ποιότητας ισχύος. Ο κανονισμός IEC – 61000 περιγράφει τους κανόνες για την επίτευξη ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας. Τα κεφάλαια που περιλαμβάνει ο κανονισμός επιγραμματικά είναι τα παρακάτω :

Κεφάλαιο 1^ο : Γενικά : Προϋποθέσεις ασφάλειας λειτουργίας και αρτιότητας.

Κεφάλαιο 2^ο : Περιβάλλον : Περιγραφή και ταξινόμηση περιβάλλοντος και επίπεδα διαταραχών.

Κεφάλαιο 3^ο : Όρια : Οριακές τιμές εκπομπών και αρτιότητας εξοπλισμού.

Κεφάλαιο 4^ο : Τεχνικές δοκιμών και μετρήσεων : Επεξήγηση των τεχνικών δοκιμών και μετρήσεων.

Κεφάλαιο 5^ο : Οδηγίες εγκατάστασης και οδηγίες μέτρησης ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών : Οδηγίες για την παρεμπόδιση ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών κατά την εγκατάσταση.

Κεφάλαιο 6^ο : Γενικά πρότυπα : Πρότυπα για τον εξοπλισμό και οριακές τιμές λειτουργίας που δεν συμπεριλαμβάνονται στο Κεφάλαιο 3 .

1.5. ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ ΜΕ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΙΣΧΥΟΣ

Ο σύγχρονος τρόπος ζωής του ανθρώπου και η σύγχρονη βιομηχανία έχουν καθιερώσει την χρήση μεγάλου αριθμού ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών οι οποίες είναι ευαίσθητες στην αξιοπιστία και στην ποιότητα ισχύος. Η αξιοπιστία σχετίζεται με τις μικρές ή μεγάλες διακοπές , σε διάρκεια, της τροφοδοσίας, ενώ η ποιότητα με τις παραμορφώσεις τάσης. Οι οικονομικές επιπτώσεις αυτών των διαταραχών εξαρτώνται από την ευαισθησία των συσκευών και τις λειτουργίες που εξυπηρετούν σε κάθε καταναλωτή. Καταναλωτές που μπορούν να ανεχθούν τις μεγάλες διακοπές τροφοδοσίας εγκαθιστούν εφεδρικές γεννήτριες, ενώ καταναλωτές που έχουν οικονομικές απώλειες από διακοπές ή μεταβολές στην ποιότητα ισχύος εγκαθιστούν συσκευές αδιάλειπτης παροχής ισχύος ή συσκευές αποκατάστασης τάσης.

Καταναλωτές με αυξημένες απαιτήσεις στην ποιότητα ισχύος είναι :

1. Υπολογιστικά συστήματα κρίσιμης αποστολής πχ τράπεζες, επενδυτικές εταιρίες, χρηματιστικές εταιρίες κ.α.
2. Εγκαταστάσεις τηλεπικοινωνιών πχ ραδιοτηλεοπτικοί σταθμοί, τηλεφωνικές εταιρίες κ.α.
3. Μεγάλα εργαστήρια
4. Εγκαταστάσεις ιατρικής περίθαλψης – νοσοκομεία
5. Βιομηχανίες για παραγωγή προϊόντων που απαιτούν συνεχή λειτουργία πχ χημικές βιομηχανίες , βιομηχανίες επεξεργασίας μετάλλων, διυλιστήρια κ.α.
6. Εγκαταστάσεις σημαντικών υπηρεσιών ή επεξεργασίας πχ τρένα, επιχειρήσεις αερίου και σωληνώσεων κ.α.

2.ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ-ΑΣΤΟΧΙΕΣ

2.1 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΥΠΑΡΧΟΥΝ

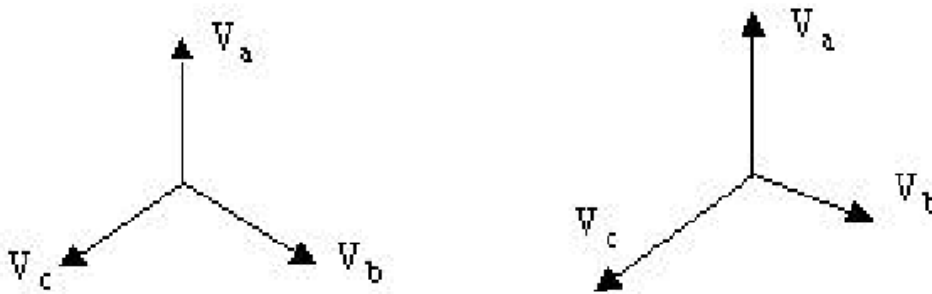
Τα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα τα οποία καλύπτονται από τον όρο ποιότητα ισχύος ποικίλουν. Στο πέρασμα των χρόνων έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για να γίνει με επιτυχία η ορθή κατηγοριοποίηση των φαινομένων έτσι ώστε να είναι ευκολότερη η μελέτη τους, αλλά και η επικοινωνία των επιστημονικών κοινοτήτων και ειδικότερα των μηχανικών. Τα αποτελέσματα των προσπαθειών αυτών θα μελετηθούν στην συνέχεια της εργασίας με αναλυτικό τρόπο. Ίδανικά η ηλεκτρική ισχύς θα είχε ημιτονοειδή μορφή σύμφωνα με τα πρότυπα ή τις προδιαγραφές του συστήματος. Στην πραγματικότητα αυτό συμβαίνει σπάνια λόγω των διάφορων προβλημάτων – παρεκκλίσεων που δημιουργούνται. Τα φαινόμενα που έχουν συγκεντρώσει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον από τους επιστήμονες, αλλά και αυτά που συναντώνται συχνότερα είναι :

1. Ασυμμετρία φάσεων
2. Βύθιση τάσης
3. Υπέρταση
4. Φλίκερ (Flicker)
5. Διακοπή τάσης
6. Αεργός ισχύς
7. Αρμονικές

2.2 ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ ΦΑΣΕΩΝ

Η ασυμμετρία φάσεων παρατηρείται στο τριφασικό σύστημα παροχής . Σε κανονικές συνθήκες, δηλαδή όταν υπάρχει συμμετρία φάσεων οι τάσεις είναι ίσες μεταξύ τους σε μέγεθος και διαφέρουν η μία με την άλλη 120 μοίρες. Όταν υπάρχει ασυμμετρία φάσεων παρατηρείται, είτε διαφορά στην ενεργό τιμή της τάσης μεταξύ των φάσεων , δηλαδή η κατανάλωση ρεύματος είναι ασύμμετρα κατανεμημένη στις τρεις φάσεις , είτε η γωνία ανάμεσα των φάσεων δεν είναι 120 μοίρες (Εικόνα 1)

Η ασυμμετρία φάσεων δημιουργείται λόγω ασύμμετρης φόρτισης των τάσεων, αν υπάρχουν ανοιχτά κυκλώματα στο σύστημα, η παραγωγή του ρεύματος είναι μονοφασική. Η ασυμμετρία αφορά τους τριφασικούς ασύγχρονους κινητήρες και μετασχηματιστές, στους οποίους προκαλείται θερμική καταπόνηση - υπερθέρμανση και επηρεάζει τον εξοπλισμό προστασίας των κυκλωμάτων. Με αυτόν τον τρόπο υπάρχει φθορά και μείωση του χρόνου ζωής της μόνωσης στο σύστημα. Επιπλέον παρατηρείται δυσλειτουργία ή ακόμη και διακοπής λειτουργίας των κινητήρων. Οι επαγωγικοί κινητήρες που λειτουργούν σε κατάσταση ασυμμετρίας, δηλαδή όπως είπαμε παραπάνω δυσλειτουργούν, κάνουν σε μεγάλο βαθμό θόρυβο όση ώρα λειτουργούν λόγω των κραδασμών που δημιουργούνται λόγω της ασυμμετρίας.



Εικόνα 1. Σύγκριση συμμετρίας φάσεων και ασυμμετρίας φάσεων (Πηγή : pro-fi.gr)

2.2.1 ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ

Ολοκληρωτικοί τρόποι αντιμετώπισης για την εκμηδένιση της ασυμμετρίας ουσιαστικά δεν υπάρχουν για τρεις λόγους, ωστόσο υπάρχουν τεχνικές βελτίωσης της συμμετρίας ανάμεσα στις φάσεις. Οι λόγοι για τους οποίους δεν είναι δυνατή η αντιμετώπιση της ασυμμετρίας είναι :

1. Άνιση κατανομή των φορτίων ταυτόχρονα σε όλες τις φάσεις
2. Ολική ασυμμετρία από το σύστημα τροφοδοσίας

Οι τεχνικές βελτίωσης της συμμετρίας οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μειώσουν γρήγορα το φαινόμενο της ασυμμετρίας και των συνεπειών της , μπορούν να γίνουν σε επίπεδο παραγωγής , αλλά και σε επίπεδο κατανάλωσης (κυρίως βιομηχανίες) .

Όσο αφορά το επίπεδο της παραγωγής οι τεχνικές βελτίωσης είναι :

1. Ανακατανομή των μονοφασικών φορτίων ισόποσα και στις τρεις φάσεις
2. Μονοφασικοί ρυθμιστές για έλεγχο και διόρθωση της ασυμμετρίας
3. Μείωση των σύνθετων αντιστάσεων στο σύστημα που προκαλούνται από τους μετασχηματιστές και των γραμμών
4. Χρήση πυκνωτών και ρυθμιστών γραμμής

Ενώ τα μέτρα για τους καταναλωτές είναι :

1. Εξισορρόπηση φορτίου
2. Χρήση παθητικών κυκλωμάτων και πυκνωτών
3. Μη χρήση μηχανημάτων ευαίσθητα σε ασυμμετρία φάσεων
4. Ορθή ρύθμιση εναλλασσόμενης και συνεχούς τάσης

2.3 ΒΥΘΙΣΗ ΤΑΣΗΣ

Βύθιση τάσης είναι η μικρής διάρκειας μείωση της ενεργού τιμή της τάσης σε ποσοστό 90 % έως 1% της ονομαστικής τάσης και έχει διάρκεια μέχρι ένα λεπτό. Βύθιση τάσης προκαλείται κυρίως λόγω σφαλμάτων στο δίκτυο, σύνδεσης μεγάλων κινητήρων ή μεταβατικών ρευμάτων ηλεκτρισμού μετασχηματιστή λόγω των μεγάλων ασυμμετριών ρευμάτων που δημιουργούνται κατά την ενεργοποίησή του. Το ενδιαφέρον που επικρατεί στην βύθιση τάσης είναι λόγω των προβλημάτων που δημιουργεί στις περισσότερες συσκευές. Οι συχνότερες συσκευές που είναι ευάλωτες στις βυθίσεις τάσης είναι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, κινητήρες με μετατροπείς ισχύος για την ρύθμιση στροφών και συστήματα ελέγχου. Οι συσκευές που δεν αντέχουν την τάση κάτω από το 90 % της ονομαστικής τάσης για δύο με τρεις κύκλους έχουν την δυνατότητα να διακόψουν την λειτουργία τους μέσω των συστημάτων προστασίας που διαθέτουν. Γενικότερα όσες συσκευές εμπεριέχουν οποιοδήποτε είδος ηλεκτρικού κυκλώματος είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες στις βυθίσεις τάσης προκαλώντας φθορές και αρκετές φορές ολική καταστροφή. Η ενδεχόμενη βλάβη εξαρτάται από την ικανότητα του εξοπλισμού να διατηρήσει χαμηλότερη τάση για σύντομες περιόδους.

Η διάρκεια εξαρτάται κυρίως από το πόσο γρήγορα θα μπορέσει να λειτουργήσει το σύστημα προστασίας του δικτύου, έτσι ώστε να απομονωθεί το μέρος του δικτύου όπου εμφανίστηκε το σφάλμα και να αντιμετωπιστεί. Στην διάρκεια της βύθισης εμπεριέχεται ο χρόνος εντοπισμού του σφάλματος καθώς και ο χρόνος λειτουργίας των συσκευών διακοπής του ρεύματος.

