

“ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΞΥΠΝΟΙ ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ”



Επιβλέπων
Καθηγητής:

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ

Σπουδαστής:

ΣΤΑΜΑΤΑΚΗΣ ΣΤΑΜΑΤΗΣ

ΑΜ: 36113

ΑΙΓΑΛΕΩ

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ-2016

Copyright © Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά Τεχνολογικού Τομέα

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή της 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 τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Ανώτατου Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά Τεχνολογικού Τομέα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή κ. Γεώργιο Ιωαννίδη για τη βοήθεια και καθοδήγησή του, για την επίλυση διάφορων θεμάτων.

Θα θελα επίσης να ευχαριστήσω τους γονείς μου και την οικογένεια μου, οι οποίοι στήριξαν τις σπουδές μου με διάφορους τρόπους, φροντίζοντας για την καλύτερη δυνατή μόρφωσή μου και για την τεράστια υπομονή που είχαν.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	iii
Περιεχόμενα	iv
Λίστα σχημάτων	vi
Summary	viii
Πρόλογος	1
1^ο Κεφάλαιο “Θεωρία σφαλμάτων”	1
1.1 Εισαγωγή	1
1.2 Απόλυτο και σχετικό σφάλμα	2
1.3 Ακρίβεια, ορθότητα και διακριτική ικανότητα	2
1.4 Σφάλματα παρατήρησης.....	4
1.5 Συστηματικά σφάλματα.....	4
1.6 Τυχαία σφάλματα	5
1.7 Μεθοδολογία υπολογισμού σφαλμάτων και κανονική κατανομή	5
2^ο Κεφάλαιο “Όργανα απόκλισης”	8
2.1 Εισαγωγή	8
2.2 Όργανα κινητού πηνίου - Μόνιμου μαγνήτη	8
2.3 Ηλεκτροδυναμικά όργανα	9
2.4 Όργανα κινητού σιδήρου.....	11
2.5 Ηλεκτροστατικά όργανα.....	14
2.6 Γαλβανόμετρο	14
3^ο Κεφάλαιο “Όργανα μέτρησης τάσης, ρεύματος & ισχύος”	17
3.1 Συνδεσμολογία οργάνου απόκλισης.....	17
3.2 Αμπερόμετρο	20
3.3 Βολτόμετρο.....	21
3.4 Μετρήσεις για εναλλασσόμενο ρεύμα	22
3.5 Βατόμετρο	27
3.6 Παλμογράφος	29
4^ο Κεφάλαιο “Μέτρηση αντίστασης, χωρητικότητας & αυτεπαγωγής”.....	31
4.1 Μέτρηση αντίστασης με ακρίβεια.....	31
4.2 Γέφυρες Wheatstone και Kelvin.....	32
4.3 Γέφυρες εναλλασσομένου ρεύματος.....	33
4.4 Μέτρηση χωρητικότητας, αυτεπαγωγής,	34
4.5 Γέφυρες Maxwell, Hay, Owen, Schering και Wien.....	35
4.5.1 Γέφυρα Maxwell	35
4.5.2 Γέφυρα Hay	36
4.5.3 Γέφυρα Owen	37
4.5.4 Γέφυρα Shering	37
4.5.5 Γέφυρα Wien.....	38
5^ο Κεφάλαιο “ Εισαγωγή στα έξυπνα δίκτυα (smart grids) ”.....	39
5.1 Εισαγωγή	39
5.2 Ο ορισμός του έξυπνου δικτύου	39
5.3 Βασικά χαρακτηριστικά έξυπνου δικτύου.....	40
6^ο Κεφάλαιο “Μέτρηση ηλεκτρικής ενέργειας”	42
6.1 Εισαγωγή	42
6.2 Πληροφορίες Τιμολογίου	43
6.3 Ηλεκτρομηχανικοί Μετρητές	45
6.4 Ηλεκτρονικοί Μετρητές	46
6.5 Μετρητές Προπληρωμής και κάρτες με μαγνητική ταινία.....	47
6.6 Έξυπνοι μετρητές	48

6.6.1	Αναγκαιότητα αναλυτικών μετρήσεων σε οικιακές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.....	48
6.6.2	Έξυπνοι μετρητές	49
6.6.3	Θεσμικό πλαίσιο για τους έξυπνους μετρητές.....	51
6.6.4	Παρουσίαση και τοποθέτηση έξυπνων μετρητών εμπορίου	52
6.6.4.1	Τοποθέτηση έξυπνων μετρητών.....	52
6.6.4.2	OWL Micro+	54
6.6.4.3	OWL με USB.....	55
7^ο	Κεφάλαιο “ Πλεονεκτήματα έξυπνων μετρητών ”	57
7.1	Πλεονεκτήματα στον καταναλωτή	57
7.2	Πλεονεκτήματα στην επιχείρηση	59
7.3	Τα σημαντικότερα οφέλη	60
8^ο	Κεφάλαιο “ Επίλογος ”	63
	Βιβλιογραφία.....	65

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1 Διακριτική ικανότητα	3
Σχήμα 1.7 Καμπύλη της κανονικής τιμής γύρω από την μέση τιμή.....	7
Σχήμα 2.1 Ο μηχανισμός d'Arsonval	8
Σχήμα 2.2 Ηλεκτοδυναμικό όργανο.	9
Σχήμα 2.2.2 Ηλεκτοδυναμικό όργανο με πτερύγιο	10
Σχήμα 2.3.1 Ακτινωτά πτερύγια	11
Σχήμα 2.3.2 Ομοαξονικά πτερύγια.....	12
Σχήμα 2.3.3 Όργανο κινητού σιδήρου με ένα πτερύγιο	13
Σχήμα 2.5.1 Γαλβανόμετρο	15
Σχήμα 2.5.2 Προστασία γαλβανομέτρου	15
Σχήμα 3.1.1 Κύκλωμα μιας αντίστασης για μέτρηση ρεύματος	18
Σχήμα 3.1.2 Κύκλωμα δυο αντιστάσεων για μέτρηση ρεύματος	18
Σχήμα 3.1.3 Κύκλωμα μίας αντίστασης για μέτρηση τάσης.....	19
Σχήμα 3.1.4 Κύκλωμα δύο αντιστάσεων για μέτρηση τάσης	19
Σχήμα 3.2.1 Διακόπτης make-before-break	20
Σχήμα 3.2.2 Clamp meter	21
Σχήμα 3.3 Βολτόμετρο πολλαπλών κλιμακίων	22
Σχήμα 3.4.1 VDC τάση	23
Σχήμα 3.4.2 Χαρακτηριστική καμπύλη διόδου	24
Σχήμα 3.4.3 Έξοδος ανορθωτή ημίσεως κύματος	25
Σχήμα 3.4.4 Ανορθωτής πλήρους κύματος	25
Σχήμα 3.4.5 Ανορθωτής πλήρους κύματος	26
Σχήμα 3.4.6 Έξοδος ανορθωτή πλήρους κύματος	26
Σχήμα 3.4.7 Αμπερόμετρο εναλλασσομένου ρεύματος	27
Σχήμα 3.5.1 Βατόμετρο	28
Σχήμα 3.5.2 Ειδική σύνδεση break-incable	28
Σχήμα 3.6 Παλμογράφος.....	29
Σχήμα 4.1 Συνδεσμολογίες για μέτρηση αντίστασης.....	31
Σχήμα 4.2.1 Γέφυρα Wheatstone	32
Σχήμα 4.2.2 Γέφυρα Kelvin.....	33
Σχήμα 4.3 Γέφυρες εναλλασσομένου ρεύματος	34
Σχήμα 4.4. Γέφυρα μέτρησης χωρητικότητας	34
Σχήμα 4.5.1 Γέφυρα Maxwell	36
Σχήμα 4.5.2. Γέφυρα Hay	36
Σχήμα 4.5.3 Γέφυρα Owen.....	37
Σχήμα 4.5.4 Γέφυρα Schering.....	38
Σχήμα 4.5.5 Γέφυρα Wien.....	38
Σχήμα 6.3 Συμβατικός μετρητής ΔΕΗ.....	45
Σχήμα 6.4 Ηλεκτρονικός μετρητής	47
Σχήμα 6.6.2. Έξυπνος μετρητής	49
Σχήμα 6.4.4.1 Τοποθέτηση αισθητήρα	52
Σχήμα 6.4.4.2 Ολοκληρωμένη εγκατάσταση μετρητή OWL.....	53
Σχήμα 6.4.4.1 OWL	54
Σχήμα 6.4.4.2 OWL micro+	54

<i>Σχήμα 6.4.4.3 OWL με USB</i>	56
---------------------------------------	----

SUMMARY

The consumer need for measuring the electrical current was always great. Today the data have evolved so that there is need for more detailed measurements will satisfy the needs of both operators and consumers. The purpose of the first part of the following research is to present the electrical measurements, instruments and circuits with any place and the errors that may occur.

Then smart meters are presented who in their great potential help to collect and store a wealth of information. Furthermore, this will lead to a significant change in consumer behavior towards sustainable consumption patterns. The direct consumption data provide customers with information on the correct use of energy and helps them to reduce their consumption as we will see below. We will also look at the consumer benefits and what says the PPC smart meters

Keywords: Smart meters, need for measuring

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Με τον όρο μέτρηση μεγέθους εννοούμε την πραγματοποίηση της σύγκρισης του μεγέθους αυτού με κάποιο άλλο μέγεθος. Πιο συγκεκριμένα σε μια μέτρηση καθορίζουμε την αριθμητική τιμή ενός φυσικού μεγέθους σε σχέση με ένα άλλο προκαθορισμένο ομοειδές μέγεθος το οποίο λαμβάνεται ως μονάδα..

Οι ηλεκτρικές μετρήσεις, χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο και επομένως για τη σωστή και αποδοτική λειτουργία των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, των ηλεκτρικών εξαρτημάτων και των ηλεκτρικών μηχανών. Κατά τις ηλεκτρικές μετρήσεις με τη χρήση καταλλήλων μεθόδων και οργάνων προσδιορίζονται τα διάφορα ηλεκτρικά μεγέθη. Τα όργανα είναι διατάξεις, που έχουν σχέση με το φυσικό μέγεθος που θέλουμε να μετρήσουμε.

Η εργασία χωρίζεται σε δυο μέρη. Το πρώτο μέρος, όπου είναι τα τέσσερα πρώτα κεφάλαια, θα δούμε τα σφάλματα στις ηλεκτρικές μετρήσεις, τα όργανα απόκλισης και διάφορες συνδεσμολογίες για την μέτρηση ρεύματος , τάσης, ισχύς, και τις γέφυρες που χρησιμοποιούνται γι' αυτό.

Η μέτρηση είναι το κλειδί για την καλή διαχείριση της ενέργειας. Γι' αυτό και στο δεύτερο μέρος (που ξεκινάει από 5ο κεφάλαιο) θα δούμε τα έξυπνα δίκτυα και τους διάφορους μετρητές ηλεκτρικής ενεργείας. Στη συνέχεια θα μελετήσουμε τους έξυπνους μετρητές, τα πλεονεκτήματά τους, και το τι λέει η ΔΕΗ για αυτούς.

Λέξεις κλειδιά: Έξυπνοι μετρητές, ηλεκτρικές μετρήσεις, ηλεκτρικό ρεύμα, ενέργεια

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΘΕΩΡΙΑ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ”

1.1 Εισαγωγή

Ένα από τα σπουδαιότερα προβλήματα των ηλεκτρικών μετρήσεων είναι τα σφάλματα. Η διαδικασία της μέτρησης είναι η <<σύγκριση>> ενός μεγέθους. Η σύγκριση αυτή γίνεται με χρήση τεχνικών μέσων τα όποια ονομάζονται όργανα μέτρησης. Μια μέτρηση χαρακτηρίζεται από επαναληψιμότητα, αξιοπιστία και ακρίβεια. Το αποτέλεσμα της μέτρησης δίνει τιμή σε ένα μέγεθος, η οποία αποτελεί τον ποσοτικό και ποιοτικό προσδιορισμό αυτής της ιδιότητας του μετρουμένου μεγέθους. Με βάση αυτά προκύπτουν οι βασικές ιδιότητες των μετρήσεων:

- Το αποτέλεσμα της μέτρησης πρέπει να είναι πάντα ένας συγκεκριμένος αριθμός εκφραζόμενος σε συγκεκριμένες μονάδες μέτρησης.
- Η μέτρηση γίνεται πάντα με την βοήθεια κάποιου οργάνου μέτρησης.
- Η μέτρηση είναι πάντα μια πειραματική εργασία

Η αληθινή τιμή ή πραγματική τιμή ενός μεγέθους είναι η τιμή που πραγματικά έχει αυτό. Αν ήταν γνωστή η τιμή αυτή τότε δεν θα ήταν απαραίτητη η διαδικασία της μέτρησης. Ο στόχος των μετρήσεων είναι ουσιαστικά η εύρεση της τιμής αυτής.

Όταν πραγματοποιούμε πολλές μετρήσεις ενός μεγέθους, θα παρατηρήσουμε ότι παρότι έχουμε πάρει όλες τις προφυλάξεις δεν βρίσκουμε πάντα την ίδια τιμή. Κανένα όργανο δεν είναι τέλειο. Όλα εισάγουν κάποιο σφάλμα, εξαιρετικά μικρό, ή μικρό, ή μεγάλο, στις μετρήσεις που κάνουν. Εκτός όμως από το όργανο, στη διαδικασία μέτρησης συμμετέχει και ο χρήστης/παρατηρητής και υπεισέρχονται κι άλλοι παράγοντες, που μπορεί να συντελέσουν σε αύξηση του σφάλματος. Στο κεφάλαιο αυτό θα δούμε όλες τις πιθανές πηγές σφαλμάτων.

1.2 Απόλυτο και σχετικό σφάλμα

Αν θεωρήσουμε μια αντίσταση των 100 Ω, κατασκευασμένη με ανοχή (tolerance) 10 Ω. Τότε η πραγματική τιμή κυμαίνεται από 90 έως 110 Ω και μπορούμε να γράψουμε ότι πρόκειται για μια αντίσταση 100 ± 10 Ω. Αυτό είναι ένα απόλυτο μέτρο του σφάλματος.

Ας υποθέσουμε τώρα ότι ο ίδιος κατασκευαστής έχει ένα μηχάνημα που κατασκευάζει αντιστάσεις οποιασδήποτε ονομαστικής τιμής με τον ίδιο ακριβώς τρόπο άρα και με το ίδιο εύρος δυνατών τιμών (ανοχή). Τότε, μια αντίσταση των 1000 Ω θα είχε δυνατές τιμές από 900 έως 1100 Ω. Το σφάλμα θα ήταν $|1000 - 900| / 1000 = 0,1$ ή 10 %. Αυτή η ανοχή ισχύει για οποιαδήποτε τιμή αντίστασης και βλέπουμε ότι η ανοχή αυτή συμπεριλαμβάνει την ίδια την τιμή-στόχο στον ορισμό.

Γενικότερα, αν A είναι ένα μέγεθος και A^* μια προσέγγιση ή εκτίμησή του, τότε έχουμε:

Απόλυτο σφάλμα: $|A - A^*|$ (εκφράζεται σε ίδιες μονάδες με το A)

Σχετικό σφάλμα: $|A - A^*| / A$ (αδιάστατο, εκφράζεται με διάφορους τρόπους, π.χ. %)

Αν, για παράδειγμα, μετρήσαμε μια τάση 3 V με σχετικό σφάλμα $\pm 1\%$, τότε η πραγματική τιμή αυτής της τάσης βρίσκεται στο διάστημα 2,97 V έως 3,03 V, δηλ. μια μεταβολή 0,06 V.

Φυσικά, μια τάση 400 V με το ίδιο σχετικό σφάλμα $\pm 1\%$, θα κυμαινόταν στο διάστημα 396 V έως 404 V, δηλ. μια μεταβολή 8 V.

Ένας άλλος τρόπος να εκφράζουμε σφάλματα ή ανοχές είναι να μιλάμε για ppm (parts-per-million) σχετικά με τη δεδομένη ποσότητα, π.χ. ο συντελεστής θερμοκρασίας μιας αντίστασης μπορεί να εκφραστεί σαν ppm/°C. Για μια αντίσταση των 2 MΩ με συντελεστή θερμοκρασίας 100 ppm/°C, θα έχουμε ότι η αντίσταση θα μεταβάλλεται κατά Ω για κάθε βαθμό Κελσίου, $(100/2000000) * 1000000 = 200$ Ω.

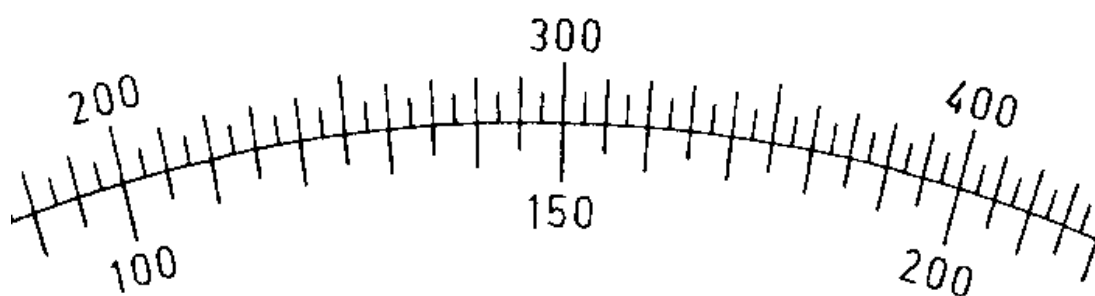
Δηλαδή η τιμή της θα είναι $2\text{M}\Omega \pm 200$ Ω για κάθε βαθμό μεταβολής της θερμοκρασίας.

1.3 Ακρίβεια, ορθότητα και διακριτική ικανότητα

Ένα αμπερόμετρο με σφάλμα $\pm 1\%$ ΠΑΚ δείχνει ακριβώς 1 A σε πλήρη κλίμακα. Σύμφωνα με τα προηγούμενα, η πραγματική τιμή του ρεύματος είναι $1 \text{ A} \pm 1\% = 0,99$ έως $1,01$ A. Αυτό το ποσοστό 1% δείχνει πόσο κοντά είναι η μέτρηση στην πραγματική τιμή και

αποκαλείται **ορθότητα** (accuracy) της μέτρησης. Η ορθότητα αντανακλά τη μέγιστη δυνατή απόκλιση από την ιδανική τιμή.

Η **διακριτική ικανότητα** (Σχήμα 1.1) είναι η μικρότερη ποσότητα που μπορούσαμε να διαβάσουμε πάνω σε μια κλίμακα. Π.χ., στην εικόνα αμέσως πιο κάτω, μπορούμε να δηλώσουμε ότι η διακριτική ικανότητα της κλίμακας είναι της τάξης της μιας μονάδας (αν η βελόνα είναι αρκετά λεπτή. Εναλλακτικά, μπορούμε να πούμε ότι μια αλλαγή στη μετρούμενη ποσότητα της τάξης της μιας μονάδας μπορεί να γίνει αντιληπτή. Φυσικά, αυτό είναι ένα άλλο είδος ευαισθησίας (την έχουμε ήδη ορίσει με διαφορετικό τρόπο) που αφορά άμεσα τον παρατηρητή.



Σχήμα 1.1 Διακριτική ικανότητα

Στις πιο πάνω κλίμακες, και με καλό εξοπλισμό, η διακριτική ικανότητα μπορεί να είναι ακόμα και 1 μονάδα

Θα μπορούσαμε να κατανοήσουμε καλύτερα τη διακριτική ικανότητα αν σκεφτόμασταν τη σειρά των δυνατών τιμών που μπορούν να διαβαστούν από το όργανο σαν μια σκάλα (με ομοιόμορφα σκαλοπάτια) που ξεκινάει από το έδαφος και ανεβαίνει. Τότε, το πλάτος τού σκαλοπατιού είναι η διακριτική ικανότητα και ορίζεται επακριβώς σαν $\Delta X / (X_{max} - X_{min})$ αν το μετρούμενο μέγεθος είναι το X και ΔX είναι η ελάχιστη δυνατή απόσταση μεταξύ διαδοχικών τιμών.

Η **ακρίβεια** (precision) της μέτρησης είναι κάτι διαφορετικό, αν και σχετικό: έχει να κάνει με την επαναληψιμότητα και την αξιοπιστία της μέτρησης. Π.χ. σε ένα κατάλληλα εξοπλισμένο όργανο (κάτοπτρο, βελόνα-αιχμή, κλπ.) μπορούμε να διαβάσουμε την τιμή με μεγάλη ακρίβεια. Αλλά αν πρέπει να το κάνουμε βιαστικά, ίσως δεν προλαβαίνουμε να εκμεταλλευτούμε τις δυνατότητες του οργάνου.

