



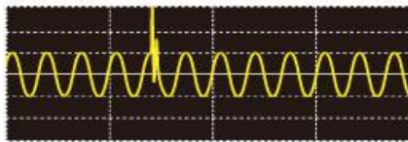
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

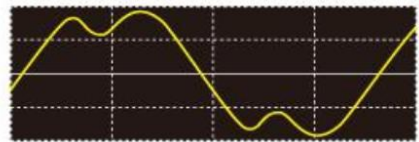
«Μετρήσεις και ανάλυση προβλημάτων ποιότητας ισχύος σε κτίρια του τριτογενή τομέα»



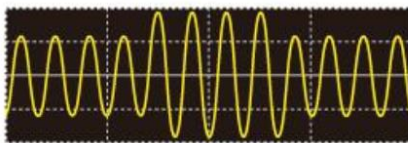
Transient voltages



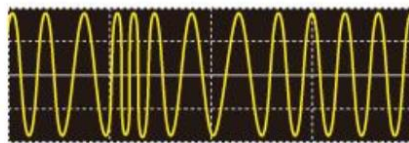
Interruptions



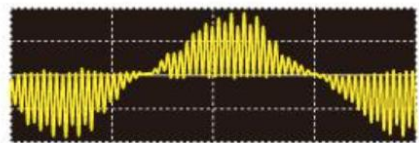
Harmonics



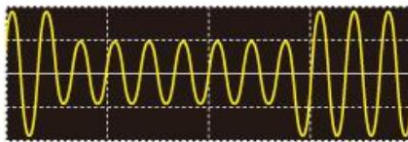
Voltage swells



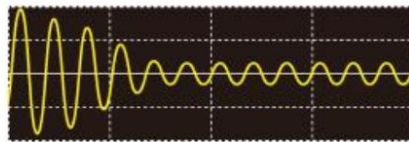
Frequency fluctuations



High-order harmonics



Voltage dips



Inrush current



Unbalance

Φοιτητής: Καραχάλιος Χρήστος

AM: 51204284

Επιβλέπων Καθηγητής

Γεώργιος Βόκας

Καθηγητής

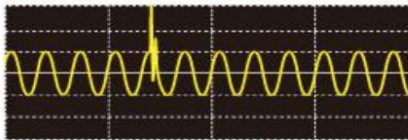
ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ Ιανουάριος 2021



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL & ELECTRONICS
ENGINEERING

Diploma Thesis

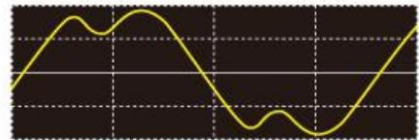
Measurements and analysis of power quality problems in tertiary sector buildings



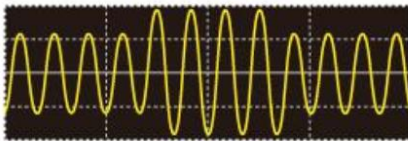
Transient voltages



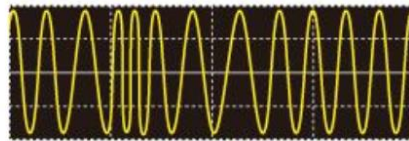
Interruptions



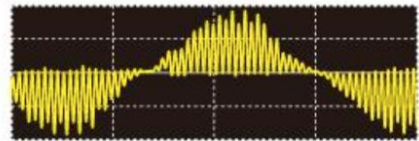
Harmonics



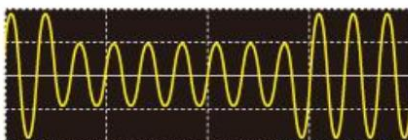
Voltage swells



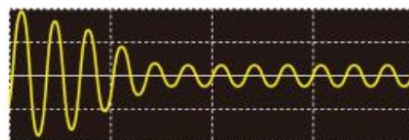
Frequency fluctuations



High-order harmonics



Voltage dips



Inrush current



Unbalance

Student:

Karachalios Christos

Registration Number: 51204284

Supervisor

George Vokas

Professor

ATHENS-AIGALEO, January 2021

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

ΒΟΚΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ Καθηγητής	ΚΑΜΙΝΑΡΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ Καθηγητής	ΚΟΝΤΑΞΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Λέκτορας Εφαρμογών
(Υπογραφή)	(Υπογραφή)	(Υπογραφή)

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Καραχάλιος Χρήστος, Ιανουάριος, 2021

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον/την συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ενυπόγραφα ότι η παρούσα εργασία προετοιμάστηκε και ολοκληρώθηκε από εμένα αποκλειστικά και ότι είμαι ο αποκλειστικός συγγραφέας του κειμένου της.

Η εργασία μου δεν προσβάλλει οποιασδήποτε μορφής δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας ή προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής ή λογοκλοπής.

Κάθε βοήθεια που έλαβα για την ολοκλήρωση της εργασίας είναι αναγνωρισμένη και αναφέρεται λεπτομερώς στο κείμενό της. Ειδικότερα, έχω αναφέρει ευδιάκριτα μέσα στο κείμενο και με την κατάλληλη παραπομπή όλες τις πηγές δεδομένων, κώδικα προγραμματισμού Η/Υ, απόψεων, θέσεων και προτάσεων, ιδεών και λεκτικών αναφορών που χρησιμοποιήθηκαν, είτε κατά κυριολεξία είτε βάσει επιστημονικής παράφρασης, και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Επιπλέον, όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης κατά τα διεθνή πρότυπα.

Τέλος δηλώνω ενυπόγραφα ότι αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της είναι προϊόν λογοκλοπής.

Ημερομηνία 02/02/2022

Καραχάλιος Χρήστος



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή, κύριο Γεώργιο Βόκα για την καθοδήγηση του και για τον χρόνο που απλόχερα αφιέρωσε σε ότι χρειάστηκε για την πραγμάτωση της εργασίας αυτής. Χρωστάω επίσης ένα μεγάλο ευχαριστώ στον ειδικό σε θέματα ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος, Κωνσταντίνο Γεωργούλα, η πραγματοποίηση της διπλωματικής αυτής εργασίας θα ήταν αδύνατη χωρίς αυτή την πολύτιμη υποστήριξη του, από θέματα θεωρητικά έως και την επαφή μου με το πρακτικό τμήμα που πήρε μέρος στην εργασία.

Επίσης θέλω να πω ένα μεγάλο ευχαριστήσω σε ολόκληρο το διδακτικό προσωπικό του τμήματος Ηλεκτρολόγων & Ηλεκτρονικών Μηχανικών για τις γνώσεις που μου μετέδωσε.

Τέλος και κυριότερο ένα θερμό ευχαριστώ στους φίλους/ες και συμφοιτητές/ριες για την άμετρη αλληλοϋποστήριξη που υπήρξε κατά όλη τη φοιτητική μου πορεία καθώς και την οικογένεια μου για όσα μου παρείχε.

Περίληψη

Η διπλωματική εργασία αυτή έχει κύριο θέμα την ανάλυση της ποιότητας ισχύος, την επεξήγηση κατά τμήματα των όρων των προβλημάτων που προκύπτουν πάνω σε αυτή και την διεξαγωγή μιας έρευνας μέσω ενός μετρητικού οργάνου ποιότητας ισχύος νέας τεχνολογίας, το HIOKI PW 3198. Ποιο συγκεκριμένα η εργασία εστιάζει σε κτήρια τριτογενή τομέα με μεγάλες ενεργειακές απαιτήσεις όπου τα φορτία δεν είναι σταθερά, κατ' επέκταση η ποιότητα της ηλεκτρικής ισχύος μεταβάλλεται και η απαίτηση για έλεγχο και ανάλυση καθίσταται αναγκαία για την ομαλή λειτουργία και συνεργασία των συστημάτων της εγκατάστασης.

Έτσι θα υπάρξει παρουσίαση της έννοιας της ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος ενώ θα δοθεί και ιδιαίτερη σημασία στο όργανο το οποίο θα χρησιμοποιηθεί ώστε να δημιουργηθεί μία εικόνα του εύρους των δυνατοτήτων του. Η ποιότητα ηλεκτρικής ισχύος κρίνεται βάση δύο προτύπων, το EN 50160 και το πρότυπο 61000, όπου αυτά τα πρότυπα έχουν ληφθεί από ξενόγλωσσες πηγές και έχουν γραφεί ώστε να είναι ποιο ευανάγνωστα για τις απαιτήσεις της εργασίας. Τα πρότυπα αυτά εγκαταστάθηκαν στο λογισμικό του οργάνου ώστε όποτε οι ηλεκτρολογικές τιμές ξεπερνούσαν κάποιο κατώφλι των ορίων του πρότυπου, το όργανο αποθήκευε το γράφημα της στιγμής που παρουσιαζόταν το πρόβλημα ώστε να το επισημάνει κατά την ανάλυση που έγινε μέσω ειδικού λογισμικού το HIOKI PQ ONE.

Το ερευνητικό μέρος της εργασίας γίνεται βάση μετρήσεων που λήφθηκαν από το εργοστάσιο ΜΕΓΑ, ένα σύγχρονο εργοστάσιο που δραστηριοποιείται επάνω στην παραγωγή αναλώσιμων ειδών υγιεινής υψηλής ποιότητας. Ως σύγχρονο εργοστάσιο χρειάστηκε να κάνει περαιτέρω έλεγχο του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού για τον λόγο ότι υπάρχει μια συνεχή επέκταση αυτού και καθώς γίνονται εναλλαγές, αλλάζουν και τα δεδομένα με απαίτηση της εγκατάστασης να τροποποιηθεί για να μείνει το δυνατόν αναλλοίωτη η ποιότητα ηλεκτρικής ισχύος βάση προτύπων.

Τέλος η εργασία ολοκληρώνεται παρουσιάζοντας και αναλύοντας τα αποτελέσματα των μετρήσεων μέσω του λογισμικού Η/Υ HIOKI PQ ONE συμπεραίνοντας τρόπους ώστε να γίνει βελτίωση της ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος όπως και η μείωση της κατανάλωσης.

Λέξεις – κλειδιά

Ανάλυση ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος, αναλυτής HIOKI PW , πρότυπα EN 50160 και 61000, μετρήσεις ηλεκτρολογικών μεγεθών σε μεγάλους καταναλωτές.

Abstract

The main topic of this dissertation is the analysis of power quality, the partial explanation of the terms of the problems that arise on it and the conduct of a research through a power technology measuring instrument of new technology, HIOKI PW 3198. What specifically focuses the work in tertiary sector buildings with high energy requirements where the loads are not constant by extension, the quality of electrical power changes and the requirement for control and analysis becomes necessary for the smooth operation and cooperation of the installation systems.

Thus, there will be a presentation of the concept of quality of electric power, while special importance will be given to the instrument which will be used to create an image of the range of its possibilities. The quality of electrical power is judged on the basis of two standards, EN 50160 and standard 61000, where these standards have been taken from foreign language sources and have been written to be the most readable for the requirements of the work. These standards were installed in the instrument software so that whenever the electrical values exceeded a threshold of the standard limits, the instrument stored the graph of the moment the problem occurred to indicate it during the analysis made by special software HIOKI PQ ONE.

The research part of the exercise is based on measurements taken from the X which is a modern factory that is active in the production of high quality sanitary ware. As a modern factory, further testing of the electrical equipment is required due to the constant expansion of the factory, so as changes are made, the data changes. The requirements of the installed electrical equipment are then to be modified to remain as unchanged as possible the quality of electrical power based on universal predetermined standards.

Finally, the work is completed by presenting and analyzing the results of the measurements through the HIOKI PQ ONE PC software, concluding ways to improve the quality of electrical power as well as the reduction of consumption.

Keywords

Electric power quality analysis, HIOKI PQ analyzer, EN 50160 and 61000 standards, measurements of electrical quantities in large consumers.

Περιεχόμενα

Κατάλογος εικόνων	11
Κατάλογος σχημάτων	12
Κατάλογος πινάκων	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο. Εισαγωγή	15
1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας	16
1.2 Σκοπός και στόχοι	16
1.3 Μεθοδολογία	16
1.4 Καινοτομία	16
1.5 Δομή	16
Κεφάλαιο 2ο. Φαινόμενα που αναφέρεται η ποιότητα ηλεκτρικής ισχύος	17
.....	17
2.1. Βυθίσεις τάσης	17
2.2. Διακοπές.....	18
2.3. Υπερτάσεις.....	19
2.4. Τάση διόγκωσης (κύμα).....	19
2.5. Φλίκερ – Γρήγορη διακύμανση της τάσης.....	20
2.6. Ασυμμετρία φάσεων	20
2.7. Αρμονικές	21
2.8. Διακύμανση συχνότητας.....	23
2.9. Ρεύμα εισροής.....	23
Κεφάλαιο 3ο. ΗΙΟΚΙ PW3198	24
3.1. Βασικά χαρακτηριστικά.....	24
3.1.1. Αναλύοντας προβλήματα ισχύος του εξοπλισμού	25
3.1.2.Καταγραφή δεδομένων ποιότητας για συστήματα ισχύος.....	26
3.1.3. Μέτρηση της ισχύς AC / DC	26
3.1.4. Λήψη αξιόπιστων ανομοιομορφιών ισχύος με απλές ρυθμίσεις	27
3.1.5.Ταυτόχρονη καταγραφή κυματομορφών συμβάντων και γραφημάτων τάσεων.	27
3.1.6. Ταυτόχρονη καταγραφή RMS κυματομορφών συμβάντων και γραφημάτων.....	28
3.1.7. Διεθνές πρότυπο IEC 61000-4-30 Ed. 2 Κατηγορία A συμβατό.....	28
3.1.8. Καταγραφή αιχμών υψηλών στιγμιαίων τάσεων και αρμονικές συνιστώσες υψηλής τάξης.	29
3.1.9.Μέτρηση δύο κυκλωμάτων.....	29
3.1.10.Επαλήθευση της ποιότητας ισχύος που παρέχεται από έναν γρήγορο φορτιστή EV	30
3.1.11.Απλή μέτρηση μετατροπέα.	30
3.1.12. Δεν χρειάζεται εξωτερική τροφοδοσία	31
3.1.13. Μέτρηση γραμμής 400 Hz.	31
3.1.14.Μεγάλη γκάμα εύρους για να φιλοξενήσει όλες τις εφαρμογές.....	32

3.1.15. Εύκολη κατανόηση των παραμέτρων	33
3.1.16. Αυτόματη ανίχνευση αισθητήρα για αποφυγή εσφαλμένης μέτρησης.....	33
3.1.17. Απλή λειτουργία εγκατάστασης για απλοποιημένη διαμόρφωση παραμέτρων εγγραφής..	34
3.1.18. Συγχρονισμός χρόνου GPS.	34
3.1.19. Ανάλυση δεδομένων και δημιουργία αναφορών με το λογισμικό ανάλυσης ποιότητας ισχύος PQ ONE της HIOKI.	35
3.1.20. Λίστα συμβάντων PQ ONE	35
3.1.21. Λειτουργία κρίσης μέσω πρότυπου	36
3.2. Βασικές προδιαγραφές	37
Κεφάλαιο 4°. Μαθηματική ανάλυση	39
4.1 Βασικά ηλεκτρολογικά μεγέθη	39
4.2 Ηλεκτρική ισχύς.....	41
4.3 Σύνθετα φορτία	42
4.3.1 Τα καθαρά ωμικά φορτία	42
4.3.2 Τα καθαρά επαγωγικά φορτία.....	42
4.3.3 Τα ομικοεπαγωγικά φορτία.....	43
4.3.4 Τα καθαρά χωρητικά φορτία.....	43
4.3.5 Τα ωμικοχωρητικά φορτία.....	44
4.4 Ανάλυση της μιγαδικής ισχύος	45
4.5 Ισχύς σε κυκλώματα με περιοδική μη ημιτονοειδή διέγερση.....	47
4.6 Ισχύς σε μη γραμμικά κυκλώματα με ημιτονοειδή διέγερση	49
Κεφάλαιο 5°. Βασικές απαιτήσεις του EN 50160	51
5.1 Τιμές ηλεκτρολογικών μεγεθών πρότυπου EN 50160.....	51
5.2 Ποιο γενικά για το πρότυπο	52
Κεφάλαιο 6°. Πειραματικό μέρος: Ανάλυση ηλεκτρολογικής εγκατάστασης εργοστασίου	54
6.1 Γενική παρουσίαση των επιμέρους τιμών	57
6.1 Γράφημα Τάσης - Ρεύματος.....	58
6.2 Συχνότητα	59
6.3 Ασυμμετρία φάσεων	60
6.4 Αρμονικές συνιστώσες.....	61
6.4.1 Αρμονικές συνιστώσες (γράφημα)	61
6.4.2 Αρμονικές συνιστώσες (Ραβδόγραμμα)	62
6.5 Flicker (Τρεμόπαιγμα) – Γρήγορη διακύμανση της τάσης.....	63
6.6 Ισχύς λειτουργίας.....	64
6.7 Απορροφόμενη ενέργεια.....	65
6.8 Διάγραμμα ζήτησης Ισχύος.....	66
6.9 Αξιοσημείωτα γεγονότα που κατέγραψε το όργανο	67

Κεφάλαιο 7ο. Ανάλυση ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος ηλεκτρολογικής εγκατάστασης κτιρίου του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής	76
7.1 Γενική παρουσίαση των επιμέρους τιμών διακύμανσης τιμών κατά περιόδους	80
7.2 Γράφημα Τάσης - Ρεύματος.....	82
7.3 Συχνότητα	83
7.4 Ασυμμετρία φάσεων	84
7.5 Αρμονικές ηλεκτρικής τάσης και έντασης.....	85
7.5.1 Αρμονικές συνιστώσες (γράφημα με καμπύλες)	85
7.5.2 Αρμονικές συνιστώσες (Ραβδόγραμμα)	86
7.6 Flicker (Τρεμόπαιγμα) – Γρήγορη διακύμανση της τάσης.....	87
7.7 Ισχύς λειτουργίας.....	88
7.8 Απορροφώμενη ενέργεια	89
7.9 Διάγραμμα ζήτησης Ισχύος.....	90
7.10 Event List.....	91
7.11 Event Data (Αξιοσημείωτα γεγονότα)	92
Κεφάλαιο 8ο. Διαδρομή απόφασης για επενδύσεις και λύσεις σε προβλήματα ποιότητας ενέργειας.	98
8.1. Διαταραχές Ποιότητας Ρεύματος.....	99
8.2. Τεχνοοικονομικές επιπτώσεις και πράξεις κακής ποιότητας ενέργειας.	99
8.3. Ανάλυση κόστους-οφέλους.....	107
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	110
Βιβλιογραφία	111
Παράρτημα Α	112
Παράρτημα Β	113

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα.1	Όργανο ανάλυσης ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος HIOKI PW 3198 κατά τη διάρκεια λήψης μέτρησης ηλεκτρολογικών μεγεθών από βιομηχανικό πίνακα, μέσω τοποθετημένων αμπερομετρικών στις γραμμές και ειδικών ακροδεκτών για λήψη τιμών τάσεις ανά φάση	24
Εικόνα 2	Σημείο αυτοματοποιημένης παραγωγικής διαδικασίας σε εργοστασιακή εγκατάσταση.	25
Εικόνα.3	Ηλεκτροπαραγωγική εγκατάσταση Ανεμογεννητριών.	26
Εικόνα.4	Φωτοβολταϊκό πάρκο.	26
Εικόνα.5	Ανομοιομορφίες ηλεκτρικής ισχύος	27
Εικόνα.6	Στιγμιότυπο από την οθόνη του καταγραφικού κατά την μέτρηση, όπου στο άνω μέρος φαίνεται το γράφημα της στιγμιαίας τάσης και στο κάτω της στιγμιαίας ηλεκτρικής έντασης.	27
Εικόνα7	Στιγμιότυπο από την οθόνη του καταγραφικού κατά την μέτρηση, όπου στο άνω μέρος φαίνεται το γράφημα της ενεργού τάσης και στο κάτω της ενεργού ηλεκτρικής έντασης.	28
Εικόνα 8	Ταμπέλα οργάνου ανάδειξης Α κλάσης	28
Εικόνα 9	Ταμπέλα ανάδειξης μετρούμενου εύρους τάσης.	29
Εικόνα 10	Πίσω όψη του οργάνου όπου φαίνονται οι θύρες υποδοχής των αμπερομετρικών ακροδεκτών και των βολτομετρικών	29
Εικόνα 11	Φορτιστής EV.	30
Εικόνα 12	Μετρητικό όργανο HIOKI PW 3198 εγκατεστημένο στις τρεις γραμμές τροφοδοσίας και στην γραμμή της τροφοδοσίας που έρχεται από την μπαταρία, δεξιά και αριστερά από τον μετατροπέα.	30
Εικόνα 13	Τοποθετημένος ακροδέκτης στο HIOKI PW3198.	31
Εικόνα 14	Κατασκευή αεροσκαφών και караβιών	31
Εικόνα 15	Ακροδέκτες – Αμπερομετρικά κατάλληλα για το όργανο HIOKIPW3198.	32
Εικόνα 16	Στιγμιότυπα από την οθόνη του οργάνου HIOKIPW 3198.	33
Εικόνα 17	Ένδειξη ότι το όργανο ανιχνεύει αυτόματα τον αισθητήρα που προσαρμόζουμε.	33
Εικόνα 18	Επιλογές από το μενού οργάνου για τροποποίηση της ρύθμισης της μέτρησης.	34
Εικόνα 19	Επικοινωνία μετρητικών οργάνων μέσω διαδικτύου.	34
Εικόνα 20	Λογισμικό H/Y HIOKI PQ ONE κατάλληλο για ανάλυση μετρήσεων από το όργανο HIOKI PW 3198.	35
Εικόνα 21	Παρουσίαση συμβάντων που έχουν επισημανθεί από την εφαρμογή PQ ONE.	35
Εικόνα 22	Παρουσίαση στατιστικών αριθμών συμβάντων που έχουν επισημανθεί.	36
Εικόνα 23	Πάνελ καταχώρησης τιμών προτύπου EN 50160.	36
Εικόνα 0.1	Τοποθέτηση του οργάνου με σωστό τρόπο ώστε να αποφευχθεί να δημιουργηθεί κάποιο ατύχημα κατά την παραμονή του μέσα στον βιομηχανικό πίνακα.	54
Εικόνα 0.2	Έλεγχος παραμέτρων και έναρξη καταγραφής τιμών.	54
Εικόνα 0.3	Κατά την τοποθέτηση του οργάνου στον βιομηχανικό πίνακα, φαίνονται τα γάντια προστασίας από τα ηλεκτρικά τόξα προστασίας 1000Volt.	54
Εικόνα 27	Τοποθέτηση οργάνων για καταμέτρηση ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς στο κτίριο Z του Πα.Δ.Α. Το μεσαίο όργανο είναι αυτό που χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή δεδομένων αυτής της εργασίας	76
Εικόνα 28	Διάγραμμα ροής λήψης αποφάσεων σε λύσεις αύξησης ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς.	103
Εικόνα 29	Μέθοδοι μετριασμού που χρησιμοποιούνται σε ένα σύστημα ισχύος	106

Κατάλογος σχημάτων

Σχήμα 1 Ποιότητα ηλεκτρικής ισχύος με τα φαινόμενα που την απαρτίζουν όπως αναγράφονται στα δεξιά του σχήματος.	17
Σχήμα 2 Κυματομορφή βύθισης τάσης.....	17
Σχήμα 3 Κυματομορφή διακοπής τάσης για σύντομο χρονικό διάστημα	18
Σχήμα 4 Κυματομορφή με παροδική υπέρταση.	19
Σχήμα 5 Κυματομορφή με τάση διόγκωσης.	19
Σχήμα 6 Κυματομορφή ταχείας διακύμανσης τάσης ή τρεμόπαιγμα (Φλίκερ).....	20
Σχήμα 7 Ασυμμετρία φάσεων.....	21
Σχήμα 8 Ισορροπημένο Σύστημα Μη ισορροπημένο σύστημα.....	21
Σχήμα 9 Κυματομορφή επηρεασμένη από αρμονικές συνιστώσες	21
Σχήμα 10 Αρμονικές συνιστώσες περιττών αριθμών, όπου totalείναι η συνολική κυματομορφή από το άθροισμα αυτών	22
Σχήμα 11 Αρμονικές υψηλών συχνοτήτων.....	22
Σχήμα 12 Κυματομορφή με διακύμανση συχνότητας	23
Σχήμα 13 Κυματομορφή ρεύματος εισροής	24
Σχήμα 14 Παρουσίαση τιμών 24ώρου, στο επάνω μέρος βρίσκεται η καμπύλη που έχει προκύψει από την ενεργό τάση, στη μέση η ενεργός ηλεκτρική ένταση και κάτω οι τιμές της συχνότητας.	57
Σχήμα 15 Διάγραμμα καμπυλών επιμέρους φάσεων τάσης και ρεύματος κατά την διάρκεια του 24ώρου	58
Σχήμα 16 Διάγραμμα μετρούμενης συχνότητας.....	59
Σχήμα 17 Διάγραμμα ασυμμετρίας φάσεων τάσης και ρεύματος ως προς τον χρόνο.	60
Σχήμα 18 Γράφημα με καμπύλες των αρμονικών συνιστωσών. Στο πάνω μέρος φαίνεται ο συντελεστής παραμόρφωσης ανά φάση. Ενώ από κάτω φαίνονται οι αρμονικές συνιστώσες τάξεως 3,5,7,9 της τάσης και του ρεύματος ανά φάση.	61
Σχήμα 19 Παρουσίαση αρμονικών συνιστωσών μέσω ραβδογράμματος. Συμπεριλαμβάνονται οι τιμές των τριών φάσεων και της επιστροφής, καθώς αναγράφονται και οι τιμές τους στον πίνακα δεξιά του γραφήματος.	62
Σχήμα 20 Γράφημα Flicker, ποιο συγκεκριμένα Pst – χρόνου, ανά φάση.	63
Σχήμα 21 Γράφημα Ισχύς λειτουργίας και συντελεστή ισχύος προς τον χρόνο.	64
Σχήμα 22 Γράφημα απορροφώμενης ενέργειας 24ώρου.....	65
Σχήμα 23 Διάγραμμα ενεργού ισχύος - χρόνου και διάγραμμα άεργου ισχύος επαγωγικού χαρακτήρα με θετικές τιμές Var και χωρητικού χαρακτήρα με αρνητικές τιμές Var σε σχέση με τον χρόνο, όπου το πλάτος της μίας ράβδου αντιστοιχεί σε 30 λεπτά.	66
Σχήμα 24 Γράφημα και πίνακας αξιοσημείωτων γεγονότων εργοστασίου που λήφθηκαν από το όργανο	67
Σχήμα 25 Διάγραμμα τάσης χρόνου με εμφάνιση τάσης στον ουδέτερο αγωγό.....	68
Σχήμα 26 Διάγραμμα τάσης χρόνου με εμφάνιση τάσης στον ουδέτερο ανοιγμένο σε χρόνο 250 μs ..	68
Σχήμα 27 Ραυδόγραμμα με αρμονικές συνιστώσες ουδέτερου	71
Σχήμα 28 Κυματομορφή συμβάν 83.....	72
Σχήμα 29 Φασιθέτης - Αρμονικές συμβάν 83	73
Σχήμα 30 Αρμονικές τάσης συμβάν 83	73

Σχήμα 31	Αρμονικές ρεύματος συμβάν 83.....	73
Σχήμα 32	Κιματομορφή συμβάν 88.....	74
Σχήμα 33	Ανοιγμένη στον χρόνο κυματομορφή τάσης.....	75
Σχήμα 34	Διάγραμμα διακύμανσης τιμών κατά περιόδους.....	80
Σχήμα 35	Διάγραμμα τάσης, ρεύματος σε σχέση με το χρόνο κτιρίου Z.....	82
Σχήμα 36	Διάγραμμα διακύμανσης συχνότητας σε σχέση με το χρόνο κτιρίου Z.....	83
Σχήμα 37	Διάγραμμα ασυμμετρίας φάσεων τάσης, ρεύματος σε σχέση με το χρόνο κτιρίου Z.....	84
Σχήμα 38	Διαγράμματα συντελεστή παραμόρφωσης, αρμονικών συνιστωσών τάσης, ρεύματος σε σχέση με τον χρόνο κτιρίου Z.....	85
Σχήμα 39	Ραυδόγραμμα αρμονικών συνιστωσών τάσης, με πίνακες τιμών τάσεων και ποσοστά αυτών σε σχέση με την πρώτη ή θεμελιώδη αρμονική συνιστώσα, κτιρίου Z.....	86
Σχήμα 40	Ραυδόγραμμα αρμονικών συνιστωσών ρεύματος, με πίνακες τιμών τάσεων και ποσοστά αυτών σε σχέση με την πρώτη ή θεμελιώδη αρμονική συνιστώσα ρεύματος, κτιρίου Z.....	86
Σχήμα 41	Διάγραμμα Flicker (Pst - χρόνου) κτιρίου Z.....	87
Σχήμα 42	Διάγραμμα ισχύς λειτουργίας κτιρίου Z.....	88
Σχήμα 43	Διάγραμμα απορροφώμενης ενέργειας κτιρίου Z.....	89
Σχήμα 44	Διάγραμμα ζήτησης ισχύος κτιρίου Z.....	90
Σχήμα 45	Διάγραμμα τάσης – ρεύματος συμβάν 17 κτιρίου Z.....	92
Σχήμα 46	Ραυδόγραμμα αρμονικών τάσης και φασιθέτης 1 ^{ης} αρμονικής συνιστώσας.....	93
Σχήμα 47	Ραυδόγραμμα αρμονικών τάσης και φασιθέτης 5 ^{ης} αρμονικής συνιστώσας.....	93
Σχήμα 48	Ραυδόγραμμα αρμονικών τάσης και φασιθέτης 7 ^{ης} αρμονικής συνιστώσας.....	93
Σχήμα 49	Ραυδόγραμμα αρμονικών τάσης και φασιθέτης 11 ^{ης} αρμονικής συνιστώσας.....	94
Σχήμα 50	Ραυδόγραμμα αρμονικών ρεύματος.....	94
Σχήμα 51	Διαγράμματα τάσης, ρεύματος – χρόνου συμβάντος 26.....	95
Σχήμα 52	Διαγράμματα τάσης, ρεύματος – χρόνου συμβάντος 26 ανοιγμένα στον χρόνο.....	95
Σχήμα 53	Διαγράμματα τάσης, ρεύματος - χρόνου συμβάντος 48.....	96
Σχήμα 54	Διαγράμματα τάσης, ρεύματος – χρόνου ανοιγμένα στον χρόνο συμβάντος 48.....	96
Σχήμα 55	Συνολικό κόστος ως αποτέλεσμα ενός γεγονότος βύθισης.....	101

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1	Προδιαγραφές αναλυτή ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος HIOKI PW 3198.....	39
Πίνακας 2	Βασικές απαιτήσεις του EN 50160.....	52
Πίνακας 3	Χαρακτηριστικά Υλισμικό οργάνου HIOKI.....	55
Πίνακας 4	Χαρακτηριστικά μετρούμενης εγκατάστασης.....	55
Πίνακας 5	Χαρακτηριστικά εκδήλωσης τιμών.....	55
Πίνακας 6	Μετρούμενα χαρακτηριστικά τρεμοπαίγματος.....	56
Πίνακας 7	Ορισμοί καταγραφής δεδομένων στη μνήμη.....	56
Πίνακας 8	Ορισμοί κατωφλιών για την καταγραφή σφαλμάτων.....	56
Πίνακας 9	Στοιχεία συμβάν 83.....	72
Πίνακας 10	Στοιχεία συμβάν 88.....	74

Πίνακας 11 Δεδομένα μετρητικού οργάνου.	79
Πίνακας 12 Πίνακας συμβάντων μέτρησης κτιρίου Z.....	91
Πίνακας 13 Στοιχεία συμβάντος 17	92
Πίνακας 14 Τιμές ηλεκτρολογικών μεγεθών από το event 17.....	92
Πίνακας 15 στοιχεία συμβάντος 26	95
Πίνακας 16 Στοιχεία συμβάντος 48	96

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο. Εισαγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες, οι διαταραχές που σχετίζονται με την ποιότητα ισχύος στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας έχουν λάβει αυξημένη προσοχή. Οι πελάτες έχουν αντιληφθεί περισσότερο την έννοια της ποιότητας ισχύος της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Χρησιμοποιούν πιο ευαίσθητες ηλεκτρονικές συσκευές που απαιτούν τροφοδοσία χωρίς παραμορφώσεις. Αντίθετα, αυτές οι συσκευές προκαλούν συχνά διαταραχές ποιότητας ισχύος στο δίκτυο.

Κατά την αρχική λειτουργία των Δικτύων Ηλεκτρικής Ενέργειας η ζήτηση και από οικιακούς αλλά και από βιομηχανικούς καταναλωτές ήταν κατά κάποιο τρόπο σταθερή (συγκεκριμένη). Η ηλεκτρική ενέργεια ήταν ευρέως διαθέσιμη και αυτό το χαρακτηριστικό ήταν ο κύριος λόγος για την ταχύτατη περαιτέρω ανάπτυξη του δικτύου. Σταδιακά όμως, οι απαιτήσεις σε Ενέργεια αυξάνονταν σημαντικά φτάνοντας σχεδόν την πλήρη χωρητικότητα του τοπικού δικτύου. Η συνεχής και αξιόπιστη κάλυψη της συνεχώς αυξανόμενης ζήτησης ήταν ένα μεγάλο πρόβλημα για την εταιρεία παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας ΔΕΗ.

Προσωρινή όπως αποδείχθηκε λύση αποτέλεσε η ενθάρρυνση της ανάπτυξης αποτελεσματικότερων μεθόδων χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Η αύξηση της απόδοσης με χρήση ηλεκτρονικών κυκλωμάτων οδήγησε στη δημιουργία μη γραμμικών φορτίων και πολύπλοκων συστημάτων όχι μόνο στους μεγάλους καταναλωτές αλλά και στους μικρούς σε επίπεδο χαμηλής τάσης. Πολλά, μη γραμμικά πλέον φορτία εντάχθηκαν στον κλασσικό ηλεκτρικό εξοπλισμό κτιρίων χαμηλής τάσης αυξάνοντας την απόδοση, μειώνοντας την κατανάλωση, αλλά ταυτόχρονα υποβιβάζοντας με πολλούς τρόπους την Ποιότητα της Παρεχόμενης Ηλεκτρικής Ισχύος. Είναι γνωστό ότι σκοπός του Ηλεκτρικού Δικτύου από κατασκευής του είναι να παράγει ηλεκτρική ενέργεια και να την μεταφέρει στον τελικό καταναλωτή αξιόπιστα και αδιάλειπτα σε προκαθορισμένα και σταθερά επίπεδα τάσης και συχνότητας.

Η Ποιότητα τάσης (Voltage quality) σχετίζεται με την απόκλιση της τάσης από την ιδανική. Ιδανική τάση είναι ένα καθαρό ημίτονο μίας συχνότητας, που χαρακτηρίζεται από σταθερή τιμή πλάτους και συχνότητας. Η Ποιότητα ρεύματος (Current quality) είναι ο συμπληρωματικός όρος της ποιότητας τάσεως. Σχετίζεται με τη απόκλιση του ρεύματος από την ιδανική τιμή του ρεύματος. Το ιδανικό ρεύμα είναι και σε αυτήν την περίπτωση ένα απλό ημίτονο της ίδιας σταθερής συχνότητας, με την επιπρόσθετη απαίτηση ότι το ημίτονο του ρεύματος πρέπει να είναι σε φάση με αυτό της τάσης. Ποιότητα ισχύος (power quality) είναι ο συνδυασμός της ποιότητας τάσεως και της ποιότητας ρεύματος.

Υπάρχουν συγκεκριμένα πρότυπα που θέτουν όρια για κάθε διαταραχή και πρέπει να τηρούνται αυστηρά εκατέρωθεν (IEC, EN50160). Η διατήρηση της Ποιότητας Ηλεκτρικής Ισχύος σε προκαθορισμένα επίπεδα είναι ένα θέμα που στην αρχή εξαρτιόταν μόνο από την εταιρεία παροχής, όμως με τον καιρό άρχισε να εξαρτάται και από τους καταναλωτές. Ο τρόπος που ήταν δομημένο το Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας τα προηγούμενα χρόνια επέτρεπε στους καταναλωτές να μην θέλουν να δεχτούν τις ευθύνες τους για την δημιουργία προβλημάτων στο δίκτυο. Όμως, η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, η αυξανόμενη απαίτηση των καταναλωτών για φτηνή ηλεκτρική ενέργεια υψηλής αξιοπιστίας και ποιότητας και τέλος η αυξανόμενη διασπορά μικρότερων μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνδεδεμένες στη μέση ή και χαμηλή τάση π.χ. Φ/Β και αιολικά πάρκα, δημιουργεί νέο μοντέλο με νέους κανόνες υποχρεώσεων και απαιτήσεων προς παραγωγούς και καταναλωτές.

Οι πελάτες μπορεί πλέον να καταναλώνουν ή και να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια ή ακόμα και τα δύο σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Διαφορετικού τύπου καταναλωτές έχουν διαφορετικές απαιτήσεις σε πλάτος τάσης, συχνότητα, κυματομορφή και άλλα.. Ειδικά για εγκαταστάσεις κτιρίων χαμηλής τάσης, αυτοί είναι πελάτες που προς το παρόν μόνο καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια, ενώ αρχίζουν σε ορισμένες περιπτώσεις να υπάρχει και παραγωγή μέσω ενεργειακού συμψηφισμού (net-metering). Είναι αλήθεια ότι η αιτία δημιουργίας πολλών προβλημάτων μπορεί να οφείλεται στις διάφορες διαταραχές της παρεχόμενης τάσης. Μία έρευνα που διεξήχθη από την «Georgia Power» κατά την δεκαετία του '90 αποκάλυψε πως η άποψη των εταιριών παροχής της Η.Ε. θέλει τα προβλήματα της ποιότητας ισχύος να οφείλονται κατά 1% στις εταιρίες (στην Ελλάδα είναι μόνο η ΔΕΗ και κάποιες μικρές που είναι στον

χώρο των ανανεώσιμων πηγών) και κατά 25% στους καταναλωτές. Από την άλλη πλευρά οι καταναλωτές πιστεύουν ότι τα προβλήματα προκαλούνται από τους παρόχους κατά 17% ενώ αυτοί ευθύνονται κατά την γνώμη τους μόλις για τις 12% των περιπτώσεων.

1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας

Κύριο αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση του όρου «ποιότητα ισχύος», η παρουσίαση ενός σύγχρονου αναλυτή ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος και το ερευνητικό μέρος όπου καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της εργασίας και έχει να κάνει με την καταμέτρηση και ανάλυση ηλεκτρολογικών δεδομένων που λήφθηκαν από ένα τμήμα εργοστασίου και ενός κτηρίου πανεπιστημίου.

1.2 Σκοπός και στόχοι

Σκοπός είναι η όσο κατά δυνατόν καλύτερη ανάλυση και παρουσίαση όλων των μερών της ποιότητας ισχύος καθώς και την εξέταση συμπεριφορών της, με στόχο την καλύτερη εμβάθυνση σε αυτή την κομβική έννοια της ηλεκτρολογίας.

1.3 Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την πραγμάτωση της εργασίας ήταν αρχικά η έρευνα και συλλογή πληροφοριών μέσω συγγραμμάτων και πόρων στο διαδίκτυο για την ποιότητα ισχύος όσο και για το μετρητικό όργανο που χρησιμοποιήσαμε. Ύστερα ο συνδυασμός και η τροποποίηση των πληροφοριών και η ύστερα η τοποθέτηση στο θεωρητικό μέρος της εργασίας. Για τον χειρισμό του οργάνου παρακολούθηθηκαν παρουσιάσεις κυρίως από την εταιρεία που το κατασκεύασε όπως και από το βιβλίο οδηγιών που παρέχεται με το όργανο μέχρι την τελική φάση των μετρήσεων. Τέλος η ανάλυση και παρουσίαση ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος με τη βοήθεια λογισμικού

1.4 Καινοτομία

Καινοτομία είναι η παρουσίαση και χρησιμοποίηση ενός σύγχρονου οργάνου ανάλυσης ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος με μεγάλο εύρος εφαρμογών πάνω στην ανάλυση της ποιότητας ισχύος σε συνδυασμό με κατάλληλου λογισμικού Η/Υ ίδιας εταιρίας.

1.5 Δομή

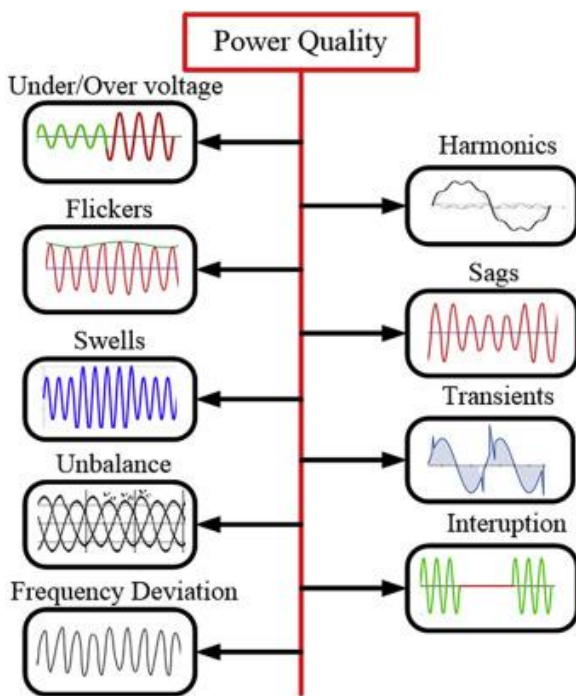
Η δομή που ακολουθεί είναι η εξήγηση και η ανάλυση αρχικά της ποιότητας ισχύος, ύστερα η παρουσίαση του οργάνου που χρησιμοποιήθηκε, η ανάδειξη πρότυπων ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος και τέλος η εξέταση της ποιότητας ισχύος τμήματος εργοστασίου και κτιρίου πανεπιστημίου που λήφθηκαν οι μετρήσεις

Κεφάλαιο 2ο. Φαινόμενα που αναφέρεται η ποιότητα ηλεκτρικής ισχύος.

Αρχικά Διευκρινίζεται ότι η ποιότητα ηλεκτρικής εγκατάστασης αφορά την ποιότητα της τάσης και την ποιότητα του ρεύματος που φθάνει σε μία εγκατάσταση ή ένα φορτίο.

Η ποιότητα τάσης εξαρτάται από την ποιότητα παρεχόμενης ενέργειας, δηλαδή στην Ελλάδα καθορίζεται από την Δ.Ε.Η.

Η ποιότητα ρεύματος έχει να κάνει με τον καταναλωτή, δηλαδή την συμπεριφορά του φορτίου.



Τα σημαντικότερα φαινόμενα τα οποία καλύπτει ο όρος ποιότητας ισχύος είναι:

Βυθίσεις Τάσης

Διακοπές (μικρής διάρκειας, μεγάλης διάρκειας)

Υπερτάσεις (μικρής διάρκειας, μεγάλης διάρκειας)

Τάση διόγκωσης

Φλίκερ

Ασυμμετρία φάσεων

Αρμονικές

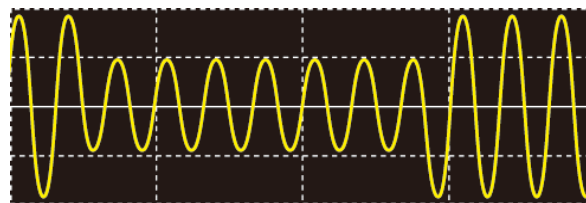
Διακύμανση συχνότητας

Ρεύμα εισροής

Σχήμα 1 Ποιότητα ηλεκτρικής ισχύος με τα φαινόμενα που την απαρτίζουν όπως αναγράφονται στα δεξιά του σχήματος.

2.1. Βυθίσεις τάσης

Βύθιση τάσης είναι η μικρής διάρκειας μείωση της ενεργού τιμής της τάσης κυρίως λόγω σφαλμάτων στο δίκτυο ή λόγω της σύνδεσης μεγάλων κινητήρων. Βύθιση της τάσης παρατηρείται επίσης και κατά την προσωρινή λειτουργία ενός μετασχηματιστή στην περιοχή κορεσμού της καμπύλης λειτουργίας του, λόγω των μεγάλων ασύμμετρων ρευμάτων που προκαλούνται (π.χ. κατά την ενεργοποίηση του).



Σχήμα 2 Κυματομορφή βύθισης τάσης

Τα κύρια χαρακτηριστικά της βύθισης τάσης είναι η διάρκεια του και το μέγεθος της τάσης. Για βυθίσεις τάσης που προκαλούνται από σφάλματα, το μέγεθος της τάσης εξαρτάται από την απόσταση του σφάλματος από το φορτίο, τις διασυνδέσεις του δικτύου καθώς και το πόσο δυνατό ή ασθενές είναι το δίκτυο (ισχύς βραχυκύκλωσης) στο PCC (point of common coupling - το σημείο όπου ενώνεται ηλεκτρικά το φορτίο, το σφάλμα και η παροχή ισχύος του δικτύου). Ο τύπος του σφάλματος και οι

συνδεσμολογίες των μετασχηματιστών μεταξύ του σφάλματος και του φορτίου είναι επίσης καθοριστικοί παράγοντες του μεγέθους της τάσης.

Η διάρκεια εξαρτάται κυρίως από το πόσο γρήγορα θα λειτουργήσει το σύστημα προστασίας του δικτύου προκειμένου να απομονωθεί το τμήμα του δικτύου όπου εμφανίστηκε το σφάλμα. Οι χρόνοι που υπεισέρχονται εδώ είναι τόσο ο χρόνος εντοπισμού του σφάλματος (δηλαδή ο τύπος προστασίας που χρησιμοποιείται: ηλεκτρονόμοι αποστάσεως, διαφορική προστασία, ηλεκτρονόμοι υπερέυματος, ασφάλειες κτλ) καθώς και ο χρόνος λειτουργίας των συσκευών διακοπής του ρεύματος (διακόπτες ισχύος, ασφάλειες κτλ).

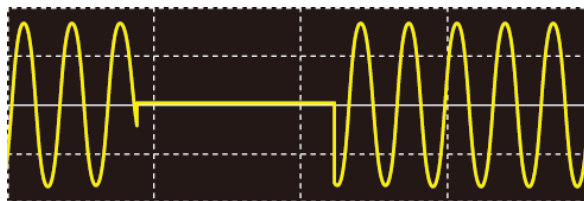
Από την πλευρά της εταιρίας ηλεκτρισμού, προσπάθεια μείωσης του αριθμού βυθίσεων τάσης συνεπάγεται προσπάθεια μείωσης του αριθμού σφαλμάτων. Αυτό επιτυγχάνεται με συχνότερη συντήρηση και επιθεώρηση του δικτύου και του εξοπλισμού. Η χρήση υπόγειων καλωδίων αντί για εναέριες γραμμές μειώνει την συχνότητα σφαλμάτων λόγω κεραυνών. Επίσης, βελτίωση των χρόνων λειτουργίας του συστήματος προστασίας μειώνει την διάρκεια των βυθίσεων τάσης. Αλλαγές στην τρόπο με τον οποίο συνδέεται το φορτίο με το δίκτυο μπορούν επίσης να μειώσουν την πτώση τάσης κατά την διάρκεια ενός σφάλματος (για παράδειγμα η σύνδεση από διαφορετικά σημεία του δικτύου).