Τα κύρια χαρακτηριστικά της βύθισης τάσης είναι η διάρκεια και το μέγεθος της βύθισης. Όσες βυθίσεις οφείλονται από σφάλματα, το μέγεθος της τάσης εξαρτάται από την απόσταση του σφάλματος από το φορτίο, τις συνδέσεις του δικτύου, αλλά και από το αν είναι δυνατό ή όχι το δίκτυο στο σημείο στο οποίο ενώνεται ηλεκτρικά το φορτίο. Ο τύπος του σφάλματος και οι συνδεσμολογίες των μετασχηματιστών ανάμεσα στο σφάλμα και στο φορτίο είναι καθοριστικοί παράγοντες του μεγέθους της τάσης.

Στους επαγωγικούς κινητήρες κατά την διάρκεια της βύθισης της τάσης μειώνεται ο αριθμός των στροφών τους και τροφοδοτούνται με μεγαλύτερο ρεύμα. Εάν η βύθιση διαρκέσει μεγαλύτερο χρονικό διάστημα τότε φτάνουν στο σημείο να σταματούν να λειτουργούν. Για τους κινητήρες με μετατροπείς ισχύος για την ρύθμιση των στροφών η μείωση της τάσης μειώνει την ταχύτητα λειτουργίας τους. Η βύθιση εντοπίζεται από το σύστημα προστασίας του κυκλώματος ελέγχου ταχύτητας το οποίο λειτουργεί με αποτέλεσμα να την αποσυνδέει για να προστατέψει τα ηλεκτρονικά ισχύος από τις μη κανονικές συνθήκες λειτουργίας. Τα προβλήματα που παρατηρούνται στα συστήματα ελέγχου είναι η ενδεχόμενη λειτουργία του συστήματος προστασίας με αποτέλεσμα να αποσυνδεθούν τους σταματώντας την διαδικασία την οποία ελέγχουν. Πριν αποσυνδεθούν ενδέχεται να λειτουργήσουν εσφαλμένα δίνοντας λάθος εντολές δημιουργώντας δυσλειτουργίες στις συσκευές.

2.3.1 ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ

Για την μείωση των επιδράσεων και των αριθμών των βυθίσεων από την μεριά της εταιρίας ηλεκτρισμού συνεπάγεται προσπάθεια μείωσης των αριθμών σφαλμάτων. Αυτό μπορεί να γίνει με :

1. Συχνότερη συντήρηση και επιθεώρηση δικτύου και εξοπλισμού
2. Χρήση υπόγειων καλωδίων αντί για εναέριες γραμμές
3. Βελτίωση χρόνων λειτουργίας του συστήματος προστασίας
4. Αλλαγή τρόπου σύνδεσης φορτίου με το δίκτυο (διαφορετικά σημεία του δικτύου)

Ενώ από την πλευρά των καταναλωτών τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν είναι :

1. Τοποθέτηση συσκευών αποθήκευσης ενέργειας – παροχής αδιάλειπτης παροχής ενέργειας (UPS) (Εικόνα 2)
2. Τοποθέτηση συσκευών υποστήριξης τάσης (DVR)

Η χρήση UPS είναι τις περισσότερες φορές απαραίτητη στις μέρες μας και για την χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών είναι πλέον πρακτική και οικονομική.



Εικόνα 2 : Συσκευή αποθήκευσης ενέργειας - UPS

(Πηγή : apc.com)

2.4 ΥΠΕΡΤΑΣΗ

Στον όρο υπέρταση εμπεριέχονται δύο κατηγορίες, η μεταβατική υπέρταση και η παροδική υπέρταση. Γενικά ως υπέρταση ορίζουμε την απότομη αύξηση της τάσης λόγω κάποιου συγκεκριμένου συμβάντος όπως σφάλμα στην γείωση, απόρριψη μεγάλου φορτίου, ζεύξη διάταξης πυκνωτών. Μία ξαφνική αύξηση της τάσης μπορεί να προκαλέσει επανεκκίνηση στην τροφοδοσία ηλεκτρικού εξοπλισμού ή να την βλάψει.

Η μεταβατική υπέρταση είναι ανεπιθύμητη, γρήγορης και βραχείας διάρκειας διαταραχές που δημιουργούν παραμορφώσεις στην τάση ή στο ρεύμα. Η μεταβατική υπέρταση προκαλείται από κεραυνούς, χρήση με συνεχόμενες διακοπές ή τήξη ασφαλειών. Προκαλεί φθορές μέχρι και ολική καταστροφή στις περισσότερες συσκευές. Οι συγκεκριμένες υπερτάσεις συνήθως δεν ξεπερνούν τα 6 kV, ενώ η διάρκεια τους κυμαίνεται από microseconds μέχρι milliseconds. Αποτελούν μέρος της φυσικής διαδικασίας, στην οποία το δίκτυο μεταβαίνει από κανονική συνθήκη λειτουργίας σε μία άλλη. Οι μεταβατικές υπερτάσεις μπορούν να ταξινομηθούν με βάση διάφορα χαρακτηριστικά όπως το πλάτος, διάρκεια, χρόνος ανόδου, ή συχνότητα εμφάνισης. Στις μεταβατικές υπερτάσεις εμπεριέχονται δύο υποκατηγορίες : κρουστικές υπερτάσεις και υπερτάσεις με αποσβενύμενη ταλάντωση. Οι κρουστικές υπερτάσεις είναι απότομες μεταβολές στην μόνιμη κατάσταση τάσης, ρεύματος ή και των δύο, οι οποίες ωστόσο δεν προκαλούν αλλαγή στην συχνότητα του συστήματος. Η πιο κοινή αιτία των κρουστικών υπερτάσεων είναι οι κεραυνοί. Είναι γρήγορες και μικρότερες από 50 nsec. Σε αντίθεση οι υπερτάσεις με αποσβενύμενη ταλάντωση αποτελούν ξαφνική αλλαγή της τάσης, ρεύματος ή και των δύο, δίχως να μεταβάλλεται η συχνότητα του συστήματος.

Οι επιπτώσεις των μεταβατικών υπερτάσεων σε ένα σύστημα ισχύος εξαρτάται από το πλάτος και την συχνότητά τους. Στις κρουστικές υπερτάσεις το πλάτος αποτελεί την κύρια αιτία των προβλημάτων. Η ζημιά που προκαλείται στον εξοπλισμό είναι άμεση, ενώ μπορεί να είναι σταδιακή όταν έχουμε χαμηλό πλάτος μεταβατικών υπερτάσεων, οι οποίες διασπούν με αργό ρυθμό την μόνωση του εξοπλισμού, προκαλώντας ευκολότερα βραχυκυκλώματα.

Η παροδική υπέρταση είναι στιγμιαία ανύψωση της τάσης σε αντίθεση με την βύθιση τάσης. Ωστόσο ισχύουν οι ίδιοι παράμετροι για την κατηγοριοποίηση των βυθίσεων και των παροδικών υπερτάσεων. Η εμφάνιση των υπερτάσεων οφείλεται σε μονοφασικά σφάλματα, σε αποσύνδεση ενός μεγάλου φορτίου από το δίκτυο ή σύνδεση μεγάλων σε χωρητικότητα πυκνωτών. Το θετικό με την παροδική υπέρταση είναι ότι εξαιτίας της μικρής χρονικής διάρκειας δεν προκαλούνται σοβαρές φθορές και προβλήματα στα φορτία, παρά μόνο υπάρχει περίπτωση να καούν λάμπες ή πρόβλημα στην ασφάλεια.

2.4.1 ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ

Λόγω της μικρής συχνότητας και έκτασης του φαινομένου της υπέρτασης στην πραγματικότητα δεν λαμβάνονται μέτρα αποκλειστικά για αυτό το πρόβλημα. Πιθανούς τρόπους αντιμετώπισης του φαινομένου θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε τους ίδιους με αυτούς της βύθισης.

2.5 ΦΛΙΚΕΡ

Το φλίκερ ή αλλιώς γρήγορη διακύμανση της τάσης που οδηγεί σε τρεμόπαιγμα στο φως, είναι μια οπτική ενόχληση λόγω αστάθειας της έντασης του φωτός, δηλαδή τρεμόπαιγμα. Η διακύμανση του πλάτους της τάσης είναι συνήθως σε επίπεδο χαμηλότερο του 3 % της παρεχόμενης τάσης και δεν έχει κάποια αξιοπρόσεκτη επίδραση στον εξοπλισμό. Η συγκεκριμένη διακύμανση όμως προκαλεί ενόχληση στα μάτια. Το επίπεδο της ενόχλησης εξαρτάται από την συχνότητα και το πλάτος της αλλαγής της έντασης του φωτός και τον άνθρωπο που παρατηρεί το τρεμόπαιγμα καθώς δεν αντιλαμβάνονται όλοι την ίδια ενόχληση στην ίδια διακύμανση της τάσης.

Οι διακυμάνσεις τάσεως προκαλούνται όταν τα φορτία καταναλώνουν ρεύματα που έχουν απότομες ή περιοδικές διακυμάνσεις. Το κυμαινόμενο ρεύμα το οποίο καταναλώνεται από την παροχή προκαλεί επιπλέον μειώσεις τάσης στο σύστημα τροφοδοσίας, που οδηγούν σε διακυμάνσεις της παρεχόμενης τάσης. Τα φορτία τα οποία προκαλούν διακυμάνσεις τάσης είναι :

1. Ηλεκτρικοί κάμινοι (Εικόνα 3)
2. Ηλεκτροσυγκολλητές
3. Μονάδες κλιματισμού
4. Ανεμιστήρες
5. Μηχανήματα με μεγάλες αλλαγές ταχύτητας κινητήρων



Εικόνα 3 : Ηλεκτρικός κάμινος

(Πηγή : gr.teficbio.com)

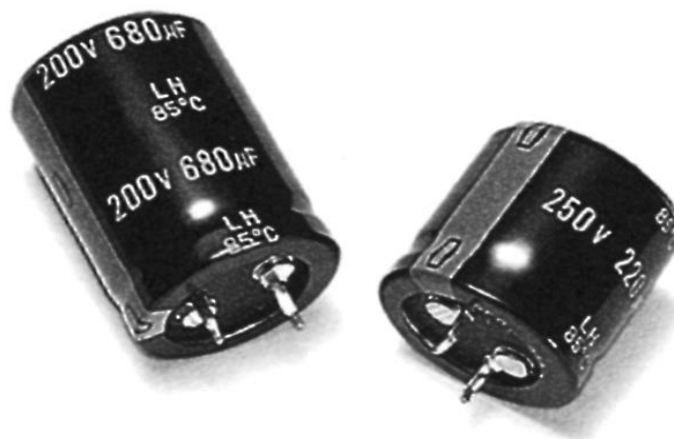
Οι διακυμάνσεις αυτές παρατηρούνται σε λειτουργίες εκκίνησης κινητήρων, καθώς τότε το ρεύμα του κινητήρα είναι τρεις με πέντε φορές το ονομαστικό ρεύμα. Στις εγκαταστάσεις φωτισμού η συχνότητα των αλλαγών της τάσης μπορεί να προκαλέσει τρεμοπαίξιμο όταν ταυτόχρονα ενεργοποιούνται πολλοί κινητήρες ή όταν ένας κινητήρας ξεκινάει και σταματάει πολλές φορές σε μικρό χρονικό διάστημα.

2.5.1 ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ

Όσο αφορά την αντιμετώπιση του φαινομένου του φλίκερ υπάρχουν ποικίλοι μέθοδοι οι οποίοι διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την αποτελεσματικότητα, το κόστος και από την κάθε περίπτωση ξεχωριστά. Οι μέθοδοι αυτοί χωρίζονται σε έμμεσες και σε άμεσες μεθόδους αντιμετώπισης. Οι έμμεσες μέθοδοι αντιμετώπισης δεν επεμβαίνουν πάνω στο τόξο, αλλά με την χρήση συγκεκριμένων συσκευών που συνδέονται παράλληλα σταματούν τις παρενέργειες στο τόξο. Από την άλλη μεριά οι άμεσες μέθοδοι είναι συσκευές οι οποίες συνδέονται απευθείας στον κλίβανο.