1.4 Σφάλματα παρατήρησης

Είναι τα σφάλματα που οφείλονται στον χειρισμό τού οργάνου. Συμπεριλαμβάνουν κυρίως τα εξής:

- **Σφάλματα παράλλαξης**, όπου ο παρατηρητής δεν έχει τη σωστή θέση και λόγω της απόστασης μεταξύ βελόνας και κλίμακας διαβάζει παραπλήσια τιμή και όχι τη σωστή. Αυτό διορθώνεται σε όργανα καλύτερης ποιότητας (και μεγαλύτερου κόστους φυσικά) με τη χρήση βελόνας-αιχμής μαχαιριού (εξαιρετικά λεπτής, δηλαδή) και στενής ταινίας κατόπτρου παράλληλης με την κλίμακα έτσι ώστε όταν συμπίπτει η βελόνα με το είδωλό της να είμαστε σίγουροι ότι διαβάζουμε από τη σωστή θέση.
- **Σφάλματα ανάγνωσης**, όπου ο παρατηρητής διαβάζει μεν σωστά την ένδειξη αλλά σε λανθασμένη κλίμακα (πολύ συχνά τα όργανα έχουν πολλαπλές κλίμακες).
- **Σφάλματα καταγραφής**, όπου ο παρατηρητής διαβάζει σωστά την ένδειξη και στη σωστή κλίμακα αλλά την καταχωρίζει σε λανθασμένο σημείο στον σχετικό πίνακα (π.χ. τάση σε V την γράφει κατά λάθος σε στήλη για ρεύμα σε A).

Μερικές φορές, ειδικά σε κρίσιμες μετρήσεις είναι καλό να επιστρατεύεται και δεύτερος παρατηρητής, ειδικά για επανάληψη μετρήσεων που χαρακτηρίστηκαν μη αναμενόμενες ή παράξενες. Έχουν συμβεί όμως διαφωνίες ακόμα και σ' αυτήν την περίπτωση

1.5 Συστηματικά σφάλματα

Τα σφάλματα που οφείλονται στο σύστημα μέτρησης που χρησιμοποιούμε, ή που οφείλονται σε παραμορφώσεις, ανακρίβειες ή μη ορθότητες που προκαλεί το ίδιο το όργανο, αποκαλούνται **συστηματικά σφάλματα**. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η μέτρηση τάσης σε ένα κύκλωμα την ώρα που αυτό λειτουργεί. Το βολτόμετρο, λόγω της εσωτερικής του αντίστασης, θα επηρεάσει τη λειτουργία τού κυκλώματος και η μέτρηση δεν θα αντανakλά την «αλήθεια». Το ίδιο θα συμβεί και σε μια μέτρηση ρεύματος με αμπερόμετρο που παρεμβάλλεται στον κλάδο.

Στα συστηματικά σφάλματα συμπεριλαμβάνουμε:

- Την κακή βαθμονόμηση (από κατασκευής, π.χ.) ή την κακή ή ελαττωματική διακρίβωση
- Τον κακό μηδενισμό (nulling) τού οργάνου.
- Παλαιώση του οργάνου.
- Εξωτερικούς δυσμενείς παράγοντες, όπως πολύ υψηλές ή πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, ηλεκτρικά ή μαγνητικά πεδία, μετεωρολογικά στοιχεία (π.χ. κεραυνοί), κλπ.

Είναι προφανές ότι κάποια συστηματικά σφάλματα δεν μπορούν να αποφευχθούν. Άλλα μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με προσεκτική χρήση, συνεπή συντήρηση και κατάλληλες προφυλάξεις.

Υπάρχει και κατάλληλος «λογισμός» που αφορά (κυρίως τα συστηματικά) σφάλματα και μας δίνει επακριβώς το συνολικό σφάλμα σε συγκεκριμένες περιπτώσεις (βλ. αμέσως πιο κάτω). Σε άλλες περιπτώσεις και γενικότερα, ο «νόμος τού Murphy» πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπ' όψη και να θεωρούμε ότι πάντα τα σφάλματα συνδυάζονται με τον χειρότερο δυνατό τρόπο.

1.6 Τυχαία σφάλματα

Οφείλονται σε τυχαίους παράγοντες, ατυχήματα ή ατυχή συμβάντα. Μπορεί να είναι ανθρώπινα σφάλματα που προκαλούνται από κούραση ή άγχος. Επίσης, μπορεί να οφείλονται σε ξαφνικές αυξήσεις της τάσης στο τροφοδοτικό, ή μια αλλαγή στη συχνότητα τροφοδοσίας στο δίκτυο και άλλα παρόμοια γεγονότα.

Για να τα αποφύγουμε (κυρίως σε κρίσιμες μετρήσεις), επαναλαμβάνουμε τη μέτρηση, ίσως και πολλές φορές, και επεξεργαζόμαστε στατιστικά τα δεδομένα που προκύπτουν. Διερευνούμε για τυχόν ύπαρξη ακραίων τιμών (outliers) και αποφασίζουμε πώς να τις χειριστούμε. Είναι πιθανό να απορρίψουμε ολόκληρο το σύνολο των μετρήσεων και να επαναλάβουμε σε περίπτωση που «δεν βγάζουμε άκρη».

1.7 Μεθοδολογία υπολογισμού σφαλμάτων και κανονική κατανομή

Όπως είδαμε παραπάνω, σε κάθε μέτρηση υπάρχουν συστηματικά και τυχαία σφάλματα. Ο διαχωρισμός των δυο αυτών σφαλμάτων είναι εξαιρετικά δύσκολος και απαιτεί σε πολλές περιπτώσεις σημαντικό αριθμό υπολογισμών, ενώ αποτελεί βασική προϋπόθεση η εκτέλεση

πολλών μετρήσεων του ίδιου μεγέθους στις ίδιες συνθήκες. Είναι προφανές ότι ο διαχωρισμός μεταξύ των σφαλμάτων δεν είναι πρακτικά εφικτό να επιτευχθεί, και να βρεθεί η πραγματική τιμή του μετρούμενου μεγέθους με κάποιο υπολογισμένο σφάλμα. Έτσι στην πράξη χρησιμοποιείται μια συμβατική τιμή η οποία λαμβάνεται ως η τιμή αναφοράς του μετρούμενου μεγέθους και με βάση αυτή την τιμή γίνονται οι υπόλοιποι υπολογισμοί. Η συμβατική τιμή υπολογίζεται, ή ορίζεται ανάλογα την μεθοδολογία – πρότυπο που εφαρμόζεται και τον τρόπο που κατανέμονται οι τιμές που μετρήθηκαν μεταξύ της μέγιστης και της ελαχίστης τιμής. Η κατανομή αυτή αποτελεί ένα πολύ σημαντικό παράγοντα επιλογής του μαθηματικού τρόπου επεξεργασίας των αποτελεσμάτων.

Η έννοια της μορφής της κατανομής σε μια διαδικασία μετρήσεων σχετίζεται με τον αριθμό των μετρήσεων. Μια ή δυο μετρήσεις δεν αποτελούν κατανομή. Για να μπορεί να οριστεί η έννοια ‘κατανομή’ και κατά συνέπεια η μορφή της, απαιτείται ένας υπολογισμός μετρήσεων του μεγέθους υπό τις ίδιες συνθήκες.

Η πιο γνωστή κατανομή είναι η κανονική κατανομή ή κατανομή Gauss, της οποίας η καμπύλη φαίνεται στα σχήμα 1.7. Η κατανομή αυτή προτάθηκε από τον Gauss το 1809, βασισμένη σε τρία αξιώματα τα οποία αποτελούν τη βάση της θεμελιώδους αυτής κατανομής και τα οποία είναι :

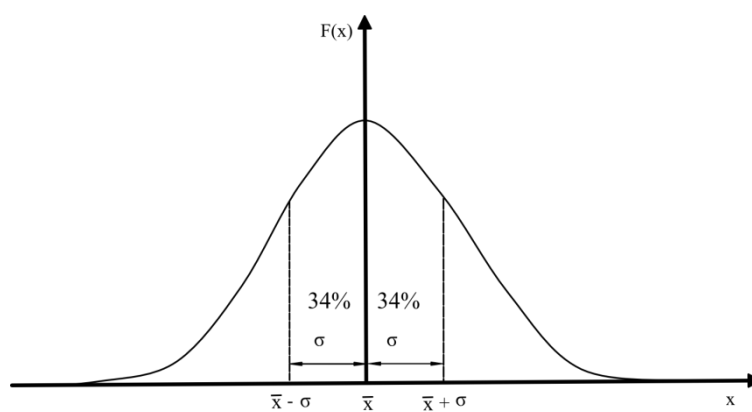
- Σε μια σειρά ανεξάρτητων παρατηρήσεων ή μετρήσεων, τα σφάλματα διαφορετικού πρόσημου εμφανίζονται με την ίδια συχνότητα.
- Μεγάλες αποκλίσεις από την αληθινή τιμή εμφανίζονται λιγότερο συχνά από τις μικρές αποκλίσεις.
- Εάν μια τιμή προκύπτει από τις ανεξάρτητες παρατηρήσεις – μετρήσεις, οι οποίες γίνονται με τις ίδιες συνθήκες και την ίδια μεθοδολογία, τότε ο αριθμητικός μέσος όλων των παρατηρήσεων δίνει την πλέον πιθανή τιμή.

Για τον υπολογισμό της συνάρτησης της κανονικής κατανομής απαιτείται να υπολογιστούν δυο βασικές τιμές, όπως ο αριθμητικός μέσος και η τυπική απόκλιση. Ο τύπος που μας δίνει τον αριθμητικό μέσο είναι :

$$\bar{x} = \frac{x_1v_1 + x_2v_2 + \dots + x_kv_k}{v_1 + v_2 + \dots + v_k} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i v_i}{\sum_{i=1}^k v_i} = \frac{1}{v} \sum_{i=1}^k x_i v_i$$

Και η τυπική απόκλιση από τον τύπο :

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$



Σχήμα 1.7 Καμπύλη της κανονικής τιμής γύρω από την μέση τιμή

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΟΡΓΑΝΑ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ”

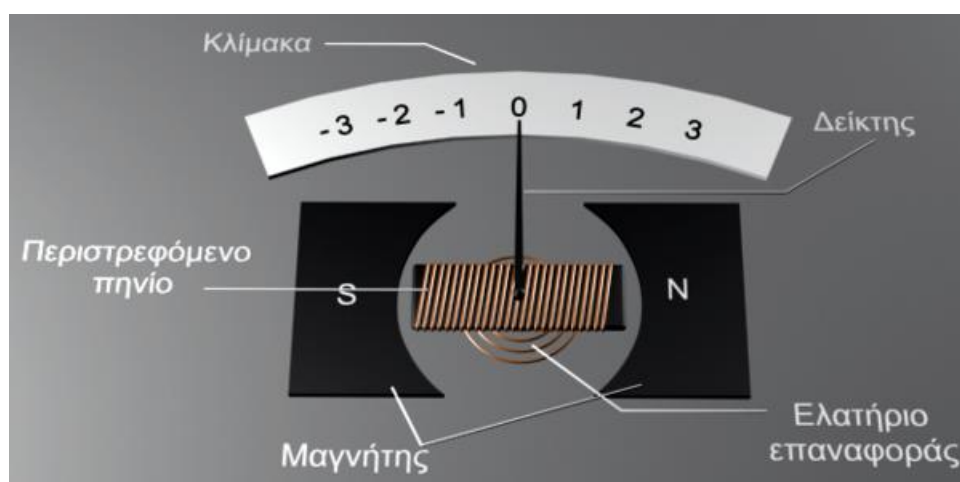
2.1 Εισαγωγή

Με τον όρο μέτρηση μεγέθους εννοούμε την πραγματοποίηση της σύγκρισης του μεγέθους αυτού με κάποιο άλλο μέγεθος. Πιο συγκεκριμένα σε μια μέτρηση καθορίζουμε την αριθμητική τιμή ενός φυσικού μεγέθους σε σχέση με ένα άλλο προκαθορισμένο ομοειδές μέγεθος το οποίο λαμβάνεται ως μονάδα. Η διαδικασία αυτής της σύγκρισης γίνεται με τα όργανα μέτρησης. Τα όργανα μέτρησης ηλεκτρικών μεγεθών, ταξινομούνται σε διάφορες κατηγορίες

Στα όργανα απόκλισης, ένας δείκτης (συνήθως βελόνα) αποκλίνει πάνω σε μία κατάλληλη βαθμονομημένη κλίμακα, όπου και λαμβάνεται η μέτρηση του μεγέθους.

2.2 Όργανα κινητού πηνίου - Μόνιμου μαγνήτη

Ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται από μια σπείρα που βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο δημιουργούμενο από μόνιμο μαγνήτη [d' Arsonval-1890](Σχήμα 2.1)



Σχήμα 2.1 Ο μηχανισμός d'Arsonval

Τεχνολογία στήριξης:

- Κουζινέτα από ρουμπίνι (όπως και στα ρολόγια), στηριγμένα σε ελατήρια για να αποσβένονται τυχόν κραδασμοί.
- Σπειροειδή ελατήρια ή προεντεταμένο έλασμα (tautband) από κατάλληλα κράματα, που μπορούν επίσης να χρησιμεύσουν και σαν αγωγοί αν απαιτηθεί.

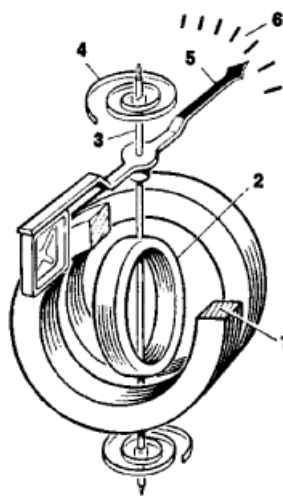
Από τη φύση της κατασκευής του, το όργανο με μόνιμο μαγνήτη δεν είναι κατάλληλο για μέτρηση εναλλασσομένου ρεύματος.

ΤΥΠΙΚΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ:

1. Ρεύματα από 5 μA έως 50 μA
2. Εσωτερική αντίσταση (πηνίου) από 1 $\text{k}\Omega$ έως 50 $\text{k}\Omega$
3. Από τα παραπάνω προκύπτει ένα εύρος για τάσεις από 5 mV έως 250 mV

2.3 Ηλεκτροδυναμικά όργανα

Εδώ απουσιάζει ο μόνιμος μαγνήτης, που έχει αντικατασταθεί από πηνία (1) που δημιουργούν το απαραίτητο πεδίο για το κινητό πηνίο(2) όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2.1.



Σχήμα 2.2.1 Ηλεκτοδυναμικό όργανο.

Στο όργανο αυτό δεν αναπτύσσονται δινορεύματα, οπότε απαιτείται άλλου τύπου απόσβεση. Αυτή επιτυγχάνεται με ένα πτερόγιο/φτερωτή που κινείται μέσα σε ένα κλειστό δοχείο (σχήμα 2.2.2).

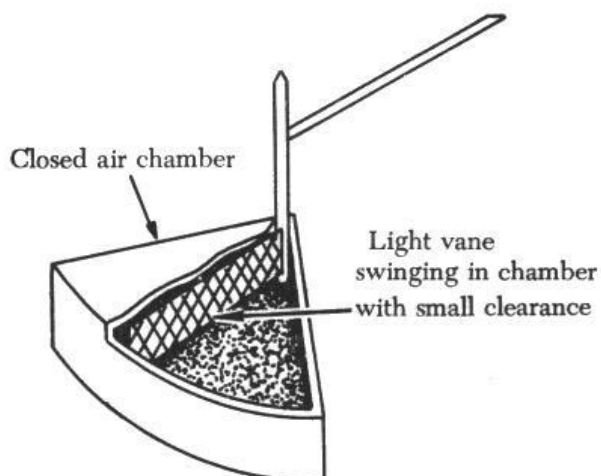


FIGURE 8-125. Air damping.

Σχήμα 2.2.2 Ηλεκτοδυναμικό όργανο με πτερόγιο

Επειδή δεν υπάρχει μαγνήτης, το όργανο αυτό δεν είναι τόσο ευαίσθητο και απαιτείται επαρκώς μεγάλη διέγερση.

Η ροπή απόκλισης είναι ανάλογη του γινομένου των ρευμάτων που διαρρέουν τα πηνία:

$$TD = K I_{\text{πεδίου}} I_{\text{κινητού}}, \text{ K: σταθερά}$$

Οπότε το όργανο συμπεριφέρεται μη γραμμικά (αν η διέγερση προκαλείται από το προς μέτρηση ρεύμα, τότε $TD = K I^2$). Η μη γραμμική συμπεριφορά είναι γενικά ένα μειονέκτημα ή τουλάχιστον προκαλεί δυσκολίες.

Όπως μόλις αναφέρθηκε, είναι δυνατόν να χρησιμοποιήσουμε το ρεύμα προς μέτρηση για να δημιουργήσουμε το απαραίτητο πεδίο. Αυτό βέβαια σημαίνει ακόμα μεγαλύτερη μείωση της

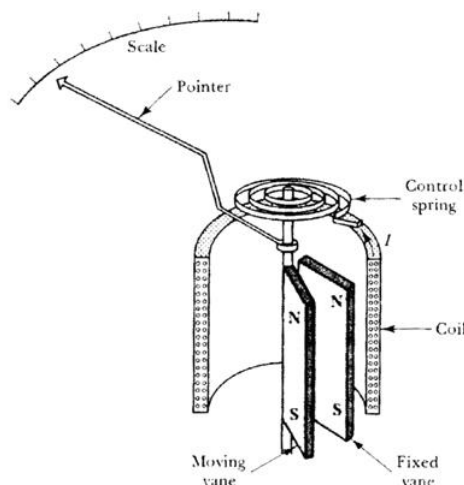
ευαισθησίας. (Ευαισθησία εδώ εννοείται σαν η ελάχιστη ποσότητα του μετρούμενου μεγέθους που απαιτείται για να κινηθεί το όργανο).

ΤΥΠΙΚΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ:

1. Ρεύματα από 0,02 A έως 0,1 A
2. Εσωτερική αντίσταση (τυπική) 7,5 kΩ
3. Εύρος για τάσεις από 30 V έως 600 V
4. Εύρος συχνοτήτων από 25 έως 500 Hz
5. Σφάλμα της τάξης του 0,1 έως 0,25 %

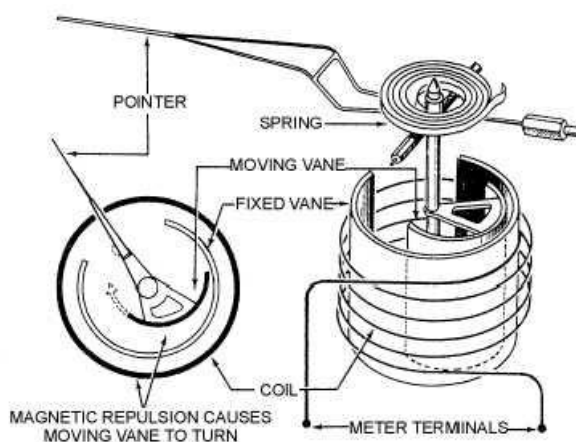
2.4 Όργανα κινητού σιδήρου

Βασική αρχή: αν δυο τεμάχια σιδήρου μαγνητιστούν από το πεδίο που δημιουργεί ένα πηνίο που τα περιβάλλει και διαρρέεται από ρεύμα, τότε θα απωθήσουν το ένα το άλλο. Αν το ένα είναι σταθερό, η απόκλιση του άλλου θα εξαρτάται από το ρεύμα που προκαλεί τη δημιουργία τού πεδίου. Η απόκλιση στο όργανο αυτό είναι ανάλογη του τετραγώνου τού ρεύματος (μη γραμμικό όργανο). Για να διευκολύνουμε τη βαθμονόμηση, δηλ. την κατασκευή της κλίμακας, που προτιμάμε να είναι γραμμική, κυρίως για λόγους διευκόλυνσης του χρήστη (και για marketing φυσικά), αλλάζουμε ελαφρά την κατασκευή τού οργάνου.