Από την πλευρά των καταναλωτών, βοήθεια μπορεί να αναζητηθεί σε συσκευές αποθήκευσης ενέργειας (για παράδειγμα οι συσκευές αδιάλειπτης παροχής ενέργειας - UPS) ή υποστήριξης της τάσης (DVR). Η διεθνής εμπειρία δείχνει ότι για τους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές - PLC η χρήση συσκευών αδιάλειπτης παροχής ενέργειας είναι τις περισσότερες φορές απαραίτητη και οικονομικά τεκμηριωμένη. Για τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές οι συσκευές αδιάλειπτης παροχής ενέργειας είναι πλέον κοινή πρακτική. (HIOKI E.E. CORPORATION, 2021)

2.2. Διακοπές

Σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές οι διακοπές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: μικρής διάρκειας (μικρότερης από 3 λεπτά) και μεγάλης διάρκειας (μεγαλύτερης από 3 λεπτά).

Οι διακοπές μεγάλης διάρκειας οφείλονται είτε σε κάποιο σοβαρό σφάλμα, το οποίο δεν καθάρισε με την λειτουργία του συστήματος προστασίας και χρειάζεται αποκατάσταση επιτόπου, είτε λόγω προγραμματισμένων εργασιών συντήρησης στο δίκτυο.



Σχήμα 3Κυματομορφή διακοπής τάσης για σύντομο χρονικό διάστημα

Διακοπές μικρής διάρκειας προέρχονται από την λειτουργία διακοπών αυτόματης επαναφοράς (reclosers) και επαναφορά του δικτύου μετά από σφάλμα. Η διαδικασία αυτή είναι συνηθισμένη σε δίκτυα διανομής και εφαρμόζεται διότι μεγάλο ποσοστό των σφαλμάτων δεν είναι μόνιμα και εξαφανίζονται μετά την λειτουργία του συστήματος προστασίας. Οι διακοπές μπορούν να θεωρηθούν ειδική περίπτωση βυθίσεων τάσης (όπου η τάση γίνεται μηδέν) και όσο αφορά την επίδραση τους στα φορτία ισχύος ότι και για την επίδραση των βυθίσεων τάσης.

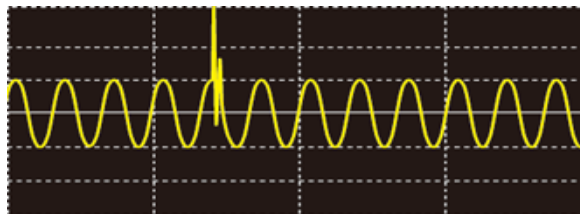
Σε εργοστασιακό περιβάλλον μία διακοπή μπορεί να προκαλέσει καταστροφική διακοπή της παραγωγικής αλυσίδας αυξάνοντας τον αριθμό των προϊόντων που απορρίπτονται ή των υλικών που απομακρύνονται. Σε μερικές περιπτώσεις, οι διακοπές μπορεί να αυξήσουν τον κίνδυνο να καταστραφούν οι συσκευές ή ακόμα και τον τραυματισμό του προσωπικού.

Ο πιο συνηθισμένος τρόπος για την αποφυγή προβλημάτων από τις διακοπές είναι η εγκατάσταση συστημάτων UPS και ηλεκτροπαραγωγών ζευγών. Βελτίωση από την μεριά του δικτύου μπορεί να

επιτευχθεί μειώνοντας αφενός την συχνότητα των σφαλμάτων και αφετέρου μειώνοντας την διάρκεια των διακοπών. Μείωση της διάρκειας των διακοπών μπορεί να γίνει με αξιοποίηση των μοντέρνων συστημάτων προστασίας. Σχήματα τα οποία προβλέπουν την ανταλλαγή πληροφοριών μέσω τηλεπικοινωνιακών συστημάτων αυξάνουν την αποτελεσματικότητα στον εντοπισμό του σφάλματος, επιταχύνουν τους χρόνους προστασίας αλλά και μειώνουν τον χρόνο αποκατάστασης σφαλμάτων. (HIOKI E.E. CORPORATION, 2021)

2.3. Υπερτάσεις

Παροδικές υπερτάσεις είναι στιγμιαίες ανυψώσεις της τάσης (το αντίθετο των βυθίσεων). Οι ίδιοι παράμετροι που χρησιμοποιούνται για κατηγοριοποίηση των βυθίσεων χρησιμοποιούνται και για την κατηγοριοποίηση των παροδικών ανυψώσεων. Οι υπερτάσεις που εμφανίζονται κατά την διάρκεια λειτουργίας ενός δικτύου μπορούν να γίνουν ιδιαίτερα επικίνδυνες για τον εξοπλισμό του αλλά και για τα φορτία.



Σχήμα 4Κυματομορφή με παροδική υπέρταση.

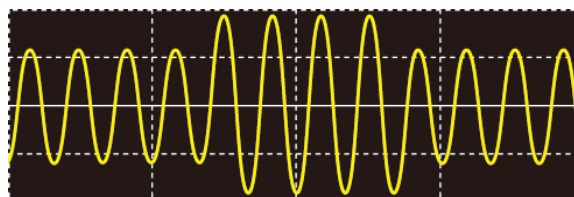
Υπερτάσεις προκαλούνται από κεραυνούς (και μπορεί να οδηγήσουν σε σφάλματα), ή λόγω προβλημάτων σε διακόπτες ισχύος.

Υπερτάσεις μεγαλύτερης διάρκειας εμφανίζονται κατά την διάρκεια μονοφασικών σφαλμάτων σε αγειώτα δίκτυα ή δίκτυα γειωμένα μέσω σύνθετης αντίστασης (voltage swells). Οι υπερτάσεις στην χειρότερη περίπτωση ισούνται με την πολική τάση του δικτύου, εμφανίζονται στις υγιείς φάσεις και διαρκούν όσο διαρκεί το σφάλμα.

Οι τρόποι επίλυσης θα μπορούσαν να είναι οι ίδιοι με αυτούς για τις βυθίσεις. Όμως λόγω της μικρής συχνότητας και έκτασης του φαινομένου στην πράξη δεν λαμβάνονται κάποια μέτρα αποκλειστικά για αυτό το πρόβλημα. Ενέργειες που γίνονται και για άλλες διαταραχές εξομαλύνουν και τα αποτελέσματα αυτών των διαταραχών.

2.4. Τάση διόγκωσης (κύμα)

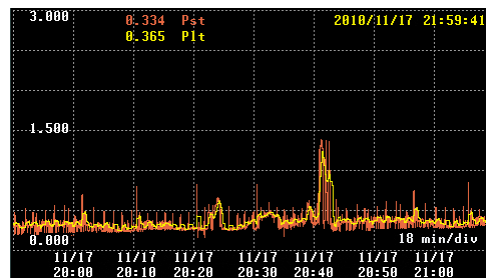
Αυτή είναι η στιγμιαία αύξηση τάσης που προκαλείται από κεραυνούς, άνοιγμα ή κλείσιμο κυκλώματος τροφοδοσίας, εναλλαγή υψηλής χωρητικότητας πυκνωτή, βραχυκύκλωμα γείωσης ή κοπή βαρύ φορτίου κ.λπ. Μπορεί επίσης να συμβεί λόγω της σύνδεσης δικτύου μιας νέας ενέργειας πηγή (ηλιακή ενέργεια, κ.λπ.). Μια ξαφνική αύξηση της τάσης μπορεί να προκαλέσει ζημιά ή επαναφορά της τροφοδοσίας του εξοπλισμού. (HIOKI E.E. CORPORATION, 2021)



Σχήμα 5Κυματομορφή με τάση διόγκωσης.

2.5. Φλίκερ – Γρήγορη διακύμανση της τάσης

Φλίκερ, ή αλλιώς γρήγορη διακύμανση της τάσης που οδηγεί σε τρεμόπαιγμα στο φως, είναι μία οπτική ενόχληση λόγω αστάθειας της έντασης του φωτός (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. Αυτή η διακύμανση ωστόσο μπορεί να προκαλέσει ενόχληση στα μάτια. Το επίπεδο της ενόχλησης εξαρτάται από την συχνότητα και το πλάτος της αλλαγής της έντασης του φωτός και από τον παρατηρητή (δεν αντιλαμβάνονται όλοι την ίδια ενόχληση στην ίδια διακύμανση της τάσης).



Σχήμα 6Κυματομορφή ταχείας διακύμανσης τάσης ή τρεμόπαιγμα (Φλίκερ)

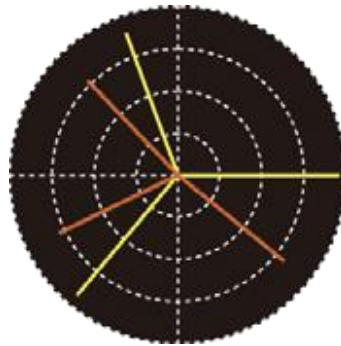
Κύρια πηγή δημιουργίας του φαινομένου της διακύμανσης της τάσης είναι τα ηλεκτρικά τόξα των ηλεκτρικών κλιβάνων, οι μηχανές συγκόλλησης και παρόμοια «βαριά» φορτία που καταναλώνουν ρεύματα με μεγάλη διακύμανση. Φλίκερ μπορεί να εμφανιστεί με την παρουσία ενδιάμεσων αρμονικών σε μία συχνότητα κοντά στην θεμελιώδη ή και σε αρμονική.

Οι διακυμάνσεις τάσεως προκαλούνται όταν τα φορτία καταναλώνουν ρεύματα που έχουν σημαντικές αιφνίδιες ή περιοδικές διακυμάνσεις. Το κυμαινόμενο ρεύμα που καταναλώνεται από την παροχή προκαλεί πρόσθετες μειώσεις τάσεως στο σύστημα τροφοδοσίας, που οδηγούν σε διακυμάνσεις της παρεχόμενης τάσης. Τα φορτία που παρουσιάζουν συνεχείς, γρήγορες διακυμάνσεις (όπως ηλεκτρικοί κάμιοι, ηλεκτροσυγκολλητές, εγκαταστάσεις με συχνές εκκινήσεις κινητήρων, μονάδες κλιματισμού, ανεμιστήρες, μηχανισμοί κινητήρων με κυκλική λειτουργία, ελασματουργεία, μηχανήματα με μεγάλες αλλαγές ταχύτητας των κινητήρων, πριόνια και μηχανήματα διάλυσης αυτοκινήτων) είναι λοιπόν εκείνα που πιθανότατα θα προκαλέσουν διακυμάνσεις τάσεως.

Οι συχνές, γρήγορες διακυμάνσεις σε ρεύματα φορτίου αποδίδονται στις λειτουργίες εκκίνησης κινητήρων, όπου το ρεύμα του κινητήρα συνήθως είναι 3-5 φορές το ονομαστικό ρεύμα για μία σύντομη χρονική περίοδο. Εάν ένας αριθμός κινητήρων τίθεται σε λειτουργία την ίδια ώρα, ή αν ο ίδιος κινητήρας ξεκινά και σταματά επανειλημμένα, η συχνότητα των αλλαγών της τάσεως μπορεί να προκαλέσει μαρμαρυγή (τρεμοπαίξιμο) στις εγκαταστάσεις φωτισμού, που θα είναι ορατή με γυμνό μάτι. (HIOKI E.E. CORPORATION, 2021)

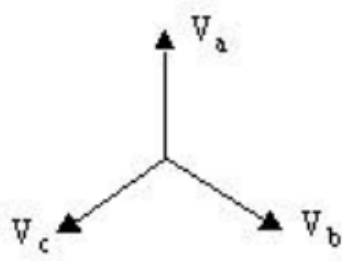
2.6. Ασυμμετρία φάσεων

Σε ένα συμμετρικό τριφασικό σύστημα παροχής, οι φασικές τάσεις των τριών γραμμών είναι ίσες σε μέγεθος και διαφέρουν ανά φάση μεταξύ τους κατά 120° (το ίδιο συμβαίνει και για τις πολικές με διαφορετικά μέτρα και γωνίες από τις φασικές αλλά ίσα μεταξύ τους και γωνίες μεγαλύτερες κατά 30° από τις αντίστοιχες φασικές). Ασυμμετρία τάσεως εμφανίζεται όταν είτε υπάρχει διαφορά στην ενεργό τιμή της τάσης μεταξύ των φάσεων είτε επειδή η γωνία μεταξύ των φάσεων αποκλίνει από τις 120° . Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται όταν η κατανάλωση ρεύματος είναι ασύμμετρα κατανομημένη στις τρεις φάσεις ή κατά την διάρκεια σφαλμάτων πριν προλάβει να λειτουργήσει η προστασία.

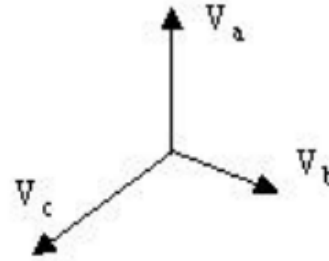


Σχήμα 7 Ασυμμετρία φάσεων

Η ασυμμετρία των φάσεων επηρεάζει κυρίως τους τριφασικούς ασύγχρονους κινητήρες στους οποίους προκαλεί υπερθέρμανση και επίσης επηρεάζει τον εξοπλισμό προστασίας των κυκλωμάτων. Επιπλέον της μειωμένης απόδοσης, της υπερθέρμανσης και της μείωσης του χρόνου ζωής της μόνωσης, οι επαγωγικοί κινητήρες που λειτουργούν σε κατάσταση ασυμμετρίας θα κάνουν πολύ θόρυβο κατά τη λειτουργία τους, λόγω των κραδασμών από την στροφορμή και την ταχύτητα, προφανώς σε τέτοιες περιπτώσεις η στροφορμή και ταχύτητα θα είναι μικρότερη της κανονικής.



Σχήμα 8 Ισορροπημένο Σύστημα

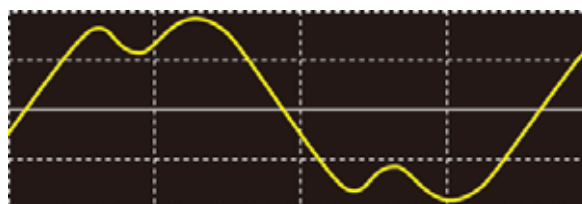


Μη ισορροπημένο σύστημα

Η επίτευξη μηδενικού βαθμού ασυμμετρίας μεταξύ των φάσεων σε ένα σύστημα διανομής είναι προφανώς αδύνατη. Παρόλα αυτά, υπάρχουν τεχνικές βελτίωσης της συμμετρικότητας τόσο σε επίπεδο παραγωγής όσο και σε επίπεδο κατανάλωσης, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την μείωση του συντελεστή ασυμμετρίας της φάσεων και των επιπτώσεών της. (HIOKI E.E. CORPORATION, 2021)

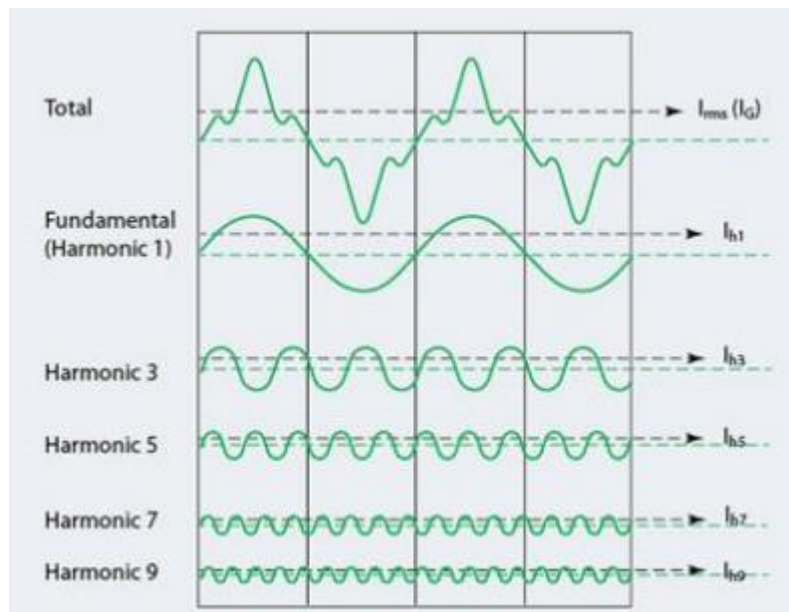
2.7. Αρμονικές

Η ύπαρξη αρμονικών στη τάση και την ένταση (υπέρθυση συχνοτήτων πολλαπλασίων της θεμελιώδους 50 Hz) οφείλεται κυρίως στην ύπαρξη μη γραμμικών φορτίων, φορτίων δηλαδή, όπου το ρεύμα έχει διαφορετική κυματομορφή από αυτήν της τάσης. Μέσω της τάσης και σε συνάρτηση με την ισχύ βραχυκυκλώσεως του δικτύου, οι αρμονικές που παράγονται σε ένα σημείο μεταδίδονται και μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα σε άλλα φορτία.



Σχήμα 9 Κυματομορφή επηρεασμένη από αρμονικές συνιστώσες

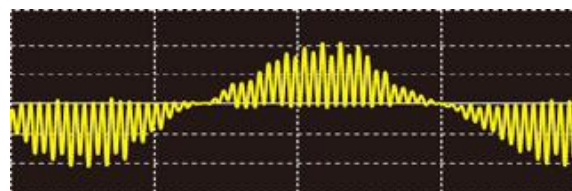
Στη παράγραφο που ακολουθεί δίνονται αναλυτικά στοιχεία σχετικά με τις αρμονικές.



Σχήμα 10 Αρμονικές συνιστώσες περιττών αριθμών, όπου totalείναι η συνολική κυματομορφή από το άθροισμα αυτών

Οποιαδήποτε περιοδική απόκλιση από την καθαρά ημιτονική μορφή της τάσης μπορεί να αναπαρασταθεί με ένα άθροισμα από καθαρά συνημίτονα με συχνότητα ίση με την ονομαστική και ακέραια πολλαπλάσια αυτής. Η ονομαστική συχνότητα ονομάζεται θεμελιώδης συχνότητα. Μία ημιτονική κυματομορφή με συχνότητα k φορές μεγαλύτερη από την θεμελιώδη (το k είναι ακέραιος αριθμός) καλείται αρμονική διαταραχή. Ο λόγος μεταξύ της αρμονικής συχνότητας και της θεμελιώδης συχνότητας (k) καλείται τάξη της αρμονικής. (ProFi system, 2019)

Η ύπαρξη αρμονικών στη τάση και την ένταση οφείλεται κυρίως στην ύπαρξη μη γραμμικών φορτίων, φορτίων δηλαδή, όπου το ρεύμα έχει διαφορετική κυματομορφή από αυτήν της τάσης. Μέσω της τάσης και σε συνάρτηση με την ισχύ βραχυκυκλώσεως του δικτύου, οι αρμονικές που παράγονται σε ένα σημείο μεταδίδονται και μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα σε άλλα φορτία. Το φαινόμενο αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μόλυνση του δικτύου με αρμονικές και ειδικότερα με συνιστώσες του ρεύματος σε συχνότητες πολλαπλάσιες των 50 Hz ($2^{\text{ης}}$ ->100Hz, $3^{\text{ης}}$ ->150Hz, $4^{\text{ης}}$ ->200 Hz, $5^{\text{ης}}$ ->250Hz, $6^{\text{ης}}$ ->300Hz, $7^{\text{ης}}$ ->350Hz,....., $49^{\text{ης}}$ ->2550Hz) οι οποίες διαρρέουν τα καλώδια τροφοδοσίας των φορτίων και πλήττουν ολόκληρη την ηλεκτρολογική εγκατάσταση.



Σχήμα 11 Αρμονικές υψηλών συχνοτήτων

Ποιο συγκεκριμένα οι πηγές αρμονικών διαταραχών

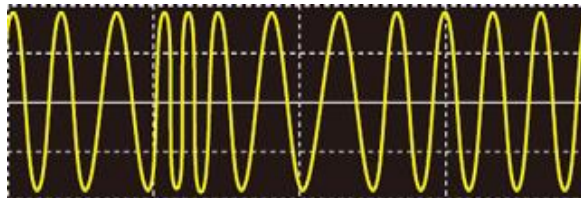
Μερικές από τις πηγές των αρμονικών που εμφανίζονται στα δίκτυα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

- Στρεφόμενες ηλεκτρικές μηχανές: Οι αρμονικές οφείλονται στις οδοντώσεις του πυρήνα και στις ατέλειες των μαγνητικών κυκλωμάτων τους.
- 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 : εισάγουν κυρίως αρμονικές περιττής τάξεως (5η, 7η, 11η, 13η, 17η αρμονική).
- 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 (PulseBurst-Modulated), που χρησιμοποιούνται σε μεγάλους κλιβάνους. (HIOKI E.E. CORPORATION, 2021)

2.8. Διακύμανση συχνότητας

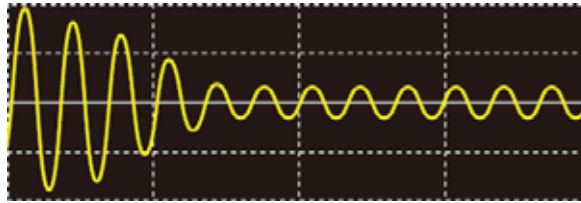
Συμβαίνει λόγω αλλαγής της αποτελεσματικής ισορροπίας ισχύος μεταξύ προσφοράς και κατανάλωσης, ή υπερβολικής αύξησης ή μείωσης του φορτίου. Οι ποικίλες ταχύτητες περιστροφής των σύγχρονων γεννητριών, ο πιο συνηθισμένος τύπος γεννήτριας που χρησιμοποιείται σε βοηθητικά συστήματα ισχύος, μπορεί να είναι η αιτία των διακυμάνσεων συχνότητας. (HIOKI E.E. CORPORATION, 2021)



Σχήμα 12Κυματομορφή με διακύμανση συχνότητας

2.9. Ρεύμα εισροής

Αυτό είναι ένα στιγμιαίο υψηλό ρεύμα που ρέει όταν ο εξοπλισμός είναι ενεργοποιημένος. Το ρεύμα εισόδου μπορεί να προκαλέσει δυσλειτουργία των ρελέ, άνοιγμα των διακοπών, πρόσκρουση στον ανορθωτή και ασταθή τάση τροφοδοσίας. (HIOKI E.E. CORPORATION, 2021)



Σχήμα 13Κυματομορφή ρεύματος εισροής

Κεφάλαιο 3ο. HIOKI PW3198

Η κρίσιμη σημασία της ηλεκτρικής ενέργειας στη σημερινή κοινωνία απαιτεί καθημερινή συντήρηση και διαχείριση για να διασφαλιστεί ότι δεν θα προκύψουν προβλήματα. Όταν συμβαίνουν, για παράδειγμα λόγω βλάβης του εξοπλισμού ή απότομης αύξησης της ζήτησης, υπάρχει ανάγκη να αντιμετωπιστούν και να αναλυθούν γρήγορα τα αίτια. Το POWER QUALITY ANALYZER PW3198 παρέχει ισχυρή υποστήριξη για το προσωπικό πεδίου που χρειάζεται να αναλύσει τα χαρακτηριστικά ισχύος με τη μορφή δυνατοτήτων μέτρησης που αποτυπώνει αξιόπιστα το πλήρες φάσμα ανομοιομορφιών ισχύος και σχετική ευκολία χρήσης σε όλη την αναζήτηση προβλημάτων, από τη σύνδεση του οργάνου έως καταγραφή δεδομένων και τέλος την παρουσίαση τους.

Το HIOKI PW3198 είναι το όργανο το οποίο γίνεται η πραγμάτωση αυτής της εργασίας. Είναι ένας μετρητής - αναλυτής - καταγραφέας ηλεκτρικής ισχύος με μεγάλη ακρίβεια λήψεων τιμών ηλεκτρικών μεγεθών και αποτελεσμάτων. Με την LCDοθόνη που διαθέτει κάνει παρουσίαση της ποιότητας ισχύος ώστε να υπάρχει παρουσίαση προτού περαστούν οι μετρήσεις στο λογισμικό που δίνει η εταιρία για Η/Υ, όπως επίσης παρακολουθεί, καταγράφει και παρουσιάζει το πρόβλημα με τρόπο ώστε να γίνεται ακριβέστερο και πιο κατανοητό προς τον μελετητή, καθώς επιτρέπει τη γρήγορη διερεύνηση των αιτιών τους. (HIOKI, 2020).

3.1. Βασικά χαρακτηριστικά

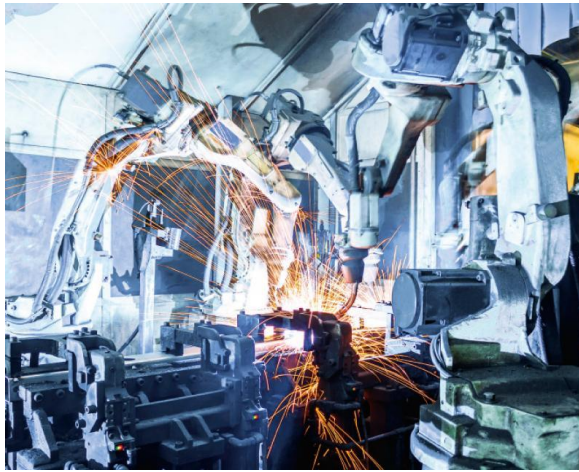


Εικόνα.1Όργανο ανάλυσης ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος HIOKI PW 3198 κατά τη διάρκεια λήψης μέτρησης ηλεκτρολογικών μεγεθών από βιομηχανικό πίνακα, μέσω τοποθετημένων αμπερομετρικών στις γραμμές και ειδικών ακροδεκτών για λήψη τιμών τάσεις ανά φάση

- Επιβεβαιώνει τα προβλήματα ισχύος σύμφωνα με το πρότυπο IEC61000-4-30 Κλάσης A .
- Υποστηρίζει υψηλή ακρίβεια και συνεχής εγγραφή χωρίς κενό (V: $\pm 0,1\%$ της ονομαστικής τάσης, A: $\pm 0,1\%$ ονομαστικής ηλεκτρικής έντασης και W: $\pm 0,2\%$ ηλεκτρικής Ισχύος).

- Το εύρος τάσης ευρείας ζώνης επιτρέπει να μετράτε ακόμη και αρμονικά εξαρτήματα υψηλής τάξης συχνοτήτων έως 80 kHz.
- Μέγιστη εναλλασσόμενη τάση 6000 V έως 700 kHz.
- Μέτρηση έντασης ηλεκτρικού ρεύματος έως 6000 AAC.
- Υπάρχουν δύο συστήματα μέτρησης ισχύος και υπολογισμός απόδοσης, για ch1, ch2, ch3 και ένα ξεχωριστό ch4 που χρησιμεύει αρκετά στη λήψη μετρήσεων σε μετατροπείς ηλεκτρικής ενέργειας.
- Πραγματοποιεί απλές μετρήσεις μετατροπέων με βασική συχνότητα 40 έως μέγιστη 70 Hz.
- Δημιουργεί εύκολα αναφορές με ομαδοποιημένο λογισμικό εφαρμογής PQ ONE (Χρήση Η/Υ)
- Προαιρετικό GPS BOX για συγχρονισμό πολλαπλών συσκευών της εταιρίας (πολύ χρήσιμο για μετρήσεις μεγάλων καταναλωτών) (HIOKI, 2020)

3.1.1. Αναλύοντας προβλήματα ισχύος του εξοπλισμού



Εικόνα 2 Σημείο αυτοματοποιημένης παραγωγικής διαδικασίας σε εργοστασιακή εγκατάσταση.

Κατά τον κατασκευαστή αποτυπώνει το πλήρες φάσμα ανωμαλιών τροφοδοσίας, συμπεριλαμβανομένων στιγμιαίων διακοπών, πτώσης τάσης και διακυμάνσεων συχνότητας, ενώ καταγράφει τάσεις που βοηθά στη διερεύνηση των αιτίων των απροσδόκητων δυσλειτουργιών του εξοπλισμού και των ξαφνικών διακοπών.

Χρειάζονται πολύ υψηλά στάδια αξιοπιστίας ιδανικής ηλεκτρικής ισχύος ώστε να επιτευχθεί άριστη συνεργασία μεταξύ του παραγωγικού εξοπλισμού αλλιώς μπορεί να δημιουργηθεί βλάβη που απαιτεί υψηλό κόστος επιδιόρθωσης. (HIOKI, 2020)

3.1.2. Καταγραφή δεδομένων ποιότητας για συστήματα ισχύος



Εικόνα.3 Ηλεκτροπαραγωγική εγκατάσταση Ανεμογεννητριών.

Δυνατότητα καταγραφής διακυμάνσεων της τάσης, του ρεύματος, της ισχύος, των αρμονικών και της ταχείας διακύμανσης της τάσεως κατά τη σύνδεση ενός εξαιρετικά μεταβλητού συστήματος, όπως μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Η ανάλυση των δεδομένων μπορεί να γίνει εύκολα σε πρώτη φάση από το μετρητικό όργανο και ύστερα ως ποιο αναλυτικός τρόπος μέσω του λογισμικού PQ ONE που παραχωρείται από την εταιρία. (ΗΙΟΚΙ, 2020)

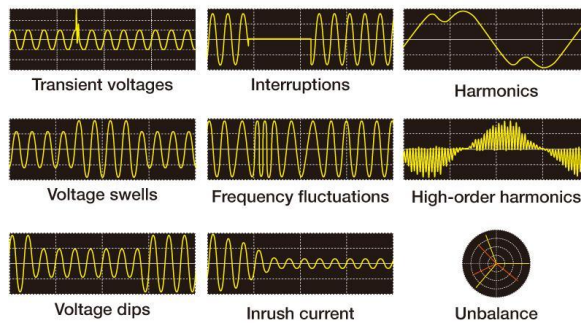
3.1.3. Μέτρηση της ισχύος AC / DC



Εικόνα.4 Φωτοβολταϊκό πάρκο.

Χρησιμοποιούνται αισθητήρες AC / DC αυτόματου μηδενικού ρεύματος για να μετρηθεί το ρεύμα DC με ακρίβεια για παρατεταμένες χρονικές περιόδους. Δεδομένου ότι οι αισθητήρες τροφοδοτούνται από το όργανο, δεν χρειάζεται να ρυθμιστεί ξεχωριστό τροφοδοτικό και αυτό δημιουργεί υψηλά επίπεδα αυτονομίας. (ΗΙΟΚΙ, 2020)

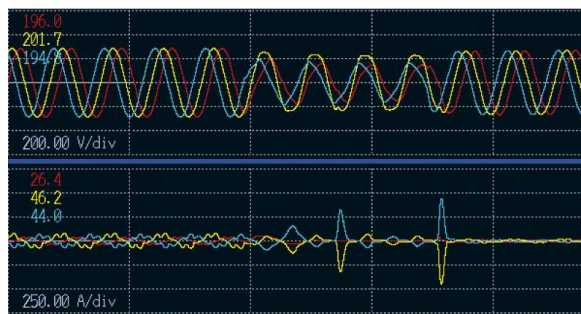
3.1.4. Λήψη αξιόπιστων ανομοιομορφιών ισχύος με απλές ρυθμίσεις



Εικόνα.5 Ανομοιομορφίες ηλεκτρικής ισχύος

Τα PW3198 μπορεί να μετρήσει όλες τις παραμέτρους ταυτόχρονα, συμπεριλαμβανομένων των κυματομορφών ισχύος, αρμονικών και ανωμαλιών. Παροδικές τάσεις, αυξήσεις τάσης, πτώσεις τάσης, διακοπές, διακυμάνσεις συχνότητας, εισαγωγή ρεύματος, αρμονικές και αρμονικές υψηλής τάξης. (HIOKI, 2020)

3.1.5. Ταυτόχρονη καταγραφή κυματομορφών συμβάντων και γραφημάτων τάσεων.



Εικόνα.6 Στιγμιότυπο από την οθόνη του καταγραφικού κατά την μέτρηση, όπου στο άνω μέρος φαίνεται το γράφημα της στιγμιαίας τάσης και στο κάτω της στιγμιαίας ηλεκτρικής έντασης.

Κυματομορφή συμβάντος: Όταν συμβαίνει ένα συμβάν, το όργανο καταγράφει τη στιγμιαία κυματομορφή για 0,2 δευτερόλεπτα. Μπορούν να ρυθμιστούν παράλληλα όλες οι παράμετροι συμβάντων και υπάρχει δυνατότητα να ελέγχεται η καταγραφή δεδομένων στην οθόνη ενώ η μέτρηση βρίσκεται σε εξέλιξη. (HIOKI, 2020)

3.1.6. Ταυτόχρονη καταγραφή RMS κυματομορφών συμβάντων και γραφημάτων.



Εικόνα7 Στιγμιότυπο από την οθόνη του καταγραφικού κατά την μέτρηση, όπου στο άνω μέρος φαίνεται το γράφημα της ενεργού τάσης και στο κάτω της ενεργού ηλεκτρικής έντασης.

Δεδομένα τάσης διακύμανσης συμβάντος. Όταν αύξηση τάσης, πτώση ή ρεύμα εισόδου, το PW3198 μπορεί ταυτόχρονα να καταγράψει 1/2 διακυμάνσεις της τιμής RMS για 30 δευτερόλεπτα όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα. (HIOKI, 2020)

3.1.7. Διεθνές πρότυπο IEC 61000-4-30 Ed. 2 Κατηγορία A συμβατό.



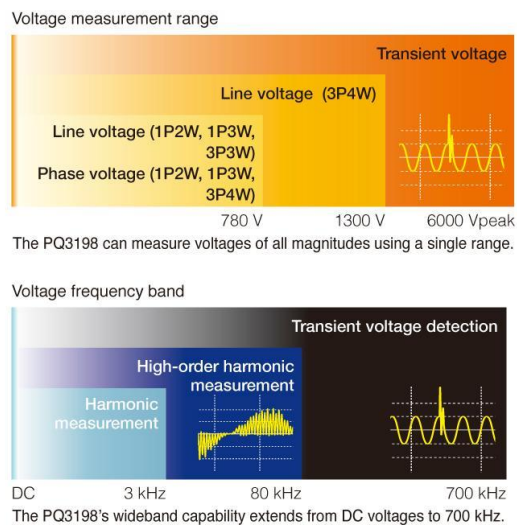
Basic measurement accuracy (50/60 Hz)

Voltage	$\pm 0.1\%$ of nominal voltage
Current	$\pm 0.1\%$ rdg. $\pm 0.1\%$ f.s. + current sensor accuracy
Power	$\pm 0.2\%$ rdg. $\pm 0.1\%$ f.s. + current sensor accuracy
Frequency	200ms: $\pm 0.02\text{Hz}$ / 10s: $\pm 0.003\text{Hz}$

Εικόνα 8 Ταμπέλα οργάνου ανάδειξης A κλάσης

Το PW3198 συμμορφώνεται με το IEC 61000-4-30 Ed, πρότυπο 2 κατηγορίας . Ως αποτέλεσμα, μπορεί να εκτελέσει καθήκοντα μέτρησης με τυποποιημένη εντολή, όπως χωρίς διαρκή υπολογισμό. ανίχνευση συμβάντων όπως αυξήσεις, πτώσεις και διακοπές τάσης. Καθώς και συγχρονισμό χρόνου με χρήση GPS (προαιρετικό). Η Κλάση A καθορίζει παραμέτρους ποιότητας ισχύος, ακρίβεια και τυπική συμμόρφωση για να διευκολύνει τη σύγκριση και συζήτηση των αποτελεσμάτων μέτρησης από διαφορετικά όργανα. (HIOKI, 2020)

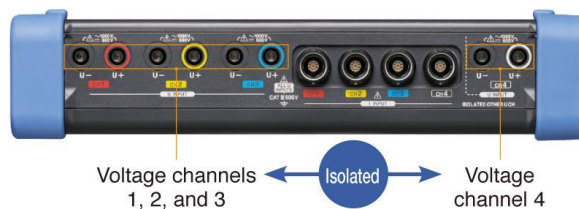
3.1.8. Καταγραφή αιχμών υψηλών στιγμιαίων τάσεων και αρμονικές συνιστώσες υψηλής τάξης.



Εικόνα 9 Ταμπέλα ανάδειξης μετρούμενου εύρους τάσης.

Το PQ3198 μπορεί να μετρήσει παροδικές τάσεις έως και 6000 V που διαρκούν μόλις 0,5 μs. Μπορεί επίσης να μετρήσει αρμονικές συνιστώσες υψηλής τάξης από 2 kHz έως 80 kHz. Καθώς οι μετατροπείς χρησιμοποιούνται σε ευρεία χρήση, οι δυσλειτουργίες και οι αστοχίες σε αυτήν τη ζώνη συχνοτήτων γίνονται πιο συχνές. (HIOKI, 2020)

3.1.9. Μέτρηση δύο κυκλωμάτων



Εικόνα 10 Πίσω όψη του οργάνου όπου φαίνονται οι θύρες υποδοχής των αμπερομετρικών ακροδεκτών και των βολτομετρικών

Δεδομένου ότι το τέταρτο κανάλι τάσης του PQ3198 είναι απομονωμένο από τα τρία πρώτα κανάλια τάσης, το όργανο μπορεί να μετρήσει την ισχύ και την απόδοση σε δύο ξεχωριστά κυκλώματα.

Εφαρμογές

- Ταυτόχρονη μέτρηση και παρακολούθηση των πρωτεύοντων (AC) και των δευτερευόντων (DC) πλευρών ενός γρήγορου φορτιστή EV.
- Ταυτόχρονη μέτρηση και παρακολούθηση των πρωτογενών (DC) και δευτερευόντων (AC) πλευρών ενός συστήματος ηλιακής ενέργειας.
- Ταυτόχρονη μέτρηση του πρωτεύουσες (DC) και δευτερεύουσες (AC) πλευρές ενός μετατροπέα DC / AC (3-phase).
- Ταυτόχρονη μέτρηση των κύριων και δευτερευόντων πλευρών ενός UPS.
- Ταυτόχρονη μέτρηση των κυκλωμάτων τροφοδοσίας (AC) και ελέγχου (DC).

- Ταυτόχρονα μέτρηση γραμμής 3 φάσεων και γραμμής εδάφους.
 - Ταυτόχρονη μέτρηση ουδέτερης γραμμής για ανίχνευση γείωσης.
- (HIOKI, 2020)

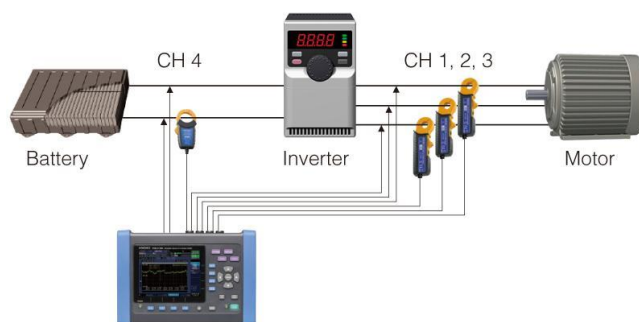
3.1.10.Επαλήθευση της ποιότητας ισχύος που παρέχεται από έναν γρήγορο φορτιστή EV



Εικόνα 11 Φορτιστής EV.

Δεδομένου ότι το τέταρτο κανάλι τάσης του PW 3198 είναι απομονωμένο από τα τρία πρώτα κανάλια τάσης, το όργανο μπορεί να μετρήσει την ισχύ και την απόδοση σε δύο ξεχωριστά κυκλώματα. Για παράδειγμα, υπάρχει δυνατότητα ελέγχου της ποιότητας της εισόδου (AC) και της εξόδου (DC) ενός γρήγορου φορτιστή EV, ενώ ταυτόχρονα μετράτε την ισχύ και την απόδοση μεταξύ εισόδου και εξόδου. (HIOKI, 2020)

3.1.11.Απλή μέτρηση μετατροπέα.



Εικόνα 12 Μετρητικό όργανο HIOKI PW 3198 εγκατεστημένο στις τρεις γραμμές τροφοδοσίας και στην γραμμή της τροφοδοσίας που έρχεται από την μπαταρία, δεξιά και αριστερά από τον μετατροπέα.

Το PW3198 μπορεί να μετρήσει τη δευτερεύουσα πλευρά των μετατροπέων με θεμελιώδη συχνότητα 40 έως 70 Hz και συχνότητα φορέα έως και 20 kHz. Μπορεί επίσης να μετρήσει την απόδοση των μετατροπέων inverter DC / 3-φάσεων. (HIOKI, 2020)

3.1.12. Δεν χρειάζεται εξωτερική τροφοδοσία



Εικόνα 13 Τοποθετημένος ακροδέκτης στο HIOKI PW3198.

Δεδομένου ότι η ισχύς του αισθητήρα παρέχεται από το όργανο, δεν υπάρχει ανάγκη για προσαρμογέας AC όταν χρησιμοποιείτε αισθητήρες AC / DC ή εύκαμπτους αισθητήρες.

Πιο συγκεκριμένα για τους αισθητήρες (Probes) : Για κάθε όργανο τα οποία έχουνε συγκεκριμένη ευαισθησία και βγάζουν συγκεκριμένη έξοδο σε Volt και Ampere. (HIOKI, 2020)

3.1.13. Μέτρηση γραμμής 400 Hz.



Εικόνα 14 Κατασκευή αεροσκαφών και καραβιών

Εκτός από 50/60 Hz, το PW 3198 μπορεί να μετρήσει μια συχνότητα γραμμής 400 Hz, παίρνοντας αρκετές εφαρμογές σε ηλεκτρονικά. (HIOKI, 2020)

3.1.14.Μεγάλη γκάμα εύρους για να φιλοξενήσει όλες τις εφαρμογές.



Εικόνα 15 Ακροδέκτες – Αμπερομετρικά κατάλληλα για το όργανο HIOKI PW3198.

Χρησιμοποιούνται αισθητήρες HIOKI σε μια σειρά εφαρμογών για τη μέτρηση εξοπλισμού που κυμαίνεται από τη δευτερεύουσα πλευρά των CT έως καλωδίωση υψηλού ρεύματος. Το CT7136 προσφέρει τρεις σειρές (50 A / 500 A), όπως και οι ευέλικτοι αισθητήρες της HIOKI (50 A / 500 A / 5000 A). Δεδομένου ότι το πραγματικό εύρος μέτρησης εκτείνεται στο 120% του ονομαστικού εύρους, μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκαμπτοι αισθητήρες για τη μέτρηση των ρευμάτων έως και 6000 A.

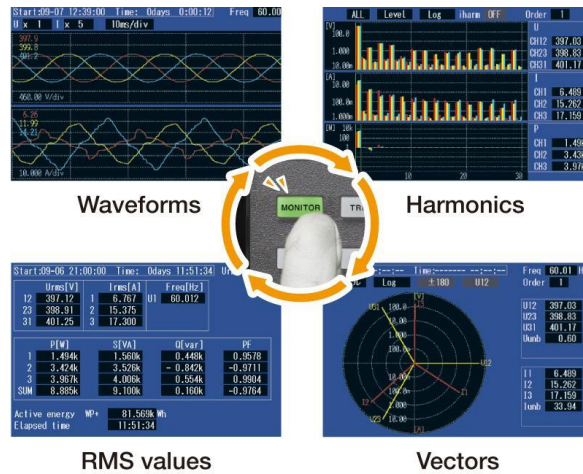
Ο κάθε κατασκευαστής δίνει τα δικά του Probesπροτείνοντας διάφορες χρήσεις ανάλογα με το πώς μπορούν αυτά να τοποθετηθούν (αγκαλιάσουν τον αγωγό) που θέλουμε να μετρήσουμε το ρεύμα. Η πιο συνηθισμένη μορφή είναι το στυλ αμπεροτσιμπίδας, το οποίο στην ουσία είναι ένας μετασχηματιστής ο οποίος στο δευτερεύον επάγει τάση ανάλογα με το ρεύμα που διαρρέει τον αγωγό που είναι και το πρωτεύον. Τα πιο εξελιγμένα συστήματα Probesείναι τα εύκαμπτα Ragowskiτα οποία έχουν ειδική κατασκευή δευτερεύοντος και λόγου το ότι είναι εύκαμπτα μπορούν να τυλίξουν πολλούς αγωγούς. Τα Ragowski χαρακτηρίζονται από την έξοδο τους και από τη διάμετρο του λουριού (loop) τους. Αυτό που μας ενδιαφέρει είναι να μετρήσουμε ρεύμα σε κάθε κόμβο – αγωγό και το όργανο θα μας δώσει και τη διαφορά τάσης και ρεύματος (ποιο από τα δύο προηγείται η έπεται οπότε θα φανεί και στο συντελεστή ισχύος, Θετικός – επαγωγικό οπότε έπεται το ρεύμα ή αρνητικός – χωρητικό αν προηγείται το ρεύμα της τάσης. Στην ουσία το όργανο μετράει με υψηλή δειγματοληψία από 22 μέχρι 30 Kb/στη κυματομορφή της τάσης και του ρεύματος ανάλογα με την ακρίβεια που του έχει δώσει ο κατασκευαστής.

Οι μετρήσεις ρεύματος και τάσεις μας βγάζουν και το true RMS το οποίο είναι το σύνολο της RMSτιμής για το ρεύμα και τη τάση που προκύπτουν από όλες τις αρμονικές συνιστώσες συν τη βασική 50Hz.

Ο συντελεστής ισχύος 50Hzαναφέρεται ως $\cos\phi$, ενώ ο συντελεστής ο οποίος προκύπτει από το σύνολο των συντελεστών ισχύος των αρμονικών αναφέρεται σαν PF (Power Factor).

Τα καλά όργανα μετράνε το PFγια κάθε μία από τις συνιστώσες στο δίκτυο που μετράμε. (HIOKI, 2020)

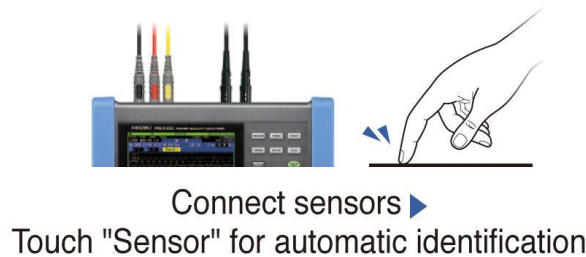
3.1.15. Εύκολη κατανόηση των παραμέτρων



Εικόνα 16 Στιγμιότυπα από την οθόνη του οργάνου HIOKI PW 3198.