Τρόποι μείωσης του φλίκερ είναι :

1. Προσεκτικός έλεγχος εισόδου στο τόξο με χρήση ειδικών μετασχηματιστών
2. Ενίσχυση του δικτύου
3. Χρήση ρυθμιστών επιπέδου ισχύος (dimmer) σε σύνδεση σε σειρά με τον κλίβανο
4. Σειριακοί πυκνωτές στον κλίβανο
5. Σειριακές αντιστάσεις στον κλίβανο
6. Στατοί πυκνωτές (SVC) (Εικόνα 4) ή για οικονομικούς λόγους D-statcom



Εικόνα 4 : Πυκνωτής

(Πηγή : aktinion.com)

2.6 ΔΙΑΚΟΠΗ ΤΑΣΗΣ

Μία μόνιμη διακοπή μπορεί να χαρακτηριστεί ως απομόνωση του δικτύου από την πηγή παροχής ισχύος στο δίκτυο. Εξαιτίας της συσσωρευμένης ενέργειας στο δίκτυο (παραμένων μαγνητισμός) έχει παρατηρηθεί μικρή τάση για ελάχιστο χρονικό διάστημα από την στιγμή που έγινε η διακοπή τάσης. Για τον παραπάνω λόγο η διακοπή προσδιορίζεται ως μία πτώση της ενεργού τιμής της τάσης, όταν βρίσκεται κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο. Το όριο αυτό μπορεί να πάρει τιμή από 1% έως και 10% της ονομαστικής τιμής της καθορισμένης τάσης του εκάστοτε δικτύου. Η διακοπή τάσης χωρίζεται σε δύο κατηγορίες στις σύντομες ή παροδικές διακοπές (μικρής διάρκειας) και στις μόνιμες διακοπές (μεγάλης διάρκειας).

Οι σύντομες διακοπές παρουσιάζονται στο δίκτυο σε καταστάσεις σφαλμάτων οι οποίες και προέρχονται από την λειτουργία διακοπών αυτόματης επαναφοράς και επαναφορά του δικτύου έπειτα από το σφάλμα. Για αυτό τον λόγο πρέπει να χρησιμοποιούνται σύνθετες διαδικασίες επανέζευξης για να μην προκαλείται αυτό το φαινόμενο. Η διάρκεια μίας σύντομης διακοπής μπορεί να κυμαίνεται από ένα μέχρι και τρία λεπτά. Ο χρόνος αυτός οφείλεται στην διαδικασία επανέζευξης, τα πρότυπα που χρησιμοποιούνται και την συμφωνία ανάμεσα παραγωγού και καταναλωτή. Η διαδικασία αυτή είναι συχνή σε δίκτυα διανομής διότι το μεγαλύτερο ποσοστό των σφαλμάτων δεν είναι μόνιμα και εξαλείφονται όταν αρχίσει να λειτουργεί το σύστημα προστασίας. Οι διακοπές αυτές θεωρούνται ειδική περίπτωση βύθιση τάσης, καθώς για την επίδρασή τους ισχύει ότι και για την επίδραση της βύθισης τάσης.

Μόνιμες διακοπές θεωρούνται οι διακοπές οι οποίες ξεπερνούν το χρονικό όριο των σύντομων διακοπών, δηλαδή είναι πάνω από τα τρία λεπτά. Παρουσιάζονται όταν τα σφάλματα δεν μπορούν να επιλυθούν με την διαδικασία προστασίας και πρέπει να γίνει οριστική έξοδος του διακόπτη. Τα σφάλματα αυτά είναι σοβαρά τα οποία δεν ήταν δυνατό να επιλυθούν με την λειτουργία του συστήματος προστασίας. Η έξοδος του διακόπτη γίνεται με επιτόπου αποκατάσταση, αλλά μπορεί να είναι και προγραμματισμένη λόγω εργασιών συντήρησης στο δίκτυο.

Οι περισσότερες διακοπές παρατηρούνται στα εργοστάσια και οι οποιαδήποτε διακοπή είτε σύντομη είτε μόνιμη μπορεί να αποτελέσει καταστροφική όσο αφορά την διαδικασία παραγωγής και με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται ο αριθμός των προϊόντων που καταστρέφονται και οπότε πρέπει να απορριφθούν. Σε μικρό ποσοστό οι διακοπές μπορεί να προκαλέσουν σοβαρή βλάβη ή ολική καταστροφή των συσκευών, ενώ υπάρχουν περιπτώσεις τραυματισμού προσωπικού.

2.6.1 ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω οι διακοπές αποτελούν ειδική περίπτωση βύθισης. Για αυτόν τον λόγο οι τρόποι αντιμετώπισης είναι οι ίδιοι με αυτούς του φαινομένου της βύθισης. Ωστόσο ένας άλλος τρόπος είναι να προταθούν λύσεις οι

οποίες θα είναι βασισμένες στα προβλήματα που δημιουργούν και οι δύο κατηγορίες διακοπών τάσης. Οι λύσεις αυτές θα μπορούσε να είναι :

1. Παράλληλη χρήση ηλεκτροπαραγωγικού ζεύγους με μπαταρία και το ίδιο το δίκτυο. Η τροφοδότηση του φορτίου θα γίνεται μέσω ρελέ στην περίπτωση που έχουμε διακοπή ρεύματος
2. Χρήση μπαταριών με υγρό και όχι κλειστών. Οι μπαταρίες αυτές είναι για σύντομη χρήση και είναι μόνο για να καλύψουν τις ανάγκες μέχρι να διορθωθεί η βλάβη
3. Εγκατάσταση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (αιολική, ηλιακή κ.α.) (Εικόνα 5) που θα δουλεύουν παράλληλα με το δίκτυο της ΔΕΗ και θα την καλύπτουν όταν θα υπάρχει πρόβλημα στο δίκτυό της
4. Τροφοδότηση του καταναλωτή με δύο διαφορετικές γραμμές τροφοδοσίας



Εικόνα 5 : Παραδείγματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

(Πηγή : e-mc2.gr)

2.7 ΑΕΡΓΟΣ ΙΣΧΥΣ

Η άεργος ισχύς είναι μέρος της συνολικής ισχύος που μετριέται ανάμεσα σε δύο σημεία ενός ηλεκτρικού κυκλώματος που διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα στην περίπτωση που η διακύμανση της μετρούμενης ανάμεσα στα δύο αυτά σημεία τάσης δεν ακολουθεί κατά τον ίδιο τρόπο τη διακύμανση στο χρόνο της ταυτόχρονα μετρούμενης ανάμεσα στα ίδια δύο σημεία έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος δηλαδή όταν εμφανίζεται διαφορά τάσης μεταξύ των δύο μεγεθών (τάσης - ρεύματος).

Η εμφάνιση της άεργου ισχύος οφείλεται στην παρουσία επαγωγικών ή χωρητικών στοιχείων όπως πηνία ή πυκνωτές, στο κύκλωμα, τα οποία διαρρέονται από εναλλασσόμενο ρεύμα. Τα στοιχεία αυτά αποθηκεύουν προσωρινά ηλεκτρική ενέργεια υπό τη μορφή μαγνητικού ή ηλεκτρικού πεδίου αντίστοιχα, κατά τη διάρκεια μίας ημιπεριόδου του εναλλασσόμενου ρεύματος, χωρίς να την καταναλώνουν (όπως θα γινόταν σε μια ωμική αντίσταση). Την ενέργεια αυτή την αποδίδουν πάλι πίσω στο κύκλωμα κατά την επόμενη ημιπερίοδο, με την ολοκλήρωση δηλαδή μιας περιόδου. Το αποτέλεσμα της εμφάνισης άεργου ισχύος στα επαγωγικά και χωρητικά στοιχεία ενός κυκλώματος είναι η παλινδρόμηση ρευμάτων στους αγωγούς μεταφοράς του ηλεκτρικού ρεύματος που τελικά καταναλώνεται στις ωμικές αντιστάσεις και τις πραγματικές συνιστώσες των σύνθετων αντιστάσεων του κυκλώματος.

Το φαινόμενο αυξάνει τις θερμικές απώλειες ενέργειας στο κύκλωμα. Η άεργη ισχύς πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη στο σχεδιασμό των επαγωγικών και χωρητικών στοιχείων οποιουδήποτε κυκλώματος, καθώς τα επιβαρύνει αισθητά, ενώ δεν παράγεται έργο από αυτήν. Το φαινόμενο της άεργου ισχύος εμφανίζεται και σε καθαρά ωμικές διατάξεις κυκλωμάτων, καθώς κανένα αμιγώς ωμικό ηλεκτρικό κύκλωμα δεν είναι ιδανικό, δηλαδή απαλλαγμένο από χωρητικές και επαγωγικές αντιστάσεις.

Στις οικιακές καταναλώσεις, η εμφάνιση άεργου ισχύος οφείλεται κατά κύριο λόγο στις συσκευές που περιέχουν ηλεκτροκινητήρες, όπως τα ψυγεία, αλλά και σε οποιαδήποτε συσκευή με μετασχηματιστή τάσης στην είσοδο του κυκλώματος τροφοδοσίας της. Τις τελευταίες δεκαετίες, λόγω της ολοένα και μεγαλύτερης χρήσης διακοπτικών τροφοδοτικών, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία διάφορων μικρών συσκευών και την τροφοδοσία υπολογιστών και τηλεοράσεων, σημαντικό μέρος της άεργου ισχύος οφείλεται και σε αυτά.

2.7.1 ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ

Οι επιδράσεις της ανεπιθύμητης άεργου ισχύος που εμφανίζεται ανάμεσα σε δύο σημεία του κυκλώματος (π.χ. στα άκρα που αποτελούν την είσοδο τροφοδοσίας του κυκλώματος από εναλλασσόμενο ρεύμα του δικτύου) είναι δυνατόν να εξουδετερωθούν μερικώς, με την παράλληλη τοποθέτηση στα σημεία αυτά ειδικών διατάξεων με τα κατάλληλα επαγωγικά και χωρητικά στοιχεία. Με τις διατάξεις αυτές μέρος της ενέργειας παγιδεύεται και ανταλλάσσεται ανάμεσα στα επαγωγικά και χωρητικά στοιχεία τους με τρόπο ώστε να γίνονται κατά το δυνατόν και πάλι συμφασικές η τάση και η ένταση στα εν λόγω δύο σημεία του κυκλώματος, αλλά επιπλέον και να απορροφώνται βλαπτικές συχνότητες πέραν της κύριας επιθυμητής, όπως να αποσβήνονται για παράδειγμα αιχμές τάσης. Το μειονέκτημα της χρήσης τέτοιων διατάξεων είναι πως επιβαρύνουν με ωμικό φορτίο το συνολικό κύκλωμα, συνεπώς και την κατανάλωση. Το αν τελικά θα επιτευχθεί ή όχι οικονομία στη συνολική κατανάλωση ισχύος εξαρτάται από τη διάταξη και το κύκλωμα.

3.ΑΡΜΟΝΙΚΕΣ

3.1 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΩΝ ΑΡΜΟΝΙΚΩΝ

Τα τελευταία χρόνια τα οικιακά και βιομηχανικά ηλεκτρικά φορτία έχουν επιβαρυνθεί από ηλεκτρονικές συσκευές που έχουν μη γραμμική φύση ηλεκτρικού φορτίου με συνέπεια τη δημιουργία αρμονικών είτε του ρεύματος είτε της τάσης. Επί της ουσίας το πρόβλημα δημιουργείται από τον τρόπο λειτουργίας των σύγχρονων ηλεκτρικών συσκευών, που απαιτεί την συχνή μετατροπή του εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) σε συνεχές ρεύμα (DC) και αντίστροφα. Δεδομένου ότι η παροχή ρεύματος είναι σε εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) η μετατροπή σε συνεχές ρεύμα (DC) πραγματοποιείται με τη χρήση Inverter στους οποίους οφείλονται κατά κύριο λόγο στη δημιουργία αρμονικών στο ηλεκτρικό φορτίο.