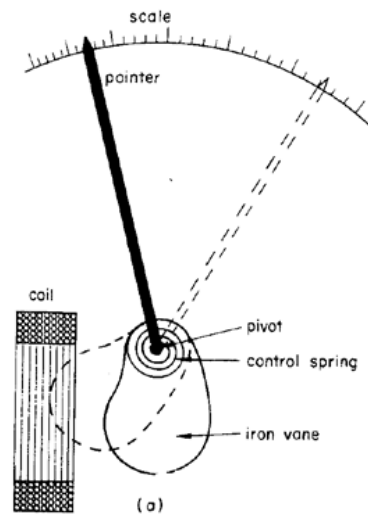
Σχήμα 2.3.1 Ακτινωτά πτερύγια

Ο τρόπος κατασκευής που φαίνεται πιο πάνω (Σχήμα 2.3.1) είναι πολύ πιο κοινός στην πράξη. Όμως, ο άξονας που φέρει το κινητό πτερύγιο δεν είναι στο κέντρο που αντιστοιχεί στον κύκλο του πτερυγίου αλλά είναι ελαφρά έκκεντρος. Αυτή η διαφορά ρυθμίζεται με τρόπο που να κάνει το όργανο να συμπεριφέρεται (σχεδόν) γραμμικά. Εναλλακτικά (Σχήμα 2.3.2), το σταθερό πτερύγιο, μπορεί να διαμορφωθεί όχι με ομοιόμορφο πλάτος αλλά με μειούμενο. Τότε πάλι το όργανο μπορεί να γίνει γραμμικό ενώ τα πτερύγια μπορούν πια να είναι πράγματι ομοαξονικά.



Σχήμα 2.3.2 Ομοαξονικά πτερύγια

Υπάρχει και έκδοση του οργάνου αυτού με ένα πτερύγιο μόνο που έλκεται απλά από το πηνίο όπως φαίνεται στο σχήμα 2.3.3.:



Σχήμα 2.3.3 Όργανο κινητού σιδήρου με ένα περύγιο

Απαιτείται και στο όργανο αυτό κάποιου είδους απόσβεση, π.χ. με την προαναφερθείσα φτερωτή σε κλειστό δοχείο.

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Μη γραμμικό (αλλά διορθώνεται με κατάλληλη κατασκευή)
- Απορροφά περισσότερη ισχύ από ένα όργανο μόνιμου μαγνήτη, άρα έχει χαμηλή ευαισθησία
- Προβλήματα από παραμένοντα μαγνητισμό, υστέρηση, κλπ. -4. Ογκώδες

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Φθινό
- Ανθεκτικό

ΤΥΠΙΚΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ:

1. Ρεύματα της τάξης των 50 mA
2. Εσωτερική αντίσταση (τυπική) 10 kΩ
3. Εύρος για τάσεις από 10 V έως 750 V

4. Εύρος συχνοτήτων από 15 έως 150 Hz
5. Σφάλμα της τάξης του 0,5 %

2.5 Ηλεκτροστατικά όργανα

Βασική αρχή: ασκείται ηλεκτροστατική δύναμη μεταξύ των πλακών (οπλισμού) ενός πυκνωτή που δέχεται το προς μέτρηση ρεύμα. Η μια πλάκα είναι σταθερή ενώ η άλλη μπορεί να μετακινείται.

Χρησιμοποιούνται κυρίως για μέτρηση υψηλών τάσεων, 1-200 kV.

Με κατάλληλο σχεδιασμό της στρεφόμενης επιφάνειας, η σχέση χωρητικότητας-απόκλισης γίνεται γραμμική. Ουσιαστικά όμως το όργανο είναι μη γραμμικό και μάλιστα

$$\theta = K V^2, K \text{ σταθερά.}$$

Τα όργανα αυτά είναι χαμηλής ευαισθησίας και ογκώδη

ΤΥΠΙΚΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ:

1. Εύρος για τάσεις από 30 V έως 50 kV
2. Εύρος συχνοτήτων από 15 Hz έως 300 kHz
3. Σφάλμα της τάξης του 0,5 %

2.6 Γαλβανόμετρο

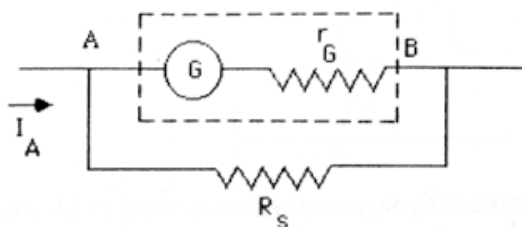
Ουσιαστικά ανήκει στην πρώτη κατηγορία (μόνιμου μαγνήτη και κινητού πηνίου) αλλά λόγω ειδικών συνθηκών εξετάζεται χωριστά. Κατ' αρχάς, το γαλβανόμετρο (Σχήμα 2.5.1) μετράει αποκλειστικά ρεύμα, και μάλιστα είναι σε θέση να δείξει και τη φορά του. Εξ αιτίας αυτού του γεγονότος, η κλίμακα έχει κέντρο το μηδέν αφού το γαλβανόμετρο χρησιμοποιείται κυρίως για να φανερώσει πότε το ρεύμα στον συγκεκριμένο κλάδο είναι μηδέν.

Η ευαισθησία είναι τόσο μεγάλη που συνήθως (σε καλές κατασκευές) δεν έχει καν βελόνα αλλά ένα μικρό και φυσικά πολύ ελαφρύ κάτοπτρο που αντανακλά στην κλίμακα το φώς από μια φωτεινή πηγή πολλαπλασιάζοντας έτσι τη διακριτική ικανότητα του οργάνου. Η ευαισθησία μετριέται σε μA ανά mm απόκλισης από τη θέση ισορροπίας (μηδενικό ρεύμα).



Σχήμα 2.5.1 Γαλβανόμετρο

Εξαιτίας της εξαιρετικής ευαισθησίας του, το γαλβανόμετρο μπορεί εύκολα να καταστραφεί από ρεύματα που ξεπερνάνε τα όριά του. Άρα χρειάζεται ιδιαίτερη προστασία που συνήθως παίρνει την πιο κάτω μορφή (Σχήμα 2.5.2).



Σχήμα 2.5.2 Προστασία γαλβανομέτρου

Ξεκινάμε με αντίσταση $R_s = 0$ (ώστε δεν περνάει καθόλου ρεύμα από το όργανο) και αυξάνουμε έως ότου ο ροοστάτης τερματίσει. Εάν η ένδειξη στο όργανο είναι αρκετά μέσα στα επιτρεπόμενα όριά του, ανοίγουμε τον διακόπτη για να διαβάσουμε την ακριβή τιμή τού ρεύματος. Στη συνέχεια ξαναφέρνουμε την R_s στο 0 για την επόμενη μέτρηση. Η διαδικασία αυτή είναι πολύ πιο χρήσιμη όταν σκοπός μας είναι να μην περνάει καθόλου ρεύμα από τον συγκεκριμένο κλάδο.

Το γαλβανόμετρο είναι εξαιρετικά ευαίσθητο όργανο και από μηχανική άποψη και γι' αυτό πρέπει να το χειριζόμαστε με μεγάλη προσοχή.

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΑΣΗΣ, ΡΕΥΜΑΤΟΣ & ΙΣΧΥΟΣ”

3.1 Συνδεσμολογία οργάνου απόκλισης

Κάθε όργανο απόκλισης μπορεί να συνδεθεί με κατάλληλο τρόπο για να μετρήσει ένα συγκεκριμένο ηλεκτρικό μέγεθος. Οι συνηθέστερες μετρήσεις αφορούν τα βασικά ηλεκτρικά μεγέθη, τάση ρεύμα και ισχύ. Το εύρος για κάθε μέγεθος είναι πολύ μεγάλο, π.χ. για τάσεις το εύρος μπορεί να ξεκινήσει από μV και να καταλήξει σε kV και αντίστοιχα για τα ρεύματα.

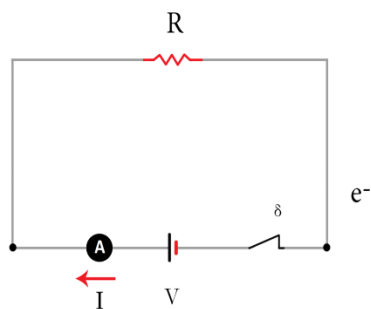
Σε ειδικές περιπτώσεις κι εφαρμογές μπορεί να είναι ακόμα χαμηλότερο, π.χ. nV .

Το όργανο απόκλισης αντιδρά σε ρεύμα αλλά μπορεί να συνδεθεί και ως αμπερόμετρο και ως βολτόμετρο. Τα διαθέσιμα στο εμπόριο όργανα είναι βέβαια προκατασκευασμένα για συγκεκριμένη αποστολή. Επίσης, κάθε πραγματικό όργανο παρουσιάζει μια συγκεκριμένη αντίσταση, που οφείλεται στο πηνίο ή στα πηνία που το αποτελούν αλλά και στον τρόπο που το συνδέουμε. Για παράδειγμα, κακές ή βρόμικες επαφές θα αλλοιώσουν τη μέτρηση χωρίς εμείς να αντιληφθούμε οτιδήποτε. Επί πλέον, τα ηλεκτρικά στοιχεία που αποτελούν το όργανο έχουν φυσικά και χωρητικότητα και επαγωγή, αν και σε παρασιτικά επίπεδα.

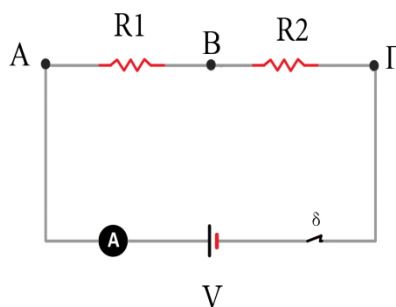
Συνήθως αναπαριστούμε ένα πραγματικό όργανο σαν μια ωμική αντίσταση σε σειρά ή παράλληλα με ένα εξιδανικευμένο όργανο στο οποίο δεν ρέει ρεύμα.

Πιο συγκεκριμένα, αν θέλουμε να μετρήσουμε το ρεύμα που διαρρέει την αντίσταση R στο σχήμα 3.1.1 παρεμβάλλουμε σε σειρά ένα (πραγματικό) αμπερόμετρο. Αυτή η διάταξη ισοδυναμεί με το κυκλωματικό μοντέλο σχήμα 3.1.2 όπου ένα ιδανικό όργανο συνδέεται με την εσωτερική του αντίσταση $R1$ σε σειρά. Είναι προφανές ότι για ποιοτική μέτρηση, η αντίσταση $R2$ πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη. Η μέτρηση που θα διαβάσουμε θα είναι

$$I = V / (R1 + R2) \text{ αντί για } I = V / R$$

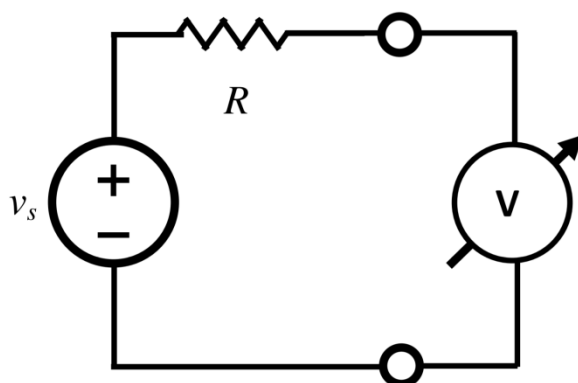


Σχήμα 3.1.1 Κύκλωμα μιας αντίστασης για μέτρηση ρεύματος



Σχήμα 3.1.2 Κύκλωμα δυο αντιστάσεων για μέτρηση ρεύματος

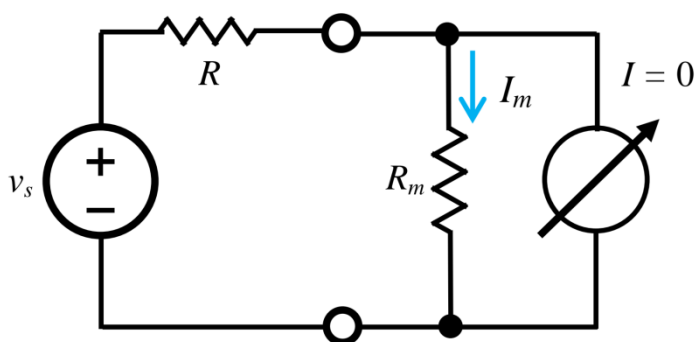
Στο σχήμα 3.1.3 έχουμε ένα πραγματικό βολτόμετρο που μετράει την τάση στα άκρα μιας πραγματικής πηγής τάσης. Στο σχήμα 3.1.4 φαίνεται το μοντέλο του κυκλώματος αυτού. Το πραγματικό όργανο έχει αντικατασταθεί από την (εσωτερική) αντίσταση του οργάνου R_m παράλληλα με ένα ιδανικό όργανο το οποίο δεν επηρεάζει καθόλου το ρεύμα και απλά «διαβάζει» την πτώση τάσης στην R_m .



Σχήμα 3.1.3 Κύκλωμα μίας αντίστασης για μέτρηση τάσης

Είναι προφανές ότι για ποιοτική μέτρηση, η αντίσταση R_m πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ώστε να επηρεάσει το κύκλωμα στον μικρότερο δυνατό βαθμό. Το τελευταίο γίνεται καλύτερα κατανοητό αν σκεφθούμε το ισοδύναμο μοντέλο της πραγματικής πηγής σαν μια πηγή ρεύματος παράλληλα με την αντίσταση R . Η τάση που θα διαβάσουμε είναι:

$$V_s * [1 - R / (R + R_m)]$$



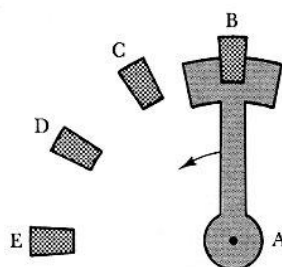
Σχήμα 3.1.4 Κύκλωμα δύο αντιστάσεων για μέτρηση τάσης

3.2 Αμπερόμετρο

Ένα όργανο απόκλισης, π.χ. κινητού πηνίου με μόνιμο μαγνήτη, είναι από τη φύση του ένας μετρητής ρεύματος. Όμως, μπορεί να μετρήσει μόνο πολύ μικρά ρεύματα καθώς είναι εύκολο να στείλουμε τη βελόνα στο τέρμα της κλίμακας ή να το κάψουμε. Χρειάζεται λοιπόν ένας τρόπος να περιοριστεί το ρεύμα. Αυτό επιτυγχάνεται συνδέοντας παράλληλα με το όργανο μια αντίσταση R_{sh} , μικρής σχετικά τιμής, που αποκαλείται αντίσταση διακλάδωσης (shunt resistance).

ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΟ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΚΛΙΜΑΚΩΝ

Εδώ, απλά απαιτείται η χρήση διαφορετικών αντιστάσεων διακλάδωσης με κατάλληλες τιμές. Με ένα διακόπτη θα επιλέγουμε την κατάλληλη κλίμακα κάθε φορά, αρκεί να θυμόμαστε να ξεκινάμε πάντα από την μεγαλύτερη κλίμακα (αν θέλουμε να επιζήσει το αμπερόμετρό μας για την επόμενη μέτρηση...). Αυτός ο διακόπτης πρέπει να έχει ειδική κατασκευή γιατί αν για οποιοδήποτε λόγο η επαφή διακοπεί, τότε όλο το ρεύμα θα περάσει από το αμπερόμετρο και υπάρχει η δυνατότητα καταστροφής του. Ο διακόπτης αυτός λέγεται make-before-break (Σχήμα 3.2.1).



Σχήμα 3.3.1 Διακόπτης make-before-break

Είναι προφανές ότι για να μετρηθεί το ρεύμα με τον τρόπο που υποδεικνύεται πιο πάνω, είναι αναγκαίο να διακοπεί το κύκλωμα για να παρεμβληθεί το αμπερόμετρο. Αυτό προκαλεί μεγάλες δυσκολίες στην πράξη και γενικά μετρήσεις ρεύματος με τον πιο πάνω τρόπο γίνονται μόνο όταν είναι αναγκαίο. Όμως, με κάποιο συμβιβασμό στις απαιτήσεις για ποιότητα μπορούμε να μετρήσουμε το ρεύμα με άλλους τρόπους μη επεμβατικούς. Ο πιο

κοινός τρόπος είναι με εκμετάλλευση της μαγνητικής επαγωγής περικλείοντας τον αγωγό με κατάλληλο πηνίο (clamp meter σχήμα 3.2.2.) , αν φυσικά αυτό είναι δυνατό.



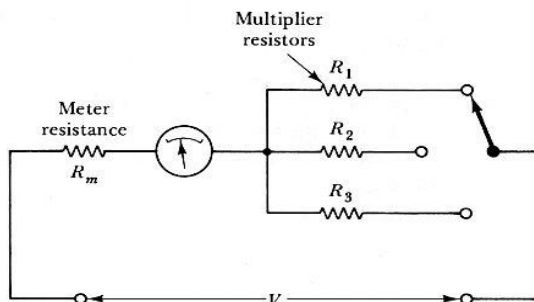
Σχήμα 3.2.2 Clamp meter

3.3 Βολτόμετρο

Σε ένα όργανο απόκλισης η κίνηση της βελόνας είναι ανάλογη του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο, που με τη σειρά του είναι ανάλογο της τάσης στα άκρα τού πηνίου. Συνεπώς, το όργανο αυτό μπορεί να μετρήσει και τάση. Όμως, επειδή η αντίσταση του πηνίου είναι μικρή, μπορεί να μετρήσει μόνο μικρές τάσεις. Για να αυξήσουμε το εύρος, συνδέουμε σε σειρά με το όργανο μια αντίσταση R_S , που αποκαλείται πολλαπλασιαστική αντίσταση (multiplier resistance). Μια πολλαπλασιαστική αντίσταση ίση με 9 φορές την αντίσταση του οργάνου R_m θα αυξήσει το εύρος της κλίμακας κατά 10 φορές.

ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΚΛΙΜΑΚΩΝ

Απλά, απαιτείται η χρήση διαφορετικών πολλαπλασιαστικών αντιστάσεων με κατάλληλες τιμές. Με ένα διακόπτη θα επιλέγουμε την κατάλληλη κλίμακα κάθε φορά, αρκεί να θυμόμαστε να ξεκινάμε από τη μεγαλύτερη κλίμακα (αν θέλουμε να επιζήσει το βολτόμετρό μας για την επόμενη μέτρηση) Σχήμα 3.3.



Σχήμα 3.3 Βολτόμετρο πολλαπλών κλιμακίων

3.4 Μετρήσεις για εναλλασσόμενο ρεύμα

Το εναλλασσόμενο ρεύμα (ημιτονοειδούς δηλαδή μορφής) χαρακτηρίζεται πρώτιστα από τη συχνότητά του. Σε περιβάλλον μετρήσεων για σήματα εναλλασσομένου ρεύματος, οι συχνότητες κατηγοριοποιούνται ως εξής:

Χαμηλές συχνότητες: από 10 Hz έως 300 kHz

Μεσαίες συχνότητες: από 300 kHz έως 3 GHz

Υψηλές συχνότητες: από 3 GHz έως 30 GHz

Πολύ υψηλές συχνότητες: > 30 GHz

Τα εύρη για τα πλάτη είναι από nV έως και εκατοντάδες kV για την τάση και από nA έως και εκατοντάδες kA για το ρεύμα. Τυπικά όμως, τα περισσότερα όργανα κατασκευάζονται για συχνότητες δικτύου 50/60 Hz και για 1 V έως 10 kV ή 1 A έως 10 kA.

Στις μετρήσεις εναλλασσομένου σημασία έχουν τρεις τιμές που αναφέρονται στο ημιτονοειδές σήμα: η τιμή κορυφής (peak), η μέση τετραγωνική τιμή (RMS) και η μέση τιμή (average) που ορίζονται ως εξής:

1. Η τιμή κορυφής είναι το πλάτος της ημιτονοειδούς όπως το χρησιμοποιούσαμε μέχρι τώρα και που είναι μέρος τού «επίσημου» ορισμού.