Εφόσον υπάρχει δυνατότητα να αλλάξει η οθόνη για να εμφανιστούν όλες τις παράμετροι μέτρησης ενώ η μέτρηση βρίσκεται σε εξέλιξη, είναι εύκολο να ελέγξετε τις συνθήκες. (HIOKI, 2020)

3.1.16. Αυτόματη ανίχνευση αισθητήρα για αποφυγή εσφαλμένης μέτρησης.



Εικόνα 17 Ένδειξη ότι το όργανο ανιχνεύει αυτόματα τον αισθητήρα που προσαρμόζουμε.

Καθώς συνδέονται οι τρέχοντες αισθητήρες, υπάρχει επιλογή "Αισθητήρας" στην οθόνη και το όργανο θα εντοπίσει αυτόματα τους τύπους αισθητήρων και τα μέγιστα εύρη ρεύματος για αποφυγή σφαλμάτων αν δεν γίνουν οι αναγκαίες κινήσεις του χειριστή. (HIOKI, 2020)

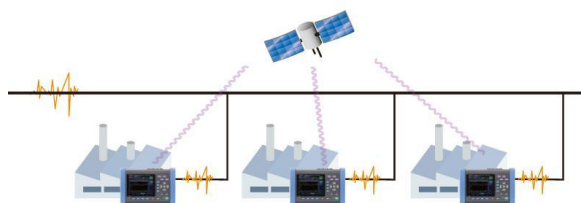
3.1.17. Απλή λειτουργία εγκατάστασης για απλοποιημένη διαμόρφωση παραμέτρων εγγραφής.

Voltage anomaly detection	Capture voltage and frequency anomalies.
Basic power quality measurement	Augment the voltage anomaly detection preset by capturing current and harmonic anomalies as well.
Inrush current measurement	Capture inrush current.
Measured value recording	Record only time-series data.
EN 50160	Perform measurement based on the EN 50160 standard.

Εικόνα 18 Επιλογές από το μενού οργάνου για τροποποίηση της ρύθμισης της μέτρησης.

Απλώς επιλέγεται η προεπιλογή που ταιριάζει στην εφαρμογή της μέτρησης που πρόκειται να γίνει και το όργανο θα ρυθμίσει αυτόματα τις παραμέτρους εγγραφής. Εννοείται πως ανάλογα με τις απαιτήσεις του χειριστή υπάρχουν και αρκετές επιλογές τροποποίησης των παραμέτρων εγγραφής όπως κατά τμήματα σε πακέτα ώστε να μην είναι μονοκόμματα η εγγραφή και απαιτεί μεγάλη επεξεργαστική ισχύ για ανάλυση αυτής. (HIOKI, 2020)

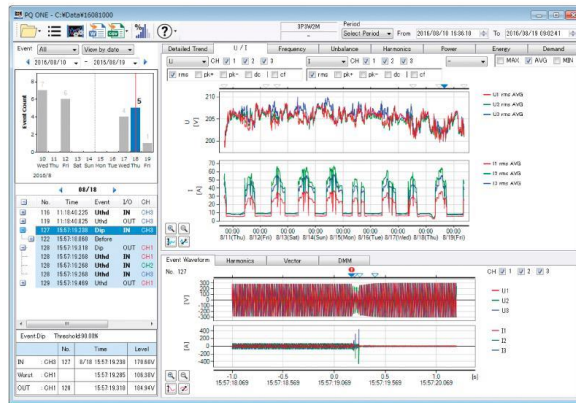
3.1.18. Συγχρονισμός χρόνου GPS.



Εικόνα 19 Επικοινωνία μετρητικών οργάνων μέσω διαδικτύου.

Το GPS OPTION PW 3198 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διόρθωση του εσωτερικού χρόνου του οργάνου σε κανονικό χρόνο UTC. Αυτή η ικανότητα εξαλείφει οποιαδήποτε χρονική διαφορά μεταξύ των οργάνων για να επιτρέψει την ανάλυση που διατηρεί την ταυτότητα των φαινομένων που μετρούνται με πολλαπλά όργανα. (HIOKI, 2020)

3.1.19. Ανάλυση δεδομένων και δημιουργία αναφορών με το λογισμικό ανάλυσης ποιότητας ισχύος PQ ONE της ΗΙΟΚΙ.



Εικόνα 20 Λογισμικό Η/Υ ΗΙΟΚΙ PQ ONE κατάλληλο για ανάλυση μετρήσεων από το όργανο ΗΙΟΚΙ PW 3198.

Αυτό είναι το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση και την παρουσίαση του ερευνητικού μέρους της εργασίας. Υπάρχει δυνατότητα ομαδοποίησης δεδομένων από διαφορετικές τοποθεσίες μέτρησης, ώρες και ημερομηνίες σε φακέλους και μαζική προβολή. Καθώς για τη λειτουργία γρήγορης αναφοράς ομαδοποιήστε μαζί γραφήματα τάσεων για πολλά σύνολα δεδομένων και εξάγονται ως αναφορά. Αυτή η λειτουργία είναι χρήσιμη όταν υπάρχει ανάγκη σύγκρισης από ημερομηνίες από μια επαναλαμβανόμενη εγγραφή ή δεδομένα από πολλές τοποθεσίες. Επίσης από τις σημαντικότερες δυνατότητες είναι η εμφάνιση λίστας αναλυτικών δεδομένων. Εμφάνιση λεπτομερών δεδομένων μέτρησης, συμπεριλαμβανομένων στατιστικών γεγονότων, λίστας συμβάντων και γραφημάτων συμβάντων. (ΗΙΟΚΙ, 2020)

3.1.20. Λίστα συμβάντων PQ ONE

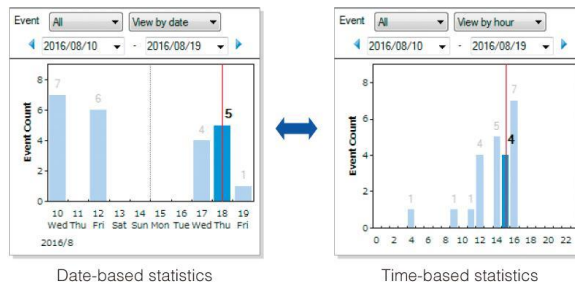
No.	Time	Event	I/O	CH
116	11:18:40.225	Uthd	IN	CH3
119	11:18:40.825	Uthd	OUT	CH3
127	15:57:19.238	Dip	IN	CH3
128	15:57:19.318	Dip	OUT	CH1
128	15:57:19.268	Uthd	IN	CH1
128	15:57:19.268	Uthd	IN	CH2
128	15:57:19.268	Uthd	IN	CH3
129	15:57:19.469	Uthd	OUT	CH1

Click the event statistics bar graph to display the event list.

Εικόνα 21 Παρουσίαση συμβάντων που έχουν επισημανθεί από την εφαρμογή PQ ONE.

Εμφάνιση στατιστικών στοιχείων για συμβάντα ανά ημερομηνία ή ώρα της ημέρας. Αυτή η λειτουργία διευκολύνει τον εντοπισμό ανωμαλιών τροφοδοσίας που συμβαίνουν σε συγκεκριμένες ώρες της ημέρας ή σε συγκεκριμένες ημέρες της εβδομάδας ανάλογα με τη διάρκεια της μέτρησης. (ΗΙΟΚΙ, 2020)

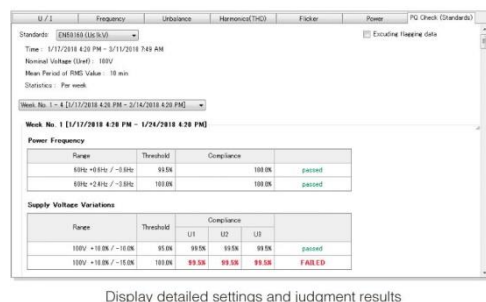
Στατιστικά γεγονότων <PQ ONE>



Εικόνα 22 Παρουσίαση στατιστικών αριθμών συμβάντων που έχουν επισημανθεί.

Εμφάνιση στατιστικών στοιχείων για συμβάντα ανά ημερομηνία ή ώρα. Αυτή η λειτουργία διευκολύνει τον εντοπισμό ανωμαλιών που συμβαίνουν σε συγκεκριμένες ώρες της ημέρας ή σε συγκεκριμένες ημέρες της εβδομάδας. Επιπλέον, γίνεται να πραγματοποιηθούν αναλύσεις καμπύλης ITIC (CBEMA) (χρησιμοποιώντας καμπύλες ανοχής), οι οποίες χρησιμοποιούνται από πρότυπα διαχείρισης ποιότητας ισχύος στις ΗΠΑ. (HIOKI, 2020)

3.1.21. Λειτουργία κρίσης μέσω πρότυπου



Εικόνα 23 Πάνελ καταχώρησης τιμών προτύπου EN 50160.

Αξιολόγηση εάν τα δεδομένα συμμορφώνονται με το πρότυπο EN 50160 αναλύοντάς τα και δημιουργώντας μια κρίση βάσει των διακυμάνσεων τάσης κατά το διάστημα τάσης. Γίνεται επίσης να προσαρμοστούν τα κριτήρια και οι παράμετροι κρίσης του πρότυπου μέσω του μενού του οργάνου. (HIOKI, 2020)

3.2. Βασικές προδιαγραφές

Τύπος γραμμής μέτρησης	Μονοφασικό 2-γραμμών , μονοφασικό 3-γραμμών, Τριφασικό 3-γραμμών ή Τριφασικό 4-γραμμών συν ένα επιπλέον κανάλι εισόδου για τάση, ρεύμα, μέτρηση ισχύος (μέτρηση AC ή DC)
Εύρος τάσης	Μέτρηση τάσης 600 Vrms Μεταβατική μέτρηση 6kV αιχμής
Τρέχουσες περιοχές	500mA έως 5kA AC (εξαρτάται από τον τρέχοντα αισθητήρα που χρησιμοποιείται)
Εύρος ισχύος	300W έως 3MW (καθορίζεται αυτόματα με βάση την τάση και το εύρος ρεύματος κατά τη χρήση)
Βασική ακρίβεια	Τάση: $\pm 0,1\%$ της ονομαστικής τάσης Ρεύμα: $\pm 0,1\%$ rdg. + τρέχουσα ακρίβεια αισθητήρα Ενεργή ισχύς: $\pm 0,2\%$ rdg. + τρέχουσα ακρίβεια αισθητήρα

<p>Στοιχεία μέτρησης</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Παροδική τάση: 2 MHz δειγματοληψία. 2. Κύκλος συχνότητας: Υπολογίζεται ως ένας κύκλος, 40 έως 70 Hz 3. Τάση (1/2) RMS: ένας υπολογισμός κύκλου ανανεώνεται κάθε μισό κύκλο Ρεύμα (1/2) RMS: υπολογισμός μισού κύκλου 4. Αύξηση τάσης, πτώσεις τάσης, διακοπή τάσης 5. Ρεύμα εισόδου 6. Σύγκριση κυματομορφής τάσης 7. Στιγμαία τιμή τρεμοπαίγματος: Σύμφωνα με το IEC61000-4-15 8. Συχνότητα 200 ms: Υπολογίστηκε ως 10 ή 12 κύκλοι, 40 έως 70 Hz 9. Συχνότητα 10 δευτερολέπτων: Υπολογίζεται ως χρόνος ολόκληρου του κύκλου κατά την καθορισμένη περίοδο των 10 δευτερολέπτων, 40 έως 70 Hz 10. Αιχμή κυματομορφής τάσης, Τρέχουσα κορυφή κυματομορφής 11. τάση, ρεύμα, ενεργός δύναμη, Φαινόμενη ισχύς, άεργος ισχύς, ενεργό ενέργεια, ενέργεια αντίδρασης, συντελεστής ισχύος, συντελεστή ισχύος εκτοπισμός, Ασύμμετρη τάση παράγοντα, ασυμμετρία ρεύματος παράγοντα, και την αποτελεσματικότητα 12. Υψηλής τάξης αρμονική συνιστώσα (τάση / ρεύμα) : 2 kHz έως 80 kHz 13. Αρμονική / Αρμονική γωνία φάσης (τάση / ρεύμα), Αρμονική ισχύς: 0η έως 50 η σειρά 14. Αρμονική γωνία φάσης-ρεύματος φάσης: 1η έως 50 η σειρά 15. Συνολικός παράγοντας αρμονικής παραμόρφωσης (τάση / ρεύμα) 16. Inter αρμονική (τάση / ρεύμα): 0,5 έως 49,5 η σειρά 17. Παράγοντας K (συντελεστής πολλαπλασιασμού) 18. IEC Flicker, Δ V10 Flicker
<p>Μέγιστα αποτελέσματα</p>	<p>Επαναλαμβανόμενη μέτρηση: 1 έτος, μέγιστα συμβάντα εγγραφής: 9999 × 366 ημέρες (έως 9999 συμβάντα ανά ημέρα) Επαναλαμβανόμενο: 35 ημέρες, μέγιστο συμβάν εγγραφής: 9999 συμβάντα</p>
<p>Διεπαφές</p>	<p>Κάρτα μνήμης SD / SDHC, LAN (λειτουργία διακομιστή HTTP / λειτουργία FTP), USB2.0 (για επικοινωνία)</p>
<p>Απεικόνιση</p>	<p>Έγχρωμη οθόνη LCD TFT 6,5 ιντσών (640 × 480 pixels)</p>
<p>Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος</p>	<p>Προσαρμογέας ACZ1002 (100 V έως 240 VAC, 50/60 Hz, ονομαστικό ρεύμα 1,7 A), Μπαταρία Z1003 (Συνεχής χρήση: 180 λεπτά, Χρόνος φόρτισης: Μέγιστο 5 ώρες και 30 λεπτά με προσαρμογέα AC)</p>

Διαστάσεις και μάζα	300 mm (11,81 in) πλάτος × 211 mm (8,31 in) ύψος × 68 mm (2,68 in) πάχος, 2,6 kg (91,7 oz) (συμπεριλαμβανομένης της μπαταρίας Z1003)
Αξεσουάρ	Εγχειρίδιο οδηγιών × 1, Οδηγός μέτρησης × 1, Καλώδιο τάσης L1000 × 1 σετ (Κόκκινο / Κίτρινο / Μπλε / Γκρι το καθένα 1, μαύρο 4, μήκος 3,8 (9,84 πόδια), κλιπ αλιγάτορα × 8), κλιπ χρώματος, μετασχηματιστής ACZ1002 × 1, λουράκι × 1, καλώδιο USB (μήκος 1, m 3,28 πόδια) × 1, μπαταρία Z1003 × 1, κάρτα μνήμης SD 2 GBZ 4001 × 1, λογισμικό εφαρμογής (PQ ONE) × 1

Πίνακας 1 Προδιαγραφές αναλυτή ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος HIOKI PW 3198.

(HIOKI, 2020)

Κεφάλαιο 4^ο. Μαθηματική ανάλυση

Απαραίτητος για την παρουσίαση του ερευνητικού τμήματος της εργασίας είναι ο κύκλος συσχέτισης των ηλεκτρολογικών μεγεθών, κυρίως γύρω από το κομμάτι της ενέργειας. Στο κεφάλαιο αυτό υπάρχει μαθηματική διατύπωση των ηλεκτρολογικών φαινομένων, βασικών και πιο σύνθετων ηλεκτρολογικών συστημάτων.

4.1 Βασικά ηλεκτρολογικά μεγέθη

Στιγμιαία Ισχύς

$$p(t) = \frac{dw(t)}{dt} \text{ [Watt]}$$

Ενέργεια

$$w(t) = \int_{t_0}^t p(t)dt \text{ [W * s] ή [Joule]}$$

Και

$$p(t) = v(t) * i(t)$$

Σε μονοφασικά κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος προκύπτουν τα ηλεκτρολογικά μεγέθη

Η στιγμιαία τάση

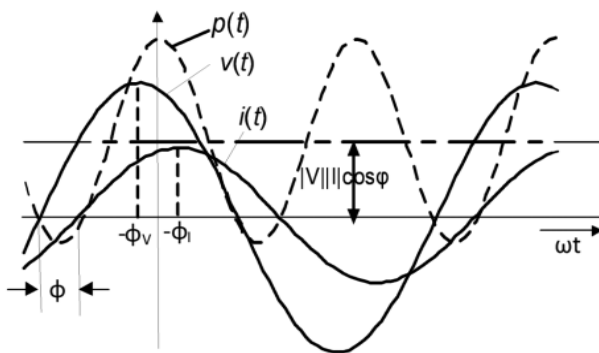
$$v(t) = \sqrt{2} |V| \cos(\omega t + \varphi_v)$$

Το στιγμιαίο ρεύμα

$$i(t) = \sqrt{2} |I| \cos(\omega t + \varphi_i)$$

Η στιγμιαία ισχύς ενός συστήματος είναι το γινόμενο $v(t) i(t)$ για κάθε στιγμή

$$p(t) = v(t) i(t) = |V||I| \cos(\varphi_v - \varphi_i) + |V||I| \cos(2\omega t + \varphi_v + \varphi_i)$$



Και η ισχύς ενός συστήματος λαμβάνετε ως η μέση ισχύς

$$P_{av} = P = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} p(t) dt = |V||I| \cos(\varphi_v - \varphi_i) = |V||I| \cos \varphi$$

Οπότε σαν γωνία φ ορίζεται η γωνία μεταξύ τάσης και ρεύματος κατά κανόνα, όπου λαμβάνουμε ως σημείο αναφοράς την τάση στις μηδέν μοίρες. (Βοβός, 2013)

$$\varphi = \varphi_v - \varphi_i$$

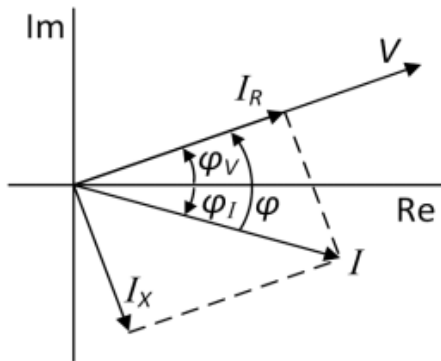
Όπου αυτή είναι και η γωνία το συντελεστή ισχύος

Η στιγμιαία ηλεκτρική ισχύς διαμορφώνεται από τις δύο συνιστώσες του ρεύματος και την τάση τροφοδοσίας, ανάλογα με το φορτίο διαμορφώνεται και το ρεύμα που το διαρρέει. Έτσι προκύπτει ρεύμα με όρισμα που προπορεύεται (επαγωγικού χαρακτήρα) ή μεταπορεύεται (χωρητικού χαρακτήρα) σε σχέση με το όρισμα της τάσης στις μηδέν μοίρες που είναι και το σημείο αναφοράς του ορίσματος του ρεύματος.

Έτσι έχουμε

$$p_R(t) = v(t) i_R(t) = |V||I| \cos \varphi (1 + \cos 2(\omega t + \varphi_v)) = P(1 + c)$$

$$p_x(t) = v(t) i_x(t) = |V||I| \sin\phi \sin 2(\omega t + \phi_v) = Q \sin 2(\omega t + \phi_v)$$



Όπου το Im (Imaginary) και Re (Real) προκύπτουν από τις συνιστώσες του μιγαδικού ρεύματος. Και $\cos 2(\omega t + \phi_v)$, $\sin 2(\omega t + \phi_v)$ είναι η τριγωνική συνάρτηση διπλής γωνίας που καθορίζει τις τιμές των αντίστοιχων cos και sin όταν η γωνία αυτή διπλασιάζεται όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα.

Βασικό ηλεκτρολογικό χαρακτηριστικό που επεξεργαζόμαστε κατά τη μελέτη ενός συστήματος είναι το είδος της ισχύς που είναι ενεργός και άεργος. Η άεργος ισχύς χαρακτηρίζει αν ένα φορτίο είναι επαγωγικό ή χωρητικό ή αν έχει καθαρά ωμικό χαρακτήρα. (Βοβός, 2013)

4.2 Ηλεκτρική ισχύς

Ενεργός ισχύς (P)

Η ηλεκτρική ενέργεια ανά δευτερόλεπτο που παράγει πραγματικό έργο, μετριέται σε κιλοβάτ (W). Με τον όρο «πραγματικό έργο» εννοείται το σύνολο της ενέργειας που τελικά μετατρέπεται σε ωφέλιμο έργο

$$P = |V||I| \cos\phi \text{ [Watt]}$$

Άεργος ισχύς (Q)

Το δεύτερο υποσύνολο της φαινόμενης ισχύος και μετριέται σε βολταμπέρ ρεακτίφ (VA_r). Ονομάζεται άεργος ισχύς διότι σε αντίθεση με την ενεργό ισχύ δεν μετατρέπεται σε έργο, αλλά αντανακλάται από τη συσκευή και επιστρέφει στο ηλεκτρικό δίκτυο με διαφορετική μορφή.

$$Q = |V||I| \sin\phi \text{ [Var]}$$

Φαινόμενη ισχύς (S)

Αυτά τα μεγέθη συνδέονται με την φαινόμενη Ισχύ (S) όπου μετράτε σε VA. Αυτή είναι το γινόμενο της τάσης και του συζυγούς της έντασης του ρεύματος δηλαδή του ρεύματος με ίσο μέτρο και αντίθετο πρόσημο του ορίσματος.

$$S = VI^* = V * |I| \angle -\phi \text{ [VA]}$$

Και συνδέονται μέσω της σχέσης

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

Όπου $\cos\phi$ είναι ο Συντελεστής Ισχύος της ηλεκτρικής εγκατάστασης

$$\Sigma.I. = \cos\phi$$

Αν $\phi > 0$ δηλαδή $\phi_v > \phi_i$ τότε $\cos\phi$: Επαγωγικός

Αν $\phi < 0$ δηλαδή $\phi_v < \phi_i$ τότε $\cos\phi$: Χωρητικός

Ενώ η ισχύς παρουσιάζεται μέσω του τριγώνου ισχύος και δείχνει εάν πρόκειται για επαγωγικό ή χωρητικό φορτίο. Οι τρεις πλευρές του τριγώνου είναι τα μέτρα των τριών ισχύων με τον οριζόντιο άξονα να δηλώνει την ενεργό ισχύ τον κάθετο την άεργο ισχύ και την υποτείνουσα την φαινόμενη ισχύ, ταυτίζεται με το πυθαγόρειο θεώρημα. (Βοβός, 2013)

4.3 Σύνθετα φορτία

Όσον αφορά τα φορτία, διακρίνονται σε Ωμικά, Επαγωγικά και Χωρητικά, καθώς και ωμικοεπαγωγικά και ωμικοχωρητικά φορτία.

4.3.1 Τα καθαρά ωμικά φορτία

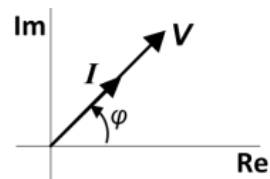
παρουσιάζουν

$$\cos\phi=1$$

αφού $\phi_V = \phi_I$

επομένως $\phi = \phi_V - \phi_I = 0$

κατ' επέκταση $\cos(0) = 1$



και έτσι η φαινόμενη ισχύς εξισώνεται με τη πραγματική

$$P=|V||I|\cos(0) = (V * I)*1 = V I \quad \text{Watt}$$

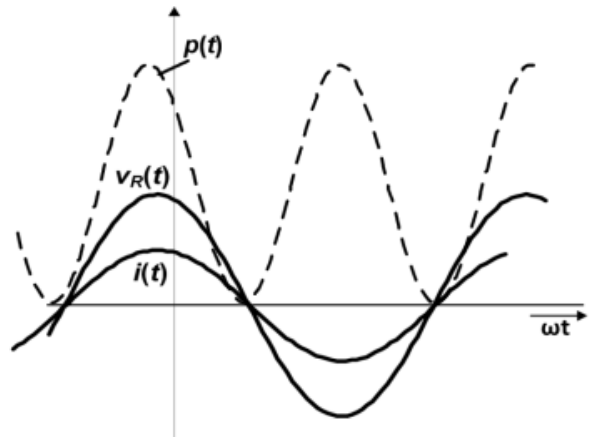
$$Q=|V||I|\sin(0) = (V * I)*0 = 0 \quad \text{Var}$$

$$S^2 = P^2 + Q^2 \Rightarrow$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \Rightarrow$$

$$S = \sqrt{P^2} \Rightarrow$$

$$S = P$$

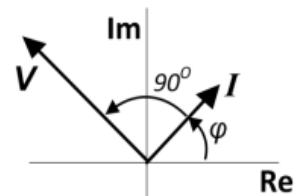


4.3.2 Τα καθαρά επαγωγικά φορτία

παρουσιάζουν

$$\phi = \phi_V - \phi_I = +90^\circ$$

$$\cos(90^\circ) = 0$$



και έτσι η φαινόμενη ισχύς εξισώνεται με τη πραγματική

$$P = |V||I|\cos(90) = (V * I) * 0 = 0 \text{ Watt}$$

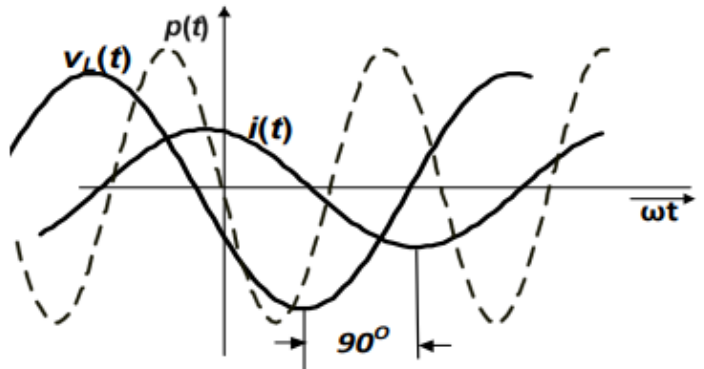
$$Q = |V||I|\sin(90) = (V * I) * 1 > 0 \quad \text{Var}$$

$$S^2 = P^2 + Q^2 \Rightarrow$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \Rightarrow$$

$$S = \sqrt{Q^2} \Rightarrow$$

$$S = Q$$



4.3.3 Τα ομκοεπαγωγικά φορτία

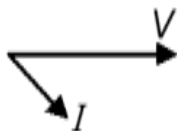
Παρουσιάζουν

ενεργό και άεργο ισχύ επαγωγικού χαρακτήρα

$$0 < \varphi < +90^\circ$$

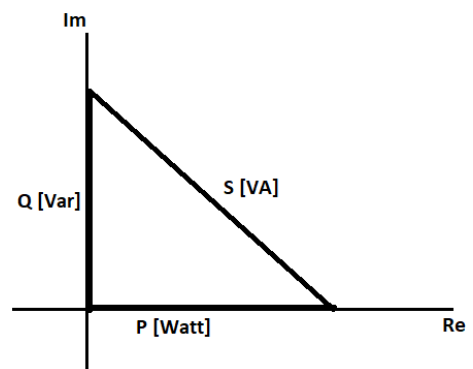
$$P > 0$$

$$Q > 0$$



Ενώ σχηματίζουν τρίγωνο ισχύος

$$S = P + jQ$$



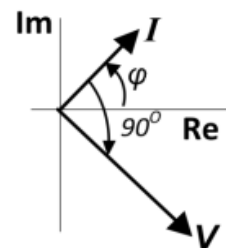
4.3.4 Τα καθαρά χωρητικά φορτία

παρουσιάζουν

$$\text{επομένως } \varphi = \varphi_V - \varphi_I = -90^\circ$$

$$\text{κατ' επέκταση } \cos(-90^\circ) = -1$$

και έτσι η φαινόμενη ισχύς εξισώνεται με τη πραγματική



$$P = |V||I|\cos(-90^\circ) = (V I)^*0 = 0 \quad \text{Watt}$$

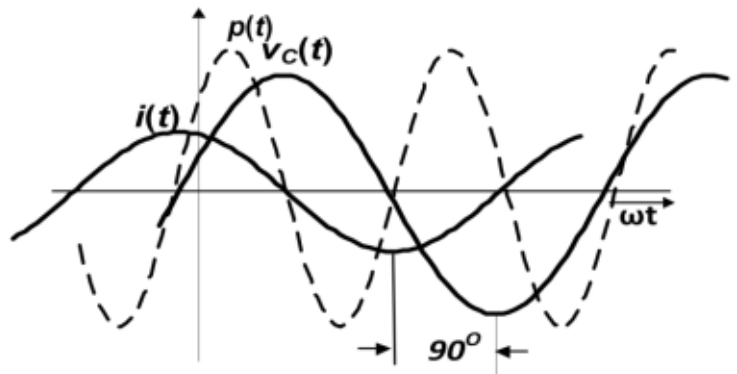
$$Q = |V||I|\sin(-90^\circ) = (V I)^*1 < 0 \text{ Var}$$

$$S^2 = P^2 + Q^2 \Rightarrow$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \Rightarrow$$

$$S = \sqrt{Q^2} \Rightarrow$$

$$S = Q$$

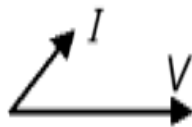


4.3.5 Τα ωμικοχωρητικά φορτία παρουσιάζουν

$$-90^\circ < \phi < 0^\circ$$

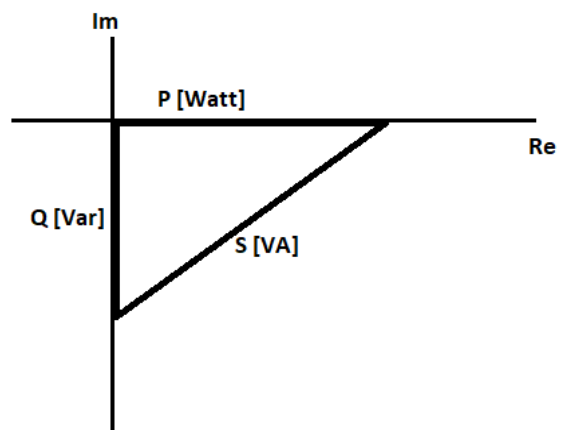
$$P > 0 \text{ Watt}$$

$$Q < 0 \text{ Var}$$



Με τρίγωνο ισχύος

$$S = P - jQ$$



Η φαινόμενη ισχύς σε σχέση με τον νόμο του Ohm μπορεί να αναλυθεί μέσω σχέσεων

$$S = VI^* = ZII^* = |I|^2Z = |I|^2|Z| \angle \phi$$

$$S = VI^* = V(YV)^* = |V|^2Y^* = |V|^2|Y| \angle -\phi$$

Όπου η αγωγιμότητα $Y = Z^{-1}$

Και δίνει ως αποτέλεσμα μιγαδική τιμή σε VA

$$S = |S| \angle \phi \text{ VA} \quad \text{πολική αναπαράσταση}$$

$$\text{ή} \quad S = P + jQ \text{ VA} \quad \text{καρτεσιανή αναπαράσταση}$$

όπου σε καρτεσιανή αναπαράσταση διαχωρίζουμε επιτόπου την ενεργό από την άεργο ισχύ

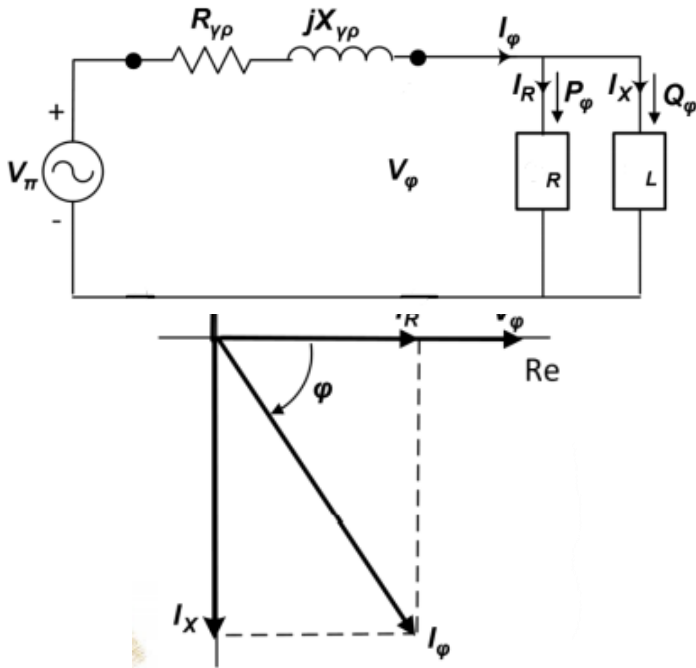
με Real μέρος **P[Watt]** Ενεργός ισχύς

και Imaginary μέρος **Q[Var]** Άεργος ισχύς

4.4 Ανάλυση της μιγαδικής ισχύος

Ο συντελεστής ισχύος επιδιώκουμε να είναι κοντά στη μονάδα ώστε η φαινόμενη ισχύ να τείνει να εξισωθεί με την ενεργό ισχύ με σκοπό την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας του συστήματος. Με σκοπό αυτού έχουμε ως λύση την Βελτίωση $\cos\phi$ με την αντιστάθμιση της άεργου ισχύος.

Έστω το σύστημα με φορτίο R/L, παρουσιάζει μη αποδεκτό $\cos\phi$ (Βοβός, 2013)



Όπου

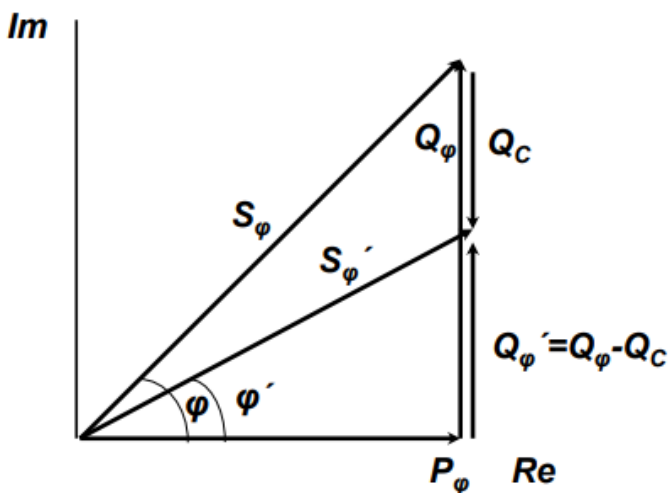
V_{π} Τάση πηγής

$R_{\gamma\rho} + jX_{\gamma\rho}$ Σύνθετη αντίσταση γραμμής

I_{ϕ} = ρεύμα γραμμής

$$|I_{\phi}| = \sqrt{|I_R|^2 + |I_X|^2}$$

$$|I'_{\phi}| = \sqrt{|I_R|^2 + |I'_{X}|^2}$$



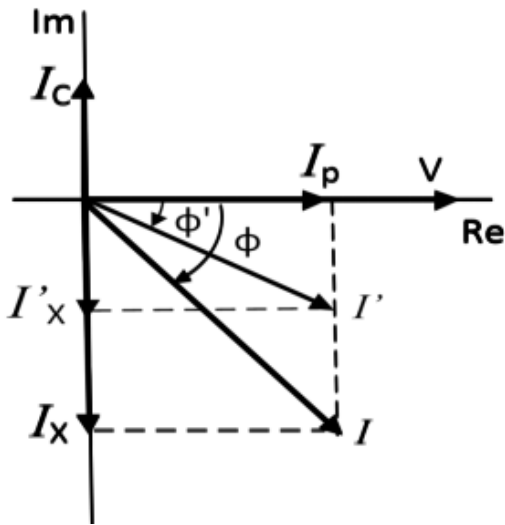
$$Q_{\phi} = P_{\phi} \tan\phi$$

$Q_{\phi}' = P_{\phi} \tan\phi'$ (όπου $\phi' = \cos^{-1}(\cos\phi)$ που θέλουμε να επιτύχουμε)

$$Q_c = Q_{\phi} - Q_{\phi}' = P_{\phi} (\tan\phi - \tan\phi')$$

$$C = \frac{Q_c}{\omega |V_{\phi}|^2} = \frac{P_{\phi}}{\omega |V_{\phi}|^2} (\tan\phi - \tan\phi')$$

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{|V_\phi|}{Q_c}$$

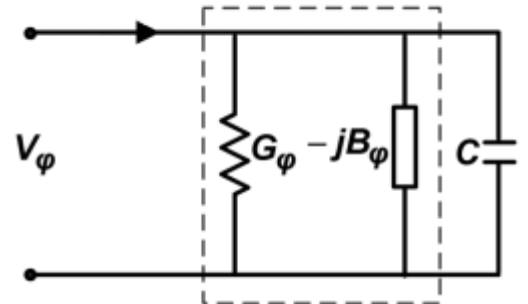
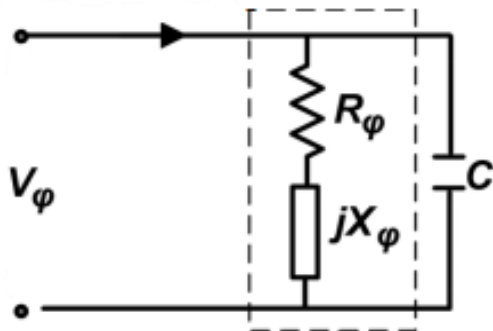


Κατά τη διόρθωση του Συντελεστή ισχύος, η συμφασική προς την τάση συνιστώσα του ρεύματος I_p (ενεργός συνιστώσα) δε μεταβάλλεται. Μειώνεται μόνο η κάθετη προς την τάση συνιστώσα του ρεύματος (άεργος συνιστώσα).

Η ισχύς που απορροφά το φορτίο είναι συνάρτηση της τάσης στα άκρα του. Η σύνδεση οποιουδήποτε στοιχείου αντιστάθμισης μεταβάλλει την τάση στα άκρα του φορτίου και κατ' επέκταση την ισχύ που απορροφά το φορτίο.

Ο υπολογισμός του στοιχείου αντιστάθμισης γίνεται με τη βοήθεια της ολικής σύνθετης αντίστασης και την αντίδραση του στοιχείου αντιστάθμισης.

Για να πραγματοποιηθεί η αντιστάθμιση τοποθετούμε χωρητική αντίδραση παράλληλα στο φορτίο. Σύμφωνα με τα παραπάνω μπορούν να γραφούν οι σχέσεις για υπολογισμό κατάλληλης τιμής πυκνωτή παράλληλης σύνδεσης σε εν σειρά και παράλληλη συνδεσμολογία φορτίο.



Σε εν σειρά συνδεσμολογία φορτίου

Σε παράλληλη συνδεσμολογία φορτίου

$$Z_{ολ} = \frac{(R_\phi + jX_\phi) \left(\frac{1}{j\omega C} \right)}{R_\phi + jX_\phi + \frac{1}{j\omega C}} = R_{ολ} + jX_{ολ}$$

$$Y_{ολ} = G_\phi + j(\omega C - B_\phi) = G_{ολ} + jB_{ολ}$$

$$\cos\varphi' = \frac{R\omega\lambda}{\sqrt{R\omega\lambda^2 + X\omega\lambda^2}} \qquad \cos\varphi' = \frac{G\omega\lambda}{\sqrt{G\omega\lambda^2 + B\omega\lambda^2}}$$

Όπου $\cos\varphi'$ ο επιθυμητός συντελεστής ισχύος και φ' οι μοίρες του.

4.5 Ισχύς σε κυκλώματα με περιοδική μη ημιτονοειδή διέγερση

$$v(t) = V_0 + \sum_{k=1}^n \sqrt{2} |V_k| \cos(k\omega t + \varphi_{V_k})$$

$$i(t) = I_0 + \sum_{k=1}^n \sqrt{2} |I_k| \cos(k\omega t + \varphi_{I_k})$$

Στιγμιαία Ισχύς

$$\begin{aligned} p(t) &= v(t)i(t) \\ &= V_0 I_0 + I_0 \sum_{k=1}^n \sqrt{2} |V_k| \cos(k\omega t + \varphi_{V_k}) + V_0 \sum_{k=1}^n \sqrt{2} |I_k| \cos(k\omega t + \varphi_{I_k}) \\ &\quad + \left[\sum_{k=1}^n \sqrt{2} |V_k| \cos(k\omega t + \varphi_{V_k}) \right] \left[\sum_{k=1}^n \sqrt{2} |I_k| \cos(k\omega t + \varphi_{I_k}) \right] \end{aligned}$$

Όπου τη τάξη της αρμονικής

Μέση ισχύς

$$P_{av} = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = V_0 I_0 + \sum_{k=1}^n |V_k| |I_k| \cos(\varphi_{V_k} - \varphi_{I_k}) = V_0 I_0 + \sum_{k=1}^n P_k$$

Η ολική μέση ισχύς ισούται με το άθροισμα των μέσων ισχύων των επί μέρους αρμονικών. Μόνο οι όροι τάσης και ρεύματος της ίδιας συχνότητας συνεισφέρουν στη μέση ισχύ. Το ρεύμα μίας αρμονικής και η τάση μιας άλλης αρμονικής δεν παράγουν έργο, δηλαδή δεν συνεισφέρουν στη μέση ισχύ.

$$|S| = |V||I|$$

$$|V| = \sqrt{V_0^2 + \sum_{k=1}^n |V_k|^2} = \sqrt{V_0^2 + |V_1|^2 + |V_2|^2 + \dots + |V_n|^2}$$

$$|I| = \sqrt{I_0^2 + \sum_{k=1}^n |I_k|^2} = \sqrt{I_0^2 + |I_1|^2 + |I_2|^2 + \dots + |I_n|^2}$$

$$\Sigma I = \frac{P_{av}}{|S|}$$

Η άεργος ισχύς Q έχει δύο συνιστώσες

Μία συνιστώσα Q_k που οφείλεται στις αρμονικές τάσης και ρεύματος της ίδιας τάξης k .

$$Q_k = \sum_{k=1}^n |V_k| |I_k| \sin(\varphi_{V_k} - \varphi_{I_k})$$

Και άλλη μία συνιστώσα D που οφείλεται σε αρμονικές τάσης και ρεύματος διαφορετικής τάξης και ονομάζεται ισχύς παραμόρφωσης.

$$D = \sqrt{Q^2 - Q_k^2} = \sqrt{|S|^2 - P_{av}^2 - Q_k^2}$$

Η ισχύς σε κυκλώματα με περιοδική μη ημιτονοειδή διέγερση το τρίγωνο ισχύος δέχεται και το συντελεστή D και απεικονίζεται σε τρισδιάστατη γραφική παράσταση ισχύων.

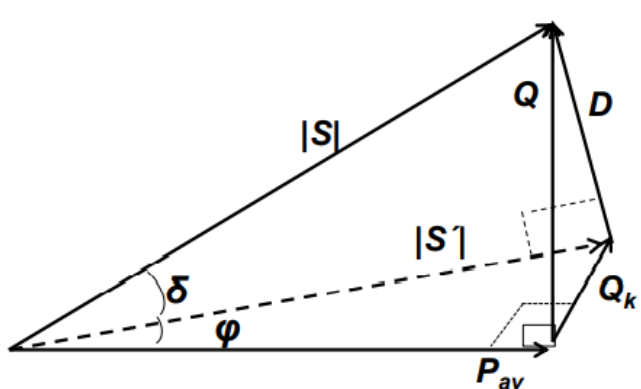
$$|P|^2 = P_{av}^2 + Q^2 = P_{av}^2 + Q_k^2 + D^2 = |S'|^2 + D^2$$

Συντελεστής μετατόπισης

$$\cos \varphi = \frac{P_{av}}{|S'|}$$

Συντελεστής παραμόρφωσης

$$\cos \delta = \frac{|S'|}{|S|}$$



Με Συντελεστή ισχύος

$$\Sigma I = \frac{P_{av}}{|S|} = \frac{P_{av} |S'|}{|S'| |S|} = \cos\varphi * \cos\delta$$

4.6 Ισχύς σε μη γραμμικά κυκλώματα με ημιτονοειδή διέγερση

Κυκλώματα με ημιτονοειδή διέγερση ονομάζονται αυτά τα οποία επιβάλλεται τάση της μορφής

$$v(t) = \sqrt{2}|V_1| \cos(\omega t + \varphi_{V1})$$

και έτσι προκύπτουν όλες οι παρακάτω σχέσεις

$$i(t) = \sum_{k=1}^n \sqrt{2}|I_k| \cos(k\omega t + \varphi_{Ik})$$

$$P_{av} = |V_1||I_1| \cos \varphi_1$$

Όπου

$$\varphi_1 = \varphi_{V1} - \varphi_{I1}$$

$$|S| = |V_1||I| = |V_1| \sqrt{\sum_{k=1}^n |I_k|^2}$$

$$Q_k = |V_1||I_1| \sin \varphi_1$$

Η συνιστώσα ισχύς παραμόρφωσης D οφείλεται στις αρμονικές τάσης και ρεύματος διαφορετικής τάξης

$$D = \sqrt{|S|^2 - P_{av}^2 - Q_k^2} = |V_1| \sqrt{\sum_{k=2}^n |I_k|^2}$$

Συντελεστής μετατόπισης

$$\cos \varphi = \frac{P_{av}}{|S'|} = \frac{P_{av}}{\sqrt{P_{av}^2 + Q_k^2}} = \frac{|V_1||I_1| \cos \varphi_1}{|V_1||I_1|} = \cos \varphi_1$$

$$\cos \delta = \frac{|S'|}{|S|} = \frac{|V_1||I_1|}{|V_1||I|} = \frac{|I_1|}{|I|}$$

$$\Sigma I = \frac{P_{av}}{|S|} = \cos \delta \cos \varphi = \frac{|I_1|}{|I|} \cos \varphi_1$$

$$1 + \text{THD}^2 = 1 + \frac{\sum_{k=2}^n |I_k|^2}{|I_1|^2} = \frac{|I_1|^2 + \sum_{k=2}^n |I_k|^2}{|I_1|^2} = \frac{\sum_{k=1}^n |I_k|^2}{|I_1|^2} = \frac{|I|^2}{|I_1|^2}$$

Συντελεστής παραμόρφωσης

$$\cos \delta = \frac{|I_1|}{|I|} = \frac{1}{\sqrt{1 + \text{THD}^2}}$$

Συντελεστής Ισχύος

$$\Sigma I = \frac{1}{\sqrt{1 + \text{THD}^2}} \cos \varphi_1$$

Όπου ο συντελεστής k είναι η τάξη των αρμονικών της τάσης και ρεύματος που συνυπολογίζονται.
(Βοβός, 2013)

Κεφάλαιο 5°. Βασικές απαιτήσεις του EN 50160

Τα κριτήρια για άρτια ποιότητα Ηλεκτρικής Ισχύς σύμφωνα με το πρότυπο EN 50160 Αναρτώνται στον παρακάτω πίνακα.

Τα πρακτικά συμπεράσματα που μπορούν να διεξαχθούν από αυτά τα δεδομένα κατά Πρότυπο EN 50160 είναι πως τα όρια είναι ίσως μεγαλύτερα από αυτά που θα περίμενε κανείς.

Είναι σημαντικό ότι οι ασφαλιστικές διατάξεις όπως και τα ρελέ να ρυθμιστούν κατάλληλα ώστε να επανέλθουν σε κατάσταση αγωγής μετά από τυχόν χαλάρωση η πτώση της τάσης καθώς τέτοια περιστατικά μπορούν να συμβούν αρκετά συχνά κατά τη λειτουργία εγκατάστασης και να εγκρίνονται από το παραπάνω πρότυπο.