3.2 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣ ΑΡΜΟΝΙΚΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΑΣΕΩΝ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ

Οι αρμονικές τάσης ή ρεύματος εντάσσονται στις διαταραχές που αφορούν στην παραμόρφωση μιας ιδανικής κυματομορφής τάσης ή ρεύματος. Οι αρμονικές είναι ημιτονοειδείς τάσεις ή ρεύματα των οποίων οι συχνότητες είναι ακέραια πολλαπλάσια της θεμελιώδους συχνότητας του συστήματος (50 ή 60 Hz). Ο λόγος της συχνότητας μιας αρμονικής προς τη θεμελιώδη συχνότητα ονομάζεται τάξη της αρμονικής. Η θεμελιώδης συχνότητα του ελληνικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας είναι 50 Hz, άρα ένα ημιτονοειδές σήμα 150 Hz ονομάζεται 3η αρμονική ή αρμονική 3ης τάξης.

Οι αρμονικές είναι βασικά το αποτέλεσμα του εκσυγχρονισμού των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας και της χρήσης των ηλεκτρονικών στοιχείων ισχύος. Ειδικότερα η χρήση τροφοδοτικών ισχύος με διακοπτική λειτουργία για τον έλεγχο των φορτίων και τη μείωση της κατανάλωσης ισχύος οδηγεί σε ανεπιθύμητες συχνότητες που υπερτίθενται στην τάση τροφοδοσίας. Η αρμονική παραμόρφωση προκαλείται κυρίως από εξοπλισμό που παρουσιάζει μη γραμμική συμπεριφορά, δηλαδή από μη γραμμικά φορτία συνδεδεμένα στο δίκτυο.

Τα μη γραμμικά φορτία αλλοιώνουν την ημιτονοειδή φύση του εναλλασσόμενου ρεύματος, με αποτέλεσμα τη ροή αρμονικών ρευμάτων στο δίκτυο. Αυτό συμβαίνει, διότι το ρεύμα που διαπερνά ένα μη γραμμικό φορτίο δεν είναι ανάλογο της εφαρμοζόμενης τάσης στα άκρα του. Η ροή των αρμονικών ρευμάτων προκαλεί αρμονικές τάσεις μέσω των σύνθετων αντιστάσεων του συστήματος και συνεπώς παραμόρφωση της τάσης τροφοδοσίας.

Η αντίδραση ενός αγωγού αυξάνει ως συνάρτηση του ρεύματος που τον διαρρέει. Ως εκ τούτου, για κάθε αρμονικό ρεύμα τάξης, υπάρχει μια σύνθετη αντίσταση του κυκλώματος. Όταν ένα αρμονικό ρεύμα τάξης διαρρέει τη σύνθετη αντίσταση, δημιουργεί μία αρμονική τάση. Συνεπώς, η τάση είναι παραμορφωμένη και όλες οι συσκευές που τροφοδοτούνται λαμβάνουν μια παραμορφωμένη τάση.

3.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ

Η Θεωρία Σημάτων δίνει τη δυνατότητα ανάλυσης σημάτων και συστημάτων στο πεδίο της συχνότητας, ως μια εναλλακτική και συχνά ιδιαίτερα βοηθητική μεθοδολογία για την κατανόηση των βασικών χαρακτηριστικών ενός σήματος ή συστήματος καθώς και για την υπολογιστική ανάλυση και επεξεργασία αυτού.

Ανάμεσα στις άλλες μεθόδους για την ανάλυση συστημάτων στο πεδίο της συχνότητας, ξεχωριστής σημασίας είναι η ανάλυση των σειρών Fourier και ευρύτερα του μετασχηματισμού Fourier για γραμμικά σήματα και συστήματα. Οι Σειρές Fourier έλαβαν την ονομασία τους στη μνήμη του Joseph Fourier (1768-1830) ο οποίος συνέβαλε καθοριστικά στην ανάλυση των τριγωνομετρικών σειρών και τα αποτελέσματα των εργασιών του οποίου έθεσαν τις βάσεις για την αρμονική ανάλυση σημάτων. Βασικοί συνεχιστές και θεμελιωτές της ανάλυσης στο πεδίο της συχνότητας υπήρξαν οι Dirichlet και Riemann.

Η ανάλυση Fourier χρησιμοποιείται ευρέως στη μελέτη προβλημάτων αρμονικών ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται πιο εύκολο να βρούμε τη συνολική απόκριση του συστήματος.

3.3.1 ΣΕΙΡΑ FOURIER

Στα θεμέλια της ανάλυσης στο πεδίο της συχνότητας βρίσκεται το Ανάπτυγμα Σειρών Fourier Συνεχούς Χρόνου (Continuous Time Fourier Series - CTFS) το οποίο εκφράζει ένα γραμμικό συνδυασμό αρμονικά συνδεδεμένων μιγαδικών εκθετικών ή εναλλακτικά ως το συνδυασμό ημίτονων και συνημίτονων με διαφορετικές φάσεις.

Η σειρά Fourier πήρε το όνομά της προς τιμήν του Joseph Fourier. Ο Fourier εισήγαγε τη σειρά με σκοπό την επίλυση της εξίσωσης της θερμότητας σε μια μεταλλική πλάκα. Η εξίσωση θερμότητας είναι μια μερική διαφορική εξίσωση. Πριν από το έργο του Fourier, καμία λύση για την εξίσωση της θερμότητας δεν ήταν γνωστή στη γενική περίπτωση, αν και ήταν γνωστές οι μερικές λύσεις της στην περίπτωση που η πηγή θερμότητας συμπεριφερόταν με έναν απλό τρόπο, ιδίως, εάν η πηγή θερμότητας ήταν ένα ημιτονοειδές ή συνημιτονοειδές κύμα. Αυτές οι μερικές

λύσεις καλούνται χαρακτηριστικές συναρτήσεις ή ιδιοσυναρτήσεις. Η ιδέα του Fourier ήταν να μοντελοποιήσει μια περίπλοκη πηγή θερμότητας ως μια επαλληλία απλών ημιτονοειδών και συνημιτονοειδών κυμάτων, και να γράψει τη λύση ως μια επαλληλία των αντίστοιχων ιδιοσυναρτήσεων. Η σύνθεση των μελών της επαλληλίας ή του γραμμικού συνδυασμού ονομάζεται σειρά Fourier.

Αν και ο πρωταρχικός στόχος ήταν η επίλυση της εξίσωσης θερμότητας, αργότερα έγινε φανερό ότι οι ίδιες τεχνικές μπορούν να εφαρμοστούν σε ένα ευρύ φάσμα προβλημάτων μαθηματικών και φυσικής, και ιδιαίτερα προβλήματα που αφορούν γραμμικές διαφορικές εξισώσεις με σταθερούς συντελεστές, για τις οποίες οι ιδιοσυναρτήσεις είναι ημιτονοειδών μορφών. Η σειρά Fourier έχει πολλές τέτοιες εφαρμογές στον τομέα της ηλεκτρολογίας, της ανάλυσης κραδασμών, στην κβαντομηχανική.

3.3.2 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ FOURIER

Το κίνητρο για το μετασχηματισμό Fourier προέρχεται από τη μελέτη της σειράς Fourier. Στη μελέτη των σειρών Fourier, οι περίπλοκες, αλλά περιοδικές συναρτήσεις έχουν γραφτεί ως το άθροισμα των απλών κυμάτων που στα μαθηματικά αντιπροσωπεύεται από ημίτονα και συνημίτονα. Ο μετασχηματισμός Fourier είναι μια επέκταση της σειράς Fourier που προκύπτει όταν η περίοδος της συνάρτησης που εκπροσωπεί επιμηκύνεται και αφήνεται να προσεγγίσει το άπειρο.

Υπάρχει μια στενή σχέση μεταξύ του ορισμού των σειρών Fourier και του μετασχηματισμού Fourier για τις συναρτήσεις που είναι μηδέν έξω από ένα χρονικό διάστημα. Για μια τέτοια συνάρτηση, μπορούμε να υπολογίσουμε την σειρά Fourier για οποιοδήποτε χρονικό διάστημα που περιλαμβάνει τα σημεία όπου δεν είναι πανομοιότυπα μηδέν. Ο μετασχηματισμός Fourier ορίζεται επίσης για μια τέτοια λειτουργία. Όπως έχουμε αυξήσει το μήκος του διαστήματος στο οποίο υπολογίζουμε τη σειρά Fourier, τότε οι συντελεστές της σειράς Fourier αρχίζουν να μοιάζουν με το μετασχηματισμό Fourier και το άθροισμα της σειράς Fourier της συνάρτησης αρχίζει να μοιάζει με τον αντίστροφο μετασχηματισμό Fourier.

3.3.3 ΒΑΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ FOURIER

Ο μετασχηματισμός Fourier έχει τις εξής βασικές ιδιότητες:

1. Γραμμικότητα
2. Μετατόπιση
3. Διαμόρφωση
4. Κλιμάκωση
5. Σύζευξη

3.4 ΑΡΜΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΠΟΥ ΤΗΝ ΠΕΡΙΓΡΑΦΟΥΝ

Κατά την ανάλυση και μελέτη της ποιότητας ισχύος έχουν αναπτυχθεί ορισμένοι δείκτες, οι οποίοι μας βοηθούν να αξιολογήσουμε την ποιότητα της εκάστοτε προσφερόμενης υπηρεσίας ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας που έχει διαταραχθεί από την παρουσία ανώτερων αρμονικών. Αυτοί οι δείκτες αρμονικής παραμόρφωσης είναι ένα χρήσιμο εργαλείο μέτρησης της απόδοσης του συστήματος.

Αν και συναντάμε πολλούς διαφορετικούς δείκτες ποιότητας ισχύος στη βιβλιογραφία, ορισμένοι μας δίνουν ελλιπείς πληροφορίες ή δεν μπορούν να μας εξυπηρετήσουν κατά τη μελέτη συγκεκριμένων σημείων του κυκλώματος. Παρόλα αυτά, εδώ θα παρουσιάσουμε τους πιο συχνούς δείκτες μέτρησης αρμονικού περιεχομένου μιας κυματομορφής.

3.4.1 ΔΕΙΚΤΗΣ ΟΛΙΚΗΣ ΑΡΜΟΝΙΚΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

Ο δείκτης ολικής αρμονικής παραμόρφωσης (Total Harmonic Distortion, THD) είναι το πιο διαδεδομένο μέτρο αρμονικού περιεχομένου μιας παραμορφωμένης κυματομορφής. Ορίζεται ως το πηλίκο του συνόλου των αρμονικών συνιστωσών (rms τιμή ρεύματος ή τάσης) προς τη θεμελιώδη αρμονική του σήματος. Ο THD εκφράζεται συνήθως ως ποσοστιαία τιμή. Αν ο δείκτης THD είναι μεγαλύτερος από 5%, που είναι ένα κοινώς αποδεκτό όριο μεταξύ χαμηλής και υψηλής αρμονικής παραμόρφωσης, τότε έχουμε υψηλό επίπεδο παραμόρφωσης.

Τα κύρια πλεονεκτήματα του THD είναι:

1. Χρησιμοποιείται ευρέως για μια γρήγορη εκτίμηση της αρμονικής παραμόρφωσης
2. Ο υπολογισμός του είναι εύκολος.

Μερικά από τα μειονεκτήματα του THD είναι:

1. Δε μας προσφέρει πληροφορίες για το πλάτος
2. Οι λεπτομερείς πληροφορίες για το φάσμα του σήματος έχουν χαθεί.