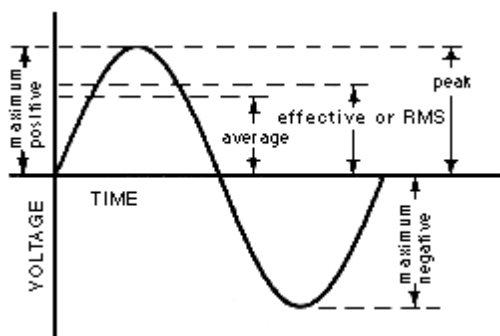
2. Η μέση τετραγωνική τιμή, που μπορεί να οριστεί για οποιαδήποτε συνάρτηση, περιέχει μια ύψωση στο τετράγωνο (Square), τη λήψη μιας μέσης τιμής (Mean) και μια τετραγωνική ρίζα (Root):

$$\frac{1}{T} \int_{t_0 - \frac{T}{2}}^{t_0 + \frac{T}{2}} x^2(t) dt$$

3. Η μέση τιμή, που πάλι μπορεί να οριστεί για οποιαδήποτε συνάρτηση, ορίζεται σαν:

$$\frac{1}{T} \int_{t_0 - \frac{T}{2}}^{t_0 + \frac{T}{2}} x(t) dt$$

Η τιμή που μας ενδιαφέρει άμεσα είναι η τιμή RMS. Ο λόγος είναι ότι αυτή η τιμή είναι το «ισοδύναμο» του εναλλασσομένου σε συνεχές (dc-direct current). Συχνά η τάση, π.χ. RMS συμβολίζεται σαν V_{dc} αντί για V_{RMS} (Σχήμα 3.4.1).



Σχήμα 3.4.1 VDC τάση

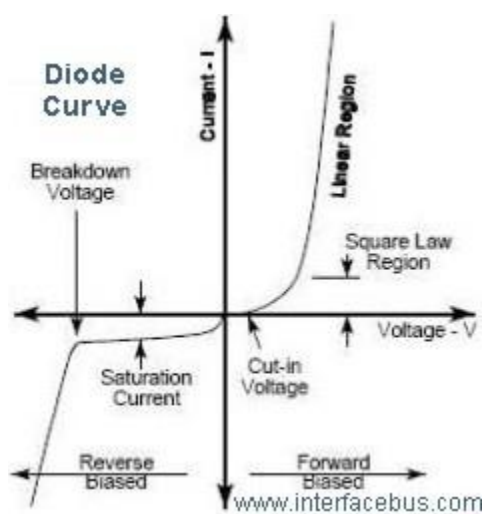
ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ

Ένα όργανο κινητού πηνίου που δέχεται εναλλασσόμενο ρεύμα θα αποκριθεί με ταλάντωση (που δεν είναι ορατή παρά για λιγότερο από μισό Hz) που θα σβήσει τελικά και το όργανο θα

δείξει τη μέση τιμή τού ημιτονοειδούς, που είναι μηδέν. Δηλαδή, χωρίς κάποια παρέμβαση, το όργανο είναι άχρηστο για μια τέτοια αποστολή.

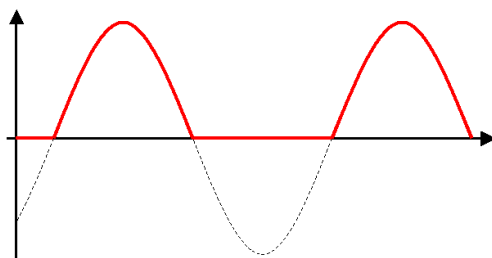
Ο τρόπος που επεμβαίνουμε είναι με το να ανορθώσουμε, όπως λέγεται, το ημιτονοειδές σήμα και να το μετατρέψουμε σε συνεχές, ή τουλάχιστον σε κάτι που μπορεί το όργανο να μας δείξει. Η ανόρθωση (rectification) γίνεται με ανορθωτές (rectifiers) που στην πιο απλή περίπτωση κατασκευάζονται με βάση ημιαγωγούς, πιο συγκεκριμένα διόδους (diodes).

Η διάδος είναι ένα στοιχείο κυκλώματος που ανήκει στην κατηγορία των αντιστατών καθώς η χαρακτηριστική καμπύλη της είναι στο επίπεδο τάσης-ρεύματος. Η ιδανική διάδος έχει ίδια χαρακτηριστική με ένα διακόπτη, μόνο που λειτουργεί σαν βαλβίδα και αφήνει μόνο θετικές ή μόνο αρνητικές τιμές να «περάσουν». Η πραγματική διάδος είναι ένα πολύπλοκο, μη γραμμικό στοιχείο και η χαρακτηριστική της καμπύλη είναι αρκετά περίπλοκη και εξαρτάται και από το είδος της διόδου και το υλικό κατασκευής (πυρίτιο, γερμάνιο, κλπ.). Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.4.2:



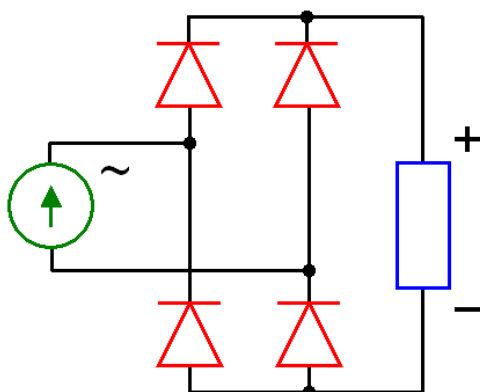
Σχήμα 3.4.2 Χαρακτηριστική καμπύλη διόδου

Ο πιο απλός ανορθωτής είναι μια απλή διάδος. Τότε το κύκλωμα ονομάζεται ανορθωτής ημίσεως κύματος και η έξοδός του είναι:



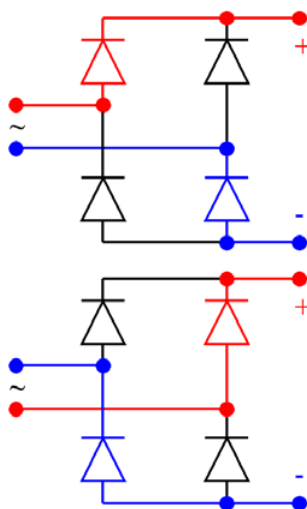
Σχήμα 3.4.3 Έξοδος ανορθωτή ημίσεως κύματος

Πιο συνηθισμένος όμως είναι ο ανορθωτής πλήρους κύματος που έχει την εξής συνδεσμολογία (υπάρχει και έκδοση με δυο διόδους).

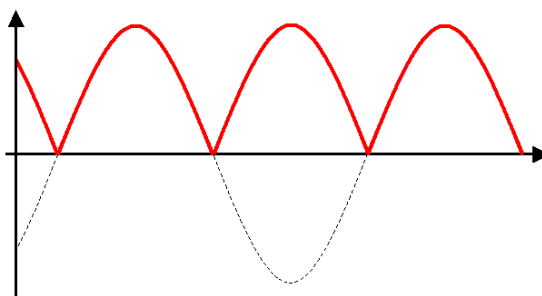


Σχήμα 3.4.4 Ανορθωτής πλήρους κύματος

Η λειτουργία του φαίνεται από τα πιο κάτω διαγράμματα (το επάνω για το θετικό μέρος της κυματομορφής και το κάτω για το αρνητικό μέρος) ενώ η έξοδός του φαίνεται δίπλα.



Σχήμα 3.4.5 Ανορθωτής πλήρους κύματος



Σχήμα 3.4.6 Έξοδος ανορθωτή πλήρους κύματος

Οι τιμές που αφορούν την κυματομορφή από τον ανορθωτή πλήρους κύματος είναι

Μέση τιμή = $0,637 \times$ Τιμή κορυφής

Μέση τετραγωνική τιμή = Τιμή κορυφής / $\sqrt{2} = 0,707 \times$ Τιμή κορυφής

Θεωρώντας λοιπόν ότι χρησιμοποιείται ο ανορθωτής πλήρους κύματος, η απόκλιση του οργάνου είναι ανάλογη της μέσης τιμής τού ρεύματος που διέρχεται (δηλ. 0,637 της τιμής κορυφής).

Όμως, η τιμή που θέλουμε να δείχνει το όργανο είναι η μέση τετραγωνική τιμή (δηλ. 0,707 της τιμής κορυφής). Αυτό απαιτεί έναν πολλαπλασιασμό επί $0,707/0,637 = 1,11$. Είναι όμως πολύ πιο απλό να βαθμονομήσουμε την κλίμακα του οργάνου κατευθείαν ώστε να διαβάζουμε τις επιθυμητές τιμές.

ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ

Με αντίστοιχους τρόπους μπορούμε να μετρήσουμε και εναλλασσόμενο ρεύμα. Χρειάζεται μόνο λίγο προσοχή στον σχεδιασμό διότι η αντίσταση που παρεμβάλλει το αμπερόμετρο (γενικά) πρέπει να είναι μικρή, οπότε οι τάσεις που δημιουργούνται είναι επίσης πάρα πολύ μικρές (γύρω στα 100 mV). Όμως, μόνο η πτώση τάσης στις διόδους είναι της τάξης των 0,5 ή 0,7 V και παραπάνω, πράγμα που σημαίνει ότι η κατευθείαν σύνδεση δεν θα δουλέψει και απαιτείται κάποια παρέμβαση. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια ενός μετασχηματιστή ρεύματος που «ενισχύει» τις ασθενείς τάσεις (ενώ ταυτόχρονα υποβιβάζει τα ρεύματα) έτσι ώστε να δημιουργεί τάσεις αρκετά μεγάλες ώστε να κάνουν τις ανορθώτριες διόδους να λειτουργήσουν. Στο δευτερεύον τού μετασχηματιστή παρεμβάλλουμε μια αντίσταση μεγάλης ακριβείας που έχει αποστολή να καταναλώνει το ρεύμα που δεν είναι απαραίτητο για τη μέτρηση



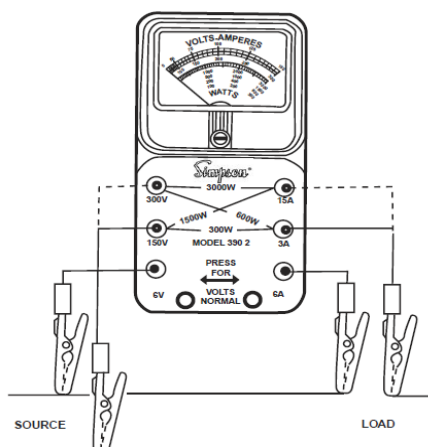
Σχήμα 3.4.7 Αμπερόμετρο εναλλασσόμενου ρεύματος

3.5 Βατόμετρο

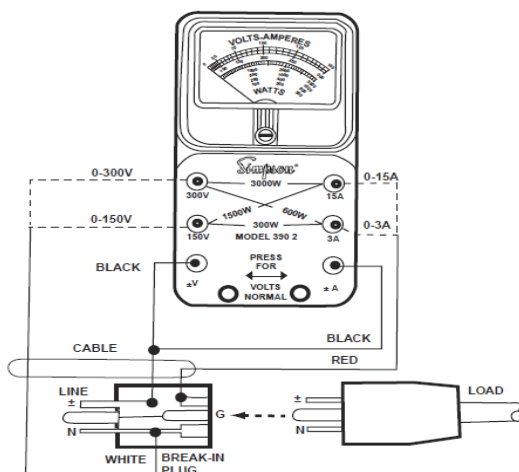
Το βατόμετρο (Σχήμα 3.5.1) είναι ένα όργανο που μετράει ηλεκτρική ισχύ. Συνήθως είναι ηλεκτροδυναμικού τύπου. Η βασική αρχή είναι ότι το ένα διαθέσιμο πηνίο πρέπει να μετράει

το ρεύμα και το άλλο (ή άλλα πηνία) να μετράνε την τάση έτσι ώστε το όργανο, που αντιδράει στο γινόμενο των ρευμάτων των πηνίων, να μας δείξει την ισχύ.

Το βατόμετρο έχει τέσσερις ακροδέκτες και απαιτείται μια διακοπή τού κυκλώματος ώστε να «διαβαστεί» το ρεύμα. Αυτό επιτυγχάνεται με μια ειδική σύνδεση (break-in cable) που παρέχει ο κατασκευαστής (Σχήμα 3.5.2).



Σχήμα 3.5.1 Βατόμετρο



Σχήμα 3.5.2 Ειδική σύνδεση break-in cable

3.6 Παλμογράφος

Παλμογράφος (Σχήμα 3.6) είναι το όργανο απεικόνισης εναλλασσομένων κυματομορφών ηλεκτρικών μεγεθών. Συνεπώς, στον κατακόρυφο άξονα της οθόνης του απεικονίζει και μετράει το πλάτος, δηλαδή την τάση του μεγέθους, ενώ στον οριζόντιο απεικονίζει και μετράει τη διάρκεια (περίοδο) των εναλλαγών της απεικονιζόμενης κυματομορφής. Όλοι οι διακόπτες και τα κουμπιά που υπάρχουν στην πρόσοψή του ρυθμίζουν την απεικόνιση της τάσης και του χρόνου.



Σχήμα 3.6 Παλμογράφος

Οι μετρήσεις που μπορούμε να πραγματοποιήσουμε με έναν παλμογράφο είναι οι εξής

- Μέτρηση Τάσης. Αυτή γίνεται με μέτρηση των κατακόρυφων υποδιαιρέσεων που καταλαμβάνει το σήμα επί της οθόνης -το οποίο θα πρέπει να χωράει ολόκληρο- και πολλαπλασιασμού τους επί τον συντελεστή της ένδειξης του κουμπιού VOLT/DIV του παλμογράφου
- Μέτρηση Συχνότητας - Γίνεται με μέτρηση των τετραγωνιδίων που καταλαμβάνει μια περίοδος σήματος άγνωστης συχνότητας κατά τον οριζόντιο άξονα και πολλαπλασιασμό τους με την ένδειξη του κουμπιού TIME/DIV. Η γνωστή πλέον περίοδος T μετατρέπεται σε συχνότητα με την $f = 1/T$.

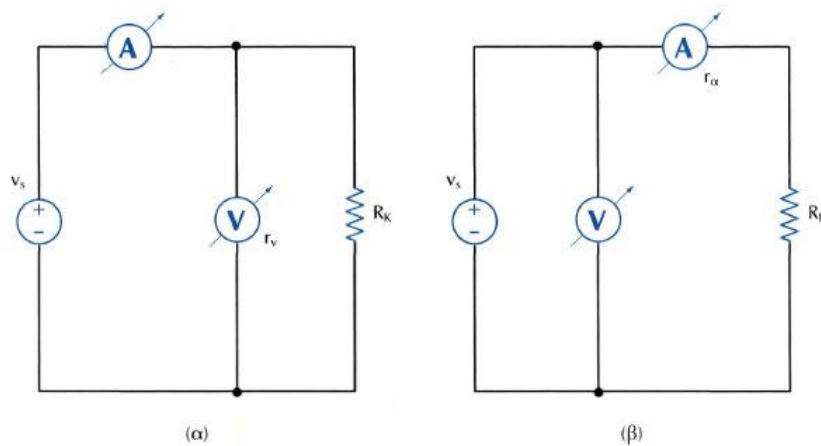
- Μέτρηση Φάσης Από τη θεωρία γνωρίζουμε ότι η τάση και το ρεύμα σε μια αντίσταση R όταν αυτή συνδεθεί σε μια εναλλασσόμενη τάση είναι συμφασικά μεγέθη. Σε έναν πυκνωτή, αντίθετα, το ρεύμα προπορεύεται της τάσης, διότι κατά τις πρώτες στιγμές της φόρτισής του αυτό τείνει προς το άπειρο, ενώ η τάση στα άκρα του μεταβάλλεται με ένα ρυθμό εξαρτώμενο από τη συχνότητά της.

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ, ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ & ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗΣ”

4.1 Μέτρηση αντίστασης με ακρίβεια

Η αντίσταση μπορεί να μετρηθεί με χρήση τού νόμου τού Ohm, δηλαδή με μέτρηση της τάσης και του ρεύματος που αφορούν το συγκεκριμένο στοιχείο. Είναι προφανές ότι απαιτείται μια πηγή ισχύος για την αποστολή αυτή. Έχουμε δυο εναλλακτικές συνδεσμολογίες (γνωρίζουμε επακριβώς την τάση της πηγής μόνο):



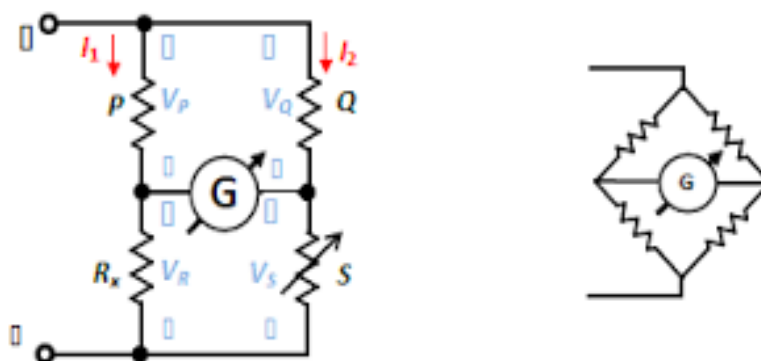
Σχήμα 4.1 Συνδεσμολογίες για μέτρηση αντίστασης

Ποια προσέγγιση είναι καλύτερη;

Ξεκινάμε με το (α), μετράμε το ρεύμα πολύ προσεχτικά και μετά αποσυνδέουμε το βολτόμετρο. Αν το ρεύμα δεν αλλάξει αισθητά, σταματάμε. Αν το ρεύμα αλλάξει, χρησιμοποιούμε το (β).

4.2 Γέφυρες Wheatstone και Kelvin

Μια αντίσταση μπορεί να μετρηθεί με μεγάλη ακρίβεια χρησιμοποιώντας τη γέφυρα Wheatstone (Σχήμα 4.2.1)



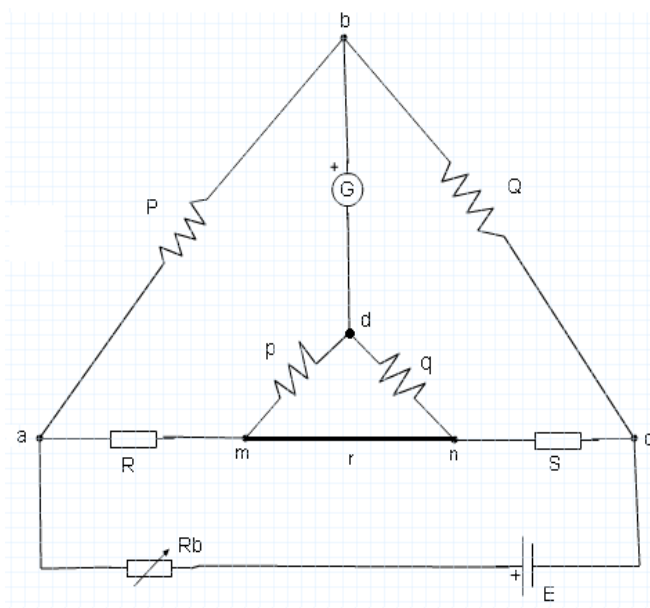
Σχήμα 4.2.1 Γέφυρα Wheatstone

Ρυθμίζουμε τη μεταβλητή αντίσταση S έως ότου το γαλβανόμετρο δώσει μηδενική ένδειξη. Και ισχύει $R_x = (S \cdot P) / Q$ όταν στον κεντρικό κλάδο το ρεύμα είναι 0, τότε το ρεύμα I_1 διαρρέει και την P και την R_x , και αντίστοιχα για το I_2 , οπότε ισχύει ότι $V_P = V_Q$ και $V_R = V_S$ οπότε ισχύει και ότι $I_1 P = I_2 Q$ και $I_1 R_x = I_2 S$.

Πιο ενδιαφέρον είναι ίσως να δει κανείς τι σφάλματα υπεισέρχονται. Θεωρώντας αντιστάσεις P και Q πολύ υψηλής ποιότητας (όπως συνήθως επιλέγουμε στην πράξη), τυπικά $\pm 0,05\%$ και ελαφρά κατώτερη $\pm 0,1\%$ για την S , βλέπουμε ότι το σφάλμα στην R_x είναι ίσο με (σφάλμα στην P + σφάλμα στην S + σφάλμα στην Q) που είναι ίσο με $\pm(0,05 + 0,05 + 0,1)\%$, δηλ. ίσο τελικά με $\pm 0,2\%$.

Η ευαισθησία της γέφυρας εξαρτάται από την ευαισθησία τού γαλβανομέτρου, την αντίσταση του γαλβανομέτρου και την τάση της πηγής.