Για να είναι παρατηρήσιμο ένα τέτοιο σύστημα θα πρέπει να είναι εγκατεστημένος και ο ανάλογος εξοπλισμός για καταγραφή των παραπάνω φαινομένων, με όλες τις ασφαλιστικές διατάξεις που απαιτούνται καθώς μια υπέρταση θα ήταν ικανή να προκαλέσει ζημιά στο όργανο. (Markiewicz)

5.1 Τιμές ηλεκτρολογικών μεγεθών πρότυπου EN 50160

Ηλεκτρολογικό Στοιχείο	Αποδεκτά όρια	Διάστημα λειτουργίας	Περίοδος Παρακολούθησης	Αποδεχόμενη τιμή %
Συχνότητα Τάσης	49,5 Έως 50,5 Hz	10 Δευτερόλεπτα	1 Εβδομάδα	95%
Ήπιες εναλλαγές τάσης	230 ± 10%	10 Λεπτά	1 Εβδομάδα	95%

Απότομες χαμηλές τάσεις για (<1 λεπτού)	10 Έως 1000 φορές ετησίως (Κάτω των 85% των ονομαστικών)	10 ms	1 Χρόνος	100%
Σύντομες Διακοπές (<3 λεπτά)	10 έως 100 φορές ανά έτος (κάτω του 1% της ονομαστικής)	10 ms	1 Χρόνος	100%
Τυχαίες, μεγάλες διακοπές (>3 λεπτά)		10 ms	1 Χρόνος	100%
Προσωρινές υπερτάσεις Γείωσης	1,5KV	10 ms	Όχι	100%
Παροδικές Υπερτάσεις Γείωσης	Κυρίως <6KV	Όχι	Όχι	100%
Ανισορροπία Τάσης	Κυρίως 2% αλλά περιστασιακά 3% Συνολική Αρμονική	10 λεπτά	1 Εβδομάδα	95%
Αρμονικές Τάσης	Παραμόρφωση 8% (THD)	10 λεπτά	1 Εβδομάδα	95%

Πίνακας 2 Βασικές απαιτήσεις του EN 50160

5.2 Ποιο γενικά για το πρότυπο

Το EN 50160 παρέχει τις κύριες παραμέτρους τάσης και τα επιτρεπόμενα εύρη απόκλισης στο σημείο του καταναλωτή σε δημόσια συστήματα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας χαμηλής και μέσης τάσης υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας.

Αρχικά χαμηλή τάση σημαίνει ότι η ονομαστική τάση φάσης προς φάση δεν υπερβαίνει τα 1000 V και μέση τάση σημαίνει ότι η ονομαστική τιμή φάσης προς φάση είναι μεταξύ 1 α και 35 kV.

Πρότυπο στο οποίο δίνεται ιδιαίτερη σημασία είναι το EMCEN 61000. Το HIOKI PW 3198 έχει στο λογισμικό του τις παραμέτρους αυτού και τις χρησιμοποιεί.

Τα πρότυπα EMC αφορούν την τάση χρησιμότητας, σύμφωνα με το IEC 038, ενώ το EN 50160 ασχολείται με την τάση τροφοδοσίας. Οι διαφορές μεταξύ αυτών των τάσεων οφείλονται σε πτώσεις

τάσης στην εγκατάσταση και διαταραχές που προέρχονται από το δίκτυο και από άλλο εξοπλισμό που παρέχεται από την εγκατάσταση. Εξαιτίας αυτού, σε πολλά πρότυπα της σειράς EN 61000 το ρεύμα εξοπλισμού είναι σημαντική παράμετρος, ενώ το ρεύμα φορτίου δεν σχετίζεται με το EN 50160.

Υπάρχουν δύο κύριοι λόγοι για αυτές τις διαφορές:

Το EN 50160 παρέχει μόνο γενικά όρια, τα οποία είναι τεχνικά και οικονομικά δυνατά για τον προμηθευτή να διατηρηθεί στα δημόσια συστήματα διανομής. Όταν απαιτούνται πιο αυστηρές συνθήκες, ξεχωριστή, λεπτομερή συμφωνία μεταξύ προμηθευτή και καταναλωτή πρέπει να αποτελέσει αντικείμενο διαπραγματεύσεως.

Η βελτίωση της ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος συνεπάγεται πρόσθετο κόστος και εξοπλισμό και θεωρούνται μερικώς στο κεφάλαιο 6. (EUROPEAN STANDARD, 2005)

Το EN 50160 έχει επιπλέον περιορισμούς. Δεν ισχύει υπό ανώμαλες συνθήκες λειτουργίας, συμπεριλαμβανομένων των ακόλουθων:

- ◆ Συνθήκες που προκύπτουν ως αποτέλεσμα βλάβης ή προσωρινής κατάστασης τροφοδοσίας.
- ◆ Σε περίπτωση που η εγκατάσταση ή ο εξοπλισμός του πελάτη δεν συμμορφωθεί με το σχετικό πρότυπο ή με τις τεχνικές απαιτήσεις για τη σύνδεση φορτίων.
- ◆ Σε περίπτωση αποτυχίας μιας εγκατάστασης γεννήτριας να συμμορφωθεί με το σχετικό πρότυπο ή με τις τεχνικές απαιτήσεις για διασύνδεση με σύστημα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας
- ◆ Σε εξαιρετικές καταστάσεις εκτός του ελέγχου του προμηθευτή ηλεκτρικής ενέργειας, υπάρχει πιθανότητα να υπάρξουν:
 - εξαιρετικές καιρικές συνθήκες και άλλες φυσικές καταστροφές.
 - παρέμβαση τρίτων.
 - δράσεις δημοσίων αρχών.
 - βιομηχανική δράση (με την επιφύλαξη νομικών απαιτήσεων).
 - ανωτέρας βίας.
 - ελλείψεις ρεύματος που προκύπτουν από εξωτερικά συμβάντα.

Όπως δείχνει η ανάλυση των παραμέτρων που παρουσιάζονται στον Πίνακα 6, αυτές οι απαιτήσεις δεν είναι ιδιαίτερα αυστηρές

ο προμηθευτής. Οι πολυάριθμες καταστάσεις στις οποίες το πρότυπο δεν ισχύει μπορεί να δικαιολογήσει την πλειονότητα των διακοπών και των συμβάντων διαταραχής τάσης που συμβαίνουν στην πράξη. (Markiewicz)

Κεφάλαιο 6^ο. Πειραματικό μέρος: Ανάλυση ηλεκτρολογικής εγκατάστασης εργοστασίου

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν οι μετρήσεις λήφθηκαν από μία γραμμή παραγωγής του εργοστασίου συνεχούς παραγωγής ειδών ατομικής χρήσης.

Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε είναι το HIOKI PW 3198 power quality analyzer το οποίο έχει παρουσιαστεί στο κεφάλαιο 3 λεπτομερώς.

Αρχικά προσαρμόσαμε τους κατάλληλους ακροδέκτες, αμπερομετρικά και βολτομετρικά, ποιο αναλυτικά τοποθετήσαμε 4 αμπεροτσιμπίδες οι οποίες τρεις (ch1,ch2,ch3) λάμβαναν τιμές από τις τρεις φάσεις και η μία από το ch4, την επιστροφή. Ύστερα τοποθετήσαμε πέντε ακροδέκτες για την λήψη τιμών τάσεων στις τρεις φάσεις από τα κανάλια ch1,ch2,ch3 και άλλους 2 ακροδέκτες στο κανάλι ch4 όπου παρέχει 2 βολτομετρικά, όπου στην μέτρηση το ένα τοποθετήθηκε στην επιστροφή και το άλλο στην γείωση.



Εικόνα 0.26 Κατά την τοποθέτηση του οργάνου στον βιομηχανικό πίνακα, φαίνονται τα γάντια προστασίας από τα ηλεκτρικά τόξα προστασίας 1000Volt.



Εικόνα 0.24 Τοποθέτηση του οργάνου με σωστό τρόπο ώστε να αποφευχθεί να δημιουργηθεί κάποιο ατύχημα κατά την παραμονή του μέσα στον βιομηχανικό πίνακα.



Εικόνα 0.25 Έλεγχος παραμέτρων και έναρξη καταγραφής τιμών.

Όταν τοποθετήθηκε το όργανο ρυθμίστηκαν οι παράμετροι για την λήψη τιμών και ύστερα παρέμεινε 24 ώρες στο σημείο που φαίνεται στις παραπάνω εικόνες για την λήψη της μέτρησης.

Αφού σηκώσαμε το όργανο, μεταφέραμε τα δεδομένα της μέτρησης στο ειδικό λογισμικό για επεξεργασία των μετρήσεων, στον υπολογιστή μέσω αποσπώμενης κάρτα μνήμης. Στη συνέχεια έγινε αναφορά των μετρήσεων όπως φαίνεται στην παρακάτω παρουσίαση.

Κατάσταση οργάνου

[Ρυθμίσεις μέτρησης]
Υλισμικό οργάνου ΗΙΟΚΙ

Μοντέλο	PW3198
Σειριακός Αριθμός	151036304
Έκδοση	1.08

Πίνακας 3 Χαρακτηριστικά Υλισμικό οργάνου ΗΙΟΚΙ

Στοιχεία μετρούμενου τμήματος

	Κανάλια 1,2,3 (CH123)	Κανάλι 4 (CH4)
Καλωδίωση	3P4W	AC DC
Συχνότητα	50Hz	
Εύρος Τάσεως	600V	600V
Αναλογία VT(PT)	1	1
Φασική τάση (U _{din})	230V	
Αισθητήρες ρεύματος (αμπερομετρικό)	9669	9669
Εύρος ρεύματος(Applied CT ratio)	1000A	100A
Αναλογία CT	1	1
Τάση αναφοράς	U1	

Πίνακας 4 Χαρακτηριστικά μετρούμενης εγκατάστασης

Χαρακτηριστικά εκδήλωσης τιμών (Event Threshold)

Ενεργός τιμή τάσης (Urms)	Γραμμή - Ουδέτερος
Συντελεστής Ισχύος	PF
Συντελεστής παραμόρφωσης	THD_F
Αρμονικές	U, I, P All Level

Πίνακας 5 Χαρακτηριστικά εκδήλωσης τιμών.

Τρεμόπαιγμα (Flicker)

Flicker	Plt, Pst / 230V Ed1
---------	---------------------

Πίνακας 6 Μετρούμενα χαρακτηριστικά τρεμοπαίγματος.

Ορισμοί καταγραφής δεδομένων στη μνήμη

Καταγραφή στοιχείων	All Data (Power, Harm, iHarm)
Διάστημα καταγραφής δεδομένων	10min
Εμφάνιση διαστήματος καταγραφής	OFF
Επανάληψη καταγραφής	OFF
Χρόνος καταγραφής	

Πίνακας 7 Ορισμοί καταγραφής δεδομένων στη μνήμη

Ορισμοί κατοφλιών για την καταγραφή σφαλμάτων

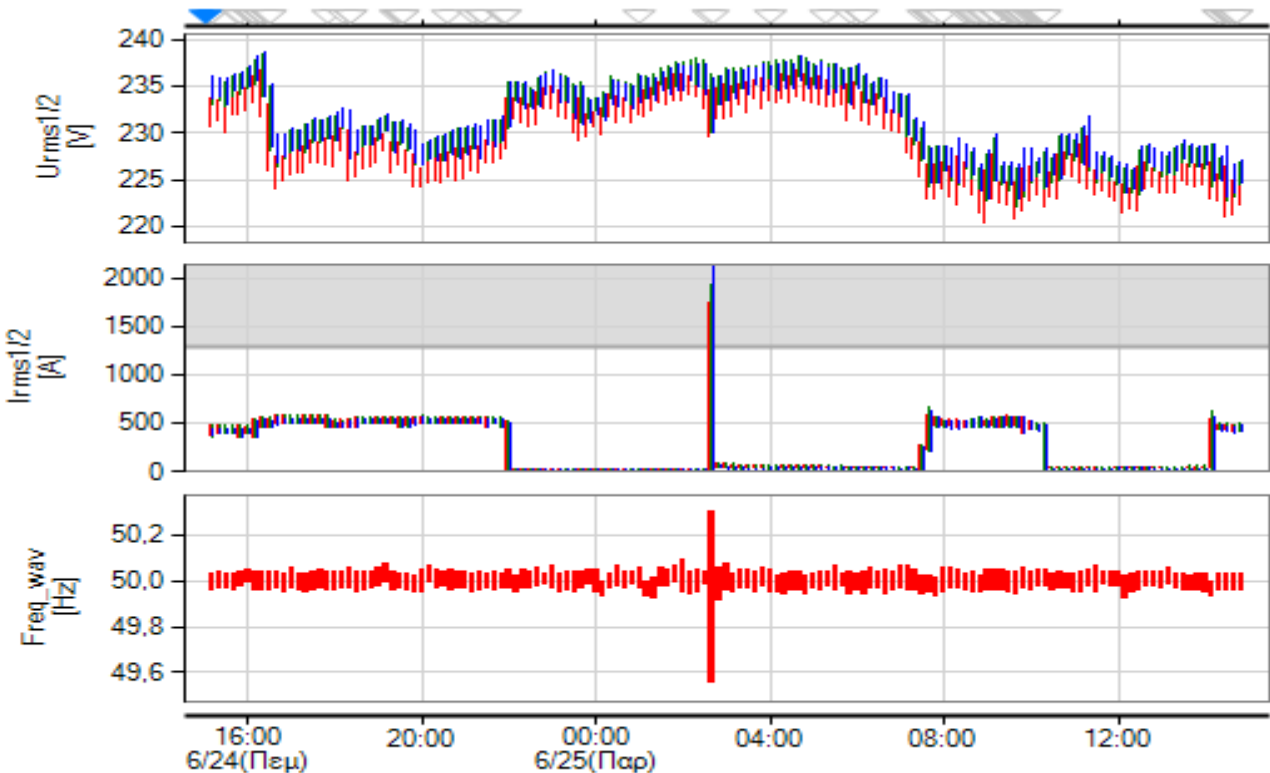
		CH123	CH4
Συχνότητα	Freq	5,00Hz	
Συχνότητα 1 κύματος	Freq_wav	5,00Hz	
Διόγκωση τάσης	Swell	110,00%	
Πτώση τάσης	Dip	90,00%	
Ολίσθηση Διόγκωσης/Πτώσης		ON	
Διακοπή τάσης	Interupt	10,00%	
Παροδική τάση	Tran	70,0V	70,0V
Υστέρηση		1%	
Σύγκριση επιμέρους φάσεων	Wave	5,0%	

Πίνακας 8 Ορισμοί κατοφλιών για την καταγραφή σφαλμάτων

Γενικά Γραφήματα

Περίοδος [24/6/2021 3:00:00 μμ - 25/6/2021 2:50:00 μμ]

6.1 Γενική παρουσίαση των επιμέρους τιμών



Σχήμα 14 Παρουσίαση τιμών 24ώρου, στο επάνω μέρος βρίσκεται η καμπύλη που έχει προκύψει από την ενεργό τάση, στη μέση η ενεργός ηλεκτρική ένταση και κάτω οι τιμές της συχνότητας.

Αρχικά σημειώνεται ότι καθ όλη την παρουσίαση οι φάσεις λαμβάνουν τον χρωματικό κώδικα:

Γραμμή 1: Κόκκινο χρώμα

Γραμμή 2: Πράσινο χρώμα

Γραμμή 3: Μπλε χρώμα

Και έτσι έχουμε:

Ενεργός τάση [V] : -U1 rms -U2 rms -U3 rms

Ενεργός ηλεκτρική ένταση [A] : -I1 rms -I2 rms -I3 rms

Συχνότητα [Hz] : -Freq_wav

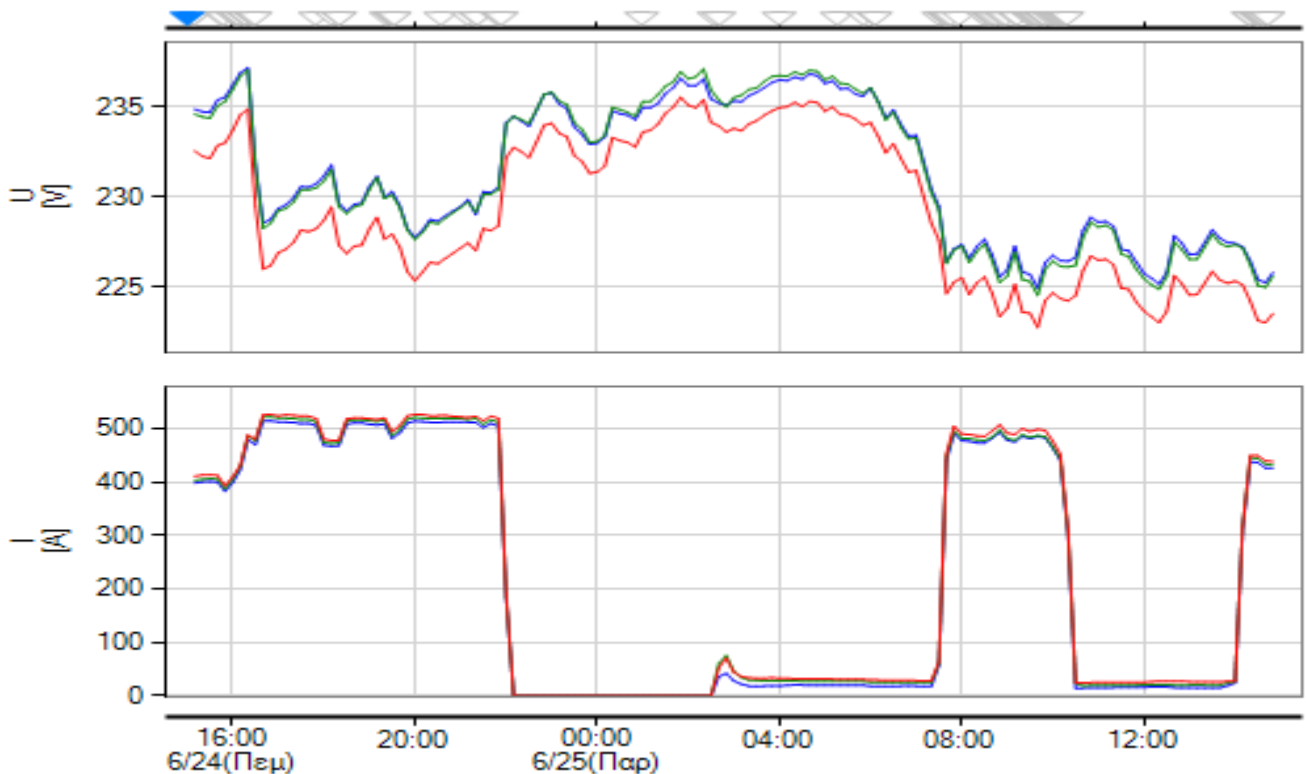
Εκ πρώτης όψης φαίνεται ότι η κατανάλωση του τμήματος του εργοστασίου την οποία μελετάμε ξεκινά από τις 7.30 το πρωί σταματά περίπου στις 10.30 όπου ξαναέρχεται σε λειτουργία στις 14.30 Και σταματά στις 22.00 η ώρα το βράδυ. Όπως φαίνεται και μία μεγάλη τιμή ρεύματος της τάξης των 2 kA κατά μία μικρή χρονική περίοδο περίπου στις 2.30 η ώρα το πρωί, η οποία συνοδεύεται από μία στιγμιαία διακύμανση της συχνότητας και μία σύντομη πτώση τάσης. Σημεία τα οποία πρόκειται να αναλυθούν αργότερα αφού ανοίγουν τα γραφήματα στον χρόνο και φανούν πιο ξεκάθαρα.

6.1 Γράφημα Τάσης - Ρεύματος

Σε αυτό το διάγραμμα φαίνεται ότι η πρώτη φάση διαρρέεται από περισσότερο ρεύμα σε σχέση με τη δεύτερη και τη τρίτη οι οποίες λαμβάνουν σχεδόν ίσες τιμές, αυτό έχει άμεσο αντίκτυπο στις καμπύλες τάσης στο πάνω μέρος του γραφήματος όπου η πρώτη τάση λαμβάνει τάση μικρότερη κατά περίπου 4 volt σε σχέση με τις άλλες δύο καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου, δηλαδή κατά την λειτουργία του τμήματος και τη μη λειτουργία του. Αυτό αποδεικνύει ότι αυτό έχει να κάνει από σκοπιάς τροφοδοσίας της συγκεκριμένης πρώτης φάσης και όχι της κατανάλωσης.

Ενεργός τάση [V] : —U1 rms AVG—U2 rms AVG—U3 rms AVG

Ενεργός ηλεκτρική ένταση [A] : —I1 rms AVG—I2 rms AVG—I3 rms AVG

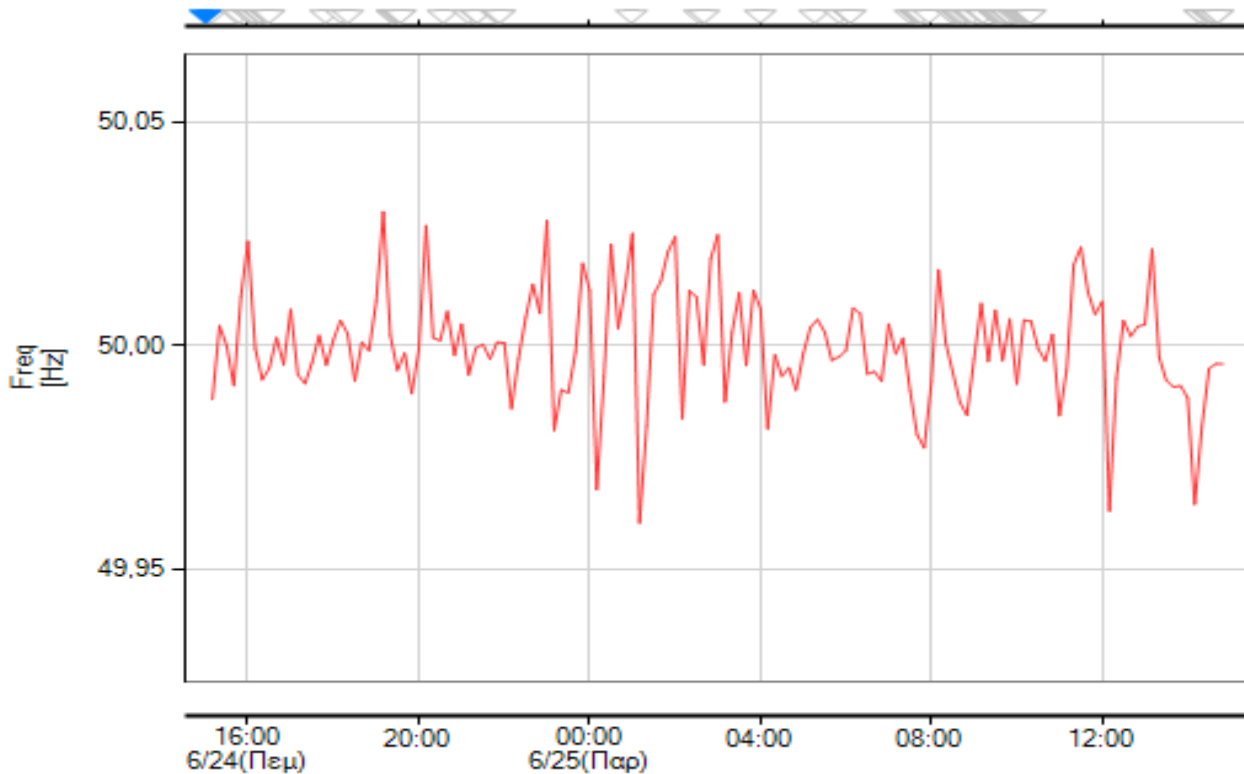


Σχήμα 15 Διάγραμμα καμπυλών επιμέρους φάσεων τάσης και ρεύματος κατά την διάρκεια του 24ώρου

Παρουσιάζεται μία πτώση τάσεων και στις τρεις φάσεις που αγγίζει τα 11 volt από τη μέγιστη τάση που μπορεί να τροφοδοτηθεί το συγκεκριμένο σύστημα. Αυτό προέρχεται από τους περιβάλλοντες καταναλωτές του εργοστασίου που ενδέχεται να γίνεται γενική πτώση τάσης στον υποσταθμό που τροφοδοτεί το τμήμα του εργοστασίου.

6.2 Συχνότητα

Στο διάγραμμα συχνότητας παρουσιάζεται μία συνεχή αυξομείωση της συχνότητας με μέσο όρο τα 50 Hz.



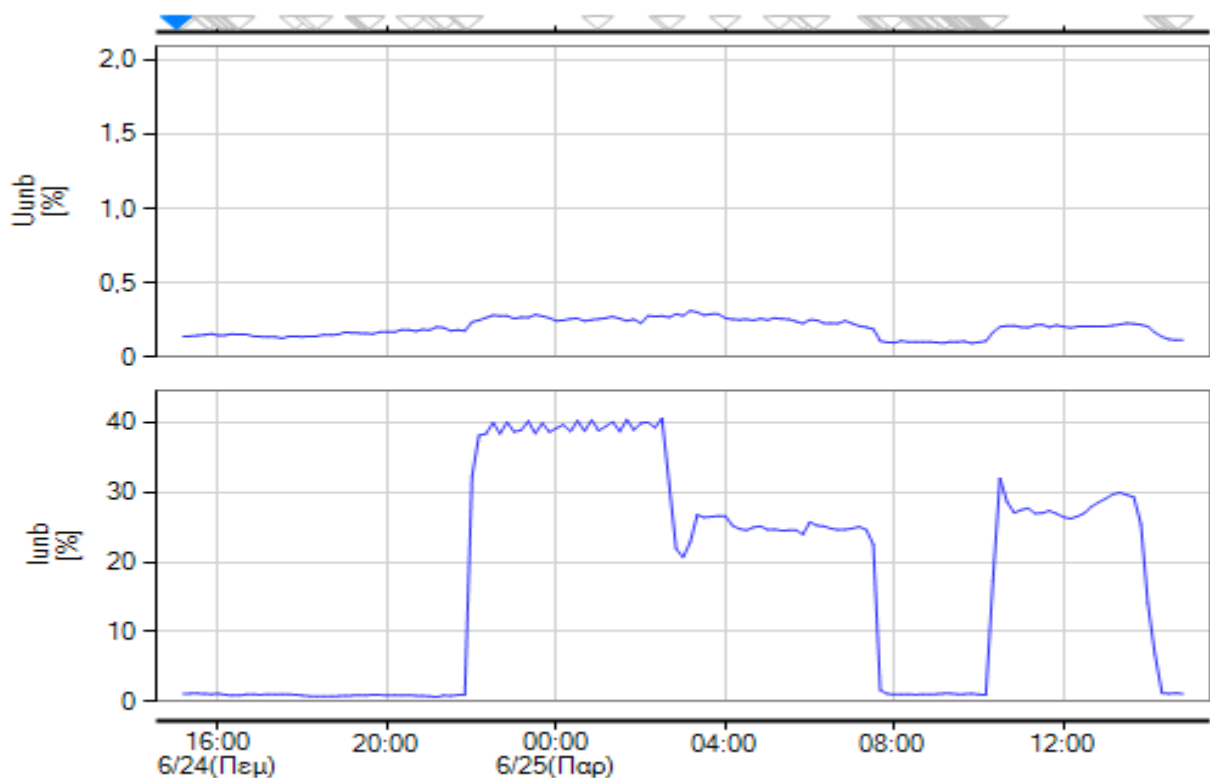
Σχήμα 16 Διάγραμμα μετρούμενης συχνότητας

Freq [Hz] : — Freq AVG

Από ότι φαίνεται σαν διακύμανση δεν ξεπερνά τα όρια $50.05 < \text{Hz} > 49.95$ στο διάγραμμα, κάτι που είναι πολύ ικανοποιητικό αφού τα όρια που πρέπει να τηρούμε βάση προτύπου ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος είναι πολύ μεγαλύτερα.

Επίσης παρατηρείται λίγο μεγαλύτερη διακύμανση όταν η εγκατάσταση δεν λειτουργεί σε σχέση με όταν βρίσκεται εν ώρα αιχμής.

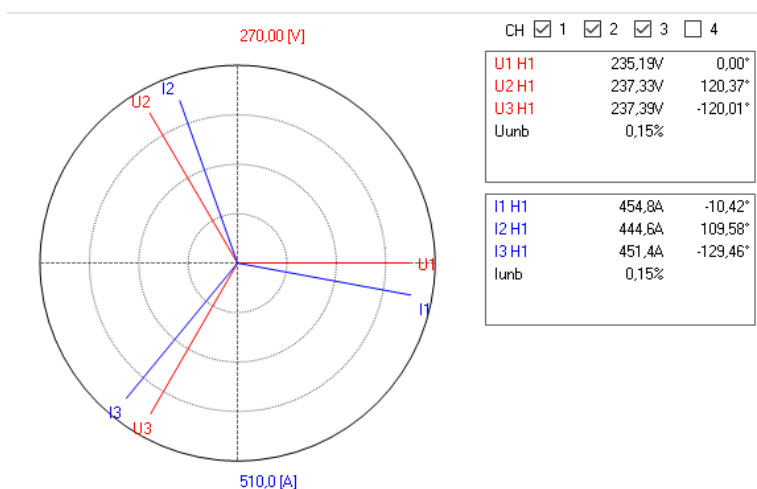
6.3 Ασυμμετρία φάσεων



Uunb [%] : — Σχήμα 17 Διάγραμμα ασυμμετρίας φάσεων τάσης και ρεύματος ως προς τον χρόνο.
 Uunb AVG
 Iunb [%] : — Iunb AVG

Όπως φαίνεται παρουσιάζεται μία αρκετά μικρή ασυμμετρία φάσεων όσον αναφορά την τάση έως 0.3%, ενώ για την ηλεκτρική ένταση παρουσιάζεται ασυμμετρία τάξης έως 1,2%. Το μεγάλο ποσοστό ασυμμετρίας παρουσιάζεται τα χρονικά διαστήματα τα οποία η γραμμή παραγωγής βρίσκεται εκτός λειτουργίας και έτσι για μηδενικά σχεδόν ρεύματα το όργανο παρουσιάζει αυτές τις τιμές ασυμμετρίας οι οποίες δεν έχουν ουσιαστικό ρόλο στην ποιότητα ηλεκτρικής ισχύος.

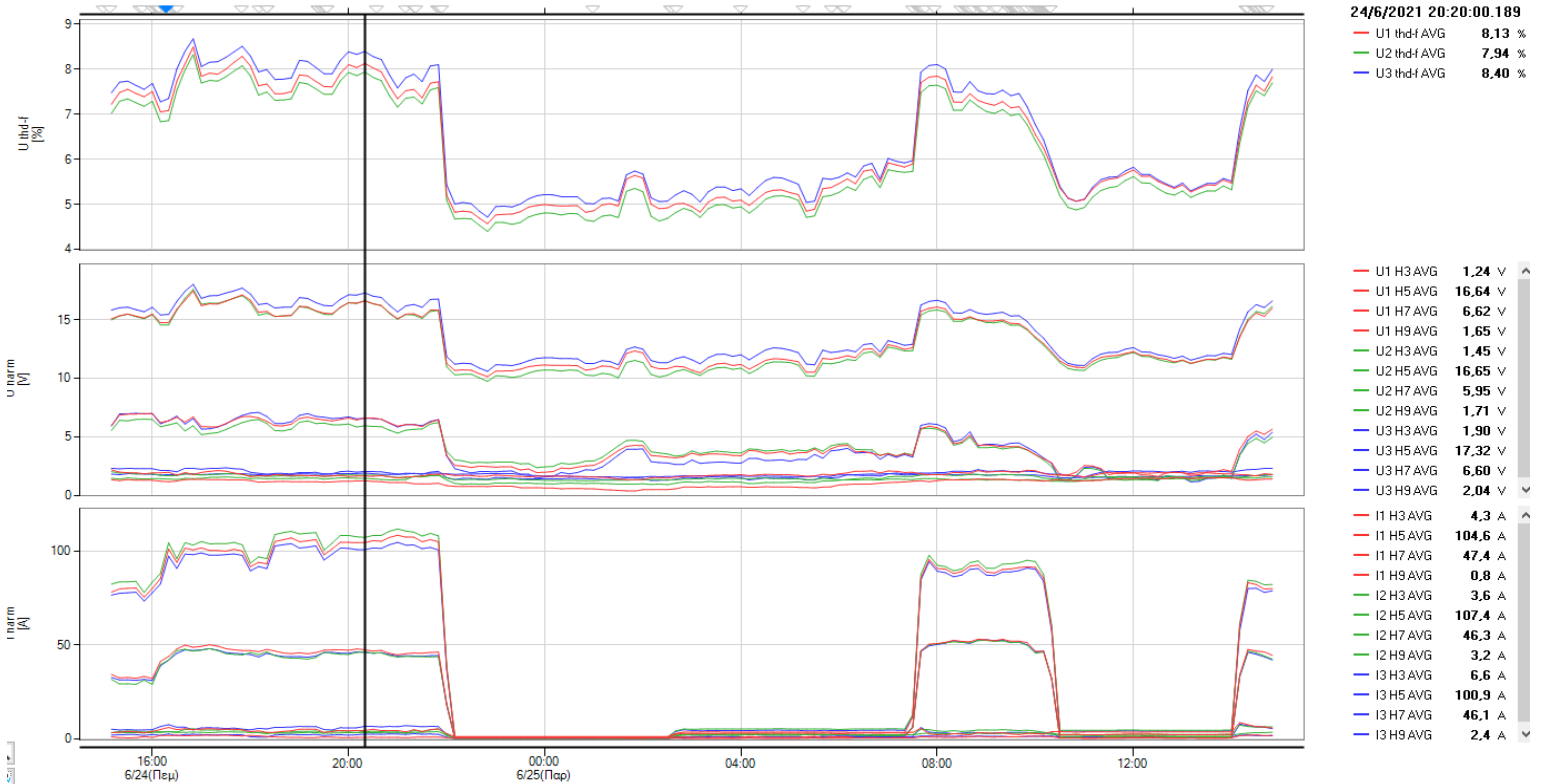
Στην δεξιά εικόνα παρουσιάζεται ο φασιθέτης στην κατάσταση εντός λειτουργίας ενώ οι τιμές του είναι μόνο από την πρώτη αρμονική για τις τάσεις και τα ρεύματα. Από ότι φαίνεται το φορτίο παρουσιάζει έναν ωμικοεπαγωγικό χαρακτήρα. Το ρεύμα μεταπορεύεται της τάσης κατά περίπου 10,5 μοίρες, ομοιόμορφα στις τρεις φάσεις του.



6.4 Αρμονικές συνιστώσες

Για καλύτερη ανάλυση αυτών φαίνονται σε διάγραμμα ανοιγμένο στον χρόνο και σε ραβδόγραμμα ανοιγμένο στις τάξεις των αρμονικών.

6.4.1 Αρμονικές συνιστώσες (γράφημα)



Σχήμα 18 Γράφημα με καμπύλες των αρμονικών συνιστωσών. Στο πάνω μέρος φαίνεται ο συντελεστής παραμόρφωσης ανά φάση. Ενώ από κάτω φαίνονται οι αρμονικές συνιστώσες τάξεως 3,5,7,9 της τάσης και του ρεύματος ανά φάση.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται ανά τριάδες οι φάσεις ενώ δεξιά αναγράφονται οι τιμές των μετρούμενων στοιχείων, στο επάνω μέρος φαίνεται ο συντελεστής παραμόρφωσης, από κάτω οι αρμονικές της τάσεως και τέρμα κάτω οι αρμονικές της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος.

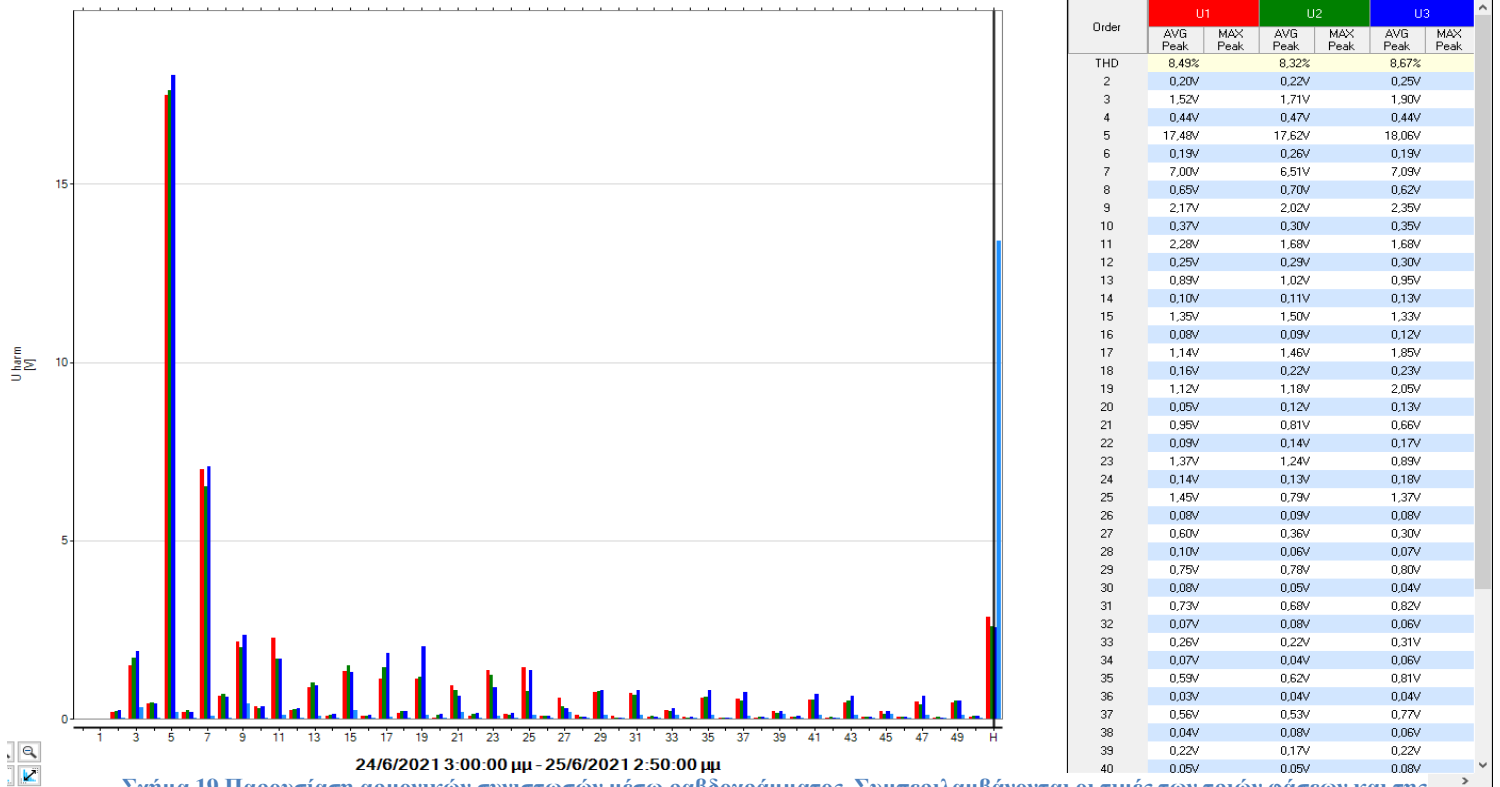
Uthd-f [%] : —U1 thd-fAVG—U2 thd-fAVG—U3 thd-fAVG

Uharm [V] : —U1 H5 AVG—U1 H7 AVG—U2 H5 AVG—U2 H7 AVG—U3 H5 AVG—U3 H7 AVG

Iharm [A] : —I1 H5 AVG—I1 H7 AVG—I2 H5 AVG—I2 H7 AVG—I3 H5 AVG—I3 H7 AVG

6.4.2 Αρμονικές συνιστώσες (Ραβδόγραμμα)

Πιο ολοκληρωμένη εικόνα λαμβάνουμε με το παρακάτω διάγραμμα όπου φαίνονται όλες οι τιμές των



Σχήμα 19 Παρουσίαση αρμονικών συνιστωσών μέσω ραβδόγραμματος. Συμπεριλαμβάνονται οι τιμές των τριών φάσεων και της επιστροφής, καθώς αναγράφονται και οι τιμές τους στον πίνακα δεξιά του γραφήματος.

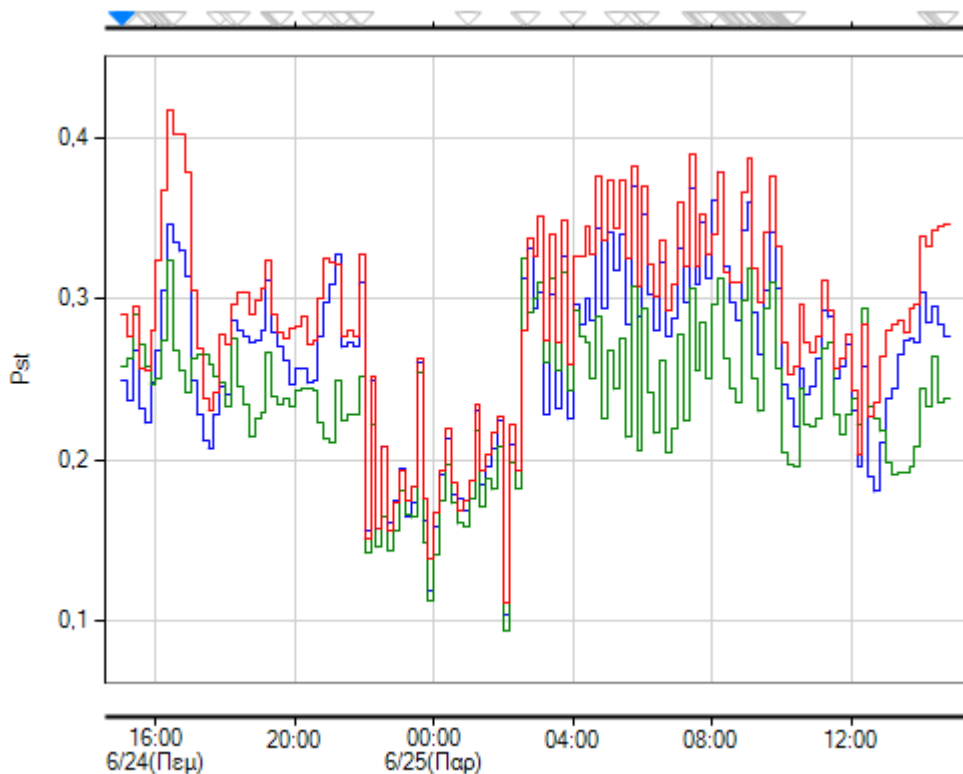
αρμονικών συνιστωσών στον πίνακα δεξιά από το διάγραμμα.

Υψηλές τιμές παίρνουν μόνο οι περιτοί αριθμοί τάξης αρμονικών. Σε κάθε περίπτωση η 5η αρμονική είναι και η υψηλότερη, ενώ αμέσως μετά ακολουθεί η 7^η και μετά η 9^η.

Το επι τις % διάγραμμα μας δίνει τις ποσοστιαίες επιβαρύνσεις. Μία γρήγορη συγκριτική απεικόνιση της κατάστασης.

Το διάγραμμα απεικόνισης μεγεθών (τάση, ρεύμα) μας δίνει την επιβάρυνση που υφίστατε τα αρχικά μεγέθη λόγω ύπαρξης των αρμονικών (επιπλέον τάση ή επιπλέον ρεύμα).

6.5 Flicker (Τρεμόπαιγμα) – Γρήγορη διακύμανση της τάσης



Σχήμα 20 Γράφημα Flicker, ποιο συγκεκριμένα Pst – χρόνου, ανά φάση.

Pst : - U1 Pst - U2 Pst - U3 Pst

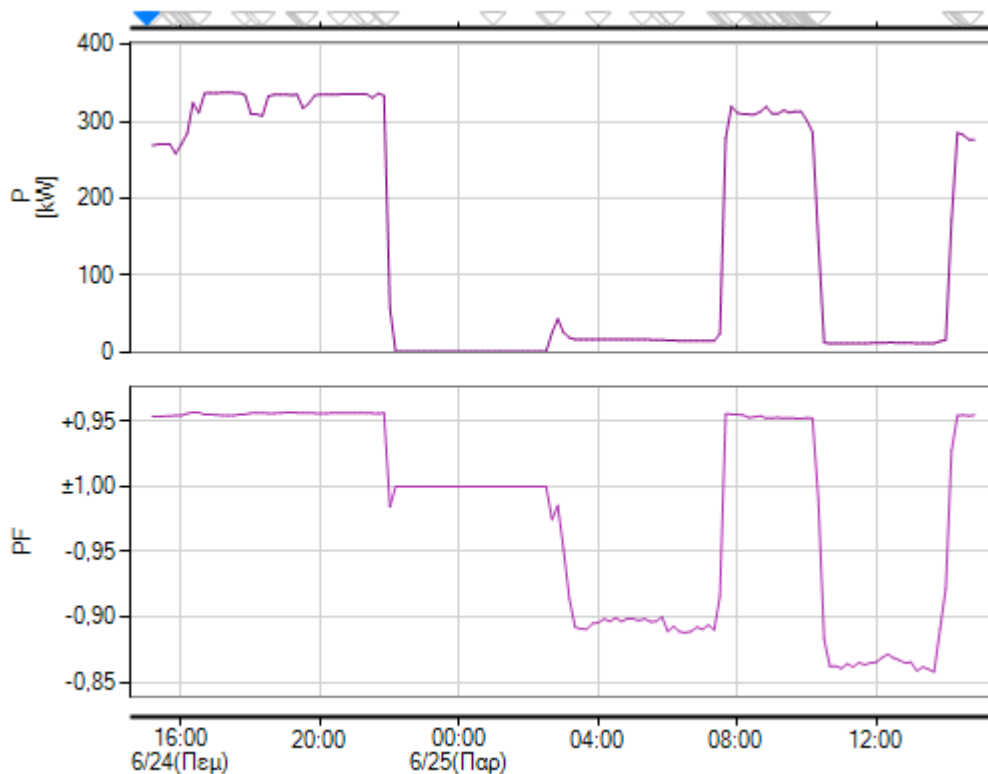
Τα κριτήρια αποδοχής για τις μετρήσεις αυτού του είδους εξαρτώνται τόσο από την ορατότητα όσο και από την κρισιμότητα της εφαρμογής. Στο εργοστάσιο η απουσία στροβοσκοπικών εφέ είναι κρίσιμη σε σχέση με την ασφαλή λειτουργία των μηχανημάτων ενώ για ορισμένες άλλες εφαρμογές φωτισμού τα στροβοσκοπικά εφέ αντιμετωπίζονται σπάνια ως ζήτημα, όπως στις αίθουσες των γραφείων.