3.4.2 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΟΡΥΦΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ Κ

Ο συντελεστής κορυφής (Crest Factor) είναι μία ποσότητα στο πεδίο του χρόνου, η οποία δείχνει πόσο παραμορφωμένη είναι η κορυφή του ημιτονοειδούς σήματος. Ορίζεται ως ο λόγος του πλάτους προς την rms τιμή ενός σήματος. Ο συντελεστής κορυφής μας δίνει πληροφορίες όχι μόνο για την "καθαρότητα" ενός σήματος, αλλά και για τη δυνατότητα ενός συστήματος να βγάλει στην έξοδο μια συγκεκριμένη τάση ή ρεύμα. Ο συντελεστής Κ μιας κυματομορφής ρεύματος χρησιμοποιείται για να ποσοτικοποιήσει την επίδραση ενός παραμορφωμένου ρεύματος στο φορτίο ενός μετασχηματιστή.

3.5 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥΝ ΟΙ ΑΡΜΟΝΙΚΕΣ

Τα προβλήματα που δημιουργούν οι αρμονικές είναι :

1. Σημαντική σπατάλη ενέργειας. Οι αρμονικές δεν μεταφέρουν ενεργό ισχύ αλλά συντελούν στην αύξηση της άεργης ισχύος. Αυτό συνεπάγεται μεγαλύτερο ρεύμα για μία δεδομένη ενεργό ισχύ. Έτσι οι αρμονικές αυξάνουν τις απώλειες ενέργειας στα καλώδια, και στους μετασχηματιστές και κατά συνέπεια σε σημαντική σπατάλη ηλεκτρικής ενέργειας και αύξησης του ενεργειακού κόστους.
2. Καταπόνηση της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Όπως είδαμε και παραπάνω οι αρμονικές συντελούν στην αύξηση της άεργης ισχύος άρα μεγαλύτερο ρεύμα για μια δεδομένη ισχύ, γεγονός που οδηγεί στην καταπόνηση των καλωδίων, των ηλεκτρικών πινάκων και γενικά της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Η καταπόνηση αυτή οδηγεί αναπόφευκτα στην μείωση του χρόνου ζωής της ηλεκτρικής εγκατάστασης και στην αύξησης του κόστους συντήρησης.
3. Μειώνεται σημαντικά ο χρόνος ζωής των ηλεκτρικών συσκευών που είναι συνδεδεμένες στο ηλεκτρικό φορτίο που είναι «μολυσμένο» με αρμονικές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα σύγχρονα κλιματιστικά A/C με inverter, που φθείρονται ταχύτατα και απαιτούν συχνή αντικατάσταση των ηλεκτρονικών στοιχείων τους.
4. Παρουσιάζονται δυσλειτουργίες σε αρκετές ηλεκτρικές συσκευές όπως τρεμπάιγμα στα φώτα, θόρυβος σε κλιματικά, ενοχλητικές δονήσεις κ.ο.κ.
5. Τηλεπικοινωνιακές παρεμβολές. Οι αρμονικές μεγάλης συχνότητας δημιουργούν προβλήματα ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών σε δίκτυα τηλεπικοινωνιών και ειδικά σε βιομηχανικούς χώρους στην λειτουργία των διαφόρων ηλεκτρονικών συστημάτων ελέγχου.

6. Δεν είναι σπάνιες οι περιπτώσεις που διατάξεις πυκνωτών κινδυνεύουν με ολική καταστροφή εφόσον υπάρξει συντονισμός της συχνότητας του κλάδου στον οποίο συνδέονται με κάποιες αρμονικές. Ο συντονισμός αυτός οδηγεί στην αύξηση της ενεργού τάσης και της έντασης, δημιουργείται υπερθέρμανση και υπάρχει το ενδεχόμενο να καταστραφεί το ηλεκτρολογικό υλικό και να τεθούν τα μηχανήματα εκτός λειτουργίας.

3.6 ΠΗΓΕΣ ΑΡΜΟΝΙΚΩΝ

Μερικές από τις πηγές των αρμονικών που εμφανίζονται στα δίκτυα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

- Στρεφόμενες ηλεκτρικές μηχανές: Οι αρμονικές οφείλονται στις οδοντώσεις του πυρήνα και στις ατέλειες των μαγνητικών κυκλωμάτων τους. (Εικόνα 6)
- Ρεύματα μαγνήτισης των Μ/Σ: Οι αρμονικές οφείλονται στο μαγνητικό κορεσμό των πυρήνων και στη μαγνητική υστέρηση.
- Σιδηροσυντονισμός: Οι αρμονικές οφείλονται σε ισχυρό μη γραμμικό φαινόμενο προκαλούμενο από την αλληλεπίδραση μη γραμμικής επαγωγικής αντίδρασης (για παράδειγμα ένας μετασχηματιστής) με τη χωρητικότητα του συστήματος. Συχνά υπερισχύουν οι συχνότητες του 1/3 ή 1/5 της βασικής και εμφανίζεται σαν υποαρμονικό φαινόμενο με υπερτάσεις, μεγάλα ρεύματα, παραμόρφωση κυματομορφών κλπ.
- Μη γραμμικότητες δικτύου: Προκύπτουν από φορτία όπως ανορθωτές, μετατροπείς, κλίβανοι ηλεκτρικού τόξου, μηχανήματα ηλεκτροσυγκόλλησης τόξου, λαμπτήρες αερίου, ελεγκτές τάσης, μετατροπείς συχνότητας κ.ά.
- Τριφασικά φορτία.
- Συσκευές που συνδυάζουν ημιαγωγούς και συστήματα διακοπής (για εξοικονόμηση ενέργειας).
- Συσκευές ελέγχου των κινητήρων σε εφαρμογές ελέγχου ταχύτητας έλξης (π.χ. ηλεκτρικοί σιδηρόδρομοι).
- Συσκευές μετατροπής και μεταφοράς ηλεκτρικής ισχύος με συνεχές ρεύμα. υψηλής τάσεως.
- Ηλιακά και αιολικά συστήματα μικρής ισχύος με τους αντίστοιχους μετατροπείς ισχύος από εναλλασσόμενο σε συνεχές ρεύμα για τη σύνδεση των πηγών με τα συστήματα διανομής.
- Συστήματα διόρθωσης συντελεστή ισχύος. Η χρήση συστοιχιών πυκνωτών προκαλεί παραγωγή αρμονικών λόγω συντονισμού, όπως επίσης και η χρήση πηνίων αντιστάθμισης που χρησιμοποιούνται για την εξουδετέρωση

χωρητικών φορτίσεων (π.χ. μεγάλων γραμμών μεταφοράς). Άλλος λόγος δημιουργίας αρμονικών στα ανωτέρω συστήματα είναι τα θυρίστορ, που περιλαμβάνονται στις νέες μεθόδους διόρθωσης του συντελεστή ισχύος.

- Συσκευές φόρτισης συσσωρευτών. Απαιτούν χρήση ανορθωτών και χρησιμοποιούνται για παράδειγμα σε ηλεκτρικά οχήματα που λειτουργούν με συσσωρευτές.
- Συσκευές άμεσης μετατροπής ενέργειας που απαιτούν μετατροπείς από εναλλασσόμενο σε συνεχές ρεύμα.
- Κυκλομετατροπείς (cycloconverters) που χρησιμοποιούνται σε κινητήρες χαμηλών ταχυτήτων και μεγάλων ροπών, κυρίως σε βιομηχανικές εφαρμογές.
- Στοιχεία θέρμανσης PBM (Pulse Burst-Modulated), που χρησιμοποιούνται σε μεγάλους κλιβάνους.



Εικόνα 6 : Παράδειγμα στρεφόμενης μηχανής

(Πηγή : panellinies.net)

3.7 ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ

Κάποιοι από τους κυριότερους τρόπους αντιμετώπισης των αρμονικών είναι :

- Τοποθέτηση ενεργών φίλτρων αρμονικών τα οποία μειώνουν σε επιτρεπτά όρια τις αρμονικές, την ασυμμετρία, τον συντελεστή ισχύος.
- Υπολογισμός της συχνότητας συντονισμού του υπάρχοντος πίνακα κεντρικής αντιστάθμισης με τον μετασχηματιστή. Αν η συχνότητα που προκύπτει κυκλοφορεί στην ηλεκτρική εγκατάσταση με την μορφή αρμονικής, πρέπει να μετατραπεί ο πίνακας έτσι ώστε να προστατεύονται οι πυκνωτές από τις υψηλές συχνότητες.

- Σωστή διαστασιολόγηση καλωδίων (εάν είναι απαραίτητο) και ειδικότερα του ουδέτερου αγωγού.
- Τοποθέτηση πυκνωτών αντιστάθμισης, με σωστό σχεδιασμό έπειτα από καταγραφή αρμονικών, για την βελτίωση του συντελεστή ισχύος.
- Σωστή διαστασιολόγηση διακοπών προστασίας με βάση τα μέγιστα ρεύματα εκκίνησης κινητήρων κατόπιν μέτρησης αυτών.
- Μέτρηση του βαθμού απόδοσης των κινητήρων με διακριβομένο όργανο, έτσι ώστε να προλαμβάνονται ανεπιθύμητες καταστάσεις, όπως η καταστροφή των τυλιγμάτων, υπερβολικό φορτίο στον άξονα του κινητήρα και κακή ποιότητα ηλεκτρικής ισχύος που τους τροφοδοτεί, οι οποίες εκτός από αυξημένο κόστος επισκευής, θέτουν τη παραγωγή εκτός λειτουργίας.

3.8 ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Ο καλύτερος τρόπος να λυθεί ένα πρόβλημα ποιότητας ισχύος είναι η πλήρης κατανόηση του φαινομένου και ο προσδιορισμός της πηγής που το προκαλεί. Οι απλές μετρήσεις σε ένα ηλεκτρικό σύστημα δεν δίνουν πάντα την απάντηση για την προέλευση του προβλήματος. Ειδικά όργανα θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν, τα οποία να είναι προσανατολισμένα στα προβλήματα της ποιότητας ισχύος.

Σήμερα διατίθενται στην αγορά πολλά όργανα που πραγματοποιούν μετρήσεις ποιότητας ισχύος. Τα όργανα αυτά μετρούν τις βασικές ηλεκτρικές παραμέτρους δηλαδή την τάση, το ρεύμα, τη συχνότητα και τη σύνθετη αντίσταση αλλά παράλληλα πραγματοποιούν ανάλυση και επεξεργασία των μετρούμενων μεγεθών ώστε να προκύψουν πληροφορίες που θα δώσουν σαφή εικόνα για την ποιότητα ισχύος της εγκατάστασης.

Με τη μέτρηση της τάσης διαπιστώνεται ότι η τιμή της είναι στα επιτρεπτά όρια, η μορφή της ημιτονοειδής και η συχνότητα η προβλεπόμενη. Η RMS τιμή της τάσης θα πρέπει να είναι κοντά στην ονομαστική και η συχνότητα στα 50 Hz. Η κυματομορφή που φαίνεται στην οθόνη του οργάνου θα πρέπει να μην περιέχει πολύ εμφανείς διαταραχές. Επίσης μπορεί να μετρηθεί το ρεύμα που παρέχεται σε ένα φορτίο ταυτόχρονα με την τάση.

Η συνέχεια των συνδέσεων ελέγχεται μέσω μέτρησης της αντίστασης. Αν η αντίσταση που βλέπει το όργανο είναι μεγάλη (ξεπερνά μια προκαθορισμένη τιμή), υπάρχει ανοιχτό κύκλωμα και ο χρήστης ειδοποιείται ηχητικά.

Για να ανιχνευτούν οι διαταραχές σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση θα πρέπει η μέτρηση να διαρκέσει κάποιο ικανό χρονικό διάστημα. Τα όργανα μέτρησης της ποιότητας ισχύος δίνουν τη δυνατότητα λήψης μετρήσεων για ένα καθορισμένο από το χρήστη χρονικό διάστημα. Μπορεί επίσης να επιλεγεί η καταγραφή μόνο

συγκεκριμένων συμβάντων, για παράδειγμα όταν η τάση υπερβαίνει την ονομαστική τιμή. Ο αριθμός των συμβάντων που μπορούν να καταγραφούν διαφέρει για κάθε όργανο.