Η γέφυρα Wheatstone, εξαιρετική κατά τα άλλα, δεν μπορεί να μετρήσει με ακρίβεια πολύ μικρές αντιστάσεις, κάτω από 5Ω (ενώ αντίθετα μπορεί να φτάσει έως τα 1012Ω). Η λύση δίνεται από τη γέφυρα Kelvin, που αναιρεί αυτή τη δυσκολία (σκεφθείτε τη διαφορά που δημιουργείται αν αρχίσουμε να μετατοπίζουμε τη δεξιά επαφή τού γαλβανομέτρου πάνω στον αγωγό ή αγωγούς που συνδέουν τις αντιστάσεις Q και S στη γέφυρα Wheatstone). Η γέφυρα Kelvin έχει την εξής συνδεσμολογία (Σχήμα 4.2.2) :



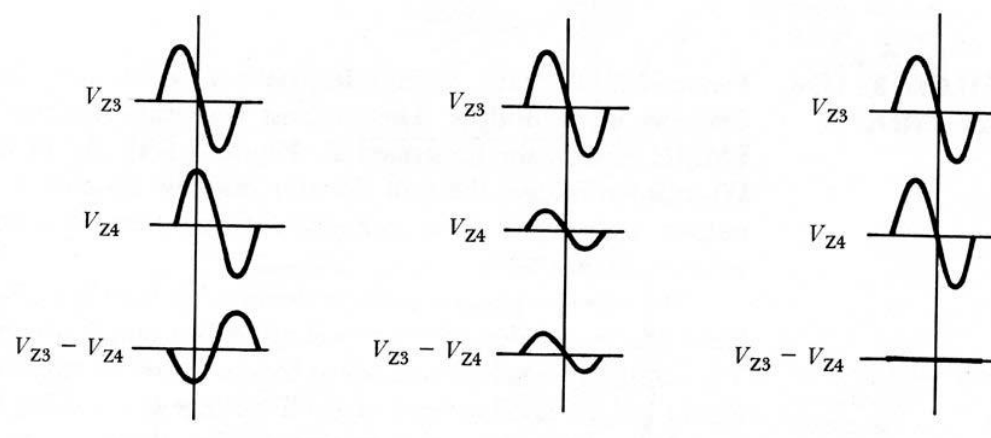
Σχήμα 4.2.2 Γέφυρα Kelvin

Όταν η γέφυρα ισορροπεί, δηλ. η διαφορά δυναμικού στα άκρα τού γαλβανομέτρου είναι μηδέν. Η ισορροπία επιτυγχάνεται με ρύθμιση των P , R , p , και r κρατώντας τον σχετικό λόγο σταθερό.

4.3 Γέφυρες εναλλασσομένου ρεύματος

Η βασική ιδέα της γέφυρας σε ισορροπία, μπορεί να επεκταθεί και για τη μέτρηση συνθέτων αντιστάσεων, χωρητικότητας, επαγωγής, κλπ. Η διαφορά είναι ότι τώρα θα απαιτηθεί μια πηγή εναλλασσομένου ρεύματος και το αμπερόμετρο/γαλβανόμετρο για τον μηδενισμό θα πρέπει να είναι και αυτό κατάλληλο για εναλλασσόμενο ρεύμα. Πρέπει να σημειωθεί ότι

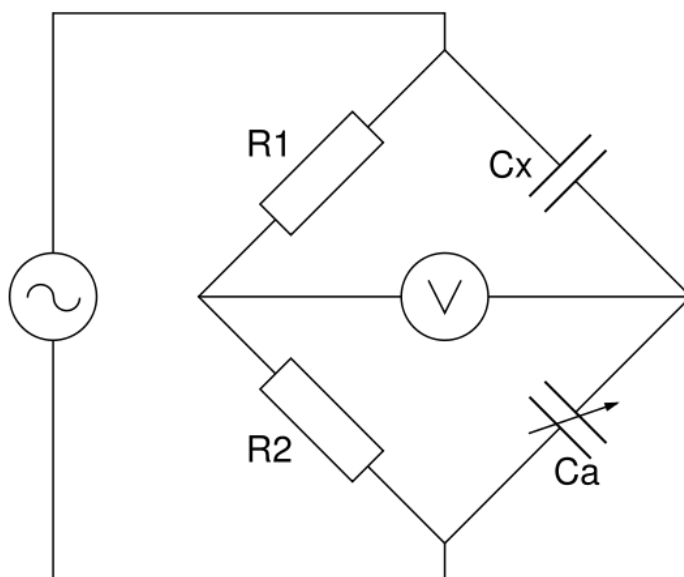
τόρα απαιτείται περισσότερη προσοχή στον μηδενισμό καθώς το σήμα εμπεριέχει και τη φάση:



Σχήμα 4.3 Γέφυρες εναλλασσομένου ρεύματος

Μόνο στην περίπτωση στα δεξιά στην πιο πάνω εικόνα έχουμε μηδενισμό. Στην αριστερή τα σήματα έχουν ίδιο πλάτος αλλά διαφορετική φάση ενώ στη μεσαία έχουν ίδια φάση αλλά διαφορετικό πλάτος.

4.4 Μέτρηση χωρητικότητας, αυτεπαγωγής,



Σχήμα 4.4.Γέφυρα μέτρησης χωρητικότητας

Στην ισορροπία, $Z_1/Z_2 = Z_x/Z_a$. Στην περίπτωση της γέφυρας από πάνω θα έχουμε

$$R_1/R_2 = C_x/C_a \text{ .Αρα } C_x = C_a \cdot R_1/R_2$$

Είναι φανερό ότι μόνο ο λόγος των αντιστάσεων έχει σημασία, άρα οι δυο αντιστάσεις μπορούν να αντικατασταθούν από ένα ποτενσιόμετρο. Επίσης, ο C_1 πρέπει να είναι πολύ καλής ποιότητας. Το γαλβανόμετρο (G) αντικαταστάθηκε από τον (γενικότερο) ανιχνευτή μηδενισμού (null detector) που συμβολίζουμε με D.

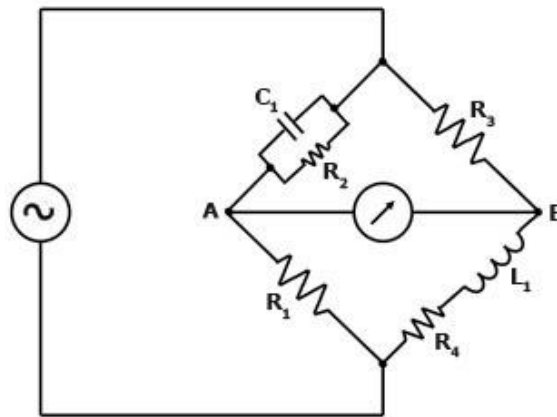
Στην πραγματικότητα ο πυκνωτής αποτελείται από μια καθαρή χωρητικότητα C_p και μια αντίσταση που αναπαριστά τη διαρροή μέσα από το διηλεκτρικό (και μια παρασιτική επαγωγή, βέβαια, αλλά αυτή την αγνοούμε). Η αντίσταση («διαρροής») μπορεί να μπει είτε σε σειρά με τον πυκνωτή (περίπτωση διηλεκτρικού με υψηλή αντίσταση) είτε παράλληλα (περίπτωση διηλεκτρικού με χαμηλή αντίσταση). Προτιμάμε το μοντέλο με την παράλληλη σύνδεση γιατί είναι πιο αληθοφανές και η τιμή της αντίστασης αντανακλά την ποιότητα του διηλεκτρικού.

Η ποιότητα του πυκνωτή και του πηνίου αντανακλάται από την ισχύ που καταναλώνουν (τα ιδανικά στοιχεία δεν καταναλώνουν ισχύ αλλά τα πραγματικά περιέχουν κάποια ωμική αντίσταση). Όσο μικρότερη είναι η ισχύς αυτή, τόσο καλύτερη η ποιότητα του στοιχείου.

4.5 Γέφυρες Maxwell, Hay, Owen, Schering και Wien

4.5.1 Γέφυρα Maxwell

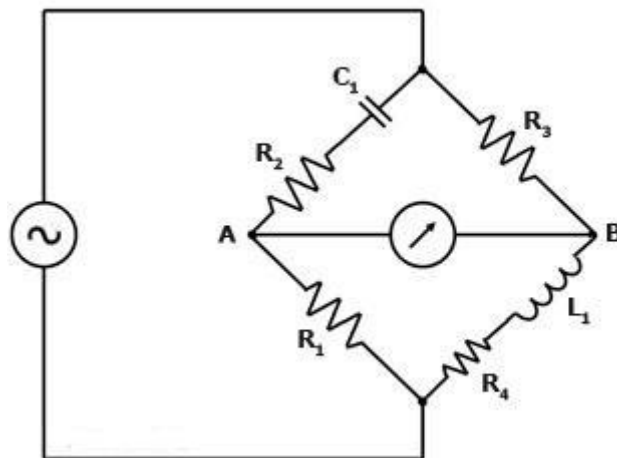
Η γέφυρα Maxwell εξειδικεύεται σε μεσαίας ή και χαμηλής ποιότητας πηνία. Το σχηματικό διάγραμμα φαίνεται στο σχήμα 4.5.1 μετρά μια άγνωστη αυτεπαγωγή με την βοήθεια μιας γνωστής χωρητικότητας ενός πυκνωτή. Ένας από τους κλάδους της γέφυρας έχει μία ωμική αντίσταση και ένα χωρητικό στοιχείο (πυκνωτή) σε παράλληλη σύνδεση και μπορεί τώρα να αποδειχθεί κάπως ευκολότερο να γραφτούν οι εξισώσεις ισορροπίας χρησιμοποιώντας την είσοδο του βραχίονα 1 αντί της σύνθετης αντίστασής του. Και το κύκλωμα της είναι:



Σχήμα 4.5.1 Γέφυρα Maxwell

4.5.2 Γέφυρα Hay

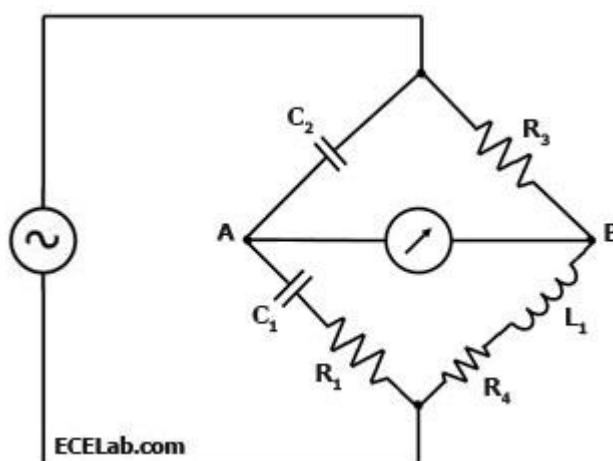
Η γέφυρα Hay (Σχήμα 4.5.2) εξειδικεύεται σε υψηλής ποιότητας πηνία, και σαν σχηματική μορφή έχει το διάγραμμα που φαίνεται στο σχήμα 4.5.2. Η εμφανή διαφορά της από την γέφυρα Maxwell είναι ότι έχει την αντίσταση R_2 σε σειρά με τον πυκνωτή C_1 , αντί παράλληλα όπως ήταν στην προηγούμενη γέφυρα. Είναι αμέσως προφανές ότι για τις μεγάλες γωνίες φάσης, η R_2 πρέπει να έχει την πολύ χαμηλή τιμή. Η γέφυρα Hay είναι περισσότερο ασφαλής και ακριβής για μετρήσεις πηνίων με μεγάλο συντελεστή ποιότητας Q :



Σχήμα 4.5.2. Γέφυρα Hay

4.5.3 Γέφυρα Owen

Η γέφυρα Owen (Σχήμα 4.5.3) είναι κατάλληλη για μέτρηση επαγωγής/αντίστασης. παρατηρείται επίσης ότι οι τιμές των στοιχείων σειράς R_4 και L_1 του ισοδύναμου κυκλώματος του άγνωστου πηνίου, δεν εξαρτώνται από τη συχνότητα του εφαρμοζόμενου σήματος. Και έχει το παρακάτω κύκλωμα:

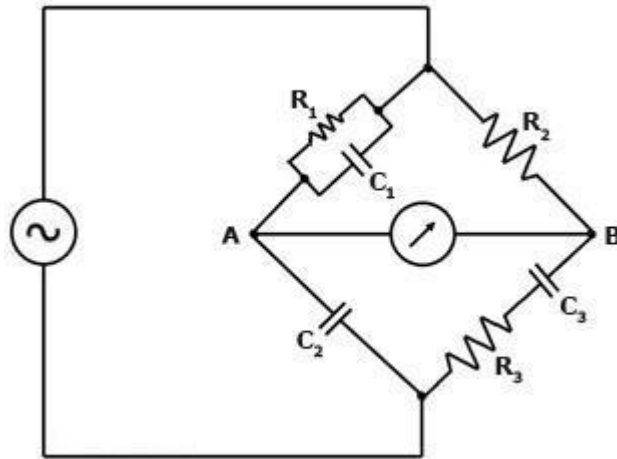


Σχήμα 4.5.3 Γέφυρα Owen

4.5.4 Γέφυρα Shering

Η γέφυρα Schering (Σχήμα 4.5.4) είναι κατάλληλη για μέτρηση χωρητικότητας/αντίστασης. Η γέφυρα Schering είναι από τις πιο σημαντικές a.c γέφυρες και χρησιμοποιείται εκτεταμένα για την μέτρηση πυκνωτών. Αν και η γέφυρα Schering χρησιμοποιείται γενικά για μετρήσεις χωρητικότητας, είναι και ιδιαίτερα χρήσιμη στη μέτρηση μονωτικών ιδιοτήτων για παράδειγμα όταν έχουμε γωνίες φάσης πολύ κοντά στις 90° .

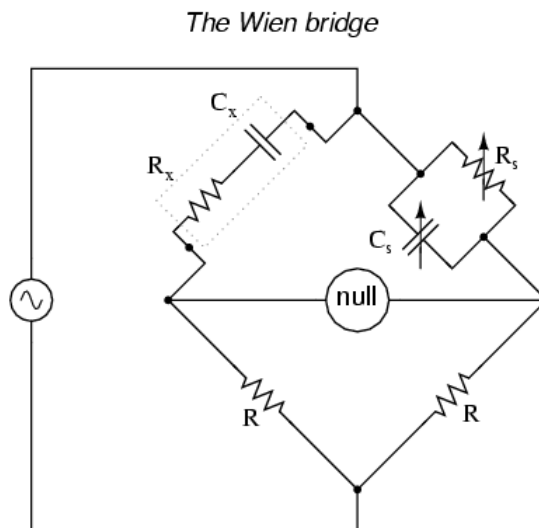
Και έχει το παρακάτω κύκλωμα:



Σχήμα 4.5.4 Γέφυρα Schering

4.5.5 Γέφυρα Wien

Γέφυρα Wien (Ταλαντωτής) (Σχήμα 4.5.5). Η γέφυρα Wien παρουσιάζεται σε αυτό το σημείο όχι μόνο για την χρήση της σαν μια a.c γέφυρα η οποία μετρά την συχνότητα, αλλά και διότι την χρησιμοποιούμε σε πολλές ηλεκτρονικές διατάξεις. Η γέφυρα Wien έχει σε σειρά ένα RC κύκλωμα στον ένα κλάδο και σε ένα από τους δύο γειτονικούς του ένα κύκλωμα RC σε παράλληλη διάταξη. Αυτό φαίνεται στο διάγραμμα του σχήματος 3-7-1.



Σχήμα 4.5.5 Γέφυρα Wien

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΕΞΥΠΝΑ ΔΙΚΤΥΑ (SMART GRIDS) ”

5.1 Εισαγωγή

Τα κύρια στοιχεία ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας είναι η παραγωγή, η μετάδοση, η διανομή και τα φορτία. Η ενέργεια παράγεται από μεγάλους κεντρικούς σταθμούς παραγωγής και τροφοδοτείται σε ένα διασυνδεδεμένο δίκτυο μεταφοράς υψηλής τάσης. Η μεταφερόμενη πάνω από μεγάλες αποστάσεις ισχύς μεταβιβάζεται, μέσω μιας σειράς μετασχηματιστών διανομής, στα τελικά κυκλώματα για τη διανομή στους καταναλωτές. Τα σημερινά συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας στηρίζονται κατά βάση στα ορυκτά καύσιμα, συμπεριλαμβανομένου του πετρελαίου, του άνθρακα και του φυσικού αερίου ως πηγές ενέργειας. Αυτά τα ορυκτά καύσιμα είναι μη ανανεώσιμα και τα αποθέματά τους στη γη καταναλώνονται ταχύτατα.

Η αυξανόμενη ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια, μαζί με την πολύπλοκη φύση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, έχουν προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στο ήδη καταπονημένο δίκτυο, όπως διακοπές ρεύματος, βυθίσεις τάσης και υπερφορτίσεις, τα οποία μειώνουν σημαντικά την ποιότητα ρεύματος και την αξιοπιστία. Το υπάρχον δίκτυο, λοιπόν, βρίσκεται υπό μεγάλη πίεση από τις διάφορες προκλήσεις και ανάγκες που προκύπτουν από το περιβάλλον, τους καταναλωτές, την αγορά αλλά και από θέματα της υπάρχουσας υποδομής. Για να ξεπεράσουμε τέτοια προβλήματα, προέβλεψε μια νέα έννοια, ενός ηλεκτρικού δικτύου επόμενης γενιάς, ένα έξυπνο δίκτυο. Η στροφή στην ανάπτυξη των δικτύων μεταφοράς ώστε να είναι πιο έξυπνα έχει συνοπτικά οριστεί ως “Έξυπνο Δίκτυο” (Smart Grid).

5.2 Ο ορισμός του έξυπνου δικτύου

Ο όρος Έξυπνο Δίκτυο αναφέρεται σε ένα τελείως εκσυγχρονισμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας το οποίο παρακολουθεί, προστατεύει και βελτιστοποιεί τη λειτουργία των διασυνδεδεμένων σε αυτό στοιχείων από άκρο σε άκρο. Πρόκειται για μια υποδομή που

στόχο έχει την ενίσχυση της αποδοτικότητας και της αξιοπιστίας μέσω αυτομάτου ελέγχου, μετατροπέων υψηλής ισχύος, σύγχρονης δομής επικοινωνιών, τεχνολογιών αισθητήρων/μετρητών και σύγχρονων τεχνικών διαχείρισης ενέργειας βασισμένων στη βελτιστοποίηση της ζήτησης, τη διαθεσιμότητας της ενέργεια και του δικτύου κ.ά. Το σύστημα περιλαμβάνει κεντρικές και κατακεντρωμένες ηλεκτρικές γεννήτριες μέσω του δικτύου υψηλής τάσης και σύστημα διανομής χαμηλής τάσης σε βιομηχανικούς χρήστες ή συστήματα αυτοματισμού οικιακών κτηρίων, σε εγκαταστάσεις αποθήκευσης ενέργειας και σε τελικούς καταναλωτές. Το έξυπνο δίκτυο θα χαρακτηρίζεται από αμφίδρομη ροή ηλεκτρικής ενέργειας και πληροφοριών για τη δημιουργία ενός αυτοματοποιημένου, ευρέως κατακεντρωμένου δικτύου διανομής ενέργειας. Ενσωματώνει στο δίκτυο τα πλεονεκτήματα των κατακεντρωμένων υπολογιστικών συστημάτων και των επικοινωνιών, για τη μεταφορά σε πραγματικό χρόνο πληροφοριών με σκοπό την εξισορρόπηση της παροχής και της ζήτησης ρεύματος.

5.3 Βασικά χαρακτηριστικά έξυπνου δικτύου

- **Αξιοπιστία και Ευστάθεια.** Με τον όρο αξιοπιστία αναφερόμαστε στην ικανότητα ενός συστήματος ή και στοιχείων αυτού να εκτελούν τις απαιτούμενες λειτουργίες υπό δεδομένες συνθήκες για καθορισμένο χρονικό διάστημα. Με την αξιοπιστία απαιτούμε οι βλάβες του συστήματος να συμβαίνουν με μικρή πιθανότητα, ενώ σε περίπτωση που κάτι πάει στραβά, η επίπτωσή του στο συνολικό σύστημα να είναι ελάχιστη και το δυσλειτουργικό στοιχείο να αντικατασταθεί ή επιδιορθωθεί όσο το δυνατόν συντομότερα. Το έξυπνο δίκτυο πρέπει να εγγυάται σταθερότητα της τάσης και του ρεύματος, να περιορίζει τη ζήτηση αιχμής και τη μεταβλητότητα του φορτίου
- **Ευελιξία.** Η ευελιξία επιτρέπει στο έξυπνο δίκτυο να παρέχει πολλαπλές εναλλακτικές διαδρομές για τη ροή της ενέργειας και των δεδομένων, ενώ επίσης παρέχει επιλογές για να είναι εφικτός ο έλεγχος και η λειτουργία όποτε χρειάζεται.
- **Διαθεσιμότητα.** Η διαθεσιμότητα της ενέργειας και των επικοινωνιών είναι ουσιώδης για τη ζήτηση ενέργειας και πληροφοριών από τους καταναλωτές και βασίζεται στη διαθεσιμότητα των 23 δεδομένων που ανταλλάσσονται στο δίκτυο. Ο βαθμός διαθεσιμότητας που απαιτείται, ειδικά όταν πρόκειται για θέματα που σχετίζονται με την καθυστέρηση ή την ασφάλεια, είναι υψηλός.