Όσον αφορά τη μέτρηση της στροβοσκοπικής (SVM) επίδρασης, θα πρέπει να είναι μικρότερη ή ίση με 0,4. Στο όριο ανιχνευσιμότητας, όπου $Pst = 1$ ή $SVM = 1$, ένας υποθετικός μέσος παρατηρητής μπορεί να ανιχνεύσει τρεμόπαιγμα ή στροβοσκοπικό αποτέλεσμα, αντίστοιχα, με πιθανότητα 50%. Για αυτές τις μετρήσεις, μια χαμηλότερη τιμή σημαίνει ότι το τρεμόπαιγμα είναι λιγότερο πιθανό να παρατηρηθεί, ενώ μια υψηλότερη τιμή σημαίνει ότι το αποτέλεσμα είναι πιο πιθανό να παρατηρηθεί. Γι' αυτό η τήρηση των ορίων είναι εξαιρετικά σημαντική.

Στην περίπτωση μας η μέτρηση δεν ξεπερνά το $PST=0.4$, δηλαδή είναι μέσα στα επιθυμητά όρια για να μην υπάρξει δυσμενή επίδραση λόγω αυτού.

Για να περιοριστούν οι δυσμενείς επιδράσεις της χρονικής διαμόρφωσης φωτισμού στον άνθρωπο, τα συστήματα φωτισμού θα πρέπει να λειτουργούν σε υψηλές συχνότητες (πάνω από 15kHz) ή με τροφοδοσία DC.

6.6 Ισχύς λειτουργίας



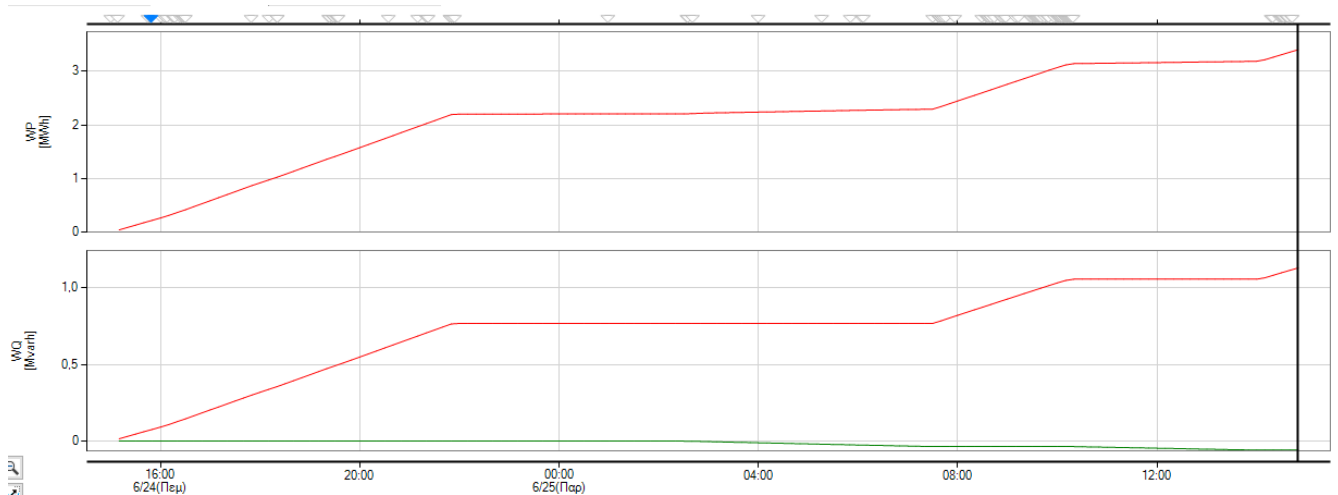
Σχήμα 21 Γράφημα Ισχύς λειτουργίας και συντελεστή ισχύος προς τον χρόνο.

P [kW] : -P sum AVG

PF : -PF sum AVG

Όπως φαίνεται η ισχύς λειτουργίας κυμαίνεται γύρω στα 320 kW, με συντελεστή ισχύος περίπου 0,95 επαγωγικό το οποίο προέρχεται από μία αρκετά καλή αντιστάθμιση. Οι ώρες αιχμής φαίνονται να αγγίζουν τα 330 MW με συντελεστή ισχύος 0.95 επαγωγικό, ενώ για ώρες μη λειτουργίας και μηδενική ισχύ ο συντελεστής ισχύος είναι μονάδα. Υπάρχει και μία περιοχή λειτουργίας όπου η οποία έχει χαμηλή κατανάλωση με συντελεστή ισχύος 0.9 χωρητικό, όπου προκύπτει ενδεχομένως από την εγκατάσταση πυκνωτών αντιστάθμισης που έρχονται σε λειτουργία με την έναρξη λειτουργίας της εγκατάστασης.

6.7 Απορροφόμενη ενέργεια



Σχήμα 22 Γράφημα Απορροφόμενης ενέργειας 24ώρου.

WP [MWh] : -WP+

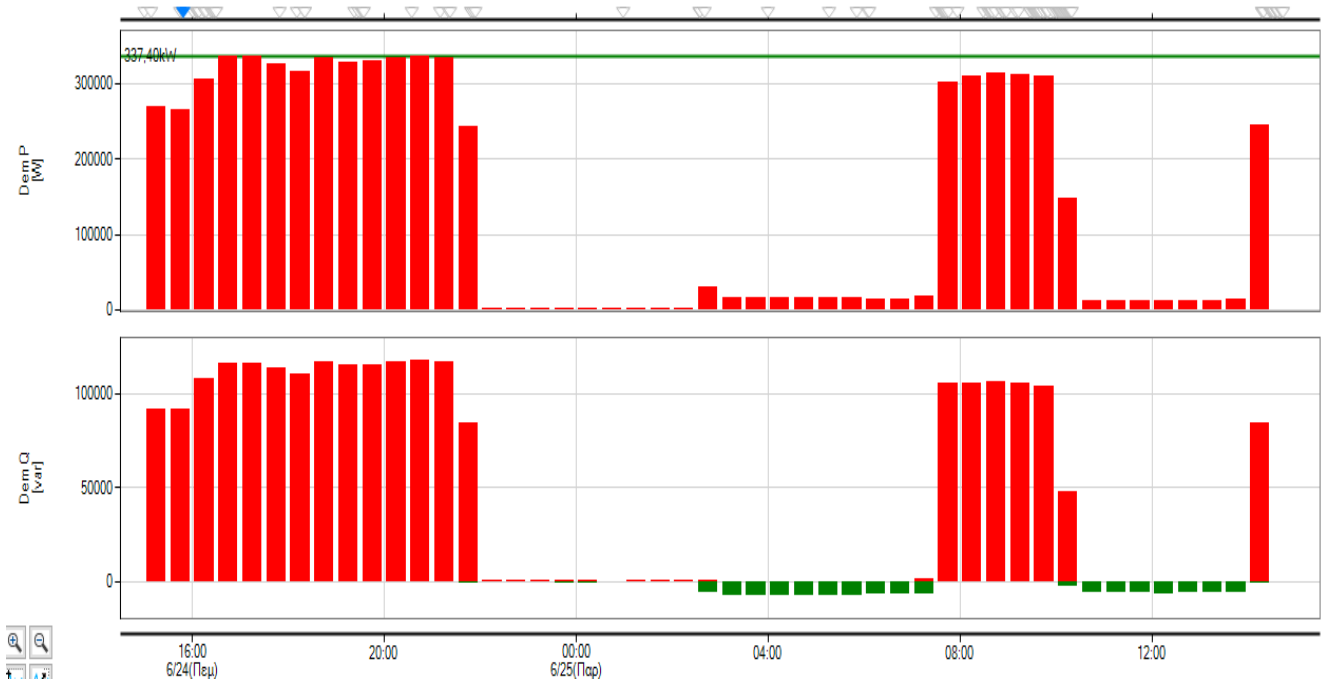
WQ lag [kVarh] : -WQ+

WQ lead [kVarh] : -WQ-

Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται η καταναλισκόμενη ενέργεια. Υπάρχει η ενεργός ισχύς και η άεργος ισχύς που προκύπτει από χωρητικά και επαγωγικά φορτία, ως προς τον χρόνο. Τα φορτία της εγκατάστασης φαίνεται να είναι ωμικοεπαγωγικά καθώς η καμπύλες ενέργειας από την ενεργό και την άεργο ισχύ αυξάνονται μαζί με τον ίδιο ρυθμό, ενώ υπάρχει και μία πολύ μικρή καμπύλη της άεργου ισχύος που προκύπτει από τα χωρητικά φορτία από το σημείο όπου υπάρχει περίσσεια αντιστάθμισης με πυκνωτές.

Από ότι φαίνεται η αντιστάθμιση δεν καλύπτει τις ώρες αιχμής του τμήματος του εργοστασίου, αφού μέχρι το τέλος της καταγραφής της μέτρησης η ενέργεια που προκύπτει από την άεργο, επαγωγική ισχύ αγγίζει το 1/3 της ενεργού ισχύος. Αν κρίνουμε από το προηγούμενο διάγραμμα οπού μας υποδεικνύει ότι εν ώρες αιχμής έχουμε $\cos\phi = 0.945$ περίπου, σε τόσο μεγάλες καταναλώσεις είναι ένας αρκετά ενεργοβόρος συντελεστής ισχύος.

6.8 Διάγραμμα ζήτησης Ισχύος



Σχήμα 23 Διάγραμμα ενεργού ισχύος - χρόνου και διάγραμμα άεργου ισχύος επαγωγικού χαρακτήρα με θετικές τιμές Var και χωρητικού χαρακτήρα με αρνητικές τιμές Var σε σχέση με τον χρόνο, όπου το πλάτος της μίας ράβδου αντιστοιχεί σε 30 λεπτά.

DemP [Watt] : -DemP+

DemQ [Var] : -DemQ+

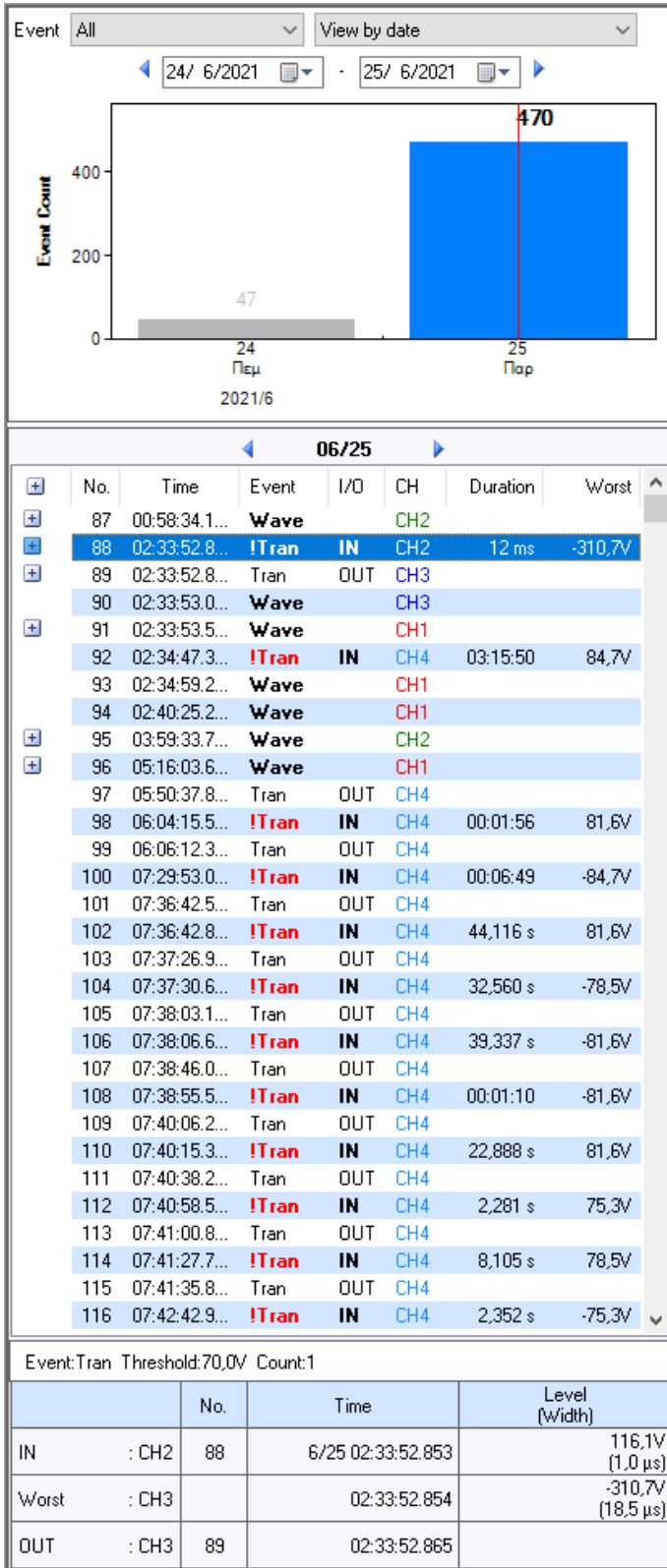
Dem-Q [Var] : -DemQ-

Στο διαγράμματα αυτά εύκολα μπορεί να διακρίνουμε τις ισχύς της εγκατάστασης και να ξεχωριστούν η ενεργός η άεργος (χωρητική) και η άεργος (επαγωγική) ισχύς σε σχέση με το χρόνο. Κάθε ράβδος αντιστοιχεί σε 30 λεπτά. Από τα μεγέθη αυτά συμπεραίνουμε πως η εγκατάσταση χρειάζεται ρύθμιση ώστε να μειωθεί η τιμή της άεργου (επαγωγικού χαρακτήρα) ισχύος για να μειωθεί και κατ' επέκταση και η κατανάλωση ενέργειας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με ένα πιο ισχυρό σύστημα αντιστάθμισης, δηλαδή πυκνωτές με μεγαλύτερες χωρητικές αντιδράσεις σε παράλληλη συνδεσμολογία με το εξυπηρετούμενο φορτίο.

6.9 Αξιοσημείωτα γεγονότα που κατέγραψε το όργανο

Event List

[Event Wave / View by date / 24/6/2021 - 25/6/2021]



Το όργανο επισήμανε 5 τιμές στις 24 / 06 / 2021 και 17 τιμές στις 25 / 06 / 2021. Αυτές οι καταγραφές απεικονίζουν τα ηλεκτρολογικά μεγέθη τα οποία για συγκεκριμένες χρονικές στιγμές ξεπερνούν τα κατώφλια που ορίσαμε στο όργανο και το δεχόμαστε ως σφάλμα. Στο παράρτημα 1 φαίνονται οι τιμές καθώς και ο λόγος του σφάλματος μέσα σε πίνακες.

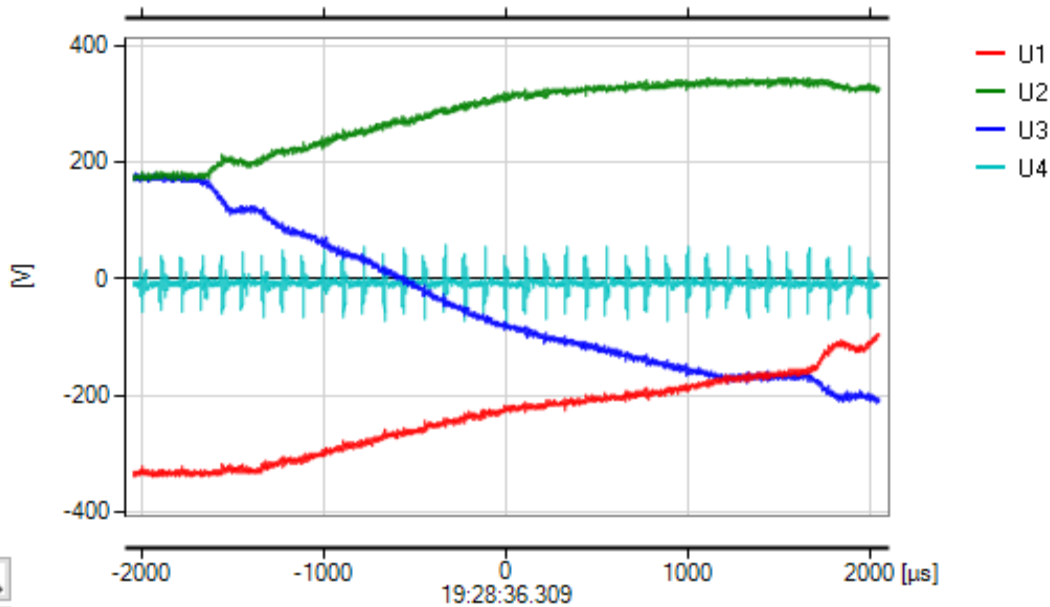
Σχήμα 24 Γράφημα και πίνακας αξιοσημείωτων γεγονότων εργοστασίου που λήφθηκαν από το όργανο

Αρχικά να τονίσουμε ότι ο αγωγός ουδέτερου στην προκειμένη περίπτωση CH4 έχει μέγιστη διαφορά δυναμικού 72 V_{peak} που εμφανίζεται ανά περίπου 210 μ s αιχμές διάρκειας περίπου 25 μ s καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας της μηχανής στη γραμμή παραγωγής, ενώ όταν σβήνει η μηχανή μηδενίζει η τάση ουδέτερου.

[24/6/2021]

Tran IN WORST

CH 1 2 3 4

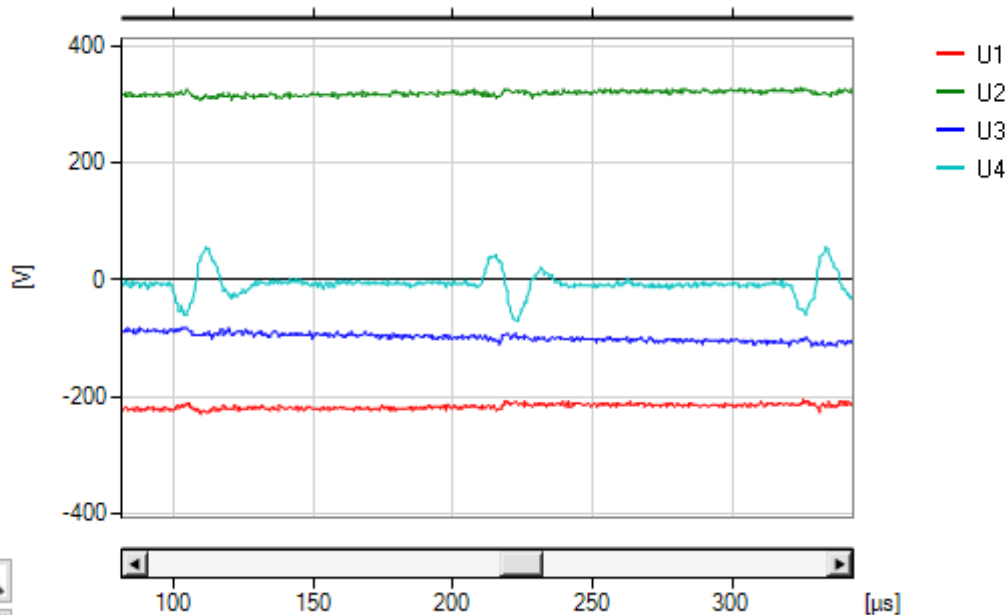


Σχήμα 25 Διάγραμμα τάσης χρόνου με εμφάνιση τάσης στον ουδέτερο αγωγό

Όπως φαίνεται παρακάτω το διάγραμμα ανοιγμένο στον χρόνο

Tran IN WORST

CH 1 2 3 4



Σχήμα 26 Διάγραμμα τάσης χρόνου με εμφάνιση τάσης στον ουδέτερο ανοιγμένο σε χρόνο 250 μ s

Ο λόγος που υπάρχει τάση στην επιστροφή μπορεί να φανεί από τις παρακάτω σχέσεις. Εάν υποθέσουμε ότι το άθροισμα των ρευμάτων είναι ίσο με το μηδέν τότε συμπεραίνουμε μέσω σχέσεων Όπου

V_{123} η τάση τροφοδοσίας

I_{123} τα ρεύματα γραμμών

E_{123} οι τάσεις φορτίων

$$\text{Εάν } I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

Τότε

$$V_{12} - E_1 + E_2 = 0 \Rightarrow V_{12} = E_1 - E_2$$

$$V_1 - E_1 - V_0 = 0 \Rightarrow E_1 = V_1 - V_0$$

Και

$$V_1 - V_2 - E_1 + E_2 = 0$$

$$V_2 - E_2 - V_0 = 0 \Rightarrow E_2 = V_2 - V_0$$

$$V_1 - V_2 = E_1 - E_2$$

$$V_3 - E_3 - V_0 = 0 \Rightarrow E_3 = V_3 - V_0$$

$$V_{12} = E_1 - E_2$$

$$I_1 = \frac{E_1}{Z_1} \Rightarrow \frac{V_1 - V_0}{Z_1}$$

$$I_2 = \frac{E_2}{Z_2} \Rightarrow \frac{V_2 - V_0}{Z_2}$$

$$I_3 = \frac{E_3}{Z_3} \Rightarrow \frac{V_3 - V_0}{Z_3}$$

Άρα

$$\frac{V_1 - V_0}{Z_1} + \frac{V_2 - V_0}{Z_2} + \frac{V_3 - V_0}{Z_3} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V_1}{Z_1} + \frac{V_2}{Z_2} + \frac{V_3}{Z_3} = V_0 \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} \Rightarrow$$

Από την παρακάτω σχέση φαίνεται ότι

$$V_0 = \frac{V_1 Z_2 Z_3 + V_2 Z_1 Z_3 + V_3 Z_1 Z_2}{Z_2 Z_3 + Z_1 Z_3 + Z_1 Z_2}$$

Οπότε μπορεί να φανεί από τη παραπάνω σχέση ότι μπορεί να εμφανιστεί τάση στην επιστροφή εάν δεν έχουμε κοινό φορτίο για τις επιμέρους φάσεις κατά μέτρο και όρισμα

Ποιο αναλυτικά

Μπορούμε να το αναλύσουμε βάσει της σχέσεις για μη γραμμικά φορτία μπορούμε να βρούμε τη τάση επιστροφής εάν οφείλεται από τα διαφορετικά ορίσματα των φορτίων ανά φάση

$$V_0 =$$

$$\frac{1 < \varphi_{v1}^\circ * 1 < \varphi_{Z2}^\circ * 1 < \varphi_{Z3}^\circ + 1 < \varphi_{v2}^\circ * 1 < \varphi_{Z1}^\circ * 1 < \varphi_{Z3}^\circ + 1 < \varphi_{v3}^\circ * 1 < \varphi_{Z1}^\circ * 1 < \varphi_{Z2}^\circ}{1 < \varphi_{Z2}^\circ * 1 < \varphi_{Z3}^\circ + 1 < \varphi_{Z1}^\circ * 1 < \varphi_{Z3}^\circ + 1 < \varphi_{Z1}^\circ * 1 < \varphi_{Z2}^\circ}$$

Εάν έχουμε διαφορετικούς χαρακτήρες φορτίων δηλαδή διαφορετικά ορίσματα ανά μεταξύ τους $Z_1 \neq Z_2 \neq Z_3$

Τότε από τη παραπάνω σχέση προκύπτει ότι θα υπάρξει μία τάση στην επιστροφή

Τάση στην επιστροφή μπορεί να προκύψει και λόγω ασυμμετρίας φάσεων δηλαδή να μην ισαπέχουν τα ορίσματα τους κατά 120° μέσα στον τριγωνομετρικό κύκλο του φασιθέτη

Για να αναδειχθεί με ποιο απλοϊκό τρόπο ότι αν τα φορτία είναι κοινά στις τρεις φάσεις μπορούμε να υποθέσουμε ότι

$$Z = Z_1 = Z_2 = Z_3$$

Και

$$V_0 = \frac{V_1 Z_2 Z_3 + V_2 Z_1 Z_3 + V_3 Z_1 Z_2}{Z_2 Z_3 + Z_1 Z_3 + Z_1 Z_2}$$

$$V_0 = \frac{V_1 Z^2 + V_2 Z^2 + V_3 Z^2}{Z^2 + Z^2 + Z^2}$$

$$V_0 = Z^2 \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3Z^2}$$

Αν υποθέσουμε ότι δεν υπάρχει ασυμμετρία φάσεων στις τάσεις τροφοδοσίας

Και

$$V_1 = |V_1| < 0^\circ$$

$$V_2 = |V_2| < 120^\circ$$

$$V_3 = |V_3| < 240^\circ$$

Τότε

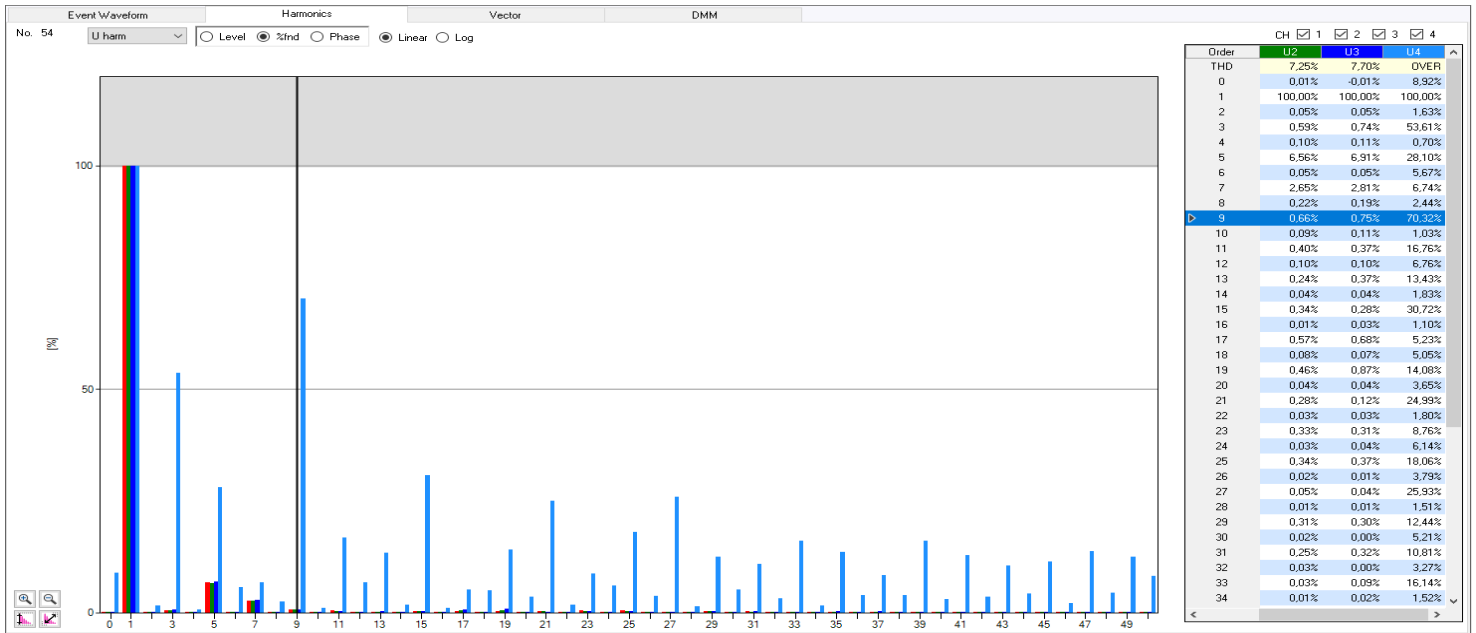
$$V_0 = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3}$$

$$V_0 = \frac{0}{3}$$

$$V_0 = 0 \text{ Volt}$$

Ο λόγος που μπορεί να οδηγήσει σε τιμή τάσης στην επιστροφή είναι σε η ασυμμετρία μεταξύ φάσεων. Συστήνεται έλεγχος κατάστασης φορτίο

Κάτι το οποίο επίσης εμφανίζεται σαν εξήγηση στην ανεπιθύμητη τάση του ουδετέρου είναι οι τάξεις των αρμονικών οι οποίες συμβάλουν



Σχήμα 27 Ραυδόγραμμα με αρμονικές συνιστώσες ουδετέρου

Αυτές οι αρμονικές συνιστώσες ίσως προέρχονται από τον παραπάνω λόγο δηλαδή λόγο του μη γραμμικού φορτίου και σαν αποτέλεσμα να αυξάνονται και να δημιουργείται αυτή η τάση στον ουδέτερο.

No.83

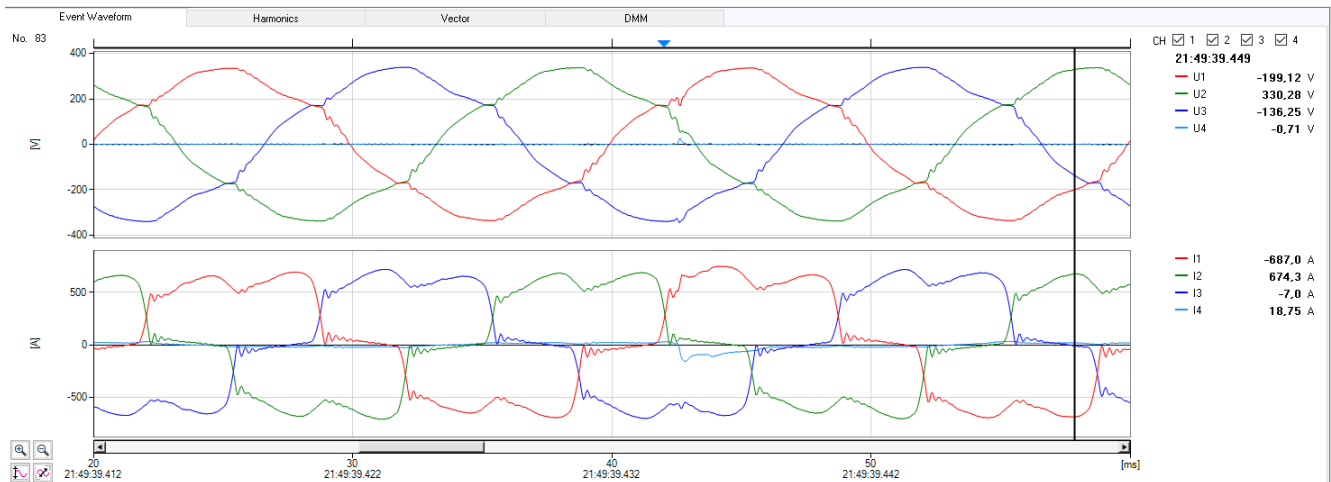
Το νούμερο 83 συμβάν παρουσιάζει μία συχνή μορφή τάσης και ρεύματος που διατηρείται κατά το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα που βρίσκεται το μέρος της εγκατάστασης σε λειτουργία.

Πέμπτη 24/05/2021

Time	Event	I/O	CH	Level	Duration	Worst	Info
21:49:39.434	Wave		CH1				
21:49:39.434	Wave		CH2				
21:49:39.434	Wave		CH3				

Πίνακας 9 Στοιχεία συμβάν 83

Η κυματομορφή της τάσης είναι παραμορφωμένη, δεν είναι καθαρά ημιτονική. Όπως φαίνεται όταν οι φάσεις λαμβάνουν ίσες τιμές τάσης πορεύονται για ένα μικρό χρονικό διάστημα με κοινές τάσεις, ενώ αμέσως μετά ταλαντώνονται για περίπου 2 ms. Αυτό συμβαίνει περίπου στα 190 volt και -190 volt.



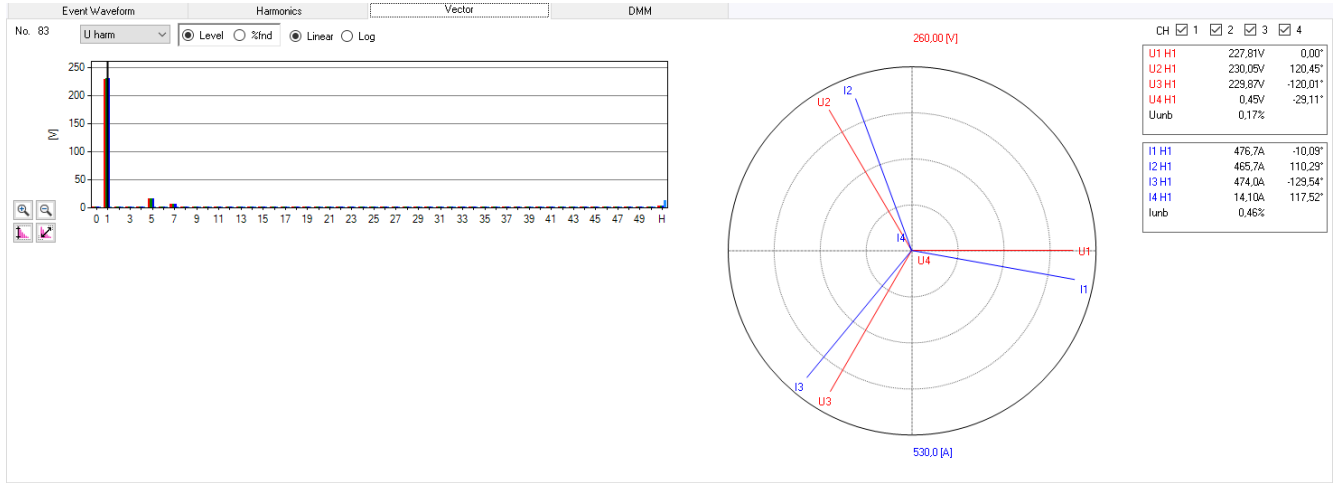
Σχήμα 28 Κυματομορφή συμβάν 83

[V] : -U1 -U2 -U3

[A] : -I1 -I2 -I3

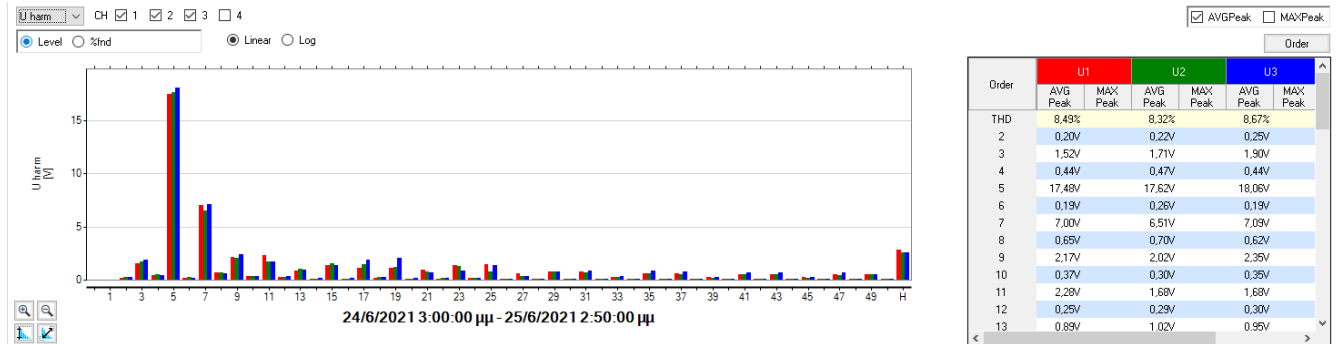
Όσο για τα ρεύματα των φάσεων παρατηρείται ότι οι μορφές τους είναι αρκετά παραμορφωμένες και αυτό έχει να κάνει κυρίως επειδή επηρεάζονται από τις αρμονικές συνιστώσες. Τα εναλλασσόμενα ρεύματα επίσης καθώς μηδενίζουν παραμένουν με μηδενικές τιμές για περίπου 3,2ms και στη συνέχεια ανεβαίνουν κατακόρυφα. Το τελευταίο ενδέχεται να προέρχεται από κάποιο είδος διακοπτικού μετατροπέα.

Μετρήσεις και ανάλυση προβλημάτων ποιότητας ισχύος σε κτίρια του τριτογενή τομέα



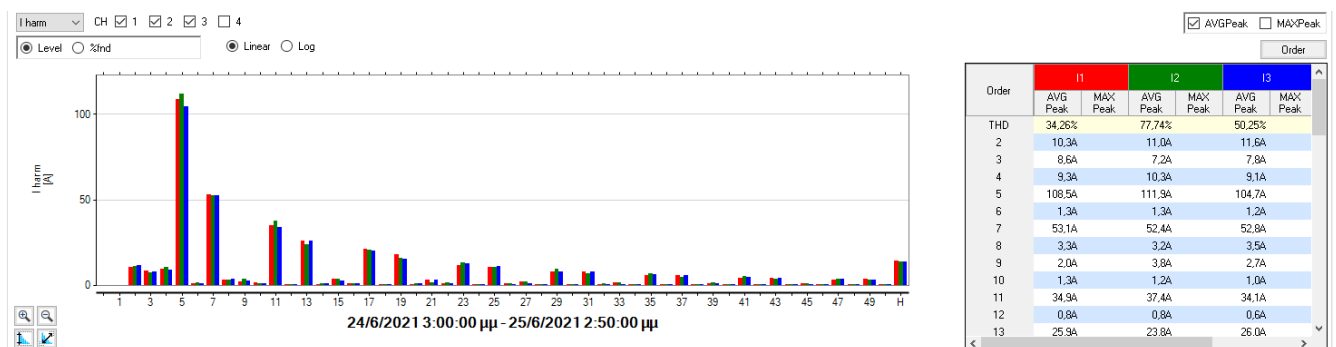
Σχήμα 29 Φασιθέτης - Αρμονικές συμβάν 83

Παρατηρείται ότι η ασυμμετρία φάσεων τόσο στις τάσεις, όσο και στις εντάσεις παραμένει σε αρκετά χαμηλό επίπεδο στο συγκεκριμένο συμβάν, ενώ χρειάζεται να εστιάσουμε στις αρμονικές συνιστώσες για να βρούμε αν το πρόβλημα της παραμόρφωσης της τάσης και του ρεύματος οφείλεται σε αυτό τον λόγο.



Σχήμα 30 Αρμονικές τάσης συμβάν 83

Στην τάση φαίνεται μία αρκετά μεγάλη 5^η αρμονική περίπου στα 17.5 volt, μετά ακολουθά ως μεγαλύτερη η 7^η αρμονική τάσης περίπου στα 7 volt, η τρίτη μεγαλύτερη είναι η 9^η με περίπου 2,2 volt.



Σχήμα 31 Αρμονικές ρεύματος συμβάν 83

Οι αρμονικές των εντάσεων των ρευμάτων φαίνονται αρκετά μεγάλες με μεγαλύτερη την 5^η αρμονική περίπου στα 110volt, στη συνέχεια έρχεται η 7^η στα 52 volt. Ενώ δεν υπάρχει μεγάλη τιμή στην 9^η αρμονική, συνεχίζει κατά σειρά προτεραιότητας η 11^η στα 35 volt, μετά η 13 ύστερα η 17^η, η 19^η, 23^η, 25^η.

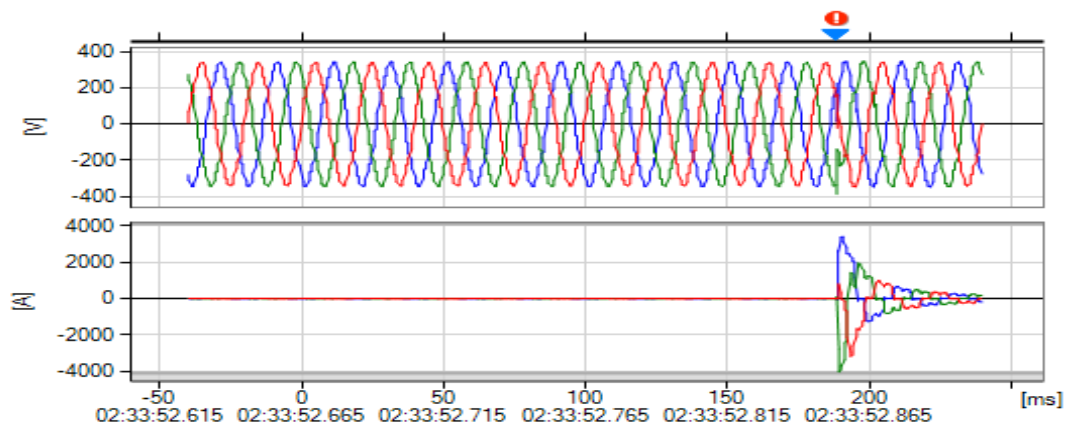
No.88

Το συμβάν 88 παρουσιάζει μία αρκετά μεγάλη τιμή ρεύματος που διήρκησε 12 ms και εμφανίστηκε ακαριαία αγγίζοντας περίπου 3600 Α ρεύμα κορυφής. Αυτή η υπερένταση του ηλεκτρικού ρεύματος παρουσιάστηκε στις 2:34 τα ξημερώματα όπου η γραμμή παραγωγής ήταν εκτός λειτουργίας.

Παρασκευή 25/05/2021

88	02:33:52.853	Wave		CH1				
	02:33:52.853	Wave		CH2				
	02:33:52.853	Wave		CH3				
	02:33:52.853	Tran	IN	CH2	116,1V	12 ms	-310,7V	OUT:No.89

Πίνακας 10 Στοιχεία συμβάν 88.



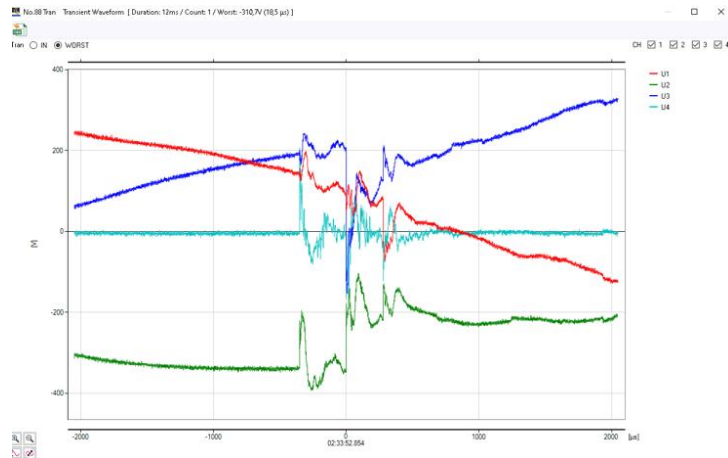
Σχήμα 32 Κυματομορφή συμβάν 88

[V] : -U1 -U2 -U3

[A] : -I1 -I2 -I

Αυτό δεν είναι κάποιο βραχυκύκλωμα αφού δεν έλαβαν μέρος οι ηλεκτρολογικές ασφαλιστικές διατάξεις του εργοστασίου. Ίσως πρόκειται για εκτόνωση συσσωρευμένης ενέργειας κάποιου πυκνωτή και ακαριαία αύξηση της έντασης.

Όπως φαίνεται πιο καθαρά ανοιγμένο στον χρόνο η τάση επηρεάζεται άμεσα



Σχήμα 33 Ανοιγμένη στον χρόνο κυματομορφή τάσης

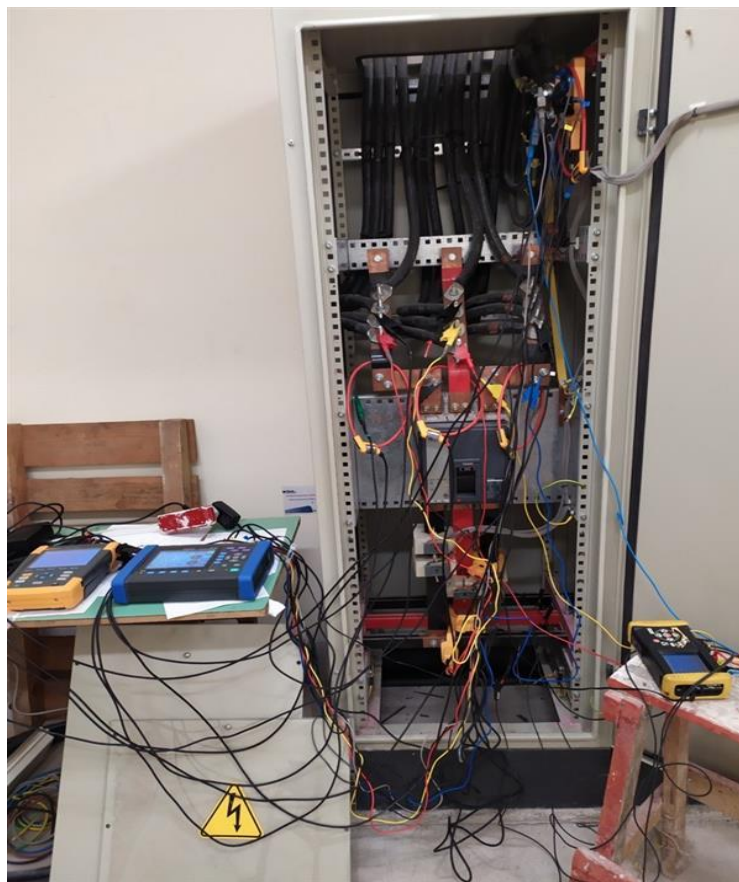
Εδώ φαίνεται το γράφημα τάσεων την συγκεκριμένη στιγμή όπου οι τάσεις δεν μηδενίζονται αλλά λαμβάνουν τάση από άλλη πηγή όπως φαίνεται γιατί όπως φαίνεται η τρίτη φάση αλλάζει πολικότητα ακαριαία επηρεαζόμενη από το δυναμικό του πυκνωτή.

Κεφάλαιο 7^ο. Ανάλυση ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος ηλεκτρολογικής εγκατάστασης κτιρίου του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής .

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιασθούν οι μετρήσεις που λήφθηκαν από τον παροχικό πίνακα που τροφοδοτεί με ηλεκτρική ενέργεια το κτίριο Z και βρίσκεται στο υπόγειο αυτού.

Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε είναι το HIOKI PW 3198 power quality analyzer το οποίο έχει παρουσιαστεί στο κεφάλαιο 3 λεπτομερώς.

Αρχικά προσαρμόσαμε τους κατάλληλους ακροδέκτες, αμπερομετρικά και βολτομετρικά, ποιο αναλυτικά τοποθετήσαμε 4 αμπεροτσιμπίδες οι οποίες τρεις (ch1,ch2,ch3) λάμβαναν τιμές από τις τρεις φάσεις και η μία από το ch4, την επιστροφή. Ύστερα τοποθετήσαμε πέντε ακροδέκτες για την λήψη τιμών τάσεων στις τρεις φάσεις από τα κανάλια ch1,ch2,ch3 και άλλους 2 ακροδέκτες στο κανάλι ch4 όπου παρέχει 2 βολτομετρικά, όπου στην μέτρηση το ένα τοποθετήθηκε στην επιστροφή και το άλλο στην γείωση.



Εικόνα 27 Τοποθέτηση οργάνων για καταμέτρηση ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος στο κτίριο Z του Πα.Δ.Α. Το μεσαίο όργανο είναι αυτό που χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή δεδομένων αυτής της εργασίας

Όταν τοποθετήθηκε το όργανο ρυθμίστηκαν οι παράμετροι για την λήψη τιμών και ύστερα παρέμεινε για τέσσερα 24ωρα στο σημείο που φαίνεται στην παραπάνω εικόνα για την λήψη της μέτρησης.