4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ-ΚΩΔΙΚΕΣ

4.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Για το πειραματικό μέρος της πτυχιακής εργασίας έχουν γραφεί, σε γλώσσα προγραμματισμού Python, τα προβλήματα-αστοχίες που παρουσιάζονται στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, τα οποία έχουν προαναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια της εργασίας. Ο σκοπός για τον οποίο έχει γίνει το πειραματικό μέρος είναι η δημιουργία ενός συνόλου δεδομένων-database, με τον οποίο θα δημιουργηθεί μία 'βιβλιοθήκη' μέσω της οποίας θα αναγνωρίζουμε αμέσως το πρόβλημα που θα δημιουργείται κάθε φορά στο δίκτυο, έτσι ώστε να μπορέσουμε να επιλύσουμε το πρόβλημα σε όσο μικρότερο χρονικό διάστημα γίνεται. Με λίγα λόγια οι κώδικες έχουν γραφεί στο πλαίσιο της τεχνητής νοημοσύνης, δημιουργώντας ένα νευρωνικό δίκτυο. Με αυτόν τον τρόπο θα βοηθηθούν οι εταιρείες και οι πάροχοι υπηρεσιών, προσφέροντας στους καταναλωτές ένα πιο σταθερό δίκτυο δίχως προβλήματα και αστοχίες. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελούν οι εταιρείες ηλεκτρικής ενέργειας, όπου με την βοήθεια του κώδικα το σύστημα θα αναγνωρίζει την αστοχία και θα παρουσιάζεται στους παλμογράφους, καθώς όπως έχει προαναφερθεί η ισχύς έχει ημιτονοειδή μορφή και ο παλμογράφος παρουσιάζει ημιτονοειδές συναρτήσεις, και με αυτόν τον τρόπο θα γίνονται οι απαιτούμενες ενέργειες για την αντιμετώπιση των προβλημάτων-αστοχιών.

4.2 ΚΩΔΙΚΕΣ-ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

4.2.1 ΚΩΔΙΚΑΣ ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΒΥΘΙΣΗΣ ΤΑΣΗΣ (SAGS)

```
import pylab as pl
import numpy as np
import random as rm

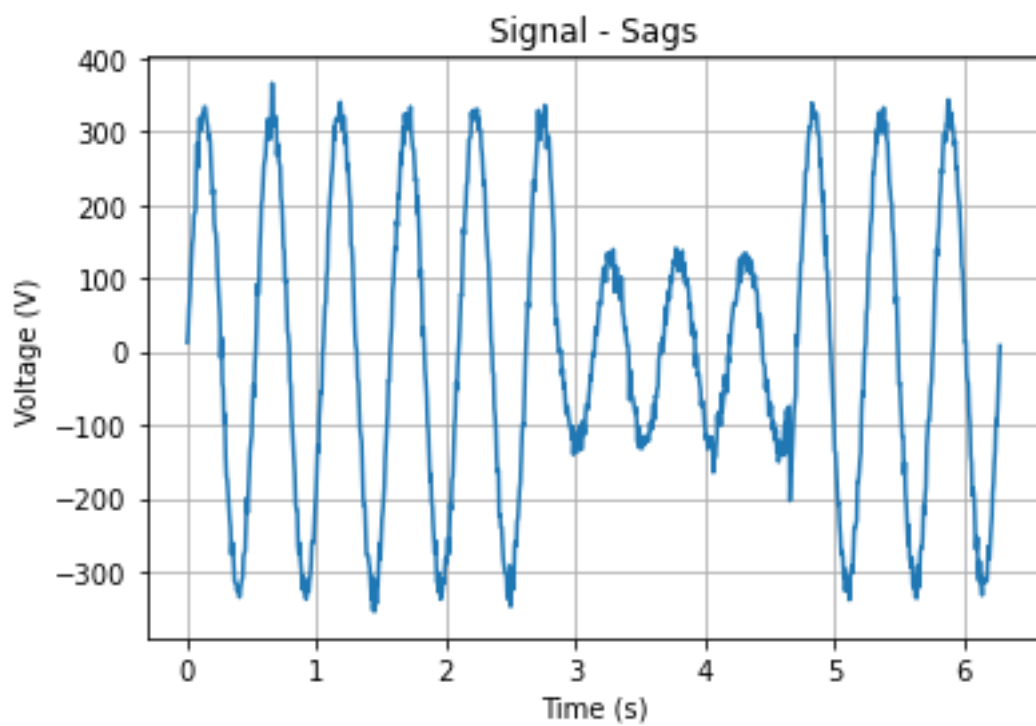
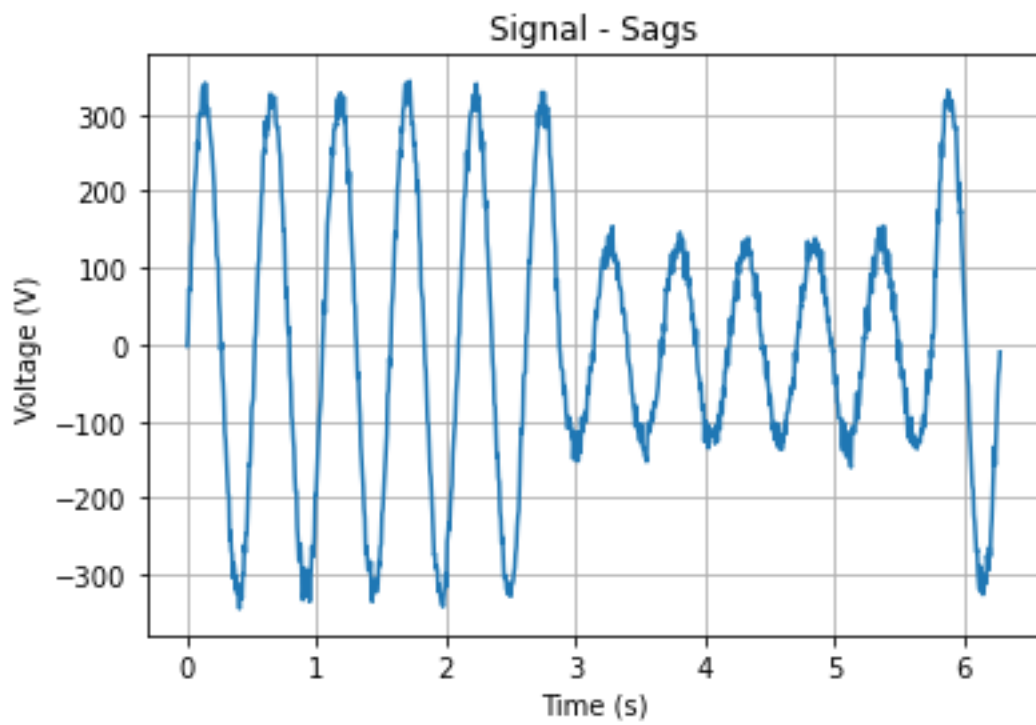
start = rm.uniform(1.5,5)
long_ = rm.uniform(1,3)
def width(A,t):
if t > start-long_/2 and t < start+long_/2:
```

```
return 0.4*A
else:
return A

def freq(w):
return w

def y(t):
return width(A,t)*np.sin(freq(w)*t)

w = 12
A = 325
t = np.linspace(0,2*np.pi,999)
sags = [y(i) for i in t]
noise = np.random.normal(0,15,999)
pl.plot(t,sags+noise)
pl.grid(True)
pl.xlabel("Time (s)")
pl.ylabel("Voltage (V)")
pl.title("Signal - Sags")
pl.show()
```



4.2.2 ΚΩΔΙΚΑΣ ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΥΠΕΡΤΑΣΗΣ (SWELLS)

```
import pylab as pl
import numpy as np
import random as rm

start = rm.uniform(1.5,5)
long_ = rm.uniform(1,3)
def width(A,t):
if t >start-long_/2 and t < start+long_/2:
return 1.5*A
else:
return A

def freq(w):
return w

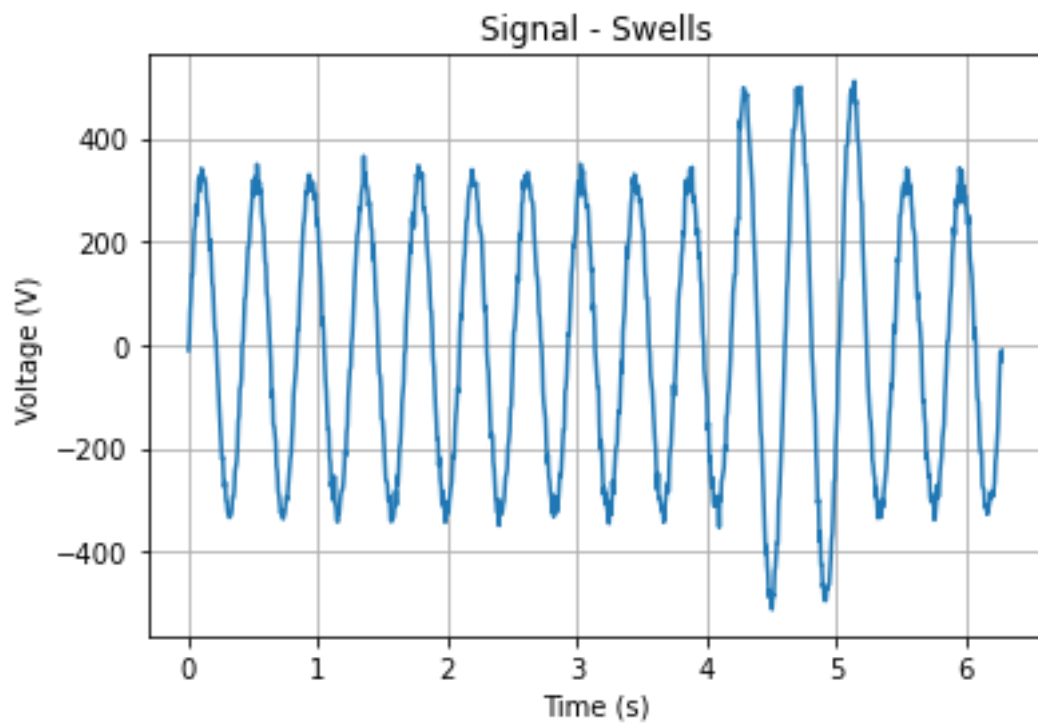
def y(t):
return width(A,t)*np.sin(freq(w)*t)

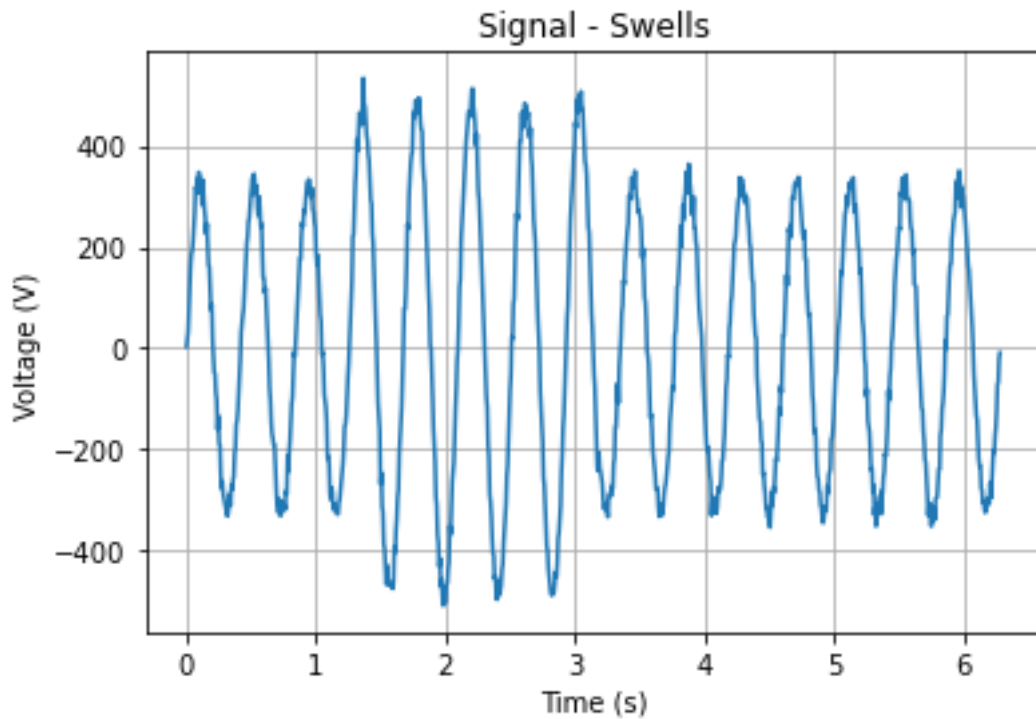
w = 15
A = 325
t = np.linspace(0,2*np.pi,999)
swells = [y(i) for i in t]
noise = np.random.normal(0,15,999)
pl.plot(t,swells+noise)
pl.grid(True)
pl.xlabel("Time (s)")
```

```
pl.ylabel("Voltage (V)")
```

```
pl.title("Signal - Swells")
```

```
pl.show()
```