- **Δυνατότητα συντήρησης.** Αντανακλά ουσιαστικά τη μακροβιότητα και την αξιοπιστία ενός συστήματος. Το έξυπνο δίκτυο θα πρέπει να σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο που να διευκολύνει τη συντήρηση, έτσι ώστε τα διάφορα στοιχεία ενέργειας και επικοινωνιών να επιδιορθώνονται γρήγορα και με τρόπο οικονομικά αποδοτικό.
- **Ασφάλεια.** Η έννοια της ασφάλειας απευθύνεται στις δυσλειτουργίες του συστήματος που οφείλονται σε ανθρώπινα αίτια, όπως εσκεμμένες επιθέσεις και μη εξουσιοδοτημένες τροποποιήσεις. Μια ασφαλής και σίγουρη συνδεσιμότητα μεταξύ προμηθευτών και καταναλωτών παρέχει προστασία για τις κρίσιμες εφαρμογές και τα δεδομένα αλλά και άμυνες ενάντια σε παραβιάσεις της ασφάλειας.
- **Μετρησιμότητα και Ελεγχιμότητα.** Η διακοπή υπηρεσιών και οι βλάβες είναι περιστατικά σοβαρά και υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να συμβούν. Το έξυπνο δίκτυο είναι σε θέση να εντοπίζει και να διορθώνει λειτουργικές διαταραχές μέσω δυναμικών μετρήσεων και παρακολούθηση πραγματικού χρόνου.
- **Ψηφιοποίηση.** Πρόκειται για θεμελιώδες χαρακτηριστικό που θα διευκολύνει την υλοποίηση άλλων έξυπνων λειτουργιών. Το έξυπνο δίκτυο θα χρησιμοποιεί μια ψηφιακή πλατφόρμα για γρήγορη και αξιόπιστη αντίχρεωση, μέτρηση, επικοινωνία, υπολογισμό, έλεγχο, προστασία, απεικόνιση και συντήρηση ολόκληρου του συστήματος μεταφοράς.
- **Προσαρμογή.** Ο σχεδιασμός του έξυπνου δικτύου μεταφοράς θα είναι, για την ευκολία των φορέων εκμετάλλευσης, προσαρμοσμένος στον πελάτη, χωρίς να χάνει τις λειτουργίες του και τη διαλειτουργικότητά του. Επίσης, θα εξυπηρετεί τους πελάτες παρέχοντας περισσότερες επιλογές κατανάλωσης ενέργειας για έναν υψηλότερο λόγο ποιότητας/τιμής. Το έξυπνο δίκτυο θα απελευθερώσει περαιτέρω την αγορά ενέργειας με την αύξηση της διαφάνειας και τη βελτίωση του ανταγωνισμού για τους συμμετέχοντες στην αγορά.

6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΜΕΤΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ”

6.1 Εισαγωγή

Με την εγκατάσταση συστημάτων μέτρησης και παρακολούθησης οι καταναλωτές με χαμηλό κόστος αποκτούν την δυνατότητα να ανταποκριθούν στα αυξανόμενα ενεργειακά κόστη, αλλάζοντας ταυτόχρονα την καταναλωτική τους συμπεριφορά. Συνοπτικά τα οφέλη είναι

- **Οικονομία.** Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα είναι το μειωμένο κόστος ενέργειας τόσο για οικιακούς όσο και για εταιρικούς καταναλωτές. Με την γνώση των ενεργειακών μας καταναλώσεων αλλά και την δυνατότητα να τις ελέγχουμε απομακρυσμένα μπορούμε να μειώσουμε σημαντικά τα πάγια έξοδα, να αποφύγουμε τις ενεργειακά όρια αλλαγής κόστους kWh, κα με πολύ μικρό κόστος.
- **Λειτουργικότητα.** Τα στοιχεία από το σύστημα παρακολούθησης μπορούν να αποκαλύψουν υφιστάμενη ή να προβλέψουν μελλοντική βλάβη ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Η αξιολόγησή τους έχει άμεσο αντίκρισμα στην παραγωγικότητα, είτε σε βιομηχανίες, είτε σε συστήματα παραγωγής ενέργειας όπως Φ/Β συστήματα ή ακόμα και σε συσκευές καθημερινής χρήσης (ψυγείο, aircondition, αντλία θερμότητας)
- **Συντήρηση & Εγγυήσεις.** Ως συνέχεια της λειτουργικότητας, η γνώση τέτοιων δεδομένων συνεισφέρει στην καλύτερη διαχείριση εγγυήσεων
- **Ασφάλεια.** Τα συστήματα απομακρυσμένου ελέγχου βοηθούν ώστε να αποφεύγεται η άμεση επαφή του ατόμου με επικίνδυνα φορτία
- **Ποιότητα Ζωής - Απομακρυσμένος έλεγχος:** Η χρήση έξυπνων μετρητών αναβαθμίζει την ποιότητα ζωής και την διαχείριση χρόνου, καθώς δίνει την δυνατότητα να ελέγχουμε απομακρυσμένα συσκευές, να τις θέτουμε εκτός λειτουργίας ή σε λειτουργία και γενικότερα να αυτοματοποιούμε διαδικασίες. Η συμβατότητα τέτοιων συστημάτων με επιπρόσθετους μετρητές (πχ θερμοκρασίας, ροής νερού, κα) συντελούν στην ολοκληρωμένη αυτοματοποίηση διαδικασιών.

- **Περιβάλλον.** Η γνώση του πως καταναλώνεται η ενέργεια οδηγεί στην αύξηση της απόδοσης, μείωση ρύπων, ενεργειακής κατανάλωσης και εν γένει του ενεργειακού αποτυπώματος μας.

6.2 Πληροφορίες Τιμολογίου

Ανάλογα με το μέγεθος της παροχής, οι πελάτες θα αγοράσουν τον ηλεκτρισμό είτε με βάση τους δημοσιευμένους δασμούς, είτε κάποια συγκεκριμένα συμβόλαια. Ανεξάρτητα από το μέγεθος, υπάρχουν πολλοί παρόμοιοι όροι που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τα διαφορετικά στοιχεία ενός τιμολογίου. Τα σημαντικά δεδομένα που μπορούμε να συγκεντρώσουμε από τους λογαριασμούς αυτών συνοψίζονται παρακάτω:

- **Αριθμός Παραπομπής Τοποθεσίας του Μετρητή:** Ο Αριθμός Παραπομπής Τοποθεσίας του Μετρητή (**Meter Point Reference Number – MPRN**) είναι ένας μοναδικός αριθμός που προσδιορίζει την παροχή του ηλεκτρισμού, πληροφορία σημαντική σε περίπτωση που επιθυμείτε να αλλάξετε Εταιρεία Παροχής. (Για τη ΔΕΗ, αριθμός παροχής με συνολικό αριθμό ως οκτώ ψηφία). Δασμός: Ο τύπος παροχής και η ορισμένη χρέωση ανά μονάδα κατανάλωσης. Περίοδος Κατανάλωσης: Οι ημερομηνίες κατανάλωσης που καλύπτει το τιμολόγιο. Σημείωση: αυτές μπορεί να ανταποκρίνονται και στις ημερομηνίες καταγραφής ενδείξεων των μετρητών, αλλά όχι απαραίτητα.
- **Ενδείξεις Μετρητών:** Οι μονάδες κατανάλωσης κατά την διάρκεια της ημέρας βρίσκονται στο πάνω μέρος, ενώ ακολουθούν οι νυχτερινές μονάδες και στην συνέχεια οι μονάδες έργου ισχύος (μόνο στους καταναλωτές μεγάλης εγκατεστημένης ισχύος). Οι ενδείξεις μπορεί να ακολουθούνται από κάποια γράμματα, τα οποία μπορεί να αναφέρονται είτε στον πελάτη, είτε στην εκτιμώμενη ένδειξη. Σε περίπτωση που έχει χρησιμοποιηθεί μία εκτιμώμενη ένδειξη, καλό θα ήταν να γίνει και έλεγχος του κατά πόσο αυτή ανταποκρίνεται στην πραγματική ένδειξη. Αν όχι, επικοινωνήστε με την ΔΕΗ και γνωστοποιήστε την πραγματική ένδειξη.
- **Νυχτερινές Μονάδες (Μειωμένο Τιμολόγιο):** Για τις μονάδες που χρησιμοποιούνται περίπου από τις 23:00 έως τις 07:00 (ανάλογα με τον προμηθευτή και το δασμολόγιο) υπάρχει μειωμένη χρέωση. Οι ακριβείς ώρες θα πρέπει να αναγράφονται πάνω στον λογαριασμό ηλεκτρισμού και ο χρονοδιακόπτης ελέγχου θα πρέπει να ρυθμιστεί έτσι

ώστε να εναλλάσσεται ανάμεσα στις τιμές αυτές σύμφωνα με τις ώρες που αναγράφονται στον λογαριασμό. Αυτές οι ώρες ορίζονται από την εταιρεία κοινής ωφέλειας, έτσι ώστε να μην αλλάζουν όλοι οι πελάτες τιμές την ίδια ώρα. Είναι κατά συνέπεια επωφελές, εφόσον είναι δυνατό, να καθυστερήσουμε την μεγάλη ζήτηση για χρήση ηλεκτρισμού για τις ώρες που υπάρχει φθηνότερη χρέωση. Πρέπει επίσης να σημειωθεί πως εφαρμόζεται ακόμη ο πολλαπλασιαστής. Ελέγξτε την αναλογία των ημερήσιων μονάδων σε σχέση με τις νυχτερινές. Αν η μονάδες νυχτερινής κατανάλωσης είναι λιγότερες από το 10% της ημερήσιας κατανάλωσης, τότε θα άξιζε ίσως τον κόπο να επιλέξετε τον δασμό μονής χρέωσης, καθώς θα προσφέρει κάποιες σχετικά χαμηλότερες χρεώσεις για την κατανάλωση ημερήσιων μονάδων απ' ότι αυτός της διπλής χρέωσης.

- **Μονάδες Άεργου Ισχύος:** Η άεργος ισχύς που μετριέται σε kVAr είναι μια μονάδα μέτρησης του επαγωγικού ρεύματος που παράγεται σε κυκλώματα από πηνία μετασχηματιστών με περιέλιξη κάποιων μηχανών κλπ. Το άεργο ρεύμα δεν εξυπηρετεί κάποιον ιδιαίτερο σκοπό και μειώνει την δυναμικότητα των μετασχηματιστών, των καλωδίων και του εξοπλισμού διανομής μεγάλων ηλεκτρικών φορτίων (ή του μηχανισμού παρεμβολής). Επομένως οι προμηθευτές ηλεκτρισμού αποτρέπουν την χρήση τους. Αν οι μονάδες άεργου ισχύος ξεπερνούν το 1/3 της συνολικής πραγματικής ισχύος (kWh), τότε η υπερβολή χρεώνεται με σταθερή τιμή. Αν το τιμολόγιό σας περιλαμβάνει συχνά χρεώσεις για μονάδες άεργου ισχύος, τότε αξίζει τον κόπο να επενδύσετε σε εξοπλισμό αντιστάθμισης συντελεστή ισχύος για να μειωθούν οι επιβαρύνσεις εξαιτίας της άεργου ισχύος.
- **Σταθερή Χρέωση:** Μια σταθερή χρέωση συχνά αναφερόμενη ως το σταθερό κόστος ανά έτος και μετά κατ' αναλογία για να καλύψουν την περίοδο κατανάλωσης.
- **Χρέωση Δυναμικότητας:** Μια σταθερή χρέωση με βάση την Μέγιστη Δυναμικότητα Μεταφοράς (Maximum Import Capacity - MIC) που μετριέται σε kVA. Η χρέωση είναι κατ' αναλογία για να καλύψει την περίοδο κατανάλωσης.
- **Χρέωση Ζήτησης:** Μία σταθερή χρέωση με βάση την πραγματική μέγιστη ζήτηση κατά την περίοδο κατανάλωσης. Συγκρίνετε την μέγιστη ζήτηση με την Μέγιστη Δυναμικότητα Μεταφοράς (MIC), κι αν η πρώτη είναι υψηλότερη ίσως έχετε υψηλότερη χρέωση λόγω υπέρβασης της επιτρεπόμενης δυναμικότητας μεταφοράς. Εξίσου όμως σε περίπτωση που είναι σημαντικά χαμηλότερη στην διάρκεια ενός

έτους, είναι πιθανό να πετύχετε μείωση της δυναμικότητας μεταφοράς και να εξοικονομήσετε χρήματα.

6.3 Ηλεκτρομηχανικοί Μετρητές

Η πλειονότητα των ήδη υπαρχόντων κτιρίων είναι εξοπλισμένη με ηλεκτρομηχανικούς μονοφασικούς ή τριφασικούς μετρητές. Με αυτούς τους μετρητές πραγματοποιείται προς το παρόν η τιμολόγηση του κάθε καταναλωτή.

Οι εν λόγω μετρητές είναι μονοφασικοί είτε τριφασικοί και διαθέτουν ένα περιστρεφόμενο δίσκο, ο αριθμός των περιστροφών του οποίου αποτελεί την ένδειξη για την ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που έχει καταναλωθεί. Στην εμπρόσθια όψη του μετρητή βρίσκεται ψηφιακή οθόνη που λειτουργεί μηχανικά εμφανίζοντας την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια της εγκατάστασης μετρούμενη σε kWh.



Σχήμα 6.3 Συμβατικός μετρητής ΔΕΗ

Η αρχή λειτουργίας του, έγκειται στην αλληλεπίδραση των μαγνητικών ροών δυο σταθερών ηλεκτρομαγνητών τάσης και έντασης,, που επενεργούν πάνω σε ένα δίσκο από αλουμίνιο. Η μαγνητική ροή του ηλεκτρομαγνήτη τάσης είναι ανάλογη της τάσης που εφαρμόζεται στον καταναλωτή, ενώ η μαγνητική ροή του ηλεκτρομαγνήτη έντασης ανάλογη προς την ένταση ρεύματος που απορροφά ο καταναλωτής. Οι δυο ηλεκτρομαγνήτες έχοντας σε φασική απόκλιση τις μαγνητικές ροές τους, δημιουργούν συνιστάμενο στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο και ο δίσκος περιστρέφεται. Η ταχύτητα περιστροφής του είναι ανάλογη της ισχύος που

καταναλώνεται, ενώ ο αριθμός στοφών είναι ανάλογος της καταναλισκόμενης ενεργείας. Στην πινακίδα του μετρητή βρίσκεται η αναλογία στροφών και καταναλισκόμενων kWh.

6.4 Ηλεκτρονικοί Μετρητές

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί νέοι ηλεκτρονικοί μετρητές, οι οποίοι αντικαθιστούν σταδιακά τους μετρητές ηλεκτρομηχανικού τύπου. Αυτοί προσφέρουν μια πληθώρα επιπρόσθετων δυνατοτήτων, από μετρήσεις και καταγραφές απλής ενέργειας (kWh) έως και μετρήσεις και καταγραφές ενός μεγάλου αριθμού παραμέτρων ηλεκτρισμού. Αυτές οι παράμετροι περιλαμβάνουν την χρήση ενέργειας, την μέγιστη ζήτηση ισχύος σε kW ή kVA, τον συντελεστή ισχύος, την ηλεκτρική τάση, το ηλεκτρικό ρεύμα, τις διαφορετικές ζώνες ώρας και εποχών, την διαταραχή λόγω αρμονικών, καθώς και την άεργο ισχύ, kVA_r κτλ. Οι ηλεκτρονικοί μετρητές θα είναι επίσης συχνά σε θέση να παρέχουν ένα παλλόμενο σήμα εξόδου το οποίο μπορεί να ενεργοποιήσει κάποιες συσκευές ελέγχου ή να ενσωματωθεί σε κάποιο δίκτυο ή να χρησιμοποιηθεί από κάποιο ειδικό όργανο καταγραφής δεδομένων, ως μέρος ενός συστήματος διαχείρισης κτιρίων (building management system - BMS) ή ενός αυτόματου συστήματος ενδείξεων μετρητών (automatic meter reading system - AMS). Οι τιμές κυμαίνονται από 300 έως 2500 Ευρώ ανά μετρητή, ανάλογα με τις δυνατότητες και την χωρητικότητα μνήμης του οργάνου.

Το κύριο χαρακτηριστικό αυτού του οργάνου μέτρησης είναι η εφαρμογή τάσης και στα 2 κανάλια εισόδου της <<τάσης>> και του <<ρεύματος>>, επειδή το ηλεκτρονικό κύκλωμα δέχεται μόνο σήματα τάσης. Έχει αμελητέα κατανάλωση ισχύος από το σύστημα στο οποίο θα εκτελέσει τη μέτρηση, λόγω της υψηλής σύνθετης αντίστασης εισόδου. Το μέγιστο επίπεδο του πλάτους του σήματος εισόδου πρέπει να περιορίζεται περίπου στα 5V με 15V. Για το λόγο αυτό, οι μετασχηματιστές τάσης και ρεύματος είναι απαραίτητοι για τον καθορισμό των τιμών ώστε η τάση εισόδου να είναι πάντα εντός των ορίων. Επιπλέον, επειδή οι ηλεκτρονικές συσκευές έχουν ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων στο οποίο μπορούν να εκτελέσουν μετρήσεις DC μέχρι υψηλές συχνότητες, οι μετρητές αυτού του τύπου μπορούν να εφαρμοστούν σε DC, AC ή σε συστήματα ισχύος με παρουσία διαταραχών υψηλών συχνοτήτων.



Σχήμα 6.4 Ηλεκτρονικός μετρητής

6.5 Μετρητές Προπληρωμής και κάρτες με μαγνητική ταινία

Το πρότυπο επιχειρηματικό μοντέλο της ηλεκτρικής ενέργειας στο λιανικό εμπόριο ηλεκτρισμού χρεώνει τον πελάτη για το ποσό της ενέργειας που κατανάλωσε κατά τον προηγούμενο μήνα, δίμηνο ή τετράμηνο. Σε ορισμένες χώρες, εάν ο πωλητής θεωρεί ότι ο πελάτης δεν μπορεί να πληρώσει τον λογαριασμό, τοποθετεί μετρητή προπληρωμής. Αυτό απαιτεί ο πελάτης να προπληρώνει την ηλεκτρική ενέργεια που πρόκειται να καταναλώσει. Εάν το διαθέσιμο πιστωτικό έχει εξαντληθεί, τότε η προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας διακόπτεται αυτόματα από ρελέ. Ο μετρητής εμφανίζει πληροφορίες και στατιστικά στοιχεία, όπως η σημερινή χρέωσή του και τα πιστωτικά υπόλοιπα. Υπάρχει επίσης κουμπί που ενεργοποιεί ένα μικρό ποσό έκτακτης πίστωσης το οποίο μπορεί να χρησιμοποιήσει ο πελάτης. Το σύστημα είναι κατάλληλο για τοποθέτηση σε επισφαλείς πελάτες, ενοικιαζόμενες μονάδες, καταστήματα και αθλητικές εγκαταστάσεις

Σήμερα οι προπληρωμένοι μετρητές διαχειρίζεται και μέσω SMS και Web τεχνολογία (ιντερνετ). Στη Μεγάλη Βρετανία, οι μετρητές προπληρωμής χρησιμοποιούνται συνήθως σε ενοικιαζόμενα καταλύματα. Στα μειονεκτήματα αυτών περιλαμβάνεται η ανάγκη για τακτικές επισκέψεις για έλεγχο και ο κίνδυνος κλοπής των μετρητών. Οι σύγχρονοι σταθερά

τοποθετημένοι μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας, σε συνδυασμό με την τεχνολογία των έξυπνων καρτών, έχουν ελαττώσει τα μειονεκτήματα και οι μετρητές χρησιμοποιούνται συνήθως για πελάτες που θεωρούνται μεγαλύτερου πιστωτικού κινδύνου. Στη Μεγάλη Βρετανία επίσης, ένα σύστημα που χρησιμοποιείτε είναι η PayPoint, (με επαναφορτιζόμενο πλαστικό «κλειδί» για την ηλεκτρική ενέργεια) και μπορεί να φορτωθεί με όσα χρήματα ο πελάτης επιθυμεί.