Αφού σηκώσαμε το όργανο, μεταφέραμε τα δεδομένα της μέτρησης στο ειδικό λογισμικό για επεξεργασία των μετρήσεων, στον υπολογιστή μέσω αποσπώμενης κάρτα μνήμης. Στη συνέχεια έγινε αναφορά των μετρήσεων όπως φαίνεται στην παρακάτω παρουσίαση.

[Μέτρηση ηλεκτρολογικής εγκατάστασης κτιρίου Ζ του Πα.Δ.Α.]

Θέση μέτρησης στον δίσκο [B1041601]

Ημερομηνία μέτρησης [16/4/2021 3:00:00 μμ]

HIOKI

Κατάσταση οργάνου

[Ρυθμίσεις μέτρησης]
Υλισμικό οργάνου ΗΙΟΚΙ

Μοντέλο	PW3198
Σειριακός Αριθμός	151036304
Έκδοση	1.08

Στοιχεία μετρούμενου τμήματος

	Κανάλια 1,2,3 (CH123)	Κανάλι 4 (CH4)
Καλωδίωση	3P4W	AC DC
Συχνότητα	50Hz	
Εύρος Τάσεως	600V	600V
Αναλογία VT(PT)	1	1
Φασική τάση (U _{din})	230V	
Αισθητήρες ρεύματος (αμπερομετρικό)	9669	9669
Εύρος ρεύματος(Applied CT ratio)	1000A	100A
Αναλογία CT	1	1
Τάση αναφοράς	U1	

Χαρακτηριστικά εκδήλωσης τιμών (Event Threshold)

Ενεργός τιμή τάσης (U _{rms})	Γραμμή - Ουδέτερος
Συντελεστής Ισχύος	PF
Συντελεστής παραμόρφωσης	THD_F
Αρμονικές	U, I, P All Level

Τρεμόπαιγμα (Flicker)

Flicker	Plt, Pst / 230V Ed1
---------	---------------------

Ορισμοί καταγραφής δεδομένων στη μνήμη

Καταγραφή στοιχείων	All Data (Power, Harm, iHarm)
Διάστημα καταγραφής δεδομένων	10min
Εμφάνιση διαστήματος καταγραφής	OFF
Επανάληψη καταγραφής	OFF
Χρόνος καταγραφής	

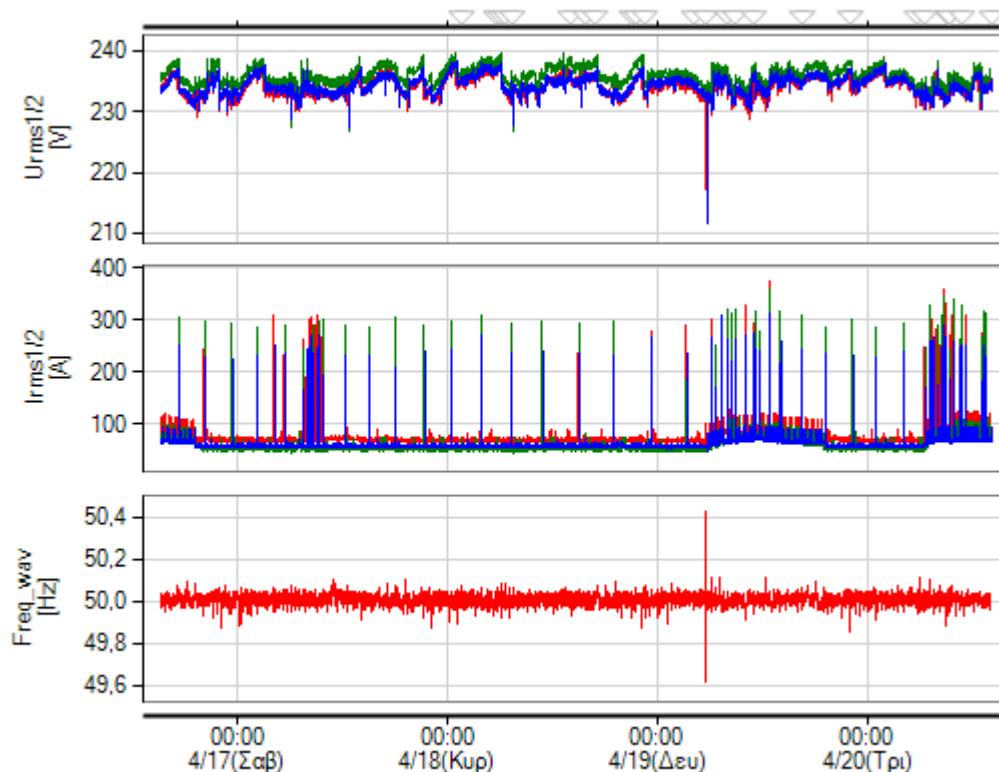
Ορισμοί κατωφλιών για την καταγραφή σφαλμάτων

		CH123	CH4
Συχνότητα	Freq	5,00Hz	
Συχνότητα 1 κύματος	Freq_wav	5,00Hz	
Διόγκωση τάσης	Swell	110,00%	
Πτώση τάσης	Dip	90,00%	
Ολίσθηση Διόγκωσης/Πτώσης		ON	
Διακοπή τάσης	Interupt	10,00%	
Παροδική τάση	Tran	70,0V	70,0V
Υστέρηση		1%	
Σύγκριση επιμέρους φάσεων	Wave	5,0%	

Πίνακας 11 Δεδομένα μετρητικού οργάνου.

Trend Chart
Trend Period [16/4/2021 3:00:00 μμ - 20/4/2021 2:16:16 μμ]

7.1 Γενική παρουσίαση των επιμέρους τιμών διακύμανσης τιμών κατά περιόδους



Σχήμα 34 Διάγραμμα διακύμανσης τιμών κατά περιόδους

Αρχικά σημειώνεται ότι καθ' όλη την παρουσίαση οι φάσεις λαμβάνουν τον χρωματικό κώδικα:

Γραμμή 1: **Κόκκινο χρώμα**

Γραμμή 2: **Πράσινο χρώμα**

Γραμμή 3: **Μπλε χρώμα**

Καμπύλες δεδομένων

Ενεργός τάση [V] : - U1 rms - U2 rms - U3 rms

Ενεργός ηλεκτρική ένταση [A] : - I1 rms - I2 rms - I3 rms

Συχνότητα [Hz] : - Freq_wav

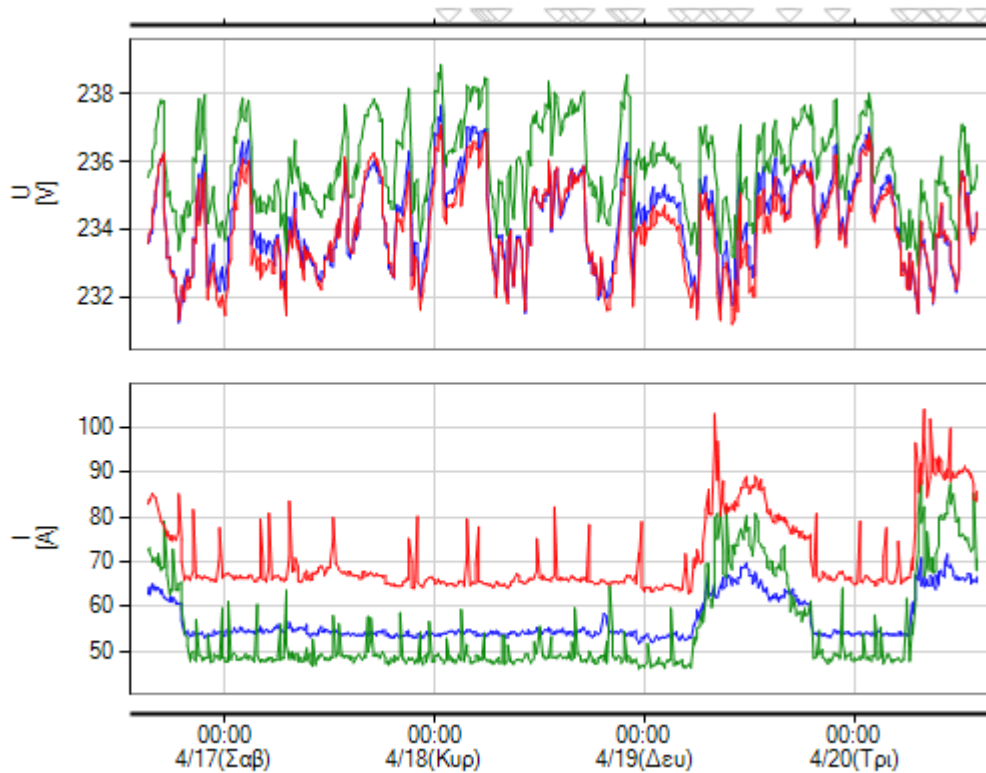
Εκ πρώτης όψης όπως φαίνεται οι διακυμάνσεις των τιμών της τάσης του ρεύματος και της συχνότητας απεικονίζουν το σύστημα σαν να είναι συνεχώς σε λειτουργία αφού διαρρέεται από ρεύμα βάσης περίπου 40 Ampere και ρεύμα αιχμής περίπου 300 Ampere για σύντομα χρονικά διαστήματα και ορισμένες φορές τα ξεπερνά.

Μετρήσεις και ανάλυση προβλημάτων ποιότητας ισχύος σε κτίρια του τριτογενή τομέα

Όσο έχει να κάνει με το φορτίο, κυρίως αποτελείται από φωτισμό, ηλεκτρική θέρμανση, ανελκυστήρες και ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

7.2 Γράφημα Τάσης - Ρεύματος

Σε αυτό το διάγραμμα φαίνεται ότι η πρώτη φάση διαρρέεται από περισσότερο ρεύμα σε σχέση με τη δεύτερη και τη τρίτη από τις οποίες η τρίτη φάση φαίνεται ότι δεν υπόκειται σε μεγάλες διακυμάνσεις ρεύματος, σαν καμπύλη ρεύματος είναι πιο ομαλή λόγω του φορτίου που τροφοδοτεί. Όσο έχει να κάνει με τις τάσεις τροφοδοσίας, υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις λόγω των μη συνεχόμενων φορτίων που είναι οι ανελευστήρες οι οποίοι έχουν αρκετά μεγάλες καταναλώσεις έχοντας άμεσο αντίκτυπο στις ξαφνικές βυθίσεις της τάσης



Σχήμα 35 Διάγραμμα τάσης, ρεύματος σε σχέση με το χρόνο κτιρίου Z

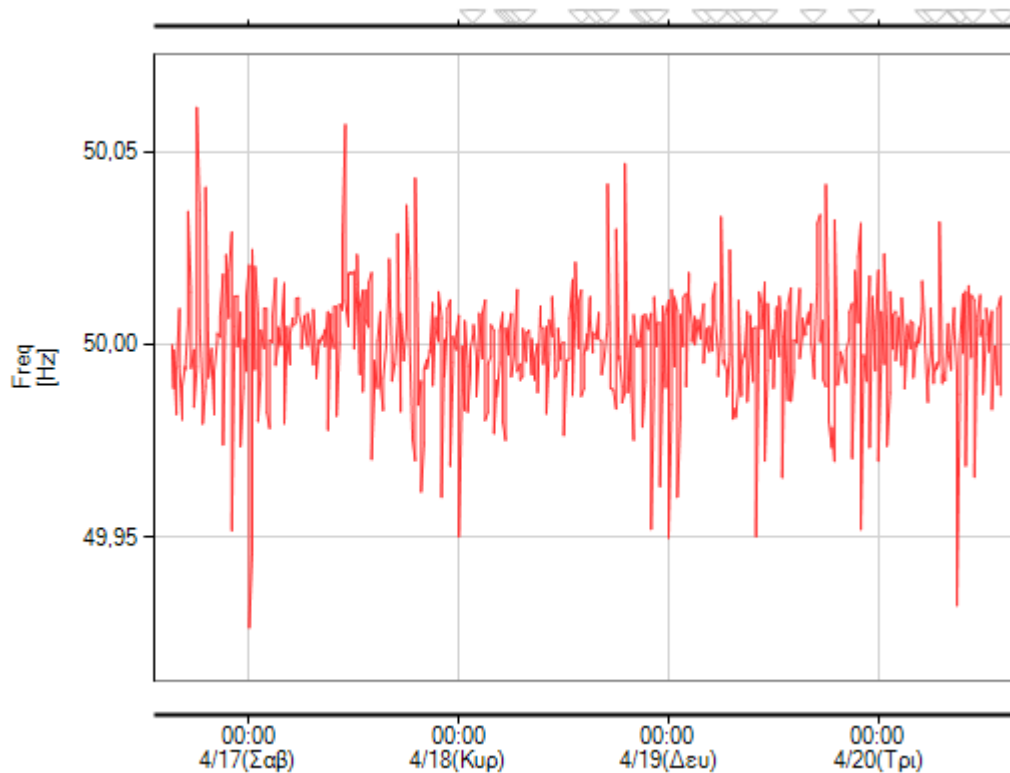
Ενεργός τάση [V] : —U1 rms AVG—U2 rms AVG—U3 rms AVG

Ενεργός ηλεκτρική ένταση [A] : —I1 rms AVG—I2 rms AVG—I3 rms AVG

Στην πρώτη φάση υπάρχει ροή ρεύματος βάσης περίπου στα 67 Ampere ανεξάρτητα αν το κτίριο αυτό της σχολής βρίσκεται σε λειτουργία (εν ώρα εκπαίδευσης φοιτητών), ενώ όπως φαίνεται τις ώρες λειτουργίας του όταν ανοίγει την Δευτέρα στις 7 η ώρα αυξάνεται σταδιακά, φτάνοντας να ξεπερνά και τα 95 Ampere όπως φαίνεται τις ώρες 07.00 με 20.00 τις ημέρες Δευτέρα και Τρίτη.

Στην δεύτερη φάση ισχύει πάνω κάτω ότι και στην πρώτη αλλά με μικρότερες τιμές ρεύματος αφού το ρεύμα βάσης είναι περίπου στα 48 Ampere.

7.3 Συχνότητα



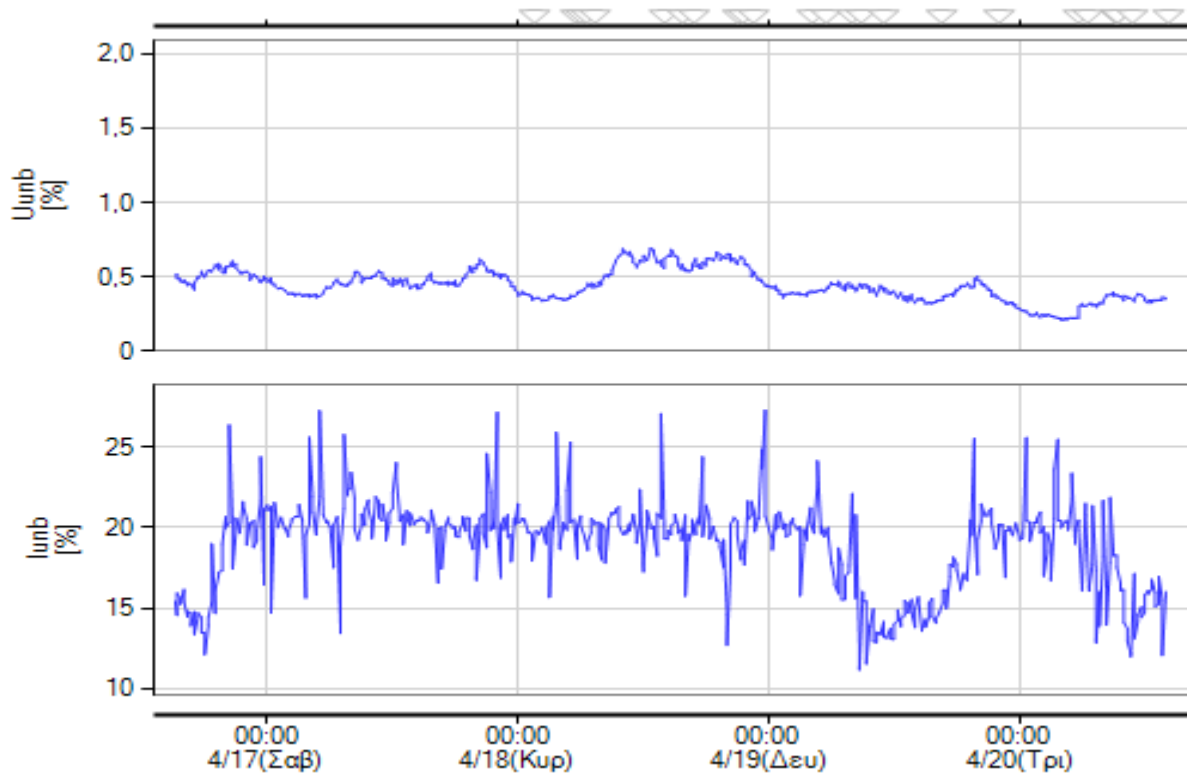
Σχήμα 36 Διάγραμμα διακύμανσης συχνότητας σε σχέση με το χρόνο κτηρίου Z

Freq [Hz] : -Freq AVG

Στο διάγραμμα συχνότητας της εγκατάστασης του κτηρίου υπάρχει μία συνεχή αυξομείωση της συχνότητας η οποία δεν φαίνεται να ξεπερνά τα κατώφλια του προτύπου της ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος τα οποία είναι 50 ± 5 Hz, επομένως δεν υπάρχει πρόβλημα.

Σαν διακύμανση, η καμπύλη δεν ξεπερνά κατά μέγιστο τα 50.08 Hz και κατά ελάχιστο τα 49.08 Hz.

7.4 Ασυμμετρία φάσεων



Σχήμα 37 Διάγραμμα ασυμμετρίας φάσεων τάσης, ρεύματος σε σχέση με το χρόνο κτιρίου Z

$U_{unb} [\%]$: — $U_{unb} AVG$

$I_{unb} [\%]$: — $I_{unb} AVG$

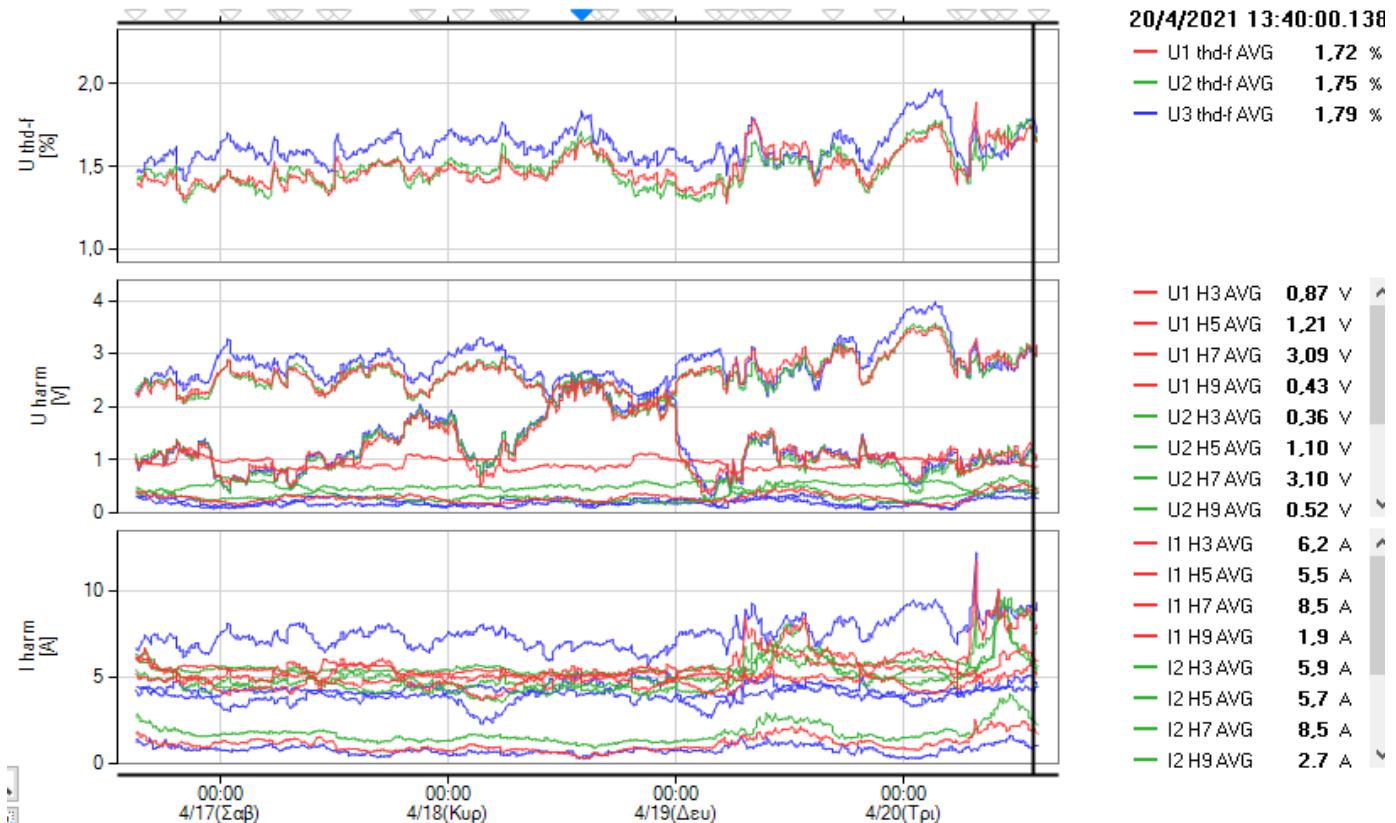
Όπως φαίνεται παρουσιάζεται μία αρκετά μικρή ασυμμετρία φάσεων όσον αναφορά την τάση έως 0.5%, ενώ για την ηλεκτρική ένταση παρουσιάζεται ασυμμετρία τάξης έως 28%, ενώ επικρατεί σχεδόν συνεχόμενα το ποσοστό του 20% σαν ασυμμετρία της ηλεκτρικής έντασης. Παρατηρείται ότι τις ώρες τις οποίες η σχολή βρίσκεται σε λειτουργία η ασυμμετρία ηλεκτρικής έντασης μειώνεται αρκετά και λαμβάνει τιμές περίπου στα 15%. Σαν σύνολο της μέτρησης της συμμετρίας της ηλεκτρικής έντασης υπάρχουν ξαφνικές διακυμάνσεις οπου οφείλονται κυρίως στην ξαφνική τροφοδότηση φορτίων όπως κινητήρες των ανελκυστήρων.

7.5 Αρμονικές ηλεκτρικής τάσης και έντασης

Για καλύτερη ανάλυση αυτών φαίνονται σε διάγραμμα ανοιγμένο στον χρόνο και σε ραβδόγραμμα ανοιγμένο στις τάξεις των αρμονικών.

7.5.1 Αρμονικές συνιστώσες (γράφημα με καμπύλες)

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται ανά τριάδες οι φάσεις ενώ δεξιά αναγράφονται οι τιμές των μετρούμενων στοιχείων, στο επάνω μέρος φαίνεται ο συντελεστής παραμόρφωσης, από κάτω οι αρμονικές της τάσεως και τέλος, κάτω οι αρμονικές της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος.



Σχήμα 38 Διαγράμματα συντελεστή παραμόρφωσης, αρμονικών συνιστωσών τάσης, ρεύματος σε σχέση με τον χρόνο κτιρίου Z

U thd-f [%] : -U1 thd-f AVG -U2 thd-f AVG -U3 thd-f AVG

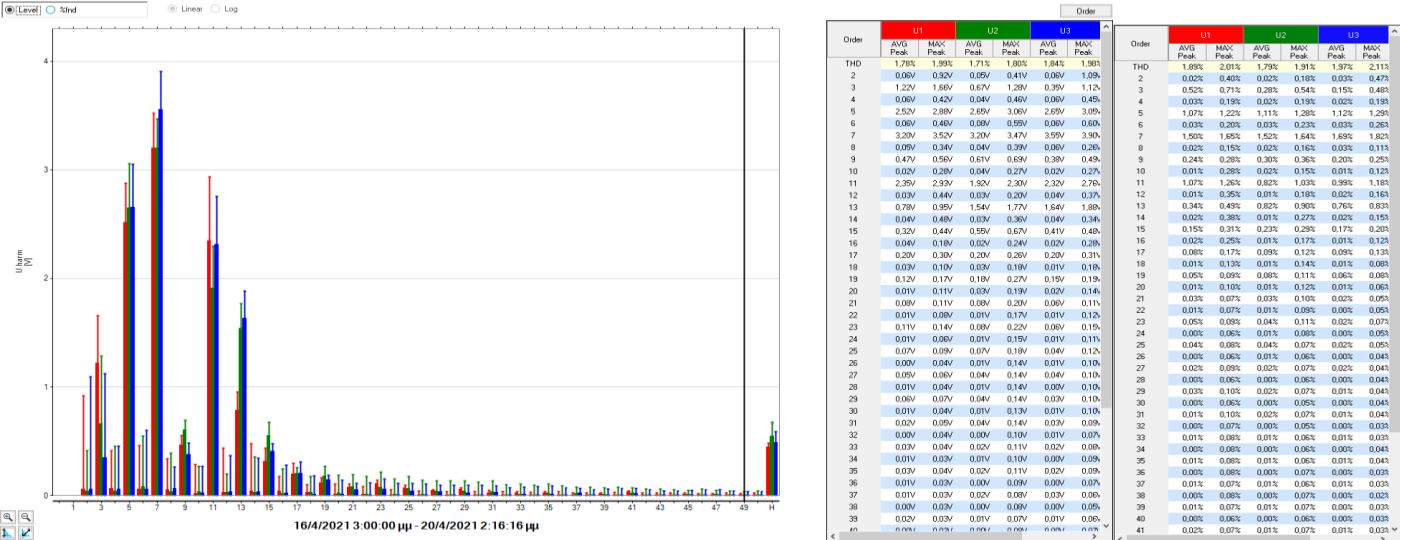
U harm [V] : -U1 H5 AVG -U1 H7 AVG -U2 H5 AVG -U2 H7 AVG -U3 H5 AVG -U3 H7 AVG

I harm [A] : -I1 H5 AVG -I1 H7 AVG -I2 H5 AVG -I2 H7 AVG -I3 H5 AVG -I3 H7 AVG

Εκ πρώτης όψης δεν φαίνονται υψηλές αρμονικές συνιστώσες τάσης, οι πιο ισχυρές φαίνεται να είναι της 7^{ης} τάξης και μετά της 5^{ης}. Όσο έχει να κάνει με τις αρμονικές έντασης υπάρχουν σχετικά μεγάλες τιμές της 3^{ης}, 5^{ης}, 7^{ης} αρμονικών συνιστωσών οι οποίες όπως θα δούμε και παρακάτω στην άλλη απεικόνιση μέσω ραβδογράμματος φτάνουν το 10% της τιμής της ηλεκτρικής έντασης.

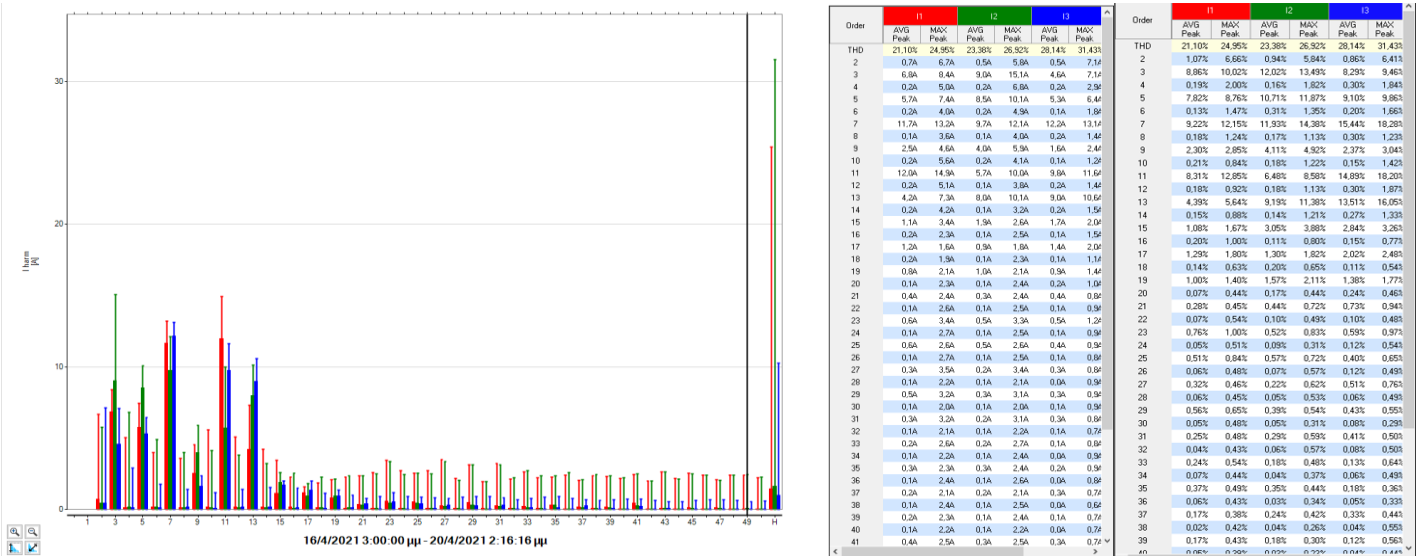
7.5.2 Αρμονικές συνιστώσες (Ραβδόγραμμα)

Τα σχετικά διαγράμματα υποδεικνύουν τις μέσες τιμές και τις μέγιστες τιμές των αρμονικών συνιστωσών. Με τη συμπαγή ράβδο εμφανίζεται η μέση τιμή του μεγέθους των αρμονικών ενώ η μέγιστη τιμή αυτών εμφανίζεται επεκτείνοντας την ράβδο της μέσης τιμής και φτάνοντας στη μέγιστη τιμή αυτής. Οι πίνακες δεξιά των διαγραμμάτων εμφανίζουν τις τιμές των ηλεκτρολογικών μεγεθών, ενώ υπάρχει και πίνακας ανάδειξης μεγεθών ως ποσοστό.



Σχήμα 39 Ραβδόγραμμα αρμονικών συνιστωσών τάσης, με πίνακες τιμών τάσεων και ποσοστά αυτών σε σχέση με την πρώτη ή θεμελιώδη αρμονική συνιστώσα, κτιρίου Z

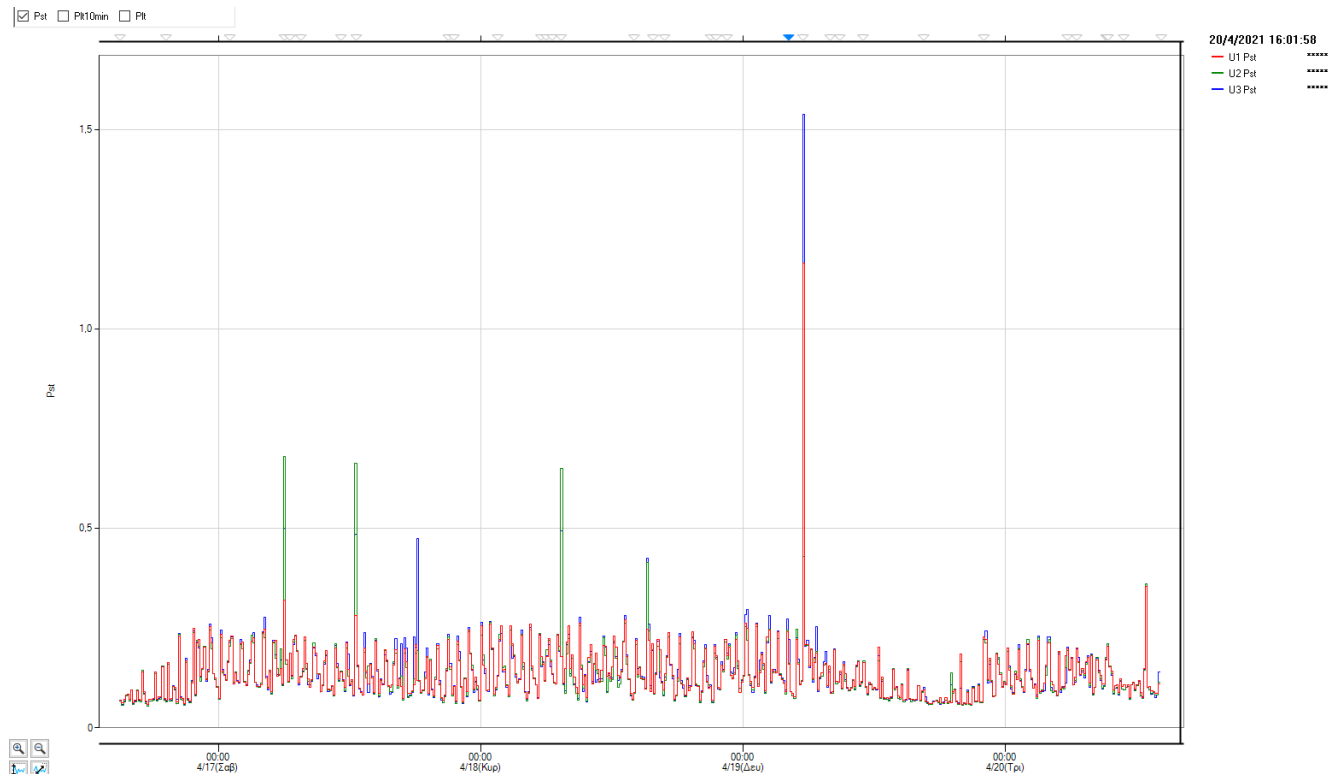
Οι αρμονικές συνιστώσες τάσης που λαμβάνουν υψηλότερες τιμές είναι η 5^η, 7^η, 11^η, 13^η οι αναμενόμενες δηλαδή υψηλές αρμονικές ενός τριφασικού συστήματος. Υψηλότερη φαίνεται να είναι η 7^η όπου σαν μέγιστη τιμή αγγίζει τα 3,5 volt και σαν ποσοστό τα 1.65%.



Σχήμα 40 Ραβδόγραμμα αρμονικών συνιστωσών ρεύματος, με πίνακες τιμών τάσεων και ποσοστά αυτών σε σχέση με την πρώτη ή θεμελιώδη αρμονική συνιστώσα ρεύματος, κτιρίου Z

Όσο έχει να κάνει για τις αρμονικές των ρευμάτων δείχνουν να συνεισφέρουν στην τιμή του ρεύματος και οι αρκετά υψηλές συχνότητες με ρεύματα που αγγίζουν τα 2 ampere μέχρι και μετά την 50^η τάξη αρμονικών, δείχνοντας έτσι ότι στην εγκατάσταση υπάρχει πλήθος εγκατεστημένων ηλεκτρονικών συσκευών.

7.6 Flicker (Τρεμόπαιγμα) – Γρήγορη διακύμανση της τάσης



Σχήμα 41 Διάγραμμα Flicker (Pst - χρόνου) κτιρίου Z

Pst : - U1 Pst - U2 Pst - U3 Pst

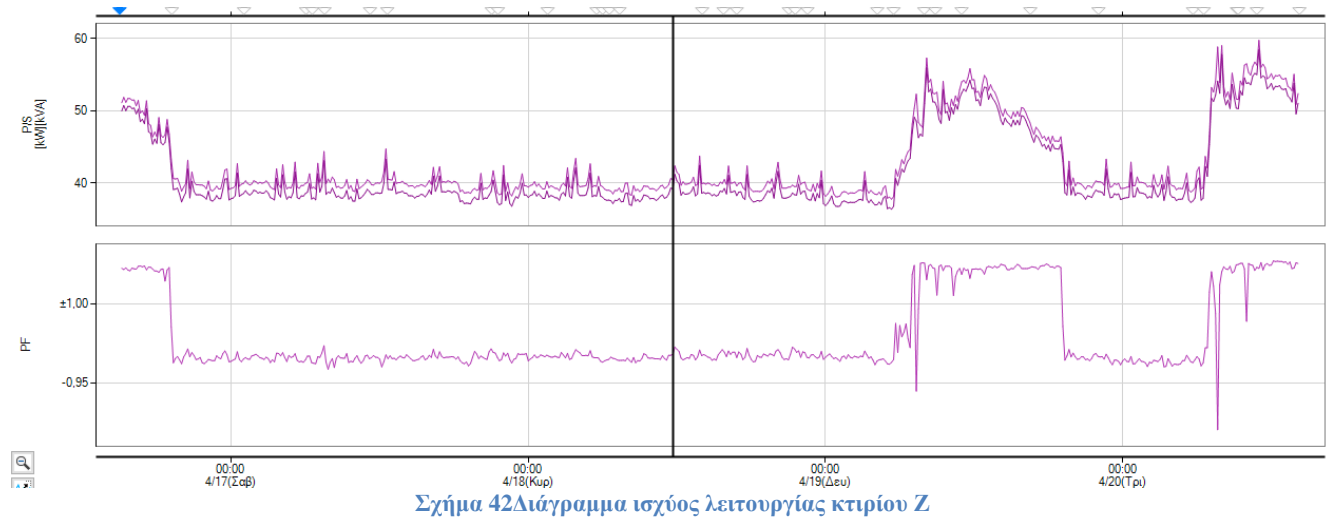
Τα κριτήρια αποδοχής για τις μετρήσεις αυτού του είδους εξαρτώνται τόσο από την ορατότητα όσο και από την κρισιμότητα της εφαρμογής. Στο πανεπιστήμιο η απουσία στροβοσκοπικών εφέ είναι κρίσιμη για την ποιότητα της εκπαίδευσης ενώ για ορισμένες άλλες εφαρμογές φωτισμού τα στροβοσκοπικά εφέ αντιμετωπίζονται σπάνια ως ζήτημα,

Όσον αφορά τη μέτρηση της στροβοσκοπικής (SVM) επίδρασης, θα πρέπει να είναι μικρότερη ή ίση με 0,4. Στο όριο ανιχνευσιμότητας, όπου $Pst = 1$ ή $SVM = 1$, ένας υποθετικός μέσος παρατηρητής μπορεί να ανιχνεύσει τρεμόπαιγμα ή στροβοσκοπικό αποτέλεσμα, αντίστοιχα, με πιθανότητα 50%. Για αυτές τις μετρήσεις, μια χαμηλότερη τιμή σημαίνει ότι το τρεμόπαιγμα είναι λιγότερο πιθανό να παρατηρηθεί, ενώ μια υψηλότερη τιμή σημαίνει ότι το αποτέλεσμα είναι πιο πιθανό να παρατηρηθεί. Γι' αυτό η τήρηση των ορίων είναι εξαιρετικά σημαντική.

Στην περίπτωση μας η μέτρηση δεν ξεπερνά το $PST=0.4$, δηλαδή είναι μέσα στα επιθυμητά όρια για να μην υπάρξει δυσμενή επίδραση λόγω αυτού.

Πληροφορικά, για να περιοριστούν οι δυσμενείς επιδράσεις της χρονικής διαμόρφωσης φωτισμού στον άνθρωπο, τα συστήματα φωτισμού θα πρέπει να λειτουργούν σε υψηλές συχνότητες (πάνω από 15kHz) ή με τροφοδοσία DC.

7.7 Ισχύς λειτουργίας



S [kVA] : -S sum AVG

P [kW] : -P sum AVG

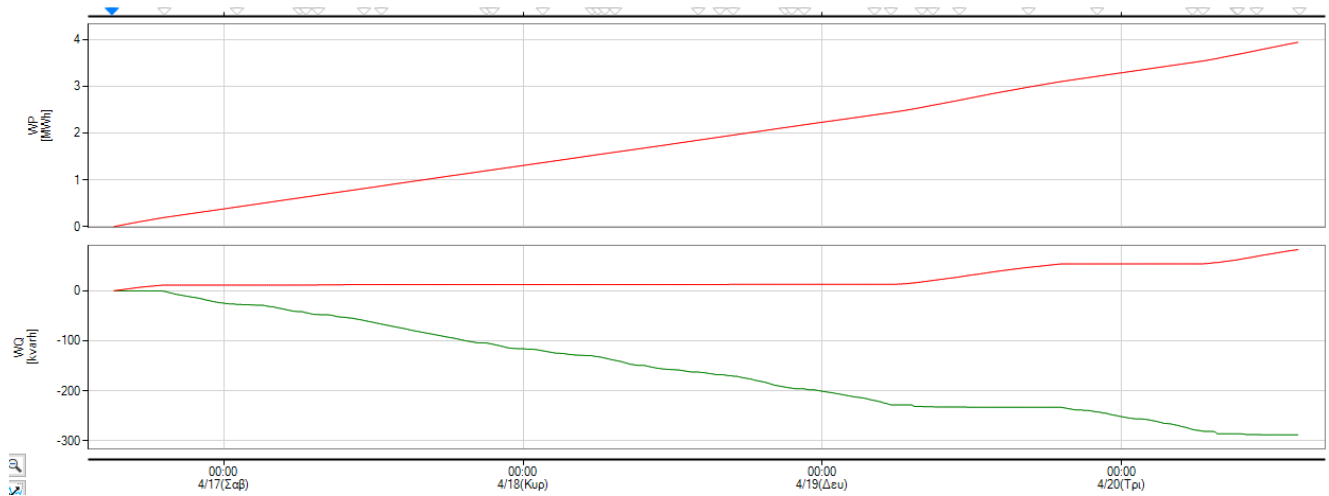
PF : -PF sum AVG

Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται πως η ενεργός ισχύ έχει αρκετά μικρή διαφορά με την φαινόμενη ισχύ και παραμένει σταθερά, περίπου στα 40 kW τις ώρες όπου το κτίριο υπολειτουργεί δηλαδή το σαββατοκύριακο και ώρες 9μμ – 7πμ, με συντελεστή ισχύος περίπου -0.96 λόγω των συστημάτων αντιστάθμισης που είναι εγκατεστημένες στην εγκατάσταση και των βασικών φορτίων που βρίσκονται εκτός λειτουργίας.

Σε κατάσταση λειτουργίας το κτήριο έχει καταναλωτές με ισχύ έως και 55 kW ενώ ο συντελεστής ισχύος ανέρχεται στα +0.975.

Σαν κατανάλωση έχει σωστή αντιστάθμιση καθώς και στις δύο καταστάσεις το κτήριο παρουσιάζει συντελεστή ισχύος κοντά στο 0. Επίσης φαίνονται αρκετές αιχμές στο διάγραμμα που δείχνει πως εξυπηρετείται πλήθος από φορτία λόγω τον μεγάλο αριθμό αιθουσών που φιλοξενεί το κτήριο.

7.8 Απορροφώμενη ενέργεια



Σχήμα 43 Διάγραμμα Απορροφώμενης ενέργειας κτιρίου Z

WP [MWh] : $-WP+$

WQ lag [kVarh] : $-WQ+$

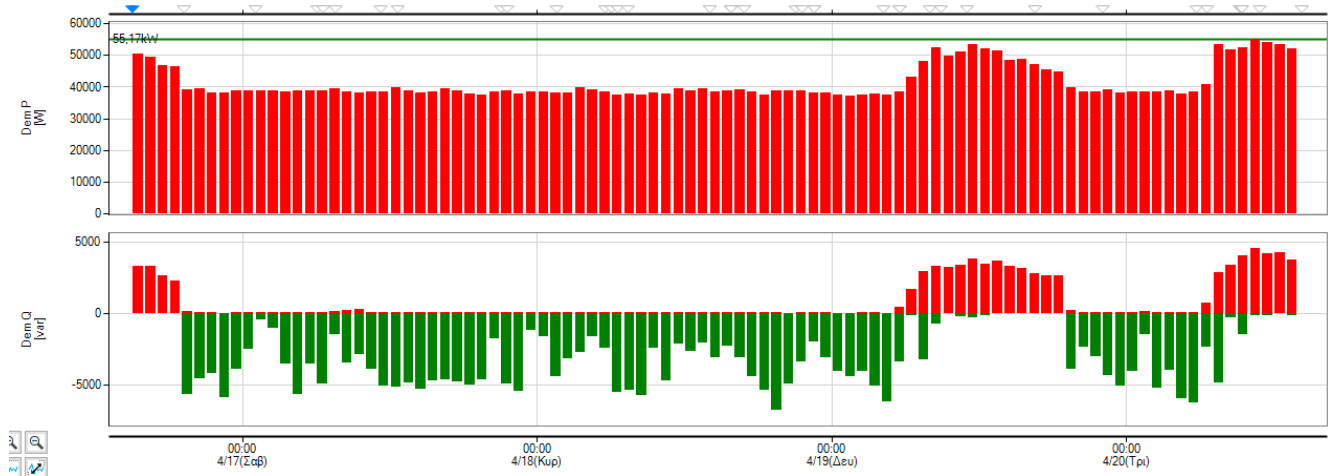
WQ lead [kVarh] : $-WQ-$

Στο διάγραμμα η καμπύλη ενεργού ισχύος – χρόνου παρουσιάζει την καταναλισκόμενη ενέργεια να αυξάνεται διαρκώς σχεδόν με σταθερό ρυθμό, αλλάζοντας λίγο την κλίση της, τις ώρες που δέχεται κοινό το κτίριο φτάνοντας σε 4 24ωρα τις περίπου 4 MWh.

Όσο έχει να κάνει για την άεργο ενέργεια παρουσιάζεται στο διάγραμμα μέσω δύο καμπυλών, την καμπύλη για +Qlag [kVarh] και την καμπύλη -Qlead [kVarh] όπου σχηματίζεται όταν ο συντελεστής ισχύος είναι επαγωγικός θετικός ή χωρητικός - αρνητικός που σχετίζεται άμεσα με το φορτίο.

Οπότε σαν μορφή η καμπύλη με την επαγωγική άεργο ενέργεια και συντελεστή ισχύος με θετικό πρόσημο δείχνει να αυξάνεται όταν η σχολή δέχεται κοινό και μετά οριζοντιώνεται καταλήγοντας στο 4ήμερο να έχουν καταναλωθεί περίπου 80 kVarh. Ενώ η χωρητική άεργος ισχύς λειτουργεί αντίθετα δείχνοντας να αυξάνεται με σταθερό ρυθμό τις ώρες που η σχολή υπολειτουργεί και να καταλήγει στα περίπου -280kVarh. Δεδομένο αυτού, παρατηρώντας το διάγραμμα, η αντιστάθμιση είναι συνεχώς σε λειτουργία, για πιο ομαλή λειτουργία θα μπορούσε να υπάρχει ελεγκτής ισχύος και αυτοματισμός που να καθορίζει τις ώρες λειτουργίας την αντιστάθμιση ή μέρος αυτής.