4.2.3 ΚΩΔΙΚΑΣ ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΦΛΙΚΕΡ (FLICKER)

```
import pylab as pl
import numpy as np

def width(A,t):
    random_light = np.random.normal(0,1,1)

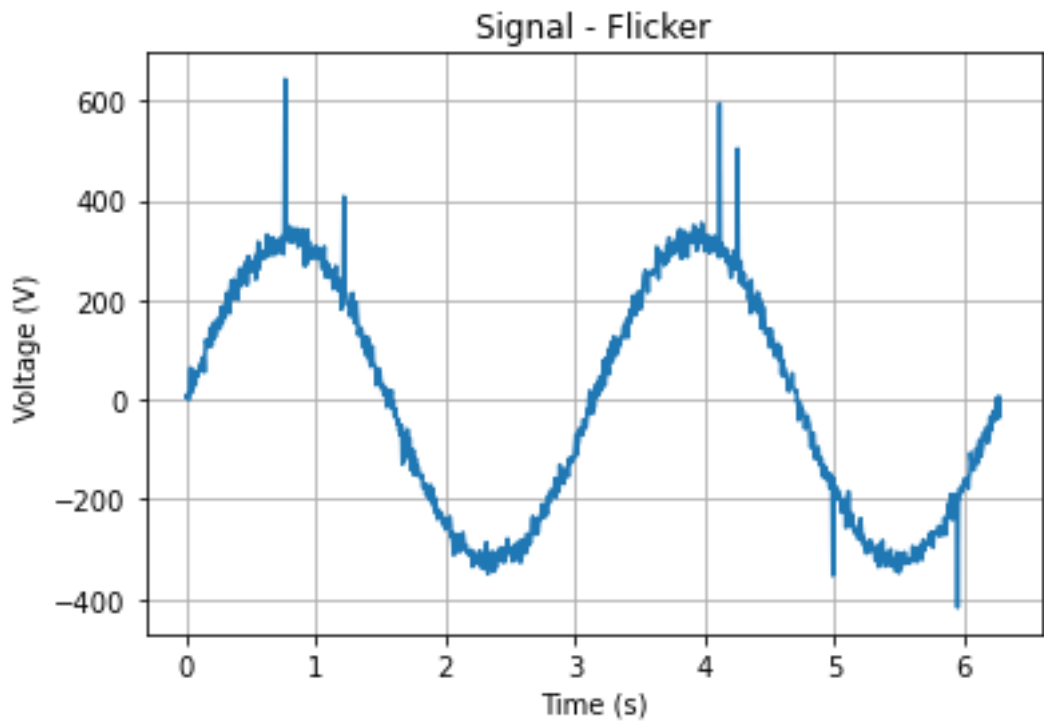
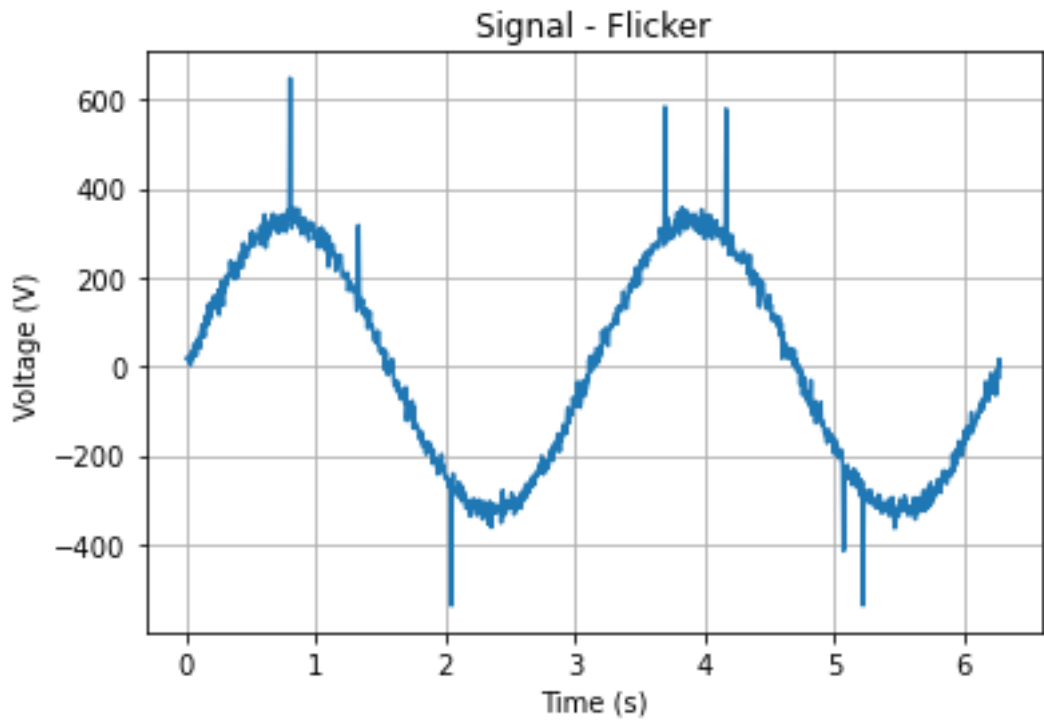
    if random_light>2.6 or random_light<-2.6:
        return 2*A
    else:
```

```
return A

def freq(w):
    return w

def y(t):
    return width(A,t)*np.sin(freq(w)*t)

w = 2
A = 325
t = np.linspace(0,2*np.pi,999)
flicker = [y(i) for i in t]
noise = np.random.normal(0,15,999)
pl.plot(t,flicker+noise)
pl.grid(True)
pl.xlabel("Time (s)")
pl.ylabel("Voltage (V)")
pl.title("Signal - Flicker")
pl.show()
```



4.2.4 ΚΩΔΙΚΑΣ ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΔΙΑΚΟΠΗ ΤΑΣΗΣ (INTERRUPTION)

```
import pylab as pl
import numpy as np
import random as rm

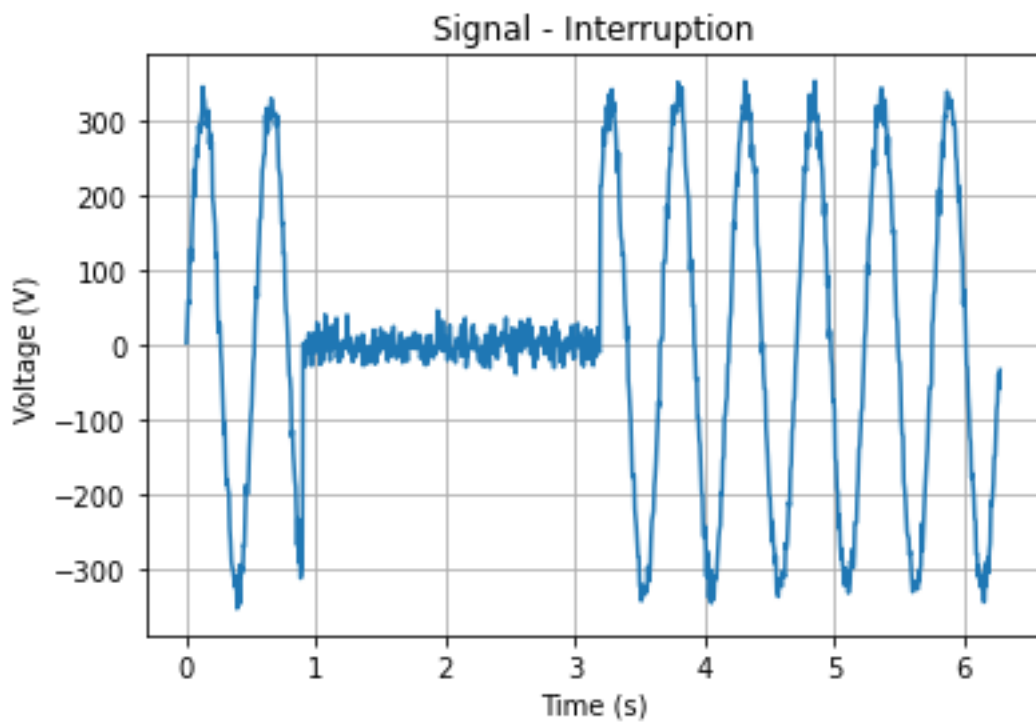
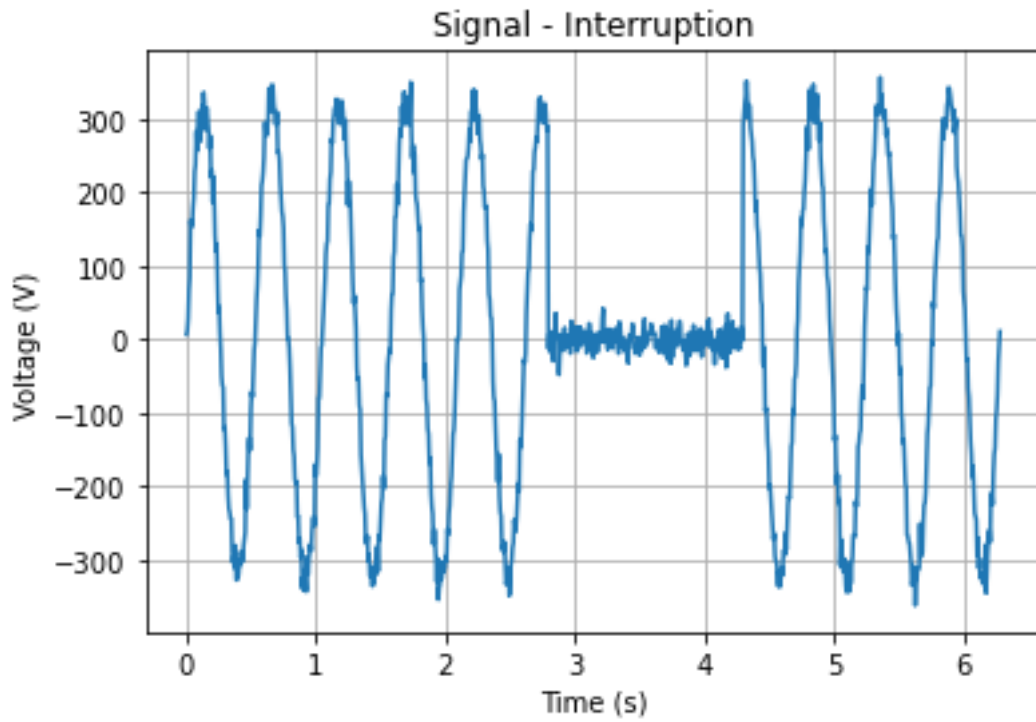
start = rm.uniform(1.5,5)
long_ = rm.uniform(1,3)
def width(A,t):
if t > start-long_/2 and t < start+long_/2:
return 0
else:
return A

def freq(w):
return w

def y(t):
return width(A,t)*np.sin(freq(w)*t)

w = 12
A = 325
t = np.linspace(0,2*np.pi,999)
interruption = [y(i) for i in t]
noise = np.random.normal(0,15,999)
pl.plot(t,interruption+noise)
pl.grid(True)
pl.xlabel("Time (s)")
```

```
pl.ylabel("Voltage (V)")
pl.title("Signal - Interruption")
pl.show()
```