Ένα παρόμοιο σύστημα, με έξυπνες κάρτες, έχει χρησιμοποιηθεί για περισσότερα από 1 εκατ. μετρητές από την Elektromed στην Τουρκία. Στη Νότια Αφρική και τη Βόρειο Ιρλανδία οι προπληρωμένοι μετρητές «ξαναγεμίζουν» εισάγοντας έναν μοναδικό, κωδικοποιημένο εικοσαψήφιο αριθμό, χρησιμοποιώντας ένα πληκτρολόγιο. Οι έρευνες συνεχίζονται σ' όλο τον κόσμο και κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες, για τη δοκιμή συστημάτων προπληρωμής. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η έλλειψη κοινωνικής αποδοχής έχει οδηγήσει στη μη εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής. Ωστόσο, παρά τις προσπάθειες αυτές η αγορά προπληρωμένων μετρητών δεν είχε εξαπλωθεί παρά μόνο στη Νότιο Αφρική.

6.6 Έξυπνοι μετρητές

6.6.1 Αναγκαιότητα αναλυτικών μετρήσεων σε οικιακές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις

Είναι γεγονός ότι οι σύγχρονες ανάγκες του ανθρώπου για την κατανάλωση ενέργειας συνεχώς αυξάνονται. Παρόλα αυτά οι πηγές ενέργειας, οι οποίες είναι διαθέσιμες, λιγοστεύουν σε επικίνδυνο βαθμό. Εκτός από την προφανή λύση εύρεσης νέων μορφών και πηγών ενέργειας, προέκυψε και η ανάγκη παρακολούθησης της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε οικιακές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Η καταγραφή και η μέτρηση των αντίστοιχων απαιτούμενων μεγεθών (ηλεκτρικών τάσεων και ρευμάτων) πραγματοποιείται με τη χρήση ειδικά σχεδιασμένων για τη δεδομένη εφαρμογή συσκευών.

Η εξοικονόμηση και ορθολογική χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας και κατ' επέκταση των φυσικών πόρων δεν έχει μόνο περιβαλλοντικά κέρδη αλλά και προσωπικά οφέλη για τον κάθε καταναλωτή. Πιο συγκεκριμένα, ο εκάστοτε καταναλωτής, μέσω της παρακολούθησης της ατομικής του κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, έχει τη δυνατότητα μείωσης των εξόδων του που αφορούν σε αυτήν καθώς του παρέχεται επακριβής αντίληψη και γνώση του πόσο ενεργειακά ζημιόγωνα είναι η κάθε ηλεκτρική συσκευή του. Συνεπώς, η πρόσβαση του

εκάστοτε καταναλωτή σε αναλυτικές μετρήσεις κατανάλωσης ρεύματος των συσκευών που βρίσκονται υπό την εποπτεία και χρήση του μπορεί να οδηγήσει τόσο σε βελτίωση της καταναλωτικής του συμπεριφοράς όσο και σε ανάπτυξη της περιβαλλοντικής του συνείδησης.

6.6.2 Έξυπνοι μετρητές

Οι έξυπνοι μετρητές είναι πρωτοποριακές ηλεκτρονικές συσκευές οι οποίες μας προσφέρουν τη δυνατότητα να πραγματοποιήσουμε ακριβείς μετρήσεις κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος. Έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν είτε να αντικαταστήσουν τους ήδη υπάρχοντες μετρητές ηλεκτρισμού είτε να χρησιμοποιηθούν ως συμπληρωματικοί. Αυτοί οι μετρητές έχουν την τάση να παρουσιάζουν τα ακατέργαστα δεδομένα σχετικά με την χρήση ενέργειας, ως χρήσιμες πληροφορίες. Αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν την προβολή του κόστους μιας περιόδου χρήσης ηλεκτρισμού με διαφορετικά επίπεδα ισχύος, κάτι που μπορεί να βοηθήσει τους χρήστες να κατανοήσουν τις συνέπειες του να ανάβεις ή να σβήνεις διαφορετικές ηλεκτρικές συσκευές. Συνήθως οι Έξυπνοι Μετρητές έχουν επίσης ενσωματωμένη μία οθόνη η οποία μπορεί να τοποθετηθεί σε κάποιο εμφανές σημείο, έτσι ώστε η πρόσβαση του χρήστη στις πληροφορίες να είναι πολύ πιο εύκολη, ενώ ο ίδιος ο μετρητής θα μπορεί να βρίσκεται σε ένα οποιοδήποτε απομακρυσμένο σημείο. Οι νέοι μετρητές θα εγκαθίστανται εντός του σπιτιού ή της πολυκατοικίας και όχι εξωτερικά, καθώς δεν θα χρειάζεται να είναι προσβάσιμοι από τα συνεργεία μέτρησης –τα οποία ως επί το πλείστον είναι εξωτερικές εργολαβίες– καθώς θα υπάρχει δυνατότητα τηλεμέτρησης.



Σχήμα 6.6.2. Έξυπνος μετρητής

Η πρώτη πρακτική ωφέλεια για τον καταναλωτή είναι ότι με τους νέους μετρητές, δε θα απαιτείται η έκδοση λογαριασμών «έναντι». Ταυτόχρονα ο ίδιος ο καταναλωτής θα μπορεί από την οθόνη του μετρητή να βλέπει την κατανάλωσή του και ταυτόχρονα να την ελέγχει.

Επίσης ο ίδιος ο καταναλωτής θα μπορεί να διαπιστώνει την κατανάλωση της κάθε μιας συσκευής χωριστά, καθώς ο μετρητής θα δείχνει την αύξηση φορτίου σε περίπτωση που για παράδειγμα ανοίξει ο θερμοσίφωνας ή η κουζίνα. Επιπλέον με τους έξυπνους μετρητές θα δίνεται η δυνατότητα πιο ευέλικτων τιμολογίων ανάλογα με την ώρα ή τη μέρα. Δηλαδή αυτό που σήμερα ισχύει και εφαρμόζεται με το λεγόμενο «νυχτερινό ρεύμα» θα μπορεί να επεκταθεί και οι χρεώσεις να είναι κλιμακωτές ανάλογα με τις ανάγκες του πελάτη αλλά και του παρόχου. Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι οι έξυπνοι μετρητές ενθαρρύνουν τους ιδιοκτήτες των σπιτιών να μειώσουν την ενεργειακή τους κατανάλωση από 3% έως 15%. Οι εμπειρογνώμονες προειδοποιούν ότι η εν λόγω τεχνολογία απαιτεί την ενημέρωση του καταναλωτικού κοινού και δεν είναι απλώς μια εγκατάσταση που την τοποθετούμε και την ξεχνάμε. Οι καταναλωτικές ομάδες υποστηρίζουν ότι οι ιδιοκτήτες των σπιτιών δεν πρέπει να επιβαρυνθούν τις δαπάνες εγκατάστασης των νέων μετρητών.

Η καλή διαχείριση της ενέργειας βασίζεται στην σωστή και ακριβή ερμηνεία των ενδείξεων των μετρητών, ανεξάρτητα από την μέθοδο μέτρησης που έχει επιλεγεί. Ο τρόπος λειτουργίας των έξυπνων μετρητών είναι ο εξής :

- Οι έξυπνοι μετρητές μετρούν την ενέργεια της κατανάλωσης/παραγωγής και παρέχουν πληροφορίες για την μετρούμενη αυτή ενέργεια.
- Τα δεδομένα μεταφέρονται μέσω Power Line Carrier (PLC), δικτύου κινητής τηλεφωνίας στο σύστημα έξυπνης μέτρησης.
- Τα δεδομένα συλλέγονται και υποβάλλονται σε επεξεργασία στο σύστημα διαχείρισης δεδομένων μετρητών.
- Τα δεδομένα διαβιβάζονται περαιτέρω σε συστήματα πληροφορικής όπως π.χ. σύστημα πληροφοριών πελατών ή στο σύστημα διαχείρισης και διανομής ενέργειας.
- Τα μετρητικά δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την σωστότερη εξυπηρέτηση και τιμολόγηση πελατών. Επίσης μπορούν να παρέχουν πιο ακριβείς λογαριασμούς και αρχεία κατανάλωσης στους καταναλωτές.

6.6.3 Θεσμικό πλαίσιο για τους έξυπνους μετρητές

Η εγκατάσταση έξυπνων μετρητών στο σύνολο της χώρας, αλλά και η πιλοτική εφαρμογή του, αποτελεί σήριαλ της τελευταίας πενταετίας. Η εγκατάσταση έξυπνων μετρητών και ο ρόλος τους ΔΕΔΔΗΕ προβλέπεται ήδη νομικά από τον νόμο 4001/2011 «Για τη λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις» (ΦΕΚ 179/Α/22.08.2011). Ακόμη, η κοινοτική οδηγία για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα αλλά και ο εθνικός ενεργειακός σχεδιασμός προβλέπουν ήδη τον στόχο για κάλυψη του 80% των παροχών ρεύματος με έξυπνους μετρητές μέχρι το 2020. Το κόστος της συνολικής επένδυσης για την επίτευξη αυτού του στόχου ξεπερνά το 1 δισ. ευρώ ενώ για το σύνολο των 7,5 εκατ. συνδέσεων του ελληνικού δικτύου φθάνει στα 1,2 δισ. ευρώ.

Παρά το ιδιάζων μετοχικό καθεστώς του ΔΕΔΔΗΕ (θυγατρική της ΔΕΗ όπου κυρίαρχο ρόλο έχει το Δημόσιο), ήδη από το 2013, με την απόφαση C(2013) 5822 final/18.09.2013 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής κρίθηκε ότι η ενίσχυση για το έργο της ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. με τίτλο «Πιλοτικό Σύστημα Τηλεμέτρησης» κρίθηκε συμβατή με την εσωτερική αγορά σύμφωνα με το άρθρο 107, παράγραφος 3, στοιχείο γ) της ΣΛΕΕ (Συνθήκη Λειτουργίας Ευρωπαϊκής Ένωσης). Από τότε ο ΔΕΔΔΗΕ προσπάθησε να προχωρήσει την πιλοτική εφαρμογή του προγράμματος και ζήτησε από το Υπουργείο πόρους για εκτενέστερη εγκατάσταση. Διαγωνισμοί, προσφυγές, καθυστερήσεις, αλληπάλληλες εκλογές και αλλαγές στις θέσεις ευθύνης, λήξη του προηγούμενου ΕΣΠΑ, συντέλεσαν στην μεγάλη αυτή καθυστέρηση, από το 2011 μέχρι και σήμερα.

Το πιλοτικό πρόγραμμα του ΔΕΔΔΗΕ περιλαμβάνει την εγκατάσταση συνολικά 200.000 έξυπνων μετρητών σε κατοικίες και καταστήματα (170.000 υποχρεωτικά και 30.000 προαιρετικά). Το έργο συνολικού προϋπολογισμού 86,5 εκατ. ευρώ θα αποτελέσει τον «πιλότο» πάνω στον οποίο θα στηριχθεί η μελέτη για την πλήρη αντικατάσταση των 7 εκατ. μετρητών χαμηλής τάσης της ΔΕΗ, ύψους άνω του 1 δισ. ευρώ.

Δεδομένου όμως ότι η κοινοτική νομοθεσία υποχρεώνει τα κράτη-μέλη να έχουν αντικαταστήσει το 80% των συμβατικών μετρητών με έξυπνους ψηφιακούς μέχρι το 2018, όλα δείχνουν ότι η Ελλάδα μάλλον δεν θα επιτύχει τα χρονοδιαγράμματα. Η εγκατάσταση των έξυπνων μετρητών ανοίγει τον δρόμο για την εφαρμογή πολυζωνικών τιμολογίων

ηλεκτρικού ρεύματος με διαφορετικές χρεώσεις, ανάλογα με το πώς διαμορφώνεται η ζήτηση κατά τη διάρκεια της ημέρας.

6.6.4 Παρουσίαση και τοποθέτηση έξυπνων μετρητών εμπορίου

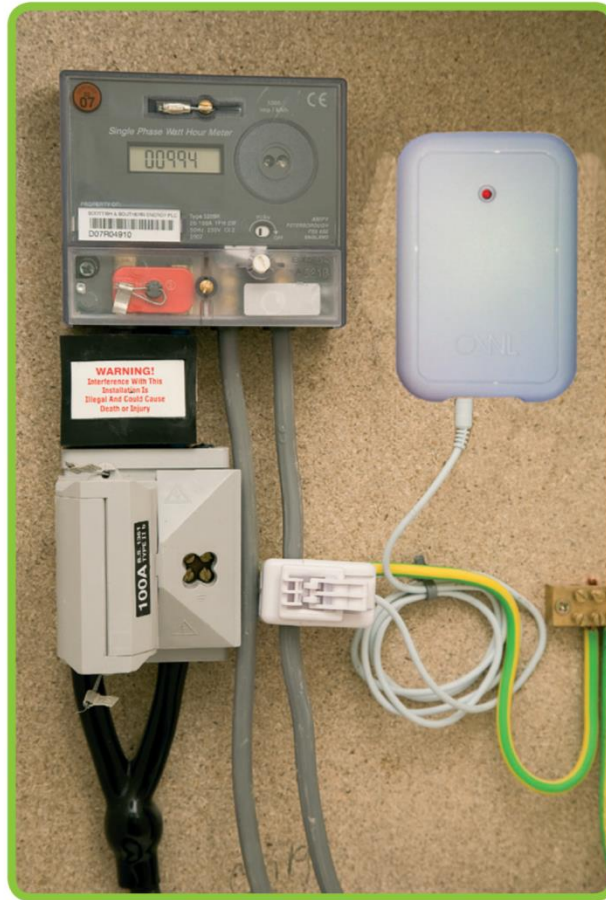
6.6.4.1 Τοποθέτηση έξυπνων μετρητών

Η νέα έξυπνη γενιά μετρητών παρακολούθησης και ελέγχου ηλεκτρικής ενέργειας OWL Intuition™, μέσω διαδικτύου για οικιακούς εμπορικούς και βιομηχανικούς χώρους.



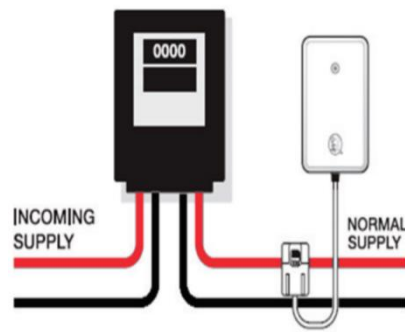
Σχήμα 6.4.4.1 Τοποθέτηση αισθητήρα

Αρχικά πρέπει να γίνει αναγνώριση του εξερχόμενου καλωδίου τροφοδοσίας στον ηλεκτρικό μετρητή. Ξεκουμπώνεται ο αισθητήρας και εφαρμόζεται γύρω από το καλώδιο όπως φαίνεται στο σχήμα 6.4.4.1..



Σχήμα 6.4.4.2 Ολοκληρωμένη εγκατάσταση μετρητή OWL

Στερεώνεται ο πομπός στον τοίχο δίπλα στον ηλεκτρικό πίνακα. Έπειτα συνδέεται το καλώδιο του αισθητήρα σε κάποια από τις 3 υποδοχές που βρίσκονται στη βάση της μονάδας. Στο σχήμα 6.4.4.2. φαίνεται μια τυπική εγκατάσταση με τον πομπό τοποθετημένο δίπλα στον μετρητή, και του αισθητήρα γύρω από καλώδιο. Η τάση που διαβάζουν οι έξυπνοι μετρητές είναι 230 V όταν μετράνε το μονοφασικό ρεύμα και 400V όταν μετράνε το τριφασικό (τάση δικτύου την οποία παίρνουν σαν δεδομένο). Ο συντελεστής ισχύος κοντά στη μονάδα σταθερά και τα δύο μεγέθη.



Σχήμα 6.4.4.1 OWL

6.6.4.2 OWL Micro+

Ο μετρητής ενέργειας OWL micro+ είναι ο πρώτος μετρητής από τη νέα γενιά οικιακών μετρητών παρακολούθησης ενέργειας OWL. Ασύρματος και εύκολος στη χρήση, τοποθετείτε οπουδήποτε και βοηθά στη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος και κατ' επέκταση στη μείωση αερίων του θερμοκηπίου. Ο OWL micro+ διαθέτει νέα χαρακτηριστικά γνωρίσματα, υψηλή ποιότητα κατασκευής και χαμηλό κόστος απόκτησης κάτι που βοηθάει στη γρήγορη απόσβεση του προϊόντος .



Σχήμα 6.4.4.2 OWL micro+

Γενικά χαρακτηριστικά

Συχνότητα λειτουργίας 433MHz Απόσταση ενεργοποίησης πάνω από 30m χρόνος ανανέωσης κάθε 12 δευτερόλεπτα λειτουργία μπαταρίας > 14 Μήνες

αισθητήριο 230-240VAC 71A με επαγωγική σύνδεση στον κεντρικό αγωγό. θερμοκρασία λειτουργίας : -25 °C to +65 °C

Σχετική υγρασία : 25% to 95% θερμοκρασία λειτουργίας : 0 °C to 40 °C Βαθμός προστασίας : IP30

Χαρακτηριστικά Micro+

Παρακολούθηση της κατανάλωσης στην κατοικία.

Πρόσβαση στο ιστορικό της κατανάλωσης και ένδειξη των μέσων όρων κατανάλωση των τελευταίων 3 μηνών.

Απλή εγκατάσταση και ρύθμιση χωρίς να απαιτείται ηλεκτρολόγος.

Εμφάνιση επιπτώσεων του φαινομένου του θερμοκηπίου, καθώς και την χρήση και το κόστος της ενέργειας

Πολλαπλές λειτουργίες συναγερμού για τον άμεσο εντοπισμό βλάβης.

6.6.4.3 OWL με USB

Ο μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας OWL με USB παρέχει μια λεπτομερή ανάλυση της χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας, όλα τα δεδομένα αποθηκεύονται στην οθόνη, έτοιμα να φορτωθούν σε έναν υπολογιστή μέσω του παρεχόμενου καλωδίου μεταφοράς δεδομένων.



Σχήμα 6.4.4.3 OWL με USB

OWL + USB είναι η πλήρης ασύρματη λύση παρακολούθησης της ηλεκτρικής ενέργειας. Διατηρώντας όλα τα χαρακτηριστικά του βραβευμένου OWL παρακολούθηση της ηλεκτρικής ενέργειας. Το OWL + USB παρέχει μια λεπτομερή ανάλυση της χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας, όλα τα δεδομένα αποθηκεύονται στην οθόνη, έτοιμα να φορτωθούν σε έναν υπολογιστή μέσω του παρεχόμενου καλωδίου μεταφοράς δεδομένων

Χαρακτηριστικά Micro+

Παρακολούθηση κατανάλωση στην κατοικία.

Πρόσβαση στο ιστορικό της κατανάλωσης και ένδειξη των μέσων όρων κατανάλωση των τελευταίων 3 μηνών.

Υποστήριξη πολλαπλών τιμολογίων

Απλή εγκατάσταση και ρύθμιση χωρίς να απαιτείται ηλεκτρολόγος.

Εμφάνιση επιπτώσεων του φαινομένου του θερμοκηπίου, καθώς και την χρήση και το κόστος της ενεργείας

Πολλαπλές λειτουργίες συναγερμού για τον άμεσο εντοπισμό βλάβης.

Ευχέρεια σύνδεσης με υπολογιστή με USB για άμεση απεικόνιση διαγραμμάτων, επιτρέπει την γραφική ανάλυση και αποθήκευση αποτελεσμάτων.