7.9 Διάγραμμα ζήτησης Ισχύος



Σχήμα 44 Διάγραμμα ζήτησης ισχύος κτιρίου Z

Dem P [W] : - Dem P+

DemQ [Var] : - DemQ+

Dem-Q [Var] : - DemQ-

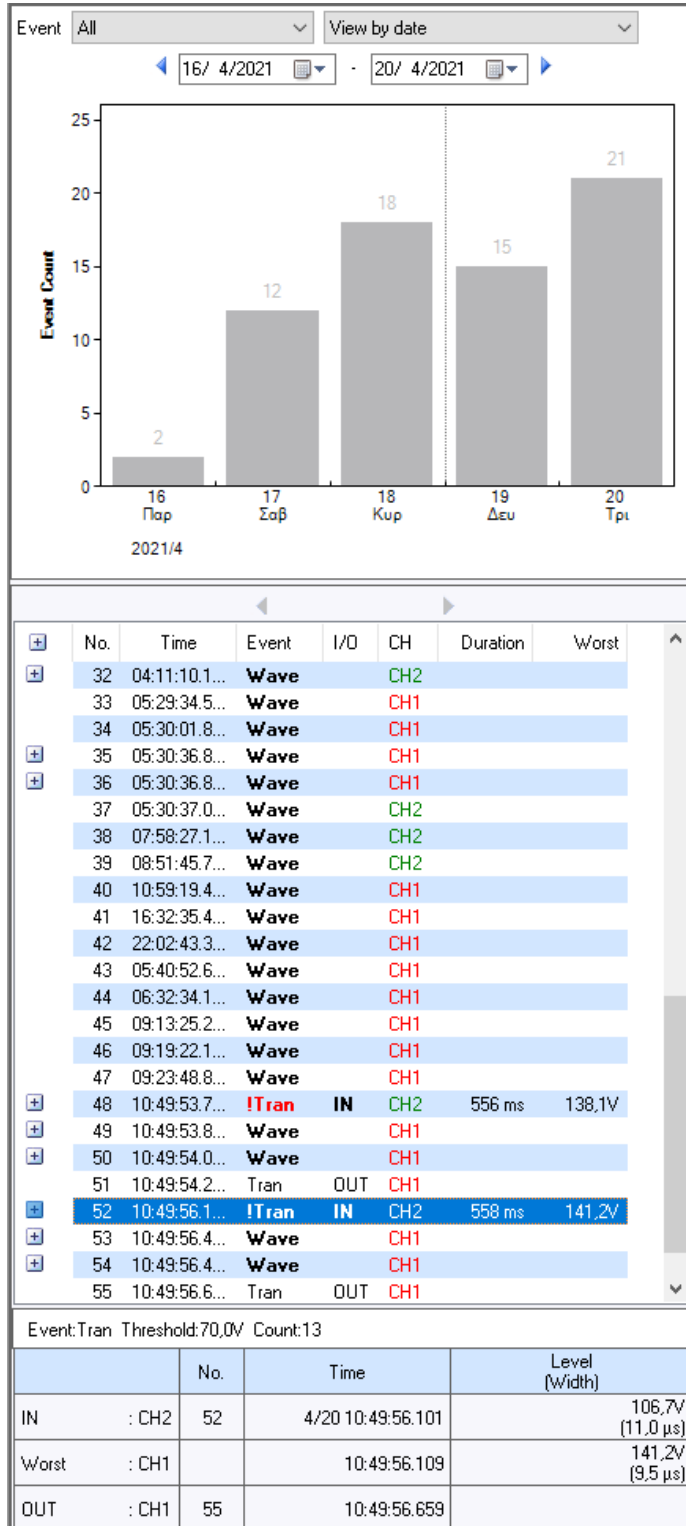
Στο διαγράμματα αυτά εύκολα μπορεί να διακρίνουμε τις ισχύς της εγκατάστασης και να ξεχωριστούν η ενεργός η άεργος (χωρητική) και η άεργος (επαγωγική) ισχύς σε σχέση με το χρόνο. Κάθε ράβδος αντιστοιχεί σε 60 λεπτά. Βλέποντας το διάγραμμα ενεργού ισχύος φαίνεται πόσο μικρή είναι η απαιτούμενη ισχύς τις ώρες που η σχολή βρίσκεται σε λειτουργία σε σχέση με την ισχύ λειτουργίας τις ώρες που υπολειτουργεί. Σαν ισχύ βάσης λοιπόν εμφανίζονται τα 40 kWatt ενώ για τις ώρες λειτουργίας η ισχύς αγγίζει τα 55 kWatt.

Όσο έχει να κάνει με το διάγραμμα άεργου ισχύς φαίνεται ξεκάθαρα ότι τις ώρες που η σχολή υπολειτουργεί, εμφανίζει -5 kVar (χωρητικό) και κατά τις ώρες που δέχεται κοινό φτάνει τα 4,5 kVar (επαγωγικό).

Σύμφωνα με το διάγραμμα άεργου ισχύος συμπεραίνουμε ότι στην αυτόματη αντιστάθμιση του κτιρίου έχει μεγάλα βήματα πυκνωτών (σε kVar) και για αυτό το σύστημα αντιστάθμισης στις χαμηλές απαιτήσεις ισχύος, δεν μπορεί να αποφασίσει εάν χρειάζεται περισσότερα ή λιγότερα kVar σε σχέση με το ύψος του ελάχιστου βήματος που έχει η εγκατάσταση, κι έτσι έχουμε ένα μόνιμο σφάλμα παραμένουσα χωρητικότητα. Η λύση είναι να επιλέγεται μετά από μετρήσεις ποιο είναι το ελάχιστο/μικρότερο βήμα που απαιτείται ανά εγκατάσταση πριν αποφασιστεί η σχεδίαση και η παραγγελία του συστήματος αντιστάθμισης.

7.10 Event List

[Event All / View by date / 18/4/2021 - 22/4/2021]



Αυτή είναι η λίστα με τα αξιοσημείωτα περιστατικά που κατέγραψε το όργανο κατά την μέτρηση στο κτήριο Z.

Στην περίοδο 5 ημερών καταγράφηκαν 68 γεγονότα όπως φαίνεται στο ραβδόγραμμα, ανά ημέρα.

Κάτω από αυτό, ακολουθεί η λίστα με τη περιγραφή των γεγονότων, στην οποία παρουσιάζεται με τη σειρά η στιγμή που εξελίχθηκε το γεγονός, το είδος του, η φάση η οποία το παρουσίασε, η διάρκεια του και η χειρότερη τιμή που έλαβε ως σφάλμα.

Αφού ελέγχθηκαν όλα τα γεγονότα, παρατηρήθηκε πως υπάρχουν ομάδες μετρήσεων που φανερώνουν κοινά προβλήματα ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος.

Από αυτά τα γεγονότα αυτά θα ληφθούν υπόψη τα σημαντικότερα που αντιπροσωπεύουν μερίδες των προβλημάτων και θα γίνει η σχετική ανάλυση.

Οι μετρήσεις αναλυτικά βρίσκονται στο παράρτημα Β.

Πίνακας 12 Πίνακας συμβάντων μέτρησης κτιρίου Z

7.11 Event Data (Αξιοσημείωτα γεγονότα)

No 17 Κυριακή 18/04/2021

Time	Event	I/O	CH	Level	Duration	Worst	Info (Day)
06:00:35.794	Wave		CH1				

Πίνακας 13 Στοιχεία συμβάντος 17

Το event νούμερο 17 αντιπροσωπεύει 34 events, λόγω ότι είναι κατά κάποιον τρόπο η «σταθερή λειτουργία» της εγκατάστασης. Το event αυτό έχει ληφθεί από το κτίριο της σχολής στιγμή που δεν έχει κοινό και έχει ανάγκες μόνο για τη διατήρηση ενδεχομένως φορτίων που είναι αναγκαία συνεχόμενα.

Αρχικά μπορεί να γίνει μία παρουσίαση μέσω των δεδομένων που αναδεικνύουν την κατανάλωση πάντα μιλώντας για το event 17.

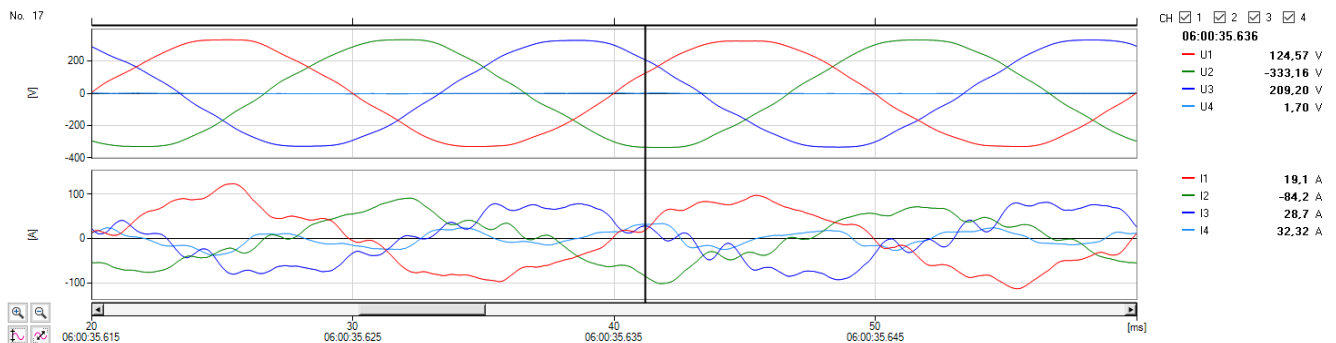
Όπως φαίνεται, για μία σύντομη περιγραφή, η τάση τροφοδοσίας ανέρχεται περίπου στα 238 Volt, ενώ τα φορτία ανά φάση παρουσιάζουν επαγωγικούς ή χωρητικούς χαρακτήρες λαμβάνοντας υπόψη τα πρόσημα της άεργου ισχύς ανά φάση.

Ο συντελεστής ισχύος είναι ικανοποιητικός σαν σύνολο των τριών φάσεων κατ' επέκταση δεν υπάρχει αρκετή διαφορά μεταξύ τιμών φαινόμενης και ενεργού ισχύος.

U1	rms	237,17V	Psum	38,30kW	Qsum	-4,86kvar	WP+	1,54561MWh
U2	rms	238,91V	P1	15,19kW	Q1	-2,38kvar	WP-	0,00000MWh
U3	rms	237,30V	P2	11,39kW	Q2	2,43kvar	WQlag	12,9065kvarh
U _{rms}	avg	237,79V	P3	11,73kW	Q3	-4,91kvar	WQlead	-131,428kvarh
U4	rms	1,45V						
I1	rms	64,8A	Ssum	39,73kVA	PFsum	-0,9641		
I2	rms	48,7A	S1	15,37kVA	PF1	-0,9880		
I3	rms	53,6A	S2	11,64kVA	PF2	0,9780		
I _{rms}	avg	55,7A	S3	12,71kVA	PF3	-0,9226		
I4	rms	15,87A						

Πίνακας 14 Τιμές ηλεκτρολογικών μεγεθών από το event 17

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η κυματομορφή που λειτουργεί σχεδόν συνέχεια η εγκατάσταση. Αρκετά Event δείχνουν παρόμοια με αυτή τη μορφή. Οι τάσεις δεν δείχνουν να επηρεάζονται από κάτι αρκετά πέρα από τις μικρές τιμές αρμονικών συνιστωσών που εμφανίζονται. Όσο έχει να κάνει με τα ρεύματα δείχνει πως επηρεάζονται αρκετά από αρμονικές συνιστώσες και στις 3 φάσεις, λόγω αυτού γίνεται περεταίρω ανάλυση αρμονικών παρακάτω.



Σχήμα 45 Διάγραμμα τάσης – ρεύματος συμβάν 17 κτιρίου Z

[V] : - U1 - U2 - U3
[A] : - I1 - I2 - I3

Αρμονικές συνιστώσες

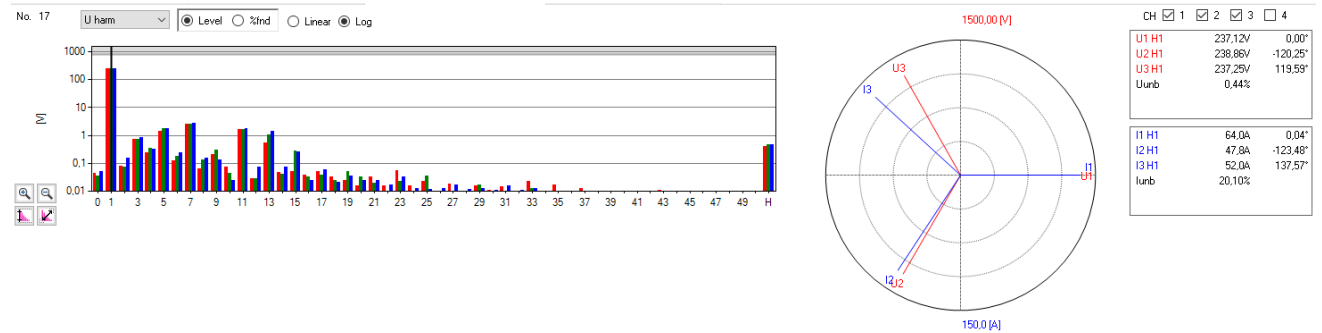
Η παρουσίαση τους γίνεται με βοήθεια ραβδόγραμμάτων δίπλα σε έναν φασιθέτη με ώστε να φανερώνεται έτσι ανά τάξη η συμπεριφορά των αρμονικών.

Τα διαγράμματα αυτά είναι ημιλογαριθμικά ώστε να γίνεται καλύτερα αντιληπτό το μέγεθος αυτών.

Ακολουθούν 4 διαγράμματα αρμονικών τάσεως όπου παρουσιάζουν τα γεγονότα της 1^{ης}, 5^{ης}, 7^{ης}, 11^{ης} όπου οι τρεις τελευταίες μαζί με την 13 αρμονική όπως φαίνεται και στο διάγραμμα συνηθίζονται καθώς έχουμε τριφασικό φορτίο. Καθώς και ένα ρεύματος για να λάβουμε υπόψη τα μεγέθη των αρμονικών του ρεύματος. Όπου περιττές αρμονικές

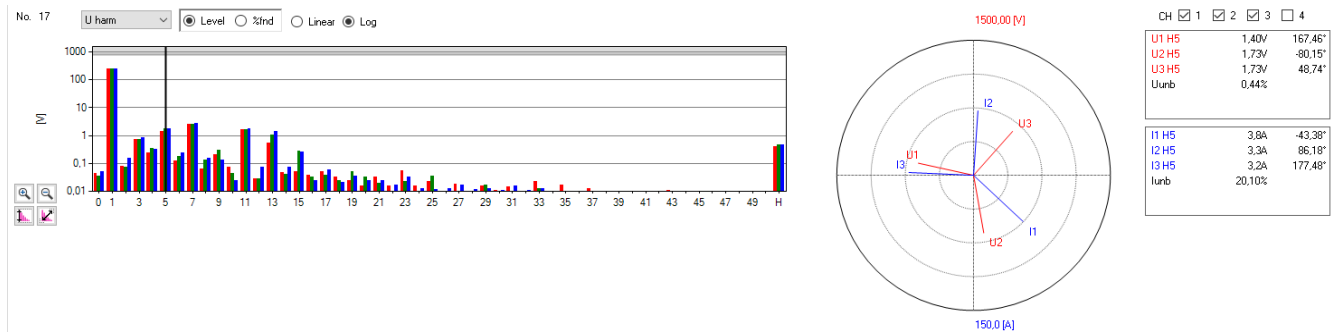
$$I_L = \sqrt{I_1^2 + I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + I_9^2 + I_{11}^2 + I_{13}^2 + \dots}$$

Στοιχεία 1^{ης} αρμονικής τάσης



Σχήμα 46 Ραβδόγραμμα αρμονικών τάσης και φασιθέτης 1^{ης} αρμονικής συνιστώσας

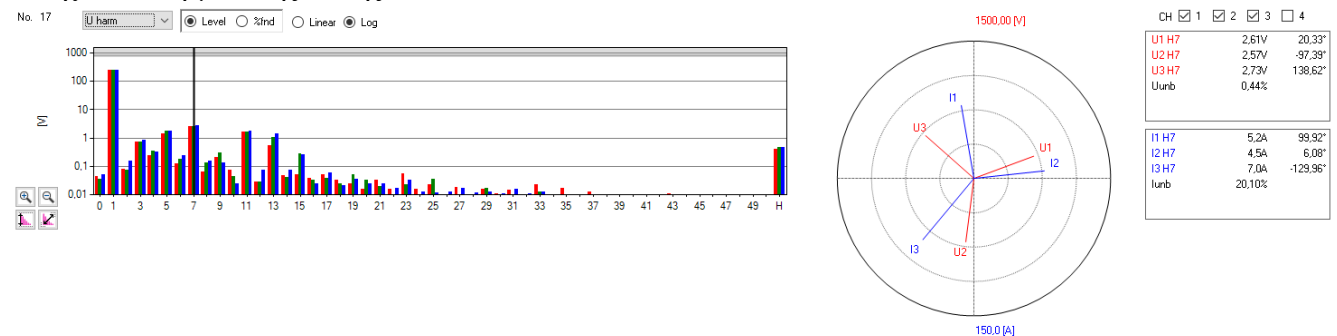
Στοιχεία 5^{ης} αρμονικής τάσης



Σχήμα 47 Ραβδόγραμμα αρμονικών τάσης και φασιθέτης 5^{ης} αρμονικής συνιστώσας

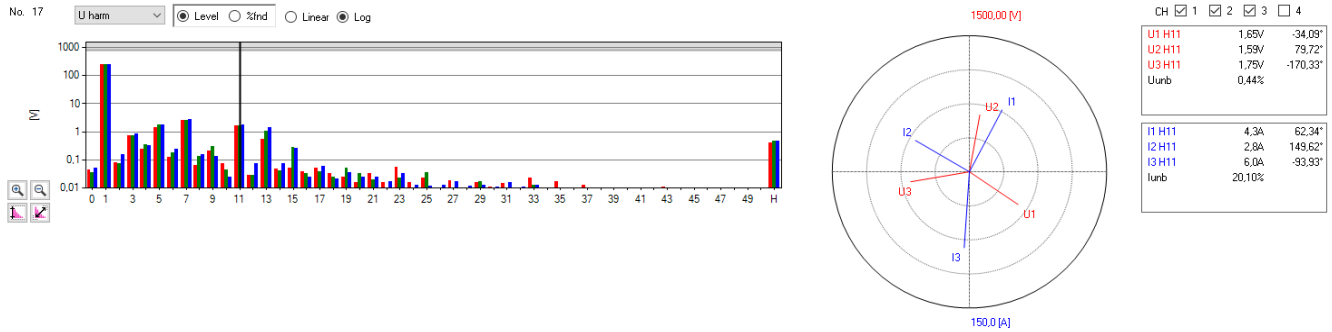
Βλέποντας την 5^η, 7^η, 11^η αρμονική συνιστώσα στον φασιθέτη παρατηρείτε ότι τα ρεύματα είτε προπορεύονται είτε μεταπορεύονται αρκετές μοίρες των τάσεων τους, δείχνοντας έτσι πως δεν οφείλονται μόνο στο ότι είναι μη γραμμικά φορτία αλλά ότι προέρχονται από επιστροφές αρμονικών άλλων φάσεων. Δηλαδή ίσως να μολύνει το ένα φορτίο το άλλο με αρμονικές όταν έχουν κοινή πηγή τροφοδοσίας.

Στοιχεία 7^{ης} αρμονικής τάσης



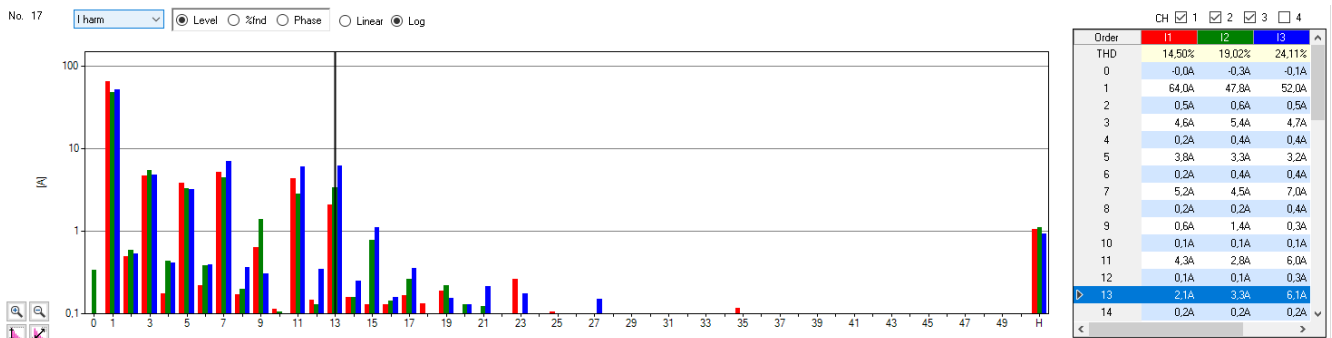
Σχήμα 48 Ραβδόγραμμα αρμονικών τάσης και φασιθέτης 7^{ης} αρμονικής συνιστώσας

Στοιχεία 11^{ης} αρμονικής τάσης



Σχήμα 49 Ραβδόγραμμα αρμονικών τάσης και φασιθέτης 11^{ης} αρμονικής συνιστώσας

Στοιχεία αρμονικών ρεύματος



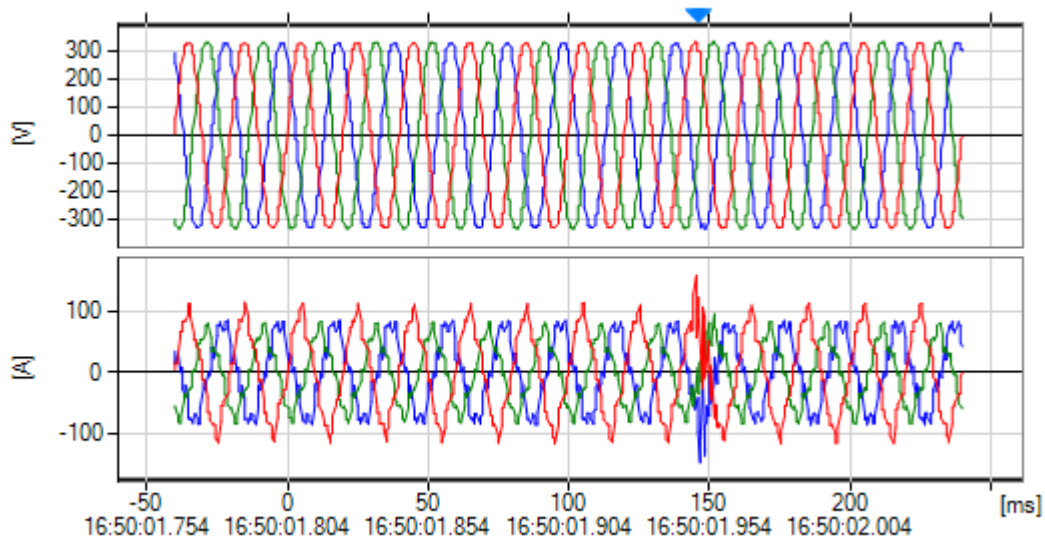
Σχήμα 50 Ραβδόγραμμα αρμονικών ρεύματος

Όπως και στην τάση έτσι υπάρχουν και της αντίστοιχης τάξης αρμονικές στο ρεύμα με μεγαλύτερη συνεισφορά από την 3^η, 5^η, 7^η, 11^η, 13^η, αρμονικές οι οποίες εκφράζουν τριφασικό σύστημα χωρίς μεγάλες τιμές. Παρατηρείται πως αναγράφεται τιμή 1 ampere μετά την 50^η τάξη αρμονικών υποδηλώνοντας ότι υπάρχει συνεισφορά από υψηλή τάξη αρμονικών.

No.26 Κυριακή 18/04/2021

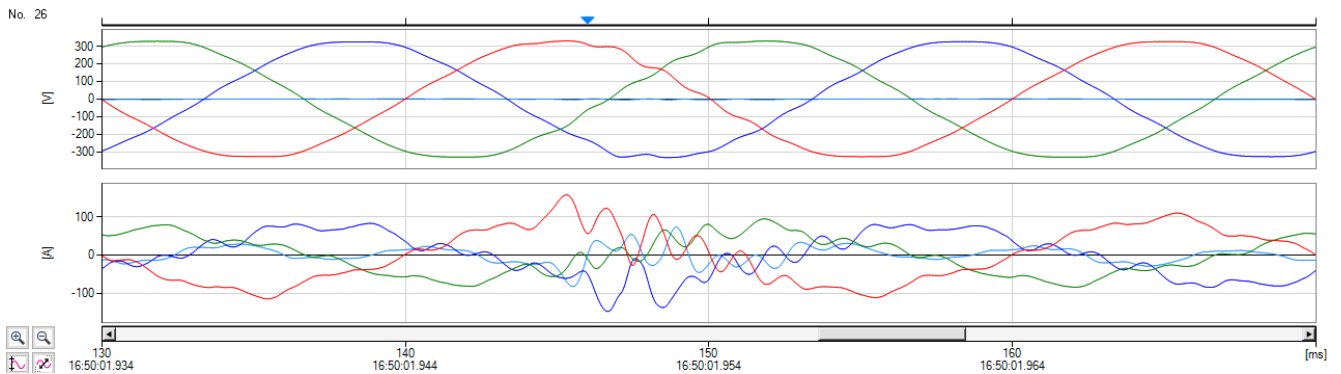
Time	Event	I/O	CH	Level	Duration	Worst	Info
16:50:01.950	Wave		CH3				

Πίνακας 15 στοιχεία συμβάντος 26



Σχήμα 51 Διαγράμματα τάσης, ρεύματος – χρόνου συμβάντος 26

[V] : - U1 - U2 - U3
 [A] : - I1 - I2 - I3



Σχήμα 52 Διαγράμματα τάσης, ρεύματος – χρόνου συμβάντος 26 ανοιγμένα στον χρόνο

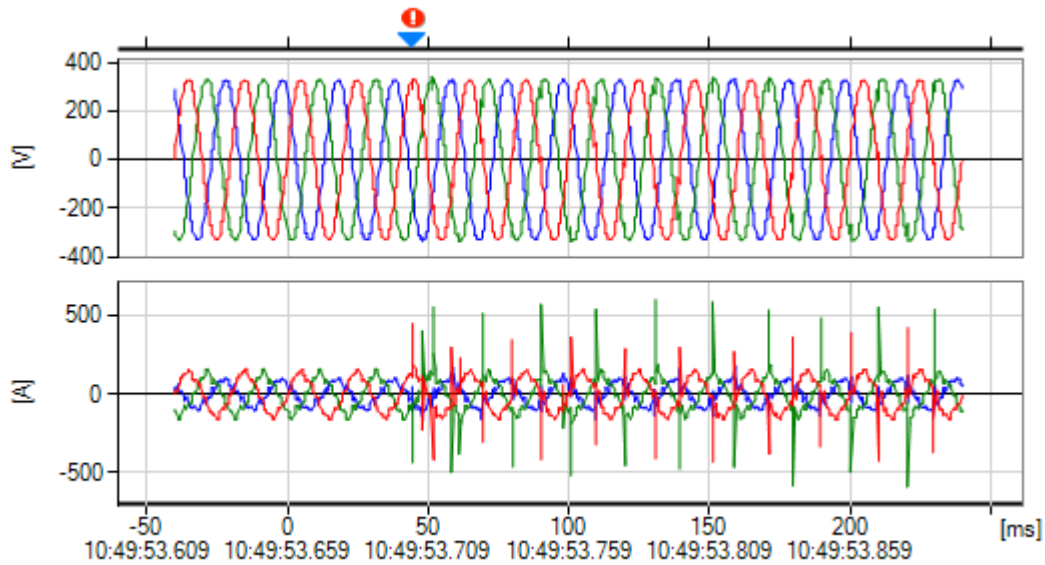
Σε αυτό το event ξαφνικό φορτίο τροφοδοτείται και αυξάνει αρκετά την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος. Από ότι φαίνεται είναι φορτίο ηλεκτρικού κινητήρα ανελκυστήρα το οποίο κατά την εκκίνηση του απορροφά μεγάλες τιμές ρεύματος. Η στιγμιαία τάση δείχνει να έχει πτώση κατά ένα μικρό ποσοστό. Επίσης φαίνεται πως εντάσσονται υψηλής συχνότητας αρμονικές συνιστώσες ρεύματος βλέποντας την κυματομορφή του.

No.48 Τρίτη 20/04/2021

Time	Event	I/O	CH	Level	Duration	Worst	Info
10:49:53.703	Tran	IN	CH2	84,7V	556 ms	138,1V	OUT:No.51
10:49:53.703	Wave		CH1				
10:49:53.703	Wave		CH2				

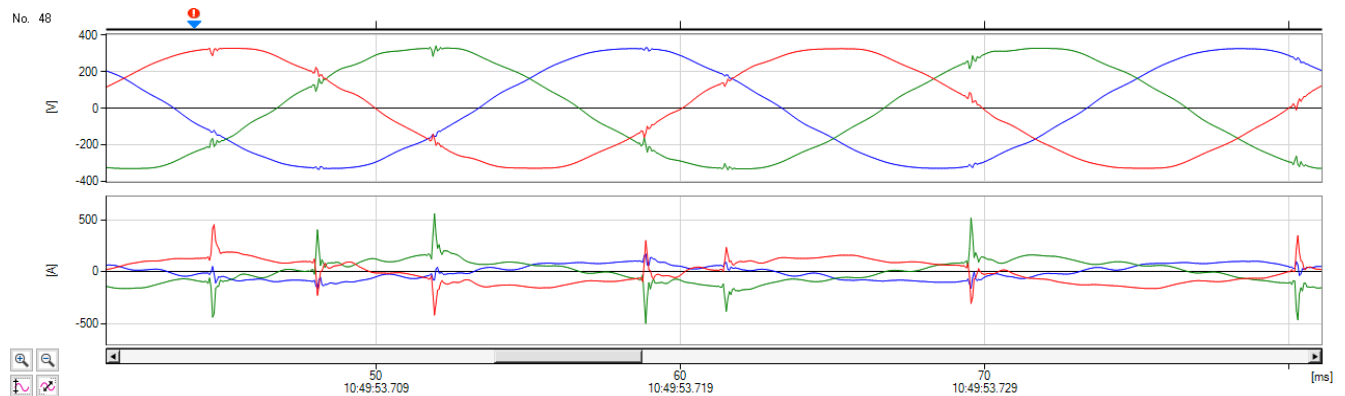
Πίνακας 16 Στοιχεία συμβάντος 48

Το γεγονός αυτό συνέβη την για μερικά λεπτά.



Σχήμα 53 Διαγράμματα τάσης, ρεύματος - χρόνου συμβάντος 48

[V] : - U1 - U2 - U3
 [A] : - I1 - I2 - I3



Σχήμα 54 Διαγράμματα τάσης, ρεύματος – χρόνου ανοιγμένα στον χρόνο συμβάντος 48

Κάθε 5 με 20 ms το ρεύμα αυξάνεται σχεδόν ακαριαία φτάνοντας την 5πλάσια τιμή του ρεύματος που είναι σε σταθερή κατάσταση. Άμεσος αντίκτυπος υπάρχει στην τάση τροφοδοσίας οπύ με τις υπερεντάσεις υπάρχει διακύμανση τάσεως που παρουσιάζει έως και 40 volt πτώση.

Η υπερένταση συμβαίνει στην 1^η και 2^η φάση, ενώ η τρίτη φάση κάνει μια απλή διακύμανση της τάσης και της έντασης.

Εδώ ίσως υπήρξε προβληματικό φορτίο το οποίο ίσως έκανε κάποιου είδους βραχυκύκλωμα και στο τέλος έπαψε να υπάρχει σαν πρόβλημα λόγω απομόνωσης από ασφαλιστική διάταξη της εγκατάστασης.

Κεφάλαιο 8ο. Διαδρομή απόφασης για επενδύσεις και λύσεις σε προβλήματα ποιότητας ενέργειας.

Το κείμενο που παρουσιάζεται σε αυτό το κεφάλαιο πηγάζει από μέρος του ερευνητικού έργου «Ποιότητα τάσης σε μελλοντικές υποδομές» («Kwaliteit van de spanning in tommeine infrastructurën (KTI)» στα ολλανδικά), που χρηματοδοτείται από το Υπουργείο Οικονομικών Υποθέσεων της Ολλανδίας. Συγγραφείς αυτού είναι οι καθηγητές S.Bhattacharyya, J.F.G. Cobben, J.M.A Myrzik, W.L. Kling. Από το Technical University Eindhoven, Eindhoven, the Netherlands ² Continuoon, Arnhem, the Netherlands, βάση αυτού γίνεται μία ολοκληρωμένη καθοδήγηση στην κατεύθυνση για λήψεις αποφάσεων αποκατάστασης προβλημάτων σε συστήματα με όχι καλή ποιότητα ισχύος.

Τα προβλήματα ποιότητας ισχύος μπορούν να προκαλέσουν μεγάλες τεχνοοικονομικές ενοχλήσεις στους πελάτες ενώ ορισμένα άλλα προβλήματα ποιότητας ισχύος (όπως αρμονικές) μπορεί να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στη λειτουργία των στοιχείων του δικτύου. Καθώς τα προβλήματα ποιότητας ισχύος προέρχονται κυρίως από την πλευρά του πελάτη, οι φορείς εκμετάλλευσης του δικτύου δεν θέλουν να αναλάβουν την πλήρη ευθύνη για την παροχή μιας μη παραμορφωμένης κυματομορφής τάσης τροφοδοσίας στα τερματικά του πελάτη χωρίς την τρέχουσα ρύθμιση ποιότητας. Ως εκ τούτου, οι διαφωνίες που σχετίζονται με τη ποιότητα ισχύος μεταξύ των πελατών, των χειριστών δικτύου και των κατασκευαστών εξοπλισμού έχουν αυξηθεί. Ένας αριθμός μεθόδων μετριάσμού ποιότητας ισχύος, με ποικίλο κόστος και αποτελεσματικότητα, είναι διαθέσιμες για την επίλυση διαφορετικών προβλημάτων ποιότητας ισχύος. Οι διαταραχές ποιότητας ισχύος μπορούν να προκαλέσουν μεγάλες οικονομικές απώλειες ενώ οι μετριάσμούς ποιότητας ισχύος ενδέχεται να απαιτούν σημαντικές επενδύσεις. Έτσι, η απόφαση επένδυσης για την επίλυση προβλημάτων ποιότητας ισχύος απαιτεί λεπτομερή ανάλυση κόστους-οφέλους για όλα τα εμπλεκόμενα μέρη.

Η ποιότητα ισχύος έχει γίνει ένα σημαντικό θέμα συζήτησης στο παρόν περιβάλλον παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ολοένα και πιο υψηλές συγκεντρώσεις χρήσεων ηλεκτρονικού εξοπλισμού ισχύος, όπως οι μεταβλητές ταχύτητες (VSD), προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (PLC), μετατροπείς ηλεκτρονικών ισχύος, ενεργειακά αποδοτικός φωτισμός και άλλες συσκευές έχουν αλλάξει τη φύση του ηλεκτρικού φορτίου. Αυτοί οι εξοπλισμοί είναι οι κύριοι παραγωγοί διαφόρων διαταραχών ποιότητας ισχύος λόγω των μη γραμμικών χαρακτηριστικών του ρεύματος και ταυτόχρονα είναι και τα κύρια θύματα των προβλημάτων ποιότητας ισχύος. Στην ανταγωνιστική αγορά, οποιαδήποτε απώλεια ώρας παραγωγής για έναν κλάδο, λόγω κακής ποιότητας ισχύος, μπορεί να προκαλέσει μεγάλες οικονομικές απώλειες και κακή φήμη. Επιπλέον, η απορρύθμιση και η αναδιοργάνωση στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας ανάγκασαν τους διαχειριστές δικτύων να μειώσουν την τιμή των υπηρεσιών τους ενώ οι υποχρεώσεις και τα καθήκοντά τους γίνονται αυστηρότερα.

Καθώς η τιμή και η ποιότητα είναι δύο συμπληρωματικοί όροι, αναμένεται ότι η μείωση της τιμής μονάδας θα μπορούσε να οδηγήσει σε φτωχότερη ποιότητα ισχύος στη μελλοντική υποδομή δικτύου. Οι πελάτες αναμένουν να λάβουν μια τάση στο σημείο των συνδέσεων τους που θα πρέπει να συμμορφώνεται με το ευρωπαϊκό πρότυπο EN50160.

Αντίθετα, ο εξοπλισμός τους μπορεί να παράγει τρέχουσες εκπομπές που αλληλεπιδρούν αμοιβαία με την τάση του δικτύου και παραμορφώνουν την κυματομορφή τάσης τροφοδοσίας. Επί του παρόντος, τα διαθέσιμα πρότυπα δεν προσδιορίζουν επαρκώς τις ευθύνες των συνδεδεμένων μερών: συγκεκριμένα του διαχειριστή δικτύου, του κατασκευαστή του εξοπλισμού και του πελάτη στο σημείο παροχής. Καθώς η κακή ποιότητα ισχύος μπορεί να έχει μεγάλες τεχνοοικονομικές δυσκολίες, οι διαφωνίες μεταξύ αυτών των μερών αυξάνονται σχετικά με την ατομική τους ευθύνη στο σημείο τροφοδοσίας. Επομένως, πρέπει να γίνει μια λεπτομερής ανάλυση κόστους-οφέλους λαμβάνοντας υπόψη τις επιπτώσεις στα συνδεδεμένα μέρη κατά τη λήψη απόφασης για μια οικονομική επένδυση για τη βελτίωση ποιότητας ισχύος της ηλεκτρικής παροχής.

Σε αυτό το έγγραφο, προτείνεται ένα διάγραμμα ροής διαδρομής απόφασης για την επίλυση προβλημάτων ποιότητας ισχύος και συζητούνται διάφορες μέθοδοι μετριάσμου που είναι διαθέσιμες. Στο τελευταίο μέρος θα υπάρξει μια ανάλυση κόστους-οφέλους που χρησιμοποιεί μια μέθοδο «Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)» και συζητείται για δύο τύπους προβλημάτων ποιότητας ισχύος, λαμβάνοντας υπόψη τις επιπτώσεις σε διαφορετικά μέρη που είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο.

8.1. Διαταραχές Ποιότητας Ρεύματος.

Το Συμβούλιο των Ευρωπαϊκών Ρυθμιστικών Αρχών Ενέργειας ορίζει την «ποιότητα υπηρεσίας» ως συνδυασμό της αξιοπιστίας της παροχής ενέργειας, της ποιότητας ισχύος και της εμπορικής σχέσης μεταξύ της εταιρείας κοινής ωφέλειας και του πελάτη, σε αυτό το υποκεφάλαιο θα συζητηθούν θέματα σχετικά με την ποιότητα ισχύος.

Οι διαταραχές ποιότητας ισχύος ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες:

• Συνεχής

Διαταραχές συνεχούς τύπου υπάρχουν σε κάθε κύκλο και συνήθως περιλαμβάνουν διακυμάνσεις τάσης, ανισορροπία, τρεμόπαιγμα και αρμονικές.

• Διακριτές

Οι διαταραχές διακριτού τύπου εμφανίζονται ως μεμονωμένα και ανεξάρτητα συμβάντα και περιλαμβάνουν κυρίως πτώσεις τάσης, διόγκωση και ταλαντωτικά ή παρορμητικά μεταβατικά φαινόμενα.

Την τελευταία δεκαετία, τα παράπονα ποιότητας ισχύος μεταξύ των πελατών σε όλο τον κόσμο έχουν αυξηθεί. Από μία έρευνα σε διάφορους πελάτες σε ευρωπαϊκές χώρες, συνήχθη το συμπέρασμα ότι οι πτώσεις τάσης, οι σύντομες διακοπές και οι μεταβατικές συνθήκες είναι τα κύρια προβλήματα που προκαλούν οικονομικές απώλειες, ειδικά στη βιομηχανία και εμπορικούς πελάτες, ενώ οι αρμονικές του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας βρέθηκε να είναι ένα σημαντικό αυξανόμενο πρόβλημα στα ευρωπαϊκά δίκτυα.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας διαπιστώθηκε ότι κατά μέσο όρο το απόλυτο μερίδιο των επιπτώσεων των διαταραχών ποιότητας ισχύος οφείλεται σε βυθίσεις τάσης (23,6%), σύντομες διακοπές (18,8%), μεγάλες διακοπές (12,5%), αρμονικές (5,4%), παροδικά και υπερτάσεις (29%) και άλλα που σχετίζονται με αυτή, κατά (10,7%). Τα διαφορετικά προβλήματα ποιότητας ισχύος έχουν διαφορετική σημασία για διαφορετικούς τύπους πελατών και για το βοηθητικό πρόγραμμα. Στην έρευνα, το συνολικό ετήσιο κόστος της φτώχης ποιότητας ισχύος υπολογίστηκε ότι ήταν πάνω από 150 χιλιάδες εκατομμύρια ευρώ για την Ευρωπαϊκή Ένωση το 2003-2004.

8.2. Τεχνοοικονομικές επιπτώσεις και πράξεις κακής ποιότητας ενέργειας.

Οι πελάτες συνήθως παραπονιούνται για προβλήματα ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος όταν επηρεάζεται η λειτουργία των ευαίσθητων συσκευών τους που οδηγεί σε απώλεια δεδομένων, απώλεια συγχρονισμού του εξοπλισμού διεργασίας, φυσικές ζημιές, τρεμόπαιγμα των οθονών υπολογιστών, χαμηλά φώτα, ενόχληση ενεργοποίησης των επαφών, κακή λειτουργία συσκευών κ.λπ. Η προέλευση των διαταραχών ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος μπορεί να χωριστεί σε τέσσερις κύριες κατηγορίες:

- Φυσικά φαινόμενα και ανθρώπινα λάθη (καταιγίδα, κεραυνοί, σκάψιμο καλωδίων κ.λπ.).
- Από γείτονες που έχουν μεταβλητές μη γραμμικές απαιτήσεις φορτίου.
- Από την εγκατάσταση του ίδιου του πελάτη λόγω της δικής του εγκατάστασης μη γραμμικών φορτίων.
- Από το δίκτυο κοινής ωφέλειας λόγω των λειτουργιών μεταγωγής.

Η κακή ποιότητα ηλεκτρικής ισχύος μπορεί να έχει σημαντικές τεχνοοικονομικές συνέπειες τόσο για τους πελάτες όσο και για τους φορείς εκμετάλλευσης του δικτύου. Τα προβλήματα ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος προκαλούν χρόνο διακοπής λειτουργίας για τους εμπορικούς πελάτες, απώλεια ωρών παραγωγής για τους βιομηχανικούς πελάτες, απώλεια εσόδων για τους χειριστές του δικτύου και επιπλέον κόστος

συντήρησης για τον εξοπλισμό που έχει υποστεί ζημιά σε όλα τα μέρη. Συχνά είναι δύσκολο να προσδιοριστεί το ακριβές ποσό των οικονομικών ζημιών.

Πραγματοποιούνται επιτόπιες έρευνες, συνεντεύξεις και περιπτώσιολογικές μελέτες για την εκτίμηση του κόστους της κακής ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς. Το κόστος ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε τρία μέρη: άμεσο κόστος, έμμεσο κόστος και μη υλικές ενοχλήσεις.

Το άμεσο κόστος περιλαμβάνει ζημιά στον εξοπλισμό, απώλεια παραγωγικότητας, κόστος μισθού κατά τις μη παραγωγικές ώρες κ.λπ. Το έμμεσο κόστος είναι γενικά δύσκολο να εκτιμηθεί, περιλαμβάνει κόστη χαμένων πωλήσεων, πρόωρες βλάβες εξοπλισμού, κόστη που σχετίζονται με κακή φήμη για μη παράδοση κ.λπ. Οι διαταραχές στην ποιότητα ηλεκτρικής ισχύς σε μια εταιρεία παραγωγής μπορεί να είναι οι παρακάτω:

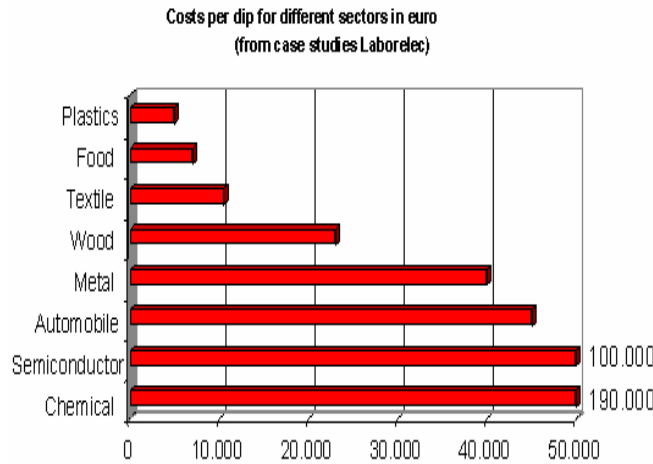
- Κόστος προσωπικού: αυτό είναι το κόστος λόγω του προσωπικού που καθίσταται μη παραγωγικό λόγω της διαταραγμένης ροής εργασίας.
- Έργο σε εξέλιξη: αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει το κόστος της πρώτης ύλης που εμπλέκεται στην παραγωγή που αναπόφευκτα χάνεται, το κόστος εργασίας που συνεπάγεται η παραγωγή, την επιπλέον εργασία που απαιτείται για την αναπλήρωση της χαμένης παραγωγής κ.λπ.
- Δυσλειτουργία εξοπλισμού: εάν επηρεαστεί ο εξοπλισμός, οι συνέπειες μπορεί να είναι η επιβράδυνση της παραγωγικής διαδικασίας, ο επιπλέον χρόνος «αδράνειας».
- Βλάβη εξοπλισμού: εάν επηρεαστεί ο εξοπλισμός, οι συνέπειες μπορεί να είναι πλήρης ζημιά της συσκευής, μείωση του χρόνου ζωής της συσκευής, επιπλέον συντήρηση, ανάγκη αναμονής εξοπλισμού κ.λπ.
- Άλλα έξοδα: αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει τα έξοδα λόγω κυρώσεων λόγω μη παράδοσης ή καθυστερημένης παράδοσης, περιβαλλοντικά πρόστιμα, έξοδα σωματικού τραυματισμού (εάν υπάρχουν), αυξημένο ποσοστό ασφάλισης κ.λπ.
- Ειδικά κόστη: το κόστος αυτής της κατηγορίας περιλαμβάνει επιπλέον ενέργεια χρήση λόγω αρμονικών ρύπων που παράγονται από τη μη γραμμική λειτουργία των συσκευών, πρόστιμα που επιβαρύνουν το βοηθητικό πρόγραμμα για τη δημιουργία αρμονικής ρύπανσης στο δίκτυο. Η μείωση της απόδοσης της προσωπικής εργασίας και το σχετικό πρόβλημα υγείας που οφείλεται στο τρεμόπαιγμα μπορεί επίσης να συμπεριληφθεί σε αυτήν την κατηγορία κόστους.
- Εξοικονόμηση: υπάρχει κάποια εξοικονόμηση στην παραγωγή λόγω διαταραχών ποιότητα ηλεκτρικής ισχύς. Περιλαμβάνει εξοικονόμηση από τα αχρησιμοποίητα υλικά, εξοικονόμηση από τους μισθούς που δεν πληρώνονται, εξοικονόμηση στους λογαριασμούς ενέργειας κ.λπ.