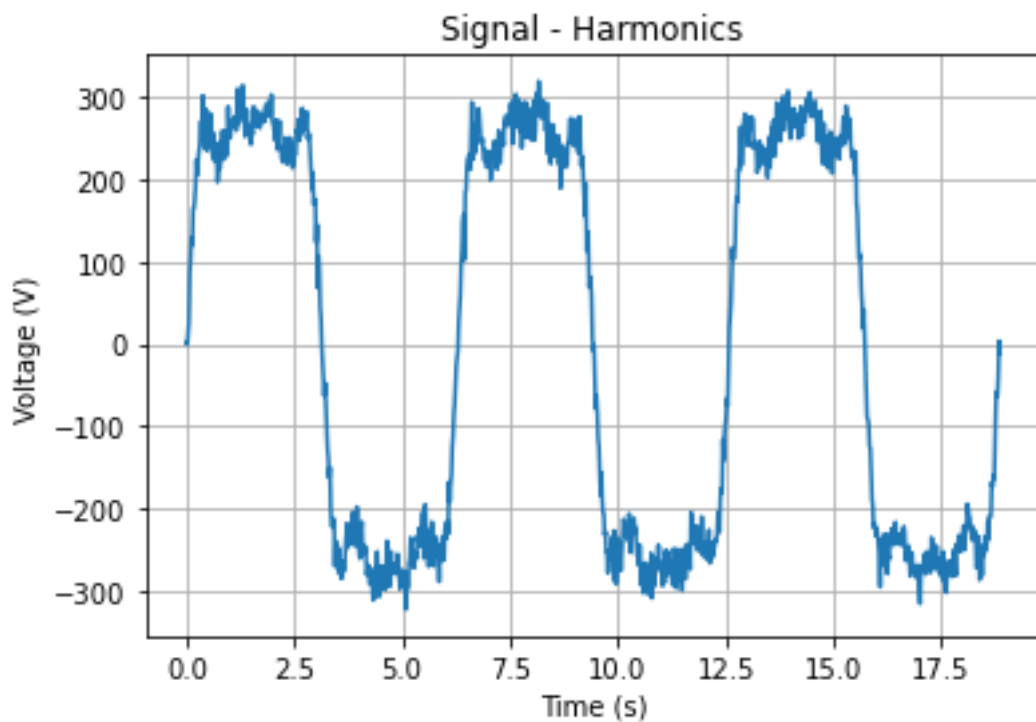
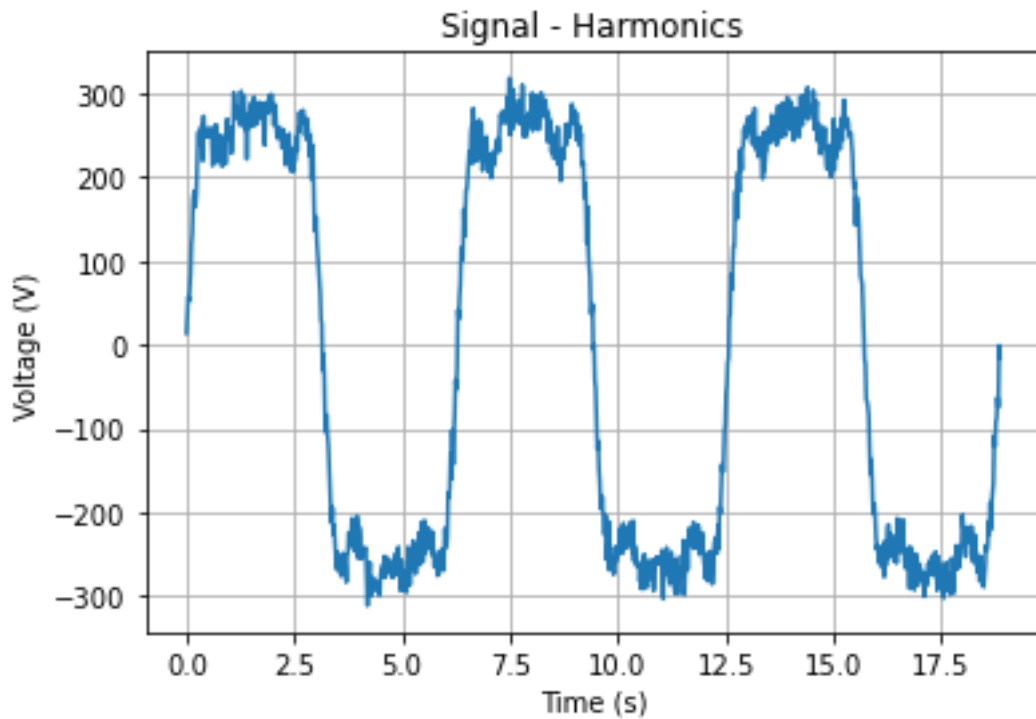
4.2. ΚΩΔΙΚΑΣ ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΡΜΟΝΙΚΩΝ (HARMONICS)

```
import pylab as pl
import numpy as np

A = 325
t = np.linspace(0,6*np.pi,999)
noise = np.random.normal(0,15,999)

sin_1 = A*np.sin(t)
sin_2 = (A/4)*np.sin(3*t)
sin_3 = (A/6)*np.sin(5*t)
sin_4 = (A/10)*np.sin(7*t)

pl.plot(t, sin_1 + sin_2 + sin_3 + sin_4 + noise)
pl.grid(True)
pl.xlabel("Time (s)")
pl.ylabel("Voltage (V)")
pl.title("Signal - Harmonics")
pl.show()
```



4.3 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΕΝΤΟΛΩΝ

Με την εντολή `import` έχουμε ως σκοπό την συντομογραφία λέξης που θα μας βοηθήσει στην καταγραφή του κώδικα σε λιγότερο χρόνο.

Με τις εντολές

```
start = rm.uniform(1.5,5),long_ = rm.uniform(1,3)
```

Διαλέγουμε δύο σημεία πραγματικών αριθμών ομοιόμορφα κατανομημένα στα διαστήματα [1.5,5] και [1,3].

Με τις εντολές:

```
def width(A,t):
if t > start-long_/2 and t < start+long_/2:
return 0.4*A
else:
return A
def freq(w):
return w
def y(t):
return width(A,t)*np.sin(freq(w)*t)
```

Σε ένα τυχαίο διάστημα μειώνουμε το πλάτος του ημιτόνου, έτσι ώστε να δημιουργηθεί η περίπτωση της βύθισης τάσης.

Με την εντολή:

```
t = np.linspace(0,2*np.pi,999)
```

Δημιουργούμε διάστημα [0,2π] με 999 ίσα σημεία.

Με την εντολή:

```
noise = np.random.normal(0,15,999)
```

Δημιουργούμε στο διάστημα [0,2π] με 999 ίσα σημεία ένα μικρό τρεμόπαιγμα, καθώς στην πραγματικότητα τα διαγράμματα δεν είναι καθαρά ημίτονα, λόγω διαφόρων παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητα.

Με τις εντολές:

```
pl.plot(t,sags+noise)
pl.grid(True)
pl.xlabel("Time (s)")
pl.ylabel("Voltage (V)")
pl.title("Signal - Sags")
pl.show()
```

Ονομάζουμε τους άξονες, δίνουμε τίτλο στο διάγραμμα και παρουσιάζουμε το διάγραμμα.

Με τις εντολές:

```
def width(A,t):
if t >start-long_/2 and t < start+long_/2:
return 1.5*A
else:
```



```

return A
def freq(w):
return w
def y(t):
return width(A,t)*np.sin(freq(w)*t)

```

Σε ένα τυχαίο διάστημα αυξάνουμε το πλάτος του ημιτόνου, για να δημιουργήσουμε την περίπτωση της υπέρτασης.

Με τις εντολές:

```

def width(A,t):
random_light = np.random.normal(0,1,1)
if random_light>2.6 or random_light<-2.6:
return 2*A
else:
return A
def freq(w):
return w
def y(t):
return width(A,t)*np.sin(freq(w)*t)

```

Γίνεται τυχαία επιλογή τιμών στο ημίτονο, με σκοπό τον διπλασιασμό του πλάτους του ημιτόνου σε αυτές τις τιμές, για να δημιουργηθεί η περίπτωση του φλίκερ.

Με τις εντολές:

```

def width(A,t):
if t > start-long_/2 and t < start+long_/2:
return 0
else:
return A
def freq(w):
return w
def y(t):
return width(A,t)*np.sin(freq(w)*t)

```

Γίνεται μηδενισμός του πλάτους του ημιτόνου σε τυχαίο διάστημα, για την δημιουργία της διακοπής τάσης.

Με τις εντολές:

```

sin_1 = A*np.sin(t)
sin_2 = (A/4)*np.sin(3*t)
sin_3 = (A/6)*np.sin(5*t)
sin_4 = (A/10)*np.sin(7*t)

```

Δημιουργούμε τα ημιτονοειδή διαγράμματα για τις αρμονικές: πρώτου, τρίτου, πέμπτου και εβδόμου βαθμού.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ως συμπεράσματα της πτυχιακής αυτής μπορούν να σημειωθούν τα παρακάτω:

- Η παρεχόμενη ποιότητα ηλεκτρικής ισχύος παραμένει θέμα μεγάλης σημασίας.
- Υπάρχει έλλειψη ενημέρωσης για τις διαταραχές και τις επιπτώσεις τους στον ηλεκτρικό εξοπλισμό.
- Παλαιά και νέα μη γραμμικά φορτία προκαλούν φθορές, γήρανση ή και καταστροφή του εξοπλισμού στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.
- Πολλοί καταναλωτές δεν έχουν προστατευτικό εξοπλισμό κατά των διαταραχών.
- Υπάρχουν σοβαρές απώλειες εισοδήματος από διαταραχές του δικτύου.
- Ο ΔΕΔΔΗΕ/ΔΕΗ πρέπει να λάβει σοβαρότερα μέτρα διασφάλισης της παρεχόμενης ισχύος.
- Υπάρχει πλέον η τεχνογνωσία για την ανάλυση των προβλημάτων και εύρεση λύσεων.

Κλείνοντας, με τον συνδυασμό των κωδικών που δημιουργήθηκαν και με τον κατάλληλο εξοπλισμό μπορεί να επιτευχθεί γρηγορότερα ο εντοπισμός των προβλημάτων-αστοχιών για την αντιμετώπισή τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Σπυρίδων Ι. Λουτρίδης, Ηλεκτροτεχνία για μηχανολόγους, Εκδοτικός Όμιλος Ίων, 2011.
2. Mohan, Underland, Robbins, Ηλεκτρονικά Ισχύος, Εκδόσεις Τζιόλα, 1996.
3. Roger C. Dugan, Mark F. McGranaghan, Surya Santoso, H.Wayne Beaty, Electrical Power Systems Quality, McGraw-Hill, 2nd Edition, 2002.
4. Stephen J. Chapman, Ηλεκτρικές μηχανές AC-DC, Εκδόσεις Τζιόλα, 5^η έκδοση, 2020.
5. www.ecomechanica.gr.
6. www.kladisenergy.gr.
7. www.hna.gr.
8. www.pro-fi.gr.
9. Ι.Ε. Φραγκιαδάκης, Φωτοβολταϊκά Συστήματα, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, 3^η έκδοση, 2009.
10. Επίδραση ενσωμάτωσης ΔΠ στην ποιότητα ισχύος και αξιοπιστία, eclass.upatras.gr.