7^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΈΞΥΠΝΩΝ ΜΕΤΡΗΤΩΝ ”

7.1 Πλεονεκτήματα στον καταναλωτή

Τα οφέλη της χρήσης των Έξυπνων Μετρητών στους καταναλωτές είναι τα ακόλουθα:

α) Βελτίωση της ποιότητας του προϊόντος που προσφέρεται στον καταναλωτή: Η καταγραφή των ποιοτικών μεγεθών παροχής της ηλεκτρικής ενέργειας (τάση, συχνότητα, κ.α.), θα έχει ως αποτέλεσμα την καταγραφή κάποιων ανωμαλιών ή περιστατικών (π.χ. πτώσεων ή αιχμών τάσης). Τα επιτρεπτά όρια π.χ. της τάσης του ρεύματος είναι καταγεγραμμένα στην κείμενη νομοθεσία. Σε περίπτωση ανωμαλιών που οδηγούν σε υλικές ζημιές στις συσκευές του καταναλωτή, θα μπορεί ο καταναλωτής να καταγγείλει τον Διαχειριστή του Δικτύου για την ποιότητα του ρεύματος που προμηθεύεται. Επομένως, η χρήση των Έξυπνων Μετρητών προστατεύει τα δικαιώματα των καταναλωτών, με αποτέλεσμα να βελτιωθεί η ποιότητα του προϊόντος που τους προσφέρεται από τον Διαχειριστή του Δικτύου.

β) Μέσω των Έξυπνων Μετρητών, ο καταναλωτής θα δέχεται πληροφορίες από το Πληροφοριακό Σύστημα του Προμηθευτή για την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας σε κάθε στιγμή. Η εκμετάλλευση της πληροφορίας αυτής είναι πολύ σημαντική για την οικονομία των καταναλωτών, και θα βοηθήσει στη βέλτιστη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας.

γ) Βελτίωση των υπηρεσιών που προσφέρονται στον καταναλωτή: Βάσει της Οδηγίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όσον αφορά την απλή διαδικασία για την αναφορά παραπόνων και την παροχή στοιχείων κατανάλωσης τακτικά από τους Προμηθευτές στους καταναλωτές, με το Πληροφοριακό Σύστημα κάθε καταναλωτής θα έχει δυνατότητα από την ιστοσελίδα του Προμηθευτή μέσω διαβαθμισμένης πρόσβασης:

- Να βλέπει τα ιστορικά στοιχεία των ωριαίων καταναλώσεών του. Ο καταναλωτής θα έχει άμεσα διαθέσιμη ενημέρωση για την κατανάλωση του (σε ωριαία βάση) κατά τα τελευταία έτη, μέσω ειδικά διαμορφωμένων αναφορών. Η πληροφορία αυτή θα βοηθά τον καταναλωτή να κάνει βέλτιστη διαχείριση της κατανάλωσής του, με άμεσο επακόλουθο την εξοικονόμηση ενέργειας. Υπολογίζεται ότι η υιοθέτηση υγιέστερων καταναλωτικών συνηθειών και η βελτίωση της καταναλωτικής συμπεριφοράς τους

μπορεί να αποφέρει μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από 5% έως 15%, ειδικά κατά τις ώρες αιχμής.

- Να υποβάλλει γραπτά ένα δελτίο παραπόνων.
- Να έχει on-line τεχνική υποστήριξη σε περίπτωση προβλήματος ή βλάβης της ηλεκτρικής του εγκατάστασης.
- Να έχει τη δυνατότητα να πληρώνει τους λογαριασμούς του ηλεκτρονικά, μέσω «Κωδικού Ηλεκτρονικής Πληρωμής» ή με πιστωτική κάρτα.

δ) Τα δεδομένα κατανάλωσης σε πραγματικό χρόνο θα μπορούν να αποτυπωθούν στην οθόνη του υπολογιστή ή στην τηλεόραση του καταναλωτή, ώστε να γνωρίζει την επίδραση κάθε διαφορετικής συσκευής στην κατανάλωσή του. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να μετατραπούν σε κόστος ενέργειας και σε εκτίμηση εκπομπής ρύπων (CO₂), ώστε να γνωρίζει άμεσα ο καταναλωτής τις περιβαλλοντικές συνέπειες της χρήσης της ενέργειας. Το γεγονός αυτό θα βελτιώσει την περιβαλλοντική συνείδηση των πολιτών.

ε) Δυνατότητα χρήσης «προηγμένων» τιμολογιακών πακέτων: Οι υπηρεσίες των Έξυπνων Μετρητών θα διευρυνθούν ώστε να λαμβάνουν υπόψη «προηγμένα» τιμολογιακά πακέτα που τους προσφέρονται από τους Προμηθευτές. Για παράδειγμα, θα έχουν δυνατότητα προ-πληρωμένης χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας (καρτο- ενέργεια) χωρίς πάγια χρέωση. Έτσι, κάθε καταναλωτής θα γνωρίζει πόσο έχει καταναλώσει και πόση ηλεκτρική ενέργεια του απομένει ακόμη. Αυτή η δυνατότητα είναι πολύ χρήσιμη σε κατοικίες με μικρό χρονικό διάστημα χρήσης κατά τη διάρκεια του έτους, όπως π.χ. οι εξοχικές κατοικίες στην Ελλάδα.

στ) Δυνατότητα εύκολης εναλλαγής των πακέτων χρέωσης που επιλέγει ο καταναλωτής, π.χ. από ένα απλό πακέτο με πάγια χρέωση σε ένα πακέτο καρτο- ενέργειας χωρίς πάγια χρέωση, μέσω απομακρυσμένης διαχείρισης του μετρητή από τον Προμηθευτή.

ζ) Με την τροποποίηση του Ρυθμιστικού Πλαισίου για τη Διαχείριση του Δικτύου, όπως απαιτεί η Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η χρέωση της ηλεκτρικής ενέργειας θα είναι πλέον ωριαία, άρα ακριβής και κοστοστρεφής.

η) Ο Έξυπνος Μετρητής μπορεί να αποτελέσει τη διεπαφή για ένα πλήρως αυτοματοποιημένο δίκτυο χρήσης ενέργειας στο σπίτι του καταναλωτή. Για παράδειγμα, εφόσον η τιμή ηλεκτρικής ενέργειας είναι χαμηλή (κάτω από ένα προκαθορισμένο όριο), μπορεί ο Έξυπνος Μετρητής (που λαμβάνει την πληροφορία αυτή από το Πληροφοριακό Σύστημα του Προμηθευτή) να δώσει εντολή κατανάλωσης π.χ. στο ψυγείο του καταναλωτή,

ώστε να μη χρειαστεί να λειτουργήσει αργότερα που η τιμή ηλεκτρικής ενέργειας ενδεχομένως να είναι υψηλή. Αντίστροφα, εφόσον η τιμή ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλή (πάνω από ένα προκαθορισμένο όριο), μπορεί ο Έξυπνος Μετρητής να δώσει εντολή παύσης κατανάλωσης π.χ. στο κλιματιστικό του καταναλωτή (χωρίς, φυσικά, μεγάλο αντίκτυπο στην ποιότητα ζωής του καταναλωτή).

θ) Υπάρχει δυνατότητα για δημιουργία ηχητικού σήματος από τον Έξυπνο Μετρητή στην περίπτωση που η κατανάλωση υπερβαίνει ένα προκαθορισμένο όριο. Αυτή η λειτουργία θα βοηθήσει τους καταναλωτές στον έλεγχο της κατανάλωσής τους και εν τέλει σε εξοικονόμηση ενέργειας.

7.2 Πλεονεκτήματα στην επιχείρηση

Το έξυπνο δίκτυο παρέχει άμεσες πληροφορίες, επηρεάζει την ενεργειακή κατανάλωση των χρηστών, βελτιώνει την αποδοτικότητα της τεχνολογίας. Οι επιχειρήσεις θα ωφεληθούν από τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Μείωση δαπανών όσον αφορά την εξυπηρέτηση πελατών
- Ανοικτές πύλες για την παράδοση των ενεργειακών υπηρεσιών
- Βοήθεια στην ανάπτυξη των απελευθερωμένων αγορών ενέργειας
- Προστασία εισοδήματος
- Έλεγχος της παραγωγής
- Τεχνικές απάντησης υποστήριξης
- Αποτελεσματικότερη διαχείριση δικτύου
- Ένα νέο κανάλι επικοινωνίας στους πελάτες.
- Και για την ΕΕ και για τις εθνικές κυβερνήσεις

Πιο Συγκεκριμένα:

α) Από τη διενέργεια ακριβούς πρόβλεψης της ωριαίας κατανάλωσης των καταναλωτών ΧΤ για τη Δήλωση Φορτίου στον ΗΕΠ, θα εξαλειφθεί ο κίνδυνος επιβολής ποινών από τον ΔΕΣΜΗΕ. Ποσοτικά, αν η εταιρεία δεν κάνει καλή πρόβλεψη φορτίου για 10 ημέρες εντός ενός μήνα και για 3 ώρες κάθε ημέρα και η απόκλιση είναι 75 MW (πέραν του ορίου ανοχής), τότε το ύψος της ποινής από τον ΔΕΣΜΗΕ της τάξης των 297.000 €.

β) Από την εκτέλεση του προγράμματος για τη μεγιστοποίηση της ωφέλειας της εταιρείας, το οποίο θα παράγει τη βέλτιστη στρατηγική προσφοράς για τον ΗΕΠ, εκτιμάται ότι η ετήσια ωφέλεια της εταιρείας θα είναι της τάξης των 500.000 €.

γ) Από τη βελτίωση των υπηρεσιών που προσφέρονται στον καταναλωτή και από τη δημιουργία «προηγμένων» τιμολογιακών πακέτων, εκτιμάται ότι η πελατειακή βάση της εταιρείας θα διευρυνθεί και στους οικιακούς πελάτες, το οποίο είναι ο επόμενος στόχος της εταιρείας στην προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας.

δ) Από την αυτοματοποίηση των διαδικασιών εκκαθάρισης και τιμολόγησης των Πελατών ΧΤ (σε μηνιαία βάση για όλους του καταναλωτές ΧΤ) θα μειωθεί το λειτουργικό κόστος της εταιρείας για τη διαχείριση των Πελατών ΧΤ.

7.3 Τα σημαντικότερα οφέλη

Ενημέρωση σε πραγματικό χρόνο – Οι πελάτες μπορούν να δουν τους λογαριασμούς τους. Με τα δεδομένα που παρέχονται από τις έξυπνες τεχνολογίες μέτρησης μπορούν να αξιολογήσουν την κατανάλωσή τους και να πραγματοποιήσουν

ανάλυση εξοικονόμησης ενέργειας. Είναι εξαιρετικά χρήσιμη η άμεση ενημέρωση των πελατών μέσω των ενδείξεων στο σπίτι και μέσω των εφαρμογών λογισμικού. Αυτό τους επιτρέπει να μειώσουν την κατανάλωσή τους χωρίς επιρροή στην ποιότητα ζωής τους. Με αυτές τις πληροφορίες, οι καταναλωτές μπορούν να καταλάβουν και να τροποποιήσουν τη σχέση τους στην ενεργειακή χρήση και να πάρουν τον έλεγχο.

Νέες συμβάσεις πελατών - Προς το παρόν οι συμβατικοί μετρητές επιτρέπουν μόνο στις επιχειρήσεις για να προσφέρουν τις απλές συμβάσεις ανεφοδιασμού στους κατοικημένους πελάτες τους με ένα μέγιστο ενός ή δύο ποσοστών και των σχεδιασμένων περίγραμμα σχεδίων κατανάλωσης. Οι έξυπνοι μετρητές θα το καταστήσουν πιθανό για τις επιχειρήσεις να προσφερθούν περισσότερες ποικίλες συμβάσεις.

Κάλυψη απαιτήσεων - οι έξυπνοι μετρητές μπορούν να υποστηρίξουν έναν μεγαλύτερο εύρος τιμών χρήσης, έτσι ώστε οι επιχειρήσεις μπορούν να χρεώσουν τα διαφορετικά τιμολόγια σε διαφορετικές στιγμές της ημέρας, που απεικονίζει το αληθινό κόστος της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Οι επιχειρήσεις μπορούν επίσης να προσφέρουν συμβάσεις που έχουν μια υψηλή τιμολόγηση για τις αιχμές ζήτησης (κρίσιμη μέγιστη

τιμολόγηση, CPP). Αυτή η επικοινωνία στους μετρητές είναι χρήσιμη γιατί προειδοποιεί τους πελάτες εκ των προτέρων πριν να ισχύσουν οι υψηλές τιμές.

Διαχείριση φορτίων - οι προμηθευτές θα είναι σε θέση να προσφέρουν στους πελάτες τους μια σύμβαση που επιτρέπει την επιχείρηση ενέργειας να ρυθμίζει μακρινά το φορτίο του πελάτη. Παραδείγματος χάριν, η επιχείρηση ενέργειας μπορεί απομακρυσμένα να ανεβάσει το θερμοστάτη κλιματισμού στην ιδιοκτησία του πελάτη. Αν και ο πελάτης δεν θα παρατηρήσει πολλή διαφορά, η καθαρή μείωση του φορτίου μπορεί να είναι αρκετή για να κρατήσει το επίπεδο ενέργειας σε ασφαλή επίπεδα ή ακόμα και να αποτρέψει μια κατάρρευση του συστήματος και να μειώσει τις δαπάνες.

Ενεργειακές υπηρεσίες - Το έξυπνο σύστημα και οι διπλής κατεύθυνσης επικοινωνία θα δώσει στα επιχειρήσεις τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν τα πιο λεπτομερή δεδομένα και τις πληροφορίες κατανάλωσης και να παρέχουν έτσι καλύτερες υπηρεσίες - πουλώντας προϊόντα ενέργειας, νερό, κ.λπ. και όχι «απλά» ενέργεια.

Προκαταβολή πληρωμής - οι έξυπνοι μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας που προσαρμόζονται με έναν διακόπτη μπορούν να ρυθμιστούν απομακρυσμένα είτε σε έναν προ-πληρωμένο είτε σε έναν πιστωτικό μετρητή που επιτρέπει στους πελάτες να αλλάζουν εύκολα συμβόλαιο.

Βελτιωμένη διαδικασία τιμολόγησης - η δυνατότητα να διαβάζονται απομακρυσμένα οι μετρητές θα οδηγήσει σε λιγότερες καταγγελίες για τους λογαριασμούς. Επίσης, επιτρέπει στους υπαλλήλους εξυπηρέτησης πελατών να ελέγξουν τους μετρητές καθώς διαχειρίζονται ένα συγκεκριμένο αίτημα του πελάτη. Επιπρόσθετα με την έξυπνη μέτρηση, η επιχείρηση ενέργειας θα έχει χαμηλότερο κόστος καταγραφής δεδομένων των μετρητών, ειδικά στις περιοχές με δύσκολη πρόσβαση.

Διαχείριση μετρητών - οι έξυπνοι μετρητές μπορούν να αποσυνδεθούν απομακρυσμένα και η ενημέρωση γίνεται κανονικά. Αυτό διευκολύνει στην επιχείρηση ενέργειας και τον πελάτη.

Απάτες και προστασία - οι έξυπνοι μετρητές μπορούν να προσφέρουν τις περιπλοκότερες τεχνικές ανίχνευσης απάτης, που προστατεύουν τα έσοδα της επιχείρησης ενέργειας και κρατούν τις τιμές του πελάτη χαμηλά.

Διαχείριση δικτύου - το έξυπνο δίκτυο επιτρέπει μια ακριβέστερη πρόβλεψη της κατανάλωσης ενέργειας που βελτιώνει τις διαδικασίες διαχείρισης δικτύου και προγραμματισμού.

8^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ ΕΠΙΛΟΓΟΣ ”

Οι έξυπνοι μετρητές παρέχουν συγκεκριμένες πληροφορίες σε πόσο ενέργεια ή νερό καταναλώθηκε, όταν καταναλώθηκε και σε ποιο τιμολόγιο – γίνεται ένας συνεχής υπολογισμός κάτι που οι συμβατικοί μετρητές υστερούν. Ο φορέας εκμετάλλευσης δικτύου έχοντας τα λειτουργικά δεδομένα είναι επίσης ικανός να μειώσει το κόστος, με το να επενδύσει στο δίκτυο καλύτερα και να μεγιστοποιήσει έτσι τα οφέλη της ενίσχυσης συστημάτων.

Ο αρχικός ρόλος αυτού του εργαλείου μέτρησης ήταν να μετρηθεί ακριβώς η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας, του αερίου, του νερού και της θερμότητας. Μέχρι τώρα αυτό γινόταν – με μερικές εξαιρέσεις – με συλλογή με το χέρι. Συνεπώς τα εργαλεία υστερούν στα ποιοτικά δεδομένα όσον αφορά την κατανάλωση πελατών τους.

Το έξυπνο δίκτυο θα δημιουργήσει ενδιαφέρον στη διαθεσιμότητα και τη χρησιμότητα των στοιχείων κατανάλωσης. Θα εξουσιοδοτήσει τους καταναλωτές, θα βελτιώσει την πληροφόρηση των πελατών όσον αφορά την ενέργειά τους και θα ενισχύσει τη χρήση και θα επιτρέψει την ενημέρωση σχετικά με τις βελτιώσεις θέρμανσης, φωτισμού και των συσκευών. Τελικά αυτό θα οδηγήσει σε μια σημαντική αλλαγή στην καταναλωτική συμπεριφορά προς τα βιώσιμα σχέδια κατανάλωσης Τα άμεσα δεδομένα κατανάλωσης παρέχουν στους πελάτες πληροφορίες στο πώς να χρησιμοποιούν την ενέργεια και τους βοηθάει να μειώσουν την κατανάλωσή τους.

Είναι σαφές ότι οι εμπορικές ευκαιρίες στην έξυπνη μέτρηση στην ΕΕ θα αυξηθούν αρκετά με έναν αυξανόμενο ρόλο στην ενεργειακή αποδοτικότητα ως ο σημαντικός επιχειρησιακός οδηγός. Οι απαιτήσεις της οδηγίας ενεργειακών υπηρεσιών σημαίνουν ότι οι επιχειρήσεις πρέπει να αλλάξουν σημαντικά τις διαδικασίες τους σε σχέση με τις σχέσεις, την τιμολόγηση και τη μέτρηση πελατών.

Επιπλέον πολλοί παρατηρητές θεωρούν ότι οι επιχειρήσεις ενέργειας και νερού θα πρέπει να αλλάξουν. Τα έξυπνα συστήματα σε ολόκληρη την Ευρώπη θα ενεργήσουν ως καταλύτης για άλλες προόδους τεχνολογίας, όπως

- έξυπνα grids
- έξυπνες επικοινωνίες κατοικίας και σπιτιών
- οικιακός χαμηλός άνθρακας και ανανεώσιμες τεχνολογίες
- διοικητικές λύσεις συσκευών.

Οι έξυπνες λύσεις μέτρησης θα επηρεάσουν τις σχετικές τεχνικές εξελίξεις

- Δίκτυα ευρείας περιοχής
- Δίκτυα τοπικής περιοχής
- Δίκτυα εγχώριων αυτιών

Η εστίαση στην τρέχουσα έξυπνη τεχνολογία μέτρησης θα οδηγήσει στη μεταβαλλόμενη καταναλωτική συμπεριφορά. Εντούτοις, τα έξυπνα συστήματα σε ολόκληρη την Ευρώπη θα ενεργήσουν επίσης ως καταλύτης για άλλες προόδους τεχνολογίας, όπως τα έξυπνα πλέγματα και οι έξυπνες λύσεις κατοικίας και συσκευών. Σε αντάλλαγμα, οι έξυπνες λύσεις μέτρησης θα επηρεαστούν επίσης από άλλες τεχνολογικές εξελίξεις στις περιοχές υποδομές ή ραδιόφωνο όπως των επικοινωνιών» και στην ευρεία ζώνη. Αυτό σημαίνει ότι η Ευρώπη είναι στο χείλος της εκτενούς τεχνολογικής αλλαγής που όχι μόνο έχει επιπτώσεις στη βιομηχανία αλλά και αλλού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1.[Κωνσταντίνος Στ, Ψωμόπουλος Ηλεκτρικές μετρήσεις 2η έκδοση , Εκδόσεις Τσότρας
- 2.[Πέτρος Ντοκόπουλος, Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών, Εκδόσεις Ζήτη]
- 3.[<https://www.ηλεκτροlogia.gr/>]
- 4.[<http://www.dispatch.com/>]
5. [Κωνσταντίνος Βούρνας, Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας
Εκδόσεις Συμμετρία]
- 6.[<http://www.energyblog.gr/>]
- 7.[<http://techteam.gr/>]
- 8.A guide to smart metering Landys Gyr
- 9.[<http://www.pals.gr/index.php>]
- 10.[<http://www.econews.gr/>]
11. Application Notes από την <http://www.home.agilent.com>

ΑΙΓΑΛΕΩ

Οκτώβριος - 2016