Το κόστος ως αποτέλεσμα των διαταραχών της ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς έχει εκτιμηθεί από μια έρευνα κατά το έτος 2003-2004. Διαπιστώθηκε ότι το 50% του κόστους ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς λόγω ενός γεγονότος πτώσης τάσης ανήκει στην κατηγορία εργασιών σε εξέλιξη, ενώ η επιβράδυνση της διαδικασίας αντιπροσωπεύει ένα άλλο 30% του συνολικού κόστους. Η ζημιά που προκαλείται από ένα συμβάν βύθισης εξαρτάται από το βάθος και τη διάρκειά της, καθώς και από τον τύπο της διαδικασίας παραγωγής που επηρεάζεται.

Ένα συμβάν πτώσης τάσης μπορεί να διαταράξει τη λειτουργία των ευαίσθητων συσκευών διεργασίας και μπορεί να οδηγήσει σε μερική ή πλήρη διακοπή της λειτουργίας της εγκατάστασης του πελάτη, αυτό εξαρτάται από την ανοσία μιας συσκευής σε ένα συμβάν πτώσης τάσης, δηλαδή από την **καμπύλη απόδοσης ανοχής τάσης**. Παρατηρείται από μελέτες περιπτώσεων από τη Laborelec ότι οι

υπολογιστές, οι μονάδες μεταβλητής ταχύτητας (VSD) και οι επαφές είναι τα πιο ευαίσθητα εξαρτήματα σε μια βιομηχανία διεργασιών.

Το κόστος ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος για ένα συμβάν πτώσης τάσης σε διαφορετικούς κλάδους φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 55 Συνολικό κόστος ως αποτέλεσμα ενός γεγονότος βύθισης

Οι συνολικές οικονομικές απώλειες λόγω βυθίσεων τάσης μπορούν να υπολογιστούν με την ακόλουθη εξίσωση

$$D_{tot} = \sum S_{tot} * D_{dip} * N_{mean}$$

Με:

D_{tot} = Συνολική ζημιά σε ευρώ

S_{tot} = Συνολική εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς (kW)

D_{dip} = Μέση ζημιά για έναν τομέα σε ευρώ/kW

N_{mean} = Μέσος αριθμός διακοπών της διαδικασίας.

Οι αρμονικές του συστήματος ισχύος είναι ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος που μπορεί να έχει μεγάλες επιπτώσεις. Όταν υπάρχουν μόνο γραμμικά φορτία στο σύστημα ισχύος, το ρεύμα δικτύου αποτελείται μόνο από τη θεμελιώδη συνιστώσα της τρέχουσας κυματομορφής. Με μη γραμμικά φορτία στο δίκτυο, δημιουργούνται αρμονικά ρεύματα στο σύστημα ισχύος. Αυτές οι αρμονικές συνιστώσες των ρευμάτων προστίθενται στη βασική συνιστώσα του ρεύματος και αυξάνουν τις συνολικές παραμορφώσεις του αρμονικού ρεύματος στο δίκτυο. Το αυξημένο επίπεδο εκπομπών αρμονικών ρευμάτων μπορεί να οδηγήσει σε υπερφόρτωση, επιπλέον απώλειες ενέργειας και θερμικές καταπονήσεις στους ουδέτερους αγωγούς του πελάτη και στα εξαρτήματα του δικτύου (όπως καλώδια, μετασχηματιστές κ.λπ.), προκαλώντας τελικά υποβάθμιση και πρόωρη γήρανση των εξαρτημάτων.

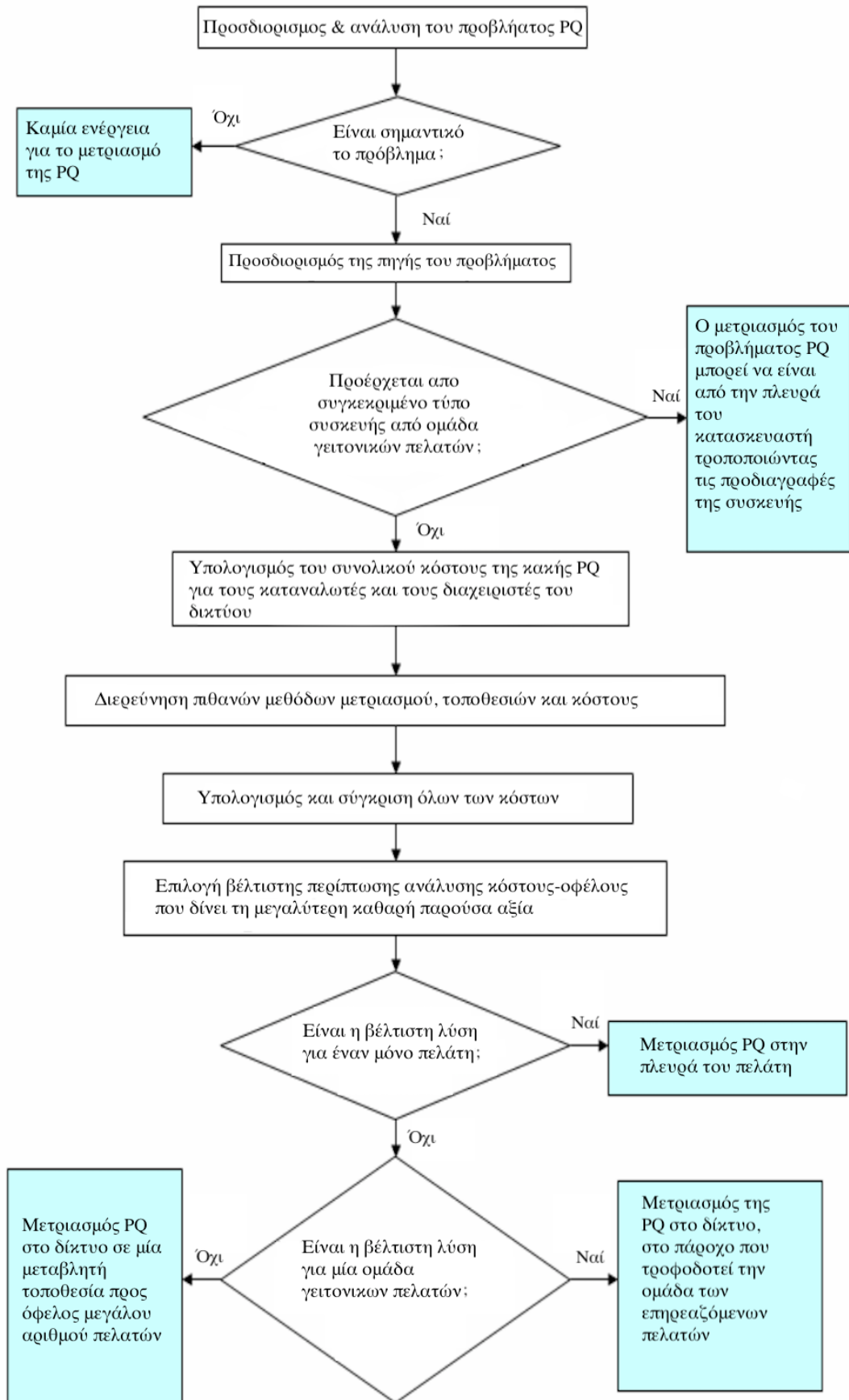
Τα αρμονικά ρεύματα προκαλούν επίσης παραμορφώσεις στην κυματομορφή της τάσης του δικτύου. Η παρουσία αρμονικής τάσης περιορίζει την ατρωσία των περιστρεφόμενων μηχανών του πελάτη έναντι της ανισορροπίας τάσης. Επιπλέον, η παρουσία μεγάλων συνιστωσών αρμονικού ρεύματος αλλάζει τον συντελεστή ισχύος ($\cos(\varphi)$) του συστήματος σε χαμηλότερη τιμή και αυξάνει τη ζήτηση συνολικής φαινόμενης ισχύος στο δίκτυο.

Συχνά είναι δύσκολο για τις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας να επιβάλουν κυρώσεις (αρμονικό τιμολόγιο) στους πελάτες που παράγουν αρμονικές, λόγω της έλλειψης κατάλληλης συσκευής μέτρησης.

Οι σημαντικές επιπτώσεις κόστους των αρμονικών συστημάτων ισχύος είναι:

- Μικρότερη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού.
- Μειωμένη ενεργειακή απόδοση.
- Ευαισθησία σε οχλήσεις.

Το κόστος της ενόχλησης μπορεί να είναι σημαντικό καθώς μπορεί να προκαλέσει απρογραμμάτιστη διακοπή παροχής. Το κόστος της μείωσης της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού μπορεί επίσης να είναι υψηλό, ειδικά για τον ακριβό εξοπλισμό όπως μετασχηματιστές, καλώδια δικτύου κ.λπ. Ένας μετασχηματιστής αναμένεται να έχει διάρκεια ζωής 30-40 ετών. Είναι πιθανό ο μετασχηματιστής να πρέπει να αντικατασταθεί πολύ νωρίτερα από την αναμενόμενη διάρκεια ζωής του λόγω της γήρανσής του λόγω των υψηλών αρμονικών ρύπων στο δίκτυο. Είναι αρκετά δύσκολο να εκτιμηθεί με ακρίβεια το κόστος των αρμονικών καθώς απαιτείται ένα πλήρες αρμονικό φάσμα για τον υπολογισμό των απωλειών που οφείλονται στις αρμονικές. Τις περισσότερες φορές, τα αποτελέσματα των αρμονικών είναι κρυμμένα και δεν είναι άμεσα ορατά. Ένας λεπτομερής υπολογισμός των διαφόρων ενεργειακών δαπανών λόγω των αρμονικών απωλειών στους μετασχηματιστές, τα καλώδια και τους κινητήρες περιγράφεται λίγο παρακάτω.



Εικόνα 28 Διάγραμμα ροής λήψης αποφάσεων σε λύσεις αύξησης ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος.

Στο Σχήμα 28, προτείνονται τα βήματα ανάλυσης για την επιλογή μιας μεθόδου μετριάσμου της ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς. Κατά τη λήψη απόφασης για μια λύση ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς απαιτείται πρώτα να προσδιοριστεί ο τύπος του προβλήματος ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς που υπάρχει και οι πηγές προέλευσής του. Το επόμενο βήμα είναι να ανακαλύψετε τα μέρη που επηρεάζονται από τα προβλήματα ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς. Εάν μια ομάδα πελατών στην ίδια γειτονιά διαμαρτύρεται για έναν συγκεκριμένο τύπο προβλήματος ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς, η προέλευση του προβλήματος ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς μπορεί να οφείλεται στη χρήση ενός συγκεκριμένου τύπου συσκευής που μπορεί να παράγει μεγάλη ποσότητα ρύπανσης ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς. Σε αυτήν την περίπτωση, ο κατασκευαστής της συσκευής θα πρέπει να είναι υπεύθυνος για την επίλυση του προβλήματος, αλλά δεν είναι πάντα δυνατό λόγω της πολυπλοκότητάς του.

Αυτό μπορεί να εξηγηθεί με ένα απλό παράδειγμα, επί του παρόντος, οι λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας κερδίζουν δημοτικότητα λόγω της εξαιρετικής λειτουργίας εξοικονόμησης ενέργειας. Αντίθετα, με τον σημερινό σχεδιασμό των λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας, παρατηρείται ότι η ρύπανση του αρμονικού ρεύματος που προέρχεται από αυτόν τον τύπο λαμπτήρων είναι αρκετά υψηλή. Όταν ένα μεγάλο μέρος των οικιακών πελατών στην ίδια γειτονιά αρχίσει να χρησιμοποιεί τέτοιους λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας, η συνολική παραμόρφωση αρμονικής τάσης (THDV) στο δίκτυο τροφοδοσίας θα μπορούσε να υπερβεί το επιτρεπόμενο όριο του Ευρωπαϊκού Προτύπου, όπως ορίζεται στο EN50160. Οι επιπλέον απώλειες στο δίκτυο θα ήταν υψηλές και η κυματομορφή της τάσης τροφοδοσίας μπορεί να παραμορφωθεί σημαντικά.

Ως αποτέλεσμα, περισσότεροι πελάτες θα αρχίσουν να παραπονιούνται, σε αυτήν την περίπτωση, ο χειριστής του δικτύου θα μπορούσε να προσπαθήσει να επιμείνει στον κατασκευαστή της συσκευής να βελτιώσει τη σχεδίαση της συσκευής ή να λάβει άλλα προληπτικά μέτρα για να περιορίσει το επίπεδο εκπομπών της συσκευής. Ωστόσο, αυτό το μέτρο είναι σχετικά δύσκολο να εφαρμοστεί καθώς απαιτεί ρύθμιση και τροποποίηση σχεδιασμού της συσκευής και αυτό μπορεί να πάρει περισσότερο χρόνο. Από την άλλη πλευρά, είναι επίσης μη ρεαλιστικό να πειστούν οι πελάτες να περιορίσουν τη χρήση τέτοιου τύπου συσκευής.

Εάν το πρόβλημα ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς στο δίκτυο δεν οφείλεται στη λειτουργία ενός συγκεκριμένου είδους συσκευής, αλλά μάλλον λόγω των αμοιβαίων αλληλεπιδράσεων διαφορετικών τύπων εξοπλισμού, τότε οι επιπτώσεις της κακής ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς σε διάφορα μέρη πρέπει να εκτιμηθεί λεπτομερώς για να ληφθεί μια ευρύτερη επισκόπηση. Πολλές περιπτώσιολογικές μελέτες πραγματοποιούνται από την πλευρά των πελατών για να εκτιμηθεί το κόστος της κακής ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς για τους πελάτες. Όταν ένα πρόβλημα ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς προέρχεται από την πλευρά του δικτύου και οι πελάτες πλήττονται, ο διαχειριστής του δικτύου θα πρέπει να είναι υπεύθυνος για αυτό και αναμένεται ότι θα ληφθούν κάποια προληπτικά μέτρα για την επίλυσή του. Ως εκ τούτου, πρέπει να διεξαχθεί έρευνα για την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου μετριάσμου και να αναλυθούν τα σχετικά οφέλη για όλα τα μέρη.

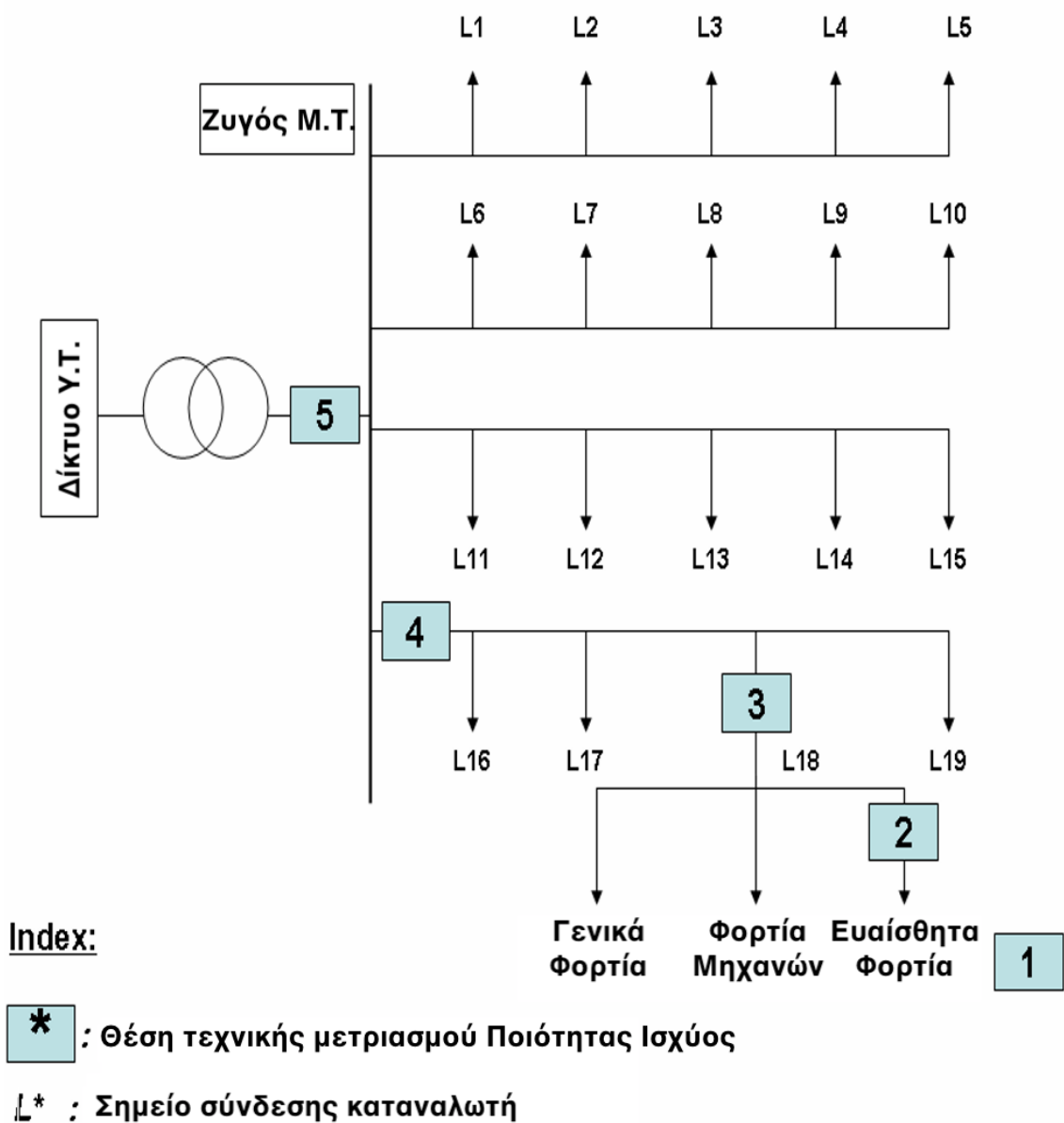
Η επιλογή μιας μεθόδου μετριάσμου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως αναφέρονται παρακάτω:

- 1) Ποιος προκαλεί το πρόβλημα ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς και ποιος είναι υπεύθυνος για αυτό;
- 2) Ποια είναι η φύση της διαταραχής που δημιουργείται και που πρέπει να αποτραπεί;
- 3) Ποιοι επηρεάζονται από το πρόβλημα;
- 4) Ποιο είναι το απαιτούμενο επίπεδο απόδοσης;
- 5) Ποιες είναι οι οικονομικές συνέπειες της δυσλειτουργίας;
- 6) Τι είδους μέθοδος μετριάσμου πρέπει να υιοθετηθεί και που πρέπει να βρίσκεται;
- 7) Ποιο είναι το ύψος της επένδυσης που απαιτείται για την επίλυση του προβλήματος;

Εάν ένας πελάτης σε έναν τροφοδότη παραπονιέται για ένα πρόβλημα ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς και η πηγή του βρίσκεται στην πλευρά του δικτύου, ο χειριστής του δικτύου μπορεί να θεωρηθεί υπεύθυνος

για αυτό. Όμως όταν η διαταραχή ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς προέρχεται από την πλευρά του πελάτη, ο διαχειριστής του δικτύου δεν θα αναλάβει την ευθύνη. Αντίθετα όταν ένας αριθμός πελατών σε μια γειτονιά παραπονιέται για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα που σχετίζεται με την ποιότητα της τάσης, ο διαχειριστής του δικτύου θα πρέπει να λάβει αποτελεσματικά μέτρα για την επίλυσή του για την ικανοποίηση της ομάδας πελατών. Για την επιλογή μιας σωστής μεθόδου μετριασμού, πρέπει να γίνει ανάλυση κόστους-οφέλους για να επιτευχθεί μια κοινωνικοοικονομική βέλτιστη λύση.

Ένα ευρύ φάσμα πιθανών λύσεων, με διαφορετικούς βαθμούς κόστους και αποτελεσματικότητας, είναι διαθέσιμο για τον μετριασμό των προβλημάτων που σχετίζονται με κακή ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς. Οι λύσεις μπορούν να εφαρμοστούν σε διαφορετικά επίπεδα τάσης και θέσεις εντός του συστήματος ισχύος, σε επίπεδο κοινής ωφέλειας δικτύου, στο σημείο σύνδεσης του τελικού χρήστη ή εντός της εγκατάστασης του πελάτη. Στο Σχήμα 29 φαίνονται διάφορες θέσεις όπου μπορούν να εφαρμοστούν μέθοδοι μετριασμού. Η τροποποίηση στον ίδιο τον εξοπλισμό είναι η πιο εύκολη λύση στην εφαρμογή, σημαίνει ότι ο εξοπλισμός έχει πιο μεγάλη ανοσία σε ένα πρόβλημα ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς. Δεν θα ανταποκριθεί στη διαταραχή και θα παράγει επίσης λιγότερες εκπομπές ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς. Αυτή δεν είναι πάντα μια εφικτή επιλογή, καθώς απαιτεί μια προσαρμοσμένη συσκευή αυστηρότερων προδιαγραφών που μπορεί να μην είναι άμεσα διαθέσιμη στην αγορά. Ωστόσο, εάν περισσότεροι αριθμοί παρόμοιων τύπων συσκευών δημιουργούν έναν συγκεκριμένο τύπο προβλήματος ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς ή εάν περισσότεροι πελάτες απαιτούν έναν συγκεκριμένο τύπο συσκευής, ο κατασκευαστής του εξοπλισμού πιθανότατα θα είναι έτοιμος να τον κατασκευάσει.



Εικόνα 29 Μέθοδοι μετριάσμου που χρησιμοποιούνται σε ένα σύστημα ισχύος

Η τροποποίηση του παρόχου (θέση 5) ηλεκτρικής ισχύος δεν είναι συχνά μια δυνατή επιλογή, καθώς είναι πιθανό να είναι πολύ δαπανηρή και απαιτεί αλλαγή σχεδιασμού στην τοπολογία του παρόχου. Αυτή η μέθοδος μετριάσμου ονομάζεται λύση σε επίπεδο χρησιμότητας, μια τέτοια λύση θα μπορούσε να περιλαμβάνει την αξιοποίηση της βοηθητικής υπηρεσίας που μπορούν να παρέχουν οι κατακεμημένοι ενεργειακοί πόροι (DER) καθώς και η ενσωμάτωση αποθήκευσης ενέργειας (όπως: μπαταρία, υπερπυκνωτής, fly wheel κ.λπ.). Αυτές οι δυνατότητες αποτελούν πρόκληση για το βοηθητικό πρόγραμμα για τη βελτίωση της ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος του δικτύου, ένας επαρκής σχεδιασμός είναι απαραίτητος για την υιοθέτηση αυτής της λύσης.

Άλλες μέθοδοι μετριάσμου μπορούν να εφαρμοστούν σε επίπεδο πίνακα ελέγχου πελάτη (θέση 2), σε αυτό το σημείο, οι λύσεις ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος χρησιμοποιούνται μόνο για την προστασία κρίσιμων φορτίων. Ένα Dynamic Voltage Restorer (DVR) χρησιμοποιείται κυρίως για την υποστήριξη πτώσεων τάσης. Ένας μεταβατικός καταστολέας υπέρτασης τάσης (TVSS) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προστασία ευαίσθητων συσκευών από παροδικές υπερτάσεις τάσης, ενώ ένας στατικός

αντισταθμιστής άεργου ισχύς (SVC) χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση της τάσης και την εξάλειψη του τρεμούλιασμα. Ένα ενεργό ή παθητικό φίλτρο χρησιμοποιείται για την εξάλειψη των ανεπιθύμητων αρμονικών από το σύστημα ισχύος.

Όταν ένας πελάτης θέλει να προστατεύσει ολόκληρη την εγκατάστασή του από διαταραχές ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς, οι συσκευές μετριασμού πρέπει να εγκατασταθούν σε επίπεδο εγκατάστασης (θέση 3). Σε αυτή τη θέση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα αδιάλειπτο τροφοδοτικό (UPS). Οι κατανεμημένες γεννήτριες μικρής κλίμακας (DG) μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως εφεδρικές γεννήτριες έκτακτης ανάγκης για την παροχή ισχύος στα φορτία σε περίπτωση λειτουργίας σε νησίδα από το δίκτυο.

Μια μέθοδος μετριασμού μπορεί να εφαρμοστεί και στη θέση 4, όταν περισσότεροι από έναν πελάτες είναι συνδεδεμένοι στον ίδιο τροφοδότη και η πλειοψηφία τους παραπονιέται για κακή ποιότητα ισχύς, ο διαχειριστής του δικτύου θα εφαρμόσει πιθανώς μια λύση εξομάλυνσης ποιότητας ισχύς στην αρχή ή σε μια κατάλληλη τοποθεσία αυτού του τροφοδότη για να λύσει το πρόβλημα πολλών πελατών. Αλλά όταν περισσότεροι πελάτες, που βρίσκονται σε διαφορετικούς τροφοδότες του ίδιου υποσταθμού, παραπονιούνται για διαταραχές ποιότητας ισχύς ο διαχειριστής του δικτύου μπορεί να υιοθετήσει τη μέθοδο μετριασμού στη θέση 5.

8.3. Ανάλυση κόστους-οφέλους

Όπως συζητήθηκε στην προηγούμενη ενότητα, οι επιλογές μετριασμού της ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς πρέπει να αξιολογούνται με συστηματικό τρόπο: λαμβάνοντας υπόψη τις οικονομικές επιπτώσεις των προβλημάτων ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς για όλα τα εμπλεκόμενα μέρη και το κόστος που σχετίζεται με διαφορετικές εναλλακτικές λύσεις για τη βελτίωση της απόδοσης ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς.

Η επιλογή της βέλτιστης τοποθεσίας για τη μέθοδο μετριασμού είναι μια μεγάλη απόφαση για τον διαχειριστή του δικτύου και τον πελάτη. Ένας από τους κύριους παράγοντες που επηρεάζουν τη λήψη αποφάσεων είναι ο αριθμός των παραπόνων που λαμβάνει ο φορέας εκμετάλλευσης του δικτύου από τους πελάτες λόγω της κακής ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς του παρόχου. Ανάλογα με αυτό, ο διαχειριστής του δικτύου μπορεί είτε να ζητήσει από τον πελάτη να συμμετάσχει και να πληρώσει για τη λύση είτε ο ίδιος ο διαχειριστής του δικτύου πρέπει να επενδύσει χρήματα στη μέθοδο μετριασμού για να ικανοποιήσει περισσότερους πελάτες.

Έτσι οι ακόλουθες καταστάσεις είναι δυνατές κατά τη λήψη απόφασης για μια επένδυση για μια λύση βελτιστοποίησης ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς:

- Επιλέγεται μέθοδος μετριασμού στο τερματικό του πελάτη ή στην εγκατάστασή του και η επένδυση γίνεται από τον πελάτη.
- Η μέθοδος μετριασμού υιοθετείται από την πλευρά του πελάτη, αλλά η επένδυση γίνεται από τον διαχειριστή του δικτύου.
- Μια μέθοδος μετριασμού μπορεί να εφαρμοστεί στο δίκτυο (όπως: αναδιαμόρφωση δικτύου, τοποθέτηση επιπλέον καλωδίου, εγκατάσταση αποθήκευσης ή φίλτρων κ.λπ.) ενώ η επένδυση μπορεί κοινοποιούνται από τον χειριστή του δικτύου και τον πελάτη, ανάλογα με την περίπτωση.

Για να αποφασιστεί μια επένδυση για τη βελτίωση του ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς του πάροχου, πρέπει να γίνει μια λεπτομερής οικονομική ανάλυση λαμβάνοντας υπόψη διάφορες δυνατότητες μείωσης του κόστους. Όλες οι εναλλακτικές επιλογές μετριασμού πρέπει να συγκρίνονται σε ίση βάση, αυτή η διαδικασία λήψης αποφάσεων ονομάζεται «κεφαλαιακός προϋπολογισμός», σε αυτή τη μέθοδο όλες οι ταμειακές ροές του έργου υπολογίζονται λαμβάνοντας υπόψη τη «χρονική αξία του χρήματος». Σε αυτή τη μέθοδο, είναι σημαντικό να εντοπιστούν όλοι οι κρίσιμοι παράγοντες που επηρεάζουν τις ταμειακές ροές και ο βαθμός ακρίβειας στην πρόβλεψη των διαφόρων μεγεθών κόστους.

Τα κύρια στοιχεία μιας επένδυσης προς διερεύνηση είναι:

- Το κόστος κεφαλαίου ή η αρχική επένδυση (για τον μετριασμό της ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς).
- Το κόστος του κεφαλαίου (που εξαρτάται από το προεξοφλητικό επιτόκιο).
- Εξοικονόμηση κόστους (λόγω μέτρων μετριασμού ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς).

- Κόστος λειτουργίας και συντήρησης για την επένδυση.
- Ο οικονομικός χρόνος ζωής της επένδυσης.

Ο κύριος σκοπός της ανάλυσης «κόστους-οφέλους» είναι να εξετάσει την απόδοση του έργου με την πάροδο του χρόνου. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες μέθοδοι αξιολόγησης για να αποφασιστεί η οικονομική σκοπιμότητα μιας επενδυτικής απόφασης. Μια ανάλυση «κόστους-οφέλους» που χρησιμοποιεί τη μέθοδο «καθαρή παρούσα αξία» (NPV) χρησιμοποιείται συνήθως για τη λήψη απόφασης σχετικά με μια δημόσια επένδυση. Σε αυτή τη μέθοδο αξιολόγησης αναλύεται η κοστολόγηση ολόκληρου του κύκλου ζωής, λαμβάνει υπόψη όλες τις ταμειακές ροές του έργου και τη χρονική αξία του χρήματος. Η καθαρή παρούσα αξία (NPV) υπολογίζεται ως η παρούσα αξία των ταμειακών εισροών του έργου μείον την παρούσα αξία των ταμειακών εκροών του έργου.

Η μέθοδος NPV χρησιμοποιεί ένα προεξοφλητικό επιτόκιο, ονομάζεται επίσης «κόστος ευκαιρίας του κεφαλαίου». Το «κόστος κεφαλαίου» μιας εταιρείας είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο που πρέπει να χρησιμοποιείται στον προϋπολογισμό κεφαλαίου και η τυπική αξία του προεξοφλητικού επιτοκίου κυμαίνεται μεταξύ 5-15%. Το σταθμισμένο μέσο κόστος κεφαλαίου (W ACC) αντανακλά το κόστος απόκτησης κεφαλαίου της εταιρείας για επένδυση σε μακροπρόθεσμα περιουσιακά στοιχεία. Άλλα σημαντικά ζητήματα όπως ο φόρος, η απόσβεση και η αξία διάσωσης στο τέλος της διάρκειας ζωής του έργου μπορούν επίσης να ενσωματωθούν στην ανάλυση καθαρής παρούσας αξίας (NPV). Για λόγους απλότητας, αυτά τα ζητήματα εξαιρούνται εδώ, τα έργα με θετική NPV αναμένεται να αυξήσουν την αξία της επένδυσης και αυτά κρίνονται οικονομικά εφικτά. Κατά την επιλογή μεταξύ αμοιβαία αποκλειστικών έργων, θα πρέπει να επιλέγεται το έργο με το μεγαλύτερο θετικό NPV.

Ο υπολογισμός του NPV για μια αρχική επένδυση C₀ για την επίλυση, για παράδειγμα, ενός προβλήματος πτώσης τάσης φαίνεται στην παρακάτω εξίσωση:

$$NVP = -C_0 + \sum_{n=0}^{n_{life}} \frac{(f_n * C_{sag} - C_{main})}{(1 + r_r)^n}$$

NVP = Καθαρή παρούσα αξία

C_0 = Αρχική επένδυση (για εξομάλυνση ισχύος)

f_n = Αριθμός συμβάντων πτώσης που πρέπει να μετριάστούν το έτος n

C_{sag} = Κόστος διακοπής ανά συμβάν

C_{main} = Κόστος πρόωρης συντήρησης

r_r = προεξοφλητικό επιτόκιο / Κόστος ευκαιρίας του κεφαλαίου

n_{life} = Διάρκεια ζωής επένδυσης / διάρκεια έργου

Από μια σειρά πρακτικών περιπτώσιολογικών μελετών, παρατηρήθηκε ότι οι πτώσεις τάσης προκαλούν μεγάλες οικονομικές απώλειες κυρίως στους πελάτες. Τις περισσότερες φορές, διαφορετικές συσκευές μετριάσμού μπορούν να υιοθετηθούν από την πλευρά του πελάτη για την προστασία των ευαίσθητων συσκευών του από τις βυθίσεις τάσης. Οι φορείς εκμετάλλευσης του δικτύου έχουν σχετικά μικρότερο πρόβλημα λόγω ενός συμβάντος πτώσης τάσης, εκτός από την απώλεια εσόδων. Καθώς είναι αρκετά δύσκολο αλλά και δαπανηρό να εξαιλεφθεί εντελώς ένα συμβάν πτώσης τάσης από το δίκτυο, οι διαχειριστές του δικτύου δεν ενδιαφέρονται αρκετά για να λύσουν αυτό το πρόβλημα μόνοι τους. Επίσης εάν μια ομάδα πελατών, που χρησιμοποιεί παρόμοιου τύπου συσκευές, υποστεί ζημιά εξαιτίας μιας παρόμοιας πτώσης τάσης, οι επηρεαζόμενοι πελάτες μπορούν είτε να ζητήσουν από τον κατασκευαστή της συσκευής να βελτιώσει τη σχεδίαση της συσκευής είτε να απευθυνθούν στον διαχειριστή του δικτύου για τη λήψη μέτρων μετριάσμού.

Οι αρμονικές έχουν συχνά έμμεσες οικονομικές επιπτώσεις στους φορείς εκμετάλλευσης του δικτύου καθώς και στους πελάτες. Μια ανάλυση κόστους-οφέλους για την επίλυση των προβλημάτων αρμονικών μπορεί να γίνει για διαφορετικά μέρη. Το κόστος της συσκευής μετριάσμού έναντι των αρμονικών είναι κυρίως επένδυση, ενώ τα οφέλη είναι γενικά η άθροιση τριών δαπανών ως εξής:

- Λειτουργικό κόστος για τον πελάτη ή/και τον χειριστή του δικτύου.
- Κόστος παλαίωσης συσκευών και εξαρτημάτων.
- Ποινές (για εκπομπές υψηλών αρμονικών ρευμάτων) ή αποζημιώσεις (για κακή ποιότητα).

Παρατηρείται ότι οι πελάτες συχνά δεν παρατηρούν άμεσα τις επιπτώσεις των αρμονικών εκτός από την τυχαία υπερθέρμανση των συσκευών και του ουδέτερου αγωγού ή την ενοχλητική ενεργοποίηση ενός διακόπτη ή ενός ρελέ. Ενώ οι φορείς εκμετάλλευσης του δικτύου παρατηρούν τις επιπτώσεις των αρμονικών καθώς τα στοιχεία του δικτύου μπορεί να υπερφορτωθούν και να υπερθερμανθούν, οδηγώντας σε υπερβολική ζήτηση ενέργειας και κακή λειτουργία των ρελέ δικτύου. Εάν ο διαχειριστής του δικτύου εκτελεί ανάλυση κόστους-οφέλους για την επίλυση ενός προβλήματος αρμονικών, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ακόλουθες πτυχές.

Το κόστος λειτουργίας είναι το κόστος των πρόσθετων ενεργειακών απωλειών που προκαλούνται από την αρμονική ροή σε κάθε στοιχείο του δικτύου, ενώ το κόστος γήρανσης αναφέρεται στο πρόσθετο κόστος που προκαλείται από την πρόωρη γήρανση των εξαρτημάτων λόγω της αρμονικής ρύπανσης.

Το κόστος ποινής αποφασίζεται από τον διαχειριστή του δικτύου έναντι εκείνων των πελατών που εγγέουν υπερβολική αρμονική ρύπανση στο δίκτυο.

Το κόστος κυρώσεων ενδέχεται να οριστεί από τη ρυθμιστική αρχή.

Για να επιτευχθεί η βέλτιστη λύση, απαιτείται σύγκριση των επενδύσεων του πελάτη και του διαχειριστή δικτύου, με αναφορά σε έναν μόνο πελάτη. Η ανάλυση κόστους-οφέλους χρησιμοποιώντας τη μέθοδο NPV δίνει γενικά μια λύση που είναι κοινωνικοοικονομικά βέλτιστη. Οπότε υπάρχουν οι όροι για επένδυση του μεμονωμένου πελάτη «NPVcustomer» για την επίλυση του προβλήματος ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς στο τερματικό του και η επένδυση που πραγματοποιεί ο διαχειριστής του δικτύου «NPVnetwork» για την επίλυση των προβλημάτων του «n» αριθμού πελατών που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο. Και οι δύο παραπάνω τιμές NPV (όπως φαίνεται στην εξίσωση) συγκρίνονται για τη λήψη της βέλτιστης απόφασης για την επένδυση.

$$\frac{(NVP_{network} * K_{exp})}{n} <=> NVP_{customer}$$

Το K_{exp} είναι ένας παράγοντας που λαμβάνει υπόψη πρόσθετη βαρύτητα στην εμπειρία του χειριστή του δικτύου όσον αφορά το χειρισμό και την επίλυση παρόμοιου είδους προβλημάτων που σχετίζονται με το δίκτυο. Όταν μια λύση διόρθωσης ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς που εφαρμόζεται από έναν πελάτη, είναι γενικά λιγότερο αποτελεσματική από ό,τι εάν η ίδια λύση εφαρμόζεται από τον διαχειριστή του δικτύου, η τιμή « K_{exp} » θεωρείται ότι είναι μικρότερη ή ίση με «1». Εάν το αριστερό μέρος της σχέσης είναι μεγαλύτερο από το δεξιό μέρος, είναι προτιμότερο να υλοποιηθεί η λύση δικτύου.

(Technical University Eindhoven)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση ποιότητας ηλεκτρικής ισχύς είναι ο βασικός κλάδος της ηλεκτρολογίας για αντιμετώπιση προβλημάτων ισχύς. Η έρευνα ενός καταναλωτή έχει βασικά στάδια για να διεξαχθούν ολοκληρωμένα και το δυνατόν πιο απόλυτα συμπεράσματα, ενώ είναι απαραίτητος ο εξοπλισμός, τόσο το υλισμικό όσο και το λογισμικό για λήψη και επεξεργασία μετρήσεων.

Για τον εντοπισμό του προβλήματος μίας ηλεκτρολογικής εγκατάστασης οι αρχικές ενέργειες που πρέπει να γίνουν είναι η λήψη μετρήσεων από το σημείο της παροχής και σταδιακά ενόσω εμφανιστεί πρόβλημα προχωράμε στους επόμενους σταθμούς της παροχής δηλαδή στους υποπίνακες, από εκεί στους υπόλοιπους κατανεμητές ενέργειας μέχρι να φτάσουμε στο φορτίο που από εκεί προκύπτει το πρωταρχικό πρόβλημα. Το φορτίο παίρνει παροχή από την τελική ασφαλιστική διάταξη και μπορεί να είναι ομάδα φορτίων όπου θα είναι και πιο σύνθετο πρόβλημα. Εκεί χρειάζεται να σταθούμε, να γίνει λήψη μέτρησης όπου θα διαρκέσει για μερικά 24ωρα, οπωσδήποτε ο χρόνος είναι ανάλογος της αποσαφήνισης προβλημάτων. Σε μεγάλες εγκαταστάσεις χρειάζονται παραπάνω όργανα καθώς υπάρχει μεγάλο πλήθος φορτίων και ο χρόνος έρευνας προβλημάτων μειώνεται αρκετά. Επίσης με περισσότερα όργανα συντονίζοντας τα να έχουν κοινό επίπεδο αναφοράς χρόνου μπορούν να εμφανιστούν αλληλεπιδράσεις μεταξύ σημείων στην εγκατάσταση.

Εφόσον διαφορετικά μέρη συνδέονται αμοιβαία μεταξύ τους και συγκεκριμένα: οι φορείς εκμετάλλευσης δικτύου, οι κατασκευαστές εξοπλισμού και οι πελάτες και καθώς η κακή ποιότητα ηλεκτρικής ισχύς μπορεί να προκαλέσει μεγάλες οικονομικές απώλειες σε όλα τα μέρη, είναι σημαντικό να εξετάζετε σοβαρά το πρόβλημα και να βρίσκεται η βέλτιστη λύση. Ένα διάγραμμα ροής αποφάσεων προτείνεται για να βρεθεί η καλύτερη λύση σε αυτά τα προβλήματα. Διατίθεται ένα ευρύ φάσμα πιθανών λύσεων με διαφορετικό βαθμό τιμής και αποτελεσματικότητας. Ανάλογα με τη σημασία του προβλήματος ποιότητας ισχύος και την επιρροή του, πρέπει να επιλεγεί μια κατάλληλη μέθοδος βελτιστοποίησης στην καταλληλότερη τοποθεσία. Ως εκ τούτου, απαιτείται ανάλυση κόστους-οφέλους με τη χρήση της μεθόδου «καθαρής παρούσας αξίας (NPV)», προκειμένου τα διάφορα μέρη να βρουν την καλύτερη λύση: σε επίπεδο δικτύου, σε επίπεδο μεμονωμένου εξοπλισμού, σε τερματικό ενός πελάτη ή κάπου ενδιάμεσα για την ικανοποίηση αμοιβαίων αναγκών μιας ομάδας πελατών.

Βιβλιογραφία

- Βοβός, Γ. Γ.-Α. (2013). Ανάλυση Κυκλωμάτων Ισχύος. σσ. 3-65.
- EUROPEAN STANDARD. (2005, Μάιος). *EN 50160*, σσ. 1-20.
- ΗΙΟΚΙ. (2020, Οκτώβριος). Instruction Manual . *PQ ONE*, σσ. 1-88.
- ΗΙΟΚΙ Ε.Ε. CORPORATION. (2021). Products & Services. *POWER QUALITY ANALYZER PQ3198*, σσ. 4-40.
- Markiewicz, P. H. (χ.χ.). Power Quality Application Guide. *Voltage Disturbances*, σσ. 1-16.
- ProFi system. (2019). Τεχνολογίες ποιότητας ισχύος.
- REO. (2010). A Power Quality Standard. *Fact Sheet 3*, σ. 1.
- Technical University Eindhoven. (χ.χ.). Decision Path for Investments on Solutions to Power Quality Problems. Netherlands.
- Μάργαρης Ν.Ι. Ανάλυση Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων, Θεσσαλονίκη 2016.
- Stephen J. Chapman, Electric Machinery Fundamentals 4th edition, Melbourne.
- Ψωμόπουλος Κ. Ηλεκτρικές Μετρήσεις 2^η Έκδοση, Πειραιάς 2015.
- Λαμπρίδης Δ. Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Θεσσαλονίκη 2006.
- Κοσμόπουλος Π. Κτήρια, Ενέργεια και Περιβάλλον, Θεσσαλονίκη 2008.
- Κιμουλάκης Ν. Κτηριακές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις 2^η έκδοση, Αθήνα 2006.

Παράρτημα Α

No.	Time	Event	I/O	CH	Level	Duration	Worst	Info
74	20:34:15.379	Wave		CH1				
75	21:09:40.293	Wave		CH1				
83	21:49:39.434	Wave		CH1				
	21:49:39.434	Wave		CH2				
	21:49:39.434	Wave		CH3				

No.	Time	Event	I/O	CH	Level	Duration	Worst	Info
87	00:58:34.125	Wave		CH2				
	00:58:34.125	Wave		CH3				
88	02:33:52.853	Wave		CH1				
	02:33:52.853	Wave		CH2				
	02:33:52.853	Wave		CH3				
	02:33:52.853	Tran	IN	CH2	116,1V	12 ms	-310,7V	OUT:No.89
89	02:33:52.865	Wave		CH1				
	02:33:52.865	Wave		CH2				
	02:33:52.865	Tran	OUT	CH3				IN:No.88
90	02:33:53.070	Wave		CH3				

91	02:33:53.502	Wave		CH1				
	02:33:53.502	Wave		CH2				
93	02:34:59.291	Wave		CH1				
94	02:40:25.209	Wave		CH1				
95	03:59:33.772	Wave		CH2				
	03:59:33.772	Wave		CH3				
96	05:16:03.613	Wave		CH1				
	05:16:03.613	Wave		CH2				
471	10:13:46.547	Wave		CH1				

Παράρτημα Β

No.	Time	Event	I/O	CH	Level	Duration	Worst	Info
15	01:33:55.012	Wave		CH1				
16	05:31:11.405	Wave		CH1				
17	06:00:35.794	Wave		CH1				
18	06:32:45.593	Wave		CH1				
19	07:21:54.210	Wave		CH2				
20	07:21:54.410	Wave		CH3				
21	14:02:34.463	Wave		CH1				
22	14:02:35.262	Wave		CH1				
23	15:45:52.141	Wave		CH2				
	15:45:52.141	Wave		CH3				
24	15:46:31.671	Wave		CH2				

25	15:47:11.269	Wave		CH3				
26	16:50:01.950	Wave		CH3				
27	21:02:36.095	Wave		CH1				
28	21:02:51.305	Wave		CH1				
29	21:32:56.007	Wave		CH1				
30	22:32:38.624	Wave		CH1				
31	22:33:03.631	Wave		CH1				
32	04:11:10.119	Wave		CH2				
	04:11:10.119	Wave		CH3				
33	05:29:34.526	Wave		CH1				
34	05:30:01.819	Wave		CH1				
35	05:30:36.830	Wave		CH1				
	05:30:36.830	Wave		CH3				
36	05:30:36.835	Wave		CH1				
	05:30:36.835	Wave		CH2				
	05:30:36.835	Wave		CH3				
37	05:30:37.065	Wave		CH2				
38	07:58:27.184	Wave		CH2				
39	08:51:45.715	Wave		CH2				
40	10:59:19.409	Wave		CH1				
41	16:32:35.401	Wave		CH1				
42	22:02:43.378	Wave		CH1				
43	05:40:52.630	Wave		CH1				

44	06:32:34.166	Wave		CH1				
45	09:13:25.275	Wave		CH1				
46	09:19:22.141	Wave		CH1				
47	09:23:48.877	Wave		CH1				
48	10:49:53.703	Tran	IN	CH2	84,7V	556 ms	138,1V	OUT:No.51
	10:49:53.703	Wave		CH1				
	10:49:53.703	Wave		CH2				
49	10:49:53.859	Wave		CH1				
	10:49:53.859	Wave		CH2				
50	10:49:54.059	Wave		CH1				
	10:49:54.059	Wave		CH2				
51	10:49:54.259	Tran	OUT	CH1				IN:No.48
52	10:49:56.101	Tran	IN	CH2	106,7V	558 ms	141,2V	OUT:No.55
	10:49:56.101	Wave		CH1				
	10:49:56.101	Wave		CH2				
53	10:49:56.431	Wave		CH1				
	10:49:56.431	Wave		CH2				
54	10:49:56.461	Wave		CH1				
	10:49:56.461	Wave		CH2				
	10:49:56.461	Wave		CH3				
55	10:49:56.659	Tran	OUT	CH1				IN:No.52
56	14:16:15.930	Stop						